

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 5

Artikel: Zur Rohrbruch-Katastrophe am Schwarzsee
Autor: Jegher, Carl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83155>

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: 06.02.2025

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

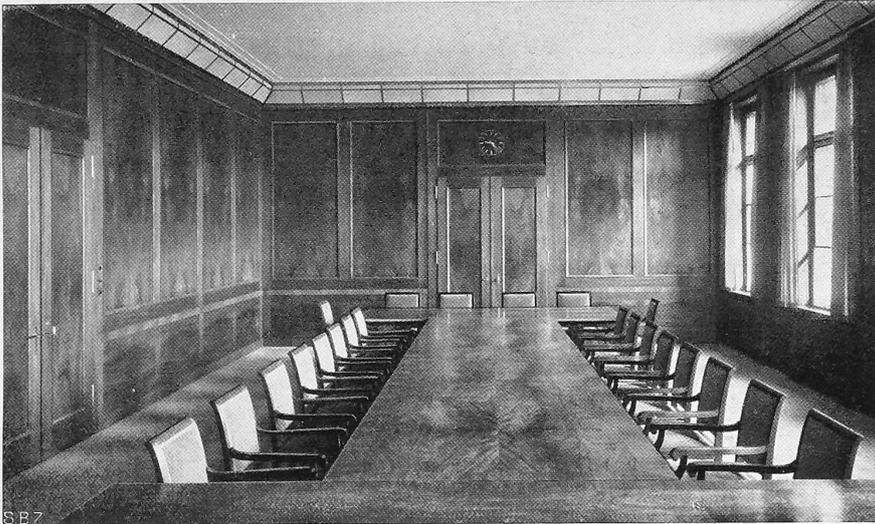


Abb. 13. Grosser Sitzungsaal im Verwaltungsgebäude der J. R. Geigy A.-G. in Basel.

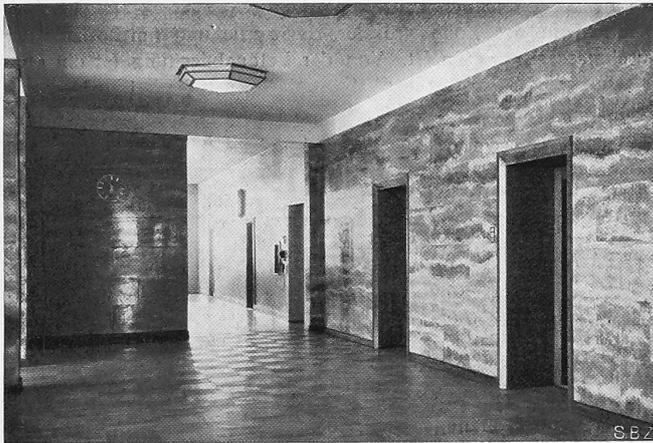


Abb. 14. Mittelpartie des Korridors im I. Stock.

auf die Haut ist, solange sie nicht so heiss sind, dass sie zu Verbrennungen führen, keine andere als die von gewöhnlichen Oelen. Wegen ihres kennzeichnenden, keineswegs unangenehmen Geruchs kann die geringste Undichtigkeit leicht festgestellt werden.

Infolge der ausserordentlichen Beständigkeit dieser Verbindungen treten Korrosionen auch bei hohen Temperaturen nicht auf. Man wird daher fast jedes Metall benützen können, das die erforderlichen Temperaturen aushalten kann. Alle Arten von Wärmeaustausch-Apparaten können ohne weiteres wie bisher ausgeführt werden. — Im allgemeinen erheischt nur die Abdichtung der Rohrleitungen und Behälter erhöhte Sorgfalt, da die erwähnten Stoffe bei hohen Temperaturen geringere Oberflächenspannung und Zähigkeit besitzen. Geschweisste Ausführungen sind daher den genieteten vorzuziehen. Ebenso müssen alle Arten von Packungen und Dichtungen ausreichend bemessen und von bestem Material sein. Um Materialverluste zu vermeiden, müssen die Sicherheitsventile auf einen Druck eingestellt werden, der etwas über dem normalen Betriebsdruck liegt und weiterhin Vorrichtungen vorgesehen werden, um die ausgeströmten Mengen zu kondensieren und zu sammeln. — Schliesslich ist noch hervorzuheben, dass die sonst zur Prüfung neuer Anlagen benutzte Kaltdruckprobe mit Wasser hier nicht mehr verwendet werden kann. Die bei Betrieb mit den beschriebenen Stoffen empfohlene Methode sieht die Einführung einer kleinen Menge von Ammoniakgas und die Anwendung von Luftdruck vor. Undichtigkeiten äussern sich durch weissen Nebel, sobald etwas brennender Schwefel in die Nähe gebracht wird. Zeigen sich keine Undichtigkeiten bei dieser Probe, so hält die Anlage auch bei Betrieb mit den genannten organischen Stoffen dicht.

