

Über eine neue Methode zur maßanalytischen Bestimmung des Nickels

Von

Josef Holluta

Aus dem Laboratorium für anorganische, analytische und physikalische
Chemie an der deutschen technischen Hochschule in Brünn

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Mai 1919)

Fügt man zu einer neutralen, beziehungsweise schwach sauren Lösung eines Nickelsalzes einen Überschuß von alkoholischer Dimethylglyoximlösung, so entsteht fast augenblicklich, wenn auch nur geringe Mengen von Nickel vorhanden sind, ein roter Niederschlag von Nickel-Dimethylglyoximin.

Tschugaeff, der diese Reaktion zuerst beschrieb,¹ hebt bereits ihre außerordentliche Empfindlichkeit hervor und Brunck² zeigte ihren quantitativen Verlauf in alkalischer, beziehungsweise ammoniakalischer und essigsaurer Lösung und verwendet sie zur quantitativen Bestimmung und Trennung des Nickels von Kobalt³ sowie von anderen Metallen der Schwefelammoniumgruppe.⁴ Brunck's Methode wurde seither öfter überprüft und immer exakt gefunden. Sie ist heute noch, inzwischen mehrfach speziellen Aufgaben der Analyse angepaßt und modifiziert, neben der elektrolytischen und der Dizyandiamidinmethode von Großmann und Heilborn eine

¹ B. 38 (1905), 2580.

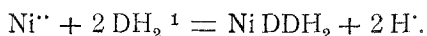
² Z. f. angew. Ch., 20 (1907), 834.

³ Loc. cit.

⁴ Z. f. angew. Ch., 20 (1907), 1847.

der exaktesten Methoden zur gewichtsanalytischen Bestimmung und Trennung des Nickels von Kobalt und anderen Metallen der Schwefelammoniumgruppe.

Die dieser Methode zugrunde liegende Reaktion ist folgende:

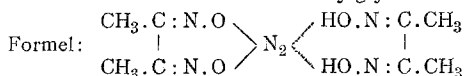


Obwohl das Nickeldimethylglyoximin von freien Wasserstoffionen zersetzt wird, kann es doch neben solchen bestehen und bereits Tschugaeff fand,² daß die obige Gleichung eine umkehrbare Reaktion vorstellt und daß theoretisch berechnete Säuremengen bei weitem nicht ausreichen, um die gesamte vorhandene Dimethylglyoximinverbindung aufzuspalten. Es stellt sich vielmehr ein Gleichgewichtszustand ein, bei welchem neben Ni⁺⁺- und H[.]-Ionen auch undissoziiertes NiDDH₂ und DH₂ bestehen. Ich habe Tschugaeff's Versuche nachgeprüft und deren Resultat bestätigt gefunden.

Auf der Tatsache, daß für je ein Atom Nickel bei dieser Reaktion zwei Wasserstoffatome ionisiert werden, habe ich eine maßanalytische Methode zur Bestimmung des Nickels gegründet und habe versucht, mit einer alkalischen Dimethylglyoximlösung das in Lösung befindliche Nickel auszufällen und durch das in der Titerlösung enthaltene Kaliumhydroxyd gleichzeitig die freigewordene Säure zu neutralisieren.

Es wäre noch ein zweiter Weg möglich gewesen, um auf oberwähnter Grundlage eine titrimetrische Methode aufzubauen, nämlich der, eine neutrale Nickelsalzlösung mit einem Überschuß alkoholischer Dimethylglyoximlösung zu versetzen und die entstandene freie Säure mit einer wässerigen Normalauge zurückzutitrieren. Dies ist aber bereits wegen des

¹ Mit DH₂ bezeichne ich das Dimethylglyoxim $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \cdot \text{C} : \text{N} \cdot \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \cdot \text{C} : \text{N} \cdot \text{OH} \end{array} \right)$, das in alkoholischer und wässrig alkoholischer Lösung praktisch undissoziiert ist. Das unlösliche Nickeldimethylglyoximin ist ein Komplexsalz von der



² Z. f. anorg. Ch., 46 (1905), 144.

unnötigen Mehrverbrauches an Dimethylglyoximlösung unpraktischer und außerdem ist es nicht sicher zu konstatieren, ob tatsächlich bereits ein Überschuß an Fällungsmittel zugefügt wurde, da ja, wie bereits erwähnt, ein Gleichgewichtszustand sich einstellt.

