

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 16

Artikel: Ueber die Störungen in Schwachstromleitungen durch den elektrischen Betrieb mit Einphasenstrom auf der S.B.B.-Strecke Bern-Münsingen-Thun
Autor: Schuler, H.W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37335>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Ueber die Störungen in Schwachstromleitungen durch den elektrischen Betrieb mit Einphasenstrom auf der S. B. B.-Strecke Bern-Münsingen-Thun. — Diplom-Arbeiten an der Architektenschule der E. T. H. — Zur Architektur der Reformierten Kirche. — Schweizerischer Elektrotechnischer Verein. — Nekrologie: August Schärer. — Miscellanea: Kraftwerk im Wägital. Projektierte Beton-Bogenbrücke von

170 m Stützweite über den Bernand, Drehstrom-Turbogenerator von 6000 kVA. Kurs für wirtschaftliche Arbeitsorganisation. Tagung für christliche Kunst in Leipzig. Kurs für autogene Metallbearbeitung. Kraftwerke Oberhasle der B. K. W. — Konkurrenzen: Behauungsplan zum Wiederaufbau von Sent. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Maschineningenieur-Gruppe Zürich der G. e. P. Stellenvermittlung.

Band 78.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 16.

Ueber die Störungen in Schwachstromleitungen durch den elektr. Betrieb mit Einphasenstrom auf der S. B. B.-Strecke Bern-Münsingen-Thun.

Von H. W. Schuler, Elektroingenieur, Worblaufen-Bern.

(Schluss von Seite 180).

Durchführung der Versuche.

Die Versuche wurden jeweils in der Zeit von 23 Uhr bis 4 Uhr durchgeführt. Bei den meisten Versuchen war auf jeder Station der 25,4 km langen Versuchstrecke Thun-Ostermundigen ein Mann stationiert, der die nötigen Hilfsverbindungen und Schaltungen auszuführen hatte. Zur Verständigung diente das sogen. direkte Telephon, an das alle Stationstelephone parallel angeschlossen sind.

Die Messung der in den Schwachstromleitungen induzierten Spannungen erfolgte bei konstantem Strom in der Fahr- bzw. Uebertragungsleitung. Zu diesem Zwecke wurde die in Betracht kommende Leitung an einer bestimmten Stelle kurzgeschlossen, d. h. mit den Schienen verbunden, und der Generator im Kraftwerk Spiez so erregt, dass genau 100 Ampère erzeugt wurden. Gemessen wurde die in der Schleife des direkten Telephons (T in Abb. 6, S. 179) induzierte Spannung. Diese Schleife wurde in Thun über eine Abzweigspule an Erde gelegt und in die an Erde gehende Leitung ein Milliampèremeter eingeschaltet. Durch die Erdung der Schleife über die Abzweigspule war das Sprechen nicht gestört. Die Lage des Messdrahtes relativ zum Fahrdrabt des benachbarten Geleises wechselt infolge der Lage des Bahnkörpers im Gelände (Einschnitt, Damm, Ueberführung) ziemlich stark, wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist. Der mittlere horizontale Abstand des Messdrahtes vom Fahrdrabt des näher gelegenen Geleises beträgt etwa 7,50 m, der mittlere senkrechte Abstand über Schienenoberkante 5,70 m (Abbildung 8).

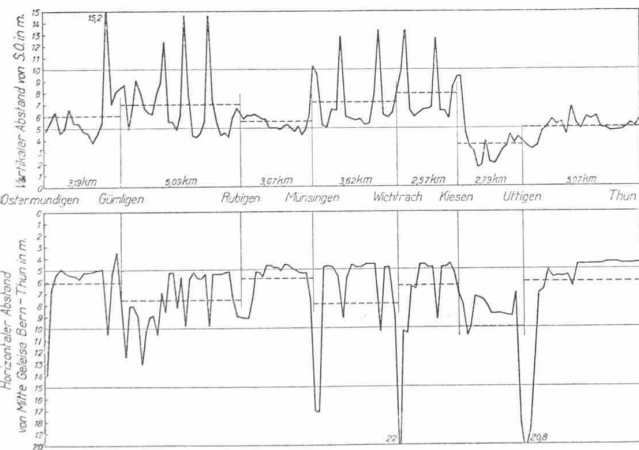


Abb. 8. Abstand des Messdrahtes vom Geleise links der Versuchstrecke.

Die Versuche mit dem Dreileitersystem.

Die Versuche mit dem Dreileitersystem sollten Aufschluss geben über die Wirkung desselben in bezug auf die statische und dynamische Induktion in den Schwachstromleitungen, über die Leistungsfähigkeit des Systems in bezug auf die Energieübertragung im Vergleich mit dem gewöhnlichen Zweileitersystem, über die Distanzierung der Autotransformatoren längs einer bestimmten Bahnstrecke und über den Einfluss von Transformator- und Leitungs-Impedanz auf die Verteilung des Fahrstromes auf die beiden Aussenleiter.

