

II. Die mikrochemische Wage von Kuhlmann und das Wägen mit ihr.

Die vorzüglichen Leistungen W. Kuhlmanns auf dem Gebiete der Wagenbaukunst waren mir schon zu einer Zeit bekannt, als er noch die Werkstätte des erblindeten Paul Bunge in Hamburg leitete; denn schon in den 90er Jahren stand mir eine kurzarmige Wage dieser Herkunft zur Verfügung. Später arbeitete ich jahrelang ausschließlich mit einer analytischen Schnellwage (4b seiner Preisliste), wodurch ich mit den Vorteilen der Einrichtung

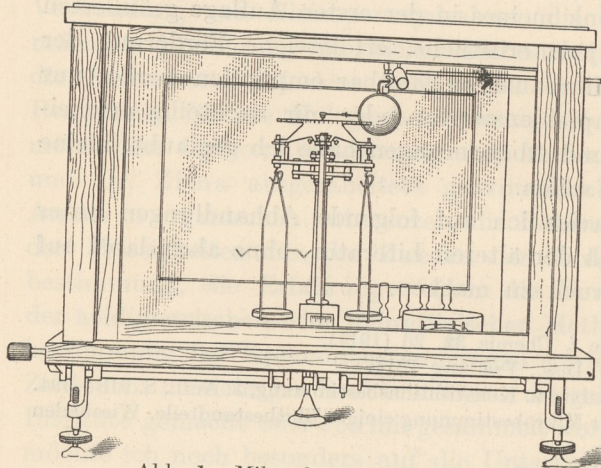


Abb. 1. Mikrochemische Wage.

Kuhlmannscher Wagen so vertraut wurde, daß es mir schwer fiel, mich anderer Wagen zu bedienen. Schon in jener Zeit baute Kuhlmann „Probierwagen für Edelmetalle“ mit 20 g Maximalbelastung. E mich, bei dem ich sie zuerst sehen konnte, erwähnt sie in seinem Vortrag über Mikrochemie¹⁾ als Beispiel dafür, daß es Wagen gebe, welche 1—2 Hundertel Milligramm sicher angeben, und zieht sie als Hilfsmittel für die Durchführung des sog. Zentigrammverfahrens in Betracht. In seinen und Donaus späteren Veröffentlichungen ist sie manchmal unter der Bezeichnung „Kleine Analysenwage von Kuhlmann“ zu verstehen. Ihre Leistungen und deren Handhabung beschrieb Donau in „Die Arbeitsmethoden der Mikrochemie 1913, S. 42—44.

Diese Probierwage ist die Vorgängerin der heutigen „Mikrochemischen Wage“, die Kuhlmann auf meinen Rat in besonderer Ausführung für die Zwecke der quantitativen Mikroanalyse baut²⁾.

¹⁾ Ber. d. d. chem. Ges. 43 (1910), S. 29. Sieh auch Monatsh. f. Chemie, Bd. 29 (1908), S. 1082. Abb. 1. Mikrochemische Wage.

²⁾ Hinzufügen möchte ich noch, daß Herr Kuhlmann nicht nur dieses Problem in so vollkommener Weise gelöst hat. Er hat auch andererseits die besten automatisch wirkenden Münz-Sortiermaschinen, sowie automatisch den

