

Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Januar 1938, Nummer 1 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

Autor(en): Hess, E. / Rongger, N.

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Schweizerische Lehrerzeitung**

Band (Jahr): **83 (1938)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ERFAHRUNGEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

JANUAR 1938

23. JAHRGANG • NUMMER 1

Das periodische System der Elemente*)

Von E. Hess, Kantonsschule Winterthur.

An den meisten Mittelschulen wird man es heute nicht mehr vermeiden können, von *Kernladung* und *Valenzelektronen* zu reden. Die beiden ersten Achter-Perioden zeigen ja überzeugend, wie mit jedem neuen Elektron die positive Wertigkeit der Elemente um eine Einheit wächst, die negative von der Kohlenstoffgruppe an ebenso sinkt. Da bei dieser Betrachtung nicht nur die Uebereinstimmung in den senkrechten Reihen, sondern auch das Fortschreiten in den waagrechtlich wichtig ist, so eignet sich dafür eine gewöhnliche Zusammenstellung als kurzzeilige Tabelle.

Bei unserem Versuch bedeutet die erste Ziffer in jedem Feld die Atomnummer (also auch die Kernladung und die Summe aller zu deren Ausgleich vorhandenen Elektronen). Dann folgt das Symbol des Elementes und sein (abgerundetes) Atomgewicht; darunter steht die Zahl der freien Elektronen. Dabei sind diejenigen Elektronen, welche sich gegenseitig stabilisieren, d. h. der gleichen vollständigen «Schale» angehören und Röntgenstrahlen verwandter Wellenlänge hervorrufen, durch runde Klammern (...) zusammengefasst. Die beim Helium vorhandene Zweiergruppe entspricht den K-Strahlen, die im Neon vollendete Achtergruppe den L-Strahlen; die M-Strahlen gehören zu derjenigen «Schale», welche beim Argon zunächst 8, vom Kupfer an endgültig 18 Elektronen umfasst. In ähnlicher Weise wächst die N-Schale auf 32 Elektronen an (Cassiopeium, Nr. 71), während die Schalen O und P nur einen provisorischen Abschluss finden bei Xenon (Nr. 54) und Emanation (Nr. 86). — In Wirklichkeit lassen sich die Elektronen einer Hauptquantenstufe (Schale) bekanntlich in mehrere Untergruppen gliedern; diese Unterteilung ist hier nicht berücksichtigt worden, obschon gerade sie die Teilabschlüsse verschiedener Schalen verständlich machen würde. Wenn eine Elektronengruppe noch nicht vollzählig, aber schon eine weitere angefangen ist, so sind die Ziffern der erstern in eckige Klammern [...] gesetzt. — Die Valenz-Elektronen sind durch Fettdruck hervorgehoben, sowohl wenn sie einer neu angefangenen, wie auch einer tiefern Schale entstammen; im letztern Fall gibt die fettgedruckte Zahl an, wie viele Elektronen aus dieser innern Schale bei chemischer Ionisierung *maximal* wieder *austreten* können. Umgekehrt ist jedes Elektron, das bei der Bildung negativer Ionen noch *aufgenommen* werden

könnte bis zur Vervollständigung der nächsten Edelgashülle, durch ° angedeutet.

Die ersten 20 Elemente, sowie die Nummern 30—38, 47—56 und 80—88 können nur aus der letzten angefangenen Gruppe Elektronen abgeben; hierher gehören die Elemente der sog. *Hauptgruppen* des periodischen Systems, wogegen die Vertreter der *Nebengruppen* meist auch aus tiefern Schalen Elektronen abspalten. Die Summe der veränderlichen Elektronen (fettgedruckte Ziffern) ist jedoch in der Haupt- und Nebengruppe einer Vertikalreihe immer gleich, und daraus ergeben sich ja alle diejenigen Uebereinstimmungen der Elemente, welche in der kurzzeiligen Form des periodischen Systems zum Ausdruck kommen.