Der Wirkungsgrad solcher Anlagen wird in erster Linie durch die meist höheren Abgastemperaturen ungünstig beeinflusst, die

sich infolge der übertragenen Temperaturen von über 350°C einstellen. Natürlich lässt sich durch Luftvorwärmung der Wirkungsgrad verbessern, nämlich von 60 bis 65% auf etwa 70%. — Da die organischen Verbindungen im flüssigen Zustand sehr geringe Zähigkeit besitzen, wird der Umlauf und die Wärmeübertragung im Kessel, besonders im Vergleich mit den sehr zähflüssigen Oelen, stark verbessert. Dadurch wird auch das Auftreten örtlicher Ueberhitzung vermieden, das bei Oelen zur Zersetzung und Bildung von Kohlenstoff führt. Die Wärmeübergangszahlen sind, wie bei allen andern Stoffen, niedriger als für Wasserdampf, erreichen aber doch zufriedenstellende Werte von etwa 750 bis $2500\text{ kcal/m}^2\text{ h}^{\circ}\text{C}$, wobei als normaler Mittelwert etwa $1500\text{ kcal/m}^2\text{ h}^{\circ}\text{C}$ gelten kann.

Während der letzten Jahre wurde noch ein weiterer Stoff als geeigneter Wärmeträger gefunden, der als „Dowtherm C“ bezeichnet wird und aus einer Mischung organischer Verbindungen gebildet ist, die dem Diphenyl und Diphenyloxyd ähnlich sind, aber im

Molekül mehr Benzolringe enthalten und einen wesentlich höheren Siedepunkt haben. Dieser Stoff kann daher bis auf etwa 425°C erhitzt werden, ohne zu sieden. Bei gewöhnlichen Temperaturen hat er wachsähnlichen Charakter, schmilzt bei geringer Erwärmung und wird bei höheren Temperaturen öltartig. Der Flammpunkt liegt bei etwa 175°C . Zwar sind von diesem Stoff bisher nur beschränkte Mengen verfügbar, seine Anwendung hat sich aber schon in verschiedenen Anlagen bewährt. Es ergibt sich schliesslich noch die wichtige Möglichkeit der Wärmespeicherung bei viel höheren Temperaturen als bisher gebräuchlich. W. G.

Zur Rohrbruch-Katastrophe am Schwarz-See.

Schon kurz nach dem Unfall am 4. Januar d. J. hat die EWAG, die im Auftrag der Rohrlieferantin das Zusammenschweissen der Rohre und deren Montage besorgt hat, der Presse einen ausführlichen Bericht zugestellt, den u. a. auch das „Bulletin des S.E.V.“ gebracht hat (in Nr. 2 d. J.). Wir entsprechen hiermit dem an uns gerichteten Wunsch der EWAG um Veröffentlichung ebenfalls, unter Hinweis auf die Baubeschreibung des Werkes, insbesondere der Druckleitung auf den vorangehenden Seiten 53 bis 55, sowie unsere Abb. 1 bis 4 (S. 60 und 61). Die Firma schreibt:

