

# Erdstrombeobachtungen im Gebirge

Von

Dr. Viktor Oberguggenberger

(Mit 7 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Februar 1925)

Auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte 1924 in Innsbruck habe ich einen kurzen Bericht über die Ergebnisse meiner Erdstrombeobachtungen im Gebirge erstattet, der in der Physikalischen Zeitschrift 1924 (682 bis 684) erschienen ist. Da sich mein Beobachtungsmaterial inzwischen ziemlich vergrößert hat, scheint es mir von Wert, ausführlicher auf meine Ergebnisse einzugehen. Die Aufgabe, die ich mir ursprünglich gestellt hatte, bestand darin, Größe und Richtung der elektromotorischen Kraft (e. K.) der im alpinen Gelände fließenden Erdströme unter Zuhilfenahme von Leitungen zu bestimmen, die untereinander verschieden sein sollten in bezug auf Azimut, überbrückte Höhendifferenz und Neigungswinkel, wobei ich unter Neigung den Winkel verstehe, den die Verbindungslinie der Erdplatten gegen die Horizontale einschließt. Einiges Augenmerk sollte dabei stets auf die Untersuchung der bei der Ausführung der Beobachtung in Betracht kommenden Fehlerquellen gelegt werden. In der Folge ergab sich dann die weitere Aufgabe, durch eine geeignet angeordnete, zusammenhängende Beobachtungsreihe den täglichen Gang dieser vertikalen Erdströme festzulegen und einen möglichen Zusammenhang zwischen Erdstrom und Witterungslage aufzudecken, wobei ich letzten Endes zur Beobachtung der in tieferen Lagen der Erdkruste fließenden Ströme angeregt wurde.

## Die Meßanordnung und deren Fehlerquellen.

Die Methode der Beobachtung besteht bekanntlich darin, daß zwei Erdplatten in größerer Entfernung voneinander in die Erde versenkt und durch eine vom Boden isolierte Leitung miteinander verbunden werden. Die natürlichen, elektrischen Ströme der Erdrinde werden dann zum Teil die ihnen gebotene metallene Leitung durchfließen und gelangen in ihr zur Beobachtung. Die Meßanordnung, die ich mir nach einer Reihe von orientierenden Versuchen zusammengestellt habe, besteht demnach in folgendem: Zwei möglichst gleichartige Eisenbleche ( $15 \times 45$  cm, aus einem Stück geschnitten), die mit einer Fahne zur Befestigung der eisernen Klemmschraube versehen waren, wurden vor dem ersten Gebrauch

mehrmals in Salz- und Salpetersäure gewaschen und hernach gründlich in Wasser gespült. Diese so präparierten Elektroden wurden nun an den Endpunkten der für die Messung gewählten Strecke in möglichst homogene Erde so eingestampft, daß nur mehr die an der Eisenfahne befestigte Klemmschraube über Erde war. Eine gut isolierte Leitung (wo es möglich war, wurden die Messungen an permanenten Leitungen durchgeführt) stellte die Verbindung zum Meßinstrument her. Als solches wurde ein tragbares Galvanometer von Hartmann und Braun mit einer Empfindlichkeit von  $3 \cdot 10^{-6}$  Amp./Skalenteil verwendet, das sich infolge seiner leichten Transportierbarkeit und seiner einfachen Aufstellung auch im Gelände als sehr brauchbar erwiesen hat. Die e. K. des Erdstroms wurde nach einer Nullmethode (Kompensation durch bekannte e. K.) mit Hilfe eines Potentiometers in der Weise durchgeführt, daß jede Messung zur Ausschaltung von Ablese- und Einstellfehlern (Trägheit der Galvanometernadel) mehrmals nacheinander wiederholt wurde. Die dadurch erreichte Beobachtungsgenauigkeit ist ausreichend groß und beträgt der wahrscheinliche Fehler einer Messung  $\frac{1}{1000}$  Volt. Da alle in der Folge beschriebenen Beobachtungen nach der gleichen Methode und mit dem gleichen Instrumentarium durchgeführt wurden, sind sie untereinander einwandfrei vergleichbar.

Was nun die im Element, Erde—Elektrode, auftretenden Plattenströme und deren Polarisationsströme betrifft, die als Hauptfehlerquellen in der Literatur eingehend besprochen sind, so habe ich durch mehrere Versuchsreihen an verschiedenen langen Leitungen folgende Erfahrungen gewonnen: Wenn die Distanz der Elektroden mehr als 700 bis 1000 *m* beträgt, ist ein merklicher Einfluß der Plattenströme, wie durch Vertauschen der Elektroden, durch Umsetzen in verschiedene Erden, durch Verwendung verschieden großer Eisenplatten, wie auch verschiedener Eisensorten nachgewiesen werden konnte, nicht mehr beobachtbar. Je geringer die Distanz der Elektroden ist, um so vorsichtiger muß bei der Auswahl der Elektroden und der Erdung vorgegangen werden. Da die e. K. des Erdstroms proportional gesetzt werden kann der Entfernung der Erdplatten, der zu beobachtende Effekt mithin bei Verringerung der Elektrodendistanz abnimmt, während die Fehler anwachsen, so ist es auf jeden Fall ungünstig, bei zu geringer Elektrodendistanz zu arbeiten.

Große Vorsicht ist auf die Isolierung aller Verbindungsstellen, speziell der Verbindung der Erdplatten mit dem Kupferleiter zu verwenden. Eine Erdung in fließendem Wasser habe ich nicht günstig gefunden.

Nun soll noch eine Fehlerquelle besprochen werden, die meines Wissens nach in der Erdstromliteratur bis heute noch keine Erwähnung gefunden hat, für den praktischen Beobachter aber von der größten Bedeutung ist, da sich ihr Einfluß nicht eliminieren läßt. Ich meine die vagabundierenden Ströme geerdeter Gleich-

stromnetze. Überall, wo Menschen wohnen, hat heute die Elektrizität ihren Eingang gefunden und besonders in den Alpenländern finden sich sehr viele Kleinlichtwerke und da bei diesen kleinen Anlagen, die oft nur einen Einzelhof mit Licht versorgen, die Gleichstrommaschine bevorzugt wird, ist erklärlich, daß mitunter ein ganzes Gebiet von diesen vagabundierenden Strömen verseucht und für Erdstrombeobachtungen, wenn ein Ausschalten der Anlage unmöglich ist, ungeeignet wird. Bei meinen Beobachtungen hatte ich mehrmals Gelegenheit, solche Störungsfelder vorzufinden und will ich daher näher darauf eingehen.

