

**Bezugspreis**  
 vierteljährlich  
 bei Abholung in der Druckerei  
 5 *M.*; bei Bezug durch die Post  
 und den Buchhandel 6 *M.*;  
 unter Streifband für Deutsch-  
 land, Österreich-Ungarn und  
 Luxemburg 8,50 *M.*,  
 unter Streifband im Weltpost-  
 verein 10 *M.*

# Glückauf

## Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

**Anzeigenpreis**  
 für die 4 mal gespaltene Nonp-  
 Zeile oder deren Raum 25 Pf.  
 Näheres über Preis-  
 ermäßigungen bei wiederholter  
 Aufnahme ergibt der  
 auf Wunsch zur Verfügung  
 stehende Tarif.  
 Einzelnummern werden nur in  
 Ausnahmefällen abgegeben.

Nr. 25

22. Juni 1912

48. Jahrgang

### Inhalt:

	Seite		Seite
Das Kupfererzvorkommen im untern Glindetale bei Niedermarsberg (Stadtberge) in Westfalen. Von Dr. K. Boden, München. (Schluß) . . . . .	981	1912. Kohlenförderung und -außenhandel Frankreichs im Jahre 1911. Kohlenausfuhr Großbritanniens im Mai 1912. Außenhandel Frankreichs in Eisenerzen im Jahre 1911. Versand der Werke des Stahlwerks-Verbandes an Produkten A im Mai 1912 . . . . .	1009
Untersuchung eines mit Teeröl betriebenen 480 PS-Dieselmotors. Von Oberingenieur Bütow und Bergassessor Dobbelsstein, Essen . . . . .	988	Verkehrswesen: Amtliche Tarifveränderungen. Wagengestellung zu den Zechen, Kokereien und Brikettwerken der wichtigsten deutschen Bergbaubezirke. Wagengestellung zu den Zechen, Kokereien und Brikettwerken des Ruhrkohlenbezirks. 1012	1012
Teer und Teeröl als Treibmittel für den Dieselmotor. Von Bergassessor Rath, Essen . . . . .	996	Marktberichte: Essener Börse. Vom belgischen Kohlenmarkt. Vom amerikanischen Petroleummarkt. Vom amerikanischen Kupfermarkt. Notierungen auf dem englischen Kohlen- und Frachtenmarkt. Marktnotizen über Nebenprodukte. Metallmarkt (London) . . . . .	1014
Die tödlichen Verunglückungen beim Bergwerksbetrieb im Oberbergamtsbezirk Dortmund im Jahre 1911 . . . . .	1005	Vereine und Versammlungen: Die 53. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure. 1020	1020
Markscheidewesen: Beobachtungen der Erdbebenstation der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in der Zeit vom 10. bis 17. Juni 1912 . . . . .	1007	Patentbericht . . . . .	1021
Mineralogie und Geologie: Deutsche Geologische Gesellschaft . . . . .	1008	Bücherschau . . . . .	1025
Gesetzgebung und Verwaltung: Unzulässigkeit des Rechtsweges, wenn der Anspruch auf Rückzahlung einer (preußischen) Gemeindesteuer gerichtet ist . . . . .	1008	Zeitschriftenschau . . . . .	1026
Volkswirtschaft und Statistik: Steinkohlenförderung und -absatz der staatlichen Saargruben im Mai 1912. Kohlenzufuhr nach Hamburg im Mai		Personalien . . . . .	1028
		Mitteilung . . . . .	1028

## Das Kupfererzvorkommen im untern Glindetale bei Niedermarsberg (Stadtberge) in Westfalen.

Von Dr. K. Boden, München.

(Schluß.)

Grube Friederike. Obgleich die Grube Friederike am Bilstein augenblicklich außer Betrieb steht und die vorhandenen Erzvorräte durch Versuchsarbeiten erst wieder erschlossen werden, gewinnt sie dadurch ein besonderes Interesse, daß hier nicht wie bei den Gruben Oskar und Mina das gefaltete Rumpfgebirge von den Rauhacken und Dolomiten des Zechsteins unmittelbar überlagert wird, sondern daß ein Horizont im Zechstein auftritt, der selbst Kupfererz führt.

Die erzhaltigen Kieselschiefer der Grube Friederike finden sich in einem Sattel, der von mehreren Spalten durchschnitten wird. Diese Spalten setzen in den Zechstein hinein und sind auch dort von Kupfererzen begleitet, die sich in dem untersten Gliede der Zechsteinformation, dem Zechsteinkalk, vorfinden.

Auf der Grube Friederike sind 3 Spalten (s. Abb. 12) bekannt geworden, die man in früherer Zeit mit dem Ausdruck »Rücken« bezeichnete, in deren Umgebung

sowohl im Kieselschiefer als auch im Zechstein Kupfererze auftreten. Die eine dieser Spalten, der sog. 3. Rücken, bildet die Fortsetzung der Stufenkammer-Kluft. Diese tritt hier als ein mit 75° nach SO einfallender Sprung in Erscheinung, an dem die SO-Scholle um wenige Meter abgesunken ist. Sie durchschneidet den mit dem Beust-Stollen durchfahrenen Kieselschiefersattel und verläuft dann nach SW zu im Zechsteinkalk, der hier unmittelbar teils auf dem oberdevonischen Ton-

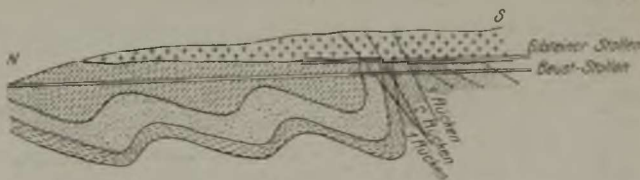


Abb. 12. Profil durch den Beust-Stollen der Grube Friederike. (Zeichenerklärung wie bei Abb. 1.)

schiefer, teils auf dem Kieselschiefer ruht, an dem Bilsteiner Stollen entlang. Beim Antonius-Schacht ist sie mit dem Stollen durchfahren worden. Die Spalte ist hier 1-1½ m breit und mit gelben Letten ausgefüllt, der geringe Mengen von Malachit führt. In ihrer nordöstlichen Fortsetzung ist die Spalte zwar nirgend abgeschlossen, aber ein langer Pingenzug liegt in ihrer Streichrichtung.

Die alten Halden sind jetzt allerdings zum größten Teil entfernt, jedoch geben die alten Grubenbilder sehr genau den Verlauf der Spalte an. Auch die Zechsteinerze im Ohmgrund, wo, nach den noch jetzt vorhandenen recht umfangreichen Halden zu urteilen, ein ziemlich reger Abbau betrieben worden ist, liegen genau in der Streichrichtung des 3. Rückens. Weiter nach NO zu scheinen auch die Vorkommen am Buchberg und Lütkeberg mit der Spalte im Zusammenhang zu stehen.

