

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Über die Wärmeleitung der Gesteine und deren Einfluß auf die Temperatur in der Tiefe.

Von **Joh. Koenigsberger.**

Der Einfluß der Wärmeleitung von Gesteinen auf die Temperatur in der Tiefe ist schon oft diskutiert worden. Die Ausführungen von E. SCHULZ¹⁾ veranlassen mich, auf diese Frage wieder zurückzukommen. Die verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Gesteine muß, wie die Theorie der Wärmeleitung zeigt, die Temperatur in der Tiefe beeinflussen. Wie stark aber dieser Einfluß ist, hängt erstens von der Größe der Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit, zweitens von den Begrenzungen und den Mächtigkeiten der verschiedenen Gesteine ab.

Für die Vergleichung der Wärmeleitung verschiedener Gesteine und Mineralien kann man nicht irgendeine Tabelle mit den Bestimmungen der absoluten Wärmeleitfähigkeit verwenden. Das wurde schon früher gezeigt²⁾; hier seien, um das zu beweisen, nur einige Werte von guten Beobachtern gegeben.

Material	λ (k)	Beobachter
Marmor	0,0071	LEES
»	0,0082	G. STADLER
»	0,0050	PEIRCE und WILSON
»	0,0048	HECHT
Granit	0,00041	R. WEBER
»	0,0076 bis 0,0097	G. STADLER

Aus den obigen Zahlen läßt sich daher nach Belieben folgern, daß Marmor viel besser als Granit leitet, oder das Umgekehrte. Man darf also nicht die Zahlen aus irgend einer Tabelle entnehmen, sondern man muß entweder nur Zahlen vergleichen, die ein Autor nach einer Methode erhalten hat, oder selbst nach einer Methode Messungen anstellen, wie wir das getan haben, oder versuchen, sehr kritisch mit eingehender Kenntnis der Methoden die Zahlen zu sichten. Wir wollen zunächst erörtern, wie es sich mit der Leitfähigkeit der einzelnen Mineralien verhält. Quarz hat,

¹⁾ E. SCHULZ, Geol. Rundsch. 4, p. 132, Anm. 3. 1913.

²⁾ Zentralbl. f. Miner. 1907, p. 200.

wie aus den neuesten besten Bestimmungen von A. EUCKEN¹⁾ folgt, parallel zur Achse bei $30^\circ \lambda = 0,0294$, senkrecht zur Achse $\lambda = 0,0156$. Für Kalkspat ergibt sich im Mittel von parallel und senkrecht zur Achse aus den neuesten besten Bestimmungen von EUCKEN und CH. LEES im Mittel 0,010; für Marmor nach den neuesten besten Bestimmungen in Übereinstimmung mit den Messungen von H. GOELZ und dem Verf. $\lambda = \text{etwa } 5 - 7 \cdot 10^{-3}$. Wie EUCKEN¹⁾ gezeigt hat, und auch schon aus den Messungen von LEES²⁾ zu ersehen war, besitzen die einheitlichen Krystalle ein größeres Wärmeleitungsvermögen mit einer anderen Temperaturabhängigkeit, als die aus denselben Mineralien bestehenden, aber diese in feinen Körnern enthaltenden Gesteine. Bei einem Gestein, das nahezu aus reinem Quarz besteht, wird die Wärmeleitfähigkeit aus zwei Gründen kleiner sein, als die an einem einheitlichen Krystall gemessenen Werte, 1. weil überhaupt Trennungsflächen zwischen den einzelnen Mineralkörnern vorhanden sind, 2. weil zwischen diesen bei den Laboratoriumsversuchen sich häufig noch Luft befindet. Die Luftzwischenräume verkleinern aber ganz wesentlich die Wärmeleitfähigkeit der trockenen Gesteine; denn die Luft ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. So ist z. B. von G. STADLER für einen wenig dichten trockenen Molassesandstein $\lambda = 0,0034$, für einen dichten trockenen Sandstein $\lambda = 0,00814$ gefunden worden, während nach neueren Messungen von B. HECHT³⁾ normaler, trockener Sandstein etwa $\lambda = 0,0050$ besitzt. Wenn ein poröses Gestein, das Luft enthält, mit Wasser angefeuchtet wird, so nimmt seine Wärmeleitfähigkeit sehr erheblich, unter Umständen bis auf das Doppelte und Dreifache zu⁴⁾. Da nun in der Natur die Gesteine in nicht allzugroßer Tiefe bergfeucht zu sein pflegen, muß man bei Messungen die Gesteine in feuchtem Zustand miteinander vergleichen. Unter diesen Bedingungen zeigen, wie wir nach der zuverlässigen Methode von W. VOIGT gemessen haben⁵⁾, normaler Granit, Gneis (im Mittel) und Kalk, sowie Marmor praktisch nahezu das gleiche Wärmeleitungsvermögen.

