

für

Berg- und Hüttenwesen.

Verantwortliche Redacteure:

Hanns Höfer,

o. ö. Professor an der k. k. Bergakademie in Příbram.

C. v. Ernst,

k. k. Regierungsrath, Bergwerksprod.-Verschl.-Director in Wien.

Unter besonderer Mitwirkung der Herren: Joseph von **Ehrenwerth**, a. o. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben, Joseph **Hrabák**, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Příbram, Franz **Kupelwieser**, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben, Johann **Lhotsky**, k. k. Bergrath im k. k. Ackerbau-Ministerium, Johann **Mayer**, Oberingenieur der a. p. Ferdinands-Nordbahn in Mährisch-Ostrau, Franz **Pošepný**, k. k. Bergrath und Franz **Rochelt**, o. ö. k. k. Bergakademie-Professor in Leoben.

Manz'sche k. k. Hofverlags- und Universitäts-Buchhandlung in Wien, Kohlmarkt 7.

Diese Zeitschrift erscheint wöchentlich einen bis zwei Bogen stark und mit jährlich mindestens zwanzig artistischen Beigaben. **Pränumerationspreis** jährlich mit **franco Postversendung für Oesterreich-Ungarn** 12 fl. ö. W., halbjährig 6 fl., für **Deutschland** 24 Mark, resp. 12 Mark. — Ganzjährige Pränumeranten erhalten im Herbste 1881 Fromme's montanistischen Kalender pro 1882 gratis. — Reclamationen, wenn unversiegelt portofrei, können nur 14 Tage nach Expedition der jeweiligen Nummer berücksichtigt werden.

INHALT. Ueber die Zunahme der Erdwärme im Hochgebirge und ihren Einfluss auf den Tunnelbau. — Bericht der französischen Commission über die Mittel gegen Explosionen schlagender Wetter. — Lürmann's Cokesofen mit continuirlichem Betriebe. — Ueber die Auflösung von Roheisen und Stahl zum Zwecke der Phosphorbestimmung. — Metall- und Kohlenmarkt. — Mittheilungen aus den Vereinen. — Notizen. — Amtliches. — Ankündigungen.

Ueber die Zunahme der Erdwärme im Hochgebirge und ihren Einfluss auf den Tunnelbau.

Resumé verschiedener in der Revue universelle des mines etc. veröffentlichten Abhandlungen.

Mitgetheilt von

Franz Poech, k. k. Bergeleve.

Der Geologe der St. Gotthardbahn, Dr. **F. M. Stappff**, hat über diesen Gegenstand Vieles in deutschen und französischen Zeitschriften ¹⁾ veröffentlicht. Die Resultate seiner gründlichen Studien sind, indem sie uns die Mittel angeben, wie man für Punkte im Inneren eines Hochgebirges die daselbst herrschenden Wärmegrade bestimmen kann, nicht nur von hervorragend wissenschaftlichem, sondern auch von praktischem Interesse.

Der Einfluss der hohen Temperaturen, die sich bei tief in das Eingeweide der Berge eindringenden Arbeiten, seien es nun Berg- oder Tunnelbaue, notwendig einstellen müssen, ist ein sehr bedeutender in Bezug auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Arbeiter. Dies hat sich im Gotthard leider recht empfindlich gezeigt.

¹⁾ Studien über den Einfluss der Erdwärme auf die Ausfühbarkeit von Hochgebirgstunneln. — Archiv für Anatomie und Physiologie von **Hiss, Braune** und **E. du Bois-Raymond**, 1879, und Revue universelle de mines etc. 1879, 1880, 1881. — Studien über die Wärmevertheilung im Gotthard, Bern 1877. — Wärmegrad, bei welchem in den Comstockgruben (Nevada) noch gearbeitet wird. Journal „Eisenbahn“, B. XIII, Nr. 10 und 11.

Nach den Beobachtungen von **Reich** nimmt in der Himmelfahrtgrube zu Freiberg die Temperatur für je 33,4m um 1° C zu. **Dunker** fand im Bohrloche zu Spenberg 31,4m für 1° C, welche Daten mit dem alten Humboldt-Arago'schen Gesetze, das bekanntlich 100 Fuss für 1° angibt, ziemlich übereinstimmen.

Die bisher in Příbram angestellten Wärmemessungen ergaben andere Resultate. Herr Bergverwalter **Pokorný** fand in der Adalbert-Grube die Temperaturzunahme vom 2. bis 28. Laufe (letzterer liegt 814,7m unter ersterem) mit 9,44° C oder 66m auf 1° C. Calculirt man aber zwischen zwei auf einander folgenden Läufen die Wärmezunahme, so erhält man sehr abweichende Werthe für 1° C; z. B. vom 23. zum 25. auf 1° C 82,7m, vom 25. zum 27. 135,5m auf 1°. Diese grossen Abweichungen dürften der abkühlenden Einwirkung der Wetter auf das Gestein zuzuschreiben sein.

