

# Geologische Untersuchung der Wasserkraftstollen im oberösterreichischen Mühlviertel.

Mitteilung aus dem Institut für Geognosie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien.

Von **L. Kölbl**

und einem technisch-geologischen Beitrag von **Ing. G. Beurle**.

(Mit einem Stollenprofil und 5 Textfiguren.)

## I. Einleitung.

Das oberösterreichische Mühlviertel bildet einen Teil des südwestlichen Abfalles der Böhmisches Masse. Sowohl im geologischen Bau als auch im Landschaftsbilde kommt die Zugehörigkeit zu dieser größeren Einheit deutlich zum Ausdruck.

Morphologisch bildet das an landschaftlichen Schönheiten reiche Gebiet ein Hochplateau. Auf der Höhe desselben reicht der Blick gegen N über flachgewelltes Land, über freundliche Dörfer und dunkle Waldpartien bis zu den in der Ferne verschwindenden Ausläufern des Böhmerwaldes. Plötzlich und unerwartet öffnen sich zu Füßen des Wanderers die engen Täler, so im S das der Donau, die in einem tief eingeschnittenen Tal von der westlichen Landesgrenze Oberösterreichs an ihren Weg mitten durch das Grundgebirge der Böhmisches Masse nimmt.

Über den steilen, etwa 200 m hohen Hang führt der Pfad in die Tiefe, wo an den Ufern des Flusses kaum Platz bleibt für eine schmale, schlechte Straße oder einen dürftigen Fußsteig. Nur an wenigen Punkten konnten kleinere Ansiedlungen Platz finden.

Auf ihrem engen Wege durch das Plateau empfängt die Donau drei Zuflüsse von N: die Große und die Kleine Mühl und die Ranna. Alle drei fließen gleich dem Hauptstrome in einem engen, tief eingeschnittenen Tale dahin.

Diesem recht entlegenen und erst in neuester Zeit durch die Errichtung mehrerer Autolinien leichter zugänglichen Teile Österreichs hat sich nun in den letzten Jahren das Interesse weiterer Kreise zugewandt.

Man ging daran, die Wasserkräfte dieses Gebietes auszubauen und so entstanden an der Großen Mühl das „Mühlkraftwerk Partenstein“ und in der Kramesau, südlich von Engelhartzell, das „Rannawerk“. Bei beiden Wasserkraftwerken wurden längere Stollenbauten durchgeführt, die für den Geologen wertvolle vorübergehende Aufschlüsse darstellten.

Herr Oberbergrat Dr. W. Hammer, Direktor der Geologischen Bundesanstalt in Wien, und Herr Oberbergrat Dr. O. Ampferer regten nun eine Untersuchung dieser Stollenprofile an, deren Durchführung mir übertragen wurde, während die O. W. E. A. G. (Oberösterreichische

Wasserkraft und Elektrizitäts A. G.) einerseits und die Firma Stern und Hafferl (Rannawerk) andererseits in großzügiger Weise für die Kosten der Untersuchung aufkamen.

Es ist mir nur eine angenehme Pflicht, allen jenen, die zu dem Gelingen der Arbeit beitrugen, zu danken. Insbesondere fühle ich mich Herrn Direktor Hammer, Herrn Oberbergrat Ampferer, Herrn Direktor Schachermeyr (O. W. E. A. G.), der Firma Stern und Hafferl sowie Herrn Ing. G. Beurle zu Dank verpflichtet. Ferner danke ich allen Herren der verschiedenen Bauleitungen und Bauunternehmungen, die mich teils bei den Untersuchungen im Stollen, teils durch Überlassung von Gesteinsmaterial, Skizzen und Plänen stets in eifrigster Weise unterstützt haben.

## II. Geologisch-petrographische Skizze der Stollengebiete.

Sowohl die Stollenbauten des Mühlkraftwerkes als auch die Stollen des Rannakraftwerkes liegen zur Gänze im südlichen Teil des „Böhmischen Granitstockes“, der den größten Teil des nördlich der Donau gelegenen Gebietes von Oberösterreich bildet. Dieses Granitgebiet, das allerdings keine einheitliche Zusammensetzung zeigt, reicht einerseits in westlicher Richtung bis nach Deutschland, andererseits gegen O bis in die Gegend von Sarmingstein in Niederösterreich.

Es war daher bezüglich der Stollenprofile von vorn herein eine gewisse Einförmigkeit zu erwarten; die durch die Beobachtungen auch bestätigt wurde. Immerhin ergaben sich aber auch durch die räumlich begrenzte Untersuchung der Stollen eine Reihe von Ergebnissen; die, wie im folgenden gezeigt wird, für das geologische Bild des südwestlichen Teiles des Böhmischen Granitstockes regionale Bedeutung beanspruchen dürfen.

Aufbau und Zusammensetzung des oberösterreichischen Granitgebietes bilden einen Fragenkomplex, der zu den ungeklärtesten österreichischer Geologie überhaupt gehört. Dies wird verständlich, wenn wir uns vor Augen halten, daß seit den ersten Untersuchungen in diesem Teil der Böhmischen Masse (siehe Lit.-Verz.) neuere Arbeiten fast vollständig fehlen.

Allerdings wurden beim Bau der Wasserkraftwerke eine Anzahl geologischer Untersuchungen durchgeführt, über welche mir Herr Oberbergrat Ampferer, speziell in bezug auf das Partensteinwerk, in liebenswürdiger Weise folgendes mitteilte: Eine mineralogische Untersuchung der Granite wurde von Hlawatsch durchgeführt. Ampferer nahm gemeinsam mit den Ingenieuren Vaage und Beurle die genaue Abgrenzung des Plöckinger Granites vor und entwarf eine geologische Karte; gemeinsam mit Ing. Wurmböck begutachtete er die Sperrstelle und das bereits abgedeckte Fundament, gemeinsam mit Professor V. Pollack untersuchte er dann die Überprofile der Stollen. Herr Direktor Hammer führte gemeinsam mit dem Oberstaatsbahnrat Professor Ing. Köck eine Untersuchung der Granite und Ganggesteine durch. Wenn im folgenden jedoch auf diese verschiedenen Gutachten nicht näher

eingegangen wird, so hat dies seinen Grund darin, daß mir der Inhalt dieser Gutachten nicht bekannt wurde.

Spezielle Arbeiten aber, die die systematische Untersuchung eines größeren Teiles des Granitgebietes sich als Aufgabe stellten, liegen aus neuerer Zeit keine vor. Denn auch ein Exkursionsbericht aus dem Jahre 1913 von A. Till (7) konnte in der geologischen Erforschung dieses Gebietes weder eine geologische noch wegen der ungenauen petrographischen Angaben eine petrographische Klärung herbeiführen.

Auf den älteren geologischen Karten des in Rede stehenden Gebietes finden wir als anstehend teils Granit, teils Gneis verzeichnet. Wie mir aber verschiedene Exkursionen gezeigt haben, wurden diese Begriffe von den einzelnen Geologen nicht in gleicher Weise gebraucht, so daß viele Gebiete, wie z. B. südlich der Donau, die als Gneis ausgeschieden wurden, noch zu dem Granitmassiv zu rechnen sind.

Die Erklärung für diese Begriffsverwirrung ist darin zu erblicken, daß die Granite späteren tektonischen Umformungen unterworfen waren, wobei sie in einzelnen Zonen starke Pressungen bis Zertrümmerungen mitmachen mußten. Die Zusammengehörigkeit all der verschiedenen „Gneise“ und „Granite“ zu einem geologischen Körper wird aber durch die Art des Auftretens, die vorhandenen Übergänge u. ä. erwiesen, so daß auch eine von Cloos (1) neuerdings geäußerte Meinung, es stünden längs der Donau bis Linz Gneise und Granite an, als den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechend zurückgewiesen werden muß.

Herrschte derart eine ziemliche Unsicherheit in der Zuteilung der Gesteine zu den Graniten oder Gneisen, so finden wir den gleichen Zustand bei der Unterscheidung der verschiedenen Abarten, die in dem großen Gesteinskörper zu unterscheiden sind.

Besonders Commenda und Graber haben versucht, in die Mannigfaltigkeit, wie sie durch die natürlichen Verhältnisse geboten wird, eine gewisse Gliederung zu bringen.

So unterschied Commenda einen A-Granit von einem B-Granit, wobei der B-Granit ein mehr feinkörniger Typus war, während unter dem A-Granit die verschiedensten Strukturtypen zusammengefaßt wurden. Die stark geschieferten Teile des A-Granites wurden zum Teil als Gneise bezeichnet.

Graber versuchte durch konsequente Anwendung des Begriffes Gneis nur auf Paragesteine eine übersichtliche Darstellung. Beim A-Granit unterschied er einen Kerngranitit, einen Randporphyr, Randgranitit, Randflasergranitit usw., wobei die geschieferten Partien als Flasergranite bezeichnet wurden. Till hat dann in seinem erwähnten Berichte einzelne dieser Typen als Porphyrganitit, Augengneis, Dioritgneis usw. bezeichnet.

Es ist nun nicht möglich, im Rahmen der vorliegenden Untersuchung weiter auf die verschiedentlichen Unterscheidungen einzugehen. Wohl aber soll darauf hingewiesen werden, daß erst eine geologische Neuaufnahme des ganzen Granitgebietes in der Lage sein wird, die Beziehungen der einzelnen Gesteinsarten zueinander und zu dem ganzen geologischen Körper in befriedigender Weise zu klären.

Aus diesem Grunde werden daher im folgenden nur die von den Stollenbauten selbst angeschnittenen Gesteine kurz beschrieben und die Art ihres geologischen Auftretens gekennzeichnet.

### A. Die Aufschlüsse des Druckstollens Partenstein.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, hat das Partensteinwerk die Aufgabe, die Wasserkräfte der Großen Mühl zu verwerten.

Bei der Durchführung dieser Wasserkraftanlagen wurde ein über  $5\frac{1}{2}$  km langer Druckstollen erbaut, der einen vorzüglichen Einblick in den inneren Bau des Gebietes von Neufelden bis Partenstein ermöglichte. Beobachtungen und Wanderungen in der näheren und auch weiteren Umgebung dieses Druckstollens vervollständigten und bestätigten das durch das Studium der Aufschlüsse unter Tag gewonnene geologische Bild.

Die allgemeine Lage des Stollens wird aus der Kartenskizze in Fig. 1 ersichtlich.

Der Stollen beginnt im NW von Neufelden und durchbricht zunächst in südlicher Richtung den Bergrücken, auf welchem die Ortschaft Neufelden liegt. Die Überlagerung beträgt in diesem Abschnitte bis zu 80 m. Nach Querung des Mühltales in einem Aquädukt durchfährt der Stollen jenseits der Mühl das Plateau, auf welchem die Ortschaft Klein Zell liegt, in allgemein nordsüdlicher Richtung bis zu seinem Ende oberhalb der Ortschaft Partenstein. Die Überlagerung im Abschnitt unter Klein Zell beträgt zirka 140 m.

Zwei Fensterstollen, Fenster I und II, und ein Schacht ermöglichten die Inangriffnahme der Arbeiten von verschiedenen Seiten und führten zu einer Gliederung des Gesamtstollens in einzelne Teilstücke, deren Bezeichnung Stollen 1, 2 usw. im S beginnt.

#### 1. Die Gesteine.

Die petrographische Untersuchung der Gesteine des Druckstollens Partenstein zeigte, daß sich zwei Haupttypen der dort auftretenden Granite unterscheiden lassen.

Einmal ein meist grobporphyrisch entwickelter Granit, zum Teil Gneisgranit, in ziemlich wechselnder Ausbildung und dann ein jüngerer, vorwiegend gleichmäßig körnig ausgebildeter Granit, der bei der Ortschaft Plöcking in großen Steinbrüchen gewonnen wird und welcher, dem Gebrauch beim Stollenbau folgend, als „Plöckinger Granit“ bezeichnet werden soll. In beiden Gesteinskörpern sind ferner saure und basische Ganggesteine angetroffen worden.

Der grobporphyrische Granit, beziehungsweise Gneisgranit wird vornehmlich im nördlichen Abschnitt des Stollendurchbruches angefahren.

Die Umgebung des Staubeckens, der Untergrund des Wehres, der Rücken von Neufelden, das Mühlthal bei dem Aquädukt, der Fensterstollen I und der Stollen 6 bis etwa 900 m südlich des Schnittpunktes Fensterstollen I — Stollenachse bestehen aus den verschiedenen Ausbildungen des grobporphyrischen Granites. Aber seine Verbreitung ist noch größer. Die steilen Gehänge gegen das Mühlthal zu zeigen dieses Gestein schon in einer Entfernung von etwa 500 m, von der Stollenachse wieder anstehend und dem Tal der Großen Mühl folgend können wir es bis zu dem südlichen Ende des Druckstollens verfolgen. Etwa die letzten 300 m des Druckstollens werden wieder aus dem grob-

