Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 73/74 (1919)
Heft: 15

Artikel: Ueber Rutschungsgefahr bei Strassen
Autor: Lüscher, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-35698

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

INHALT: Ueber Rutschungs-Erscheinungen an Stauseen. — Elektrische Lokomotiven für die Gotthardlinie. — Zum Obmannamt-Wettbewerb. — Zur Frage der Vereinheitlichung der Betrieb-Spannungen der schweizerischen Elektrizitätswerke. — Eidgenössische Technische Hochschule. — Miscellanea: Unverwesbarkeit von vulkanisiertem Kautschuk. Amerikanische Stahlgusschiffe. Die Quecksilbergewinnung in Europa. Stadtbaumeister von Zürich. Elektrizitätsversorgung der Stadt Wien. Röthibrücke Solothurn. — Nekrologie: R. Pintsch. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Tafel 15: Wechselstrom-Schnellzuglokomotive.

Band 74. **Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.** **Nr. 15.**

Ueber Rutschungs-Erscheinungen bei Stauseen.

Von Dr. phil. *G. Lüscher*, Ingenieur, Aarau.

Unter der Ueberschrift „Rutschungs-Erscheinungen beim Absenken des Ritomsees" beschreibt Ingenieur *Hans Roth* (Zürich) auf den Seiten 51 bis 54 dieses Bandes (vom 2. August 1919) an Hand der Mitteilungen der Abteilung für Wasserwirtschaft in Bern, betitelt: „Il Lago Ritom", einige Ufereinsenkungen, die sich als Folge der Spiegelsenkung dieses Kraftwerk-Speichersees eingestellt haben und noch weiter einstellen werden. Aus der Darstellung der „eigenartigen Verwüstungen" und Konstatierung von gewissen Gesetzmässigkeiten derselben, die gestatten, die Wirkung bei andern Seen zum voraus abzuschätzen, kommt Ing. Roth zu der folgenden Erklärung dieser dem Wasserbauer bekannten Erscheinungen:

„Diese Wirkung zeigt sich in Uferbewegungen, als deren direkte oder indirekte Ursache die Verminderung des Wasserdruckes auf die Ufer angesehen werden muss."

Wenn ich nun mit Roth darin einig gehe, dass diesen Zerstörungserscheinungen vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, indem mit der Beseitigung derselben mancher Widerstand gegen die Benützung künstlicher Staubecken oder natürlicher Seen gehoben werden kann, der sich umso mehr einstellt, je näher diese Staubecken den Besiedelungen liegen und je mehr der umliegende Boden der Kultur erschlossen ist, so kann anderseits der *Erklärung* der Erscheinung nicht beigepflichtet werden, wie solche in obigem Satze gegeben wurde.

Die Tatsache, dass beim Aufsuchen grosser Wasser-Gefälle die bisher der Kraftnutzung dienstbar gemachten Stauseen in wenig besuchten höhern Gebirgsregionen in Frage kommen, mag mit Grund dafür sein, dass man sich mit den Rutschungs-Erscheinungen in der Oeffentlichkeit bisher verhältnismässig wenig beschäftigte. Zwingt nun aber der Ersatz der schwarzen Kohle durch die weisse mehr und mehr dazu, auch die Staugelegenheiten in dem gut kultivierten Gelände zu Nutzen zu ziehen, so hat der Naturfreund ein Recht auf den weitestgehenden Schutz der Naturschönheiten unserer Seen. Diese neue sich einstellende Aufgabe veranlasst mich daher, die nachfolgende Untersuchung des einschlägigen Problems nicht auf den Ritomsee zu beschränken, sondern allgemein zu fassen. In wenig besuchter Hochgebirgsgegend hatte man zudem bisher umso weniger Anlass, den Ufereinsenkungen an den Stauseen eine grosse Bedeutung beizumessen, als es für die Benützbarkeit des Speicherraumes eher nützlich ist, wenn der Raum innerhalb der Nutzungshöhe durch Abrutschungen vergrössert, dafür jener der toten Wasser in der Tiefe, unterhalb der Kote der Wasserfassungsorgane, aber verringert wurde. Mit dem nun aber platzgreifenden Bedürfnis der Ausregulierung auch tiefliegender Seebecken der Niederungen ändert sich diese Sachlage, indem die Bewilligung zu deren Benützung zum Wasserausgleich vielfach vom Beweise der Unschädlichkeit für die Ufer-Gestaltung und den Naturschutz abhängig gemacht wird. Mit andern Worten: Die rein privatrechtliche Frage der Entschädigungen für Schäden dieser Abrutschungen wird zu einer öffentlichen, zu einer entscheidenden. Wenn auch das Bedürfnis der Wasseraufspeicherung während des Sommers zur Deckung der Winterspitzenkraft allgemeine Anerkennung findet, so will doch damit nicht ohne weiteres eine Schädigung der Naturschönheiten mit in Kauf genommen werden durch Begleiterscheinungen, wie solche bisher zutage traten.

