

Störung der Schwachstrom - Anlagen

durch den

Elektrischen Betrieb der Lötschbergbahn .

Störung der Schwachstromanlagen

durch den elektrischen Betrieb der Lötschbergbahn.

--- I. ---

Einleitung.

Als der elektrische Betrieb der Berner-Alpenbahn "Bern-Lötschberg-Simplon" eröffnet wurde, machte sich ein störender Einfluss der Bahnbetriebsströme auf die im Bereich der Bahn befindlichen Telegraphen- und Telephonleitungen geltend. Die 3 betroffenen Schwachstrom-Unternehmungen, d.h. die Schweiz. Bundesbahnen, die Lötschbergbahn und die Schweiz. Telegraphen- & Telephon-Verwaltung einigten sich deshalb auf eine gemeinschaftliche Untersuchung der Störungs-Ursachen, zwecks Anordnung geeigneter Abhülfs-Massnahmen.

Die Traktions-Einrichtungen der Lötschbergbahn.

Der Verlauf der elektrisch betriebenen Lötschbergbahn Scherzligen-Spiez-Kandersteg-Brig ist auf Fig. 1 ersichtlich.

Zur Beurteilung der Versuchsergebnisse und der Versuchs-Anlagen werden die Speisungs-Verhältnisse im Folgenden beschrieben.

Die Bahn wird betrieben mit Einphasen-Wechselstrom von 15'000 Volt und $15 \frac{2}{3}$ Perioden. Die Stromerzeugung erfolgt in den beiden Zentralen der "Bernischen Kraftwerke" in Spiez und Kandergrund, welche durch eine sogenannte Parallelschaltungsleitung von 2 mal 50 m/m Kupfer für den 15'000-Volt-Pol und durch die Schienen-Anlage als Erdpol verbunden sind.

Walter
Die Zentrale Spiez speist normalerweise über das Schalthaus Spiez, und zwar die Sektion Scherzligen-Spiez über Automat Thun, sowie die Sektion Spiez-Kandergrund über Automat Kandergrund. Der Erdpol ist in Spiez angeschlossen.

2
Die Zentrale Kandergrund speist normalerweise über das Schalthaus Kandergrund, und zwar ^{über den} ~~(mittels)~~ des Automaten ^{den} ~~Kandersteg~~ direkt die Sektion Kandergrund-Kandersteg, sowie mittels des Automaten Brig, über die sogenannte Feeder-Leitung Kandergrund-Kandersteg, die Sektion Kandersteg-Brig. Die Feederleitung verzweigt sich von Blausee aus in 2 Leitungen, die eine über Felsenburg, die andere über den Bühlstutz. Der Erdpol ist in der Station Kandergrund angeschlossen.

Bei der Beurteilung der Versuche ist zu bedenken, dass die Erdpole sowohl in der Zentrale der BKW in Spiez, als auch in derjenigen in Kandergrund, von der Generator-klemme weg bis zu den Schienenanschlüssen in Spiezmoos bzw. Kandergrund, von Erde isoliert montiert sind. Zwischen den beiden Zentralen besteht keine andere Rückleitung als die Geleise-Anlage.

Fehlen
2
Der Verlauf der Fahrleitung ist in den Beilagen No.1 & 2 rot ausgezogen, derjenige der Parallelschaltungs- und Feeder-Leitungen rot-punktiert dargestellt.

Die Schwachstrom - Anlagen.

Fehlen
Die in Betracht kommenden Schwachstromanlagen der Telegraphen- & Telephonverwaltung sind in Beilage No. 3 schematisch dargestellt und in den Beilagen No. 1 & 2 (topographische Karten) mit Grünstift eingetragen. Es kommen in der Hauptsache die damals noch eindrähtig mit Erd-Rückleitung betriebenen Telegraphen-Stromkreise in Betracht, welche durch den Bahnbetrieb in erheblichem Masse gestört wurden.

Die Telegraphenleitungen sind in der Hauptsache oberirdische Freileitungen aus 3 mm Eisendraht; auf der Strecke Thun-Gwatt und im Lötschbergtunnel sind jedoch Kabelstrecken eingeschaltet.

*Lage der Hauptwerke, Verbindungs-, Spindelleitungen & ihrer Anlaufpunkte
angegeben mit Querschnitten, auch Angaben über Höhenverhältnisse, Verbindung & Erdweg
Es wird auf Blättern 1 & 2 Verweise, die jedoch fehlen.*

— BERNER ALPENBAHN —

— Bern - Lötschberg - Simplon. —

— 0 —

SITUATIONS - PLAN

1 : 250.000.

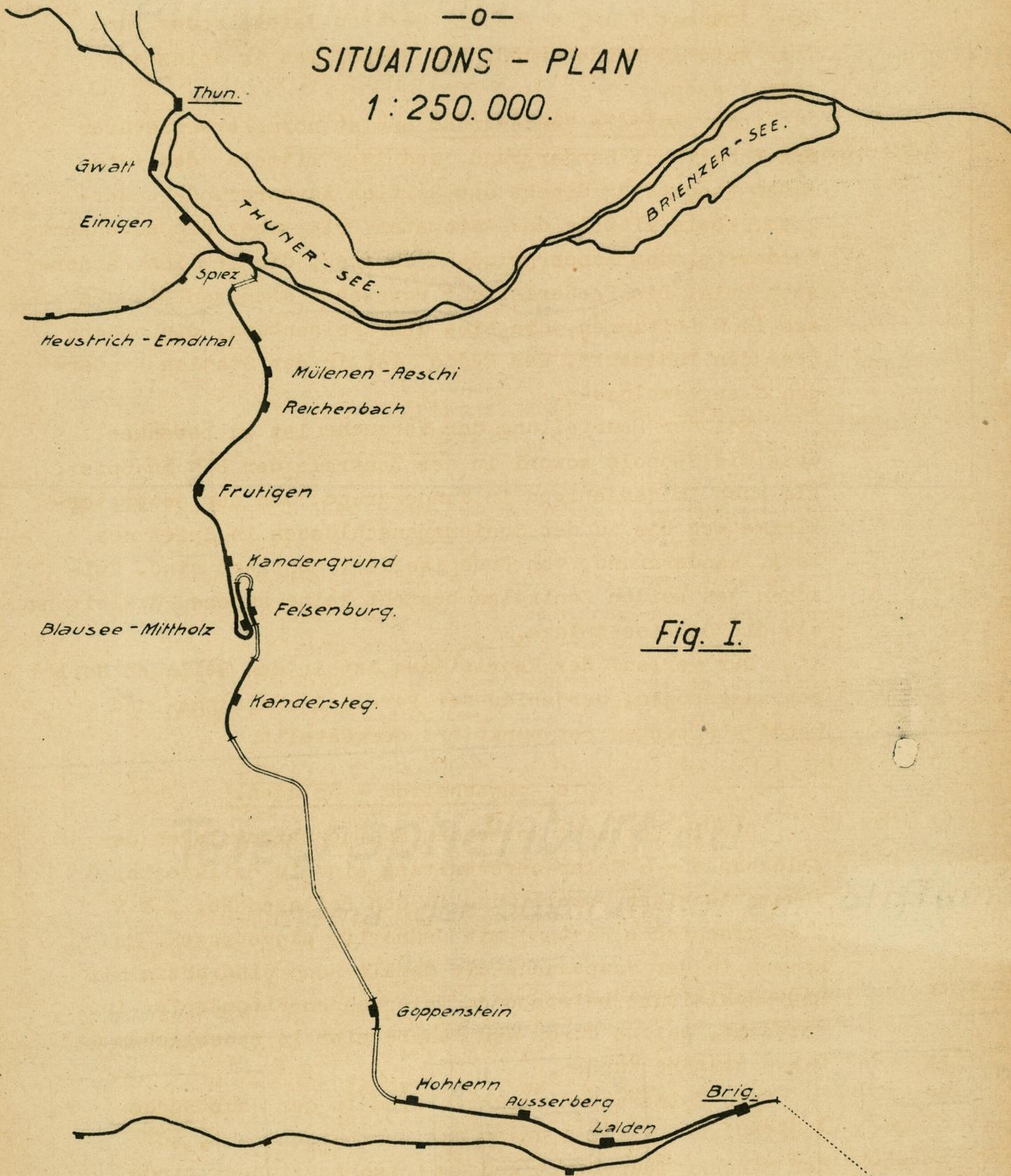


Fig. I.

Auf der Nordrampe befanden sich die Telegraphen- und Telephonleitungen Scherzligen-Kandersteg im Zeitpunkt der Versuche bereits abseits der Bahn, weisen aber auf einzelnen Strecken nahe Parallelführungen mit den Fahr- & Speiseleitungen auf, deren Abstände aus der Beilage No. 2 ersichtlich sind. Mit Ausnahme der Kabel-Einführung Gwatt-Thun war die ganze Leitungsanlage oberirdisch erstellt.

Von Kandersteg bis Hohtenn war das Lötschbergkabel eingeschaltet, das 10 krarupierte Telephon-Doppeladern und 2 nicht-krarupierte Telegraphenadern von 1,8 mm Kupfer-Durchmesser enthält. Die Länge des Kabels beträgt 23,1 Km.

Auf der Südrampe befinden sich die Schwachstromleitungen auf der Sohle der Rhone-Ebene, währenddem die Fahrleitung sich am Abhang der nördlichen Gebirgs-Kette entlang hinauf zieht.

Entsprechend der beschriebenen Lage-Verhältnisse weist die Fahrleitung der Südrampe ziemlich beträchtliche Abstände von den Schwachstromleitungen auf. Wie aus Beilage No. 1 ersichtlich ist, kommen verschiedene Schwachstrom-Stränge in Betracht, die Parallelführungen mit der Lötschbergbahn verzeichnen und zwar:

- a. die Telegraphenlinie; von Brig bis Visp auf Privat-Terrain längs dem südlichen Berg-Abhang und von dort bis Gampel längs dem Bahnkörper der SBB,
- b. die interurbane Telephonlinie von Brig bis Gampel längs dem Bahnkörper der SBB,
- c. die Fern-Telephonleitung Berlin-Mailand von Brig bis Gampel über Privat-Terrain,
- d. die Telegraphenleitungen der SBB von Brig bis Gampel am Bahnkörper der SBB,
- e. die Signalleitungen der Lötschbergbahn, von Brig bis Ausserberg oberirdisch auf Privat-Terrain und von dort bis Goppenstein als Kabel längs dem eigenen Bahnkörper.

