

Sonderabdruck aus dem Bericht über die XXXX. Versammlung
des Oberrheinischen geologischen Vereins zu Lindau 1907.

Die Entstehung der Sericitschiefer in der Val Camonica (Lombardei)

Von Wilhelm Salomon in Heidelberg.

Die Entstehung der Sericitschiefer in der Val Camonica (Lombardei).

Von Wilhelm Salomon in Heidelberg.

Wie in meiner bald vollendeten Monographie der Adamellogruppe eingehend geschildert ist, unterscheidet sich der nördlichste Permzug in der Val Camonica, und den angrenzenden Bergamasker-Alpen von den südlicheren Vorkommnissen durch das Auftreten mächtig entwickelter Sericitschiefer und Sericitquarzite. Da diese Bildungen unter den normalen Sandsteinen, Grauwacken, Konglomeraten und Thonschiefern des Perm liegen, so hatte ich früher mit der Möglichkeit gerechnet, daß sie zu vorpermischen palaeozoischen Bildungen gehören könnten¹⁾. Andererseits war es mir schon längst auffällig, daß, während in den meisten Permarenalen der weiteren Umgebung des Adamellogebietes mächtige Quarzporphyrlaven die Basis zu bilden pflegen, in dem nördlichen camunischen Permzuge größere Porphyrmassen ganz fehlen. Bei Paspardo, in der mittleren Permzone, fehlen allerdings die Porphyre auch.

Die Sericitquarzite finden eine technische Verwertung als Dachschiefer und werden daher noch jetzt stellenweise in kleinen Steinbrüchen abgebaut. In der Litteratur sind sie mitunter als talcoscisti²⁾, als ardesie³⁾ und als Casannaschiefer⁴⁾ aufgeführt, meist aber wohl nicht scharf von den krystallinen Schiefen getrennt worden.⁵⁾

Während man bei flüchtiger Betrachtung der Gesteine den Eindruck von klastischen Bildungen erhält, zeigt eine genauere Untersuchung von Dünnschliffen, daß sie nichts anderes als stark deformierte und umgewandelte Quarzporphyre sind. Ich will nun zwar an dieser Stelle keine eingehende Beschreibung des mikroskopischen Befundes geben, sondern behalte mir das für eine spätere Gelegenheit vor. Doch führe ich schon jetzt an, daß die Quarzeinsprenglinge in den weniger stark deformierten Varietäten sich noch deutlich als Porphyrquarze zu erkennen geben. Sie zeigen zum Teil die typische „Dihexaeder“-Form und die charakteristischen Einbuchtungen und Apophysen der Grundmasse.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung erbrachte eine chemische, von meinem verehrten Kollegen, Prof. Dr. Max Dittrich in Heidelberg auf meine Veranlassung ausgeführte Analyse

¹⁾ Sitz. Ber. Berliner Akad. der Wiss. 1896. 40. S. 1039.

²⁾ Cozzaglio, Giorn. di Mineralogia. Pavia 1894. 5. S. 8—9 des Sonderabdruckes. Ragazzoni. Catalogo della Raccolta che accompagna il profilo geognostico delle Alpi. Brescia 1893. S. 17. No. 186. „Scisto talcoso“.

³⁾ Curioni, Geologia applicata delle Provincie lombarde 1877, II, 257.

⁴⁾ Taramelli. Carta geologica della Lombardia. Milano 1890.

⁵⁾ Z. B. bei F. v. Hauer: Geolog. Übersichtskarte der Schichtgebirge d. Lombardei. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1858.

eines Sericitquarzites vom Ponte di Lorengo.¹⁾ Die Zahlen unter I entsprechen ihr, während II eine Riva'sche Analyse des Quarzporphyres vom Caffaro bei Bagolino²⁾, III eine Guembel'sche Analyse³⁾ des Quarzporphyres der Val Trompia ist. II und III sind die räumlich nächsten, bereits analysierten Vorkommnisse der Südalpen.