Ueberblicken wir die bei den Seeabsenkungen gemachten Erfahrungen, so stehen diese mit der Annahme in direktem Widerspruch, dass die Verminderung des Wasserdruckes gegen die Ufer die Ursache zu den Gleichgewichtstörungen sei. Dies wird durch die Ueberlegung klar, dass auch der Uferboden durchlässig ist, die gewöhnlich nicht abrutschenden Felsschichten ausgenommen. Auch im Ufergelände sinkt und steigt der Wasserspiegel mit, sodass von einer Verringerung oder Beseitigung des Wasserdruckes auf die Ufer als Rutschungs-Ursache nicht gesprochen werden kann. Einen einfachen Beweis für diese Tatsache bildet die vor nahezu hundert Jahren erfolgte Absenkung des Lungernsees, die die Seeoberfläche um die Hälfte verringerte. Obschon bei dieser Absenkung um etwa 40 *m* der Wasserdruck auf die Ufer dauernd beseitigt wurde, stehen noch heute die alten, trockengelegten Seeufer mit ihren Steilböschungen unbeschädigt da, sodass an den Uferkanten noch heute der alte Seeumriss dem blossen Auge deutlich erkennbar ist. Würde die Aufhebung des Gegendruckes auf die Ufer Ursache zu den Geländerutschungen sein, so wäre dies nicht der Fall, sondern es wären die steilen Moränenböschungen dort längst abgestürzt. Vor den abspülenden Einwirkungen der Tagwässer sodann sind sie durch eine nach der Absenkung entstandene kräftige Grasnarbe geschützt. Das Gegenteil ist also der Fall: der unter Wasser geringere natürliche Böschungswinkel des Ufergeländes ist durch das Austreten des Wassers infolge Austrocknung des Bodens grösser geworden, sodass sich der Boden steiler als früher zu halten vermag; die *innere Reibung* des nassen Bodens der Ufer ist durch den Austritt des Wassers vergrössert worden.

Die wahre Ursache der besprochenen Erscheinung der Ufereinbrüche liegt in der *Aufhebung des Auftriebes* durch die Absenkung und den *mehrfachen Wechsel der Wasserspiegelhöhe*. Das unter Wasser dem Auftrieb unterworfene Erdreich nimmt bei der Spiegelsenkung um 1 *t* auf den m^3 Wasserverdrängung an Gewicht zu; der unter Wasser noch weiche Boden vermag diesem vergrösserten Drucke nicht zu widerstehen und sinkt ein, in vermehrtem Masse, wenn sich infolge geringerer Durchlässigkeit des Bodens in dem Nachsinken des Grundwasserspiegels eine Verzögerung einstellt, die am so geneigten Grundwasser-Spiegel eine gut geschmierte Gleitfläche unterhält. Diese Erscheinungen rufen auch in Hintergelände eintretende Quellwasser oder Bäche hervor.

Je durchlässiger der Uferboden (Gerölle, Blöcke), umso gleichmässiger vermag der Grundwasserspiegel dem sinkenden Seespiegel nachzusinken, umso weniger können Rutschungen eintreten, es sei denn, dass deren Schichten auf weicheren aufruhen, die die Gewichtvermehrung infolge wegfallenden Auftriebes nicht zu tragen vermögen. (Diese Erscheinungen verzeichnet Roth auf Seite 53 unten und 54 oben.)

Zum Beweise des hier Gesagten sei der Absenkungs-Vorgang des näheren verfolgt: Der Stausee sei gefüllt (Herbst). Der Uferboden bestehe aus:

1. Dammerde, 2. Lehm, 3. Sand, 4. Kies, 5. Geröll.

Diese Erdarten weisen über Wasser folgende natürliche Böschungswinkel auf:

1. 40°, 2. 40°, 3. 35°, 4. 35°, 5. 40°.

Im nassen Zustande, bezw. feucht und unter Wasser dagegen:

1.* 30°, 2.* 20°, 3.* 25°, 4.* 25°, 5.* 40°.