Die Elemente der *Nebengruppen* sind auf der Tabelle durch dicke Umrahmung hervorgehoben, nämlich die vier Reihen Nr. 21—30, 39—48, 57 im Zusammenhang mit 72—80, sowie 89—92. Schreitet man in diesen waagrechtlichen Reihen zu Elementen mit höherer Kernladung vor, so bereichern die neu hinzutretenden Elektronen nicht die letzte Gruppe, sondern die *vorletzte*. Deshalb bleiben die Minimalwertigkeiten meist beim Werte 2, während die maximalen regelmässig nach rechts anwachsen. — Nur in der achten Gruppe (Nr. 26—28, 44—46, 76—78) nehmen die maximalen Wertigkeiten beim Eisen, Rhodium und Iridium wieder ab; hier liess sich die Anzahl der Elektronen, welche aus der vorletzten Schale austreten können, bis jetzt noch nicht aus dem Spektrum ableiten; sie beruht vorläufig *nur auf dem chemischen Verhalten*. Aehnliches gilt für Kupfer (Nr. 29) und Gold (Nr. 79).

Vom Cer (Nr. 58) bis zum Cassiopeium (Nr. 71) treten die neuen Elektronen in die *drittletzte* Schale (N) ein; das erste derselben kann — beim Cer — wieder abgegeben werden, so dass dieses Element vier Wertigkeiten erlangt; in der Fortsetzung werden nur noch ein Elektron aus der O- neben den beiden aus der P-Schale frei, woraus sich die Dreiwertigkeit und die sonstigen nahen Uebereinstimmungen der *seltener Erden* erklären. Beim Lanthan (Nr. 57) hat der Ausbau der N-Schale noch nicht angefangen; trotzdem rechnet der Chemiker auch dieses Element zu den seltenen Erden; denn es steht ja schon unter dem Einfluss der drei charakteristischen Valenzelektronen.

Weitere Besonderheiten fallen auf zwischen den Elementen Nr. 23 und 24, 40 und 41, 91 und 92. Aber die Betrachtung aller dieser Verhältnisse würde über den Rahmen des Mittelschulunterrichts hinausgreifen; höchstens in einem Schülervortrag oder in wahlfreien Ergänzungskursen (wie sie z. B. im Winterthurer Lehrplanentwurf von 1917 vorgesehen waren)

*) Vgl. den unter demselben Titel in Heft 3 des vorigen Jahrganges erschienenen Aufsatz des Verf.

könnten sie einen passenden Platz finden. Aber trotz diesen Vorbehalten scheint mir die Aufstellung einer Tabelle über die Gruppierung der Elektronen nicht überflüssig; denn sie zeigt, wie die einfachen Gesetze, die wir aus den ersten 20 Elementen ableiten, zwar

noch weiterhin gelten, aber Komplikationen aufweisen, von denen jede einzelne ihre besondere Abklärung verlangt. Und gerade dies mag geeignet sein, uns vor unbedachten Verallgemeinerungen im Unterricht zu bewahren.