Es wurden Versuche durchgeführt:

1. mit vier Autotransformatoren längs der Versuchstrecke und Kurzschluss der Fahrleitung in Ostermundigen, mit und ohne Saugtransformatoren in Serie mit der isolierten Erdleitung;
2. mit vier Autotransformatoren längs der Versuchstrecke und Kurzschluss der Fahrleitung an vier verschiedenen Stellen der Strecke;
3. mit zwei Autotransformatoren, in Thun und Ostermundigen, und Kurzschluss an vier verschiedenen Stellen.

Bei allen Versuchen war, wie erwähnt, der eine der Aussenleiter kurzgeschlossen, d. h. mit den Schienen verbunden, und der Generator in Spiez so erregt, dass ein gleichmässiger Strom von 100 Ampère erzeugt wurde.

Aus den Versuchen ergeben sich folgende Resultate:

a) *Dynamische Induktion.* Das Dreileitersystem mit direktem Anschluss erlaubt keinen störungsfreien Betrieb der Bahn-Schwachstromleitungen. Die Impedanz der Autotransformatoren ist zu gross gegenüber derjenigen der Fahrleitung, sodass nur rund 20% der zugeführten Energie durch die Uebertragungsleitung übertragen werden. (Versuch 1 in Abb. 9, S. 190). Entsprechend der ungleichen Stromverteilung sind die Ströme in Schienen und Erde gross. Daher wird durch Einschaltung der Saugtransformatoren eine bedeutende Verminderung der in den Schwachstromleitungen induzierten Spannungen erreicht (Versuch 24 in Abbildung 9). Das Dreileitersystem mit indirektem Anschluss gibt infolge der günstigen Stromverteilung ganz geringe induzierte Spannungen (Versuch 8 in Abbildung 9). Die Einschaltung der Saugtransformatoren hat demgegenüber eine Verschlechterung der Verhältnisse zur Folge (Versuch 23 in Abbildung 9).

An induzierten Spannungen wurden bei diesen Versuchen die folgenden gemessen:

Tabelle I. Dynamisch induzierte Spannungen bei verschieden geschaltetem Dreileitersystem.

Versuch Nr.	Art des Systems	Induzierte Spannung auf der ganzen Strecke	Spannung auf 1 km Parallelführung	Impedanz des Systems Ohm/km
		Volt 100 Amp	Volt 100 A km	
1	Direkter Anschluss ohne Saugtransformatoren	62,0	2,44	0,124
24	Direkter Anschluss mit Saugtransformatoren	23,8	0,94	0,374
8	Indirekter Anschluss ohne Saugtransformatoren	5,2	0,20	0,190
23	Indirekter Anschluss mit Saugtransformatoren	69,0	2,72	0,333

Die Anordnung nach Versuch 24 entsprach dem betriebsmässigen Zustand bis zum Herbst 1920, d. h. bis zum Einbau der spannungslosen Schutzstrecke bei Scherzligen. Seither wurden die Saugtransformatoren ausser Betrieb gesetzt und die Speiseleitung Spiez-Thun über die Autotransformatoren an die Fahrleitung angeschlossen. Die im normalen Betrieb induzierten Spannungen waren sowohl bei der früheren als auch bei der bestehenden Schaltung so klein, dass der Telephon- und Telegraphen-Betrieb in keiner Weise gestört waren. Kurzschlüsse machen sich im Telephon als ziemlich harter Knall unangenehm bemerkbar, beschädigen aber die Apparate in keiner Weise.

Die Ergebnisse der Versuche mit vier und mit zwei Autotransformatoren und mit Kurzschluss der Fahrleitung an vier verschiedenen Stellen der Strecke sind in Abbildung 10 graphisch dargestellt. Die Fahrleitung wurde abwechselnd im ersten Drittel (Kiesen), in der Mitte (Münsingen), im zweiten Drittel (Rubigen) und am Ende der Versuchstrecke (Ostermundigen) kurzgeschlossen. Unter Zugrundelegung der bei einer einfachen Zweileiterstrecke (zweispurige Strecke mit zwei Fahrleitungen ohne Dreileiter und ohne Saugtransformatoren) induzierten Spannung, ergaben sich mit dem Dreileiter bei direkter bzw. indirekter Speisung die in Kurve A bzw. B aufgezeichneten Verminderungen in Prozent der induzierten Spannung bei einfachem Zweileitersystem. Die Kurven A' und B' geben direkt die induzierten Spannungen in Volt/100 Amp bei den entsprechenden Schaltungen des Dreileitersystems. In

Die Kurven der Abbildung 11 zeigen den Verlauf der statisch induzierten Spannung mit wechselndem Abstand zwischen Fahrdrabt und Schwachstromdrabt. Sie sind berechnet unter der Annahme eines einzigen, vollkommen isolierten, beeinflussten Drahtes. Der grosse Unterschied zwischen berechneter und gemessener Spannung rührt davon her, dass einerseits der Influenzstrom teilweise auch auf die dem Messdraht parallel laufenden Drähte übergeht, und dass andererseits die Isolation des Messdrahtes bei weitem keine vollkommene ist. Wie die Werte der Tabelle II zeigen, ist es möglich, die durch die Fahrleitungen induzierten Spannungen in weitgehendem Masse zu kompensieren. Die mehr oder weniger vollständige Kompensierung hängt natürlich, gleiche aber entgegengesetzte Spannung in den Fahr- und Uebertragungsleitungen vorausgesetzt, nur von der Lage der Schwachstromleitung ab, oder, da

