

## Werk

**Jahr:** 1924

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:1

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0001

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0001](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0001)

**LOG Id:** LOG\_0054

**LOG Titel:** Vertikalvariometer für Feldmessungen

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN101433392X

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

und angewandten Geologie durchaus genügt, so daß die Versuche, kleinere Drehwagen zu bauen, als nicht ganz aussichtslos bezeichnet werden müssen. Schließlich zeigt sich auch, daß — und auf welchem Wege — Drehwagenmessungen im Gebirge durchführbar und richtig auswertbar sind, und daß die Drehwage, wie dies bereits von A. Born\*) angegeben wurde, ein Instrument ist, das die Abbildung geologischer Strukturfeinheiten und (eventuell in Kombination mit Pendelmessungen) auch der regionalen Struktur gestattet.

## Vertikalvariometer für Feldmessungen.

Von J. Koenigsberger. — (Mit einer Abbildung.)

Es wird ein Variometer zur Bestimmung der kleinen Änderungen der Vertikalintensität des Erdmagnetismus beschrieben. Der Magnet ist an einem Faden aufgehängt, dessen Torsionskraft aber nicht für die Direktionskraft maßgebend ist, sondern letztere ist ähnlich wie bei den Wagen mit Schneide durch die Schwerkraft gegeben. Das Instrument gestattet die Variationen auf  $\pm 10 \gamma$ , unter Umständen sogar mit einer Genauigkeit von  $\pm 2 \gamma$  festzustellen. Hierfür werden Messungsbeispiele aus der Praxis gegeben. Erforderlich ist zur sicheren Ermittlung der zeitlichen Änderungen ein zweites Instrument in der betreffenden Gegend selbst aufzustellen.

Die magnetischen Vertikalvariometer zur Vergleichung der Vertikalintensität sind bisher nach drei verschiedenen Prinzipien konstruiert worden. Bei den einen wird die mechanische Kraft auf einem Magneten im Erdfeld direkt gemessen, wobei die Wirkung kompensierender Magnete nicht oder nur nebenbei verwandt wird. Bei den anderen bildet die Vergleichung mit kompensierenden Magneten oder elektrischen Strömen die Grundlage.

Bei den Apparaten erster Art gibt es zweierlei Meßmethoden der mechanischen Kraft. Bei den einen wird der durch das magnetische Feld auf den beweglichen Magneten hervorgerufenen mechanischen Kraft durch die Torsionskraft eines Fadens das Gleichgewicht (H. Wild, W. Watson, G. Angenheister) gehalten.

Bei den anderen geschieht das mit Hilfe der Schwerkraft. Das erstere Konstruktionsprinzip verlangt Drähte bzw. Fäden, die ungefähr horizontal ausgespannt sind und in der Mitte den Magneten tragen, wobei der Schwerpunkt möglichst in den Unterstützungs- oder Aufhängungspunkt (bzw. Linie) fallen muß\*\*). Man kann der Vertikalintensität, die nur dann voll wirkt, wenn der Magnet horizontal steht, durch Torsion des Fadens völlig das Gleichgewicht halten, oder man kann auch die Vertikalintensität durch ein Gegengewicht, also durch die Schwerkraft, zum größten Teil abkompensieren und nur dem nicht abkompensierten Rest durch Torsion das Gleichgewicht halten. Letzteres ist

\*) A. Born, Beziehungen zwischen Schwerezustand und geologischer Struktur Deutschlands. Berlin, Springer, 1921.

\*\*\*) Die Fäden müssen bei dieser Anordnung neben relativ großer Tragkraft eine hinreichende Konstanz des Nullpunktes besitzen. Die Vertikalintensität  $V$  beträgt  $0.4 \text{ O G.S. Einheiten}$ . Soll sie auf  $1 \gamma = 1 \cdot 10^{-5} \text{ C G.S.}$  genau gemessen werden und durch Torsion abkompensiert sein, so muß die Torsionskraft auf ein  $40\,000$ stel konstant sein.

vorteilhafter. Dann muß nur die durch die Torsion des Fadens bedingte Ruhelage bis auf einen Winkel konstant bleiben, dessen Größe durch die gewünschte Empfindlichkeit gegeben wird. Diese Forderung kommt ungefähr darauf hinaus, für die Torsionswaage Drähte oder Fäden von ähnlichen Eigenschaften anzuwenden, wie sie für die Drehwaage von Eötvös verlangt werden.