Gruppierung der Elektronen im periodischen System der Elemente

						2. He 4 (2)						
1. H 1 1							8. O 16 (2) 6 ⁰⁰	9. F 19 (2) 7 ⁰	10. Ne 20 (2) (8)			
3. Li 7 (2) 1	4. Be 9 (2) 2	5. B 11 (2) 3	6. C 12 (2) 4 ⁰⁰⁰⁰	7. N 14 (2) 5 ⁰⁰⁰	8. O 16 (2) 6 ⁰⁰	9. F 19 (2) 7 ⁰	10. Ne 20 (2) (8)					
11. Na 23 (2) (8) 1	12. Mg 24 (2) (8) 2	13. Al 27 (2) (8) 3	14. Si 28 (2) (8) 4 ⁰⁰⁰⁰	15. P 31 (2) (8) 5 ⁰⁰⁰	16. S 32 (2) (8) 6 ⁰⁰	17. Cl 35,5 (2) (8) 7 ⁰	18. Ar 40 (2) (8) [8]					
19. K 39 (2) (8) [8] 1	20. Ca 40 (2) (8) [8] 2	21. Sc 45 (2) (8) [8+4] 2	22. Ti 48 (2) (8) [8+2] 2	23. V 51 (2) (8) [8+3] 2	24. Cr 52 (2) (8) [8+5] 1	25. Mn 55 (2) (8) [8+5] 2	26. Fe 56 (2) (8) [10+4] 2	27. Co 59 (2) (8) [14+4] 2	28. Ni 59 (2) (8) [15+4] 2			
29. Cu 63,5 (2) (8) [17+4] 1	30. Zn 65 (2) (8) (18) 2	31. Ga 70 (2) (8) (18) 3	32. Ge 72,5 (2) (8) (18) 4 ⁰⁰⁰⁰	33. As 75 (2) (8) (18) 5 ⁰⁰⁰	34. Se 79 (2) (8) (18) 6 ⁰⁰	35. Br 80 (2) (8) (18) 2+5 ⁰	36. Kr 83 (2) (8) (18) [8]					
37. Rb 85,5 (2) (8) (18) [8] 1	38. Sr 87,5 (2) (8) (18) [8] 2	39. Y 89 (2) (8) (18) [8+4] 2	40. Zr 91 (2) (8) (18) [8+2] 2	41. Nb 93,5 (2) (8) (18) [8+4] 1	42. Mo 96 (2) (8) (18) [8+5] 1	43. Ma (2) (8) (18) [8+6] 1	44. Ru 102 (2) (8) (18) [8+7] 1	45. Rh 103 (2) (8) (18) [11+5] 1	46. Pd 107 (2) (8) (18) [14+4]			
47. Ag 108 (2) (8) (18) [18] 1	48. Cd 112 (2) (8) (18) [18] 2	49. In 115 (2) (8) (18) [18] 3	50. Sn 119 (2) (8) (18) [18] 4 ⁰⁰⁰⁰	51. Sb 122 (2) (8) (18) [18] 5 ⁰⁰⁰	52. Te 127,5 (2) (8) (18) [18] 6 ⁰⁰	53. J 127 (2) (8) (18) [18] 7 ⁰	54. X 130 (2) (8) (18) [18] [8]					
55. Cs 133 (2) (8) (18) [18] [8] 1	56. Ba 137 (2) (8) (18) [18] [8] 2	57. La 139 (2) (8) (18) [18] [8+4] 2	58. Ce 140 (2) (8) (18) [18+4] [20] [8+4] 2	59. Pr 141 (2) (8) (18) [20] [21] [8+4] 2	60. Nd 144 (2) (8) (18) [21] [8+4] 2	61. [23] [24] [25] [26] [27] [28] [8+4] 2	62. Sm 150 (2) (8) (18) [8+1] 2	63. Eu 152 (2) (8) (18) [24] [25] [26] [27] [28] [8+1] 2	64. Gd 157 (2) (8) (18) [25] [26] [27] [28] [8+1] 2	65. Tb 159 (2) (8) (18) [26] [27] [28] [8+1] 2	66. Dy 162,5 (2) (8) (18) [27] [28] [8+1] 2	67. Ho 164,5 (2) (8) (18) [28] [8+1] 2
68. Er 167,5 (2) (8) (18) [29] [30] [8+4] 2	69. Tu 169 (2) (8) (18) [30] [31] [8+4] 2	70. Yb 173,5 (2) (8) (18) [31] [8+4] 2	71. Cp 175 (2) (8) (18) [32] [8+4] 2	72. Hf 178,5 (2) (8) (18) [32] [8+2] 2	73. Ta 181,5 (2) (8) (18) [32] [8+3] 2	74. W 184 (2) (8) (18) [32] [8+4] 2	75. Re 188 (2) (8) (18) [32] [8+5] 2	76. Os 191 (2) (8) (18) [32] [8+6] 2	77. Jr 193 (2) (8) (18) [32] [13+2] 2	78. Pt 195 (2) (8) (18) [32] [14+2] 2		
79. Au 197 (2) (8) (18) [32] [16+2] 1	80. Hg 200 (2) (8) (18) [32] [18] 2	81. Tl 204 (2) (8) (18) [32] [18] 3	82. Pb 207 (2) (8) (18) [32] [18] 4	83. Bi 209 (2) (8) (18) [32] [18] 5	84. Po 210 (2) (8) (18) [32] [18] 6	85.	86. Em 222 (2) (8) (18) [32] [18] [8]					
87.	88. Ra 226 (2) (8) (18) [32] [18] [8] 2	89. Ac 227? (2) (8) (18) [32] [18] [8+4] 2	90. Th 232 (2) (8) (18) [32] [18] [8+2] 2	91. Pa 230? (2) (8) (18) [32] [18] [8+3] 2	92. U 238 (2) (8) (18) [32] [18] [8+5] 1							

