

Ueber die heute mit der Drehwage von Eötvös bei Feldmessungen erreichbare Genauigkeit und über den Einfluß der geologischen Beschaffenheit des Terrains hierauf.

Von J. Koenigsberger, Freiburg i. B.

Zusammenfassung.

Die instrumentellen Fehlerquellen der heute vorhandenen Drehwagekonstruktionen, die etwa $\pm 1\%$ betragen, werden diskutiert. Der Gesamtfehler bei Bestimmung der Geländekorrektur ist ebenso groß. Das größte Hindernis für genaue Messungen bildet meist Inhomogenität des Terrains unter der Oberfläche, wie an Beispielen dargelegt wird. Das Alluvium breiter Ebenen ist am besten für Messungen, Alluvium eines engen Flußtales ist weniger gut; ungünstig sind Diluvium und Glacial. Die geologische Bodenuntersuchung gibt von vornherein die Anhaltspunkte für die Beurteilung der möglichen Feldgenauigkeit der Messungen. Die mit Drehwage ermittelten Attraktionskomponenten lassen sich nach ihren Ursachen in fünf Anteile zerlegen. Die nächsten Aufgaben der Drehwagentechnik sind Höherstellen der Drehwage und Beschleunigung der Messungen.

Inhaltsübersicht.

1. Die instrumentellen Fehlerquellen.
2. Die Fehlerquellen in den Geländekorrekturen.
3. Hauptabschnitt: Die Inhomogenität des Erdbodens als Fehlerquelle und die damit für praktisch brauchbare Resultate maßgebenden geologischen Bedingungen.
4. Die Teilerlegung der Attraktionsänderungen nach ihren geologischen Ursachen.
5. Feststellung und Elimination der geologischen Fehlerquelle der Inhomogenität.

1. Die Drehwage von Eötvös ist heute eines der wichtigsten Hilfsmittel der praktischen Geophysik, der Schwesterwissenschaft der praktischen Geologie. Mit ihrer Hilfe erkennt man durch gewaltige, Hunderte von Metern mächtige Massen von Alluvium, Diluvium, Wüstensand hindurch Dichteunterschiede und damit die geologische Struktur des Untergrundes, aus der dann der praktische Geologe das Vorhandensein nutzbarer Vorkommen erschließt. Wie genau das möglich ist, hängt von verschiedenen Bedingungen ab, die hauptsächlich geologischer Art sind und im folgenden erörtert werden.

Bei einem physikalischen Instrument kommt es bekanntlich nicht darauf an, daß der Längs- oder der Winkelausschlag möglichst groß ist, was sich durch Vergrößerungen der Strecken, Reflexionen usw. stets erreichen läßt, sondern darauf, welches die kleinste, sicher noch ablesbare Veränderung ist, und zweitens vor allem, mit welcher Genauigkeit der Ausschlag unter den üblichen Bedingungen der Messungen reproduzierbar ist. Im allgemeinen wählt man die erste Größe, halb so klein, als die letztere im günstigsten Fall sein kann. — Bei Messungen

mit der Drehwage von Eötvös im Feld ist deren Genauigkeit erstens durch die Eigenschaften des Apparates bei wechselnden meteorischen Einflüssen bestimmt, zweitens durch die Beschaffenheit des Bodens, auf dem der Apparat steht, bzw. durch die Sicherheit, mit der die Bodenbeschaffenheit in Rechnung gesetzt werden kann.

Feuchtigkeitswechsel hat auf den Apparat keinen Einfluß. Keine Ungenauigkeit, aber ein Versagen der Drehwagen wird durch das Kleben, das Anhaften der Drehwage an den Seitenanschlüssen hervorgerufen. Es beruht zum Teil auf Kapillaritätswirkungen der auch die Metalle überziehenden Wasserhäute und wird daher besonders störend bei hoher relativer Feuchtigkeit, namentlich dann, wenn der Taupunkt in der Wage unterschritten ist und Wasser sich niederschlägt. Da letzteres auch optisch an den Linsen stört, empfiehlt es sich, an dem unteren, gut abgedichteten Kasten oder dem unteren Rohr ein leicht auswechselbares Chlorkalziumgefäß bestimmter Konstruktion anzubringen. Wenn man aber die Seitenanschlüsse aus Schneiden harter Oxyde oder Sulfide der Schwermetalle macht, so stellt sich an Stelle der anziehenden eine vielleicht nur scheinbar abstoßende Wirkung ein, und das Kleben ist vermieden.

Luftzug und Luftdruckänderungen können schon eher Störungen verursachen. Eine gleichmäßig gute, aber nicht vollständig luftdichte Abdichtung ist am geeignetsten. — Der Einfluß von Luftströmungen im Apparat ist, wie mir Versuche mit sehr geringem Wärmeschutz mit nur einem Gehäuse bei einer Gehängemasse von 30 g zeigten, geringer als meist angenommen wird. — Die einzige, wirklich gefährliche und schwer zu beseitigende Störungsquelle ist der Einfluß rasch wechselnder Temperatur auf die Nullage der Aufhängungsdrähte. Erfahrungsgemäß ist diese Störung bei steigender Temperatur größer als bei fallender; sie hängt auch vom zeitlichen Differentialquotienten ab, der als Temperaturanstieg in der Sekunde oder Minute definiert werden kann. — Die Nullage ändert sich außerdem unabhängig von äußeren Einflüssen bei Desarrätieren der Wage infolge der damit einsetzenden Spannung des Drahtes. Wenn der Draht nach einiger Zeit, die je nach der Temperbehandlung und der Art der Arrätierung verschieden ist, sich ausgehängt hat, so bleibt

der Nullpunkt konstant. — Man kann heute Drähte herstellen bzw. unter vielen auswählen, die bei Messungen an einem einzelnen Platz mit ganz wechselnden meteorischen Bedingungen (mit Ausnahme von etwa 1—3 Stunden vom Sonnenaufgang an) stets eine Genauigkeit von etwa $\pm 0,5$ —1 Eötvös¹⁾ geben. Der Ausnutzung dieser Meßgenauigkeit des Apparates bei Feldbeobachtungen stellen sich aber Hindernisse in den Weg.

2. Der Boden in der nächsten Nähe der Drehwage übt in zweierlei Hinsicht Wirkungen aus, die nur bis zu einem gewissen Ausmaß kontrollierbar und berechenbar sind; erstens bezüglich der Terrainkorrekturen, zweitens bezüglich der Inhomogenität. Wir wollen im folgenden schätzen, wo die Schwierigkeit bei der Bestimmung dieser Größen einsetzen.