Bei einer Balkenlänge von nur 70 mm und einer zulässigen Maximalbelastung von 20 g zeigt die mikrochemische Wage im belasteten sowie im unbelasteten Zustande gleichbleibende Empfindlichkeit. Diese ungewöhnliche Leistung verdankt sie einerseits dem Umstande, daß die drei vollkommen geradlinigen Schneiden nicht nur in einer Ebene liegen, sondern auch untereinander parallel sind, und anderseits der Starrheit der Balkenkonstruktion, die auch bei der Maximalbelastung keine nachweisbare Durchbiegung gestattet. Sie wird stets mit einer an der Reiterverschiebung mitfahrenden Lupe, einem äquilibrirten Vorderschieber des Gehäuses, einer Aufhängevorrichtung an der linken Wageschale für meine Absorptionsapparate und endlich mit einer von der Regulierung der Empfindlichkeit unabhängig angebrachten Fahne mit Rädchen zur Nullpunktseinstellung ausgestattet. Infolge Verfeinerung der Methoden des Schneidenschliffes durch Kuhlmann, sowie nach der Ermittlung und Feststellung der bei ihrer Benutzung erforderlichen Umstände und zu beobachtenden Vor-sichten durch mich, sind wir heute in der Lage, mit diesem Instrument das Gewicht auch bei der zulässigen Maximalbelastung von 20 g mit einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ mg mühelos festzustellen. Ihre Empfindlichkeit beträgt demnach ein Zehnmilliontel = 10^{-7} ! Es ist vielleicht nicht zu viel gesagt, wenn ich meine, daß damit bisher der Höhepunkt im Bau von Präzisionswagen erreicht sein dürfte.

Diese Empfindlichkeit behält sie wunderbarerweise bei sachgemäßer, schonender Behandlung jahrelang bei; erst später, nach 8—10 Jahren, stellen sich Alterserscheinungen infolge kaum merklicher Abnutzung der Schneiden ein, die sich in einer rascheren „Ermüdbarkeit“ und damit in einer allerdings höchstens auf die Hälfte herabgesetzten Empfindlichkeit äußert. Daß unsachgemäße Behandlung viel rascher zu diesem Ziele und noch weiter führt, ist wohl selbstverständlich.

Die mikrochemische Wage übertrifft hinsichtlich ihres Anwendungsgebietes heute alle anderen Instrumente, mit denen wir

Verlust oder Zuwachs des Gewichtes registrierende analytische Wagen konstruiert. Siehe Dr. Anton Munkert: Münzplatten-Sortiermaschinen. ²In Dinglers polytechnischem Journal, 48. Jahrg., 1907, Bd. 322. Ferner: E. Abderhalden im Skandinavischen Archiv für Physiologie, Bd. 29, 1913, S. 75—83, mit 3 Tafeln, und in der Zeitschrift für Fermentforschung, 1915, Bd. I, Heft 2, S. 153—164, Heft 3, S. 229—232.

noch Gewichtsunterschiede von 0,001—0,002 mg zu bestimmen in der Lage sind; denn keines derselben besitzt eine Tragfähigkeit von 20 g, auch nicht eine solche von etwa nur 5 oder 10 g, und daher hat sich bei der mikrochemischen Wage nicht wie bei jenen Instrumenten das zu wägende Objekt in bezug auf Form, Gewicht und daher auch Anwendungsweise nach der Wage zu richten, sondern es kann jeder wie immer gestaltete Gegenstand, sobald wir ihn nur stellen, legen oder aufhängen können, bis zu einem Gewichte von 20 g darauf gewogen werden.