Wenn ich ein empfindliches Galvanometer in die Verbindungsleitung zweier Erdplatten einschalte, wird die Nadel einen der Intensität des Erdstroms entsprechenden Ausschlag anzeigen und an einer bestimmten Stelle zur Ruhe kommen, falls in der Leitung nur der reine, ungestörte Erdstrom fließt. Die Änderungen des Erdstroms gehen stetig und nie sprungweise vor sich. Lediglich bei Beobachtungen während eines Gewitters habe ich sprungweise Änderungen im Momente der elektrischen Entladung beobachtet und gerade diese Stetigkeit ist ein Kriterium dafür, daß man es mit einem ungestörten Erdstrom zu tun hat. Beobachtet man im Gebiete der Streuströme eines geerdeten Gleichstromnetzes, so wird man bemerken, daß die Nadel des Galvanometers um ihre Ruhelage hin und her pendelt, die Intensität des Stromes also sich in kurzen unperiodischen Zeiträumen in unberechenbarer Weise ändert. Je nach der Intensität und der Entfernung der Störung wird dieser Effekt mehr oder weniger zum Ausdruck kommen. Von Innsbruck nach Hall führt zum Beispiel eine mit 1000 Volt Gleichstrom betriebene Kleinbahn. In der Entfernung von einigen 100 *m* von dieser Bahn ist während der Betriebszeit ein Arbeiten völlig ausgeschlossen, da die vagabundierenden Ströme den Erdstrom vernichten. Wie Versuche ergeben haben, ist die Störung selbst in einer Entfernung von 2 bis 3 *km* noch nachweisbar. Der Innfluß übt dabei eine kräftige Schirmwirkung aus. Ich habe längere Zeit diese Schwankungen als reell und dem Erdstrom angehörend betrachtet, bis ich durch meine Beobachtungen an der Rauch'schen Bahn, die mich in die nächste Nähe der Störungsquelle geführt haben, auf die wahre Ursache gestoßen bin.

Es möge nun eine kurze Beschreibung aller Beobachtungen und eine Zusammenfassung der Resultate folgen.

### Die Beschreibung der einzelnen Beobachtungen.

Im Zuge der Elektrisierung der Bahnstrecke Innsbruck—Arlberg—Bludenz wurde eine Speiseleitung von St. Anton am Arlberg über den 2019 *m* hohen Brunnenkopf nach Langen gelegt und hatte ich im Spätherbst der Jahre 1923 und 1924 Gelegenheit, Messungen an dieser Leitung durchführen zu können. Fig. 1 gibt einen Schnitt durch das Gelände längs der in Ost-Westrichtung

verlaufenden Arlbergpaßleitung. Die Kreuze bezeichnen die Lage der Elektroden. Im Oktober 1923 war die Teilstrecke von Sankt Anton bis St. Christoph fertiggestellt. Die Meßgeräte fanden beim Kopfmast (Talelektrode) in St. Anton Aufstellung, während die zweite Elektrode am Maienkopf an den Kupferleiter angeschlossen wurde. Die Distanz der Erdplatten betrug 3123 *m* bei einer Höhendifferenz von 532 *m*. Der Boden trägt im Verlaufe der Leitung durchwegs Vegetation und ist reich an Wasseradern. Die Messungen wurden zwischen 8<sup>h</sup> und 9<sup>h</sup> abends und zwischen 9<sup>h</sup> früh und 4<sup>h</sup> nachmittags durchgeführt und ergab für die e. K. den Wert 0·1040 Volt/*km* (Richtung bergauf). Die Werte blieben untertags ziemlich konstant und zeigten nur gegen abends eine geringe Abnahme. An beiden Tagen herrschte bei niedrigen Temperaturen schönes Wetter. Am Maienkopf lag eine dünne Schneedecke.

Ein Jahr später war die Leitung in ihrer ganzen Ausdehnung fertiggestellt und stand mir vom Unterwerk Flirsch bis Langen zur

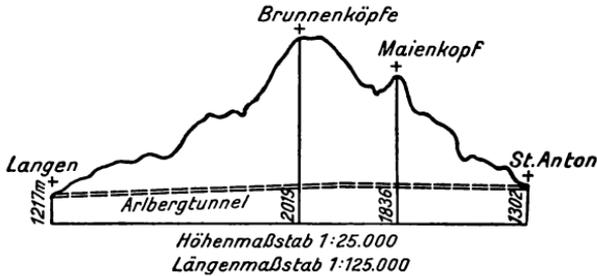


Fig. 1.

Verfügung. Aus technischen Gründen mußte ich mein Beobachtungsprogramm so einteilen, daß nach Einbringung der Erdplatten am Brunnenkopf zunächst die Beobachtungen an der Strecke Brunnenkopf—Langen, bei einer Luftentfernung von 6100 *m* und einer Höhendifferenz von 727 *m* durchgeführt wurden, dann sollten die Messungen in St. Anton an der Strecke St. Anton—Brunnenkopf (Entfernung der Erdplatten 4800 *m*, Höhendifferenz 717 *m*) durchgeführt und schließlich sollte noch die vom Unterwerk Flirsch bis St. Anton längs der bereits elektrisch betriebenen Bahn laufende Speiseleitung in St. Anton an die Brunnenkopfleitung zugeschaltet werden und die Messungen an der Strecke Flirsch—Brunnenkopf ausgeführt werden. Diese letztere Aufgabe erwies sich als undurchführbar, weil irgend ein geerdetes Gleichstromnetz den Erdstrom derartig beeinflusste, daß ein einwandfreies Resultat nicht erwartet werden konnte.

Die Witterung war am ersten Beobachtungstag heiter, abends zogen schwere Wolken auf und in den Nachtstunden fiel Regen, der bis 6 Uhr morgens andauerte. Am Morgen des folgenden Tages Nebelreißen und stetige Aufheiterung. Am Brunnenkopf war Schnee

gefallen. Die Erdstromresultate geben diesen Witterungsumschlag deutlich wieder.

Für die Strecke Brunnenkopf—Langen ergab sich der Wert für die e. K. zu  $0\cdot0982$  Volt/*km* (gültig für die Zeit vor Einbruch des Regens), während des Regens sank die e. K. auf den Wert  $0\cdot0685$  und zeigte erst in den Morgenstunden die Tendenz zum Ansteigen. Für die Strecke St. Anton—Brunnenkopf ergab sich die e. K. im Mittel zu  $0\cdot0975$  Volt/*km*, wobei zu bemerken ist, daß der Wert gegen den des Vorjahres etwas niedriger ist, was einerseits seinen Grund in der Witterung, anderseits darin haben mag, daß sich zwischen Maienkopf und Brunnenkopf ein  $90$  *m* tiefer Sattel eingeschnitten findet.

### Die Messungen an der Rauch'schen Bahn, Mühlau bei Innsbruck.

Diese Beobachtungen wurden durchgeführt unter Benützung des Fahrdrahtes der außer Betrieb stehenden Industriebahn, die in Richtung NW—SO auf einer reichlich mit Humus bedeckten Schotterterrasse des Inn verläuft. Die Luftentfernung der Erdplatten betrug  $870$  *m* bei einer Höhendifferenz von  $33$  *m*. Die Instrumente kamen in einem Zimmer der Talstation ( $577$  *m*) zur Aufstellung. Wegen der Störungen, der in  $200$  *m* Entfernung von der Talelektrode vorbeiführenden elektrischen Bahn Innsbruck—Hall, konnten die Messungen nur bei ausgeschalteter Bahn während der Nacht zwischen  $11^h$  abends und  $6^h$  morgens durchgeführt werden. Es ergab sich im Mittel aus zehn Beobachtungstagen der Wert  $e = 0\cdot0881$  Volt/*km* (Richtung konstant bergauf). Eine Trennung der Werte in Morgen- und Abendwerte, wie nach Schön- und Schlechtwetterlage ergab keinen nennenswerten Unterschied.