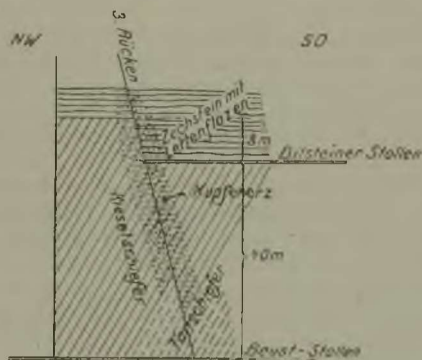


Abb. 13. Skizze zur Erläuterung der Erzführung des Kieselschiefers und Zechsteins der Grube Friederike.

Eine weitere Spalte, der sog. 2. Rücken, der nordnordöstlich streicht und mit 60° nach SO einfällt, durchschneidet den steilen Flügel des Kieselschiefer-sattels der Grube Friederike (s. Abb. 13) und wird hier von einer breiten Zone abbauwürdiger Erze begleitet. In ihrer südsüdwestlichen Fortsetzung trifft die Spalte im Bilsteiner Stollen am Eleonoren-Gesenk auf den 3. Rücken, an dem sie offenbar ihr Ende findet, da alle Versuche, sie im SO des 3. Rückens wiederzufinden, bisher gescheitert sind.

Von dem 1. Rücken ist nur wenig zu berichten. Er bildet eine nordöstlich streichende Spalte, die mit 50° nach SO einfällt. Abgesehen von der Grube Friederike wurden auch am Südwestabhang des Bilsteins im Fuchsloch-Stollen Kupfererze an diesem Rücken abgebaut. Von dort aus streicht er in die kulmischen Tonschiefer hinein. Nach NO zu trifft er auf den 3. Rücken und findet hier sein Ende.

Bisher war man bei der Beschreibung der Kupfererz-vorkommen im Zechstein der Grube Friederike auf die alten Grubenberichte angewiesen. Erst in letzter Zeit wurde der Bilsteiner Stollen wieder aufgewältigt, und von dort aus konnte man auch in einen Teil der alten Zechsteinabbau gelangen.

Der Bilsteiner Stollen ist s. Z. genau auf dem 3. Rücken aufgeföhren worden, der hier teils zwischen

Kieselschiefer und Zechstein, teils ganz im Zechstein verläuft. Die alte Landoberfläche des Kieselschiefers ist außerordentlich wellig und uneben gestaltet. An der Basis des Zechsteins findet sich meist ein 30-40 cm mächtiger grauer Letten mit Kieselschieferbrocken. Der Kieselschiefer hat seinen Gehalt an Bitumen und Kohlenstoff völlig eingeküßt und besitzt eine graue Farbe. Diese Bleichung des Kieselschiefers läßt sich bis zu einer Tiefe von 20 m verfolgen, ist jedoch für die Erzführung von keiner wesentlichen Bedeutung.

Kieselschiefer wie Zechstein sind zu beiden Seiten der Spalte mit Erz imprägniert (s. Abb. 13). Die Erzführung des Zechsteins ist keineswegs auf die Lettenflöze beschränkt, sondern das Erz findet sich sowohl als dünner Belag auf den Spaltflächen der beim Anschlagen bituminös riechenden Kalkbänke als auch als Körnchen auf kleinen Kalkspatdrusen, so daß der Zechstein ähnlich wie der Kieselschiefer gleichmäßig vom Erz imprägniert erscheint, wenn auch in den Lettenflözen die größte Konzentration stattgefunden hat. Diese ½-3 cm mächtigen bitumenhaltigen Lettenbänke, die auch »Kupferschieferflöze« genannt werden, sind grau und weiß oder durch Eisenoxyd rot gefärbt.

Sie bilden jedoch keine durchgehenden Horizonte, sondern fehlen an manchen Stellen vollständig oder treten nur als ganz dünne Schichten in Erscheinung; Spuren von Erz lassen sich in der nähere Umgebung der Spalte überall nachweisen. Eine stärkere Imprägnation hat jedoch nur dort stattgefunden, wo die Lettenflöze mit größerer Regelmäßigkeit und Mächtigkeit auftreten. Mit der Entfernung von der Spalte nimmt die Erzführung ab und hört schließlich ganz auf. Die Kluft selbst führt dort, wo sie zwischen Kieselschiefer und Zechstein verläuft, nur Spuren von Erz, und auch im Zechstein zeigten sich in der Kluftausfüllung nur hier und da kleine Körnchen und Blättchen von Malachit, dagegen tritt hier an manchen Stellen in nicht unbeträchtlicher Menge Bleiglanz auf in Form von mehr oder weniger dicken Knollen, die in dem die Kluftmassen bildenden braunen Letten eingelagert sind (s. Abb. 14).

Ohne damit die schwierige Frage nach der Herkunft der Kupfererze in der Permformation überhaupt ansprechen zu wollen, muß doch hervorgehoben werden, daß hier die Kupfererze wohl zweifellos epigenetischer

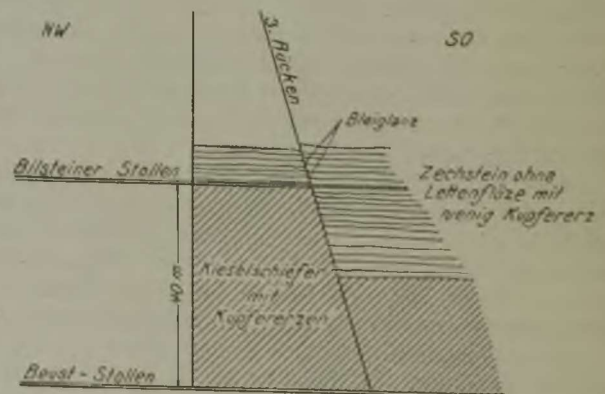


Abb. 14. Das Vorkommen von Bleiglanz im Zechstein.

Entstehung sind und sich gleichzeitig mit den Kieselschiefererzen gebildet haben. Das Fehlen größerer Erzmengen in der Kluftmasse im Zechstein kann dieser Annahme nicht im Wege stehen, da ja auch dort, wo die Kluft zwischen Kieselschiefer und Zechstein verläuft, keine intensive Imprägnation der Kluftausfüllung stattgefunden hat und die angrenzenden Kieselschiefer trotzdem einen hohen Erzgehalt aufweisen.

Die Erze der Grube Friederike, die sich im Zechstein finden, sind viel geringhaltiger als diejenigen der Kieselschiefer. Infolgedessen kommen die Ersteren für den jetzigen Bergbau nicht mehr in Betracht, besonders da sie auch infolge ihres Vorkommens im Kalkstein für das Laugeverfahren ungeeignet sind. Sie wurden in früheren Jahren lediglich abgebaut, weil sie leichter zu gewinnen waren als die Kieselschiefererze. Bereits zu Beginn der vierziger Jahre des 19. Jahrhunderts kam der Bergbau auf die Zechsteinerze zum Erliegen.

