

## Über die Störungen in der Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer im Montafon

VON OTTO REITHOFER<sup>1)</sup>

Im Kristallin sind Störungen ober Tag, abgesehen von Steinbrüchen oder anderen künstlichen Aufschlüssen, nur selten zu beobachten. Da sich die Gesteine der Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer kaum zur Anlage von Steinbrüchen eignen, ermöglichte erst der Bau der Triebwasserstollen des Rodundwerkes einen ausgezeichneten Einblick in den geologischen Bau dieser Zone, wie er ober Tag in dieser Güte niemals zu erhalten wäre. Zum Rodundwerk der Vorarlberger Illwerke gehört der Freispiegelstollen von Gaschurn nach Latschau, von dem hier nur der unterste, zwischen Gampadels- und Gauertal gelegene Teil von Interesse ist, und der Stollen der Rellsbachbeileitung mit dem Fensterstollen Mulleritsch. Der Druckschacht und der Entlastungsstollen von Latschau nach Rodund durchqueren nur die Trias der Kristakopfscholle ohne Phyllitgneise und Glimmerschiefer zu durchstoßen. Die Lage dieser Stollen ist der Übersichtsskizze der fertigen Stollen und der baureifen Stollenprojekte der Vorarlberger Illwerke (REITHOFER 1951, S. 107) und der vereinfachten geologischen Kartenskizze der Umgebung der Triebwasserstollen des Rodundwerkes (REITHOFER 1954, Abb. 1) zu entnehmen.

Die Gesteine der Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer und die in ihr auftretenden  $\pm$  mächtigen Muskowitgranitgneise und die nur gering mächtigen Amphibolite wurden in den oben angeführten Stollen zwischen dem Gampadelsbach und dem Rellsbach auf rund 4760 m Länge aufgeschlossen. Dabei hat sich gezeigt, daß diese Gesteine von einem teils weiteren, teils  $\pm$  engeren Netz von Störungsflächen durchsetzt werden. Es finden sich alle Übergänge von messerscharfen Verwerfungen bis ein paar Dezimeter starken Lettenklüften und noch mächtigeren, vielfach weichen Mylonitzonen. Die Bewegungsflächen sind teils eben, teils gekrümmt.

Die Triebwasserstollen des Rodundwerkes wurden i. M. 1:200 in der Weise aufgenommen, daß sowohl die beiden Ulmen als auch der First zur Darstellung gelangte. Da sich die Richtung der Achse dieser Stollen teils ziemlich plötzlich, teils allmählich ändert, kann aus dieser Stollenaufnahme nur unter Benützung eines Lageplanes das jeweilige Streichen der s-Flächen und der Bewegungsflächen entnommen werden. Um einen Überblick über das Vorherrschen und die Häufigkeit bestimmter Richtungen zu erhalten, wurden alle bei der Stollenaufnahme erfaßten Störungsflächen, deren Lage erkennbar war, mit Hilfe der flächentreuen Azimutalprojektion dargestellt. Die Lage der vertonten Partien im östlichen Teil des Freispiegelstollens auf der Westseite des Gampadeltales ließ sich nicht mit Sicherheit feststellen. Das Flächen- und Achsengefüge in den oben angeführten Stollen wurde bereits im Jahre 1954 (REITHOFER 1954) beschrieben.

Sammeldiagramm 1 bringt Lote von Verschiebungsflächen aus dem Freispiegelstollen von Gaschurn nach Latschau auf der Westseite des Gampadeltales zwischen Stollenkilometer 16,39 und 17,88 zur Darstellung. Die Teildiagramme waren einander so ähnlich, daß sie zu einem Sammeldiagramm vereinigt werden konnten. In diesem Diagramm und allen übrigen mit Ausnahme von Diagramm 8 sind die Polpunkte  $\pm$  peripher angeordnet. Außerdem sind auch die mittleren Teile dieser Diagramme schwach mit Polpunkten besetzt, die das Auftreten

<sup>1)</sup> Anschrift des Verfassers: Geologische Bundesanstalt, Wien.