Die Verwendung der Hornwaage bei quantitativen chemischen Schülerübungen

Von N. Rongger, städtisches Gymnasium Bern.

Quantitative Schülerarbeiten haben gegenüber den qualitativen so viele Vorzüge, dass es sich lohnt, sie schon im Anfangsunterricht möglichst weitgehend zu verwenden.

Von den vielen Vorteilen seien nur erwähnt: Erziehung zu genauer Arbeit, besseres Bewusstsein der Bedeutung, welche die Mengenverhältnisse bei chemischen Vorgängen haben, und bessere Wertschätzung der Arbeit des Forschers.

Alle Versuche, bei welchen die Messungen teilweise oder ganz von Wägungen abhängen, haben einen grossen Nachteil: sie sind sehr zeitraubend. In langer Arbeit suchte ich, wie weit dieser Nachteil reduzierbar ist und welche Vorgänge sich eignen. Es werden hier nach wenigen allgemeinen Erfahrungen einzelne Versuche näher besprochen.

Allgemeines.

In erster Linie muss man sich klar sein, dass der Grad der Genauigkeit abzustufen ist, so dass wir vom Mittelschüler weniger verlangen als vom Studenten; es können daher die Versuche aus dem Hochschullaboratorium nicht einfach auf die Mittelschule übertragen werden. Als besonders wichtig erachte ich es, dass man die Genauigkeitsgrenzen bei ein und derselben Arbeit richtig abstimmt. Es ist z. B. wertlos, Wägungen auf 0,1 % genau auszuführen, wenn nachher Volummessungen folgen, welche (wegen der Ungenauigkeit der Messgefässe) auf ein und mehr % ungenau sind, oder wenn bei der Ausführung des Versuches durch Verluste usw. grössere Fehler regelmässig hinzukommen. Es fällt daher die analytische Waage ausser Betracht (von Einzelversuchen abgesehen), die *Hornwaage*, die sich in den technischen Laboratorien bewährt hat, ist auch für unsere Versuche massgebend. Nach kurzer Übung beansprucht eine Wägung (mit Aufstellen und Abräumen der Waage) nicht mehr als 5—10 Minuten Zeit, so dass einfache Versuche in einer Unterrichtsstunde erledigt werden können. Der Preis der Waage mit Gewichtsatz betrug bis jetzt 20—23 Fr., je nach Qualität, so dass eine Serie angeschafft werden kann. Da bei uns die Klassen bis zu 24 Schüler zählen, besitzen wir 24 Waagen, so dass «Frontarbeiten» ausgeführt werden können. Bei den gewöhnlichen Hornwaagen wird ein Gewichtsatz von 10 mg bis 50 g verwendet und die Wägungen können auf 5 mg genau ausgeführt werden. Unsere Waagen sind nach 25jährigem Gebrauch noch gut (Schnüre müssen etwa ersetzt werden und die Gewichte werden alle 5 Jahre kontrolliert und korrigiert).