Nun beginnt die Absenkung des Seespiegels. Der Grundwasserspiegel im Uferboden sinkt je nach der Bodenart bei 1. stark verzögert, bei 2. desgleichen, bei 3. schwach

verzögert, bei 4. ziemlich Schritt haltend, bei 5. gleichzeitig mit dem Seespiegel. Das nach und nach über dem sinkenden Wasserspiegel auftauchende Erdreich mit m^3-Gewichten unter Wasser von *kg*:

1. 800, 2. 900, 3. 1000, 4. 800, 5. 700

nimmt mit der Auftauchung an die Luft die Gewichte an von *kg*:

1.* 1800, 2.* 1900, 3.* 2000, 4.* 1800, 5.* 1700

Angesichts der oben angeführten mit * bezeichneten kleinen Böschungswinkel und der unten ebenfalls mit * bezeichneten starken Gewichtzunahme des noch feuchten, aber dem Auftrieb entzogenen Erdreichs *müssen* Gleichgewicht-Störungen auftreten, verbunden mit Einstürzen.

Das stehenbleibende Ufermaterial trocknet nun nach und nach aus und nimmt folgende Gewichte für den Raummeter an in *kg*:

1. 1400 2. 1500, 3. 1650, 4. 1600, 5. 1700.

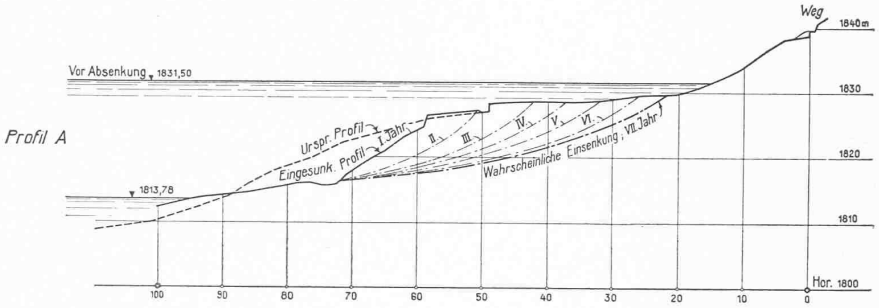
Das heisst: Stehenbleibende Erdmassen vermindern beim Austrocknen nicht nur ihr spezifisches Gewicht, sondern infolge Zunahme der innern Reibung des trocknenden Materials wird der natürliche Böschungswinkel steiler, die Gleitflächen erheben sich, die Rutschungen werden unterbrochen, bis im nächsten Jahre nach erfolgter Seefüllung das Absenkungsspiel von neuem einsetzt und den beschriebenen Vorgang wiederholt. Würde bei den periodischen Spiegel-Absenkungen der Uferboden infolge hinreichender Durchlässigkeit sein Wasser hinreichend rasch abgeben, sodass der Spiegel innen und aussen gleichzeitig absinkt, wie z. B. bei Geröllen und Blöcken, so würde die Erhöhung des Reibungswinkels von nass zu trocken der Gewichtvermehrung infolge Abnahme des Auftriebes mehr oder weniger das Gleichgewicht halten, oder wenn dies wenigstens in einer ziemlich dicken Oberflächen-Erdschicht der Fall wäre, würde durch deren Belastung die Gleichgewich-Störung in den tieferliegenden Erdschichten ausgeglichen. Diesen Zustand können wir künstlich durch Einlegen von Entwässerungen in den Oberflächenschichten herstellen und haben damit ein Mittel in der Hand, den Gleichgewicht-Störungen zu begegnen. Wir kommen darauf später noch zu sprechen.

Dies vorweggenommen müssen wir noch einige Neben-Erscheinungen erklären, deren Ing. Roth (Seite 54 Mitte) ebenfalls Erwähnung tut, besonders eigenartige Verwüstungen erwähnend, wo Bäche, Quellbäche oder Quellen im Uferboden auftreten. Diese gestalten die oben beschriebenen Verhältnisse schwieriger und verwickelter. Wo rückliegende Bäche im Uferboden versickern, Quellzuflüsse oder Grundwasserströme von der Lehne herunter den Uferboden nicht nur allein stetsfort befeuchten, also das Steigen des Böschungswinkels von nass zu trocken verzögern oder ganz verhindern, sondern sogar das Abfallen des Grundwasserspiegels stark hintanhalten, da stellen sich die auf Gleichgewicht-Störung arbeitenden Kräfte in potenzierter Form ein. Es kann der Grenzfall eintreten, wenn durch solche Zufälligkeiten der Grundwasserspiegel mit erheblichem Gefälle gegen den Seespiegel zu sinkt, dass dieser Grundwasser-Spiegel mit der Gleitfläche des nassbleibenden Ufer-Erdreichs zusammenfällt, also die Gleitfläche fortgesetzt schmiert. Dann ist mit Sicherheit der Einsturz des darüberliegenden Bodens mit seiner um den Auftrieb vermehrten Belastung zu erwarten, und zwar auf der flachen Gleitfläche, mit folgendem zu errechnenden Reibungswinkeln:

1. 15°, 2. 5 bis 6°, 3. 7°, 4. 8,5°, 5. —.