Zu den besonderen Eigentümlichkeiten der Kuhlmannschen Wagen, und dies gilt nicht nur für die mikrochemische Wage, sondern auch für seine größeren Modelle, von denen das Modell 4 A und 4 B als analytische Schnellwage in den verschiedensten Laboratorien eine große Verbreitung gefunden hat, gehört es, daß sie eine konstante Empfindlichkeit bei jeder Belastung zeigen, d. h. sowohl im unbelasteten Zustande als auch wenn die beiden Schalen mit dem höchsten zulässigen Gewicht beschwert sind, entspricht die Verschiebung des Reiters um einen Zahn am Reiterlineal einer Ausschlagsdifferenz von 10 Teilstrichen an der Skala der betreffenden Wage. Das Reiterlineal ist auch bei der mikrochemischen Wage mit 100 auf der Teilmaschine hergestellten Kerben ausgestattet, die vollkommen gleichartig geschnitten sind und dadurch den Reiter zwingen, namentlich wenn man ihn beim Einsetzen durch einen seitlichen Stoß in schwingende Bewegung versetzt, sich bis zum tiefsten Punkt der Kerbe „einzureiten“. Bei der mikrochemischen Wage steht ein Reiter von 5 mg Gewicht in Verwendung, und da die Wage so ausgestattet ist, daß sie sich im unbelasteten Zustande nur dann im Gleichgewicht befindet, wenn der 5 mg-Reiter in der ersten Kerbe links über dem linken Gehänge sitzt, so bewirkt eine Versetzung des Reiters in die 100. Kerbe, die sich über der rechten Gehängeschneide befindet, eine Belastung der Wage auf der rechten Seite mit 10 mg. Eine Reiterverschiebung um 10 Kerben entspricht daher nur einer Belastungsänderung von 1 mg und dementsprechend bedeuten die am Reiterlineal eingestanzten Ziffern unter jeder 10. Kerbe ganze Milligramme, wobei die Zählung von der mit Null bezeichneten ersten Kerbe über der linken Gehängeschneide nach rechts fortlaufend erfolgt. Eine Reiterverschiebung um einen Zahn nach

rechts bedeutet infolgedessen einen Belastungszuwachs von 0,1 mg auf der rechten Seite der Wage und gleichzeitig bringt die schwingende Wage dies dadurch zum Ausdruck, daß die Beobachtung der Ausschläge eine nach der linken Seite hin gelegene Ausschlagsdifferenz von 10 Teilstrichen der durch die Spiegelablesung vergrößert erscheinenden Skala aufweist. Daraus folgt aber weiter, daß eine Ausschlagsdifferenz von einem Skalenteilstrich 0,01 mg entspricht, und da man nach kurzer Übung mit Sicherheit die einzelnen Ausschläge der schwingenden Wage auf Zehntel eines Teilstriches schätzen lernt, so ergibt sich daraus, wenn alle anderen erforderlichen Bedingungen eingehalten sind, eine Sicherheit der Wägung mit einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ mg. Schwierigkeiten ergeben sich dabei nur für Personen, die mit starken Refraktionsanomalien behaftet sind, namentlich Astigmatiker, aber auch für höhergradige Myopen, insbesondere wenn sie nicht hinreichend korrigiert sind. Dabei ergibt sich noch der weitere Nachteil, daß solche infolge zu starker Annäherung ihres Kopfes an die Wage die Regelmäßigkeit deren Schwingungen durch das Atmen stören.

Bei der Ausführung so feiner Wägungen empfiehlt es sich, die Beobachtung der Ausschläge um den Mittelstrich der Skala als Nullpunkt gerechnet so vorzunehmen, daß man jeden 10. Teil eines Skalenteilstriches als Einheit nimmt und demzufolge z.B. den Ausschlag der Wage nach Rechts um 2,7 Teilstriche mit „27 rechts“ und einen darauffolgenden Ausschlag der Wage um 3,4 Teilstriche nach links mit „34 links“ bezeichnet. Die Ausschlagsdifferenz beträgt in diesem Falle „7 links“ d. h. von dem Gewichte, welches sich auf der rechten Wagschale befindet, vermehrt um das Gewicht der Reiterbelastung, ist der Betrag von 0,007 mg zu subtrahieren. Wären hingegen in dem herangezogenen Beispiele die beobachteten Ausschläge rechts und links vertauscht, so betrüge in diesem Falle die Ausschlagsdifferenz „7 rechts“, d. h. zu dem auf der rechten Wagschale befindlichen und durch die Reiterstellung bedingten Gewichte ist der Betrag von 0,007 mg zu addieren.