Die Abstände der verschiedenen Schwachstrom-Stränge von der Fahrleitung können aus Beilage No. 1, unter Berücksichtigung der Höhenverhältnisse approximativ abgeschätzt werden.

Die Versuchs-Anordnung.

Starkstrom-Anlagen. Für diejenige Versuche, die nicht speziell betriebsmässige Verhältnisse der Traktions-Anlagen voraussetzen, musste möglichst konstante Dauerbelastung der Fahrleitung geschaffen werden, um praktisch auswertbare Versuchs - Resultate zu erzielen. Dies war nur nachts möglich, während der Verkehr ruhte. Zur Herstellung konstanter Belastung wurden 2 nieder-erregte Generatoren des Kraftwerkes Kandergrund parallel geschaltet, wodurch ein Dauerstrom bis zu 300 Ampere in der Fahrleitung erzielt werden konnte. Dabei wurde die Fahrleitung kurzgeschlossen (d.h. geerdet). Die Kurzschluss-Einrichtung befand sich auf einem Montage-Wagen, war mit einem Oel-Schalter und einem Präzisions-Amperemeter versehen, so dass die Kurzschluss-Stelle auf der Strecke nach Belieben verschoben werden konnte.

Schwachstrom-Anlagen. Da in der Hauptsache die Höhe der induzierten Spannungen gemessen werden musste, so kamen für die Versuche vorwiegend Leitungen mit beidseitiger Erdung, also Rückleitung durch den Erdboden in Betracht. Um aber auch einen Einblick in die Spannungs-Verteilung in der Erde zu erlangen, war es wünschenswert, die Spannungsdifferenzen in der Erde an möglichst vielen Stellen zu messen, bezw. die Erdspannung im Bereich des vermutlichen Rückleitungs-Weges der Bahnströme zu vergleichen mit derjenigen ausserhalb der Einfluss-Zone der Bahnströme. Als solche Vergleichs-Erdungen wurden für die Südseite der Bahn, die hauptsächlich in Betracht kam, Blitzingen und Lausanne gewählt; überdies wurden auf der Strecke des Parallelverlaufes eine Anzahl Versuchs-Erdungen vorbereitet, die auf den topographischen Karten (Beilage 1 & 2) als schwarze Punkte eingetragen sind.

Die Ermittlung der ^{in den} (auf die Versuchsleitungen ^{erzeugten} wirkenden) Spannung erfolgte durch Messung der in diesen Leitungen

fließenden Stromstärke. Aus dieser konnte die Spannung durch Multiplikation mit dem Widerstand des Stromkreises berechnet werden.

Da der eigentliche Störungsstrom ein $15 \frac{2}{3}$ - periodiger Wechselstrom ist, so müsste eigentlich die Impedanz der (Leitungen und Messeinrichtungen) berücksichtigt werden. Um diese dem ohm'schen Widerstand möglichst nahe zu bringen, waren für die Messungen alle Apparate und übrige Teile mit grösserer Selbstinduktion ausgeschaltet worden.

--- II. ---

VERSUCHS-RESULTATE.

Versuchs-Serie 1
=====

Induktions - Spannung bei fahrplanmässigem Betrieb.

Um den Einfluss des fahrplanmässigen Betriebes festzustellen wurden die Induktionsspannungen während der Fahrt eines Zugs-Paares gemessen, und zwar fuhr der Zug No. 140 mit 120 Tonnen Belastung von Spiez nach Brig, währenddem gleichzeitig der Zug No. 1915 mit ca. 264 Tonnen Belastung von Brig nach Spiez auf der Fahrt war. Ueber die Lage der beiden Züge gibt der im obern Teil der Fig. 3 dargestellte, graphische Fahrplan Auskunft.

Als Versuchs-Schwachstromleitungen wurden einerseits eine Telegraphenleitung

Brig-Kandersteg-Spiez-Thun

und andererseits eine solche

Brig-Gampel-Sitten-Lausanne

beobachtet, welche beide an ihren Enden geerdet und über das Mess-Instrument geführt waren.

In Fig. 3 stellt die ausgezogene Kurve die Induktionsspannungen der Leitung Brig-Thun dar, währenddem die punktierte Kurve die Induktions-Spannung der Leitung Brig-Lausanne veranschaulicht.

gesamt?

*welche
N. 2. Lage
am geringe??*

*Fig. 3 sollte durch
ein Längsprofil der
Bahn ergänzt werden*

Die Kurven zeigen, wie zu erwarten war, dass die Induktionsspannungen in ihren Schwankungen mit denjenigen des Fahrstromes übereinstimmen. Ferner ergibt sich, dass die Leitung Brig-Thun erheblich stärker beeinflusst wird als diejenige Brig-Lausanne, indem erstere Induktionsspannungen bis zu 220 Volt verzeichnet, während die Spannung der Leitung Brig-Lausanne den Betrag von 50 Volt nicht übersteigt. Ueberdies ist ersichtlich, dass die Leitung Brig-Thun in vorwiegendem Masse durch die Bergfahrt des Zuges Brig-Goppenstein beeinflusst wird, indem die Strom-Aus- & Einschaltungen dieses Zuges an den Haltestellen Lalden, Ausserberg, Hohtenn & Goppenstein nicht nur in der Spannungskurve der Leitung Brig-Lausanne, sondern in geradezu auffälliger Weise auch in der Kurve der Leitung Brig-Thun hervortreten. Diese auf den ersten Blick etwas befremdliche Erscheinung erweist sich bei näherer Prüfung doch als begründet, da die Fahrströme des Zuges Brig-Goppenstein durch die Fahrleitung des Tunnels fliessen und dort einen starken induktiven Einfluss auf das neben dem Geleise liegende Schwachstrom-Kabel ausüben können. Die vom Zuge Thun - Brig hervorgerufenen Induktionsspannungen lassen sich in der Kurve der Leitung Thun-Brig nicht leicht verfolgen, da ihre Intensität wegen der bedeutend geringern Zugsbelastung und schwachen Steigung des Bahntracés, sowie auch unter dem Einfluss der veränderten Speisungsverhältnisse, erheblich geringer ist als diejenige der Rampenfahrt Brig - Goppenstein. In der Kurve kommen deshalb die Induktionsspannungen des Zuges Thun - Brig nur als schwache Ueberlagerungen über die Kurve des Gegenzuges zum Ausdruck und lassen sich in einigen Spitzen und Zacken nachweisen.

*Der ist doch nicht befremdlich, sondern
Aussehen einleuchtend!*

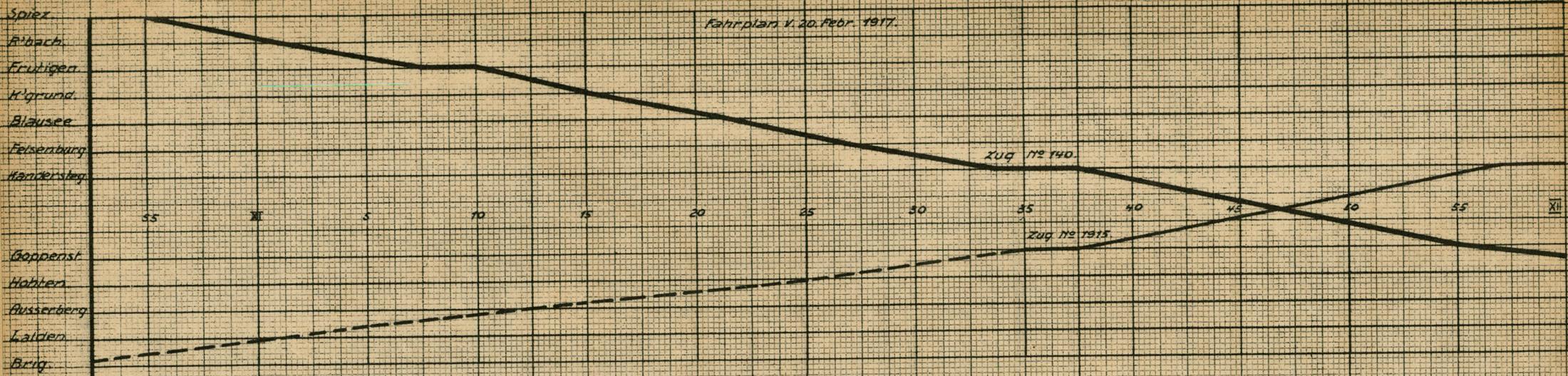
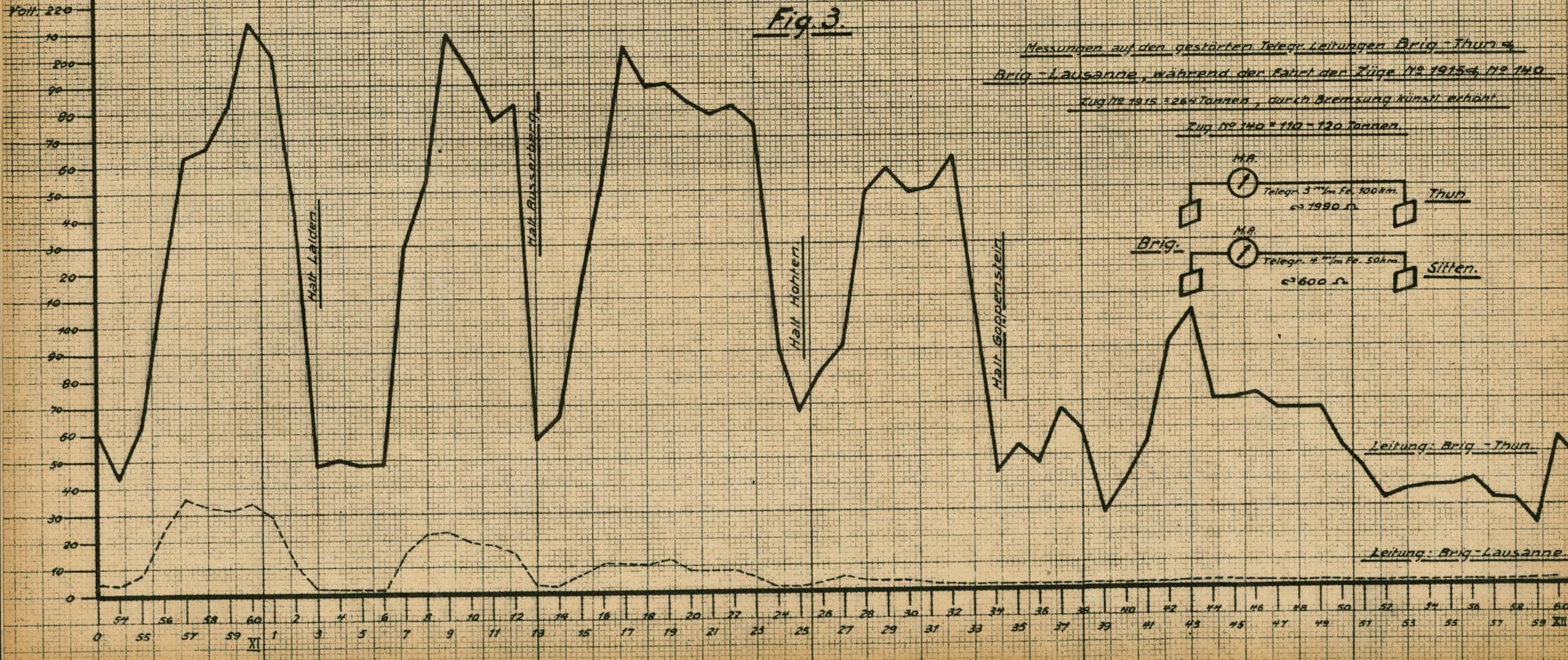


Fig. 3.