	I	II	III
Si O ₂	74,76	71,10	71,50
Al ₂ O ₃	13,88	15,92	10,79
Fe ₂ O ₃	als Fe ₂ O ₃ {	3,17	3,52
Fe O		0,34	2,88
Ti O ₂		Nicht best.	0,25
Mn O	Nicht best.	Nicht best.	0,30
Ca O	Spur	0,88	0,15
Mg O	0,93	Spur	0,31
K ₂ O	4,23	6,11	6,87
Na ₂ O	0,25	3,17	2,76
P ₂ O ₅	Nicht best.	Nicht best.	Spur
C O ₂	Glühverlust ⁴⁾ {	0,45	0,13
H ₂ O		0,11	1,00
Summe	100,29	101,25	100,46

Berechnet man in II und III zum besseren Vergleiche Fe O ebenfalls als Fe₂ O₃, zieht Ti O₂ damit zusammen, schaltet in allen dreien CO₂ und H₂ O aus und rechnet auf 100 % um, so bekommt man die im Folgenden unter Ia, IIa und IIIa aufgeführten Zahlen.

	Ia (Lorengo)	IIa (Caffaro)	IIIa (Trompia)
Si O ₂	76,84	70,59	71,75
Al ₂ O ₃	14,27	15,80	10,83
Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	3,34	3,52	6,99
Mn O	—	—	0,30
Ca O	—	0,87	0,15
Mg O	0,96	—	0,31
K ₂ O	4,35	6,07	6,89
Na ₂ O	0,26	3,15	2,77
Summe	100,02	100,00	99,99

¹⁾ Ogliobrücke südlich Malonno in der Val Camonica.

²⁾ Memorie R. Ist. Lombardo. 17. 1896. S. 165.

³⁾ Geogn. Mitteilungen. VI. 1880. Sitz. Ber. Münch. Akademie. S. 189.

⁴⁾ An der lufttrockenen Substanz bestimmt.

Der höhere Magnesiagehalt von I ist sicher zum größten Teil in dem später zu erwähnenden, mikroskopisch nachgewiesenen hellen Carbonat enthalten, das nach dem Analysenbefund nur Magnesit sein kann. Er findet sich auch bei Quarzporphyren des Luganer Sees und mag bei diesen ganz, bei dem camunischen Gestein zum Teil auf einem grösseren primären Biotitgehalt beruhen. Für das letztere ist es indessen wahrscheinlich, dass wenigstens ein Teil der Magnesia später durch Wasser eingeführt worden ist.¹⁾

Auch in der Si O₂-Menge stehen bestimmte Luganer Porphyre dem metamorphen Porphyr vom Ponte di Lorengo gleich. So hat z. B. der „rote Porphyr“ aus einer Kuppe westlich von Gravesano und Manno 76,40 Si O₂; 0,25 Ca O; 0,75 Mg O.²⁾ Dagegen unterscheiden sich die Porphyre von Val Trompia, vom Caffaro und Luganer-See, sowie wohl überhaupt fast alle, wenn nicht alle normalen Quarzporphyre von dem Lorengogestein durch höheren Natrongehalt. Der niedrige Natrongehalt ist in diesem um so auffälliger, als ja auch der Kaliegehalt recht gering ist.

Indessen reicht die einfache Vergleichung der Analysen noch nicht aus, um ein wirkliches Bild von der chemischen Stellung unseres Gesteins zu gewinnen. Wir müssen zu diesem Zweck vielmehr in bekannter Weise die Molekular-Proportionen berechnen und erhalten, wenn wir wie Osann das gesamte Eisen als Eisenoxydul aufführen³⁾ und den Glühverlust ausscheiden, die unter I, bei Berechnung auf 100 %, die unter II aufgeführten Zahlen:

	I	II
Si O ₂	1,2377	83,34
Al ₂ O ₃	0,1350	9,09
Fe O	0,0406	2,74
Mg O	0,0230	1,55
K ₂ O	0,0449	3,02
Na ₂ O	0,0040	0,27
Summe	1,4852	100,01

Versucht man aus den Zahlen unter II die Osann'sche⁴⁾ Berechnung der Grössen s, A, C, F, n durchzuführen, so ergibt sich für unser Gestein eine so abnorm hohe „Übersättigung mit Thonerde“, wie sie in 40 von Osann berechneten Analysen der Liparitfamilie nicht vorkommt.⁵⁾ Der Überschuss der Thonerde über Alkalien und Kalk beträgt nämlich 9,09 — 3,29 = 5,80, bezw. 0,1350 — 0,0489 = 0,0861. Bei der auf S. 2 citierten Riva'schen Analyse des Porphyrs der Val Caffaro, der im Eisen-

¹⁾ Da das Perm ursprünglich von Trias bedeckt war, können Magnesia-haltige Wasser leicht aus dieser in die Tiefe gesickert sein.