Da eine Lösung von Dimethylglyoxim, wie bereits aus Fußnote 1 auf p. 282 hervorgeht, neutral reagiert, ferner nach den Versuchen von Hantzsch¹ Dimethylglyoxim sich überhaupt nicht anhydrieren läßt, während sich nach Wolff² erst nach längerem Erhitzen von Dimethylglyoxim mit Natronlauge am Rückflußkühler nur kleine Mengen von Dimethylfurazan als Öl abscheiden, von dem bereits geringe Mengen an seinem chloroformähnlichen Geruch leicht erkennbar sind, war vorauszusehen, daß derartig geringe Mengen von Kaliumhydroxyd und Dioxim, wie sie in der zur Titration erforderlichen verdünnten alkalischen Dioximlösung nebeneinander vorhanden sind, aufeinander nicht merklich einwirken werden.

Dies konnte auch durch Versuche nachgewiesen werden. Normal-, $\frac{1}{2}$ normal- und $\frac{1}{10}$ normal-Kalilauge ändert auch nach längerem Erhitzen mit Dimethylglyoxim auf Siedetemperatur ihren Gehalt an Kaliumhydroxyd nicht.

Da die Wasserlöslichkeit von Dimethylglyoxim sehr gering ist (1000 cm^3 destilliertes Wasser lösen bei Zimmertemperatur nur 0.420 g des Oxims) und da weiter ein Kaliumhydroxydgehalt des Wassers die Löslichkeit nicht in dem erforderlichen Maße erhöht, ist eine wässrige Titerlösung nicht anwendbar.

Die Verwendung von Äthylalkohol als Lösungsmittel kompliziert etwas die Herstellung der Titerlösung, jedoch haben eingehende Versuche dazu geführt, auf einfache Weise haltbare und farblose Titerlösungen herzustellen.

Es ist klar, daß auf ein Mol Dimethylglyoxim in der Titerlösung höchstens ein Mol Kaliumhydroxyd kommen darf, falls ein Indikatorfarbenumschlag auch tatsächlich den Endpunkt der Fällungsreaktion anzeigen soll; besser wird jeden-

¹ B. 25 (1892), 706.

² B. 28 (1895), 69.

falls ein geringerer Gehalt an letzterem sein, da man dann von vornherein mit einem Überschuß an Dimethylglyoxim arbeiten kann. Am vorteilhaftesten hat sich das Verhältnis von 2 Mol DH_2 : 1 Mol KOH erwiesen. Was die Konzentration der Titerlösung anbetrifft, so läßt sich sagen, daß mit ihrer Abnahme die Genauigkeit der Methode wächst. Ich habe $1/15$ - bis $1/100$ -Normallösungen verwendet.

Im folgenden sei die Vorschrift zur Herstellung einer $1/50$ -normalen Titerlösung gegeben:

4·6400 g reinstes, aus 97prozentigem Alkohol umkristallisiertes Dimethylglyoxim werden in der erforderlichen Menge 97prozentigen Alkohols (300 bis 400 cm^3) gelöst, in die kalte Lösung aus einer Bürette 20 cm^3 Normalkalilauge unter beständigem Umrühren zufließen gelassen und mit reinstem destilliertem Wasser auf 1000 cm^3 aufgefüllt. Nach 24stündigem Stehen unter öfterem Umschütteln wird vom ausgeschiedenen Kaliumcarbonat, das nur in sehr geringen Mengen auftritt, abfiltriert. Der verwendete Alkohol soll aldehydfrei, über Kaliumhydroxyd destilliert sein und neutral reagieren. Das Wasser soll kohlenstofffrei, im kohlenstofffreien Luftstrom ausgekocht sein und nach dem Abkühlen mit etwas Bleiacetat versetzt, nach einer halben Minute höchstens eine ganz schwache Trübung zeigen.¹ Entsprechen sowohl Wasser als Alkohol diesen Bedingungen, so zeigt die Lösung höchstens den schwach rötlichgelben Stich aller alkoholischen Dimethylglyoximlösungen.

Für Titerlösungen bis zur Konzentration $1/50$ -normal ist Phenolpaleïn als Indikator mit Vorteil zu verwenden, während für Titrationen mit $1/100$ -Normallösungen Methylrot sehr geeignet ist.

