

Die Bestimmung und die Trennung seltener Metalle von anderen Metallen

(XV. Mitteilung)

Die quantitative Analyse des Galliums (II. Teil)

Von

Ludwig Moser und Alfred Brukl

Aus dem Institut für analytische Chemie der Technischen Hochschule in Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Februar 1929)

Im I. Teil (XI. Mitteilung, Monatsh. f. Ch. 50 [1928], 657) berichteten wir, daß die Fällung des Ga(III)ions durch Ammoniak wie jene als basisches Ga(III)azetat nicht vollständig ist, und wir zeigten, daß für die Bestimmung kleiner und kleinster Galliummengen ihre Fällbarkeit aus essigsaurer Lösung durch Tannin als schwerlösliche Gallium-Tanninadsorptionsverbindung sich nicht nur für die quantitative Bestimmung dieses Metalles vorzüglich eigne, sondern daß man auf diesem Wege auch seine vollständige Trennung von seinem fast ständigen Begleitelemente, dem Zink, desgleichen auch vom Mangan, Nickel und Kobalt mit gutem Erfolge bewirken könne. Da auch Cadmium, Beryllium und Thallium bei Gegenwart von Essigsäure durch Tannin nicht gefällt werden, so kann man das Gallium auch von ihnen auf diesem Wege vollkommen scheiden.

Weit größere Schwierigkeiten dagegen bietet die ebenso wichtige Trennung des Galliums von den Sesquioxiden und besonders jene von Fe(III) und Al, die ja durch Tannin in essigsaurer Lösung ebenfalls quantitativ gefällt werden, und die ihm überdies im Hinblick auf ihre Basizität besonders nahestehen.

Es wurde schon im I. Teil betont, daß das Schrifttum über die quantitative Analyse des Galliums, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, heute veraltet ist; meist ist es in den zahlreichen Abhandlungen von Lecoq de Boisbaudran¹, dem Entdecker dieses Elementes, enthalten, und es handelt sich dann nur um solche Methoden, die den heutigen strengen Anforderungen der Analyse nicht mehr entsprechen. Bis vor wenigen Jahren bestand für die Trennung des Galliums von Fe(II), Al und Cr(III) nur die Möglichkeit, das Gallium aus salzsaurer Lösung mit $K_4Fe(CN)_6$ als schwerlösliches $Ga_4[Fe(CN)_6]_3$ niederzuschlagen, während unter diesen Bedingungen die anderen Ionen in Lösung bleiben sollen. Andererseits scheint sich Lecoq bewußt gewesen zu sein, daß die Fällung des Galliums als basisches Azetat doch

¹ Lecoq de Boisbaudran, XI. Mitt. S. 257.

nicht vollkommen ist, denn er schlug vor, gleichzeitig aufgeschlämmtes As_2S_3 zuzusetzen, wodurch zufolge Adsorption zweifellos eine vollständigere Abscheidung des Galliums erfolgen mußte. Diese Methode gibt er sogar für die Trennung von Aluminium an, was natürlich nicht richtig sein kann, da dieses, wenn auch unvollständig, so doch zum größeren Teil mitfallen wird, um so mehr, wenn gleichzeitig As_2S_3 vorhanden ist, das dann eine ähnliche Wirkung wie $\text{Fe}(\text{OH})_3$ hat, bei dessen Anwesenheit wenig Aluminium nach der basischen Azetatmethode auch vollständig mitfällt. Dagegen mag eine annähernde Trennung von $\text{Cr}(\text{III})$ -Ion möglich sein, da dieses in essigsaurer Lösung lösliche Komplexsalze bildet.

Diese Unvollkommenheit und teilweise Unrichtigkeit der von Lecoq angewendeten Trennungsmethoden bewog erst in letzter Zeit Dennis und Allington-Bridgman² nach besseren derartigen Methoden Umschau zu halten. Sie fanden, daß Gallium(III)chlorid, ähnlich dem Eisen(III)chlorid in mit HCl gesättigtem Äther löslich ist, während sich Aluminiumchlorid im Niederschlag befindet. Ernest H. Swift³ beschreibt verschiedene Einzelheiten dieser Trennung und baut sie zu einem Ausschüttelungsverfahren aus. Dagegen geben Jacob Papish und L. E. Hoag⁴ der alten Kaliumeisen(II)cyanidmethode wieder den Vorzug, und auch unsere, von den genannten Forschern vollständig unabhängig durchgeführten Versuche zeigten, daß es trotz oftmaligem Ausschütteln des GaCl_3 nicht möglich ist, dieses quantitativ in die Salzsäure-Ätherlösung zu bringen, da es in dieser doch nicht genügend löslich zu sein scheint.