Bekanntlich hat Eötvös ähnliche Formeln, wie sie bei der Korrektur von Pendelmessungen verwendet werden und die sich aus dem Gravitationsgesetz direkt ergeben, in eine für die Praxis der Drehwage bequeme Form zusammengefaßt²⁾.

Man kann diese Formeln in zwei Teile zerlegen. Der eine bezieht sich auf einen Kreis mit dem Radius von 3 m um die Drehwage. Man muß hierfür die Winkelneigung des Terrains in der NS(ϵ)- und OW(α)-Richtung bestimmen, wobei ein Ansteigen nach N als positiv gerechnet wird. Der zweite Teil verwendet die durch Nivellierung ermittelten, in Zentimeter ausgedrückten Höhendifferenzen in 5, 20, 50 und 100 m Abstand.

Die in der ursprünglichen Abhandlung von Eötvös enthaltenen Zahlen für die Dichte 1,8 sind später von ihm selbst und seinen Mitarbeitern, insbesondere St. Rybar, verbessert worden. — Eötvös gab zuerst für ϵ und α den Faktor 7,68, später 7,69.

E. Schweydar zeigt, daß nach dem Ansatz Eötvös der Faktor 5,77 ist, während sich nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. O. Meißer aus dem Ansatz von Schweydar etwa 5,92 errechnen läßt.

1) Roland Eötvös hat in seinen Abhandlungen seine Messungsergebnisse ausgedrückt mit 10^{-9} als Zahlenfaktor. Diese Größe $1 \cdot 10^{-9}$ wird seither wohl allgemein als Einheit bei den Drehwagemessungen zugrunde gelegt. Man darf daher wohl der Kürze halber vorschlagen, diese Einheit (Eins durch eine Milliarde) in Anlehnung an andere analoge Bezeichnungen in der Physik mit 1 Eötvös = 1 E zu bezeichnen (vgl. Aufsatz des Verf. in *Petroleum* 20, 723, 1924, und E. Schweydar, *Zeitschr. f. Geophysik* 1, S. 81, 1925).

2) R. Eötvös (Abhandlung 5, allgem. Konferenz der internationalen Erdmessung, Budapest 1906, vgl. ferner die etwas andere Zusammenfassung von E. Schweydar, *Zeitschr. f. Geophysik*, l. c., der zu bequem anwendbaren Formeln kommt, deren Koeffizienten auf einige Prozent genau sein dürften.

In dem Faktor von ϵ und α besteht also, wenn man den Wert 5,8 zugrunde legt, doch noch eine Unsicherheit von etwa $\pm 0,12$. Das bedingt für den wohl häufigsten Fall einer Unebenheit von etwa 1° etwa $\pm 0,12$ E Unsicherheit.

Dabei ist vorausgesetzt, daß die Kreisfläche eben ist. Im allgemeinen findet man aber im Freien keine Ebene; es muß erst eine solche hergestellt werden. Wie die Erfahrung zeigt, ist ein Terrain im Freien schon dann als selten gleichmäßig zu bezeichnen, wenn die primären Neigungsunterschiede innerhalb von 1,5 m Radius kleiner als $\frac{1}{3}^\circ$ sind. Man muß meist das Terrain eben machen. Das beste Verfahren haben Eötvös und seine Mitarbeiter ausgebildet. Erde wird an den zu hohen Stellen weggenommen, an den zu niedrigen Stellen aufgeschüttet. Darauf wird der Platz mit einem dicken Holzpfahl oder einem Stampfer, der unten ein kleines Brett trägt, eingeebnet. Beim Einstampfen können Dichteunterschiede entstehen, die je nach der Bodenart und deren Feuchtigkeit bis zu 0,1 Einheiten des spezifischen Gewichtes betragen. Das Terrain sieht dann zwar oberflächlich eben aus, hat aber eine nicht sichtbare Dichtewellung.

Manches Terrain, z. B. Waldboden, läßt sich der Wurzeln usw. wegen überhaupt nicht einebnen.

Die experimentelle Bestimmung der Neigung in dem inneren Kreis geschieht mit Wasserwage und Winkelteilung. Einen weiteren Fehler gibt diese Neigungsmessung selbst. Wird die mit Wasserwage versehene Latte auf der einen der anderen Seite ein wenig fester aufgesetzt, so bekommt man Fehler von $\pm 0,1^\circ$ bis $\pm 0,15^\circ = \pm 0,6$ bis $\pm 0,8$ E. Die Kante der Latte soll weder sehr breit, noch sehr schmal, am besten etwa zwischen 5—10 cm breit sein. Bei den Messungen in verschiedenen Gegenden von Herrn O. Hecker, vom Verfasser und deren Mitarbeitern, zeigte sich, daß bei Wiederholung der Messungen die Unsicherheit in günstigen Fällen etwa so groß war, wie oben erwähnt, daß sie aber auch oft auf $\pm 0,2^\circ$, unter ungünstigen Bedingungen auf $\pm 0,3^\circ$ hinaufging. Im Mittel vieler Plätze hat der Fehler etwa $\pm 0,15^\circ$ betragen, im Wald war er größer.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Bestimmung des in die Geländekorrekturen einzusetzenden Dichtewertes, den Eötvös = 1,8 annimmt. In der Ungarischen Donaubene hat, da Eötvös dies annimmt, die Ackerkrume keinen von dem oberen Alluvialboden sehr verschiedenen Dichtewert. Doch ist dies z. B. ganz anders in manchem diluvialen Talboden, auf dem zu oberst etwa 10—30 cm lockerer sandiger oder mooriger Wiesenboden liegt, mit Dichten von 1,2—1,5. Dessen untere Grundfläche verläuft keineswegs stets der Oberfläche parallel, hat

also nicht überall gleiche Dicke. Daher müßte für die nächste Umgebung der Drehwage die Korrektur gesondert für die Oberflächenprofile des Wiesenbodens und des darunter lagernden Kieses ausgerechnet werden.

In ebenen Gegenden Norddeutschlands ist die Dichte der intensiv landwirtschaftlich bearbeiteten Humusdecke auch meist geringer als 1,8 und nicht selten je nach der Art des Pflügens auf kurzem Abstand wechselnd.

Im allgemeinen hat man mit einer Unsicherheit von $\pm 5-10\%$ bei dieser Dichtebestimmung zu rechnen. Die oben erwähnten Fehler werden sich, wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt, nicht voll summieren; man erhält als wahrscheinlichen Fehler etwa $\pm 1,0$ E.

