№ 47. LVI. Jahrgang.

Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.

1908. 21. November.

Redigiert von

Dr. Ludwig Haberer, k. k. Senatspräsident i. R., Wien,

Gustav Kroupa, k. k. Oberbergrat in Wien, Franz Kieslinger, k. k. Oberbergverwalter in Wien.

Ständige Mitarbeiter die Herren: Karl Balling, k. k. Bergrat, Oberbergverwalter der Dux-Bodenbacher Eisenbahn i. R. in Prag, Eduard Doležal, o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Wien; Eduard Donath, Professor an der technischen Hochschule in Brünn; Carl R. v. Ernst, k. k. Hof- und Kommerzialrat in Wien: Willibald Foltz, k. k. Kommerzialrat und Direktor der k. k. Bergwerks-Prod.-Verschl.-Direktion in Wien; Josef Gängl v. Ehrenwerth, o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben; Karl Habermann, k. k. o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben; Hans Höfer, k. k. Hofrat und o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben Josef Hörhager. Hüttenverwalter in Turrach, Adalbert Káš, k. k. o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Příbram; Dr. Johann Mayer, k. k. Bergrat und Zentralinspektor der k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn; Franz Poech, Hofrat, Vorstand des Montandepartements für Bosnien und die Herzegowina in Wien; Dr. Karl von Webern, Sektionschef im Ministerium für öffentliche Arbeiten und Viktor Wolff, kais. Rat, k. k. Kommerzialrat in Wien.

Verlag der Manzschen k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung in Wien, I., Kohlmarkt 20.

Diese Zeitschrift erscheint wöchentlich einen bis zwei Bogen stark mit Textillustrationen und artistischen Beilagen. Pränumerationspreis: jährlich für Österreich-Ungarn *K* 28,—, für Deutschland *M* 25,—. Reklamationen, wenn unversiegelt portofrei, können nur 14 Tage nach Expedition der jeweiligen Nummer berücksichtigt werden.

Über die in Schwimmsandlagern mögliche Wassermenge.

Von Ingenieur **Ernst Schmid,** Bergschulprofessor in Klagenfurt.

Lange Zeit hindurch galt es als Tatsache, daß nicht nur wirkliche Schwimmsandeinbrüche, bei denen sich Sand und Wasser in unterirdische Baue ergießen, sondern auch die bloße Abzapfung von Schwimmsandlagern, wobei unter Zurückhaltung des Sandes nur dem Wasser Abfluß in eine Grube gestattet wird, eine Senkung der Oberfläche des Schwimmsandlagers mit sich bringe.

Bei zahlreichen Bergbaubetrieben ist man nun aber seit Jahren dabei, dem Schwimmsande seine Gefährlichkeit als Überlagerung von Kohlenflözen dadurch zu benehmen, daß man ihn planmäßig entwässert, ohne daß man dadurch Oberflächenstörungen hervorzurufen befürchten würde. Die gegenwärtig mehr verbreitete Ansicht geht nämlich dahin, daß in einem Schwimmsandlager die Sandkörner von vorneherein schon einen möglichst kleinen Raum einnehmen, daß nur die zwischen den Sandkörnern noch verbleibenden Zwischenräume mit Wasser erfüllt seien, daß die Sandkörner nach Abfluß dieses Wassers nicht einen noch kleineren Raum einzunehmen imstande seien. In diesem Sinne sprechen sich auch Heise und Herbst in ihrer Bergbaukunde (Berlin 1908) im I. Bd., S. 427 aus, woselbst es unter Hinweis auf Bernhardi, Zeitschr. des oberschles. Berg- u. Hüttenm. Vereines 1902, S. 26 und auf Gräff, Glück auf 1901, S. 601 heißt: „Die wichtige, vielumstrittene Frage, ob die Wasserentziehung aus Sand- und Kiesschichten eine Schrumpfung dieser Schichten bewirke, wird jetzt von den meisten Fachmännern verneinend beantwortet usw.".