### Die Messungen an der Seilbahn des Mühlauer Schotterwerkes.

Für meine Beobachtungen stand mir die Telefonleitung dieser von der Reichsstraße in Richtung S—N gegen das Hungerburgplateau führenden Seilbahn zur Verfügung. Die Distanz der Elektroden betrug  $390$  *m* bei einem Höhenunterschied von  $170$  *m*. Aus den oben angeführten Gründen konnten auch hier die Beobachtungen nur in Nacht- und Morgenstunden durchgeführt werden. Die an 12 Tagen in der Zeit zwischen  $5^h$  und  $6^h$  morgens gewonnenen Resultate ergeben im Mittel für  $e = 0\cdot2038$  Volt/*km*. Ordnet man diese Werte nach der Wetterlage, so ergibt sich für Schönwetter (5 Tage) der Wert  $e = 0\cdot3141$  Volt/*km*, für Schlechtwetterlage (7 Tage)  $e = 0\cdot1486$  Volt/*km*. Es ergibt sich also in dieser stark geneigten Leitung ein ausgesprochener Einfluß der Witterung. Auch hier fand ich die Ströme konstant bergauf gerichtet.

## Die Messungen am Schrägaufzug des in Bau befindlichen Achen-see-Kraftwerkes bei Jenbach, Tirol.

Fig. 2 gibt einen Schnitt durch das Gelände längs der zur Messung benützten Telefonleitung. In einer vertikalen Distanz von  $360\text{ m}$  sind zwei Stollen in den sogenannten Weihnachtsberg bei Jenbach vorgetrieben, die durch einen Schrägschacht, der durchschnittlich  $40\text{ m}$  unter der Oberfläche verläuft, verbunden sind. Das Gestein ist in der ganzen Ausdehnung gleichartig (Wettersteinkalk). Bei 1 ist eine kleine Wasserader angeschnitten worden, bei 3 tritt eine kleine Quelle zu Tage. Der Steilhang zwischen 3 und 4 ist im unteren Teile bewaldet und zeigt in der oberen Hälfte schwache Vegetation. Die Punkte 1, 2, 3, 4 geben die Lage meiner Elektroden an und hatte ich die Absicht, Erdstrombeobachtungen

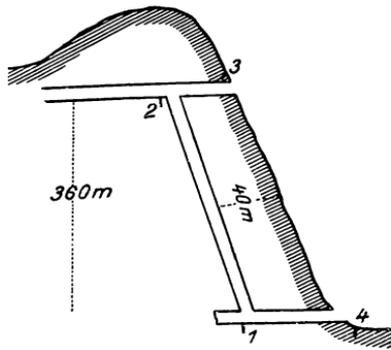


Fig.

durchzuführen zwischen Punkt 1 und 2, 3 und 4, 2 und 4, und zwischen 3 und 1. Von den Elektroden führten gut isolierte Kabeldrähte zu der, während der Zeit der Messungen außer Betrieb gesetzten Telefonleitung, so daß durch ein einfaches Umschalten jede gewünschte Verbindung rasch hergestellt werden konnte. Leider ergab sich auch hier wieder eine Störung durch das Streufeld gerdeter Gleichstromanlagen. (Wie ich später durch Umfrage erfuhr, befinden sich in der nahen Ortschaft Jenbach, die reich an Kleinindustrie ist, mehrere private Anlagen), so daß nur die zwischen 1 und 2 erhaltenen Resultate als verlässlich angesehen werden können. Der zwischen 1 und 3 erhaltene Wert dürfte wenigstens der Größenordnung nach richtig sein. Bemerkenswert ist dabei die scheinbar oberflächliche Ausbreitung dieser vagabundierenden Ströme. Während die Messungen zwischen 3 und 4, 2 und 4 wegen dieser Streuströme direkt unmöglich waren, fand ich die Störung zwischen 3 und 1 wesentlich geringer und zwischen 1 und 2 machte sich die Überlagerung der Ströme nur mehr durch ein schwaches Pendeln der Galvanometernadel bemerkbar. Der erhaltene Wert der e. K.

betrug zwischen 1 und 2 bei einer Distanz der Elektroden von 510 *m* und einer Höhendifferenz von 360 *m* (Neigung = 45°)  $e = 0.183$  Volt/*km*, zwischen 3 und 1 bei einer Länge von 500 *m* und derselben Höhendifferenz (Neigung 51°)  $e = 0.249$  Volt/*km*. Der Erdstrom ergab sich in beiden Fällen als bergauffließend.

### Die Beobachtungen an selbstverlegten, kürzeren Leitungen.

Um Beobachtungen bei möglichst vertikaler Anordnung der Elektroden durchführen zu können, ging ich dazu über, Leitungen an geeigneten Orten selbst zu legen. So konnte ich in dem steilen Südosthang des Berg Isels (Neigung 33°) eine allerdings nur 180 *m* lange Leitung bei einer Höhendifferenz von 95 *m* verlegen. Die Beobachtungen ergaben trotz der geringen Länge der Leitung einen sehr verlässlichen Wert für die e. K. des Erdstroms.  $e = 0.2340$  Volt/*km*. Weiters wurde im Höttinger Graben im Gelände nördlich von Inns-

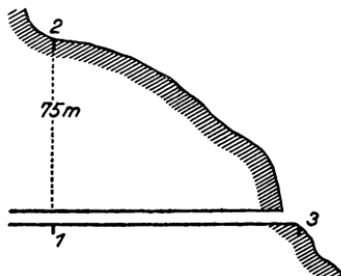


Fig. 3.

bruck, eine Messung bei Anordnung der Elektroden, wie sie Fig. 3 zeigt, durchgeführt. Ein Stollen in gut übersichtlichem Terrain ermöglichte es mir, die beiden Erdplatten so in der Lotlinie anzuordnen, daß Elektrode 1 im Stollen in einer Felsnische (Muschelkalk) eingestampft, Elektrode 2 in 75 *m* vertikaler Distanz in der Humusdecke eingebracht werden konnte. Die Messungen zwischen 1 und 2 ergaben im Mittel den Wert  $e = 0.4890$  Volt/*km*. Dazu ist zu bemerken, daß dies der einzige direkt durch Messung erhaltene Wert für die e. K. des vertikalen Erdstroms in meiner Messungsreihe ist, da sich die Gelegenheit zur lotrechten Anordnung der Elektroden auch im Gebirge nur selten so günstig bietet. Die Messungen zwischen 3 und 2 ergaben bei einem Neigungswinkel 24° 38' den Wert  $e = 0.1290$  Volt/*km*.

Schließlich will ich noch einer Serie von Messungen Erwähnung tun, die ich am Gschwandtkopf bei Seefeld, das ist eine in das Inntal vorgeschobene 1450 *m* hohe, bewaldete Kuppe, durchgeführt habe. Die Leitungen wurden im magnetischen Achsenkreuz verlegt und betrug die Entfernung der Erdplatten von der Gipfелеlektrode zirka 120 *m* bei Neigungswinkeln von 11 bis 27°. Diese

Tabelle 1. Tabelle der Tagesmittel.

