№ 19. XXIX. Jahrgang.

Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen.

1881. 7. Mai.

Verantwortliche Redacteure:

Hanns Höfer, o. ö. Professor an der k. k. Bergakademie in Přibram.

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 Přibram, 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.

Beiträge zur Spreng- oder Minen-Theorie.

Von

H. Höfer, Professor an der k. k. Bergakademie Přibram.

(II. Theil.)

Zur Entgegnung weiteres Beweismaterial.

Im letzten Jahrgange dieser Zeitschrift veröffentlichte ich eine Reihe theoretischer Studien, welche sich 1. mit den bei einer Sprengung auftretenden Sphären verschiedener Wirkung übersichtlich beschäftigte, 2. die Wurfsphäre eingehender abhandelte und 3. die zu dieser gehörigen Ladungen bestimmte. Schliesslich wurde an den Resultaten der grossartigen Dynamitminen, welche vor circa zehn Jahren bei Olmütz spielten, die Richtigkeit der Theorie erprobt.

Mittlerweile ist mir eine Reihe von Besprechungen jener Studie in deutscher und englischer Sprache, in montanistischen und militärischen Fachblättern bekannt geworden, welche mich durchwegs zur weiteren Verfolgung dieser Untersuchungen ermuntern. Ein Gleiches geschah auch in jener mit P. unterfertigten Kritik, welche in den „Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Genie-Wesens" (Bücheranzeige, Jahrg. 1880, S. 75) erschien; für die Beachtung meiner kleinen Arbeit und für die freundliche Aufnahme derselben in militärischen Kreisen fühle ich mich zum besonderen Danke verpflichtet. Denn von keinem Stande wurde vordem die Minentheorie mit solcher Ausdauer gepflegt, ja grossgezogen, wie von dem genannten; von dieser Seite musste ich deshalb die eingehendste Kritik erwarten, umsomehr, als das Geniecorps über ein ausgedehntes Beobachtungsmateriale verfügt, welches bisher zu anderen empirischen Formeln führte, als es die von mir aufgestellten sind.

Herr P. äussert sich unter Anderem auch in folgenden Worten: Höfer's Minentheorie „gipfelt in dem Satze, dass der Stoss der Explosionsgase sich ohne Kraftverlust fortpflanzt und somit die radialen Stosskräfte, welche in verschiedenen Kugelschalen auf die Flächeneinheit wirken, sich verkehrt wie die entsprechenden Kugelflächen oder wie verkehrt die Quadrate ihrer Radien verhalten. Sobald man diesem Ausspruche zustimmt, entwickelt sich die Minentheorie Höfer's mit Leichtigkeit. Durch einfache mathematische Ableitungen beantwortet er die wesentlichsten Fragen."

Doch mein Kritiker legt dem citirten Fundamentalsatz „nur die Bedeutung einer Hypothese" bei und hat noch einige andere Bedenken gegen denselben. Es möge mir gestattet sein, auf diese Bemerkungen zu antworten, indem ich es für nothwendig halte, die bisher aufgetauchten Bedenken — und mir wurden solche nur in den erwähnten „Mittheilungen" bekannt — zu beseitigen, bevor ich zum weiteren Ausbau meiner Spreng- oder Minentheorie schreite.

In meinen bisher veröffentlichten Studien habe ich den früher erwähnten Fundamentalsatz nur auf jene

Sphären beschränkt, „innerhalb welcher die vom Bergmanne oder Mineure angestrebten Zertrümmerungs-Wirkungen auftreten und für welche er von praktischer Bedeutung" ist. (S. 155[1]). Dass nicht die gesammte Kraft, welche im Minenherd durch Explosion frei wird, fortgepflanzt wird, sondern z. B. bei brisanten Explosivs ein Theil schon durch die Compressionsarbeit verloren geht, ist klar; doch fragt es sich, ob dieser Verlust ein so grosser ist, dass er von praktischer Bedeutung wird. Darüber musste die Erfahrung entscheiden.

Ich habe deshalb die ausgedehnten Olmützer Versuche zu Rathe gezogen und fand in denselben die Richtigkeit der auf Basis des erwähnten Fundamentalsatzes entwickelten Gleichungen bestätigt. Ich habe mir deshalb auch den Rückschluss auf die Richtigkeit und Brauchbarkeit meiner ganz allgemeinen Formeln erlaubt, ein Vorgang, der in der Forschung üblich ist. Gerne hätte ich noch ähnliche Proben mit anderen derartigen grösseren Minensprengungen vorgenommen, wenn mir vor einem Jahre, als ich jene Studien schrieb, ausreichendes Beobachtungsmateriale durch die Literatur zur Verfügung gestanden wäre.

Die Uebereinstimmung meiner Gleichungen mit den Olmützer Resultaten erklärt Herr P. aus dem Zufalle, dass alle Minen nahezu dieselbe Vorgabe (Widerstandslinie) von 11,42′ bis 12,00′ hatten. Die Kritik hat hiebei jedoch gänzlich übersehen, dass ich die Wirkung gegen Galerien (Gänge) ebenfalls auf die Trichterwirkung zurückführe, dass mit Berücksichtigung derselben die Vorgaben von 11,42 bis 24,50 Fuss variiren, und dass trotzdem die nach meinen Formeln berechneten Werthe durchwegs sehr gut mit jenen des Versuches übereinstimmen.

Ich verweise beispielsweise auf die Mine II, bei welcher der Wurfkegel 11,42′, die eine Flankengalerie 18,50′, die andere 21,08′ Vorgabe hatten; die hieraus abgeleiteten Werthe für den Radius der Wurfsphäre sind 26,0633′, 25,4160′ und 25,7455′, welche nach der Theorie gleich sein sollen; die beiden extremen Werthe weichen vom Mittel um 1,2—1,3% ab; ich glaube, dass doch eine solche Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung bei Vorgaben, welche um nahezu 100% differiren, also nicht unbedeutend variiren, eine volle Beachtung verdient und dass Herr P. die Beweiskraft, welche in den Olmützer Versuchen für meine Theorie liegt, nicht im Mindesten entkräfte. Die Versuche im Grossen, wo möglich in homogenen Materialien, müssen benützt werden, um die allgemeinen Gesetze der Minentheorie nachzuweisen; es wäre nicht räthlich, hiezu einige kleine Sprengungen, etwa gar in Mauerwerk von den ungleichförmigsten Cohäsionsgraden, zu benützen, indem wir dann die Gesetzmässigkeit durch viele zufällige Factoren verschleiert erhalten würden und nur eine sehr ausgedehnte Versuchsreihe zum Ziele führen könnte. Aus diesem Grunde werde ich jederzeit auf die Olmützer Versuche mit Vorgaben von 11,42—24,50, ein besonderes Gewicht legen.