3. Der in den meisten Fällen weitaus größere und bisher nur in sehr zeitraubender Weise zu eliminierende Fehler der Messungen rührt von der Inhomogenität des Terrains her.

Nach früheren freundlichen persönlichen Mitteilungen von Herrn Prof. Dr. D. Pekar beträgt der Unterschied der Messungen an zwei verschiedenen, um 10 m voneinander entfernten Plätzen auf gleichmäßigem Alluvialterrain¹⁾ der Ungarischen Tiefebene etwa $\pm 0,8-1,5$ E. Sowie der Kies weniger gleichmäßig gemischt ist, wird der Unterschied größer und wächst in der Ungarischen Tiefebene manchmal auf den doppelten, im Wald auf den dreifachen Wert an.

a) Systematisch mußte diese Frage bei Gelegenheit von Messungen in der Umgegend von Hamburg studiert werden. Der Geologe Herr Dr. E. Koch, ein ausgezeichnete Kenner der Gegend, hatte die Freundlichkeit, selbst die Bohrprofile festzustellen. Die Messungen wurden von Herrn Prof. Dr. O. Hecker und mir mit einer von R. Eötvös freundlich geliehenen Drehwage, mit der Eötvös selbst viel gemessen hat, ausgeführt.

Nr. 26. Diluvium: 20 m mächtig. — Pl. I. dg²⁾ nach N: $-2,7$ E; dg nach E: $+20,7$. — $U_1 = +13$; $U_2 = +1$. Bohrbe fund: Terrain einigermassen homogen. Von 0—0,45 m Ackerboden; $s = 1,95$. — Von 0,45—1,50 m lehmiger Sand; $s = 2,05$. — Von 1,50—2,50 m nasser lehmiger Sand; $s = 2,05$.

Pl. II. dg nach N: $-1,5$ E; dg nach E: $+23,4$. — $U_1 = +9$; $U_2 = -4$. Bohrbe fund: Von 0—0,40 m

1) Das eigentliche Alluvium ist etwa 2—15 m mächtig; das darunter lagernde Fluvio-glazial besteht ebenfalls aus gleichmäßig gemengten Sanden an nähernd derselben Dichte. Deshalb konnte Eötvös mit einer Dichtebestimmung ohne weitere Bohrung die Terrainkorrektur genügend genau ermitteln.

2) dg nach N ist die Aenderung der Schwerkraft je Zentimeter nach Norden, von Eötvös $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}$ bezeichnet; dg nach E nach Osten, $\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$. U_1 ist die von Eötvös als $\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$, U_2 die als $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$ bezeichnete Größe.

Ackerboden; $s = 1,90$. — Bis 1,50 m lehmiger Sand; $s = 2,10$. — Bis 2,50 m nasser lehmiger Sand; $s = 2,15$. — Man sieht, dg nach N und E stimmen an beiden Plätzen ganz gut überein, ebenso die Bohrprofile.

Nr. 23. Diluvium 30 m mächtig. — Pl. I. dg nach N: $+0,8$ E; dg nach E: $-5,5$. — $U_1 = -2$; $U_2 = -13$. Bohrbe fund: Von 0—0,35 m Ackerboden; $s = 1,75$. — Bis 1,45 m lehmiger Sand; $s = 1,90$. — Bis 2,65 m sehr lehmiger Sand; $s = 2,07$.

Pl. II. dg nach N: $-3,1$ E; dg nach E: $-2,0$ E. — $U_1 = +37$; $U_2 = -23$. Bohrbe fund: Von 0 bis 0,35 m Ackerboden; $s = 1,70$. — Bis 1,50 m lehmiger Sand; $s = 1,80$. — Bis 2,50 m sehr lehmiger Sand; $s = 2,00$. Pl. I u. II in 40 m Abstand voneinander. Das Bohrprofil ist für beide Plätze nahe übereinstimmend, daher auch leidliche Uebereinstimmung der Gradienten dg.

Nr. 21. Diluvium 25 m mächtig. — Pl. I. dg nach N: $-13,2$; dg nach E: $+1,0$. — $U_1 = +50$; $U_2 = +14$. Bohrbe fund: Ziemlich inhomogen. Von 0—0,50 m Ackerboden; $s = 1,70$. — Bis 1 m lehmiger Sand; $s = 1,75$. — Bis 2,30 m schwach lehmiger Sand; $s = 1,55$.

Pl. II. dg nach N: $-0,6$ E; dg nach E: $+6,6$. — $U_1 = +48$; $U_2 = +3,5$. Bohrbe fund: Von 0,40 m Ackerboden; $s = 1,60$. — Bis 1 m schwach lehmiger Sand; $s = 1,55$. — Bis 2 m lehmiger Sand; $s = 1,65$. Pl. II 40 m von Pl. I entfernt. Die Bohrprofile sind ebenso wie die Gradienten an beiden Plätzen merklich verschieden.

Nr. 28. Diluvium 10 m mächtig. — Pl. I. dg nach N: $+5,1$; dg nach E: $-0,4$. — $U_1 = -2,5$; $U_2 = +16,5$. Bohrbe fund: Von 0—0,30 m Ackerboden; $s = 1,75$. — Bis 0,80 m lehmiger Sand; $s = 1,90$. — Bis 2,50 m lehmiger Grobsand; $s = 2,00$.

Pl. II. 36 m Abstand von Pl. I. dg nach N: $-8,5$; dg nach E: $+7,9$. — $U_1 = +17,5$; $U_2 = -4,6$. Bohrbe fund: Von 0—0,20 m Ackerboden; $s = 1,70$. — Bis 0,85 m lehmiger Sand; $s = 1,80$. — Bis 2,3 m lehmiger Sand; $s = 1,90$. Bohrprofile und Gradienten an beiden Plätzen merklich verschieden.

Nr. Bu. — Die Plätze I—V sind 10—30 m voneinander entfernt. Die nicht sehr großen und nicht sehr verschiedenen Werte der U_1 und U_2 an den einzelnen Plätzen deuten darauf, daß in diesem Fall tiefer, in 3—30 m liegende Störungen des Diluviums neben der in 1—3 m stark wechselnden Dichte des Diluviums zu den großen Gradientenwerten beitragen. Die Hauptstörungen dürften in 10—20 m Tiefe liegen. Das Diluvium ist hier etwa 30—40 m mächtig. Die Messungsbedingungen waren außergewöhnlich günstig, nebeliges Wetter, ganz gleichmäßige Temperatur.