²⁾ Analyse von A. Schwager in Guembel, Comer und Luganer-See, Sitz. Ber. d. Münch. Akad. d. Wiss. 1880. S. 589. Das Gestein ist „von Pechstein-ähnlicher Textur“.

³⁾ Hierbei ergibt sich ein kleiner Fehler, weil die nach Prof. Dittrich's Angabe zwar kleine, aber doch merkbare Ti O₂-Menge nicht der Si O₂ zugerechnet werden kann, sondern als Fe O gilt.

⁴⁾ Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptiv-Gesteine. 1900. Tschermak's Mitteilungen. 19. S. 351 u. f.

⁵⁾ Ebenda 1901. 20. S. 400 u. f.

und Thonerdegehalt dem Lorengo-Gestein sehr nahe kommt, erhält man analog $0,1558 \text{ Al}_2 \text{ O}_3$; $0,0157 \text{ Ca O}$; $0,0648 \text{ K}_2 \text{ O}$; $0,0510 \text{ Na}_2 \text{ O}$, also als Differenz nur **0,0243**. Der Thonerdeüberschuß über $\text{Ca O} + \text{Alkalien}$ ist in dem Lorengogestein so groß, daß man nicht mehr mit Osann¹⁾ „eine dem $\text{Al}_2 \text{ O}_3$ -Überschuß entsprechende Menge (Mg, Fe) O als Atomgruppe (Mg, Fe) $\text{Al}_2 \text{ O}_4$ dem Wert C zuaddieren“ kann. Denn die gesamte Magnesia- und Eisenmenge reicht dazu nicht mehr aus. Wollte man also das Lorengo-Gestein graphisch darstellen, so würde man am Besten zu der vor Kurzem von Sommerfeldt²⁾ vorgeschlagenen Projektionsmethode greifen.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergibt sich, daß unser Gestein keine normale Porphyry-Zusammensetzung besitzt; und es muß erörtert werden, ob die Abweichung durch die vollzogene Metamorphose zu erklären ist, oder etwa darauf hinweist, daß das Gestein ursprünglich kein Porphyry war.

Wenn die erstere Annahme zutrifft, so muß ein sehr großer Teil des ursprünglich vorhandenen Orthoklases unter Aufnahme von Wasser, Ausscheidung von Quarz und Verlust von Kali Sericit gebildet haben. Wir müßten also, da außer dem Sericit von wasserhaltigen Mineralien nur noch unbedeutende Mengen von Chlorit und Limonit in dem Gestein vorhanden sind, aus der Wassermenge auf den Sericitgehalt schließen können. Nun ist aber das Wasser nicht getrennt, sondern mit CO_2 zusammen als Glühverlust an der lufttrockenen Substanz bestimmt. Die CO_2 ist, wie schon angeführt, zum größeren Teil in einem hellen Carbonat, Magnesit, zum kleineren in Eisencarbonat enthalten. Vernachlässigen wir dies letztere, umgekehrt aber auch die kleine in Chlorit enthaltene Magnesiamege, so würden den $0,93\%$ Mg O $1,01\%$ CO_2 entsprechen. Es bleiben also dann $1,98 \text{ H}_2 \text{ O}$ zur Verfügung. Würden diese ganz im Sericit enthalten sein, und berechnen wir für sie gleichfalls die Molekularzahlen (0,11), so müßten wir auf $0,11 \text{ H}_2 \text{ O}$ $0,055 \text{ K}_2 \text{ O}$, $0,165 \text{ Al}_2 \text{ O}_3$ und $0,330 \text{ Si O}_2$ rechnen (Formel für Muscovit: $2 \text{ H}_2 \text{ O} \cdot \text{K}_2 \text{ O} \cdot 3 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 \cdot 6 \text{ Si O}_2$). Soviel Thonerde und Kali ist aber in dem Gestein gar nicht vorhanden. Es muß also entweder die berechnete CO_2 -Menge zu klein sein; oder es muß sich ein nicht unerheblicher Teil des Wassers außerhalb des Sericites im Gestein befinden. Dieser letztere Teil könnte entweder adsorbiert oder aber chemisch gebunden sein; und zwar im Limonit und im Chlorit, möglicherweise auch noch in kleinen Kaolinmengen, die aber mikroskopisch nicht nachweisbar waren.