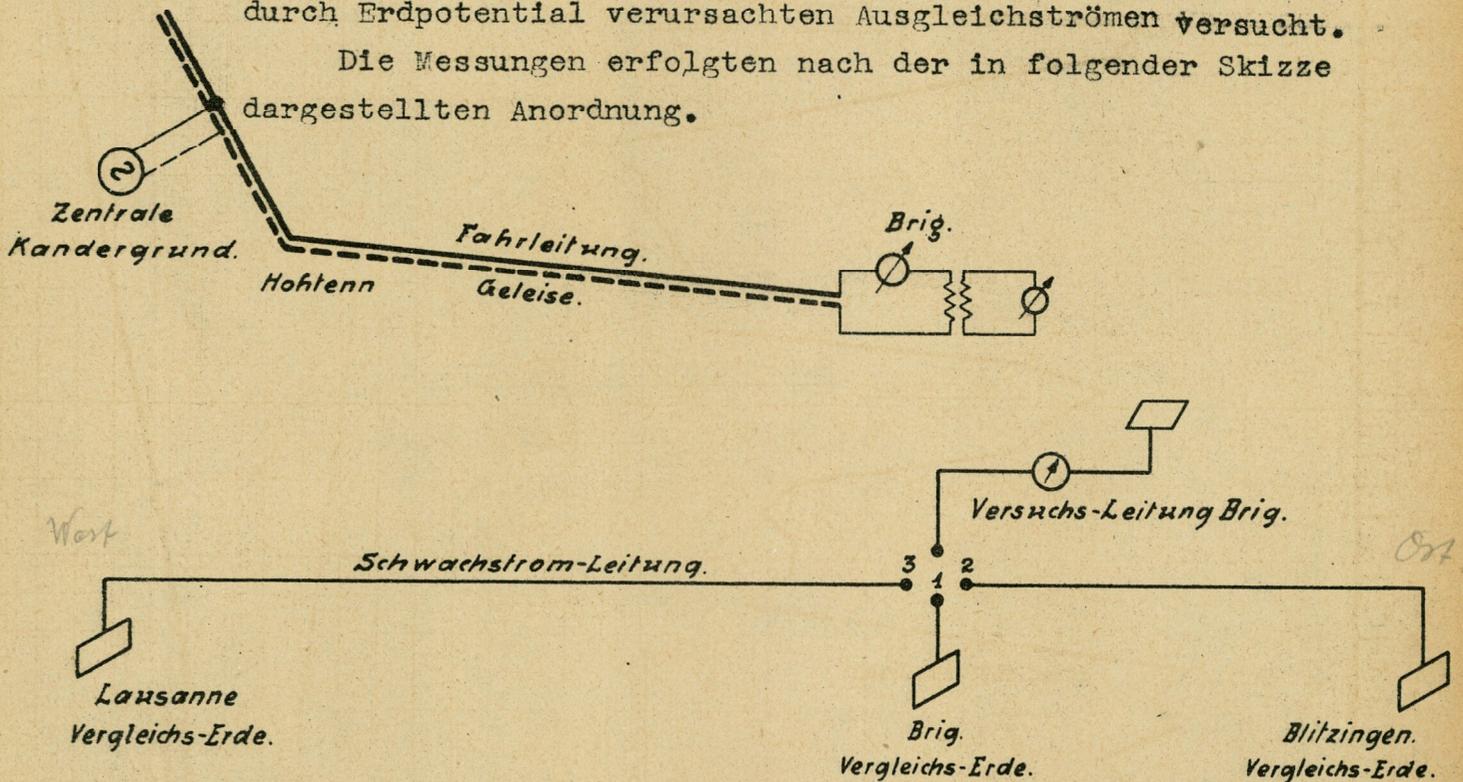


Versuchs-Serie 2

Untersuchung über Induktions-Spannung
und Strom-Uebergang durch die Erde
bei konstantem Fahrleistungsstrom.

Da die Telegraphenleitungen im Zeitpunkt der Versuche noch mit Erd-Rückleitung betrieben wurden, war die Vermutung naheliegend, dass die auftretenden Störungen ganz oder teilweise auf direkten Strom-Uebergang durch die Erde zurückzuführen sein könnten. Es wurde deshalb durch folgende Untersuchungen eine Trennung der Induktions-Spannungen von den durch Erdpotential verursachten Ausgleichströmen versucht.

Die Messungen erfolgten nach der in folgender Skizze dargestellten Anordnung.



- Fig. 4. -

Wenn mittels des in Brig eingebauten Umschalters die Leitungsstrecken westlich von Brig auf das Mess-Instrument geschaltet wurden, so konnten die Induktions-Spannungen der Parallelführung Brig-Gampel, mit Einbegriff des zwischen den beiden Versuchs-Erdungen bestehenden Erdpotentials gemessen werden. Schaltete man aber die östlich von Brig gelegenen Leitungsstrecken auf das Instrument, so wurden lediglich die durch Erdpotential hervorgerufenen Ausgleichströme, ohne Induktions-Einfluss der Fahrleitung gemessen. Die Messungen ergaben folgende Resultate.

Fremd-Spannungen der Leitungen im Wallis.

A. Fahrstrom 200 Amp.

Nr.	Versuchs- Leitung	Vergleichs-Erde Brig	Vergleichs-Erde Blitzingen	Vergleichs-Erde Lausanne
1.	Brig-Rhonebrücke	0,7 Volt	15,9 Volt	29,4 Volt
2.	Brig-Marktplatz	1,6 "	13,6 "	29,5 "
3.	Brig-Höllmatte	0,6 "	13,9 "	27,5 "
4.	Brig-Depot	1,4 "	16,2 "	29,0 "
5.	Naters	0,1 "	12,3 "	30,7 "
6.	Mörel	6,9 "	6,3 "	28,6 "
7.	Blitzingen	14,8 "	-	41,0 "
8.	Stalden	31,5 "	28,4 "	19,4 "
9.	Brig-Telegraph	-	13,3 "	27,4 "
10.	Gampel	63,6 "	75,6 "	24,4 "
11.	Raron	55,0 "	57,0 "	-
12.	Hohtenn	65,1 "	68,4 "	-

B. Fahrstrom 295 Amp.

1.	Brig-Rhonebrücke	0,9 Volt	23,5 Volt	36,5 Volt
2.	Brig-Marktplatz	2,16 "	19,5 "	36,6 "
3.	Brig-Höllmatte	0,84 "	21,0 "	35,3 "
4.	Brig-Depot	2,08 "	26,3 "	36,0 "
5.	Naters	0,46 "	25,0 "	37,9 "
6.	Mörel	9,8 "	24,6 "	34,8 "
7.	Blitzingen	21,7 "	-	48,7 "
8.	Stalden	44,5 "	43,0 "	28,8 "
9.	Brig Telegraph	-	26,5 "	35,2 "
10.	Gampel	91,5 "	90,0 "	24,6 "
11.	Raron	82,2 "	82,3 "	23,6 "
12.	Hohtenn	93,6 "	94,4 "	23,5 "
13.	Gampel SBB	88,5 "	87,7 "	26,2 "

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass z.B. die nicht zur Fahrleitung parallel geführten Leitungsstrecken von Brig thal-aufwärts, (No. 1 - 8), sowie von Gampel thal-abwärts (No. 10 - 13) gleichwohl nennenswerte Fremdspannungen aufweisen, die von direktem Strom-Uebergang durch die Erdplatten, d.h. durch Potential-Differenzen in der Erde verursacht werden.

Aus den vorstehenden Tabellen lassen sich die folgenden besonders bemerkenswerten Zahlen zusammenstellen:

<u>Spannung der Leitungen</u>	<u>bei 200 Amp.</u>	<u>bei 295 Amp.</u>
Blitzingen-Lausanne	41,0 Volt	48,7 Volt
Gampel - Brig	63,6 "	91,5 "
Gampel-Lausanne	24,4 "	24,6 "
Brig-Blitzingen	14,8 "	21,7 "

Es geht hieraus hervor, dass die beiden am Ende des Parallelverlaufes liegenden Erdungsstellen Gampel & Brig im Bereich des erhöhten Erdpotentials liegen und dass deshalb die Erd-Ausgleichströme sich zu den Induktions-Strömen addieren, wodurch die resultierende Spannung erheblich höher wird als die reine Induktions-Spannung der Leitung Lausanne-Blitzingen, deren Erdungspunkte ausserhalb des durch die Bahn-Rückströme erhöhten Erd-Potentials liegen. In analoger Weise sind die verzeichneten Spannungen der Strecken Gampel-Lausanne-Brig-Blitzingen die reinen Erdpotential-Differenzen, da die betreffenden Leitungsstrecken sich ausserhalb der induktiven Einwirkung der Fahrleitung befinden.

Dass sich bei Addition der Spannungen keine genaue Uebereinstimmung ergibt ist erklärlich, indem die Induktionsströme mit den Erd-Ausgleichströmen nicht phasengleich sind.

Zu bemerken ist noch, dass die Lage der Versuchs-Erdungen in der Beilage No. 1 durch schwarze Punkte ersichtlich gemacht ist.

Versuchs-Serie 3

Spannungsmessungen mit verschiebbarem Fahrleitungs-Erdschluss zwischen Hohtenn und Brig.