Sicherlich nimmt die Temperatur in Příbram nicht in dem Maasse zu, wie **Reich** für Freiberg angibt; denn dies vorausgesetzt müsste in der Teufe von 1000m bei mangelhafter Ventilation die Temperatur mindestens 35° betragen, was factisch nicht der Fall ist. An diesem glücklichen Umstande trägt nun keinesfalls die Oberflächenbeschaffenheit oder der Wasserzuzfluss (die unteren Läufe sind trocken) die Schuld, sondern wahrscheinlich die, durch die vielen auf kleinen Flächen concentrirten Baue des Birkenberges, hervorgebrachte Störung in der Wärmevertheilung.

Im Hochgebirge ergibt sich die Wärmezunahme als eine sehr variable; wäre dies nicht der Fall, so wäre

die Durchführung des St. Gotthard- und Mont-Cenis-Tunnels unmöglich gewesen.

Die Temperatur in einem Tunnel, dessen einzelne Punkte dem Erdmittel ziemlich gleich bleiben, ist von der über demselben lagernden, von vielen Seiten entblösten Masse abhängig. Die geothermische Tiefenstufe, d. i. die Tiefe für 1° Temperaturzunahme, wird sich im Allgemeinen grösser herausstellen, als wenn man es mit einer gleich starken Erdkruste im ebenen Terrain zu thun hätte.

Im Mont-Cenis ergaben die unvollständigen Beobachtungen im Mittel 50m für 1°; im St. Gotthard war das Minimum 20,5m, das Maximum 62,3m, und zwar fand man die stärkste Zunahme unter dem Hochplateau von Andermatt, die schwächste unter einem Gipfel.

Es lässt sich nicht leugnen, dass circulirende Wässer und die Beschaffenheit des Gesteins einen Einfluss auf die Temperatur haben; immerhin muss man jedoch annehmen, dass die Conturen des Profils maassgebend sind. Bei gleichen Tiefen ist die Temperatur eine geringere unter Bergen als unter Ebenen und Thälern. Die isothermalen Linien nähern sich unter letzteren einander, während sie unter Erhebungen von einander gehen, wie dies auch natürlich ist.

Aus mehr denn 1000 Messungen, die Dr. Stapff im Sommer 1877 zu beiden Seiten des Tunnels vorgenommen hat, leitete er nach der Methode der kleinsten Quadrate die Formeln:

$$\delta = 0,02068 h \text{ und}$$

$$\delta = 0,02159 n \text{ ab.}$$

Hiebei bedeutet δ die zu calculirende Temperatur, h den verticalen und n den kürzesten Abstand (normal zum Gehänge) eines Punktes von der Erdoberfläche. Die genannten Formeln geben in der Praxis gleiche Resultate und wurde die zweite von Dr. Stapff nur deswegen aufgestellt, weil es für coupirtes Terrain logischer ist, die kürzeste Entfernung als die Verticaldistanz zu nehmen.

Um nach einer dieser Formeln die in unterirdischen Punkten herrschenden Temperaturen bestimmen zu können, braucht man noch den mittleren Wärmegrad des Gesteins an der Oberfläche, welcher wiederum von der mittleren Jahrestemperatur der Luft und der Zunahme der Erdwärme an der betreffenden Stelle abhängig ist und den man zu dem Resultate der Formel, wenn über 0 zuschlagen, wenn unter 0 abschlagen muss.

Aus der ersten der obgenannten Formeln erhält man für $h = 100m$, $\delta = 2,07^\circ$ oder 48,4m für 1° C. Will man vorher bestimmen, welche Temperatur ein Tunnel in gewisser Entfernung vom Mundloch haben wird, so genügt es jedoch keineswegs, an jener Stelle h oder n (siehe oben) dem Profil zu entnehmen und hieraus δ zu bestimmen, sondern man muss auf eine bedeutende Länge die Rechnungen durchführen; ausserdem ist auch noch zu bemerken, dass Dr. Stapff seine Formeln nur für den Gotthard aufgestellt hat und sie daher, anderweitig verwendet, nur für eine demselben gleiche oder sehr ähnliche Gebirgsmasse richtige Resultate liefern können.

Dr. Stapff gelangte zu den Formeln, als der Tunnel ungefähr je 5000m von beiden Seiten eingedrungen war und calculirte die noch zu erwartenden Temperaturen, welche dann auch genau angetroffen wurden.

Ein bergiges Hochplateau mit abwechselnd Erhöhungen und Vertiefungen zeigt eine eigenthümliche Wärmevertheilung in seinem Innern. Während die Isotherme in der Nähe der Oberfläche eine dieser sich anschmiegende Linie bildet, übergeht sie in grösserer Tiefe in eine horizontale Gerade, und bewegt sich ein Tunnel in einer solchen, so kann er auf Kilometer hin die gleiche Temperatur haben, trotzdem das Profil Unebenheiten von mehreren hundert Metern zeigt.