Berechnet man bei der Unsicherheit der Deutung des Glühverlustes die Sericitemenge lieber aus dem Gehalt an Alkalien, indem man annimmt, daß diese lediglich im Sericit enthalten seien, so bekommt man (in Molekularproportionen): $\text{K}_2 \text{ O} + \text{Na}_2 \text{ O} = 0,0489$; $3 \text{ Al}_2 \text{ O}_3 = 0,1467$; $6 \text{ Si O}_2 = 0,2934$; $2 \text{ H}_2 \text{ O} = 0,0978$. Auch in diesem Falle bleibt also ein Überschuß von $\text{H}_2 \text{ O}$, während die im Gestein vorhandene Menge von $\text{Al}_2 \text{ O}_3$ zur Bildung von soviel Sericit nicht ausreicht.

Der Schwierigkeit in der Deutung entgehen wir, wenn wir annehmen, daß neben dem Sericit noch etwas Orthoklas in dem Gestein vorhanden ist, und daß der Glühverlust in der vorstehenden Berechnung, wie schon angegeben, nicht ganz richtig gedeutet ist. Da nämlich im Orthoklas auf $1 \text{ K}_2 \text{ O}$ nur $1 \text{ Al}_2 \text{ O}_3$ entfällt, so haben wir die Möglichkeit, die Tonerde so auf

¹⁾ L. c. 1900. S. 365.

²⁾ Centralblatt d. Neuen Jahrb. für Miner. 1907. S. 134.

die beiden Mineralien zu verteilen, daß sie zur Bindung der gesamten Kalimenge ausreicht. Man bekommt dann (in Molekularproportionen) im Sericit $0,04305 \text{ K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ und $0,12915 \text{ Al}_2\text{O}_3$, im Orthoklas je $0,00585 \text{ K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ und Al_2O_3 . Es ist also in der Tat noch eine, wenn auch sehr unbedeutende Orthoklasmenge im Gestein neben dem Sericit enthalten.

Diese Ausführungen zeigen, daß, wie übrigens Osann¹⁾ selbst bereits angab, seine Berechnung bei allen liparitischen Gesteinen, in denen größere Mengen von Orthoklas in Sericit übergeführt sind, eine mehr oder minder starke „Übersättigung mit Thonerde“ erkennen lassen muß. Denn es wird bei der Berechnung erstens der das Alkali hier zum Teil ersetzende Wasserstoff vernachlässigt; zweitens aber sind dem Gestein Alkalienmengen²⁾, die unter Umständen eine beträchtliche Höhe erreichen können, vielleicht auch etwas Kalk, verloren gegangen. Eine wesentliche Änderung der „topischen Zahl“ im Sinne von Rosenbusch-Sommerfeldt³⁾ braucht damit nicht verbunden zu sein. Sie beträgt in unserem Gestein 148,5, liegt also noch vollständig innerhalb der normalen Grenzen. Es scheint mir also schon aus dem bisher Gesagten hervorzugehen, daß die starke „Übersättigung mit Thonerde“ in dem metamorphen Porphyry des Ponte di Lorengo zur Genüge durch die Umwandlung des Orthoklases in Sericit erklärt wird und nicht auf einer primär abweichenden Zusammensetzung zu beruhen braucht. Wir müssen aber dann erwarten, daß ähnlich umgewandelte Gesteine dieselbe Erscheinung aufweisen. Nun hat C. Schmidt in seiner Arbeit über den Porphyry der Windgällen⁴⁾ eine von Serda ausgeführte Analyse des in durchaus analoger Weise umgewandelten Gesteines vom Schwarzthal mitgeteilt. Dieser „schiefrige Porphyry“ enthielt die unter I aufgeführten prozentischen Mengen, aus denen ich die hier gebrauchten, unter II daneben gestellten Molekularproportionen berechnet habe.

Es ergibt sich also hier als Summe von Ca O , K_2O und Na_2O die Zahl 0,0730 und als Differenz zwischen dieser und der Thonerde $0,1404 - 0,0730 = 0,0674$ gegen **0,0861** bei dem Gestein von Lorengo.

