

Die langzeitliche Konstanz der Z-Basis des
Askania-Variographen

Sonnabend, den 12.10.1963

Die Genauigkeit der Registrierung erdmagnetischer Schwankungen mit klassischen Variometern ist abhängig von der Zeitdauer der zu messenden Variation. Am ungenauesten lassen sich die Säkularvariationen erfassen. Bedingt durch die Bauart zeigen besonders die Z-Variometer Basisinstabilitäten. In der Tabelle 1 werden die Variationsarten, die mit Normallauf-Systemen (20 mm/h Papiervorschub, Skalenwerte zwischen 1 und 10 γ /mm) registriert werden, in drei Gruppen geteilt. Dazu sind die wichtigsten Störungsquellen verzeichnet, die die Meßgenauigkeit vermindern.

	Variationsdauer	Tabelle 1 Variationsarten	Wichtigste Störungsquellen
Gruppe I	5min bis 3 std.	ssc, sfe, si, Bays	Unzulängliche Aufstellung der Magnetsysteme, unzureichende Justierung der Magnete
Gruppe II	3std. bis 24 std.	Täglicher Gang Ringstrom	zusätzl.: Temperaturgang, periodisch veränderliche Nivellierung durch Temperaturschwankungen
Gruppe III	>24 std.	Ringstrom, Sonnenrotationsperiode, Säkularvariationen	zusätzl.: Feuchtigkeitsgang, elastische Nachwirkung bei Fadenaufhängung, langsam veränderliche Nivellierung

Ein ständig arbeitendes Observatorium hat die Variationen aller drei Gruppen möglichst mit einer Genauigkeit von 1 γ zu erfassen. Dabei werden verschiedene Methoden angewandt, um dieses Ziel zu erreichen.

Gruppe I : Sorgfältige Justierung bei der Erstaufstellung der Variometer, in bestimmten Zeitabständen wiederholte Neujustierungen.

Gruppe II: Zusätzlich zu den in Gruppe I geschilderten Maßnahmen: Aufstellung der Variometersysteme in thermisch gut isolierten Räumen, Temperatur-Kompensation, Einrichtung von Raum- oder Teilraumthermostaten, Aufstellung auf fest verankerten Pfeilern.

Gruppe III: Zusätzlich: Langzeitlich ungestörtes Arbeiten der Instrumente (möglichst wenig Eingriffe), Durchführung von Basismessungen in bestimmten Zeitabständen.

Die Maßnahmen zur Erreichung der erforderlichen Genauigkeit für die Variationen der Gruppe I sind instrumenteller Art. Bei Gruppe II kommen technische Maßnahmen hinzu. Die Variationen der Gruppe III lassen sich nur dann genau erfassen, wenn man zusätzlich zu Hilfsmaßnahmen greift, die mit dem Variometersystem direkt nichts zu tun haben. Das ist ein Zeichen dafür, daß man heute die mehr oder weniger unkontrollierbaren langzeitlichen Veränderungen der Basiswerte von Variometern noch nicht beherrscht.

Im folgenden soll untersucht werden, was ein transportables Variometersystem, der Erdmagnetische Variograph der Askania-Werke, hinsichtlich der Genauigkeit leisten kann.

Durch Messungen an zahlreichen Reisesstationen zur Erforschung der norddeutschen Leitfähigkeitsanomalie hat O. Meyer nachweisen können, daß der Variograph die Variationen der Gruppe I mit der gleichen Genauigkeit wiedergeben kann wie ein ortsfestes Observatorium. Der Variograph ist dabei mehr als sechs Jahre im Feldbetrieb gewesen und hat sich außerordentlich gut bewährt.

Der derzeitige Stand der Erforschung von Leitfähigkeitsanomalien im Untergrund läßt es möglich erscheinen, daß bald auch Tagesgänge der erdmagnetischen Elemente mit transportablen Geräten an verschiedenen Stellen untersucht werden müssen, da auch sie örtlichen Verschiedenheiten unterworfen sind. Welche Genauigkeiten sind mit transportablen Variographen zu erreichen?

Dem Verfasser sind zwei Veröffentlichungen bekannt, die sich mit dem Basisverhalten des Variographen befassen. O. Meyer [1] stellte die Torsionsnachwirkung nach der ersten Aufstellung eines