Es ist weiter empfehlenswert, die Größe zweier aufeinanderfolgender Schwingungen, wenn sie nach beiden Seiten vom Nullpunkt gerichtet sind, sofort nach der Beobachtung im Kopfe zu subtrahieren, oder wenn sich beide, sei es auf der rechten positiven oder linken negativen Seite der Skala befinden, im Kopfe zu

addieren. Nur der Anfänger wird in den ersten Tagen die Einzelbeobachtungen zu Papier zu bringen sich genötigt sehen; später gewöhnt man sich derart an diese kleine Kopfrechnung, daß man sie fast unbewußt leistet. Sie wird noch dadurch erleichtert, daß die mikrochemische Wage von Kuhlmann den Vorzug besitzt, einerseits so geringfügige und regelmäßige Abnahmen der Ausschläge (geringe Ermüdbarkeit) aufzuweisen, daß dadurch schon eine Erleichterung für die aufeinanderfolgenden Kopfrechnungen gegeben ist, und andererseits so konstante Ausschlagsdifferenzen zeigt, daß die Rechnungsergebnisse einer solchen Beobachtungsreihe fast immer identisch sind und nur selten, etwa unter 6 solchen Ergebnissen eines, höchstens zwei um eine Einheit, das ist nach dem früher Gesagten der 10. Teil eines Skalenteilstriches, entsprechend dem Betrage von 0,001 mg abweichen.

Diese Art der Schwingungsbeobachtung ermöglicht es auch jederzeit, ein Wägungsergebnis auf seine Richtigkeit zu prüfen; denn wie aus dem früher Gesagten hervorgeht, ist bei einer auf der rechten, positiven Seite der Skala gelegenen Ausschlagsdifferenz ihr Betrag dem Gewichte, das durch die auf der rechten Wagschale befindlichen Gewichtsstücke und die Reiterstellung bedingt ist, zu addieren, bei einer auf der linken, negativen Seite der Skala gelegenen Ausschlagsdifferenz zu subtrahieren. Verrücken wir demnach den Reiter, wenn die Ausschlagsdifferenz einen positiven Wert gezeigt hat, um einen Zahn nach rechts, so wird hernach die Schwingungsbeobachtung eine negative, d. h. eine linksseitige Differenz ergeben müssen, die zur früher beobachteten positiven Ausschlagsdifferenz addiert, den Wert von 100 ergeben muß. Dies ist auch der Weg, wie man sich von der richtig eingestellten Empfindlichkeit der unbelasteten und maximal belasteten Wage mit Leichtigkeit überzeugen kann.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die zweckmäßige Aufstellung der Wage. Als das beste hat sich eine Marmorkonsole bewährt, die auf Eisenträgern aufruhrt, welche in die Wand einmontiert sind. Zwischen Marmorplatte und den eisernen Konsolträgern wird als nicht federndes Auflagematerial am besten Bleiblech verwendet. Noch wichtiger als die erschütterungsfreie Aufstellung der Wage ist die Wahl des Ortes, wo sie aufgestellt werden soll, mit Rücksicht auf Beleuchtung und Beheizung des betreffenden Raumes; während nämlich die mikrochemische Wage durch

vorüberfahrende Wagen der Straßenbahn gar nicht oder kaum in ihrer präzisen Funktion beeinflußt wird, ist sie gegen Luftströmungen, die weniger um sie herum als in ihrem Wagengehäuse ausgelöst werden, empfindlich. Es ist daher zweckwidrig, diese Wage vor einer Wand aufzustellen, in deren Innerem ein Heizschlauch verläuft. Man darf sie auch nicht neben einem Ofen, wohl aber an der einem Ofen gegenüberliegenden Wand aufstellen. Sie soll nie von einem Sonnenstrahl getroffen werden und man beachte auch, daß sich die Lichtquelle zu ihrer Beleuchtung nicht in unmittelbarer Nähe befindet. Alle die genannten Einflüsse bedingen Nullpunktverschiebungen, die, wenn sie geringfügig sind und zu einem bleibenden Werte führen, wie z. B. der Übergang vom Tageslicht zur künstlichen Beleuchtung, die Exaktheit der Wägungen nicht beeinträchtigen. Den Einfluß der Lichtquelle konnte ich in neuerer Zeit durch Einführung der Deckenbeleuchtung im hiesigen Wagenzimmer mit einer 600kerzigen Halbwattlampe völlig ausschalten. Die höchste Unempfindlichkeit gegenüber der künstlichen Lichtquelle hat Herr Prof. v. Euler in der Hochschule zu Stockholm dadurch erreicht, daß er über die Marmorkonsole und Wage einen Verschlag aus verglasten Seitenwänden und Türen, die vom Boden bis über Kopfhöhe reichen, bauen und die Glühlampe zur Beleuchtung der Wage außerhalb der Deckenscheibe, knapp darüber, anbringen ließ.