Die Versuchs-Anordnung war in der Hauptsache die gleiche wie bei obiger Versuchs-Serie 2, mit dem Unterschied, dass die künstliche Erdung der Fahrleitung zwischen Hohtenn und Brig verschiebbar angeordnet war. Im Uebrigen wurden zum Teil andere Versuchsleitungen benutzt. Der Fahrleitungsstrom wurde für die ganze Versuchs-Serie 3 auf 295 Amp. konstant gehalten. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Spannungsmessungen bei verschiebbarem
Fahrleitungs-Erdschluss

Nr.	<u>Versuchs-Leitung</u>	<u>Vergleichs-Erdungen</u>		
		<u>Brig</u>	<u>Blitzingen</u>	<u>Lausanne</u>
<u>A. Fahrleitungs-Erdung oberhalb Hohtenn-Tunnel</u>				
1.	Gampel-Dorf	17,1 Volt	16,7 Volt	6,51 Volt
2.	Hohtenn	25,5 "	26,5 "	8,8 "
3.	Gampel SBB	2,3 "	4,6 "	3,6 "
4.	Turtmann	2,1 "	3,3 "	2,6 "
5.	Siders	7,1 "	5,1 "	1,3 "
6.	Sitten	6,8 "	5,0 "	1,4 "
7.	Visp	1,5 "	4,1 "	3,0 "
8.	Stalden	0,9 "	4,1 "	3,3 "
9.	Brig	-	2,8 "	2,3 "
10.	Blitzingen	-	-	1,2 "
<u>B. Fahrleitungs-Erdung in Hohtenn-Station</u>				
1.	Gampel-Dorf	27,2 Volt	23,2 Volt	7,6 Volt
2.	Hohtenn	35,0 "	35,5 "	10,2 "
3.	Gampel SBB	2,3 "	5,3 "	4,1 "
4.	Turtmann	2,7 "	3,4 "	2,8 "
5.	Siders	9,6 "	6,6 "	1,4 "
6.	Sitten	10,6 "	7,0 "	1,1 "
7.	Visp	9,8 "	4,8 "	3,4 "
8.	Stalden	1,7 "	4,9 "	3,6 "
9.	Brig	-	3,6 "	2,6 "
10.	Blitzingen	-	-	2,4 "
<u>C. Fahrleitungs-Erdung bei der Bietschtal-Brücke</u>				
1.	Gampel-Dorf	-	6,9 Volt	10,9 Volt
2.	Hohtenn	-	10,6 "	19,5 "
3.	Gampel SBB	-	4,6 "	6,1 "
4.	Turtmann	-	5,4 "	12,1 "
5.	Siders	-	10,4 "	1,2 "
6.	Sitten	-	10,7 "	1,5 "
7.	Visp	-	5,3 "	4,0 "
8.	Stalden	-	5,8 "	4,9 "
9.	Brig	-	5,0 "	4,0 "
10.	Blitzingen	-	-	4,3 "
<u>D. Fahrleitungs-Erdung in Lalden-Station</u>				
1.	Gampel-Dorf	49,4 Volt	49,2 Volt	2,9 Volt
2.	Hohtenn	51,2 "	44,0 "	2,8 "
3.	Gampel SBB	44,5 "	37,4 "	3,8 "
4.	Turtmann	43,2 "	36,7 "	3,7 "
5.	Siders	50,2 "	42,5 "	3,6 "
6.	Sitten	55,0 "	43,4 "	3,7 "
7.	Visp	21,4 "	14,6 "	6,1 "
8.	Stalden	0,6 "	12,3 "	12,0 "
9.	Brig	- "	10,6 "	10,1 "
10.	Blitzlingen	- "	-	13,1 "
<u>E. Fahrleitungs-Erdung oberhalb Rhonebrücke Brig.</u>				
1.	Gampel-Dorf	91,0 Volt	77,0 Volt	6,5 Volt
2.	Hohtenn	90,0 "	79,0 "	6,8 "
3.	Gampel SBB	88,2 "	76,5 "	7,2 "
4.	Turtmann	54,8 "	67,9 "	6,4 "
5.	Siders	91,0 "	80,0 "	6,6 "
6.	Sitten	92,9 "	80,5 "	6,7 "
7.	Visp	57,5 "	48,6 "	6,7 "
8.	Stalden	1,7 "	20,5 "	21,4 "
9.	Brig	-	17,0 "	17,4 "
10.	Blitzingen	-	-	21,4 "

Aus obiger Tabelle lassen sich auch hier, wie beim Versuch 2, die reinen Induktions-Spannungen und die Erd-potentiale unterscheiden, wie folgt:

<u>Spannung der Leitungen</u>	<u>Fall A</u>	<u>Fall B</u>	<u>Fall C</u>	<u>Fall D</u>	<u>Fall E</u>
<u>Blitzingen-Lausanne</u>					
reine Induktions-Spannung	1,2 Volt	2,4 Volt	4,3 Volt	13,1 Volt	21,4 Volt
<u>Gampel-Brig</u>					
Jnduktion & Erdpotential	17,1 "	27,2 "	-	49,4 "	91,0 "
<u>Gampel-Lausanne</u>					
reines Erdpotential	6,5 "	7,6 "	10,9 "	2,9 "	6,5 "
<u>Brig-Blitzingen,</u>					
reines Erdpotential	2,3 "	2,6 "	4,0 "	10,1 "	17,4 "

Die Erdungspunkte sind in der Beilage No. 1 durch rote Pfeile bezeichnet.

Es ist einleuchtend, dass im Fall A die reine Jnduktion fast Null ist, da der Bahnstrom keinen eigentlichen Parallel-Verlauf mit der Schwachstromleitung aufweist; andererseits war im Falle E in der Leitung Gampel-Brig der Höchstwert der Spannung zu erwarten, da die ganze Strecke der Induktion ausgesetzt ist und überdies beide Erdungs-Punkte im Bereich des Erd-Potentials liegen.

Bezogen auf die Strom-Momente der Fahrleitung ergeben sich für die obigen Werte der reinen Jnduktion folgende

Spannungen pro 100 Ampere - Kilometer

<u>Fall B</u>	<u>Fall C</u>	<u>Fall D</u>	<u>Fall E</u>
0,3 Volt	0,39 Volt	0,49 Volt	0,50 Volt

Das stetige Anwachsen dieser Einheits-Spannungen entspricht der fortschreitenden Annäherung der Schwachstrom-Leitung an die Fahrleitung auf der Strecke Gampel-Brig; d.h. dem Anwachsen der Gegen-Jnduktivität mit dem verkleinerten Abstand der parallel geführten Leitungen.

Versuchs-Serie 4

Einfluss des Simplon-Betriebes
auf die Schwachstromleitungen im Wallis.

Ausser der Lötschberg-Fahrleitung mit 15'000 Volt Einphasenstrom endigte, zur Zeit der Versuche, auch die Fahrleitung des Simplon-Tunnels mit 3'000 Volt Drehstrom im Bahnhof Brig. (Die Strecke Brig-Sitten wurde erst später im Anschluss an den Simplon elektrifiziert).

Zum Vergleich des Einflusses beider Bahnen auf die in Brig eingeführten Schwachstromleitungen Lausanne-Brig und Brig-Blitzingen-Oberwallis, wurden beide Fahrleitungen im Bahnhof Brig geerdet und ungefähr auf 300 Ampere eingeregelt. Die Messung der Erd- & Induktions-Spannungen an den Schwachstromleitungen erfolgte nach der weiter oben beschriebenen Anordnung.

In der nachstehenden Zusammenstellung der Versuchsergebnisse enthält die Serie A die vom Simplon allein herührenden Spannungen, wobei nur die Simplon-Fahrleitung geerdet war; die Serie B zeigt die Spannung bei gleichzeitiger Erdung beider Fahrleitungen. Vergleichserde Brig-Telegraph.

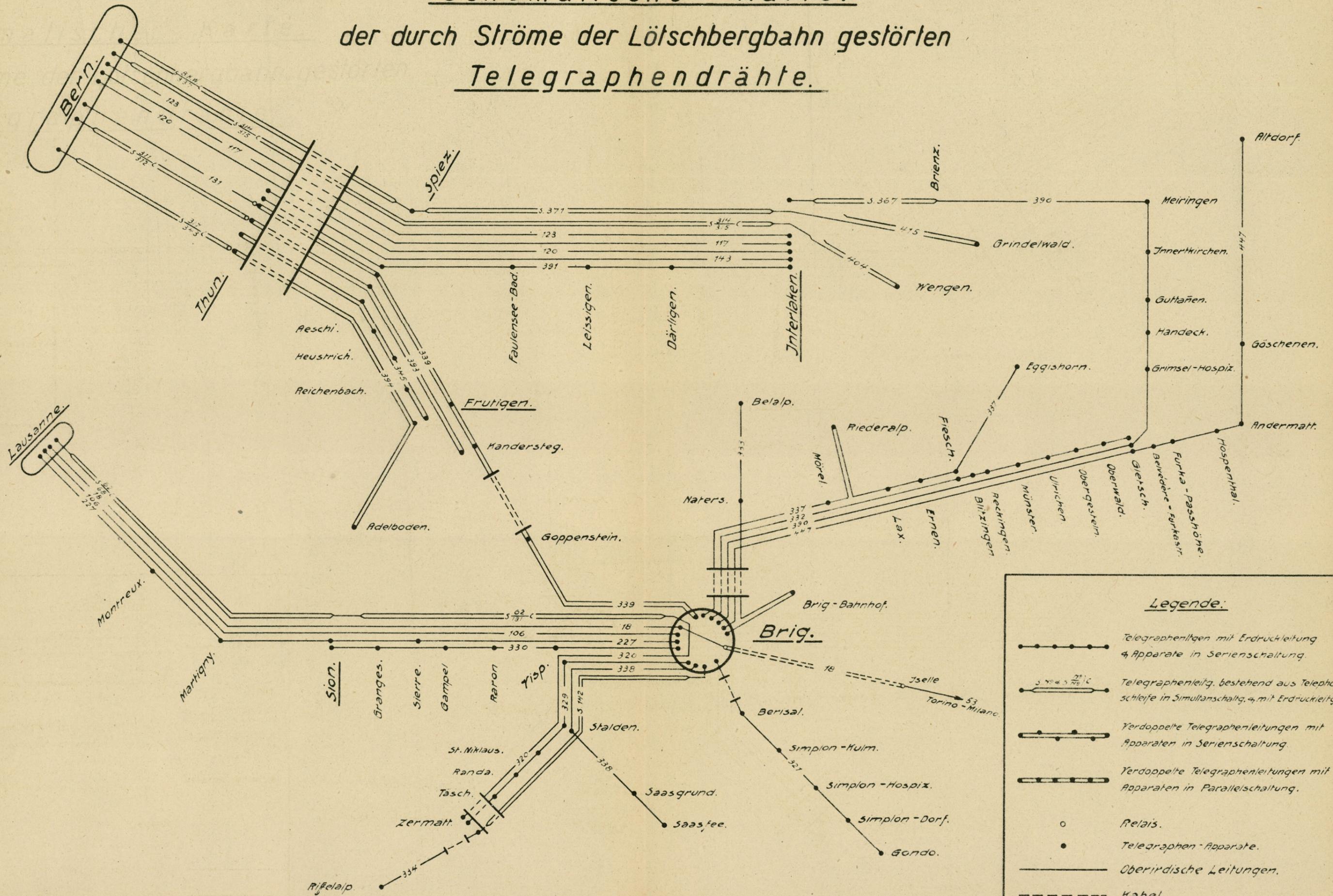
No.	<u>Versuchs-Leitungen</u>	- A.-	- B.-
		<u>Simplon allein</u>	<u>Simplon & Lötschberg</u>
1.	Rhonebrücke-Brig	1,1 Volt	1,16 Volt
2.	Höllmatte - Brig	0,7 "	0,93 "
3.	Marktplatz-Brig	-	2,25 "
4.	Mörel	1,4 "	5,2 "
5.	Blitzingen	-	4,5 "
6.	Glis	1,5 "	8,1 "