Pl. I. dg nach N: $-0,6$; dg nach E: $-1,8$. — $U_1 = +19$; $U_2 = +5$. Bohrbe fund: Von 0—0,50 m Ackerboden; $s = 1,65$. — Bis 1 m lehmiger Feinsand; $s = 1,90$. — Bis 2 m lehmiger Sand; $s = 2,0$. — Bis 3,10 m sandiger Lehm; $s = 2,10$.

Pl. II. dg nach N: -25 ; dg nach E: -30 . — $U_1 = +17$; $U_2 = +15$. Bohrbe fund: Sehr inhomogen. Von 0—0,50 m Ackerboden; $s = 1,55$. — Bis 2,45 m Feinsand; $s = 1,40$. — Bis 3,30 m Feinsand; $s = 1,80$.

Pl. III. dg nach N: $-3,9$; dg nach E: $-0,5$. — $U_1 = 0$; $U_2 = +15$. Bohrbe fund: Von 0—0,65 m Ackerboden; $s = 1,80$. — Bis 2,85 m sandiger Lehm; $s = 2,10$.

Pl. IV. dg nach N: $-8,3$; dg nach E: $-8,5$. — $U_1 = -30$; $U_2 = +10$. Bohrbe fund: Von 0—0,50 m Ackerboden; $s = 1,80$. — Bis 3,40 m sandiger Ton; $s = 2,10$.

Pl. V. dg nach N: +25; dg nach E: +14. — $U_1 = +6$; $U_2 = -5$. Bohrbefund: Von 0—0,35 m Ackerboden; s = 1,65. — Bis 1,25 m lehmiger Sand; s = 1,75. — Bis 2,75 m feinsandiger Lehm; s = 1,80.

Nehmen wir den Bohrbefunden, z. B. bei II, entsprechend eine ziemlich ausgedehnte Stufe von 1 m Höhe und 0,2 Dichteunterschied $\Delta\sigma$ an, an deren Rand zufällig die Drehwage steht, so erhält man nach der bekannten Formel (vgl. z. B. bei Eötvös)

$$\frac{dg}{ds} = 2G \cdot \Delta\sigma \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)$$

eine Wirkung von 18 E. Diese Störung hat also eine Größe, wie sie in den obigen Messungen als Unterschied zweier Doppelpätze gelegentlich auftrat. Meist waren die Unterschiede kleiner, weil die Lage der Drehwage gegenüber den Stufen und Linsen jede beliebige sein konnte. Will man die Vergleichung von Beobachtung und Theorie weitertreiben, so kann man entweder nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen mit bestimmten, aus den Bohrbefunden folgenden Annahmen einen mittleren Unterschied für zwei Doppelpätze berechnen und mit dem Mittelwert des experimentell für Doppelpätze gefundenen Unterschiedes vergleichen, oder man muß im Umkreis von etwa 5 m Radius um den Platz der Drehwage auf mindestens 3 m Tiefe das Terrain systematisch abbohren und danach rechnen. Letzteres Verfahren ist zeitraubend.

b) Noch weit stärker als im Diluvium von Hamburg sind die Inhomogenitäten und daher die Unterschiede der Gradienten im Fluvio-glazial von Andermatt (Schweiz). Der Tal-schotter des Urserentals bei Andermatt besteht aus normaler Moräne, aus solcher, die durch Bäche umgearbeitet ist und stellenweise aus grobem Alluvium kleiner Bäche. Hierfür sei nur ein Beispiel gegeben (Messungen von Herrn Prof. Dr. O. Hecker und dem Verfasser, mit Drehwagen¹⁾ der Ges. f. prakt. Geophysik, Freiburg i. B., der Konstruktion von O. Hecker).

1) Entscheidend für gutes Funktionieren der Eötvös-Drehwage in der Konstruktion von O. Hecker der Ges. f. prakt. Geophysik, Freiburg i. B., ist ebenso wie bei der ursprünglichen Konstruktion von Eötvös und bei der Konstruktion von Schweydar der Askania-Werke, Berlin, vor allem die Qualität der Aufhängedrähte. Werden diese Drähte von der fabrizierenden Firma nicht sorgfältig ausgewählt, oder wird beim Herausnehmen und Einziehen der Drähte beim Transport ein Draht nur ein wenig geknickt, so haben die Wagen keinen konstanten Nullpunkt, sondern unregelmäßige Aenderungen der Null-lage insbesondere bei rasch steigender Temperatur. Bei sinkender und langsam sich ändernder Temperatur sind die Nullpunktverschiebungen solcher ungeeigneter Drähte geringer, aber auch noch störend. Man nimmt daher beim Transport die Drähte am besten nicht heraus; die heutigen Arretierungs-vorrichtungen sind auch bei starkem Schütteln ausreichend. — Die Behauptungen von C. Heiland über

Es waren an einer Station, Platz I, die korrigierten Werte (die kartographische Korrektion ist für beide Plätze die gleiche):

dg nach N: — 16 mit Wage A und — 19 mit Wage B. Im Mittel: — 17,5; — dg nach E: Mit A = + 80, mit B = + 76; im Mittel: + 78. — Im Mittel: $U_1 = -80$; $U_2 = -50$. 10 m davon entfernt lag Platz II: dg nach N: Mit A = — 26, mit B = — 27; im Mittel: — 26,5; dg nach E: Mit A = + 44, mit B = + 50; im Mittel: + 47. — $U_1 = -84$; $U_2 = -32$.

Man sieht, daß die Gradienten der beiden benachbarten Plätze sich für $\frac{dg}{dx}$ um 9 E, für $\frac{dg}{dy}$ um 35 E unterscheiden.

Die Grabung und Dichtebestimmung zeigten, daß Kies von der Dichte 1,95—2,05 (sehr feucht) überlagert wird von einer dünnen, oben ziemlich ebenen Humusdecke mit einer Dichte, die zwischen 1,22—1,68 schwankt. Die obere Grenzfläche der Kiesunterlage ist gewellt. Die Humusdecke hat also stark wechselnde Dicke und Dichte.

In dem Kies der Dichte von rund 2,0 sind, wie die Grabungen zeigten, vielfach große zentnerschwere Moränenblöcke schon in 1 m Tiefe eingelagert. Es sind also die großen Unterschiede der Gradienten nicht verwunderlich. Die Differenzen der U_1 und U_2 an den beiden Plätzen sind etwas kleiner als die Differenzen der Gradienten. Die störenden Ursachen liegen also etwa unter $50-70^\circ$ unter den Plätzen.

Die hier gefundene Differenz erhält man unter Berücksichtigung der Gebirgskorrekturen und der ermittelten Gestalt des Felsuntergrundes, wenn man annimmt, daß die Wage an Platz I nahe nordöstlich, an Platz II nahe südöstlich von je einem Stein stand.