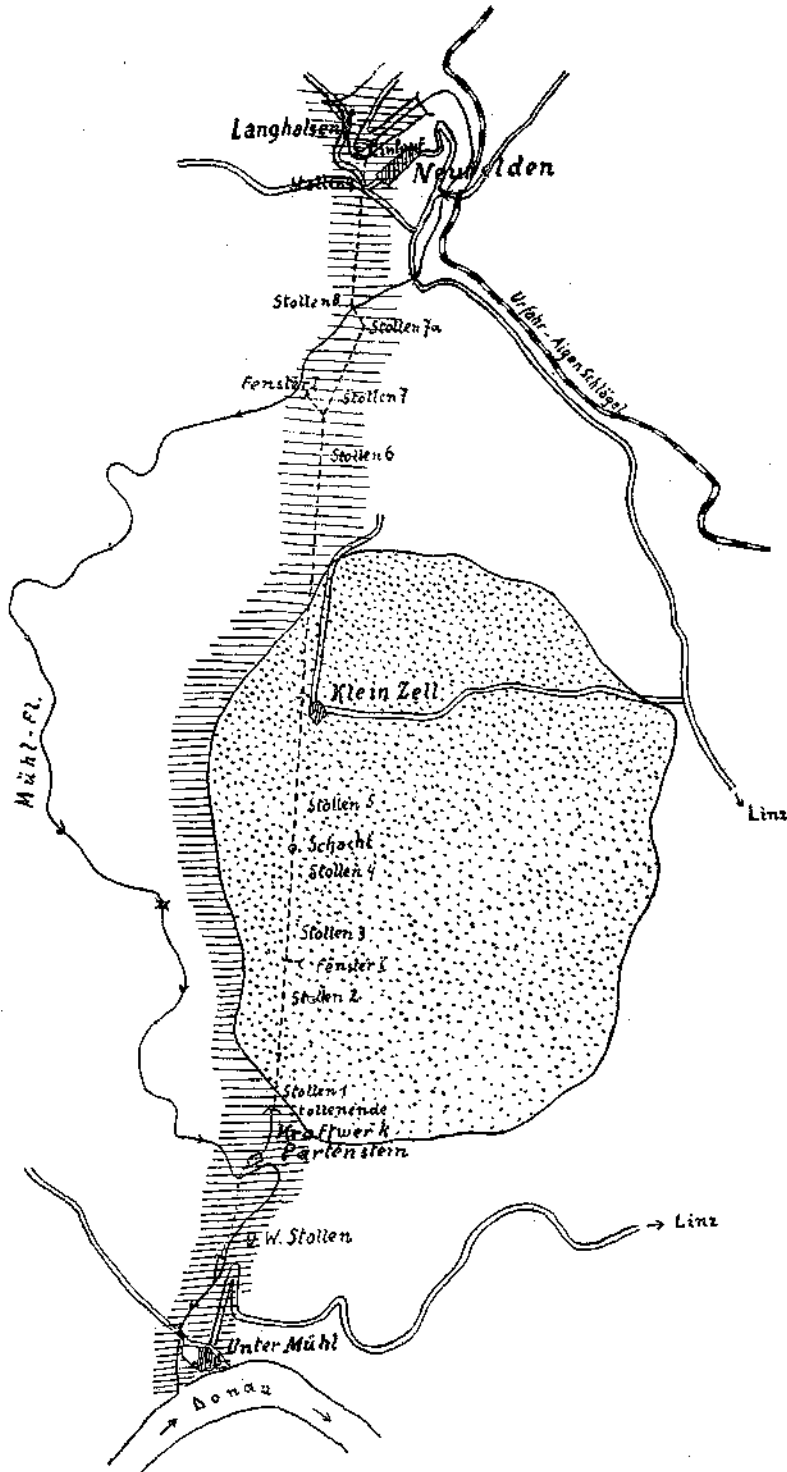


Fig. 1. Geologische Kartenskizze des Druckstollens Partenstein. Schraffiert: Grobporphyrischer Granit, Gneisgranit, in wechselnder Ausbildung. Punktiert: Flöckinger Granit.

porphyrischen Granit gebildet. Vom Stollenende bis zur Donau ist dieses Gestein gleichfalls anstehend anzutreffen.

Der porphyrtig ausgebildete Granit, wie er etwa im Stollen unter Neufelden, bei der Mühlkreuzung, beim Fenster I, in besonders schöner Ausbildung anzutreffen ist, zeigt Feldspateinsprenglinge, die eine Größe bis zu 6 cm erreichen können.

Diese Feldspateinsprenglinge sind rötlich bis weiß gefärbte Orthoklase und lassen schon mit freiem Auge die Verzwilligung nach dem Karlsbader Zwillingsgesetz gut erkennen.

Was nun zunächst die Färbung dieser Einsprenglinge betrifft, so scheint ihr Auftreten in gewisser Beziehung zum Chemismus des Gesteines zu stehen. Es konnte beobachtet werden, daß die stärker rötlich gefärbten Kalifeldspate vornehmlich in jenen Abarten des Granites auftreten, in welchen der Quarzgehalt zurücktritt und die dunklen Gemengteile, Biotit, beziehungsweise auch Hornblende, zunehmen, die sich also petrographisch den Syeniten nähern. In jenen Varietäten des Granites aber, in welchen Quarz reichlicher vorhanden ist und auch in jenen, in denen die Einsprenglinge sowohl an Zahl als auch an Größe abnehmen, sind durchwegs rein weiß gefärbte Orthoklase anzutreffen.

Neben diesen großen Einsprenglingen von Kalifeldspat lassen sich mit freiem Auge in den grobkörnigen Typen noch Quarz, Biotit und in den basischeren Abarten auch Hornblende erkennen.

Das Verhältnis der einzelnen Gemengteile zueinander kann nun sehr starken Schwankungen unterliegen. Es gibt Stellen, an welchen das Gestein fast nur aus großen Feldspatkristallen besteht und andere, in denen der Feldspat so stark zurücktritt, daß Biotit herrschend wird. Zahlreiche Übergänge vermitteln zwischen beiden und rufen im großen das Bild schlieriger Differentiationen hervor.

Sehr schön konnten diese Erscheinungen in dem Stollenstück beobachtet werden, welches den Rücken von Neufelden durchfährt. Auch im Mühlthal selbst sind an mehreren Stellen derartige Differentiationen sehr gut aufgeschlossen.

Nicht immer sind die großen Einsprenglinge regellos im Gestein verteilt. In manchen Fällen läßt sich eine Andeutung einer Parallelstellung der c-Achsen erkennen, die dann so angeordnet sind, daß sie allgemein gegen NO fallen. Doch ist diese Anordnung nur an einzelnen Stellen deutlicher erkennbar; Abweichungen hievon und vollkommen unregelmäßige Anordnung der Einsprenglinge sind ebenso häufig anzutreffen.

Erwähnt mag noch die Beobachtung werden, daß die Einsprenglinge gelegentlich Zerbrechungserscheinungen zeigen. Meist sind dann die einzelnen Bruchstücke etwas aneinander verschoben, die Sprünge selbst mit Pyrit, der auch sonst häufig auftritt, verheilt.

Mit diesen schlierig ausgebildeten Partien des grobporphyrischen Granites durch Übergänge verknüpft kommen dann Abarten vor, die eine mehr gleichmäßig körnige Beschaffenheit besitzen.

Wohl treten auch in diesen Typen die Einsprenglinge von Kalifeldspat auf, aber sie sind bedeutend kleiner und in weit größeren

Zwischenräumen im Gestein verteilt. Ihre Färbung ist hier durchwegs weiß, Zwillingbildung nach dem Karlsbader Gesetz häufig. Eine regelmäßige, irgendwie gerichtete Anordnung ließ sich in keinem Falle feststellen.

Die mikroskopische Untersuchung derartiger Typen zeigte, daß sich an ihrer Zusammensetzung außerdem noch Mikroklin, Plagioklas, Biotit, Quarz, Apatit, Zirkon und oft auch Titanit beteiligen. Häufig ist auch Pyrit anzutreffen. Seine unregelmäßige Verteilung im Granit, sein vornehmliches Auftreten an Klüften und Sprüngen, seine Häufung in den Ganggesteinen lassen die Vermutung auftauchen, daß die Imprägnierung des Granites mit Pyrit in dem schon verfestigten Gestein gleichzeitig mit dem Eindringen der Ganggesteine erfolgt ist.

Der Mikroklin zeigte durchwegs deutlich erkennbare Zwillinggitterung und erwies sich in unregelmäßig begrenzten Körnern im Gestein verteilt. Seine Menge ist übrigens nicht sehr bedeutend.

Der Plagioklas hingegen ist oft in ziemlicher Menge im Gestein vorhanden, so daß beim Zurücktreten des Kalifeldspates Übergänge zu Dioriten nachgewiesen werden konnten.

Meist sind die Plagioklase tafelförmig nach *M* entwickelt und lassen in der Mehrzahl der Fälle die kristallographische Begrenzung gut erkennen. Zwillingbildung nach dem Albit und Periklingesetz ist allgemein verbreitet; solche nach Albit und Karlsbader Gesetz jedoch auffallend selten. Zonenbau mit nach außen zunehmender Azidität und gelegentlichen Rekurrenzen kommt häufig vor. Die Untersuchung der Zusammensetzung der Plagioklase ergab in einem Schnitte senkrecht zu *a* im Kern eine Auslöschungsschiefe von  $+9-10^\circ$ , in der Hülle eine solche von  $-8-9^\circ$ , entsprechend einer Zusammensetzung von 26% *An* im Kern und 13% *An* in der Hülle. Ein Schnitt senkrecht  $\gamma$  gab in einem anderen Schlitze eine Auslöschungsschiefe von  $+6^\circ$ , entsprechend einem Anorthitgehalt von 20%. In Übereinstimmung damit erwies sich bei einem Vergleich der Lichtbrechung mit Quarz in Kreuzstellung  $\alpha' < \epsilon$ ,  $\gamma' > \omega$ . Die in dem Granit auftretenden Plagioklase sind demnach Oligoklase, basische Oligoklase im Kern, Oligoklasalbit in der Hülle bei den zonar gebauten Kristallen.

Selten sind jedoch die Plagioklase vollkommen frisch. Fast immer zeigen sich im Kern starke Trübungen, die durch wahrscheinlich kaolinartige Umwandlungsprodukte und kleine neugebildete Schüppchen von Serizit hervorgerufen werden. In den meisten Fällen ist dann der trübe Kern von einer schmalen, klaren Randzone umgeben.

Quarz, der Menge nach schwankend, tritt wie immer in Graniten in unregelmäßig begrenzten Körnern, meist zwickelfüllend auf. Öfter liegen aber auch Quarzkörner in größeren Gruppen beisammen. In den Quarzen selbst sind reihenweise angeordnete Flüssigkeitseinschlüsse häufig.

Als dunkler Gemengteil tritt in den untersuchten Graniten Biotit auf. Er zeigt tafelige Ausbildung nach 001, starken Pleochroismus von dunkelschwarzbraun zu lichtstrohgelb und ist optisch nahezu einachsigt. Einschlüsse von Zirkon mit pleochroitischen Höfen sind häufig. Meist läßt der Biotit eine Umwandlung in Chlorit erkennen, die mehr oder weniger stark vorgeschritten sein kann.

Von den Neben- und Übergangsteilen sei noch der Apatit besonders hervorgehoben, der in einzelnen Teilen des Granitgebietes in größeren und oft zahlreicheren Individuen zu finden ist. Ebenso tritt an manchen Stellen recht häufig der Titanit auf. Schon mit freiem Auge lassen sich die größeren, meist spitzrhombisch begrenzten braunen Körner im Gestein gut erkennen. In vielen Fällen sind sie von einem lichten, schmalen Feldspathof umgeben.

In den soeben kurz beschriebenen Graniten, die, wie weiter unten noch ausgeführt wird, stellenweise deutliche Pressungserscheinungen erkennen lassen und dann als Gneisgranite oder Flasergranite bezeichnet werden können, steckt nun ein größerer Körper eines mittelkörnigen lichten Biotitgranites, der das Plateau von Klein Zell aufbaut. Seine Grenzen im Stollen gegen den grobporphyrischen Granit wurden oben bereits angeführt.

War bei diesen stellenweise der starke Wechsel in der Ausbildung, die schlierige Beschaffenheit, die Übergänge zu Syeniten und Dioriten usw. ein besonderes Charakteristikum, so fällt der Plöckinger Granit durch seine petrographisch gleichförmige Beschaffenheit auf.

In den lichten, durchwegs gleichmäßig körnigen Stücken läßt sich mit freiem Auge Feldspat und Quarz in überwiegender Menge feststellen, zu welchen als dunkler Gemengteil ausschließlich Biotit hinzutritt. Das Gestein ist demnach ein Granitit.

Die mikroskopische Untersuchung des Plöckinger Granites zeigte, daß von den Feldspaten Orthoklas, Mikroklin und Plagioklas auftreten.

Orthoklas und Mikroklin zeigen in der Art ihres Auftretens keine Abweichung von dem gewöhnlichen Bild der Granite. Im Gegensatz zu den porphyrisch entwickelten Graniten wäre nur das häufige Auftreten perthitischer Durchwachsungen hervorzuheben.

Die Plagioklase zeigen gleichfalls wie in dem porphyrtartig ausgebildeten Granit tafelförmige Entwicklung nach  $M$ , kristallographische Begrenzung, Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz; selten treten Perthitlamellen auf. In den Schnitten parallel 010 läßt sich gleichfalls Zonenbau nachweisen, wobei der Kern reicher an  $An$  ist als die Hülle. Ebenso wie im früher beschriebenen Granit ist der Kern auch hier durch Zersetzungsprodukte getrübt und nur der äußerste schmale Rand klar und frisch. Ein Vergleich der Lichtbrechung dieser klaren Hülle mit Quarz in Kreuzstellung zeigte  $\alpha' < \epsilon$ ,  $\gamma' < \omega$  entsprechend einem Anorthitgehalt bis zu 16%. Die Messung der Auslöschungsschiefe an einem Schnitte senkrecht  $\alpha$  ergab

in der Hülle	— 9°	entsprechend 14% $An$ ,
im Kern	+ 3°	„ 22% $An$ .

An der Grenze der Mikroklinkörner gegen die Plagioklase konnte im Plöckinger Granit öfter die Bildung von Myrmekit beobachtet werden, zum Unterschiede von den porphyrtartigen Graniten. Durch Vergleich mit der Lichtbrechung der Quarzstengel des Myrmekits ließ sich der Plagioklas als saurer Oligoklas bestimmen.

Als dunkler Gemengteil tritt im Plöckinger Granit ausschließlich Biotit auf. Seine Umgrenzung ist unregelmäßig, sein Pleochroismus von lichtgelb zu dunkelschwarzbraun. Einschlüsse von Zirkon mit pleo-



chroitischen Höfen sind häufig, ebenso Umwandlungserscheinungen in Chlorit.

In beiden Granitkörpern, sowohl in dem grobporphyrisch entwickelten als auch im Plöckinger Granit, treten saure und basische Ganggesteine auf.

Unter den sauren Gangfüllungen kommen in erster Linie Aplite und Pegmatite vor, welche letztere oft schöne Muskowittafeln enthalten. Auch Gänge, die fast ausschließlich aus Feldspat bestehen, konnten, namentlich in dem grobporphyrischen Granit, an mehreren Stellen beobachtet werden. Ebenso sind reine Quarzgänge, oft reichlich Pyrit führend, in beiden Granitkörpern festgestellt worden.

Die Mächtigkeit dieser Gangfüllungen ist ziemlich Schwankungen unterworfen. Das Streichen weitaus der meisten dieser Bildungen geht von NW nach SO, das Fallen unter verschiedenen Winkeln gegen NO. Im schlierig entwickelten grobporphyrischen Granit schneiden diese Gänge die rundlichen basischen Putzen mit scharfen Grenzen oft mitten durch.

Reichlicher vorhanden sind im Gebiet des Druckstollens Partenstein die lamprophyrischen Ganggesteine. Die nähere Untersuchung dieser Gesteine ließ das Auftreten von zwei Arten der dunklen Ganggesteine erkennen.

Die eine Art ist von grauer bis dunkelgrauer Farbe und läßt mit freiem Auge in einer Grundmasse Einsprenglinge von vorwiegend Biotit erkennen. Im Dünnschliff läßt sich dann erkennen, daß in der Grundmasse außer dem Biotit noch Quarz und Plagioklas als Einsprenglinge vorkommen.

