

### Reihenversuche mit Natriumsuperoxyd-Atemgeräten. (Zur Kenntnis der Wirkungsweise von Natriumsuperoxyd-Atemgeräten I.)

Von Dr. G. STAMPE und Dr. E. HORN.  
Chemisches Laboratorium des Drägerwerks, Lübeck.

(Eingeg. 18. April 1929)

Inhalt: Durch systematische Versuche mit Natriumsuperoxydpatronen unter ganz gleichartigen Bedingungen wird bei gegebenem Superoxydpräparat das Optimum des Patronenaufbaus ermittelt.

Nachdem das 1904 von Bamberger und Böck konstruierte und von der Firma O. Neupert Nachf. in Wien unter dem Namen „Pneumatogen“ in den Handel gebrachte Alkalisuperoxydgerät bald seine Schwäche gezeigt hatte, ist durch Umkonstruktion immer wieder versucht worden, die scheinbar so einfache Umsetzung des Alkalisuperoxyds mit Kohlendioxyd und Wasserdampf zu Alkali-hydroxyd, -carbonat und Sauerstoff zum Aufbau eines Atemgerätes zu verwerten. Alle bisherigen Konstruktionen zeigten aber, daß man sie noch nicht als endgültige Lösung des „chemischen Atemgerätes“ ansehen konnte.

Besonders ist schon bei den ältesten Versuchen mit Superoxydgeräten aufgefallen<sup>1</sup>), daß aus ganz unerklärlichen Gründen bei ein und demselben Gerätetyp mit gleicher chemischer Füllung sehr gute Verwendbarkeit mit Versagen abwechselte. Es sollte deshalb durch eine große Zahl von Versuchen festgestellt werden, wie weit konstruktive und geringfügige chemische Änderungen der Atempatrone ihre Brauchbarkeit und auch die Sicherheit ihrer gleichartigen Verwendung beeinflussen.

<sup>1)</sup> M. Bamberger u. Fr. Böck, Ztschr. angew. Chem. 17, 1426 [1904].

Für die Synthese von niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen, die als Treibstoffe verwendet werden können, ist bei der eben dargestellten Arbeitsweise eine Möglichkeit in weitgehendem Maßstabe gegeben. 40—50% der sonst als Teer anfallenden Destillationsprodukte können in Form von Treibstoffen gewinnbar gemacht werden. Der wissenschaftlichen Arbeit ist noch ein großer Raum gelassen. Die Technik wird die Braunkohledestillation ohne weiteres übernehmen können. Als Arbeitsaggregate sind vertikale Retorten mit Gas- und Destillationsproduktenumwälzung, mit oder ohne Wasserdampfzusatz, mit oder ohne Spülgas anwendbar. Großkammeröfen mit kontinuierlichem Abzug werden die Möglichkeiten der Gasherstellung aus Braunkohle vergrößern und bei sicher zu erwartender Anpassung auch möglicherweise in einem Aggregat die Umsetzung von Spülgas und Braunkohlendestillationsprodukten neben der Entgasung der Kohlen durchführen. Übrigens ist die Schwelung der Braunkohle trotz der direkten Verflüssigung noch durchaus nicht überholt worden.

Es ist gut, daß sich auf diesen Gebieten die Arbeit des Ingenieurs und Chemikers so vielfach treffen konnten und in paritätischer Arbeit das Ziel zu erreichen suchen.

[A. 105.]

Über einen Versuch, auf dem Wege der Erforschung der Eigenschaften von Natriumsuperoxyd-Wasser-Verbindungen zur Kenntnis des Vorganges in der Atempatrone vorzustossen, wird in kurzem berichtet werden.

Die vorliegende Versuchsreihe hatte zunächst den Zweck, die Unterlagen für die Beurteilung eines Atemapparates mit dem gegenwärtig fabrikatorisch hergestellten Superoxyd-Präparat zu liefern.

Das verwandte Material stammte von der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt,



Abb. 1.

vorm. Rößler, in Frankfurt/Main und wird unter dem Namen „Proxylit“ in den Handel gebracht.