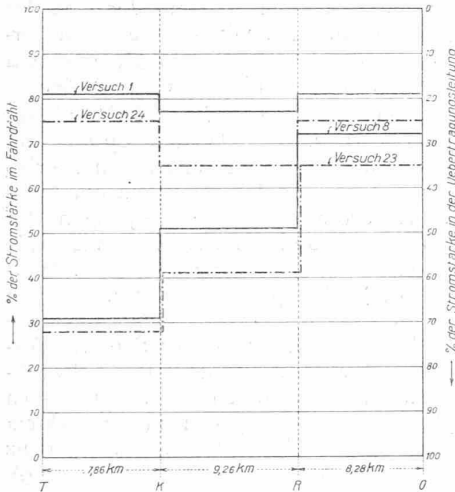


Abb. 9. Stromverteilung bei verschiedenen Schaltungen des Freileitersystems.
 Versuch 1 Direkter Anschluss ohne Saugtransformer,
 Versuch 24 " " mit " "
 Versuch 8 Indirekter " ohne " "
 Versuch 23 " " mit " "

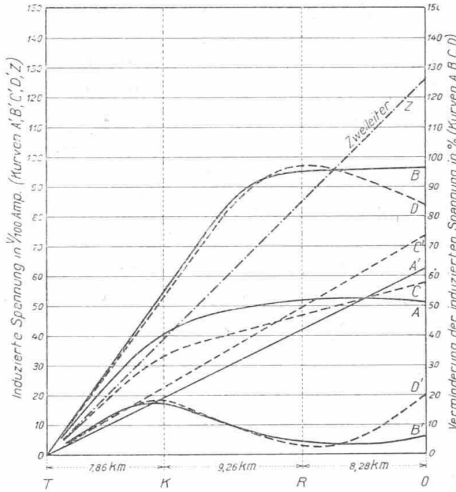


Abb. 10. Dynamische Induktion in der Messeitung in Abhängigkeit vom Ort der Belastung.
 A A' direkter Anschluss mit 4 Autotransformer,
 B B' indirekter " " 4 " "
 C C' direkter " " 2 " "
 D D' indirekter " " 2 " "

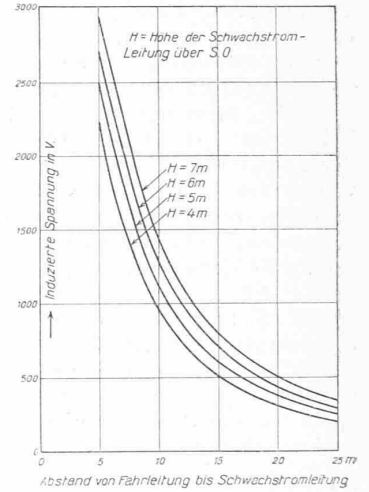


Abb. 11. Veränderung der in Schwachstrom-Leitungen statisch induzierten Spannung in Funktion des Abstandes von der Fahrleitung.
 Kapazität der Fahrleitung $c = 0,0108 \mu F/km$.

der Kurve Z sind zum Vergleich die bei einfacher Zweileiterstrecke induzierten Spannungen in Volt/100 Amp. aufgetragen. Die Kurven C, D und C', D' zeigen die entsprechenden Werte, wenn nur in Thun und Ostermundigen Autotransformatoren eingeschaltet sind. Bemerkenswert ist der ungleichmässige Verlauf der induzierten Spannung bei indirektem Anschluss sowohl mit vier als auch mit zwei Autotransformatoren.

b) *Statische Induktion.* Die statisch induzierten Spannungen wurden an verschiedenen Schwachstromdrähten zwischen Ostermundigen und Wichtrach gemessen. Die Grössenordnung der gemessenen Werte zeigt Tabelle II.

Tabelle II. Statisch induzierte Spannungen in Schwachstrom-Drähten der Strecke Rubigen-Münsingen.

Bezeichnung der mit 15 000 Volt geladenen Leitungen (Vergl. Abb. 5 auf Seite 179)	Influenzspannungen in Volt		
	in der direkten Telephonleitung		im Telegraphen-
	horiz. Abstand von F_1 : +5,80 m	vert. » » » -0,25 »	draht Nr. 633 hor. Abst.: 5,80 m vert. » +0,50 »
	Draht a	Draht b	
F_1	360	380	380
F_2	120	145	162
U_1	340	400	488
U_2	60	69	81
F_1, F_2	400	470	486
U_1, U_2	370	476	536
$F_1, F_2(+); U_1, U_2(-)$	58	62	10
$F_2(+); U_1(+)$	560	670	764
$F_2(+); U_2(+)$	160	185	215

diese und diejenige der Fahrleitung im allgemeinen fest liegt, von der Lage der Uebertragungsleitung.

c) *Stromverteilung.* Ueber die Verteilung der Ströme bei den oben besonders erwähnten Versuchen 1, 8, 23 und 24 gibt die Abb. 12 Aufschluss. Die berechneten Werte sind zum Unterschied von den gemessenen unterstrichen.