Hornwaagen, welche bis auf 2 mg genau sind (mit Stahlkante auf Stahlschneide), sind nur wenig teurer, aber schon wesentlich umständlicher im Gebrauch, da sie in ruhiger Lage, vor Zug geschützt verwendet werden müssen. Nähere Auskunft erteilt der Schreibende gerne.

Als Beispiele von Synthesen eignen sich

1. Die Synthese von Schwefeleisen.

Wenn dieser Versuch auch schon oft beschrieben wurde, so stelle ich hier doch unsere Erfahrungen zusammen. Der Versuch zeigt besonders einfach, dass

auch bei verschiedenen Mischungsverhältnissen sich nur bestimmte Mengen verbinden, und es kann später die Berechnung des Äquivalentgewichtes angeschlossen werden.

Es sind drei verschiedene Versuchsarten ausprobiert worden.

a) In Jenaer Reagenzgläsern 16/80 mm.

Gewöhnliches Eisenpulver (fein gesiebt!) und gemahlener Schwefel werden auf Papierunterlagen abgewogen, dann in der Reibschale gleichmässig gemischt, auf die Papierunterlage zurückgeschüttet und in das abgewogene Reagenzglas gebracht. Es wird wieder gewogen, um die Verluste festzustellen. (Sie betragen 20—100 mg, eine gute Kontrolle der Arbeitsweise.)

Das Reagenzglas legt man, die Öffnung leicht nach oben gerichtet, auf ein Drahtnetz und dieses auf einen Dreifuss. Dann erhitzt man mit der Bunsenflamme die ganze Mischung bis sie an einer Stelle zur Reaktion kommt. Nachdem die Masse durchgeglüht hat, wird mit starker Bunsenflamme der überschüssige Schwefel vertrieben. (Bei grösserem Ueberschuss ist unter Abzug zu arbeiten.) Nach dem Abkühlen wiegt man wieder. (Resultate siehe am Schlusse.) Bei gewöhnlichen Reagenzgläsern 16/160 mm ist es viel mühsamer, den Schwefel wegzubringen. Dauer des Ausglühens 10—20 Min. — Nachteile dieses Verfahrens: Es springen immer einige Gläser. Geschieht dies nicht erst am Schlusse beim Abkühlen, so sind die Versuche verloren. Ferner lässt sich ein grösserer Ueberschuss an S nicht vertreiben, da er chemisch gebunden ist; man erhält nur in der Nähe der richtigen Mengenverhältnisse gute Werte.

b) Mit Asbestpapierunterlage.

Die Mischung wird gleich wie oben zubereitet. Dann wird ein Asbestpapier von 7×7 cm im Quadrat (vorher geschnitten) durch die Flamme gezogen, um den Klebstoff zu veraschen, und gewogen. Man lässt diese Unterlage in der Waagschale, schüttet die Mischung schön auf die Mitte und wiegt wieder. Nun wird das Drahtnetz direkt neben die Waagschale gebracht und das Asbestpapier mit der Pinzette vorsichtig auf das Drahtnetz hinübergezogen. (Vorsicht!, da das geglühte Asbestpapier brüchig ist.) Das Drahtnetz legt man auf einen Dreifuss und dann wird die Reaktion wieder mit einer Bunsenflamme eingeleitet. Nachher glüht man die Masse mit starker Bunsenflamme (von unten) aus. Es genügen 1—5 Minuten, je nach der S-Menge. Nach dem Erkalten wiegt man wieder. Den Transport auf die Waage besorgt man am besten über einer Papierunterlage, damit eventuell abfallende Teilchen nicht verloren gehen. Der feste «Kuchen» kann nach der Wägung auf übliche Weise untersucht werden.