Ich gehe noch weiter und wähle das Resumé aller Versuche, die bei Abfassung des „Technischen Unterrichtes für die k. k. Genie-Truppe (17. Theil)" berücksichtigt wurden. Daselbst heisst es auf Seite 28: „Auf Grund der **Erfahrungs**-Resultate lässt sich nun mit einer, für die praktische Anwendung hinreichenden Genauigkeit Folgendes annehmen;" die nun folgenden drei Gesetze lauten unter Zugrundelegung meiner Bezeichnungsweise:

„1. Die Kegelseiten aller so gesprengten Minen sind gleich gross, so lange die Kegeltangente $\gtreqless \frac{1,00}{1,50} = 0,6$ wird."

„2. Bei Minen, deren Kegeltangenten kleiner als 0,6 sind, wird nicht nur die Kegeltangente, sondern werden auch die Kegelseiten und Basisradien immer kleiner."

„3. Wird die Kegeltangente einigermassen grösser als $\frac{1,00}{0,75} = 1,3$, so kann man nicht mehr mit Sicherheit auf die Bildung eines vollständigen Wurftrichters rechnen — die Mine wird häufig schon als Dampfmine wirken. Letzteres wird fast immer der Fall sein, sobald die Kegeltangente $\gtreqless \frac{1,00}{0,50} = 2,0$ wird."

Ich habe im Vorstehenden, gewiss auf ausgedehntester Erfahrung basirt, auch den Verlauf meiner Wurftrichtercurve in allgemeinen Zügen skizzirt; denn:

Die ad 2 angegebene Eigenschaft, welche uns lehrt, dass Wurfkegel von kleinerer Kegeltangente als 0,6, welcher ein Winkel von 33° 40′ entspricht, sowohl an der Kegelseite als auch an Basisradius abnehmen, während darüber hinaus erstere wächst und letzterer kleiner wird, ist eine der marcantesten Eigenthümlichkeit meiner Wurftrichtercurve; dieser Wendepunkt liegt bei einem Basiswinkel von 35° 15′. (S. 181.) Gewiss verdient diese grosse Uebereinstimmung zwischen Theorie und ausgedehntester Erfahrung eine besondere Aufmerksamkeit.

Die ad 3 genannte Eigenschaft stimmt ebenfalls mit meiner Wurftrichtercurve überein, welche vom Basiswinkel $\alpha = 64°$ (tang $\alpha = 2,00$) ab nur wenig mehr an Vorgabe zunimmt, so dass, wenn letztere nur etwa $^1/_7$ zu gross genommen wird, aus einer noch ansehnlichen Trichtermine, wie es eine solche mit 64° Basiswinkel ist, eine Dampfmine entstehen muss.

Auf die ad 3 erwähnte Gefahr, dass man bei grossem Basiswinkel nur allzuleicht eine zu grosse Vorgabe nehmen kann und in Folge dessen nur eine untergeordnete oder gar keine Wurfwirkung erzielt, habe ich bereits früher auf Grund meiner Wurftrichtercurve hingewiesen (z. B. S. 161), wo es unter Anderem heisst: „Ferner ist bei der Ueberschreitung der normalen Vorgabe (tang $\alpha = 1,12$) die Gefahr, einen zu kleinen Wurfkegel zu erzeugen, etwa doppelt so gross, als wenn man mit der Vorgabe gegen die normale zurück-

[1]) In den Citaten bedeutet S. die Seitenzahl der Zeitschrift Jahrg. 1880.

bleibt. Dies scheint auch die Ursache zu sein, dass der Häuer, auf Basis seiner Erfahrungen, gewöhnlich der Ladung eine zu kleine Vorgabe gibt, was insbesondere bei härteren Gesteinen in der Regel der Fall ist."

Nach dem ad 1 aufgestellten Erfahrungssatze, unter Berücksichtigung jenes ad 3 angeführten, sollen die Kegelseiten für Basiswinkel von 34—53° (tang $\alpha = 0{,}6$ bis 1,3) annähernd gleich sein. Diesen beiden Winkeln entsprechen (S. 162) Kegelseiten (R_1) von 1,1616 und 1,3891, somit im Mittel 1,2755. Jene beiden extremsten Werthe weichen von diesem Mittel nur um 8—9% ab, also „eine für die praktische Anwendung hinreichende Genauigkeit", wie sich der „Technische Unterricht" auf Seite 28 ausdrückt. Die drei früher mitgetheilten und besprochenen Erfahrungssätze, welche der „Technische Unterricht" ganz allgemein hinstellt, entsprechen der von mir theoretisch entwickelten Wurftrichtercurve, welche aus dem von Herrn P. angefochtenen Fundamentalsatze abgeleitet wurde; Erfahrung und Theorie sind somit in vollends genügender Uebereinstimmung.

Versuchen wir es, die Richtigkeit der Wurftrichtercurve auch an den Erfahrungen anderer Mineure zu erproben; denn ist dieselbe erwiesen, so muss dann auch die Richtigkeit meiner ganzen Theorie zugegeben werden. Ich wähle hiezu keinen Geringeren als den Schöpfer der praktischen Regeln, nämlich Lebrun, dessen Schule auch heutigen Tages in mehreren Staaten viele, treuergebene Anhänger, insbesondere in militärischen Kreisen zählt. Ich habe bereits früher nachgewiesen, dass mein breitester Wurftrichter (Basiswinkel $= 35^\circ\ 15^1/_2{}'$) mit den Erfahrungen Lebrun's übereinstimmt (S. 181). Man könnte möglicher Weise einwerfen, dass ein solcher Wurftrichter noch zu nahe beim Minenherde liege und in Folge dessen die Kraftverluste noch weniger bemerkbar sind.