Der Biotit ist dunkelbraun, idiomorph ausgebildet und zeigt einen Pleochroismus von dunkelschwarzbraun zu lichtgelb. Randlich zeigen diese Biotite oft eine Zerschlitzung und Zerfransung.

Quarz tritt als Einsprengling nicht sehr häufig auf. Er besitzt die Form von gerundeten Körnern, die in einzelnen Fällen noch die Umrisse eines Dihexaeders erkennen lassen. Randliche Einbuchtungen, die als Korrosionserscheinungen zu deuten sind, treten wiederholt auf. Größere Quarzkörner lassen mitunter den Beginn eines Zerfalles in ein Aggregat von mehreren kleineren Körnern erkennen.

Die dritte Art der Einsprenglinge, die in diesen Gesteinen vorkommen, sind die Plagioklase. Diese besitzen regelmäßige Kristallgestalt; sie sind tafelförmig nach *M* ausgebildet, wobei als Begrenzungsflächen *M*, *P*, *T*, *l*, *x* und *y* zur Beobachtung gelangten. Der Aufbau aus einzelnen Zonen mit nach außen zunehmender Azidität läßt sich an den Schnitten parallel *M* sehr gut verfolgen. In einem Schnitte senkrecht zu  $\gamma$  wurde die Schiefe der Auslöschung gegen die Spur von *P* im Kern mit  $-10^\circ$ , in der Hülle mit  $+11^\circ$  bestimmt. Dies entspricht einer Zusammensetzung des Kernes von 39% *An* (Andesin) und der Hülle von 15% *An* (Oligoklas-Albit).

Die Grundmasse dieser Ganggesteine bildet ein feinkörniges Gemenge von Quarz, Feldspat und gelegentlichen kleinen Schüppchen von Biotit.

Diesem Befund der mikroskopischen Untersuchung entsprechend wären diese Ganggesteine den Dioritporphyriten zuzurechnen.

Die zweite Art der auftretenden Ganggesteine ist gleichfalls von grauer bis grauschwarzer Farbe, doch zeigt schon die makroskopische Betrachtung des Zurücktretens des Biotites an.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt ein panidiomorph-körniges Gemenge von Plagioklas und Hornblende mit vereinzelt auftretenden Schuppen von Biotit.

Der Plagioklas, der seiner Zusammensetzung nach dem Andesin nahesteht, ist isometrisch ausgebildet und nach dem Albitgesetz verzwillingt. In einem Schnitte senkrecht  $\alpha$  konnte eine Auslöschungsschiefe von  $+20^\circ$  ermittelt werden, was einem Anorthitgehalt von 34% entspricht.

Die Hornblende tritt in kurzen bräunlichgrünen Prismen auf, an deren Begrenzung außer den Prismenflächen auch die Längsfläche (010) teilnimmt. Sie zeigt deutlichen Pleochroismus von  $\alpha$  lichtgelb,  $\beta$  grasgrün bis bräunlichgrün,  $\gamma$  bläulichgrün, bei einem Absorptionsschema von  $\gamma > \beta > \alpha$ . Charakter der Hauptzone ist  $+$ ,  $c:\gamma = 17^\circ$ .

Versucht man auf Grund des mikroskopischen Befundes eine Zuteilung des besprochenen Ganggesteines in eine systematische Gruppe, so muß man es zu den Spessartiten stellen. Nimmt der Gehalt an Biotit zu, wie dies öfter zu beobachten war, so entstehen Übergänge zu den Kersantiten.

Konnte bei den sauren Gangfüllungen auf das vorherrschende Streichen von NW nach SO hingewiesen werden, so ist dies bei den oft zahlreich auftretenden dunklen Ganggesteinen die Regel. Fallen ist verschieden, meist ziemlich steil gegen NO, in vielen Fällen beinahe saiger. Die Mächtigkeit der lamprophyrischen Gänge ist gleichfalls schwankend, durchschnittlich wohl  $1/2-2$  m.

Wenn auch die Ganggesteine in beiden Granitkörpern an verschiedenen Stellen vorkommen, so ist doch die Beobachtung von geologischem Interesse, daß an den größeren Störungszonen eine Häufung der Gänge auftritt. Ebenso sind sie an der nördlichen Grenze von porphyrtigen und Plöckinger Granit auffallend zahlreich vorhanden.

## 2. Die Störungszonen.

Beim Bau des Druckstollens Partenstein wurden eine Reihe von Störungszonen angefahren, denen sowohl praktische als auch wissenschaftliche Bedeutung zukommt.

Bezüglich des Einflusses, den diese Störungszonen auf den Vortrieb und Ausbruch des Stollens gehabt haben, verweise ich auf die Ausführungen des Herrn Ing. G. Beurle, während im folgenden die Bedeutung dieser Zonen für den Gebirgsbau kurz aufgezeigt werden soll.

In beiden Granitkörpern, sowohl in dem grobporphyrisch schlierig ausgebildeten als auch in dem Plöckinger Granit, wurden diese Zonen angetroffen, in denen die Gesteine einer starken mechanischen Umformung unterworfen waren.

Bei dem grobporphyrisch entwickelten Granit konnten im wesentlichen zwei Arten derartiger Störungszonen erkannt werden.

Im ersten Falle zeigt das Gestein makroskopisch eine deutliche Schieferung, der Granit wurde zu einem Gneisgranit oder Flasergranit umgeprägt. Im Schliß zeigen diese Gneisgranite die größeren Einsprenglinge meist unversehrt oder bei stärkerer Umprägung beginnende Zerbrechung oder randliche Auflösung. Nur die mehr gleichmäßig

körnige Umgebung der Einsprenglinge zeigt sich von zahlreichen Scherzonen und Zertrümmerungszonen durchzogen. Durch Übergänge sind diese Gneisgranite einerseits mit den richtungslos körnigen Typen, anderseits mit den Gesteinen der eigentlichen Mylonitzonen verbunden.

Die Gesteine dieser Quetschzonen sind makroskopisch dicht, von grüner Farbe, mit einzelnen noch kenntlichen Resten von roten Feldspäten. Im Schliff zeigt sich eine Grundmasse, die aus Zersetzungsprodukten, Serizit, hellgrünen pleochroitischen Chloritschüppchen besteht. In dieser Grundmasse liegen noch vereinzelt die vollkommen zertrümmerten Reste der ursprünglichen Minerale des Granites. Der Grad der Zertrümmerung kann in den einzelnen Partien derartiger Quetschzonen ein verschiedener sein. Bald sind Mineralreste noch deutlich zu erkennen, bald ist jedoch das Gestein so vollkommen zerrieben, daß ein grünes, schmieriges Endprodukt übrigbleibt.

Unter den Mineraltrümmern, die in der Grundmasse eingebettet sind, findet man am häufigsten Reste der einstigen Feldspateinsprenglinge, Fetzen von Mikroklin, Quarz, Trümmer von Plagioklas und auch Apatit. Sind noch größere Trümmer der Feldspateinsprenglinge erhalten, so zeigen sie sich doch meistens in einzelne Stücke zerbrochen, wobei an den Sprüngen Ströme granoblastischer kleiner Quarzindividuen das deformierte Mineralkorn durchziehen.

Die Art des Auftretens dieser Gesteine und die Ergebnisse der Untersuchung der Dünnschliffe lieferte den eindeutigen Beweis dafür, daß in diesen Gesteinen in der Tat vollkommen zerquetschte und zerriebene Granite von gleicher Beschaffenheit wie jene der nächsten Umgebung vorliegen.

Auch im Bereiche des Plöckinger Granites treten derartige Zerreibungszonen auf.

Der mineralogischen Zusammensetzung und dem Gefüge des Gesteines entsprechend bieten sie aber ein von den Quetschzonen des porphyrisch entwickelten Granites abweichendes Bild.

Der Plöckinger Granit ist an den Mylonitzonen ziemlich vollständig zu einer kaolinartigen, sandigen Masse zerrieben. Vereinzelt sind noch Reste von Feldspat zu erkennen, die aber durchwegs zerbrochen und zersetzt sind. Der ganze übrige Mineralbestand ist vernichtet und mit Ausnahme der zertrümmerten Quarzkörner in der lichten, schmierigen Masse nicht mehr zu finden. Übergänge von ähnlicher Beschaffenheit wie die Gneisgranite im porphyrischen Granitkörper scheinen dem Plöckinger Granit zu fehlen.

Geologisch bedeutsam ist die Erscheinung, daß die Mylonitzonen sowohl im porphyrischen Granit als auch im Plöckinger Granit auftreten. Daraus ist zu entnehmen, daß der ganze Gesteinskomplex der gleichen tektonischen Beanspruchung unterworfen war, die dann zu zonarer Mylonitbildung geführt hat. In dem einen Falle entstanden, entsprechend dem reichlicheren Vorhandensein der dunklen Gemengteile, Quetschprodukte von grüner, schmieriger Beschaffenheit, im zweiten Falle entstanden aus dem lichten Granit mehr weiß gefärbte kaolinartige Zermahlungsprodukte.

Hält man sich die gleichartige Entstehung dieser Quetschzonen vor Augen, so wird ein weiterer Vergleich nicht uninteressant.

Das gleichmäßig körnig ausgebildete Gestein, im vorliegenden Falle der Plöckinger Granit, wird bei der Mylonitisierung ziemlich einheitlich zerrieben. Relikte des ursprünglichen Mineralbestandes sind nur selten mehr in nennenswertem Maße erhalten geblieben, allmähliche Übergänge vom nicht mylonitisierten Gestein zu dem Quetschprodukt sind, wenn überhaupt vorhanden, von geringer Verbreitung. Die Zermahlung des Gesteins findet mit starker zonarer Ausprägung und meist scharfer Begrenzung gegen das nicht von der Mylonitisierung ergriffene Gestein statt.

Ein durchaus anderes Bild bieten die Erscheinungen der Gesteinszertrümmerung bei jenen Typen, in denen die einzelnen Mineralbestandteile von stark verschiedener Größe sind, wie dies im vorliegenden Falle bei dem grobporphyrisch entwickelten Granit der Fall ist.

Bei diesen Arten fällt es nicht schwer, verschiedene Stadien der Gesteinszertrümmerung festzustellen. Die Mylonitisierung ergreift in allen Fällen zuerst die kleineren Mineralbestandteile, die die Grundmasse zusammensetzen, während die großen Einsprenglinge und überhaupt größere Körner eine gewisse Schonung erfahren. Diese größeren Bestandteile zeigen sich höchstens in mehrere Stücke zerbrochen, wobei dann an den Sprüngen Ströme der Zerreibungsprodukte durchziehen. Erst bei weiterem Fortschreiten des Mylonitisierungsprozesses findet eine randliche Zertrümmerung der größeren Einsprenglinge statt, die dann schließlich zur vollständigen Auflösung führen kann.

In vielen Fällen scheint aber die Zertrümmerung der Grundmasse bei gleichzeitiger Schonung der Einsprenglinge und größeren Körner und die Bewegungen, die an den zahlreichen Scherflächen in der Grundmasse vor sich gegangen sind, zur Behebung der Spannungen genügt zu haben, da eine weitere Zertrümmerung nicht mehr stattgefunden hat. Die entstandenen Typen entsprechen Flasergraniten oder Gneisgraniten, die unter den grobporphyrischen Typen des Partensteingebietes wiederholt zu beobachten sind. Nur an einzelnen Zonen ist die Zertrümmerung so heftig gewesen, daß Quetschprodukte von der Art gebildet wurden, wie sie bei Besprechung dieser Gesteine weiter oben beschrieben wurden.

Mit diesem verschiedenen Verhalten der einzelnen strukturellen Abarten des Granites scheint es zusammenzuhängen, daß im Raum des grobporphyrisch entwickelten Granites die Zonen vollkommener Gesteinszertrümmerung nicht in der Häufigkeit auftreten, wie im Gebiet des gleichmäßig körnigen Plöckinger Granites. Umgekehrt steht mit diesem verschiedenen mechanischen Verhalten in vollkommenem Einklange, daß die nicht vollständig mylonitisierten Typen, die Gneisgranite mit deutlicher Wirkung von Kataklyse, ihr Hauptverbreitungsgebiet im Raume des grobporphyrischen Granites besitzen, während derartige Varietäten dem Plöckinger Granit zu fehlen scheinen.

Es ist nun für den geologischen Bau des südlichen Teiles des Böhmisches Granitstockes von großer Wichtigkeit, die Lage der Mylonit-zonen festzustellen. Die zahlreichen Beobachtungen über den Verlauf

dieser Zonen, die in den Stollen durchgeführt werden konnten, haben übereinstimmend gezeigt, daß die Quetschzonen im Mittel NW—SO streichen und ein Verfläachen unter mittleren bis steilen Winkeln nach NO erkennen lassen.

Die durch den Vortrieb der Stollen geschaffenen Einsichten in das innere Gefüge des Böhmisches Granitstockes haben somit den regional-geologisch wichtigen Befund ergeben, daß das ganze Gebiet von gleichgerichteten Mylonitzonen durchzogen wird. Von weiterer Bedeutung ist es hiebei, daß diese Störungszonen sowohl durch die Richtung ihres Streichens und Fallens einerseits als auch durch die Art der Gesteinsumformung andererseits ihre Zugehörigkeit zu dem großen Störungssystem des Bayrischen Pfahles erkennen lassen.

Die Zusammengehörigkeit all dieser Zonen zu einem großen, einheitlichen Störungssystem wird noch weitaus deutlicher, wenn wir die Mylonitzonen aus dem engen Bereich des Stollens heraus weiter verfolgen. <sup>2</sup>

Wie ich auf verschiedenen Exkursionen im westlichen Oberösterreich feststellen konnte, haben diese Quetschzonen weite Verbreitung. Ihre Mächtigkeit kann Schwankungen unterliegen. Von den größeren sei nur die Fortsetzung des Bayrischen Pfahles selbst erwähnt, der sich von Aigen an noch weit nach SO verfolgen läßt. Auch das Tal der Donau folgt von Engelhartzell an bis nach Schlägen einer derartigen Störungszone, deren Fortsetzung sich noch geradlinig bis Aschach nachweisen läßt. Schon Commenda und Graber haben übrigens auf das Vorhandensein derartiger Störungen hingewiesen.

Die größeren dieser Zonen sind schon im Landschaftsbilde gut zu erkennen; aber auch die kleineren sind durch eine sorgsame Analyse der Geländeformen in zahlreichen Fällen schon über Tag festzustellen.