Es kann auch der derart verzögerte Grundwassernachfluss sich durch einzelne Poren in Quellenform Austritt nach dem gesenkten Seespiegel verschaffen; dann tritt noch die oberflächliche Spülwirkung zu der Gleichgewicht-Störung hinzu. An solchen Stellen treten sogar muldenförmige Aushöhlungen des Uferbodens auf, mit Aufwerfen des weichen Erdreichs sogar an höher gelegene flache Haufen. In den von Ing. Roth produzierten zwei Querprofilen des Ritomsees A und B sind solche Grundwasseraustritte in Quellenform zu erkennen, die sich mit fortschreitender Seespiegelabsenkung schrittweise abwärts verlegten. Aehnliche Beobachtungen zeigen sich auch anderwärts, so z. B. rutschte der Damm des Calaveras-Stauweihers in Kalifornien[1]) auf einer feuchten Lehmschicht über einer Gleitfläche von etwa 6° Neigung aus, u. a. m.

Die beschriebenen Böschungswinkel-Verhältnisse „nass zu trocken" heben sich in der Natur klar und deutlich ab. Im Momente des Absturzes entsteht über Wasser auf der bereits ausgetrockneten Bodenschicht ein Steilabsturz, der sich gegen den Seespiegel hin mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit parabelförmig ausflacht. Bei der nächsten Absenkungsperiode des folgenden Jahres wird der Steil-Absturz mit nunmehr wieder flachem Böschungswinkel



Ufer-Abrutschung am Ritomsee (ergänzte Abb. 3 von Seite 52). — Masstab 1 : 1000.

(∢ „nass") neuerdings nachstürzen, bis eine den neuen Verhältnissen angepasste Uferböschung sich gebildet hat, sich also wieder Gleichgewicht einstellt (vergl. das hier beigegebene ergänzte Profil A). Aus dieser Darstellung dürfte klar geworden sein, dass die Ursache zu den Gleichgewicht-Störungen keineswegs in der Druckabnahme auf die Ufer des sinkenden Stauseespiegels zu suchen ist.

Dies vorausgeschickt komme ich noch zu sprechen auf die *Mittel zur Abhilfe bei Seerutschungen und Ufer-Verwüstung bei Stauseen.*

Wir hatten bereits Gelegenheit, darauf hinzuweisen, welche Mittel zur Verfügung stehen, um Abrutschungen der Ufer bei wechselndem Spiegel zu verhüten. Sorgt man dafür, dass die Bodenaustrocknung nach dem Sinken des Seespiegels rasch einsetzt, so können Gleichgewicht-Störungen bei nicht besonders ungünstigem Steilgelände vermieden werden. Dies müsste durch eine Entwässerung mit Drainage der oberen Schichten des Uferbodens bewirkt werden. Das Grundwasser tritt durch die Entwässerungsröhren mit sinkendem Spiegel alsbald aus, der Boden wird durchlüftet und getrocknet. Die dadurch steigende innere Reibung des Uferbodens hält der Gewichtzunahme infolge Wegfallens des Auftriebes Gleichgewicht und die Last dieser überliegenden Schicht verhindert das Unterliegende an der Bewegung. Es kann sich hierbei nur um die flacher verlaufenden Uferbänder handeln, deren breiter Schlammstreifen nach abgesenktem Spiegel besonders auffallen müsste. Mancherorts wird der projektierende Ingenieur im Falle sein, die speichernde Wasserschicht in diejenige Höhenlage dauernd zu verlegen, wo die Ufer steil sind und damit der wüste Streifen schmal wird.