Aus solchen Horizontallinien, die sich auch im Gotthard vorfinden, schliesst Dr. Stapff, dass die Zunahme der Erdwärme in ein und derselben Verticalen keine gleichmässige sein muss bis zu der Grenze, wo die Isothermen der Erdkrümmung folgen. Dieser Umstand dürfte geeignet sein, eine Menge von Widersprüchen zu lösen, denen man bisher bei der Beobachtung der Erdwärme begegnete.

Warme Quellen und die Temperatur zusitzender Wässer überhaupt haben einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Durchführung von Arbeiten im warmen Gestein. Ist die Luft heiss, aber trocken, so ist der Aufenthalt in derselben vom Menschen viel leichter zu ertragen, als wenn sie mit Wasserdampf gesättigt ist. Im Gotthard waren die Quellen (abgesehen von Thermen, die im Serpentin angefahren wurden) stets wärmer als das sie bergende Gestein, wenn letzteres mehr als 25° hatte.

Im Jänner-Februar-Hefte 1880 der Revue universelle wendet Dr. Stapff seine Erfahrungen auf den projectirten Simplontunnel an, von welchem er das genaue Profil besass.

Nach dem Projecte Lommel's, dem Director der Simplongesellschaft, soll dieser Tunnel eine Länge von 18504m erreichen, und es soll auf eine Strecke von 2,5km die durchschnittliche Höhe des überragenden Gebirges 2220,6m betragen. Für die genannte Strecke nun calculirte Dr. Stapff die Temperatur mit 47,7°.

Dem berühmten Berliner Physiologen E. du Bois-Raymond zufolge ist bei trockener Luft eine Temperatur von 77° absolut tödtlich, continüirliche Arbeiten sind bei 50° nur schwer mehr möglich. Ist die Luft jedoch mit Feuchtigkeit gesättigt, so ist eine Temperatur von 40° schon tödtlich.

Dr. Stapff kommt zu dem Schlusse, dass der Tunnel nach Lommel's Projecte undurchführbar oder doch ungemein kostspielig sei, da bei feuchter Atmosphäre, wie sie beim Tunnelbau zumeist sich zeigt, die Arbeiter die Temperatur von 47,7° nicht zu ertragen vermögen.

Den 14900m langen Gotthardtunnel überlagert ein Gebirgsstock, dessen Gipfel auf eine Strecke von etwa 0,5km 1700m (über dem Tunnel) Höhe erreicht; die höchste Temperatur des Gesteins war 30,2°. Im Mont-Cenis arbeitete man in Temperaturen bis zu 29,5°, der Tunnel ist circa 12000m lang und ruht ein Gebirge von 1600m Höhe über ihm. Die Herstellungsarbeiten

gingen bei beiden wohl schwierig, aber doch continuirlich vorwärts. Ein gutes Beispiel für Arbeiten in hohen Temperaturen haben wir ferner an den Comstockgruben; die Wärme der trockenen Luft beträgt hier 42 bis 46°; erreicht dieselbe jedoch 54 bis 57°, so muss die Arbeit eingestellt werden, da leicht plötzlicher Tod eintritt. Den Arbeitern gibt man Eiswasser zu trinken und kühlt sie von Zeit zu Zeit in eigenen Räumen ab.

Director Lommel unterzog Dr. Stapff's Theorie auf der Naturforscherversammlung zu Brieg (Revue universelle, Jänner-Februar-Heft, 1881) einer abfälligen Kritik, ohne jedoch etwas Besseres hervorzubringen. Ja er sagt geradezu, Dr. Stapff habe im Interesse der Gotthardbahn die Simplonlinie als Concurrentin zu schädigen oder deren Ausführung zu verhindern versucht und deswegen obgenannten Artikel geschrieben.

In seinen Ausführungen legt Lommel grossen Werth auf die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Gesteine für Wärme, die Dr. Stapff nur in zweiter Linie erwähnt. Der einzige greifbare Gesichtspunkt in seiner Abhandlung ist die kühlende Einwirkung der Atmosphäre bei grösserer Contactfläche, welcher Fall im Hochgebirge vorliegt.

Die aus dem Erdinnern kommenden Wärmestrahlen gehen nach Lommel den kürzesten Weg zur Oberfläche, woraus er schliesst, dass spitze hohe Bergmassen ganz abgekühlt sein müssen und daher ihre Bedeutung für die Temperatur des Tunnels wegfällt. Dies gesteht gewissermaassen aber auch Dr. Stapff zu, wenn er sagt, dass seine Formeln für Bergspitzen eine zu rasche Zunahme der Temperatur ergeben und die Isothermen sich hier von einander entfernen.