Versuche, die mit vier Autotransformatoren längs der Strecke und verschiedenen Werten des Verhältnisses zwischen Gesamtquerschnitt der Fahrleitung und Gesamtquerschnitt der Uebertragungsleitung gemacht wurden, bestätigen die Vermutung, dass der Einfluss des Leiterquerschnittes für die Stromverteilung keine ausschlaggebende Rolle spielt. Dass, abgesehen von der Impedanz der Autotransformatoren, die gegenüber derjenigen der Aussenleiter immer sehr hoch ist, eine besonders reichliche Bemessung der Aussenleiter keinen wesentlichen Einfluss auf die anzustrebende möglichst gleichmässige Verteilung der Ströme auf beide Aussenleiter hat, rührt davon her, dass der induktive Widerstand der Aussenleiter im Verhältnis zum Ohmschen Widerstand sehr gross ist.

d) *Impedanz des Dreileiters.* Die kilometrischen Werte der Impedanz der verschiedenen Dreileiter-Anordnungen sind in Tabelle I angegeben. Da die Impedanz einer zweigeleisigen Strecke mit zwei Fahrleitungen höchstens 0,160 Ohm/km beträgt, ergibt sich, dass, abgesehen von dem praktisch und in bezug auf die Kosten ganz unvorteilhaften Fall des direkten Anschlusses ohne Saugtransformatoren, der kilometrische Wert der Impedanz eines Dreileitersystems immer grösser ist, als derjenige einer zweigeleisigen Strecke mit normalem Zweileiter.

Folgerungen. Bei Anwendung des Dreileitersystems kann sowohl die statische als auch die dynamische Induktion in den Schwachstromleitungen so weitgehend vermindert werden, dass eine Wegverlegung von Bahn-Schwachstromleitungen wegen Störungen induktiver Art unnötig wird. Eine praktisch genügend weitgehende Verminderung der statischen Induktion ist immer erreichbar, da auf dem grössten Teil einer Linie dem Uebertragungsleiter eine solche Lage gegeben werden kann, dass er die Einwirkung der Fahrleitungsspannung weitgehend kompensiert. Eine praktisch genügende Verminderung der dynamischen Induktion kann nur bei indirektem Anschluss des Dreileiters erzielt werden. Dabei sind für Verhältnisse, wie sie auf der Strecke Bern-Thun vorkommen, Abstände der Autotransformatoren bis 25 km zulässig. Die für die weitgehende Verminderung der dynamischen Induktion nötige, möglichst gleichmässige Verteilung des Gesamtstromes auf die beiden Aussenleiter ist vom Verhältnis der Querschnitte der beiden Aussenleiter nur sehr wenig abhängig, da die Impedanz der Aussenleiter immer klein ist gegen jene der Autotransformatoren. Eine genau gleichmässige Verteilung des Gesamtstromes auf die beiden Aussenleiter ist aber doch nicht unbedingt erforderlich, da die Wirkung der Fahrdrathströme und die Gegenwirkung der Uebertragungsleitungströme auch noch abhängig ist vom Abstand der betreffenden Leiter von den Schwachstromleitungen.

Die Verwendung des Dreileitersystems mit indirektem Anschluss kann nur dann in Betracht kommen, wenn die verhältnismässig grosse Impedanz des Systems nicht berücksichtigt zu werden braucht und wenn die Kosten der Dreileiter-Ausrüstung sich bedeutend niedriger stellen als die Kosten der Wegverlegung oder Kabelung der Schwachstromleitungen. Es darf auch nicht ausser Acht gelassen werden, dass das Dreileitersystem nur solange gut wirkt, als seine Symetrie nicht gestört ist. Sobald aus irgend einem Grunde der eine Aussenleiter abgeschaltet werden muss, bleibt nur noch ein Zweileitersystem, das instande ist, den Verkehr auf den Schwachstromleitungen in sehr empfindlicher Weise zu stören.

Die Versuche mit Saugtransformatoren.

Bei einzelnen dieser Versuche wurden die Uebertragungsleitungen als isolierte Erdleitungen benützt und mit den Saugtransformer-Sekundärwicklungen in Serie geschaltet. Dadurch konnte der Einfluss der Lage des isolierten Erdleiters zu den Schwachstromleitungen festgestellt werden. Versuche ohne Saugtransformatoren, aber mit eingeschalteter isolierter Erdleitung zeigen den Einfluss, den eine solche Leitung allein ausübt. Diese Versuche, bei denen nur ein Strom von 10 bis 30% des Fahrleitungstromes durch die isolierte Erdleitung fliesst, geben zusammen mit den Versuchen mit Saugtransformatoren Anhaltspunkte über die Grösse, die der in der isolierten Erdleitung fließende Strom haben müsste, damit möglichst vollständige Kompensierung der induktiven Wirkung des Fahrleitungstromes eintreten würde. Der Vergleich der einzelnen Versuche zeigt, dass dann, wenn in U_1 ein Strom gleich jenem in der Fahrleitung fliesst, Ueberkompensation vorhanden ist, während dann, wenn in U_2 ein dem Fahrleitungstrom gleichgrosser Strom fliesst, dieser Strom die Wirkung desjenigen in der Fahrleitung nicht zu kompensieren vermag. Es wurden daher auch Versuche angestellt, bei denen abwechselungsweise von Station zu Station U_1 bzw. U_2 als isolierte Erdleitung eingeschaltet waren und die den Zweck hatten, herauszufinden, ob nicht etwa durch die Summierung der nun vorhandenen stationsdistanzweisen Ueber- und Unterkompensierung eine vollständige Kompensierung sich ergebe.