Hat man keinen so günstigen Ort für die Aufstellung der Wage ausfindig gemacht, um von Nullpunktverschiebungen vollständig unabhängig zu sein, so muß namentlich bei Trocknungen von Substanzen, die sich auf Stunden und Tage erstrecken, darauf Rücksicht genommen werden. Für die Berechnungen der erfolgten Gewichtsveränderungen haben sich folgende Sätze in der Praxis bewährt:

1. Die Nullpunktverschiebung ist die Anzahl Tausendstel Milligramm, um die die unbelastete Wage bei der nach längerer Zeit vorgenommenen zweiten Prüfung anders einspielt als bei der ersten. Sie ist positiv, wenn die Wanderung von links nach rechts erfolgt ist, im entgegengesetzten Falle negativ.

2. Man findet das wahre Gewicht der getrockneten Substanz, indem man die Nullpunktverschiebung mit entgegengesetztem Vorzeichen addiert; d. h. die positive Nullpunktverschiebung muß vom ermittelten Gewicht des Objektes subtrahiert, die negative hingegen addiert werden.

Von dem Einfluß der Luftströmungen im Innern des Wagengehäuses kann man sich mit Leichtigkeit durch zwei Experimente überzeugen: legt man in die Nähe der linken Wageschale einen höher oder tiefer temperierten Körper, etwa einen Kupferblock, so wird man im ersten Falle eine Nullpunktverschiebung nach links, im anderen Falle eine Nullpunktverschiebung nach rechts nach kurzer Zeit wahrnehmen können und die Rückwanderung des Nullpunktes erfolgt nach Entfernung dieser Kupfermasse bis zur Erreichung der ursprünglichen Nullpunktslage. Auch das Berühren der Seitentüren der geschlossenen Wage mit der flachen Hand hat eine Nullpunktverschiebung zur Hand zur Folge. Darauf folgendes Öffnen des Schiebers und der beiden Seitentüren führt wieder die ursprüngliche Nullpunktslage herbei. Daraus folgt, daß man während der Wägung außer dem zu wägenden Körper in das Wageninnere keine bis zu diesem Zeitpunkt außerhalb des Wagengehäuses befindlich gewesenen Gegenstände, wie die Gewichtspinzette, Kupferblock und Ähnliches hineinbringen und darin liegen lassen soll, andererseits aber, daß man Objekte, welche beim Wägen stets notwendig gebraucht werden und das sind die Gewichte, die entsprechenden Taragewichte und Tarafläschchen sowie den zum Füllen der letzteren notwendigen Schrotvorrat dauernd im Wagengehäuse verwahren soll, wo sie überdies am besten vor Staub geschützt sind. Infolge der allgemeinen Einführung der Tarawägung im Jahre 1912 habe ich von den der mikrochemischen Wage beigegebenen Gewichten nur wenige benützt und dies sind das 50-, die zwei 20- und das 10-mg-Gewicht. Diese müssen zeitweise auf ihre Richtigkeit geprüft werden, denn merkwürdigerweise werden sie nach jahrelangem Gebrauch etwas schwerer. Abpinseln, Abwaschen mit Wasser und Alkohol und endlich vorsichtiges Polieren auf Tuch oder im äußersten Falle auf rauhem Papier bringen sie wieder auf die erforderliche strenge Gewichtsübereinstimmung mit dem Reiter. Sie werden am besten in einem flachen niedrigen Schälchen, dessen Boden mit schwarzem Samt bedeckt ist, in der Wage aufbewahrt. Aus dem früher gesagten Grund verweile man mit der linken Hand nicht länger an der Wage, als man unbedingt zur Lösung oder Schließung ihrer Arretierung braucht, und mache es sich zum Grundsatz, vor Beginn jeder Reihe von Wägungen die Wage geöffnet stehen zu lassen, damit ein völliger Ausgleich etwa vorhandener Temperatur- und Feuch-