Variographen dar. 20 Tage nach dieser Aufstellung waren die Basen der drei Elemente auf $\pm 1\frac{1}{2}$ konstant. Der Variograph stand dabei in einem geschlossenen Laboratoriumsraum. Die "Umweltbedingungen" sind daher günstig. Da nur ein Wert pro Tag gemessen wurde, konnten Aussagen über den Tagesgang nicht gemacht werden. In den USA sind im Internationalen Geophysikalischen Jahr einige Variographen im Einsatz gewesen, unter anderem auf Pazifik-Inseln in der Nähe des magnetischen Äquators. Im Jahrbuch der Station Fanning-Inland des Coast and Geodetic Survey [2] findet sich eine Darstellung des Verlaufs der Basiswerte. Es soll hier nur die Z-Basis (Fig. 1, S. 137) betrachtet werden. Sie ist erheblichen Änderungen unterworfen, z.T. bis zu 36 $\frac{1}{2}$ Tag. Es handelt sich bei diesen Variographen um ein neueres Modell (Zylinderform), das in einem austauschbaren Behälter mit einem Trockenmittel (Kieselgel) ausgerüstet ist. Es zeigte sich, daß jeweils nach dem Tausch des feuchten Kieselgels gegen trockenere eine Änderung des Basisganges erfolgte. Diese Erscheinung wurde so gedeutet, daß das Klebemittel der Fäden im Variometer feuchtigkeitsabhängig sei (Im Variographen werden die Fäden mit Araldit, einem Härtekleber, eingeklebt). Der Variograph stand in einer isolierten Hütte und war durch eine abdichtende Gummihaut gegen direkte Feuchtigkeitseinwirkungen geschützt. Die klimatischen Bedingungen, bei denen der Variograph zu arbeiten hatte, sind extrem hart gewesen. Beide Beispiele sind keineswegs typisch für den Variographen. Aber durch sie wird deutlich, zwischen welchen Extremen sich Basisvariationen abspielen können. Als drittes Beispiel für langzeitliche Basisänderungen wird das Verhalten von zwei im Gelände stehenden Askania-Variographen des älteren Modells (viereckige Form) dargestellt. Die Instrumente standen an magnetisch ungestörten Plätzen, etwa 30 m weit von Schulgebäuden entfernt, einer in Hude bei Diepholz, der andere in Getmold bei Lübbecke in Nordwest-Deutschland. Die Instrumente waren gegen Sonneneinstrahlung und direkte Witterungseinflüsse durch kleine Holzhütten geschützt. Die Basiswerte der Z-Komponenten wurden durch einen Vergleich von Momentanwerten um eine ungestörte Nachtstunde (zwischen 22 und 2 Uhr GMT) mit den Werten des Observatoriums Wingst ermittelt. In Fig. 2 (s. S. 138) sind die Basiswerte aufgetragen, darunter wurde der Störungscharakter durch die Aktivitätszahlen A_k von Wingst dargestellt. Die Temperaturen in den Variographen wurden thermostatisch konstant gehalten.

Temperaturänderungen in den Instrumenten können die dargestellten Basisvariationen daher nicht verursachen. Auch kann die ohne Zweifel behelfsmäßige Basisbestimmung nicht dafür verantwortlich gemacht werden. Beide Variographen zeigen ähnliche Basisänderungen. Es kann kaum bezweifelt werden, daß es sich um Einflüsse der variablen Feuchtigkeit handelt. Die Ursache liegt aber wohl weniger am Klebenittel sondern am Fadenmaterial und der Struktur des Fadens.

Die beiden Instrumente - Variograph Nr. 11 (Bezeichnung "Err") und Variograph Nr. 23 (Bezeichnung "Wie") - wurden später im Observatorium Wingst genauer auf ihre Basisstabilität untersucht. Beide Variographen standen zunächst auf Betonpfeilern in der großen Halle. Der Variograph "Err" später unter einem Zelt außerhalb der Halle. Die Registrierungen dauerten vom 24.3. bis 24.4.1962. Es wurden um 8, 16 und 24 Uhr GMT die Z-Komponenten, die Temperatur in der Halle und die Außentemperaturen abgelesen. Zeitweilig wurden außerdem die D- und H-Komponenten des Variographen "Wie" zu den gleichen Zeiten abgelesen. Das Ergebnis ist in Fig. 3 (s.S. 13) dargestellt worden. Nach Entarretierung der Geräte zeigt sich zunächst der übliche Einlaufgang, der durch die plötzliche Belastung der Aufspannfäden verursacht wird. Danach stellt sich beim Variographen "Wie" ein Gang in umgekehrter Richtung ein, der die ganze Registrierperiode über anhält, vom 16.4. an in verstärkter Form. Er beträgt im 10-Tage-Mittel vom 1.4. bis 10.4. $-1,3 \text{ } \mu\text{/Tag}$ und vom 14.4. bis zum 25.4. $-4,8 \text{ } \mu\text{/Tag}$; die maximale Änderung pro Tag beträgt -10μ . Beim Variographen "Err" läuft die Basis weiter im Sinne des Einlaufganges, die maximale Änderung pro Tag beträgt hier nur -5μ , wenn man vom ersten Einlauf absieht. Auffällig ist vor allem die Änderung des Ganges am 16.4. beim Var. "Wie". Sie fällt zusammen mit einem meteorologischen Wärmeeinbruch; die durchschnittliche Außentemperatur stieg von etwa 5°C auf 12°C , die Temperatur in der Halle von 6°C auf 12°C . Die Variographentemperatur betrug 20°C mit geringen Abweichungen von etwa $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Da der Variograph nicht vollständig abgedichtet ist, besteht ein gewisser Luftaustausch mit der umgebenden Luft. Die Temperaturdifferenz von anfangs 15°C zwischen Variographentemperatur und Temperatur der umgebenden Luft verminderte sich auf 8°C . Dadurch hat sich die relative Luftfeuchtigkeit im Gerät erhöht. Die Gangänderung kann also auf die Änderung der Luftfeuchtigkeit zurückgeführt werden. Bekanntlich sind auch bei anderen geomagne-