### Die kupfererzführenden Spalten.

Wie aus den vorhergehenden Ausführungen zu entnehmen ist, stehen die Kupfererzvorkommen im engsten Zusammenhang mit einem System von Spalten, welche die Schichten im untern Glindetale in verschiedenen Richtungen durchschneiden.

Über das geologische Alter dieses Spaltensystems ist nur wenig zu berichten. Die drei Rücken am Bilstein setzen in die Zechsteinschichten hinein, und die Stufenkammer-Kluft verwirft die Rauhacken des Zechsteins, wie sich im Tagebau am Kohlhagen deutlich erkennen läßt. Die vier Querklüfte sowohl als auch die Kluft im Muldentiefsten setzen an der Stufenkammer ab. Sie müssen also jünger sein, oder, was wahrscheinlicher ist, sich gleichzeitig mit dieser gebildet haben. Die genannten Spalten besitzen also sämtlich postpermisches Alter. Mit dieser Zeitangabe muß man sich begnügen, da jüngere Formationen, in die hinein man sie verfolgen könnte, nicht vertreten sind. Es bleibt also dahingestellt, ob die Spalten einer präkretazeischen, kretazeischen, alttertiären oder jungtertiären Gebirgsbewegung<sup>1</sup> ihre Entstehung verdanken. Auch sind keinerlei Anhaltspunkte dafür vorhanden, daß an den Spalten während der verschiedenen geologischen Zeiten mehrfach Bewegungen vor sich gingen.

Ogleich diese Spalten in den Kieselschieferschichten oft 4 bis 5 m breit werden und sowohl in den Tonschieferschichten als auch im Zechstein eine Breite von 2-2½ m erreichen, ist doch die Gebirgsbewegung an ihnen sehr gering, sie beträgt nur bis zu wenigen Metern. Das Einfallen ändert sich schon auf kurze Strecken ganz erheblich. Bald stehen die Spalten fast senkrecht, bald nehmen sie eine flache Neigung an. Auch die Einfallrichtung wechselt. Deutlich läßt sich ferner feststellen, daß die Streichrichtungen der Spalten keine geraden Linien bilden, sondern vielfach Biegungen und Knickungen aufweisen. Die Kluftausfüllung besteht aus einem weichen Letten, der mit Brocken aus dem Nebengestein untermischt ist. Zu beiden Seiten der

Spalten sind die Schichten stark zerrüttet und aufgelockert. Harnische gehören nicht gerade zu den häufigen Erscheinungen. Dort, wo sie auftreten, liegen die Rutschstreifen senkrecht, aber auch ebenso häufig wagrecht oder schräg.

Infolge ihrer geringen Sprunghöhe werden die Spalten über Tage nicht sichtbar und lassen sich auch durch genaue Kartierungen nicht nachweisen. Lediglich in den Gruben und Tagebauen kann ihr Verlauf festgestellt werden. Bald ist der Gebirgsteil im Liegenden der Kluft gehoben, bald der hangende Teil an der Kluft aufwärts bewegt worden. Oftmals schließen sich die Störungen zu einem engen Spalt, der schon nach wenigen Metern in eine breite Kluft übergeht, oder aber sie teilen sich auf kurze Strecken in mehrere Einzelspalten, die sich kurz darauf wieder zu einer Hauptspalte vereinigen.

Hierdurch kennzeichnen sich die Spalten nicht etwa als tektonische Linien, an denen bedeutendere Bewegungen in der Erdkruste vor sich gingen, die z. B. durch einen tangentialen Schub oder durch senkrechte Hebungen und Senkungen hervorgerufen wurden, sondern ihre Entstehung ist als eine Auslösung von Spannungen zu denken, wobei das ganze Schichtensystem zerriß.

Ob die Spalten nach der Teufe zu konvergieren, konnte noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden, da der Bergbau bis jetzt nur verhältnismäßig geringe Teufen erreicht hat.

Eine stärkere Zerrüttung der Kieselschieferschichten im Hangenden einer Spalte, wie Bergeat angibt<sup>1</sup>, konnte ich nirgend beobachten.

Die einzige Spalte, die auf eine längere Strecke hin verfolgt werden konnte, ist die Stufenkammer-Kluft oder der 3. Rücken. Die andern Klüfte verlaufen am Jittenberg und Bilstein etwa in derselben Richtung oder schneiden die Stufenkammer in spitzem Winkel, während die Klüfte am Bilstein Querspalten dazu bilden. Diese Spalten ließen sich bisher jedoch nur auf verhältnismäßig sehr kurze Strecken nachweisen, und bei ihren vielfachen Biegungen und Krümmungen ist es nicht angebracht, daraufhin auf ihre eigentliche Richtung Schlüsse zu ziehen.

Die Stufenkammer hat im Glindetale eine ONO-WSW-Richtung und biegt am Bilstein noch etwas nach NO zu um. Sie folgt ziemlich genau dem Lauf des Diemeltales. Fast alle mesozoischen und tertiären Störungszonen im nordwestlichen Deutschland gehören großen nordsüdlich und nordwestlich gerichteten Bruchsystemen an. Trotzdem nun das postpermische Alter der Stufenkammer-Kluft feststeht, verläuft sie ungefähr genau im variskischen Streichen des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges.

Weiter im Norden finden sich im Falkenbager Liasgraben<sup>2</sup> zwar auch westsüdwestlich verlaufende Verwerfungen, die auch auf Blatt Driburg bei Pömbser<sup>3</sup> und bei Germete<sup>4</sup> noch in Erscheinung treten.

<sup>1</sup> A. O. S. 270.

<sup>2</sup> A. Mestwerdt: Über Störungen am Falkenbager Liasgraben. Festschrift A. v. Koenen, Stuttgart 1907 S. 221.

<sup>3</sup> Stille: Erläuterungen zu Blatt Driburg. 147. Lfg. d. geol. Spezialk. v. Preußen. S. 31.

<sup>4</sup> A. Mestwerdt: Die Quellen von Germete bei Warburg und von Calldorf in Lippe. Jahrb. d. preuß. Landesinst. 1911, S. 143.

<sup>1</sup> Stille: Das Alter der deutschen Mittelgebirge. Zentrabl. f. Min., Geol. u. Pal. 1909, S. 274.

Im südlichen Eggegebirge und in dessen Vorland<sup>1</sup> sowie in der Warburger Sattelzone<sup>2</sup> fehlen jedoch derartig gerichtete Störungen vollständig. Ebenso herrschen nach den Aufnahmen von Leppla<sup>3</sup> und Denkmann<sup>4</sup> im südlichen Waldeck und in den angrenzenden hessischen Gebieten nordsüdlich und nordwestlich verlaufende Verwerfungen vor, obgleich auch hier von Kipper<sup>5</sup> NO-SW-Spalten angeführt werden, die bei Selbach und Obergembeck auftreten und auch weiter im Süden durch den Kupfererzbergbau von Thalitter und Goddelsheim nachgewiesen worden sind.