Man sieht also, daß diese Vorschläge keinen Fortschritt auf dem Wege zur Trennung des Galliums vom Aluminium bedeuten und daß die quantitative Trennung des Gallium vom Eisen, Chrom oder anderen leicht hydrolysierbaren Metallen überhaupt nicht berührt wurde und alle diese Fragen noch der Lösung harren.

1. Versuche zur Trennung des Galliums von 3- und 4wertigen Metallen.

Nach unseren Erfahrungen kann man sagen, daß $\text{Ga}(\text{III})$ ion stärker saure Eigenschaften als Al^{+++} -Ion und weniger saure als $\text{Ti}(\text{IV})$ -Ion hat. Leider fehlt es noch an einer genauen Bestimmung von p_H , bei dem $\text{Ga}(\text{OH})_3$ ausfällt, so daß man hier nur auf die durch die analytische Praxis gewonnenen Kenntnisse angewiesen ist. Für eine Trennung des Galliums von anderen schwachen Ionen konnte die fraktionierte Hydrolyse in Betracht kommen, die wir in ähnlichen Fällen bereits sehr oft mit Erfolg

² L. M. Dennis und J. Allington Bridgman, Journ. Am. Chem. Soc. 40 (1918), 1531.

³ E. H. Swift, Journ. Am. Chem. Soc. 46 (1924), 2375.

⁴ J. Papish und L. E. Hoag, Journ. Am. Chem. Soc. 50 (1928), 2118.

heranzogen⁵, wobei das leichter hydrolysierbare Metallion ausfallen muß. Von den zu diesem Zwecke tauglichen Halogenid-Halogenatsystemen mit mittlerer Neutralisationswirkung schien uns Bromid-Bromat bei Gegenwart von Sulfation mit einer erreichbaren Endazidität von 0.02 deshalb sehr geeignet, weil bei seiner Anwendung zur Trennung von Titan und Aluminium nur $\text{TiO}_2 \cdot aq$ ausfällt, während Aluminium in Lösung bleibt. Tatsächlich zeigte es sich, daß man so Gallium(III)ion vollständig niederschlagen könne, war aber Aluminium vorhanden, so fiel dieses in verschiedenen Mengen mit, ein Fehler, der auch bei wiederholter Fällung nicht gutzumachen war. Ähnliche Erfahrungen machten wir mit Tannin, das in essigsaurer Lösung beide Metalle fällt. Wir wollten nun durch passende Änderung der Azidität, wobei wir zahlreiche mittelstarke Säuren (Ameisensäure, Monochloressigsäure usw.) anwendeten, erreichen, daß nur das Gallium ausfalle; gelang dies für das Gallium allein, so zeigte sich bei Anwesenheit von Aluminium, daß auch dieses wieder mitgerissen wurde. Das von Berg⁶ in die Analyse eingeführte *o*-Oxychinolin liefert mit Gallium in essigsaurer Lösung ähnlich wie Aluminium oder Zink einen schwach grünlich gelb gefärbten Niederschlag, der sich auch als Wägungsform für Gallium eignet. Auch hier wollten wir durch Wechsel der Säure Unterschiede in der Fällbarkeit beider Metalle durch Oxychinolin entdecken, ohne daß uns ein Erfolg beschieden gewesen wäre, es blieb entweder Gallium in Lösung oder es fiel Aluminium mit aus. Alle diese Versuche weisen jedenfalls wieder auf die große Ähnlichkeit beider Elemente hin.

Endlich gelang es uns nach noch anderen, nicht zum Ziele führenden Versuchen, im Kupferron ein Reagens zu entdecken, mit dem man Gallium von einer Anzahl drei- und vierwertiger Metalle in einfacher und genauer Weise trennen kann.

2. Trennungen.

Gallium von Aluminium.

Die 0.01—0.3 g Galliummetall enthaltende Gallium- und beliebige Mengen Aluminiumsalz (Chloride oder Sulfate) enthaltende neutralisierte Lösung, die nicht frei von Ammonsalzen zu sein braucht, wird durch Zusatz von 2 n. H_2SO_4 ⁷ auf ein Volumen von 200—300 cm^3 gebracht und bei Zimmertemperatur mit einer 6%igen wässrigen Kupferronlösung versetzt; für 0.1 g Ga bedarf man 0.6 g Kupferron, man wendet aber 0.1 g an. Es entsteht ein weißer, flockiger Niederschlag; sollte die Fällungstemperatur

⁵ Moser und Jrányi, Monatsh. f. Ch. 43 (1922), 627.