Datum	Tagesmittel der e. K. des Erdstroms	Tagesmittel von			Widerstand			Witterungslage
		Temper.	Druck	Feuchtigk.	$\omega_1$ obere El.	$\omega_2$ untere El.	Hilfselektrode	
Juli 12.	0·0887 Volt	6° 4 C.	586·6 mm	85·40%	—	—	—	Nebel, bewölkt
> 13.	0·0844	5 8	586·2	79·5	2267 $\Omega$	3132 $\Omega$	2909 $\Omega$	Nebeltreiben, bewölkt
> 14.	0·0891	6 1	585·0	80·2	2616	2233	2679	Sonne durch Nebel, später bewölkt, starker Wind
> 15.	0·1079	8 2	584·2	87·0	2665	2764	2729	Morgens klar, dann Nebel, Bewölkung, um 17 <sup>h</sup> Regen, um 18 <sup>h</sup> 30 starker Regenguß bis 21 <sup>h</sup>
> 16.	0·1488	9 4	584·4	80·5	2985	2855	2821	Aufheiterung, untertags zumeist Sonne
> 17.	0·1716	10 4	583·7	75·3	3044	3087	2848	Klar, morgens Talnebel, Sonne
> 18.	0·1665	11 1	582·9	76·5	—	—	—	Klar, Sonne, nachm. teilweise bewölkt
> 19.	0·1544	13 3	584·2	65·6	—	—	—	Morgens Sonne bis 10 <sup>h</sup> , Bewölkung, um 12 <sup>h</sup> 15 kurzer Regen, von 16 <sup>h</sup> 50 bis 19 <sup>h</sup> 45 Gewitter, dann Aufheiterung
> 20.	0·1357	14 4	585·9	64·4	2787	3010	2794	Nachts und morgens klar, dann Bewöl- kungszunahme, 12 <sup>h</sup> 55 Hagelschlag, Regen, schwere Gewitterwolken.

Juli 21.	0·1231 Volt	15° 1 C.	588·1 mm	62·8 <sup>0/10</sup>	2981 Ω	2655 Ω	2600 Ω	In der Nacht Aufheiterung, vormittag klar, nachm. Bewölkung, 20 <sup>h</sup> bis 0 <sup>h</sup> Gewitter
> 22.	0·1222	16 3	588·3	52·8	2482	3263	2443	Klar, Sonne
> 23.	0·1363	14 3	584·3	68·9	—	—	—	Teilweise bewölkt, 11 <sup>h</sup> 20 bis 13 <sup>h</sup> 50 Gewitter, Regen, starker Sturm, 17 <sup>h</sup> bis 19 <sup>h</sup> Gewitter
> 24.	0·1405	10 2	582·2	72·9	—	—	—	Im Tal Nebelmeer, klar, Sonne
> 28.	0·1251	10 0	583·6	78·2	2523	1963	2342	Nebel, leichter Wind, bewölkt
29.	0·1201	11 3	585·6	67·8	—	—	—	Dichter Nebel, wechselnd bewölkt, 19 <sup>h</sup> bis 20 <sup>h</sup> leichter Regen
> 30.	0·1299	12 1	585·6	72·5	—	—	—	Wechselnd bewölkt, 13 <sup>h</sup> bis 15 <sup>h</sup> Gewitter, nachts bewölkt
31.	0·1253	9 6	582·9	94·6	—	—	—	Nebel, ab mittags leichter Regen bis 22 <sup>h</sup>
Aug. 1.	0·1233	10 4	581·6	75·6	—	—	—	Sonnig, gegen Abend Bewölkungszunahme
> 2.	0·1250	4 8	577·5	84·4	—	—	—	Wechselnd bewölkt, leichter Regen, 12 <sup>h</sup> Sturm und Regen, 12 <sup>h</sup> 10 Hagel, 13 <sup>h</sup> 30 Schneesturm, zirka 5 cm Neuschnee

Beobachtungen sind deshalb interessant, weil ich hier zum erstenmal auf eine Unstimmigkeit in der Strömungsrichtung gestoßen bin. Während ich bei allen Messungen die Ströme in der Erde aufwärts fließend gefunden habe, konnte ich am Gschwandtkopf folgende Stromrichtungen beobachten:

- 30./9., 1923 Südhang: bergauf; Westhang: bergab; Nordhang: wechselnd;  
Osthang: bergab.
- 28./10., 1923 Südhang: bergauf; Westhang: bergab; Nordhang: bergauf;  
Osthang: bergab.
- 26./8., 1924 Südhang: bergauf; Westhang: bergauf; Nordhang: bergab;  
Osthang: bergauf.

Die gemessene e. K. fand ich an den einzelnen Tagen speziell für den Nordhang ziemlich variabel. Wenn man in Betracht zieht, daß die Beobachtungen bei einer verhältnismäßig kurzen Distanz der Elektroden erfolgten und den komplizierten geologischen Aufbau, Schichtenlage und Schichtenwechsel (Zone des Quellenaustritts) des Gebietes ins Auge faßt, so kann man diese Unstimmigkeit nur als eine Folge örtlicher Verhältnisse betrachten und kommt ihr keine besondere Bedeutung zu. Immerhin ergibt sich aber, daß der geologische Aufbau des Gebietes den Erdstrombeobachtungen ein ganz lokales Gepräge verleihen kann und folgert sich daraus die Notwendigkeit, die Beobachtungen nur an ausgedehnten Leitungen durchzuführen.

### Die Messungen auf der Neuburger Hütte.

Aufgabe der Beobachtungen war, den täglichen Gang der e. K. des in einer stark geneigten Leitung fließenden Erdstroms zu bestimmen und den Einfluß der Witterungslage, der schon in den früheren Messungen deutlich zum Ausdruck gekommen war, durch gleichzeitige Beobachtung der meteorologischen Elemente genauer festzulegen. Zu diesem Zwecke wurde in der steilen Nordflanke des Hocheders von der Neuburger Hütte (1971 *m*) bis auf den Höhenpunkt 1466 *m* eine Leitung von 839 *m* Luftlinie gelegt. Die Neigung des Hanges betrug 37°. Als Leitungsmaterial kam militärisches Telephonkabel, dreiaderig, zur Verwendung, das, da die Zirbelbestände bis zur Hütte reichen, frei über Bäume verlegt werden konnte. Die Erdplatten im Format 35×60 *cm* wurden in tiefe Gruben gesetzt, mit homogener Erde eingestampft und der Leitungsanschluß mit Gummiband sehr gut isoliert. Die Bodenbeschaffenheit im Gelände zwischen den Elektroden war sehr einheitlich. Eine ziemlich dicke, feuchte Erdschicht, bestehend aus den braunen Verwitterungsprodukten des Glimmers, mit zumeist üppiger Vegetation. In der Fallinie der Leitung fanden sich nur einige Felsriegel geringer Ausdehnung.

Die instrumentelle Ausrüstung bestand:

1. Aus der schon früher beschriebenen Anordnung zur Bestimmung der e. K. des Erdstroms.
2. Aus den Instrumenten zur Bestimmung des Widerstands: Meßbrücke, Stöpselwiderstände, 0 bis 1000  $\Omega$ , 0 bis 10.000  $\Omega$ , Induktorium, Telephon und den nötigen Kleinakkumulatoren.
3. Den meteorologischen Instrumenten: Präzisionsbarometer, das auch zur Höhenmessung verwendet wurde, wobei alle Messungen an die Höhenmarke des Bahnhofs Telfs angeschlossen wurden, ein Thermograph, ein Lambrecht'sches Polymeter und ein Windstärkemesser.

