

## Ueber die Formel der Turmaline.

Von

A. Kenngott.

Veranlassung zur nachfolgenden Arbeit waren die drei Analysen R. SCHARIZER's des Turmalin von Schüttenhofen in Böhmen (Zeitschr. f. Krystallographie XV. 1889. S. 337 ff.), über welche auch in diesem Jahrb. 1890. II. S. 195 Ref. bereits berichtet wurde. Sie schliessen sich den von R. B. RIGGS (Amer. Journ. of science 1888. p. 35) ausgeführten 20 Analysen von Turmalinen verschiedener Fundorte in Amerika an, die in diesem Jahrb. 1890. II. S. 190 Ref. mitgetheilt wurden, insofern bei ihnen, wie bei denen von RIGGS die Bestandtheile  $R_2O$  genauer bestimmt wurden und zeigten, dass gegenüber früheren Analysen gerade diese Bestandtheile quantitativ grössere Beträge lieferten.

Durch die Berechnung der 23 Analysen gelangte ich nun zu dem Resultate, dass, wie im Folgenden gezeigt werden wird, die Turmaline eine Reihe von Silicaten bilden, in denen, wenn man die Substanzen  $Al_2O_3$ ,  $B_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  und  $Mn_2O_3$  unter  $R_2O_3$ , die Substanzen  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $FeO$  und  $MnO$  unter  $RO$  und die Substanzen  $H_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  und  $Li_2O$  unter  $R_2O$  zusammenfasst, zwei Silicate A und B als wechselnde isomorphe in verschiedenen Mengenverhältnissen enthalten sind. Für das Silicat A wurde die Formel  $3R_2O \cdot SiO_2 + 5(R_2O_3 \cdot SiO_2)$  und für das Silicat B die Formel  $2(3RO \cdot SiO_2) + R_2O_3 \cdot SiO_2$  berechnet.

Selbstverständlich dehnte ich auch meine Berechnung auf die Analysen von P. JANNASCH und G. CALB aus (deutsche

chem. Ges. XXII. 1889. S. 219), G. CALB (Inauguraldiss. Göttingen 1890), die in diesem Jahrb. 1890. II. S. 194 u. 199 mitgetheilt wurden, und auf die von C. RAMMELSBURG (Berliner Akad. 1869, 19. Juli), denen noch die Analyse ENGELMANN'S des grünen Turmalin von Campolongo in Tessin und die Analyse COSSA'S des schwarzgrünen Chromturmalin von Syssersk am Ural (Ergänzungsheft des Handbuches der Mineralchemie von C. RAMMELSBURG S. 239) beigefügt wurden, so dass im Ganzen 45 Analysen zur Berechnung verwendet wurden.

Diese Analysen, deren Berechnung weiter unten angeführt wird, sind mit den Zahlen 1 u. s. f. bezeichnet und nach dem zunehmenden Gehalte an  $B_2O_3$  geordnet, gegenüber  $Al_2O_3$  mit stellvertretendem Gehalte an  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$  und  $Cr_2O_3$ .

1. Rother Turmalin von Schüttenhofen nach SCHARIZER.
2. Blauschwarzer von Schüttenhofen nach SCHARIZER.
3. Blaugrüner von Schüttenhofen nach SCHARIZER.
4. Grüner aus Brasilien nach JANNASCH und CALB.
5. Rother von Rumford in Maine nach RIGGS.
6. Blassrother von Calhas in Minas Geraës nach RIGGS.
7. Schwarzer von Buchworth in Australien nach JANNASCH und CALB.
8. Grüner von Campolongo in Tessin nach ENGELMANN.
9. „ „ Syssersk nach COSSA.
10. Blassgrüner von Calhas in Minas Geraës nach RIGGS.
11. Schwarzer von Paris in Maine nach RIGGS.
12. Olivengrüner von Calhas in Minas Geraës nach RIGGS.
13. Farbloser von Auburn in Maine nach RIGGS.
14. Schwarzer von Mursinsk nach JANNASCH und CALB.
15. Brauner von Gouverneur in N. Y. nach RAMMELSBURG.
45. Schwarzer von Ramfossen in Norwegen nach CALB.
16. Schwarzgrüner von Rumford in Maine nach RIGGS.
17. „ „ Auburn in Maine nach RIGGS.
18. Schwarzer von S. Pietro auf Elba nach RAMMELSBURG.
19. Grüner von Barrado in Brasilien nach JANNASCH und CALB.
20. Hellgrüner von Auburn in Maine nach RIGGS.
21. Schwarzer von Auburn nach RIGGS.
22. „ „ Piedra blanca nach JANNASCH und CALB.
23. „ „ aus dem Zillerthal nach RAMMELSBURG.