$\pm$  söhlig liegender Störungsflächen anzeigen. Die Bewegungsflächen eines schwachen aber deutlichen Maximums streichen 320 bis 330° und fallen um 80° gegen SO ein. Die Störungen eines schwachen Nebenmaximums verlaufen 338 bis 355°, also nahe N—S, und fallen 55 bis 66° gegen O ein und die einer noch schwächeren Punkthäufung sind 22 bis 30° gerichtet und ihr Fallen pendelt um 80° gegen ONO.

Die Pole der s-Flächen dieses Stollenabschnittes (REITHOFER 1954, Diagramm 6. Im Folgenden werden die Diagramme aus der angeführten Arbeit zur Unterscheidung nur mit D bezeichnet) fallen zur Hauptsache in den unbesetzten und in den nur schwach besetzten Teil des Sammeldiagramms. Durch das Maximum dieses Diagramms und stärker besetzte mittlere Teile und solche des SO-Quadranten läßt sich ein Großkreis ziehen. Ein weiterer, peripher verlaufender Großkreis kann durch das Maximum und das schwache Nebenmaximum im SW-Sektor gelegt werden. Die zu diesen Großkreisen zugehörigen Zonenachsenpole kommen in den unbesetzten Teil von D 7 zu liegen. Nur vereinzelte Verschiebungsflächen verlaufen  $\pm \perp B$  (= ac-Flächen) und ebenso verhält es sich mit diesen Flächen gegenüber den s-Flächen (= ab-Flächen). Die Lote der Kontaktflächen von zwei kleinen Buntsandsteinschollen bei Stollenkilometer 16,39 liegen im mittleren Teil des Diagramms nur etwas außerhalb des von den übrigen Flächenpolen besetzten Raumes.

Sammeldiagramm 2 enthält Lote von Verschiebungsflächen aus dem Freispiegelstollen von Gaschurn nach Latschau zwischen km 17,88 und dem Gauertal. Die Teildiagramme stimmen gut überein. Prozentuell am stärksten tritt eine NO—SW streichende Kluftchar hervor, deren Einfallen um 80° gegen SO erfolgt. Das Streichen einer nur schwach betonten Kluftchar ist mehr WNW—OSO gerichtet, ihr Einfallen schwankt um 80° gegen SSW. Die Lote der s-Flächen von D 6 fallen nur zu einem geringen Teil in den unbesetzten Bereich des Sammeldiagramms und die übrigen in seinen nur schwach besetzten Bereich. Daraus allein geht schon hervor, daß nur wenige Störungsflächen // s verlaufen. Wie aber die Stollenaufnahme zeigt, entsprechen nur einige solche Flächen tatsächlich den Schieferungsflächen, oft stimmt nur ihr Streichen oder Fallen mit dem der s-Flächen überein.

Der Durchstichpunkt der Zonenachse eines durch das Maximum und etwas stärker besetzte mittlere Teile des Diagramms etwa gegen SO verlaufenden Großkreises fällt in den unbesetzten Teil von D 7. Dagegen kommt der Zonenachsenpol eines von dem schwachen Nebenmaximum über die schwache Punkthäufung im mittleren Teil des Diagramms gegen SSW ziehenden Großkreises etwas außerhalb des Maximums von D 7 zu liegen. Die Kluftlagen dieses Nebenmaximums verlaufen annähernd parallel zur südlichen Punkthäufung des Doppelmaximums (siehe D 7) und nur wenige Störungsflächen stehen  $\pm \perp B$ .

Die Lage der Verschiebungsflächen in den geringmächtigen Amphiboliten und den  $\pm$  mächtigen Muskowitgranitgneisen weicht im Freispiegelstollen zwischen dem Gampadels- und Gauertal nicht in erkennbarer Weise von der der hier vorherrschenden Phyllitgneise und Glimmerschiefer ab.

Sammeldiagramm 3 bringt Polpunkte von Störungsflächen aus dem Stollen der Rellsbachbeileitung, kurz Rellsstollen genannt, zwischen seiner Einmündung in das Speicherbecken Latschau und Stollenkilometer 2,45 zur Darstellung. Die Teildiagramme stimmen ziemlich gut überein. In dem Diagramm treten zwei  $\pm$  saiger stehende Kluftscharen etwas deutlicher hervor. Die eine streicht  $\pm$  NO—SW und die andere  $\pm$  NNO—SSW. Die Lote der s-Flächen des Rells-