An Orten, wo dies nicht tunlich ist, wird man ausser der Einlage beschriebener Entwässerungs-Drainagearbeiten auch zur alljährlichen Bepflanzung der vom Wasser blossgelegten Uferbänder übergehen können, was hauptsächlich bei Stauseen in der Nähe der Besiedelungen und im kultivierten Gelände wird ins Auge gefasst werden müssen. An solchen Seen, wo die Schneeschmelze frühzeitig die kahlen Uferstreifen blosslegt, während die Vollfüllung auf den Herbst verschoben bleibt, und wo man an Uferpflaste-

[1]) Vergl. Profil in Bd. LXXIV Nr. 8, S. 100 (23. Aug. 1919).

rungen der grossen Kosten, aber auch der Naturschönheit wegen nicht wird denken können, lassen sich die Uferstreifen alljährlich ohne zu grossen Aufwand begrünen. Voraussetzung hierfür ist, dass der Uferboden auf natürlichem Wege (Kies unter Humus) rasch sein aufgenommenes Wasser bei sinkendem Spiegel abgebe oder aber ihm dieses durch beschriebene Entwässerung entzogen und damit der Boden durchlüftet werde, um aus ihm die Giftstoffe zu entfernen. Dann kann der Boden hinter dem sinkenden Spiegel nach mit tiefgehender Egge oder oberflächlich arbeitendem Pflug aufgerissen werden, und es können unter Hinzufügung unschädlicher Düngmittel rasch grünende Bepflanzungen gesäet werden. Die Wahl der Pflanzen-Arten richten sich nach der Zeit, die ihnen bis zum Wiederansteigen des Wassers gelassen werden kann. Im allgemeinen wird man annehmen können, dass der See Ende März den tiefsten Stand erreicht hat, wo die Niederdruckwerke zufolge eintretender Schneeschmelze allein auszukommen vermögen. Bis Ende September muss er den höchsten Stand erreicht haben, weil schon im Oktober oder November die Spitzendeckung wieder einsetzen muss. In den meisten Fällen wird man also mit einer Wachstum-Dauer von drei bis fünf Monaten rechnen können. Diese Pflanzung muss alljährlich neu durchgeführt werden, denn nur wenige Pflanzen können die Unterwassersetzung während einigen Monaten ertragen und auch dann nur unter geringer Wassertiefe, weil sie ohne Luft und Licht nicht auszukommen vermögen und auch einen grössern Wasserdruck als 3 bis 4 *m* überhaupt nicht ertragen. Als solche Pflanzen, die eine vorübergehende Unterwassersetzung ertragen, kommen Schwarzerlenstauden und verschiedene Weidenarten in Betracht. Im übrigen wird der rasch entwässerte und durchlüftete Boden nach dem Eggen unter Beifügung der erforderlichen Düngung alljährlich mit Sommerroggen oder Hafer bepflanzt, die schon vier Wochen nach der Aussat einen grünen Schimmer auf den weisslichen Uferstreifen und nach sechs Wochen eine grüne Decke bilden. Auf eine Rendite dieser periodischen Bepflanzungen wird man allerdings nicht rechnen können. Sie werden eben einigen Aufwand erfordern, der auf das Konto des öffentlichen Naturschutzes gebucht werden muss.

Inbezug auf die zu wählende Düngung ist in Betracht zu ziehen, dass die Pflanzennährstoffe durch die alljährliche Unterwassersetzung ausgewaschen und ausgelaugt werden, also wieder ersetzt werden müssen. Es ist daher neben Jauche etwas schwefelsaures Ammoniak und konzentriertes Kalisalz als Kunstdünger zu verwenden, um die beschriebenen landwirtschaftlichen Zwischenkulturen, als welche auch Raygras in Betracht fällt, zu fördern. Auf diese Weise wird es ohne allzu grosse Kosten möglich sein, Schädigungen der Naturschönheiten an vielen Orten zu vermeiden. Im Hochgebirge wird dies weniger in Betracht zu fallen haben als in dem Hügelgelände der Hochebene oder in Kurlandschaften wie Engadin und Davos.

Erwiderung.

Eine *präzise*, auf alle Fälle zutreffende Definition der *Ursache für Ufereinbrüche infolge Seesenkungen* zu geben, wird, da in Wirklichkeit sehr verschiedenartige Faktoren mitwirken können, kaum möglich sein. Jeder Einzelfall erfordert für sich besondere Studien und unter Umständen während längerer Zeit genau durchgeführte Messungen. Es wird auch dann nur unter gewissen Voraussetzungen möglich sein, den Vorgang für die Einzelerscheinung kurz in Worte zu fassen. Nur wenn bestimmte von den tatsächlichen Verhältnissen abweichende Annahmen gemacht werden, lässt sich das Problem in eine präzise Formel kleiden.