„Der Anschlusswinkel des Mannloches der Verteilleitung ist infolge zweier starker, versteckter Materialfehler beim statischen Druck [von etwa 95 m. Red.] durch Ermüdung gerissen. Dies hat die Verteilleitung auf etwa 7,5 m Länge und etwa 2,5 m Breite aufgerissen. Der Riss liegt nirgends in einer Schweissnaht und verläuft auch nirgends in geringerem Abstand parallel zu einer solchen. Die Rissfläche von etwa 20 m Länge im Blech von 36 mm Dicke ist durchwegs kerngesund bis auf eine einzige Stelle, die eine kleine Doppelung aufweist, jedoch ohne Bedeutung. Dieser Bruch der Leitung erzeugte eine plötzliche Druckminderung, und die einzige Pumpe, die eben mit rd. 8000 kW Belastung im Anlauf war, hat an der Leitradregulierung Schaden genommen, da diese durch den Servomotor festgehalten war, wobei infolge der offenen Druckleitung von einem Druckstoss gar keine Rede sein kann. Der austretende Wasserstrahl hat den ersten Mast der Hochspannungsleitung, die sich in unmittelbarer Nähe der Verteilleitung befindet, getroffen und durch den erzeugten Kurzschluss die ganze Anlage sofort abgestellt. Die beiden geretteten Pumpenwärter (Maschinist und instruierender Monteur von EWAG), die neben der Pumpe standen [Kote 928,0, d. h. 24 m unter Geländehöhe. Red.] und sich einzig von der Bedienungsmannschaft retten konnten, bestätigen beide, dass, als sie die Störung an der Pumpenregulierung beobachteten und sofort die Treppe hochstiegen, durch diesen Schacht das Wasser schon einbrach, sodass der Strahl auch schon seinen Weg durch das Dach und alle obern Stockwerke gefunden hatte. Der Wattmeterstreifen im Kraftwerk Kembs (der des eigenen Werkes liegt noch unter Wasser) soll einen geraden Strich bei 8000 kW und dann plötzliches Abfallen auf Null aufweisen.“



Abb. 2. Etwa 12 t schweres Stück der Betonabdeckung des geplatzten Rohres, 45 m weit in die Transformatoren-Zelle III geschleudert.

Alle geraden Rohrschüsse waren einzeln auf etwa doppelten statischen Maximaldruck bei gehörigem Abklopfen abgepresst worden. Die ganze Verteilleitung mit allen Schiebern, Drosselklappen, Anschlüssen usw. und dem erwähnten Mannlochstützen war als Ganzes einer dreistündigen Druckprobe mit doppeltem statischem Maximaldruck unterworfen worden, während welcher alle Schweissnähte auch gehörig abgeklopft wurden. Ferner wurde die gesamte Druck- und Verteilleitung vom Wasserschloss an etwa einen Monat später abermals einer, diesmal zehnstündigen, Gesamtdruckprobe unterworfen mit um rd. 80% erhöhtem maximalem statischem Druck [von 128 m; vergl. S. 30. Red.]. Alle diese sukzessiven Druckproben sind übrigens im Vertrag genau spezifiziert.

Dass diese versteckten Materialfehler an einem Stück, das nicht von Escher Wyss geliefert worden ist, durch diese strengen Abnahmebedingungen nicht zum Vorschein haben gebracht werden können, ist leider Tatsache, berechtigt aber keineswegs, von irgend-einer falschen Anlage oder allgemein fehlerhaften Ausführung zu sprechen.

Da die Fernsteuerung der beiden hinteren Drosselklappen [der Wasserfassung, vergl. Abb. 5, S. 33. Red.] am Weiss-See noch nicht fertig ist (wie übrigens auch die der ganzen Zentrale), waren die beiden entsprechenden Drosselklappen arretiert, deren Betätigungsgewichte unterstellt und die Bremshebel festgekeilt. Im Schieberhaus befand sich niemand. Es musste erst in tiefdunkler Nacht bei starkem Schneesturm und pfeifendem Wind ein Mann hingeschickt werden, der auch nur etwa eine halbe Stunde später offenbar in der Verwirrung nicht einmal die freien *vorderen* Drosselklappen bediente, sondern nacheinander von Hand die beiden hinteren freigab. Die erste schlug natürlich bei Fortfall jeder Bremsung unerhört zu, wobei indessen nur ein Zapfen abbrach und sich die Klappe im Rohr verklemmte. Das Freigeben der zweiten war natürlich noch fataler, da die Wassergeschwindigkeit noch erheblich grösser war. Aber auch diese Klappe brach nur an einem Zapfen, der in die Blechleitung unmittelbar hinter dem Stahlgussgehäuse ein rundes Loch von etwa 20 cm Durchmesser einschlug, wobei das Stahlgussgehäuse nur einen Haarriss davontrug; auch diese Klappe verklemmte sich. Die beiden vordern Drosselklappen mit eigentlichem Handantrieb (der Motorantrieb kam nicht mehr in Frage, da kein elektrischer Strom mehr vorhanden war) wurden erst geschlossen, als oberer See und Bedienungsschacht leer waren.