tigkeitsdifferenzen zwischen dem Innern derselben und dem Wagenzimmer eintritt. Wir bezeichnen das schon lange als „Klimausgleich“.

Von Zeit zu Zeit wird es auch bei der größten Sorgfalt und Reinlichkeit zu empfehlen sein, die Wage einer völligen Reinigung zu unterziehen. Insbesondere dann, wenn es sich zeigen sollte, daß die Arretierungskontakte kleben und die Wage bei Lösung der Arretierung nach einer Seite hin gerissen wird. Unsauberes Manipulieren beim Aufstellen der neuangekommenen Wage kann die Ursache dieser Erscheinung auf lange Zeit hinaus bilden.

Man öffnet die Türen, entfernt beide Schieber, demontiert die Wage durch Abnehmen der Schalen, Gehänge und des Balkens, die man zweckmäßigerweise auf einen der beiden horizontal hingeleghen Schieber in richtiger Reihenfolge hinlegt, reinigt zuerst die Grundplatte mit feuchter Gaze, reibt Schalen und Gehänge mit fett- und säurefrei gewaschenem und scharf getrocknetem Rehleder ab, pinselt insbesondere das gezähnte Reiterlineal am Balken sorgfältig aus und reibt sämtliche 12 Arretierungskontakte, die sich sowohl am Balken, an den Gehängen als auch an der Arretierungsvorrichtung der Säule befinden, mit trockenem Rehleder energisch ab.

In einem Falle fast unbehebbar scheinenden „Klebens“ der Arretierungskontakte konnte ich mir schließlich damit helfen, daß ich die Kontakte, und zwar die Pfannen sowohl wie die halbkugeligen Kontakte mit einem Brei von zuvor geglühtem Federweiß und Alkohol bestrich und nach dem Trocknen mit Rehleder das angetrocknete Federweiß wegwischte. Zum Schlusse reinigt man ebenfalls mit trockenem Rehleder die Schneiden und die entsprechenden Auflagen am besten unter Kontrolle mit einer Uhrmacherlupe, die sich überhaupt für das Montieren der Wage und für mikroanalytische Arbeiten als unentbehrliches Instrument in der Tasche des Mikroanalytikers stets befinden sollte. Nun wird die Wage wieder zusammengesetzt und geprüft, ob sich ihr Nullpunkt wesentlich verschoben hat. Letzteres ist immer der Fall, wenn man an der Fahne angekommen ist. Ist die Nullpunktverschiebung groß, so wird sie mittels des Rädchens an der Fahne annähernd korrigiert. Es muß bemerkt werden, daß das Anfassen desselben mit den Fingern eine neuerliche länger nachwirkende Nullpunktverschiebung zur Folge hat und daß es daher für die

Korrektur kleinerer Abweichungen besonders zu empfehlen ist, das Rädchen¹⁾ mit einer Pinzette anzufassen, um die Erwärmung der Fahne völlig zu vermeiden. Die letzte Feineinstellung des Nullpunktes, wobei es sich um die Korrektur von nur 0,01—0,02 mg handelt, erfolgt am besten mit den beiden Stellschrauben des Gehäuses.