Es zeigt sich, dass der Einfluss des Simplon-Betriebes im Bahnhofgebiet Brig, zwar merklich, aber doch nicht von Bedeutung ist. Uebrigens dauert beim betriebsmässigen Verkehr die Störung nur ganz kurze Zeit, nämlich bis zur Einfahrt der Züge in den Simplontunnel. Vorwiegend handelt es sich um Erdpotential-Erhöhungen in der Gegend von Brig, da bei den vorliegenden Verhältnissen eine nennenswerte induktive Beeinflussung ausgeschlossen ist.

Schematische Karte.

der durch Ströme der Lötschbergbahn gestörten

Telegraphendrähte.



Legende:

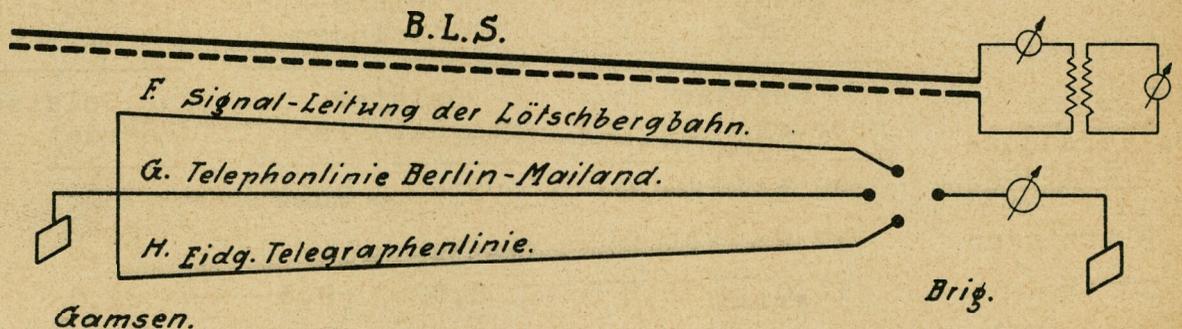
- Telegraphenleitg. mit Erdrückleitung & Apparate in Serienschaltung.
- Telegraphenleitg. bestehend aus Telefonschleife in Simultanschaltg. & mit Erdrückleitg.
- Verdoppelte Telegraphenleitungen mit Apparaten in Serienschaltung.
- Verdoppelte Telegraphenleitungen mit Apparaten in Parallelschaltung.
- Relais.
- Telegraphen-Apparate.
- Oberirdische Leitungen.
- Kabel.

Versuchs-Serie 5

Jnduktions-Spannungen in Leitungen
mit verschiedener Entfernung von der Kontraktleitung.

Um den Einfluss des Abstandes der Schwachstromleitung von der Fahrleitung auf die Jnduktions-Spannung beobachten zu können, wurden Spannungsmessungen an drei verschiedenen Schwachstromsträngen Brig-Visp vorgenommen. Die Lage dieser Leitungen ist aus Beilage No. 1 ersichtlich, woselbst ihre Erdungs-Punkte mit roten Buchstaben F, G, & H bezeichnet sind. Die Fahrleitung wurde, wie bei frühern Versuchen in Brig an Erde gelegt.

Die Versuchs-Anordnung ist aus folgender Skizze ersichtlich. Länge des Parallelverlaufes ca 8,3 Km.



— Fig. 5. —

An diesen Leitungen wurden folgende Spannungen gemessen:

Leitung	Mittlere Entfernung von Fahrleitung	Spannung	
		total	pro 100 Ampere-Km.
F	200 m	184 Volt	7,5 Volt
G	500 m	55 "	2,2 "
H	800 m	1,0 "	0,04 "

Diese Zahlen zeigen die rasche Abnahme der Jnduktion mit wachsender Entfernung der induzierten von der induzierenden Leitung; zu rechnerischen Untersuchungen sind die erhaltenen Werte jedoch nicht verwendbar, da die gegenseitigen Abstände der verschiedenen Leitungen zu wenig gleichmässig sind (Siehe Beilage No. 1).

Versuchs-Serie 6

Einfluss der Geleise-Erdung
auf die Fernwirkungen.

Da das Geleise der Lötschbergbahn in Abständen von je ca 1 Km geerdet war, so lag die Vermutung nahe, dass diese Erdungen einen erheblichen Einfluss auf die Induktion und auf die Spannungsverteilung in der Erde ausüben. Um diesen Einfluss zu beobachten, wurden die Spannungsmessungen nach Anordnung der obigen Versuchs-Serie 2 wiederholt, bei geerdetem und ungeerdetem Geleise. Die Resultate sind nachfolgend zusammengestellt.

Fremdspannungen bei 300 Ampere Dauerstrom

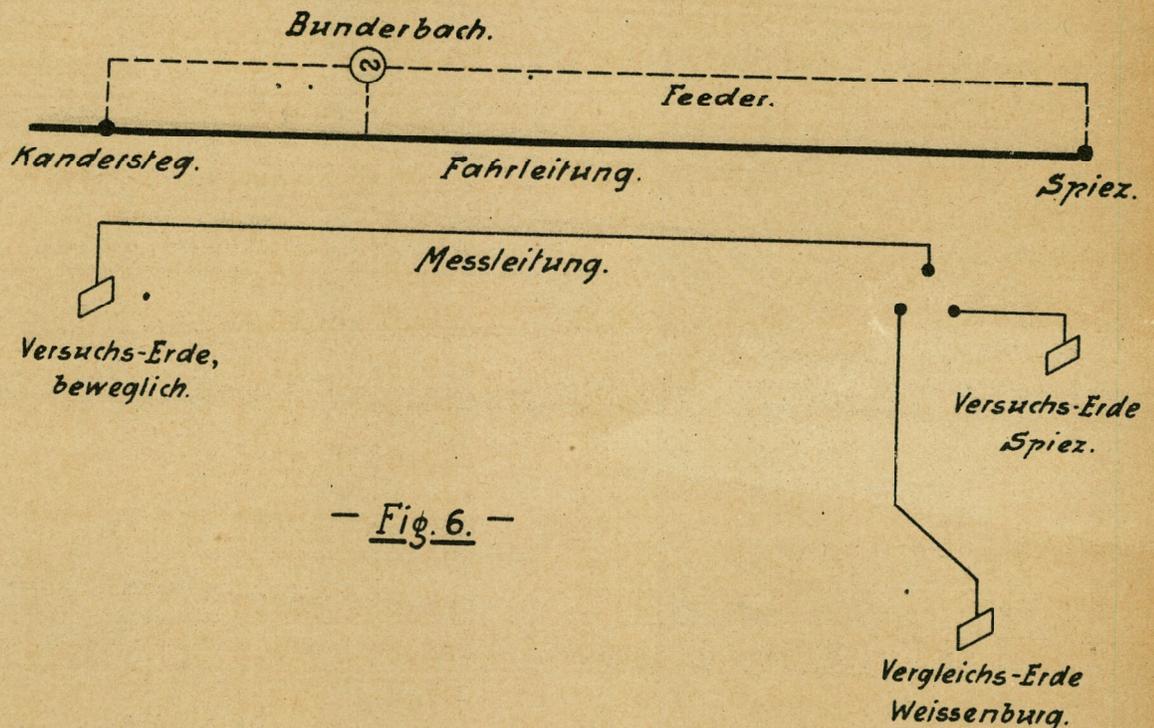
No. Versuchs- leitung	Vergleichs-Erde Brig		Vergleichs-Erde Blitzingen		Vergleichs-Erde Lausanne	
	Geleise		Geleise		Geleise	
	geerdet	isol.	geerdet	isol.	geerdet	isol.
	Volt	Volt	Volt	Volt	Volt	Volt
1. Blitzingen	17,2	17,2	-	-	77,5	87,0
2. Mörel	13,0	10,2	8,6	9,3	84,0	90,0
3. Brig, Höllmatte	-	-	16,2	16,6	95,0	96,0
4. Brig, Marktplatz	2,3	2,9	14,8	16,0	95,0	95,0
5. Brig, Telegraph	-	-	16,4	17,8	94,0	97,5
6. Brig, Rhonebrücke	-	0,6	17,4	18,4	94,0	97,0
7. Stalden	58,2	61,5	52,2	53,2	35,0	35,2
8. Raron	80,6	83,7	71,6	87,4	14,3	13,9
9. Hohtenn	92,0	96,8	83,0	86,0	1,7	4,2
10. Gampel-Dorf	85,0	90,0	72,5	96,8	7,8	7,7
11. Gampel SBB	84,0	86,0	73,5	77,5	10,9	11,2
12. Turtmann	80,5	91,0	77,0	83,0	8,5	7,2

Aus obigen Resultaten geht hervor, dass die Fremdspannungen durch die Beseitigung der Geleise-Erdung in den meisten beobachteten Leitungen etwas gestiegen sind, aber doch nur in ganz unbedeutendem Masse. Die wenigen Resultate, welche eine Herabminderung der Spannung verzeigen, dürften auf Mess-Ungenauigkeiten oder auf nicht kontrollierbaren Spannungs-Verteilungen in der Erde beruhen.