fischen Meßinstrumenten (z.B. QHM, Gfz) Feuchtigkeitseinflüsse festgestellt worden. Uns sind dabei zwei Erscheinungsformen bekannt:

- 1) Die Instrumente können einen Feuchtigkeitskoeffizienten haben, also reversibel auf Feuchtigkeitsänderungen reagieren.
- 2) Bei höherer Feuchtigkeit kann ein Instrumentengang auftreten oder ein vorhandener sich verstärken.

Es gelang z.B. bei einem Gfz-Instrument durch längere Einwirkung von 100% Feuchtigkeit eine Alterung der Fäden zu erreichen, d.h. der Instrumentengang wurde mit der Zeit immer geringer; bei niedriger Feuchte war der Gang von vornherein gering, die Alterung hätte also wesentlich länger gedauert. Ähnlich können sich die Variographenfäden verhalten:

In Fig. 3 (s.S.139) ist weiterhin eine Fluktuation der Z-Basis hauptsächlich beim Var. "Wie" - zu erkennen, die sich bei einer Analyse als Tagesgang herausstellte (s.Fig. 4, S.137). Dieser Tagesgang hatte vom 1.4. - 10.4. eine Doppelamplitude von mehr als $1,6\mu$ im Mittel, und vom 14.4.-25.4. von mehr als $2,3\mu$ im Mittel. Auch hier scheint ein Zusammenhang mit der Temperatur der umgebenden Luft vorhanden zu sein; die Variographentemperatur läßt sich jedoch den Basisänderungen nicht eindeutig zuordnen. Die Beobachtungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt worden.

Tabelle 2

Registrierzeit 1962	Durchschn. Basisänderung pro 8 Stunden			Drift pro Tag	Temp. Luft (Raumtemp.)
	0 - 8	8 - 16	16 - 24		
1.4. - 10.4.	+1,5 μ	-0,1 μ	-1,4 μ	-1,3 μ	1,6 $^{\circ}$ C
14.4. - 25.4.	+2,1 μ	+0,2 μ	-2,3 μ	-4,8 μ	3,2 $^{\circ}$ C

Die Ursache für den täglichen Gang kann ebenfalls in der wechselnden Feuchtigkeit liegen, jedoch fehlen dafür eindeutige Beweise.

Ein anderes Gerät, Varigraph Nr. 80 (modernes Modell in zylindrischer Form), zeigte ebenfalls während einer 14-tägigen Registrierung Tagesgänge in Z bis zu etwa 5μ . Diese waren aber eindeutig einer Temperaturänderung im Gerät, also einem täglichen Gang der Variographentemperatur zuzuschreiben. Das Z-System war nicht temperaturkompensiert. Zwischen 20° C und 30° C war ein

Temperaturkoeffizient von etwa $9 \mu / ^\circ\text{C}$ vorhanden. Die täglichen Gänge zeigten aber, daß der T.K. im Bereich zwischen 19 und 20°C größer sein müßte. Bei einem kurzzeitigen (3-stündlichen) Ausfall des Thermostaten wurde zwischen 18° und 20°C ein T.K. von $16 \mu / ^\circ\text{C}$ gemessen. Damit waren die Tagesgänge der Basis zu erklären. Hier ist die Temperaturabhängigkeit des Temperaturkoeffizienten bemerkenswert. Außerdem sollte beachtet werden, daß bei diesem Variographen bei Einstellung der Heizstufe I ein Tagesgang der Außentemperatur von 7°C einen Gang der Innentemperatur von $0,5^\circ\text{C}$ zur Folge hat.