Die Moränenblöcke haben eine Dichte von 2,7—3,1; als Mittel sei 2,85 genommen. Ein kugelförmiger Block von 40 cm Radius (R), dessen Mittelpunkt im Abstand (z) unter der Oberfläche im Kies der Dichte 2,1 liegt, oder ein ellipsoidischer mit den Halbachsen von 20·50·60 cm, dessen obere Fläche 80 cm unter dem Boden liegt, gibt eine größte Wirkung von + 15 E nach der Formel (vgl. Petroleum l. c.) $23,6 \left(\frac{R}{z} \right)^3$ für den Dichteunterschied 0,1.

Für die beiden über Moränenblöcken liegenden Plätze ist der wahrscheinliche Effekt, das ist die Differenz zwischen Platz I und II, nach einem Satz der Wahrscheinlichkeitsrechnung, sowohl für dg nach N wie für dg nach E:

$$15 \cdot \sqrt{2} = 21 \text{ E.}$$

angeblich ungenügende Empfindlichkeit oder Genauigkeit der Konstruktion von O. Hecker als solcher sind unzutreffend, wie a. a. O. gezeigt werden soll.

Der experimentell gefundene, oben angegebene Mittelwert ist $25,5 - 17,5 = 9,0$ und dazu für dg nach N und $78 - 47 = 31$ für dg nach E, zusammen $\frac{17 + 31}{2} = 24$ E, entspricht also Blöcken der hier angegebenen Größe.

Der Effekt solcher Blöcke kann aber leicht noch größer sein. Wenn nämlich eine derartige, auf kleinen Raum konzentrierte Störung nur 1—2 m unter der Oberfläche bei der Drehwaage liegt, ist die Wirkung auf das hängende Gewicht erheblich größer als auf das obere, und diese beim Drehen der Waage hervortretende Asymmetrie gibt bei der üblichen Berechnung besonders große scheinbare Schwerkräftsänderungen.

Andererseits ist aber mit der maximalen Wirkung gerechnet, während eine beliebige Stellung der Drehwaage gegen den Stein wahrscheinlicher ist und kleinere Gradienten gibt. Beide Abänderungen an dem ursprünglichen Wert sind entgegengesetzt und heben sich etwa auf, so daß das erste Ergebnis als angenähert richtig gelten dürfte. Es deuten die kleinen Unterschiede zwischen den unkorrigierten U-Werten beider Plätze darauf, daß die störende Inhomogenität nahe vertikal unter der Waage beiderorts lag, also die Waage sehr wohl in der Zone maximaler Wirkung mindestens in einer Stellung stand. Die Grabung zeigte schon von 60 cm ab viele, zum Teil sehr basische, also schwere Moränenblöcke von etwa $\frac{1}{6} - \frac{1}{2}$ cbm Inhalt.

c) Viel günstiger als das norddeutsche Diluvium, wenn auch nicht ganz so homogen wie das des Donau-Tieflands Ungarn, ist das breite Alluvialgebiet des Niederrheins, in größerem Abstand über 1 km vom jetzigen Rheinlauf, da, wo das Diluvium teils umgelagert und ausgeglichen teils von mächtigen Alluvialdschichten überlagert ist. Schmale, rezente oder alte Flußläufe mit raschem Wechsel von Sand und Kiesbänken sind dagegen inhomogen und für Messungen ungünstig. — Die folgenden Beobachtungen wurden ausgeführt von Herrn Dr. O. Meißer, wobei Herr Dr. Andrau half, bei einem Meßauftrag der Gesellschaft für praktische Geophysik, dessen Leitung Herr Prof. Dr. O. Hecker und ich übernommen hatten. Die Art der Uebereinstimmung für Doppelplätze ist aus folgenden Daten zu ersehen:

Pl. 3 (I)	dg n N: — 0,1; dg n E: + 3,8; $U_1 = - 5$; $U_2 = + 5$.
Pl. 4 (II)	dg n N: — 7,9; dg n E: + 2,4; $U_1 = + 13$; $U_2 = + 1$.
Pl. 7 (I)	dg n N: — 6,1; dg n E: + 7,8; $U_1 = + 14$; $U_2 = + 18$.
Pl. 8 (II)	dg n N: — 7,6; dg n E: + 11,5; $U_1 = + 29$; $U_2 = + 17$.
Pl. 9 (I)	— 12,1; — 5,4; $U_1 = - 38$; $U_2 = + 57$.
Pl. 10 (II)	— 13,4; — 5,5; $U_1 = - 16$; $U_2 = + 15$.

Pl. 23 (I)	— 6,3; $U_1 = - 5$; $U_2 = - 1$.
Pl. 24 (II)	— 6,1; — 11,4; $U_1 = - 9$; $U_2 = - 2$.

Auffallend sind die großen und ziemlich stark verschiedenen U-Werte des Doppelplatzes 9/10, für das die Schwerkräftsänderungen recht gut stimmen. Hier sind also Inhomogenitäten ganz nahe der Oberfläche gelegen. — Die Uebereinstimmung ist, abgesehen von den dg n N für den Doppelplatz 3/4, gut.

Das homogene Alluvialgebiet wird aber quer von einer schmalen Zone durchzogen, in der benachbarte Plätze recht verschiedenartige Gradienten geben. Vermutlich liegt da ein abwechselnd Sand und Kies führendes engeres Flußtal im Alluvial, das jetzt auch von Ackerkrumme usw. bedeckt ist. Als Beispiel sei ein Doppelplatz dieser Zone angeführt.

Pl. 13 (I)	dg n N: + 13,1; dg n E: — 14,9; $U_1 = + 62$; $U_2 = + 6$.
Pl. 14 (II)	dg n N: — 0,9; dg n E: + 5,1; $U_1 = - 2$; $U_2 = + 43$.

Man sieht die verschiedenen und großen Werte der U des inhomogenen Doppelplatzes 13/14, die in Zusammenhang mit den verschiedenen Schwerkräftsänderungen auf etwa von den Plätzen unter 45° gelegenen Inhomogenitäten weisen.