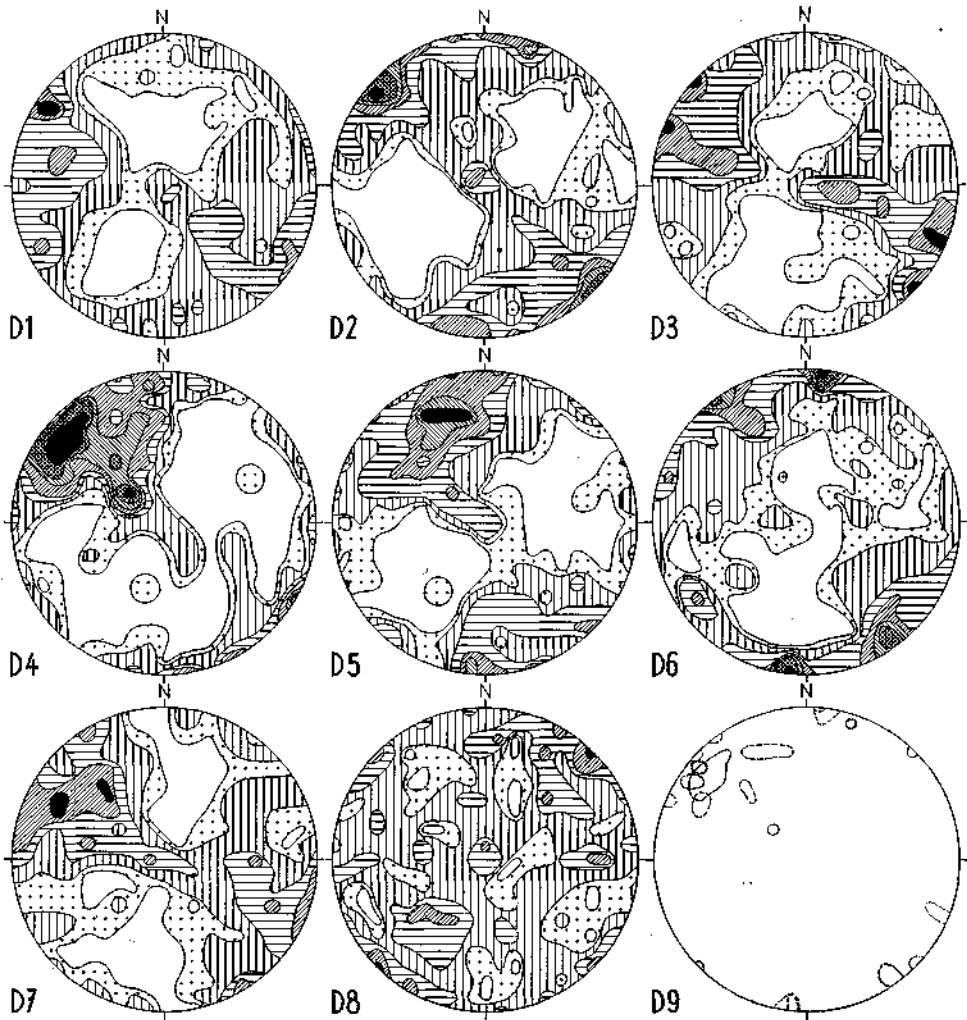


Abb. 1.

stollen (D 8) fallen größtenteils in den unbesetzten und nur schwach besetzten Teil des Sammeldiagramms. Wie auch die Stollenaufnahme zeigt, verlaufen in diesem Stollenabschnitt nur ein paar Störungsflächen // s.

Durch die beiden Punkthäufungen und den etwas stärker besetzten mittleren Teil des Diagramms läßt sich je ein Großkreis legen, deren Zonenachsenpole in den unbesetzten bzw. unterbesetzten Teil von D 9 zu liegen kommen. In diesem Stollenabschnitt wurden keine  $\pm \perp B$  verlaufenden Bewegungsflächen festgestellt.

Diagramm 4 zeigt Lote von Verschiebungsflächen aus dem Rellsstollen zwischen Kilometer 2,45 und 2,247. Prozentuell am stärksten (7 bis 8%) ist ein Maximum von Flächen vertreten, die  $304$  bis  $330^\circ$ , also  $\pm$  NO—SW streichen und  $62$  bis  $82^\circ$  SO fallen. Die Flächen eines in gleicher Weise streichenden kleinen Maxi-

mums fallen um  $25^\circ$  gegen SO ein. Eine weniger starke Kluftschär pendelt um  $310^\circ$ , hat demnach ein ähnliches Streichen. Ihr Einfallen erfolgt um  $40^\circ$  gegen SO. Schwach sind  $\pm$  O—W streichende und um  $80^\circ$  S-fallende Flächen vertreten.