	I.	II.
Si O ₂	76,93	
Al ₂ O ₃	14,35	0,1404̄
Fe ₂ O ₃	0,85	
Fe O	0,23	
Ca O	1,29	0,0230̄
Mg O	0,12	
K ₂ O	0,60	0,0064̄
Na ₂ O	2,71	0,0436
H ₂ O	1,01	
C O ₂	1,71	
Summe:	99,80	

1) Osann I. 1900. S. 366.

2) Vor allem wohl meist Natron.

3) Vergl. Sommerfeldt, Centralblatt des Neuen Jahrb. für Miner. 1907. S. 4.

4) Beilage-Band IV. Neues Jahrb. f. Miner. 1886. S. 338—442.

Die vorauszusetzende Übereinstimmung ist also tatsächlich vorhanden, wenn auch in dem Windgallengestein das Natron das Kali überwiegt, und damit ist der chemische Beweis für die Abstammung des camunischen Sericitquarzites von einem Quarzporphyr wohl einwandfrei erbracht.

Nicht alle sericitischen Schiefer des nördlichen camunischen Permyzes zeigen dieselben petrographischen Merkmale. Während das zur Analyse von mir ausgewählte Gestein bei der Betrachtung mit der Lupe trotz starker Pressung noch deutliche Anklänge an Porphystrukturen erkennen läßt, sind andere wenig weiter südlich aufgeschlossene Varietäten vollständig zu papierdünnen Lagen ausgewalzt, die Einsprenglinge ganz verschwunden. Ohne die vermittelnden Übergänge würde es sehr schwierig sein, für sie die Entstehung aus Porphyr nachzuweisen.

Die mikroskopische Untersuchung der schwächer umgewandelten Varietäten (Sericitquarzite) ergibt, daß hinter den größeren Quarzeinsprenglingen die oft in der Literatur beschriebenen toten Höfe prachtvoll entwickelt sind. Sie sowohl, als auch Risse der Einsprenglinge sind meist mit einem neugebildeten, lichten Carbonat erfüllt, das, wie schon angegeben, als der hauptsächlichste Träger der bei der Analyse gefundenen Magnesia anzusehen ist. Chlorit ist wenigstens nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Die Porphyrgrundmasse ist vielfach anscheinend noch wohl erhalten. Aber mitten durch sie hindurch schlingen sich spitzwinklig verwobene, zerfaserte Geflechte von Sericithäuten, auf deren mehr oder weniger vollkommener Entwicklung die Schieferung der Gesteine beruht. Der Sericit hat sich zweifellos auf Kosten des in der Grundmasse enthaltenen Feldspates, entwickelt. Er kleidet offenbar mit Vorliebe die Gleitflächen des in sehr kleine mechanische Einheiten von linsen- bis blattartiger Form zerdrückten Gesteines aus. Einsprenglinge von Feldspat scheinen, soweit meine Beobachtungen reichen, höchstens in sehr geringer Zahl vorhanden gewesen zu sein. Wohl aber sind vereinzelt noch größere Biotit-Krystalle, wenn auch stets völlig zersetzt, erkennbar. Makroskopisch sehr auffällige Limonitflecken rühren hauptsächlich oder ganz von einem in großen Krystallen, bez. in großen Aggregaten kleinerer Kryställchen auftretenden eisenreichen Carbonat, wohl Eisenspat selbst, her.

In den makroskopisch als „Sericitschiefer“ erscheinenden Varietäten sind nicht bloß die Einsprenglinge zerdrückt und unkenntlich geworden, sondern es ist auch die alte Porphyr-Grundmasse fast völlig verschwunden, indem sich die in den „Sericitquarziten“ noch getrennt verlaufenden Sericit-„Flatschen“ mehr und mehr nähern. Selbstverständlich ist in diesen Quarz mitenthalten. Nur ist er außerordentlich feinkörnig und entzieht sich der Beobachtung in hohem Maße.

Die aufgeführten Einzelheiten über die Mineralien und Strukturen unserer Gesteine werden für den Zweck dieses Aufsatzes genügen. Eine genauere Beschreibung wird später zusammen mit der der normalen permischen Gesteine veröffentlicht werden, da ich jetzt endlich dazu komme, die wohlkrystallisierten Mineralien und die Gesteine der Adamellogruppe in zwei nebeneinander herlaufenden Reihen von Einzelaufsätzen zu schildern.