Ing. Lüscher stellt den Satz auf: „Die *wahre Ursache der Ufereinbrüche* liegt in der *Aufhebung des Auftriebes* und in dem mehrfachen Wechsel der Wasserspiegelhöhe.“ — Unter dem Nachsatz ist meines Erachtens die Wirkung des Wellenschlages im Sommer bei steigendem Wasser und der sperrenden Eisdecke im Winter bei fallendem Wasser zu verstehen. Die Hauptursache liegt nach Lüscher in der Aufhebung des Auftriebes, die sich im Laufe der Jahre wiederholen und den erstmaligen Einbruch ausweiten wird.

Da im allgemeinen bei Seesenkungen die Delta am meisten dem Nachrutschen ausgesetzt sind, wollen wir der Reihe nach ihr Verhalten untersuchen, wobei betreffend des Materials der Delta und des Seeuntergrundes zunächst *Annahmen gemacht werden sollen*. Für alle zu untersuchenden Fälle wird angenommen, dass sich das Delta weit über den flachen Seeboden des ehemaligen Seeraumes ausdehne und dass seine Oberfläche annähernd horizontal sei; ferner solle das Grundwasser im Delta keine Zuflüsse aus dem Hinterland erhalten.

I. a) Das Material sei *gleichartig* und bestehe aus *reinem Kies*; dann stellt sich der Wasserstand im See und der des Grundwasssers im Kies gleich hoch ein. Jede Schwankung des Seestandes macht der Grundwasserspiegel mit (wobei das in dem Hohlvolumen des Delta aufgespeicherte Wasser für die Energie-Gewinnung mitgenutzt wird). Was die tiefliegenden Kiesschichten direkt über dem ehemaligen Seegrund anbetrifft, so werden diese durch das Aus- und Einschalten des Auftriebes bei sinkendem Seestand *gleichmässig* belastet, bei steigendem Wasserstand gleichmässig entlastet. (Dies trifft nur für jene Uferpartien nicht zu, wo infolge der Uferböschung die Ueberlagerung ungleich ist.) Mit dem Wechsel der Wasserstände erleidet die oben erwähnte Schicht einen Wechsel in der Belastung. Da die Belastung aber *gleichmässig verteilt* ist, findet, flache Uferböschungen vorausgesetzt, kein Einbruch statt.

b) Das Material bestehe aus *Kies und reinem Sand*, und es sei das Mischungsverhältnis für das gesamte Delta-Gebiet das gleiche, sodass die Zwischenräume der Kiesel mit Sand ausgefüllt sind. Unter dieser Voraussetzung kann bei sinkendem Seestand der Grundwasserspiegel im Delta nicht rasch genug folgen und wir stellen eine gegen den See zu relativ rasch abfallende Senkungskurve seines Spiegels fest. Wird weiter, was in Wirklichkeit nicht vorkommen kann, der Uferabbruch vertikal angenommen, dann zeigt sich, weil infolge der Senkungskurve gegen das Ufer zu am meisten Material dem Auftrieb entzogen ist, eine *zunehmende Belastung* gegen den Uferrand hin, die dort zu einer *Ueberlastung* der untersten Deltaschichten und somit zu einer Senkung der Deltakante führen muss. An der Delta-Oberfläche entstehen dadurch Zugrisse und es bricht die äusserste Uferpartie seewärts ab. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder neuen Seesenkung, er kann natürlich auch dann eintreten, wenn die Ufer nicht senkrecht, sondern steil abgeböscht sind. Für den Zeitpunkt des Ufer-Abbruches fällt der Grad der Wasserdurchlässigkeit des Materials wie die Geschwindigkeit der Absenkung in Betracht.

c) Das Material nach b) sei als *gleichmässig mit Lehm durchsetzt* und als *absolut dicht* vorausgesetzt. In diesem Falle verursacht die Seesenkung, da im Delta kein Grundwasser und also auch kein Auftrieb vorhanden ist, *keine Gewichtsänderung* der Uferpartien und aus diesem Grunde auch keine Druckänderung in den Schichten über dem ehemaligen Seegrund. Dagegen wird der *Wasserdruck* auf das dichte Delta-Ufer mit zunehmender Absenkung *geringer* und es kann, wenn der lehmige Seegrund unter dem Delta nicht horizontal ist, infolge der *Verminderung dieses Druckes* von der Seeseite her das ganze Delta oder einzelne Teile desselben gegen den See zu in Bewegung kommen (vergl. die 70 bis 100 *m* weit vom See abliegenden Rissflächen quer durch das Delta am Ritomsee).