Von den wenigen in diesem Stollenbereich gemessenen s-Flächen (D 8) liegt die Hälfte der Lote im unbesetzten und unterbesetzten Teil und der Rest im schwach bis stärker besetzten Teil des Diagramms. Auch die Stollenaufnahme dieses Bereiches läßt einzelne  $\pm //$  s gerichtete Störungsflächen erkennen. Durch die Maxima dieses Diagramms läßt sich kein Großkreis legen, dessen Zonenachsenpol in einen besetzten Teil von D 9 zu liegen kommt. Nur einige Bewegungsklüfte stehen  $\pm \perp$  B.

Diagramm 5 veranschaulicht Pole aus den Sedimentgesteinen der sogenannten Auenlatschmulde (LEUTENEGGER, S. 101—103) im Rellsstollen zwischen Kilometer 2,47 und 1,81. Am auffälligsten tritt ein im Streichen ausgelapptes Maximum hervor. Die Streichrichtung dieser Flächen wechselt zwischen  $277$  und  $302^\circ$ , verläuft also  $\pm$  WSW—ONO, wobei das Einfallen mit  $57$  bis  $72^\circ$  gegen SSO erfolgt. Ein schwaches Maximum stellt  $\pm$  O—W-streichende und  $\pm$  saiger stehende Kluftlagen dar. Von den 20 in diesem Stollenabschnitt eingemessenen s-Flächen (D 8) kommen nur 3 Pole in den unbesetzten Teil des Diagramms, 3 weitere in den unterbesetzten und die übrigen in den schwach bis stärker besetzten Teil zu liegen. Die Stollenaufnahme zeigt, daß nur ein paar Störungsflächen  $//$  s verlaufen. Auf die einzige innerhalb der Sedimentstrecke meßbare B-Achse stehen nur einige Verschiebungsflächen annähernd senkrecht.

Sammeldiagramm 6 stellt Polpunkte von Störungsflächen aus dem Rellsstollen zwischen Kilometer 1,185 und 1,81 dar. Die Teildiagramme sind einander sehr ähnlich. Prozentual am stärksten ist ein Maximum betont, dessen Flächen  $\pm$  O—W streichen und  $\pm$  saiger stehen. Die Verschiebungsflächen einer etwas schwächeren Punkthäufung streichen annähernd NO—SW und stehen ebenfalls  $\pm$  saiger. Von 26 in diesem Stollenbereich gemessenen s-Flächen (D 8) fallen 6 Lote in den unbesetzten Teil des Diagramms, 2 in den unterbesetzten und die übrigen in den schwach bis stark besetzten Teil. Nur einzelne Kluftflächen verlaufen  $\pm //$  s. Durch die Maxima dieses Diagramms kann kein Großkreis gelegt werden, dessen Zonenachsenpol in einen besetzten Teil von D 9 fällt. Nur einige Bewegungsklüfte stehen auf die B-Achsen  $\pm$  senkrecht.

Im Sammeldiagramm 7 sind die Messungen im Rellsstollen zwischen Kilometer 1,185 und dem Portal im Rellstal statistisch verwertet. Die Teildiagramme stimmen gut überein. In einer stärker besetzten Zone treten 2 schwache Maxima auf. Die Störungsflächen der einen Punkthäufung streichen etwa NNO—SSW und fallen  $62$  bis  $73^\circ$  gegen OSO ein, während die der andern mehr NO—SW verlaufen und  $43$  bis  $57^\circ$  nach SO fallen. Nahe dem Westportal des Rellsstollens, zwischen Kilometer 0,1 und 0,14 tritt in den Phyllitgneisen eine tektonische Einschaltung von Grauwackengesteinen (Silur-Karbon) und Verrukano-Buntsandstein auf. Von den 18 Polen der Störungsflächen dieser Sedimentgesteine fallen nur 4 etwas außerhalb des von allen anderen Polpunkten besetzten Bereiches. Von den 37 in diesem Stollenabschnitt eingemessenen s-Flächen (D 8) kommen 15 Polpunkte in den unbesetzten Teil des Diagramms zu liegen, 6 in den unterbesetzten und die restlichen in den schwach bis stärker besetzten Teil. Einzelne Verschiebungsflächen verlaufen  $\pm //$  s. Die 29 eingemessenen B-Achsen dieses Stollenabschnittes (D 9) pendeln im Streichen außerordentlich stark. Ihre Durchstichpunkte sind mehr peripher angeordnet, ihr Einfallen schwankt zwischen  $5$  und  $40^\circ$ . Von diesen B-Achsen fallen 3 Lote in den un-