Einiger Umstände möchte ich noch gedenken, die imstande sind, die klaglosen Leistungen dieser Wage zu beeinträchtigen. Dies sind feinste Härchen, welche sowohl unter die Mittelschneide wie unter eine Gehängeschneide gekommen sein können, und endlich Härchen an der Zeigerspitze, die dort eine Bremsung der schwingenden Wage und schon ein ganz abnormales Verhalten derselben bedingen können. Die Auffindung solcher Mängel gelingt dem Unerfahrenen kaum, wenn er darüber nicht unterrichtet ist.

Von größter Wichtigkeit für die Leistungen einer Wage ist, daß die ihr beiliegende Anleitung zu ihrer Aufstellung vorerst gelesen und dann aufs genaueste befolgt wird, denn dabei fügt ihr der stürmische Anfänger am leichtesten schwere Schäden zu.

Während die Nullpunktslage der Wage beim Auseinandernehmen und Reinigen derselben in der Regel eine Änderung erfährt, weil es kaum zu vermeiden ist, die Fahne, die das Laufgewicht trägt, zu berühren, wird durch die genannten Hantierungen, wenn sie nur halbwegs sorgfältig vorgenommen werden, die Empfindlichkeit niemals geändert, weil die beiden vertikal beweglichen als Laufgewichte zur Einstellung der richtigen Empfindlichkeit dienenden Gegenschrauben so fest gezogen sind, daß ihre Lage bei einiger Sorgfalt überhaupt nicht geändert werden kann, seit ich die Anregung gegeben habe, die Fahne für die Nullpunkteinstellung nicht mehr zwischen diesen beiden Gegenschrauben einzuklemmen, sondern unabhängig davon gesondert am Balken anzubringen. Von wirklichen Empfindlichkeitsänderungen, wie sie nur durch schwere Insulte herbeigeführt werden können, sind aber solche wohl zu unterscheiden, die durch längere Erwärmung der Vertikalschraube mit den Fingern bedingt sind.

Für die Wägung von Objekten, die immer wieder zur Verwendung kommen, wie z. B. das Schiffchen bei der Kohlenstoff-

¹⁾ Statt des früheren Rädchens bringt jetzt H. Kuhlmann ein leichtes Fähnchen mit leichten Flügeln an, womit die Nullpunkteinstellung besonders leicht zu bewerkstelligen ist.

bestimmung, der Mikroplatintiegel, der Mikro-Neubauertiegel, Filterröhrchen, sowie Absorptionsapparate, empfiehlt es sich, passende Taren anzufertigen. Solche sind in technischen Laboratorien schon lange in Gebrauch. Für das Platinschiffchen bereitet man sich eine Tara aus dickem Aluminiumdraht (Abb. 2a), der zweimal so abgebogen wird, daß seine drei geradlinigen Drittel den Kanten eines Tetraeders entsprechen, wie aus der beigetzten Abbildung zu ersehen ist. Diese Drahttara wird so zugefeilt, daß bei aufgelegtem Schiffchen und aufgelegter Tara der Reiter der Wage auf einen der Zähne in der Umgebung des ersten Milligramms zu sitzen kommt, daß also infolgedessen die Substanzwägung ohne Zuhilfenahme von Gewichten nur mit Hilfe der Reiterverschiebung und der Zeigerablesung vorgenommen werden kann. So gestaltete Aluminiumtaren empfehlen sich auch für die Wägelöhrchen samt Halter für die Substanzwägung bei der Stickstoffbestimmung.

Sehr bequem und angenehm sind kleine Taren aus feinem Aluminiumdraht von etwa 5 mg Gewicht, weil sie es einem im Notfalle rasch ermöglichen, bei Stellung des Reiters im Bereich der ersten Milligramme Gleichgewicht zu erzielen.