⁶ R. Berg, Z. f. anal. Ch. 71 (1927), 374.

⁷ In stärkerer als 2n. H_2SO_4 ist der Niederschlag etwas löslich.

30° oder mehr betragen, so ballt sich der Niederschlag nach einiger Zeit zu einem Klumpen, der fest an den Glaswänden haftet und sich dann durch Drücken mit einem Glasstab zu einem kristallinischen Brei zerstoßen läßt. Es wird durch ein Papierfilter mit eingelegtem Platinkonus filtriert und zuletzt schwach abgesaugt. Das erste Filtrat ist immer schwach getrübt, und man setzt deshalb noch 1—2 cm^3 Reagens zu; man filtriert wieder durch dasselbe Filter und saugt zuletzt scharf ab. Ist das Filtrat nach einstündigem Stehen klar geblieben, dann ist die Abscheidung des Galliums eine quantitative, anderenfalls müßte der letzte Vorgang wiederholt werden. Man wäscht mit 2 n. H_2SO_4 und saugt die Waschflüssigkeit immer wieder scharf ab. Der Niederschlag muß unbedingt frei von Chlorion sein, da sich nach unseren Erfahrungen Ga_2O_3 durch Zusatz von NH_4Cl vollkommen verflüchtigen läßt; er wird in einem Porzellantiegel verascht und als Ga_2O_3 (dieses ist hygroskopisch) nach starkem Glühen gewogen.

Das Filtrat wird unter Zusatz von etwas H_2O_2 bis zum Auftreten von SO_3 -Dämpfen eingedampft, der Rückstand in H_2O aufgenommen und das Aluminium mit Ammoniak, oder, wenn nur einige Zehntel Gramm vorhanden sind, mit Tannin aus essigsaurer Lösung gefällt.

Eine Wiederholung der Fällung des Galliums ist nur dann notwendig, wenn mehr als 2 g Al vorhanden sind.

Die Ergebnisse nach dieser Methode sind sehr gute, wie aus den untenstehenden Zahlen zu ersehen ist.

Angew.:	Al_2O_3	0·1071	Ga_2O_3	0·0080	Gef.:	Al_2O_3	0·1074	Ga_2O_3	0·0082
		0·0536		0·0268			0·0539		0·0271
		0·1071		0·0268			0·1069		0·0268
		0·0874		0·1825			0·0884		0·1818
	$AlCl_3$	2·0		0·0365		—			0·0366
		12·5		0·0183		—			0·0173

Gallium von Chrom.

Chrom(III)ion kann als Chlorid oder Sulfat vorliegen, die Arbeitsweise ist genau so wie jene für die Trennung des Galliums vom Aluminium.

Angew.:	Cr_2O_3	0·1113	Ga_2O_3	0·0365	Gef.:	Cr_2O_3	0·1115	Ga_2O_3	0·0366
		0·0557		0·1825			0·0551		0·1830
		0·0112		0·3650			0·0114		0·3650
		1·1120		0·0370		—			0·0370
	$Cr_2(SO_4)_3$	10·0		0·0174		—			0·0174

Gallium von Indium.

Diese Trennung besitzt größere praktische Bedeutung, da Indium häufig in den galliumhaltigen Blenden vorkommt.

Bisher sind nur drei Methoden bekannt, nach denen eine Trennung der beiden Metalle bewerkstelligt werden kann; die

eine stammt von Lecoq⁸ her, der das Gallium aus salzsaurer Lösung (1:1) mit $K_4Fe(CN)_6$ fällt und die Fällung wiederholt, die andere hat auch schon vor längerer Zeit Crookes⁹ angegeben, sie beruht auf dem verschiedenen Verhalten der beiden Hydroxyde gegen 1·5%ige NaOH. Während so Gallium als Gallat gelöst wird, fällt $In(OH)_3$ aus. Ähnlich gehen auch neuerdings Dennis und Allington Bridgman¹⁰ vor. Es ist begreiflich, daß diese Trennung nicht besonders scharf sein kann, einerseits enthält der Niederschlag Gallium und andererseits ist stets etwas Indium im Filtrat. Den ersten Nachteil kann man durch wiederholte Fällung verbessern und zur Reinigung des indiumhaltigen Gallats im Filtrat kann man nach Browning und Porter¹¹ die fraktionierte Kristallisation des Galliums als schwerlöslichen Caesiumalaun $CsGa(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ vornehmen, die erst nach fünfmaliger Wiederholung zu einer Trennung von Indium führt, was mindestens sehr umständlich ist.