Versuchs-Serie 7

=====
Messung der Fremdspannungen
auf der Strecke Kandersteg-Spiez (Nordrampe)
bei verschiebbarem Fahrdraht-Erdschluss.

Die gleiche Versuchs-Anordnung, welche auf der Südrampe für die oben beschriebene Versuchs-Serie 3 getroffen wurde, fand auch für die auf der Nordrampe durchgeführten Messungen Anwendung. Dabei wurde die Fahrleitung sukzessive in Goppenstein, Kandersteg, Mittholz & Felsenburg geerdet, unter Einregulierung des Fahrleitungs-Stromes auf ca 300 Ampere. Als Schwachstromversuchsleitungen wurden verschiedene von Spiez ausgehende Linien verwendet, wobei Vergleichs-Versuche mit Erdung in der Telephonzentrale Spiez (im Bahnhof) und Erdung in Weissenburg stattfanden; letzteres um die Vergleichs-Erde aus dem Bereich der Erdpotential-Erhöhung von Spiez wegzuverlegen.



- Fig. 6. -

Die Versuchs-Anordnung ist aus obiger Figur 6 ersichtlich. Ueber das Tracé der Fahr- & Feederleitungen und über dasjenige der gestörten Schwachstromleitungen, sowie über die Lage der verschiedenen Erdungs-Stellen gibt Beilage No. 2 Auskunft.

Die Spannungsmessungen haben folgende Resultate ergeben:

Spannungs-Messungen bei verschiebbarem Erdschluss
Spiez - Kandersteg (Nordrampe).

<u>No.</u>	<u>Versuchs-Leitung</u>	<u>Vergleichs-Erdungen</u>	
		<u>Spiez</u>	<u>Weissenburg</u>
<u>A. Fahrleitungs-Erdschluss in Goppenstein</u>			
1.	Spiez-Kandersteg	79,0 Volt	94,5 Volt
2.	Spiez-Bunderbach	16,5 "	18,0 "
3.	Spiez-Mittholz	15,2 "	16,0 "
4.	Spiez-Tollenfeld	8,2 "	13,0 "
5.	Spiez-Frutigen-Bad	7,5 "	13,5 "
6.	Spiez-Reichenbach	10,6 "	9,5 "
7.	Spiez-Salzbrunnen	2,4 "	13,5 "
8.	Spiez-Spiezmoos	5,2 "	6,0 "
9.	Spiez-Wimmis	13,4 "	2,4 "
10.	Spiez-Weissenburg	11,5 "	-
<u>B. Fahrleitungs-Erdschluss in Kandersteg</u>			
1.	Spiez-Kandersteg	80,0 Volt	106,0 Volt
2.	Spiez-Bunderbach	16,2 "	19,3 "
3.	Spiez-Mittholz	16,5 "	27,7 "
4.	Spiez-Tellenfeld	7,7 "	12,5 "
5.	Spiez-Frutigen-Bad	7,2, "	13,5 "
6.	Spiez-Reichenbach	10,5 "	9,2 "
7.	Spiez-Salzbrunnen	2,4 "	13,6 "
8.	Spiez-Spiezmoos	5,1 "	5,8 "
9.	Spiez-Wimmis	13,6 "	2,7 "
10.	Spiez-Weissenburg	11,3 "	-
<u>C. Fahrleitungs-Erdschluss in Mittholz</u>			
1.	Spiez-Kandersteg	23,0 Volt	28,7 Volt
2.	Spiez-Bunderbach	19,9 "	21,1 "
3.	Spiez-Mittholz	- "	30,2 "
4.	Spiez-Tellenfeld	8,0 "	12,3 "
5.	Spiez-Frutigen-Bad	7,5 "	13,9 "
6.	Spiez-Reichenbach	10,6 "	9,5 "
7.	Spiez-Salzbrunnen	2,4 "	13,9 "
8.	Spiez-Spiez-Spiezmoos	5,2 "	5,9 "
9.	Spiez-Weissenburg	11,3 "	-
<u>D. Fahrleitungs-Erdschluss in Felsenburg</u>			
1.	Spiez-Kandersteg	23,0 Volt	28,1 Volt
2.	Spiez-Bunderbach	21,0 "	21,0 "
3.	Spiez-Mittholz	14,7 "	16,7 "
4.	Spiez-Tellenfeld	10,2 "	7,9 "
5.	Spiez-Reichenbach	11,4 "	10,3 "
6.	Spiez-Salzbrunnen	2,6 "	14,9 "
7.	Spiez-Spiezmoos	5,4 "	6,2 "
8.	Spiez-Wimmis	12,0 "	-

Bei obigen Versuchs-Resultaten ist zu berücksichtigen, dass die Fahrleitungsspeisung vom Kraftwerk Kandergrund aus erfolgte und dass die Fahrleitungs-Erdschlüsse ausschliesslich im oberen Teil des Kandertaales angeordnet wurden. Eine nennenswerte induktive Beeinflussung der Schwachstromlinie war deshalb nur auf der Strecke Bunderbach-Kandersteg möglich, was auch mit den Spannungswerten der obigen Tabelle übereinstimmt. Es kann aus dieser Versuchs-Serie der Schluss gezogen werden, dass die erwähnte Strecke Bunderbach-Kandersteg, die ziemlich nahe Parallelführungen mit dem Schwachstromstrang aufweist, eine Induktions-Spannung von ca 80-100 Volt verursacht.

Versuchs-Serie 8

=====
Messung der Fremdspannungen der Nord-Rampe bei Fahrleitungs-Erdung in Scherzligen.

Die Versuchs-Anordnung war in der Hauptsache wie bei Serie 7. Die Speisung der Fahrleitung erfolgte aus dem Kraftwerk Kandergrund, unter Einregulierung des Fahrleitungs-Stromes auf ca 300 Ampere. Der Fahrleitungs-Erdschluss wurde in Scherzligen angeordnet, so dass die ganze Fahrleitung Bunderbach-Scherzligen unter Strom war. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

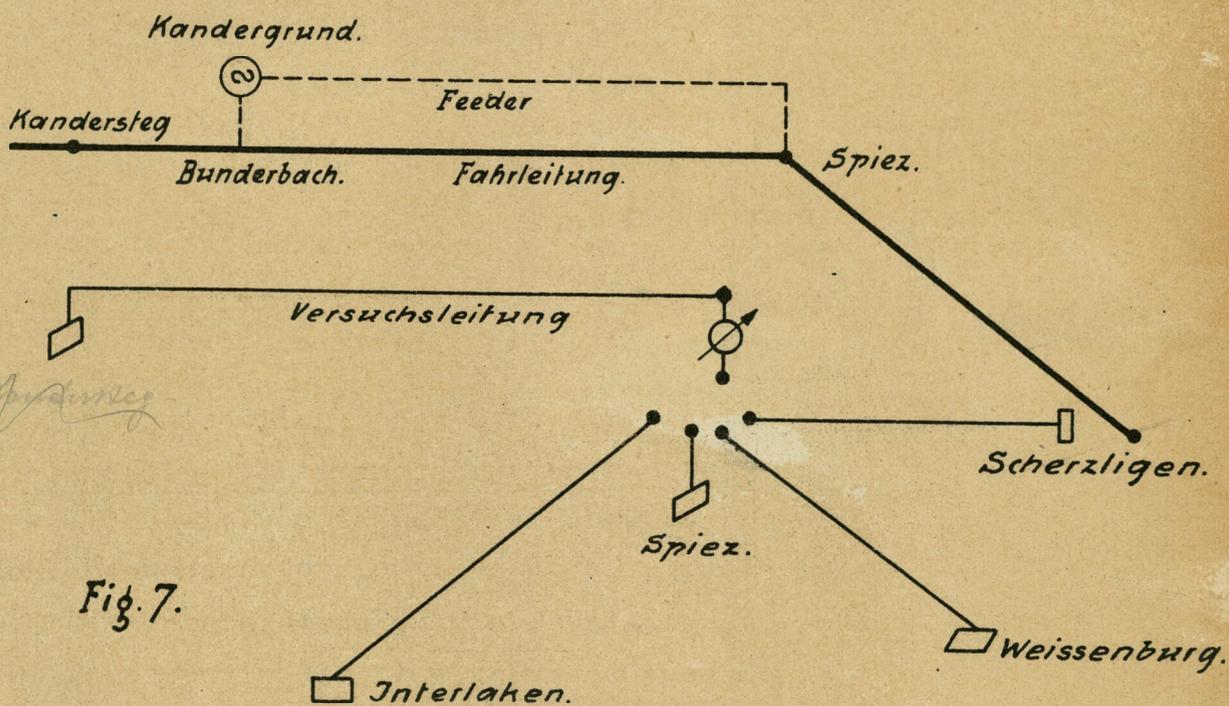


Fig. 7.

Fremd-Spannungen bei Fahrdraht-Erdung in Scherzligen.

No.	Versuchs-Leitungen	Vergleichs - E r d e n			
		Spiez Volt	Interlaken Volt	Thun Volt	Kandersteg Volt
1.	Spiez-Kandersteg	1,0	134,0	184,0	-
2.	Spiez-Bunderbach	140,0	131,0	178,0	45,2
3.	Spiez-Mittholz	141,0	129,5	180,0	38,2
4.	Spiez-Tellenfeld	120,0	110,0	156,0	17,9
5.	Spiez-Frutigen-Bad	116,0	106,0	154,0	16,6
6.	Spiez-Reichenbach	64,2	56,0	100,0	48,8
7.	Spiez-Salzbrunnen	5,7	8,8	42,4	104,5
8.	Spiez-Spiezmoos	6,3	18,4	30,0	118,2
9.	Spiez-Wimmis	7,7	16,2	30,1	118,4
10.	Spiez-Heustrich	26,9	18,2	63,9	85,5
11.	Spiez-Thun(Ringstr.)	58,2	-	-	149,1
12.	Spiez-Dürrenast	36,7	-	-	147,0
13.	Spiez-Hofstetten	38,7	-	-	149,1
14.	Spiez-Weissenburg	17,5	-	-	110,2

Diese Resultate zeigen, dass die stromdurchflossene Fahrleitung Scherzligen-Bunderbach auf den verschiedenen Sektionen der Schwachstromleitung folgende Spannungen hervorrufft:

Spiez-Kandersteg	140 - 150 Volt
Thun - Kandersteg	175 - 185 "
Bunderbach-Kandersteg	45 Volt
Spiez-Reichenbach	65 "
Spiez-Thun	58 "

Bei den Kandersteger-Leitungen ist zu bedenken, dass die Induktions-Spannung der Strecke Bunderbach-Kandersteg noch hinzu kommt, sobald letztere Strecke der Fahrleitung auch stromdurchflossen ist. Diese Induktions-Spannung beträgt gemäss Versuchs-Serie 7 ca. 80 Volt, so dass die Fahrleitung Scherzligen-Kandersteg eine Induktions-Spannung von

$$\text{ca. } 180 + 80 = 260 \text{ Volt}$$

zur Folge haben müsste.