24. Schwarzer von Calhas in Minas Geraës nach RIGGS.
25. " " Eibenstock nach RAMMELSBURG.
26. " " Ohlapian nach JANNASCH und CALB.
27. Brauner von Orford, N. Hampshire, nach RAMMELSBURG.
28. Schwarzer von Alabaschka nach JANNASCH und CALB.
29. Braunschwarzer von Elba nach RAMMELSBURG.
31. Schwarzer von Dekalb, N. Y., nach RAMMELSBURG.
32. " " Monroe, Conn., nach RIGGS.
33. " " Nantic Golf nach RIGGS.
34. " " Tamatawe nach JANNASCH und CALB.
35. " " Haddam, Conn., nach RIGGS.
36. Schwarzbrauner von Orford, N. H., nach RIGGS.
37. Schwarzer von Snarum nach JANNASCH und CALB.
38. " " Krumbach, Steyermark, nach RAMMELSBURG.
39. Blauschwarzer von Goshen, Mass., nach RAMMELSBURG.
40. Brauner von Windischkappel nach RAMMELSBURG.
41. Schwarzer von Stony Point, N. C., nach RIGGS.
42. Farbloser von Dekalb, N. Y., nach RIGGS.
43. Brauner von Hamburg, N. J., nach RIGGS.
44. " " Gouverneur, N. Y., nach RIGGS.
45. Schwarzer von Pierrepont, N. Y., nach RIGGS.

Diese Anordnung nach dem zunehmenden Gehalte an  $B_2O_3$  gegenüber  $Al_2O_3$  mit Einschluss von  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$  und  $Cr_2O_3$  wurde deshalb veranlasst, weil ich von vornherein durch die Berechnung mich überzeugen wollte, ob der abnehmende Gehalt an  $B_2O_3$  in irgend einem bestimmbaren Verhältnisse zu den anderen Bestandtheilen stehe, doch konnte ich kein solches finden, weshalb ich bei der weiteren Berechnung unter  $R_2O_3$  die Substanzen  $Al_2O_3$ ,  $B_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$  und  $Cr_2O_3$  zusammenstellte, wie es im Allgemeinen aufgefasst wird. Nur will ich hervorheben, dass, abgesehen von den Bestimmungen des Gehaltes an  $B_2O_3$ , die wahrscheinlich nicht immer genaue sind, im rothen Turmalin von Schüttenhofen sich  $B_2O_3$  zu den anderen  $R_2O_3$  verhält wie 1 : 3,4348, der andere extreme Werth 1 : 1,7352 im schwarzen Turmalin 44 von Pierrepont in St. Lawrence Co. in N. Y. sich gezeigt hat.

Wenn nun neben  $R_2O_3$  die Substanzen  $RO$  gegenüber  $R_2O$  und  $SiO_2$  (mit Einschluss von hin und wieder gefundenem

TiO<sub>2</sub>) einen grossen Wechsel zeigen, so ging ich davon aus, dass die Mengen von R O genauer bestimmbar waren und so ordnete ich, wie die nachstehende Tabelle zeigt, die 45 Analysen so, dass R O als Einheit angenommen wurde und ordnete sie nach dem abnehmenden Gehalte an R<sub>2</sub>O. Es ergab so der rothe Turmalin 5 von Rumford die Aequivalente 16,2366 R<sub>2</sub>O 1 R O 27,4299 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 31,2518 Si O<sub>2</sub>, dem die anderen in der Reihe folgen, wobei die Zahlen der Analysen mit denen der ersten Reihe übereinstimmen, die Fundorte kurz beigefügt worden sind, sowie die Namen der Autoren auch kurz angedeutet wurden.