Für schwerere Objekte, wie die übrigen schon genannten, verwende ich dünnwandige Glasfläschchen von der Form der Abb. 2b, die von der Firma Kuhlmann in Hamburg mit fortlaufenden römischen Ziffern numeriert bezogen werden können, so daß also für jedes der genannten Objekte ein besonderes Tarafläschchen durch Füllung mit der entsprechenden Menge kleinen Bleischrotens (sog. Vogeldunst = Schrot Nr. 15) herzustellen ist.

Es empfiehlt sich, bei der Herstellung einer Tara im Fläschchen für eines der genannten größeren Objekte sich zuerst größeren Schrotens zu bedienen, während neben dem Fläschchen auf der rechten Wageschale ein 50- oder 100-mg-Gewicht liegt. Sobald die Wage nach links ausschlägt, ersetzt man die Gewichte durch ein oder zwei feine Schrotkörner und fährt mit dem Einfüllen solcher fort, bis die Wage wieder nach links umschlägt. Auf diese

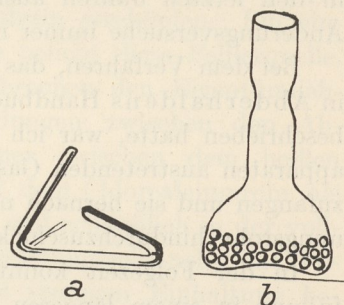


Abb. 2. a) Aluminiumtara für das Schiffchen. b) Tarafläschchen mit Schrot. (Natürl. Größe.)

Weise kommt man am raschesten zum Ziele und die kleine Arbeit, die einem die Bereitung einer entsprechenden Tara verursacht, lohnt sich reichlich bei allen späteren Wägungen.

III. Die Bestimmung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes in kleinsten Mengen organischer Substanzen.

Die im Jahre 1910 von mir in Angriff genommene mikroanalytische Methode der Bestimmung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes in organischen Substanzen hat bis zum Jahre 1916 mannigfache Veränderungen und manche einschneidende Wendung erfahren, bis sie in die endgültige Form gebracht wurde, die uns in den letzten Jahren ausnahmslos befriedigt hat, weil weitere Änderungsversuche immer nur nachteilige Folgen gezeitigt haben.

Bei dem Verfahren, das ich in meiner ersten Veröffentlichung in Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden beschrieben hatte, war ich gezwungen, die aus den Absorptionsapparaten austretenden Gase in einem Quecksilbergasometer aufzufangen und sie hernach nochmals durch das glühende Verbrennungsrohr hindurchzuschicken, um korrekte Werte zu erlangen.

In der Folgezeit konnte ich durch Vermehrung der Rohrfüllung in einem längeren Rohre auf diese zweite Durchleitung verzichten; dabei blieb aber der Quecksilbergasometer einige Zeit hindurch noch in Anwendung, um als Saug- und Kontrollapparat für die Druckverhältnisse im Innern der Absorptionsapparate zu dienen. In dieser Zeit wurden auch schon Absorptionsapparate angewendet, die in bezug auf Gewichtskonstanz, nicht aber in bezug auf Leichtigkeit und Einfachheit der Behandlung den höchsten Anforderungen entsprachen. Über diesen Stand meiner Untersuchungen hat Herr Dr. Johann Dubsy, der sich meine damaligen Methoden in meinem Innsbrucker Institute während eines länger dauernden Besuches angeeignet hatte, einen Bericht in der Cöthener Chemiker-Zeitung¹⁾ veröffentlicht. Schon in jener Zeit ist es gelungen, die erforderliche Substanzmenge so weit herunterzudrücken (bis unter 2 mg), daß damit weit mehr erreicht war, als ich mir ursprünglich zum Ziele gesetzt hatte.

Die Erfahrungen, die beim Gebrauch des Quecksilbergasometers gemacht wurden, lehrten die Wichtigkeit der Druck-

¹⁾ Jahrg. 38, S. 505.