

1. Beim kleinen Schüttofen:

Derselbe ist

3600 mm lang (Entfernung $x-y$),2450 mm breit (" " $u-v$),2200 mm hoch (" " $y-z$).

Nachstehende Angaben stammen aus dem Jahre 1898:

Das Durchsetzquantum beträgt bei diesem Ofen in 24 Stunden 7000 kg Erz.

Der Verbrauch an Brennmaterial beträgt in 24 Stunden 2,5 cbm Buchenholz.

Bedienung in achtstündiger Schicht zwei Mann; in 24 Stunden also sechs Mann.

2. Bei den drei großen Schüttöfen:

Sie sind

8600 mm lang (entsprech. d. Entfernung $x-y$),6000 mm breit (" " " $u-v$),3500 mm hoch (" " " $y-z$).

Jeder besteht aus vier Schächten vom Querschnitt 1920×3500 mm im Lichten; es sind nicht nur zwischen den beiden kürzeren, sondern auch zwischen den beiden längeren Seiten Mittelkanäle angebracht, wodurch die vier Schächte entstehen. Die Öfen haben ferner vier Feuerungen, und zwar auf den beiden kürzeren Seiten je eine Hauptfeuerung, auf den beiden langen Seiten noch je eine Hilfsfeuerung. Letztere wird heute allerdings nicht mehr benutzt.

Jeder Schacht der großen Schüttöfen in Idria hat fünf Reihen zu je sechs Dächern; die oberste Reihe ist aus Gußeisen, die übrigen sind natürlich Chamotte.

Über die Betriebsergebnisse wurde im Jahre 1898 folgendes mitgeteilt:

Das Durchsetzquantum beträgt für den Ofen und 24 Stunden 30 000—40 000 kg Erz. Der Verbrauch am Brennstoff für den Ofen und 24 Stunden beträgt etwa 9 cbm Buchenholz. Die Bedienung, welche für zwei solche Schüttöfen in achtstündiger Schicht notwendig ist, umfaßt zwei Heizer, vier Zulufer und drei Abläufer. Die ausgebrannten Rückstände werden drei- bis viermal in acht Stunden abgelassen, ebenso oft wird natürlich Erz aufgegeben.

3. Das ganze Werk verarbeitet pro Jahr etwa 80 000—85 000 t Erz und gewinnt daraus 450—500 t Quecksilber.

Nach dieser Z. 1901, 432, war die Produktion von Österreich-Ungarn, deren Hauptmenge ja eben von Idria geliefert wird, nachfolgende:

Im Jahre 1890: 542 t, 1891: 570 t, 1892: 542 t, 1893: 512 t, 1894: 519 t, 1895: 535 t, 1896: 564 t, 1897: 532 t, 1898: 491 t und 1899: 500 t Quecksilber.

Schnabels Metallhüttenkunde, 2. Aufl. 2, (1904) 442, bringt endlich folgende von Karl

Mitter in Idria unmittelbar erhaltene Mitteilung über die Gliederung der Quecksilbererzeugung:

Metallisches Quecksilber, direkt den

Kondensatoren entnommen . . . 20%

Durch Pressen der Stupp erhalten . 56%

Durch Brennen der Stupp-Preßrückstände erhalten, etwa . . . 15%

Quecksilberverlust oder Kalo, etwa . 9%

d. s. zusammen 100%

Atmungsapparat zur Selbstrettung aus dem Bereiche irrespirabler Gase.

Von Prof. Dr. MAX BAMBERGER und

Dr. FRIEDRICH BÖCK.

Aus dem Laboratorium für allgemeine Experimentalchemie an der k. k. technischen Hochschule Wien.

(Eingeg. d. 27./7. 1904.)

Seit einer Reihe von Jahren wird erfreulicherweise in Bergbaubetrieben, dem Bestreben entsprechend die Gefahren dieses ohnehin so schweren Berufes und damit auch die Zahl der Unglücksfälle möglichst herabzumindern, allen jenen Vorschlägen und Erfindungen erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet, welche geeignet erscheinen, diesen Bestrebungen eine erfolgreiche Grundlage zu bieten. Durch betriebstechnische Maßnahmen sucht man einerseits die Gefahr des Eintrittes einer Katastrophe möglichst zu verringern, während andererseits der fortschreitenden Ausbildung des Rettungswesens die Aufgabe zufällt, die Zahl der Opfer auf jene untere Grenze zu bringen, welche leider mit Rücksicht auf die Ohnmacht menschlicher Energie und Willenskraft im Kampfe mit dem mit aller Wucht einsetzenden Elementarereignis nicht mehr unterboten werden kann. Speziell hinsichtlich der Rettungsaktion nach erfolgten Schlagwetterexplosionen muß der Gedanke maßgebend sein, daß jene Bergleute, welche sich im Explosionsherd und dessen unmittelbarer Umgebung befinden, durch die mechanischen und thermischen Wirkungen zugrunde gehen und wohl immer als verloren anzusehen sind, während, wie auch die Beobachtung und die medizinische Feststellung der Todesart zeigt, die weitaus größere Zahl der Verunglückten ein Opfer der Nachschwaden, d. h. der nach der Explosion die Stollen und Schächte durchziehenden kohlensäure- und kohlenoxydhaltigen Verbrennungsgase sind, also den Tod durch Erstickung oder Kohlenoxydvergiftung erleiden, eine Tatsache, auf welche bekanntlich zuerst J. Haldane¹⁾ (Oxford) hingewiesen hat.

¹⁾ Glückauf 33, (1897) 65

Mit dieser Erkenntnis ist aber bereits klar ausgesprochen, daß das Gelingen der Rettungsaktion, sei es, daß sie von obertags oder durch Selbstrettung erfolgt, im wesentlichen an die Existenz von Apparaten geknüpft ist, welche ein längeres Atmen in einem mit irrespirablen Gasen erfüllten Raum ermöglichen. Die Bemühungen, solche Hilfsmittel herzustellen, zeigten die ersten positiven Erfolge, durch die Konstruktion des Pneumatophors, welcher sein Entstehen einer dankenswerten Anregung des Herrn Cameraldirektors v. Walcher-Uysdal anläßlich des furchtbaren Grubenunglückes auf dem Hohenegger Schacht Karwin (16. März 1895) verdankte, und ursprünglich als Selbstrettungsapparat gedacht war.

In weiterer Folge wurden unter Beibehaltung desselben Prinzips durch verschiedene Verbesserungen und Neukonstruktionen von den Herren k. k. Bergrat Mayer in M.-Ostrau, Bergdirektor Meyer in Herne-Shamrock und Branddirektor Giersberg in Berlin Apparate von gleich hoher Bedeutung geschaffen. Das gemeinsame Charakteristikum all dieser liegt in der Verwendung hoch komprimierten Sauerstoffs unter gleichzeitiger Absorption der Exhalationsprodukte, also vornehmlich der Kohlensäure, durch Ätzalkalien, welche teils in wässriger Lösung, deren reaktionsfähige Oberfläche durch verschiedene Verteilungssysteme, wie Loofahoder Nickeldrahtnetzkißsen, möglichst hoch entwickelt ist, teils in fester Form zur Verwendung gelangen. Das Mitführen des komprimierten Sauerstoffs in Stahlflaschen bedingt aber leider auch die Beigabe verschiedener mechanischer Vorrichtungen, wie der Reduzierventile usw., welche die Apparate trotz gewissenhafter Überwachung stets unverläßlich und kompliziert, sowie auch ziemlich schwer und kostspielig machen und überdies eine gewisse Vertrautheit mit der Handhabung des Mechanismus voraussetzen, um ihre Vorzüge auch im Momente der Gefahr ausnützen zu können. Es sind dies Schwierigkeiten und Nachteile, die auch durch die gewiß sehr leistungsfähigen Neukonstruktionen der Drägerschen Absperr- und Reduzierventile nicht vollkommen behoben erscheinen. Gerade die Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit, die Verfeinerung der Einstellung erhöht auch die Gefahr der Verstopfung ihrer engen Bohrungen durch Rost, Sand oder andere Zufälligkeiten.

