

CLEMENS WINKLER.

»Die Geschichte eines Gelehrten ist die Geschichte dessen, was er gelehrt hat. Nur in wenigen Fällen berichtet sie von seltsam verwickelten Lebensschicksalen, von gewaltigen Begebnissen, welche die Phantasie mächtig bewegen. Je ernster ein Leben dem Dienste der Wissenschaft geweiht ist, um so einfacher gestaltet es sich in seinem äusseren Verlaufe.« Kein treffenderes Beispiel für diese Worte A. W. von Hofmann's liesse sich finden als der Lebensgang Clemens Winkler's, der in seltsamem Contraste zu der rastlosen Thätigkeit und dem unermüdlichen Schaffensdrange dieses Mannes getheilt ist zwischen dem einsamen Hüttenwerk im Erzgebirge und der stillen Bergstadt. Wenn ich es trotzdem für keine ganz leichte Aufgabe erachte, sein Leben und Wirken zu schildern, so liegt der Grund in der ausserordentlichen Vielseitigkeit, wie sie in unserem Zeitalter der Arbeitstheilung bei einem Gelehrten nur ganz vereinzelt noch angetroffen wird. Wer die Leistungen Clemens Winkler's in rechter und gerechter Weise werthen will, muss nicht nur Chemiker, er muss auch Ingenieur und Hüttenmann sein, muss das Gebiet der reinen Chemie gleichermaassen beherrschen wie das der angewandten. Nur zögernd komme ich daher dem ehrenvollen Auftrage der Deutschen chemischen Gesellschaft nach, ein Lebensbild des entschlafenen Meisters für die »Berichte« zu entwerfen, im begründeten Bewusstsein, meiner Aufgabe nur in unvollkommener Weise gerecht zu werden¹⁾.

Im sächsischen Erzgebirge, in der Nähe des Städtchens Schneeberg, ist seit vielen Jahrhunderten die an das Vorkommen reicher Kobalterze gebundene Smalte-Industrie heimisch, und die Hütten, auf denen das Smalteglas aus den Erzen erschmolzen und auf die be-

¹⁾ Werthvolle Mittheilungen aus der vorakademischen Lebensperiode Clemens Winkler's verdanke ich den Hrn. Oberbergrath Ferdinand Bischoff in Schneeberg und Civilingenieur Friedrich Bode in Dresden-Blasewitz.

kannte blaue Farbe verarbeitet wurde, hiessen Blaufarbenwerke. Manche dieser kleinen Werke gingen im Laufe der Jahrhunderte wieder ein; andere aber schlossen sich zusammen und entwickelten sich zu den heute noch blühenden sächsischen Blaufarbenwerken, modernen, grossen Hütten, auf denen Smalte nur mehr als Nebenprodukt gewonnen wird, deren Haupterzeugnisse aber Kobaltoxyd und Kobaltsalze, Nickel, Wismut und Kupfer bilden. Mit diesen Blaufarbenwerken ist auf's engste die Lebensgeschichte Clemens Winkler's verknüpft, dessen Vorfahren durch Generationen an denselben in leitender Stellung wirkten. Es dürfte daher gerechtfertigt sein, auf die Geschichte dieser Werke¹⁾ mit einigen Worten zurück zu gehen.

Die Entdeckung der Kunst, aus »Kobold« blaues Glas zu schmelzen, wird meist dem um die Mitte des 16. Jahrhunderts lebenden Glasmacher Christian Schürer in Platten an der böhmischen Grenze des sächsischen Erzgebirges zugeschrieben. Doch ist es erwiesen, dass diese Kenntniss viel weiter zurückreicht, dass aber Schürer wesentliche Verbesserungen in der Bereitung des blauen Glases einführte, indem er die arsenikalischen Kobalterze abröstete und das Röstgut, »Safflor« genannt, mit Sand und Pottasche verschmolz. Bald aber bemächtigten sich Fremde der Kobaltglasbereitung, und die ganze Production des Schneeberger Kobalterzbergbaues ging in's Ausland, vornehmlich nach Holland. Als aber der 30-jährige Krieg allen Handel Deutschlands in's Stöcken brachte und dem Schneeberger Bergbau der Untergang drohte, da war es ein Akt der Selbsthülfe, als Schneeberger Kobaltgewerke den Entschluss fassten, Blaufarbenwerke zu errichten und die Kobalterze wieder in Sachsen zu verschmelzen.

Im Jahre 1635 gründete der Schneeberger Rathsherr Veit Schnorr auf fürstlich-Schönburgischem Gebiete »am Pfannenstiel« ein Blaufarbenwerk, um seine Erze zu Gute zu machen. Seinem Beispiele folgte 1644 der reiche Schneeberger Stadtrichter Johann Burckhardt, der in Oberschlema eine Farbmühle errichtete, und im gleichen Jahre wurde dem Leipziger Kaufmann Sebastian Oehme das Privileg zur Errichtung eines Blaufarbenwerks in Annaberg verliehen, das 1689 wegen Schwierigkeiten beim Holzbezüge nach Wajdkirchen an der Zschopau verlegt wurde und in der Folge das Zschopenthaler Blaufarbenwerk genannt wurde. 1649 erhielt auch der Schneeberger Kaufmann Erasmus Schindler das Privileg für ein Blaufarbenwerk, das an der Mulde bei Bockau errichtet wurde und heute noch den Namen »Schindler's Werk« führt. Bei seinem Tode vermachte Johann

¹⁾ Edelmann, Jahrb. f. d. Berg- und Hüttenwesen im Kgr. Sachsen 1901, 1.

Burckhardt das Oberschlemaer Werk sammt seinen Schneeberger Gruben dem Kurprinzen, nachmaligen Kurfürsten Johann Georg II., »damit derselbe unter dem Schatten der allzeit grünen Raute die Kobaltcontracte und die Farbhandlung continuiren möge«. Dieses kurfürstliche, jetzt königliche Werk betrieb bereits seit dem Jahre 1656 mit den drei Privatblaufarbenwerken den Handel mit den Producten aus gemeinsamen Lagern. Aus dieser sogenannten Compagnieverfassung entwickelte sich nach Vereinigung der drei Privatblaufarbenwerke zum Privatblaufarbenwerksverein im Jahre 1854 der noch heute gültige Societätsvertrag des »Sächsischen Blaufarbenwerks-Consortiums«, dem die ganzen Schneeberger Gruben und das Blaufarbenwerk Modum in Norwegen gehören.

Bereits in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts begegnen wir auf dem Zschopenthaler Werke einem Winkler, der die Stelle eines »Blaufarbenwerksfactors« — dies war der amtliche Titel des Directors — bekleidete. Als Sohn eines solchen wurde dort auch der Vater unseres Clemens Winkler, Curt Alexander Winkler, geboren. Seine Studien auf der Freiburger Bergakademie, an der damals der Name Werner's wissensdurstige Jünger aus aller Herren Länder anzog, erlitten durch den frühzeitigen Tod seines Vaters eine jähe Unterbrechung. Gezwungen, sich auf eigene Füße zu stellen, nahm er eine ihm angebotene untergeordnete Stelle auf dem seither von seinem Vater geleiteten Werke an, die aber dem geistig regen jungen Manne keine Befriedigung gewähren konnte. In Freiberg hatte man den fleissigen und strebsamen Studenten in gutem Andenken behalten, und als auf den fiscalischen Hütten eine Stelle frei wurde, berief man Winkler nach Freiberg. Hier rechtfertigte er das auf ihn gesetzte Vertrauen in einem solchen Maasse, dass, als die Regierung im Jahre 1825 beschloss, einen ihrer jüngeren Beamten nach Schweden zu schicken zum Studium der modernen Chemie und des hoch entwickelten schwedischen Hüttenwesens, die Wahl auf Curt Winkler fiel. Hoch beglückt folgte er diesem Rufe, und mit Feuereifer studirte er unter Berzelius' und Sefström's Leitung von 1825—1826. Nach Freiberg zurückgekehrt, erwarb er sich durch seine für die damalige Zeit hervorragenden chemischen Kenntnisse bald die Stelle eines Oberschiedswardens bei den fiscalischen Hüttenwerken. Durch verschiedene, damals vielbeachtete Schriften aus dem Gebiete des Hüttenwesens wurde sein Name in weiten Kreisen bekannt.

In verhältnissmässig spätem Alter erst gründete er sich einen Hausstand. Seiner Ehe mit Elmonde Schramm entsprossen drei Söhne und drei Töchter. Als zweitältester wurde Clemens Winkler

im Jahre 1838 in Freiberg geboren. Bald darauf siedelte der Vater nach seinem Geburtsorte Zschopenthal über, um die Leitung des dortigen Blaufarbenwerkes zu übernehmen. Nach dem Zusammenschluss der Privatblaufarbenwerke trat er an die Spitze des ganzen Unternehmens; wodurch er genöthigt wurde, seinen Wohnsitz nach dem grösseren Pfaffenstieler Werke zu verlegen.

Unter der thatkräftigen Leitung Curt Winkler's nahmen die Privatblaufarbenwerke einen ungeahnten Aufschwung. So lange nur Smalte und Safflor producirt wurden, war der Betrieb der Werke ein höchst einfacher. Röst- und Glasschmelzöfen, Pochwerke, Glasmühlen und Siebmaschinen bildeten die ganze Einrichtung. Chemische Kenntnisse brauchten die Blaufarbenwerksleute kaum. Jetzt aber gelangte zunächst die Fabrication des Kobaltoxyds und anderer Kobaltpräparate zur Einführung, die heute den werthvollsten Theil der Production bilden. Nachdem es dem Dr. Geitner im benachbarten Auerhammer gelungen war, aus den beim Smalteglasschmelzen und Frittprocesse fallenden Nickelspeisen, die man früher als werthlos auf die Halde stürzte, eine werthvolle Nickellegirung, das Argentan, herzustellen, nahm Winkler auch die Gewinnung des Nickels auf, der bald die des Wismuths folgte, welches auf dem Schneeberger Kobaltfelde fast stets zusammen mit den Kobalterzen bricht. So war aus dem einfachen Blaufarbenwerke ein höchst complicirter Betrieb geworden, der nicht nur grosse hüttenmännische Erfahrung, sondern auch ein umfangreiches chemisches Wissen erforderte. Als das Ultramarin der Smalte für gewisse Zwecke Concurrenz zu machen begann, da wurde das nicht mehr lebensfähige Schindler'sche Werk in eine Ultramarinfabrik umgewandelt. Auch ein chemisches Laboratorium nach Berzelius'schem Muster wurde eingerichtet, in dem Erze und Hüttenproducte analysirt, aber auch vielfach Versuche ausgeführt und die mannigfaltigsten chemischen Präparate dargestellt wurden. Das Laboratorium diente nicht nur Betriebszwecken, sondern war Winkler auch ein Unterrichtsmittel für seine Beamten.

Hier auf der abgelegenen Hütte, in ländlicher Umgebung wuchs Clemens Winkler heran. Das Elternhaus, die Factorwohnung, grenzte fast unmittelbar an den Wald. Hinter dem Hause öffnete sich der »Bäregrund«, ein schmales Waldthal, in dem ein Wildwasser herabrauschte. Auf der Thalsole und an den Hängen lagen zerstreut die kleinen Häuschen der Hüttenarbeiter. Bereits als Kind zeigte Clemens eine ausgesprochene Liebe zur Natur. Zunächst bethätigte sich dieselbe mehr nach der praktischen Richtung; er legte sich kleine Felder an, die er bebaute, und war stolz auf die Ertragnisse seines landwirthschaftlichen Betriebes. Später liessen seine Streifereien

durch die Wälder des Erzgebirges in dem heranwachsenden Knaben den Wunsch erwachen, Förster zu werden. Er schwärmte für die Jagd, und mancherlei Gethier brachte er von seinen Excursionen nach Hause. Einmal fing er mehrere lebende Kreuzottern, brach ihnen die Giftzähne aus und nahm sie mit auf sein Zimmer; dort spielte er ihnen auf der Geige vor, um zu prüfen, ob die Schlangen für Musik wirklich so empfänglich seien, wie er dies in Sagen und Märchen gelesen hatte, und war enttäuscht, dass die Thiere nicht auf die ersten Töne hin aus ihrem Verstecke herauskamen.

Allmählich lenkte Vater Winkler die Forschertriebe des Sohnes mehr in wissenschaftliche Bahnen. Er lehrte ihn die Mineralien kennen und wies ihn an, wie man dieselben systematisch ordnet; das Pflanzen- und Thierreich wurde dabei nicht vernachlässigt. Mit Feuereifer verlegte sich der angehende Naturforscher auf's Sammeln, wobei ihm seine ungemein scharfe Beobachtungsgabe sehr zu statten kam. Sammler im eigentlichen Sinne des Wortes ist Winkler jedoch nie geworden. Wenn er ein Mineral, eine Pflanze bestimmt hatte, war sein Wissensdrang befriedigt; mit der gewonnenen Erkenntniss erlosch das Interesse. Die Freude an dem Besitze war ihm fremd.

Den Elementarunterricht erhielt der Knabe zusammen mit seinen Geschwistern und einigen Kindern von Hüttenbeamten durch Hauslehrer, die öfters wechselten — nicht zum Vortheile der kleinen Privatschule. Mit 12 Jahren kam Clemens auf's Gymnasium nach Freiberg, wo er im Hause August Breithaupt's, des bekannten Mineralogen, Aufnahme fand. Breithaupt war ein Studiengenosse seines Vaters und hatte später eine Schwester desselben heimgeführt. Die andere war mit dem berühmten Mathematiker und Ingenieur Julius Weisbach verheirathet, der gleich Breithaupt als Professor an der Freiburger Bergakademie wirkte. Unser Clemens war durchaus kein Musterschüler. Der an das ungebundenere Landleben gewöhnte Knabe fand an der straffen Disciplin des Gymnasiums wenig Gefallen. Dazu kam, dass er gegen fremde Sprachen eine directe Abneigung hatte, weshalb seine Leistungen darin naturgemäss nicht besonders gut waren. Die deutsche Sprache hingegen beherrschte er frühzeitig in sehr vollkommener Weise, und als Knabe schon schrieb er einen ausgezeichneten Styl. Seinen Neigungen für die naturwissenschaftlichen Fächer brachte man an dem alten humanistischen Gymnasium wenig Verständniss entgegen. Dies mag den Vater veranlasst haben, den Sohn von Freiberg weg zu nehmen und auf die Realschule nach Dresden zu bringen.

Die Ferien brachte Clemens stets im Elternhause zu. Ein Lieblingsaufenthalt für ihn war dort das Laboratorium, das unmittelbar

bar an die Factorswohnung stiess. Frühzeitig stand für ihn fest, dass er Chemie studiren müsse, zur grössten Freude des Vaters, der in dem Sohne schon den einstigen Nachfolger sah. Nach zweijährigem Aufenthalt auf der Realschule in Dresden kam Clemens Winkler auf die Gewerbeschule in Chemnitz (heutige Gewerbeakademie), um sich hauptsächlich in den naturwissenschaftlichen Fächern für das Studium an der Bergakademie vorzubereiten. An dieser vortrefflich geleiteten Anstalt wirkten damals zwei Schüler Wöhler's, Knop und Schnedermann, die seine Lehrer in Chemie und Physik wurden. Knop unterhielt bis in sein Alter freundschaftliche Beziehungen mit seinem ehemaligen Schüler, und noch 40 Jahre später schilderte er in einem Briefe an denselben den Eindruck, den der aufgeweckte Junge im Bergmannskittel damals auf ihn gemacht hatte.

Bevor Clemens die Bergakademie bezog, liess ihn der Vater an einem der praktischen Curse Theil nehmen, wie sie damals von Zeit zu Zeit an den vereinigten Blaufarbenwerken für jüngere Aspiranten abwechselnd von Winkler in Pfannenstiel oder Köttig, einem Schüler Heinrich Rose's, der das staatliche Werk in Oberschlema leitete, abgehalten wurden. Die »Blaufarbenwerkszöglinge«, wie man die Praktikanten nannte, erhielten in diesen Cursen eine Art praktischen Laboratoriumsunterricht. Sie wurden in der Darstellung von Präparaten aller bekannten Metalle unterwiesen, nachdem sie vorher mit der Handhabung der Apparate und der Ausführung chemischer Operationen vertraut gemacht worden waren. Versuche auf nassem wie auf trockenem Wege wurden angestellt und zwar nicht nur solche, die sich auf den Betrieb der Werke bezogen. Fand auch ein eigentlicher theoretischer Unterricht nicht statt, so suchte man doch durch Erläuterungen die chemischen Processe dem Verständniss der Schüler möglichst nahe zu bringen. Die Laboratorien waren für damalige Verhältnisse sehr gut eingerichtet. Eine besondere Eigenthümlichkeit war die in seltener Weise ausgebildete Verwendung der Muffel-Probiröfen zu allen möglichen Versuchen im Kleinen. Noch in späten Jahren schwärmte Clemens Winkler für seine Muffelöfen und vermisste es sehr, in seinem Laboratorium nicht ständig eine Tag und Nacht geheizte Muffel zur Verfügung zu haben. In den kleinen Gasmuffelöfen sah er nur einen höchst mangelhaften Ersatz und bediente sich ihrer fast nie bei seinen Arbeiten.

Dieser erste praktische Unterricht in der Chemie durch zwei so ausgezeichnete Chemiker wie Vater Winkler und Köttig war für die ganze künftige Entwicklung des angehenden Studenten von grösster Bedeutung. Hier wurde ihm der Sinn für jenes saubere und exacte Arbeiten anerzogen, das so charakteristisch für ihn und seine Schule geworden ist.

Im Herbst 1857 bezog Clemens Winkler die Freiburger Bergakademie. Damals war noch ein Aufnahmeexamen vorgeschrieben, das sich vorzugsweise auf die mathematischen Fächer erstreckte. Da Winkler darum nachgesucht hatte, gleich im ersten Semester schon im Laboratorium arbeiten zu dürfen, musste er sich auch einem Examen in der Chemie unterziehen. Während seine Kenntnisse in der Mathematik manche Lücken aufwiesen, eine Folge des häufigen Wechsels der Schulen, bestand er das Examen in der Chemie mit der Note »ausgezeichnet«. Auch wurde sein vortrefflicher deutscher Styl von der Prüfungscommission rühmend hervorgehoben. Mit Eifer gab sich der junge akademische Bürger den Studien hin. Bei Reich hörte er Physik, bei Scheerer Chemie, bei Breithaupt Mineralogie und bei Fritzsche Hüttenkunde und Probirkunst. Im Löthrohrblasen wurde er vom Altmeister Plattner unterwiesen und brachte es darin bald selbst zu hoher Vollendung. Sein Lieblingsaufenthalt aber war das chemische Laboratorium. Scheerer war damals von seinen Untersuchungen über die »Gneusse« ganz in Anspruch genommen, interessirte sich überhaupt für alles Mögliche, nur gerade nicht für die Arbeiten seiner Schüler. Ab und zu erschien er im Schlafrock mit der langen Pfeife im Laboratorium, um zu sehen, was sie trieben. Winkler ging seine eigenen Wege. Er hatte an chemischen Kenntnissen und analytischem Können mehr von Hause mitgebracht, als man damals im Scheerer'schen Laboratorium lernen konnte. Einer Unterweisung bedurfte er nicht. In schwierigen Fragen suchte er Rath im »Rose« und »Gmelin«. Sein Vater hatte ihm das grosse Handbuch zu Weihnachten geschenkt, und wenn seine Freunde ihn besuchten, so fanden sie ihn stets in das Studium desselben vertieft.

Im Laboratorium beschäftigte er sich hauptsächlich mit der Analyse von Mineralien, wozu er von seinem Onkel Breithaupt die Anregung erhielt. Bereits im zweiten Studienjahr veröffentlichte Winkler seine erste Arbeit: »Ueber die Zusammensetzung des Condurrits«, die den jungen Studenten bereits als gewandten Analytiker zeigt, der auch vor schwierigen Aufgaben nicht zurückschreckt. Die übrigen Praktikanten im Laboratorium gewöhnten sich daran, in allen chemischen Fragen sich Rath bei Winkler zu holen, der ihnen auch stets auf das Bereitwilligste ertheilt wurde. Damals schon zeigte sich sein Lehtalent. Er besass ein merkwürdiges Geschick, schwierige Probleme seinen Mitschülern klar zu machen, und einer derselben erzählt heute noch, dass sie ihre chemischen Kenntnisse zum grössten Theile ihrem Studiengenossen Winkler verdankten.

Unser Clemens war aber kein Stubenhocker. Mit vollen Zügen genoss er das Studentenleben. Ein flotter Studio, der es liebte, im

Kreise sangesfroher Commilitonen den Abend bis in den Morgen hinein zu verlängern oder sich mit den hübschen Bürgerstöchtern im Tanze zu drehen, bis der Morgen graute. Seine ausserordentlich kräftige Körperconstitution gestattete es ihm, nach durchschwärmter Nacht mit einem Minimum von Schlaf auszukommen und am Morgen wieder frisch an die Arbeit zu gehen, wenn die Freunde noch in Morpheus Armen ruhten.

Nach zweijährigem Studium verliess Winkler die Bergakademie. Seinen Plan, auf der Universität seine Studien fortzusetzen, konnte er nicht zur Ausführung bringen. Die zunehmende Kränklichkeit seines hochbetagten und schwer an Asthma leidenden Vaters erweckten in diesem den Wunsch, den Sohn als Stütze zu erhalten. Er veranlasste ihn, sich beim Blaufarbenwerks-Consortium um eine Chemikerstelle zu bewerben. Seine Bewerbung war erfolgreich; Clemens Winkler wurde aber, vielleicht mit Absicht, nicht dem Vater, sondern dem Leiter des Königlichen Werkes in Oberschlema, Köttig, als Assistent zugewiesen. Dieser, ein sehr reger und um die Verbesserung der Fabricationsmethoden äusserst verdienster Mann, verstand es, seine Assistenten mit Betriebsaufgaben ganz in Anspruch zu nehmen. Winkler fand daher in diesen ersten drei Jahren seiner praktischen Thätigkeit keine Zeit, sich mit wissenschaftlichen Fragen zu beschäftigen. Da starb im Mai des Jahres 1862 Vater Winkler, und nun erst wurde der Sohn nach Pfannenstiel berufen.