Den Kaliumhydroxydtiter einer nach obiger Vorschrift bereiteten Titerlösung ermittelt man durch Titration einer, je nach der Konzentration der Titerlösung entsprechend großen Menge $1/10$ -normal Chlorwasserstoffsäure (gestellt auf Natriumcarbonat unter Anwendung von Phenolpaleïn oder Methylrot als Indikator, je nachdem ersteres oder letzteres bei den

¹ Schmatolla, Pharm. Ztg., 47 (1902), 25; C. B., 1902, I, 33.

Nickelbestimmungen zur Verwendung gelangt) mit der Titerlösung.

Um die für die Beobachtung des Indikatorfarbenumschlages vorteilhafteste Niederschlagsform zu erreichen, ergaben die angestellten Versuche folgendes:

In der Hitze fällt der Niederschlag feinkristallinisch aus und macht, die ganze Flüssigkeit erfüllend, die Beobachtung des Farbenumschlages unmöglich. Beginnt man dagegen die Titration in der Kälte und erwärmt nach Zufließenlassen einiger Kubikzentimeter Titerlösung unter öfterem Umrühren schwach, so ballt sich der Niederschlag nach kurzer Zeit zusammen und strebt der Oberfläche der Flüssigkeit zu. Die Lösung selbst ist vollkommen klar und läßt den Farbenumschlag gut erkennen.

Nachstehend folgt die Zusammensetzung der zur ersten Versuchsreihe verwendeten Titerlösungen.

Tabelle I.

Nummer der Titerlösung	Gehalt eines Kubikzentimeters Titerlösung an Dimethylglyoxim	Gehalt eines Kubikzentimeters Titerlösung an Kaliumhydroxyd	1 cm^3 Titerlösung entspricht Gramm Nickel	Normalfaktor auf $\frac{1}{1}$ Nickel-lösung
II	0·0110 g	0·00377 g	0·00197 g	0·06712
V	0·0107	0·00363	0·00190	0·06473
III	0·0116	0·00328	0·00171	0·06166
IV	0·0116	0·00237	0·00124	0·04239
I	0·0051	0·00220	0·00115	0·03918

Die zu den auf Tabelle II verzeichneten Analysen verwendeten Nickelstamm-lösungen wurden durch Auflösen von reinstem Kahlbaum'schen Nickelchlorid in destilliertem, im kohlenstoffreien Luftstrom ausgekochten Wasser hergestellt. Nickellösung I enthielt 0·000365 g, Nickellösung II 0·000355 g Nickel im Kubikzentimeter. Diese Werte wurden durch gravimetrische Analyse von 100 cm^3 Lösung nach O. Brunck's¹ Methode bestimmt, so daß die Titrationen direkte Vergleichs-

¹ Loc. cit.

werte mit der gravimetrischen Dimethylglyoximmethode ergeben.

Die Versuche wurden nach folgender Vorschrift durchgeführt, die sich aus dem bereits Gesagten ergibt:

Die zu titrierenden Lösungen wurden auf das angegebene Volum gebracht, mit 4 bis 8 Tropfen Indikator, je nach der Flüssigkeitsmenge versetzt und nun eine $\frac{1}{10}$ -, beziehungsweise $\frac{1}{50}$ normal-Kalilauge bis zur Rotfärbung tropfenweise zufließen gelassen und diese durch einen Tropfen gleichnormaler Säure wieder zum Verschwinden gebracht.

Die auf diese Weise neutralisierten Nickelchloridlösungen wurden mit 2 bis 5 cm^3 Titerlösung versetzt und nach kräftigem Umschütteln schwach erwärmt. Nach erfolgtem Zusammenballen des Niederschlages wurde langsam, unter tropfenweisem Zusatz von Titerlösung, zur schwachen Rosafärbung der klaren Flüssigkeit zu Ende titriert. Nach jedesmaligem Umrühren ballte sich der Niederschlag wieder rasch und strebte der Flüssigkeitsoberfläche zu. Durch wiederholtes, schwaches Erwärmen kann letzterer Vorgang leicht beschleunigt werden. Bemerkenswert sei, daß auch bei etwaigem Übertitrieren, durch Zurücktiteren mit entsprechend konzentrierter Normalsäure, richtige Resultate erhalten werden.