besetzten Teil, 5 in den unterbesetzten und die übrigen in den schwach bis stärker besetzten Teil des Diagramms. Durch die Punkthäufungen dieses Diagramms läßt sich kein Großkreis legen, dessen Zonenachsenpol in einen besetzten Teil von D 9 fällt. Dennoch verlaufen einzelne Störungsflächen  $\pm \perp B$ .

Diagramm 8 stellt Lote von Verschiebungsflächen aus dem Fensterstollen Mulleritsch dar. Dieses Diagramm weist eine sehr wenig ausgeprägte Regelung der Störungsflächen auf, deren Lote die Lagenkugel mehr gleichmäßig bedecken. Ganz schwach ist eine NW—SO streichende und  $\pm$  saiger stehende Kluftchar betont. Einige Bewegungsklüfte verlaufen  $\pm // s$  und ebenso stehen einzelne  $\mp \perp B$ .

## Überblick

Die Polpunkte einzelner Verschiebungsflächen haben in sämtlichen Diagrammen eine annähernd gleiche Lage und zeigen damit an, daß sich die zugehörigen Bewegungsflächen in allen Bereichen wiederholen.

Das synoptische Diagramm 9 enthält alle Maxima der Diagramme 1 bis 8. Die Diagramme 1 und 2 sind einander ähnlich, wenn auch in Diagramm 2 die O—W-Störungen viel stärker betont sind, was vielleicht auf das stärkere Abbiegen dieses Stollenabschnittes gegen NNW zurückzuführen ist. Auch die Diagramme 3 und 4 weisen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Diagrammen 1 und 2 auf, was auch für die Diagramme 5 bis 7 zutrifft. Bei Diagramm 3 sind die O—W-Störungen nicht betont, da der zugehörige Stollenabschnitt teils mehr WSW—ONO, teils mehr WNW—OSO verläuft. In Diagramm 4, dessen zugehöriger Stollenbereich annähernd dieselbe Richtung hat wie der von Diagramm 1, treten die O—W-Störungen wieder schwach hervor. Daß Diagramm 5 mit den anderen weniger gut übereinstimmt, ist nicht verwunderlich, da es sich bei diesem um die Störungen in den Sedimentgesteinen einer tektonischen Einschaltung innerhalb der Phyllitgneiszone handelt. In diesem Diagramm ist das Hauptmaximum stärker gegen O verschoben, wie aus Diagramm 9 sehr deutlich hervorgeht. Die Lage der Störungen in den Sedimentgesteinen der sogenannten Auenlatschmulde unterscheidet sich deutlich von der der Störungen in der Kristakopfscholle, wie D 12 zeigt.

In Diagramm 6 treten die O—W-Störungen stärker hervor als die NO—SW gerichteten. Erstere treten eigenartigerweise vor allem in dem mehr O—W-verlaufenden Stollenabschnitt auf. In Diagramm 7 machen sich die O—W-Störungen kaum bemerkbar, obwohl der westlichste Teil des Rellstollens einen mehr NW—SO gerichteten Verlauf hat. Bei diesem Diagramm sind die beiden Maxima von der Peripherie etwas gegen die Mitte verschoben. Diagramm 8 hat mit den übrigen Diagrammen keine Ähnlichkeit, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die Richtung des Fensterstollens stark von der der übrigen Stollenstrecken abweicht. Die in diesem Diagramm stärker hervortretende NW—SO-Richtung (bei sehr steiler Stellung) ist in allen anderen Diagrammen nicht betont.