Versuchs-Serie 9

Messung der Schienen - Ströme bei Fahrdraht-Erdschluss.

Gleichzeitig mit den mehrmals erwähnten Fahrleitungs-Erdschlüssen an verschiedenen Stellen der Bahnstrecke, wurde versucht, die Strom-Verteilung im Geleise zu untersuchen durch Messung der Schienen-Ströme. Ueber die Anordnung dieser Messungen und die Leitungs-Bedingungen der Schienen ist folgendes zu bemerken.

Das Geleise besteht aus Stuhl-Schienen von $53,5 \text{ cm}^2$ Querschnitt, welche fast ausschliesslich auf Holz-Schwellen montiert sind. Alle 200 m bestehen Querverbindungen von 50 mm^2 Kupfer. Ungefähr alle Kilometer sind Erdplatten von ca $1/4 \text{ m}^2$ angeschlossen. Alle eisernen Tragwerke sind geerdet. Doppelspurig sind nur die Strecken Scherzligen-Spiez und Kandersteg-Goppenstein.

Bei der Beurteilung der Versuche ist ferner zu bedenken, dass die Erdpole sowohl in der Kraftzentrale Spiez, als auch in derjenigen Kandergrund, von den Generator-Klemmen weg bis zum Schienen-Anschluss in Spiezmoos, resp. auf der Station Kandergrund, von Erde isoliert montiert sind. Zwischen beiden Werken besteht keine Erdleitung als die Geleise-Anlage.

Die in Zoreneisen verlegten Schwachstromkabel, Kandergrund-Ausserberg (bahneigene) und Kandersteg-Hohtenn (Telegraphenverwaltung) werden zweifellos an der Strom-Rückleitung erheblichen Anteil nehmen.

Die Messungen erfolgten direkt, indem an den Mess-Stellen beide Laschen und Schienen-Verbindungen entfernt und in das Geleise ein Stromwandler mit Amperemeter eingebaut wurde. Die Beleuchtungs-Transformatoren blieben während den Versuchen eingeschaltet; ihre Leistung beträgt 7 - 20 KVA.

Vor-Versuche ergaben einen Gleichstrom-Widerstand des Geleises:

Für Kandersteg-Brig, bei 38 Volt & 6,25 Ampere

6,05 Ohm,

Für Kandersteg-Goppenstein bei 36 Volt & 22,5 Ampere

1,60 Ohm.

Die Versuchs-Resultate sind nachstehend zusammengestellt:

Versuch A.

Lötschbergbahn-Strecke Brig-Goppenstein. Die Speisung der Strecke erfolgt von Kandergrund aus, über Automat Brig, wobei der Erdschluss in Brig, bei Km 73,830 erstellt worden war. Die Strecke war noch mit Erdplatten ausgerüstet. Die Resultate waren die Folgenden:

Ort der Messung

Brig, Km 73,830,

Strom im Erdschluss-Draht 295 Amp. 295 Amp. 200 Amp.

Schienen-Ströme

Brig, Km 73,3, Rechtes Rhoneufer	165 Amp.	163 Amp.	115 Amp.
Lalden, Km 67,585	200 "	202 "	140 "
Ausserberg Km 61,520	199 "	200 "	138 "
Hohtenn, Km 54,490	210 "	210 "	150 "
Goppenstein, Km 48,690	211 "	211 "	149 "

Versuch B.

Bundesbahn-Geleise Brig-Gampel. Die Speisung der Strecke erfolgte von Kandergrund aus, über Automat Brig, wobei der Erdschluss, wie bei Versuch A, im Bahnhof Brig bei Km 73,830 (BLS) resp. Km 145,56 (SBB) erfolgte.

Ort der Messung

Brig, Strom im Erdschluss-Draht 295 Amp.
Km 145,650

Schienen-Ströme

Brig, Km 144,840	S.B.B.	3 Amp.
Visp, Km 136,500	"	0 "
Raron, Km 129,800	"	0 "
Gampel, Km 125,500	"	0 "

Versuch C.

Lötschberg-Strecke Brig-Goppenstein. Die Speisung der Strecke erfolgte von Kandergrund aus, über Automat Brig, wobei der Erdschluss, wie bei den Versuchen A & B im Bahnhof Brig (Km 73,830) erstellt worden war. Die Erdplatten der Südrampe waren entfernt worden. Die Resultate sind folgende:

<u>Ort der Messung</u>		
Brig, Strom in Erdschluss-Draht	295 Amp.	200 Amp.
	<u>Schienen-Ströme</u>	
Brig, Rechtes Rhoneufer Km 73,300	160 Amp.	110 Amp.
Hohtenn, Km 54,490	208 "	- 0 ?
Goppenstein Km 48,690	211 "	- 0 ?

Nach Aufhebung der Schienenverbindung auf dem rechten Rhone-Ufer in Brig, Km 73,300, also bei vollständigem Unterbruch des Schienenstranges, wurden gemessen:

<u>Ort der Messung</u>	<u>Schienen-Ströme</u>
Brig im Erdschluss-Draht	295 Amp.
Hohtenn Km 54,490	215 "
Goppenstein Km 48,690	220 "

Versuch D.

Messungen auf Station Kandergrund. Die Speisung erfolgte von Kandergrund aus, mit Erdschluss in Brig (Km 73,830).

1. Instrumente wurden eingebaut vor beiden Ausfahrts-Weichen der Station Kandergrund, Seite Spiez Km 17,240 und Seite Brig Km 17,765. Gemessen wurden:

im Fahrdrabt	290 Amp.
bei Km 17,765	215 "
bei Km 17,240	90 "

2. Instrumente wurden vor die Ausfahrts-Weiche Seite Brig eingebaut. Vor der Ausfahrts-Weiche Seite Spiez blieb die Schienen-Leitung unterbrochen. Die Ablesungen ergaben:

im Fahrdrabt	300 Amp.
bei Km 17,765	240 "

3. Instrumente wurden vor die Ausfahrts-Weiche Seite Spiez eingebaut. Vor der Ausfahrts-Weiche Seite Brig blieb die Schienen-Leitung unterbrochen.

im Fahrdrabt	296 Amp.
bei Km 17,240	130 "

4. Die Schienen-Rückleitung blieb vor beiden Ausfahrts-Weichen der Station Kandergrund unterbrochen. Das Kraftwerk benötigte nun 100 Volt mehr, um die 300 Ampere im Fahrdrabt zu erzeugen.

Versuch E.

Strecke Goppenstein-Spiez. Der Erdschluss wurde in Goppenstein erstellt. Die Speisung erfolgte vom Kraftwerk Kandergrund aus, unter Benützung der Parallelschaltungs-Leitung zwischen den Werken Kandergrund und Spiez. Die Stromzuführung zur Bahnanlage erfolgte in der Zentrale Spiez von wo aus die Fahr- & Speiseleitungen bis Goppenstein unter Spannung gehalten wurden. Der Erd-Anschluss des Werkes befand sich in der Station Kandergrund. Die Resultate waren:

<u>Ort der Messung</u>	<u>Fahrdraht-Erdungen in</u>			
	<u>Goppenstein</u>	<u>Kandersteg</u>	<u>Blausee</u>	<u>Felsenburg</u>
	<u>Schienen-Ströme</u>			
Goppenstein-Station, Km 48,440	<u>298</u> Amp.	-	-	-
Kandersteg-Remise, Km 31,240	<i>nicht gemessen?</i>	<u>290</u>	-	-
Kandersteg-Seite Spiez Km 31,080	165 "	205	-	-
Blausee-Station Km 22,350	<i>nicht gemessen?</i>	-	<u>300</u>	-
Felsenburg Km 20,620	<i>Abgemittelt?</i>	0	120	<u>330</u>
Kandergrund-Süd Km 17,765	130 "	125	100	160
Kandergrund-Nord Km 17,240	<u>170</u> "	40	45	20
Mülenen Km 5,560	<u>75</u> "	80	80	80

(Die Fahrleitungs-resp. Erdschluss-Ströme sind unterstrichen).

Versuche F.

Strecke Scherzligen-Kandergrund. Variante I: Erdschluss in Brig erstellt bei Km 73,830. Die Speisung erfolgte von Kandergrund aus. Variante II: Erdschluss in Scherzligen bei Km 0,0; Speisung von Kandergrund aus. Ermittelt wurden folgende Resultate:

<u>Ort der Messung</u>	<u>Schienen-Ströme</u>	
	<u>Variante I</u>	<u>Variante II</u>
Scherzligen Km 0,0	-	<u>310</u> Amp.
idem-Depot Km 0,8	0 Amp.	220 "
Mülenen-Süd Km 5,560	0 "	190 "
Kandergrund-Nord Km 17,240	50 "	150 "
Kandergrund-Süd Km 17,765	220 "	80 "
Brig-Bahnhof Km 73,830	<u>300</u> "	-

(Fahrdraht-Kurzschluss-Ströme sind unterstrichen).

Versuch G.

Strecke Kandergrund-Brig. Die Versuchs-Anordnungen

I - VI wurden wie folgt getroffen:

- I. In Brig befand sich der Erdschluss bei Km 73,830.
- II. Erdschluss wie bei I; Unterbrechung der Schienen an der Ausfahrts-Weiche Ausserberg-Nord.
- III. Erdschluss wie bei I; Unterbrechung der Schienen an der Ausfahrts-Weiche Ausserberg-Süd.
- IV. Erdschluss wie bei I; Schienen-Unterbrechung Ausserberg-Süd, Erdschluss-Stromstärke jedoch nur 200 Ampere.
- V. Erdschluss in Brig beim Abschluss-Signal, Km 73,280, die Strom-Messung (Km 73,300) erfolgte hinter dem Erdschluss. In Ausserberg waren beide Stromwandler eingebaut.
- VI. Erdschluss in Brig wie bei V. Schienenleitung bei Km 73,30 hinter dem Erdschluss unterbrochen.