Infolge zu großer Niederschlagsmengen, welche den Farbumschlag verschleiern, darf der Nickelgehalt der zu titrierenden Lösung 0.03 g nicht überschreiten. Da infolge der verhältnismäßig hohen Konzentration der verwendeten Titerlösungen gegenüber den kleinen titrierten Nickelmengen nur kleine Volumina Titerlösung verbraucht wurden, beeinflussen die gemachten Ablesefehler bereits die fünfte Dezimalstelle des Resultates stark und wurden deshalb in der nun folgenden Tabelle II nur vier Dezimalstellen angegeben.

Die in Tabelle II angeführten Versuchsergebnisse beweisen, daß in dem Augenblick, wo sämtliche freien, bei der Fällung entstandenen H⁺-Ionen neutralisiert sind, alles Nickel sich als Dioximinsalz im Niederschlag befindet. Die auftretenden Fehler, zumeist positiv, sind wohl darauf zurückzuführen, daß neben dem Niederschlag sich erst eine stärkere Rosanuanze des Phenolptaleins erkennen läßt als in vollkommen niederschlags-

Tabelle II.

Nr.	Volum der titrierten Lösung in Kubikzentimeter	Verwendete Titerlösung	Gewichtsanalytisch bestimmter Nickelgehalt	Maßanalytisch gefundener Nickelgehalt	Differenz in Gramm Ni	Bemerkung
1	100	I	0·0055 g	0·0057 g	+0·0002 g	
2	100	I	0·0055	0·0056	+0·0001	
3	150	I	0·0109	0·0109	0·0000	
4	150	I	0·0109	0·0110	+0·0001	
5	150	I	0·0164	0·0162	-0·0002	
6	150	I	0·0164	0·0164	0·0000	
7	200	I	0·0219	0·0211	-0·0008	Durch zu starkes Erwärmen krystallinisch gewordener Niederschlag
8	200	I	0·0219	0·0209	-0·0010	
9	150	II	0·0071	0·0072	+0·0001	
10	150	II	0·0071	0·0072	+0·0001	
11	150	II	0·0071	0·0072	+0·0001	
12	150	II	0·0071	0·0071	0·0000	
13	200	II	0·0107	0·0108	+0·0001	
14	250	II	0·0195	0·0199	+0·0004	Wie 7/8
15	250	II	0·0302	0·0303	+0·0001	
16	150	III	0·0071	0·0070	-0·0002	
17	150	III	0·0071	0·0072	+0·0001	
18	200	III	0·0107	0·0108	+0·0001	
19	250	III	0·0195	0·0192	-0·0003	Wie 7/8
20	300	III	0·0302	0·0302	0·0000	
21	150	IV	0·0053	0·0052	-0·0001	
22	200	IV	0·0071	0·0071	0·0000	
23	250	IV	0·0107	0·0107	0·0000	
24	300	IV	0·0195	0·0197	+0·0002	
25	100	V	0·0081	0·0081	0·0000	Sauer 5 cm ³ $\frac{n}{10}$ HCl
26	150	V	0·0081	0·0081	0·0000	» 5 »
27	200	V	0·0081	0·0080	-0·0001	» 5 »
28	100	V	0·0081	0·0081	0·0001	» 10 »

freien Lösungen. Im allgemeinen läßt sich jedoch sagen, daß neben dem Gelbrot des Niederschlages in der untenstehenden Flüssigkeit das Bläulich-rosa des Phenolptaleins recht gut erkennbar ist. Diese Fehler, welche im allgemeinen $0\cdot0001\text{ g}$ nicht überschreiten, werden sich kompensieren lassen, wenn man die Titerlösung auf eine Nickellösung von bekanntem Gehalt einstellt. Dies wird man am vorteilhaftesten so durchführen, daß man drei Bestimmungen ansetzt, bei der ersten Bestimmung 5 zu 5 cm^3 , bei der zweiten zuerst eine entsprechend größere Menge, dann von 1 zu 1 cm^3 und bei der dritten Bestimmung zum Schluß nur tropfenweise Titerlösung zufließen läßt. Bei Bestimmung 1 und 2 titriert man auf Rot, bei 3 auf Rosa.

Um die Neutralsalzwirkung bei dieser Reaktion zu untersuchen, wurden die Versuche 25 bis 28 mit sauren Lösungen von Nickelchlorid durchgeführt, die vor der eigentlichen Titration, wie bereits beschrieben, neutralisiert wurden. Es zeigt sich kein schädigender Einfluß, was auch deshalb von Wichtigkeit ist, weil man es bei der Anwendung der Methode meist mit sauren Nickelsalzlösungen zu tun haben wird, die vor der Titration neutralisiert werden müssen.