Der letztgenannte Verfasser spricht die Vermutung aus, daß diese Spalten bereits vor der Ablagerung des Buntsandsteins (bzw. Zechsteins), vorhanden waren und erst später wieder aufrissen. Diese Annahme hat zweifellos viel für sich, jedoch konnten für die Spalten im untern Glindetale bisher keine Beweise dafür erbracht werden.

In der gleichen Art wie Mestwerdt die Falkenhagener westsüdwestlich gerichteten Brüche als Querverwerfungen zu nordwestlich gerichteten Hauptstörungen auffaßt<sup>6</sup>, könnte man die Stufenkammer-Kluft als eine Querspalte zu dem nordsüdlich verlaufenden Westheimer Abbruch deuten. Möglicherweise bildet sie jedoch lediglich eine nach O abgelenkte NS-Spalte, zumal sie offenbar die Neigung besitzt, nach dem Ohmgrund und Lütkeberg zu noch weiter nach N umzubiegen. Vielleicht wird diese Frage bei der genauen Kartierung der angrenzenden Perm- und Triasschichten, die ja offenbar nicht frei von Störungen sind, geklärt werden.

Im übrigen zeigt das Verhalten der Spalten im untern Glindetale mancherlei Ähnlichkeiten mit andern Spalten und Grabenbildungen des nordwestlichen Deutschlands. Erwähnt sei hier nur eine Schilderung, die v. Koenen von Spalten gibt, die sich durch Zerreißen gebildet haben<sup>7</sup>. Ganz ähnlich wie die Spalten von Niedermarsberg verschwächen sich diese im Fortstreichen, springen aus ihrem Hauptstreichen plötzlich ab, »wechseln sowohl im Einfallen als auch im Streichen bald nach der einen, bald nach der andern Richtung recht erheblich«. Falls überhaupt Verwerfungen oder Verschiebungen auftreten, kommt es häufig vor, »daß der eine Flügel an einer Stelle höher liegt, an einer andern dagegen tiefer als der betreffende gegenüberliegende Teil des Gegenflügels«.

Ebenso spricht Stille von Spalten, die auf Zerrungserscheinungen in der Unterlage zurückgeführt werden müssen<sup>8</sup>, und stellt sie den Faltungsgräben, die durch tangentialen Druck entstanden sind, gegenüber. Den erstern sind auch die Spalten im untern Glindetale an-

zureihen, die sich ebenfalls durch eine Auslösung von Spannungen in der Erdkruste bildeten.

In die Spalten eingesunkene Schollen konnten zwar bisher nicht beobachtet werden, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß erstere nicht breit genug waren, um ein solches Einsinken zu veranlassen, oder aber — was wahrscheinlicher ist — die Spalten haben überhaupt nicht gekläfft, sondern waren gleich bei ihrer Entstehung mit Brocken aus dem Nebengestein angefüllt.

#### Die Genesis der Lagerstätte.

Eine Erklärung für die Entstehung der Lagerstätte ergibt sich ohne weiteres aus dem Zusammenhang der Spalten mit den mit Kupfererz imprägnierten Schichten. Trotzdem wurde lange Jahre bei der Grubenverwaltung in Marsberg eine andere Theorie vertreten, nach der die Erze eine primäre Beimengung der schwarzen Kiesel-schieferschichten bilden sollten und die Klüfte nur örtliche Konzentrationszonen hervorgerufen hätten; allerdings sind auch damals schon mehrfach Stimmen für eine epigenetische Entstehung der Erze laut geworden.

Nach einer andern Theorie sollten die Erze den Zechsteinschichten primär beigemischt und nachträglich auf Spalten den Kiesel-schieferschichten zugeführt worden sein.

Die gegen die erstgenannte Theorie von der syngenetischen Entstehung der Kupfererze gerichteten Gesichtspunkte sollen nicht alle angeführt werden, da sie bereits von Bergeat eingehend erörtert worden sind.

Als ein neuer, mir wichtig erscheinender Gesichtspunkt sei nur noch hervorgehoben, daß die Imprägnation nicht auf die bituminösen Kiesel-schiefer beschränkt ist, wie Bergeat angenommen hat<sup>1</sup>, sondern in mehreren Horizonten übereinander auftritt. Ein weiteres Argument ist jedenfalls durch den Verlauf der Versuchsarbeiten gegeben, die auf Grund der Annahme, daß die Kupfererze eine ständige Begleitung der schwarzen Kiesel-schiefer bildeten, unternommen worden sind und darin bestanden haben, systematisch mit Stollen die Basis der Kiesel-schiefer zu untersuchen. Keine dieser Versuche haben irgendwie nennenswerte Erfolge gehabt.

Gegen die Annahme, daß die Kiesel-schiefererze aus dem Zechstein stammen, spricht zunächst, daß die Zechsteinerze viel ärmer sind als diejenigen der Kiesel-schiefer, daß bei Marsberg lediglich auf der Grube Friederike kupferhaltiger Zechstein vorkommt und wohl kaum anzunehmen ist, daß die Erze vom Bilstein nach dem Kohlhagen gewandert sind. Außerdem läßt sich mit dieser Theorie das Vorkommen von Kupfererzen im Eisenberg bei Korbach im Fürstentum Waldeck in keinerlei Zusammenhang bringen. Der Eisenberg bildet eine vereinzelt liegende Kuppe, die aus Kiesel-schiefer besteht, in dem vor Jahren ein ganz ähnliches Vorkommen wie bei Marsberg abgebaut worden ist. Mehrere Kilometer weit im Umkreis tritt hier jedoch kein kupferhaltiger Zechstein auf. Erst bei dem entfernt liegenden Dorfe Goddelsheim wurden in frühern Jahren

<sup>1</sup> Stille: Über präkretazeische Schichtenverschiebungen im Ältern Mesozoikum des Eggegebirges. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1902, S. 296; derselbe: Kreidegräben in der Trias östlich des Eggegebirges. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1904, S. 580; derselbe: Erl. zur 147 Lfg. d. geol. Spezialk. v. Preußen.

<sup>2</sup> Kreiß: Der Warburger Sattel, seine Baustörungen und vulkanischen Durchbrüche. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1910, S. 377.

<sup>3</sup> Leppla: Aufnahmen im Gebiet des Blattes Waldeck-Kassel. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1888, S. LXXXVI.

<sup>4</sup> Denkmann, ebenda S. XCV.

<sup>5</sup> Kipper: Die Zechsteinformation zwischen dem Diemel- und Itter-tale. Glückauf 1908, S. 1030.

<sup>6</sup> a. a. O., S. 229.

<sup>7</sup> v. Koenen: Über das Verhalten von Dislokationen im nord-westlichen Deutschland. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1885, S. 57.