Mit den Vorbereitungen zur Beobachtung war ich am 9. Juli abends fertig, die eigentlichen Messungen konnten aber erst am 11. Juli aufgenommen werden, da ein heftiger Sturm in der Nacht vom 9. auf 10. Juli die Leitung an zwei Stellen durchriß und ich dadurch zu einer Umlegung der Leitung, wie auch der oberen Elektrode gezwungen war. In der Folge blieb die Leitung ohne Störung bis zum 2. August, wo sie vom Sturme neuerlich zerrissen und hierauf abgebaut wurde. Die Beobachtungen dauerten also vom 11. Juli bis 2. August, mit einer kurzen Unterbrechung vom 24. Juli mittags bis 28. Juli mittags, und war es dank der abnormen Witterung während dieser Zeit möglich, den Verlauf des Erdstromes bei allen Witterungslagen und Niederschlagsformen zu beobachten. Was die Beobachtungszeiten anlangt, so wurden bei konstanter Witterung alle 2 bis 3 Stunden eine Ablesung gemacht, während bei veränderlicher Witterung die Beobachtungen zweckmäßig verteilt werden sollten. Während der Nacht wurden zwei bis vier Messungen durchgeführt. Wenn ein Gewitter in gefährliche Nähe gekommen war, wurden die Instrumente abgeschaltet und die Leitung kurzgeschlossen.

Im folgenden will ich nun einen Überblick über die gewonnenen Resultate geben. Aus Rummangel muß ich auf eine Wiedergabe des gesamten Beobachtungsmaterials verzichten, und sollen in der vorstehenden Tabelle bloß die Tagesmittel der beobachteten Elemente mit einem kurzen Überblick über den an den einzelnen Tagen herrschenden Witterungscharakter gegeben werden. Das Gesamtmittel der e. K. des Erdstroms ergibt sich (aus den Tagesmitteln) zu  $0 \cdot 1278$  Volt =  $0 \cdot 1523$  Volt/km mit einer Amplitude von  $0 \cdot 0436$  Volt.

Maximalwert =  $0 \cdot 1940$  Volt, Minimalwert =  $0 \cdot 0712$  Volt.

Faßt man die Tage mit gleichem Witterungscharakter zusammen und bildet gleichzeitig die Differenz Tagwerte minus Nachtwerte, wobei als Tag die Zeit von Sonnenauf- bis Sonnenuntergang, also von 4<sup>h</sup> früh bis 8<sup>h</sup> abends bezeichnet werden möge, so ergibt sich:

	e. K. in Volt.	Diff. Tag—Nacht in Volt.
Für die Schönwettertage:		
Juli 16., 17., 18., 22., 24., Aug. 1.....	0·1413	0·0046
Für trübe, nebelige Tage:		
Juli 12., 13., 14., 15., 28., 29., 31.....	0·1058	0·0010
Gestörte Tage, Gewittertage:		
Juli 19., 20., 21., 23., 30., Aug. 2.....	0·1341	0·0104

Dazu ist zu bemerken, daß die Spannung in den Tag- und Nachtwerten für die Gewittertage am größten ist, was wohl darauf zurückgeführt werden kann, daß die Gewitter fast durchwegs in

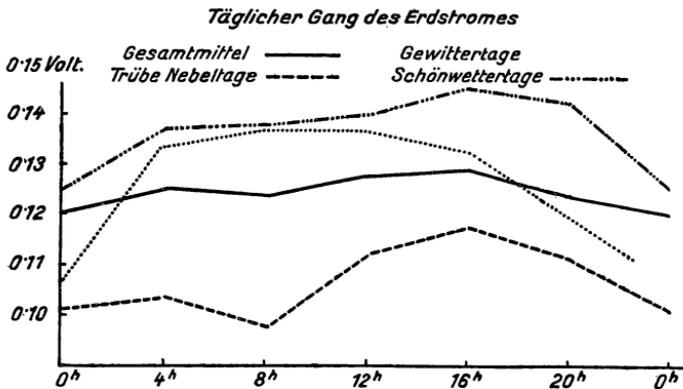


Fig. 4.

die Tagesstunden fielen. An trüben, nebeligen Tagen ist im Mittel zwischen Tag- und Nachtwerten ein kaum nennenswerter Unterschied.

Was den täglichen Gang des Erdstroms anlangt, gibt die graphische Darstellung Fig. 4 ein anschauliches Bild. Man sieht, daß der tägliche Gang des Erdstroms den Charakter einer Doppelwelle aufweist, wie er sich wohl in lufterlektrischen, nicht aber in meteorologischen Elementen ausgedrückt findet, mit einem ausgesprochenen Maximum um 16<sup>h</sup> und einem Nebenmaximum um 4<sup>h</sup>. Die Doppelwelle ist am ausgeprägtesten für die trüben Nebeltage. Das Hauptminimum fällt an diesen Tagen auf 8<sup>h</sup> morgens, während es sonst auf Mitternacht fällt. An Schönwettertagen verschwindet das 8<sup>h</sup>-morgens-Minimum. Es ergibt sich ein langsamer Anstieg von Sonnenaufgang bis zum Maximum um 16<sup>h</sup> und ein rascher Abfall nach Sonnenuntergang.

In Fig. 5 ist der Verlauf der in der Tabelle 1 zusammengestellten Tagesmittel graphisch dargestellt. Der Verlauf der Erdstromkurve zeigt einen deutlichen Gang mit der Witterungslage. Im Maximum (17. Juli) erreicht die e. K. den doppelten Betrag des Minimalwertes vom 13. Juli. Die Widerstandskurve ist gegeben für den Gesamtwiderstand  $w_1 + w_2$  für den 13. bis 22. Juli. Sie schmiegt sich der Erdstromkurve gut an. Während Temperatur und Feuchtigkeit einen dem Erdstrom im großen und ganzen parallelen Verlauf aufweisen, ist der Gang des Luftdruckes dem Erdstrom ausgesprochen invers. Das Luftdruckmaximum fällt zeitlich schön zusammen mit dem Minimum des Erdstroms.

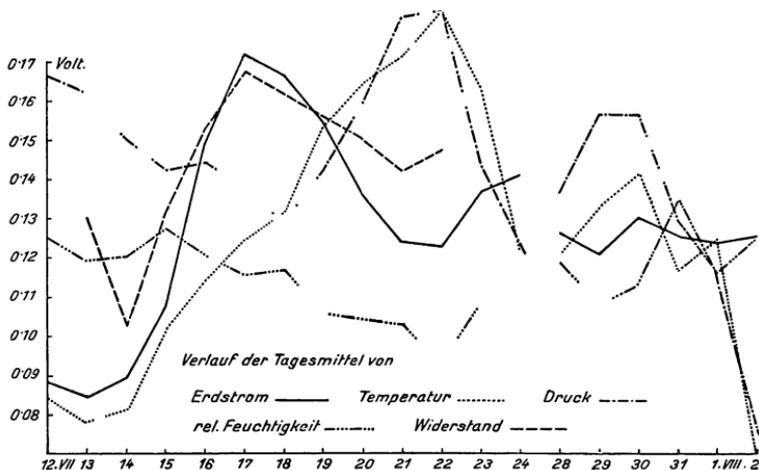


Fig. 5.