Um nun einerseits die schädlichen Einflüsse der Ablesefehler herabzumindern, andererseits die Methode auch für sehr kleine Nickelmenngen brauchbar zu machen und exakt auszugestalten, wurden Versuche mit einer $1/100$ normalen Titerlösung angestellt. Die verwendete Titerlösung enthielt im Kubikzentimeter $0\cdot00219\text{ g}$ Dimethylglyoxim und $0\cdot00058\text{ g}$ KOH, entsprechend $0\cdot000307\text{ g}$ Nickel, und hatte einen Normalfaktor von $0\cdot01012$. Die Nickellösung, die zu diesen Versuchen verwendet wurde, wurde, wie bereits oben beschrieben, hergestellt und enthielt $0\cdot000269\text{ g}$ Nickel im Kubikzentimeter. Ihr Nickelgehalt wurde gravimetrisch mit Dimethylglyoxim in 100 cm^3 bestimmt und zwei vollkommen übereinstimmende Werte erhalten. Die Stellung der Titerlösung erfolgte sowohl mittels $1/100$ normal-Salzsäure als auch auf eine neutrale Nickelösung von bekanntem Gehalt nach der auf der oben beschriebenen Methode und ergab noch in der fünften Dezimalstelle übereinstimmende Werte.

Bei diesen Verdünnungen ist Phenolptalein als Indikator unbrauchbar. Im Methylrot (*p*-Dimethylamino-azobenzol-*o*-carbonsäure), beschrieben von Rupp und Loose,¹ fand ich einen zur Titration mit der $\frac{1}{100}$ normalen Titerlösung sehr geeigneten Indikator. Der Farbenumschlag dieses Indikators, von dem ich 4 bis 6 Tropfen einer 0·2 prozentigen alkoholischen Lösung anwandte, ist auch in Gegenwart des Dioximinniederschlages deutlich. Er schlägt aus saurer Lösung von Rosa über Gelblichrosa in Gelb um, also ähnlich dem Methylorange, nur ist hier, wenn man mit reinen $\frac{1}{100}$ -Normallösungen arbeitet, eine Übergangsnuance kaum merkbar. Rupp und Loose² verbrauchen bei der Titration von 20 cm^3 $\frac{1}{100}$ normaler Salzsäure mit $\frac{1}{100}$ normaler Kalilauge vom ersten Umschlag bis zum deutlichen Umschlag $0\cdot07\text{ cm}^3$ $\frac{1}{100}$ normal-Lauge. Bei der Titration von Nickellösungen mit der $\frac{1}{100}$ -Titerlösung sieht man, wie die anfangs violettrosa Färbung der Lösung langsam verblaßt, einen gelblichen Stich bekommt und schließlich in Gelb umschlägt. Bei diesen Titrationen ergaben zahlreiche Versuche zwischen erstem und deutlichem Umschlag einen Verbrauch von $0\cdot2\text{ cm}^3$ Titerlösung. Diese größere Unsicherheit ist nicht auf die Anwesenheit des gelblichroten Dioximinniederschlages, der auch hier durch sein leichtes Zusammenballen nicht stört, sondern auf das Verblässen der Rosafärbung und darauf zurückzuführen, daß der eigentliche Farbenumschlag eben in dieser nur schwachen Färbung erfolgt. Dieser Unsicherheit würde ein Nickelwert von $0\cdot00006\text{ g}$ Nickel entsprechen und beträgt somit der aus der Unsicherheit des Farbenumschlages zu erwartende Fehler $\pm 0\cdot00003\text{ g}$ Nickel, ein Betrag, der wohl kaum in Betracht kommt.

Es wurde auch bei den Versuchen mit der $\frac{1}{100}$ normalen Titerlösung die Neutralsalzwirkung untersucht, indem einerseits salz-, schwefel- und salpetersaure Nickellösungen titriert und vor Beginn der eigentlichen Titration auf die gleiche Weise, wie bereits beschrieben, neutralisiert wurden (Tabelle III, Versuche 37 bis 42 und 46 bis 49). Auch Nickelchlorid-

¹ B. 41 (1908), 3905.

² l. c.

lösungen, denen bis zur 50fachen Menge ihres Nickelgehaltes Natriumchlorid zugesetzt wurde, wurden untersucht (Tabelle III, Versuche 43 bis 45.)