No.	R <sub>2</sub> O	R O	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si O <sub>2</sub>		
5.	16,2366	1	27,4299	31,2518	Ri.	Rumford
1.	12,7483	1	18,7572	22,9314	S.	Schüttenhofen
6.	10,9563	1	19,5982	21,7014	Ri.	Calhas
13.	6,8381	1	11,5812	13,7179	Ri.	Auburn
10.	4,9003	1	8,7537	10,1628	Ri.	Calhas
20.	4,4734	1	7,3649	8,8769	Ri.	Auburn
12.	3,6249	1	6,1931	7,3709	Ri.	Calhas
3.	3,3787	1	5,1680	6,1971	S.	Schüttenhofen
19.	3,2659	1	6,3320	7,3621	J.C.	Barrado
4.	3,0452	1	6,3408	7,4957	J.C.	Brasilien
16.	2,7594	1	5,1982	6,0870	Ri.	Rumford
17.	2,6951	1	4,3526	5,2327	Ri.	Auburn
8.	1,7076	1	4,9156	6,3057	E.	Campolongo
7.	1,1422	1	2,1630	2,8043	J.C.	Buchworth
2.	1,1393	1	1,9269	2,5331	S.	Schüttenhofen
11.	1,1099	1	2,1645	2,6679	Ri.	Paris
21.	1,0472	1	2,0768	2,5698	Ri.	Auburn
22.	1,0092	1	1,9796	2,4615	J.C.	Piedra blanca
28.	0,9907	1	2,0792	2,5784	J.C.	Alabaschka
24.	0,9329	1	1,8321	2,2976	Ri.	Calhas
38.	0,9188	1	2,4020	3,0254	R.A.	Goshen
33.	0,9054	1	1,8015	2,2683	Ri.	Nantic Golf
9.	0,8806	1	3,0341	3,6719	Co.	Syssersk
14.	0,8479	1	1,9437	2,4341	J.C.	Mursinsk
32.	0,8335	1	1,4465	2,0380	Ri.	Monroe
35.	0,8242	1	1,5478	2,0268	Ri.	Haddam
36.	0,7900	1	1,4327	1,9277	Ri.	Orford
18.	0,7516	1	2,1835	2,8833	R.A.	Pietro
26.	0,7226	1	1,5178	1,9738	J.C.	Ohlapian
23.	0,6701	1	1,4747	2,0747	R.A.	Zillerthal
37.	0,6669	1	1,3976	1,8926	J.C.	Snarum
40.	0,6597	1	1,2854	1,7023	Ri.	Stony Point

No.	$R_2O$	RO	$R_2O_3$	$SiO_2$		
31.	0,6466	1	1,6768	2,2967	RA.	Dekalb
45.	0,6425	1	1,3566	1,8881	CA.	Ramfossen
30.	0,5974	1	1,7486	2,2832	RA.	Krumbach
43.	0,5888	1	1,0358	1,5505	RI.	Gouverneur
34.	0,5545	1	1,3460	1,8939	J.C.	Tamatawe
27.	0,5539	1	1,4279	1,9574	RA.	Orford
25.	0,5353	1	1,1797	1,7131	RA.	Eibenstock
41.	0,5086	1	0,9940	1,4098	RI.	Dekalb
29.	0,5026	1	1,2875	1,9383	RA.	Elba
39.	0,4813	1	1,4759	1,9337	RA.	Windischkappel
44.	0,4714	1	0,8818	1,3334	RI.	Pierrepont
42.	0,4049	1	0,9165	1,2725	RI.	Hamburg
15.	0,3960	1	1,0141	1,5523	RA.	Gouverneur.

Ein Überblick über diese Zahlen drängt uns unmittelbar die Veranlassung auf, zunächst die Analysen von RIGGS für sich zusammen zu stellen, wenn es sich darum handelt, die Meinung zu verfolgen, dass die Turmaline aus zwei Silicaten bestehen, von denen das eine  $R_2O$  und  $R_2O_3$ , das andere RO und  $R_2O_3$  enthält, und dass das eine Silicat an Menge zu-, das andere an Menge abnimmt.

Man erkennt wohl diese Thatsache aus der Reihenfolge der 45 Analysen, aber nur im Allgemeinen, während die 20 Analysen von RIGGS für sich in eine Reihe nach den abnehmenden Zahlen von  $R_2O$  gestellt diese Thatsache schärfer hervortretend zeigen.

Hiernach ergeben die Analysen von RIGGS die nachfolgende Reihe:

No.	$R_2O$	RO	$R_2O_3$	$SiO_2$	
5.	16,2366	1	27,4299	31,2518	Rumford
6.	10,9563	1	19,5982	21,7014	Calhas
13.	6,8381	1	11,5812	13,7139	Auburn
10.	4,9003	1	8,7537	10,1628	Calhas
20.	4,4734	1	7,3649	8,8769	Auburn
12.	3,6249	1	6,1931	7,3709	Calhas
16.	2,7594	1	5,1982	6,0870	Rumford
17.	2,6951	1	4,3526	5,2327	Auburn
11.	1,1099	1	2,1645	2,6679	Paris
21.	1,0472	1	2,0768	2,5698	Auburn
24.	0,9329	1	1,8321	2,2976	Calhas
33.	0,9054	1	1,8015	2,2683	Nantic Golf
32.	0,8335	1	1,4465	2,0380	Monroe
35.	0,8242	1	1,5478	2,0268	Haddam