Nehmen wir deshalb sofort die grösstmögliche Vorgabe, also R_m, bei welcher schon eine Dampfmine u. zw. die grösste, entstehen wird. Lebrun führte bekanntlich diese auf die gleichseitige Mine (Basiswinkel $= 45^\circ$) zurück und fand nach seinen Erfahrungen, dass die Vorgabe der ersteren $^7/_4$mal grösser als die der letzteren ist.

Vergleichen wir diese Verhältnisszahl mit jener, welche aus dem Gesetze meiner Wurftrichtercurve abgeleitet werden kann. Aus der Tabelle I (S. 162) findet man die Kegelseite R für 45° mit 1,3066, der als Hypotenuse eines gleichseitigen Dreieckes eine Vorgabe von $\frac{1{,}3066}{\sqrt{2}} = 0{,}9239$ entspricht. Diese, mit dem Radius der Wurfsphäre R_m (oder der grossen Dampfmine) in ein Verhältniss gebracht, ergibt als Quotient $\frac{1{,}55401}{0{,}9239} = 1{,}682$.

Lebrun fand, wie erwähnt, bei seinen Versuchen hiefür 1,75, somit ist der theoretische Werth gegenüber jenem Lebrun's nur um 3—4% zu klein — eine Uebereinstimmung, welche man insbesondere mit Rückblick darauf, dass dieses Verhältniss in der Form eines gemeinen Bruches gegeben ist, mit vollem Rechte überraschend nennen muss. Ist hier ein Kraftverlust infolge einer etwa doppelt so grossen Vorgabe (für $\sphericalangle\ \alpha = 35^\circ$ und 90°) praktisch fühlbar? Es haben somit die Erfahrungen Lebrun's die Richtigkeit meiner Wurftrichtercurve gerade an den kritischesten Punkten einer Curve, an ihren Wendepunkten, in eclatanter Weise bewiesen.

Die Differenz der Anschauungen dreht sich schliesslich um die Gestalt der praktisch besonders wichtigen Ladungsformel; dieselbe wird in militärischen Kreisen schon seit vielen Decennien mit $L = c\,w^3$ geschrieben, in welcher L die Ladung in Kilogrammen, w die Vorgabe in Metern und c einen für dasselbe Gestein und Explosiv constanten Coëfficienten bedeuten.

Diese Formel ist auf das theoretisch vollends unmotivirte und unrichtige Axiom:

„Die Ladungen zweier ähnlicher Wurfkegel verhalten sich wie deren Volumen" basirt.

Doch schon lange fühlte man, dass diese Formel unzulänglich ist, man hat deshalb für überladene und zu schwach geladene Minen besondere Gleichungen aufgestellt.

Meine Ladungsformel, welche für alle Arten Ladungen gleich ist, lautet: $L = k\,w^2$, worin k ein für ein gewisses Gestein und Explosiv zu bestimmender constanter Coëfficient ist.

In neuerer Zeit kommen, insbesondere in Folge der Einführung der sehr brisanten Explosivs, für gewisse Zwecke die gestreckten Ladungen immer mehr zur Anwendung, bei welchen der Minenherd in die Länge gezogen ist und nahezu parallel zur freien Fläche liegt. Für diese Minenart empfiehlt der „Technische Unterricht (S. 77, Theil 17)" auf Grund der Versuchs-Ergebnisse die Formel $l = m\,w^2$, wobei bezeichnet „l das Gewicht der Ladung für das Längenmeter im Kilogrammen, w die Widerstandslinie (Vorgabe) in Metern, m einen Coëfficienten, welcher bei einem bestimmten Werthe des Verhältnisses der Trichterbreite zur Widerstandslinie" (also bei gleicher Kegeltangente) „nur vom Medium abhängig ist".

Aber in diesem Falle hat die Erfahrung auf eine Formel geführt, in welcher w = Vorgabe als Quadrat und nicht als Kubus erscheint und welche, wenn sie in der That allgemeine Giltigkeit beanspruchen will, auch auf concentrirte Ladungen anwendbar sein muss, da diese doch nur jenen speciellen Fall darstellen, bei welchem die Länge der Ladung ihrem Durchmesser gleich ist.

Sollte die erst in neuerer Zeit empirisch aufgestellte Ladungsformel für gestreckte Minen, welche mit der von mir theoretisch entwickelten vollständig übereinstimmt, nicht etwa ein Fingerzeig sein, dass die alte Ladungsformel $L = c\,w^3$, an der man so vielfache Umgestaltungen vornahm, welche jedoch durchwegs nicht befriedigten, da man an der dritten Potenz der Vorgabe festhielt, als unbrauchbar aufzugeben ist?

Herr P. hat ferner dagegen Bedenken erhoben, dass ich meine Wurftrichtercurve auch den „Betrachtungen

*

über die unterirdischen Minenwirkungen zu Grunde legte.“ Ich habe dies (S. 179) damit motivirt, dass ich sage: „Die Wirkung der Mine gegen die freie Fläche einer Flankengalerie ist unter gleichen Voraussetzungen ebenso, wie die gegen die freie Fläche am Tage, gegen welche hin ein ganzer Wurfkegel ausgeschleudert werden würde, wenn dieselbe eine freie verticale Wand bilden würde. Diese dort ganz naturgemässe Voraussetzung gilt auch für die Sohlengalerien, wie dies aus der Natur der Sache und aus meinen eigenen Auseinandersetzungen hervorgeht. Dass dies keine theoretische Voraussetzung ist, sondern auch von sehr erfahrenen Praktikern anerkannt wird, geht zweifellos ebenfalls aus dem „Technischen Unterrichte“ hervor, wo es auf S. 30 heisst: „Die unmittelbaren Wirkungen einer Mine gegen einen Gang“ (Galerie) „werden übrigens in den Nr. 19 und 20“ (darin werden die Trichterwirkungen gegen ganz freie Flächen abgehandelt) „dargestellten verschiedenen Abstufungen der Wirkung gegen eine, das Medium begrenzende Ebene entsprechen.“ Und sollte in dieser Hinsicht noch ein Zweifel über die identische Auffassung von Seite des „Technischen Unterrichtes“ und meiner Theorie bestehen, so wird derselbe gewiss durch die von ersterem auf Seite 53 gegebenen Beispiele vollends aufgehoben.