Wenn auch das häufige Auftreten gleichgerichteter Mylonitzonen aus den inneren Teilen des Granitgebietes bis jetzt nicht nachgewiesen war, so fügt sich das so gewonnene tektonische Bild doch zwanglos in die bisher aus dem Randgebiete bekannt gewordenen Erscheinungen ein. Sind doch im SW gleichgerichtete Überschiebungen und Überkipnungen schon vor längerer Zeit beschrieben worden. Ich verweise im Zusammenhange damit nur auf die Überschiebung von Straubing und Vilshofen und auf die von Petraschek (6) in jüngster Zeit beschriebene Bohrung von Winetsham bei Andorf in Oberösterreich.

Besonders die letzterwähnte Bohrung verdient, da sie ja nicht allzu weit von den Stollengebieten entfernt ist, unser Interesse. Petraschek führt an, daß nach dem Durchteufen der tertiären Ablagerungen der Granit in einer Tiefe von 268·9 m erbohrt wurde. Unter dem Granit wurde Jura, und zwar in überkippter Lagerung, angefahren, unter welchem in einer Tiefe von 277·8 m wieder Granit angetroffen wurde. Der Deutung Petrascheks, daß wir es hier mit anstehendem Jura in überkippter Lagerung zu tun haben, hat Krunbeck (5) widersprochen. Dieser glaubt in den Ablagerungen nur Schotter erblicken zu müssen. Wenn wir uns aber vor Augen halten, daß im ganzen südwestlichen Teil des Granitgebietes die im vorhergehenden beschriebenen Störungszonen einen NW—SO gerichteten Verlauf haben, wobei alle Beobachtungen

dafür sprechen, daß an ihnen Bewegungen nach SW erfolgt sind, wenn wir ferner bedenken, daß in der streichenden Fortsetzung dieser Zonen im deutschen Gebiet Überkippen und Überschiebungen in der Tat beobachtet wurden, so gewinnt die Auffassung von Petraschek immer größere Wahrscheinlichkeit.

Alle diese Erscheinungen sprechen dafür, daß im südwestlichen Teil des Böhmisches Granitgebietes Bewegungen nach SW stattgefunden haben, in deren Folge die zahlreichen NW—SO streichenden Mylonitzonen von verschiedener Mächtigkeit gebildet wurden.

An diese Erkenntnis anschließend erhebt sich sofort die wichtige Frage nach dem Alter dieser Bewegungen, beziehungsweise der durch sie geschaffenen Mylonite.

Halten wir daran fest, daß die Störungszonen von nordwest-süd-östlichem Verlauf einem einheitlichen geologischen Vorgange ihre Entstehung verdanken, so vermögen uns die Verhältnisse am südwestlichen Rande der Böhmisches Masse Anhaltspunkte zu liefern, um die zeitliche Festlegung dieser Bewegungen zu versuchen.

Es ist bekannt, daß an den gleichgerichteten randlichen Störungen die Sedimente des Jura und auch noch die der Kreide steilgestellt, beziehungsweise überkippt sind. Daraus folgt aber, daß die gegen SW gerichteten Bewegungen und im Zusammenhange damit die Ausbildung der Mylonitzonen ein postkretazisches Alter haben müssen.

Wir erhalten somit für den südwestlichen Teil der Böhmisches Masse ein tektonisches Bild, welches mit zum Teil recht jungen Bewegungen zu rechnen hat. Da aber, wie oben ausgeführt wurde, auch der Bayrische Pfahl dem gleichen Störungssystem zugerechnet werden muß, so ergibt sich eine Auffassung dieses Gebirges, die von jener, die Cloos (1) kürzlich vertreten hat, sehr stark abweicht.

Cloos erblickt in dem Pfahl „den tektonischen Ausdruck einer großen und alten Wurzelzone, aus der zuerst Magmen herausgepreßt wurden und die dann, als die Magmen erstarrten, unter dem fortwirkenden Druck ihrerseits zermalmt wurde“. Die Ausbildung der Pfahlmylonite wäre daher nach Cloos unmittelbar nach der Erstarrung vor sich gegangen, während sich aus den obengeschilderten tektonischen Verhältnissen ein viel jüngeres Alter ergeben würde. Sehr bemerkenswert ist es, daß nach Cloos auch an der Störungzone des Pfahles eine Anreicherung der lamprophyrischen Ganggesteine zu beobachten ist in gleicher Weise, wie dies an den Störungszonen des Partensteinstollens zu erkennen war.

Es würde zu weit führen, hier auf die Anschauung von Cloos weiter einzugehen, zumal eine Auseinandersetzung mit seiner Arbeitsmethode und den daraus sich ergebenden Schlüssen an anderer Stelle erfolgen wird. Nur einige auf den besonderen vorliegenden Fall des Pfahles bezügliche Bemerkungen seien gestattet.

Der Bayrische Pfahl scheint seine Sonderstellung nur seiner Größe zu verdanken. Wie aber gezeigt werden konnte, sind gleichgerichtete und gleichartig umformte Zonen weiter verbreitet als bisher angenommen

wurde. Auch in anderen Teilen der Böhmisches Masse haben Pfähle weite Verbreitung. Ich verweise nur auf den Böhmisches Pfahl und auf die von Köhler (4) jüngst beschriebenen Pfahlschiefer aus Niederösterreich, die zum Teil andere Streichrichtungen besitzen.

Würden nun die Anschauungen von Cloos über den Pfahl zutreffen, so läge derzeit kein Grund vor, in den zahlreichen anderen Pfählen nicht gleichfalls „Wurzelzonen“ zu erblicken, aus welchen Magmen gefördert und nach ihrer Erstarrung mylonitisiert wurden, eine Anschauung, die aber zu einem aus zahlreichen Gründen nicht möglichen geologischen Bilde des Südteiles der Böhmisches Masse führen würde.

Fassen wir die wichtigsten Beobachtungen über die Störungszonen kurz zusammen, so können wir vorläufig als Ergebnis festhalten, daß die Mylonitzonen sowohl in den älteren als auch in den jüngeren Graniten auftreten, daß am südwestlichen Rande der Böhmisches Masse, noch die Sedimente der Kreide in die Störungen mit einbezogen sind und daß an den Mylonitzonen gerne eine Anreicherung der lamprophyrischen Gänge festzustellen ist. Vom Bayrisches Pfahl, mit welchem die Mylonitzonen zu einem Störungssystem zu vereinigen sind, unterscheiden sie sich nur quantitativ, nicht qualitativ.

### 3. Die Klüftung.

Konnte schon bei Besprechung der Störungszonen darauf hingewiesen werden, daß ihre Kenntnis für die praktische Durchführung des Stollenbaues von großer Bedeutung ist, so trifft das in noch höherem Maße für die Klüftung zu.

Die Mylonitzonen erweisen sich ja auch bei größerer räumlicher Verbreitung immer mehr oder weniger lokal begrenzt, während die Gesteinsklüfte überall auftreten und sich auch dort, wo sie makroskopisch beinahe nicht zu bemerken sind, beim Ausbruch und Vortrieb des Stollens bemerkbar machen. Es scheint daher auch praktisch von besonderer Wichtigkeit zu sein, ihr Auftreten näher zu verfolgen.

Klüfte treten im Druckstollen Partenstein sowohl im grobporphyrischen Granit und Gneisgranit als auch im Plöckinger Granit und in den Ganggesteinen auf. Doch läßt sich schon in der Art ihres Auftretens eine durch die Gesteinsbeschaffenheit bedingte Verschiedenheit erkennen.

Im gleichmäßig ausgebildeten Plöckinger Granit zeigt sich auch im Auftreten der Klüfte eine schöne Regelmäßigkeit. Sie zerlegen den Granit in mehr oder weniger mächtige Platten, deren Grenzflächen sich als scharfe, gerade Linien an den Wänden verfolgen lassen. Da die Richtung der Stollenachse ungefähr den Winkel der Klüftungen in die Hälfte teilt, so macht sich diese Klüftung im Stollenprofil selbst in regelmäßig vorspringenden und zurücktretenden Gesteinspartien geltend. Daß diese regelmäßige Klüftung und die zu beiden Klüftscharen im großen und ganzen fast symmetrische Lage der Stollenachse für den Vortrieb des Stollens von großer Bedeutung war, soll hier im geologischen Teil nur angedeutet werden.

Im grobporphyrischen Granit und in dem mit ihm verbundenen Gneisgranit treten die gleichen Klüfte auf wie im Plöckinger Granit.

Wie aber die Struktur dieser Gesteine schon auf die Ausbildung der Mylonitzonen von besonderem Einfluß war, so zeigt sich dieser Einfluß auch bei dem Auftreten der Gesteinsklüfte.

In den grobporphyrisch und schlierig ausgebildeten Teilen ist die für den Plöckinger Granit festgestellte Regelmäßigkeit der Klüftung zu vermissen. Nur in den Partien, in welchen die Einspringlinge kleiner werden und zurücktreten, die also gleichmäßig körniger werden, treten die regelmäßig angeordneten Klüfte auch wieder stärker und mit kleineren Abständen voneinander auf. Die größte Unregelmäßigkeit der Klüftung ist in den stark schlierig ausgebildeten Partien festzustellen, deutlicher und häufiger sind die Klüfte in den verschiedenen Abarten des grobporphyrischen Granites, wobei die Regelmäßigkeit im gleichen Maße zunimmt, in dem die Ausbildung des Gesteines gleichmäßig körniger wird.

Auch die Ganggesteine, die im Gebiet von Partenstein auftreten, zeigen die gleichen Kluftrichtungen wie die Granite. Der sehr gleichmäßigen Ausbildung dieser Gesteine entsprechend treten die Klüfte in großer Regelmäßigkeit in ihnen auf.

Was nun die Richtung der Gesteinsklüfte betrifft, so scheint beim ersten Zusehen eine ziemliche Mannigfaltigkeit zu herrschen. Aber bei einem Vergleich der Lage der verschiedenen Klüfte läßt sich gar bald erkennen, daß die Hauptmenge der Klüftungen in einem bestimmten Verhältnis zueinander steht.

Sehen wir von einzelnen unregelmäßig auftretenden Klüften und Lassen ab, so lassen sich alle übrigen auftretenden Klüfte in zwei Gruppen teilen.

Eine Gruppe läßt ihre deutliche Zugehörigkeit zu den früher beschriebenen Mylonitzonen erkennen. Streichen und Fallen ist das gleiche wie bei den Quetschzonen, ihr Auftreten häuft sich bei Annäherung an diese Zonen, ihr Hauptverbreitungsgebiet ist in den Flasergraniten und Gneisgraniten. Diesen Klüften folgen gerne die Lamprophyre.

Die zweite Gruppe von Klüftungen ist allgemein verbreitet. Diese Klüfte sind es vor allem, die in den gleichmäßig körnigen Gesteinen kulissenartige Vorsprünge im Stollen erzeugen und auf deren Bedeutung für den Stollenausbruch schon hingewiesen wurde. Sie fehlen auch den Gneisgraniten nicht, wenn auch ihr Auftreten in diesen Typen zurücktritt.

Unter diesen Klüften lassen sich wieder zwei Scharen feststellen, deren Streichen ziemlich genau aufeinander senkrecht steht. Das Fallen der beiden Kluftscharen ist schwankend. Meist ist es ziemlich steil, läßt sich aber bei beiden Kluftscharen in zwei Grenzwerte einschließen, wobei eine Änderung im Fallen der einen Schar eine Änderung im Fallen der zweiten Schar zur Folge hat, derart, daß einem Fallen nach NO (bzw. SW) der einen Schar ein solches nach SO (bzw. NW) der anderen Schar entspricht.

Die Grenzwerte, zwischen welche die beiden Kluftscharen einzufügen sind, haben ein Azimut von

N 30° W bei einem Fallen von 40° NO  
 N 60° O. „ „ „ 65° SO



bei der einen Schar und bei der zweiten ein solches von  
 N 30° W bei einem Fallen von 80° SW  
 N 60° O " " " " 70° NW.

Um die in dem Granitgebiet auftretenden Klufrichtungen nicht nur in ihrem Streichen, sondern auch im Wechsel des Fallens übersichtlich überschauen zu können, wurde in Fig. 2 der Versuch gemacht, sie nach Art einer stereographischen Projektion darzustellen. Die einander entsprechenden Klufrichtungen sind schraffiert, bzw. weiß gelassen. Strichliert ist die NS-Richtung, strichpunktliert das mittlere Streichen der Störungszonen, bzw. der mit diesen gleichgerichteten Klüfte und Gänge.

Denkt man sich außerdem die verschiedenen Lagen der Stollenachse eingezeichnet, so läßt sich bei Berücksichtigung des Einflusses, den die Struktur auf die Ausbildung der Klüfte nimmt, eine Vorstellung darüber gewinnen, welche Verhältnisse an verschiedenen Stellen des Stollens bezüglich des Stollenprofils, Ausbruches usw. anzutreffen sind, oder, da die Klüfte auch durch

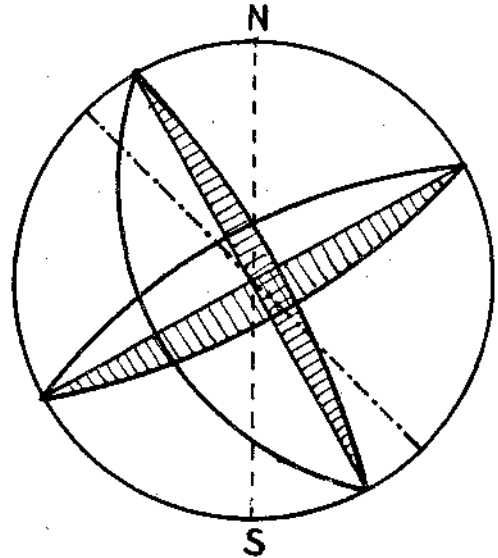


Fig. 2.

entsprechend zahlreiche Beobachtungen über Tag festzustellen sind, welche Verhältnisse beim Bau eines Stollens anzutreffen sein werden.

## Technisch-geologische Bemerkungen zum Bau des Druckstollens Partenstein.

Von Ing. Georg Beurle.

Nach der hier von zuständiger Seite gegebenen Beschreibung des geologischen und petrographischen Charakters des Gebirges, das beim Bau des Druckstollens für das Kraftwerk Partenstein an der Großen Mühl unterhalb Neufelden und Kleinzell in allgemein nord-südlicher Richtung unterfahren wurde, kann ich es mir versagen, das Gestein genau zu beschreiben. Wir haben bei der Arbeit im Stollen im wesentlichen an Hand unserer Erfahrungen und unseres innigen Kontaktes mit dem Gebirge auch ohne wissenschaftliche Vorbereitung gewissermaßen nach dem Auge und dem Gefühle jene Unterscheidungen gemacht, die sich bewußt aus der wissenschaftlichen Betrachtung der aufgefahrenen Strecken ergeben.