An den beschriebenen Messungen sollte gezeigt werden, daß es einer sorgfältigen Untersuchung des Variographen bedarf, ehe man diesen zur Messung von Tagesgängen und langzeitlichen Variationen einsetzen kann. Die Untersuchung sollte folgende Punkte klären:

- 1) Jeder Variograph ist im Hinblick auf die langzeitlichen Basisveränderungen ein Individuum.
- 2) Der Temperaturkoeffizient kann von der Temperatur abhängen (Beispiel für ein nicht kompensiertes Gerät: $9 \mu / ^\circ\text{C}$ zwischen 20 und 30°C , $16 \mu / ^\circ\text{C}$ zwischen 18 und 20°C).
- 3) Die Regeltemperatur des Variographen kann bei größeren Variationen der Außentemperatur eine tägliche Periode haben (Beispiel: Variation der Außentemperatur von 7°C ergibt Variation der Regeltemperatur von $0,5^\circ\text{C}$ bei Heizstufe I); bei einem T.K. von $8 \mu / ^\circ\text{C}$ entspricht das 4μ Tagesvariation.
- 4) Feuchtigkeitseinwirkungen können Basisgänge auslösen oder verstärken, unter Umständen sogar tagesperiodische Veränderungen (Gänge: 10 bis $20 \mu / \text{Tag}$, periodische Veränderungen 3μ).

Dem Praktiker sollen schließlich einige Hinweise gegeben werden, welche Maßnahmen bei der Vorjustierung und Aufstellung des Variographen im Gelände ergriffen werden müssen, um bestimmte Genauigkeiten zu erreichen.

- 1) Gruppe I, Variationen von 5min bis zu 3 Stunden, Genauigkeit $\pm 1 \mu$ und besser.

Normale Behandlung und Aufstellung des Variographen nach Beschreibung. Meßhütte in der Nähe eines Gebäudes mit Stromanschluß aufstellen. Eine geringfügige magnetische Beeinflussung durch häusliche magnetische Störungen wie Fahrräder, Auto (2

Gartengeräte, Kinderspielzeuge kann im allgemeinen in Kauf genommen werden. Thermostat im Sommer auf 30°C , im Winter auf 10 oder 20°C einstellen. Temperaturkoeffizient braucht nicht sorgfältig auf Null gebracht zu werden. Kontrolle des Variographen etwa aller 3 Wochen beim Streifenwechsel.

2) Gruppe II, Variationen von 3 Stunden bis 24 Stunden.

a) Genauigkeit $\pm 5\%$ (das entspricht etwa 10-30% des Tagesganges). Zusätzlich zu den Maßnahmen in Gruppe I sind durchzuführen: Aufstellung des Gerätes außerhalb des häuslichen Störbereiches. In weichem Boden muß das Stativ des Variographen auf Messingfüße gesetzt werden, die 30 bis 50 cm in den Boden gesteckt werden müssen, um ein Einsinken der Variographenfüße zu verhindern (Kaulwurfstätigkeit etc.). Z-Temperaturkompensation nach den Angaben der Instrumentenbeschreibung in dem üblichen Bereich (20 bis 30°C) so sorgfältig wie möglich einstellen.

b) Genauigkeit ± 2 bis $\pm 3\%$ (etwa 5 bis 20% des Tagesganges). Zusätzlich zu den vorher beschriebenen Maßnahmen: Vorherige Untersuchung des Instrumentes auf Basisgänge und tägliche Basisvariationen. Messung der Feinstruktur des T.K., insbesondere in der Nähe der Regeltemperaturen (10 , 20 , 30 und 40°C). Häufige Überprüfung des Instrumentes (etwa jede Woche) um Veränderungen in der Nivellierung erkennen und korrigieren zu können. Evtl. periodischer Wechsel des Trockenmittels. Evtl. Vergleich von Momentanwerten an ruhigen Nachtstunden mit einem Observatorium zur Erkennung von Basisdriften.

3) Gruppe III, Variationen von länger als 24 Stunden, Genauigkeit besser als $\pm 10\%$.

Durchführung von Basismessungen an Ort und Stelle (etwa mit Gfz oder BMZ). Variographen evtl. zusätzlich in einen Thermostaten stellen (Meßhütte heizen und entsprechen isolieren), so daß die Umgebungstemperatur nahezu witterungsunabhängig ist. Der Variograph müßte in unseren Breiten dann auf 40°C geheizt werden, die Umgebungstemperatur könnte bei 30°C liegen. Eine Benutzung von Trockenmittel wird nicht empfohlen. Die technischen Forderungen sind für die Registrierungen der Variationen dieser Gruppe fast so, wie sie für das Gravimeter gelten. Das Akania-Gravimeter z.B. ist mit einem Doppelthermostat ausgerüstet, außeide

ist es luftdicht abgeschlossen. Es ist zur Zeit verfrüht, an die Herstellerfirma die Forderung zu stellen, den Variographen ebenso auszurüsten, denn es steht noch nicht fest, ob und in welchem Umfange solche Instrumente benötigt werden.