Auf die Einflüsse in Folge der Zimmerung der Galerien, der Schwere etc. habe ich wiederholt hingewiesen, wie dies auch im „Technischen Unterricht“ auf Seite 31 geschieht.

Es ist somit die weitere Frage des Herrn P. „wir wissen allerdings nicht, wie man sich, auf diese Anschauung basirt, die Wirkungen gegen die Stirngänge erklären kann“ ebenso an mich, wie auch an die Herren Verfasser des „Technischen Unterrichtes“ adressirt. Uebrigens halte ich die Beantwortung dieser Frage, welche der Minentheorie bekanntlich wiederholt Schwierigkeiten bereitete, für eine sehr einfache. An dieser Stelle muss ich mich mit der kurzen Erläuterung begnügen, dass bei einer noch in der Wurfsphäre liegenden Stirngalerie die Stirn einfach herausgeschleudert wird und an der nahen Zimmerung sowohl dadurch, als auch durch den Verbruch, welcher eine Folge des leeren Raumes ist, der an die Stelle der abgeschleuderten Massen tritt, Beschädigungen bewirkt. Aus diesem Grunde müssten Betrachtungen über Zerstörungen in Stirngalerien zum Theile auch auf die Wirkung der Minengarbe gegen die Zimmerung basirt werden; da jedoch die Minengarbe für uns Bergleute keine unmittelbare Bedeutung hat, so konnte ich auch die Frage bezüglich der Stirngalerien in meiner ersten Studie nicht weiter verfolgen.

Wenn meine Antwort etwas länger ausfiel, so wollen es die geehrten Leser freundlichst auch damit entschuldigen, dass ich mich verpflichtet fühlte, weiteres Beweismaterial für die Richtigkeit meiner Theorie mitzutheilen umsomehr, als ja die nachfolgenden Betrachtungen über die Risssphäre sich eng an das bisher Veröffentlichte anschliessen.

(Schluss folgt.)

Die Entwässerungsarbeiten auf den inundirten Dux-Ossegger Kohlenwerken

und die Arbeiten zur Sicherung der Teplitzer Thermen.

Vortrag, gehalten am 24. März 1881 in der Fachversammlung der Berg- und Hüttenmänner des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines

von

Friedrich Zechner, k. k. Bergcommissär.

(Hiezu Tafel VII und VIII.)

(Schluss.)

II. Die Abteufung des Urquellenschachtes in Teplitz.

Die Vertiefung der Urquelle in Teplitz, welche bis zum 12. Februar 1879 bei den sogenannten Löwenköpfen im Stadtbade in einer Seehöhe von 203,15m ausgeflossen war, wurde schon am 22. Februar 1879 in Angriff genommen. Am 3. März jenes Jahres, um 8 Uhr Früh, wurde der Spiegel der Quelle in 13m Tiefe (von dem in 205m Seehöhe befindlichen Pflaster der Stadtbadgasse an gerechnet), d. i. in 192m Seehöhe erreicht, welches Resultat gegenüber dem damaligen Niveau der Inundationswässer in den Dux-Ossegger Schächten einem Auftrieb der Urquelle von circa 10m entsprach.

Es soll gleich hier bemerkt werden, dass dieser Auftrieb sich in der nachfolgenden Zeit als variabel erwies und keinen verlässlichen Anhaltspunkt für die Berechnung der zur dauernden Sicherung der Teplitzer Therme erforderlichen Quellenschachtteufe abgab; es mögen wohl, abgesehen von der jeweiligen Thätigkeit der Pumpen in Teplitz und auf den inundirten Dux-Ossegger Gruben, auch andere Umstände mitgewirkt haben, dass dieser Auftrieb nicht immer in gleicher Weise zur Geltung kommen konnte, ja dass manchmal sogar der Wasserspiegel auf den Schächten in Dux-Ossegg um weniges höher stand, als in Teplitz; diese Umstände zu erörtern, würde jedoch die von mir bezeichneten Grenzen dieses Vortrages überschreiten.

Noch vor Beginn der Badesaison 1879 wurde der Urquellenschacht in einem Querschnitte von 6qm auf 14,75m Teufe gebracht (190,25m Seehöhe), und da das Thermalwasser bald noch höher stieg, so war die Saison mit Rücksicht auf das den inundirten Werken auferlegte Auspumpungsverbot gesichert.

Nach Ablauf der Badesaison, d. i. nach dem 15. September 1879, wurde die Cornwallmaschine, welche man zur Hebung des Thermalwassers aufgestellt hatte, demontirt; diese Arbeit, sowie das Herausnehmen der Pumpenbestandtheile dauerte bis Ende October, um welche Zeit die Vorbereitungen zu einer Bohrung von 16cm Durchmesser begannen. Diese Bohrung, durch welche man die Teufung im günstigen Falle ersparen wollte, dauerte vom 19. November bis zum 27. December, und wurde dann in einer Tiefe von 28,73m (161,52m Seehöhe) wieder eingestellt, weil aus dem Bohrloche kein Wasser mehr herauskam, wie später erklärlich werden wird.

Rinnen, die eine Art Treppenrost bilden. Die Rinnen sind wechselseitig zu einander geneigt gestellt, so dass das Oel von oben im Zickzack sämmtliche Rinnen passiren muss.

Die Dampfer des Kaspischen Meeres heizen auch mit Petroleum.

Beiträge zur Spreng- oder Minen-Theorie.

Von

H. Höfer, Professor an der k. k. Bergakademie Přibram.

(II. Theil.)

(Schluss.)

Im „Technischen Unterrichte" (17. Theil) wird auf Seite 48 die allgemeine Ladungsformel, auf Basis der Erfahrung entworfen, angegeben, welche in unserer Schreibweise lautet:

$$L = c\, f\left(\frac{R}{w}\right) R^3,$$

wobei c einen für dasselbe Gestein und Explosiv constanten Coëfficienten bedeutet, der mit einer variablen Grösse, welche eine mathematisch nicht näher bestimmte Function des Quotienten $\frac{R}{w}$ (Zeiger p) ist, und mit R^3 zu multipliciren ist.