Alle diese Umstände schließen es jedoch aus, daß diese Apparate zur Selbstrettung dienen können, d. h. ein jedem Bergmann zukommendes Hilfsmittel zu sein, welches ihn in Stand setzt, im Momente der Gefahr

seine Rettung selbst unverzüglich bewerkstelligen zu können, ohne erst in qualvoller Ungewißheit auf das Gelingen der Rettungsaktion von obertags warten zu müssen. Leider ist es aber auch nach den uns aus bergmännischen Kreisen zugekommenen Informationen trotz mehrjähriger Praxis noch nicht gelungen, mit den erwähnten Apparatsystemen im Ernstfalle eine wirkliche Rettungsaktion erfolgreich durchzuführen. Es schien uns daher eine dankenswerte Aufgabe zu sein, auf bisher nicht verwendeten Grundlagen eine Neukonstruktion, und zwar die eines Selbstrettungsapparates zu versuchen. Die Resultate einer fast vierjährigen intensiven experimentellen Tätigkeit übergeben wir hiermit der Öffentlichkeit, nachdem wir die Überzeugung erlangt haben, daß der neue Apparat das, was man billigerweise von ihm verlangen kann, auch leistet.

Es dürfte von allgemeinem Interesse sein, einiges aus der Entstehungsgeschichte, aus dem Werdegang unserer Konstruktion zu erfahren. Unser Augenmerk mußte zunächst jenen Prinzipien zugewendet werden, welche in dem Begriffe Selbstrettungsapparat gelegen sind, also auf geringes Gewicht und Volumen, einfachste Handhabung bei gleichzeitiger Gewähr sicheren Funktionierens und langdauernder Haltbarkeit, sowie auf möglichst niedere Anschaffungskosten. Die unabwendbaren Folgen und Nachteile bei Verwendung komprimierten Sauerstoffs ließen es wünschenswert erscheinen, dieses Gas auf anderem Wege dem Atmenden zur Verfügung zu stellen, d. h. dasselbe erst im Gebrauchsfalle präparativ chemisch zu entwickeln, und zwar annähernd in jenen Mengen, welche seinem Verbrauch beim Atmen entsprechen. Dadurch war die Notwendigkeit der Verwendung schwerer und komplizierter Ventile und Druckregler bereits umgangen. Als Sauerstoffquelle kam zunächst nur Natriumsuperoxyd in Betracht, welches, in geeigneter Weise mit Wasser zusammengebracht, unter stürmischer Sauerstoffentwicklung Natronlauge entstehen läßt, die zur Absorption der Kohlensäure Verwendung findet. Die großen Unregelmäßigkeiten der Sauerstoffbildung mit Hilfe des gepulverten Superoxyds, wie es im Handel erscheint, die Schwierigkeit einer Dosierung machten eine Formung desselben notwendig, welche wir durch Schmelzen in Eisentiegeln und Ausgießen in Stangen- oder Kugelformen erreichten. Dabei wird allerdings ziemlich viel Eisen gelöst und offenbar in Natriumferrat überführt, welches beim Auflösen ebenfalls Sauerstoff entwickelt unter Abscheidung eines feinen Schlammes von Eisenoxyd, der die Zersetzung der anfänglich bei gewöhnlicher

Wassertemperatur aus dem Superoxyd entstehenden alkalischen Wasserstoffsuperoxydlösung katalytisch beschleunigt. Die regelmäßige Sauerstoffentwicklung erfolgte zuerst unter Benutzung der Superoxydstangen nach dem Prinzip kontinuierlicher, selbst regulierender Gasentwicklungsapparate, allein mit wenig befriedigendem Erfolge, später portionsweise durch einen von Zeit zu Zeit von Hand aus betätigten Mechanismus durch Einwerfen von Superoxydkugeln in das Reaktionswasser. Die Ausatemungsluft wurde mittels zweier Glimmerventile gezwungen über die genügend vergrößerte Oberfläche der entstehenden Lauge wegzustreichen, wobei ihre Kohlensäure zwar nicht vollständig entfernt, aber doch wie bei den in der Einleitung erwähnten Apparaten auf einen erträglichen Prozentsatz herabgedrückt werden konnte.

Gleichzeitig und unabhängig von uns arbeiteten Balthazard und Desgrez, sowie Jaubert, wie wir später aus der Patentliteratur ersahen, an Apparaten, welchen dieselben Prinzipien zugrunde liegen. Bei diesem wurden Sauerstoffentwicklungswürfel (aus Alkalisuperoxyd mit geringen Zusätzen unter hohem Druck gepreßt) verwendet und durch einen Mechanismus, der anfänglich durch einen kleinen Elektromotor mit Akkumulator, später durch ein Uhrwerk betrieben wurde, portionsweise in das Reaktionswasser geworfen. Die entstehende Lauge diente gleichfalls zur Kohlensäureabsorption. Daß der Apparat von Desgrez und Balthazard bei seinem großen Gewichte, seiner komplizierten Konstruktion und seinem hohen Preise nicht zur Selbstrettung dienen konnte, ist ohne weiteres klar. Er scheint übrigens speziell für Unterseeboote, Taucherglocken usw. gedacht zu sein.

Große Übelstände zog sowohl bei diesem als bei unserem Apparate die rasch steigende Temperatur des Reaktionswassers nach sich, wodurch die durchziehenden Gase ziemlich warm zur Einatmung gelangen und infolge ihrer Sättigung mit Wasserdampf schon mit einer Temperatur von 40—50° äußerst lästig empfunden werden. Desgrez und Balthazard beseitigten diesen Übelstand durch starke Abkühlung des Einatmungsgases mit Hilfe des niedrig siedenden Chlormethyls, welches im Apparate in einer kleinen Stahlflasche in flüssigem Zustande eingelagert war, bei Gebrauch durch Öffnen eines Ventils unter Atmosphärendruck gesetzt wurde und sich nunmehr unter konstantem Sieden auf tiefe Temperatur abkühlte. Wir mußten mit Rücksicht auf das uns vorschwebende Ziel natürlich auf dieses Hilfsmittel verzichten und konnten auch durch

Verlängerung der Schlauchleitung oder des Atmungssackes, welcher zwischen Mundstück und Entwicklungsgefäß eingeschaltet war, nur teilweise Abhilfe schaffen. Auch war die Kohlensäureabsorption gerade am Beginne der Atmung mangelhaft, da ja die Natronlauge zu diesem Zeitpunkte noch ziemlich verdünnt ist. Übrigens ist auch beim Gebrauch der eingangs erwähnten Apparate der anfänglich hohe Gehalt der Einatmungsgase an Kohlensäure ein oft beobachteter Übelstand.

Wir beabsichtigten nunmehr, den hohen Wasserdampfgehalt der regenerierten Luft durch unbedenkliche Absorptionsmittel, wie z. B. trockenes Chlorcalcium, zu eliminieren, wobei allerdings die Gefahr des Zerfließens dieses Präparates und somit die einer Verstopfung ziemlich groß erschien. Es war wohl nahelegend, gleichzeitig mit dem lästigen Wasserdampf auch die letzten Reste von Kohlensäure, die der Absorption durch die flüssige Natronlauge entgangen war, durch ein geeignetes Absorptionsmittel binden zu lassen, etwa durch Natriumsuperoxyd, welches noch den Vorteil hätte bei dieser Gelegenheit eine neue Menge Sauerstoff zu entwickeln. Von diesem Gedanken war nun nur ein Schritt zu dem Vorschlag, die Exhalationsprodukte überhaupt nur durch trockenes Natriumsuperoxyd unter gleichzeitiger Sauerstoffentwicklung absorbieren zu lassen. Damit schien mit einem Schlage die Konstruktion des Apparates auf ganz neue, überraschend einfache Grundlagen gestellt. So verlockend diese waren, ebenso schwierig und mühevoll erwies es sich aber in der folgenden Arbeitsperiode, den Apparat auf dieser Basis aufzubauen. Wieder mußte zunächst eine geeignete Formung des Superoxyds gesucht werden, da verschiedene Vorversuche unter Verwendung von geschmolzenem und hernach gekörntem, sowie von pulverförmigem, jedoch auf eine große Anzahl feiner Drahtnetze mit hohem hydraulischen Druck aufgepreßtem Natriumsuperoxyd, sowie von zerschlagenen Jaubertschen Superoxydtabletten ergaben, daß wohl die gewünschten Reaktionen, (Wasserdampf- und Kohlensäureabsorption) anfangs befriedigend stattfanden, aber in kurzer Zeit wieder aufhörten. Die Ursache lag darin, daß die Reaktionen tatsächlich nur oberflächlich verliefen und die entstehenden Reaktionsprodukte — Natriumcarbonat und Natriumhydroxyd, eventuell Natriumsuperoxydhydrat — auch schon in sehr geringer Schichtdicke imstande waren, die Reaktion des noch unverbrauchten Superoxyds mit den Atmungsgasen zu verhindern.