Sandsteine und Quarzite spielen in den von Tunnels durchquerten Gebirgen der Alpen nur eine untergeordnete Bedeutung; daher haben wir diese nicht mit untersucht. Jedenfalls ist die Bemerkung von Herrn E. SCHULZ nicht zutreffend, daß die verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Gesteine in den Alpen für die Tiefenstufe von wesentlicher Bedeutung sein muß.

Der Einfluß des Wassers als Bergfeuchtigkeit muß ferner nach dem

1) A. EUCKEN, Ann. d. Phys. [4] 34, p. 215, 1911.

2) CH. LEES, Phil. Trans. Roy. Soc. London, 204, p. 433, 1905.

3) Literatur vgl. Handbuch d. Physik, her. von WINKELMANN, Artikel Wärmeleitung von L. GRAETZ, Leipzig 1906.

4) Vgl. die Messungen von HERSCHEL und LEBOUR bei J. PRESTWICH, Proceed. R. Soc. London 1886. Nr. 246.

5) Messungen von H. GOELZ, bei J. KOENIGSBERGER und M. MÜHLBERG, N. Jahrb. f. Min. Bld. 31, p. 141. 1911.

oben Gesagten ausgleichend zwischen porösen und weniger porösen Gesteinen wirken, weil an Stelle der schlecht leitenden Luft das weit (100 mal) besser leitende Wasser tritt.

Daß parallel geschichtete Gesteine eine mit der Richtung verschiedene Wärmeleitfähigkeit besitzen, ist von viel größerer Bedeutung, obgleich auch hier, wie wir direkt durch Versuche nach der Methode von SÉNAR-MONT zeigten, die Bergfeuchtigkeit die Unterschiede wesentlich verringert.

Eine andere Frage wäre die, ob ganz dichte Quarzgesteine eine wesentlich größere Wärmeleitfähigkeit, als die anderen Gesteine besitzen. Das dies bezüglich der gewöhnlichen Sandsteine nicht der Fall ist, folgt aus den Messungen von G. STADLER¹⁾.

Man darf natürlich nicht, wie schon erwähnt, absolute Messungen verschiedener Autoren miteinander vergleichen, sondern muß die Werte, die ein Autor nach einer Methode an verschiedenen Gesteinen erhalten hat, allein benutzen.

Dichte Quarzite sind im allgemeinen in der Natur recht selten. Nehmen wir aber an, daß in dem von Herrn SCHULZ untersuchten Fall dichte Quarzite mit wesentlich größerer Wärmeleitfähigkeit vorliegen, so muß doch noch die zweite Bedingung, Begrenzung und Mächtigkeit der Gesteine, beachtet werden. Wie an anderer Stelle gezeigt, folgt aus der Theorie der Wärmeleitung, daß eine Einlagerung von Gesteinsschichten mit größerer oder kleinerer Wärmeleitfähigkeit nur dann eine erheblich andere Temperatur besitzen kann, wenn dies Gestein eine große Mächtigkeit besitzt, und auch nur dann in größerer Entfernung, 100—200 m von der Grenze. Ein Temperatursprung kann im Erdinnern überhaupt nicht statthaben, sondern nur, auch wenn wirklich die Wärmeleitfähigkeiten recht verschieden sind, ein langsamer Übergang.