Dass dieser Rohrbruch leider so viele Menschenleben gekostet hat, ist unglücklichen Umständen zuzuschreiben, deren Aufklärung der eingesetzten Untersuchungskommission vorbehalten ist. Unsere Feststellungen berechtigen uns aber jetzt schon zu der Erklärung, dass die Arbeiten der Escher Wyss Maschinenfabriken A.-G. an der Katastrophe gänzlich unbeteiligt sind". —

Wie in Abb. 28 (Seite 55) zu erkennen, ist die 36 mm starke Rohrwand in der Umgebung des Mannloches durch ein aufgenietetes Sattelblech (von 30 mm) verstärkt; das Stück war fertig vernietet aus den Mühlhauser Werkstätten auf die Baustelle geliefert worden samt dem ebenfalls fertig gestellten Mannlochstützen, der erst an Ort und Stelle auf das Sattelblech aufgeschweisst wurde.

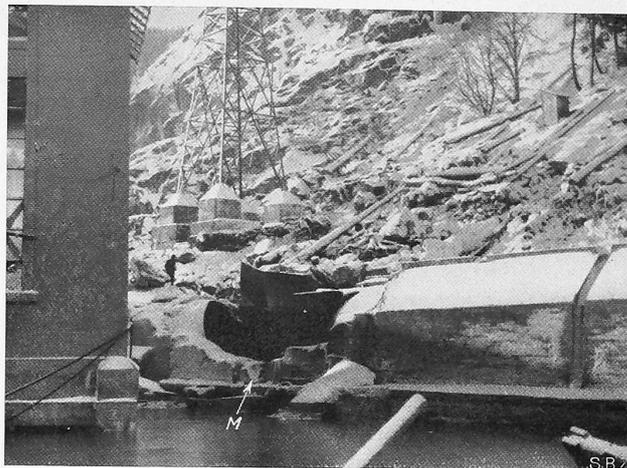


Abb. 1. Die Rohrbruchsstelle, am untern Rand (bei M) die untere Hälfte des 1,17 m weiten Mannlochstützen; Rohrdurchmesser 4,60 m.

Unsern Bildern ist folgendes erläuternd beizufügen. Abb. 1 lässt am untern Rand der Bruchsstelle die untere Hälfte des rund 70 cm langen Mannlochstützens erkennen; man sieht, dass der Lochrand in der Zone grösster Beanspruchung (im horizontalen Durchmesser) gerissen ist. Von der Betonabdeckung ist ein etwa 12 t schweres Stück durch die Kraft des aus der rd. 17 m² grossen Oeffnung unter rd. 9 at Druck hervorschiessenden Wassers etwa 45 m weit in eine der rückwärtigen Transformatorenzellen geschleudert worden, siehe Abb. 2 (mit Blickrichtung senkrecht zum Strahl); rechts im Hintergrund sieht man die letzte Schieberkammer, daneben das höhere Filterhaus. Der steil aufsteigende Wasserstrahl ist sodann auf das südliche Ende des Maschinenhauses gestürzt, dessen Dach zur Hälfte abdeckend (Abb. 3); glücklicherweise war der Wasservorrat im Weiss-See nicht grösser als der im Schwarz-See verfügbare Stauraum, sodass bei dem gemäss Abb. 3 gehobenen Spiegel der Schwarz-See den Staudamm nicht überfluten konnte. Die von kräftigen Melanträgern getragene Decke über dem Turbinensaal liegt oberkant auf 952,0, d. h. 1,5 m über max. Schwarzsee-Spiegel; sie hat standgehalten, sodass die bauliche Zerstörung sich auf den in Eisenfachwerk umschlossenen Raum über ihr beschränkt hat. Dieser Boden enthält bergseitig die Transformatorenzellen, links des Mittelganges (Abb. 4) die Oelschalter, sowie Apparatur, Automatik und dergl., deren südliche Hälfte allerdings arg mitgenommen ist (die Einzelheiten der baulichen Ausgestaltung erscheinen in nächster Nummer). — Zur Zeit des Unfalles waren erst die beiden südlichen Maschinenaggregate (I und II) betriebsbereit, bezw. zeitweise schon im Betrieb.