Wir benötigten sonach ein Superoxyd einerseits in einer gewissen Korngröße, um das Durchatmen nicht zu sehr zu erschweren, anderseits aber von möglichst poröser Form, damit die Atmungsgase nicht bloß oberflächlich darauf einwirken konnten. Die elektrochemische Fabrik „Natrium“ in Rheinfelden kam uns hierbei in dankenswerter Bereitwilligkeit entgegen und übernahm die Herstellung des gewünschten Produktes.

Durch eigene Vorversuche stellten wir fest, daß der Wasserdampf eines gesättigt-feuchten Luftstromes von etwa 35°, sowie auch feuchte Kohlensäure in reinem und beliebig verdünntem Zustande bei derselben Temperatur mit unserem Natriumsuperoxyd sofort und nahezu quantitativ unter Sauerstoffentbindung reagierten, trockene Kohlensäure allerdings erst dann, wenn das Superoxyd etwas vorgewärmt war. Die Reaktionen vollziehen sich dann unter großer Wärmeentwicklung, welche das Material bis auf 360° und darüber, bei reiner Kohlensäure sogar bis zum Schmelzen und gelindem Glühen erhitzt, nach folgenden Gleichungen:

- I. $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}_2 = 2\text{NaOH} + \text{O}$.
- II. $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- III. $\text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{O}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}$.

Aus der Diskussion dieser Gleichungen geht leider hervor, daß nicht der gesamte Sauerstoff, der zur Bildung der Exhalationsprodukte gebraucht wird, in freiem Zustande regeneriert werden kann. Zieht man nur die I. und III. Gleichung in Betracht, so erscheint zwar der im Wasser gebundene Sauerstoff vollständig wieder, jener des Kohlendioxyds aber nur zur Hälfte. Die Annahme, daß sich die Sauerstoffausbeute auf Grund der II. Gleichung noch ungünstiger stelle, weil nach dieser die Kohlensäure direkt vom Natriumhydroxyd absorbiert wird, ohne dabei Sauerstoff zu liefern, erweist sich als haltlos, da ja mit Rücksicht auf die hohe Reaktionstemperatur das hierbei gebildete Wassermolekül von dem Natriumcarbonat als Kristallwasser nicht zurückgehalten werden kann, sondern auf neue Mengen Superoxyd nach Gleichung I, also wieder unter Sauerstoffentwicklung einwirkt. Zur Schätzung der Differenz zwischen dem zur Atmung verbrauchten und dem nach obigen Gleichungen nur teilweise wieder regenerierten Sauerstoff ist das Verhältnis zwischen dem Kohlensäure- und dem Wasserdampfgehalt der Ausatemungsluft maßgebend, und es läßt sich unter Annahme mittlerer Zah-

len für die Mengen dieser beiden Exhalationsprodukte leicht berechnen, daß etwa

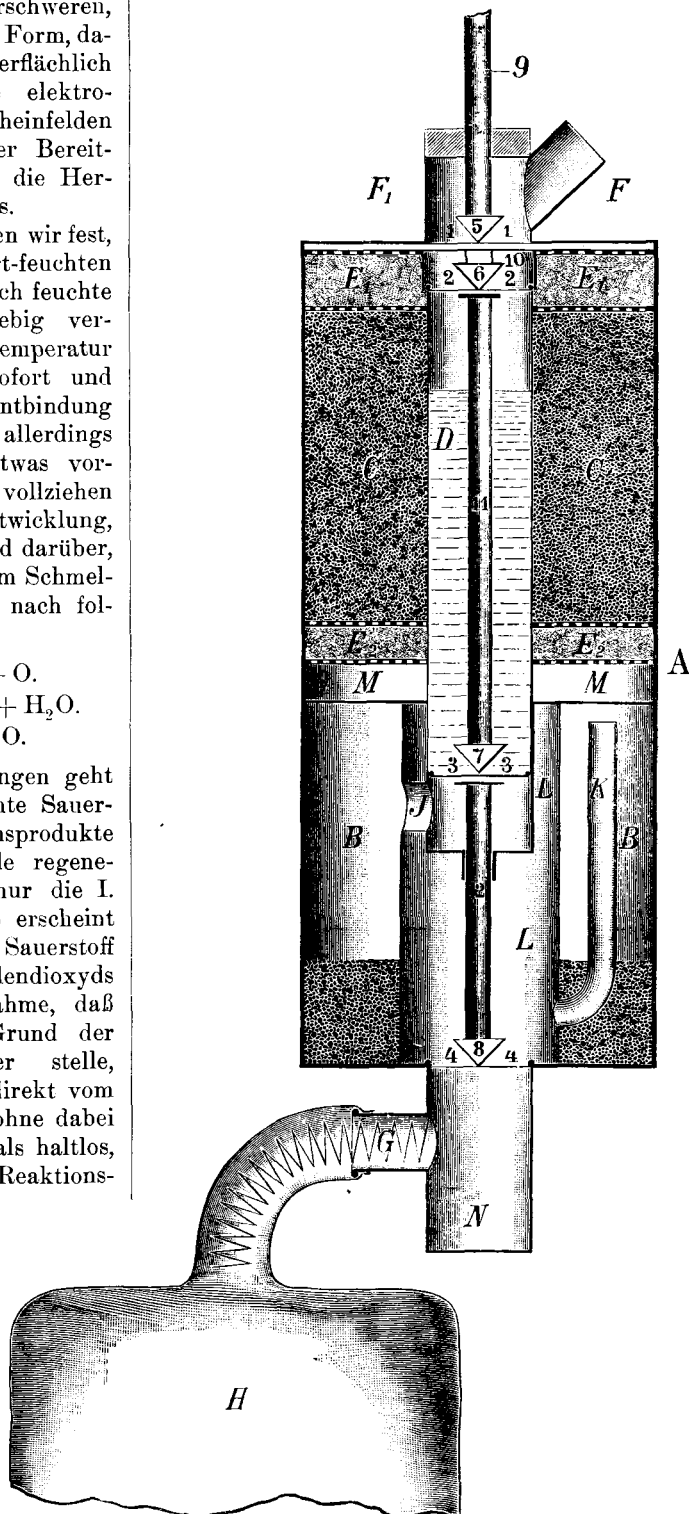


Fig. 1 (ca. $\frac{2}{3}$ d. nat. Gr.).

ein Drittel des zum Atmen durchschnittlich notwendigen, d. h. wirklich zu Oxydationszwecken im Blute verwendeten Sauerstoffs,

dem Rettungsapparate in freier Gasform zugeführt werden muß, etwa ebenfalls durch Entwickeln auf chemischem Wege im Zeitpunkt der Ingebrauchnahme oder durch Benutzung des komprimierten Gases, während

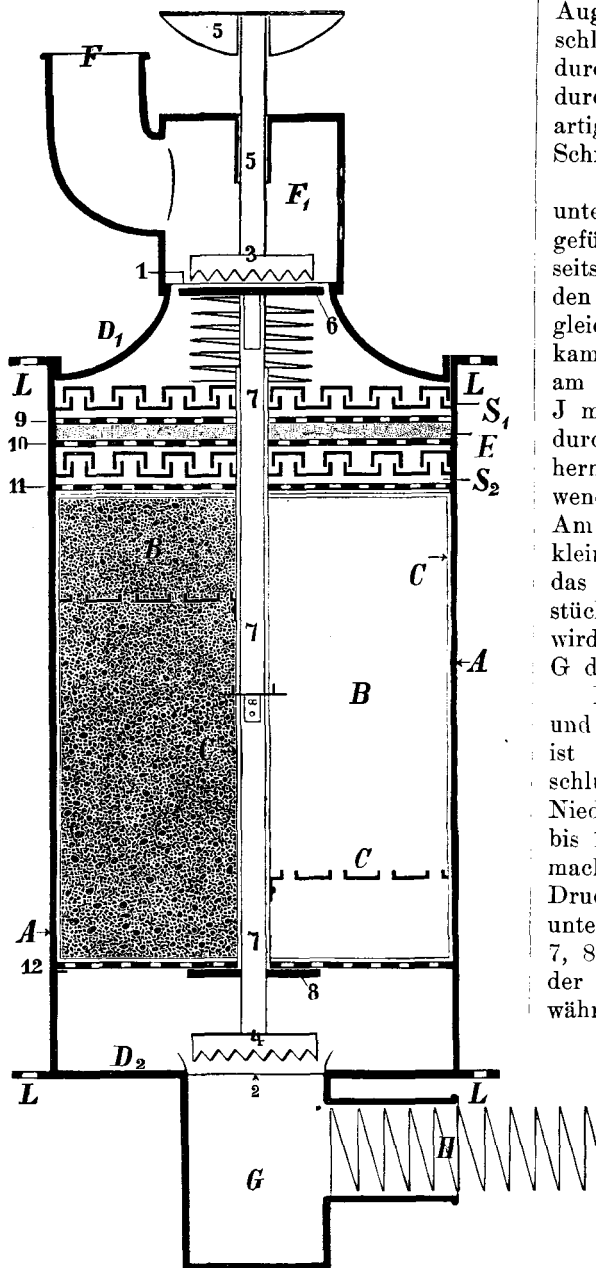


Fig. 2.

zwei Drittel aus den Exhalationsprodukten durch die Füllung des Apparates mit Natriumsuperoxyd regeneriert werden.

Demgemäß gliedert sich der Apparat in zwei Teile, einerseits einen Absorptions- und Regenerationsraum und andererseits einen Sauerstoffentwicklungsraum, welche beide sowohl ganz getrennt, als auch in einem gemeinsamen Behälter untergebracht werden können. Ventile und

sonstige mechanische Vorrichtungen, welche während des Atmens in Funktion bleiben müssen, entfallen vollständig. Da die Alkalisuperoxyde an freier feuchter Luft zersetzlich sind, müssen sie natürlich bis zum Augenblick der Benutzung hermetisch verschlossen sein. Am sichersten geschieht dies durch Verlötungen, welche im Bedarfsfalle durchstoßen werden. Fig. 1 stellt einen derartigen Apparat für Selbstrettungszwecke im Schnitt dar.

In dem gemeinsamen Behälter A sind untergebracht: die ringförmige Kammer C, gefüllt mit dem gekörnten Superoxyd, beiderseits durch Drahtnetze von den anschließenden Filterräumen E_1 und E_2 getrennt, die gleichfalls ringförmige Sauerstoffentwicklungskammer B und das zentrale Wasserrohr D, am unteren Ende durch den kurzen Stutzen J mit B verbunden. D ist oben und unten durch eingelötete dünne Bleibleche (2 und 3) hermetisch verschlossen und mit der notwendigen Wassermenge (50 ccm) gefüllt. Am oberen Ende des Behälters A ist ein kleiner Dom F_1 aufgesetzt, welcher durch das Rohr F mittels Schlauch mit dem Mundstück oder einer Atmungsmaske verbunden wird. Am unteren Ende gestattet der Stutzen G die Befestigung des Atmungssackes H.

Die freie Kommunikation zwischen F_1 und E_1 , sowie zwischen L und G oder H ist durch die ebenfalls eingelöteten Verschlussbleche 1 und 4 gehindert. Durch Niederrücken des Öffnungsmechanismus 5 bis 12 wird der Apparat gebrauchsfähig gemacht. Dieser Mechanismus besteht aus den Druckstangen 9, 10, 11, 12, welche an ihren unteren Enden die Durchstoßkonusse 5, 6, 7, 8 tragen, welche auf den oberen Flächen der Verschlussbleche 1, 2, 3, 4 aufliegen, während die unteren Flächen letzterer mit

den oberen Enden der Druckstangen 10, 11, 12 in Berührung sind. Die Funktion des Apparates ist nun folgende: Durch Niederdrücken der mit einem Handgriff versehenen Stange 9 werden gleichzeitig alle vier Verschlussbleche durchstoßen. Das in D befindliche Wasser fließt durch J nach B und entwickelt hier aus dem eingelagerten Superoxyd den zur Atmung für die

vorgesehene Zeit notwendigen Rest- oder Ergänzungssauerstoff, welcher durch K nach L und weiter durch G in den Sack H streicht. Gleichzeitig wird die Maske oder das Mundstück samt Nasenklemme angesetzt, und streicht die durch F und F_1 eintretende Ausatemungsluft durch das Filter E_1 durch die Superoxydschicht C, woselbst Kohlensäure und Wasserdampf absorbiert und der in ihnen

gebundene Sauerstoff zum größeren Teile wieder regeneriert wird. Durch das Filter E_2 und den freien Zwischenraum M streicht die nunmehr von den Exhalationsprodukten befreite, bezüglich ihres Sauerstoffgehaltes aber noch nicht vollwertige Luft durch L und G in den Beutel H und wandert vermisch mit dem hier befindlichen Ergänzungssauerstoff beim nächsten Einatmen denselben Weg zurück. Die am oberen Ende des Wasserrohrs befindliche Kappe legt sich bei Betätigung des Öffnungsmechanismus luftdicht auf den Rohrrand und verhindert somit, daß das Atmungsgas auf dem Wege durch D, J, B, K den Apparat passiert, ohne die Absorptionsschicht C durchstreichen zu müssen. Da die Filter E_1 und E_2 mit dem Superoxyd in Berührung stehen, müssen sie natürlich aus unverbrennlichem Material (Asbest) bestehen. Ihr Zweck ist, einerseits die feinen Ätzlaugentropfen, welche in Nebelform den aus B entwickelten Sauerstoff begleiten, sowie ev. feinen Staub von Natriumsuperoxyd oder Natriumcarbonat aus C zurückzuhalten.

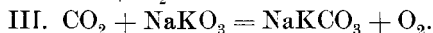
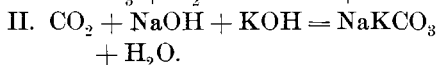
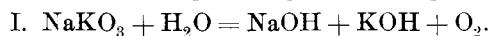
Die Resultate, die wir mit dieser Konstruktion erzielen, waren recht befriedigend. Verschiedene Mängel geringfügiger Natur konnten durch geeignete Verbesserungen eliminiert werden, doch sei es gestattet, mit Rücksicht auf den im folgenden beschriebenen noch einfacheren Apparat dieselben nicht näher zu beleuchten.

Eine einfache Überlegung läßt erkennen, daß die Erzeugung des früher genannten Ergänzungssauerstoffs unnötig wird und sowohl die Konstruktion als die Inbetriebsetzung des Apparates noch mehr vereinfacht und erleichtert werden kann, wenn an Stelle des Natriumsuperoxyds höhere Superoxyde von ähnlichen Eigenschaften bezüglich ihrer Reaktion mit Kohlensäure und Wasserdampf verwendet werden. Solche höhere Superoxyde müssen sich demnach von dem Natriumsuperoxyd nur dadurch unterscheiden, daß in ihnen das Verhältnis der Atomzahl des Sauerstoffs zu jener des Metalles, bezogen auf gleiche Valenzen, ein günstigeres ist. Wie aus der Literatur zu entnehmen ist, stehen zwei solcher Präparate zur Verfügung: das Kaliumtetroxyd, K_2O_4 , und das Natriumkaliumsuperoxyd, $NaKO_3$. Obwohl ersteres die dreifache Menge abspaltbaren Sauerstoffs besitzt, als das Natriumsuperoxyd, Na_2O_2 , erscheint es einerseits mit Rücksicht auf seinen hohen Preis, anderseits deshalb nicht geeignet, weil bei seinem Übergang in Kaliumcarbonat eine Substanz im Apparat erzeugt wird, die stark hygroskopisch ist und daher vermutlich zerfließen wird, und

so die Gasdurchlässigkeit der Absorptionsschicht in Frage stellt. Wir entschieden uns daher für das Natriumkaliumsuperoxyd, welches ebenfalls in der früher beschriebenen Form, nämlich staubfrei, grobkörnig und porös zur Verwendung gelangte.

Es vermag, wie aus den folgenden Gleichungen zu entnehmen ist, doppelt so viel Sauerstoff abzuspalten als Natriumsuperoxyd, und da bei letzterem die verfügbare Menge dieses Gases nur um $\frac{1}{3}$ hinter dem tatsächlichen Bedarf des Organismus zurückbleibt, muß also eine gewisse Menge dieses Präparates mehr als genügen, um die in der bezüglichen Zeit produzierten Exhalationsprodukte wieder auf atmungsfähigen Sauerstoff zu verarbeiten, ohne daß irgend eine anderweitige Zuführung dieses Gases notwendig wäre.

Die Reaktionsgleichungen sind folgende:



Es wird sonach bei Absorption des Wasserdampfes die doppelte, bei Kohlensäure dieselbe Menge des in diesen Exhalationsprodukten gebundenen Sauerstoffs regeneriert, und ist somit Gewähr geboten, daß die Ausatemungsluft nicht nur wieder in vollwertiges Einatmungsgas umgewandelt, sondern sogar noch sauerstoffreicher wird, ein Resultat, welches mit Rücksicht auf ev. kleine Undichtigkeiten und Diffusionsvorgänge im Atmungsbeutel gewiß nicht zu verachten ist.

Der nach diesem Prinzip konstruierte Selbstrettungsapparat ist in Fig. 2 im Vertikalschnitt, in Fig. 3 in Ansicht, in ganzer Ausrüstung dargestellt.

Er besteht aus dem zylindrischen Blechbehälter A, durch die eingelöteten Deckel oder Bodenbleche D_1 und D_2 beiderseits verschlossen. Auf ersterem ist der Dom F_1 mit dem Ansatz F, an welchen der Atmungsschlauch mit dem Mundstück angeschlossen wird, befestigt, während der am Bodenblech angelötete Stutzen G mit seinem Seitenrohr H mit dem Atmungssack verbunden wird.

Die bezüglichen Durchgangsöffnungen sind wieder vor Gebrauch des Apparates durch die aufgelöteten dünnen Bleiplättchen 1 und 2 verschlossen, welche erst unmittelbar bei Benutzung durch den Durchstoßmechanismus 5, 3, 6, 7, 4 eröffnet werden. Dieser Teil des Apparates besteht aus den beiden Druckstangen 5 und 7, von denen die erstere durch den Dom F_1 führend oben mit einer Handhabe, unten mit der Durchstoßkrone 3, letztere im Inneren des Apparates, am oberen

Ende mit der an dem Bleiplättchen 1 anliegenden Platte 6, am unteren mit der zweiten Durchstoßkronen 4 versehen ist. Um letztere nicht dauernd mit ihren scharfen Zähnen auf dem Verschlussplättchen 2 ruhen zu lassen, wodurch dasselbe bei Erschütterungen leicht verletzt werden könnte, wird sie durch die oben befindliche Feder mittels der Platte 6 nach aufwärts gedrückt. S_1 und

paar auch als Staubfänger. Die feinsten Superoxyd- oder wohl meist Kaliumnatriumcarbonatstäubchen müssen durch ein eigens präpariertes Asbestfilter E, welches zwischen den beiden Stoßplattenpaaren liegt und durch zwei Drahtnetze 9, 10 von diesen getrennt ist, abgehalten werden. Die Natriumkaliumsuperoxydfüllung (250 g) des Apparates befindet sich in dem Raum B ebenfalls

durch zwei Drahtnetze 11 und 12 gehalten. Da es während seiner Reaktion mit den Exhalationsprodukten stark sintert, sich verdichtet und so den Gasdurchgang erschwert, war es notwendig, durch ein leichtes Rahmengestell mit einigen schmalen durchlöcherten Stützblechen C dies zu verhindern.

Die unterhalb des Bodennetzes 12 befindliche Platte hat nur den Zweck auch beim Einatmen den aus G kommenden Luftstrom zu verteilen.

Die Spiralfeder bei H bezweckt, ein Abknicken des hier angeschlossenen Atmungsackes zu verhindern, was übrigens bei anderen Apparaten schon oft angewendet wurde. Da der Apparat beim Atmen ziemlich heiß wird, ist es notwendig, die Metallteile vor dem Berühren durch einen umgelegten Isolationsmantel aus Asbestpappe oder Papiermaché zu schützen. Durch die vier Löcher L im



Fig. 3.

S_2 sind zwei sogenannte Stoßplattenfilter bestehend aus je einem Paar gelochter Blechscheiben, deren Löcher mit etwa 2 mm hohen Graten oder Rändern versehen, so gegeneinander gestellt sind, daß sie sich nicht decken, so daß die Luft gezwungen wird, im Zickzackwege unter mehrmaliger Umkehrung ihrer Bewegungsrichtung diese Stoßplattenpaare zu passieren. Dadurch wird einerseits eine ausgezeichnete Verteilung der einströmenden Luft über den ganzen Querschnitt des Apparates erreicht, was sich als sehr wesentlich für die möglichste Ausnutzung des Superoxyds herausstellte, andererseits dient das untere Stoßplatten-

Deckel und Boden werden die Tragschnüre in der Weise gezogen, daß dadurch gleichzeitig die Isolationsumhüllung, welche aus zwei Teilen besteht, festgehalten wird.

Der geschlossene Apparat wird in einer mit Handhabe versehenen Blechbüchse verwahrt und soll in diesem Zustande dem Grubenarbeiter bei Antritt seiner Schicht eingehändigt werden. Die Vorbereitung zum Gebrauch erfordert natürlich nur wenige Sekunden Zeit, da sie sich auf folgende Handgriffe beschränkt: Entfernung der Schutzbüchse, Aufstechen der Verlötungen, Umhängen der Tragschnur und Anlegen des

Mundstückes und der Nasenklemme. Da der Atmungssack naturgemäß in diesem Moment ziemlich leer ist, kann, wenn der Atmende die Verbindung seiner Lunge mit der Außenluft zu einem Zeitpunkt abschließt, in welchem sich die Lunge im Stadium der beendigten Ausatmung befindet, natürlich leicht der Fall eintreten, daß für die folgende Einatmung nur ein unzureichendes Gasvolumen aus dem Apparat zu entnehmen ist, und die Atmung daher infolge der kleinen Lungenfüllungen erschwert wird. Zur Behebung dieses Übelstandes wird vorgeschrieben, den Atmungssack durch zweimaliges Hineinblasen etwas zu füllen und dann erst die Nasenklemme aufzusetzen. Wir halten diese einfache Methode für besser, als mittels chemischer Sauerstoffentwicklung nach dem Prinzip des früher beschriebenen Apparats eine Vorfüllung des Atmungssackes zu veranlassen.

Für jene Zwecke und Fälle, bei welchen ein unvorhergesehener momentaner Gebrauch des Apparates nicht eintritt, sondern einige Minuten Zeit bleibt, denselben zu adjustieren, wenn also z. B. ein Beamter von obertags eine mit irrespirablen Gasen erfüllte Strecke inspizieren will, sowie für viele andere Zwecke, wie Brunnen- oder Kanaluntersuchungen, wird eine einfachere Konstruktionstypen gebaut werden, welche sich von der vorbeschriebenen dadurch unterscheidet, daß bei derselben das Natriumkaliumsuperoxyd nicht bereits im Apparate verlötet, sondern in einem eigenen Vorratsgefäß aufbewahrt wird. Dadurch kann der Öffnungsmechanismus entfallen; ferner sind zur leichteren Füllung Deckel D₁ und Sackstutzen G durch Schraubengewinde an der Büchse A befestigt. Nach Gebrauch des Apparates werden diese beiden abgeschraubt, die Stoßplatten und die Filterkammer E herausgehoben und das entstandene Reaktionsprodukt (Natriumkaliumcarbonat und Hydrat) mittels Wasser gelöst. Da der Trägereinsatz und die untere Siebplatte ebenfalls herausgenommen werden können, steht einer gründlichen Reinigung und Trocknung des leeren Apparates nichts im Wege. Derselbe kann also bis auf das Asbestfilter wiederholt benutzt und auf der Grube selbst gefüllt werden; dies darf natürlicherweise immer erst unmittelbar vor dem neuerlichen Gebrauch vorgenommen werden; stets muß darauf Rücksicht genommen werden, daß das Superoxyd nicht länger als unbedingt notwendig der feuchten Luft ausgesetzt bleibt. Von den sonstigen Konstruktionsdetails dieser beiden Apparatypen sei nur noch der Atmungsschlauch erwähnt, welcher die Verbindung zwischen Mundstück — einer zweieckigen Kautschuk-

platte, welche zwischen Lippen und Zähne eingelegt wird — und dem Rohr F herstellt. Dieser Schlauch soll biegsam sein und leicht den gewöhnlichen Bewegungen des Kopfes folgen können, darf aber nie einknicken oder seinen nutzbaren Durchgangsquerschnitt bedeutend verkleinern. Die sog. Spiralschläuche aus dickem Kautschuk mit eingearbeiteter Drahtspirale erwiesen sich als zu steif und verursachten krampfartige Schmerzen in den Lippen. Wir verwenden mit ausgezeichnetem Erfolge einen Schlauchzylinder aus demselben dünnen, mit Kautschuk überzogenen Stoff, aus dem der Atmungssack hergestellt ist, und verhindern das Knicken durch zwei eingeschobene Stahldrahtspiralen, von denen die eine rechts-, die andere linksläufig ist, wodurch auch das Einfallen einer Stofffalte zwischen zwei Drahtwindungen infolge der netzförmigen Struktur des Spiralzylinders behoben erscheint. Dieser Atmungsschlauch ist sehr leicht und gehorcht ohne wesentlichen Widerstand jeder Kopfbewegung.

Es erübrigt noch, einige Worte über die physiologischen Empfindungen des mit unserem Apparat Atmenden zu sagen.

Über die Tatsache, daß die Regeneration der Ausatemungsluft durch die Alkalisuperoxyde bei mäßiger oder kräftigerer Bewegung oder Arbeitsleistung des Apparatbenutzers, die Bildung eines Sauerstoff-Stickstoffgemisches zur Folge hat, welches sich wenigstens im Anfang der Versuchsdauer durch einen erhöhten Sauerstoffgehalt (ca. 30—40% bei anfänglicher Füllung des Atmungsbeutels mit Luft; 50—60% bei Füllung mit 2—3 Litern Sauerstoff) gegenüber der normalen Luftzusammensetzung auszeichnet, glauben wir mit Beruhigung hinweggehen zu können. Es sind ja auch bei der Einatmung von reinem Sauerstoff eher günstigere Wirkungen als nachteilige Folgen beobachtet worden.

Dagegen muß folgendes hervorgehoben werden. Die Reaktion zwischen KNaO_3 , dem Wasserdampf und der Kohlensäure tritt wohl hinsichtlich der Absorption dieser beiden unmittelbar nach dem Beginne der Atmung ein, allein die Regenerierung des verbrauchten Sauerstoffs läßt einige Zeit, allerdings nur etwa 2—3 Minuten auf sich warten. Der Grund dürfte zum Teil darin liegen, daß die Oberflächen der Superoxydgranalien während der Manipulationen bei ihrer Herstellung, Siebung und Einfüllung infolge Einwirkung der Luftfeuchtigkeit bereits in Natrium- oder Kaliumhydroxyd übergingen und daher die Exhalationsprodukte ohne Sauerstoffentwicklung absorbieren; zum Teil aber auch darin, daß wenigstens die niederen Superoxyde von der allgemeinen Formel M_2O_2 durch den Wasserdampf ebenfalls ohne Sauerstoffentwicklung zu-

nächst in ein Superoxydhydrat übergehen, welches erst bei etwas höherer Temperatur zerfällt und Sauerstoff frei werden läßt. Diese Erscheinung tritt jedoch nur dann störend und fühlbar auf, wenn durch eine gleich bei Beginn der Atmung statthabende raschere Bewegung oder Arbeitsleistung ein erhöhtes Sauerstoffbedürfnis des Körpers geschaffen wird. Dieses kann erst gedeckt werden, wenn das Superoxyd bereits ziemlich warm geworden ist (durchschnittlich nach 2—3 Minuten). Bei solchen Gelegenheiten treten dann in den ersten 2—3 Minuten die Erscheinungen des sogenannten Sauerstoffhungers auf, um alsbald wieder zu verschwinden, namentlich wenn die zu früh begonnene Bewegung wieder eingestellt wird. Wir schlagen daher für die Benutzungsvorschrift vor, daß die Atmung in Ruhe (stehend, sitzend usw.) zu beginnen ist und erst nach 2—3 Minuten, wenn der Apparat sich bereits genügend erhitzt hat, die Bewegung (langsames oder rasches Gehen, langsames Steigen usw.) begonnen werden darf. Leistet der Benutzer — vorausgesetzt, daß der Atmungssack nicht etwa eine teilweise Vorfüllung mit dem durch Wasser nach dem Prinzip der erst beschriebenen Apparattypen entwickelten Sauerstoff erhalten habe, — sofort Arbeit, so wird er ohnehin gezwungen, infolge des sich einstellenden niederen Sauerstoffgehaltes seiner Luft, diese zu früh begonnene Arbeitsleistung für einige Augenblicke einzustellen und in Ruhe zu atmen. Wir halten es für zweckmäßiger, diese kleine Beschränkung der Benutzungsfreiheit in Kauf zu nehmen, als durch Anbringung der sehr klein dimensionierten Vorrichtung zur Entwicklung einiger weniger Liter Sauerstoff mit Hilfe von Wasser den Apparat zu komplizieren.

Es wurde schon wiederholt erwähnt, daß das Superoxyd bei seiner Reaktion eine hohe Temperatur annimmt, welche 150 bis 250° beträgt, je nach der Intensität der Atmung. Bei den bisher verwendeten Rettungsapparaten, namentlich bei jenen, welche zur Kohlensäureabsorption wässrige Laugen anwenden, und ganz besonders bei Apparaten nach dem System von Desgrez und Balthazard, wird aber gerade die hohe Temperatur der Einatmungsgase lästig empfunden und bedingt die Anordnung komplizierter Kühlapparate, obwohl die Absorptionsmedien sich nicht viel über 100° erhitzen. Bei unseren Versuchen wurde aber trotz der weitaus höheren Temperatur im Apparatinneren die eingeatmete Luft stets geradezu als kühl empfunden. Die Erklärung dieser auffallenden Erscheinung findet sich darin, daß die durch festes Superoxyd regenerierte Luft fast frei von Wasserdampf, also trocken zur Einatmung gelangt,

während sie bei den bisher gebräuchlichen Apparaten mit Wasserdampf nahezu gesättigt, also stark feucht dieselben verläßt. Zieht man nun die ziemlich kleine spezifische Wärme trockener Luft im Verhältnis zu der außerordentlich hohen Verdampfungswärme des Wassers, respektive der eben so hohen Kondensationswärme des Wasserdampfes in Betracht, so ist leicht einzusehen, daß ein trockener Luftstrom von 40—50° Temperatur nur eine sehr geringe Wärmemenge mit sich führt und daher auch nicht das Gefühl von Hitze im Körper auftreten läßt. Überdies wird durch die trockene Luft auf den Schleimhäuten Wasser verdampft und dadurch Wärme gebunden. Wir haben die Temperaturen der aus unserem Apparat eingeatmeten Luft unmittelbar am Mundstück von fünf zu fünf Minuten gemessen (Versuch 15 der beiliegenden Tabelle). Selbst nach 30 Minuten Gebrauchsdauer wurde die Einatmungsluft trotz ihrer Temperatur von 50° noch geradezu als kühl empfunden.

Erst wenn die Superoxydfüllung des Apparates schon nahezu aufgebraucht ist, sich in demselben also hauptsächlich nur mehr Natriumkaliumcarbonat neben wenig Alkalihydrat befindet, wird die durchströmende Luft weniger getrocknet und erzeugt das Gefühl von Wärme, trotzdem ihre Temperatur oft schon den Höhepunkt überschritten hat. Mit dem Eintritt des Wärmegefühles ist daher ein automatischer Fingerzeig gegeben, daß sich der Apparat dem Ende seiner Gebrauchsfähigkeit nähert.

Es wurde bereits früher darauf hingewiesen, daß die Alkalisuperoxyde auch dann, wenn sie nur mit Wasserdampf oder feuchter Kohlensäure zusammentreffen, die unangenehme Eigenschaft zeigen, daß der regenerierte, von ihrer Oberfläche abströmende Sauerstoff Teilchen des festen Materiales — aus naheliegenden Gründen wohl vorzugsweise Alkalicarbonat — mit sich führt, Stäubchen, die so fein sind, daß sie durch gewöhnliche Filter, Staubfänger, Stoßplatten usw. nicht abgefangen werden. Diese Stäubchen bewirkten eine Reizung der Rachenschleimhäute, welche deutlich fühlbar war, aber nur selten so stark wurde, daß der Atmende husten mußte. Durch die Einlage eines besonders feinkörnigen Asbestfilters gelingt es, diese Stäubchen abzufangen, allerdings auf Kosten der Leichtigkeit des Atmens. Während ohne Asbestfilter der Gasedurchgang außerordentlich leicht von statten geht, tritt mit demselben ein deutlich fühlbarer, aber nicht übermäßiger Widerstand auf. Wir glauben, die Frage nicht entscheiden zu sollen, ob die Praxis nicht das geringe Reizgefühl, welches nur etwa $\frac{1}{4}$ Stunde anhält,

Nummer	Gasanalyse der Luft im Sack nach				Arbeit durch Stiege- geu- steigen Stu- fen	Füllung des Apparates	Chiffre des Atmen- den	Physiologisches Befinden des Atmen- den	Füllung des Atmungs- sackes vor Beginn	Filter	Anmerkungen
	Min.	15 Min.	30 Min.	45 Min.	Min.	CO ₂	O	CO ₂	O	CO ₂	O
1	40	0%	50%	0%	—	—	—	—	—	—	Apparattyp mit Zuführung von Ergänzungs- sauerstoff nach Fig. 1.
2	35	0	30	0	14%	—	—	—	—	—	
3	40	0,2	55	0	—	—	—	—	—	—	langsame Bewegung Bewegung sofort begonnen nach 4 Min. jedoch 4 Min. Ruhe wegen O-Mangel.
4	46	0,6	52	—	—	—	—	—	—	—	
5	50	0,2	31	1,4	16	1,8	—	—	—	—	Mit voller Lunge Bewegung sofort begonnen und 1/2 Stunde fortgesetzt. Die letzten 20 Min. in Ruhe.
6	47	0	40	—	—	—	—	—	—	—	
7	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bewegung sofort begonnen mit norm. Lungenfüllung, n. 2 Min. Sauerstoffmangel, daher 2 Min. Ruhe. Sack durch dreimaliges Hineinblasen etwas gefüllt. Bewegung sofort begonnen. In jeder Viertelstunde drei Stock auf- und abgestiegen.
8	27	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	40	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	Nach je 50 m eine Stiege mit 22 Stufen auf- und abgestiegen.
10	45	0	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	47	0	—	0	21	0	—	—	—	—	Es wurde sitzend geatmet. Nach Ablauf der 47 Min. wurde mit demselben Apparat nach 17 Min. bei Bewegung und Stiegensteigen geatmet.
12	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Vor Beginn dreimal in den Apparat hineinblasen. Die ersten 3 Min. in Ruhe geatmet, bis der Apparat warm wird. Nach 30 Min. Versuch absichtlich abgebrochen.
14	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
15	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Es wurde sitzend geatmet 1 Stunde 40 Min. Bestimmung der Temperatur der Einatmungsluft. Nach je 5 Min.: 35, 38, 42, 44, 47, 49° trotzdem Empfindung kühler Luft!
16	42	0,1	30	0	41	3	30	1250	0	0	

dem dauernden Widerstand beim Atmen vorziehen sollte. Von einer Schädigung der Schleimhäute kann umso weniger gesprochen werden, als das Atmen mit dem Apparate ja doch nur im Ernstfalle, wenn es sich um die Rettung handelt, vorgenommen wird, und das Reizgefühl sofort verschwindet, wenn der Apparat weggegeben wird. Die quantitative Menge des durch den Gasstrom mitgeführten alkalischen Staubes ist entschieden verschwindend klein.

Herr Bezirksarzt Dr. J. Kaup, Privatdozent für Hygiene an der k. k. technischen Hochschule in Wien, hatte die Güte, die physiologischen Wirkungen bei Benutzung des Apparates vom ärztlichen und hygienischen Standpunkte sowohl durch eingehende Beobachtung der Versuche 8, 9, 10, 11 als auch auf Grund einer persönlich vorgenommenen Atmung (Versuch 13) zu prüfen und äußert sich hierüber wie folgt:

„Aus allen diesen Versuchen konnte konstatiert werden, daß von den den Apparat benutzenden Personen während einer Zeitdauer von 30—45 Minuten bei mittleren Arbeitsleistungen durch Gehen im gewöhnlichen Marschtempo, nebst zeitweiligem Passieren von Stiegen oder Leitern, keine Beschwerden empfunden wurden. Der Atmungsprozeß vollzog sich vollständig normal, Reizerscheinungen von seiten der Lungen traten nicht ein, die Pulsfrequenz steigerte sich nur in dem Maße der mehr geleisteten Arbeit. Anscheinend vollzog sich die Entwicklung des Sauerstoffs und die Absorption der Ausatemungskohlensäure während der vorgesehenen Gebrauchszeit des Apparates immer im Ausmaße des Bedürfnisses, so daß Erscheinungen des direkten Sauerstoffhungers oder Überladung mit Kohlensäure niemals wahrgenommen wurden.“

In der angefügten Tabelle sind die Beobachtungsergebnisse einer Anzahl Versuche mit verschiedenen Konstruktionstypen aus dem Werdegange des Apparates zusammengestellt, und zwar beziehen sich die Versuche 1 und 2 auf die Type nach Fig. 1, die folgenden auf die Type nach Fig. 2 unter Verwendung von Natriumkaliumsuperoxyd und geben ein ziemlich deutliches Bild über den Einfluß der Größe der Arbeitsleistung auf die Gebrauchsdauer und die Funktion des Apparates. Die Versuche 12—16 wurden mit der eben beschriebenen endgiltigen Konstruktionstypen vorgenommen. Da die Zusammensetzung des Einatmungsgases durch die bei den früheren Versuchen angeführten zahlreichen Analysen hinreichend gekennzeichnet erschien, und der Chemismus der Reaktion doch derselbe bleiben mußte, wurde bei den späteren Versuchen die Analyse der Atmungsgase vielfach nicht mehr vorgenommen und bei den Versuchen 12,