4. Man kommt auf Grund des oben Gesagten zu folgendem Ergebnis:

Die geologische Untersuchung des Terrains, auf dem die Drehwagemessungen ausgeführt werden sollen, oder die Anhaltspunkte, welche aus bereits vorhandenen geologischen Karten zu erhalten sind, ermöglichen von vornherein, anzugeben, ob das zu untersuchende Land homogen sein wird, und ob man mit einfachen oder höchstens Doppelmessungen schon genaue Ergebnisse erhalten kann, wie das in mächtigen ausgedehnten Alluvialebenen möglich ist. Ist das Alluvialgebiet schmal und nur einige 10—50 km breit, so können unsichtbare, alte Nebenflußläufe und Seitenarme usw. lokale Inhomogenitäten verursachen. Dagegen ist Diluvium in seiner ganzen Ausdehnung ungünstig, wenn es sich um genaue Messungen handelt, und zwar um so mehr, je größer das Moränenmaterial war.

Ebensogut für Drehwagenmessungen wie das Alluvium dürften mächtige äolische Ablagerungen sein, wenn das anstehende Gestein darunter annähernd eine pene plain bildet.

5. Die von Eötvös berechneten vier Attraktionskomponenten dg nach N und nach E, U_1 , U_2 kann man in verschiedene Teile nach ihren geologischen Ursachen zerlegen:

a) Der terrestrische Anteil, der, wie Eötvös zeigte, als normale Wirkung als an den $dg n N = \frac{\partial U}{\partial x \partial z}$ und an $U_1 = \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$ anzubringen ist.

b) Der Krustalanteil, der auf Anomalien der Schwerkraft beruht, deren Ursache bis zur unteren Grenzfläche der festen Erdkruste oder, was wohl auf dasselbe herauskommt, bis zur Ausgleichsfläche, also bis in eine Tiefe von 50—100 km hinabreicht. Dieser Anteil bezieht sich dementsprechend an der Erdoberfläche auf Strecken von annähernd gleicher Größe. Der Krustalanteil in Δg nach N und E wird am besten ermittelt aus dem Netz der Pendelmessungen, dessen Maschenweite von der Größenordnung 10—100 km ist. Z. B. war bei den S. 172 erwähnten Drehwagemessungen nach Th. Niethammer (vgl. dessen Isogammenkarte, Verhandl. Schweiz. Naturf.-Ges., Schaffhausen 1921) der Schwerkraftwert bei Realp, unter Berücksichtigung der topographischen Reduktion, 980, 329 und bei Andermatt 980, 345 in den betreffenden Höhen über dem Meere. Diese Differenz von 0,016 muß aber, da die Drehwagemessungen in nahezu ebenem Tal erfolgten, auf gleiche Höhe beider Pendelstationen reduziert werden. Man erhält dann eine Differenz im umgekehrten Sinn von 0,011. Daraus ergibt sich unter Berücksichtigung der geographischen Lage 5,5E für dg nach N und —9,0 für dg nach E. In der Richtung senkrecht zur Verbindungslinie Realp-Andermatt zeigen die Pendelmessungen erheblich kleinere Differenzen, die vernachlässigt werden können. Aus den Pendelmessungen ist ohne Hypothese über die Tiefenlage der krustalen Störung kein Wert für U_1 oder U_2 abzuleiten.

Anteil b könnte auch durch Mittelwertbildung der dg n. N. und n. E. festgestellt werden, wenn ein genügend großes Gebiet ausgemessen wurde (mindestens 100 qkm).

c) Der regionale Anteil erstreckt sich auf $\frac{1}{2}$ —10 km weite Strecken bzw. entsprechende Flächen. Als Beispiel sei aus Messungen am Niederrhein angeführt, daß dort der Mittelwert aller Messungen für dg nach N = +10E war. Bei Teilung in Hälften waren die Mittelwerte der Hälften nur um etwa 2E verschieden.

Am Niederrhein könnte aber auch eine verhältnismäßig große Krustalstörung vorliegen. Pendelmessungen, die das ergeben würden, fehlen (vgl. die Veröffentlichungen von Koßmat und von A. Born). Liegt eine Krustalstörung nicht vor, so steigt wahrscheinlich das Karbon unter dem Deckgebirge mit einer Neigung von etwa 2^0 nach Norden an.

d) Der lokale Anteil gliedert sich in drei Teile, den sichtbaren und den unsichtbaren Konfigurationsanteil und den geologisch-tektonischen Anteil.

α) Der auf die sichtbare Oberflächenform zurückführende Konfigurationsanteil (Berge, Schluchten usw.) wird mit Hilfe der kartographischen Korrekturen nach Eötvös eliminiert.

β) Hinzu tritt der Anteil der verdeckten unsichtbaren Oberflächenform des festen Gesteines, wenn man z. B. auf einem mit Schotter erfüllten Tal mißt, dessen fester Untergrund nicht eben ist. In der Mitte des Tales ist dieser Anteil kleiner, an den Rändern des Tales bzw. der Alluvialebene (vgl. die Messungen von Eötvös bei Arad) wird der unsichtbare Anteil mitunter sehr groß. Dieser Anteil β ist vielfach kaum von dem im folgenden erörterten Anteil zu trennen. Die Ausscheidung ist nur möglich, wenn der Geologe über einen der beiden, β oder γ , bestimmte Aussagen machen kann.

γ) Der geologisch-tektonische Anteil interessiert den praktischen Geophysiker. Auf diesen Anteil beziehen sich, auch wenn er meist von den anderen Anteilen nicht getrennt wurde und auch nicht immer getrennt werden kann, die Darstellung auf den bisher gegebenen Isogammen- und Gradientenkarten. Aus dem geologisch-tektonischen Anteil der Attraktionskomponenten dg werden die für die Auffindung und den Abbau von Naturschätzen wichtigen Schlüsse gezogen.

e) Der Platzanteil ist durch Einflüsse in nächster Umgebung der Drehwage bedingt. Soweit er die Oberfläche betrifft, wird er durch die Terrainskorrektionsformel von Eötvös ermittelt. Es bleibt dann als weiterer Platzanteil noch der in der vorliegenden Arbeit in 3. besprochene Inhomogenitätsanteil. Dieser wird am sichersten wohl durch Bildung von Mittelwerten der Messungen an zwei, drei oder vier, im Abstand von 10—40 m voneinander befindlichen Plätzen eliminiert. Zieht man von den Einzelwerten den Mittelwert ab, so hat man den Inhomogenitätsanteil.