Das zweite Konstruktionsprinzip beruht auf der Vergleichung der Schwerkraftwirkung mit der magnetischen Wirkung, z. B. durch eine Waage, die auf Schneiden ruht. Die magnetische Waage von Lloyd\*) ist in Observatorien viel angewandt; sie war aber für Messungen im Felde nicht geeignet. Ad. Schmidt\*\*) hat sie derart umgestaltet, daß ein für die Praxis der Feldmessung brauchbares Instrument entstanden ist. Bei der Feldwaage von A. Schmidt liegt eine Schwierigkeit der Konstruktion in der Herstellung der Schneiden. Wenn eine Schneide verletzt wird, so ist eine Reparatur im Felde nicht leicht, und das bedeutet auf größeren Reisen eine Erschwerung.

Der Verfasser hat deshalb ein etwas anderes Instrument angegeben\*\*\*), das auch das Wagenprinzip, die Vergleichung der Schwerkraft mit der durch den Magnetismus hervorgerufenen mechanischen Kraft benutzt, aber an Stelle von Schneiden die Aufhängung durch einen Faden verwendet†), der leicht erneuert werden kann. Die Torsionskraft des betreffenden Materials ist, verglichen mit

---

\*) Vgl. z. B. L. Graetz, Handb. d. Elektr. u. d. Magn. IV Magnetismus von F. Auerbach, S. 195.

\*\*) Ad. Schmidt, Anhang zum Tätigkeitsbericht des Meteorol Instituts in Potsdam 1914/15. Die Feldwaage von Ad. Schmidt wird von den Askaniawerken, Berlin-Friedenau, angefertigt (vgl. auch C. Heiland und P. Duckert, Zeitschr. f. angew. Geophys. I, Heft 10 u. 11, 1925).

\*\*\*) Das Instrument wurde zuerst nach Herrn Mechaniker H. Ebbs in Freiburg konstruiert und wird jetzt mit erhöhter Empfindlichkeit von der Gesellschaft für praktische Geophysik in Freiburg i. B. angefertigt.

†) Es gibt außerdem eine Vierfadenwaage von K. Schering, die ebenfalls trotz der Fadenaufhängung die Schwerkraft, nicht die Torsionskraft, als Direktionskraft verwendet. Sie erfordert aber ausgedehnte Räumlichkeiten und ist für das Laboratorium bestimmt. Dem hier beschriebenen Instrument ist am nächsten verwandt ein 1905 von H. Andreesen (Dissertation, Kiel) auf Anregung von L. Weber konstruierter Apparat. Bei letzterem ist der Magnet in einem Messinghohlzylinder luftdicht fest eingelagert. Der Hohlzylinder ist an Kokonfäden aufgehängt und in Glycerin eingebettet. Die Schwerkraft wirkt in doppelter Art, erstens am Schwerpunkt und zweitens am Auftriebspunkt. Die Torsionskraft der Fäden war klein, verglichen mit der Resultierenden der beiden anderen Kräfte. Die Resultierende zwischen Auftriebs- und Schwerpunktskraft ändert sich mit der Temperatur der Flüssigkeit und wird in bestimmter Weise noch zur Temperaturkompensation des Magnets gebraucht. Mit dem recht empfindlichen Apparat ist meines Wissens nur im Keller des Kieler Observatoriums gemessen worden. Die Art der Verwendung der Flüssigkeit bei diesem Instrument, die im Laboratorium Vorzüge hat, macht bei Feldbeobachtungen meines Erachtens Schwierigkeiten. — Das zuerst von H. Wild und dann von G. Meyer, neuerdings von J. H. Shaxby verwendete Prinzip der Induktionsmessung des erdmagnetischen Feldes mittels Nullmethode und Abkompensation ist sehr brauchbar für viele angenäherte Messungen. Beobachtungen von der Genauigkeit, wie sie hier in Frage kommt, verlangen aber, daß man einen Strom oder eine elektromotorische Kraft auf etwa  $5 \cdot 10^{-5}$  bis  $1 \cdot 10^{-4}$  ihres Wertes konstant hält, was bekanntlich schwierig ist und umständliche Temperaturkorrekturen verlangt.