Bald nach seiner Uebersiedlung gründete sich der junge Hüttenchemiker einen eigenen Herd, indem er Minna Pohl aus Groitzsch in das kleine Häuschen heimführte, das unmittelbar am Werke gelegen, ihm als Dienstwohnung zugewiesen war. Vier Söhne und zwei Töchter entsprossen diesem Bunde.

Der Uebertritt Winkler's aus dem Staats- in den Privatdienst erwies sich für seine geistige Entwicklung als sehr bedeutungsvoll. Der Nachfolger seines Vaters, Factor Beck, der die Fähigkeiten seines neuen Assistenten mit scharfem Blicke erkannte, brachte diesem das grösste Wohlwollen entgegen. Nicht nur, dass er dessen privaten wissenschaftlichen Arbeiten kein Hinderniss in den Weg legte, förderte er dieselben in jeder Weise und freute sich der schönen Resultate des jungen Forschers. Nicht weniger als neun Arbeiten veröffentlichte dieser in den ersten beiden Jahren seiner Thätigkeit in Pfannenstiel. Es waren keineswegs technische Fragen allein, die ihn beschäftigten. Analytische Probleme und Experimental-Untersuchungen wechseln mit solchen in bunter Reihenfolge. Auf Grund einer seiner ersten Arbeiten »Ueber Siliciumlegirungen und Siliciumarsenmetalle« erwarb er sich in Leipzig den Doctorgrad. Ein Hüttenmann mit dem Doctor-titel war damals eine ungewöhnliche Erscheinung, und allgemein, bei

den Arbeitern wie in der ganzen Umgebung, hiess Winkler nur »der Herr Doctor«, auch nach seiner schon nach wenigen Jahren erfolgten Ernennung zum Hüttenmeister.

Die dem Privatblaufarbenwerke gehörige Ultramarinfabrik »Schindler's Werk«, im benachbarten waldigen Bockauthale gelegen, war damals ständig in Prozesse mit den umliegenden Waldbesitzern, darunter auch dem Forstfiscus, verwickelt wegen Rauchschäden, verursacht durch den hohen Gehalt der den Ultramarinöfen entströmenden Gase an schwelliger Säure. Der anfangs günstige Ausfall der Prozesse hielt die Werksbesitzer ab, bei Zeiten Maassnahmen zur Beseitigung der schädlichen Gase zu ergreifen. Als aber plötzlich ein Process in letzter Instanz verloren wurde und die Regierung drohte, die Fabrik zu schliessen, wenn nicht sofortige Abhülfe geschaffen würde, da wurde Winkler mit dieser heiklen Aufgabe betraut, an deren Lösung die Existenz des Werkes hing. Die Reinigung der Gase gelang ihm in befriedigender Weise, indem er das Schwefeldioxyd mit Natriumsulfidlösung absorbirte. Die Lauge, in der Winkler die Existenz von pentathionsaurem Natrium annahm, wurde auf Schwefel verarbeitet, der dann wieder der Ultramarinmischung zugesetzt werden konnte, während das gebildete Natriumsulfat zu Sulfid reducirt wurde. Doch erwies sich das Verfahren in der Folge als zu kostspielig. Winkler beabsichtigte nun, die schwellige Säure in Schwefelsäure umzuwandeln durch Behandeln der Ofengase mit Nitrosylschwefelsäure. In Verfolgung dieses Problems stellte er eingehende Versuche an über die Absorption der Oxyde des Stickstoffs durch Schwefelsäure, deren Resultate er in einer kleinen Schrift »Untersuchungen über die Vorgänge in den Gay-Lussac'schen Apparaten der Schwefelsäurefabriken« niederlegte, die damals in den Kreisen der Schwefelsäure-Industrie viel Beachtung fand. Seit dieser Zeit liess Clemens Winkler das Problem der Ueberführung von schwelliger Säure in Schwefelsäure mit Umgehung des Bleikammerprocesses nicht mehr aus dem Auge, dessen Lösung ihm schliesslich in so glänzender Weise gelingen sollte.

Bei diesen Untersuchungen machte sich der Mangel an geeigneten Apparaten zur Analyse von Gasgemischen so recht bemerkbar. Die exacten Methoden Robert Bunsen's erwiesen sich für industrielle Zwecke als ganz ungeeignet. Die einzigen brauchbaren Apparate für technische Gasanalyse waren damals der Scheibler'sche Kohlensäurebestimmungsapparat und der Apparat von Reich zur Untersuchung von Röstgasen. Noth macht erfinderisch. Winkler construirte die nach ihm benannte Gasbürette, die er aber erst im Jahre 1872 beschrieb, nachdem die glastechnischen Schwierigkeiten, besonders die Herstellung des Dreiwegehahns, überwunden waren. Der Apparat

allein genügte aber nicht. Es mussten Untersuchungsmethoden ausgearbeitet werden, und zu diesem Zwecke war es wiederum erforderlich, das Verhalten der Gase gegen die verschiedensten chemischen Agentien eingehend zu studiren.

Der am eigenen Leibe empfundene Mangel war für Winkler Veranlassung, sich mit der chemischen Untersuchung von Industriegasen überhaupt eingehend zu beschäftigen und so zum Pionier eines neuen Zweiges der analytischen Chemie, der technischen Gasanalyse, zu werden.

Neben diesen Aufgaben chemisch-technischer Natur beschäftigten ihn Fragen der mechanischen Technologie. Zahlreiche Versuche zur Herstellung ductilen Nickels wurden angestellt. Zu einer Zeit, wo dieses Metall nur in Form von Legirungen Verwendung fand, wies er auf die ausgezeichneten Eigenschaften dieses schönen Metalles hin und redete der Verwendung von Reinnickel zu Gebrauchsgegenständen mit Begeisterung das Wort. Für die Pariser Weltausstellung stellte er den ersten grösseren Barren metallischen Kobalts dar und liess eine Anzahl von Geräthschaften aus dem bis dahin nur dem Chemiker bekannten Metalle anfertigen. Auch die Frage der Plattirung unedler Metalle mit edlen beschäftigte Winkler in seiner Pfannenstieler Zeit. Dazwischen werden Experimentaluntersuchungen auf rein wissenschaftlichem Gebiete ausgeführt. Die Entdeckung des Indiums in der Freiburger Zinkblende, die Reich in Gemeinschaft mit seinem Assistenten Th. Richter auf der Suche nach Thallium gelang, erregt das Interesse des jungen Chemikers in so hohem Maasse, dass er im Einvernehmen mit Reich sofort an das Studium des neuen Elementes und seiner Verbindungen geht. Jahrzehnte lang bildete diese Arbeit Winkler's die Hauptquelle unserer Kenntnisse von der Chemie des Indiums. Kobalt und Nickel, deren technische Darstellung im Grossen sein tägliches Brot war, geben häufig Anlass zu Untersuchungen rein wissenschaftlicher Natur. Interessantes Material zu Arbeiten auf dem Gebiete der Mineralanalyse liefern die den Blaufarbenwerken gehörigen Erzgruben des benachbarten Schneeberg, die noch heute eine Fundgrube der seltensten und schönsten Mineralien sind. Während Onkel Breithaupt in Freiberg die neuen Vorkommen in mineralogischer Hinsicht untersucht, ermittelt der Neffe im Pfannenstieler Laboratorium ihre Zusammensetzung und chemische Constitution. Derartige Arbeiten führen diesen dann zu theoretischen Betrachtungen über chemische Formeln zu einer Zeit, wo der Kampf zwischen dem alten, aber gerade für den Mineralogen und Hüttenmann so bequemen Dualismus und der von der jungen organischen Chemie dictirten unitären Schreibweise heftig tobt. Winkler, ein eifriger Anhänger der modernen Anschauungen, suchte in einer in Kolbe's Journal

für praktische Chemie erschienenen Abhandlung diese dem Verständnisse des praktischen Hüttenmannes näher zu bringen. Obwohl seine Ansichten von denen Kolbe's nicht unerheblich abwichen, schenkte der streitbare Kämpfer den Ausführungen des jungen Hüttenmeisters die interessirteste Beachtung.

Die Arbeiten Clemens Winklers erregten frühzeitig die Aufmerksamkeit des Freiburger Oberberghauptmannes Constantin Freiherrn von Beust, eines Bruders des österreichischen Ministerpräsidenten. Beust war ein ausserordentlich kenntnisreicher, vielseitiger Mann mit weitem Blick, auf dessen Anregung so manche technische Untersuchung Winkler's zurückzuführen ist. Ihm gelang es, wie dieser sich später einmal ausdrückte, »der Hydra des Hüttenrauchs den Kopf zu zertreten, die die Freiburger Hütten zu verschlingen drohten«. Unter der Mitwirkung ausgezeichneter Männer, wie Moritz Gerstenhöfer, Friedrich Bode und Ferdinand Reich brachte er unter den denkbar schwierigsten Verhältnissen in Freiberg die Schwefelsäure-Fabrication zur Einführung. Bei den darauf abzielenden Versuchen, die einen Markstein in der Geschichte der Schwefelsäure-Industrie bilden, wurde auch Clemens Winkler von Beust häufig zugezogen, und dieser interessirte sich lebhaft für die Ansichten des jungen Chemikers. Mit Vergnügen erzählte Winkler in späteren Jahren, wie ihm die Citationen des gestrengen Herrn Oberberghauptmannes immer eine willkommene Gelegenheit boten, die alten Freiburger Studienfreunde wieder zu sehen und mit ihnen einen feucht-fröhlichen Abend zu verbringen, der sich meist bis in die Morgenstunden ausdehnte. Wenn dann die Anderen schweren Kopfes den heimischen Penaten zustrebten, machte Winkler im Gasthaus Toilette, um sich dann früh Morgens, Punkt fünf Uhr, der gewohnten Empfangsstunde Beust's, in der Wohnung des Oberberghauptmannes einzufinden und mit diesem über die schwierigsten technologischen Fragen zu verhandeln. Stets sprach er mit der grössten Verehrung von dem um das sächsische Berg- und Hüttenwesen hochverdienten Manne und blieb auch nach dessen Uebertritt in österreichische Dienste mit ihm in regem Briefwechsel.

Dreizehn Jahre verstrichen so in fleissiger Arbeit. Nur selten kam eine Unterbrechung, wie eine Reise nach Paris zur Weltausstellung und nach Ungarn, wo er zusammen mit seinem auf dem Königlichen Werke thätigen Jugendfreunde und Schwager Ferdinand Bischoff in den Karpathen Verträge auf Erzlieferungen mit den dortigen reichen Kobalt- und Nickel-Gruben abschloss. Da brachte das Jahr 1873 eine entscheidende Wendung in Winkler's Leben.

Theodor Scheerer, der an der Freiburger Bergakademie den Lehrstuhl für Chemie inne hatte und auch Eisenhüttenkunde las, war

seit längerer Zeit leidend und trug sich mit dem Gedanken, seine Professur nieder zu legen. Zeuner, ein Schüler Julius Weisbach's, den man wenige Jahre zuvor von Zürich nach Freiberg als Director der Bergakademie berufen hatte, war eben mit der Durchführung seines Reorganisationsprogrammes der alten Hochschule zu Ende gelangt. Er beantragte nun, dass neben der bestehenden Professur für anorganische und analytische Chemie noch eine zweite für angewandte Chemie errichtet werden solle, deren Inhaber chemische Technologie, Eisenhütten- und Salinen-Kunde zu lesen habe. Für diese letztere Professur hatte Zeuner Clemens Winkler in's Auge gefasst, auf den er von Kolbe in Leipzig aufmerksam gemacht worden war, während man für die erstere einen Schüler Wöhler's zu gewinnen suchte. In einem Briefe an seinen Freund Scheerer erklärte jedoch dieser, dass er nicht in der Lage sei, einen geeigneten Vorschlag zu machen. Die jüngeren Chemiker seien alle »zu sehr von der organischen Chemie inficirt«, und die wenigen älteren, die in Frage kommen könnten, seien in so günstigen Positionen, dass sie schwerlich geneigt seien, einem Rufe nach Freiberg Folge zu leisten. Inzwischen hatte das Ministerium die zweite Professur abgelehnt. Nun beschloss man, Clemens Winkler als Nachfolger Scheerer's nach Freiberg zu berufen. Für jede andere Hochschule wäre es ein ganz ungewöhnlicher Fall gewesen, wenn man einen Hüttenmeister als Professor für allgemeine Chemie berufen hätte, noch dazu einen, der niemalsrhuo er eine akademische Lehrthätigkeit ausgeübt hatte; nicht so in Freiberg, wo man stets mit einer gewissen Vorliebe und auch mit viel Glück Lehrstühle auch für allgemeine Fächer, wie Mathematik, Physik, Mechanik, mit Männern aus der Praxis besetzt hatte.

Die Nachricht von seiner Berufung traf Winkler in Wien, wo er sich zum Studium der Weltausstellung aufhielt. Freudigen Herzens und ohne lange Ueberlegung nahm er an, obwohl der Wechsel für ihn in materieller Hinsicht keine Verbesserung bedeutete und es ihm schwer wurde, aus einer Thätigkeit, die ihm Befriedigung gewährte, und aus altvertrauten, lieb gewordenen Verhältnissen zu scheiden. Aber seine innersten Neigungen wiesen ihn auf das wissenschaftliche Gebiet. Während er bisher diesen nur in den Mussestunden, die ihm der Beruf liess, nachgehen konnte, durfte er von nun an seine ganze Arbeitskraft in den Dienst der Wissenschaft stellen.

Am 1. September 1873 siedelte Winkler nach Freiberg über, um noch vor Beginn des Winter-Semesters die nöthigen Vorbereitungen zu treffen und das arg verwahrloste Laboratorium in Stand zu setzen. Wenn man die Briefe aus jener ersten Zeit liest, in denen sich der

neue Professor über den Zustand des ihm unvertrauten Laboratoriums bitter beklagt, wird man an die humorvolle Schilderung erinnert, die Berzelius in seinem Tagebuch vom Laboratorium des grossen Davy entwirft, an deren Schluss er ironisch bemerkt: »Ich bekam jetzt die erfreuliche Ueberzeugung, die früher nur eine Ahnung gewesen war, dass ein aufgeräumtes Laboratorium einen faulen Chemiker bedeutet.« Die Zeiten sind noch nicht allzu fern, wo so manchem Chemiker ein Laboratorium, das aussah wie eine Hexenküche, als ein Zeichen von Wissenschaftlichkeit galt; nach den Schilderungen Winkler's mochte sein Vorgänger zu den Vertretern dieser Anschauung gehört haben. Er selbst, der von seinem Vater, dem Schüler von Berzelius, zu peinlicher Sauberkeit und einer bis in's Kleinste gehenden Ordnungsliebe erzogen war, konnte in einer solchen Atmosphäre nicht arbeiten. Mit eisernem Besen legte er den Staub und Wust vergangener Zeiten aus den Räumen, in denen schon Generationen von Hüttenleuten in die Geheimnisse der Chemie eingeweiht worden waren, und die Rumpelkammer auf dem Boden füllte sich mit veralteten Apparaten und Geräthschaften. Ein neuer Geist, der Geist der modernen Chemie, hielt mit dem jungen Professor seinen Einzug in das alterthümliche Haus an der Brennhausgasse.

Ausser seiner Hauptvorlesung über anorganische Experimentalchemie oder, wie es damals hiess, »theoretische Chemie«, las Winkler anfangs nur über analytische Chemie, wozu aber bald noch eine Vorlesung über chemische Technologie kam. Den praktischen Unterricht reorganisirte er vollständig. Während früher der angehende Chemiker, nachdem er die Vorlesung über anorganische Chemie gehört, seine Thätigkeit im Laboratorium direct mit der qualitativen Analyse begann, ohne die geringste Erfahrung in der Experimentirkunst zu besitzen, hielt es Winkler für unbedingt erforderlich, demselben in erster Linie ein gewisses Maass manueller Fertigkeiten beizubringen, ihn mit der Ausführung der wichtigsten chemischen Operationen, der Handhabung chemischer Apparate vertraut zu machen. Dazu bietet aber gerade die qualitative Analyse nur wenig Gelegenheit. Der Praktikant beginnt bei Winkler seine Thätigkeit im Laboratorium damit, dass er Versuche anstellt, die er in der Vorlesung gesehen hat. Es werden Gase entwickelt und ihre Eigenschaften festgestellt. Das Verhalten der wichtigeren Metalle gegen Wasser, Kalilauge und die verschiedenen Säuren prüft er zunächst im Probircylinder und sucht den Vorgang durch eine chemische Gleichung auszudrücken. Einzelne Reactionen werden dann in grösserem Maassstabe mit abgewogenen Mengen von Metall ausgeführt. Frei werdende Gase werden in kleinen Gasometern aufgefangen und ihr Volumen annähernd festgestellt. Die Menge des erhaltenen Salzes wird durch Verdampfen ermittelt und

dieses selbst dann durch Krystallisation gereinigt. Bestimmte Mengen von Metalloxyden werden durch Wasserstoff reducirt und das Gewicht sowohl des reducirten Metalles wie auch des gebildeten Wassers ermittelt. Da die Versuche mit nicht zu kleinen Substanzmengen angestellt werden, genügt eine gute Tarirwaage vollständig bei ihrer Ausführung. Bei der Zusammenstellung der erforderlichen Apparate bietet sich reichlich Gelegenheit, das Schneiden, Biegen, Ausziehen und Verschmelzen von Glasröhren, das Bohren von Kork- und Kautschuk-Stopfen zu erlernen. Die Herstellung von Säuren bestimmter Concentration giebt nicht nur Veranlassung zur Benutzung des Aräometers und der Gehaltstabellen, sondern ist auch eine vortreffliche Uebung im stöchiometrischen Rechnen. Es werden besondere Präparate angefertigt, bei deren Darstellung der Practicant mit gewissen chemischen Operationen, wie Destilliren, Sublimiren etc., Bekanntschaft macht. Ist dann der junge Chemiker mit den wichtigsten Operationen vertraut, ist er im Besitze des nothwendigen Rüstzeuges, dann erst beginnt das systematische Studium der Eigenschaften der Metalle und ihrer Salze, der Basen und Säuren. Um Abwechslung in das monotone Arbeiten im Reagircylinder zu bringen, werden an geeigneten Stellen instructive Präparate eingeschaltet, die ein Beispiel für die praktische Anwendung einer gewissen Reaction bilden. Das Studium der qualitativen und später der quantitativen Analyse ist eine natürliche Folge dieses Vorgehens. Der Practicant wird das Bedürfniss hierzu gar bald ganz von selbst empfinden; denn er muss analysiren können, wenn er sich von der Reinheit seiner Präparate, vom richtigen Verlaufe der von ihm eingeleiteten Prozesse, von der geeigneten Beschaffenheit der verwendeten Materialien überzeugen will. Es wird ein Analysiren mit Lust und Liebe; denn gewisse Zwecke, bestimmte Ziele knüpfen sich an dasselbe, der Forschungstrieb ist angeregt, das Interesse geweckt, man weiss, worauf es ankommt.

Dieses von Clemens Winkler bei der Uebnahme seiner Professur in einem Briefe an Zeuner aufgestellte Programm für den praktischen Unterricht erfuhr in den dreissig Jahren seiner Lehrthätigkeit keine nennenswerthe Aenderung. Er erzielte mit demselben ausgezeichnete Erfolge und hatte die Genugthuung, dass in seinem Laboratorium die analytische Chemie wirklich mit Lust und Liebe getrieben wurde. Diese Lehrmethode stellt aber grosse Anforderungen an den Docenten. Wenn man bedenkt, was es heisst, allein, ohne Assistenten die Arbeiten von nahezu fünfzig Practicanten zu überwachen, dabei drei neue Vorlesungen auszuarbeiten und die Vorbereitungen zu denselben allein treffen zu müssen, so kann man sich einen Begriff machen von der Thätigkeit, die der neue Professor im ersten Jahre entwickelte.

Unter diesen Umständen war es Winkler unmöglich, auch noch die ihm ganz fremde Eisenhüttenkunde zu lesen. Zudem maass er diesem bisher in Freiberg etwas stiefmütterlich behandelten Fache eine viel zu grosse Bedeutung bei, als dass er es nur in einem Nebencolleg gelesen wissen wollte. In einem ausführlichen Berichte an das Ministerium legte er die Nothwendigkeit einer besonderen Professur für Eisenhüttenkunde dar, für die ein erfahrener, praktischer Eisenhüttenmann zu berufen sei, dem auch ein eigenes Laboratorium zur Verfügung stehen müsse. Er drang mit seinen Vorschlägen beim Ministerium durch. Die Professur für Eisenhüttenkunde wurde bewilligt und für dieselbe Adolf Ledebur gewonnen. Auf das Wirken dieser beiden unmittelbar aus der Praxis auf das Katheder berufenen Männer, Winkler und Ledebur, ist in erster Linie der mächtige Aufschwung der Freiburger Bergakademie in den nächsten Decennien zurück zu führen. Es ist aber nicht das kleinste Verdienst Winkler's, die Bedeutung der Eisenhüttenkunde und ihre berechtigete Sonderstellung in der Metallurgie zur rechten Zeit erkannt und für ihre würdige Vertretung unter den Disciplinen der Bergakademie eine Lanze gebrochen zu haben.

Kaum war die Sturm- und Drang-Periode des ersten Jahres vorüber und Winkler durch Anstellung eines Assistenten in der Leitung des Practicums etwas entlastet worden, so nahm er auch schon wieder seine wissenschaftlichen Arbeiten auf. Bereits im Sommer des Jahres 1875 veröffentlichte er jene denkwürdige Abhandlung über die Darstellung rauchender Schwefelsäure. Gleichzeitig setzte er seine vor Jahren begonnenen gasanalytischen Studien fort, als deren Frucht 1876 der erste Theil seines grundlegenden Werkes »Die chemische Untersuchung der Industriegase« erscheint. Und nun beginnt eine Periode ausserordentlicher Fruchtbarkeit, die etwa 20 Jahre umfasst. Ausser mehreren grösseren Werken veröffentlichte Winkler in dieser Zeit über hundert Arbeiten wissenschaftlichen Inhalts, die noch dazu alle bis in's kleinste Detail von ihm selbst durchgeführt sind. Niemals hatte er einen Mitarbeiter. Arbeiten seiner Schüler und Assistenten erschienen stets nur unter deren eigenem Namen. Er pflegte oft zu sagen, dass er für Veröffentlichungen, die seinen Namen trügen, die Verantwortung voll und ganz übernehmen wolle. So führte er jede, auch die einfachste Analyse persönlich aus. Seine Gewandtheit und Sicherheit in der Ausführung analytischer Operationen grenzte aber auch geradezu an's Taschenspielerhafte. Die Eleganz seiner Arbeitsweise erinnerte an Robert Bunsen. Winkler am Muffelofen oder Windofen arbeiten zu sehen, war ein Vergnügen. Noch im hohen Alter entfaltete er da die Beweglichkeit eines Jünglings, und die Gewandtheit, mit der er

das Gezähe handhabte, verrieth den alten Hüttenmann. In seiner Schmelzküche durfte ihm Niemand helfen. Er heizte die Oefen persönlich an und brachte nach beendeter Operation alles wieder in schönste Ordnung. Auch im Laboratorium reinigte er stets alle von ihm benützten Gefässe selbst.

Die Zahl der Praktikanten wuchs von Jahr zu Jahr, und die Räume des alten Laboratoriumsgebäudes erwiesen sich bald als ganz unzureichend. An einen Neubau war unter den damaligen Verhältnissen nicht zu denken, und Winkler musste froh sein, einen Erweiterungsbau bewilligt zu erhalten. Die ihm hierfür zur Verfügung gestellte Summe war lächerlich klein. Aber erstaunlich war es, was er damit anzufangen wusste. Zwei grosse, helle Arbeitssäle mit 80 Arbeitsplätzen sammt den dazu gehörigen Nebenräumen wurden angebaut, während das ursprüngliche Praktikanten-Laboratorium in ein Arbeitszimmer für Maass- und Gas-Analyse umgewandelt wurde. Winkler besass in hervorragendem Maasse die Gabe, mit den einfachsten Mitteln zweckentsprechende Einrichtungen zu schaffen, die auch des gefälligen Aeusseren nicht entbehrten. Charakteristisch für Winkler's Laboratorium waren die grossen, ständig geheizten Sandbäder mit Kohlenfeuerung, die auch die Nacht über nicht erkalteten, und abgesehen von der bedeutenden Gasersparniss eine ausserordentliche Annehmlichkeit für den Arbeitenden bieten. Er construirte Wasserbäder, die in besonderen Abzügen neben einander stehend, mit einem aufklappbaren Staubschirm aus Glas bedeckt sind, unter dem die Dämpfe durch einen Schlitz in der Wand abgesaugt werden. Bekannt ist auch der von ihm angegebene grosse Central-Schwefelwasserstoffentwickler sammt Vorrichtung zur bequemen Darstellung grosser Mengen gesättigten Schwefelwasserstoffwassers, alles ganz aus Blei gefertigt.

Das, was dem Besucher von Winkler's Laboratorium am meisten auffiel, war die grosse Sauberkeit und Ordnung. Vergebens suchte man auf dem Boden nach Filtrirpapierfetzen oder abgebrannten Zündhölzern, nirgends sah man schmutzige Gefässe oder umherliegende, unbenützte Instrumente. Mitten im Semester sah das vollbesetzte Laboratorium aus wie bei Semesterbeginn vor Uebernahme der Arbeitsplätze durch die Studirenden. Es war sein Princip, den Praktikanten von Anbeginn zur Reinlichkeit und Ordnung zu erziehen. Ging er an dem Arbeitsplatze eines Neuen vorüber, dessen Reinlichkeitssinn weniger stark ausgeprägt war, dann kam es oft vor, dass er, ohne ein Wort zu verlieren, das Wischtuch ergriff und Tischplatte oder Reagentienflaschen einer gründlichen Reinigungsprocedur unterwarf. Eine solche stumme Lehre wirkte meist besser als ein scharfer Tadel. Arbeitskittel und Schürzen duldete er nicht im Laboratorium. Er

vertrat die Ansicht, dass solche wohl in einem organischen Laboratorium gerechtfertigt sein dürften, dass ein Analytiker aber im Fracke arbeiten können müsse, ohne dieses Kleidungsstück zu gefährden. Erschien einmal ein Neueingetretener mit einer grossen Arbeitsschürze, so brachte eine ironische Bemerkung, wie: »Sie wollen wohl Kalk anrühren«, dieselbe rasch wieder zum Verschwinden.

Auf eine gründliche analytische Ausbildung der Studirenden legte Winkler grossen Werth. Seine Ansichten hierüber sprach er noch kurz vor seinem Tode in einem vielgelesenen und besprochenen Artikel aus¹⁾: »Die wirklich erfolgreiche Durchführung anorganisch-chemischer Arbeiten ist nur demjenigen möglich, der nicht allein theoretischer Chemiker, sondern auch vollendeter Analytiker ist, und zwar nicht nur ein praktisch angelernter mechanischer Arbeiter, sondern ein denkender, gestaltender Künstler, vor dem jede der durchgeführten Operationen in theoretischer Klarheit liegt, dem die Stöchiometrie in Fleisch und Blut übergegangen ist, und der bei allem, was er thut, von ästhetischem Geiste, dem Sinn für Ordnung und Sauberkeit, vor allem aber vom Streben nach Wahrheit geleitet wird.« Bevor in seinem Laboratorium ein Praktikant eine wissenschaftliche Arbeit begann, musste er den Beweis liefern, dass er auch schwierigeren analytischen Aufgaben vollständig gewachsen sei, dass er nicht nur die Methoden der Gewichtsanalyse, sondern auch der Maass- und Gas-Analyse mit Sicherheit zu handhaben verstehe.

Winkler war ein abgesagter Feind des schablonenmässigen Arbeitens. Stets war er für eine möglichst weitgehende Individualisierung des praktischen Unterrichts. Die Interessen des Einzelnen fanden bereitwillige Berücksichtigung, soweit sich dies mit der planmässigen Ausbildung vertrug. Jeder Analyse musste ein bis in's Detail sorgfältig ausgearbeiteter Analysenplan vorausgehen. Der Anfänger musste die Analyse genau nach Vorschrift ausführen; der gerade bei Unerfahrenen so häufig hervortretenden Neigung, sich selbst eine Trennungsmethode zurecht zu machen, trat er energisch entgegen. Intelligenz und Geschicklichkeit vermögen nicht das zu ersetzen, was gerade bei der Ausarbeitung neuer analytischer Methoden in besonderem Maasse erforderlich ist, die Erfahrung. Keine aus seinem Laboratorium hervorgegangene Arbeit analytischen Charakters liess er zur Veröffentlichung zu, die nicht durch zahlreiche Beleganalysen erhärtet war. Zur allgemeinen Anwendung empfahl er keine Methode, von deren Brauchbarkeit er sich nicht durch persönliche Versuche überzeugt hatte.

¹⁾ Diese Berichte 33, 1697 [1900].

Der analytischen Chemie maass Winkler, abgesehen von ihrer praktischen Bedeutung, auch ein hohes erzieherisches Moment bei. Sauberkeit, Ordnungsliebe und Accuratesse, das sind Eigenschaften, die dem Menschen nicht angeboren sind, die ihm aber anerzogen werden können und, falls er Chemiker werden will, auch anerzogen werden müssen. Dazu ist aber kaum eine Disciplin geeigneter als die chemische Analyse, bei der jeder Verstoss gegen diese Cardinaltugenden des Chemikers sich bitter rächt, indem er den Erfolg der ganzen Arbeit in Frage stellt.

Winkler war ein ausgezeichneter Lehrer, der sich bei seinen Schülern der grössten Beliebtheit erfreute. Er besass in hohem Maasse die Gabe, sie für ihre Aufgaben zu interessiren und ihnen auch die trockenste Materie schmackhaft zu machen. Sein Vortrag war ausserordentlich fesselnd. Die Begeisterung, die er selbst für seine Wissenschaft empfand, wusste er auf seine Hörer zu übertragen. Obwohl er ein gewandter und alle Zeit schlagfertiger Redner war, bereite er sich stets sehr gründlich auf seine Vorlesungen vor. Die Vorlesungsversuche führte er mit nie versagender Sicherheit aus; die Hülfe eines Assistenten nahm er dabei nur ganz ausnahmsweise in Anspruch. Er besass keine sonore Stimme; sie klang vielmehr stets etwas belegt, ein Umstand, der sich im persönlichen Verkehr weniger bemerkbar machte als in der Vorlesung. Doch konnte er stundenlang sprechen, ohne dass man ihm die geringste Ermüdung anmerkte.

Seinen Schülern gegenüber war er nicht nur der Lehrer, sondern auch der alle Zeit hilfsbereite Freund und Berather. Nach Beendigung ihrer Studien war er ihnen behülflich, eine Stelle in der Praxis zu erlangen, wobei ihm seine ausgedehnten Beziehungen zur chemischen und metallurgischen Industrie sehr zu Statten kamen. Seine Schüler hatte er in dieser Hinsicht geradezu verwöhnt. Sie fanden es für ganz selbstverständlich, ihren Lehrer für ihr Fortkommen sorgen zu lassen, der manchmal im Scherze äusserte, er komme sich oft vor, wie der Inhaber eines Stellenvermittelungs-Bureaus. Wenn er um Vorschläge für die Besetzung einer Stelle gebeten wurde, so wusste er mit scharfem Blicke den richtigen Mann heraus zu finden, ohne sich dabei durch die Examensnote besonders beeinflussen zu lassen.

Mit einer grossen Anzahl seiner über den ganzen Erdball zerstreuten Schüler blieb Winkler bis zu seinem Tode in regem Briefwechsel. Auch mit zahlreichen Freunden und Fachgenossen stand er in lebhaftem brieflichen Meinungsaustausch. Berücksichtigt man noch die sich aus der Verwaltung seines Instituts ergebende geschäftliche Correspondenz und die zahlreichen Anfragen von Behörden, Fabriken

und Privaten, welche die sprüchwörtliche Höflichkeit und Gefälligkeit Winkler's in Anspruch nahmen, ja sogar häufig missbrauchten, so kann man sich ein Bild machen von der riesigen Correspondenz, die jeder Andere als drückende Last empfunden haben würde. Für Winkler war sie eine Erholung in später Abendstunde, eine angenehme Arbeit, die er spielend so ganz nebenbei erledigte. Wenn möglich, brachte er dann das ansehnliche Packet Briefe noch mitten in der Nacht zum nächsten Briefkasten, damit dieselben ja recht pünktlich in die Hände der Adressaten gelangten. Dabei war jeder Brief nicht nur correct nach Form und Inhalt, sondern geradezu ein Musterbeispiel des eleganten Briefstyls. Nur in den letzten Jahren seines Lebens, als bereits die tückische Krankheit an seiner Gesundheit nagte, da fiel es ihm schwer, die von Jahr zu Jahr wachsende Correspondenz zu bewältigen. Aber er konnte es nicht über's Herz bringen, auch nur den unbedeutendsten Brief unbeantwortet zu lassen. Charakteristisch ist die Thatsache, dass kurz vor seinem Tode bei dem Verfasser die Anfrage eines bekannten amerikanischen Fachgenossen einging, ob Clemens Winkler schwer krank sei. Nur dadurch könne er sich die Thatsache erklären, dass er vierzehn Tage ohne Antwort auf einen Brief geblieben sei. Und in seinen letzten Tagen, als er bereits unter qualvollen Schmerzen mit dem Tode rang, da beschäftigte ihn noch der Gedanke, was die Absender der vielen, täglich eintreffenden Briefe, die, zu Bergen gehäuft, auf einem Tischchen neben seinem Bette lagen, von ihm denken möchten, wenn sie keine Antwort erhielten.

Den staatlichen Behörden, insbesondere dem Bergamte, den fiscalischen Hütten und vielen privaten Werken war Winkler ein unermüdlicher, nie versagender Berather. Der technischen Deputation im Ministerium des Innern gehörte er nahezu zwanzig Jahre als ordentliches Mitglied an, und zahllos sind die Gutachten, die er in dieser Eigenschaft in gewerblichen und zolltechnischen Fragen abgegeben hat.

Das Studium der Industriegase stand im engsten Zusammenhang mit der Rauchschädenfrage. Er galt als Autorität in Rauchschäden-Angelegenheiten und wurde häufig vom Staate wie von Privaten als Gutachter oder Schiedsrichter bei Streitigkeiten angerufen. Er beschränkte sich nicht darauf, Methoden zur Untersuchung der Rauchgase anzugeben, sondern war auch bestrebt, Mittel und Wege ausfindig zu machen, um dieselben von ihren die Vegetation schädigenden Bestandtheilen zu befreien. Einen interessanten Vortrag über diese Frage hielt er im Jahre 1899 im »Verein zur Förderung des Gewerbefleisses« zu Berlin. Diese Bestrebungen Winkler's fanden aber nicht immer den Beifall der Industrie, da man einen Zwang zur

Reinigung der Rauchgase seitens der Regierung befürchtete. Als Mitglied der sächsischen Schlagwettercommission erwarb sich Winkler grosse Verdienste um die Sicherheit des Bergbaus durch Ausarbeitung einfacher und dabei doch exacter Methoden zur Untersuchung der Grubenwetter. Mit Gustav Kreischer untersuchte er das Verhalten der Sicherheitslampen in Schlagwettergemischen und schuf so sichere Grundlagen für das »Indiciren« mit der Lampe.

Der Privatblaufarbenwerksverein wählte Winkler gleich nach dessen Austritt aus seinen Diensten zum »Bevollmächtigten«. Es war dem neuernannten Professor eine grosse Freude, dadurch mit dem Werke, an dem seine Vorfahren gewirkt, dem er selbst ein gut Theil seiner Lebensarbeit gewidmet hatte, in engster Fühlung zu bleiben. Dass dies Amt ihm keine Sinecure war, erscheint bei der Gewissenhaftigkeit, mit der er einmal übernommene Pflichten erfüllte, als selbstverständlich. Keine Arbeit war ihm zu viel, wenn es sich um das Wohl und Wehe seiner geliebten Blaufarbenwerke handelte.

Nicht leicht hat ein Gelehrter von der wissenschaftlichen Productivität Clemens Winkler's neben einer anstrengenden Lehrthätigkeit noch eine so mannigfaltige anderweitige Wirksamkeit entfaltet. Nur eine ganz ungewöhnliche Arbeitskraft, unterstützt durch eine ausserordentlich kräftige Körperconstitution, machte ihm dies möglich. Der Vormittag war ausschliesslich den Vorlesungen und dem praktischen Laboratoriumsunterricht gewidmet, der Nachmittag und Abend wissenschaftlichen Arbeiten im Laboratorium, ein gutes Theil der Nacht und die Sonntage dem Schreibtisch. Für längere Zeit konnte er mit wenigen Stunden Nachtruhe auskommen, ohne dass man ihm die geringste Ermüdung anmerkte. Nur eines konnte er bei anstrengender Arbeit nicht entbehren: die Cigarre. In der Rechten die Feder, in der Linken die Cigarre, so sah man ihn stets am Schreibtische seines winzigen Arbeitszimmerchens, in undurchdringlichen Tabaksqualm gehüllt, und je intensiver die Geistesarbeit, desto dichter die Rauchwolken. In seinen vier Pfählen sich zu erholen, war ihm unmöglich. War er zu Hause, so musste er arbeiten; nur die Mahlzeiten unterbrachen für kurze Zeit seine Thätigkeit. Hatte er einmal das Bedürfniss, auszuspannen, so suchte er Erholung im engeren Freundeskreise bei einem Glase Bier oder auf der Kegelbahn. Kegeln war der einzige Sport, den er trieb, theils zum Vergnügen, theils aus Gesundheitsrücksichten. Dort konnte er von ausgelassener Fröhlichkeit sein, und später als sonst trennte man sich, wenn Winkler mit von der Parthie war.

Er war ein eifriges Mitglied des »Bergmännischen Vereins«, um dessen Entwicklung er sich grosse Verdienste erwarb. Während man dort früher beim Glase Bier und der Pfeife sich über wissenschaftliche Fragen unter-

hielt, setzte Winkler es durch, dass die Sitzungen einen streng wissenschaftlichen Charakter annahmen und die Berichte über Originalarbeiten oder zusammenfassende Referate in Form von Vorträgen erstattet wurden. Bier und Tabak wurden in die Nachsitzung verbannt, in der dann das gesellige Moment zur Geltung gelangte. Aber auch hier war Winkler das belebende Element, und in seiner Gegenwart konnte die Unterhaltung nie versanden. Besonders wenn die Tafelrunde sich schon gelichtet hatte und nur noch ein paar »Ritter der Gemüthlichkeit« übrig geblieben waren, dann entfaltete er seine hinreissende Erzählergabe und öffnete die Schleusen seines Witzes und Humors. Trennte man sich dann in später Stunde, so kam es nur zu oft vor, dass Winkler statt zur Ruhe sich in sein Laboratorium begab, um bis in die Morgenstunden noch angestrengt zu arbeiten.

Die Ferien unterschieden sich vom Semester nur dadurch, dass der Tag vollständig zwischen Laboratorium und Schreibtisch getheilt blieb. Dass Winkler zur Erholung eine Reise unternommen oder eine Sommerfrische genossen hätte, war sehr selten. In späteren Jahren, als er öfters von Gicht geplagt wurde, musste der Hausarzt, der sich oft über den widerspenstigen Patienten beklagte, seine ganze Energie anwenden, um eine Badekur durchzusetzen. Es kam dann vor, dass er scheinbar einwilligte, den Koffer packte, sich von seinen Freunden verabschiedete und abreiste. Aber schon auf der nächsten Station unterbrach er seine Reise, um bei Nacht und Nebel wieder nach Freiberg zurück zu kehren, wo er dann vier Wochen lang ein völliges Einsiedlerleben führte, während alle ihn im Bade wähten. Nur wenn grosses Reinemachen im Laboratorium war oder Handwerkerlärm durch das Haus schallte, dann flüchtete er nach dem benachbarten Böhmen, für das er eine grosse Vorliebe besass. Besonders in Teplitz weilte er sehr gerne und war dort eine ganz populäre Persönlichkeit. Wer in Teplitz Grüsse von Clemens Winkler brachte, wurde allenthalben mit offenen Armen aufgenommen. Wenn der Arzt Teplitz in Vorschlag brachte, dann hatte er noch die meiste Aussicht, mit einer Badekur durchzudringen.

Wissenschaftliche Versammlungen besuchte er gerne, um alte Bekanntschaften mit Fachgenossen aufzufrischen und neue anzuknüpfen. Häufig hielt er Vorträge bei solchen Gelegenheiten, die stets Fragen von allgemeinem Interesse zum Gegenstand hatten. Auch grössere Ausstellungen besuchte er gern und brachte dann reiche Ausbeute für seine technologische Sammlung mit, die er sich aus eigenen Mitteln angelegt hatte, um sie dann bei Niederlegung seiner Professur dem chemischen Laboratorium der Freiburger Bergakademie zum Geschenke zu machen.

Im persönlichen Verkehr war Clemens Winkler die Liebenswürdigkeit und Zuvorkommenheit selbst. Seine sprichwörtlich gewordene Höflichkeit brachte manchen Besucher in Verlegenheit. Obwohl er nie in seinem Leben Reichtümer gesammelt hatte und eine grosse Familie ernähren musste, hatte er stets eine offene Hand gegenüber fremder Noth. Seine Güte und Freigiebigkeit wurde oft von Unwürdigen missbraucht; der »in Noth gerathene Chemiker« war keine seltene Erscheinung in seinem Hause. Jede Zusendung einer Arbeit beantwortete Winkler mit einem liebenswürdigen Briefe, der Zeugniß ablegte, dass der Schreiber dieselbe mit Aufmerksamkeit und Interesse gelesen hatte. Dabei war es gleichgültig, ob der Verfasser ein illustrierter Fachgenosse war, der seine jüngste epochemachende Entdeckung zur Kenntniss brachte, oder ein neugebackener Doctor, der sich dem berühmten Gelehrten durch seine Dissertation vorstellte. So mancher junge Chemiker wurde durch einen freundlichen und ermunternden Brief Clemens Winkler's mit neuem Muth erfüllt, wenn er an dem erhofften Erfolge schon zu verzweifeln begann, oder erhielt Anregung zu neuen Arbeiten.

Jeder Fachgenosse, der nach Freiberg kam, wurde in dem gastlichen Hause an der Brennhausgasse, das von aussen so wenig einladend und doch so behaglich von innen war, auf das Herzlichste aufgenommen. Den Besucher führte er mit der grössten Bereitwilligkeit in seinem Laboratorium herum, und es machte ihm Freude, wenn er demselben etwas Neues zeigen konnte. Mancher nahm als Erinnerungszeichen ein kostbares Originalpräparat oder ein seltenes Mineral mit. Besonders mit seinen Germaniumpräparaten war er von einer beispiellosen Freigiebigkeit — bis sie alle waren. blieb der Besucher über Nacht in Freiberg, dann liess er es sich nicht nehmen, denselben zu bewirthen oder, wenn dies nicht möglich war, ihm doch den Abend über Gesellschaft zu leisten. Wer je als Student an einer Excursion nach Freiberg Theil genommen hat, der wird sich gewiss gerne der dort verlebten Stunden erinnern. Da wurde von Winkler ein fideler Kneipabend arrangirt mit selbst verfassten Liedern meist chemischen Inhalts und humorvollen Reden. Die Herzen der studirenden Jugend verstand er sich im Sturme zu erobern.

Die poetische Ader war bei ihm stark ausgebildet. Schon als Jüngling verfasste er bei den verschiedensten Anlässen, besonders zu Familienereignissen freudiger wie auch trauriger Natur, Gedichte, die sich durch Formvollendung und edle Sprache auszeichnen. Auch später bestieg er gerne den Pegasus. Stiftungsfeste der Kegelgesellschaft, des Bergmännischen Vereins, Commerce, Chemiker-Versammlungen gaben ihm Veranlassung, zur Leier zu greifen. Meist waren

es launige Trinksprüche und Lieder, die nicht wenig zur Hebung der Stimmung beitrugen. Das »Excursionsliederbuch« der Freiburger Bergakademiker enthält zahlreiche, viel gesungene Lieder, die Winkler zum Verfasser haben.

Die Musik liebte er leidenschaftlich. Ohne je ernsthafte musikalische Studien gemacht zu haben, spielte er fast jedes Instrument, meist ohne Noten. Sein Lieblingsinstrument war die Guitarre, mit der er sich und Andere zum Singen begleitete. Für klassische Musik besass er wenig Verständniss; er liebte die heitere Muse. Wenn Musik gemacht wurde, dann musste es lustig zugehen. Einer Zigeunerkapelle oder einer Bande böhmischer Musikanten, wenn sie nur halbwegs gut spielten, konnte er stundenlang zuhören, und oft tractirte er dann die ganze Gesellschaft mit Bier und Wein.

In Freiberg, überhaupt in ganz Sachsen, war Clemens Winkler eine sehr populäre Erscheinung. In der gesammten Bürgerschaft bis herab zu den Arbeiterkreisen genoss er eine unbegrenzte Verehrung. Sie galt weniger dem berühmten Gelehrten als vielmehr dem Menschen, der keinen Unterschied machte zwischen dem »kleinen Manne« und dem hochstehenden Beamten. So mancher Handwerksmeister erstand beim Photographen ein Bild Winkler's, um es in der »guten Stube« aufzuhängen. Seine Einkäufe machte er stets persönlich und trug die grössten Packete selbst nach Hause. Es war ein bekanntes Strassenbild, den Herrn Geheimen Rath mit seinen kurzen, eiligen Schritten die Strassen durchmessen zu sehen, ein ansehnliches Packet unter dem Arm, ununterbrochen nach links und nach rechts die Grüsse erwidern. Kaum irgend eine Maassnahme der städtischen Collegien fand in der ganzen Bevölkerung so ungetheilten Beifall wie der einstimmig gefasste Beschluss, dem damaligen Rector der Bergakademie das Ehrenbürgerrecht seiner Vaterstadt zu verleihen.

Wiederholt machten andere Hochschulen den Versuch, eine so hervorragende Lehrkraft wie Clemens Winkler für sich zu gewinnen. Bereits im Jahre 1879 erging an ihn ein Ruf von Seiten der benachbarten Technischen Hochschule Dresden, den er jedoch nicht ernstlich in Frage zog. Als im Jahre 1887 Gustav Wiedemann in Leipzig die durch den Tod Hankel's erledigte Professur für Physik übernahm, da liess es die Facultät frei, den Lehrstuhl Wiedemann's entweder mit einem Vertreter der anorganischen oder der physikalischen Chemie zu besetzen. Das Ministerium entschied sich für einen Anorganiker und berief den von der Facultät allein vorgeschlagenen Clemens Winkler nach Leipzig. Trotz seiner Anhänglichkeit an Freiberg war er anfangs durchaus geneigt, dem Rufe Folge zu leisten, weil er hoffte, dort mehr sich wissenschaftlichen

Forschungen hingeben zu können, als dies bei seiner angestrengten Lehrthätigkeit in Freiberg der Fall war; auch sein Freundschaftsverhältniss zu Wislicenus mochte ihm seinen Entschluss erleichtern. Die Verhandlungen, die sich fast nur um die Laboratoriumsfrage drehten, waren schon nahezu zum Abschlusse gebracht, als Winkler sie plötzlich abbrach, nachdem er in Erfahrung gebracht hatte, daß seine vom Ministerium bereits genehmigten Laboratoriumspläne das Missvergnügen einiger künftigen Collegen erregten.

Auch in Charlottenburg hatte man 1899 Clemens Winkler für den Lehrstuhl für anorganische Chemie in's Auge gefasst. Doch bat dieser sogleich, von einer Berufung seiner Person Abstand zu nehmen, da er mit Rücksicht auf sein Alter sich den Strapazen einer derartigen Professur nicht mehr gewachsen fühle.

Am verlockendsten für ihn war eine Berufung nach Göttingen unter Bedingungen, wie sie nur selten einem Gelehrten geboten werden. Ohne irgend welche Verpflichtung zur Abhaltung von Vorlesungen oder Prüfungen sollte Winkler ein eigenes, ganz nach seinen Wünschen und Plänen zu erbauendes Institut zur Verfügung gestellt werden, in dem er eine beschränkte Anzahl junger Chemiker nach Abschluß ihrer Studien mit den Methoden anorganischer Forschung vertraut machen sollte. Man wollte ihm Gelegenheit geben, eine Schule zu gründen, was unter den Freiburger Verhältnissen nicht gut möglich war, und jüngere Lehrkräfte für die seither etwas stiefmütterlich behandelte anorganische Chemie heranzubilden. Winkler war ganz begeistert von dieser Aussicht, die das Ideal seines Lebens verwirklichen sollte. Trotz seines Alters würde er freudig ja gesagt haben; aber er fühlte, daß seine eiserne Gesundheit einen schweren Stoß erlitten habe, daß er die Fertigstellung des neuen Instituts nicht mehr erleben werde. So erklärte er schweren Herzens seinen Verzicht, und die Zukunft bewies, wie richtig er sich beurtheilt hatte.

Daß es Winkler bei seinen großen, wissenschaftlichen Erfolgen nicht an äußeren Ehrungen gefehlt hat, darf nicht wundern. Hohe Orden des In- und Auslandes schmückten seine Brust, und hohe Titel durfte er seinem Namen voransetzen. Er war nicht unempfänglich für solche Auszeichnungen; höher aber schätzte er die Ehrungen, die ihm von Seiten seiner Fachgenossen zu Theil wurden. Er war Mitglied zahlreicher gelehrter Gesellschaften wie der Preussischen Akademie der Wissenschaften, der sächsischen, schwedischen und holländischen Gesellschaft der Wissenschaften, der Leopoldina in Halle, der geologischen Reichsanstalt in Wien. Als Ehrenmitglied gehörte er dem Verein deutscher Chemiker, dem sächsischen Ingenieur- und Architekten-Verein, der Leipziger chemischen Gesellschaft, dem Frank-

furter physikalischen Verein an. Wiederholt wurde er in den Vorstand der Deutschen chemischen Gesellschaft gewählt; 1895 und 1896 bekleidete er die Würde eines Vicepräsidenten. Die Technische Hochschule Charlottenburg promovirte Clemens Winkler gleichzeitig mit Adolf v. Baeyer zum Ehren-Doctoringenieur.

Der Verein zur Förderung des Gewerbeleisses, dessen technischen Ausschusse Winkler viele Jahre angehörte, verlieh ihm 1896 die goldene Delbrück-Medaille für seine Verdienste um die Ausbildung der technischen Gasanalyse. Die japanische Regierung ließ ihm durch eine besondere Deputation werthvolle altjapanische Bronzen, seltene Bücher und kostbare Stickereien überreichen, die ihm eine größere Freude bereiteten als die sonst übliche Ordensverleihung.

Als im Jahre 1896 Theodor Richter, der langjährige Director der Bergakademie, aus dem Amte schied, da wurde Winkler mit der Leitung derselben betraut. In einer dreijährigen Amtsführung entfaltete er ein glänzendes Organisationstalent, das die alte Hochschule gewissermaassen modernisirte und verjüngte. Näher auf seine segensreiche Verwaltungsthätigkeit einzugehen, ist hier nicht der Ort. Gekrönt wurde sein Werk durch die Einführung des Wahlrektorats. Im Jahre 1899 legte er sein Amt in die Hände des ersten Wahlrectors Adolf Ledebur und freute sich, nun wieder zu einer wissenschaftlichen Thätigkeit zurückkehren zu können, der er als Director fast ganz entfremdet worden war.

Da begannen sich bei ihm öfters Schwächeanwandlungen einzustellen, und mitten im Gespräche überkam ihn häufig ein Angstgefühl, das ihm den Schweiß auf die Stirne trieb. Dabei klagte er über ein Nachlassen seiner Arbeitskraft; selbst das Briefschreiben, sonst seine Erholung, sei ihm eine schwere Last geworden. Obwohl die Aerzte eine bestimmte Krankheit nicht constatiren konnten, vermochten sich seine näheren Bekannten der Besorgniss nicht zu erwehren, dass dieser kräftige Organismus durch ein schweres inneres Leiden in seinen Grundfesten erschüttert sei. Als er immer häufiger sich genöthigt sah, seine Vorlesungen zu unterbrechen, da reifte im Sommer des Jahres 1902 in ihm der Entschluss, seine Professur niederzulegen. Sein Abschiedsgesuch erhielt die allerhöchste Genehmigung unter Verleihung einer hohen Ordensauszeichnung und Ernennung zum Ehrenmitgliede des Professorencollegiums. Diese letztere, ganz ungewöhnliche Auszeichnung bereitete dem Scheidenden eine besondere Freude.

Am 25. Juli 1902 hielt Clemens Winkler seine letzte Vorlesung. Der Hörsaal war bis zum letzten Platz gefüllt und der Experimentirtisch prächtig mit Blumen geschmückt. Mit bewegten Worten verabschiedete sich Winkler von seinen Schülern.

Wenige Wochen später siedelte er nach Dresden über, wo er seinen Lebensabend mit literarischen Arbeiten beschliessen wollte. In erster Linie beabsichtigte er ein gross angelegtes Lehr- und Hand-Buch der analytischen Chemie zu schreiben, als Ersatz für die klassischen, aber veralteten Werke von Rose und Fresenius. Zahlreiche Freunde und Fachgenossen hatten früher schon dies geradezu als seine Pflicht bezeichnet. Leider sollte es nicht zur Verwirklichung seines Planes kommen. Kaum hatte er sich in seinem neuen Heime eingerichtet, als eine schwere Lungenentzündung ihn aufs Krankenlager warf, von der er sich nicht wieder erholte. Wieder und wieder stellten sich Rückfälle ein, die seine Kräfte fast aufzehrten. Ein längerer Aufenthalt am Gardasee brachte einige Besserung. Eine letzte Freude in dieser trüben Zeit, wo der rege Geist zur Unthätigkeit verdammt war, brachte ihm seine Wahl zum Ehrenpräsidenten des 5. internationalen Congresses für angewandte Chemie in Berlin; doch durfte er nicht daran denken, selbst dem Congresse zu präsidiren. Im Jahre 1904 trat eine wesentliche Verschlechterung seines Zustandes ein. Die Aerzte riethen zu einem Aufenthalte in Reichenhall. Winkler bat, man möge ihn ruhig zu Hause sterben lassen; doch gab er schliesslich dem Drängen der Seinen nach und reiste ab. Als todtkranker Mann kehrte er aber schon nach ganz kurzer Zeit zurück. Nun erst erkannte man sein Leiden als Lungencarcinom. Noch sechs qualvolle Wochen musste er durchleben. Von unsäglichem Schmerzen gepeinigt, wünschte er von Tag zu Tag den Tod herbei, der ihn endlich am 8. October erlöste.

Seinem Wunsche entsprechend wurde er auf dem Trinitatisfriedhofe in Dresden zur letzten Ruhe bestattet. Bei der imposanten Trauerfeier, die ein deutliches Zeugniß ablegte, welcher Werthschätzung und Verehrung der Dahingeschiedene sich in allen Kreisen erfreute, war die Deutsche chemische Gesellschaft durch ihren Vice-Präsidenten, Hrn. A. Pinner, vertreten.

Mit Clemens Winkler ist der hervorragendste Vertreter der anorganischen Chemie in Deutschland dahingegangen. Er gehörte zu der kleinen Schaar von Chemikern, die zu einer Zeit, wo dieser älteste Zweig unserer Wissenschaft vollständig zu verdorren drohte, zeigten, dass noch reiche Früchte an ihm zu ernten seien. Sein Arbeitsgebiet umfaßte in gleicher Weise die reine, wie die angewandte Chemie; in ihm verbanden sich in glücklicher Weise theoretisches Wissen mit praktischer Erfahrung. Winkler wurde öfters, besonders von jüngeren Fachgenossen, als hyperconservativ hingestellt, als Anhänger einer veralteten, mineralogisch-descriptiven Chemie und Gegner der modernen, physikalisch-chemischen Richtung, aber sehr mit Unrecht. Wohl war

er im allgemeinen kein Freund der mathematischen Behandlung der Naturwissenschaften. Ihm stand das Experiment über allem; erst nachher kam die Theorie, die das Beobachtete zu erklären hatte. Stets warnte er davor, sich durch eine vorgefaßte Meinung bei wissenschaftlichen Untersuchungen beeinflussen zu lassen; aber ebenso haßte er das planlose Herumexperimentiren. Er war ein durchaus fortschrittlicher Chemiker. Die Elektroanalyse wurde in seinem Laboratorium vielfach benützt lange bevor sie durch die Arbeiten und Schriften Alexander Classen's in den Unterrichtslaboratorien heimisch geworden war. Zu einer Zeit, wo Ostwald's »Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie« noch nicht erschienen waren, hatte Winkler schon den Versuch gemacht, die neuen Lehren auch der analytischen Chemie nutzbar zu machen, indem er in seinem Laboratorium die Analysenresultate, wo dies möglich war, nach Ionen berechnen ließ. Er vertrat die Ansicht, daß anorganische Chemie und physikalische Chemie nicht identische Begriffe seien, sondern zwei verschiedene Wissensgebiete, die sich allerdings vielfach berührten und sich gegenseitig zu befruchten geeignet seien.

Clemens Winkler war ein ungemein productiver Forscher. Seine Veröffentlichungen gehen in die Hunderte. Dabei muß man berücksichtigen, daß er alle seine Untersuchungen allein ausführte. Einige wenige, die auf andere Gebiete hinüber greifen, veröffentlichte er gemeinsam mit seinen Freunden Kreischer und Stelzner. Dadurch, daß Winkler eigentlich keiner chemischen Schule angehört, sondern in der Hauptsache Autodidakt ist, haftet seinen Arbeiten eine gewisse Originalität an. Vielfach geht er wenig betretene Pfade, um sein Ziel zu erreichen. Seine Untersuchungen sind, was Sorgfalt und systematische Durcharbeitung betrifft, geradezu mustergültig. Er besaß in hohem Maasse eine Art von chemischem Instinct, oder wie er selbst es nannte, »chemisches Gefühl«, das ihn in Zeiten, wo über die Gesetzmässigkeit chemischer Vorgänge noch wenig Klarheit herrschte, das Richtige treffen liess. Nie aber liess er sich dazu verleiten, auf Grund dieses Gefühls ein Urtheil zu fällen; stets mußte das Experiment zuvor den Beweis liefern, ob ihn dasselbe nicht betrogen habe.

Die deutsche Sprache beherrschte Winkler meisterhaft. Alle seine Schriften zeichnen sich durch Eleganz der Diction, durch Correctheit und Klarheit des Ausdruckes aus. Mitunter, besonders bei Abhandlungen allgemeineren Inhalts oder bei Vorträgen, bricht die Begeisterung für seine Wissenschaft durch, und an Stelle der nüchternen Darstellung tritt ein poetischer Schwung. Die Lectüre seiner Schriften gewährt einen ästhetischen Genuß, wie wir ihn bei den Werken eines August Wilhelm von Hofmann empfinden. Selbst in scharfer, wissenschaftlicher Controverse verliess ihn nie der vor-

nehme, sachliche Ton. Es war ihm peinlich, einem Anderen einen Irrthum nachweisen zu müssen.

Bei der Besprechung der wissenschaftlichen Arbeiten Clemens Winkler's glaube ich meiner Aufgabe noch am ehesten gerecht zu werden, wenn ich ohne Rücksicht auf die chronologische Reihenfolge dieselben nach ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Wissensgebieten zusammenfasse.

Einen grossen Theil seiner Lebensarbeit widmete Winkler der analytischen Chemie. Schon als junger Bergakademiker beschäftigte er sich auf Veranlassung Breithaupt's viel mit Mineralanalysen. Seine im Alter von 20 Jahren veröffentlichte erste Arbeit behandelt »die Zusammensetzung des Condurrits«, eines nach seinem Fundort, der Condurra-Grube in Wales, benannten Minerals von strittiger Zusammensetzung. Während Faraday, der es zuerst untersucht hatte, es als arsenigsäures Kupferoxydul ansprach, sah Rammelsberg in ihm ein Gemisch verschiedener Mineralien. Durch eine sorgfältig ausgeführte Analyse konnte Winkler die Ansicht Rammelsberg's bestätigen und zeigen, dass ein Gemenge vorliegt, das wahrscheinlich durch Verwitterung von kupferglanzhaltigem Arsenkupfer entstanden ist.

Winkler analysirte eine grosse Anzahl neuer Mineralien zum ersten Male und stellte auf Grund der Analyse ihre chemische Formel auf. Besonders sind es die interessanten Vorkommen des Schneeberger Kobaltfeldes, die in den Gruben des Blaufarbenwerks-Consortiums von seinem alten Freunde, dem Bergverwalter Tröger, aufgefunden wurden. Er seien nur genannt der Uranosphärit, Uranospinit, Uranocircit, Walpurgin, Trögerit, Zeunerit, Rhagit, Roselith, Kobaltspath, Bismutosphärit, Herderit, Luzonit u. a. m. Ein von Winkler analysirtes wasserhaltiges Nickel-Kobalt-Oxyd erhielt von Breithaupt den Namen Winklerit. Da diese Mineralien fast alle sehr selten sind und die kostbaren Stufen nicht geopfert werden sollten, so standen Winkler für die gesammte Analyse oft nur Bruchtheile eines Grammes an reinem Material zur Verfügung. Derartige Schwierigkeiten konnten aber für ihn den Reiz der Arbeit nur erhöhen. Diese mineralchemischen Untersuchungen wurden nur zum kleineren Theil von Winkler selbst, meist von Breithaupt und Albin Weisbach, veröffentlicht, welche die neuen Vorkommen mineralogisch beschrieben.

Eine klassisch zu nennende Arbeit Winkler's auf dem Gebiete der Mineralchemie ist die Untersuchung des berühmten Eisenmeteoriten von Rittersgrün in der Sammlung der Freiburger Bergakademie. Derselbe besteht aus einem metallischen und einem nichtmetallischen Theile fast in gleicher Menge, deren mechanische Trennung auf höchst

mühsame Weise gelang. Eine exacte Trennung konnte erreicht werden durch Erhitzen der Substanz im Chlorstrome, wobei die metallischen Anteile in flüchtige oder durch salzsäurehaltiges Wasser extrahierbare Chloride übergeführt werden, während der nichtmetallische Theil keine Veränderung erfährt. Die ersteren erweisen sich als in der Hauptsache aus Nickeleisen bestehend neben wenig Phosphoreisen, Phosphornickeleisen, Siliciumeisen, Schwefeleisen, Kupfer und einer Spur Eisencarbid. Der gelbbraune, nichtmetallische Theil besteht aus Broncit, Asmannit und Troilit, die höchst gleichmässig mit einander verwachsen sind und Körner von Chromeisenstein einschliessen. Durch Löslichkeitsversuche kann die Identität des Asmannits mit dem Tridymit wahrscheinlich gemacht werden. Beim Erhitzen im Vacuum giebt der Meteorit sehr geringe Mengen eines brennbaren Gases, wahrscheinlich Wasserstoff, ab. Interessant sind die Betrachtungen, die Winkler über die Entstehung der sogenannten Brandrinde anstellt, welche sich auch an dem Rittersgrüner Meteoriten, wenn auch nur papierdünn, vorfindet. Die gewöhnliche Erklärung, dass dieselbe durch Schmelzung in Folge der durch den Reibungswiderstand beim Durchfliegen der Atmosphäre erzeugten gewaltigen Hitze entstanden sei, ist hier nicht zulässig. Die unmittelbar unter der Rinde liegenden gelbbraunen nichtmetallischen Mineralien nehmen nämlich schon bei Bleischmelzhitze eine tiefschwarze Farbe an. Hätte sich nun die äussere Rinde bis zum Schmelzen, d. h. auf Weissgluth erhitzt, so hätte sich in Folge des guten Wärmeleitungsvermögens des metallischen Theiles der nichtmetallische bis auf eine beträchtliche Tiefe schwarz färben müssen. Da auch Nordenskjöld ganz ähnliche Beobachtungen an dem Meteoriten von Ställdalen gemacht hatte, erklärt Winkler die beim Falle der Meteoriten zu beobachtende starke Lichterscheinung durch die Annahme einer dem Meteoriten angehörigen, sich entflammenden Atmosphäre von brennbarem Gase. Für die Entstehung des rätselhaften Vorkommens von gediegenem Eisen im Granit der grönländischen Insel Disco, des sogenannten Ovik-Eisens, von dem Nordenskjöld Proben sandte, lässt ihn die Entdeckung der Carbonylverbindungen des Eisens durch Mond und Quincke eine ungezwungene Erklärung finden. Da das Nachbargestein reich an Graphit und bituminösen Stoffen ist, kann das Eisen in Form von Kohlenoxydverbindungen in das noch heisse Eruptivgestein eingewandert und in den Höhlungen desselben zur Ablagerung gelangt sein. Eine von P. Iwanoff im Freiburger Laboratorium ausgeführte Analyse des Ovik-Eisens ergiebt die Anwesenheit von Eisenchlorid. Dies erklärt die merkwürdige Thatsache, dass Blöcke dieses Eisens in geschlossenen Museumsräumen sehr rasch zerfallen, während im Freien, wo das Eisenchlorid

durch den Regen ausgewaschen wird, nur eine oberflächliche Oxydation eintritt.

Zahlreiche Gesteinsuntersuchungen unternahm Winkler für seinen Freund, den bekannten holländischen Geologen Verbeek, der während eines Menschenalters die geologische Aufnahme von ganz Niederländisch Indien ausführte. Diese Arbeiten Winkler's sind in chemischen Kreisen kaum bekannt geworden, da sie an schwer zugänglicher Stelle, in den holländisch geschriebenen Werken des genannten Gelehrten, veröffentlicht sind. Für die originelle Art, in der Winkler die oft schwierigen Probleme der Gesteinsanalyse löste, sei nur ein Beispiel angeführt. Zur Erklärung der Bildung der Zinnerzlagerstätten von Banca und Billiton war es von Interesse, den ganz minimalen Zinngehalt des Urgesteins zu bestimmen. Hierzu war die Anwendung so grosser Gesteinsmengen nöthig, dass der gewöhnliche Weg der Silicatanalyse ganz ausgeschlossen war. Winkler mischte das Gesteinspulver mit pulverförmigem Kupferoxyd unter Zusatz geeigneter Reductions- und Schmelz-Zuschläge. Das Gemenge wurde dann bei der höchsten Temperatur des Windofens eingeschmolzen, wobei sich der ganze Zinngehalt in einem einzigen Kupferregulus ansammelte, der ausgeschlackt und in üblicher Weise der Analyse unterworfen wurde.

Die Gewichtsanalyse bereicherte er um zahlreiche Methoden zur Trennung und Bestimmung von Metallen, auf die im Einzelnen einzugehen, der Raum nicht gestattet. Es ist sehr zu beklagen, dass er seine reichen Erfahrungen auf diesem Gebiete nicht mehr in einem Lehrbuche der Allgemeinheit nutzbar machen konnte, wie er dies am Abend seines Lebens beabsichtigte. Dass er als einer der Ersten von der Elektroanalyse praktische Anwendung machte, wurde bereits erwähnt. Einen grossen Erfolg erzielte er durch die Einführung der Drahtnetz-Elektroden. Ich hatte beobachtet, dass die Beschaffenheit der Metallniederschläge um so besser wird, je mehr Löcher man behufs Begünstigung der Diffusion in die Kathode schlägt, und dass gleichzeitig damit die Zeitdauer der Analyse immer mehr abgekürzt wird. Winkler zog daraus den Schluss: »Nun dann muss eine Kathode, die aus lauter Löchern besteht, ihren Zweck am besten erfüllen«, und construirte eine cylindrische Elektrode aus feinmaschigem Platindrahtgewebe. Dadurch wird verhindert, dass die Lösung an der Kathode rasch an Metallionen verarmt und der Niederschlag sich in pulvriger, nicht festhaftender Form abscheidet. Ausserdem ist die Stromdichte an der Kathode eine viel gleichmässiger als bei Anwendung eines Blechconus oder einer Platinschale. Nickel kann man an Drahtnetz-elektroden in Mengen bis zu mehreren Grammen in tadelloser Form abscheiden; die Elektrolyse des Zinks aus rein alkalischer Lösung,

die des Wismuths aus salpetersaurer Lösung gelingt in einfachster Weise. Kupfer kann aus seiner Sulfatlösung quantitativ abgeschieden werden, ohne dass die letzten Antheile Neigung zeigen, abzufallen. Dadurch, dass es möglich ist, mit viel höherer Stromdichte zu arbeiten, wird die Dauer der Elektrolyse wesentlich verkürzt. Erst in jüngster Zeit hat F. Förster¹⁾ wiederholt auf die grossen Vorzüge der Winkler'schen Drahtnetzkatode hingewiesen und gezeigt, wie durch Anwendung derselben die ganzen Verhältnisse bei der Elektroanalyse wesentlich einfacher und übersichtlicher gestaltet werden können.

Die Maassanalyse verdankt Winkler eine weitgehende Förderung. In richtiger Erkenntniss der Thatsache, dass der dem alten titrimetrischen System zu Grunde liegende Aequivalentbegriff sich mit den modernen Anschauungen und der neuen chemischen Schreibweise nicht mehr vereinigen lasse, stellte er 1884 ein neues titrimetrisches System auf, dem er das Molekulargewicht des Wasserstoffs zu Grunde legte. Dadurch wurde der Vortheil erreicht, dass keine Halbiring der Atom- und Molekular-Gewichte einzutreten brauchte, da mehr als zweierthige Elemente nicht in Frage kommen. Für die 2 g Wasserstoff äquivalente Menge einer Titrsubstanz schlug er die Bezeichnung Normalgewicht vor. So sehr man das reformatorische Vorgehen Winkler's begrüsst, so fanden sich doch auch gewichtige Stimmen, wie W. Fresenius und L. de Koninck, welche auf die Gefahr hinwiesen, die mit der Einführung einer durchaus veränderten Normalconcentration verbunden sei. indem Verwechselungen in der Uebergangszeit kaum zu vermeiden seien. Winkler erkannte diese Schwierigkeiten voll an, und trotz der guten Lehrerfolge, die er beim praktischen Unterricht mit dem neuen System erzielt hatte, liess er seinen Vorschlag wieder fallen. In seinem Lehrbuche: »Praktische Uebungen in der Maassanalyse« (Freiberg 1888) legte er dann dem titrimetrischen Systeme das Atomgewicht des Wasserstoffs zu Grunde. In diesem Lehrbuche, das sich zahlreiche Freunde erwarb und drei Auflagen erlebte, findet sich manche vortreffliche, von Winkler ausgearbeitete oder doch verbesserte Methode, wie z. B. die zur Bestimmung ätzender Alkalien neben Alkalicarbonat, von Bicarbonat neben neutralem Carbonat, von rauchender Schwefelsäure u. a. m.

Das grösste Verdienst nicht nur auf dem Gebiete der analytischen Chemie, sondern vielleicht überhaupt, erwarb sich Winkler durch seine gasanalytischen Arbeiten. Zur rechten Zeit erkannte er die Bedeutung der gasförmigen Producte, welche die Industrie erzeugt, und wieder

¹⁾ F. Förster, Elektrochemie wässriger Lösungen, Leipzig 1905. — Zeitschr. f. angew. Chem. 19, 1842 [1906].

und immer wieder wies er auf die Nothwendigkeit hin, denselben die gebührende Beachtung zu schenken. Mit weitschauendem Blicke sah er voraus, welche Rolle im wirthschaftlichen Leben diese unsichtbaren Nebenproducte bei rationeller Ausnutzung zu spielen berufen seien. Es sei nur erinnert an die Gichtgase der Hochöfen, an die Coaksofengase und andere. Eine Technologie der Gase ist aber nur möglich, wenn geeignete Untersuchungsmethoden vorhanden sind. Diesem fühlbaren Mangel abzuhelfen, machte er sich zur Lebensaufgabe. Das Ergebniss zehnjähriger Arbeit legte er in seinem grundlegenden, umfassenden Werke »Die chemische Untersuchung der Industriegase« nieder, dessen erster, die qualitative Untersuchung der Gase behandelnder Theil bereits im Jahre 1876 erschien, dem in kurzer Frist der zweite und wichtigste Theil, der die quantitative Analyse der Gase enthält, folgte. Wenn man Robert Bunsen den Schöpfer der exacten Gasanalyse nennt, dann darf man Clemens Winkler als den Begründer der technischen Gasanalyse bezeichnen. Es ist dies m. E. ein grösserer Ruhmestitel als die Entdeckung des Germaniums, die seinen Namen in weiten Kreisen bekannt machte. Für zahlreiche Industriezweige, die früher auf rohe Empirie angewiesen waren, wurde durch die technische Gasanalyse erst ein rationeller Betrieb ermöglicht. Die Leuchtgas-Fabrication nahm von da an einen ungeahnten Aufschwung; die Generatorgas- und Wassergas-Feuerung konnten nun erst ihren sieghaften Einzug in die chemische und metallurgische Industrie halten. Und heute kann keine grössere Kesselanlage der Gasanalyse entrathen, wenn sie sich nicht den Vorwurf der Brennstoffvergeudung machen lassen will.

Mit ausserordentlichem Geschicke verstand es Winkler, die exacten Methoden Bunsen's und anderer Gelehrten den Bedürfnissen der Praxis anzupassen. Oft aber galt es auch, völlig neue Untersuchungsmethoden zu ersinnen. Die Apparatur musste vereinfacht werden, sollte sie auch in den Händen des Mindergeübten Resultate von genügender Genauigkeit geben. Es zeigte sich, dass für technische Zwecke als Sperrflüssigkeit das Quecksilber in allen Fällen durch Wasser ersetzbar sei.

Die von Winkler bereits in den sechziger Jahren construirte Gasbürette wurde der Prototyp einer ganzen Reihe von Apparaten. Wurde sie auch durch die vollkommeneren Constructionen von Bunte, Hempel und Anderen überholt, so hat sie sich doch mit der Zähigkeit des einmal Eingeführten merkwürdig lange im Gebrauche erhalten und wird auch heute noch vielfach benützt, wenn es sich nur um die Bestimmung eines einzigen Gasbestandtheiles handelt. Ihrem wesentlichsten Theile, dem Dreiwegehahne, der mitunter fälschlicher Weise auch als Geissler'scher Hahn bezeichnet wird, begegnen wir bei

einer grossen Anzahl von Gasbüretten. Die vielen von Winkler angegebenen Apparate, die bei der Untersuchung von Gasen Verwendung finden, aufzuzählen, würde zu weit führen. Es sei nur noch an die aus der Pettenkofer'schen Röhre hervorgegangene Absorptionsschlange erinnert, sowie an den von ihm construirten Gascorrectionsapparat, der sich durch Einfachheit und Bequemlichkeit der Handhabung auszeichnet und neben dem ganz ähnlichen und fast gleichzeitig bekannt gewordenen Apparat von Lunge vielfach im Gebrauche ist.

Besondere Aufmerksamkeit wendete Winkler der Vervollkommnung der Verbrennungsmethoden zu. Die Eigenschaft des fein vertheilten Palladiums, die Verbrennung gewisser Gase, besonders des Wasserstoffs, im Gemenge mit Sauerstoff schon bei einer Temperatur herbei zu führen, die weit unter dem Entflammungspunkte der betreffenden Gase liegt, benützte er zu einer eleganten Methode der Bestimmung des Wasserstoffs. Der ganze Verbrennungsapparat besteht aus einem Faden von Palladiumasbest, der in die U-förmige Verbindungscapillare einer Hempel'schen Bürette und Absorptionspipette eingebettet ist, und durch einen darunter befindlichen Mikrobrenner schwach erhitzt wird. Da die Verbrennung des Wasserstoffs schon wenig über 100° beginnt und bei 200° eine vollständige ist, das Methan aber unter diesen Verhältnissen erst bei heller Rothgluth verbrennt, so kann diese Methode zur Trennung beider Gase auf dem Wege der fractionirten Verbrennung dienen. Man muss sich nur hüten, dass bei zu rascher Überführung durch die Verbrennungswärme des Wasserstoffs die Temperatur bis zur hellen Rothgluth des Asbestfadens gesteigert wird. Diese Trennungsmethode ist von besonderer praktischer Bedeutung für die Leuchtgasanalyse, wo diese beiden Gase die brennbaren Bestandtheile des nicht absorbirbaren Gasrestes bilden.

Die Verbrennung des Methans mit Hülfe des Palladiums führte zuerst Coquillion aus, indem er einen Palladiumdraht mittels des elektrischen Stromes zur hellen Rothgluth erhitzte und das Methan-Luft-Gemisch wiederholt an demselben vorüber führte. Aber der von ihm hierzu construirte Apparat, der in erster Linie zur Untersuchung von schlagenden Wettern dienen sollte, das »Grisoumeter«, blieb ohne jede praktische Bedeutung und besitzt heute nur historisches Interesse. Winkler ersetzte den Palladiumdraht durch einen bei der hohen Temperatur ungleich dauerhafteren Platindraht und verlegte den Verbrennungsapparat in das Innere einer einfachen, tubulirten Hempel'schen Gaspipette, während als Messapparat eine Hempel'sche Gasbürette dient.

So bequem und brauchbar dieser Apparat, der in der Folge noch einige Verbesserungen durch L. Dennis erfuhr, sich für die Unter-

suchung verhältnissmässig methanreicher Gasgemische erwies, so gestattete er doch nicht die Bestimmung kleiner Methanmengen, wie sie sich meist in normalen Grubenwettern finden, wenigstens nicht mit einer für den Bergmann wünschenswerthen Genauigkeit. In solchen Fällen, wo die Anwendung grösserer Gasvolumina geboten ist, verbrannte Winkler anfangs das Methan nach dem Beispiele von Fresenius mit glühendem Kupferoxyd. Während dieser aber die gebildete Kohlensäure gewichtsanalytisch bestimmte, leitete jener die Verbrennungsgase durch titrirtes Barytwasser und maass am Schlusse den Ueberschuss desselben mit Oxalsäure zurück. Dieses Verfahren hatte er im Freiburger Laboratorium zu grosser Vollkommenheit ausgebildet und nach demselben den Methangehalt der ausziehenden Wetterströme fast aller Kohlengruben Sachsens ermittelt. Gerade für die Untersuchung der sehr methanarmen Wetter der sächsischen Gruben hatte sich die Methode als besonders geeignet erwiesen, da sie die Anwendung beliebig grosser Gasvolumina gestattet.

Immerhin hatte dieselbe einige Schattenseiten, wie die ziemlich umfängliche Apparatur und vor allem die Schwierigkeit, Methan durch glühendes Kupferoxyd vollständig zu verbrennen. Winkler ging daher nach den günstigen Erfahrungen mit seiner Verbrennungspipette dazu über, auch in diesen armen Gasen das Methan durch elektrisch glühenden Platindraht zu verbrennen. Die bequeme und genaue titrimetrische Bestimmung der bei der Verbrennung gebildeten Kohlensäure behielt er aber bei und zwar nach dem von W. Hesse im Winkler'schen Laboratorium ausgearbeiteten Verfahren. Demgemäss wurde der Verbrennungsapparat in eine grosse, 2 Liter fassende, konische Flasche verlegt, sodass sämtliche Operationen, Abmessen des Gasvolumens, Verbrennung, Absorption der Kohlensäure und Zurücktitriren des Ueberschusses des Barytwassers in ein und demselben Gefässe ausgeführt werden können. Zur titrimetrischen Gasanalyse verwendete Winkler Lösungen, von denen 1 ccm genau einem Cubikcentimeter des zu bestimmenden Gases, im Normalzustand gedacht, entsprach. Für solche Lösungen führte er die Bezeichnung »Gasnormale Lösungen« ein. Nach dieser Methode gelingt es mit Leichtigkeit, den Methangehalt in Grubenwettern auf $\frac{1}{100}$ pCt. genau zu bestimmen. Dabei ist der Apparat höchst einfach, nicht zerbrechlich und seine Handhabung erfordert keine besondere Uebung.

Winkler hat noch mehr Apparate zur Untersuchung von Grubenwettern construirt, so zur Bestimmung der Kohlensäure und des Sauerstoffs, welche es gestatten, die Analyse direct an Ort und Stelle unter Tage auszuführen.

Die Eigenschaft des Palladiumchlorürs, durch Kohlenoxyd zu metallischem Palladium reducirt zu werden, benützte er zu einem

höchst empfindlichen Nachweis dieses giftigen Gases, der wesentlich bequemer ist als die spectroscopische Prüfung, auf die wir sonst angewiesen sind. Freies Kohlenoxyd reagirt allerdings nur sehr träge mit Palladiumchlorür; leitet man aber das Gas durch eine Auflösung von Kupferchlorür in gesättigter Kochsalzlösung, verdünnt mit Wasser und giebt, unbekümmert um eine etwaige Ausscheidung von Kupferchlorür, einen Tropfen Natriumpalladiumchlorür hinzu, so entsteht sofort eine schwarze Wolke von fein vertheiltem Palladium. Winkler konnte auf diese Weise noch 0.01 pCt Kohlenoxyd in Gasgemischen nachweisen.

Neben der Ausgestaltung der Methoden der technischen Gasanalyse gebührt Clemens Winkler auch das Verdienst, diesen neuen Zweig der technischen Analyse zuerst als besondere Disciplin in den Laboratoriums-Unterricht eingeführt zu haben. An einem Nachmittage in der Woche unterwies er persönlich in einem besonderen Practicum die vorgeschrittenen unter seinen Schülern in der Ausführung gasanalytischer Untersuchungen und der Handhabung der Apparate. Oft erklärte er, dass ihm kein Zweig seiner Lehrthätigkeit grössere Freude und grössere Befriedigung gewährt habe, als dieses Practicum, und dass seine grössten Lehrerfolge auf diesem Gebiete gelegen haben. Er erlebte noch die Genugthuung, dass nach seinem Vorgehen die technische Gasanalyse an fast allen Hochschulen als besonderes Unterrichtsfach eingeführt wurde. Für dieses Practicum schrieb er sein »Lehrbuch der technischen Gasanalyse«, das sich grosser Beliebtheit erfreut, mehrere Auflagen erlebte und in verschiedene fremde Sprachen übersetzt wurde.

Auf dem Gebiete der reinen Experimentalchemie verdanken wir Winkler eine grosse Reihe schöner Untersuchungen. Es ist charakteristisch für ihn, dass er, noch mitten in der hüttenmännischen Praxis stehend, gerade zur Anstellung derartiger Versuche besondere Neigung zeigte und mit ihnen seine Mussestunden ausfüllte. Eine seiner ersten Arbeiten in Pfannenstiel, auf Grund der er in Leipzig promovirte, befasste sich mit dem Studium des krystallisirten Siliciums, seiner Darstellung und Fähigkeit, mit Metallen Verbindungen zu bilden. Es gelang, ein Silicium-Aluminium, Silicium-Platin, Silicium-Arsen und verschiedene Silicium-Arsenmetalle darzustellen. Doch entsprach der Erfolg nicht den Erwartungen, mit denen der junge Forscher an die Arbeit herantreten war.

Im Sommer des Jahres 1863 hatte Reich, unterstützt von seinem Assistenten Th. Richter in Freiberg, auf der Suche nach dem kurz zuvor von Crookes entdeckten Thallium in der Freiburger Zinkblende das Indium entdeckt. Winkler interessirte das neue Element aufs

Höchste, und im Einverständniss mit Reich nahm er das Studium desselben auf, das ihn mehrere Jahre hindurch beschäftigte. Das meiste, was wir in chemischer Hinsicht über dieses Metall wissen, verdanken wir den Arbeiten Winkler's. Zunächst zeigte er einen bequemen Weg zur Gewinnung desselben aus dem Freiburger Zink. Das Atomgewicht wird von neuem bestimmt, sowohl durch Ueberführung des Metalls in Oxyd, wie auch durch Bestimmung der Menge Gold, die abgewogene Mengen Indium aus einer neutralen Natrium-Gold-Chloridlösung abscheiden. Während die Entdecker die Zahl 74.2 gefunden hatten, in der Annahme, das Metall sei zweiwerthig, erhielt Winkler den Werth 75.6 entsprechend 113.4 für dreiwerthiges Indium. Diese Zahl, von Bunsen bestätigt, wurde vier Jahrzehnte hindurch als maassgebend angesehen, scheint aber nach neueren Forschungen noch etwas zu niedrig zu sein. Die Eigenschaften des Metalles, seiner Verbindungen mit Sauerstoff und Schwefel werden genau studirt und die Existenz eines Suboxyds nachgewiesen. Die meisten Salze des Indiums werden zum ersten Male dargestellt und beschrieben. Ihre Untersuchung wurde noch sehr erschwert durch die unangenehme Eigenschaft, nur schwierig zu krystallisiren, zumal bei Anwendung so kleiner Mengen, wie sie von dem kostbaren Metalle nur zur Verfügung standen.

Dass die beiden Zwillinge Nickel und Kobalt, von denen Winkler während seiner Thätigkeit als Hüttenmeister Hunderttausende von Kilogrammen darstellte, auch häufig Anlass zu wissenschaftlichen Untersuchungen boten, die nicht in directem Zusammenhange mit der Praxis standen, erscheint nur natürlich. Neben dem analytischen Verhalten der beiden Metalle war es insbesondere die Atomgewichtsfrage, die ihn während eines Zeitraumes von 30 Jahren wiederholt beschäftigte. Die Untersuchungen von Berzelius, Rothoff, Dumas, Marignac u. A. hatten übereinstimmend für Kobalt und Nickel nahezu das gleiche Atomgewicht ergeben; nur R. Schneider erhielt 1857 für das Atomgewicht des Kobalts einen um nahezu zwei Einheiten höheren Werth als für das Nickel, ein Ergebniss, das wenig Beachtung fand. Als aber dasselbe durch E. von Sommaruga annähernd bestätigt wurde, hielt Winkler 1867 eine Revision der Atomgewichte für geboten. Er benützte die gleiche Methode, nach der er das Atomgewicht des Indiums bestimmt hatte: Einwirkung einer neutralen Natrium-Gold-Chloridlösung auf die fein vertheilten Metalle und Wägen des ausgeschiedenen Goldes. Die Metalle erhielt er durch Reduction der verdampfenden Chloride in einer Wasserstoffatmosphäre. Die gefundenen Werthe ergaben für beide Metalle fast genau das gleiche Atomgewicht 59, bildeten somit eine Bestätigung der Angaben der früheren Forscher. Die inzwischen gewonnene Erkenntniss von der Periodicität der Elemente liess aber die Annahme gleicher Atom-

gewichte für zwei sich einander zwar sehr nahestehende, aber doch wieder ganz verschiedene Elemente nicht zu. Es war zu erwarten, dass dem Kobalt, als dem Eisen in seinen Eigenschaften näherstehend, ein um etwas niedrigeres Atomgewicht zukomme als dem Nickel. In den folgenden zwei Jahrzehnten wurde das Atomgewicht beider Metalle noch oft und nach den verschiedensten Methoden bestimmt; aber stets wurde dasselbe entweder gleich oder doch nahezu gleich gefunden, so dass Lothar Meyer und Carl Seubert noch 1890 für beide Metalle das gleiche Atomgewicht 58.6 annehmen.

Im Jahre 1889 hatten Gerhard Krüss und F. W. Schmidt es unternommen, das Atomgewicht beider Elemente nach der von Winkler früher benützten Methode neu zu bestimmen. Unregelmäßigkeiten, die sie bei ihren Untersuchungen beobachteten, brachten sie zu der Ueberzeugung, dass das Nickel und wahrscheinlich auch das Kobalt ein bis dahin noch unbekanntes metallisches Element enthielten. Winkler wies jedoch nach, dass beide Forscher das Opfer eines bedauerlichen Irrthums geworden waren, und dass die beobachteten Unregelmäßigkeiten auf Verunreinigungen, die wahrscheinlich aus dem Glase stammten, zurück zu führen seien. Die Erkenntniss, dass die beiden Metalle mit so ausserordentlicher Leichtigkeit verunreinigende Bestandtheile aus Glas und Porzellan aufnehmen, liess in ihm Bedenken hinsichtlich der Richtigkeit seiner früher gewonnenen Resultate aufsteigen, und er unternahm von neuem die Bestimmung der Atomgewichte unter Anwendung von Metall, das elektrolytisch auf Platin niedergeschlagen war. Dies führte er in wasserfreies Chlorid über und ermittelte den Chlorgehalt einmal gewichtsanalytisch und in einer anderen Serie maassanalytisch nach Volhard. Diese Versuche führten zu den Werthen

$$\text{Ni} = 58.90 \text{ und } \text{Co} = 59.67.$$

Wider Erwarten ergab sich für Kobalt ein grösseres Atomgewicht als für das Nickel. Dieses überraschende Ergebniss veranlasste ihn, die Atomgewichtsbestimmung nochmals nach einer gänzlich verschiedenen Methode und mit noch viel sorgfältiger gereinigtem Materiale zu wiederholen. Die auf elektrolytischem Wege erhaltenen und im Wasserstoffstrome ausgeglühten Metalle wurden in einem verschlossenen Gefässe mit einer genau abgewogenen Menge reinsten Jods, gelöst in verdünnter Jodkaliumlösung, bis zur vollständigen Auflösung digerirt. Alsdann wurde der Ueberschuss des Jods mit Natriumthiosulfat zurückgemessen. Aus dem Verhältniss Metall : Jod errechnete sich das Atomgewicht beider Metalle für

$$\text{Ni} = 58.42 \text{ und } \text{Co} = 59.07$$

unter Zugrundelegung des Atomgewichtes des Jods zu 125.9.

Beide Werthe waren erheblich niedriger als die früheren, aber Kobalt wieder beträchtlich höher als Nickel. Die Thatsache, dass das Nickel im periodischen Systeme dem Kobalt voran zu stellen sei, wurde auch durch Th. W. Richards und seine Schüler bestätigt, wenn auch die von den amerikanischen Forschern gefundenen Werthe noch etwas niedriger sind als die Winkler's. Die von Letzterem angewandte Methode ist völlig einwandfrei, wenn auch die einzelnen Bestimmungen nicht als Präcisionsarbeiten im modernen Sinne aufgefasst werden können, wie die mit einem grossen Aufwand von Hilfsmitteln ausgeführten Untersuchungen der amerikanischen Forscher. Immerhin erscheint auch heute noch die Frage nach dem Atomgewichte des Nickels und Kobalts noch nicht endgültig gelöst.

Am bekanntesten wurde der Name Winkler's durch die Entdeckung des Germaniums in der Mitte der achtziger Jahre. Bedeutete sie doch nicht nur die Bereicherung unseres Wissens um ein neues Element, sondern die glänzendste Bestätigung einer der genialsten und fruchtbarsten Hypothesen der Chemie, des sogenannten periodischen Systems. Diese wissenschaftliche That ist um so höher zu bewerthen, als es nicht ein glücklicher Zufall war, der dem Gelehrten das neue Element in die Hände spielte, seine Auffindung vielmehr das Ergebniss mühevollsten und angestrengtesten Forschens und Suchens war.

Im September des Jahres 1885 fand man auf der Grube Himmelsfürst bei Freiberg beim Anfahren eines Gangkreuzes ein anscheinend neues, silberreiches Mineral, das einige Aehnlichkeit mit Silberkies aufwies. Stahlgraue, winzige Kryställchen von metallischem Glanze, zu warzigen, nierenförmigen Aggregaten angeordnet, bedeckten in äusserst dünner Schicht unedle Erze, vorwiegend Eisenglanz und Markasit. A. Weisbach untersuchte das neue Vorkommen mineralogisch und erkannte in ihm eine neue Mineralspecies, der er den Namen Argyrodit beilegte. Th. Richter prüfte das Verhalten des Minerals vor dem Löthrohr und constatirte die Gegenwart von Silber und Schwefel, ausserdem noch Spuren von Quecksilber. Den Silbergehalt bestimmte er ebenfalls mit dem Löthrohre zu $72\frac{1}{2}$ pCt. Irgend welche Anzeichen für die Gegenwart eines noch unbekannten Stoffes fand er nicht, und nicht einmal vermuthungsweise deutete er die Existenz eines neuen Elementes an. Es ist nothwendig, dies zu betonen, weil Richter später wiederholt behauptete, dass er zuerst das Germanium in Händen gehabt und somit auch entdeckt habe. Auf Veranlassung Weisbach's unternahm es Winkler, durch eine vollständige Analyse die chemische Constitution des neuen Minerals zu ermitteln.

Die qualitative Analyse ergab ausser Silber und Schwefel noch ganz geringe Mengen von Quecksilber, Eisen und Spuren von Arsen.

Aber die einfache quantitative Analyse brachte dem erfahrenen Analytiker eine Ueberraschung. Sie schloss mit einem Fehlbetrage von nahezu 7 pCt. Und dieser Fehlbetrag blieb der gleiche, so oft auch die Analyse wiederholt wurde. Obwohl nicht die geringste Beobachtung für die Gegenwart eines fremden Bestandtheiles sprach, war Winkler der festen Ueberzeugung, dass das Mineral ein noch unbekanntes Element enthalten müsse, dessen Eigenschaften total von denen bekannter Elemente abweichen, das keine charakteristische Verbindung mit den gebräuchlichen Reagentien gibt.

Dass der Argyrodit ein Sulfosalz sein müsse, stand für Winkler im Hinblick auf den ganzen Habitus des Minerals von vornherein ausser Frage. Es war daher zu erwarten, dass das gesuchte Element darin eine ähnliche Rolle spiele wie Arsen und Antimon in verwandten, den Argyrodit stets begleitenden Silbermineralien, und beim Schmelzen mit Schwefel und Soda ein wasserlösliches Natriumsulfosalz bilde. Säuerte er aber den wässrigen Auszug der Schmelze mit Salzsäure an, so erhielt er stets nur eine Abscheidung von Schwefel, aber keinen Sulfidniederschlag. Im Filtrate vom Schwefel liess sich kein anderer fällbarer Bestandtheil nachweisen, und beim Verdampfen der Lösung zur Trockne erwies sich der verbleibende Rückstand nur als Natriumchlorid. Die Schwierigkeit der Untersuchung wurde noch vermehrt durch den Umstand, dass nur sehr geringe Mengen Argyrodit von den begleitenden Mineralien auf mechanischem Wege befreit werden konnten und das meiste Material stark arsen- und antimon-haltig war.

Vier Monate müht sich Winkler ab, des gesuchten neuen Elementes habhaft zu werden. Tag und Nacht arbeitet er im Laboratorium. Der Gedanke lässt ihn nicht los und beherrscht sein ganzes Denken und Handeln. Die felsenfeste Ueberzeugung, einen neuen Grundstoff unter den Händen zu haben, ohne eine Aussicht, denselben fassen zu können, ruft einen Zustand höchster Nervosität hervor, der auf die Dauer auch die physischen Kräfte aufreibt. Schon droht seine eiserne Körperconstitution zu unterliegen — da endlich ist das heiss erstrittene Ziel erreicht. Am 6. Februar 1886 erhielt Winkler wiederum einmal nach dem Ansäuern des wässrigen Auszugs der Heparschmelze und Abfiltriren des Schwefels eine klare Lösung. Diese säuert er mit viel Salzsäure an, und plötzlich entsteht ein weisser Niederschlag in Form schwerer Flocken. Auf dem Filter löst sich derselbe beim Uebergiessen mit Ammoniak, und auf Zusatz von viel Säure scheidet sich der nach Farbe und Form höchst charakteristische Niederschlag wieder ab. Kein Zweifel — hier liegt das Sulfid des räthselhaften Elementes vor. Es besitzt die merkwürdige Eigenschaft, nur in starken Säuren unlöslich zu sein, in Wasser aber sich ziemlich leicht

zu lösen. Daraus erklären sich alle früheren Misserfolge. War wirklich einmal beim Ansäuern mit dem Schwefel etwas Sulfid abgeschieden worden, so ging es alle Mal beim Auswaschen des Niederschlags wieder in Lösung.

Im Wasserstoffstrome lässt sich das trockne Sulfid zu einem grauen, metallischen Pulver reduciren, das unter Boraxglas zu einem glänzend eisengrauen, spröden Regulus zusammenschmilzt. Das neue Element ist schwerer flüchtig als Antimon, bildet aber, im Chlorstrome erhitzt, ein leichter flüchtiges Chlorid. Beim Eindampfen der wässrigen Lösungen beliebiger Verbindungen mit Salzsäure verflüchtigt es sich vollständig. Seine Eigenschaften lassen das Element als ein Metalloid erscheinen, das dem Antimon nahe steht. Winkler glaubt, dass es bestimmt sei, die Lücke zwischen dem Antimon und dem Wismuth im periodischen System auszufüllen, dass es identisch sei mit dem von Mendelejeff vorausgesagten Ekastibium. Am selben Tage noch schickte Winkler eine kurze Notiz über seine Entdeckung an die »Berichte«.

Die Auffindung des neuen Elementes gemahnt an die Entdeckung des Planeten Neptun durch Galle, nachdem dessen Existenz von dem geistvollen Leverrier auf Grund der Störungen, die er auf die Bahn anderer bekannter Weltkörper ausübte, vorhergesagt worden war. Winkler hatte daher die anfängliche Absicht, das neu entdeckte Element »Neptunium« zu nennen. Da dieser Name aber bereits einmal für ein angebliches, von der Bildfläche aber wieder verschwundenes Element gebraucht worden war, sah er davon ab. So folgte er auf den Rath seines Freundes Weisbach dem Beispiele der HHrn. Lecoq de Boisbaudran und L. F. Nilson und nannte das jüngste Element nach dem Lande, in dessen Boden es zuerst gefunden wurde, »Germanium«.

Diese Namensgebung wurde von französischer Seite bekrittelt, da sie einen politischen Beigeschmack habe. Quesneville schrieb im Juniheft seines »*Moniteur scientifique*« wörtlich: *»Ce serait rendre à M. Mendéléeff un hommage mérité et dû certainement à la géniale conception du savant Russe que de donner à l'avenir aux éléments annoncées par lui les noms, qu'il leur a donnée lui-même. Que M. Winkler commence et donne l'exemple, qu'il abandonne ce nom de germanium qui a un goût de terroir trop prononcé et dont la consonnance peut le faire confondre avec le géranium et qu'il donne à son nouvel élément le nom de »Ekasilicium«.* Ob Monsieur Quesneville wirklich der Meinung war, bei der Entdeckung des Galliums habe die Namensgebung keinen politischen Beigeschmack gehabt, vielmehr habe der französische Forscher die Bezeichnung »Gallium« von seinem eigenen Namen abgeleitet! Lothar Meyer und du Bois-Reymond rieten Winkler scherzhaft, das von

ihm entdeckte Element doch »Angularium« zu nennen und so die Schmerzen des französischen Chäuvinisten zu beseitigen.

Selten hat die Entdeckung eines Elementes in wissenschaftlichen Kreisen solches Aufsehen erregt wie die des Germaniums. Sah man doch in ihr ein *experimentum crucis* für das damals noch keineswegs allgemein anerkannte periodische System. Ohne Zweifel hatte man im Germanium eines der von Mendelejeff¹⁾ prognosticirten Elemente vor sich. Welche Lücke im periodischen System dasselbe aber auszufüllen berufen sei, darüber waren die Ansichten der Chemiker nach den knappen ersten Mittheilungen Winkler's noch verschieden. Dass der Entdecker selbst anfänglich geneigt war, das Germanium für das »Ekastibium« zu halten, wurde bereits erwähnt. Mendelejeff schreibt unterm 26. Februar, also unmittelbar unter dem ersten Eindrucke der Publication Winkler's in den »Berichten« an diesen: »Wenn es richtig ist, dass die Stelle des Germaniums sich zwischen Sb und Bi findet, so muss sein Atomgewicht gleich 160—165 sein, specifische Wärme ungefähr 0.037, specifisches Gewicht etwa 8.3, Aequivalent in den Verbindungen, welche dem Oxyd Ge_2O_3 entsprechen, z. B. im GeCl_3 , 54, Aequivalent des GeO in GeOCl ungefähr 180, das specifische Gewicht des Oxyds Ge_2O_3 circa 6.8, Siedetemperatur des Chlorids GeCl_3 ungefähr 320° etc. Es scheint mir aber, dass die Löslichkeit des Germaniumchlorids in Wasser und die charakteristische, weisse Farbe des Germaniumsulfids auf die Möglichkeit einer anderen Stellung des Germaniums hinweisen und den Versuch wünschenswerth machen, es als Ekacadmium zu definiren. Für dieses Element, dessen Stelle zwischen Cd und Hg ist, muss das Atomgewicht circa 155 betragen, Wärmecapacität folglich der des Ekastibiums nahe sein, das specifische Gewicht circa 11 (wie für Blei), Aequivalent in den Verbindungen, welche dem Oxyd entsprechen, z. B. GeCl_2 , ungefähr 78, und in den Verbindungen, welche dem Oxydul entsprechen, ungefähr 155, das specifische Gewicht des Oxyds ungefähr gleich 9.8 und Siedetemperatur des Ekacadmiumchlorids bei dem Anfang der Glühhitze liegen. Das Spectrum des Ekacadmiums muss sich leicht in dem Fulgurator beobachten lassen. Die grosse Flüchtigkeit des Germaniums selbst und die grosse Flüchtigkeit seines Chlorids erlauben nicht, es für Ekasilicium zu halten, obwohl andere Eigenschaften ziemlich nahe sind.«

Die entgegengesetzte Ansicht vertritt V. v. Richter, »ein alter Periodiker«, wie er sich selbst nennt. Am 25. Februar schreibt er an den Entdecker des Germaniums: »Das Germanium, dessen Namen Sie als factischer Natur aufrecht erhalten müssen, ist das von Mendelejeff

¹⁾ Entgegen dieser in Deutschland gebräuchlichen Schreibweise schreibt der grosse russische Gelehrte selbst in allen mir vorliegenden Briefen seinen Namen »Mendeleeff«.

prognosticirte Element Ekasilicium Es = 73, das niedrigste Homologe des Zinns, in der ersten grossen Periode zwischen Gallium und Arsen stehend. Es ergibt sich das mit Sicherheit aus den von Ihnen publicirten Eigenschaften des Oxyds, Sulfids und Chlorids. Die Eigenschaften der entsprechenden Verbindungen des Ekaantimons müssen wesentlich anders sein. So wäre das Sulfid sicher braun bis schwarz, während Ekasiliciumsulfid EsS_2 weiss sein muss; das Chlorid des Ersteren ist sicher schwerer flüchtig als das des leichtflüchtigen $EsCl_4$ etc. Die Entscheidung der Frage ist leicht gegeben. Das specifische Gewicht des Ekasiliciums (mit dem Atomgewichte 72—73) muss in der krystallinischen Modification 5.8 betragen, dasjenige des Ekaantimons aber etwa 8.0.«

Die gleiche Ansicht vertrat Lothar Meyer. Ihm hatte Winkler sofort den Inhalt des Briefes von V. v. Richter mitgetheilt und schon am 27. Februar antwortet jener: *»Ich hatte heute früh meinen älteren Schülern die Ansicht vorgetragen, dass Ihr neues Element Ekasilicium sei, und wollte jetzt in den »Berichten der Deutschen chemischen Gesellschaft« darauf aufmerksam machen. Dies ist jetzt überflüssig, und ich überlasse gern Ihnen die Vergleichung der Voraussagen mit den Thatsachen«.* Er führt dann des weiteren aus, dass man aus seiner Atomvolumencurve schon entnehmen könne, dass *Es* ein Analogon des Zinns und als solches leicht schmelzbar sein müsse, dass es ferner leicht flüchtig sei, wie das ihm benachbarte Arsen.

Nun begann für Winkler eine schaffensfrohe Zeit. Der Vergleich der experimentell gefundenen Eigenschaften und Zahlenwerthe mit den Voraussagen und Schlussfolgerungen der verschiedenen Gelehrten machte das Studium des neuen Elementes höchst reizvoll. Die Schwierigkeiten der Arbeit, die vornehmlich in der grossen Löslichkeit und Flüchtigkeit der Germaniumverbindungen lagen, gaben dem Forscher nur zu oft Gelegenheit, seine glänzende Experimentir- und Analysir-Kunst zu erproben. Aber das Schicksal hatte das neue Element in die richtigen Hände gelegt.

Zunächst wurde ein Verfahren zur Verarbeitung grösserer Mengen von Argyroditerz ermittelt. Die reichen Erze hatte man hauptsächlich beim ersten Anbruche gefunden. Sie waren aber bis auf wenige Schaustufen längst in den Hochofen gewandert, bevor die Existenz eines neuen Elementes im Argyrodit erkannt war. Nun blieben nur mehr arme Erze, die nur von einem hauchdünnen Ueberzug von Argyrodit bedeckt waren. Bedenkt man, dass selbst im reinen Material nur 7 pCt. Germanium enthalten sind, so kann man sich leicht vorstellen, dass ganz bedeutende Mengen Erz zu verarbeiten waren, um nur einige Gramme Germanium zu gewinnen. Durch das Entgegenkommen des Freiburger Oberhüttenamtes war Winkler in die Lage

gesetzt, auf der Halsbrücker Schmelzhütte 500 kg des relativ reichsten Erzes unter seiner Aufsicht auf Germanium verarbeiten zu lassen. Das Verfahren war im Principe das gleiche, wie das von ihm im Laboratorium angewandte. Das gemahlene Erz wurde mit Schwefel und Soda in grossen Tiegeln geschmolzen und die Schmelze mit Wasser ausgelaugt. Das Filtrat wurde nur schwach angesäuert und die geklärte Lauge von dem vorwiegend aus Arsensulfid und Schwefel bestehenden Niederschlage abgezogen. Beim starken Ansäuern mit Schwefelsäure schied sich dann ein zweiter Niederschlag aus, der indess nicht einmal 1 pCt. Germanium enthielt und in der Hauptsache ebenfalls aus Schwefel und Arsensulfid bestand. Dieser Niederschlag, der im ganzen nur 156 g Germanium enthielt, bildete das Ausgangsmaterial für die Laboratoriumsarbeiten. Die Hauptmenge desselben wurde aber an Interessenten vom Oberhüttenamte verkauft und nur der kleinste Theil davon von Winkler für seine Untersuchungen verwendet.

Im Anfange war er sehr freigebig mit seinen kostbaren Präparaten. Zahlreich ergingen an ihn von Fachgenossen Bitten um Ueberlassung solcher, sei es zu wissenschaftlichen Untersuchungen, sei es als Sammlungspräparate oder Demonstrationsobjecte für Vorträge. Winkler brachte es nicht über's Herz, eine derselben abschläglich zu bescheiden, selbst wenn ihm der Briefschreiber ganz fremd war. Hoffte man doch immer, auf dem »Argyrodit-Spathe« der Grube Himmelsfürst neue Anbrüche zu machen. Als sich diese Hoffnung in der Folge als trügerisch erwies, waren die Vorräthe an Argyrodit wie an Germaniumpräparaten so reducirt, dass er den grössten Theil seiner Untersuchungen mit sehr wenig Material durchführen musste, wodurch die an sich schon grossen Schwierigkeiten noch vermehrt wurden.

Schon die ersten quantitativen Versuche zeigen mit Sicherheit, dass die anfängliche Meinung Winkler's, das Ekaantimon in Händen zu haben, ebenso irrthümlich ist, wie die Annahme Mendelejeff's, es könne das Ekacadmium vorliegen, dass vielmehr V. v. Richter Recht hatte, als er gleich mit Sicherheit das neue Element als das Ekasilicium des russischen Gelehrten bezeichnete. Das specifische Gewicht beträgt 5.479; die specifische Wärme bestimmen Nilson und Petterson an einem von Winkler hergestellten Präparate zu 0.076. Die titrimetrische Bestimmung des Chlors im Germaniumchlorid führt zu dem Atomgewichte $\text{Ge} = 72.32$. Die Bestimmung der Dampfdichte dieser Verbindung ergiebt die Formel GeCl_4 . Das Germanium ist also ein vierwerthiges Element, das zwei Oxydationsstufen GeO und GeO_2 bildet, wie der Kohlenstoff. Im Gegensatz zu diesem lassen sich aber auch die beiden entsprechenden Sulfide leicht erhalten. Das Disulfid hat sauren Charakter und bildet mit Alkalisulfiden leicht

lösliche Sulfosalze. In dieser Hinsicht nähert sich das Germanium mehr dem Zinn. Der Argyrodit erweist sich als ein basisches Sulfo-germaniat des Silbers von der Formel Ag_6GeS_5 . Das Kaliumgermaniumfluorid, die einzige gut krystallisirende Verbindung des Germaniums, ist dem Kaliumsiliciumfluorid täuschend ähnlich. Das regulinische Metall ist äusserlich von geschmolzenem Silicium kaum zu unterscheiden. Die Zugehörigkeit zur Reihe des Kohlenstoffs documentirt sich noch durch die Existenz des Germaniumchloroforms und des Germaniumtetraäthyls.

Die Uebereinstimmung der Eigenschaften des Germaniums mit den von Mendelejeff für das Ekasilicium angegebenen ist eine ganz frappante, wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

	Es	Ge
Atomgewicht	72	72.32
Specifisches Gewicht	5.5	5.47
Atomvolumen	13	13.22
Werthigkeit	IV	IV
Specifische Wärme	0.073	0.076
Specifisches Gewicht des Dioxyds . .	4.7	4.703
Molekularvolumen des Dioxyds . . .	22	22.16
Siedepunkt des Tetrachlorids . . .	unter 100°	86°
Specifisches Gewicht des Tetrachlorids	1.9	1.887
Molekularvolumen des Tetrachlorids .	113	113.35

Nur in einem Punkte hatte sich Mendelejeff geirrt. Er hielt das Ekasilicium für das nächst höhere Homologe des Titans und bezeichnete dasselbe daher als streng flüssig und schwer flüchtig, während Lothar Meyer seiner Atomvolumencurve entnehmen konnte, dass es verhältnissmässig leicht schmelzbar und fast ebenso flüchtig sein müsse wie das ihm benachbarte Arsen. Abgesehen von diesem einen Irrthume decken sich aber die übrigen Voraussagen des russischen Forschers so häufig mit dem thatsächlichen Befunde Winkler's, dass die Auffindung des Germaniums als eine glänzende Bestätigung seiner kühnen Speculationen, als die festeste Stütze des von ihm und Lothar Meyer aufgestellten periodischen Systems der Elemente betrachtet werden muss. Birgt dieses auch in seiner jetzigen Form noch manche Widersprüche in sich, zu deren Lösung sich Aenderungen nothwendig machen werden, haften ihm auch noch manche Unvollkommenheiten an, so ist doch unzweifelhaft der Grundgedanke, dass die Eigenschaften der Elemente Functionen ihres Atomgewichtes sind, ein richtiger. Haben wir es auch noch nicht mit einem bewiesenen Gesetze zu thun, so doch mit einer Hypothese, der ein grosser Grad von Wahrschein-

lichkeit zukommt, die an Fruchtbarkeit höchstens noch von der Atomhypothese übertroffen wird.

Eine schöne, gross angelegte Experimentaluntersuchung über die Reduction von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium führte Winkler Anfang der neunziger Jahre aus, deren Ergebnisse er in sechs Abhandlungen in den »Berichten« veröffentlichte. Ausgehend von der Erwägung, dass das Magnesium mit seiner hohen Verbrennungswärme die meisten oxydischen Verbindungen reduciren müsse und dass sich in dem Verhalten derselben zu diesem Metalle vielleicht Regelmässigkeiten ergeben könnten, die für den weiteren Ausbau des periodischen Systems geeignet seien, unterwarf er systematisch die Sauerstoffverbindungen und, wo diese nicht zugänglich waren, die Carbonate aller Elemente der vier ersten Gruppen der Einwirkung von Magnesiumpulver bei erhöhter Temperatur.

Der Gedanke erwies sich als äusserst fruchtbar, und die Arbeit förderte ein grosses Beobachtungsmaterial zu Tage, von dem nur einige der wichtigsten Ergebnisse hier mitgetheilt seien. Sämmtliche Oxyde und Carbonate der ersten Gruppe werden durch Magnesium zu Metall reducirt. Die Heftigkeit der Reaction nimmt mit steigendem Atomgewichte ab, entsprechend der Zunahme der Verbrennungswärme. Winkler zeigte den Weg, auf dem die Alkalimetalle, besonders Rubidium und Caesium, leicht dargestellt werden können, und andere Forscher gelangten auf demselben zu bequemen Gewinnungsmethoden. Auch die Erdalkalimetalle wurden so erhalten, wenn auch in Folge ihrer hohen Verdampfungstemperatur nicht in reinem Zustande. Es konnte die Existenz eines Suboxyds des Aluminiums AlO nachgewiesen werden, das die analogen Sauerstoffverbindungen des Galliums und Indiums erwarten liessen.

Das wichtigste Ergebniss dieser Untersuchung war jedoch die Thatsache, dass die Metalle aller vier Gruppen sich mit Wasserstoff verbinden. So erhielt Winkler durch Einwirkung von Magnesium auf die Metalloxyde in einer Wasserstoff-Atmosphäre die Hydrüre CaH , SrH , BaH , MgH , BeH , La_2H_3 , Y_2H_3 , Ce_2H_3 , ThH_2 und ZrH_2 . Es ergibt sich die schöne Reihe:



welche die Erwartung Winkler's, es möge seine Arbeit einen werthvollen Beitrag zur Lehre der Periodicität der Elemente liefern, voll auf bestätigt. Nach neueren Untersuchungen von Güntz entstehen jedoch nicht die Hydrüre, vielmehr wird, wie er am Beispiele des Baryums zeigt, das Oxyd reducirt zu Oxydul, das mit dem Wasserstoff reagirt unter Bildung eines Gemenges von Baryumoxyd und normalem Hydrid. Dieses Gemisch $BaO + BaH_2$ verhält sich aber

genau wie ein Hydrür BaH. Diese Wasserstoff-Verbindungen haben in jüngster Zeit in Folge ihrer leichten Ueberführbarkeit in Carbid und Metall technisches Interesse gewonnen und scheinen berufen, eine bedeutende Rolle in der Glühlampen-Industrie zu spielen. Lassen sich doch selbst so schwer zugängliche Metalle wie das Niob und Vanadium über das Hydrid leicht darstellen.

Die Beobachtung, dass die Hydride der Leichtmetalle selbst bei sehr hohen Temperaturen noch existenzfähig sind, sofern nur Sauerstoff nicht zugegen ist, sowie die Thatsache, dass das Spectrum der Sonne und vieler Fixsterne neben Wasserstoff gerade die Gegenwart grosser Mengen von Calcium und Magnesium anzeigt, geben Winkler Veranlassung zu geistvollen Betrachtungen, welche Rolle die Metallhydride möglicher Weise bei den Protuberanzen spielen und bei der Bildung unseres Planeten in den Anfangsstadien seiner Entstehung gespielt haben könnten. »Durch die Auffindung hitzewiderstandsfähiger Wasserstoff-Verbindungen der Erdmetalle«, sagt Winkler am Schlusse dieser Betrachtung, »werden wir in Zukunft vielleicht auch dem Verständnisse der Vorgänge in der glühenden Atmosphäre der Fixsternenwelten näher kommen, und wenn dieses trotzdem noch immer ein bedeutendes Maass von Phantasie voraussetzt, so beginnt doch die Phantasie selbst in der Wissenschaft erlaubt zu werden, sobald sie sich auf thatsächliche Beobachtungen aufbaut.«

Clemens Winkler gehört zu den wenigen Chemikern, bei denen man im Zweifel sein kann, ob der Schwerpunkt ihrer Erfolge auf rein wissenschaftlichem oder auf technischem Gebiete liegt. »Von Hause aus« war er technischer Chemiker und Hüttenmann, der wissenschaftliche Arbeiten nur in seinen Mussestunden, gewissermassen zu seinem Privatvergnügen, ausführte; seine Berufsthätigkeit in Pfannestiel wies ihn auf technische Probleme hin. Auf jene Zeit greifen die Anfänge aller technologischen Untersuchungen zurück, die Winkler während seines ganzen arbeitsreichen Lebens beschäftigten. Seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Gasanalyse, die in erster Linie der Industrie zu Gute kamen, wurden bereits bei seinen analytischen Untersuchungen besprochen. Untrennbar ist der Name Clemens Winkler mit der Entwicklungsgeschichte der Schwefelsäure-Industrie verknüpft. Denkt man dabei auch in erster Linie an das moderne Contactverfahren, so hat anderweit aber auch das alte Bleikammer-Verfahren durch ihn eine wesentliche Förderung erfahren, die im allgemeinen viel zu wenig gewürdigt wurde. Erst im Jahre 1900 auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Hannover wies Friedrich Bode darauf hin, welchen eminenten Nutzen die Schwefelsäure-Industrie aus der bereits erwähnten Schrift Winkler's »Untersuchungen über die chemischen

Vorgänge in den Gay-Lussac'schen Condensationsapparaten der Schwefelsäurefabriken« gezogen hat. Diese im Jahre 1867 veröffentlichten Versuche führte Winkler theils in seinem Laboratorium in Pfannenstiel, theils in der Halsbrücker Schwefelsäurefabrik aus. Er zeigte, dass Stickoxyd von Schwefelsäure nur bei Gegenwart von Luftsauerstoff absorbirt wird, von dem gerade so viel erforderlich ist, als die Ueberführung des Stickoxyds in salpetrige Säure verlangt. Bei der Einwirkung von Schwefeldioxyd auf letztere entstehen nur Schwefelsäure und Stickoxyd, aber keine Nitrosylschwefelsäure. Diese bildet sich aber bei Zutritt von Sauerstoff. Auch Stickstofftetroxyd bildet mit schwefliger Säure direct Bleikammerkrystalle, sofern Feuchtigkeit zugegen ist. Von besonderer praktischer Bedeutung sind die Versuche über die Einwirkung der schwefligen Säure auf nitrose Schwefelsäure. Es entsteht zunächst freie salpetrige Säure, die alsdann zu Stickoxyd reducirt wird, während die schweflige Säure andererseits in Schwefelsäure übergeht. Das Gas kann aus der öligen Flüssigkeit nur schwierig entweichen, entwickelt sich aber bei Erschütterungen mit Heftigkeit, wobei ein starkes Schäumen eintritt. Durch diese Beobachtung fand das in der Praxis damals noch sehr häufige »Hängenbleiben der Säure« im Gay-Lussac-Thurm, sowie das »Kotzen« des Thurmes eine einfache Erklärung, während man diesen Erscheinungen vorher rathlos gegenüber stand. Die Versuche Winkler's lehrten, dass die schweflige Säure in den Kammern möglichst vollständig condensirt werden müsse, dass die das Kammersystem verlassenden Gase deutlich roth gefärbt sein müssen. Friedrich Bode, nächst Lunge wohl der beste Kenner der Schwefelsäure-Industrie, gebührt das Verdienst, zuerst die Beobachtungen Winkler's der Praxis nutzbar gemacht und so der allgemeinen Einführung des damals noch wenig benützten Gay-Lussac-Thurmes den Weg geebnet zu haben.

Hervorgehoben werden muss noch der Vorschlag Winkler's, die Nitrose durch Schwefeldioxyd zu denitriren. Er hatte damals keine Ahnung, dass diese Idee in England schon einige Jahre zuvor durch Glover verwirklicht worden war. Denn in Deutschland wurde das englische Verfahren erst 1871 durch Lunge bekannt, der dem von seinem Erfinder benützten Apparat den Namen »Glover-Thurm« beilegte und seine Einführung dringend empfahl.

Zu Anfang der siebziger Jahre, bald nach seiner Uebersiedlung nach Freiberg, begann Winkler sich mit der Frage der Darstellung von rauchender Schwefelsäure zu beschäftigen. Die ganze Oleum-fabrication lag in den Händen des böhmischen Freiherrn von Starck und wurde auf dessen Werken bei Pilsen fast genau noch in der gleichen Weise, nur in weit grösserem Umfange betrieben als zur Zeit

ihrer Begründung am Ende des achtzehnten Jahrhunderts durch Johann David Starck. Der Consum war nur ein mässiger, da die Industrie das Oleum fast nur zum Auflösen des Indigos verwendete. Das änderte sich mit einem Male durch die Entdeckung der Alizarin-Farbstoffe und den Aufschwung der Theerfarben-Industrie zu Ende der sechziger und Anfang der siebziger Jahre. Gewaltige Mengen von rauchender Schwefelsäure wurden zur Darstellung der Sulfo Säuren verbraucht. Die böhmische Oleum-Industrie vermochte den Bedarf nicht mehr zu decken, und die Preise schnellten ausserordentlich in die Höhe. Winkler erkannte es als eine absolute Nothwendigkeit, dass dies Monopol gebrochen werden müsse durch Auffindung einer Fabricationsmethode, die nicht mehr wie seither an locale Verhältnisse, das Vorkommen des als alleiniges Ausgangsmaterial dienenden Vitriolschiefers, gebunden war.

Zunächst dachte er daran, durch Einwirkung von warmer, concentrirter Schwefelsäure auf Kiesabbrände einen künstlichen »Vitriolstein« herzustellen, sich aber bei der Verarbeitung desselben im übrigen ganz an das Verfahren der böhmischen Oleumhütten zu halten. Seinem Schwager Bode theilte er seine Pläne mit. Der aber wies ihm nach, dass bei dieser »Ameisenarbeit«, wie er sehr treffend die Oleumdestillation in unzähligen kleinen Retorten nennt, nichts Erspriessliches heraus komme, und dass eine derartige Arbeitsweise sich nie zur Grossindustrie entwickeln könne.

Nun erst wandte sich Winkler dem Contactverfahren zu. Bereits im Jahre 1831 war dem Essigfabricanten Peregrine Phillips aus Bristol ein Verfahren patentirt worden zur Erzeugung von Vitriolöl durch Ueberleiten von heissem Schwefligsäuregas im Gemenge mit atmosphärischer Luft über fein vertheiltes Platin. Durch fast ein halbes Jahrhundert war diese Erfindung von einer ganzen Reihe von Forschern und Technikern, wie Magnus, Döbereiner, Wöhler, Piria, Petrie, Thornthwaite und Anderen, nachgeprüft und abgeändert worden.

Nicht nur fein vertheiltes Platin, auch Metalloxyde, z. B. Eisenoxyd, hatte man als Contactsubstanz verwendet; Plattner und Reich versuchten auf den Freiburger Hütten die Vereinigung von schwefliger Säure und Sauerstoff mittelst erhitztem Quarz zu erreichen. In allen Fällen strebte man einen Ersatz für das Bleikammersystem an; nur Piria erwähnt die Darstellung von Schwefelsäureanhydrid bei Beschreibung seiner Laboratoriums-Versuche. Nirgends scheint man aber bei all' diesen Bestrebungen über das Versuchsstadium hinweg gekommen zu sein, und von einer fabrikmässigen Darstellung von rauchender oder gewöhnlicher Schwefelsäure unter Zuhülfenahme von Contactsubstanzen war bis zu den Versuchen Winkler's nicht die Rede.

Als wirksamste Contactmasse erkannte Winkler bald das fein vertheilte Platin, das er in Form von platinirtem, feinwolligem Asbest anwendete. Anfangs stellte er diesen dar durch Tränken mit einer concentrirten Platinlösung, Eintauchen in Salmiaklösung und Glühen des Asbestes nach dem Trocknen. Später schlug er das Platin durch Reduction von Platinchlorid mit ameisensaurem Natrium auf dem Asbeste nieder, der sich dann nach dem Trocknen durch Auswaschen ohne Platinverlust leicht von den Salzen befreien liess. Der so präparirte Asbest erwies sich als ungleich wirksamer als der Erstere, bei dem in Folge der zur vollständigen Zersetzung des Platinsalmiaks erforderlichen hohen Temperatur wieder eine Verdichtung der Platintheilchen eintritt, die ihre Wirkung herabsetzt.

Bei seinen Versuchen beobachtete Winkler, dass die Vereinigung von Schwefeldioxyd und Sauerstoff am vollständigsten war, wenn beide Gase in reinem Zustand angewendet wurden. Daraus folgte er, dass verdünnende indifferente Gase, zu denen er auch den überschüssigen Sauerstoff rechnete, die Reaction beeinträchtigen müssten, und dass die Vereinigung eine ideale sein müsse, wenn man beide Componenten im stöchiometrischen Verhältnisse anwendet. Ein derartiges Gemisch stellte er dar, indem er englische Schwefelsäure bei heller Rothgluth zerlegte in ein Gemenge von Schwefeldioxyd, Sauerstoff und Wasserdampf und den Letzteren durch Waschen der Gase mit concentrirter Schwefelsäure entfernte. Dieses Gasgemisch wurde durch eine Röhre geleitet, die mit Platinasbest mit 8.5 pCt. Platin beschickt und zur eben sichtbaren Rothgluth erhitzt war. So wurde eine Vereinigung von 78 pCt. erzielt. Beim Arbeiten im Grossen liess sich ein noch günstigeres Resultat erhoffen. Auf eine vollständige Vereinigung beider Gase legte Winkler damals anscheinend keinen grossen Werth, da er eine derartige Anlage sich nur in Verbindung mit einer Schwefelsäure-Fabrik alten Systems dachte, wobei die Abgase in die Bleikammern geleitet und so in gewöhnlicher Weise noch vollständig ausgenutzt würden.

Diese Versuche veröffentlichte Winkler in einer vom 10. September 1875 datirten Abhandlung, die im 2. Octoberheft von Dingler's Polytechnischem Journal erschien und gleichzeitig Vorschläge für die Einrichtung einer Fabrik zur Erzeugung von Schwefelsäureanhydrid oder rauchender Schwefelsäure enthielt. Dieselbe erregte in technischen wie auch in wissenschaftlichen Kreisen das grösste Aufsehen. »Die Veröffentlichung von Winkler's Abhandlung«, schreibt G. Lunge in seinem bekannten Handbuche der Soda-Industrie, »wirkte auf die technisch-chemische Welt wie der Stab des Zauberers auf eine gebannte Geisterwelt. Das Missgeschick, das bis dahin immer auf der

Synthese von Schwefeltrioxyd durch Katalyse geruht hatte, schien gebrochen zu sein; das alle früheren Fehlschläge erklärende, erlösende Wort schien gesprochen zu sein, nämlich dass man reines Schwefeldioxyd und reinen Sauerstoff in der stöchiometrischen Menge anwenden müsse, ohne Ueberschuss eines oder des anderen dieser Gase oder eines indifferenten Gases, und obwohl die zur Erreichung dieses Zweckes angewendete Methode der Spaltung von concentrirter Schwefelsäure durch Hitze naturgemäss für die Fabrication gewöhnlicher Schwefelsäure nicht in Frage kommen konnte, so konnte doch die Hoffnung entstehen, auf diesem Wege das Monopol der böhmischen Fabriken für rauchende Schwefelsäure zu brechen, was dann auch wirklich eintrat.«

Heute wissen wir, dass die Annahme Winkler's, die Reaction bei dem Anhydridbildungsprocesse verlaufe am vollständigsten, wenn beide Componenten im stöchiometrischen Verhältnisse vorhanden seien, eine irrige war, dass sie im Widerspruche zu dem Massenwirkungs-Gesetze steht. Dieser Fehler erscheint aber verzeihlich, wenn man bedenkt, dass dieses Gesetz in damaliger Zeit zwar schon von Guldberg und Waage aufgefunden, aber auch den wissenschaftlichen Chemikern in seiner Anwendung auf chemische Probleme fast vollständig fremd geblieben war. Keine Stimme des Widerspruchs erhob sich; niemand machte auf diesen Irrthum aufmerksam. Oeffentlich widerlegt wurde er erst 25 Jahre später durch R. Knietsch in seinem bekannten Vortrage vor der Deutschen chemischen Gesellschaft. Erkannt mag er allerdings von Vielen früher worden sein, zuerst aber wohl von Clemens Winkler selbst.

Damals aber erschien der von ihm angegebene Weg als das Ei des Columbus. Von allen Seiten griff man begierig nach dem durch kein Patent geschützten Verfahren, und eine ganze Reihe von Fabriken begannen, dasselbe in's Grosse zu übertragen. Der erwähnte Irrthum Winkler's war kein Hinderniss, da bei dem hohen Preise der rauchenden Schwefelsäure eine Zusammenlegung von 78 pCt. Schwefeldioxyd noch durchaus rentabel war und die Anlagen immer nur im Anschlusse an bestehende Schwefelsäure-Fabriken erfolgten. Aber ein anderes Hinderniss stellte sich ein, auf das Debray zuerst hingewiesen hatte, nämlich die praktischen Schwierigkeiten, die sich der Zerlegung der Schwefelsäure in den Weg stellten. Kein Material widerstand der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure bei Rothgluth auf die Dauer; der Betrieb wurde bei den meisten Fabriken wieder eingestellt. Aber einige Wenige arbeiteten unentwegt weiter an der Lösung des Problems. Zu diesen gehörte in erster Linie Winkler selbst in Gemeinschaft mit den Freiburger fiscalischen Hütten,

wo man bereits im Jahre 1876 mit der Uebertragung des Winkler'schen Verfahrens in's Grosse begonnen hatte.

Noch bevor man die Erbauung einer grösseren Anlage nach dem ursprünglichen Verfahren in Angriff genommen, hatte Winkler, der unermüdlich seine Laboratoriums-Versuche fortsetzte, einen anderen, aussichtsvolleren Weg zur Darstellung von Schwefelsäureanhydrid gefunden. Am 10. März 1878 berichtete er an das Königliche Oberhüttenamt: »Was nach früheren Versuchen unmöglich erschien, ist dem Unterzeichneten in neuester Zeit gelungen: die Vereinigung eines Gemenges von schwefliger Säure und atmosphärischer Luft zu wasserfreier Schwefelsäure.« Und nun legt er ausführlich einen Plan dar zur Verarbeitung der Röstgase der Kiesöfen auf Anhydrid unter eingehender Berücksichtigung der Reinigung und Trocknung der Gase.

Noch im gleichen Jahre begann man auf Muldenhütten, Anhydrid aus Kiesofengasen darzustellen, wenn auch vorläufig nur in kleinerem Maassstabe. Zahllos waren die zu überwindenden Schwierigkeiten, nur zu häufig die vorzunehmenden Aenderungen, sodass man erst Ende des Jahres 1879 zu einer wirklichen, ständigen Fabrication überging. Besondere Schwierigkeiten bereitete die Reinigung der Gase von Flugstaub und insbesondere von dem gerade in den Freiburger Erzen in reichlichem Maasse vorhandenen Arsen, das die Contactsubstanz in kürzester Frist unwirksam machte. War damals auch das Schlagwort von der »Vergiftung« der Contactsubstanz noch nicht geprägt, so erkannte Winkler doch bald, dass das Arsen in weit höherem Maasse und schon in viel geringeren Mengen die Wirkung des Platins aufhob als alle anderen Bestandtheile des Flugstaubs. Anfangs reinigte man die Gase durch Waschen in Thürmen, die mit 66-grädiger Schwefelsäure berieselt wurden, und nachfolgendes Filtriren durch gekrempelte Baumwolle. Allmählich ging man aber dazu über, dieselben unter Ausschluss jeder Flüssigkeit lediglich auf trockenem Wege zu reinigen, mit dem Erfolge, dass die Contactsubstanz Jahre lang an Wirksamkeit nichts verlor. Als Contactmasse benützte man anfangs platinirten Asbest, der aber im Jahre 1888 nach einem Vorschlage Winkler's durch Kugeln aus unglasirtem, platinirtem Porzellan ersetzt wurde. Diese leisteten dem Drucke des Gasstromes besseren Widerstand als die lockeren, sich zusammenschiebenden Asbestmassen. Als beste Temperatur für die Vereinigung der Gase fand man 440—460°. was in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Knietzsch steht.

Beim Arbeiten im Grossen zeigte es sich, dass die Vereinigung in einem Ofen nur eine sehr unvollkommene war. Führt man aber die Gase noch durch einen zweiten Contactofen, so stieg der Vereinigungsgrad auf 97 pCt. Durch die exacten Versuche von Knietzsch

kennen wir heute die Ursache dieser Erscheinung. Heizt man den Ofen auf die erforderliche Temperatur, so wird durch die Reactionswärme, sofern man nicht für äussere Kühlung sorgt, eine so hohe Temperatursteigerung bewirkt, dass ein Theil des gebildeten Schwefeltrioxyds wiederum zerfällt. Im zweiten Ofen findet dann eine Wiedervereinigung statt, wobei die Reactionswärme wegen der Geringfügigkeit der auf einander wirkenden Gase eine nennenswerthe Wirkung nicht mehr ausüben kann. Die Absorption der Anhydriddämpfe erfolgte in vollkommener Weise in mit concentrirter Schwefelsäure betriebenen Thürmen.

Von all' diesen tiefgreifenden Veränderungen erfuhr aus naheliegenden Gründen die Oeffentlichkeit so gut wie gar nichts. Selten ist ein Fabrikgeheimniss so gut und so lange gewahrt worden. Fast 25 Jahre durch blieb die chemische Welt des Glaubens, dass Winkler bei seinem ersten Vorschlage stehen geblieben sei und seinen Verstoß gegen das Massenwirkungs-Gesetz nicht erkannt habe, während er für den Ausbau des Contactverfahrens seine beste Kraft eingesetzt und eher wie jeder Andere den richtigen Weg gefunden hatte. So kam es, dass die Erfahrungen und Erfindungen Winkler's für die übrige Industrie ungenutzt blieben und über die Anwendbarkeit des Contactverfahrens auf Röstgase von verschiedenen Forschern in verschiedenen Fabriken selbstständige Erfahrungen gesammelt werden mussten. In erster Linie war es die Badische Anilin- und Soda-Fabrik, die in richtiger Erkenntniss der Bedeutung des Winkler'schen Vorschlags die Fabrication von rauchender Schwefelsäure und Anhydrid aufgenommen und trotz aller anfänglichen Misserfolge mit eiserner Ausdauer und einem Aufwande von Kräften und Mitteln weiter verfolgt hatte, wie dies eben nur bei einem Werke von der Grösse und Bedeutung genannter Fabrik möglich war. Bereits im Jahre 1881 ging man auch in Ludwigshafen zur Verwendung von Röstgasen über, und in den Händen des nun auch dahingegangenen Rudolf Knietsch wurde in fünfzehnjähriger rastloser Arbeit das Ziel erreicht, das man sich dort noch viel weiter gesteckt hatte als Clemens Winkler: Die vollständige Verdrängung des Bleikammer-Verfahrens durch den Contactprocess. Neidlos erkannte dieser die Verdienste der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik um die Entwicklung des Contactverfahrens an. In seinem bekannten Vortrage »Die Entwicklung der Schwefelsäure-Fabrication im Laufe des scheidenden Jahrhunderts«, den er am 7. Juni 1900 auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Hannover hielt, nannte er die Erfolge derselben »weltbewegend« und erklärte: »Ein glänzenderer Abschluss der hundertjährigen Entwicklungsgeschichte der Schwefelsäure-Darstellung lässt sich kaum denken.«

Man hat in jüngster Zeit behauptet, der Werth jener Publication Winkler's vom Jahre 1875 sei vielfach überschätzt worden, seine Arbeiten hätten sogar von dem Jahrzehnte vor ihm bereits angegebenen Wege abgelenkt. Allerdings ist Winkler nicht der Entdecker des Contactverfahrens, ebenso wenig wie Solvay der Entdecker des Ammoniaksoda-Processes ist. Aber das Geburtsjahr der heute so hoch entwickelten Contactschwefelsäure-Industrie ist nicht das Jahr 1831, da Peregrine Phillipps sein Patent nahm, sondern das Jahr 1875, und ihr geistiger Urheber ist Clemens Winkler. Hätte er auch nur jene denkwürdige Abhandlung geschrieben, so würde dies genügen, um seinem Namen einen ehrenvollen Platz in der Entwicklungsgeschichte der chemischen Industrie Deutschlands für alle Zeiten zu sichern.

Freiberg i. S.

O. Brunck.

Verzeichniss der Veröffentlichungen Clemens Winkler's.

A. Bücher und selbstständige Schriften.

Untersuchungen über die chemischen Vorgänge in den Gay-Lussac'schen Condensationsapparaten der Schwefelsäurefabriken. Freiberg 1867.

Geschichtliche Mittheilungen über die erloschenen Silber-, Blei- und Kupfer-Hütten des Erzgebirges und Voigtlandes. Freiberg 1871.

Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industriegase.

1. Abtheilung, qualitative Analyse. Freiberg 1876.

2. Abtheilung, quantitative Analyse. Freiberg 1877—79.

Die Maassanalyse nach neuem titrimetrischem System. Freiberg 1883.

Wirkt die in unserem Zeitalter stattfindende Massenverbrennung von Steinkohle verändernd auf die Beschaffenheit der Atmosphäre? Freiberg 1883.

Lehrbuch der technischen Gasanalyse.

1. Auflage, Freiberg 1885. 2. Auflage, Freiberg 1892. 3. Auflage, Leipzig 1902.

Practische Uebungen in der Maassanalyse.

1. Auflage, Freiberg 1888. 2. Auflage, Freiberg 1898. 3. Auflage, Leipzig 1902.

Wann endet das Zeitalter der Verbrennung? Freiberg 1900.

B. Abhandlungen.

Analytische Chemie.

Die Zusammensetzung des Condurrits. Berg- und Hüttenm. Ztg. **1859**, 383.
Beitrag zur dokimastischen Bestimmung des Zinns. Berg- und Hüttenm. Ztg. **1864**, 17.

Die Thompson'sche Trennungsmethode für Kobalt und Nickel. Journ. für prakt. Chem. [1] **91**, 109 [1864].

- Die maassanalytische Bestimmung des Wassers in organischen Flüssigkeiten. Journ. für prakt. Chem. [1] **91**, 209 [1864].
- Die maassanalytische Bestimmung des Kobalts bei Gegenwart von Nickel. Journ. für prakt. Chem. [1] **92**, 449 [1864].
- Ueber die volumetrische Bestimmung des Kobalts bei Gegenwart von Arsen. Zeitschr. für analyt. Chem. **3**, 420.
- Ueber die Trennung von Lanthan und Didym. Journ. für prakt. Chem. [1] **95**, 410 [1865].
- Ein neues Verfahren zur volumetrischen Bestimmung des Eisens. Journ. für prakt. Chem. [1] **95**, 417 [1865].
- Die colorimetrische Bestimmung von Kobalt und Nickel. Journ. für prakt. Chem. [1] **97**, 414 [1866].
- Zur Bestimmung des Urans. Zeitschr. für analyt. Chem. **8**, 387 [1869].
- Ueber technisch-chemische Gasanalyse. Journ. für prakt. Chem. [1] **114**, 203 [1872].
- Ueber die chemische Constitution einiger Uranmineralien. Journ. für prakt. Chem. [1] **114**, 203 [1873].
- Rhagit und Roselith. Journ. für prakt. Chem. [1] **118**, 190 [1874].
- Ueber technisch-chemische Gasanalyse. Zeitschr. für analyt. Chem. **13**, 16 [1874].
- Ueber die Trennung des Zinns vom Antimon und Arsen. Zeitschr. für analyt. Chem. **14**, 156 [1875].
- Mineraluntersuchungen. Journ. für prakt. Chem. [1] **124**, 86 [1877].
- Ueber Nachweis und Untersuchung der schlagenden Wetter im Steinkohlenbergbau. Jahrb. f. d. Berg- und Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1878**, 70.
- Beiträge zur Chlorometrie. Dingler's polyt. Journ. **198**, 143 [1879].
- Die Untersuchung des Eisenmeteorites von Rittersgrün. Nova acta der K. Carol. Leop. Deutschen Akademie der Naturforscher **XI**, 333 [1879].
- Die Untersuchung des Eisenmeteorites von Rittersgrün. Jahrb. f. d. Berg- und Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1879**, 171.
- Die Bestimmung des Anhydrid-Gehaltes der rauchenden Schwefelsäure. Chem. Industrie **1880**, 194.
- Die Untersuchung der bei verschiedenen Steinkohlengruben Sachsens ausziehenden Wetterströme. Jahrb. f. d. Berg- und Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1882**, 65.
- Ueber Herderit. Neues Jahrb. für Mineralogie **1884**.
- Die Neugestaltung des titrimetrischen Systems. Diese Berichte **18**, 2527 [1885].
- Zur Frage der Neugestaltung des titrimetrischen Systems. Zeitschr. für analyt. Chem. **25**, 484 [1886].
- Zu B. Franke's Abhandlung »Untersuchung über Schlagwetter«. Journ. für prakt. Chem. [1] **145**, 254 [1888].
- Die Ermittlung des Bleigehaltes von Zinnlegirungen durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes derselben. Chem.-Ztg. **12**, 1229 [1888].
- Beiträge zur technischen Gasanalyse. Zeitschr. f. analyt. Chem. **28**, 269 [1889].
- Die elektrolytische Metallfällung unter Anwendung von Elektroden aus Platindrahtgewebe. Diese Berichte **32**, 2192 [1889].
- Die elektrolytische Metallfällung unter Anwendung von Elektroden aus Platindrahtgewebe. Chem.-Ztg. **24**, 987 [1900].

Zusammensetzung des Eisens von Ovifak in Grönland und der bituminösen Kohle (des Kolms) aus der cambrischen Formation Wester-Gothlands. Verhandl. d. K. Akademie d. Wissensch. Stockholm **1901**, No. 7, 495.

Allgemeine Chemie.

Ueber die Löslichkeit des Kupferchlorürs in unterschwefligsaurem Natrium. Journ. f. prakt. Chem. [1] **88**, 428 [1863].

Ueber Siliciumlegirungen und Siliciumarsenmetall. Journ. f. prakt. Chem. [1] **91**, 193 [1864].

Ueber die Kobaltsäure. Journ. f. prakt. Chem. [1] **91**, 213 [1864].

Zur Kenntniss der Kobaltsäure. Journ. f. prakt. Chem. [1] **91**, 315 [1864].

Beiträge zur Kenntniss des Indiums. Journ. f. prakt. Chem. [1] **94**, 1 [1865].

Beiträge zur Kenntniss des Indiums. Journ. f. prakt. Chem. [1] **95**, 414 [1865].

Darstellung von Sauerstoff. Journ. f. prakt. Chem. [1] **97**, 414 [1866].

Reinigung von Graphit. Journ. f. prakt. Chem. [1] **98**, 380 [1866].

Beiträge zur Kenntniss des Indiums. Journ. f. prakt. Chem. [1] **98**, 344 [1866].

Ueber die Aequivalentgewichte von Kobalt und Nickel. Zeitschr. f. anal. Chem. **6**, 15 [1867].

Verfahren zur Darstellung von Jodwasserstoffsäure. Journ. f. prakt. Chem. [1] **102**, 33 [1867].

Beiträge zur Kenntniss des Indiums. Journ. f. prakt. Chem. [1] **102**, 273 [1867].

Ueber die Löslichkeit des legirten Platins in Salpetersäure. Zeitschr. f. analyt. Chem. [1] **13**, 369 [1874].

Stickoxydulgas und Stickoxydulwasser. Dingler's polyt. Journ. **231**, 368 [1879].

Verhalten des silberhaltigen Wismuths beim Umkrystallisiren. Journ. f. prakt. Chem. [1] **131**, 298.

Untersuchungen über den Uebergang der arsenigen Säure aus dem amorphen in den krystallinen Zustand. Journ. f. prakt. Chem. [1] **139**, 247 [1885].
Germanium, ein neues nichtmetallisches Element. Diese Berichte **19**, 210 [1886].

Mittheilungen über das Germanium. Journ. f. prakt. Chem. [1] **142**, 177 [1886].

Mittheilungen über das neue Element Germanium. Jahrb. f. d. Berg- und Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1886**, 163.

Mittheilungen über das Germanium. Journ. f. prakt. Chem. [1] **144**, 177 [1887].

Bequeme Methode zur Entwicklung von Chlorgas aus Chlorkalk, unter Anwendung des Kipp'schen Apparates. Diese Berichte **20**, 184 [1887].

Ueber die Bildung von Haarsilber auf künstlichem Wege. Chem.-Ztg. **12**, 721 [1888].

Die Entwicklung von Chlor aus geformtem Chlorkalk. Diese Berichte **22**, 1076 [1889].

Ueber die Reduction von Sauerstoffverbindungen durch Magnesium. Diese Berichte **23**, 44, 120, 772, 2642, [1890]; **24**, 873, 1906 [1891].

Die Frage nach dem Wesen der chemischen Elemente. Verhandl. der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte **1890**, 146.

Ein Vorlesungsversuch. Zeitschr. f. anorg. Chem. **1**, 82 [1892].

Gallium. Germanium. Muspratt's Chemie. Braunschweig 1891.

- Ueber die vermeintliche Zerlegbarkeit von Nickel und Kobalt und die Atomgewichte dieser Metalle. Zeitschr. für anorgan. Chem. **4**, 10 [1893].
- Zur Bestimmung des Atomgewichtes von Nickel und Kobalt. Zeitschr. für anorgan. Chem. **4**, 462 [1893].
- Die Atomgewichte von Nickel und Kobalt. Zeitschr. für anorgan. Chem. **8**, 11, 291 [1895].
- Ueber die Entdeckung neuer Elemente im Laufe der letzten 25 Jahre und damit zusammenhängende Fragen. Diese Berichte **30**, 6 [1897].
- Die Atomgewichte von Nickel und Kobalt. Zeitschr. für anorgan. Chem. **17**, 236 [1898].
- Zur Entdeckung des Germaniums. Diese Berichte **32**, 207 [1899].
- Ueber die vermeintliche Umwandlung des Phosphors in Arsen. Diese Berichte **33**, 1693 [1900].
- Anorganische Chemie und physikalische Chemie. Diese Berichte **34**, 393 [1901].
- Ueber die Möglichkeit der Einwanderung von Metallen in Eruptivgesteine unter Vermittelung von Kohlenoxyd. Ber. d. math.-phys. Klasse der K. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. **5**, II, 1900.
- Internationale Atomgewichte. Chem.-Ztg. **27**, 918 [1903].
- Bemerkungen zur »Fünften Mittheilung der Commission für Festsetzung der Atomgewichte«. Diese Berichte **36**, 4299 [1903].
- Radioactivität und Materie. Diese Berichte **37**, 1655 [1904].

Technologisches.

- Neue Legirung für Zapfenlager. Deutsche Industrie-Ztg. **1869**, 140.
- Die Bunsen'sche Wasserluftpumpe und ihre technische Verwendung. Deutsche Industrie-Ztg. **1869**, 462.
- Ueber das Verhalten des geschliffenen Holzes gegen bleichende Agentien. Deutsche Industrie-Ztg. **1869**, 32.
- Versuche über das Bleichen von Holzstoff. Deutsche Industrie-Ztg. **1870**, 18.
- Ueber das Löthen mit Gas. Deutsche Industrie-Ztg. **1871**, 182.
- Talmigold und Talmigoldschwindel. Deutsche Industrie-Ztg. **1871**, 382.
- Ueber Aluminiumplattirung. Deutsche Industrie-Ztg. **1872**, 192.
- Die Zukunft der Goldplattirung. Deutsche Industrie-Ztg. **1872**, 412.
- Technischer Beitrag zur deutschen Münzfrage. Journ. für prakt. Chem. [1] **115**, 132.
- Versuche über die Ueberführung der schwefligen Säure in Schwefelsäureanhydrid durch Contactwirkung behufs Darstellung von rauchender Schwefelsäure. Dingler's polyt. Journ. **218**, 128 [1875].
- Arsen, Antimon, Wismuth. A. W. Hofmann's Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie während der letzten Jahrzehnte. Braunschweig 1875.
- Zur Darstellung der rauchenden Schwefelsäure. Dingler's polyt. Journ. **223**, 409 [1877].
- Herstellung grösserer Stücke Nickel und Kobalt. Dingler's polyt. Journ. **222**, 175 [1876].
- Die Unschädlichmachung der Arsenrückstände der Anilin-Fabrication. Verhandl. d. Vereins z. Förderung d. Gewerbefl. **1876**, 217.
- Ueber die Widerstandsfähigkeit des Aluminiums gegen äussere Einflüsse. Deutsche Industrie-Ztg. **1877**, 64.

- Zur Schwefelkohlenstofffabrication in Swoszowice. Dingler's polyt. Journ. **228**, 366 [1878].
- Das Aluminium auf der Pariser Weltausstellung. Dingler's polyt. Journ. **230**, 159 [1878].
- Ueber Graphit-Thermometer und -Pyrometer. Berg- u. Hüttenm. Ztg. **1879**, 30.
- Die Darstellung von ductilem Nickel. Berg- u. Hüttenm. Ztg. **1880**, 87.
- Mittheilung über Versuche zur Beseitigung des Hüttenrauchs bei der Schneeberger Ultramarinfabrik in Schindler's Werk bei Bockau i. S. Jahrb. f. d. Berg- u. Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1880**, 50.
- Zur Wassergasfrage. Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. **1881**.
- Der Brennstoff der Zukunft. Jahrb. f. d. Berg- u. Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1881**, 107.
- Untersuchungen über Sicherheitslampen (mit G. Kreischer). Jahrb. f. d. Berg- u. Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1882**, 65.
- Zur Frage der Ammoniakgewinnung aus den Gasen der Koksöfen. Jahrb. f. d. Berg- und Hütten-Wesen im Kgr. Sachsen **1884**, 174.
- Ueber die Angreifbarkeit und Abnutzung des Aluminiums. Zeitschr. für angew. Chem. **3**, 69 [1892].
- Ueber die fabrikmässige Darstellung der Leichtmetalle. Ber. d. österr. Gesellsch. z. Förderung d. chem. Industrie **1892**, 6.
- Ueber künstliche Mineralien, entstanden beim chemischen Grossbetriebe. Zeitschr. für angew. Chem. **4**, 445 [1893].
- Ueber künstliche Trona. Zeitschr. für angew. Chem. **4**, 599 [1893].
- Ueber den Einfluss des Wasserdampfgehaltes saurer Gase auf deren Vegetationsschädlichkeit. Zeitschr. für angew. Chem. **7**, 370 [1896].
- Ueber die Beseitigung vegetationsschädlicher Gase und Dämpfe. Verhandl. d. Vereins z. Förderung d. Gewerbeleisses **1899**, 41.
- Die relative Seltenheit der Elemente mit Bezug auf ihre technische Verwendung. Zeitschr. für angew. Chem. **10**, 93 [1899].
- Die Entwicklung der Schwefelsäurefabrication im Laufe des scheidenden Jahrhunderts. Zeitschr. für angew. Chem. **11**, 731 [1900].

Chemische Apparate.

- Apparat zur technischen Gasanalyse. Leipzig 1872.
- Ein zweckmässiger Schwefelwasserstoff-Entwicklungsapparat. Zeitschr. für analyt. Chem. **15**, 285 [1876].
- Drahtdreiecke und Tiegelzangen mit Porzellan-Armirung. Zeitschr. für analyt. Chem. **18**, 259 [1879].
- Absorptionsapparat für Elementaranalyse. Zeitschr. für analyt. Chem. **21**, 345 [1882].
- Ein empfehlenswerther Schwefelwasserstoff-Entwicklungsapparat. Zeitschr. für analyt. Chem. **21**, 386 [1882].
- Bequeme Methode zur Entwicklung von reinem Schwefelwasserstoff. Zeitschr. für analyt. Chem. **27**, 26 [1888].
- Ueber einen Apparat zur raschen Reduction der Gasvolumina auf den Normalzustand. Diese Berichte **18**, 2533 [1885].

Eine zweckmässige Abzugsvorrichtung für Wasserbäder. Diese Berichte **21**, 3563 [1888].

Ueber die Darstellung von Schwefelwasserstoff und Schwefelwasserstoffwasser. Diese Berichte **33**, 1040 [1900].

Verschiedenes.

Ueber die Entstehung, Verbreitung und Bekämpfung epidemischer Krankheiten. Carl Johann August Theodor Scheerer. Journ. für prakt. Chem. [1] **120**, 459.

Zur Bestattungsfrage. Ausland **1875**, 5.

Freibergs chemischer Boden. Zeitschr. für angew. Chem. **4**, 372 [1893].

Die anorganische Chemie auf deutschen Hochschulen. Chem.-Ztg. **25**, 1109 [1901].

Die anorganische Chemie auf deutschen Hochschulen. Chem.-Ztg. **26**, 87 [1902].