6. Aus den vier Gradienten einer vollständigen Messung an einem Platz läßt sich noch nicht ersehen, ob eine Inhomogenität stört. Große U-Werte deuten auf letzteres. Doch kann, wie obige Beispiele und einfache theoretische Ueberlegungen zeigen, ein großer U-Wert auftreten, ohne daß die Schwereänderungen stark beeinflußt werden, wenn nämlich zufällig stärkere Inhomogenitäten nahe der Oberfläche, aber etwas weiter von dem Aufstellungsort der Drehwege liegen. Dann treten hauptsächlich die Störungen der Horizontalkomponenten, d. h. hohe U-Werte auf. Mit drei Stationen auf den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks von etwa 10—20 m Seite an Stelle von nur zweien kann man einen Mittelwert bilden, der höhere Genauigkeit besitzt. Doch auch dann wird der Fehler des Mittelwerts oft noch $\pm 5E$ betragen, und Dreiplatzmessungen erfordern mehr Zeit, also höhere Kosten als Zweiplatzmessungen.

5. Um den Einfluß der Inhomogenitäten und gleichzeitig auch den Einfluß der kleinen Unebenheiten des Terrains in der Nähe der Dreh-

wage zu verringern, bleibt nur der auch von Schweydar erwähnte Ausweg, die Drehwage höherzustellen. Das ist schon deshalb empfehlenswert, weil bei dem bisher üblichen Abstand von 1 m des Gehängeschwerpunktes vom Erdboden das untere Gewicht der Drehwage den Unebenheiten und Inhomogenitäten der nächsten Umgebung sehr erheblich näher ist als das obere¹⁾. Außerdem bietet eine Aufstellung in 1,5 m Höhe den Vorteil einer merklichen Verringerung der ϵ u. α -Terrainkorrektur, da in erster Näherung die Wirkungen der Differenz der dritten Potenz des Abstandes proportional sind.

Nehmen wir für eine kleine Inhomogenität in der Erde die Dichtedifferenz 0,15, im Horizontalabstand von 1 m von der Drehwage und in 0,5 m Tiefe unter der Oberfläche an, so ist deren Einfluß, wenn die Drehwage 1,5 m hoch steht,

1) Wenn die Inhomogenität, d. h. die anziehende bzw. abstoßende Masse einigermaßen gleichmäßig auf einen größeren Raum verteilt ist, so ist ihre Wirkung auf die Drehwage, wie K. Mader (Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 133, 117, 1924) zeigte, leicht zu berechnen. Doch diese Voraussetzung trifft für die Bodeninhomogenitäten vielfach nicht zu; letztere liegen unter der Wage unter Umständen nur 60 bis 100 cm vom hängenden Gewicht entfernt, während der Abstand vom anderen Gewicht 110—150 cm betragen kann. Beim Drehen in die drei Azimute macht sich dann der Unterschied besonders stark geltend. Mit sechs Stellungen, wovon je zwei um 180° verschieden sind, läßt sich die Unsymmetrie durch naheliegende Inhomogenitäten feststellen und eliminieren; aber dies Verfahren ist zeitraubend.

gleich 5,8 : 11,2, also rund die Hälfte, von der Wirkung bei 1 m Schwerpunktshöhe. Selbst für eine Inhomogenität, die z. B. 4 m Seitenabstand von der Wage hat und 1 m tief in der Erde liegt, beträgt der Unterschied für die beiden Aufstellungen noch 0,8 : 1. Allerdings nehmen die praktischen Schwierigkeiten für eine stabile Aufstellung im Feld mit der Höhe des Statives zu. Eine zweckentsprechende Abänderung der Ablese- und gegebenenfalls auch der Registriervorrichtung bietet keine Schwierigkeit; mittels Prismen können die Lichtstrahlen nach unten reflektiert werden. Die Höherstellung der Drehwage wird der nächste Schritt sein müssen, um die jetzt übliche Genauigkeit der Drehwagen von ± 1 bis $\pm 1,5E$ wirklich voll ausnutzen zu können. Die instrumentelle Genauigkeit oder gar die Winkelempfindlichkeit der Drehwage zu erhöhen, ist daher vorläufig zwecklos. Es waren wohl auch die hier dargelegten Gründe, die Eötvös veranlaßten, die Empfindlichkeit seiner Drehwage nicht weiter zu treiben, obgleich dies an sich keine großen Schwierigkeiten bietet. Die zweite Aufgabe der instrumentellen Drehwagenteknik für praktische Zwecke ist die Verkürzung der Messungszeit durch Herabsetzen der Schwingungsdauer und Vergrößerung der Dämpfung bei gleichbleibender oder nur wenig verringerter Genauigkeit. Die Genauigkeit sollte dabei nicht unter $\pm 2E$ sinken.

Zwei Eisenerzvorkommen marinsedimentärer Entstehung in Nordserbien.

Von Dr. F. Czermak, Graz.

(Mit zwei Abbildungen im Text.)

Die in dem Zeitraum von 1914—1918 in verschiedenen Gebieten des Balkans durchgeführten eingehenden geologischen Untersuchungen haben mehrfach zur Kenntnis von Eisenerzvorkommen sedimentärer Entstehung geführt, welche durch das Auftreten oolithischer Eisenerze charakterisiert sind und stratigraphisch an der Basis der transgredierenden Gosauschichten der Oberkreide liegen. Dieselben bilden einen in Serbien und Mazedonien vielfach verbreiteten Lagerstättentypus und werden von verschiedenen Autoren teils als Bohnerze, teils als Eisenpisolithe beschrieben: Koßmat¹⁾ erwähnt solche Vorkommen in Mazedonien von Gračane bei Raduse, zwischen Vardar- und Lepenac-Tal, nördlich von Uesküb, sowie aus dem Gebiet nördlich Veles, wo Jungmann ähnliche Lager fest-

gestellt hat. Ampferer und Hammer¹⁾ haben in der Gegend von Vardiste, an der früheren Grenze von Bosnien und Westserbien, solche Ablagerungen ebenfalls in beträchtlicher Erstreckung nachgewiesen. Koßmat hat insbesondere die Verbreitung und stratigraphische Stellung dieser Eisenpisolithe der Gosauschichten hervorgehoben²⁾, deren Auftreten in den erwähnten Gebieten stets an eine Unterlage von Serpentin gebunden erscheint.

Oolithische Eisenerze analogen Charakters treten auch in Nordserbien mehrfach auf und gehören hierzu zwei Lagerstätten, welche Ver-

1) F. Koßmat: Geologie der zentralen Balkanhalbinsel in „Die Kriegsschauplätze 1914—1918 geologisch dargestellt“, Heft 12, Berlin 1924, S. 90, 104, 105.

1) O. Ampferer und W. Hammer: Erster Bericht über eine 1917 im Auftrage und auf Kosten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften ausgeführte geologische Forschungsreise in Nordwestserbien. Aus den Sitzungsberichten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Abt. I, Bd. 126, Heft 9, Wien 1917, S. 4 (682).