der Tragkraft, so gering, daß sie gegenüber den beiden Wagekräften, die am Magneten wirken, wenig ausmacht. Ihre Inkonstanz, die wieder nur einen Bruchteil der Torsionswirkung beträgt, kann daher ohne weiteres vernachlässigt werden. Es beträgt die Torsionskraft der verwendeten Spezialdrähte, in ihrer Wirkung mit der magnetischen und Schwerkraft verglichen, etwa  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{10}$  der letzteren. Wenn also 0.1 Skalenteil  $3\gamma$  entspricht, so bedingt die Drehung um 0.1 Skalenteil eine Torsionskraft, die einer Wirkung von 0.5 bis  $0.3\gamma$  an dem Magneten gleichkommt.

Die Ausführung des Instruments geht aus der schematischen Abbildung hervor. Eine Skalenablesung besonderer Konstruktion mit Einstellung auf Unendlich ist fest mit dem Instrument verbunden. Das hat den Vorzug, daß Parallelverschiebungen des Magnets ohne Einfluß auf die Ablesung sind. Der Magnet ist als Wagebalken ausgebildet und trägt an einem Ende eine Regulierschraube. In seiner Mitte sitzt oben ein Spiegel, unten eine Schraube zur Veränderung der Empfindlichkeit. Man kann mit Sicherheit 0.1 Skalenteil ablesen und die Empfindlichkeit so steigern, daß 0.1 Skalenteil =  $3\gamma$  entspricht. Es ist auch gelungen, noch zweimal größere Empfindlichkeit zu erreichen. Vorläufig hat das aber für Messungen lokaler Variationen bzw. deren Deutung noch keine Bedeutung, weil die Theorie der Induktion nichtellipsoidischer Körper und die Erfahrungen über Einfluß von Bodeninhomogenität noch nicht so weit ausgebildet sind\*). Messungen, die Herr Beck auf meine Veranlassung vornahm, zeigten, daß auf Alluvialgebiet des Niederrheins zwei um etwa 10 m voneinander entfernte Stationen auf etwa  $\pm 2\gamma$ ,

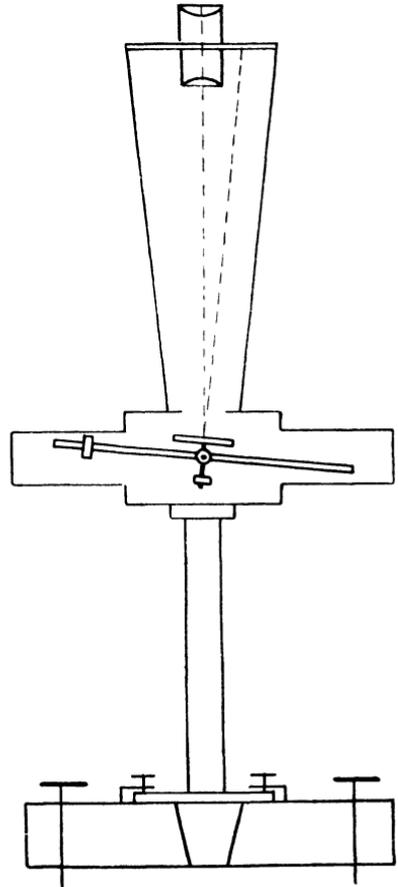


Fig. 1.

also innerhalb der Fehlergrenzen, übereinstimmen können. Bekanntlich begrenzt bei der Drehwage von Eötvös die Inhomogenität des Bodens in der nächsten Umgebung die Genauigkeit der Messungen. Drehwagenmessungen an zwei um 10 m voneinander entfernten Plätzen zeigen Unterschiede, die größer, oft drei-, manchmal zehnmal größer sind als die Fehler der Messung selbst.