Je nach den getroffenen Voraussetzungen, also je nachdem der Uferrand *durchlässig oder undurchlässig* ist, wird man bald der von Ing. Lüscher, bald der von mir abgegebenen Erklärung, dass die direkte oder indirekte Ursache des Ufereinbruches in der Verminderung des Wasserdrucks auf die Ufer liege, beipflichten können.

II. *Sehen wir von willkürlichen Annahmen ab* und betrachten wir die Verhältnisse, wie sie sich bei Delta-Bildungen und bei der erstmaligen Absenkung tatsächlich einstellen, dann wird man zugeben, dass das Ufermaterial in der Regel nichts weniger als gleichmässig ist. Wir finden

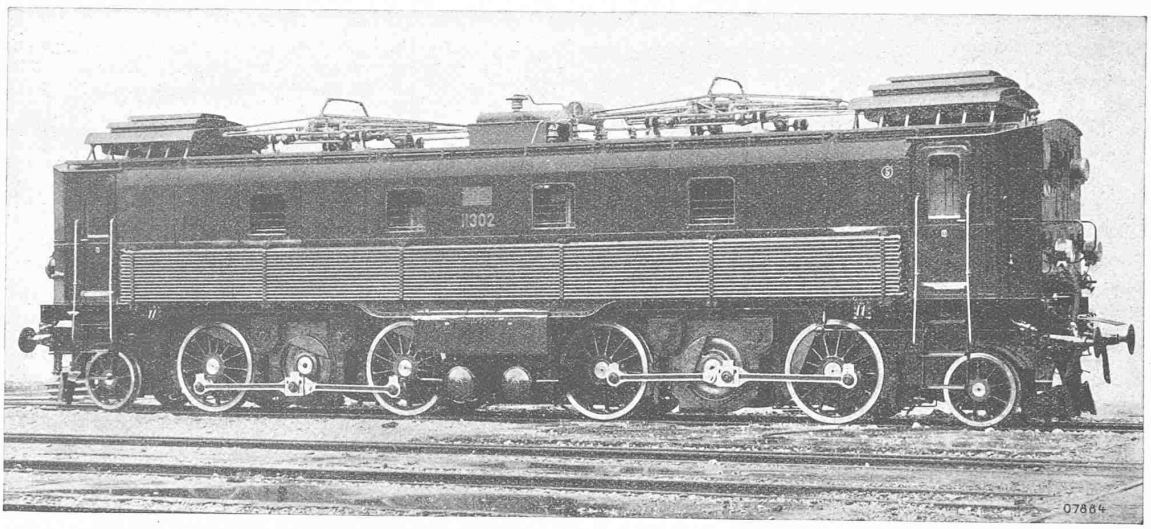


Abb. 1. Elektrische Probe-Schnellzuglokomotive 1 B + B 1 von 1720 *PS* Dauerleistung für die Gotthardlinie der S. B. B.

dagegen am Grund der meisten Seen und an den Ufern mehr oder weniger mächtige Ablagerungen von feinen lehmigen Bestandteilen, die die Seemulde auspichen. Wie verhält sich nun bei der Senkung des Seespiegels der ausserhalb der Auspichung stehende Grundwasserstand? Dieser vermag bei 20 bis 30 *cm* täglicher Seesenkung infolge des ausgepichten Uferrandes nicht zu folgen. Der dichte Uferrand wird von der Seeseite her von Tag zu Tag immer mehr entlastet, bis eines Tages die zu irgend einer lehmigen Grundschicht parallele Ufergewichts-Komponente die Massen infolge des *verminderten seeseitigen Wasserdruckes* in Bewegung bringt (da die Deltabildung langsam fortschreitet, sind in der Deltamasse in grosser Zahl früher mit Lehm überzogene, somit Gleitflächen bildende Uferränder eingebettet. Es ist aber auch denkbar, dass der Ufereinsturz durch Ausquetschen der entlasteten lehmigen Seegrundschicht erfolgt, auf der das Delta aufruht.

Ufereinbrüche finden in der Regel in verhältnismässig *dichtem* sandiglehmigem Material statt, also in Fällen, wo sich leicht Gleitflächen bilden können und wo zudem, infolge Ausschwemmung und entsprechender Ablagerung dichte Ufer vorausgesetzt werden dürfen. Im Gegensatz hierzu stürzen gut *wasserdurchlässige*, wenn auch verhältnismässig steile Uferpartien meist nicht ein, trotzdem bei der Seesenkung die Druckvermehrung im Material infolge Aufhebung des Auftriebes voll zur Geltung kommt (Klöntalersee, Davosersee). *Hans Roth*, Ing.