Meine vorstehend mitgetheilte Gleichung heisst:

$$L = k \frac{1}{w} R^3.$$

Man ersieht daraus, dass zwischen jener empirischen und dieser theoretischen Formel der einzige Unterschied in den zweiten Factoren liegt, dass die Empirie eine Abhängigkeit der Ladung von $\frac{R}{w}$ annimmt, während die Theorie nur eine solche von w verlangt.

Herr Regierungsrath Gustav Schmidt, für dessen eingehende und wohlwollende Kritik meiner Studie in Dingler's polytechnischem Journale (Bd. 237, S. 221) ich zum besonderen Danke verpflichtet bin, empfiehlt die Ladungsformel allgemein mit $L = \frac{k\, w^2}{\sin {}^3\alpha}$ zu schreiben; mit Vergnügen würde ich diese Formel acceptiren, wenn der Basiswinkel α bei derartigen Versuchen oder bei der Anwendung in der Regel nicht erst durch Rechnung bestimmt werden müsste; doch diese Gleichung lässt sich dadurch, dass für $\sin \alpha = \frac{w}{R}$ gesetzt wird, leicht in die Form

$$L = k \frac{R^3}{w} \quad . \; . \; . \; . \quad \text{Gl. } 30$$

umwandeln, wie dies auch durch Combination meiner beiden Gleichungen 26 und 29 geschehen kann.

L bedeutet das Gewicht der Ladung, w die Vorgabe, R die Kegelseite und k den Ladungscoëfficienten, der für jedes Medium und Explosiv durch Versuche zu ermitteln ist $\left(k = \frac{L w}{R^3}\right)$.

IV. Die Risssphäre.

Bei einer Reihe von Sprengarbeiten wird die Erzeugung grosser Stücke vorausgesetzt, wie z. B. bei der Kohlen- und Bruchsteingewinnung; andererseits kann die Erzeugung kleinerer Stücke zwar nicht entwerthend auf die Qualität des Productes wirken, sie wird jedoch nach der Erfahrung als unnothwendige Verschwendung an Explosiv angesehen, welche die Sprengarbeit wesentlich vertheuert. In verschiedenen, u. zw. in vielen Fällen strebt also der Bergmann dahin, dass der Schluss nur anlautet (reisst), jedoch nicht wirft. Es liegt somit in diesem Falle die freie Fläche, nach welcher hin der Schuss wirkt, schon ausserhalb der Wurf-, jedoch innerhalb der Risssphäre; die nähere Untersuchung der letzteren ist also für eine ganze Gruppe von Sprengungen von besonderem Werthe.

Der Risskegel.

Bei jeder Sprengung, welche warf, also einen Wurfkegel erzeugte, sehen wir am Rande des letzteren ein System von radialen und concentrischen Sprüngen — insbesondere schön und deutlich bei grossen Erdminen, — welche mit der Entfernung vom Wurfkegel stetig enger werden und endlich verschwinden. Würden wir alle diese Endpunkte verbinden, so ergibt sich, ein homogenes Sprengmedium vorausgesetzt, ein Kreis, welcher concentrisch zum Rande des Wurfkegels wäre. Jener Kreis wäre also die Basis des theoretischen Risstrichters, dessen Spitze im Mittelpunkte des Minenherdes liegt und dessen Achse mit jener des Wurfkegels zusammenfällt.

Diese letzten Enden der Radialrisse sind jedoch nur sehr schwer sicherzustellen, was nebenbei bemerkt, auch von keinem besonderen Werthe für die Praxis wäre; für diese sind nur jene Risse von Belang, welche das Gestein so weit angelautet haben, dass es noch durch Nacharbeit, z. B. Hereinkeilen, lohnend gewonnen werden kann. Dies setzt somit einen höheren Grad der Risswirkung voraus, als jener ist, welcher sich an die Mantelfläche des theoretischen Risskegels geäussert hat. Es wird somit der praktische Risskegel[2]) zwischen dem theoretischen und dem Wurfkegel liegen.

Auch seine Basis, mit welcher er tagt, würde bei einem homogenen Sprengmedium ein Kreis sein; an allen Punkten derselben muss dieselbe Kraft normal zur freien Fläche gewirkt haben, damit die gleiche Wirkung entstehen konnte. Wir wollen somit in unseren weiteren Untersuchungen nur diesen praktischen Risskegel analysiren, welchen wir im weiteren Verfolge kurzweg Risskegel nennen werden. Es sei hier noch die Bemerkung eingeschaltet, dass sich die Gesetze für den theoretischen Risskegel auf ganz gleiche Weise ableiten lassen, wie die für den praktischen.

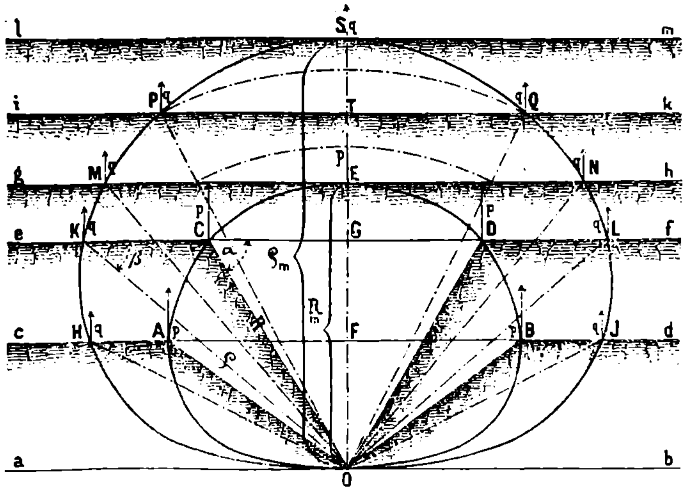
Allgemeine Theorie des Risskegels.

Denken wir uns bei O, Fig. 1 (S. 269), die Ladung auf der freien Fläche $a\,b$ aufliegend, so kann erstere nach ihrer

[2]) Auch bei Kriegsminen handelt es sich nur um den praktischen Risskegel oder um einen gewissen Grad der Beschädigung der Galerieverkleidung.

Explosion keinen Wurfkegel vor sich ausgeworfen haben, es ist somit dessen Basis gleich Null. Würde cd die freie Fläche und die Ladung in O sein, so dass die

Fig. 1.