*

Die obenstehend als „Ermüdungsbruch“ gekennzeichnete Tatsache eines unter etwa $\frac{2}{5}$ des Probedruckes erfolgten Rohrbruches, nach kaum vierwöchentlichem Betrieb, erscheint merkwürdig und wichtig genug, um dem Nachdenken und der Erörterung durch die Fachwelt unterbreitet zu werden, ohne dadurch der objektiven Feststellung durch die neutrale Expertise vorgreifen zu wollen. C. J.

MITTEILUNGEN.

Dampfturbinen für den Antrieb von Transmissionswellen. Wenn bisher Dampfmaschinen zum unmittelbaren Antrieb von Transmissionswellen verwendet wurden, so war es ausschliesslich in der Bauart von Kolbendampfmaschinen, deren Drehzahl derjenigen von Transmissionswellen erheblich näher liegt, als die Drehzahl von Dampfturbinen, sodass man beim Antrieb mit Kolbendampfmaschinen ohne weiteres auf besseren Gesamtwirkungsgrad und höhere Sicherheit rechnen durfte. Die Fortschritte im Bau von Zahnradgetrieben, die Normalisierung von mit solchen Getrieben ausgerüsteten Turbinen und der hohe Wirkungsgrad von Dampfturbinenanlagen, mit Oberflächenkondensation des Abdampfes und Kesselspeisung durch das ölfreie Kondensat sind geeignet, heute den Antrieb von Transmissionswellen mittels Dampfturbinen wesentlich günstiger erscheinen zu lassen. Wie wir den „Brown Boveri-Mitteilungen“ vom November-Dezember 1933 entnehmen, hat die

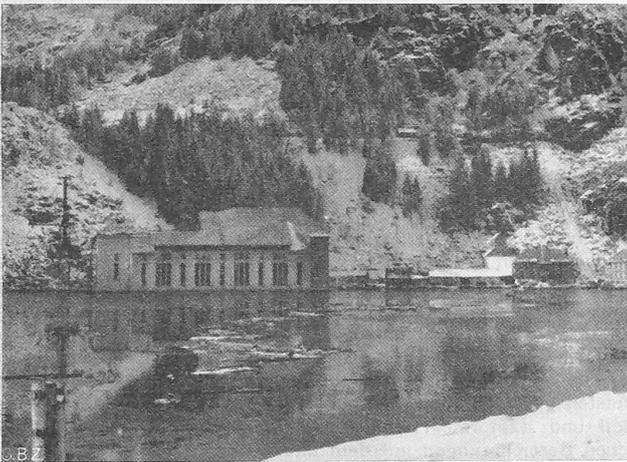


Abb. 3. Das Maschinenhaus am Schwarz-See nach dem Rohrbruch vom 4. Januar 1934. (Vergl. das frühere Bild auf S. 25 lfd. Bandes.)



Abb. 4. Blick vom nördlichen Ende des Mittelganges im Transformator-Geschoss (über dem Generatorensaal) gegen Süden.