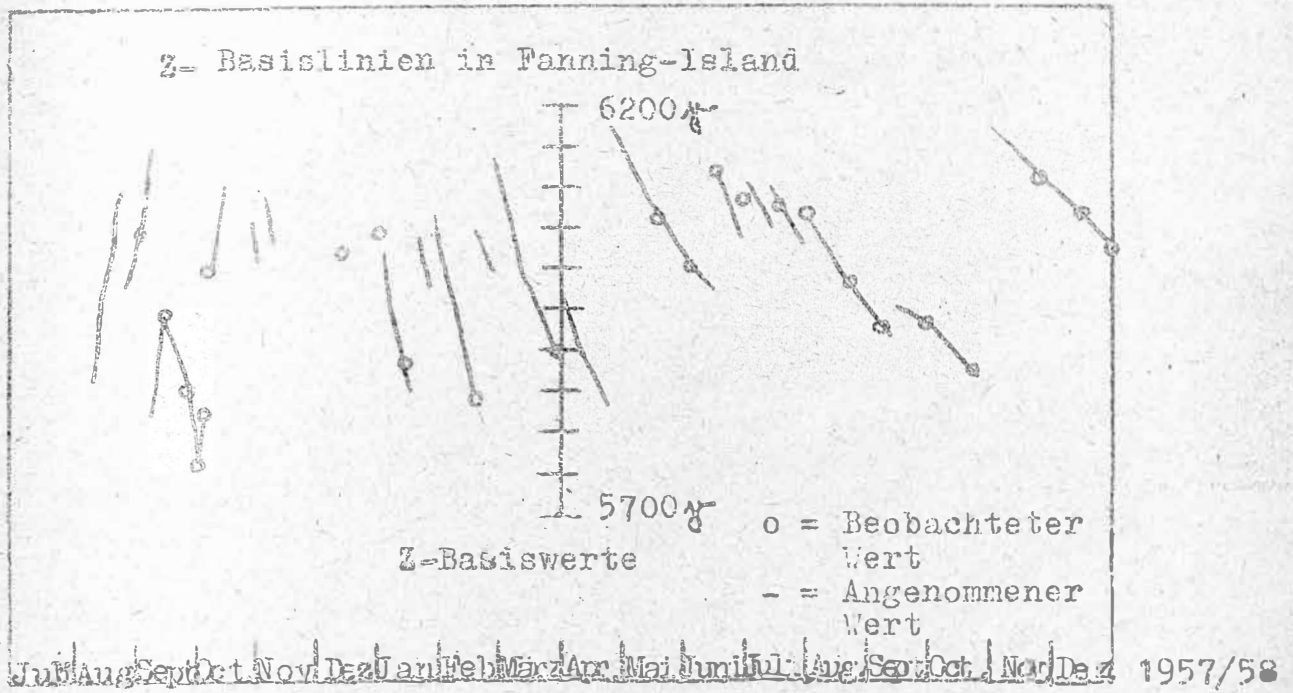
Ein Beispiel soll verdeutlichen, wie wichtig es ist, die bei der Justierung, Aufstellung und Betreuung des Variographen verwendete Sorgfalt darauf abzustimmen, welche Art von Variationen noch mit Sicherheit registriert werden soll. Fig. 5 (s.S. 140) zeigt Differenzen von Tagesgängen zwischen Wingst und zwei Reiselstationen (eine nördlich, die andere südlich von Bremen, durchschnittlicher Abstand von Wingst 80 km), die mit den Askania-Variographen Nr. 11 und Nr. 23 ausgerüstet waren. Die Justierung, Aufstellung und Betreuung des Variographen waren auf die Registrierung von Variationen der Gruppe I abgestellt. Damit ist für die Messung von Tagesgängen (Gruppe II) keinesfalls eine größere Genauigkeit als $\pm 5\%$ zu erwarten. Die Differenzen betragen zwischen 10 und 20 γ gegen Wingst. Ist den Differenzkurven eine geophysikalische Realität zuzuerkennen? Nein! Wenn eine solche vorhanden ist, ist sie sicher hinter diversen Basisvariationen versteckt.

Schlußbemerkung:

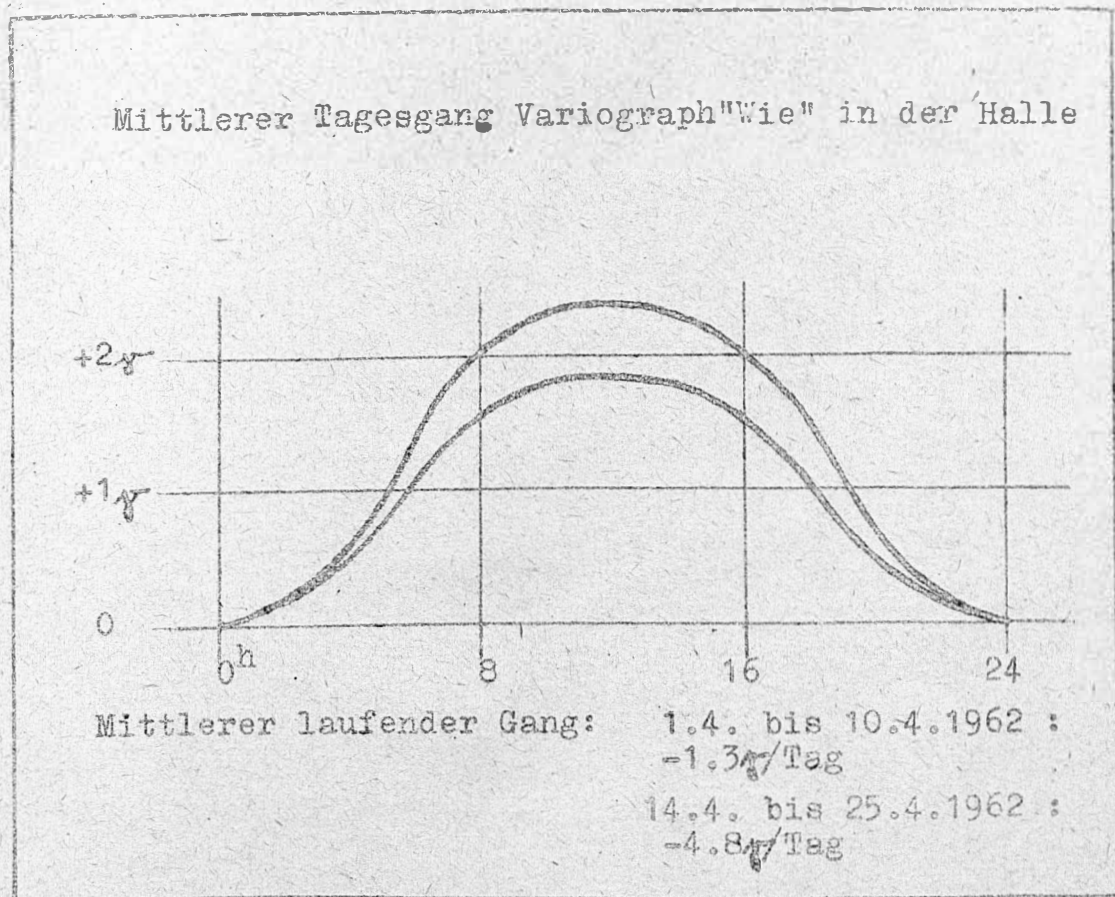
Die Ausführungen über die Stabilität der Z-Basis von erdmagnetischen Askania-Variographen sind nicht als Kritik an dem Instrument oder an dem Hersteller anzusehen. Vielmehr sollen die Benutzer erkennen, daß der Meßgenauigkeit eines transportablen Variographen Grenzen gesetzt sind, die im wesentlichen damit zusammenhängen, daß das Gerät nicht ortsfest ist. Der Raumbedarf und der technische Aufwand für ein magnetisches Variometersystem sind desto größer, je höher die verlangte Genauigkeit ist. Deswegen läßt sich bisher das gesamte Spektrum der erdmagnetischen Variationen mit hoher Genauigkeit praktisch nur in einem Observatorium aufnehmen.