Vorgabe FO wäre, so würde ein Wurfkegel AOB entstehen. Wenn dieselbe Ladung für die freie Fläche ef die Vorgabe GO bekommen hätte, so würde der Kegel COD herausgeworfen werden.

Würde endlich die Vorgabe der freien Fläche gh gleich EO sein, so würde nur ein Gesteinselement bei E abgeworfen werden und $EO = R_m$ wäre für die gleichbleibende Ladung und Gesteinsart der Radius der Wurfsphäre.

Bei E war eine Kraft p normal zur freien Fläche wirksam, welche an allen Punkten der Kreisumfänge AB, CD . . . der verschiedenen Wurfkegel eben so gross ($= p$) gewesen sein musste. Verbindet man die Punkte O, A, C, E, D, B, O, des Achsialschnittes, so erhält man eine Curve, deren polare Gleichung allgemein geschrieben werden kann: $R = R_m \sqrt{\sin \alpha}$, worin R die Länge der Kegelseite (OA, OC . . .), R_m den Radius der Wurfsphäre (OE) und α den Basiswinkel ($\sphericalangle\, FAO$, GCO . . .) bedeutet. Wir haben diese Linie die Wurftrichtercurve geheissen und bereits früher eingehender behandelt.

Betrachten wir nun die zu diesen Wurferscheinungen gehörigen Risskegel.

Wenn die Ladung in O der freien Fläche ab aufliegt, so wird durch die Explosion in der darunter liegenden Gesteinsfläche kein Bruchriss entstehen. Wenn bei manchen sehr brisanten Explosivs dennoch Risse zu beobachten sind, so sind es Druck- und keine Bruchererscheinungen und gehören folglich nicht hieher; ich verweise zur weiteren Klarstellung darauf, was ich im I. Abschnitte meiner Studie über die Drucksphäre erörterte.

Wenn wir nun gleiche Ladungen unter verschiedenen Vorgaben im gleichen Gesteine zur Explosion bringen, so wird jedem Wurftrichter auch ein Risstrichter entsprechen, und zwar gehört zu dem

Wurftrichter	der Risstrichter
AOB . . .	HOJ
COD . . .	KOL
EOE . . .	MON.

Selbstverständlich kann bei einer grösseren Vorgabe als EO, z. B. bei TO, kein Wurftrichter, wohl jedoch noch ein Risstrichter, z. B. POQ, entstehen.

Endlich wird bei der Vorgabe SO der freien Fläche lm nur noch ein Element bei S zerrissen, es ist somit $SO = \rho_m$, der Radius der Risssphäre.

Analog den Wurftrichtern muss an den Punkten H, J, K, L, M, N, P, Q, S, dieselbe Kraft q normal zu den freien Flächen cd, ef . . . . brechend gewirkt haben, um überall die gleiche Risswirkung hervorzubringen. Nachdem sich jedoch auf die gleiche Voraussetzung auch die allgemeine Theorie der Wurftrichter stützt, so gelten alle daselbst entwickelten Gesetze ebenfalls für den Risstrichter, wenn wir statt des Radius der Wurfsphäre R_m den der Risssphäre $= \rho_m$ und statt der Seiten R der Wurf- die der Risskegel $= \rho$ einführen.

Wir erhalten somit durch die Verbindung der einzelnen Endpunkte der Risskegelbasen O, H, K, M, P, S, Q, N, L, J, O eine Curve, die Risstrichtercurve oder kurz **Risscurve**, welcher die Formel $\rho = \rho_m \sqrt{\sin \beta}$, und allgemein für Flanken-Galerien unter oder über dem Minenherde $\rho_m = \sqrt{\dfrac{\rho^3}{W \cos \varepsilon}}$ (siehe Gleichung 20) entspricht, wenn β den Basiswinkel des Risskegels, W die kürzeste Entfernung des Minenherdes von der Galerie und ε den Winkel bedeutet, welchen diese Verbindungslinie mit dem Horizonte einschliesst.

Aus dem erwähnten Grunde wird, ebenso wie beim Wurfkegel, der Risskegel bei einem Basiswinkel $\beta = 48^0\, 11'\, 23''$ das grösste Volumen erreichen. Ist der Basiswinkel $\beta = 35^0\, 15^1/_2{}'$, so wird die kreisförmige Basis des Risskegels den grössten Radius erhalten.

V. Sphärenindex.

Das Verhältniss des Radius der Wurfsphäre (R_m) zu dem der Risssphäre (ρ_m) heisse ich Sphärenindex (I); es ist also $I = \dfrac{R_m}{\rho_m}$. Nachdem für jedwede Flanken-Galerie die Gleichung 20 gilt, nach welcher $R_m = \sqrt{\dfrac{R^3}{W \cos \varepsilon}}$ und nachdem die Risssphäre denselben Gesetzen unterliegt, somit

$$\rho_m = \sqrt{\frac{\rho^3}{W \cos \varepsilon}}$$

ist, so ist

$$I = \frac{\sqrt{\dfrac{R^3}{W \cos \varepsilon}}}{\sqrt{\dfrac{\rho^3}{W \cos \varepsilon}}} = \sqrt{\left(\frac{R}{\rho}\right)^3} \quad . \qquad \text{Gl. 31.}$$

Diese Gleichung heisst: Für jedwede freie Fläche, also auch der Wand einer Galerie, ist der Sphärenindex gleich der Quadratwurzel aus dem Kubus des Quotienten der Wurf- und der dazu gehörigen Risskegelseite.

Inwieweit der Sphärenindex von der Brisanz des Explosivs abhängt, wäre durch Versuche in gleichen Medien klarzustellen. Da man gewöhnlich annimmt, dass sehr brisante Explosivs mehr werfen und weniger anlauten, so wäre hieraus zu vermuthen, dass für sie der Sphärenindex näher zu 1 liegt, als für wenig brisante Sprengstoffe.

Dynamit würde somit einen grösseren Sphärenindex als Sprengpulver haben; würde diese Vermuthung, gegen welche ich jedoch einige Zweifel hege, zutreffen, so wäre I auch der Brisanzindex.