A.-G. Brown Boveri & Cie. (Baden) an die Baumwollspinnerei Littai der Jugoslavischen Textilwerke Mauthner eine Dampfturbine von 1100 kW Leistung für den unmittelbaren Antrieb der Haupttransmissionswelle geliefert. Die Turbine samt dem Zahnrad-Doppelgetriebe ist auf ein und demselben Fundament aufgebaut; die Sekundärwelle dieses Getriebes ist mit einer Hauptriemenscheibe gekuppelt, deren Riemen die Haupttransmission der Spinnerei antreibt. Diese Anordnung verspricht wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem Antrieb durch Kolbendampfmaschinen bis hinunter auf Leistungen von rund 200 kW. Für die Betriebsüberwachung solcher Anlagen erweist sich als wertvoll die Möglichkeit, die Turbinenleistung durch ein Manometer mit Skala, das am Radkasten der Turbine angebracht wird, unmittelbar abzulesen, da die Leistung der Turbine dem Radkastendruck proportional ist. Als weiterer Betriebsvorteil dieses Dampfturbinenantriebs ist sein viel kleinerer Schmierölverbrauch zu erwähnen.

Tanzende Hochspannungsleiter. Wenige können behaupten, die in Nordamerika so genannte Erscheinung der „tanzenden“ oder „galoppierenden“ Leitungsseile mehr als einmal erblickt zu haben. Gemeint sind nicht die durch mässige Winde veranlassten Leitterschwingungen, deren Amplituden einige Seildurchmesser nicht überschreiten, sondern ein bei kaltem, stürmischem Wetter beobachtetes wildes, oft auf ein einziges Spannungsfeld beschränktes Ausschlagen einzelner Leiter mit Amplituden von der Grössenordnung einiger Meter — ein offenbar durch einen seltenen Zusammentritt von Umständen bewirktes Phänomen, das Kurzschlüsse und mechanische Beschädigungen im Gefolge hat. Es wird von A. E. Davison (Transactions AIEE 1930, Vol. 49, Nr. 4) und S. P. Den Hartog (ebenda 1932, Vol. 51, Nr. 4) auf die Eisschicht zurückgeführt, mit der ein tanzendes Seil anscheinend immer bedeckt ist; als einziges Abhilfsmittel wird das Heizen der Leiter zur Verhinderung der Eisbildung angegeben. Da die geronnenen Wassertropfen dem Seil eine sozusagen gezahnte Oberfläche verleihen, ändert sich der vereiste Seilquerschnitt von Stelle zu Stelle; im Allgemeinen ist er nicht symmetrisch. Die folgende Erklärung von Den Hartog hat deshalb nur qualitativen Wert. — Wird ein Draht von beispielsweise elliptischem Querschnitt in einem Windkanal quer zu der Richtung eines Luftstroms von der Geschwindigkeit V gespannt, so kann die auf den Draht ausgeübte Windkraft nach Grösse und Richtung gemessen werden: Ihre Komponenten in, bezw. senkrecht zur Windrichtung — die Stosskraft S , bezw. die Hubkraft H — hängen in der durch Abb. 1 angedeuteten Weise vom Einfallswinkel α ab. Ein Stück des vereisten Seils habe nun den Querschnitt einer Ellipse mit vertikaler grosser Axe. Ruht es, so ist, gemäss Abb. 1, $H=0$. Bewegt es

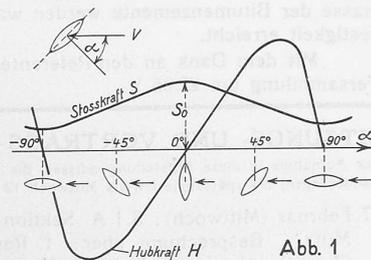


Abb. 1

sich jedoch mit der Geschwindigkeit v nach aufwärts, so hat der Wind relativ zu dem bewegten Leiter die in Abb. 2 angegebene Richtung. $v \ll V$ vorausgesetzt, ist α klein. In der Nähe von $\alpha=0$ können die H - und S -Kurve durch eine Gerade ersetzt werden:

$$H \cong \left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 \cdot \alpha, \quad S \cong S_0.$$

Die vertikale Windkraftkomponente ist

$$H \cos \alpha - S \sin \alpha \cong \left[\left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 - S_0\right] \cdot \alpha.$$

Sobald also $\left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 > S_0$ (1) wird eine begonnene Aufwärtsbewegung von der durch sie erzeugten Vertikalkomponente der Windkraft beschleunigt. Ist die Instabilitätsbedingung (1) erfüllt, so schaukelt sich demnach eine angehobene Schwingung sozusagen selber zu den gefährlichen Ausschlägen auf.