Die hauptsächlichsten Ergebnisse sind in der Tabelle III zusammengestellt; die bezüglichen Schaltungen der Leitungen gehen aus der Abb. 13 (S. 192) hervor. Alle Versuche wurden nur mit dem Uebersetzungsverhältnis 1:0,948 durchgeführt, einmal wegen Mangel an Zeit, und dann auch weil die erhaltenen Ergebnisse allein schon guten und genügenden Aufschluss über die Wirkungsweise der Saugtransformatoren gaben.

Die in den Schienen fließenden Ströme sind nur bei wenigen Versuchen gemessen worden. Diese Messungen sind nicht einwandfrei, da die Schienen auf dem grössten Teil der Strecke auf Normal-Eisenschwellen, die Schienenstösse auf Doppelschwellen ruhen. Das Schotterbett bestand zur Zeit der Versuche nur auf einem kleinen Teil der Strecke aus neuem reinem Kies, auf dem grössten Teil war der Kies mit Sand und Humus durchsetzt und daher nur wenig gegen den gewachsenen Boden isolierend. Der hohe Grundwasserstand und die der Bahn benachbarte Aare begünstigen den Stromfluss durch die Erde.

Aus den Versuchen geht folgendes hervor:

Die in den Schwachstromleitungen ohne Einschaltung der Saugtransformatoren induzierte Spannung ist so gross, dass bei normalem Bahnbetrieb ein störungsfreier Telefon- und Telegraphenverkehr zwischen den einzelnen Stationen nicht möglich ist. Zu den Schienen parallel geschaltete, isolierte Rückleitungen haben nur einen geringen verbessernden Einfluss. Bei einem gesamten äquivalenten Kupferquerschnitt von 177 mm² der isolierten Erdleitung ($U_1 + U_2 + R$) fliesst in dieser Leitung nur ein Strom, der 32% des in der Fahrleitung fließenden Stromes beträgt. Auf jeden Fall steht die erreichbare Verminderung der induzierten Spannung in keinem Verhältnis zu dem aufgewandten Kupfer.

Bei allen Versuchen, bei denen nach Schema Abbildung 13 g parallel zur Primärwicklung der Saugtransformatoren ein Shunt verwendet wurde, betrug der Ohmsche Widerstand desselben 8,8 Ohm. Im Betriebe erwiesen sich diese Shunts als zu schwach bemessen; Kurzschlüsse an der Fahrleitung beanspruchten sie so stark, dass sie ausbrannten und ausser Betrieb gesetzt werden mussten. Daher ist der grösste Teil der Versuche nur mit Saugtransformatoren ohne Shunt durchgeführt worden. Bei allen Versuchen war der Mittelpunkt der Sekundärwicklung der Saugtransformatoren an die Schienen angeschlossen.

Die Versuche mit den Saugtransformatoren in Serie mit den Schienen, d. h. ohne isolierte Erdleitung, zeigen,

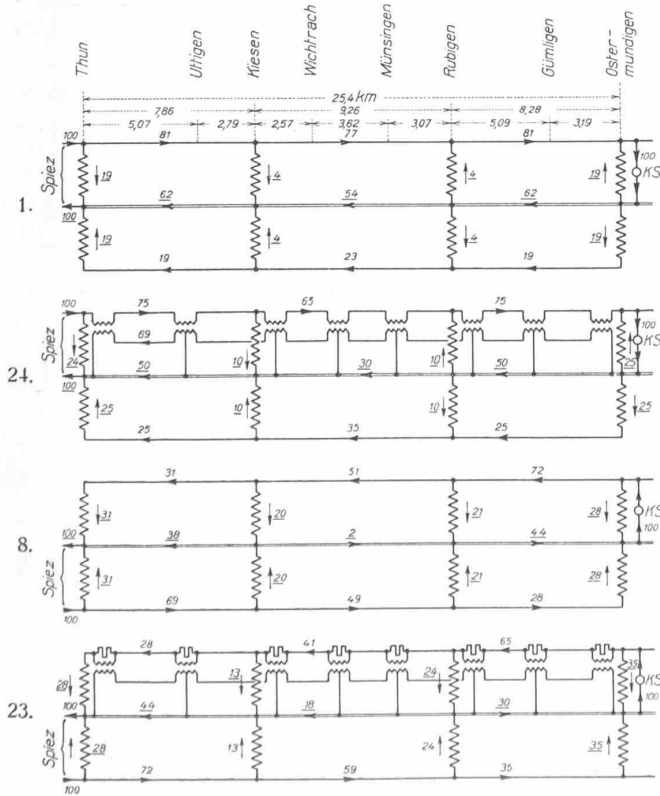


Abb. 12. Stromverteilung bei verschiedenen Schaltungen des Dreileitersystems. (Die unterstrichenen Werte sind berechnet, die nicht unterstrichenen gemessen.) Für die Bezeichnung der Versuche und die Impedanzwerte siehe Tabelle I.