Nachteile: Es muss mit dem Asbestpapier vorsichtig gearbeitet werden. Ein bis zwei Versuche pro Klasse verunglücken das erste Mal. Vorteile: Man erhält bessere Werte als im Reagenzglas. Bei geringem S-Gehalt darf nicht zu lange geglüht werden, da sonst der Rostprozess einsetzt. Praktisch kommt wenig Luft hinzu, immerhin riecht man immer deutlich SO_2 .

c) Im Porzellantiegel (30 mm hoch und 35 mm oberer Durchmesser).

Der Versuch wird in bedecktem, abgewogenem Porzellantiegel ausgeführt und dann wird in der Gebläseflamme geglüht. Es kann wiederholt geglüht und

gewogen werden, so dass man feststellen kann, wann der Schwefelüberschuss nicht mehr weiter vertrieben werden kann.

Nachteile: Es lassen sich nur Einzelversuche ausführen, da wohl immer nur wenige Gebläse zur Verfügung stehen. Der Schüler sieht ferner nichts vom Vorgang. — Vorteile: Die Resultate werden bei grösserem Ueberschuss an Schwefel am besten im Vergleich zu den andern Verfahren. Man wird daher einzelne Schüler mit dem Tiegel arbeiten lassen.

Gemäss den Erfahrungen arbeiten wir in der Klasse mit Asbestpapier (billigstes Verfahren) und wählen Mischungen von 5 g Eisen mit 2—5 g Schwefel.

Bei der Berechnung des Verbindungsverhältnisses muss natürlich der Verlust beim Mischen berücksichtigt werden, wobei man annimmt, dass der verlorene Teil gleich zusammengesetzt sei wie die übrige Mischung.

Einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn man 1 % mehr abwägen lässt und am Schluss die gewünschte Summe abwiegt. Beispiel: Es werden 5,05 g Eisenpulver und 3,03 g S abgewogen und dann 8,00 g der Mischung benützt.

Zusammenstellungen.

Berechnungsbeispiel:

1. Wägung. Tara: (geglühtes Asbestpapier) 0,78 g
2. Wägung. Brutto plus Mischung (5,00 + 3,00) 8,75 g
 Netto 7,97 g
3. Wägung. Brutto mit Rückstand 8,37 g
 Netto 7,59 g

Verlust beim Mischen 0,03 g, somit 4,98 g Eisen verwendet. Rückstand, auf 8,00 g Mischung umgerechnet: $7,97 : 8,000 = 7,59 : x$ $x = 7,62$ g. Somit sind $7,62 - 4,98 = 2,64$ g S gebunden.

Resultate bei Asbestpapierversuchen.

S-Menge	Zahl der Versuche	Gebundener Schwefel	
		Grenzwerte	Durchschnitt
2,00 g	4	1,95 - 2,03 g	2,00 g
(Lehrer	2	2,02 - 2,07 g	2,04 g)
3,00 g	8	2,58 - 2,86 g	2,72 g
(Lehrer	5	2,59 - 2,86 g	2,71 g)
3,50 g	2	2,83 - 2,88 g	2,85 g
(Lehrer	4	2,88 - 2,96 g	2,92 g)
4,00 g	8	2,77 - 3,03 g	2,93 g
(Lehrer	4	2,91 - 3,09 g	3,01 g)
5,00 g	4	2,82 - 3,00 g	2,93 g
(Lehrer	5	2,95 - 3,15 g	3,05 g)

Wie ersichtlich, variieren die Werte sehr stark. Theoretisch sollten 2,86 g S gebunden werden. Berzelius erhielt nach seiner Ausführung 2,93 g (Ostwalds Klassiker Nr. 35).

Die Lehrversuche hatten den Zweck, die Schülerarbeiten zu kontrollieren, wobei die Art des Erhitzens absichtlich ungleich gewählt wurde, um die Wirkungen zu beobachten. Ein Beispiel mag den Einfluss zeigen:

5,00 g Fe + 5,00 g S ergaben direkt nach der Reaktion in 2 Versuchen a) 2,94 g b) 3,03 g S geb.
Nach 1 Minute ausglühen 2,91 g 2,98 g » »
weiter 1 » » 2,85 g 2,93 g » »
weiter 1 » » 2,80 g 2,89 g » »
weiter 1 » » 2,79 g — g » »

Man kann also leicht richtige Resultate herauskünsteln, es ist aber richtiger, bei allen Versuchen nur kurz (1 Minute) zu glühen, sonst werden die Werte bei kleinern Schwefelmengen zu klein.