sich jedoch mit der Geschwindigkeit v nach aufwärts, so hat der Wind relativ zu dem bewegten Leiter die in Abb. 2 angegebene Richtung. $v \ll V$ vorausgesetzt, ist α klein. In der Nähe von $\alpha=0$ können die H - und S -Kurve durch eine Gerade ersetzt werden:

$$H \cong \left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 \cdot \alpha, \quad S \cong S_0.$$

Die vertikale Windkraftkomponente ist

$$H \cos \alpha - S \sin \alpha \cong \left[\left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 - S_0\right] \cdot \alpha.$$

Sobald also $\left(\frac{dH}{d\alpha}\right)_0 > S_0$ (1)

wird eine begonnene Aufwärtsbewegung von der durch sie erzeugten Vertikalkomponente der Windkraft beschleunigt. Ist die Instabilitätsbedingung (1) erfüllt, so schaukelt sich demnach eine angehobene Schwingung sozusagen selber zu den gefährlichen Ausschlägen auf.

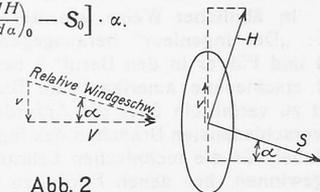


Abb. 2

Stahlgliederbänder als Dauerförderer. Zunächst als Ersatzmittel gewöhnlicher Bandförderer ausgebildet, haben sich Stahlgliederbänder als besonders geeignete Dauerförderer von Erz, Kohle und Abbaumaterial untertage ausgewiesen, wie einer Beschreibung im Januar-A-Heft der „Demag-Nachrichten“ zu entnehmen ist. Solche Bänder bestehen aus zwei parallel laufenden Laschenkettten, deren Glieder mit Muldenblechen vernietet sind, sodass ein muldenförmiger Transportgurt gebildet wird. Für eine Förderleistung von 100 bis 120 t/h hat die Demag einen Normaltyp entwickelt, der bei einer Kettenteilung von 160 mm eine lichte Breite von 540 mm und eine Muldentiefe von 100 bis 150 mm aufweist; er läuft mit 0,5 bis 0,7 m/sec; söhliche Anlagen werden bis zu Längen von 350 m gebaut. Die bisher steilste Anlage ist ein etwa 80 m langes Stahlgliederband für Steinkohle, das unter etwa 45° ansteigt.

Die Mohammed Aly Moschee in Kairo, die sog. Alabaster-Moschee auf der Zitadelle von Kairo, die vor etwa 100 Jahren erbaut worden ist, zeigt infolge von Konstruktionsfehlern bedenkliche Bewegungen und Risse. Eine fachmännische Untersuchungskommission, der als Bauberater der ägypt. Regierung auch unser Kollege Prof. Dr. C. Andrae angehört, hat den Ursachen nachgeforscht und ein Projekt für die Sicherungsarbeiten aufgestellt, das eine interessante Eisenbetonkonstruktion darstellt; nähere Mitteilungen hierüber sind uns in Aussicht gestellt. Vor kurzem sind die Umbauarbeiten vergeben worden an die Aarauer Bauunternehmung Rothpletz & Lienhard, die sich anlässlich des von ihr durchgeführten Baues des Lahaywatunnels¹⁾ auch in Alexandrien niedergelassen hat.

Der Herrnhuter Friedhof, den wir auf Seite 309 letzten Bandes als in Königsfeld liegend bezeichnet hatten, ist der von Herrnhut selbst, was sehr gewissenhafte Leser, auf ausdrücklichen Wunsch des Kunstdienst-Bildarchivs in Berlin-Spandau, dem jener Bildausschnitt entstammt, zur Kenntnis nehmen wollen. Für andere können wir beruhigend mitteilen, dass es gerade so gut der Königsfelder Friedhof sein könnte, denn er ist völlig identisch im Prinzip. Ob arm, ob reich — im Tode alle gleich!

¹⁾ Vergl. Band 95, Seite 85* (8. Februar 1930).