Daß die Gesteinsbeschaffenheit die Erzführung stark beeinflusst, ist schon lange bekannt und an vielen Stellen beobachtet worden. Doch ist die Wirkung des Nebengesteines recht verschieden, mitunter, so z. B. bei den Erzgängen in Sardinien, haben poröse Kalke die Erzausscheidungen begünstigt. An anderen Orten sind es wieder die Quarzite, in die das Erz eindringt. Aus eigener Anschauung ist mir da Almaden bekannt. Hier ist eine ganz scharfe Scheidung zwischen Schiefer und Quarzit. Im Quarzit dringt der Zinnober auf vielen kleinen Spalten in das Gestein ein und bildet ein bis 1 m mächtiges Mischgestein von Zinnober und Quarzit. Am Schiefer dagegen setzt der Gang ganz scharf auf 1 cm ab. Der Hauptgang selbst durchsetzt in gleicher Mächtigkeit und Reinheit beide Gesteine. Mir scheint, daß, wie man wohl auch meist annimmt, der Einfluß des Nebengesteins auf verschiedene Ursachen, in erster Linie aber auf chemische Wechselwirkung zurückzuführen ist. So

¹⁾ G. STADLER, Bern 1889. Bestimmung des absoluten Wärmeleitungsvermögens.

werden z. B. alkalicarbonat- und -sulfidhaltige Lösungen, die sehr wohl, wie die Versuche von C. DOELTER zeigen, sulfidische Erze führen können, Kieselsäure als Quarz auflösen, während sie Tone kaum angreifen werden. Zweitens wird die größere mechanische Festigkeit der Quarzite dahin wirken, daß einmal geöffnete Spalten längere Zeit offen bleiben und so die Zirkulation der Lösungen erlauben.

Wenn in den oberschlesischen Zink- und Bleierzlagerstätten Quarz da auftritt, wo der Gang quarzreiche Grauwacke durchsetzt, und dort auch der Spateisenstein sehr mächtig ist, so dürfte das meiner Ansicht nach wahrscheinlich eher auf einen chemischen Prozeß, bei dem zuerst Spateisenstein ausgefällt und Quarz gelöst wurde, als auf verschiedene Wärmeleitung zurückzuführen sein. Der Quarz kann dann etwas höher oben im Gang bei der allmählichen Abkühlung der aufsteigenden Lösung, wieder ausgeschieden worden sein. Daß in dem Siegener Gebiet nach der Angabe von E. SCHULZ (p. 134), in Kalk nur die sulfidischen Mineralien und nicht Quarz und die Carbonate ausgeschieden wurden, ist gewiß sehr interessant, aber man findet in anderen Gegenden auch das Umgekehrte. Eine einfache Erklärung hierfür vermag ich nicht zu geben, aber die verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Gesteine kann damit nichts zu tun haben, wie oben dargelegt wurde, und wie gerade die Umkehr der Erscheinung zeigt.

Ich möchte noch kurz die Beobachtungen von W. BORNHARDT¹⁾ über die geothermische Tiefenstufe in den Siegener Bergwerken des Rheinischen Schiefergebirges besprechen.

BORNHARDT hat aus zahlreichen Beobachtungen die in verschiedenen Tiefen gemessenen Temperaturen auf Kurven anschaulich und die Tiefenstufe dargestellt; letztere ist im Mittel etwa 45 (42) m p. 1°. Ich gehe dahin mit W. BORNHARDT einig, daß große Erzmassen wegen ihrer erheblich größeren Wärmeleitfähigkeit die Tiefenstufe vergrößern können. Auch mag, wie schon oben erwähnt, die Wärmeleitfähigkeit der Quarzite tatsächlich etwas größer sein als die anderer Gesteine. Doch sagt W. BORNHARDT gerade bezgl. dieser Frage, daß er sich nicht getraue, aus dem von ihm gesammelten Material bestimmte Schlüsse in dieser Richtung zu ziehen.