No.	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si O <sub>2</sub>	
36.	0,7900	1	1,4327	1,9277	Orford
40.	0,6597	1	1,2854	1,7023	Stony Point
43.	0,5888	1	1,0358	1,5505	Gouverneur
41.	0,5086	1	0,9940	1,4098	Dekalb
44.	0,4714	1	0,8818	1,3334	Pierrepont
42.	0,4049	1	0,9165	1,2725	Hamburg

Diese Reihe zeigt bis auf zwei unwichtige Ausnahmen, dass die beiden zu ermittelnden Silicate in regelrechtem Verhältniss zu der Abnahme an R<sub>2</sub>O stehen, was der Fall sein muss, wenn in allen diesen Turmalinen die zwei sie bildenden Silicate dieselben sind, ähnlich wie bei den Plagioklasen. Es ist damit nicht gesagt, dass die Reihe die zwei Endglieder nachweisen soll, wie der Albit und Anorthit als die Endglieder der Plagioklasreihe bekannt sind. Auf Endglieder weist die Reihe hin, und sie können aus ihr mit grosser Wahrscheinlichkeit erschlossen werden.

Bei [5.] ist aus den Zahlen

$$6,3535 \text{ Si O}_2, 5,5765 \text{ R}_2 \text{ O}_3, 0,2033 \text{ R O}, 3,3009 \text{ R}_2 \text{ O}$$

ersichtlich, dass dieser Turmalin unter allen der Hauptsache nach ein Silicat von R<sub>2</sub>O und R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ist, dem ein Silicat von RO und R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> beigemischt ist, da aber nur 0,2033 RO enthalten sind, so ist die mögliche Formel desselben schwierig zu ermitteln, weshalb man sich wesentlich an R<sub>2</sub>O und R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu halten hat, um eine Formel aufzustellen.

Bei der Annahme von 3R<sub>2</sub>O geben obige Zahlen umgerechnet

$$3 \text{ R}_2 \text{ O} \quad 5,9544 \text{ Si O}_2 \quad 5,2263 \text{ R}_2 \text{ O}_3 \quad 0,1812 \text{ R O}$$

und bei der Annahme von 6 Si O<sub>2</sub>

$$3,1172 \text{ R}_2 \text{ O} \quad 6 \text{ Si O}_2 \quad 5,2662 \text{ Al}_2 \text{ O}_2 \quad 0,1919 \text{ R O}$$

woraus man ohne Bedenken 3R<sub>2</sub>O 5R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6SiO<sub>2</sub> entnehmen kann, was zur Formel 3R<sub>2</sub>O . Si O<sub>2</sub> + 5(R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . Si O<sub>2</sub>) führt, welche man für das den Haupttheil bildende Silicat aufstellen kann.

Diese Formel ergibt den Sauerstoffquotienten 3 : 2 und wenn die Atome R und Si als M bezeichnet werden, das Atomverhältniss M : O = 22 : 30. Aus der Analyse folgt der Sauerstoffquotient 3,2496 : 2 und das Atomverhältniss 22,1716 : 30.

Bei dem nächsten der Reihe bei [6.] ergibt die Umrechnung der Zahlen

$$6,2066 \text{ SiO}_2 \quad 5,6051 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,2860 \text{ RO} \quad 3,1335 \text{ R}_2\text{O}$$

bei der Annahme von  $3 \text{ R}_2\text{O}$

$$3 \text{ R}_2\text{O} \quad 5,9422 \text{ SiO}_2 \quad 5,3634 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,2738 \text{ RO}$$

und bei der Annahme von  $6 \text{ SiO}_2$

$$3,0292 \text{ R}_2\text{O} \quad 6 \text{ SiO}_2 \quad 5,4185 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,2764 \text{ RO}$$

Auch hieraus ist noch die Annahme der Formel  $3 \text{ R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5 (\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  erklärlich; die Analyse gibt den Sauerstoffquotienten  $3,2602 : 2$  und das Verhältniss  $\text{M} : \text{O} = 22,0260 : 30$ . Immerhin aber blieb die geringe Menge von RO unberücksichtigt.

Zu gleichem Resultate kommen wir auch bei dem Turmalin [13.], aus dessen Analyse die Zahlen

$$6,3651 \text{ SiO}_2 \quad 5,3737 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,4640 \text{ RO} \quad 3,1729 \text{ R}_2\text{O}$$

hervorgehen. Dieselben geben auf  $3 \text{ R}_2\text{O}$  umgerechnet

$$3 \text{ R}_2\text{O} \quad 6,0179 \text{ SiO}_2 \quad 5,0809 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,4387 \text{ RO}$$

auf  $6 \text{ SiO}_2$  aber umgerechnet

$$2,9909 \text{ R}_2\text{O} \quad 6 \text{ SiO}_2 \quad 5,0655 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 0,4368 \text{ RO}$$

Aus der Analyse ergibt sich der Sauerstoffquotient  $3,1039 : 2$  und das Atomverhältniss  $\text{M} : \text{O} = 22,0901 : 30$ , also nahe wie es die Formel  $3 \text{ R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5 (\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  erfordert.