\*) Bei einigen neueren Berechnungen wurde der Satz von Poisson, die Beziehung zwischen magnetischem und Gravitationspotential zugrunde gelegt, die aber nur zutrifft, wenn der Körper von Flächen zweiten Grades begrenzt wird.

Die Hauptfrage für die praktische Verwendung des Instruments war die, ob sich genügende Konstanz beim Transport zeigt. Sowohl das magnetische Moment des aus besonderem Material hergestellten Magnets wie die mechanische Anordnung des Apparats müssen völlig konstant oder exakt reversibel oder, falls nicht absolut reversibel, dann langsam stetig veränderlich sein. — Das Instrument hat einen nicht sehr großen, aber zu berücksichtigenden Temperaturkoeffizienten, der genau ermittelt wird. Ein Temperaturkoeffizient ist unvermeidlich, weil erstens das magnetische Moment mit der Temperatur etwas abnimmt, zweitens die Schwerkraftwirkung wegen Verlängerung des Hebelarms etwas zunimmt. Beide Wirkungen addieren sich. Selbstverständlich könnte man diese zwei Effekte durch einen dritten, entgegengesetzt gerichteten kompensieren. Doch würde dies die Herstellung des Instruments verteuern, und es müßte trotzdem zuweilen nachgeprüft werden, ob die Kompensation unverändert gilt. Außerdem ist bei rascheren Änderungen der Temperatur derselbe Temperaturgang von Magnet und von Kompensierungsvorrichtung nicht gewährleistet. Um die Konstanz der Nullage festzustellen, empfiehlt es sich stets, am Anfang und am Ende des Tages an derselben Station zu messen, falls die Messungen auf etwa 3 bis 5  $\gamma$  genau sein sollen. Dadurch hat man eine Kontrolle für das richtige Funktionieren des Instruments.

Man kann, wie sich im Verlauf zahlreicher Messungen zeigte, etwaige Änderungen, die sich als Differenz der Anfangs- und Endmessung ergeben, der Zeit nach gleichmäßig auf den Tag verteilen. Messungsreihen mit derartigen Änderungen, bei denen dieselben Stationen wiederholt beobachtet wurden, gaben eine Übereinstimmung bis auf wenige  $\gamma$ . Später sind die Magnetsysteme derart geschützt worden, daß auch diese Unterschiede nur in sehr geringem Maße auftraten, so daß man jetzt oftens Messungsreihen hat, die bis auf  $\pm 3 \gamma$  untereinander übereinstimmen.

Bei derartig genauen Ausmessungen kann man sich, wenigstens bei größeren Entfernungen von mehreren hundert Kilometern von Potsdam, nicht mehr unbedingt auf die dortigen Registrierungen stützen. Wenn auch im großen ganzen der Gang der zeitlichen Variationen, soweit er kosmischen Ursprungs ist, über sehr viel größere Strecken ähnlich verläuft, so gilt das doch bekanntlich nur genähert, nicht bis auf 1  $\gamma$  genau. Außerdem aber verschiebt sich die täglich etwa zweimal zwölfstündige Variation bekanntlich mit der Lage des Ortes auf dem Meridian. Man müßte also die Observatoriumskurven der Variationen für diesen Anteil entsprechend umrechnen. Dabei bleiben Unsicherheiten, die zusammen mit der vorher erwähnten bis zu  $\pm 2 \gamma$  betragen können, vielleicht auch mehr. Deshalb wurde für die genaue Prüfung des Instruments ein zweites, als Basisinstrument dienendes derselben Art in einem Zelt aufgestellt.

In jedem Instrument befindet sich ein Thermometer, das auf  $\pm 0.1^\circ$  abgelesen wird. Bei sehr raschem Temperaturwechsel hat aber der Magnet nicht genau die Temperatur, die das Thermometer anzeigt.

Das Basisinstrument bleibt unbewegt, ist nur Temperatur- und zeitlichen Feldschwankungen unterworfen. Es hat sich dabei in genügender Annäherung als reversibel gezeigt.