Diese Erfahrung führt nun zu folgender Überlegung: Wenn sich in einem Schwimmsandlager die Sandkörner derart gesetzmäßig angeordnet finden, daß sie einen kleinstmöglichen Raum einnehmen, so muß auch die zwischen ihnen vorhandene Wassermenge in einem gesetzmäßigen Zusammenhange mit dem Raume stehen, den die Sandkörner samt ihren Zwischenräumen erfüllen.

Um diese Frage einer rechnerischen Verfolgung überhaupt zugänglich zu machen, muß wohl gestattet sein, die einzelnen Körner als kugelförmig anzunehmen, welcher Form sie sich ja mit Rücksicht darauf sicher nähern, daß sie bei ihrer Bildung verschieden gerichteten mechanischen Einflüssen ausgesetzt gewesen sein müssen, bis sie den Grad von Kleinheit erreichten, den eben Schwimmsandkörner aufweisen. Auch ist dem Quarze, aus dem sie hauptsächlich bestehen, meist nur eine sehr unvollkommene Spaltbarkeit, ein muscheliger bis unebener Bruch eigen, wodurch die Bildung kugelförmiger Körner begünstigt erscheint. Weiters soll angenommen werden, daß die betrachteten Körner annähernd denselben Durchmesser haben, eine Annahme, die sich dadurch rechtfertigen läßt, daß bei der seinerzeitigen Ablagerung der Körner dieselben Gesetze bestimmend gewesen sein müssen, wie wir sie von Aufbereitungsarbeiten her kennen, daß nämlich gleich große Körner desselben Stoffes in einem fließenden Wasserstrome gleichzeitig zur Ablagerung gelangen. Daß sich dabei auch Unterkorn abgesetzt habe, kann nicht bezweifelt werden; die Zwischenräume zwischen den Körnern gewöhnlicher Größe werden also von Körnern geringeren Durchmessers teilweise eingenommen sein, die Wassermenge in diesen Zwischenräumen wird dadurch verringert worden sein. Die Annahme durchwegs gleich großer Körner wird also zur größtmöglichen Wassermenge führen, die in einem Schwimmsandlager enthalten sein kann.

Man denke sich aus einem solchen Schwimmsandlager, dessen Sandkörner den Durchmesser d haben mögen, eine wagrechte Ebene heraus, die mit n Reihen von je n Körnern besetzt seien. Die Zwischenräume zwischen den sich berührenden Körnern werden ein Mindestmaß erreichen, wenn die Körnermittelpunkte die Eckpunkte gleichseitiger Dreiecke einnehmen, deren Seitenlänge d beträgt. Die Länge einer auf diese Weise besetzten Ebene wird d n, ihre Breite hingegen weniger betragen, denn es haben

2 Reihen die Breite . . . $d + 1 \cdot \frac{d}{2}\sqrt{3}$

3 Reihen die Breite . . . $d + 2 \cdot \frac{d}{2}\sqrt{3}$, daher

n Reihen die Breite . . . $d + (n-1) \cdot \frac{d}{2}\sqrt{3}$.

Diese unterste Schicht nimmt also eine Grundfläche von

$$d\,n \cdot \left[d + (n-1)\frac{d}{2}\sqrt{3}\right] \text{ ein}$$

und enthält insgesamt n^2 Körner.

Über dieser Schicht denke man sich nun eine zweite, dritte usw. eine n-te Schicht von je n^2 Körnern, so daß man auf eine Anzahl von n^3 Körnern kommt. Damit die Zwischenräume zwischen diesen einzelnen Schichten ein Mindestmaß erreichen, muß die Anordnung der Körner jedenfalls derart getroffen werden, daß auf und zwischen je drei sich berührende Körner einer unteren Schicht ein Korn der nächst höheren Schicht zu liegen kommt. Die Mittelpunkte der betreffenden Körner liegen dann auf den Eckpunkten von regelmäßigen Tetraedern, deren Kanten die Länge d haben. Denkt man sich durch die Mittelpunkte jeder Schicht eine wagrechte Ebene gelegt, so ist der Abstand je zweier solcher Ebenen gleich der Höhe des erwähnten regelmäßigen Tetraeders, beträgt also $\frac{d}{3}\sqrt{6}$. Demnach erreichen, von der Grundfläche bis zur obersten an die letzte Schicht gelegten Tangentialebene gemessen,