Wenn so aus den Analysen 5 (Rumford), 6 (Calhas) und 13 (Auburn) gefolgert werden konnte, dass dem Haupttheil dieser drei Turmaline die Formel  $3 \text{ R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5 (\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  zugeschrieben werden kann, so ist es bei der Zunahme von RO in dieser und den weiteren Analysen angezeigt, jetzt einen anderen Weg zur Ermittlung der Formel für das zweite Silicat einzuschlagen.

Wenn wir die aus der Analyse des Turmalin [20.] von Auburn erhaltenen Zahlen  $6,3168 \text{ SiO}_2 \quad 5,2409 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 3,1833 \text{ R}_2\text{O} \quad 0,7116 \text{ RO}$  auf  $3 \text{ RO}$  umrechnen und die Zahlen

$$26,6307 \text{ SiO}_2 \quad 22,0948 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 13,4203 \text{ R}_2\text{O}, \quad 3 \text{ RO}$$

erhalten, so können wir auch die aus [13.] erhaltenen Zahlen auf  $3 \text{ RO}$  umrechnen und erhalten

$$41,1536 \text{ SiO}_2 \quad 34,7437 \text{ R}_2\text{O}_3 \quad 20,5144 \text{ R}_2\text{O} \quad 3 \text{ RO}$$

Ziehen wir nun von diesen die aus der Analyse 20 soeben erhaltenen Zahlen ab

[13.] 41,1536 Si O<sub>2</sub> 34,7437 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 20,5144 R<sub>2</sub> O 3 R O

[20.] 26,6307 „ 22,0948 „ 13,4203 „ 3 „

so bleibt als Differenz beider

14,5229 Si O<sub>2</sub> 12,6489 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 7,0941 R<sub>2</sub> O

und wenn diese auf 6 Si O<sub>2</sub> umgerechnet die Zahlen

6 Si O<sub>2</sub> 5,2257 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 2,9309 R<sub>2</sub> O

ergeben, so liegt darin der Beweis, dass der Haupttheil dieser Turmaline die Formel  $3 R_2 O \cdot Si O_2 + 5 (R_2 O_3 \cdot Si O_2)$  hat.

Neben diesem Haupttheile enthalten sie ein Silicat von R O und R<sub>2</sub> O<sub>3</sub>, für welches ich, gestützt auf alle weiteren Berechnungen, die Formel  $2 (3 R O \cdot Si O_2) + R_2 O_3 \cdot Si O_2$  berechnete.

Auch dieses Silicat, welches als isomorpher Stellvertreter neben

$3 R_2 O \cdot Si O_2 + 5 (R_2 O_3 \cdot Si O_2)$

in den Turmalinen aufzufassen ist, hat den Sauerstoffquotienten 3 : 2 und das Atomverhältniss 22 : 30.

Wenn ich nun aus den Analysen 5, 6, 13, 10 und 20 den Schluss ziehen könnte, dass diese Turmaline als vorherrschenden wechselnden Antheil das Silicat  $3 R_2 O \cdot Si O_2 + 5 (R_2 O_3 \cdot Si O_2)$  darstellen und diesem das Silicat  $2 (3 R O \cdot Si O_2) + R_2 O_3 \cdot Si O_2$  als Stellvertreter jenes in wechselnder Menge beigemischt ist, so muss die weitere Berechnung zeigen, dass diese Auffassung gerechtfertigt ist.

Wenn wir deshalb bei dem Turmalin [12.] Calhas die aus der Analyse berechneten Molecule

6,1599 Si O<sub>2</sub> 5,1756 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 0,8357 R O 3,0293 R<sub>2</sub> O

auf 3 R O umrechnen, wodurch wir

22,1128 Si O<sub>2</sub> 18,5794 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 3 R O 10,8746 R<sub>2</sub> O

erhalten und von diesen Zahlen der Formel  $2 (3 R O \cdot Si O_2) + R_2 O_3 \cdot Si O_2$  entsprechend 1,5 Si O<sub>2</sub> 0,5 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 3 R O abziehen, so bleiben

20,6128 Si O<sub>2</sub> 18,0794 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 10,8746 R<sub>2</sub> O

übrig, welche auf 6 Si O<sub>2</sub> umgerechnet

6 Si O<sub>2</sub> 5,2626 R<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 3,1654 R<sub>2</sub> O

ergeben, woraus wir wieder auf  $6 Si O_2 \cdot 5 R_2 O_3 \cdot 3 R_2 O$  geführt werden, welche zur Formel  $3 R_2 O \cdot Si O_2 + 5 (R_2 O_3 \cdot Si O_2)$  führen, mithin der Turmalin [12.] auch die obige Auffassung rechtfertigt.