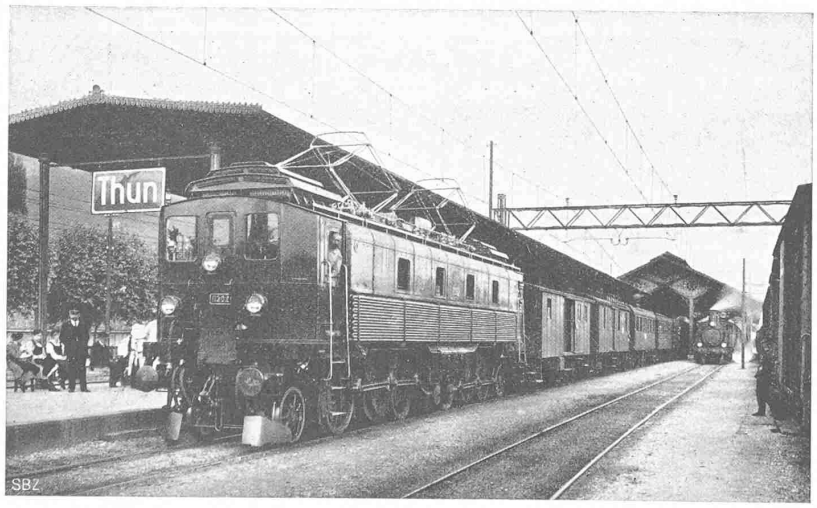


Abb. 7. Die elektrische Gotthard-Probe-Lokomotive im Bahnhof Thun.

Elektrische Lokomotiven für die Gotthardlinie.[1])

Als dritte der seiner Zeit als Probemaschinen bestimmten Lokomotiven[2]) ist die von den S. B. B. der A.-G. Brown Boveri & Cie. in Baden in Gemeinschaft mit der Schweizer. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur in Auftrag gegebene Schnellzug-Lokomotive 1 B + B 1 vor einiger Zeit auf der Strecke Bern-Thun dem Betrieb übergeben worden. Ihr Aufbau ist aus den Abbildungen 1 bis 7 auf dieser Seite und der nebenstehenden Tafel ersichtlich, die wir einer ausführlichern Beschreibung der Maschine in Heft 4 des laufenden Jahrganges der „B B C Mitteilungen" entnehmen. Die Lokomotive ist, wie die hier früher dargestellten, mit Einphasenwechselstrom-Serie-Motoren mit Kompensationswicklung und phasenverschobenem Wendefeld ausgerüstet, und zwar mit vier Stück von je 430 *PS* Dauerleistung. Je zwei Motoren sind in Serie geschaltet und arbeiten mit ihrem Ritzel auf ein gemeinsames Zahnrad, das auf einer Blindwelle sitzt und in üblicher Weise mittels Kuppelstangen mit den Triebachsen gekuppelt ist. Die elektrische Ausrüstung weist, gegenüber der bisherigen Ausführungen, einige Neuerungen auf. So sind alle zur Steuerung notwendigen Schalter und ihre Antriebs-Mechanismen derart mit dem Transformator zusammengebaut, dass sie mit ihm eine einheitliche Gruppe bilden und mit ihm durch die im Dache vorgesehene Oeffnung ein- und ausgebaut werden können. Diese Anordnung bietet die Vorteile, dass die Gruppe unabhängig von der Lokomotive montiert und ausprobiert werden kann, die kürzesten Kabelverbindungen zulässt, geringen Platzbedarf erfordert und eine allseitig bequeme Zugänglichkeit ermöglicht. Zur Kühlung des Transformatorenöls dienen die an den Seitenwänden der Lokomotive sichtbaren Röhren. Die Stufenschalter, die zur Regelung der Leistung und Drehzahl der Motoren dienen, sind den bei Akkumulatorenbatterien üblichen Zellenschaltern nachgebildet. Ferner sind die Kontroller derart ausgestaltet, dass zwei Lokomotiven von einem Führerstand aus bedient werden können. Die elektrische Bremsung bei Talfahrt, die in den Lieferungsbedingungen nur zur Abbremsung

[1]) Vergl. die Notizen in Band LXXIII, Seite 110 (8. März 1919) und 152 (29. März 1919), sowie den Aufsatz auf Seite 84 dieses Bandes (16. August 1919).

[2]) Vergl. Band LXXI, Seite 213 (18. Mai 1918).