Welche Beziehungen zwischen dem Sphärenindex und den physikalischen Eigenschaften des Mediums (z. B. Bruchfestigkeit, Dichte des Gesteines etc.) bestehen, müsste vorläufig ebenfalls durch Versuche aufgestellt werden.

Für alle Fälle, wo der Bergmann nur anlauten will, wird der Sphärenindex $I < 0{,}643$ erwünscht sein. Zu dieser Zahl führt folgende Betrachtung.

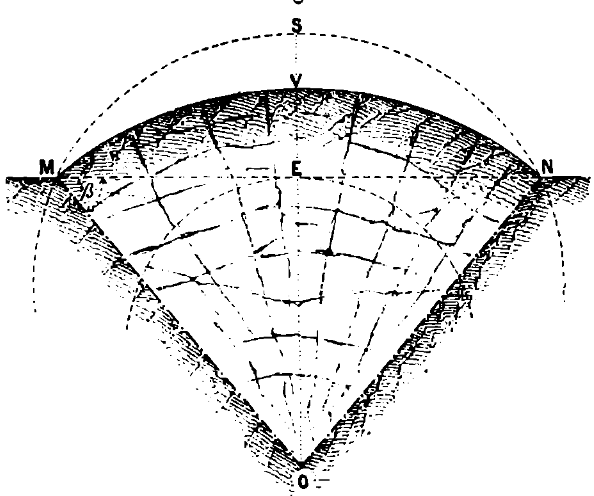
Wir denken uns eine Ladung in O, Fig. 2, welche gerade so gross ist, dass in E nur noch ein Theilchen abgeworfen und dass kein Wurftrichter mehr gebildet wird; somit ist $E\,O$ der Radius der Wurfsphäre $= R_m$.

Wir wünschen in diesem Falle eine möglichst grosse Risswirkung, d. h. dass der Risskegel MON sein Maximum erreicht, was bekanntermaassen dann eintritt, wenn der Basiswinkel 48^0 ist. In einem solchen Falle ist analog der Gleichung 5 (Z. 161) der Radius der Risssphäre $\rho_m = 1{,}554\ w$, wobei die normale Vorgabe (also die des erzeugten Normalkegels mit $\beta = 48^0$) mit $w = R_m$ zu setzen ist.

Es ist also $\rho_m = 1{,}554\ R_m$ oder

$$I = \frac{R_m}{\rho_m} = \frac{1}{1{,}554} = 0{,}643.$$

Fig. 2.



Hätten wir eine Sprengwirkung, bei welcher die Wurfsphäre die freie Fläche gar nicht mehr tangirt, wenn der grösste Risstrichter gebildet wird, so muss der Sphärenindex selbstverständlich noch kleiner werden, das Sprengmedium, z. B. Kohle, würde in der Achse des Risstrichters noch weniger zu kleineren Stücken, als im vorhergehenden Falle, zerrissen sein.

In England ist schon seit einiger Zeit eine lebhafte Bewegung gegen die Anwendung der Sprengarbeit in Kohlengruben mit Schlagwettern im vollen Flusse; Arbeiter-Deputationen petitioniren im Ministerium, eine gewisse Gruppe von Journalen nimmt sich der Wünsche der Arbeiter an. Aus einigen kleineren Publikationen, welche das Londoner „Mining Journal" dieser Frage widmete, geht auch hervor, dass bei den Sprengungen wiederholt Fälle vorkamen, wo durch den Druck der Luft, in Folge des Schusses, die Flamme in der Sicherheitslampe durch das Drahtnetz geschlagen wurde und Anlass zu Explosionen gab. Wird bei derartigen Sprengungen die Vorgabe derart gewählt, dass nur noch ein Risstrichter entstehen kann, so wird seine tagende Fläche nur relativ langsam etwas nach vorne geschoben werden und kann nie die Ursache eines derartigen verhängnissvollen Luftstosses werden, wie ihn Wurftrichter hervorrufen. Also in dieser Hinsicht hat der Sphärenindex auch eine weitere wohl beachtenswerthe Bedeutung.

VI. Ladungsbestimmung für den Risskegel.

Für ein bestimmtes Explosiv und Medium können wir ebenso, wie wir dies früher für die Wurfwirkung durchführten, den Ladungs-Coëfficienten ($\varkappa$) berechnen, und zwar wenn ρ_n und ρ_m die Radien der Risssphären desselben Explosivs bei der Ladung L und L_1 sind,

$$L_1 = \frac{L}{\rho_n{}^2}\,\rho_m{}^2 = \varkappa\,\rho_m{}^2$$

Ist aus einem Versuche $\dfrac{L}{\rho_n{}^2} = \varkappa$ (Ladungs-Coëfficient für Riss, zum Unterschiede von k = Ladungs-Coëfficient für Wurf) bestimmt worden, so können wir für jeden beliebigen Risskegel, den wir erhalten wollen, und dessen Kegelseite ρ sich aus den Dimensionirungen desselben finden lässt, die hiezu nothwendige Ladung (Explosivmenge) richtig berechnen. Ebenso können wir in solchen Fällen den Risswerth zweier Explosivs auf dieselbe Weise wie den Wurf- (Spreng-)Werth berechnen.

Denn wären für diese beiden Sprengmittel die Ladungs-Coëfficienten $\varkappa$ und $\varkappa_1$ und die ihnen innewohnenden Risswerthe W und W_1 die entsprechenden Handelspreise für die Gewichtseinheit P und P_1, so ist:

$$\frac{\varkappa}{\varkappa_1} = \frac{W}{W_1};$$

fällt $\dfrac{W_1}{W}$ grösser als $\dfrac{P_1}{P}$ aus, so wird das Explosiv mit dem Preise P_1, umgekehrt jenes mit P einzuführen sein. Dass dieser Vergleich in dem Falle, da $I > 0{,}643$ ist, keinen praktischen Werth hätte, geht daraus hervor, dass bei einem normalen Risskegel stets noch ein Wurfkegel entstehen würde.

Haben wir für ein bestimmtes Medium und Explosiv durch einige Probeschüsse den Durchschnittswerth des

Ladungs-Coëfficienten für Riss $= \varkappa$ ermittelt, so ist analog des für die Wurfsphäre abgeleiteten Gesetzes (Gl. 26)

$$L = \varkappa \frac{\rho^3}{w} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Gl. } 32),$$

worin L das Gewicht der Ladung, ρ die Länge der Kegelseite und w die Vorgabe bedeutet.