In ganz gleicher Weise habe ich die anderen Analysen berechnet, die aus der Berechnung erhaltenen Zahlen der Molecule  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$ , R und  $\text{R}_2\text{O}$  auf  $3\text{RO}$  umgerechnet, dann wie vorhin die der Formel  $2(3\text{RO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  entsprechenden Molecule  $1,5\text{SiO}_2$ ,  $0,5\text{R}_2\text{O}_3$  und  $3\text{RO}$  abgezogen und die übrig bleibenden auf  $6\text{SiO}_2$  umgerechnet.

Um nun das Resultat der gesammten Berechnung der Riggs'schen Analysen übersichtlich anzugeben, habe ich auch die bereits schon besprochenen Analysen 5, 6, 13, 10, 20 und 12 in gleicher Weise berechnet und die bezüglichen Zahlen den anderen vorangestellt.

Da nebenbei die Umrechnung auf  $3\text{RO}$  aus den Zahlen für  $\text{R}_2\text{O}$  erkennen lässt, wie viel Molecule des Silicates  $3\text{R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5(\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  gegenüber dem Silicate  $2(3\text{RO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  enthalten sind, so habe ich dies dem Fundortsnamen hinter der Analysennummer beigefügt, wobei das Silicat  $3\text{R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5(\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  mit A bezeichnet wurde, das andere mit B und zwar B als 1 Molecul. So wird die Reihe mit 5. Rumford ( $1\text{B} + 32\text{A}$ ) eröffnet und ist folgende:

5. Rumford	(B + 32 A)	6 SiO <sub>2</sub>	5,3193 R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0720 R <sub>2</sub> O
6. Calhas	(B + 21,8 A)	6 "	5,4909 "	3,1006 "
13. Auburn	(B + 12,7 A)	6 "	5,1814 "	3,1040 "
10. Calhas	(B + 9,8 A)	6 "	5,3320 "	3,0428 "
20. Auburn	(B + 8,9 A)	6 "	5,1558 "	3,2041 "
12. Calhas	(B + 7,2 A)	6 "	5,2625 "	3,1896 "
16. Rumford	(B + 5,5 A)	6 "	5,3927 "	2,9660 "
17. Auburn	(B + 5,4 A)	6 "	5,3066 "	3,4165 "
11. Paris	(B + 2,2 A)	6 "	5,5294 "	3,0721 "
21. Auburn	(B + 2,1 A)	6 "	5,5372 "	3,0355 "
24. Calhas	(B + 1,9 A)	6 "	5,5588 "	2,5575 "
33. Nantie	(B + 1,8 A)	6 "	5,5546 "	3,0719 "
32. Monroe	(B + 1,7 A)	6 "	4,9929 "	3,2517 "
35. Haddam	(B + 1,6 A)	6 "	5,4276 "	3,2339 "
36. Orford	(B + 1,5 A)	6 "	5,3205 "	3,3200 "
40. Stony Point	(B + 1,3 A)	6 "	5,5126 "	3,0148 "
43. Gouverneur	(B + 1,3 A)	6 "	4,9644 "	3,3634 "
41. Dekalb	(B + 1,2 A)	6 "	5,4562 "	3,3541 "
44. Pierrepont	(B + 0,9 A)	6 "	5,1481 "	3,3938 "
42. Hamburg	(B + 0,8 A)	6 "	5,8237 "	3,1444 "

Wenn aus dieser Zahlenreihe der Schluss gezogen wurde, dass das Silicat A  $6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{R}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{R}_2\text{O}$  enthält, so ist bei

dem Turmalin 42. (Hamburg) die Zahl 5 am meisten überschritten, doch zeigt eine kleine Änderung, dass derartige Abweichungen ihren Grund in dem Material zeigen. So wurde z. B. bei diesem Turmalin angegeben, dass die zimmtbraunen Krystalle desselben reich an Einschlüssen von schwarzen Schuppen von Titanoxyd sind. Lässt man deshalb die bei der Analyse gefundenen 0,65 Titandioxyd und 0,86 Eisenoxydul weg und berechnet dann in der angegebenen Weise die Molecule, so ergibt dieser Turmalin für das Silicat A  $6 \text{SiO}_2$  5,5715  $\text{R}_2\text{O}_3$  2,9920  $\text{R}_2\text{O}$ , also schon keine so grosse Abweichung.