<sup>8</sup> Erläuterungen zu Blatt Driburg, S. 49.

<sup>1</sup> a. a. O., S. 367.

Zechsteinerze abgebaut. Außerdem hat sich weiter im Westen kupferhaltiger Kieselschiefer, der auch jetzt noch auf den alten Halden gefunden werden kann, in der preußischen Enklave Eimelrode gezeigt, einer Gegend, die niemals vom Zechstein bedeckt gewesen ist.

Wie schon erwähnt wurde, stehen die Erzlager mit einem System einer bestimmten Art von Spalten im engsten Zusammenhang, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß diese Spalten nachträglich mit Kupfererzen ausgefüllt und das Nebengestein von den Spalten aus mit Kupfererzen imprägniert wurde. Es bedarf nur noch einer nähern Erklärung, warum ausschließlich diese Spalten die Zufuhrkanäle für die Erzlösungen gewesen sind.

Es ist eine auffallende Tatsache, daß mit vielen Versuchs- und Förderstrecken im Kieselschiefer eine ganze Reihe von Spalten und Klüften durchfahren worden ist, die jedoch in größerer Entfernung von den Hauptspalten keinerlei Erzgehalt zeigten, während selbst ganz unbedeutende Sprünge in geringer Entfernung von den Hauptspalten Erz führten. Zum Verständnis dieser Tatsache muß berücksichtigt werden, daß sich in dem Gebiet, soweit sich wenigstens feststellen läßt, zweimal Gebirgsbewegungen verschiedener Art abspielten.

Während der intrakarbonen Auffaltung wurden die Schichten lediglich in Falten geworfen. Größere Brüche, die ein Aufbrechen des ganzen Gebirges veranlaßt hätten, konnten in dem Grubenbezirk nicht beobachtet werden, wohl aber bildeten sich bei der stellenweise sehr starken Faltung in dem spröden Kieselschiefer Risse und Spalten. Der weiche Tonschiefer gab dagegen bei diesen Bewegungen nach, so daß hier keine Spalten entstanden, auf denen Lösungen umfließen und in die höhern Schichten eindringen konnten. Bei der postpermischen Spaltenbildung wurde dagegen auch die Elastizitätsgrenze des Tonschiefers überschritten, das gesamte Schichtensystem wurde zerrissen, und die nach oben strebenden kupferhaltigen Lösungen konnten ungehindert auf den so entstandenen Spalten aufdringen und ihren Erzgehalt in ihnen absetzen, in das zerrüttete Nebengestein eindringen und dieses mit Kupfererzen imprägnieren. Nunmehr wurden auch von den Hauptspalten aus die mit ihnen in Verbindung stehenden kleinern Klüfte, die nicht in den Tonschiefer heruntersetzen und sich schon im Kieselschiefer vorfanden oder auch stellenweise gleichzeitig mit den Hauptspalten entstanden sind, von diesen aus auf eine gewisse Entfernung hin mit Erz imprägniert.

Wenn auch praktisch eigentlich jetzt nur der bituminöse Kieselschiefer für die Erzführung in Frage kommt, so sind für die genetische Erklärung der Lagerstätte auch die weniger reichen Imprägnationszonen in andern Horizonten von Interesse.

Die Erzführung des untern Zechsteins ist bereits w. o. besprochen und es ist auch darauf hingewiesen worden, daß auf der Grube Oskar der sonst taube rote eisen-schüssige Kieselschiefer in nicht unbeträchtlichem Maße als Erzträger in Frage kommt. In den unter dem schwarzen Kieselschiefer liegenden Horizonten wurde bisher immer nur bis an den grauweißen, lettigen Ton-

schiefer abgebaut, in dem, auch in den Hauptspalten, keinerlei Imprägnation wahrzunehmen ist. Die Spalten sind dagegen nie bis in die tiefern Lagen des oberdevonischen Tonschiefers und in den darunter liegenden Plattenkalk verfolgt worden.

Es ist deshalb von Interesse, ein Vorkommen von Kupfererzen im oberdevonischen Tonschiefer zu erwähnen, das sich im Frohental, einem kleinen rechten Seitental der Glinde, gezeigt hat. Auf einer alten Halde waren Tonschieferstücke mit einem Malachitüberzug gefunden worden. Da dies eine in dem Marsberger Grubenbezirk bisher unbekanntere Erscheinung war, so wurde, um das Vorkommen näher zu untersuchen, unter der Halde her ein Stollen getrieben. Dieser führte zunächst eine kurze Strecke im Zechstein und gelangte dann in den roten mergeligen Cypridinschiefer hinein, in dem etwa 30 m querschlägig aufgefahren wurden. Ferner wurde noch eine 9 m lange Strecke im Streichen der Schichten getrieben. Mit dieser durchfuhr man verschiedene kleine Klüfte, in denen sich Malachit und etwas derber Kupferglanz zeigten. Außerdem fand sich ein Anflug von Grünfärbung auf den Schichtflächen in der Nähe der kleinen Klüfte. Derber Kupferglanz trat auch auf einem Kalkspatgang auf. Eine Infiltration aus höhern kupferhaltigen Schichten ist hier unmöglich, da der oberdevonische Schiefer unmittelbar von den Zechsteinrauhwacken überlagert wird.

Es bestehen also mehrere Horizonte übereinander, die mit Kupfererzen imprägniert worden und die durch andere vollkommen taube Schichten getrennt sind.

Ein wichtiger Grund, im besondern für die weitgehende Durchdringung der Kieselschieferschichten mit Kupfererz ist zweifellos ihre starke Zertrümmerung, zumal, wie bereits w. o. gezeigt worden ist, die Größe der Konzentration und die Breite der Imprägnationszone im engsten Zusammenhang mit der Breite der Spalte steht. Aber auch im Tonschiefer waren die Hauptspalten oft in einer Breite von 2—3 m nachzuweisen, so daß hier sehr wohl Erze zum Absatz gelangen konnten, und man muß daher die Hauptursache für die Imprägnation in der stofflichen Beschaffenheit der betreffenden Schichten suchen.

Im Kieselschiefer läßt sich eine Reihe von Stoffen anführen, die den Niederschlag der Kupfererze bewirken können. Einmal sind bituminöse und kohlenstoffreiche Schichten häufig Träger von Erzen; erinnert sei an die Mansfelder Kupferschiefer. Andererseits mögen auch, wie Bergeat<sup>1</sup> annimmt, elektrolytische Vorgänge mit tätig gewesen sein. Wenn auch der Schwefelkies kein wesentlicher Faktor für den Absatz von Kupfererzen gewesen ist, da er sich auch gar nicht selten in dem tauben oberdevonischen Tonschiefer zeigt, so hat er verschiedentlich doch dabei mitgewirkt, denn es finden sich auf dem Pyrit nicht selten Überzüge von Kupfererzen; auch haben die derben Kupferglanzknollen aus den obern Teufen häufig einen Kern von Schwefelkies.