2 Schichten eine Höhe von . . $d + 1 \cdot \frac{d}{3}\sqrt{6}$

3 Schichten eine Höhe von . . $d + 2 \cdot \frac{d}{3}\sqrt{6}$ und alle

n Schichten eine Höhe von . . $d + (n-1)\frac{d}{3}\sqrt{6}$.

Der Gesamtraum, den alle n^3 Körner samt ihren Zwischenräumen einnehmen, beträgt sonach Grundfläche mal Höhe, d. i.

$$d\,n\left[d + (n-1)\frac{d}{2}\sqrt{3}\right] \cdot \left[d + (n-1)\frac{d}{3}\sqrt{6}\right].$$

Davon nehmen die n^3 Sandkörner vom Durchmesser d ohne Zwischenräume einen Inhalt von $\frac{d^3\pi}{6} \cdot n^3$ für sich in Anspruch, als Wasserraum verbleibt der Rest

$$d\,n\left[d + (n-1)\frac{d}{2}\sqrt{3}\right]\left[d + (n-1)\frac{d}{3}\sqrt{6}\right] - \frac{d^3\pi}{6} \cdot n^3.$$

Das gesuchte Verhältnis zwischen Wasserraum und Gesamtraum stellt sich also in Form folgenden Bruches dar:

$$\frac{d\,n\left[d + (n-1)\frac{d}{2}\sqrt{3}\right]\left[d + (n-1)\frac{d}{3}\sqrt{6}\right] - \frac{d^3\pi}{6}\,n^3}{d\,n\left[d + (n-1)\frac{d}{2}\sqrt{3}\right]\left[d + (n-1)\frac{d}{3}\sqrt{6}\right]}$$

An Stelle dieses Bruches tritt nach einigen Formänderungen folgende Differenz

$$1 - \frac{\pi\,n^2}{6\left[1 + (n-1)\frac{\sqrt{3}}{2}\right]\left[1 + (n-1)\frac{\sqrt{6}}{3}\right]} \qquad \text{I)}$$

woraus die Größe d verschwunden, somit zu erkennen ist, daß die **Korngröße des Sandes** in einem Schwimmsandlager auf dessen **Wasserführung ohne Einfluß** ist.

Führt man in den letzten Ausdruck für n der Reihe nach z. B. 100, 200 usw. bis 1000 ein, so erkennt man, daß sich dieser Ausdruck für wachsendes n rasch einem bestimmten Grenzwerte nähert, so daß es gerechtfertigt erscheint, diesen Grenzwert für $n = \infty$ zu ermitteln. Es soll also für $n = x$ gesetzt und

$$\lim \frac{\pi\,x^2}{6\left[1 + (x-1)\frac{\sqrt{3}}{2}\right]\left[1 + (x-1)\frac{\sqrt{6}}{3}\right]} \text{ für } x = \infty$$

berechnet werden. Dieser Bruch nimmt nach einigen Formänderungen folgende Gestalt an

$$\frac{\pi\,x^2}{a + b\,x + 3\sqrt{2\,x^2}},$$

wobei

$$a = 6 - 3\sqrt{3} - 2\sqrt{6} + 3\sqrt{2}$$
$$b = 3\sqrt{3} + 2\sqrt{6} - 6\sqrt{2}$$

ist und bekommt für $x = \infty$ die unbestimmte Form $\frac{\infty}{\infty}$, zu deren Auswertung man von Zähler und Nenner die zweiten Differentialquotienten zu bilden hat, die zu

$$\lim \frac{\pi\,x^2}{a + b\,x + 3\sqrt{2}\cdot x^2} = \frac{2\pi}{6\sqrt{2}} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \text{ führen.}$$