Die folgenden Beobachtungen sind von Herrn Dr. F. X. Beck bei Gelegenheit von Messungen der Gesellschaft für praktische Geophysik, Freiburg i. B., für die Deutschen Solvay-Werke in Borth mit dem Instrument angestellt. Sie geben einen Überblick über dessen Genauigkeit. Es ist jeweils das Instrument erst in der Stellung I abgelesen worden, wobei der Nordpol nach Osten stand, dann in Stellung II, wobei der Nordpol nach Westen stand. Es wurde mit Visierbussole und Hilfsstab auf etwa  $\pm 1/3^{\circ}$  genau eingestellt.

In der ersten Spalte ist die Stationsnummer angegeben, in der zweiten die mitteleuropäische Zeit, in der dritten das Mittel der Ablesungen. In der Tabelle 1a darunter findet man jeweils die nacheinander in Stellung I und Stellung II, also immer nach Drehen um  $180^{\circ}$  und nach eventueller Nivellements-korrektion, vorgenommenen Ablesungen. Das Instrument wird dabei auf  $\pm 0.3$  Teilstrich der Libelle  $= \pm 15''$  einnivelliert. In der vierten Spalte steht die Zahl der Ablesungen, die für die Mittelbildung aus den Werten gedient haben, die in der Tabelle 1a angegeben wurden. In der fünften Spalte findet man den aus den Skalenteilen berechneten unkorrigierten Wert der Änderung der Vertikalintensität in  $\gamma$  gegenüber der unkorrigierten Lage der Basisstation bei der ersten Tagesmessung, in der sechsten die im Instrument vorhandene Temperatur, in der siebenten die Temperaturkorrektur in  $\gamma$  umgerechnet auf  $+10^{\circ}\text{C}$  als Normaltemperatur bezogen. In Spalte 8 steht in  $\gamma$  die derart auf  $10^{\circ}$  korrigierte Differenz der Feldstation gegen den unkorrigierten Wert an der Basisstation bei der ersten Messung dort, in Spalte 9 die auf  $10^{\circ}$  korrigierte Differenz des Stationswertes gegen den auf  $10^{\circ}$  korrigierten Basiswert bei der ersten Messung dort.

In Spalte 10 findet man die jeweiligen zeitlichen Änderungen gegenüber dem Werte am Basisinstrument zur mittleren Zeit der ersten Messung, alle auf  $10^{\circ}$  bezogen.

In Spalte 11 findet man die Ausgleichskorrektion für das Feldinstrument. Sie wird ermittelt aus der völlig korrigierten Differenz Basisinstrument gegen Feldinstrument bei der Schlußmessung an der Basisstation, und es wird daraus proportional der Zeit die Korrektur für die mittlere Zeit der Messung an der jeweiligen Station berechnet.

In Spalte 12 findet man den in dieser dreifachen Weise korrigierten Endwert der dauernden lokalen Differenz einer Station gegen die Basisstation, der jetzt von der Zeit und allen Einflüssen unabhängig ist.

In der Tabelle 2 ist eine Beobachtungsreihe abgekürzt angeführt, die eine etwas größere Differenz, nämlich  $10\gamma$ , zwischen Anfangs- und Endstation aufweist, und die Aufteilung dieses Unterschiedes dabei zeigt.

Zum Vergleich sei hier noch das Ergebnis an einer Station, an der einmal am 28. Oktober  $4^{\text{h}} 25^{\text{m}}$  bis  $4^{\text{h}} 39^{\text{m}}$  gemessen wurde, und das Ergebnis am 27. Oktober  $11^{\text{h}} 14$  bis  $11^{\text{h}} 23$ , beide vollständig korrigiert, angeführt. Erstere gibt gegen die Basisstation  $+56\gamma$ , die zweite  $+55\gamma$ . Diese gute Übereinstimmung ist zufällig, weil im allgemeinen die Ablesegenauigkeit bestenfalls  $\pm 1.5\gamma$  beträgt. Im allgemeinen kann man aber bei sorgfältigster Behandlung des Instruments mit einer Übereinstimmung von etwa  $\pm 3\gamma$  rechnen. Bei raschen Messungen, ohne viel Sorgfalt auf Aufstellung, Transport, Temperaturschutz und Ablesung zu verwenden, kommt man ohne weiteres auf mindestens  $\pm 10\gamma$ .