Die Erzführung des Zechsteinkalkes läßt sich auf seinen Bitumengehalt zurückführen, während sowohl

<sup>1</sup> a. a. O. S. 372.

in dem roten Kieselchiefer als auch in dem Cypripdenschiefer vielleicht der Eisengehalt den Absatz der Erze veranlaßt hat.

Diese Annahmen sind jedoch nur ein Notbehelf, und alle Beweise, die sich auf chemische Umsetzungen oder auf die ausfallende Wirkung mancher Stoffe gründen, tragen höchstens den Charakter der Wahrscheinlichkeit. Im besondern verdient hier das Verhalten der gebleichten Kieselchiefer der Grube Friederike nochmals hervorgehoben zu werden, die ihren Kohlenstoff- und Bitumengehalt bereits vor der Ablagerung des Zechsteins, also vor der Imprägnation, verloren haben und trotzdem einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Kupfererzen aufweisen.

#### Primäre und sekundäre Teufenunterschiede.

Die Teufenunterschiede, die sich auf den Stadtberger Gruben bemerkbar machen, bestehen in der Oxydation der ursprünglich sulfidischen Erze in den obern Teufen, in der Konzentration der Erze in bestimmten Zonen und in der nach oben zunehmenden Breite der Imprägnationszonen.

Sowohl auf der Grube Oskar als auch auf der Grube Mina lassen sich mehrere Zonen unterscheiden, die durch bestimmte Kupfererze gekennzeichnet sind. Auf der Grube Mina traten, nach den alten Grubenbildern zu urteilen, die ersten sulfidischen Erze ungefähr in der Höhe des Gustav-Stollens (etwa 35 m über der Talsohle) in größerer Menge auf. Darunter folgt eine 40 m mächtige Zone, die bis unter die Mittelsohle herunterreicht und Malachit, Kupferlasur, Rotkupfererz, Kupferglanz, in geringen Mengen Buntkupfererz und gediegenes Kupfer führt. In der nächstfolgenden 12 m mächtigen Zone fehlen die kohlen-sauren Erze. Es finden sich nur noch Rotkupfererz, Kupferglanz, Buntkupfererz und gediegenes Kupfer. In den tiefsten bis jetzt aufgeschlossenen Schichten verschwindet auch das Rotkupfererz; es finden sich lediglich Kupferglanz und Buntkupfererz, zu dem sich auch bereits etwas Kupferkies gesellt. In den Hauptklüften wurde jedoch auch hier noch gediegenes Kupfer angetroffen.

Innerhalb der Zone der sulfidischen Erze machen sich insofern noch Teufenunterschiede bemerkbar, als nach der Teufe zu der Gehalt an Buntkupfer gegenüber dem Kupferglanz zunimmt.

Die Grenzen der einzelnen Zonen liegen nicht in demselben Niveau, sondern sind abhängig von der Breite der Spalten und von dem Talgehänge.

An den Hauptspalten geht die Oxydation der sulfidischen Erze tiefer herunter als an den kleinern Spalten und in dem Nebengestein. Beispielsweise finden sich auf der Mittelsohle der Grube Oskar in der Stufenkammer nur Malachit und Lasur, in den kleinern Klüften und im Nebengestein Kupferglanz, Buntkupfer und gediegenes Kupfer.

Ganz ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch an der Grenze der Oxydationszone auf der Grube Mina. Hier

scheinen die Hauptstörungen auch noch die Erzführung innerhalb der Sulfide zu beeinflussen zu haben, da auf der II. Tiefbausohle im SW-Felde die Hauptstörung hauptsächlich Kupferglanz führt, während im Nebengestein Buntkupfererz vorwaltet.

Die Abhängigkeit der Oxydation der Erze vom Talgehänge ist besonders deutlich auf der Grube Mina zu erkennen. Auf der I. Tiefbausohle finden sich im SW-Felde nur sulfidische Erze, im NO-Felde dagegen, das näher an der Oberfläche liegt und daher der Einwirkung der Atmosphärien besser zugänglich war, ist Rotkupfererz in großer Menge vorhanden. In noch stärkerem Maße tritt diese Tatsache auf der Friedrich-Stollensohle in Erscheinung. Sowohl im SW- als auch im NO-Felde zeigten sich auf dieser Sohle neben sulfidischen Erzen in großer Menge Malachit und Lasur. Weiter im Südwesten an der Stufenkammer-Kluft waren etwa 90 m unterhalb von Obermarsberg nur noch Kupferglanz, Buntkupfererz und bereits Kupferkies vertreten. Abb. 15 soll diese Verhältnisse veranschaulichen.

Bis zum Jahre 1880 wurden bei Niedermarsberg lediglich die oxydischen Erze abgebaut, da man es noch nicht verstand, die geschwefelten Erze zu verhütten. Im Jahre 1880 machte man die ersten Versuche, auch die sog. schwarzen Erze auszulaugen. Im Jahre 1884 wurden sie dann in größerem Maßstabe abgebaut, und schon 1886 förderte man fast nur sulfidische Erze, da

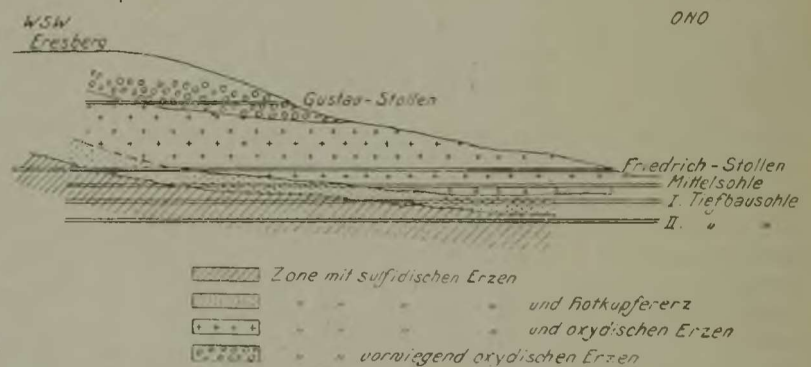


Abb. 15. Darstellung der Abhängigkeit der Oxydationsstufe vom Talgehänge auf der Grube Mina.

diese reicher waren als die oxydischen. Der Erzgehalt des Haufwerks, der bisher zwischen 1,2 und 1,4% geschwankt hatte, stieg nun auf 1,9–2,1%.

Danach scheinen also keineswegs die kohlen-sauren Erze die reichste Konzentrationszone dargestellt zu haben, sondern diejenigen geschwefelten Erze haben den höchsten Prozentgehalt erreicht, die sich unmittelbar unter den oxydischen Erzen vorfinden, also dort, wo die in die Tiefe sickern den Tagewasser ihren Gehalt an umgewandelten oxydischen Erzen auf dem schon vorhandenen Sulfiden wiederum in Form von geschwefelten Erzen niederschlugen (Zementationszone) und dadurch eine bedeutende Anreicherung bewirkten. Von hier aus findet nach unten zu allmählich eine Abnahme in der Konzentration statt.