Nach den Erfahrungen, die ich durch Vergleich der fortlaufend gezeichneten Erdstromkurve und der makroskopischen Witterungsbeobachtung gewonnen habe, läßt sich über den Zusammenhang zwischen Erdstrom und Wetterlage folgendes aussagen: Strichregen, Hagelschlag, rasch ziehende Nebel, Gewitterregen geben Anlaß zu kurz dauernden Schwankungen großer Amplitude. Rasch wechselnde Sonnenbestrahlung erhöht im allgemeinen die Werte der e. K. des Erdstroms. Regen nach Gewittern, wie ausgesprochener Landregen haben eine Erniedrigung der e. K. bei ruhigem Verlauf der Kurve zur Folge. Denselben Einfluß scheinen auch ruhende dichte Nebelmassen auszuüben.

### Die Bestimmung der Übergangswiderstände.

Der Widerstand im Erdstromkreis setzt sich zusammen aus dem Leitungswiderstand, dem Erdwiderstand und dem Übergangswiderstand der Elektroden gegen Erde. Dieser letztere dürfte erfahrungsgemäß am meisten der Veränderung unterworfen sein. Ich

	e. K. in Volt.	Diff. Tag—Nacht in Volt.
Für die Schönwettertage:		
Juli 16., 17., 18., 22., 24., Aug. 1.....	0·1413	0·0046
Für trübe, nebelige Tage:		
Juli 12., 13., 14., 15., 28., 29., 31.....	0·1058	0·0010
Gestörte Tage, Gewittertage:		
Juli 19., 20., 21., 23., 30., Aug. 2.....	0·1341	0·0104

Dazu ist zu bemerken, daß die Spannung in den Tag- und Nachtwerten für die Gewittertage am größten ist, was wohl darauf zurückgeführt werden kann, daß die Gewitter fast durchwegs in

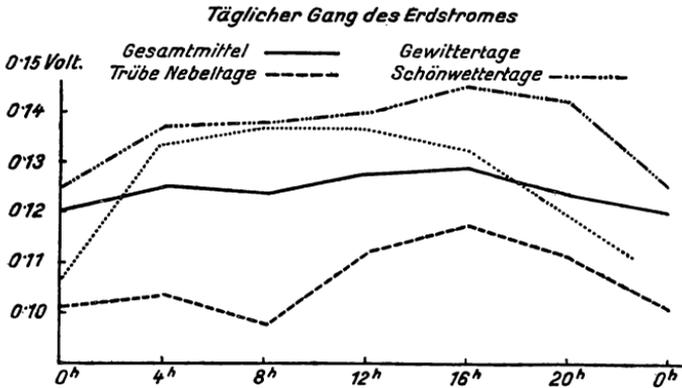


Fig. 4.

die Tagesstunden fielen. An trüben, nebeligen Tagen ist im Mittel zwischen Tag- und Nachtwerten ein kaum nennenswerter Unterschied.

Was den täglichen Gang des Erdstroms anlangt, gibt die graphische Darstellung Fig. 4 ein anschauliches Bild. Man sieht, daß der tägliche Gang des Erdstroms den Charakter einer Doppelwelle aufweist, wie er sich wohl in lufterlektrischen, nicht aber in meteorologischen Elementen ausgedrückt findet, mit einem ausgesprochenen Maximum um 16<sup>h</sup> und einem Nebenmaximum um 4<sup>h</sup>. Die Doppelwelle ist am ausgeprägtesten für die trüben Nebeltage. Das Hauptminimum fällt an diesen Tagen auf 8<sup>h</sup> morgens, während es sonst auf Mitternacht fällt. An Schönwettertagen verschwindet das 8<sup>h</sup>-morgens-Minimum. Es ergibt sich ein langsamer Anstieg von Sonnenaufgang bis zum Maximum um 16<sup>h</sup> und ein rascher Abfall nach Sonnenuntergang.

In Fig. 5 ist der Verlauf der in der Tabelle 1 zusammengestellten Tagesmittel graphisch dargestellt. Der Verlauf der Erdstromkurve zeigt einen deutlichen Gang mit der Witterungslage. Im Maximum (17. Juli) erreicht die e. K. den doppelten Betrag des Minimalwertes vom 13. Juli. Die Widerstandskurve ist gegeben für den Gesamtwiderstand  $w_1 + w_2$  für den 13. bis 22. Juli. Sie schmiegt sich der Erdstromkurve gut an. Während Temperatur und Feuchtigkeit einen dem Erdstrom im großen und ganzen parallelen Verlauf aufweisen, ist der Gang des Luftdruckes dem Erdstrom ausgesprochen invers. Das Luftdruckmaximum fällt zeitlich schön zusammen mit dem Minimum des Erdstroms.

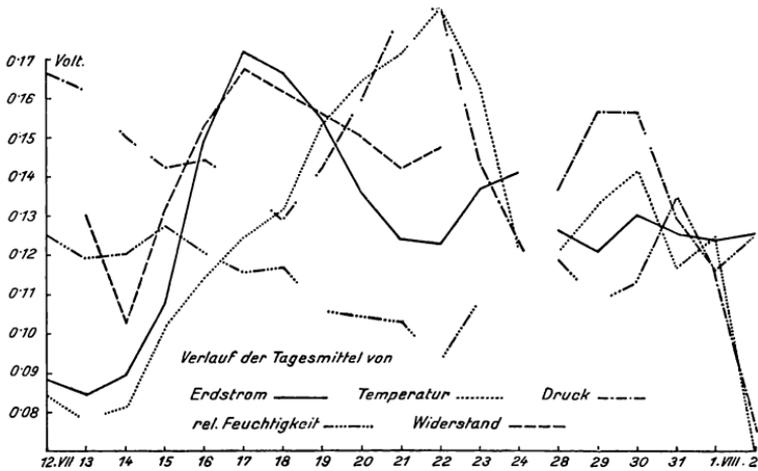


Fig. 5.

Nach den Erfahrungen, die ich durch Vergleich der fortlaufend gezeichneten Erdstromkurve und der makroskopischen Witterungsbeobachtung gewonnen habe, läßt sich über den Zusammenhang zwischen Erdstrom und Wetterlage folgendes aussagen: Strichregen, Hagelschlag, rasch ziehende Nebel, Gewitterregen geben Anlaß zu kurz dauernden Schwankungen großer Amplitude. Rasch wechselnde Sonnenbestrahlung erhöht im allgemeinen die Werte der e. K. des Erdstroms. Regen nach Gewittern, wie ausgesprochener Landregen haben eine Erniedrigung der e. K. bei ruhigem Verlauf der Kurve zur Folge. Denselben Einfluß scheinen auch ruhende dichte Nebelmassen auszuüben.