Als hauptsächlich unterschiedene Gesteine ergaben sich daher auch für uns der Granit, der in den Steinbrüchen von Plöcking verwertet und gewonnen wird; er machte bei uns mit einer Streckenlänge von zirka 3300 m zirka 60% der durchörterten Strecken aus. Diese Varietät

läßt sich gut bohren und gut sprengen; in ihr waren Bohrgeschwindigkeiten von 3—6 *cm/min.* bei zirka 35 *mm* Borlochweite normal. Die häufig angetroffene regelmäßige Bankung und Klüftung bewirkte im Stollen oft das Auftreten regelmäßiger „Kulissen“, die auf viele Meter in der Strecke hintereinander lagen und dadurch schon äußerlich einen anderen Anblick boten, als die nicht zu solcher Regelmäßigkeit neigende Strecke des Porphygranits. Dieser wieder war viel zäher und unangenehmer zu bohren; es kam vor, daß sich der Bohrer infolge der Inhomogenität des Gesteins bei seitlichem Auftreffen auf einzelne größere Krystalle klemmte, ein Umstand, der beim Plöckinger Granit infolge der verhältnismäßigen Kleinheit der Krystalle und ihrer regelmäßigen Verteilung nicht in Erscheinung trat. Am schwersten abzarbeiten aber war der gneisartige, an Biotit reiche Granit jener Zonen, in denen offenbar einmal Druck und Bewegung stattgefunden hatte; hier verbanden sich Härte und Zähigkeit des Gesteins, um sowohl das Bohren wesentlich zu verlangsamen, als auch beim Absprengen schlechte Wirkungen zu verursachen, die sich im Stehenbleiben tiefer Büchsen äußerten. Immerhin wiesen diese gneisartigen Strecken im Verhältnis zur gesamten Länge des Stollens keine große Erstreckung auf, so daß sie, alles in allem, für den Fortschritt nur von örtlich hindernder Bedeutung waren. Handelte es sich beim bisher Besprochenen um jene Gesteinsvorkommen, die sich auf größere Strecken ausdehnten, so waren sie doch in den meisten Fällen unterbrochen von Gängen und zahlreichen Klüften, welche teils als Erstarrungsklüfte, teils aus tektonischen Ursachen entstanden bezeichnet werden können. Sie waren insofern von großer Bedeutung, als bei der Lösung des Gesteins durch Sprengung die Trennung des gebrochenen Felsens vom Gebirge meist in diesen Klüften stattfand und diese Klüfte dementsprechend also den Vortrieb oft begünstigten. Sie traten im Granit mit großer Regelmäßigkeit auf und bildeten so eines der Elemente, welche kundige Schußmeister beim Ansetzen der Bohrlöcher und bei der Bemessung des Besatzes mit Dynamit in Rechnung stellten. Hingegen traten Spalten und Klüfte im porphyrischen Granit nicht so stark hervor und noch mehr war dies in der erwähnten gneisartigen Ausbildung der Fall; dafür benachteiligten die natürlichen Klüfte eben wegen der dadurch begünstigten Kulissenbildung die Ausbildung eines sich der theoretischen Kreisform gut anschmiegenden Profils, wovon noch später zu reden sein wird.

Lamprophyrgänge kamen oft vor, wenngleich ihre Stärke meist nur 2 bis 4 *m* betrug. Sie waren durchwegs sehr hart zu bohren, aber gut zu sprengen und infolge ihrer zahlreichen Klüfte war die Wirkung der Schüsse nicht nur an sich gut, sondern das gewonnene Material war auch meist gleich stark zerkleinert, was die Förderung und Schutterung begünstigte. Der Stein muß als sehr hart, aber spröde (im Gegensatz zu zäh) bezeichnet werden und bot für das Bohren immerhin gute Verhältnisse; die Bohrgeschwindigkeit, welche in ihm erzielt werden konnte, wäre zu etwa 2 *cm/min.* einzusetzen, wenn man für normalen Plöckinger Granit 4 *cm/min.* und für den porphyrischen auch etwa 2 *cm/min.* einsetzt; aber infolge des Fehlens der Zähigkeit und der

Gleichmäßigkeit des Gesteins kamen weniger Stockungen und Klemmungen vor, als in diesem. Die kleinen, dünnen Schmier- und Tegellassen, in denen manchmal rein weiße, kaolinartige Umwandlungsprodukte gefunden wurden, waren für den Bau im großen und ganzen ohne Bedeutung, auch beim Bohren spielten sie keine Rolle, hingegen beim Sprengen als Trennungsflächen für das gelöste Gestein. Anders war es natürlich dort, wo es sich nicht um kleine, schwache Schmierlassen und Zertrümmerungszonen von wenigen Zentimetern oder Dezimetern Stärke handelte, sondern wo die Mylonitisierung der Strecke mehrere Meter, bis zu 20, stark wurde. Dort bedang sie dann, im Gegensatz zu den andern, normalen Strecken, Pölung, hielt dadurch den Vortrieb auf und erschwerte auch den späteren Ausbau wesentlich. Wir hatten in Partenstein aber nicht viele derartige Strecken; was gepöltz wurde, betrug zirka 10% der gesamten Streckenlängen; fast die ganzen Pölungsstrecken entfallen auf die granitische Strecke; in der porphyrischen kamen Pölzungen fast nicht vor, so daß sich die Gesteinseigenschaften wie im Kleinen auch im Großen deutlich aussprachen. Die Stärke der Pölzungen wechselte; von der einfachen Schutzpölung und den ganz örtlichen Maßnahmen zur Abstützung drohender Gesteinsblöcke im First oder an oberen Teilen der Ulmen, ging die Steigerung bis zum schweren Einbau im druckhaften Teil des Gebirges, wie er etwa unter Kleinzell, also im mittleren Teil des Stollens, dann auch noch unter Rammersberg, also im Süden des ganzen Baues, vorkam. Teils erfolgte normaler einfacher Kappeneinbau, mit senkrechten oder schräg gestellten Stehern; der Wunsch, sich der Kreisform des Stollenprofils anzupassen, führte aber auch hier dazu, von den aus dem Eisenbahntunnelbau übernommenen Formen gelegentlich abzugehen und in der sechseckigen Polygonalpölung eine Form zu schaffen, welche sich dem ausgebrochenen Kreis gut anschmiegte und gestattete, das in Stollenachse gelegene Eck des Sechseckes zur Abstützung des Gebirges in halber Stollenhöhe, also im Durchmesser, erfolgreicher mit heranzuziehen, als dies möglich gewesen wäre, wenn man diese seitlichen Longarinen gegen die Mitte der Steher der Kappe hätte abstützen müssen, wodurch diese in unzulässiger Weise auf Biegung beansprucht worden wären, was bei der oft vorhandenen starken Belastung (auf Knickung) erhöhte Gefahrmomente gebracht hätte.

Beim Stollenausbruch zeigte sich ferner, daß jene Strecken, die zermalmt worden waren, meist auch trocken waren, während aus den Spalten des Gesteins oft Wasser austrat. Die Zertrümmerungsprodukte wirkten also in vielen Fällen abdichtend.

Was sonst noch die Wasserverhältnisse anlangt, so mußte zum Mißvergnügen der Bauherrschaft festgestellt werden, daß durch den Stollenbau eine Anzahl von Brunnen trockengelegt wurden, auch wenn die Überlagerung etwa 140—150 m betrug. Die ersten Fälle einer derartigen Beeinträchtigung der Gebiete unmittelbar über dem Stollen traten im Süden des Stollens in der Ortschaft Rammersberg auf, wo sich die Wasserverhältnisse unter der Einwirkung des fortschreitenden Stollenbaues verschlechterten; da dort aber die Überlagerung gering

war — nur etwa 40—50 m — so nahm man an, daß in den Zonen stärkerer Überlagerung dieser Übelstand nicht eintreten werde. Man konnte um so mehr zu dieser Ansicht hinneigen, als über dem Schnittpunkt des Fensterstollens I mit dem Hauptstollen in einem Bauernhause bei einer Überlagerung von ca. 100 m und einem schon fast einjährigen Bestehen des Stollens an dieser Stelle sich keine Nachteile der verschiedenen Brunnen dieses engeren Gebietes gezeigt hatten. Unter der eigentlichen Ortschaft Kleinzell, aber wurde der allergrößte Teil der Brunnen trockengelegt, und zwar der Natur des Stollenbaues zufolge besonders die guten „Quellbrunnen“, welche, vom „Bodenwasser“ nicht direkt abhängig, vom eigentlichen Grundwasser gespeist wurden. Diese Austrocknung machte die Anlage einer vollständigen Wasserversorgungsanlage für die Ortschaft Kleinzell und einige Höfe außerhalb der geschlossenen Ortschaft notwendig und bedang im Stollen während des Vortriebes eine Wasserhaltung mit Pumpen, während der Betonierung eine Fortleitung des Wassers durch eine Zementrohrdrainage. In dem Gebiete mit größerer Überlagerung prägte sich der Wechsel des oberflächlichen Niederschlages in der Wasserführung des Stollens fast nicht mehr aus; sie war dort im wesentlichen gleichmäßig und nur in den Fensterstollen und den Gebieten geringer Überlagerung machte sich der oberflächliche Wechsel der Niederschläge auch in der Stärke der unterirdischen Feuchtigkeit deutlich bemerkbar. Im Durchschnitt des mittleren Stollenstückes konnte man auf eine Stollenstrecke von 1000 m Länge mit einem mittleren Zufluß von etwa 250 l/min rechnen oder 4.2 l/sec. Nachdem nun der Niederschlag über Kleinzell ca. 900 mm/Jahr beträgt, wovon ca. 60% durch Verdunstung und oberflächlichen Abfluß abgehen, verbleiben 360 mm Abflußhöhe für die Speisung des Grundwassers, das nun in einem bestimmten Streifen oberhalb des Stollens durch den Stollen abgesaugt wurde. Die Breite dieses Streifens errechnet sich theoretisch etwa wie folgt: der Jahresabfluß von 1 km<sup>2</sup> beträgt nach obigen Angaben 1,000.000m<sup>2</sup> × 0.36 m = 360.000 m<sup>3</sup> = 360,000.000 l, oder pro Sekunde 360,000.000 : (365 × 86.400) = zirka 11.4 l/sec/km<sup>2</sup>. Nachdem der unterirdische Abfluß 4.2 l/sec pro 1 km Stollenlänge betrug, so war die mittlere Breite des betroffenen Gebietes  $\frac{4.2}{11.4} = \text{ca. } 370 \text{ m}$ . Diese Zahl deckt sich annähernd mit dem Ergebnis

der Flächenberechnung des Gebietes, wenn man es an Hand der ungünstig beeinflussten Brunnen und Schwellen umgrenzt und ausmißt; für ein bestimmtes Teilstück wurde als Fläche 0.85 km<sup>2</sup> ermittelt, als zugehörige Stollenstrecke 2.15 km, dementsprechend als mittlere Breite 395 m. Die Überlagerung betrug in diesem Gebiete im Mittel 110 m und bei gleichmäßiger Gestaltung des durch die Erdoberfläche und die beiden schrägen Seitenflächen (welche sich im Stollen schneiden) gebildeten Prismas, welches den Erdkörper darstellt, der durch die Entwässerung betroffen ist, kommt man zu einer Neigung dieser Seitenflächen von ca. 30° gegen die Wagrechte durch den Stollen. Die Stollenachse liegt aber nicht in der Mitte des fraglichen Gebietes, sondern teilt es in ein größeres östliches und ein kleineres westliches Teilstück, obwohl die Geländeerhebung im Osten größer ist als im

Westen und der Schnitt der Seitenflächen des Prismas dort dementsprechend die Erdoberfläche erst in größerer Entfernung vom Stollen treffen sollte; einen ähnlichen Einfluß sollte auch der Grundwasserstrom, welcher im allgemeinen von Osten gegen Westen nach der Großen Mühl zu geht, ausüben. Beide Einflüsse werden aber offenbar durch die geologischen Einflüsse überwogen, welche vermutlich infolge der Hauptrichtung der Klüfte die Verlegung des Gebietes nach der anderen Seite herbeiführen.

Hinsichtlich der Temperaturverhältnisse der Quellen konnte von etwa 100 m Überlagerung an ein Einfluß der jährlichen Schwankungen der Temperatur nicht mehr festgestellt werden; die Messungen ergaben von dieser Zone an gegen die Strecke größter Überlagerung und weitester Entfernung vom Talhang eine Zunahme der Temperatur von  $9.4^{\circ}$  C auf  $12^{\circ}$  C (bei ca. 160 m Überlagerung) gegenüber einem Jahresmittel der Lufttemperatur von ca.  $7.1^{\circ}$  C für das Obertagsgebiet.

Zu diesem Gegenstand, dem bei jedem Stollenbau größtes Augenmerk zuzuwenden wäre, soll ferner noch erwähnt werden, daß beim Vortrieb des Stollens ca. 160 m nördlich des Fensterstollens I ein sandgefüllter Hohlraum angefahren wurde, aus welchem während zweier Tage Sand und Wasser gemischt entströmten, so daß der Vortrieb an dieser Stelle für diese kurze Zeit aufgehalten war; die Stärke des Ergusses nahm rasch ab und später war diese Stelle, aus welcher der feine Mühlsand gekommen war, stets trocken; der Kamin, aus welchem der Sand und das Wasser gekommen waren, blieb zwar immer trocken, war aber doch zu eng und zu brüchig, als daß es möglich gewesen wäre, in ihn einzudringen; es bestand dazu schließlich vom Standpunkt des Baues aus auch keinerlei Anlaß. Immerhin muß dort doch eine größere Höhlung des Berginnern angefahren worden sein, denn solange der Stollen noch nicht durchgeschlagen und die Entlüftung daher schlecht war, machte sich an dieser Stelle oft ein Wechsel in der Luft zwischen der Strecke vor und hinter dem Kamin bemerkbar, der darauf schließen ließ, daß dort, wenn schon kein direkter Ausgang nach der Erdoberfläche hin (der nicht nachgewiesen werden konnte), doch eine so große Höhlung bestand, daß der Luft- und vielleicht auch Wasserinhalt immerhin eine gewisse kleine örtliche Beeinflussung der Bewitterung des Stollens in diesem Teilstück hervorrief.