Die untersuchten Patronen wurden alle in gleichgebauten Apparaten benutzt, nämlich dem Drägerogen-gerät 18/26 mit einer 7×14×22 cm großen Patrone mit 1,76 l Inhalt und hufeisenförmigem Atemsack (Abb. 1).

In diesem Gerät durchstreicht die Luft bei Ein- und Ausatmung die Patrone, aber in entgegengesetzter Richtung (Pendelatmung). Zur Inbetriebsetzung wird das Gerät vollständig mit Ausatmungsluft vollgeblasen. Um ein Verkleben beim Gebrauch zu verhindern, war das Material in der Patrone nicht lose aufgeschüttet, sondern es wurde in den Falten von Sieben getragen, wie sie auch für den Innenaufbau der Dräger-Kalipatrone mit gutem Erfolg benutzt werden (Abb. 2). Auf diese Weise ließen sich etwa 950 g Proxylit in der Patrone unterbringen. Es wurde frisch hergestelltes Material verwendet.

Alle Versuche fanden unter gleichen Arbeitsbedingungen und Leistungen statt. Als Übungsraum

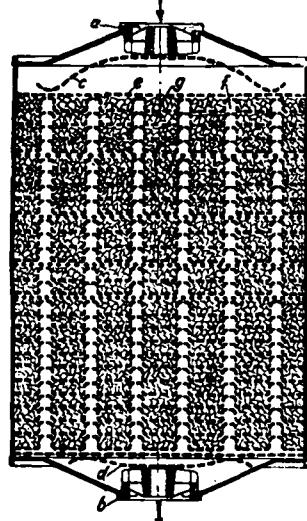


Abb. 2.

diente ein Gang im Laboratorium, der eine durchschnittliche Temperatur von etwa 18° besaß. Die Arbeit der Versuchspersonen bestand im Gehen (120 Schritte in der Minute) entsprechend einem Sauerstoffverbrauch von etwa 0,9 l/min. (nach Haldane). Gemäß älteren Erfahrungen, die lehrten, daß die Patronen bis zur Sauerstofflieferung eine gewisse Zeit brauchten, wurde mit dieser Arbeit erst begonnen, nachdem das Gerät eine kurze Zeit in Ruhe beatmet war. Diese Frist ist als Anspritzzeit bezeichnet.

Während des Versuches wurde alle zehn Minuten (später im Beginn der Geräteatmung häufiger, vgl. Abb. 5) eine Probe der Einatmungsluft auf ihren Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt hin untersucht. Bei der Probenahme wurde auch stets die Temperatur der Einatmungsluft gemessen.

Als Gebrauchsduer ist diejenige Zeit angesehen worden, die vom Augenblick des Abschlusses der Versuchsperson von der Außenluft bis zu dem Zeitpunkt verstrich, in dem die Einatmungsluft weniger als 15% Sauerstoff oder mehr als 3% Kohlensäure enthielt, oder bei dem der Versuch aus sonstigen physiologischen Gründen abgebrochen werden mußte.

Die Versuche wurden in folgenden Serien zur Entscheidung bestimmter Fragen angestellt:

Serie Nr.	Fragestellung	Anzahl der Versuche
1.	Wie groß sind die Schwankungen im Versuchsverlauf bei gleichen Bedingungen? .	12
2.	Ist die Funktion des Proxylits durch Bestreuen der Körner mit gewissen Substanzen beeinflußbar? . . . . .	27
3.	Wie wirkt teilweise Trocknung der von der Patrone zu verarbeitenden Luft? . . . . .	37
4.	Welche Patronenhöhe wirkt am günstigsten? .	14
5.	Welcher Wassergehalt im Proxylit ist am günstigsten? . . . . .	15
		105

Die Ergebnisse einer Serie wurden bei den folgenden Versuchen ausgenutzt, indem der Patronenaufbau usw. entsprechend der günstigsten Wirkung geändert wurde. Die Einzelergebnisse sind weiter unten zusammengestellt.