### Die Bestimmung der Übergangswiderstände.

Der Widerstand im Erdstromkreis setzt sich zusammen aus dem Leitungswiderstand, dem Erdwiderstand und dem Übergangswiderstand der Elektroden gegen Erde. Dieser letztere dürfte erfahrungsgemäß am meisten der Veränderung unterworfen sein. Ich

habe daher die einzelnen Übergangswiderstände unter Zuhilfenahme einer Hilfselektrode, die in der Umgebung der Neuburger Hütte geerdet worden war, mit Induktor und Telephon bestimmt, wobei es sich als günstig erwies, das Telephon in die Brücke zu legen. Bezeichnet man mit  $w_1$  die obere Elektrode, mit  $w_2$  die Talelektrode und mit  $w_3$  die Hilfselektrode, so wurden der Reihe nach die Widerstände  $w_1 + w_2$ ,  $w_1 + w_3$ ,  $w_2 + w_3$  bestimmt und diese Reihenfolge bei jeder Beobachtung dreimal wiederholt. Die einzelnen Widerstandsbestimmungen, die in einem Zeitraum von zirka 1 Stunde durchgeführt werden konnten, wiesen untereinander Abweichungen bis zu 8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> auf, was, soweit diese Abweichungen nicht durch die Ungenauigkeit der Beobachtungsmethode bedingt sind, auf eine rasche Änderung der Widerstandsgröße schließen lassen würde.

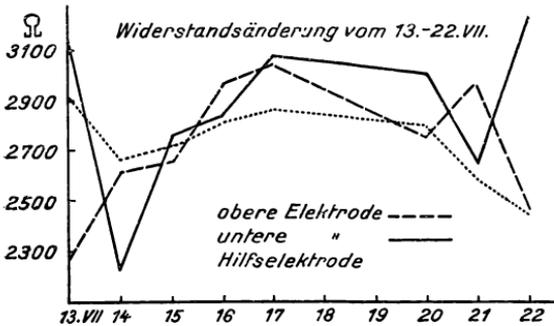


Fig. 6.

Daß die Übergangswiderstände einer starken zeitlichen Änderung unterworfen sind, zeigt (Fig. 6) die graphische Darstellung der in Tabelle 1 gegebenen Widerstandswerte. Aus ihr ist zu ersehen, daß sich die Übergangswiderstände für die einzelnen Elektroden vom 14. bis 20. Juli gleichsinnig ändern. Die Ursache für die Unstimmigkeit zwischen  $w_1$  und  $w_2$  vom 13. auf 14. und vom 20. auf 22. Juli dürfte wohl in der Witterung (strichweiser Regen usw.) zu suchen sein. Der allgemeine Verlauf der Widerstandsänderung schmiegt sich (Fig. 5), wie zu erwarten ist, dem Erdstromverlauf ziemlich gut an.

In Tabelle 2 möge noch eine Zusammenstellung aller Beobachtungsergebnisse folgen. Die Tabelle bedarf keiner weiteren Erläuterungen.  $r$  ist die Entfernung,  $y$  die Höhendifferenz zwischen den Elektroden. In der nächsten Spalte folgt die Richtung der Meßstrecke, genommen von der Tal- zur Bergelektrode, dann folgt  $p$  der Neigungswinkel der Leitung gegen die Horizontale. In der vorletzten Spalte gibt  $\Delta V$  die beobachtete e. K. des Erdstroms und in der letzten Spalte ist diese e. K. reduziert auf die Einheit der Entfernung 1 km.

Tabelle 2. Zusammenfassung der Beobachtungsergebnisse.

Ort der Messung		$\gamma$	Richtung der Leitung	$\varphi$	$\Delta V$ in Volt	$\Delta V$ in Volt/km
Neuerbaute Hochspannungsspeiseleitung von St. Anton über die Brunnenköpfe nach Langen am Arlberg						
1. Teilstrecke: St. Anton—Maienkopf . . . . .	3123 m	532 m	O—W	9°43'	0·3248	0·1040
2. St. Anton—Brunnenköpfe . . . . .	4800	717		8 36	0·4680	0·0975
3. Brunnenköpfe—Langen . . . . .	6100	727	W—O	6 51	0·5081	0·0833
					Schönwetterlage:	0·0982
					Schlechtwetterlage:	0·0685
Rauch'sche Bahn, Mühlau bei Innsbruck . . . . .	870	33	SO—NW	2 0	0·0766	0·0881
					Mittel aus zehn Beobachtungstagen	
Seilbahn des Mühlauer Schotterwerkes, Mühlau b. Innsbr.	390	170	S—N	25 50	0·0795	0·2038
					Schönwetterlage:	0·3141
					Schlechtwetterlage:	0·1486
					Mittel aus zwölf Beobachtungstagen	
Schrägauzug des Achenseekraftwerkbaues, Jenbach, Unterinntal . . . . .	510	360	S—N	45 0	0·0933	0·1830
Berg Isel bei Innsbruck (selbst gelegte Leitung) . . . . .	180	95	SO—NW	33 0	0·0421	0·2340
Höttingergraben bei Innsbruck (selbst gelegte Leitung)	75	75	Lotrecht	90 0	0·0368	0·4890
	180	75	W—O	24 38	0·0232	0·1290
Neuburger Hütte am Hocheder bei Telfs im Oberinntal	839	505	N—S	37 0	0·1278	0·1523
					Schönwetterlage:	0·1684
					Schlechtwetterlage:	0·1261
					Gewittertage:	0·1598
19 tägige Beobachtung an einer selbstgelegten Leitung						

### Diskussion der Resultate.

Aus der in Tabelle 2 gegebenen Zusammenfassung ist zu ersehen, daß die e. K. der im Gebirge fließenden Erdströme von der Größenordnung  $0\cdot08$  bis  $0\cdot50$  Volt/*km* ist und zeigt sich die e. K. in auffälliger Abhängigkeit von der Neigung des Geländes in der Weise, daß mit zunehmender Neigung auch die e. K. zunimmt. Der beobachtete Erdstrom läßt sich auffassen als die resultierende Wirkung eines schwachen horizontalen und eines starken vertikalen Erdstroms. Es sei Fig. 7 ein Schnitt durch das Gelände längs einer Meßstrecke *r*.  $V_0$  sei das Potential im Inneren des Berges,  $V_1$  das

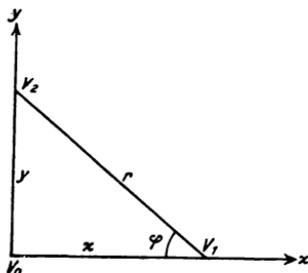


Fig. 7.

der Tal-,  $V_2$  das der Bergelektrode. Die Bedeutung der Größen *x*, *y*, *r*,  $\varphi$  ist aus der Tabelle zu entnehmen. Dann gilt:

$$V_1 = V_0 - \alpha x$$

$$V_2 = V_0 - \beta y,$$

wobei  $\alpha$  die Größe der horizontalen,  $\beta$  die Größe der vertikalen Komponente ist. Daraus folgt:

$$V_1 - V_2 = \Delta V = \beta y - \alpha x; \quad \Delta V/y = \beta - \alpha x/y = \beta - \alpha \cotg \varphi$$

$$\beta = \Delta V/y + \alpha \cotg \varphi.$$

Von der horizontalen Komponente wissen wir, daß ihre Größe wenig schwankt und können ihr erfahrungsgemäß einen festen Wert  $a = 0\cdot086$  Volt/*km* zuschreiben. Die in Betracht kommende Größe der horizontalen Komponente ist aber auch noch abhängig von dem Winkel *A*, den die Projektion der Meßstrecke mit der Richtung des horizontalen Erdstroms einschließt.  $\alpha = a \cos A$ . Solange wir über die Richtung der Horizontalkomponente keine Annahme machen, kann  $\alpha$  alle Werte zwischen  $+0\cdot086$  und  $-0\cdot086$  annehmen und kommt daher dem Glied  $\alpha \cotg \varphi$  die Bedeutung eines möglichen Fehlers zu.