Über die Fehler der Blutlaugensalzmethode wurde bereits oben und in der ersten Mitteilung alles Wichtige gesagt.

Unsere Versuche ergaben nun, daß wir auch hier im Kupferron, durch das das Indium nicht gefällt wird, ein treffliches Mittel für diese schwierige Trennung besitzen.

Die Arbeitsweise ist identisch mit jener für die Trennung des Galliums vom Aluminium. Nur muß das Auswaschen des Gallium-Kupferronniederschlages sehr sorgfältig gemacht werden, und um die Löslichkeit des Niederschlages in 2 n. H_2SO_4 noch herabzudrücken, setzt man dieser bei ihrer Verwendung als Waschflüssigkeit noch einige Kubikzentimeter Kupferronlösung zu.

Bei Überwiegen von Indium wird die Fällung wiederholt.

Im glühenden Ga_2O_3 erkennt man schon einen geringen Gehalt an In_2O_3 an der schwachen Gelbfärbung des Produktes.

Angew.: In_2O_3	0·0605	Ga_2O_3	0·0647	Gef.: In_2O_3	0·0609	Ga_2O_3	0·0642
	0·0605		0·1938		0·0610		0·1933
	0·3630		0·0365		—		0·0367
	0·1815		0·0065		0·1817		0·0066
	0·0605		0·1815		0·0609		0·1817

Gallium von Uran.

Nach Lecoq¹² wird die schwach saure Lösung des Gallium- und Uranylsalzes mit $Cu(OH)_2$ gekocht, wodurch $Ga(OH)_3$ aus-

⁸ Lecoq de Boisbaudran, a. a. O.

⁹ Crookes, Rüdissüle, Nachweis, Bestimmung und Trennung der Elemente, 1923, VI, 2, S. 1137.

¹⁰ Dennis und Bridgman, a. a. O.

¹¹ Browning und Porter, J. Am. Chem. Soc. 43 (1920), 126.

¹² Lecoq de Boisbaudran, C. rend. 98 (1884), 711.

fällt; dieses wird in HCl gelöst und bei einem Verhältnis Ga : U = 1 : 3 der Vorgang viermal wiederholt. Auch diese Trennung ist ohne jede Schwierigkeit mit Kupferron durchführbar, da U(VI) von diesem nicht gefällt wird; da jedoch U(IV)-Ion durch Kupferron quantitativ abgeschieden wird, so muß man jede Reduktionsmöglichkeit bei der Abscheidung des Galliums durch Kupferron bei Gegenwart von U(VI)-Ion vermeiden.

Arbeitsweise genau wie jene bei Gallium-Aluminium.

Angew.: U ₃ O ₈	0·0596	Ga ₂ O ₃	0·0647	Gef.: U ₃ O ₈	0·0592	Ga ₂ O ₃	0·0650
	0·1788		0·1935		0·1792		0·1940

Gallium von Cer.

Da uns ein reines Cer(III)chlorid zur Verfügung stand, so wurde dieses als Vertreter der seltenen Erdmetalle für die Trennung des Galliums verwendet; natürlich ist damit nicht gesagt, daß sich auch alle anderen seltenen Erden auf diesem Wege vom Gallium scheiden lassen, und wir wollen, wenn die äußeren Umstände dies gestatten, auch auf diese Frage noch zurückkommen.

Angew.: CeO ₂	0·1448	Ga ₂ O ₃	0·0365	Gef.: CeO ₂	0·1453	Ga ₂ O ₃	0·0363
	0·1448		0·1825		0·1449		0·1828
	1·0		0·0109		—		0·0116

Gallium von Eisen.

Hiezu schreibt Lecoq¹³ die vier- bis fünfmalige Fällung des Eisen(III)ions durch KOH vor, um es so vom Gallium zu scheiden. Sind größere Mengen Eisen vorhanden, so reduziert er mit fein verteiltem Kupfer zur Eisen(II)stufe und fällt das Gallium mit Cu₂O aus. Keil¹⁴ reduziert auch zu Eisen(II)ion und wendet die BaCO₃-Methode zur Trennung an, was nicht zu empfehlen ist, da in der schwach alkalischen Flüssigkeit eine Oxydation des Fe(II)-Ions unvermeidlich und so ein Mitfällen desselben mit Gallium erfolgen muß. Überdies treten auch hier die bekannten Nachteile der BaCO₃-Methode, die erst neuerdings wieder von Järvinen¹⁵ hervorgehoben wurden, in Erscheinung.