Selbstverständlich ist es leicht, das Instrument noch unempfindlicher zu machen. — Dem Instrument wird ein Eichmagnet beigegeben, der an einer Stange bestimmter Länge dem Instrument aufgesetzt wird. Mit diesem kann das Instrument jederzeit nachgeeicht werden. Der Eichmagnet wird in Kupfer- und Eisenhülsen aufbewahrt und hat sich monatelang als sehr konstant erwiesen. Der Magnet braucht aber nur eine Konstanz zu haben, die der Messung der Variation entspricht. Letztere soll bei größeren Differenzen, wie sie der Eichmagnet hervorruft, auf etwa 1 bis 2 Proz. genau sein. Der Magnet ist auf 0.05 Proz. monatelang konstant. Sein Temperaturkoeffizient wird bestimmt, er ist klein. — Kompensationsmagnete ähnlich wie bei der Feldwage von Ad. Schmidt werden am Sockel des Instruments verschiebbar angebracht.

Tabelle 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stationsnummer	Zeit	Mittel		Unkorr. $\Delta\gamma$		$\Delta\gamma$ für $\Delta t$					Korr. Endwert
0	8 <sup>a</sup> 43—54 <sup>m</sup>	36.9	6	0	7.1	-20	-20	0	0	0	0
51	9 45—51	36.7	4	-6.4	8.1	-13	-19	+1	-4	+0	+5
52	10 06—13	36.3	4	-19	8	-14	-43	-23	-21	0	-2
53	10 28—38	37.1	6	+6	8.6	-10	-4	+16	-12	0	+28
54	10 50—11 <sup>b</sup> 07 <sup>m</sup>	35.7	8	-38	9.6	-3	-41	-21	-27	0	+6
55	11 23—34 <sup>m</sup>	36.4	6	-16	9.0—9.8	-5	-21	-1	-41	0	+40
0	12 22—24	34.7	6	-70	11—11.6	+8	-62	-42	-39	+3	0

(Mitt.)

Tabelle 2.

0	2 <sup>p</sup> 51—59 <sup>m</sup>	54.2	6	0	15.8	+41	+41	0	0	0	0
26	3 47—55	56.9	10	+81	19.2	+22	+103	+62	-6	-3	+65
27	4 25—39	57.6	8	+102	12.7	+19	+121	+68	+5	-7	+55
0	5 18—26	55.4	6	+36	12.0	+21	+57	+06	+6	-10	0

Tabelle 1a.

0	37.1	37.1	37.1	36.9	36.8	36.7	—	—
51	36.7	36.7	36.7	36.7	—	—	—	—
52	36.2	36.4	36.2	36.3	—	—	—	—
53	36.9	37.2	37.0	37.2	36.9	37.2	—	—
54	36.1	36.1	35.9	35.8	35.7	35.4	35.4	35.4
55	36.3	36.3	36.4	36.6	36.4	36.4	—	—
0	35.1	34.9	34.7	34.7	34.4	34.4	—	—

Freiburg i. B., Math.-physikal. Institut der Universität.

## Radioaktive Messungen im Quellgebiet von Brambach.

### I.

Von P. Ludewig und H. Witte. — (Mit drei Abbildungen.)

Es wird das Ergebnis einer neuen Untersuchung der bei Brambach i. V. auftretenden Quellen auf den Gehalt an Radiumemanation mitgeteilt. Es werden in Tabelle und Kurve die Änderungen der Eigenschaften der Wetтинquelle in Brambach angegeben und eine Zusammenstellung der Meßergebnisse über den Emanationsgehalt der Quellen in den wichtigsten radioaktiven Quellgebieten gegeben.

Unter den radioaktiven Quellgebieten nimmt das Gebiet von Brambach wegen der großen Zahl von Quellen mit beträchtlichem Emanationsgehalt und