Der Wert der unter I) dargestellten Differenz nähert sich also dem Werte $1 - \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0{\cdot}26$. Unter den eingangs gemachten Voraussetzungen könnte also ein Schwimmsandlager **höchstens 26 % seines Rauminhaltes an Wasser** in den Zwischenräumen zwischen seinen Sandkörnern beherbergen, womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß diese ganze Wassermenge als zäpfbar anzusehen sei, da ja ein Teil des Wassers durch die Kapillarität der Zwischenräume zurückgehalten wird, besonders wenn das Lager feine tonhaltige Sande birgt, wie sich Hermann Nieß in der „Bekämpfung der Schwimmsand-Gefahr", Freiberg in Sachsen 1907, ausspricht, der dem Verfasser dadurch Anregung zu vorliegender Überlegung gab, daß er auf Seite 15 sagt, es seien in einem Raumteile normalkörnigen reinen Schwimmsandes bis zu 25 % Wasser enthalten, womit die gefundene Verhältniszahl gut übereinstimmt. Auf eine noch schärfere Übereinstimmung wurde der Verfasser von Hofrat Dr. Canaval nach Vollendung dieser Arbeit aufmerksam gemacht. In Otto Luegers Technischem Lexikon sind nämlich im Artikel „Bodenphysik" als Summe der Zwischenräume (Porenvolumen) bei möglichst dichter Lagerung 25·95 % angegeben, zu welchem Ergebnis man auch kommt, wenn man $1 - \frac{\pi}{3\sqrt{2}}$ auf vier Dezimalen rechnet.*)

*) Ein gleiches Resultat erzielt man durch folgende Rechnung: Ein Würfel von der Seitenlänge s werde mit Kugeln vom Durchmesser d gefüllt. Die Kugeln, welche den Boden des Würfels bedecken, liegen in Reihen von $\frac{s}{d}$ Kugeln und in Abständen von $\frac{d\sqrt{3}}{2}$ (Höhe eines gleichseitigen von den Mittelpunkten dreier benachbarter Kugeln gebildeten Dreiecks); die Zahl dieser Reihen beträgt daher $\frac{2s}{d\sqrt{3}}$ und die Zahl der Kugeln der den Boden des Würfels bedeckenden Kugelschicht $\frac{2s^2}{\sqrt{3}d^2}$. Die durch die Mittelpunkte zweier übereinander liegenden Kugelschichten gelegten Ebenen (= Zahl der horizontalen Kugelschichten) haben einen Abstand von $\frac{d\sqrt{6}}{3}$ (Höhe des Tetraeders, welches die Mittelpunkte einer aus vier benachbarten Kugeln bestehenden Pyramide bilden). Die Zahl der horizontalen Schichten beträgt also $\frac{3s}{\sqrt{6}d}$. Die Zahl aller Kugeln (Zahl der Schichten × Zahl der Kugeln einer Schicht) $\frac{\sqrt{2}s^3}{d^3}$. Das Volumen dieser Kugeln beträgt $\frac{\sqrt{2}s^3\pi}{6}$ und ist unabhängig vom Kugeldurchmesser. Das Volumen der Zwischenräume ist $s^3\left(1 - \frac{\pi\sqrt{2}}{6}\right)$ und in Prozenten des Würfelinhaltes $\frac{s^3\left(1 - \frac{\pi\sqrt{2}}{6}\right)100}{s^3} = \left(1 - \frac{\pi\sqrt{2}}{6}\right)100 = 25{\cdot}95\,\%$.

Die Red.

Die elektrische Anlage beim Kohlenwerke in Zenica.