In welchen Teufen sich diese sekundär angereicherten sulfidischen Erze vorfinden, ist leider nicht mehr festzustellen, da sie längst abgebaut sind. Sie müssen

jedoch auf die obern Teufen beschränkt gewesen sein; sicherlich setzen sie nicht in die Tiefbausohlen herunter, sondern höchstens bis zur Talsohle oder bis zum jetzigen Grundwasserspiegel (5 m unter der Talsohle).

Gediegenes Kupfer tritt jedoch soweit man bis jetzt abgebaut hat, also etwa noch 35 m unter der Talsohle auf. Zu gewissen Zeiten muß infolgedessen der Grundwasserspiegel tiefer als die zweite Tiefbausohle gelegen haben.

Ist somit die größere Konzentration der Erze in den obern Teufen in erster Linie eine Folge sekundärer Umlagerung, so ist keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen, daß sich auch bereits primäre Zonen mit reichern und weniger reichen Erzen bildeten.

Die Zunahme der Breite der Imprägnationszonen in den obern Teufen wurde bereits bei der Beschreibung der Gruben Oskar und Mina eingehend besprochen. Ebenso wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Erzlager der Grube Mina an den breiteren Spalten mit größerer Regelmäßigkeit in die Teufe setzen als an den kleinern Klüften.

Bei diesen Teufenunterschieden mögen zwar auch sekundäre Wanderungen und Anreicherungen der Erze eine gewisse Rolle gespielt haben, aber vornehmlich möchte ich hierin einen primären Teufenunterschied erblicken, der durch physikalische Bedingungen hervorgerufen worden ist.

Zweifellos primär ist auch wohl der eigentümliche Wechsel der Gangmineralien, die in den untern Teufen aus nach unten zunehmendem Kalkspat und in den obern aus Quarz bestehen.

Andere Kupfererzvorkommen im Kieselschiefer in der Umgebung von Niedermarsberg.

Die Vorkommen von Kupfererzen in der Umgebung von Marsberg sind nicht auf die Gruben Oskar, Mina und Friederike beschränkt.

Durch die zahlreichen im Laufe der Jahre unternommenen Versuchsarbeiten sind auch an verschiedenen andern Punkten Kupfererze nachgewiesen worden. Alle diese Vorkommen erwiesen sich jedoch als nicht abbauwürdig. Zumeist ist man bei ihrem Studium auf die Grubenakten angewiesen, und dort, wo sie wieder aufgeschlossen werden konnten, liegen nur sehr spärliche Reste vor. Da sie im übrigen in keiner Weise von den schon beschriebenen Lagerstätten abweichen, sollen sie im folgenden der Vollständigkeit halber nur erwähnt werden.

Auf der rechten Seite des Glindetales, genau gegenüber der Grube Mina, wurde mit dem Wilhelm-Stollen eine Querkluft angefahren, die stellenweise abbauwürdige Erze lieferte. Die Erze, die aus Sulfiden und besonders häufig aus Rotkupfererz und gediegenem Kupfer bestanden, füllten meist nur die etwa  $\frac{1}{2}$  m breite Kluftmasse selbst aus; das Nebengestein war nur in geringem Maße imprägniert. Ob diese Kluft eine ähnliche Störung darstellt wie die schon beschriebenen Hauptspalten, oder ob sie von der Grube Oskar aus mit Erz gespeist wurde, muß dahingestellt bleiben.

Ein anderes Vorkommen, das in den Jahren 1877—79 untersucht worden ist, zeigte sich am Galgenberg.

Kieselschiefer mit Grünfärbung lassen sich hier noch auf einer alten Halde beobachten. Das Vorkommen liegt so genau in der Streichrichtung der vierten Querkluft der Grube Mina, daß es wahrscheinlich mit dieser im Zusammenhang steht.

Die Kupfererze, die am Kuhweg angetroffen wurden, müssen zweifellos mit der Stufenkammer in Beziehung gebracht werden. Die Versuchsarbeiten auf der Grube Mina werden hierüber noch nähern Aufschluß geben.

Ein eigenartiges Vorkommen ist mit zwei Stollen an der Wiemeke erschlossen worden. Es handelt sich hier um einen  $\frac{1}{2}$  m breiten Kalkspatgang, der neben Pyrit in nicht unbeträchtlicher Menge derben Kupferglanz und Buntkupfererz führt. Aber nur eine kurze Strecke weit ließ sich der Gang verfolgen. Alsdann löste er sich in mehrere Trümer auf, die zwar noch Kalkspat und Pyrit, aber kein Kupfererz mehr enthielten. Auch in den oberdevonischen Tonschiefer hinein konnte die Störung verfolgt werden, jedoch ohne irgendwelche Ausfüllung. Zu beiden Seiten des Ganges fanden sich im Kieselschiefer nur geringe Mengen von Kupfererzen. Ähnliche gangförmige Vorkommen wurden auch bereits bei der Beschreibung der Grube Mina erwähnt.

Eine kurze Besprechung verdient an dieser Stelle auch das schon erwähnte, im Süden von Marsberg gelegene Vorkommen von Kupfererzen im Kieselschiefer des Eisenberges<sup>1</sup> bei Korbach im Fürstentum Waldeck. Der Eisenberg überragt in Form einer runden Kuppe das vorgelagerte Zechstein- und Buntsandsteinplateau. Nur ein schmaler Höhenzug verbindet ihn mit den im Westen liegenden Bergen. Zum größten Teil setzt er sich aus kulmischen roten und schwarzen Kieselschiefern zusammen, die petrographisch ebenso wie die Marsberger entwickelt sind. Sie bilden stark zusammengepreßte, meist nach Norden überkippte, in ONO-Richtung streichende Faltenzüge.

Die Kupfererze finden sich in dem schwarzen bituminösen Kieselschiefer an Klüften, die das Gestein durchsetzen. Nach den alten Berichten soll durch den Eisenberg eine Hauptkluft hindurchstreichen, die von einer bedeutendern Querkluft, dem sog. Kreuzgang, und einer Reihe kleinerer Klüfte rechtwinklig durchschnitten werden. Das Erzvorkommen scheint also völlig gleichbedeutend mit dem von Stadtberge zu sein. Darauf deutet auch die Anordnung derjenigen Stollen, mit denen Kupfererze angetroffen wurden, hin, die sämtlich in einer geraden Linie, also offenbar an der in den Akten erwähnten Hauptspalte liegen.