Tabelle III. Versuche mit Saugtransformatoren
 V und V' = Induktionsspannungen, I = Strom in der isolierten Erdleitung,

Versuch	Fahrleitungen in Betrieb	Keine isolierte Erdleitung				Leitung R als isolierte Erdleitung				Leitung U ₁ als isolierte Erdleitung				Leitung U ₂ als isolierte Erdleitung			
		V	V'	I	Z	V	V'	I	Z	V	V'	I	Z	V	V'	I	Z
		100 Amp	100 A km	Amp	km	100 Amp	100 A km	Amp	km	100 Amp	100 A km	Amp	km	100 Amp	100 A km	Amp	km
Ohne Saugtransformer nach Schema Abb. 13 a (* nach Schema Abb. 13 b)	F ₁ u. F ₂	118	4,64	—	0,160	113	4,44	15	0,170	100	3,94	15	—	104	4,09	14	—
	F ₁	128	5,04	—	0,270	120	4,72	13	—	107	4,21	17	—	113	4,45	13	—
	F ₂	98	3,86	—	0,270	94	3,70	13	—	89	3,50	15	—	90	3,52	16	—
Mit 8 Saugtransformer in Serie ohne Shunt nach Schema Abb. 13 d (** nach Schema Abb. 13 c)	F ₁ u. F ₂	**	**	**	**	22	0,86	102	0,513	35	1,4	99	0,515	18,5	0,73	99	0,506
	F ₁	110,0	4,3	104	0,467	—	—	—	—	26	1,0	102	0,746	28	1,1	98	—
	F ₂	84	3,3	103	0,459	—	—	—	—	43	1,7	100	0,158	11,5	0,45	99	—
Mit 8 Saugtransformer in Serie mit Shunt nach Schema Abb. 13 d Shunt nach Abb. 13 g	F ₁ u. F ₂	—	—	—	—	34,5	1,35	91	0,487	—	—	—	—	—	—	—	—
	F ₁	—	—	—	—	47,0	1,85	89	0,605	—	—	—	—	—	—	—	—
	F ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mit 4 Saugtransformer nach Schema Abb. 13 e	F ₁ u. F ₂	—	—	—	—	—	—	100	0,428	62	2,4	95	0,289	81	3,2	94	0,296
Mit 4 Saugtransformer nach Schema Abb. 13 f	F ₁ u. F ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	54	2,1	84	0,358	61,5	2,4	83	0,392

dass ohne diese keine genügende Verminderung der induzierten Spannungen erreicht werden kann, auf jeden Fall dann nicht, wenn nur bei den Stationen, d. h. in Abständen von durchschnittlich 4 km, Saugtransformatoren aufgestellt werden. Sollen nur die Schienen in Verbindung mit Saugtransformatoren als Leitung benützt werden, so müssen die Abstände zwischen zwei Saugtransformatoren ganz bedeutend vermindert werden, da eine wesentliche Erhöhung des Schienenpotentials über dasjenige der umliegenden Erde, besonders bei der S. B. B.-Bauart des Oberbaues (eiserne Schwellen) nicht möglich ist.

Die Schwedischen Staatsbahnen fanden als zulässigen Abstand der Saugtransformatoren bei Benützung der Schienen als Leitung 1,35 km. Die in einer 16 m vom Fahrdrat entfernten Schwachstromleitung induzierte Spannung betrug etwa 0,5 V/100 Amp u. km. Am New-Canaan Branch der New-York, New-Haven und Hartford-Bahn wurde bei Benützung der Schienen allein und einem Abstand der Saugtransformatoren von 1,60 km in einer 3 bis 4 m vom Fahrdrat entfernten Schwachstromleitung eine induzierte Spannung von etwa 1,0 V/100 Amp u. km gemessen.

Aus den Versuchen mit acht Saugtransformatoren in Serie mit einer isolierten Erdleitung geht hervor, dass die induzierte Spannung dann den kleinsten Wert erreicht, wenn in U₁ ein Strom von ungefähr 35%, in U₂ und R zusammen ein solcher von 65% des Fahrleitungstromes fliesst. Der Einfluss dieser 65% ist bedeutend geringer als derjenige der 35% in U₁. Wie stark sich die induzierte Spannung ändert, wenn die in U₂ und R zusammen fließenden 65% ganz oder teilweise durch Schiene und Erde gehen, liess sich durch Versuche nicht ermitteln, da unter Verwendung von U₁ allein als isolierter Erdleiter die Sekundärstromstärke der Saugtransformatoren mit den vorhandenen Einrichtungen nicht genügend weitgehend verändert werden konnte.