In der Tabelle 3 sind die so errechneten Werte für die Vertikalkomponente des Erdstroms zusammengestellt. Im Mittel ergibt sich  $\beta$  zu  $0\cdot4648 \pm 0\cdot2760$  Volt/*km*, beziehungsweise nach Zusammenfassung der drei ersten Werte  $\beta = 0\cdot4108 \pm 0\cdot1847$  Volt/*km*.

Tabelle 3.

Ort der Messung	$\Delta V/y$ Volt/km	$\alpha \cotg \varphi$	$a \cdot \cos A \cotg \varphi$	$\beta$ Volt/km
St. Anton—Maienkopf . . . .	0·6105	$\pm 0\cdot5022$	0	0·6105
St. Anton—Brunnenköpfe..	0·6527	0·5686	0	0·6527
Brunnenköpfe—Langen ...	0·6988	0·7159	0	0·6988
Schotterwerk Mühlau.....	0·4675	0·1776	+ 0·1776	0·6451
Achenseekraftwerk .....	0·2592	0·0860	+ 0·0860	0·3452
Berg Isel .....	0·4433	0·1324	+ 0·0936	0·5369
Höttingergraben .....	0·4890	—	—	0·4890
.....	0·3096	0·1875	0	0·3096
Neuburger Hütte.....	0·2530	0·1141	— 0·1141	0·1389
Mittel .....	0·4648	$\pm 0\cdot2760$		0·4918 $\pm$ 0·063
Mittel nach Zusammenfassung der drei ersten Werte .....	0·4108	$\pm 0\cdot1847$		0·445 $\pm$ 0·071

Nun kann man aber auch für die Richtung des horizontalen Erdstroms eine Annahme treffen. Meine Beobachtungen am Arlberg, die sowohl für den Ost- als auch für den Westhang bei ungefähr gleicher Neigung eine gleiche Potentialdifferenz ergaben, lassen den Schluß zu, daß der horizontale Erdstrom in der Richtung von S nach N verläuft. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß diese Strömungsrichtung auch für benachbarte Meßgebiete und für alle Zeiten bestehen muß, denn bekanntlich ist besonders der lokale, horizontale Erdstrom einem starken zeitlichen Richtungswechsel unterworfen. (Schmidt findet als Flußrichtung des horizontalen Erdstroms für Mitteleuropa die Richtung von SW nach NO.)

Zieht man also unter dieser Annahme auch die Richtung der Meßstrecke in Rechnung, so ergeben sich für  $\beta$  die in der letzten Spalte der Tabelle 3 gegebenen Werte und es folgt im Mittel  $\beta = 0\cdot4918 \pm 0\cdot063$ , beziehungsweise  $\beta = 0\cdot4455 \pm 0\cdot071$  Volt/km.

Wenn man die, speziell dieser letzten Annahme innewohnende Unsicherheit in Betracht zieht und bedenkt, daß die Eintagsmessungen infolge des beträchtlichen Einflusses äußerer Umstände, wie Witterungslage, eventuell Einfluß der Jahreszeit der Beobachtung usw. mehr oder weniger verfälscht sein können, so ist dieser mittlere Fehler von zirka 13% als klein zu bezeichnen.

Man kann also den Satz aussprechen, daß die Erdkruste von einem Erdstrom durchflossen wird, der konstant in der Richtung des Lotes aus dem Innern gegen die Oberfläche fließt und durch einen Potentialunterschied von 0·4 Volt pro 1000 m Höhe veranlaßt wird. Dieser Wert scheint wenigstens für unsere Breiten eine Naturkonstante zu sein.

Aus der Potentialdifferenz  $0.4 \text{ Volt/km}$  und einem mittleren Widerstand der Erdkruste von  $10^5 \text{ Ohm/cm}^3$  ergibt sich der Strom  $i$  zu  $4 \cdot 10^{-11} \text{ Amp./cm}^2$ , beziehungsweise  $0.4 \text{ Amp./km}^2$ . Der von L. A. Bauer zur Erklärung des potentiallosen Anteiles des erdmagnetischen Feldes geforderte Strom ist von der Größenordnung  $0.02 \text{ Amp./km}^2$ , wäre also zirka um eine Potenz geringer als der beobachtete Vertikalstrom. Die geforderte Stromrichtung ist mit der gefundenen in Übereinstimmung. Bauer fordert aber für andere Breiten Ströme entgegengesetzter Richtung. Hier kann natürlich nur die Beobachtung zum Ziele führen und es wäre wünschenswert, wenn ähnliche Messungen auch unter anderen Breiten durchgeführt würden.

Eine von den Herrn J. Koenigsberger und O. Hecker am Gonzen (Schweiz) durchgeführte Beobachtungsreihe ergibt, unter den gleichen Annahmen reduziert, für die Vertikalkomponente des an der Bergoberfläche gemessenen Erdstroms den Wert  $0.7 \text{ Volt/km}$  mit einer allerdings etwas größeren Streuung der Einzelwerte.

### Zusammenfassung.

Meine Beobachtungen haben also folgende Ergebnisse gezeitigt:

1. Die beobachtete e. K. der im Gebirge fließenden Erdströme ist von der Größenordnung  $0.08$  bis  $0.50 \text{ Volt/km}$ .

2. Die Vertikalkomponente des Erdstroms scheint in dem untersuchten Gebiete konstant und von der Größe  $0.4 \text{ Volt}$  pro  $1000 \text{ m}$  Höhendifferenz zu sein.

3. Die Erdstromrichtung ist für alle Jahreszeiten und Witterungslagen konstant von tiefer gelegenen Punkten zu höher gelegenen gerichtet.

4. Der Einfluß der Witterung kommt in stark geneigten Leitungen mehr zum Ausdruck, als in schwach geneigten. Dementsprechend ist auch die Amplitude der Schwankung der e. K. bei großem Neigungswinkel der Leitung größer, als bei kleiner Neigung. Die e. K. kann bei Schönwetter bis zum doppelten Betrag des bei Schlechtwetter beobachteten Wertes ansteigen.

5. Die Variation des in geneigten Leitungen gemessenen Erdstroms dürfte in der Hauptsache durch die Witterungslage bedingt sein. Von den meteorologischen Elementen zeigt die Kurve der Luftdruckschwankung einen mit der Variation des Erdstroms zeitlich schön zusammenfallenden inversen Gang.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [135\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Oberguggenberger Viktor

Artikel/Article: [Erdstrombeobachtungen im Gebirge. 99-116](#)