Dabei sind die Mittelwerte  $M$  arithmetisch gebildet; zugleich ist bei allen Mittelbildungen der mittlere Fehler der Einzelmessung  $f_m = \sqrt{\frac{\sum t^2}{n}}$  in Klammern angegeben. Hier bedeutet  $f$  die Abweichung des Ergebnisses von  $M$  und  $n$  die Anzahl der Messungen.

#### Serie I. Wie groß sind die Schwankungen im Versuchsverlauf bei gleichen Bedingungen?

Die Tabelle 1 stellt ebenso wie Abb. 3 und 4 sämtliche Versuche dar, die zur Entscheidung dieser Frage angestellt wurden. Die Patronenfüllung bestand aus fabrikfrischem Proxylit mit 6% Wasser. Die Kurvenbilder zeigen das auch für die folgenden Versuche typische Verhalten der Patrone.

Die Gebrauchszeit ist für W im Mittel 64 Minuten, für P nur 58 Minuten. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in der größeren Schwerfälligkeit von W, der die vorgeschriebene Anzahl von 120 Schritten in der Minute meist nicht erreichte; deshalb hielt der gelieferte Sauerstoff länger vor. Die Erschöpfung des Gerätes wurde allemal von den völlig ungeübten und nicht instruierten Versuchspersonen selbst bemerkt.

Die Schwankungen in der Wirkungsdauer des Gerätes sind also bei derselben Versuchsperson unter

Tabelle 1 (vgl. Abb. 3 und 4).

Versuch-Nr.	Versuchsperson	An-spring-zeit Min.	Höchster O <sub>2</sub> -Gehalt		O <sub>2</sub> -Mittel %	CO <sub>2</sub> -Mittel %	Höchst-temperatur °C	Gebräuch-zeit Min.	Grund des Endes des Versuches
			nach Min.	%					
			%	%					
1	W	2	—	—	—	9	51	70	{Luftmangel
2	W	2	—	—	—	23	48	51	"
3	W	2	—	—	—	7	53	67	"
4	W	2	—	—	—	7	51	61	"
5	W	2	—	—	—	11	51	64	"
6	P	2	35	55	46	6	46	61	"
7	P	2	30	64	54	8	50	50	"
8	W	2	20	55	48	11	53	60	"
9	W	2	28	55	50	7	53	61	"
10	P	2	10	58	50	13	46	56	"
11	W	2	30	45	41	8	53	60	"
12	P	2	20	57,5	49	9	51	64	"
Mittelwerte:			25	56	48	10	50,5	61	
			(7,9)	(5,3)	(1,2)	(1,4)	(2,3)	(3,5)	

Versuchsserie I, Nr. 6, 7, 10, 12 Versuchsperson: P.

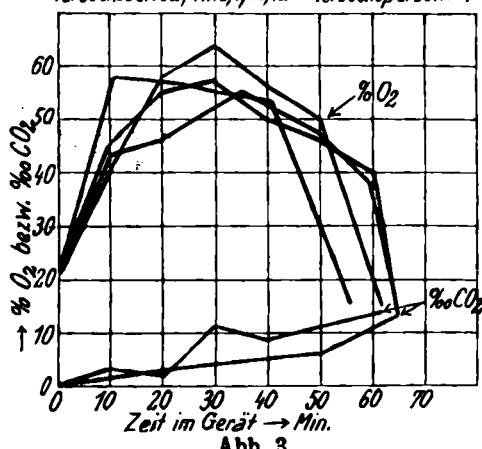


Abb. 3.

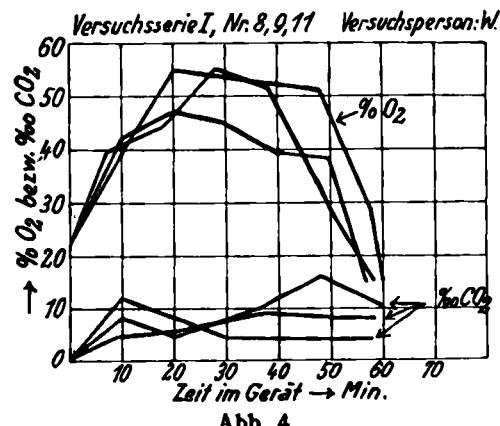


Abb. 4.

sonst gleichen Bedingungen so gering, daß man aus drei bis vier gleichartigen Versuchen mit einer Versuchsperson sich schon ein Urteil über das Verhalten eines Apparates unter den betreffenden Bedingungen bilden kann.