Dass bei den meisten Analysen die Zahl 5 überschritten wird, ist besonders durch die gefundenen Mengen der Borsäure bedingt, deren genaue Bestimmung die meisten Schwierigkeiten bietet, desgleichen ist auch die Abweichung von der Zahl  $3 \text{R}_2\text{O}$  in den Alkalien und dem Wassergehalt zu suchen.

Die Hauptsache ist, dass trotz aller Schwierigkeiten in der Bestimmung der Menge der einzelnen Bestandtheile die 20 Analysen von RIGGS unzweifelhaft zu der Annahme führen, dass alle diese Turmaline wesentlich die beiden an Menge wechselnden Silicate  $3 \text{R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5 (\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  und  $2 (3 \text{RO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  enthalten, welche als isomorphe aufzufassen sind. Der Turmalin 5 (Rumford) ergibt 32 Molecule A auf 1 B und man kann daraus den Schluss ziehen, dass das eine Endglied der Turmaline ein Turmalin sei, welcher der Formel  $3 \text{R}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 5 (\text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2)$  entspricht. Die ganze Reihe zeigt eine stetige Abnahme dieses Gliedes, und ich würde daraus schliessen, dass noch ein Turmalin gefunden werden wird, welcher das andere Endglied  $2 (3 \text{RO} \cdot \text{SiO}_2) + \text{R}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  darstellt.

Da aber dieses für sich allein vorkommend nicht bekannt ist, so wurde nach verschiedenen Versuchen die Berechnung nach demselben Modus durchgeführt, dass von dem auf  $3 \text{RO}$  umgerechneten Resultate der einzelnen Analysen die dem  $3 \text{RO}$  entsprechenden Mengen  $1,5 \text{SiO}_2$  und  $0,5 \text{R}_2\text{O}_3$  mit  $3 \text{RO}$  abgezogen wurden, in der Voraussetzung, dass die Menge der Substanzen  $\text{RO}$  genauer bestimmbar war als die Menge der Substanzen  $\text{R}_2\text{O}$ , wie alle bisher analysirten Turmaline gezeigt haben. Der Rest konnte dann auf  $6 \text{SiO}_2$  umgerechnet

zeigen, wie nahe die erhaltenen Zahlen der Formel  $3R_2O \cdot SiO_2 + 5(R_2O_3 \cdot SiO_2)$  entsprechen und die 20 Analysen von RIGGS rechtfertigten die Annahme des eingeschlagenen Verfahrens.

Damit ist aber noch nicht behauptet, dass auch die anderen Analysen, wie die von SCHARIZER, JANNASCH, CALB, RAMMELSBURG u. a. zu demselben Resultate führen und es muss auch für sie dasselbe Verfahren eingeschlagen werden. Die Übersicht aber aller anderen Analysen, die, wie wir wissen, bezüglich der Substanzen  $R_2O$  sehr abweichen, weil die Bestimmung derselben nach und nach eine genauere wurde, früher die Anwesenheit von  $H_2O$  viel weniger berücksichtigt wurde, diese Übersicht lässt von vornherein erwarten, dass die auf  $R_2O$  bezüglichen Zahlen niedriger ausfallen müssen, unter Umständen auch höher.

Zunächst ergeben die Analysen von SCHARIZER 1. des rothen, 3. des bläulichgrünen und 2. des bläulichschwarzen Turmalin von Schüttenhofen nach der in gleicher Weise durchgeführten Berechnung:

1. (24,5 A + B)	6 SiO <sub>2</sub>	4,9726 R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,4069 R <sub>2</sub> O
3. ( 6,8 A + B)	6 „	5,2673 „	3,5583 „
2. ( 2,3 A + B)	6 „	5,1949 „	3,3625 „

und man ersieht aus der Umrechnung des Hauptbestandtheiles, dass auch bei ihnen dieser wie bei den RIGGS'schen Analysen auf die Zahlen  $6SiO_2$ ,  $5R_2O_3$  und  $3R_2O$  hinweist.

Nun folgen die Analysen von JANNASCH und CALB, welche in derselben Weise berechnet nachfolgende Reihe ergeben:

19. Barrado	(6,5 A + B)	6 SiO <sub>2</sub>	5,3908 R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,8557 R <sub>2</sub> O
4. Brasilien	(6,1 A + B)	6 „	5,2953 „	2,6118 „
7. Buchworth	(2,3 A + B)	6 „	5,1982 „	2,9742 „
22. Piedra blanca	(2 A + B)	6 „	5,5454 „	3,0870 „
28. Alabaschka	(1,9 A + B)	6 „	5,5211 „	2,8602 „
14. Mursinsk	(1,7 A + B)	6 „	5,5126 „	2,6305 „
26. Ohlapian	(1,4 A + B)	6 „	5,5006 „	2,9415 „
37. Snarum	(1,3 A + B)	6 „	5,3035 „	2,8735 „
45. Ramfossen	(1,3 A + B)	6 „	5,1435 „	2,7775 „
34. Tamatawe	(1,1 A + B)	6 „	5,0764 „	2,3891 „