Die Zahlen zeigen deutlich, dass der gebundene Schwefel, auch bei grösserem Ueberschuss in der Mischung, nur wenig zunimmt.

Resultate im Porzellantiegel.

Es muss ziemlich lange und stark geglüht werden. Beispiel: 5,00 g Fe + 4,00 g S.

Versuch a)	10 Minuten geglüht	3,08 g S
	+ 10 »	» 3,03 » »
	+ 10 »	» 2,96 » »
Versuch b)	15 »	» 2,94 » »
Versuch c)	20 »	» 2,94 » »

Zusammenstellung der Resultate.

S-Menge	Zahl der Versuche	Gebundener Schwefel	
		Grenzwerte	Durchschnitt
3,00 g	2	2,67 - 2,85	2,76 g
(Lehrer	2	2,86 - 2,92	2,89 g)
3 50 g	2	2,72 - 2,97	2 85 g
4,00 g	3	2,89 - 3,02	2,97 g
(Lehrer	2	2,94 - 2,94	2,94 g)
5,00 g	2	2,97 - 3,11	3,04 g
(Lehrer	3	2,94 - 3,01	2,97 g)

Die Schwankungen sind hier auch bei den Schülerversuchen meist geringer, namentlich erhält man bei längerem Glühen einen konstanteren Wert als auf Asbestpapier. (Dass der «Ueberschuss» so schwer zu entfernen ist, erklärt sich aus dem Verhalten von Eisenkies, siehe später.)

Resultate im Reagenzglas. 16/80 mm.

		Durchschnitt:	
Bei 2,00 g S	4 Versuche	1,88—1,98 g	1,94 g S
» 3,00 » »	6 »	2,71—2,91 »	2,79 » »
» 4,00 » »	8 »	2,93—3,23 »	3,03 » »
» 5,00 » »	4 »	3,17—3,32 »	3,23 » »

Für Mischungen bis zu 3,00 g S eignet sich das Reagenzgläschen gut, bei höherem S-Gehalt nicht.

Diese Synthese ist naturgemäss in allen drei Ausführungen mit Fehlern behaftet. Jeder Schüler berechnet (bei Mischungen von 3,00 g S an), wieviel sein Resultat von dem wirklichen in Prozenten abweicht.

Beispiel: Gefunden: 2,72 g S, also $2,72 : 2,86 = x : 100$. $x = 95$ %.

Der Fehler beträgt somit — 5 %.

Die Wägefehler betragen z. B. auf 3,00 g S $\pm 0,005$ g = 0,2 % (ca.), können also ganz vernachlässigt werden.

Mischungsverluste von 0,05 g auf 8,00 g Mischung betragen ca. 0,6 %, sie können also praktisch auch vernachlässigt werden bei der Berechnung des gebundenen Schwefels, wenn sie nicht grösser sind als 0,05 g.

Es zeigt diese Synthese deutlich, dass genauere Wägungen das Endresultat nicht verbessern, da letzteres hauptsächlich von der Art und Dauer des Erhitzens abhängig ist. Schwankungen von ca. 0,20 g = 7—8 % sind bei dem nämlichen Ansatz innerhalb eines Klassenversuches regelmässig zu gewärtigen.

Die relativ geringe Zunahme des gebundenen Schwefels, wenn auch in der Mischung viel mehr verwendet wird, fällt doch jedem Schüler auf, abgesehen davon, dass bei offenem Versuch (auf Asbestpapier) man sieht, wie die Schwefelflamme um so grösser wird, je mehr Schwefel verwendet wurde.

(Schluss folgt.)