Daß auch die Versuchsperson für das Ergebnis nicht allein verantwortlich zu machen ist, zeigt Tabelle 2, auf der Versuche verschiedener Art zusammengestellt sind.

Tabelle 2.  
Einfluß der Versuchsperson.

Versuchsperson	Versuchsserie und -gruppe.			
	I	II,1	II,2	II,3
W . . .	64	74	72	67
P . . .	60	76	74	63
				68

Serie II. Ist die Funktion des Proxylits durch Bestreuen der Körner mit gewissen Substanzen beeinflußbar?

Versuche und frühere Erfahrungen ließen eine solche Wirkung vermuten. Es wurden also verschiedene Substanzen im Verhältnis 1:1000 dem Proxylit zugesetzt. Die Resultate der zahlreichen Versuche faßt Tabelle 3 zusammen.

Die Durchsicht dieser Tabelle 3 lehrt zunächst, daß jedes Bestreuen mit einem „Katalysator“ das Versuchsergebnis unsicher macht: die Fehler sind im allgemeinen größer als bei der in der letzten Zeile in der Tabelle mit aufgenommenen Versuchsserie I. Andererseits aber ist besonders die Wirkungszeit der Patrone und seltsamerweise auch ihre CO<sub>2</sub>-Aufnahme gesteigert. Der Effekt in der gebildeten Sauerstoffmenge ist nicht groß; die Sauerstofflieferung geht nur schneller vorstatten.

Serie III. Wie wirkt teilweise Trocknung der von der Patrone zu verarbeitenden Luft?

Der große Sauerstoffüberschuß, der während des größten Teiles der Gebräuchzeit herrscht, legt den Gedanken nahe, ihn einzudämmen und damit seine Vergeudung zu hindern. Da zu vermuten war, daß die Sauerstoffentwicklung mit der Wasseraufnahme zusammenhängt, wurde versucht, den gewünschten Effekt durch Einfügen von trocknenden Schichten aus Calciumchlorid in die Patrone zu erzielen. Tabelle 4 zeigt, was damit erreicht wurde. Der Versuch Nr. 109 ist zugleich durch Abb. 5 dargestellt. Der Verlauf der Kurven ist für die ganze Versuchsgruppe charakteristisch und gibt eine gute Darstellung der Luftverhältnisse in einer richtig arbeitenden Patrone mit Proxylit. Besonders

Tabelle 3.

Serie II			Höchster O <sub>2</sub> -Gehalt nach Min.	O <sub>2</sub> -Mittel %	CO <sub>2</sub> -Mittel %	Höchst-temp. °C	Gebräuch-zeit Min.	Ab-gebrochen wegen	Bemerkungen	
Versuchs-Gruppe	Nr.	Patroneninhalt	Versuchs-person	An-spring-zeit Min.						
1	13—18	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% MnO <sub>2</sub>	W, P	2	37(6,3)	63(4,0)	54(11)	5,4(3,5)	56(9,1)	75(3,4) Luftmangel sehr heiße Luft, untermisch mit kratzendem Nebel
2	19—23	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% CuO	"	2	31(10,6)	57(3,1)	45(13)	3,5(1,3)	52(5,5)	71(6,1) O <sub>2</sub> -Mangel angenehmes Atmen
3	24—28	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% MnO <sub>2</sub> + 1% CuO	"	2	26(3,7)	60(4,1)	52(7,5)	4,1(2,2)	59(10,7)	65(7,0) Luftmangel
4	39—40	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	"	2	45(5,0)	57(6,0)	47(13)	5,2(0,9)	49(4,0)	78(5,0), "
5	51—54	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C, P	2	25(7,5)	52(6,1)	45(8)	3,1(1,3)	48(2,0)	67(2,5), "
6	91—101	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit 1% CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	Sch, L, P	1—2	22(4,0)	61(3,6)	52(4,7)	4,0(1,3)	53(3,6)	73(5,0) O <sub>2</sub> -Mangel gut atembar
Ser. I	1—12	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O	W, P	1—2	25(7,9)	56(5,3)	48(1,2)	10,0(1,4)	50,5(2,8)	61(3,5), "