Gemessen wurden folgende Schienenströme:

<u>Ort der Messung</u>		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Brig, Erdschluss	Km 73,830	<u>308</u>	<u>310</u>	<u>310</u>	<u>200</u>	-	-
Brig, rechtes Ufer	Km 73,300	210	210	210	70	165	-
Brig, " "	Km 73,280	-	-	-	-	<u>305</u>	<u>305</u>
Ausserberg-Süd	Km 61,530	<u>178</u>	<u>180</u>	-	-	210	210
Ausserberg-Nord	Km 61,030	205	-	40	38	178	171

(Fahrdrabt-Erdschluss-Ströme unterstrichen).

Versuch H.

Kandergrund-Brig, verschobener Erdschluss. Die Speisung erfolgte von Kandergrund aus; der Erdschluss wurde an verschiedenen Stellen mittelst Erdungs-Stange ausgeführt.

- I. Erdschluss Ausserberg, Km 61,050 zwischen Station und Mess-Stelle Nord,
- II. Erdschluss Ausserberg, Km 61,020 Seite Hochtenn, oberhalb Mess-Stelle Nord,
- III. Erdschluss bei Km 64,060,
- IV. Erdschluss bei Km 66,558,
- V. Erdschluss in Brig, Km 73,280, oberhalb der Mess-Stelle,
- VI. Erdschluss in Brig, Km. 73,320, zwischen Rhonebrücke und Mess-Stelle.

VII. Erdschluss in Brig, bei Km 73,280; der Unterbruch der Schiene bei Km 73,300, d.h. oberhalb der Erdschluss-Stelle. Gemessen wurden folgende Schienen-Ströme:

Versuchs-Serien:	I.	II	III	IV	V	VI	VII
<u>Ort der Messung</u>	<u>Schienen-Ströme in Ampere.</u>						
Ausserberg, Km 61,020 ob Mess-Stelle Nord	-	<u>300</u>	-	-	-	-	-
Ausserberg, Km 61,050 Mess-Stelle Nord	280	130	130	209	172	182	174
Ausserberg, Km 61,300 (unter Mess-Stelle N.)	<u>300</u>	-	-	-	-	-	-
Ausserberg, Km 61,350 Mess-Stelle Süd	70	68	280	242	200	-	198
Wärterhaus, Km 64,060	-	-	<u>300</u>	-	-	-	-
Wärterhaus, Km 66,558	-	-	-	<u>300</u>	-	-	-
Brig, Km 73,280, oberhalb Mess-Stelle	-	-	-	-	<u>300</u>	-	<u>300</u>
Brig, Km 73,300, Mess-Stelle	-	-	-	-	160	235	-
Brig, Km 73,320, Mess-Stelle	-	-	-	-	-	<u>300</u>	-

(Fahrdrabt-Erdschlussströme unterstrichen).

Versuch J.

Messungen am Lötschbergtunnel. Erdschluss in Brig bei Km 73,830; Speisung von Kandergrund aus.

<u>Ort der Messung</u>	<u>Schienen-Ströme Ampere</u>	
	I.	II.
Brig-Bahnhof Km 73,830	<u>300</u>	<u>300.</u>
Lötschbergtunnel Südportal Brigergeleise	90	100
Lötschbergtunnel Südportal Spiezergeleise	130	130
Lötschbergtunnel Nordportal Brigergeleise	90	50
Lötschbergtunnel Nordportal Spiezergeleise	70	135
Mülänen, Ausfahrtsweiche Nord	0	-

(Bei den Ablesungen der Serie I war ein Stromwandler am Nordportal schlecht eingeschaltet).

Schlussfolgerungen

Obige Resultate der Versuchs-Serie 9 ergeben verschiedene auffällige Tatsachen. Zunächst zeigen sich geringe Schwankungen in der Stromstärke, ähnlich den Strömungsverhältnissen von Gewässern. Dann wurde mehrfach festgelegt, dass die Schienen-Ströme grössere Werte besitzen als die Fahrleitungsströme. Solche Messungen waren:

Versuch D. In Kandergrund wurden in den Schienen an Nord- und Süden die eintretenden Stromstärken ermittelt, sie betragen $215 + 90 = 305$ Ampere, während im Kurzschluss-Draht der Strom 290 Ampere betrug. Zudem darf angenommen werden, dass bei den Messungen nicht der totale Strom erfasst wurde, indem ein Teil durch die Erde und die Schwachstrom-Kabelanlage seinen Weg fand.

Versuch E. Eine Messung in Felsenburg ergab unmittelbar neben dem Erdschluss (300 Amp.) eine Schienen-Stromstärke von 330 Ampere.

Die gleichen Messungen ergaben bei Speisung der Strecke vom Werk Kandergrund über Zentrale Spiez, Schalthaus Spiez, Fahrleitung Spiez-Goppenstein etc. in Mülenen einen Schienen-Strom von 75 - 80 Ampere. Hierbei erfolgte die Strom-Rückleitung von der Station Kandergrund direkt zum Werk Kandergrund. Geschah nun die Speisung direkt ab Werk und Schalthaus Kandergrund mit Erdschluss z.B. in Brig, so konnte in Mülenen kein Schienenstrom nachgewiesen werden (Siehe F.I & J),

Ebenso ist auffällig, dass bei Versuch H eine Messung in Ausserberg mit Erdschluss zwischen beiden Mess-Stellen bei 300 Ampere Erdschluss-Strom, einen Schienen-Strom von $280 + 70 = 350$ Ampere ergab.

Die Messungen der Südrampe ergaben folgende allgemeine Situation:

Bei Erdschluss in Brig (Versuche A, B, C, G & H) verteilen sich die Erdströme im ganzen Gebiet. Unterstützt wird dieser Vorgang durch die eisernen Schwellen des Bahnhofes Brig und durch die vielen geerdeten Eisenmaste. Jenseits der Rhone-Brücke konnten kaum 55 % des Stromes in den Schienen nachgewiesen werden. Das SBB-Geleise nimmt minimen Anteil an der Rückleitung (Versuch B). Mit der Entfernung des Schienenstranges von der Talsohle steigert sich bis Lalden

die Schienenstromstärke bis auf $\frac{2}{3}$ des Erdschluss-Stromes um bis Goppenstein beinahe konstant zu bleiben. Die Erdplatten, eine per Kilometer, haben im Vergleich zum Einfluss der Mast-Erdungen keine Bedeutung (Versuche A & C). Auch die Schienen-Ströme des Lötschbergtunnels betragen im Maximum nur 75 % des Erdschluss-Stromes (Südportal) wobei allerdings die zu addierenden Anteile der Schwachstromkabel und Schutzkanäle nicht bestimmt wurden. Auffallenderweise besteht zwischen Süd- & Nordportal eine Differenz von 15 % (geringer am Nordportal).

Längs der Nordrampe zeigte sich bei Erdschlüssen auf der Südseite, dass nur ca. 55 % des Erdschluss-Stromes das Geleise als Leiter benützen, der Rest verläuft sich offenbar in den Schwachstromanlagen, in den Wasserläufen und in den Wasserkraftanlagen der BKW.

Unterbrechungen der Schienenleitungen ergaben wohl Verschiebungen, doch keine grundsätzlichen Änderungen am Stromverlauf (Versuche C, D & H).

Besondere Verhältnisse zeigten sich in der Geleise-Schleife bei Blausee, wo bei Felsenburg (Versuch E) erst bei Erdschluss in der Nähe der Mess-Stelle Ströme messbar wurden. Die Erklärung muss darin gesucht werden, dass die Geleise-Schleife durch eine kupferne Erdleitung abgeschnitten ist, und dass im untern Schleifenteil viel Wasser im Boden vorhanden ist.

Diese Ergebnisse waren zum Teil ganz überraschend. So hatte z.B. ein vollständiger Schienen-Unterbruch oberhalb der Rhonebrücke in Brig, zwischen der benachbarten Erdschluss-Stelle & der Speisestelle, auf die Stromstärke im übrigen Geleise fast gar keinen Einfluss. Es war erwartet worden, dass die Stromstärke in Brig, in der Nähe des Erdschlusses, und in Kandergrund bei der Anschluss-Stelle des Rückleitungskabels am grössten, annähernd gleich der Fahrleitungsstromstärke sei und in der Gegend von Kandersteg-Goppenstein einen kleinsten Wert erreiche. Der Versuch ergab das Umgekehrte.

Würde ferner der grösste Teil des Stromes durch die Schienen zurückfliessen & nur ein kleiner Teil durch die Erde, so müsste das Geleise in Brig & Kandersteg eine Potential-Differenz gegen Erde ungefähr gleich dem halben

Spannungs-Abfall des Geleises aufweisen, also eine Spannung von einige 100 Volt. Statt dessen ergab sich für diese Spannungs-Differenz gegenüber der Briger Telegraphen-Erde nur 21 Volt & in Kändergrund ähnliche Werte, obschon im Geleise eine Stromstärke von ungefähr 60 - 75 % des Fahrleitungsstromes gemessen wurde. Eine Erklärung hierfür lässt sich nur finden unter der Annahme, dass der in den Schienen gemessene Strom in der Hauptsache überhaupt nicht Rückleitungsstrom, sondern ein vom Fahrleitungsstrom hervorgerufener Induktions-Strom sei, währenddem der eigentliche Rückleitungs-Strom seinen Weg ganz oder fast ganz durch die Erde nehme. Eine im Anschluss an die beschriebenen Versuche durchgeführte oscillographische Untersuchung hat keine unzweideutige Aufklärung über die oben ausgesprochenen Vermutungen ermöglicht, aber auch ihre Unstichhaltigkeit nicht erwiesen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die vorstehend beschriebenen Messungen gewisse Unstimmigkeiten aufweisen, wohl hauptsächlich davon herrührend, dass nicht immer die gleichen Schwachstromleitungen zu den Strom- & Spannungs-Messungen verwendet wurden. Zudem ist zu bedenken, dass es sich nicht um streng genaue Messungen handelt, weil eine ganze Anzahl von Faktoren nicht wohl berücksichtigt werden konnte (Impedanz der Leitungen, Capazitätswirkungen, Schirmwirkung der Leitungsdrähte unter sich etc).

Schliesslich möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass Herr G. Sulzberger, Kontroll-Ingenieur beim eidgen. Eisenbahn-Departement & Herr H. Haueter, damals Ingenieur bei der Lötschbergbahn, bei der Aufnahme, Ausmittlung & Zusammenstellung der Versuchsergebnisse in sehr erheblichem Masse beteiligt waren und durch ihre Mitwirkung wertvolle Dienste leisteten.

sig. E. Trechsel.