Bei der Betonierung des Stollens wurden die auftretenden Quellen und wasserführenden Spalten durch Bleche und Rohre gefaßt und entweder direkt in die Zementdrainagerohre eingeleitet oder mit kurzen Rohrstücken in das Innere des Stollens eingeführt, um dort später mit Holzpfropfen, über welche dann noch verputzt wurde, abgeschlossen zu werden. Bei einigen dieser so behandelten Quellen wurden Messungen über den Druck, unter dem das Wasser stand, versucht. Sie führten in den meisten Fällen deshalb zu keinem Ergebnis, weil das Wasser, am Ausfluß an dieser Stelle behindert, sich einen anderen Ausweg suchte; immerhin aber wurde bei zwei Quellen ein Druck von 5 bis  $5\frac{1}{2}$  Atmosphären (unter Verwendung verschiedener Manometer) festgestellt, wobei sich zeigte, daß dieser Druck fast augenblicklich, nämlich in der Zeit des Anbringens des Manometers, eintrat, dann aber konstant

blieb. Es muß dies so erklärt werden, daß das austretende Wasser (dessen Menge gering war), offenbar von einem schon unter Druck stehenden Reservoir stammte, das in der Richtung zur gefaßten Quelle nur einen kleinen und engen Auslauf besaß, dessen Füllung sehr rasch vor sich ging und daher gleich nach dem Abschluß dann auch den Druck anzeigte, unter dem sich das Wasser des unbekanntes Reservoirs befand; denn sonst hätte ein langsames Anfüllen stattfinden müssen, das sich manometrisch als langsame Druckzunahme geäußert haben würde. An den Meßstellen betrug die Überlagerung über 100 m; ein unmittelbarer Schluß aus der Druckhöhe auf die Überlagerungshöhe wäre daher irrig gewesen.

Die während des Baues gehegte Hoffnung, daß nach der Füllung des Stollens die Wasserverhältnisse sich in dem durch den Stollen ungünstig beeinflussten Gebiet wieder bessern, beziehungsweise die alten Brunnen wiederkehren würden, hat sich bisher nicht erfüllt; bloß in dem Teil der Strecke, bei welchem die Überlagerung nur etwa so groß war, wie die statische Druckhöhe des Wassers im Stollen, kehrten die alten Quellen zum Teil zurück. Es muß daraus der Schluß gezogen werden, daß auch jetzt noch Wasser aus dem Gebirge in den Stollen einsickert, wenngleich sich dessen Menge natürlich dadurch vermindert hat, daß jetzt kein Ausfluß in einen leeren Stollen mehr erfolgt, sondern in ein Gefäß, das an sich schon unter einem wechselnden Druck von 2 bis 4 Atmosphären steht. Wenngleich seit der Füllung des Stollens mehr als ein Vierteljahr vergangen ist, wäre es immerhin noch möglich, daß eine langsame Wiederauffüllung des drainierten Gebietes eintritt; es mag sein, daß die Niederschlagslosigkeit der Spätherbst- und Wintermonate 1924/25 dazu beigetragen hat, daß diese Wiederauffüllung sich noch nicht bemerkbar gemacht hat.

Zu den für den Bau sehr wichtigen geologischen Eigenschaften des Gesteins gehört auch die Klüftigkeit. Nicht nur hinsichtlich der Schwierigkeiten beim Vortrieb ist diese Eigenschaft von großem Einfluß, wie bei jedem Absprengen, bei der Ausweitung, bei der Pölung, wie überhaupt bei allen Sicherheitsmaßnahmen, welche der Stollenvortrieb erfordert, sondern auch hinsichtlich der Frage der Auskleidung des Stollens mit Beton, entsprechend seinem Zweck, der Wasserführung zu dienen.

Man ist in Partenstein in manchen Strecken des Stollens, dessen praktische Wasserdichtigkeit beim Anblick des Gebirges nicht gut bezweifelt werden konnte, vor der Frage gestanden, ob es zulässig wäre, den Stollen mit einer Betonsohle zu versehen und eventuell die Ulmen und den Gewölbefirst entweder ganz ohne Verkleidung zu belassen oder ihn nur mit einer maschinell aufgespritzten Mörtelhaut (einer „Torkretschicht“) zu versehen. Man hat sich dazu, trotz der namhaften Ersparnisse, welche sich dadurch hätten erzielen lassen, nicht entschließen können. Erstens bestand die Gefahr der Loslösung einzelner Gesteinstteile vom First und von den Ulmen unter dem Einfluß des rasch und mit wechselndem Druck dahinfließenden Wassers. Der Stollen wurde ausgebrochen für einen lichten Querschnitt der betonierten Röhre von 2·95 m mit 20 cm geringster Stärke des Profils; der Querschnitt eines

nur an der Sohle verkleideten Stollens hätte also zirka  $8\text{ m}^2$  betragen und die Geschwindigkeit des Wassers in diesem Stollen bei stärkstem Betrieb der Maschinen gegen drei Sekundenmeter. Das ist schon ziemlich viel und die Gefahr von Auswaschungen einzelner durch das Sprengen gelöster Felsteile nicht von der Hand zu weisen. Zum anderen aber sprach die große Rauigkeit der natürlichen (und auch der torkretierten) Stollenwandung, welche den Abfluß des Wassers ungünstig beeinflusst hätte, sehr für die Verkleidung des Profils im ganzen Umfang. Dadurch aber wurde die Frage nach der mittleren tatsächlichen Betonstärke gegenüber der theoretisch vorgesehenen zu einer äußerst wichtigen, da von ihr die aufzuwendende Betonmenge und damit auch ein Großteil der Kosten der Auskleidung abhängt.

Technisch-geologisch betrachtet liegt der Fall so: Im gesunden Gebirge ist es zweifellos möglich, durch entsprechende Sorgfalt beim Richtstollenvortrieb, bei der Nachnahme auf das volle Profil und besonders durch peinlichste Genauigkeit beim eigentlichen „Nachputzen“ des Profils eine weitgehende Annäherung des tatsächlichen Profils an das theoretische und durch die Bedingungen vorgeschriebene zu erzielen; man könnte den Stollen ja letzten Endes direkt abspitzen und so glatt herstellen lassen, wie etwa einen Randstein für den Gehsteig einer Pflasterung. Dies würde aber große Kosten verursachen, welche in keinem Verhältnis zu der Ersparnis an Beton stünden, die durch diese vollkommene Annäherung an das theoretische Profil hinsichtlich der Kubatur der Auskleidung erzielt worden wären. Um den praktischen Verhältnissen Rechnung zu tragen, wird hier nun zunächst schon in den Bedingungen gestattet, daß einzelne Felsspitzen in das theoretische Betonprofil einspringen können; dadurch wird ohne Schaden für die Festigkeit ermöglicht, der natürlichen Formung des Gesteins, wie sie sich durch die Profilmachnahmen ergibt, wenigstens stellenweise Rechnung zu tragen und es wird insbesondere dadurch die Fläche, von welcher aus das notwendige Einspringen der Ecken gegen das Gebirge zu stattfinden muß, etwas verengt gegen das Stolleninnere zu eingezogen.

In der Abbildung 3 ist der lichte Durchmesser des ausgekleideten Stollenprofils (Normalprofil ohne Eisenverstärkung des Betons) dargestellt, ferner die beiden konzentrischen Kreise, welche die theoretische Wandstärke von  $20\text{ cm}$  Stärke und jene Zone von  $5\text{ cm}$  nach innen zu begrenzen, innerhalb welcher das Einspringen einzelner Felsspitzen gestattet wurde. Dies ist der Übergang zum anderen Extrem, daß man

**Schematischer Stollenquerschnitt**  
mit normaler Betonauskleidung, Überprofil und tolerierten einspringenden Ecken.

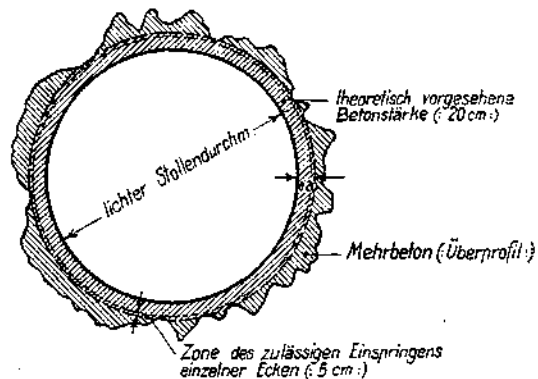


Fig. 3.

Maßstab 1 : 100.

nämlich unter Tolerierung großer einspringender Ecken und einer überhaupt sehr unregelmäßigen Gestaltung der Stollenwandung zwar zum Wegfall aller Kosten kommt, welche sich aus der Überwachung des Ausbruches durch die technische Aufsicht aller Grade und durch die manuelle Arbeit vieler einzelner kleiner Bohrlöcher und die größeren Kosten kleiner Einzelschüsse ergeben; aber man hätte dann sehr große Beton-Überkubaturen zu leisten, die besonders an den Ulmen und im First, wo das Einbringen des Betons schwierig ist, geldlich stark ins Gewicht fallen. Durch den Umstand nun, daß mehrere Unternehmer am Bau beteiligt waren, daß nach verschiedenen Methoden gearbeitet wurde und sich bis zu einem gewissen Grad in den einzelnen Baulosen besondere Arbeitsverhältnisse entwickelten, ergab sich für den Stollenbau in Partenstein die Möglichkeit, das wirtschaftliche Optimum für die Sorgfalt des Ausbruches und die Menge des sogenannten „Überbetons“ festzustellen; das Ergebnis, dessen rechnerische Ermittlung hier zu weit führen würde (die aber mehreren Geologen bekannt ist), hat für unseren Stollen dazu geführt, daß man ein etwa 18 prozentiges Überprofil gegenüber dem theoretischen Ausbruch als jenes ermittelte, bei welchem die Kosten der Sorgfalt der Ausführung und der Aufwand an Betonmaterial die geringste Summe ergeben. Nun wäre es sicher falsch, dieses Ergebnis einfach verallgemeinern zu wollen; denn dieser Prozentsatz unterliegt notwendigerweise Schwankungen, die sich aus der Größe des auszuführenden Stollenprofils, aus den Kosten der Sprengmittel an sich, wie auch bezogen auf den Kubikmeter des gelösten Gesteins, aus der Stärke der vorgesehenen Betonauskleidung, aus der zugelassenen Toleranz hinsichtlich der sogenannten „einspringenden Ecken“, den Arbeitslöhnen der Mineure, Betonierer, Aufsichtsorgane usw. und an Materialkosten pro Kubikmeter einzubringenden Betons ableiten lassen. Im allgemeinen wird gesagt werden können, daß billiger Ausbruch des Gesteins, teurer Betonierungsvorgang und teure Aufsicht, sowie enges Stollenprofil diesen Prozentsatz hinaufrücken werden, während billige Aufsicht (die sich etwa beim Zusammenfallen der Wünsche von Bauunternehmung und Bauherrschaft auf diesem Gebiete ergeben wird), billige Betonierung, teurer Ausbruch und große Profilfläche den Prozentsatz der wirtschaftlich zulässigen Profilsüberschreitungen herabsetzen werden. Was die letztgenannten Komponente, den Einfluß der Profilfläche, anlangt, so wäre es richtiger, von einer zulässigen „Ungleichmäßigkeitsfläche“ pro laufenden Meter Umfang zu sprechen; bei einem derartigen Ansatz, der für den Stollenbau in Partenstein ca.  $0.16 \text{ m}^2/\text{lfm}$  Umfang des Stollenausbruches beträgt oder  $16 \text{ cm}$  mittlere Tiefe des Flächenstreifens außerhalb der theoretischen Profilfläche, wird der maßgebende Einfluß der Gesteinsbeschaffenheit an sich auch deutlicher zum Ausdruck gebracht, als bei der ersterwähnten prozentuellen Bezeichnung. Denn es ist damit der Zusammenhang mit der natürlichen Klüftung dargestellt, welche wir an irgendwelchen Felswänden und sonst geeigneten Stellen beobachten können und bei der man diesen Grad natürlicher Klüftung unabhängig von einem Bau feststellen kann; denn gewisse Eigenschaften, die sich bei natürlicher Verwitterung zeigen, werden dann auch bei der künstlichen Bildung



einer Oberfläche eine Rolle spielen. Was den Einfluß der Profilgröße anlangt, so wird der genaue Ausbruch auch bei kleinem Durchmesser nicht nur wegen der relativen Größe des das Überprofil bildenden Kreisringes zur Gesamtläche des Ausbruchprofils prozentuell schlechter, sondern auch deshalb, weil bei starker Krümmung die Verspannung des Gewölbes eine stärkere ist, als bei dem flachen Bogen eines weiten Profils. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Gesteinseigenschaft ist groß; man bedenke, daß bei einer vorgesehenen Wandstärke von 20 cm (was bei normalen Verhältnissen einen oft gebrauchten mittleren Wert darstellt) der vorhin angegebene Wert von 16 cm eine 80prozentige Vergrößerung der Betonkubaturen gegenüber dem theoretisch vorgesehenen Minimum darstellt; es ist allerdings zu berücksichtigen, daß auch bei sehr günstigen Gesteins- und Ausbruchverhältnissen sicher stets 6 bis 10 cm einzusetzen wären, wenn man die Wirtschaftlichkeit aller Maßnahmen ins Kalkül zieht. Daß man diese Seite der Tunnelbauverfahren früher weniger betrachtete, hat seinen Grund darin, daß die Ausmauerung bei den Eisenbahntunneln nicht dieselbe wichtige Rolle innehatte, wie bei Wasserstollen, besonders bei Druckstollen; hier muß die Auskleidung nicht nur wie im Eisenbahnbau dem umgebenden Gebirge die oft fehlende Standsicherheit verleihen, sondern auch in vielen Fällen abdichtend wirken und den starken Innendruck übernehmen.

Bei der Beurteilung des Gesteins hinsichtlich seiner Dichtigkeit gegen Wasserverluste von innen haben wir uns zumeist von dem Gedanken leiten lassen, daß jene Strecken, bei denen kein Wasser auftrat, wohl als dicht angesehen werden können; denn bei dem Umstand, daß an vielen Stellen, wo Klüfte auftreten, die nicht irgendwie ausgefüllt waren, auch Wasser vorkam, mußte — über die eigentliche Bergfeuchtigkeit hinaus — angenommen werden, daß überall, wo die Dichtigkeit des Gebirges nicht hinreichen würde, um Wasser zurückzuhalten, dieses auch aufgetreten wäre. So wurden durch Spritzbeton (Torkret) und Zementmörtelverputz nur solche Strecken gedichtet, welche infolge ihrer Nähe von der Oberfläche, vom Talhang oder von den Fensterstollen gefährlich erschienen oder bei denen man aus anderen Gründen, z. B. wegen schlechter Gebirgsbeschaffenheit, an und für sich schon zu weitergehenden Maßnahmen gezwungen war. Wasserverluste in das Gebirge hinein wurden bisher nicht beobachtet oder sonstwie festgestellt.