Man erkennt aus dem spärlichen Schrifttum, daß keine dieser Methoden strengeren Anforderungen standhalten kann. Wir legten bei unseren Versuchen besonderes Gewicht auf die Anlehnung an die analytische Praxis, und nahmen deshalb an, daß es sich vor allem um eine Trennung von wenig Gallium und viel Eisen handle. Unter dieser Annahme mußte man nach einer Methode suchen, nach der man entweder zuerst das Eisen oder wenigstens seine Hauptmenge nach einer in-

¹³ Lecoq de Boisbaudran, a. a. O.

¹⁴ Werner Keil, Z. f. anorg. Ch. 152 (1926), 101.

¹⁵ K. K. Järvinen, Z. f. anal. Ch. 66 (1925), 81.

duktionsfreien Reaktion vom Gallium trennen konnte, oder noch besser so zu verfahren hat, daß man das Gallium zuerst abscheidet; dann wäre bei seiner kleinen absoluten Menge ein Verlust durch Adsorption des Galliumions durch den Eisenniederschlag ganz ausgeschlossen.

Nach länger dauernden, tastenden Versuchen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, verfielen wir auf das $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, das ja für die analoge Trennung des Eisens vom Aluminium vielfach verwendet wird, trotzdem die Werte für das Aluminium etwas zu niedrig ausfallen, was häufig einer partiellen Komplexbildung zugeschrieben wird. Nach unseren Erfahrungen kann gesagt werden, daß dieser nicht ausgefällte Rest des Galliums, das sich in dieser Hinsicht wie Aluminium verhält, für je 100 cm^3 Lösung 2 mg beträgt. Wir glauben jedoch, daß die Ursache dieser Erscheinung nicht in einer Komplexbildung, sondern in der zu hohen Endazidität der Fällungsflüssigkeit zu suchen ist, denn man kann diesen Rest auch durch Tannin (siehe I. Mitt.) nicht fällen, wohl aber dann, wenn man eine Pufferung der Lösung durch Zugabe von Ammoniumazetat vornimmt. Aber auch mit schwachen Basen, wie z. B. mit Anilin¹⁶, läßt sich das restliche Gallium aus dieser Lösung abscheiden.

Ein anderer Weg ist durch die bereits seit Berzelius bekannte Methode, die er zur Trennung des Eisens vom Aluminium verwendet, gegeben. Aus der mit Weinsäure oder Sulfosalizylsäure und mit Ammoniak versetzten Lösung von FeCl_3 und GaCl_3 wird FeS durch H_2S gefällt und das im Filtrat befindliche Gallium ohne vorherige Zerstörung der organischen Säuren mit Tannin abgeschieden. Natürlich wird diese Methode nur dann anzuwenden sein, wenn nicht viel Eisen vorhanden ist.

Im folgenden werden die genauen Arbeitsbedingungen zur Trennung der beiden Metalle gegeben, wobei auf die Mengenverhältnisse derselben Rücksicht genommen wird.

Arbeitsvorschriften.

1. Wenig Gallium, viel Eisen.

Die saure, ammoniumsalfreie Lösung beider Metallsalze¹⁷ wird mit Na_2CO_3 fast neutralisiert (sie soll ganz schwach sauer bleiben) und in der Kälte so lange mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -Lösung versetzt, bis die Violettfärbung des Eisen(III)komplexes unter Reduktion verschwunden ist; jedenfalls soll vom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ nach erfolgter Reduktion ein Überschuß vorhanden sein. Nach dem Erhitzen zum Sieden wird eine Viertelstunde bei dieser Temperatur gehalten und nun fügt man zur siedenden Lösung in

¹⁶ Dieses wurde von Schöller und Schrauth zur Fällung von Aluminium angewendet, siehe Ch. Ztg. 37 (1909), 1237.

¹⁷ Das Flüssigkeitsvolumen soll wegen der Löslichkeit von $\text{Ga}(\text{OH})_3$ möglichst klein sein.