Die zum Betriebe der unterirdischen Wasserhaltungs- und Fördermaschinen bei diesem Werke erforderlichen ausgedehnten Dampfleitungen gaben zu vielfachen Betriebsstörungen Anlaß und beeinflußten auch die Wetterführung in ungünstiger Weise, so daß man sich entschloß, zum Betriebe mit elektrischer Kraft überzugehen. Die elektrische Kraftzentrale wurde im Jahre 1906 mit einer Turbodynamo als Kraftgenerator erbaut und im Jahre 1907 gelangte eine zweite Turbodynamo zur Aufstellung; zugleich wurde die Kraftanlage ausgestaltet und sie besteht nunmehr aus 1 Bouilleur-, 2 Dupuis- und 1 Wasserrohrkessel (Skodawerke Pilsen) mit zusammen 609 m^2 Heizfläche.

Die Turbodynamo I wurde von den österreichischen Siemens-Schuckertwerken geliefert und ist für eine Leistung von 330 *KW* bzw. 412 *KVA* bei 3000 Touren pro Minute, für eine Spannung von 520 *V* mit 50 Perioden pro Sekunde gebaut. Der ursprünglich gelieferte Generator war eine zweipolige Außenpolmaschine mit rotierendem Anker. Die Feldmagnete wurden durch Gleichstrom eines an der Generatorwelle angekuppelten Erregers von 2·5 *KW* bei 110 *V* und 3000 Touren erregt. Beim Betriebe dieser Dynamo ergaben sich jedoch vielfach Störungen infolge der durch die Anordnung des rotierenden Ankers bedingten komplizierten Stromabnahme, weshalb die Dynamomaschine durch eine Innenpoltype ersetzt wurde. Der Antrieb erfolgt durch eine von den Skodawerken in Pilsen gelieferte Dampfturbine System Rateau mit 500 *PS* effektive Leistung und 3000 Touren pro Minute. Die Turbine kann mit Auspuff oder mit Kondensation arbeiten. Die durch einen 23 *PS*-Drehstrommotor betriebene Kondensationsanlage befindet sich wie üblich im Kellerraume unter der Turbine. Das gewonnene Kondensationswasser wird als Kesselspeisewasser verwendet, das erwärmte Kühlwasser wird in einem Kaminkühler Patent Overhoff von 300 m^3 Leistung pro Stunde rückgekühlt.

Der Dampfverbrauch der Turbine beträgt nach den mit dem ersten Generator abgeführten Versuchen bei Vollbelastung 10·66 *kg*, bei halber Last 13·51 *kg* pro *KW*/Std. bei einer Admissionsspannung von 6·3 bzw. 7·1 *at*.

Der Turbogenerator II wurde von der A. E. G. Union Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Wien geliefert. Die Dynamomaschine ist als Innenpolmaschine also mit rotierenden Magneten für Drehstrom mit 300 *KW* Leistung 3000 Touren pro Minute bei 520 *V* Spannung und 50 Perioden pro Sekunde gebaut. Zur Erregung des Magnetfeldes dient eine direkt gekuppelte Gleichstromdynamo mit 65 *V* Spannung und von 5 *KW* Leistung. Der Generator wird durch eine dreistufige Dampfturbine System Curtis von 450 *PS* eff. Leistung angetrieben. Diese Turbine besitzt eine eigene Kondensationsanlage, ihr garantierter Dampfverbrauch beträgt bei voller Belastung 9·4 *kg* pro *KW*/Std., bei halber Last 11·5 *kg* pro *KW*/Std. bei 10·5 *at* Anlaßspannung und 300° C. Dampftemperatur.

Zwecks Erhaltung einer konstanten Netzspannung von 520 *V* bei variabler Belastung ist ein automatischer Spannungsregler System Tirill vorgesehen.

Die fünfteilige Schalttafel in der Zentrale ist derart eingerichtet, daß jeder Generator für sich allein oder auch beide zusammen arbeiten können.

Die elektrische Zentrale liefert den Strom zum Betriebe der unterirdischen sowie der obertägigen Anlagen und für die Beleuchtung des Werkes und der Arbeiterkolonie.

In der Grube werden folgende Maschinen elektrisch betrieben: