

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1888. Heft 14.

Neue Methode zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft für hygienische Zwecke.

Von

G. Lunge und A. Zeckendorf.

Dass eine schnell und ohne grösseren Apparat ausführbare Methode zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft ein wirkliches Bedürfniss der praktischen Hygiene ist, braucht längst nicht mehr erwiesen zu werden. Eine solche Methode ist schon vor längerer Zeit von R. Angus Smith ermittelt worden, und ist in einer etwas abgeänderten Form durch den Einen von uns im Jahre 1877 dem deutschredenden Publikum zugänglich gemacht worden¹⁾). Der damals beschriebene „minimetrische Apparat“ beruhte darauf, dass die Luft mittels einer Kautschukbirne durch Kalkwasser oder Barytwasser hindurchgepresst wird, bis dasselbe eine eben merkliche Trübung zeigt. Je mehr Birnenfüllungen hierzu erforderlich sind, desto reiner ist die Luft. Später ist eine hiermit in allen wesentlichen Stücken identische Methode von Wolpert beschrieben worden. Diese minimetrische Methode hat den Nachtheil, dass der Endpunkt der Reaction, also der erste Eintritt der Trübung, nicht mit genügender Schärfe hervortritt, dass er je nach der Beleuchtung ganz verschieden geschätzt werden kann und bei mangelhafter Beleuchtung überhaupt gar nicht zu erkennen ist. Auch die von dem Einen von uns bei der neuen Einführung der Methode angewendeten Abänderungen haben diese Übelstände keineswegs gehoben.

Als derselbe 1876 und 1877 über diesen Gegenstand arbeitete, suchte er nach einem Reagens, welches den Endpunkt der Reaction durch eine Farbenveränderung bezeichnen und dadurch deutlicher machen würde, konnte aber damals keinen passenden Indicator auffinden. Seit jener Zeit hat sich nun das Phenolphthalein als hierzu tauglich erwiesen, und ist auch von mehreren Chemikern zur Prüfung der Luft auf Kohlensäure vorgeschlagen worden, wie von Blochmann²⁾,

¹⁾ Zur Frage der Ventilation, Zürich 1877, von G. Lunge.

²⁾ Z. anal. 1884 S. 333.

Balló³⁾, Schaffer, Wolpert⁴⁾. Allen diesen Apparaten muss aber der Einwurf gemacht werden, dass sie entweder für den praktischen Gebrauch des Fabrik- und Schulinspectors, des Arztes u. s. f. immer noch zu wenig einfach sind (ohne dabei einen irgend erheblichen Grad von Genauigkeit beanspruchen zu können), oder dass sie umgekehrt zwar äusserst einfach, aber denn doch gar zu unvollkommen in ihrer Wirkung sind. Auch werden einige derselben dadurch vertheuert, dass die Erfinder Patente darauf genommen haben. Die Folge von alledem ist, dass diejenigen Behörden, welche solche Apparate gebrauchen möchten, sich hiervon zu ihrem Bedauern vielfach abgehalten sehen. Noch viel weniger können sie daran denken, die genauen, aber viel zu umständlichen Methoden von Pettenkofer, Pettersson u. A. anzuwenden. Es wurde daher in dem schweizerischen Fabrikinspectorat dem Einen von uns der Wunsch ausgesprochen, den sonst sehr beliebten minimetrischen Apparat in passender Weise abzuändern, und ist dies in der That, wie man sehen wird, gelungen. Vorher seien aber noch einige Worte der Kritik gestattet, welche die Wünschbarkeit einer neuen Methode speciell erweisen sollen.

Blochmann bedient sich einer Halbliterflasche, in welche hintereinander kleine Volumina Kalkwasser eingegossen werden, von denen schon eines dem „Normalgehalte“ der Luft an Kohlensäure entspricht, so lange bis die rothe Färbung des Phenolphthaleins verschwunden ist. Balló wendet ebenfalls eine Halbliterflasche an, in deren Hals eine kleine Bürette steckt, aus der man eine mit Chlorbaryum versetzte, durch Phenolphthalein rothgefärbte Natron- oder Kalilauge in kleinen Portionen zufließen lässt, wobei man zwischen jedem Zusatze längere Zeit schüttelt, bis Entfärbung eintritt. In beiden Fällen muss man einen ziemlich umfangreichen Apparat anwenden, der doch nur ein begrenztes Volumen Luft enthält, und nehmen auch beide Autoren selbst für ihre Methoden nur ungefähre Schätzungen auf „Normalgehalt“ oder Überschreiten desselben in Anspruch. Schaffer und Wolpert verwerthen die Entfärbung einer mit Phenol-

³⁾ Ber. deutsch. G. 1884 S. 1097; D.R.P. No. 32 426; Jahresb. 1885 S. 419.

⁴⁾ D.R.P. No. 39 382; Jahresb. 1887, 225.

phtalein gefärbten Lösung von Natriumcarbonat durch Übergang in Bicarbonat auf einem damit getränkten Filtrerpapier oder Bindfaden, welche einfach der Luft des zu untersuchenden Raumes ausgesetzt werden. Hier kommen aber so viele Zufälligkeiten (Luftströmungen u. dgl.) in's Spiel, und ist zudem die Entscheidung über den Endpunkt der Reaction so unsicher, dass die mit diesen, allerdings genügend einfachen Verfahren erhaltenen Ergebnisse denn doch einen gar zu geringen Grad von Zuverlässigkeit beanspruchen und gewiss nicht selten directe Täuschungen veranlassen können.

Weit bessere, und nach unseren Ermittelungen sogar einen verhältnismässig hohen Grad von Genauigkeit erreichende Ergebnisse bekommt man durch Anwendung der Phenolphthalein-Methode auf den minimetrischen Apparat. Es stellte sich jedoch heraus, dass derselbe in seiner früheren Gestalt nicht sehr tauglich für den vorliegenden Zweck ist. Mit der früher angewendeten Kautschukbirne von ungefähr 22 cc Inhalt muss man entweder ausserordentlich lange arbeiten, oder aber enorm verdünnte Lösungen anwenden, um das Endresultat zu erreichen; ersteres ist ungemein lästig und praktisch kaum durchführbar, letzteres kann grosse Täuschungen verursachen, da so verdünnte Lösungen sich gar zu leicht verändern, und der Farbenübergang dann auch unsicher wird. Daher musste zu einer grösseren Kautschukpumpe übergegangen werden. Ferner hat es sich als sehr bequem und bei oftmaligem Gebrauche des Apparates kaum zu umgehen gezeigt, die Kautschukpumpe gleich mit Ventilen zu versehen, wie sie ja für medicinische Zwecke ebenfalls gebraucht werden. Nach verschiedenen Versuchen, welche Herr Bertschinger, Kautschukwaarenfabrikant in Fluntern-Zürich, für uns anzustellen die Güte hatte, haben sich Ventile nach Art der Herzkammerklappen am besten gezeigt. Wir verwenden nunmehr eine grössere, mit solchen Ventilen versehene Kautschukpumpe, welche sich immer noch bequem mit der Hand zusammendrücken lässt und dabei bei jedem Druck eine ziemlich constante Menge Luft abgibt. Bei einer Anzahl von Messungen erhielt man: 70 — 68 — 72 — 68 — 71 — 72 — 71,5 cc, im Mittel also 70,3 cc, mit $\pm 1,7$ Abweichung. Beim praktischen Gebrauche würde diese Abweichung vom Mittel nur einen Fehler verursachen, der bei den kohlensäureärmeren Gemischen in die dritte oder gar die vierte Decimalstelle der Procente käme, und daher durch die genauesten bekannten Methoden der Kohlensäurebestimmung (Pettenkofer's u. a.) nicht mehr zu er-

mitteln wäre; aber auch bei den höheren Gehalten ist er für alle vorkommenden Zwecke ganz ohne Einfluss. Wir haben auch eine mechanische Pressvorrichtung construirt, mit Hilfe deren wir erheblich constantere Zahlen für die verschiedenen Operationen bekamen, z. B. $75\frac{1}{2}$ — $76\frac{1}{2}$ — 76 — 76, aber eine solche Maschine würde nicht nur die leichte Transportabilität des Instrumentes und damit dessen eigentlichen Zweck: Gebrauch in den Händen des Arztes, Fabrikinspectors u. dgl. schwer beeinträchtigen, sondern bei ihrem Gebrauch stellte sich auch die Handhabung viel ermüdender als beim directen Zusammenpressen mit der Hand heraus, so dass wir von der Anwendung der mechanischen Pressvorrichtung abgesehen haben.

Es liess sich ferner daran denken, die Kautschukbirne durch eine gläserne oder metallene Pumpe nach Art der Magenpumpen u. a. zu ersetzen, wobei man natürlich genauere Übereinstimmung der einzelnen Füllungen erreichen kann. Aber auch dies würde die Handlichkeit und Transportfähigkeit des Apparates aufheben und zugleich seinen Preis um das Mehrfache erhöhen. Für den Hauptzweck unseres Apparates, als praktischer „Luftprüfer“ zu dienen, wird also die Kautschukbirne vorzuziehen sein.

Der grössere Inhalt der jetzt gewählten gegenüber der früheren Kautschukpumpe bedingte auch eine etwas grössere Flasche zur Ausführung der Reaction. Immerhin konnten wir mit einer solchen von 110 cc Inhalt vollkommen gute Resultate erhalten, wobei 10 cc auf das Reagens, 100 cc auf den Luftinhalt kommen. Es stellte sich als zweckmässig heraus, die Luft nicht durch den Apparat hindurch zu saugen (wobei Undichtigkeiten am Kork leicht grosse Fehler verursachen), sondern hineinzupressen.

Beistehende Figur 156 zeigt den von uns benutzten Apparat in $\frac{1}{4}$ Naturgrösse. Die etwas schlanke Flasche A trägt unten eine rings herumlaufende Marke, welche die Füllung = 10 cc für das Reagens anzeigt. Natürlich kann man mit Hilfe einer Pipette dieses Quantum viel genauer abmessen und wird dies überall thun, wo die Pipette zur Hand ist. Auch könnte man die Flasche wie in Fig. 155 einrichten, wobei man nicht nur die 10 cc in ihr selbst genauer abmessen kann, sondern wo auch der durchstreichenden Luft eine höhere Flüssigkeitssäule dargeboten ist; aber diese Form macht doch das Instrument schon erheblich weniger bequem und habe ich daher darauf verzichtet, es in dieser Form herstellen zu lassen.

Zum Gebrauche presst man zuerst bei leerer Flasche die Kautschukbirne B mit

der rechten Hand fest zusammen, und lässt sie sich wieder ausdehnen, so dass sie sich mit der Luft des zu untersuchenden Raumes füllt; besser wiederholt man dies sogar

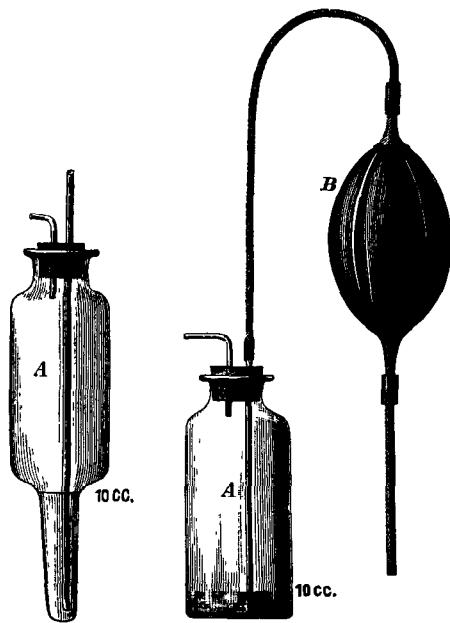


Fig. 155.

Fig. 156.

einigemale. Nun öffnet man die Flasche, giesst schnell 10 cc des Reagens, abgemessen durch die Marke oder eine Pipette, ein, verschliesst sofort und presst nun langsam den Inhalt der Kautschukbirne hinein, indem man die Flasche mit der anderen Hand schüttelt. Dieses Schütteln wird nachher noch mindestens eine Minute lang kräftig fortgesetzt und zwar so, dass möglichst der ganze Luftraum der Flasche mit der Flüssigkeit in Berührung kommt. Namentlich gegen das Ende der Operation muss man länger und kräftiger schütteln. Die rothe Flüssigkeit — eine $\frac{1}{500}$ Normallösung von Natriumcarbonat, in welcher im Liter 0,02 g Phenolphthalein aufgelöst ist — wird beim Einpressen neuer Luftmengen allmählich blasser; bei stark verunreinigter Luft wird schon nach wenigen Birnenfüllungen, bei mässig verunreinigter Luft nach etwa 9 oder 10 Füllungen ihre Farbe vollständig verschwunden sein. Bei nahezu reiner Luft, wie sie in einem Zimmer eben erwartet werden kann, wird man mehr Birnenfüllungen, um 25 herum brauchen, bei völlig reiner Wald- oder Feldluft wird man erheblich über 40 Füllungen brauchen. In den letzteren Fällen gelingt überhaupt eine völlige Entfärbung gar nicht; es bleibt bis zuletzt ein sehr schwacher blassröhlicher Anflug und man muss eben aufhören, wenn diese geringe Färbung sich nicht weiter verändert.

Das hierdurch allerdings entstehende Moment von Unsicherheit hat aus zwei Gründen nichts zu sagen, erstens, weil bei so reiner Luft die Prüfung ja wohl gar nicht von nöthen ist, zweitens, weil, wie wir sehen werden, die Curve der Beobachtungen hier sehr flach verläuft, und eine Unsicherheit von drei Birnenfüllungen erst einen Fehler von $\pm 0,005$ Proc. ausmacht.

Die vorhin angeführte Concentration der Normallösung hat sich als die passendste erwiesen. Bei stärkeren Lösungen muss man viel zu lange operiren, schwächere verderben gar zu schnell. Schon die $\frac{1}{500}$ Normallösung darf man nicht längere Zeit in halbgefüllten und undicht verschlossenen Gefässen stehen lassen; in offenen Gefässen verdirtbt sie schon nach einigen Stunden, wie es ja auch nicht anders sein kann, da eben die Kohlensäure der Zimmerluft auf sie einwirkt. Es ist daher am zweckmässigsten, nur eine $\frac{1}{10}$ Normallösung, welche also im Liter 5,3 g reines wasserfreies Natriumcarbonat enthält, im Vorrath zu halten; dieser Lösung setzt man gleich für jeden Liter 1 g Phenolphthalein, am besten in alkoholischer Lösung zu, ehe man sie auf das richtige Volum, also 1 l bringt; übrigens kann man allenfalls das Phenolphthalein auch in Pulverform durch gelindes Erwärmen darin auflösen. Von der $\frac{1}{10}$ Normallösung werden nun jedesmal 2 cc mit destillirtem (am besten frisch ausgekochtem) Wasser auf 100 cc verdünnt, so dass eine $\frac{1}{500}$ Normallösung entsteht, und von letzterer Lösung, welche bei der oben erwähnten Menge von Phenolphthalein stark roth gefärbt sein wird, jedesmal 10 cc zu einem Versuche gebraucht. Zwischen hinein muss die 100 cc-Flasche gut verschlossen bleiben, und bei längerer Unterbrechung der Versuche (mehrere Tage und Wochen) wirft man den Rest der Lösung lieber fort und stellt 100 cc einer neuen $\frac{1}{500}$ Normallösung an.