Werden nur vier Sauger der ganzen Strecke in möglichst gleichmässigen Abständen eingeschaltet, so steigt die induzierte Spannung sehr stark, und zwar auch dann, wenn die isolierte Erdleitung auf ihrer ganzen Länge zwischen zwei Saugtransformatoren nicht geerdet ist.

Die Werte, die für die Impedanz der eingeleisigen und der zweigeleisigen Strecke mit Fahrleitung ohne isolierte Erdleitung und Saugtransformatoren gefunden wurden,

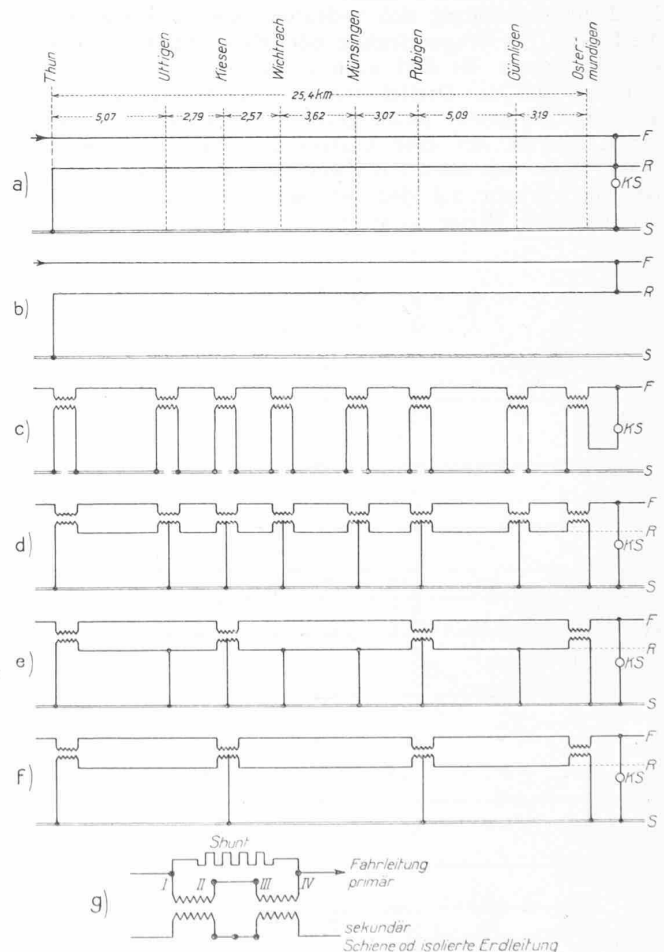


Abb. 13. Schaltung der Saugtransformatoren bei den verschiedenen Versuchen.
 a) Fahrleitung geerdet; isolierte Erdleitung parallel zu den Schienen.
 b) Fahrleitung und isolierte Rückleitung in Serie.
 c) Acht Sauger in Serie, Schienen als Saugleitung.
 d) Acht Sauger in Serie, isolierte Erdleitung.
 e) Vier Sauger in Serie, isolierte Erdleitung geerdet in U, W, M und G.
 f) Vier Sauger in Serie, aber isolierte Erdleitung nicht geerdet.
 g) Schaltung des Saugtransformators mit Shunt (Widerstand 8,8 Ohm).

auf der Strecke Bern-Thun der S. B. B.

Z = Impedanz des Systems, je bei 100 Amp. Strom in der Fahrleitung.

Leitungen U ₁ und U ₂ als isolierte Erdleitung				Leitungen U ₁ , U ₂ und R als isolierte Erdleitung				Leitungen U ₁ und R als isolierte Erdleitung				Leitungen U ₂ und R als isolierte Erdleitung				U ₁ mit U ₂ abwechselnd von Station zu Station			
V Volt	V' Volt	I Amp	Z Ohm	V Volt	V' Volt	I Amp	Z Ohm	V Volt	V' Volt	I Amp	Z Ohm	V Volt	V' Volt	I Amp	Z Ohm	V Volt	V' Volt	I Amp	Z Ohm
100 Amp	100 A km		km	100 Amp	100 A km		km	100 Amp	100 A km		km	100 Amp	100 A km		km	100 Amp	100 A km		km
92	3,62	27	—	85	3,35	32	—	93	3,66	23	—	95	3,74	22	—	14,2	0,56	100	0,464
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13,8	0,54	103	0,328	7,6	0,30	105	0,273	—	—	—	—	16,2	0,63	102	0,366	17,3	0,68	98	0,533
9,0	0,35	103	0,462	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,3	0,80	98	0,650
24	0,95	103	0,464	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,4	1,00	98	0,657
7,7	0,30	95	0,304	7,8	0,31	100	0,251	—	—	—	—	25	0,98	94	0,361	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62,5	3,5	100	0,241	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33,3	1,3	95	0,282	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

stimmen ziemlich gut überein mit der früher schon am Lötschberg gefundenen. Die Einschaltung der acht Saugtransformatoren längs der ganzen Strecke erhöht die Impedanz ganz gewaltig. Die Erhöhung hängt ab von der Impedanz der isolierten Erdleitung. Um nicht über den Wert der normalen, zweigeleisigen Zweileiterstrecke (0,160 Ohm/km) hinaus zu kommen, müsste die isolierte Erdleitung einen Kupferquerschnitt von über 400 mm² haben.