13, 15 die Atmung nach 30 Minuten abgebrochen, obwohl die Weiterbenutzung noch länger möglich gewesen wäre. Wie aus den betreffenden Zahlen hervorgeht, gestattet die Apparatfüllung durch etwa 40 Minuten die Durchführung der Regenerierung der Atmungsluft, wenn dabei durch Gehen im gewöhnlichen Marschtempo mäßige Arbeitsleistungen vollzogen werden. Interessant und von außerordentlich hohem Werte ist es, daß der Apparat aber in dem Maße, als solche Arbeitsleistungen sinken, seinen Gebrauch bedeutend zu verlängern gestattet, und es steigt die Benutzungsdauer bei vollständiger Ruhe des Atmenden auf mehr als das Dreifache im Vergleich zu jener bei Bewegung. Man kann die sichere Gebrauchszeit des mit 250 g Natriumkaliumsuperoxyd beschickten Apparates je nach den stattfindenden Arbeitsleistungen zu 30—90 Minuten annehmen. Diese automatische Akkommodationsfähigkeit ist ein ganz eminenter Vorteil vor allen Apparaten mit komprimiertem Sauerstoff (oder Luft), welche entweder auf ein gewisses Gasquantum eingestellt sind und dasselbe abgeben, gleichgültig ob oder in welchem Grade der Bedarf hierfür vorhanden ist, oder durch einen komplizierten Mechanismus dieses Quantum innerhalb nicht sehr weit gezogener Grenzen zu variieren gestatten, vorausgesetzt, daß die zu diesem Behufe erforderliche Geschicklichkeit, Übung und Kenntnis bei dem Benutzer auch tatsächlich vorhanden ist.

Das Gewicht des Apparates wird rund 1 kg nicht überschreiten, sein Volumen (Höhe der Büchse A 15 cm, Durchmesser 10 cm) ist jedenfalls ein äußerst günstiges, zwei Umstände, welche ihn im Verein mit der Sicherheit des Funktionierens und seinem im Verhältnis zu den bisherigen Systemen jedenfalls sehr mäßigen Preis, auf den ersten Blick als zur Selbstrettung tauglich erscheinen lassen.

Es möge nochmals darauf verwiesen sein, daß dies — die Selbstrettung — das leitende Prinzip bei der Konstruktion war, und daß es deshalb verfehlt und widersinnig wäre, wollte man von diesem Apparate verlangen, daß der Benutzer mit seiner Hilfe imstande sei, dauernd schwere Arbeit zu leisten. Ob es möglich sein wird, auch für solche Zwecke eine geeignete Type unter Beibehaltung unserer Methode zu schaffen, wird die Aufgabe weiterer Studien und Versuche sein, welche wir im Verein mit der bekannten Firma O. Neuperts Nachfolger²⁾, die auch die

²⁾ Die Apparate, welche von der Firma O. Neuperts Nachfolger, Wien VIII, Bannplatz 8, unter der geschützten Marke „Pneumatogen“ in den Handel gebracht werden, sind in allen Kulturstaaten zum Patent angemeldet worden.

fabrikmäßige Herstellung unseres Apparates und seinen Vertrieb übernommen hat, noch durchführen werden.

Die Fortschritte der elektrolytischen Darstellung von Chlor und Alkalien während der letzten beiden Jahre.

U Von ALBERT NEUBURGER, Berlin.

(Eingeg. d. 22./6. 1904.)

Es mag wohl keinen Zweig auf dem Gebiete der angewandten Chemie geben, auf dem eine solche Geheimniskrämerei herrscht, wie auf dem der Alkalichloridelektrolyse. Ob das berechtigt ist oder nicht, darüber sind die Meinungen geteilt. Während die Berechtigung dazu von der einen Seite¹⁾ damit begründet wird, daß die deutschen Fabriken unter sich bisher immer noch einig geworden sind und keinen Grund haben, ihre Geheimnisse der Konkurrenz des Auslandes preiszugeben, wird von anderer, ausländischer Seite²⁾ die Hinfälligkeit dieser Gründe zu beweisen gesucht — was vielleicht gerade ein Beweis für ihre Bedeutung sein mag. Sei dem, wie ihm wolle, jedenfalls wird durch diese nun einmal vorhandene und im weitesten Maße ausgeübte Geheimniskrämerei die Arbeit des Referenten außerordentlich erschwert. Es konnte daher in den nachfolgenden Ausführungen auf manche Punkte nicht eingegangen werden, deren Veröffentlichung der ausländischen Konkurrenz sicherlich keinen Nutzen gebracht hätte, die aber seitens der betreffenden Firmen trotzdem nicht gestattet wurde.

Obschon das Gebiet der Darstellung von Chlor und Alkali auf elektrolytischem Wege ein ziemlich ausgebautes genannt werden muß, so bedeutet doch das Jahr 1902 in mancher Hinsicht einen Wendepunkt, der einesteils durch die Vergrößerung bedeutender Betriebe, sowie durch die Neuschaffung solcher, andererseits durch wichtige Veröffentlichungen und Patente und endlich durch die Marktlage, insbesondere durch das Sinken des Preises für Chlorkalk, charakterisiert ist. Wir werden auf einzelne dieser Punkte im Laufe unserer Betrachtungen zurückkommen und wollen an dieser Stelle nur noch darauf hinweisen, daß die Periode seit dem genannten Zeitpunkte noch infolge des Umstandes eine besonders interessante genannt werden muß, weil das sogenannte „Glockenverfahren“, nachdem es glänzende Beweise seiner Brauchbarkeit abgelegt hat,

anfängt, den altbewährten Diaphragmenverfahren, sowie den Quecksilberverfahren Konkurrenz zu machen und sich immer weiter auszubreiten. Insbesondere ist es eine Anzahl deutscher Firmen, die an Stelle ihrer komplizierten älteren elektrolytischen Anlagen das Glockenverfahren einführen. Es ist zu wünschen, daß die deutsche Industrie hierdurch gegenüber der ausländischen noch konkurrenzfähiger werde als bisher. (Über die jetzige Verbreitung s. u. bei „Glockenverfahren“.) Der Einwand, daß das Glockenverfahren auf einer geringeren Stufe technischer Vollkommenheit stehe, als die anderen Verfahren, der übrigens noch zu beweisen wäre, kommt hierbei nicht in Betracht: Wenn irgendwo, wo spielt gerade bei der Alkalichloridelektrolyse weniger die technische Vollkommenheit als vielmehr die Wirtschaftlichkeit eine Rolle, wenn es sich um die Einführung neuer Methoden handelt.

Wenn wir in den folgenden Zeilen einen einigermaßen abgeschlossenen Überblick über die Entwicklung der letzten Jahre geben wollen, so müssen wir aus den angeführten Gründen mit dem Jahre 1902 beginnen und nicht nur die Entwicklung der Darstellung von Chlor und Alkali, sondern auch die mit ihr in so engem Zusammenhang stehende der Hypochlorite und Chlorate in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

A. Chlor und Alkali.

1. Diaphragmenverfahren.

Das wichtigste Ereignis auf dem Gebiete der Diaphragmenprozesse war wohl die Inbetriebsetzung der neuen großen Anlagen der Electrolytic-Alkali-Company zu Middlewich in der Grafschaft Cheshire in England, die, trotzdem sie noch nicht fertig ausgebaut war, bereits im April 1901 mit 19 Zellen probeweise zu arbeiten begann und die dann nach wesentlichen Verbesserungen infolge der hierbei gesammelten Erfahrungen und weiterem Ausbau im Laufe des Jahres 1902 112 Zellen in Betrieb setzte, deren Zahl jetzt auf etwa 150 gestiegen sein soll. Die Anlage arbeitet nach dem Hargreaves-Bird-Prozeß, der vorher in der alten Hargreavesschen Anlage zu Farnworth in Widneß jahrzehntelang ausprobiert worden war — ist doch der hochbetagte James Hargreaves einer der ältesten Pioniere auf dem Gebiete der Alkalichloridelektrolyse. Zahlreiche Veröffentlichungen³⁾ zeigen, welches Interesse man

¹⁾ Jahrb. Elektrochem. 8, 491.

²⁾ Electr. World and Engin. 1902, I, 821.

³⁾ Electr. World and Engin. 1902, I, 968; II, 697, 970. — Electrician (London) 48, 807; 50, 18. — Elektrochem. Ind. 1, 143. — Elektro-