Gegen den Gipfel eines Berges zu wird das Verhältniss von Oberfläche zu Kubinhalt immer grösser, mithin der abkühlende Einfluss der Atmosphäre intensiver, abgesehen davon, dass die Luft je höher, desto kälter wird.

Für den Simplontunnel sind zwei Linien in Aussicht genommen; die eine würde von 2220m Gebirgsmasse überlagert, die andere aber, unter dem Passe de l'Aurona hingehend, nur von 1600. Hier begeht nun Lommel entschieden einen Fehler, wenn er sagt, die zweite Linie würde sich unter ebenso günstigen Verhältnissen herstellen lassen als der Gotthardtunnel, denn er übersieht, dass unter einem Thale oder Einschnitte die Temperatur um ebenso viel schneller wachsen muss, als dies unter einem Bergrücken langsamer der Fall ist. Es genügt hier nicht, die kürzeste Entfernung zur Passsohle zu nehmen und damit die Temperatur zu calculiren, weil auf letztere auch die zu beiden Seiten des Passes befindlichen Erhebungen erhöhend einwirken müssen.

Lommel glaubt, dass durch energische Ventilation die Temperatur im Tunnel sich um 10° herabdrücken lassen werde, wie dies in den Comstockgruben gelingt. Nach Dr. Stapff wäre eine solche Abkühlung nur mit ausserordentlichen Mitteln möglich. Wenn im Gotthard die Maschinen arbeiteten und alle Hähne offen waren, so fiel die Temperatur der Luft nur um 4° unter die

des Gesteins, während sie beim Wegschaffen des Hauwerkes letztgenannte um 4° überstieg. Einige hundert Meter vor der Arbeitsbrust war die Temperatur constant und gleich der des Gesteins. Die vom Gestein an die Luft abgegebene Wärmemenge ist eine so ungeheure und die Wärmecapazität der Luft ist eine so kleine, dass eine bedeutende Abkühlung der Luft im ganzen Tunnel fast ein Ding der Unmöglichkeit ist.

In Bezug auf die Lage des Richtstollens, ob nämlich derselbe in der Sohle oder First des Tunnelprofils zu legen ist, sind Dr. Stapff und Director Lommel derselben Ansicht, indem sich Beide für den Sohlstollen entscheiden.

Dass der Simplontunnel fertig gestellt werden wird, unterliegt wohl keinem Zweifel, da er in anderer Beziehung günstiger situirt ist. Die Seehöhe der Tunnelsohle ist eine bedeutend geringere als beim Gotthard, fertige Bahnen reichen bis in die Nähe der Mundlöcher des künftigen Tunnels und mehrere Tausende Pferdekräfte sind der Rhône und Riviera leicht zu entnehmen.

Für den Tunnelbauer und Bergmann ist es bei Arbeiten im Hochgebirge von Wichtigkeit, druckhafte und wasserreiche Stellen zu vermeiden und sollen deshalb zum Schluss noch einige Bemerkungen Dr. Stapff's Platz finden, wie aus der Beschaffenheit der Oberfläche auf das Vorhandensein in die Tiefe gehender Verwerfungen geschlossen werden kann.

Thäler und Schluchten mit wasserreichen, aus zeretztem Gestein bestehenden Sohlen verdanken ihren Ursprung zumeist grossartigen Dislocationen, welche, untertags angefahren, leicht verhängnissvoll werden können. Es ist deshalb bei Arbeiten im Hochgebirge das Terrain vor Inangriffnahme sorgfältig geologisch aufzunehmen und solchen Verwerfungszonen wo möglich auszuweichen. Der Gotthardtunnel hätte, 2km weiter westlich angelegt, viel leichter durchgeführt werden können, da man ausser geringerer Temperatur hauptsächlich Gneiss, anstatt zeretzten Glimmerschiefer, zu durchfahren gehabt hätte.

Bericht der französischen Commission

über die

Mittel gegen Explosionen schlagender Wetter.

Wie bekannt waren in Frankreich, England und Belgien Commissionen thätig zur Berathung der Mittel gegen die Explosionen schlagender Wetter und ist auch in Preussen eine Commission zu dem gleichen Zwecke Mitte dieses Jahres eingesetzt worden.

Es darf nun nicht vorausgesetzt werden, dass durch die Arbeiten dieser Männer ein Radical-Heilmittel gegen diesen gefährlichsten Feind des Bergmannes gefunden wird, aber doch dürfen wir erwarten, dass durch die gründliche Erörterung aller einschlagenden Fragen mehr Klarheit über das Wesen der schlagenden Wetter verbreitet wird, und schon dadurch würde manchem Unglücksfall vorgebeugt werden. Denn wir müssen es gestehen, wir kennen unseren Feind noch viel zu wenig.