Folgerungen. Saugtransformatoren in Verbindung mit einer isolierten Erdleitung sind im Stande, die durch den Bahnstrom in den Schwachstromleitungen induzierten Spannungen so weitgehend zu vermindern, dass diese nicht mehr betriebstötend wirken. Die Grösse der Verminderung hängt ab von der gegenseitigen Lage von Fahrleitung, isolierter Erdleitung und Schwachstromleitung und von der Stromstärke im isolierten Erdleiter. Da der Ort der Fahrleitung und derjenige der Schwachstromleitungen für eine bestimmte Strecke festliegen, der Ort der isolierten Erdleitung nur beschränkt frei gewählt werden kann, hängt das erreichbare Minimum der induzierten Spannung hauptsächlich von der Stromstärke im isolierten Erdleiter ab.

Um die statisch induzierten Spannungen auszugleichen, muss, wenn die Schwachstromleitungen nicht mehr als 40 m von der Bahn wegliegen, ein Gegenspannungsdraht den Fahrleitungs-Tragwerken entlang geführt werden.

Die Verwendung von Saugtransformatoren in Verbindung mit einer isolierten Erdleitung hat, ebenso wie das Dreileitersystem, den grossen Nachteil, dass ihre Wirkung bei Störungen an den Fahrleitungsanlagen, die das Ausserbetriebsetzen der Saugtransformer und der isolierten Erdleitung zur Folge haben, dahin fällt, und dass infolgedessen, wenn der Betrieb auf der Strecke aufrecht erhalten wird, in den Schwachstromleitungen sehr hohe Spannungen induziert werden können.

Schlussbemerkungen.

Trotz der günstigen Ergebnisse der auf der Strecke Thun-Ostermündigen durchgeführten Versuche wurde davon abgesehen, auf der Strecke Erstfeld-Bellinzona das Dreileitersystem oder Saugtransformatoren anzuwenden. Verschiedene Gründe und Erwägungen waren hierbei massgebend. So war schon von Anfang an vorgesehen gewesen, die Streckenabschnitte zwischen den Speisepunkten von beiden Enden aus zu speisen. Diese Anordnung allein bewirkt, genau parallelen Verlauf der Schwachstromleitung

vorausgesetzt und den Spannungsabfall in der Uebertragungsleitung nicht berücksichtigt, dass in diesen Schwachstromleitungen keine störenden Spannungen induziert werden, wenn der Parallelverlauf sich über die ganze Länge des Speiseabschnittes erstreckt. Da das Gestänge der Bahn-Schwachstromleitungen vielfach das Aufstellen der Fahrleitungsdrähte gehindert hätte, und da es ausserdem zu schwach gewesen wäre um alle infolge der Elektrifikation zu erstellenden Doppelleitungen aufzunehmen, wurden alle Bahn-Schwachstromleitungen als Kabel längs der Bahn verlegt. Die Schwachstromleitungen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, mussten, weil auch sie den Fahrleitungs-Tragwerken im Wege standen, ebenfalls weg verlegt werden. Sie wurden überall soweit abseits der Bahn neu gebaut, als es die Beschaffenheit des Reusstales und der Leventina zuliesse.

Die Erfahrungen, die bis jetzt mit dieser Lösung des Problems der Störungsbeseitigung in Schwachstromleitungen gemacht worden sind, bestätigen die Zweckmässigkeit derselben. Was insbesondere den Verkehr auf den Bahnschwachstromleitungen anbetrifft, so wickelt sich derselbe auch bei grösster Belastung der Strecke mit elektrisch geführten Zügen anstandslos und störungsfrei ab.

Diplom-Arbeiten an der Architektenschule der E. T. H.

Im Gegensatz zur letztjährigen Idealaufgabe-Stellung für die Diplomarbeiten an unserer Bauschule¹⁾ war die diesjährige, weil aus der Praxis gewählt, eine mehr reale. Damit werden unsere zukünftigen Architekten, um es gleich im voraus zu vermerken, mit den Schwierigkeiten der im täglichen Berufsleben weit überwiegenden baulich-wirtschaftlichen Problemen in Kontakt gebracht, ein Vorgehen, das wir, als im Interesse der Schüler wie der Schule selbst liegend, mit Freuden begrüssen. Wir leben in einer Zeit der Not; überall, besonders im öffentlichen Bauwesen, wird mit der Durchführung von Bauaufgaben, der immer mehr auftretenden Geldknappheit wegen, zurückgehalten, oder diese überhaupt aufgegeben. Diese Zurückhaltung erstreckt sich, abgesehen von Bau von Wohnungen, grössten Teils durch

¹⁾ «Kasino im Stadtpark», dargestellt in Band LXXVI, Seite 95 (28. August 1920).