Wie man sieht, ist es dem Bauingenieur nicht so sehr darauf angekommen, die geologische Geschichte des durchörterten Gebirges festzustellen und die großen Zusammenhänge, aus denen seine Eigenschaften erklärt werden können, sondern vielmehr handelte es sich hier um geologische Kleinarbeit, deren Zweck war, jeweils im nötigen, technisch und wirtschaftlich gebotenen Ausmaße festzustellen, welche Mittel zur Erzielung eines bestandsicheren, dichten, dem inneren Wasserdruck gewachsenen Druckstollens anzuwenden seien. Am schwersten ist wohl die Festigkeit des Gebirges gegen Innendruck abzuschätzen und hier sind dem Stollenbauer noch dankbare Aufgaben hinsichtlich der Entwicklung der Methoden zur Gesteinsuntersuchung im Großen gestellt. Solange diese nicht ausgebildet sind, bleibt nichts übrig, als durch große Vorsicht die möglichen Gefahren schlechter,

nachgiebiger Stellen auszugleichen. Dies wurde in Form von Eisenlagen, armierten Torkretmanschetten, Zementmörtel-Hinterspritzungen und sorgfältiger Betonierung überhaupt erstrebt; hier, wo es sich um die geologische Seite der Fragen handelt, sind diese Punkte nur anzuführen, aber nicht zu behandeln.

Hingegen sei zum Schlusse noch dargestellt, auf welchem Wege man der Forderung nach zeichnerischer Festhaltung der ange-troffenen Gebirgsverhältnisse nachzukommen strebte. Der Endzweck war, darzustellen, was sich hinter der glatten, gleichmäßig ausbetonierten Stollenröhre als Hinterlage des Betons befindet und welche Ausmaße und besondere Verhältnisse diese Stollenauskleidung selbst jeweils überall aufweist. Dieser letzteren Bedingung wurde durch Aufnahme der Ausmauerung der Verbrüche sowie durch regelmäßige, im Abstand der Lehrbogen (zirka 1 bis  $1\frac{1}{6}$  m) ausgeführte Querprofil-aufnahmen des unmittelbar darauf ausbetonierten Raumes entsprochen. Da nun auch von früher schon Aufnahmen gewisser Profilstrecken vorhanden waren, so konnte für einzelne Teile festgestellt werden, daß nach der Herstellung eines ersten reinen Profils durch das Sprengen und Absichern und die Wegnahme lockerer Teile mehrere Monate vor der Betonierung, durch kleine Nachbrüche (zurückzuführen nicht auf geologisch-tektonische Umstände, sondern nur auf die Lockerung des Gesteins infolge der Schußwirkung) sowie durch die von Hand auszuführenden Profilkorrekturen (welche die Anwendung von Sprengstücken nicht mehr wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen ließen) eine teils notwendige, teils unerwünschte Profilvergrößerung stattfand, die auf zirka 10 Prozent des überhaupt vorhandenen Betonprofilquerschnittes berechnet werden konnte.

Diese Aufnahmen sind technischer Natur, weshalb auf sie hier nicht näher eingegangen wird. Hingegen waren die geologischen Verhältnisse, die festgestellt wurden, folgende: Die Quellen und der Grad der allgemeinen Feuchtigkeit, die größeren Klüfte, Lassen, Zertrümmerungszonen, die Art des Gesteins und der Gänge, schließlich eine allgemeine Charakteristik des Gütegrades der Profilausbildung. Dort, wo keine genauere Darstellung notwendig war, wurde die Aufnahme im Stollen selbst im bequemen Maßstab 1:100 durchgeführt, indem vorher am Papier die Stationierung und die fünf Erzeugenden des Stollenzylinders: Firstlinie, Ost und West in Axhöhe (diese fiel für unsere Verhältnisse gerade mit der Augenhöhe zusammen), Ost und West unmittelbar neben dem Schotterbett des Rollbahngeleises, als Gerippe der Darstellung festgelegt worden waren. Mit diesen fünf Erzeugenden der als abgewickelter Kreiszyylinder aufgefaßten Stollenwandung und der Stationierung, die im Stollen von 10 zu 10 m festgelegt worden war, war es leicht, jede Erscheinung an der Stollenwandung dem Ort und der Art nach festzulegen und darzustellen. Alle Ebenen, welche als Lassen und Klüfte usw. den Stollen durchsetzen, erschienen in dieser Darstellung also als Stücke von Kurven, welche infolge der Abwicklung oder Aufklappung um die Firstlinie natürlich keinen geschlossenen Linienzug bildeten; die Begrenzung des Bandes bildeten die beiden Erzeugenden entlang des Schotterbettes, die ja auch in Wirklichkeit diese geologische

Aufnahme, welche sich den Stollenbetriebsverhältnissen anpassen mußte, begrenzte.

An Hand dieser Originalaufnahme wurde dann ein geologisches Längenprofil 1:500 ausgearbeitet, bei dem aber hinsichtlich der Darstellung der Lassen und Klüfte eine andere Art der geometrischen Darstellung befolgt wurde, die im folgenden noch kurz beschrieben sei. Die Lassen und Klüfte sind im allgemeinen eben; als solches sind sie durch zwei sich schneidende Gerade definiert. Diese zwei Geraden wurden so gewählt, daß sie sich in der Stollenaxe schneiden und daß die eine Gerade in einer Horizontal-, die andere in einer Vertikalebene durch diese Stollenaxe liege. Die Gerade in der Horizontalebene stellt daher die Horizontalspur der Kluffebene dar und gibt das Streichen der betreffenden Ebene an; hingegen gibt die Schnittgerade in der Vertikalebene nicht das Fallen (senkrecht zum Streichen) an, sondern nur den im Aufriß ohne weiteres in richtiger Lage erscheinenden Schnitt mit der Vertikalebene durch die Stollenaxe. Die Lage und Richtung dieser beiden Geraden war aus den markanten Punkten der Kurven am First und in den beiden äußersten Seiten erzeugenden ohne weiteres abzuleiten; nur die Lage des Sohlenschnittpunktes der Geraden in der Vertikalebene mußte jeweils durch eine Art Extrapolation aus den beiden Punkten östlich und westlich des Schotterbettes indirekt bestimmt werden. Da nun die eine Gerade in der Vertikalprojektion (im Aufriß), die andere Gerade in der Horizontalprojektion (im Grundriß) stets in die Stollenaxe fallen muß, wurden diese Projektionen gar nicht erst gezeichnet, und so beschränkte sich diese Darstellung in 1:500 auf zwei Gerade: im Aufriß der Schnitt der darzustellenden Ebene mit der Vertikalebene durch die Stollenaxe, im Grundriß der Schnitt der darzustellenden Ebene mit der Horizontalebene durch die Stollenaxe; der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Stollenaxe muß selbstverständlich in der Senkrechten untereinander liegen. Dies ist wohl die einfachste Darstellung derartiger Ebenen in einem geologischen Längenprofil.

Die Abbildung 4 zeigt schematisch im Maßstab 1:100 die Ableitung der eben erwähnten charakteristischen Geraden aus der in der Stollenabwicklung vorgenommenen Aufnahme für vier verschiedene Fälle; im verkleinerten Maßstab 1:500 werden dann nur die in Auf- und Grundriß hervorgehobenen starken Linien und nicht mehr die Begrenzungen der Zylinderschnitte dargestellt, da erstere zur eindeutigen Lagebezeichnung der Ebene genügen.

Einzelpunkte werden in beiden Projektionen dargestellt und sind durch den Umstand, daß sie an der Gewölbeleibung liegen müssen, schon überbestimmt. Die Darstellung der Überlagerung usw. erfolgte auch maßstäblich; denn wenn dadurch auch verhältnismäßig große leere Flächen bis zur Terrainlinie in Kauf zu nehmen waren, so ist es doch gewiß besser, dies zu tun, als durch eine Verzerrung den Zusammenhang der Darstellung in den meisten Fällen ganz unklar zu machen. Auf eine genaue Stationierung ist bei dieser Arbeit selbstverständlich großes Gewicht zu legen, aber besser als die genaueste Stationierung ist es, den Zusammenhang zwischen dem, was man im Stollen später

noch hat und dem, was man hinter der Stollenwandung hat, dadurch festzulegen, daß man ihn in kurzen Abständen stets wieder neu herstellt, indem man z. B. die geologischen Angaben mit den notwendigen Arbeitsfugen bei der Stollenbetonierung, welche als Grate

**Schematische Skizze der abgewickelten Stollenaufnahme und der Ableitung der Darstellung in Aufriß und Grundriß**

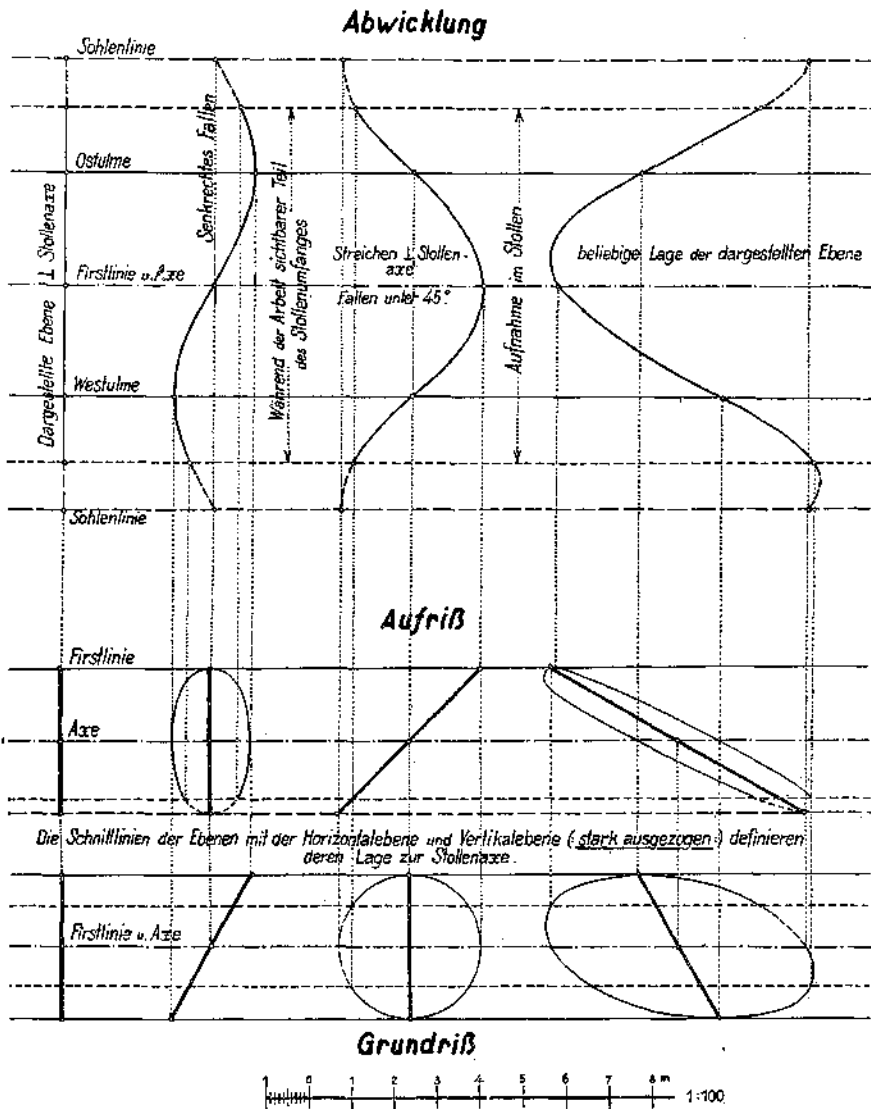


Fig. 4.

stehen bleiben, die quer durch den Stollen hindurchgehen, in Beziehung setzt. Alle diese Aufnahmen müssen laufend ausgeführt werden, sonst kann es leicht geschehen, daß man mit ihnen zu spät kommt, denn selbstverständlich geht das Interesse des Bauingenieurs dem des Geologen voraus und nur bei laufender Bearbeitung des ganzen Materials

können Lücken verhindert werden, die später überhaupt nie mehr nachgeholt werden können.

Es wäre noch manche Einzelheit über die technisch-geologischen Angelegenheiten beim Stollenbau zu sagen; die wichtigsten Punkte, die in Partenstein zur praktischen Beobachtung und Anwendung kamen, sind hier erwähnt worden. Wenn auch noch vieles sehr unvollkommen blieb, so haben wir uns doch bemüht, auch diesem Teile unserer Arbeit die notwendige Zeit und Aufmerksamkeit zu widmen und an ihr zu lernen; das Gelernte sei hiermit gerne den Lesern zur Kenntnis übergeben.

Linz, Anfang 1925.

### **B. Die Aufschlüsse beim Stollenbau des Rannawerkes.**

Etwa zwei *km* im Südwesten von Engelhartzell befindet sich am linken Ufer der Donau in der Kramesau das Kraftwerk, welches das Wasser der Ranna verwertet.

Die Zuleitung des Wassers zum Kraftwerk erfolgt durch einen Stollen, der ungefähr 5 *km* nördlich der Mündung der Ranna in die Donau beginnt und mit zweimaliger Knickung in südwestlicher Richtung zur Kramesau führt. Zwei Fenster führen zu einer Gliederung des ganzen ca. 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> *km* langen Stollens in drei Teile. (Siehe Fig. 5.)

Die allgemeine geologische Lage des Stollengebietes ist ziemlich die gleiche wie beim Druckstollen Partenstein. Das Gebiet liegt gleichfalls zur Gänze im südwestlichen Randgebiet des Böhmisches Granitstockes, nur im Vergleich zum Druckstollen Partenstein dem Rande näher. Diese Ähnlichkeit in der Lage des Stollens gestattet im Folgenden eine kürzere Behandlung der Beobachtungen.

#### 1. Gesteinsbeschaffenheit.

Ergab die Untersuchung des Stollenprofils Partenstein eine gewisse Abwechslung dadurch, daß in einem älteren grobporphyrisch und schlierig entwickelten Granit ein gleichmäßig körniger jüngerer Granit zu beobachten war, so läßt das Profil des Rannastollens diesen Gesteinswechsel vermissen.

Der ganze Stollen liegt petrographisch im gleichen Gestein, einem zum Teil gleichfalls porphyrtartig entwickelten Granit, der stellenweise schlierig differenziert ist und auch Übergänge zu Syeniten und Dioriten erkennen läßt.

Zum Unterschiede von den grobporphyrisch entwickelten Varietäten des Partensteinwerkes jedoch konnten an keiner Stelle rote oder rötliche Feldspateinsprenglinge beobachtet werden, sie sind immer rein weiß und auch durchwegs kleiner als jene in den Gesteinen von Partenstein.