Auch diese Zahlen lassen ohne erhebliches Bedenken diese Turmaline in derselben Weise zusammengesetzt erscheinen, wie nach dem aus den RIGGS'schen Analysen gewonnenen Resultate zu erwarten war, wodurch die Zusammensetzung

aus den zwei isomorphen Silicaten  $3 R_2 O \cdot Si O_2 + 5 (R_2 O_3 \cdot Si O_2)$  und  $2 (3 R O \cdot Si O_2) + R_2 O_3 \cdot Si O_2$  noch mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

In Betreff der oben citirten RAMMELSBERG'schen Analysen ist von vornherein vorauszusehen, dass ihre auf eben diese Weise durchgeführte Berechnung für das  $R_2 O$  enthaltende Silicat bezüglich  $R_2 O$  unter 3 liegende Zahlen ergeben muss, wie die nachfolgende Reihe zeigt.

15. Gouverneur	6 $Si O_2$	4,8318 $R_2 O_3$	2,2580 $R_2 O$
39. Windischkappel	6 „	5,4411 „	2,0002 „
29. Elba	6 „	4,6758 „	2,0966 „
25. Eibenstock	6 „	5,0103 „	2,6474 „
27. Orford	6 „	5,1921 „	2,2802 „
30. Krumbach	6 „	5,3225 „	2,0098 „
31. Dekalb	6 „	5,0432 „	2,1593 „
23. Zillerthal	6 „	4,9840 „	2,5533 „
18. S. Pietro	6 „	5,0776 „	1,8922 „
38. Goshen	6 „	5,3111 „	2,1829 „

Dagegen tritt im Durchschnitt der Werth  $5 R_2 O_3$  wie bei den im Vorangehenden berechneten Analysen hervor. Sie zeigen, dass auch sie einen höheren Werth für  $R_2 O$  ergeben haben würden, wenn bei den Analysen  $R_2 O$  höher bestimmt worden wäre.

Durch denselben Umstand erscheinen auch die Analysen des grünen Turmalin [8.] von Campolongo und des Chromturmalin [9.] von Syssersk beeinflusst. Sie ergeben bei gleicher Berechnung und nach Abzug des Silicates B und nach Berechnung des Restes auf  $6 Si O_2$

8. Campolongo	6 $Si O_2$	4,9077 $R_2 O_3$	1,7624 $R_2 O$
9. Syssersk	6 „	5,4240 „	2,7852 „

Bei der Berechnung älterer Analysen muss dies um so mehr hervortreten, sie werden aber immerhin auf das Verhältniss  $6 Si O_2 : 5 R_2 O_3$  in dem Silicate A hinweisen, wenn auch bei ihnen von den auf  $6 R O$  berechneten Zahlen das Silicat B abgezogen wird. Da nun zu den älteren Analysen diejenigen RAMMELSBERG's gehören, welche er in Pogg. Ann. LXXX. S. 449 u. LXXXI. S. 2 mittheilte, so hätte man sie unberücksichtigt lassen können, ich habe aber trotzdem diese 30 Analysen berechnet, um zu zeigen, wie bei ihnen dieser Rest das Verhältniss  $Si O_2 : R_2 O_3$  gestaltet. Ich war



hielt ich nicht für nothwendig, weil ich voraussah, dass diese kein besseres Resultat ergeben würden. Vor der Hand habe ich gefunden, dass alle berechneten Analysen dazu führen, anzunehmen, dass in den Turmalinen die beiden Silicate  $3R_2O \cdot SiO_2 + 5(R_2O_3 \cdot SiO_2)$  und  $2(3RO \cdot SiO_2) + R_2O_3 \cdot SiO_2$  als isomorphe in den verschiedensten Mengenverhältnissen vorhanden sind, dass das erstere wahrscheinlich das eine Schlussglied der Reihe darstellt, welches in dem Turmalin 5. von Rumford fast allein enthalten ist, während bis jetzt keiner ebenso nahe zu dem anderen Schlussgliede  $2(3RO \cdot SiO_2) + R_2O_3 \cdot SiO_2$  führte. Weitere Analysen des Turmalin werden zeigen müssen, dass die obige Annahme als eine Folgerung aus allen bisherigen Analysen richtig ist.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [1892\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Kenngott Gustav Adolf

Artikel/Article: [Ueber die Formel der Turmaline 44-57](#)