Literatur

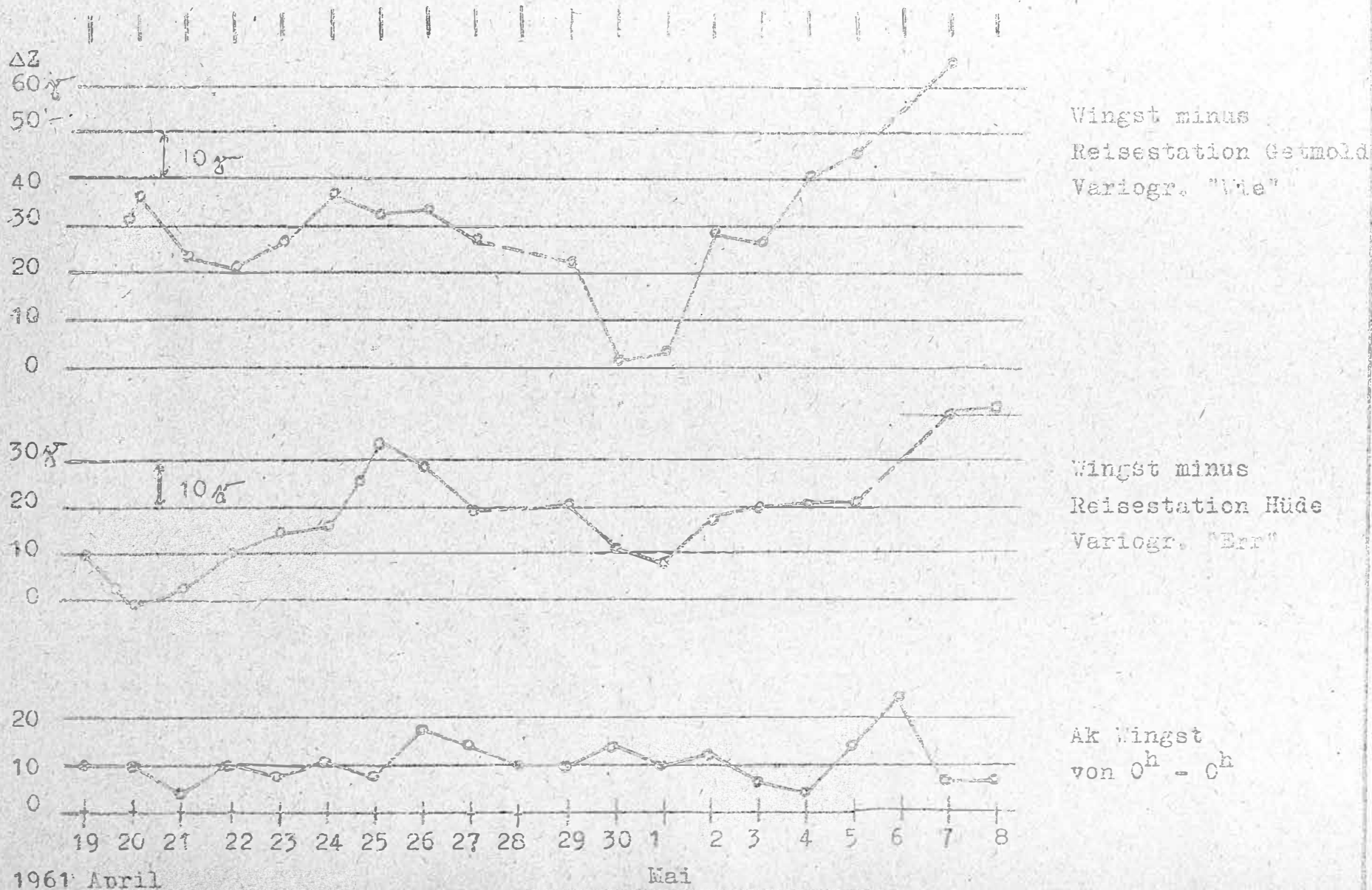
- [1] O. Meyer: Über die Eigenschaften des transportablen Erdmagnetischen Variographen der Askania-Werke, Askania-Warte Nr. 4 Berlin 1954
- [2] Coast and Geodetic Survey; HV-F158, Magnetic Hourly Values, Fanning-Island 1957-1958; Washington 1960.