Länger andauernde Versuche haben gezeigt, dass die Glassorte ohne Einfluss auf die Ergebnisse ist. Bei Abhaltung der Luft hält sich die Lösung ebenso gut in Thüringer Glasflaschen, wie in solchen aus böhmischen Kaliglase.

Selbstverständlich wirkt auch die von vornherein in der 110 cc-Flasche enthaltene Luftmenge bei dem Resultate mit; da diese Grösse immer dieselbe bleibt, so brauchte man bei der ohnehin empirischen Aufstellung der später zu gebenden Tabelle darauf keine Rücksicht zu nehmen.

Es ist nun aber gar nicht daran zu denken, dass man den Kohlensäuregehalt der Luft aus dem angewendeten Natriumcarbonat

und der durchgesaugten Luftmenge nach der Annahme berechnen könne, dass das Natriumcarbonat gerade auf in Bicarbonat übergehe. Die so berechneten Mengen bleiben sehr weit hinter der Wirklichkeit zurück, und zwar um so weiter, je kohlensäureärmer die Luft ist. Dies ist auch ganz natürlich, denn einmal ist es auch bei längerem Schütteln nicht möglich, den letzten kleinen Rest von Kohlensäure aus der Luft an das Natriumcarbonat zu binden, und zweitens wird sogar aus einer Lösung von Natriumbicarbonat bei längerem Schütteln mit kohlensäurefreier Luft etwas Kohlensäure ausgetrieben werden. Auch beansprucht das Phenolphthalein selbst eine gewisse Menge von Kohlensäure. Um daher die wirkliche Beziehung zwischen der Anzahl der Birnenfüllungen bei unserem Verfahren mit dem Kohlensäuregehalt der Luft zu finden, blieb nichts übrig, als durch eine längere Versuchsreihe diese Beziehung direct festzustellen. Es wurde also in einem, keinem anderen Zwecke dienenden und von sonst Niemandem betretenen Zimmer eine Atmosphäre von verschiedenem Kohlensäuregehalt hergestellt, die Luft durch heftige Bewegung mit einer grossen Papptafel über dem Arbeitsfläche gut durchgemischt und nun sofort die Bestimmung der Kohlensäure in der Art vorgenommen, dass jedesmal zwei minimetrische Proben gemacht wurden, dann in einem über 6 l fassenden Kolben eine Probe für die Pettenkofer'sche Methode genommen, und zuletzt wieder zwei minimetrische Proben angestellt wurden, worauf dann die Beendigung der Pettenkofer'schen Analyse in aller Ruhe erfolgen konnte. Die Ergebnisse der Versuche mit Ausscheidung der ersten, bei denen die Methode noch nicht genügend durchgearbeitet und die Mischung der Zimmerluft weniger gut war, sind wie folgt (geordnet nicht nach der Reihenfolge der Versuche, sondern nach dem steigenden Kohlensäuregehalt der Luft):

Zahl der Drücke mit dem minimetrischen Apparat				Kohlensäuregehalt nach Pettenkofer's Methode in Hunderstel-Proc.
Einzelbeobachtungen			Mittel	
1) 48	49	48	48	3,01 ⁵⁾
2) 25	25	24	25	5,32 ⁶⁾
3) 26	25	26	26	5,96 ⁶⁾
4) 20	21	20	20	6,62
5) 17	17	18	17	6,91
6) 13	13	12	13	8,06
7) 10	9	10	9	8,90
8) 10	11	10	10	9,15
9) 8	8	9	8,5	11,28
10) 8	8	8	8	11,70
11) 8	8		8	11,70
12) 6	6	6	6	15,55
13) 2	2	2	2	30,0

⁵⁾ Luft vom Zürichberg.

⁶⁾ Luft des Experimentirzimmers ohne künstliche Verunreinigung mit Kohlensäure.