Im Stollenbereich der Diagramme 2 und 8 treten mehrere mächtigere Störungszonen auf, deren Pole in den schwach bis stärker besetzten Teil dieser Diagramme zu liegen kommen, nicht aber in deren Maxima. Die Phyllitgneise und Glimmerschiefer werden in gleicher Weise von einem  $\pm$  engmaschigen Netz von Verschiebungsflächen durchsetzt wie die in ihnen auftretenden Einschaltungen von Muskowitgranitgneisen und Amphiboliten. Hinsichtlich der Lage und der Zahl der Störungen sind bei Gesteinswechsel keine Unterschiede erkennbar.

Die Diagramme 1 bis 8 können natürlich nur ein teilweise richtiges Bild über das Vorherrschen bestimmter Lagen der Verschiebungsf lächen liefern, da Triebwasserstollen meist nicht so verlaufen, wie es für bestimmte geologische Fragestellungen gerade wünschenswert wäre. Die durch den Bau bedingten mehrfachen Richtungsänderungen der beiden Triebwasserstollen und der von diesen stark abweichende Verlauf des Fensterstollens Mulleritsch kommt jedoch diesen Wünschen weitgehend entgegen, so daß die erhaltenen Diagramme annähernd mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmen dürften. Die  $\pm$  s öhlig liegenden Störungen (im mittleren Teil der Diagramme) könnten nur in einem Schacht von genügender Höhe in einer ihrem tatsächlichen Auftreten entsprechenden Anzahl erfaßt werden.

Störungsf lächen parallel zur Schieferung oder Bankung treten, wie die Stollenaufnahme gezeigt hat und wie dies auch die Diagramme 1 bis 8 erkennen lassen, nur selten auf. Unter Störungen // s werden hier nur solche verstanden, die parallel zu einer unmittelbar benachbarten s-Fläche liegen. Nicht selten stimmt aber nur allein das Streichen oder das Fallen einer Verschiebungsf läche mit dem einer in nächster Nähe gelegenen s-Fläche überein. Auch Querklüfte  $\pm \perp B$  sind nur selten als Bewegungsbahnen benützt worden. Wie die Diagramme 1 bis 8 zeigen, sind bei den Störungsf lächen alle Streichrichtungen  $\pm$  stark vertreten. Die Dichte der Punkthäufungen nimmt gegen die Peripherie hin meist deutlich zu, was gut damit übereinstimmt, daß die Verwerfungen häufig steilere Neigungswinkel zeigen. Die unbesetzten Teile der Diagramme 1 bis 7 lassen aber auch erkennen, daß die Störungen nicht jede beliebige Lage im Raum einnehmen, sondern daß es bestimmte Lagen gibt, die von Störungen freibleiben. Die Hauptrichtungen der Verschiebungsf lächen streichen  $\pm$  O—W, ONO—WSW, NO—SW, NNO—SSW und NW—SO, wobei diese Flächen  $\pm$  saiger stehen oder  $\pm$  steil gegen SSO bis OSO einfallen.

#### Verzeichnis der Diagramme

Die Auszählung der Diagramme erfolgte mit einem Auszählkreis von 1% der Gesamtfläche. Die stärkst besetzten Gebiete sind schwarz, das unbesetzte Gebiet ist weiß.

1.	604	Verschiebungsf lächen	4—3—2—1—0,5—0%.
2.	321	"	6—5—4—3—2—1—0,5—0%.
3.	400	"	4—3—2—1—0,5—0%.
4.	180	"	(7—6)—5—4—3—2—1—0,5—0%.
5.	220	"	5—4—3—2—1—0,5—0%.
6.	325	"	6—5—4—3—2—1—0,5—0%.
7.	437	"	4—3—2—1—0,5—0%.
8.	215	"	4—3—2—1—0,5—0%.

#### Literatur

- LEUTENEGER, W. O.: Geologische Untersuchungen im mittleren nordöstlichen Rätikon. Zürich, 1928.
- REITHOFER, O.: Geologische Beschreibung des Druckstollens Vallüla-Vermunt (Zaverna-Stollen). Jahrb. Geol. B.-A. 94, Wien, 1951.
- REITHOFER, O.: Über Flächen- und Achsengefüge in den Triebwasserstollen des Rodundwerkes (Montafon). Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., Dritte Folge, 4, Wien, 1954.
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. I, Wien, 1948.