Oberhalb des Dorfes Goldhausen, an der Westseite des Berges, baute die Grube Viktor. Dort findet sich noch eine alte Halde, die aus rotem und schwarzem, von Quarzadern durchzogenem Kieselschiefer mit Überzügen von Malachit und Kupferlasur besteht. Zwei weitere Stollen liegen in der Molkenborner Schlucht an der Ostseite des Eisenberges. An der Oberfläche der Halden ist der Kupfergehalt völlig ausgelaut. Erst in

<sup>1</sup> Über das Vorkommen von Gold im Eisenberg s. Freimuth Das Vorkommen und die Gewinnung des Goldes im Fürstentum Waldeck und den angrenzenden preussischen Landesteilen, Bergbau 1910, S. 145.

einer Tiefe von  $\frac{1}{2}$ —1 m stellen sich Stücke mit Grünfärbung ein. Auf der obern Halde des mittlern Molkenborner Stollens fand sich schwarzer Letten mit Kieselschieferbrocken, der offenbar einer Kluftausfüllung entstammte und ganz von Malachit durchsetzt war. Auch auf der Halde des untern Molkenborner Stollens am Fuß des Berges und bei dem Thomasschacht unterhalb des Aussichtsturmes wurden geringe Mengen von Kupfererzen gefunden.

Ganz erfolglos scheinen die Versuche mit den beiden Tiefentaler Stollen gewesen zu sein, die in einer Schlucht an der Westseite des Berges liegen. Dasselbe gilt von der Grube Nürnberg nördlich von der Molkenborner Schlucht unterhalb des großen Steinbruchs.

Nach dem letzten Bericht über die im Eisenberg anstehenden Kupfererze, der aus dem Jahre 1883 stammt, soll der Durchschnittsgehalt der Erze im Viktor-Stollen nur 0,75% und in dem mittlern Molkenborner Stollen noch weniger betragen haben.

#### Geschichtliche Angaben.

Schon seit vielen Jahrhunderten ist das Kupfererzvorkommen bei Marsberg bekannt. Bereits im 10. Jahrhundert haben die Mönche vom Kloster Korvei dort Bergbau getrieben. Im Jahre 1192 erhielt der Abt

Wigbold von Korvei von Heinrich VI. das Recht, alle Metalle bei Marsberg zu graben und zu verarbeiten. Besonders rege muß der Bergbau im 13. Jahrhundert gewesen sein. Nicht weniger als 6 Kupferhütten waren damals in der nähern Umgebung von Marsberg im Betrieb<sup>1</sup>. Noch heute kann man nicht selten Kupferschlacken antreffen, die von solchen Hütten stammen. Aus den folgenden Jahrhunderten ist nur wenig über den Bergbau bekannt. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde er vom Staat betrieben. Damals, besonders in den 20er Jahren, baute man hauptsächlich die Zechsteinerze am Bilstein ab, aber offenbar nur mit wenig Erfolg.

Einen großen Aufschwung nahm der Bergbau, als in den folgenden Jahren eine neugegründete Gewerkschaft das Verfahren einfuhrte, die Erze mit Salzsäure auszulaugen. Damit kam dann auch der Bergbau auf Zechsteinerze endgültig zum Erliegen, da sie infolge ihres Auftretens im Kalk für das Laugeverfahren ungeeignet sind. Bis zum Beginn der 80er Jahre beschränkte man sich darauf, die oxydischen Erze abzubauen, und erst nach Gründung der Aktiengesellschaft »Stadtberger Hütte« gelang es, auch die sulfidischen Erze zu verwerten, und dadurch dem Bergbau einen dauernden Bestand zu sichern.

<sup>1</sup> Fischer: Die Eresburg. Paderborn 1889.

## Untersuchung eines mit Teeröl betriebenen 480 PS-Dieselmotors.

Von Oberingenieur Bütow und Bergassessor Döbelstein, Essen.

Von der Gesellschaft für Teerverwertung in Meiderich ist im September 1911 ein 480 PS-Dieselmotor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg zur Erzeugung elektrischer Energie aufgestellt worden, die dort zur Beleuchtung und zum Antrieb verschiedener Maschinen verwendet wird.

Der Dieselmotor stehender Bauart für 175 Umdrehungen in der Minute besitzt, wie Abb. 1 zeigt, 4 Zylinder von 480 mm Durchmesser und 680 mm Hub. Auf der gemeinsamen Welle ist ein Drehstromgenerator derart angeordnet, daß das Polrad die Stelle des Schwungrades vertritt. Der Generator ist für 167 Umdrehungen, 220 V Spannung, 50 Perioden und 450 KVA Leistung bei einem  $\cos \varphi$  von 0,8 gebaut. Auf der gemeinsamen Welle sitzt ferner die Erregerdynamomaschine von 65 V Spannung und 155 Amp.

Die Zylinder des Motors arbeiten im Viertakt; beim ersten Hube wird die Luft durch das Ventil *a* angesaugt (s. die Abb. 2 und 3), beim zweiten Hub auf etwa 33 at gepreßt und dadurch über die Entzündungstemperatur des Teeröls erwärmt. In diese heiße komprimierte Luft wird nach Beendigung des zweiten Hubes durch Preßluft von 50–60 at Druck, die in zwei besondern, seitwärts angeordneten Luftkompressoren *l* und *l*<sub>1</sub> erzeugt wird, das als Treibmittel dienende Teeröl durch die Brennstoffdüse *b* eingeblasen und verbrennt ohne

Zündung in der heißen Luft. Die Gase treiben den Kolben vor und expandieren arbeitsleistend während des dritten Hubes. Beim vierten Hube werden die Verbrennungsergebnisse durch die Auslaßventile *c* ausgestoßen, worauf das Viertaktspiel von neuem beginnt. Die Kurbeln des ersten und vierten Zylinders sind gleichgerichtet und gegen die ebenfalls gleichgerichteten Kurbeln des zweiten und dritten Zylinders um 180° versetzt. Das Teeröl wird durch besondere kleine Ölpumpen *d* bis in die Brennstoffventile gedrückt. Ein Regulator *r* regelt die Brennstoffzufuhr je nach der Belastung durch die Regulierwelle, die den Hub der Ölsaugeventile beeinflußt. Die Steuerwelle mit den um 90° versetzten Exzentern der Brennstoffnadeln macht nur halb soviel Umdrehungen wie die Hauptwelle. Zum Anlassen des Motors dient die von den Luftpumpen in Luftflaschen aufgespeicherte Druckluft. Hierfür sind besondere Anlaßventile *e* vorgesehen, die nach dem Umstellen eines Hebels in Tätigkeit treten. Ist keine Druckluft von dem vorhergehenden Betriebsabschnitt mehr vorhanden, so muß mit Kohlensäure angefahren werden. Bis der Motor warm geworden ist, also während der ersten Viertelstunde, sind die schwer entzündlichen Teeröle noch ungeeignet. Für diese Inbetriebsetzung findet Gasöl Verwendung, das dem Motor von besondern Ölpumpen zugeführt wird. Diese Pumpen sind regelbar