Bei graphischer Aufzeichnung dieser Ergebnisse (siehe beistehende Figur 157) zeigt es sich, dass dieselben fast sämtlich in

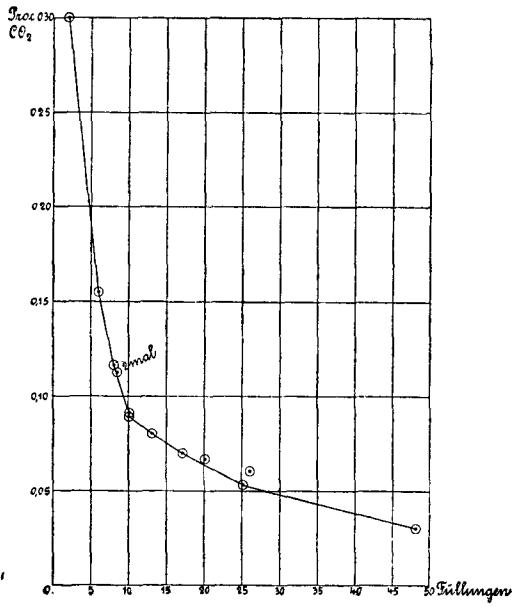


Fig. 157.

einen gut definirten Curve liegen. Nur No. 3 liegt ein wenig ausserhalb derselben, aber bei solcher unverunreinigter Zimmerluft kann man eben, wie früher erwähnt, eine kleine Unsicherheit bei Beurtheilung des Endresultates nicht vermeiden, und ist der dadurch verursachte Fehler doch sehr gering. Man kann daher durch graphische Interpolation eine Tabelle construiren, welche für jede beobachtete Zahl von Pumpenfüllungen, d. h. Drücken der Kautschukkugel, den entsprechenden Gehalt der Luft an Kohlensäure angibt. Selbstverständlich gilt diese Tabelle ausschliesslich für einen minimetrischen Apparat von genau derselben Grösse wie der von uns benutzte. Wer also einen solchen nicht von dem Mechaniker J. G. Cramer in Zürich beziehen will, der sie in der richtigen Beschaffenheit anfertigt⁷⁾, muss entweder anderswo einen genau gleich grossen Apparat bestellen (Patentrechte stehen in diesem Falle nicht entgegen), oder muss für seinen Apparat eine eigene Tabelle entwerfen.

Ferner muss erwähnt werden, dass diese Tabelle eigentlich nur für die bei unseren Versuchen herrschende Temperatur und den damaligen Barometerstand gilt. Die Temperatur in unserem (nach Norden gelegenen) Zimmer war während der Versuche fast immer = 18° und schwankte nur ganz un-

⁷⁾ Preis des Apparates mit 2 cc- und 10 cc-Pipette und 100 cc-Flasche für das Reagens, in Schachtel mit Gebrauchsanweisung und Tabelle 9 Frs. = 7,3 Mark.

deutend um diesen Punkt, der wohl mit der Temperatur der meist in Frage kommenden Räumlichkeiten nahe genug übereinstimmen wird, so dass eine Correction in dieser Hinsicht überflüssig sein wird. Der Barometerstand schwankte nur wenig um 730 mm. Hier werden freilich sowohl nach der geographischen Lage des Beobachtungsortes als nach den Witterungsverhältnissen grössere Abweichungen eintreten, die man für genauere Bestimmungen leicht berücksichtigen kann, die aber für die praktische Beurtheilung der Frage, ob in einem gegebenen Falle die Luft eines Raumes als mehr oder weniger verunreinigt erklärt werden soll, wohl stets unwesentlich sein werden.

Tabelle zur Vergleichung der Ergebnisse der minimetrischen Methode von Lunge und Zeckendorf mit dem Prozentgehalt der Luft an Kohlensäure nach Pettenkofer's Methode.