Pausen von 5 Minuten je 10 cm^3 Anilin zu, wobei $Ga(OH)_3$ ausfällt. Es wird heiß filtriert und mit heißem Wasser sehr sorgfältig wegen Entfernung des Natriumions gewaschen. Der vorgetrocknete Niederschlag wird samt dem Filter in einem Porzellantiegel erhitzt und nach dem Verbrennen des Schwefels stark geglüht. Man erhält so Ga_2O_3 , das fast immer mit etwas Fe_2O_3 verunreinigt ist.

Das Filtrat wird nach dem Erkalten durch ausgeschiedenes Anilin trübe, es ist aber frei von Gallium.

Der Niederschlag wird mit $K_2S_2O_7$ aufgeschlossen, die Schmelze in sehr verdünnter H_2SO_4 aufgenommen und die Trennung des Galliums vom Eisen nach 2 oder 3 vorgenommen.

2. Wenig Gallium und wenig Eisen (Summe der Oxyde bis etwa 0.3 g).

Die Lösung beider Metallsalze wird mit Sulfosalizylsäurelösung (1:10)¹⁸ und dann mit so viel Ammoniak versetzt, bis sie schwach rot und völlig klar geworden ist. In die zum Sieden erhitzte Flüssigkeit wird H_2S bis zum Erkalten der Flüssigkeit auf Zimmertemperatur eingeleitet, vom FeS filtriert und dieses mit schwefelammoniumhaltigem Wasser, dem etwas $(NH_4)_2SO_3$ zugefügt wurde, möglichst rasch gewaschen. Die Bestimmung des Eisens erfolgt dann als Fe_2O_3 .

Das Filtrat wird mit Essigsäure angesäuert, der H_2S durch Kochen entfernt, Ammoniumazetat zugefügt und das Gallium als Gallium-Tanninadsorptionsverbindung (siehe I. Teil) gefällt; durch Glühen erhält man Ga_2O_3 , das gewogen wird. Falls fixes Alkaliion vorhanden ist, wird der Niederschlag in verdünnter HCl gelöst und die Fällung wiederholt.

3. Viel Gallium, wenig Eisen.

Man gießt die fast neutrale Lösung beider Metallsalze unter Rühren in eine heiße Ammoniaklösung langsam ein, wobei $Fe(OH)_3$ gefällt wird und Gallat in Lösung geht. Man filtriert und wäscht mit heißem H_2O aus. Da $Fe(OH)_3$ Gallium adsorbiert, wird der Niederschlag in Säure gelöst und nach 2 behandelt. In den vereinigten Filtraten wird das Gallium nach Ansäuern mit Essigsäure wieder mit Tannin bestimmt.

Der Grund, warum die Hauptmenge des Galliums durch Scheidung von Eisen und Gallium hier mit Ammoniak erfolgt, liegt in der schwierigen Auswaschbarkeit des Niederschlages von FeS .

¹⁸ Über Reinigung der Sulfosalizylsäure siehe VIII. Mitt., Monatsh. f. Ch. 47 (1926), 671.

Durch diese drei den Mengenverhältnissen beider Elemente angepaßten Arbeitsvorschriften läßt sich die durch die Eigenart des Galliums und durch seine Ähnlichkeit mit Eisen(III)ion bedingte schwierige Trennung in verhältnismäßig einfacher Weise und mit einem hohen Grad von Genauigkeit ausführen.

Analysenergebnisse.

Angew.:	Fe ₂ O ₃	0·0880	Ga ₂ O ₃	0·0269	Gef.:	Fe ₂ O ₃	0·0884	Ga ₂ O ₃	0·0267
		0·1760		0·0538			0·1769		0·0537
		0·5866		0·0135			0·5863		0·0136
	FeCl ₃	5·0		0·0461		—			0·0456
		10·0		0·0137		—			0·0127
		20·0		0·0046		—			0·0040
		50·0		0·0046		—			0·0038

Die Zahlen aus der zweiten Reihe der Analysenergebnisse stammen von Gemischen aus sehr viel Eisen und wenig Gallium her, und man sieht, daß besonders in den beiden letzten Ergebnissen die Werte für Gallium etwas zu niedrig sind. Die Ursache dieses Fehlers liegt in der nicht vollkommenen Unlöslichkeit von Ga(OH)₃ (siehe I. Teil), die sich zufolge des großen Volumens der Lösung, das man wegen der großen Eisenmenge braucht, eben deutlich bemerkbar macht. Aus diesem Grunde soll man trachten, das Flüssigkeitsvolumen möglichst klein zu halten; übrigens wird ein derartig extremes Verhältnis von Ga₂O₃ : Fe₂O₃ = 1 : mehr als 5000 praktisch nicht häufig vorkommen.