Figur 4

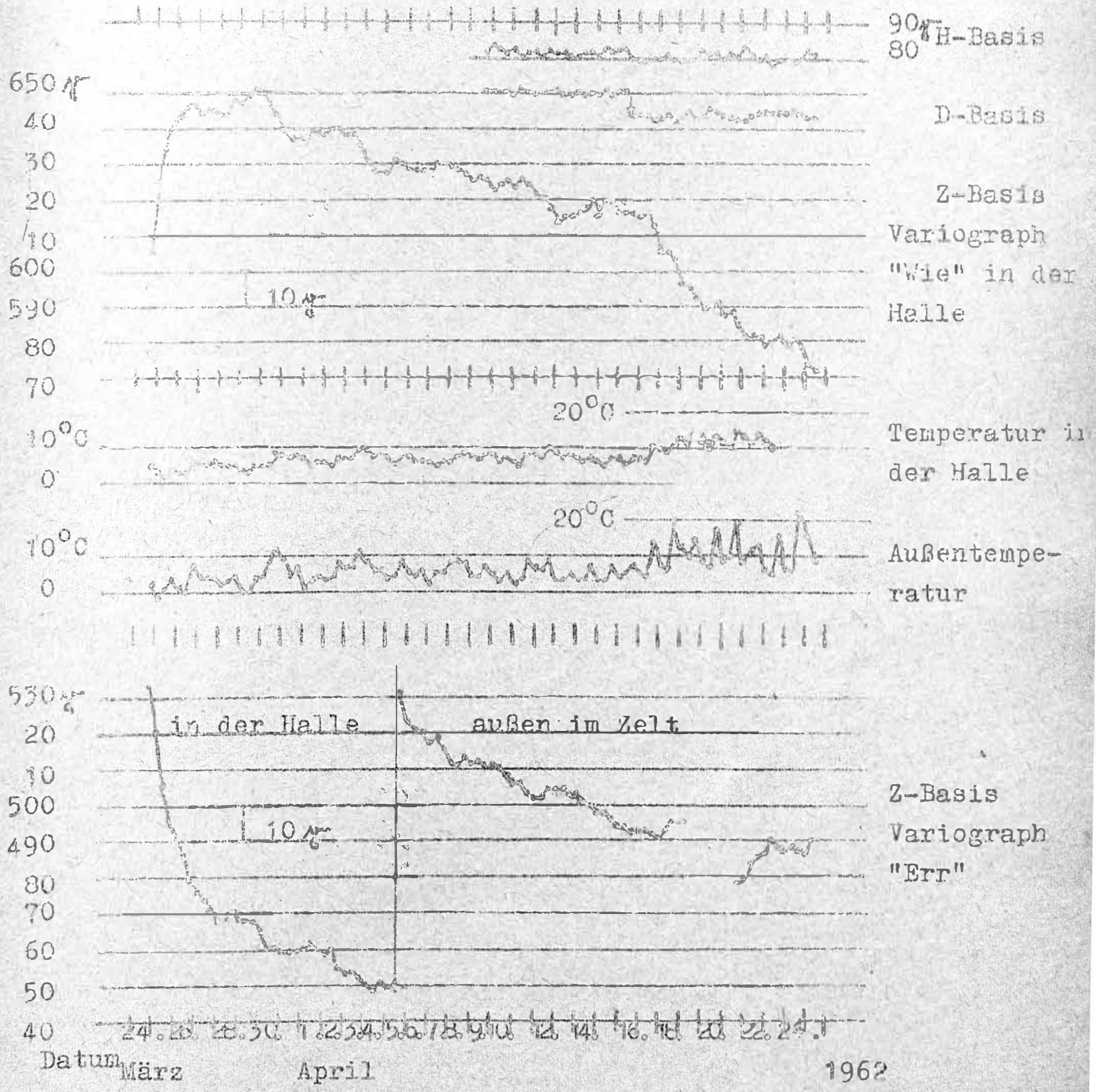


Momentanwert-Vergleich von Z an ungestörten Nachtstunden
 (pro Tag ein Wert) zwischen Wingst u. zwei Variographenstationen

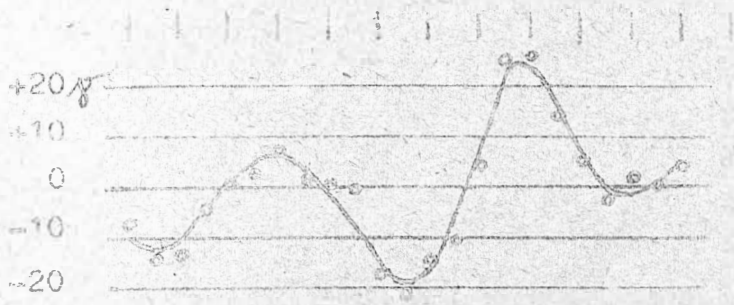


Figur 2

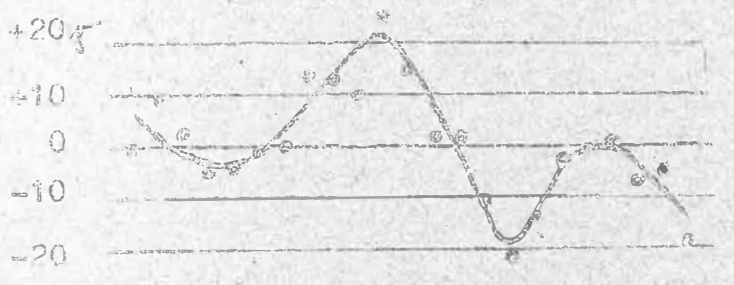
Figur 3



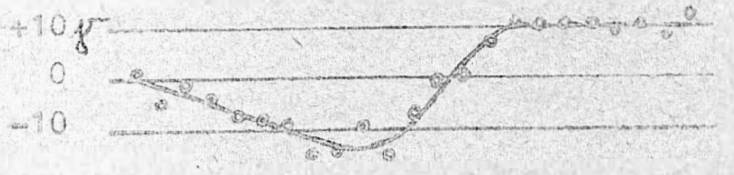
Tagesgang von Z in stündlichen Momentanwerten



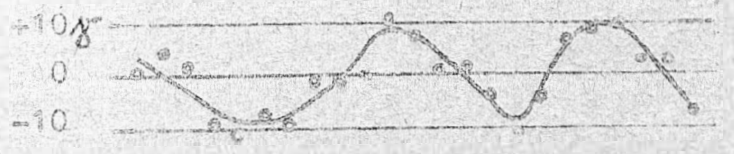
Wingst am 22.7.1959



Reisestation Borstel
minus Wingst
am 22.7.1959



Reisestation Dreye
minus Reisest. Borstel
am 22.7.1959



Reisestation Dreye
minus Wingst
am 22.7.1959



Reisestation Dreye
minus Wingst
am 2.5.1959

0^h 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24^h