Zahl der Füllungen der Kautschukbirne	Procent CO ₂	Zahl der Füllungen der Kautschukbirne	Procent CO ₂
2	0,30	15	0,074
3	0,25	16	0,071
4	0,21	17	0,069
5	0,18	18	0,066
6	0,155	19	0,064
7	0,135	20	0,062
8	0,115	22	0,058
9	0,100	24	0,054
10	0,09	26	0,051
11	0,087	28	0,049
12	0,083	30	0,048
13	0,08	35	0,042
14	0,077	40	0,038
	48		0,030

Schliesslich möge nicht unerwähnt bleiben, dass wir auch die Anwendung alkoholischer Lösungen in Betracht gezogen haben. Bekanntlich entfärben sich mit Phenolphthalein gefärbte alkoholische Lösungen von Alkalien sehr schnell. H. N. und C. Draper haben dieses Verhalten genau untersucht (Chem. N. 55 S. 143) und schreiben es der Einwirkung atmosphärischer Kohlensäure zu, welche darum so schnell wirkt, weil sie erstens in Alkohol viel leichter als in Wasser löslich ist, und weil zweitens die kohlensauren Alkalien in Alkohol unlöslich sind, also die Entfärbung eintritt, lange ehe sie in Bicarbonate übergeführt sind. Unsere Versuche haben jedoch gezeigt, dass diese Reaction eben wegen ihrer zu grossen Empfindlichkeit unbrauchbar für unseren Zweck ist. Alkohol stundenlang gekocht und bei Abschluss von aller Kohlensäure erkaltet, entfärbt dennoch die Zehntelnormallösung sofort vollständig. Entweder hält er also doch noch zu viel Kohlensäure zurück, oder die Entfärbung hat noch einen anderen als den von den Drapers angenommenen Grund.

Zur Titelfrage für die technischen Chemiker.

Von
G. Lunge.

Zu verschiedenen Malen habe ich die Forderung aufgestellt, dass demjenigen, welcher an einer technischen Hochschule die Staats- oder Diplomprüfung in dem von mir gewünschten Umfange (vgl. S. 344 d. Z.) bestanden hat, der Titel „Doctor“ zustehen solle, und der allgemeine Beifall, mit welchem diese Forderung bei der Hauptversammlung der Gesellschaft für angewandte Chemie am 22. Mai d. J. begrüßt worden ist, sowie eine grössere Anzahl von Briefen hervorragender Docenten an technischen Hochschulen hat mir bewiesen, dass ich einem weit verbreiteten Gefühl Worte gegeben habe. Der Herausgeber dieser Zeitschrift hält (S. 370) für den technischen Chemiker den Titel „Ingenieur“ für noch zutreffender, ja ehrenvoller als den des „Doctors“, vorausgesetzt natürlich, dass der „Ingenieur“ gesetzlich geschützt werde, d. h. Niemand diesen Ehrentitel führen dürfe, der nicht eine entsprechende Prüfung an einer technischen Hochschule bestanden habe.

Ich halte nun dafür, dass beide Vorschläge einander gar nicht ausschliessen¹⁾; auch ich würde es gern begrüssen, wenn der technische Chemiker etwa als „chemischer Ingenieur“ bezeichnet würde, entsprechend dem „ingénieur chimiste“ oder „chemical engineer“, und habe ja etwas ähnliches in der „Chemischen Industrie“, S. 122 d. J., selbst vorgeschlagen. Aber m. E. genügt dies nicht für den vorliegenden Fall. Erstens halte ich es für kaum möglich und für noch weniger wahrscheinlich, dass im ganzen deutschen Reichsgebiete (und um die Sache wirksam zu machen, müsste in der That noch Österreich und die Schweiz dazu kommen), wo bis jetzt auch die Studirenden der Gewerbeschulen, Techniken und anderer Nicht-Hochschulen nach ihrem Abgange den Titel „Ingenieur“ geführt haben, wo übrigens meines Wissens jeder Mensch sich so nennen kann, dem es beliebt, nun mit einem Male der Gebrauch dieses Titels für Jeden straffällig gemacht werden sollte, der nicht an einer technischen Hochschule studirt und dort eine Diplomprüfung bestanden hat. Dass es mit dem blossen Worte „Ingenieur“ durchaus nicht abgethan ist, zeigt u. A. das Beispiel in England, wo eben auch Jeder sich so nennt, der will, wo aber

¹⁾ Gewiss nicht. F.