Im Schlicke zeigen sich als Bestandteile des Gesteines Mikroklin, Plagioklas, Quarz und Biotit in wechselndem Mengenverhältnis und dazu als Nebengemengteile meist Zirkon und Apatit in kleinen Körnchen. Pyrit, unregelmäßig im Gestein verteilt, wobei eine Anreicherung auf

Klüften in ähnlicher Weise wie in Partenstein zu beobachten ist, kommt sehr häufig vor.

Der Mikroklin bildet meist größere Einsprenglinge, läßt aber selten eine regelmäßige Begrenzung erkennen. Perthitische Durchwachsungen und randliche Myrmekitbildungen sind sehr häufig. Die Plagioklase dieser Gesteine sind basischer als jene in den Graniten von Partenstein. Auslöschung im Schnitt senkrecht  $+ 22^\circ$ , entsprechend einem *An*-Gehalt

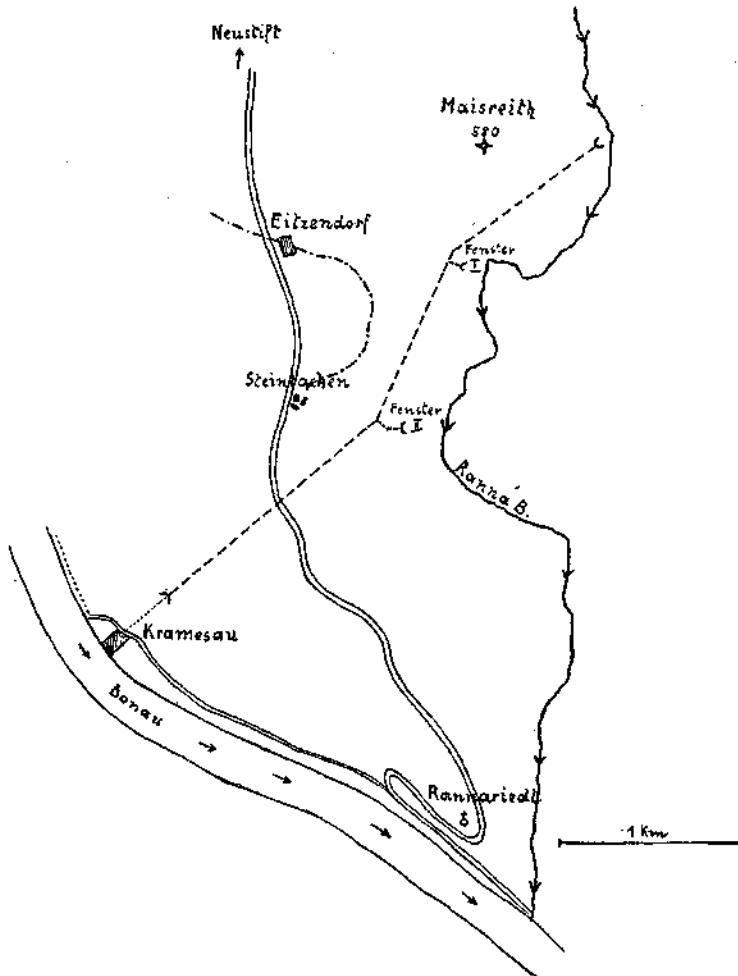


Fig. 5. Skizze der Stollenanlage beim Rannakraftwerk.

von 36%) und zeigen nur sehr selten und dann auch nur ganz schwach angedeutet einen zonaren Bau. Auffallend ist die sehr feine Zwillingslamellierung im Vergleich zu den Gesteinen von Partenstein, bei denen die Zwillingslamellen der Plagioklase viel breiter ausgebildet sind. Biotit zeigt einen Pleochroismus von lichtgelb zu rotbraun, Einschlüsse von Zirkon mit pleochroitischen Höfen. Die übrigen Gemengteile sind in gleicher Ausbildung vorhanden wie in den Graniten vom Druckstollen Partenstein, von welchen sie am besten mit jenen Typen zu vergleichen wären, in denen die Einsprenglinge etwas zurücktreten und kleiner werden.

Strukturell zeigen die Gesteine des Rannastollens deutliche mechanische Beanspruchung. Auch Typen, die im Handstück keinerlei Störung erkennen lassen, erweisen sich im Schriff als umgeformt. Meist sind die Mikrokline von einem zertrümmerten Rand umgeben, oft sind sie selbst in mehrere Stücke zerbrochen, wobei an den Sprüngen feinkörnige Quarzströme durchziehen. Die Quarzkörner selbst sind undulös auslöschend, oft aber kann man den Zerfall größerer Individuen in ein Aggregat kleinerer Körner beobachten.

Gegen die Donau zu nimmt die Umformung der Gesteine zu und wird im Donautal, das an dieser Stelle einer Störungszone folgt, allerdings schon außerhalb des Stollens selbst zu einer deutlich erkennbaren Schieferung.

In den Stollenabschnitten von der Kramesau bis zum Fenster II und von diesem Fenster bis zum Fenster I ist die Ausbildung des Granites ziemlich gleichartig. Mittelkörnig, nur einzelne Partien mit etwas größeren Einsprenglingen; im allgemeinen aber bleibt die Gesteinsbeschaffenheit die gleiche.

Ein etwas abweichendes Bild liefert das Stollenstück vom Fenster I bis zum Stolleneingang. In diesem Abschnitt zeigt sich eine deutliche schlierige Beschaffenheit des Gesteines. Hellere Partien, die ärmer an dunklen Gemengteilen sind, wechseln mit dunklen mehr oder weniger runden oder länglichen basischen Putzen, die überwiegend aus Biotit bestehen. Gegen den Stollenanfang zu nimmt diese schlierige Beschaffenheit ab und an der Ranna sind beim Eingang des Stollens wieder die mehr gleichkörnig oder porphyrtartig ausgebildeten Varietäten herrschend.

Ebenso wie im Gebiet des Partensteinwerkes treten hier im Granit, bzw. seinen Übergängen zu Syenit und Diorit basische Ganggesteine auf.

Petrographisch sind es die gleichen Typen, die beim Druckstollen Partenstein zur Beobachtung gelangten, und bezüglich des Mineralstandes, der Struktur etc. sei auf die früheren Ausführungen bei diesen Gesteinen verwiesen.

Auch das Auftreten der Gänge, Streichen und Fallen ist dasselbe wie in Partenstein. Im Mittel streichen sie von NW nach SO und fallen unter verschiedenen Winkeln, meist steil, gegen NO. Bemerkenswerterweise tritt auch im Gebiet des Rannakraftwerkes eine Häufung der Gänge an den Störungsstellen auf, die nur deshalb nicht so deutlich wie beim Partensteinwerk hervortritt, weil die Gänge überhaupt nicht so zahlreich auftreten wie dort. Auffallend bei den in den Störungsstellen vorhandenen Gängen ist es auch hier, daß sie im Vergleich zu den Graniten an der Störungsstelle kompakt sind, daß abgesehen von kleineren Störungen das Ganggestein keine so durchgreifende Umformung zeigt wie der Granit. Dieses auffallende Verhalten der lamprophyrischen Ganggesteine sei vorläufig nur festgehalten, da noch weitere Beobachtungen nötig sein werden, um Schlüsse daraus ziehen zu können.

## 2. Störungsstellen und Klüfte.

In gleicher Weise wie bei dem Druckstollen Partenstein zeigen auch die Aufschlüsse beim Rannawerk, daß dieser Teil des Granitgebietes von parallelen Störungen durchzogen wird, die im allgemeinen die gleiche

Lage wie in Partenstein besitzen, nämlich von NW gegen SO streichen und gegen NO fallen. An diesen Zonen treten dieselben Zertrümmerungserscheinungen der Gesteine auf, die oben ausführlich beschrieben wurden. Das Endprodukt der Mylonitisierung bildet hier, analog den Erscheinungen im Partensteinstollen, eine chloritisch schmierige Masse, in welcher in einzelnen Fällen noch Reste des früheren Mineralbestandes in zertrümmertem Zustande vorgefunden werden können.

Die Mächtigkeit der Quetschzonen unterliegt hier gleichfalls beträchtlichen Schwankungen. Geringmächtige Störungszonen kommen häufiger vor als die mächtigeren. Die stärksten dieser Mylonitzonen sind im Durchschnitt etwa bis zu 30 m mächtig, wie etwa im Stollen von der Kramesau zum Fenster II bei Stationierung 470 m oder im Stollenstück Fenster I gegen N bei 300 m.

Neben diesen Störungszonen, über deren Entstehung und Zugehörigkeit zu einem großen Störungssystem das gleiche zu sagen wäre, wie bei den entsprechenden Erscheinungen beim Druckstollen Partenstein, sind auch im Granitgebiet des Rannawerkes zahlreiche Klüfte zu beobachten.

Wieder lassen sich die Klüfte in zwei Gruppen teilen, deren Streichen angenähert aufeinander senkrecht steht. Streichen und Fallen sind bei beiden Scharen ungefähr die gleichen wie im Stollen des Partensteinwerkes, so daß auf die dort gegebene Fig. 2 verwiesen werden kann. Nun wäre besonders hervorzuheben, daß auch Abweichungen im Streichen zu beobachten waren, derart, daß an einzelnen Stellen das ganze System der beiden aufeinander senkrechten Klüfte um einen Winkel von etwa  $15^\circ$  entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn verdreht erscheint. (Streichen N  $45^\circ$  W, bzw. N  $45^\circ$  O.) In diesem Falle tritt dann besonders eine N  $45^\circ$  O streichende saigere Kluft besonders deutlich hervor.

Auf diese Tatsache wird deshalb besonders hingewiesen, weil sich daraus die Wichtigkeit der Kluftrichtungen für den praktischen Stollenbau ergibt.

Denkt man sich nämlich in die im angegebenen Sinne verdrehte Fig. 2 wieder die Richtung der Stollenachse eingezeichnet, so läßt sich deutlich entnehmen, daß in den Stollenstücken Kramesau — Fenster II und Fenster I — Stollenanfang die Richtung der Stollenachse beinahe genau mit der saigeren Kluftrichtung zusammenfällt. Dies hat dann beim Stollenausbruch zur Folge, daß an diesen Stellen die Wände des Stollens von senkrechten, ziemlich ebenen Kluftflächen gebildet werden, die auf größere Strecken herrschend werden und dem Ausbruche eines runden Stollenprofils hinderlich sind. Im First des Stollens hängen dann die Gesteinsplatten vertikal und stürzen bei Erschütterungen u. dgl. leicht herab, wodurch außer dem Überprofil ein Gefahrenmoment für die Arbeiter entsteht.

Im Stollenstück zwischen Fenster II und Fenster I schneidet die Stollenachse die Kluftrichtungen unter einem schiefen Winkel, daher fehlen in diesem Stück die langen glatten Wände und die Wirkung der Zerklüftung des Gesteines äußert sich im kulissenartigen Vor- und Zurückspringen der Gesteinsplatten.



### III. Zusammenfassung.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick auf die Beobachtungen, welche an den vorübergehenden Aufschlüssen der Stollenbauten des südwestlichen Teiles des Böhmisches Granitgebietes gemacht werden konnten, so erkennen wir, daß trotz der räumlichen Beschränkung des Untersuchungsgebietes einzelne Erscheinungen von regionaler Bedeutung für den Bau dieses Teiles der Böhmisches Masse sind.

Petrographisch konnte in diesem Gebiet ein offenbar jüngerer Granit erkannt werden, der in einem älteren, stark differenzierten Granit steckt, wobei in beiden die gleichen Ganggesteine auftreten. Eine regional-petrographische Neuuntersuchung des ganzen Granitgebietes erweist sich als eine dringende geologische Aufgabe nächster Zeit.

Tektonisch von Wichtigkeit war die durch die guten Aufschlüsse in den Stollen ermöglichte Feststellung der zahlreichen Störungszonen, die, von Myloniten begleitet, beide Granite und ihre Abarten in nordwest-südöstlicher Richtung durchziehen, wobei sie mehr oder minder steil gegen NO fallen.

Ihre Zugehörigkeit zu einem großen System von Störungen, zu welchen auch die randlichen Überschiebungen und der Pfahl zu rechnen sind, ist für das regionale Bild von Bedeutung.

#### Literaturhinweise.

1. Cloos H. Das Batholithenproblem, Berlin 1923. Kurze Beiträge zur Tektonik des Magmas. I., II. Geol. Rundschau 1923.
2. Commenda H. Materialien zur Orographie und Geognosie des Mühlviertels. Ber. d. Mus. Fr. Carol. Linz 1884. (Dort auch die ältere Literatur.)  
Materialien zur Geognosie von Oberösterreich. 58. Jahresber. d. Mus. Fr. Carol. Linz 1900.
3. Graber V. H. Geomorphologische Studien aus dem österreichischen Mühlviertel. Petermanns Geographische Mitteilungen 1902.
4. Köhler A. Eine Bemerkung über Pfahlschiefer aus dem niederösterreichischen Waldviertel. Verh. d. Geol. B. A. 1924.
5. Krumbeck L. Eine Fortsetzung der Regensburger Jurabildungen in Oberösterreich. Verh. d. Geol. B. A. 1923.
6. Petraschek W. Eine Fortsetzung der Regensburger Jurabildungen in Oberösterreich. Jahresber. d. Oberrh. Geol. Ver. N. F. Bd. 11, 1922.
7. Till A. Über das Grundgebirge zwischen Passau und Engelhartzell. Verh. d. Geol. R. A. 1913.

#### Inhalt.

- I. Einleitung.
- II. Geologisch-petrographische Skizze der Stollengebiete.
  - A. Die Aufschlüsse des Druckstollens Partenstein.
    1. Die Gesteine.
    2. Die Störungszonen.
    3. Die Klüftung.  
Technisch-geologische Bemerkungen zum Bau des Druckstollens Partenstein von Ing. G. Beurle.
  - B. Die Aufschlüsse beim Stollenbau des Rannawerkes.
    1. Gesteinsbeschaffenheit.
    2. Störungszonen und Klüfte.
- III. Zusammenfassung.

# Profil des Druckstollens Partenstein.

Stollen-  
beginn.

Mühl-  
übergang.

Fenster I.

Gesteins-  
grenze.



N

Schacht.

Fenster II.

Gesteins-  
grenze.



S

0 2 4 6 8 10 m

Höhe.



0 1 2 3 4 500 m

Länge.

**Zeichenerklärung.** Unregelmäßig gestrichelt — Grobporphyrischer Granit. Punkte — Plöckinger Granit. Dicke schwarze Striche — Lamprophyrische Ganggesteine. Parallele dünne Striche. — Aplite und Pegmatite. Gestrichelte Gerade — Zonen stärkerer Zerklüftung und z. T. Verschieferung. Gekrenzte Linien — Zertrümmerungszonen.