Ich habe mir natürlich auch die Frage vorgelegt, ob es nicht richtiger wäre, die hier beschriebenen, weniger stark umgewandelten Gesteine als Porphyroide bez. Sericitporphyroide zu bezeichnen, da ja unter diesem Namen unzweifelhaft genau entsprechende Gesteine in der Lite-

ratur beschrieben sind. Die Bezeichnung „Porphyroid“ würde den Vorzug haben die Entstehung unserer Gesteine zu kennzeichnen. Andererseits schien es mir aber doch noch richtiger, wenigstens zunächst Namen zu wählen, die von meiner Annahme über den Ursprung der Gesteine unabhängig sind, und so habe ich die Namen Sericitquarzit und Sericitschiefer beibehalten. Der erstere scheint mir bei der sehr weitgehenden Umwandlung des Feldspats in Sericit und Quarz gerechtfertigt zu sein, da ich mit dem Wort „Quarzit“ nicht den Begriff sedimentärer Herkunft verbinde. Aus der sehr reichen Literatur über analoge Umwandlungen von Porphy in Sericitschiefer habe ich bereits die sich gleichfalls auf ein alpines Vorkommen beziehende schöne Arbeit von C. Schmidt: „Der Porphy der Windgällen“ citiert. Im Übrigen verweise ich nur auf die bekannten zusammenfassenden Darstellungen bei Zirkel und Rosenbusch.

Wenden wir uns nun noch dem geologischen Auftreten der camunischen Sericitschiefer-Formation zu, so kann ich mich an dieser Stelle kurz fassen, da es in meiner Adamello-Monographie eingehend beschrieben ist. Ich hebe hier nur die für das Verständnis der die Umwandlung bedingenden Vorgänge wichtigsten Tatsachen hervor.

In der Gegend von Cedegolo ist der Kern einer großartigen, annähernd östlich streichenden Antiklinale erschlossen. Er besteht aus krystallinen Schiefen, auf die sich nach beiden Seiten hin permische und triadische Ablagerungen auflegen. Der Südflügel mit dem Perm und der Trias von Paspardo-Cimbergo fällt flach ein. Der Nordflügel aber, dem unsere Sericitschiefer angehören, steht sehr steil und wird im Norden von der 1896 von mir beschriebenen Gallinera-Verwerfung abgeschnitten.¹⁾ Er ist offenbar fest gegen sie gepreßt und außerdem vielleicht noch in der Nähe des Ogliales auch horizontal stark gezerrt. Wie das aber auch sein mag, jedenfalls ist das Permgebiet von Garda-Rino-Malonno das einzige in der Adamellogruppe und ihrer näheren Umgebung, in dem die Schichten steil aufgerichtet und durch den Gebirgsdruck stark gepreßt wurden. In der Val Trompia, in Iudikarien und in der südlichen Val Camonica herrscht flache, relativ ungestörte Lagerung und so erklärt es sich, warum nur der Permzug von Garda-Rino-Malonno so weitgehende Gesteinsumwandlungen erfahren hat. Übrigens beschränken sich diese Deformierungen, wie leicht verständlich, nicht auf den Porphy, sondern haben auch andere Gesteine des Perm, nämlich Sandsteine, Grauwacken und Konglomerate ergriffen. Es ergibt das einen sehr überzeugenden Beweis dafür, daß die Deformierungen an dieser Stelle nicht zu der an anderen Orten in ähnlichen Gesteinen beobachteten und so wichtigen Gruppe der protoklastischen Erscheinungen gehören²⁾, sondern durch die tertiären Gebirgsbewegungen erzeugt wurden.

Zum Schluß sei noch kurz erwähnt, daß die gepreßten Gesteine in der Nähe des Tonalites kontaktmetamorph verändert sind und daß sich dort zeigen läßt, daß die Kontaktmetamorphose jünger als die Deformation ist, ein neuer Beweis für das tertiäre Alter der Tonalitintrusion.

¹⁾ Sitz. Ber. Berliner Akad. d. Wiss. 1896. S. 1047.

²⁾ Man vergl. G. Klemm. Über die Entstehung der Parallelstruktur im Quarzporphy von Thal in Thüringen. Notizblatt d. Vereines für Erdkunde. Darmstadt 1899. Heft 20