2) Siehe Lit., S. 187, 188.

fasser 1917 kennenlernte. Dieselben werden in der deutschen Literatur gelegentlich erwähnt¹⁾, ihrer Entstehung und geologischen Stellung nach jedoch nicht näher gekennzeichnet. Obwohl die vorliegende Darstellung keinen Anspruch auf erschöpfende Behandlung erheben kann²⁾, sollen die beiden Vorkommen kurz beschrieben und einige charakteristische Momente hervorgehoben werden.

1. Guberevac—Ralja-Tunnel. Das Vorkommen liegt in dem Distrikt von Kosmaj, im

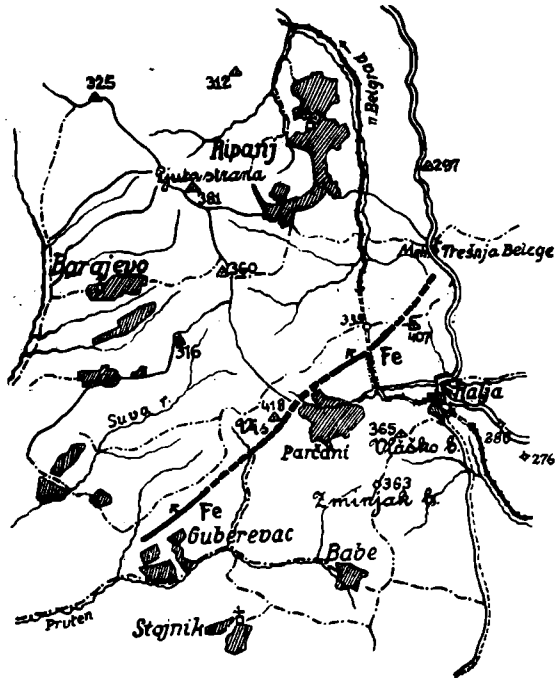


Abb. 1. Kartenskizze des Erzvorkommens Guberevac-Ralja-Tunnel. M.: 1:200000. Fe: Eisenerzlager.

Süden von Belgrad. Dasselbe erstreckt sich von dem Dorfe Guberevac mit generellem NO-Streichen über den Höhenzug nördlich Parčani, gegen die Hauptbahnlinie Belgrad—Palanka—Nis, quert dieselbe am Südausgang des großen Tunnels nördlich Ralja und läßt sich östlich der Bahnlinie noch bis in die Gegend der Mehana Tresnja Belega, an der nach Belgrad führenden Fahrstraße verfolgen (siehe Abb. 1).

Die in diesem Raum vorhandenen Aufschlüsse gehören mit großer Wahrscheinlichkeit einem einheitlichen Lagerzug an, welcher mit einigen Unterbrechungen, die auf Ueberlagerung und tektonische Störung zurückzuführen sind, eine

Gesamtausdehnung im Streichen von annähernd 12 km erreicht. In der Hauptsache scheint flaches Einfallen gegen NW vorzuherrschen. Teilweise scheint die Mächtigkeit eine sehr bedeutende zu sein, sie erreicht örtlich bis zu 10 m und darüber. Die auftretenden Erze sind durchweg braune oder braunrote Eisenoxydoolithe. Knapp nördlich der Ortschaft Guberevac geht das Lager auf größere Strecke mit bedeutender Mächtigkeit zutage. Dasselbe besteht jedoch hier nicht zur Gänze aus Eisenoolithen, sondern es wechsel-lagern dieselben mehrfach mit Bänken von groben Quarkonglomeraten mit dunkelrotem, eisenreichen Bindemittel. Ehemals bestand hier auf dem Lager ein kleiner Schurfbau. Nach einer größeren Unterbrechung im Gebiete der Höhe „Vis“ (418 m) sind Ausbisse neuerdings zwischen dem Dorfe Parčani und der Bahnstrecke bekannt, und bestand ein kurzes Stück westlich des Tunnels früher ebenfalls ein Schurfbau, dessen Halde noch sichtbar ist. Knapp westlich des Tunnelausganges sind in einem Steinbruch helle, korallenführende Kalke aufgeschlossen, welche die Basis der Eisenoolithe bilden. Nach Zujović¹⁾ gehören die Kalke der Gaultstufe an. Das im Tunnel aufgeschlossene Profil war nicht zu beobachten, da derselbe in Vollausmauerung steht, doch fanden sich Eisenoolithe unter dem Material der Tunnelhalde. Die Mächtigkeit des Lagers scheint hier eine geringe zu sein. Östlich des Tunnels ist die Fortsetzung der Lagerstätte ebenfalls durch Ausbisse nachgewiesen. Im Kriege wurden eine kurze Strecke südlich des früher erwähnten Steinbruches, zwecks Untersuchung des Oolithlagers, mehrere Schurfgräben angelegt; dieselben haben zwar nicht das Erzlager angetroffen, das hier größtenteils denudiert zu sein scheint, doch gestatteten die erzielten Aufschlüsse einen klaren Einblick in die Lagerungsform der Eisenoolithe, deren Liegendes wenige Meter unter der Dammerde aufgedeckt wurde: Die mit flacher Lagerung anstehenden Kreidekalke sind konglomeratisch entwickelt, große, zum Teil wohlgerundete Kalkgerölle erscheinen durch ein mosaikartiges Bindemittel von feinem Kalkdetritus verkittet. Die wieder verfestigte konglomeratische Kalkbank ist karrenartig erodiert, und zeigten sich die gruben- und taschenförmigen Vertiefungen der Kalkoberfläche mit festem braunen Eisenoolith erfüllt. Die Lagerungsform der Oolithe erinnert hier lebhaft an jene der Hierlatzschichten des alpinen Lias im triadischen Dachsteinkalk. Die letztere Beobachtung, nebst der örtlichen Wechsellagerung der Oolithe mit groben Konglomeratbänken, zeigt unzweifelhaft den Transgressionscharakter der Ablagerung.

1) C. Doelter: Die Mineralschätze der Balkanländer und Kleinasien, Stuttgart 1916, S. 65—68.

2) Das Material für eine eingehende, stratigraphisch-paläontologische, sowie erz-petrographische Untersuchung war nicht mehr verfügbar. Ebenso waren die ursprünglichen Begehungsberichte und Erzanalysen, die in den Besitz von Metallhandelsinteressenten gelangten, nicht mehr zugänglich.

1) J. M. Zujović: Geologische Uebersicht des Königreiches Serbien. Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, 1866, Bd. XXXVI, Heft 1, S. 71.