Die Olmützer Versuche und die Riss-Sphäre.

Bei den Olmützer Versuchen scheinen die Risswirkungen am Tage nicht constatirt worden zu sein; ich habe dieselben in der Tabelle, welche v. Hagen's „Entwurf einer Minentheorie" beigeschlossen ist, vergeblich gesucht. Wohl jedoch sind die Risswirkungen in den Galerien angegeben, wie dieselben aus Tabelle II des ersten Theiles meiner Studien (Z. 204) entnommen werden können.

Der Mineur wird die Risswirkung bis zu einer gewissen Beschädigung der Galerieverkleidung (z. B. Zimmerung) messen; manchmal wird die Risswirkung so weit reichend angenommen, als eine Reparatur der Verkleidung nothwendig geworden ist. Es wird auch hier ein praktischer Risstrichter ermittelt werden müssen, dessen Dimensionirung selbstverständlich eine andere ist als für obertägige Risswirkungen, welche der Bergmann ausschliesslich berücksichtigt.

Die Ungenauigkeiten, welche schon bei der Abmessung der Wurfwirkung in der Galerie fühlbar sind, werden sich in noch erhöhterem Maasse bei der Bestimmung des Risskegels daselbst einstellen.

Es sind die Grenzen desselben durchaus nicht präcisirt und selbst der Begriff „Reparaturbedürftigkeit" ist gewiss ein sehr elastischer. Wir finden auch in allen jenen Publikationen, welche ausgeführte Minensprengungen behandeln und dabei die Risswirkung in den Galerien berücksichtigen, die berechneten und factischen Werthe derselben arg differirend.

Nach der Gleichung $\rho_m = \sqrt{\frac{\rho^3}{W \cos \varepsilon}}$ (conf. Gl. 20) wurden aus der Tabelle II, in welcher ρ die Seite des Risstrichters ist, für die fünf verschiedenen Minen die Werthe für den Radius der Risssphäre $= \rho_m$ berechnet; es ergab sich für:

Mine I.

Flankengalerie 1. $\rho_m = 29{,}7910'$.
„ 2. $\rho_m = 27{,}9606'$.

Mine II.

Flankengalerie 3. $\rho_m = 32{,}6538'$.
„ 4. $\rho_m = 31{,}5684'$.

Mine III.

Flankengalerie 5. $\rho_m = 27{,}0163'$.
„ 6. $\rho_m = 20{,}4053'$.

Mine IV.

Flankengalerie 8. $\rho_m = 21{,}2664'$.
Sohlengalerie 9. $\rho_m = 24{,}6128'$.

Mine V.

Flankengalerie 11. $\rho_m = 30{,}8620'$.
Sohlengalerie 12. $\rho_m = 38{,}3649'$.

Die ρ_m einer Mine sollen einander gleich sein; dasselbe trifft für I, II und IV annähernd zu, während III und V starke Abweichungen aufweisen, ohne dass etwa eine Gesetzmässigkeit, z. B. ein constantes Verhältniss der Radien, zwischen Flanken- und Sohlengalerie zu bemerken wäre. Derartige Differenzen, die, wie bereits erwähnt wurde, sich auch bei den bisherigen Berechnungen der Riss- (Sicherheits-) Radien einstellten, sind anerkanntermaassen nur die Folge der grossen Unsicherheit bei der Grenzbestimmung der Risswirkung und es wird die annähernde Uebereinstimmung in den Minen I, II und IV umsomehr gewürdigt werden, wenn man berücksichtigt, dass sich der Fehler, welcher beim Längenmessen der Risswirkung in der Galerie (Basisradius) gemacht wird, schon bei der Berechnung von ρ und abermals bei der von ρ_m vergrössert.

Selbstverständlich werden die Sphären-Indices (I) einer Mine umsomehr differiren müssen, je grösser die Fehler bei den Abmessungen der Wurf- und Risswirkung waren. Die Sphärenindices zweier Minen, welche im gleichen Medium und mit gleichem Explosiv spielten, müssen nach der Theorie auch für die verschiedensten Ladungen (Explosivmengen) einander gleich sein.

Die Minen I und II waren in gleichem Erdreiche (1 Kub.-Fuss $=$ 94 Pfd.) angelegt, es sollen daher ihre Indices gleich sein. Nach: $I = \frac{R_m}{\rho_m} = \sqrt{\frac{R^3}{\rho^3}}$ findet man für

$$\begin{array}{lllr} \text{Mine I} & \left\{ \begin{array}{l} \text{Flankengalerie} \\ \text{„} \end{array} \right. & \begin{array}{l} 1. \\ 2. \end{array} & \begin{array}{l} I = 0{,}75059 \\ I = 0{,}77522 \end{array} \\ \text{Mine II} & \left\{ \begin{array}{l} \text{„} \\ \text{„} \end{array} \right. & \begin{array}{l} 3. \\ 4. \end{array} & \begin{array}{l} I = 0{,}77835 \\ I = 0{,}81555 \end{array} \\ \hline & \text{Im Mittel} \; . \; . \; . & & I = 0{,}77993. \end{array}$$

Der Durchschnitt stimmt also mit den beiden ad 2 und 3 angegebenen Zahlen fast vollends überein und differirt von dem ad 4 angeführten extremsten Werthe nur um 4,6 Procent. Diese auffallende Uebereinstimmung der Indices zweier Minen, von welchen die eine mit 100, die andere mit 177 Pfund Dynamit geladen war, verdient gewiss die vollste Beachtung; sie würde sich überall constatiren lassen, wenn man in der Lage wäre, die Grenze der Risswirkung in den Galerien genau zu präcisiren.

Der Bergwerksbetrieb Ungarns im Jahre 1879.

Der neunte Jahrgang des vom k. ung. statistischen Bureau verfassten und herausgegebenen statistischen Jahrbuches für Ungarn (Budapest, 1881) [1]) ent-

[1]) Magyar statistikai évkönyv; szerkeszti és kiadja az országos magyar kir. statistikai hivatal. Kilenczedik évfolyam. 1879. IV. füzet. Budapest, 1881.