Tabelle III.

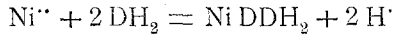
Nr.	Volum der titrierten Lösung in Kubikzentimeter	Der Nickel-lösung wurden zugesetzt Gramm Na Cl	Saure Nickel-lösung, enthaltend Kubikzentimeter $\frac{n}{10}$ -Säure	Gravimetrisch bestimmter Nickelgehalt	Maß-analytisch gefundener Nickelgehalt	Differenz
29	100	—	—	0·00539 g	0·00541 g	+ 0·00002 g
30	100	—	—	0·00539	0·00543	+ 0·00004
31	100	—	—	0·00674	0·00675	0·00000
32	150	—	—	0·00674	0·00674	0·00000
33	150	—	—	0·00809	0·00809	0·00000
34	150	—	—	0·00809	0·00804	- 0·00005
35	200	—	—	0·01079	0·01075	- 0·00004
36	200	—	—	0·01079	0·01078	- 0·00001
37	150	—	10 HCl	0·00561	0·00563	+ 0·00002
38	150	—	20 HCl	0·00561	0·00562	+ 0·00001
39	150	—	3 HCl	0·00674	0·00670	- 0·00004
40	150	—	4 HCl	0·00674	0·00671	- 0·00003
41	200	—	3 HCl	0·00944	0·00943	- 0·00001
42	200	—	4 HCl	0·00944	0·00941	- 0·00003
43	150	0·031 g	—	0·00539	0·00540	+ 0·00001
44	150	0·1560	—	0·00552	0·00548	- 0·00004
45	150	0·3122	—	0·00565	0·00562	- 0·00003
46	150	—	2·5 H ₂ SO ₄	0·00539	0·00541	+ 0·00002
47	150	—	5 H ₂ SO ₄	0·00539	0·00540	+ 0·00001
48	200	—	2·5 H ₂ SO ₄	0·00539	0·00542	+ 0·00003
49	200	—	10 HNO ₃	0·00539	0·00539	0·00000

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß die Differenzen tatsächlich nur selten den auf p. 289 angeführten Betrag überschreiten.

Bemerkt sei noch, daß bei allen Analysen ausgekochtes destilliertes Wasser verwendet wurde. Die angewendeten Jena-

glastitrierkolben wurden nach jeder Analyse, die sonst verwendeten Geräte, wie Büretten, Pipetten etc., nach je fünfmaligem Gebrauch durch stärkste Chromschwefelsäure gereinigt.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Bei der Reaktion:



werden für je ein entionisiertes Nickelatom zwei Wasserstoffatome ionisiert. Auf die Tatsache nun, daß in dem Augenblicke, in welchem alle bei der Reaktion entstandenen Wasserstoffionen in den nichtionisierten Zustand übergeführt werden, alles vorhandene Nickel sich als Dioximinsalz im Niederschlag befindet, wurde eine neue Methode zur maßanalytischen Bestimmung des Nickels gegründet. Dabei wird das Nickel aus einer neutralisierten Lösung durch eine alkalische Dimethylglyoximlösung ausgefällt und der Nickelgehalt aus dem Verbrauch an Alkali der Titerlösung, das zur Neutralisation der freigewordenen Säure erforderlich ist, bestimmt. Es wurde ferner gezeigt, daß ein Gehalt der zu titrierenden Lösung an Alkalisalzen starker Säuren die Resultate nicht beeinträchtigt. Ammon- und andere Metallsalze wurden auf ihren Einfluß noch nicht untersucht. Zur Titration wurden $\frac{1}{15}$ - bis $\frac{1}{100}$ -Normallösungen verwendet. Die Methode ist anwendbar, wenn die vorhandene Nickelmenge 0.03 g Ni nicht übersteigt und ist besonders mit Vorteil bei geringen Nickelgehalten von einigen Tausendstel Gramm zu verwenden.

Die Ausarbeitung einer maßanalytischen Trennungsmethode des Nickels von Kobalt und anderen Metallen der Schwefelammoniumgruppe, sowie das Studium des Einflusses schwacher, organischer und komplexbildender Säuren auf die erwähnte Reaktion behalte ich mir vor.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Karl Frenzel für seine mir bei der Durchführung dieser Arbeit stets gewährte wertvolle Unterstützung meinen herzlichsten Dank zu sagen.