Hinsichtlich der Brauchbarkeit der Messungen von Temperaturen in Bergwerken läßt sich, wie ich glaube, folgendes sagen:

Schon eine geringe Luftzufuhr, die von selbst erfolgt, die sogenannte natürliche Ventilation, setzt die Temperatur im Bergwerk merklich herunter. Namentlich wirken die Schächte auch in warmen Gegenden nachts sehr stark. Es muß ein Raum lange abgeschlossen sein, damit er seine normale Temperatur annimmt, wie aus folgendem hervorgeht. Am Rammelsberg, in Rio Tinto, auch in den Schwefelgruben Siziliens sind

¹⁾ W. BORNHARDT, Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. Teil II. Berlin 1912. p. 386.

in abgesperrten Stollen viel höhere Temperaturen beobachtet worden und jetzt noch zu beobachten, als in dem offenen aber nicht ventilierten Bergwerk. In beiden macht sich als erwärmend und die normale Tiefenstufe verkleinernd der Oxydationsprozeß von Mineralien durch die wenn auch langsam diffundierende Luft geltend. Diese Oxydation geht aber in den nicht abgesperrten Stollen noch stärker vor sich; doch ist die Luftkühlung da so stark, daß die entwickelte Wärme größtenteils weggeschafft wird. — In einem Bergwerk in dem, wie im Siegener Gebiet, Mineralien fehlen, die sich oxydieren können, wird die natürliche Ventilation in den benutzten Stollen nur kühlend wirken und auch auf die abgesperrten Räume indirekt durch das Gestein hindurch sich geltend machen. Ob die große Tiefenstufe von 40—45 m, die sich, wie BORNNARDT zeigte, aus den Beobachtungen im Siegener Gebiet ergibt, zum Teil durch diese Bergwerkseinflüsse bedingt ist, läßt sich schwer entscheiden.. Es wäre möglich, daß in einer Bohrung im Siegener Gebiet bei normalen Bedingungen (keine Quelle) die Tiefenstufe sich etwas kleiner ergeben würde. Gleichwohl sind sorgfältige Messungen in Bergwerken, wie sie im Rheinischen Schiefergebirge angestellt wurden, von großem Wert, auch wenn, wie ich glaube, eine gewisse Unsicherheit bez. der Größe der jedenfalls geringfügigen Korrektur, noch herrscht.

Einige Wüstenerscheinungen aus nicht aridem Klima.

Von Paul Kessler.

Mit Tafel XII.

In seinem »Gesetz der Wüstenbildung«¹⁾ hat JOHANNES WALTHER eine Menge Einzelheiten über Verwitterungsformen der Wüste gebracht, so über Sandpolitur, Kantensteine, Rillensteine, Steingitter, Pilz-, Tisch- und Baldachinfelsen, Zeugen, Wadis und anderes. Durch seine und seiner Vorgänger Forschung haben wir uns so daran gewöhnt, diese Formen als der Wüste angehörig zu betrachten, daß wir erstaunt sind, wenn wir ihnen in Nichtwüsten begegnen.

Wenn wir in vegetationsarmen Sandgebieten, die einzelne Verhältnisse der Wüste widerspiegeln, auch einzelne Verwitterungsformen der Wüste treffen, wenn wir etwa am Nordseestrände prächtig windpolierte Geschiebe finden, so kann uns das wenig überraschen; anders, wenn wir die Formen in bewaldeten Gegenden oder in Tongebieten nicht ariden Klimas wiederfinden.

B. G. ESCHER²⁾ hat neuerdings auf Rillensteine von der Rötialp im Tödigebiet aufmerksam gemacht, die alle Erscheinungen der Rillen-

¹⁾ Die Zitate beziehen sich auf die zweite Auflage.

²⁾ Über die Entstehung des Reliefs auf den sogenannten »Rillensteinen«. Geol. Rundschau Bd. IV, H. 1, 1913.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Koenigsberger Johann G.

Artikel/Article: [Über die Wärmeleitung der Gesteine und deren Einfluß auf die Temperatur in der Tiefe 409-413](#)