deutlich ist das Sinken des Sauerstoffgehaltes der Geräte-luft beim Arbeitsbeginn zu sehen. (In den Versuchen zu Abb. 3 und 4 sind keine Messungen in den ersten Minuten gemacht worden.)

%O<sub>2</sub> Nr. 109 XXI L Serie III, 5

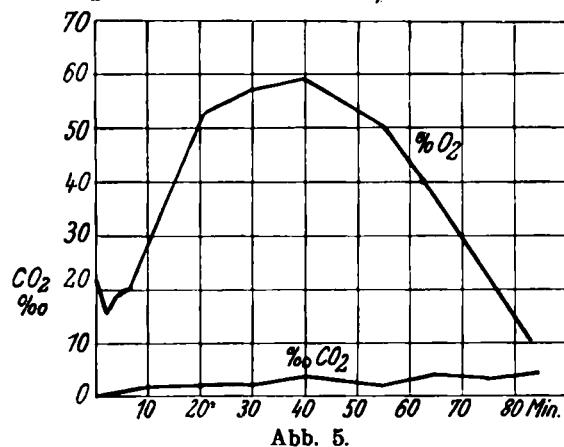


Abb. 5.

Schon ein oberflächlicher Blick auf die Tab. 4 lehrt, daß das Trockenmittel nicht oben in der Patrone sitzen darf; unten ist es am besten unterzubringen. Bei ge-

1760 ccm. Die in Tabelle 5 zusammengestellten Daten zeigen deutlich, daß die bereits eingeführte Patronenhöhe ein Optimum darstellt.

#### Serie V. Welcher Wassergehalt im Proxylit ist am günstigsten?

Zur Entscheidung dieser Frage wurde für den Versuch Proxylit mit 2 und 8% Wasser besonders hergestellt. Das in der Gerätetechnik eingeführte Präparat hat 6% Wasser. Es zeigte sich sehr deutlich, daß 2% Wasser nicht ausreichen, um die Patrone unter dem Einfluß der Ausatemluft überhaupt zur Umsetzung anzuregen, während bei 8% Wassergehalt die Masse zwar gut arbeitete, aber schnell zerfloß und die Patrone undurchgängig machte.

Bei frisch hergestelltem Proxylit mit 6% Wassergehalt sind bei gleichförmiger Atemleistung des Geräteträgers und günstigstem Patronenaufbau gut 60 Minuten Aufenthalt unter dem Gerät möglich. Dieses günstige Urteil erfährt aber eine wesentliche Einschränkung, wenn man auch Proxylit, das schon länger (mehr als zwei Monate, die z. B. die mitgeteilten Versuche in Anspruch nahmen) gelagert hat, in die Betrachtung mit einbezieht. So war beispielsweise ein Material, das im

Tabelle 4.

Versuch-Gruppe	Nr.	Serie III		Ver-suchs-person	Ansprung-zeit Min.	Höchster O <sub>2</sub> -Gehalt		O <sub>2</sub> -Mittel %	CO <sub>2</sub> -Mittel %	Höchst-temperatur °C	Ge-bruchs-zeit Min.
		Patroneninhalt				n. Min.	%				
1	29—33 34—38	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O 75 g CaCl <sub>2</sub> in den unteren Schichten der Patrone		W, P	1	31 (6,4)	61,5 (5,9)	55 (9,8)	3,9 (1,7)	51 (5,35)	67 (5,7)
2	41—50	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O 75 g CaCl <sub>2</sub> in den oberen Schichten der Patrone		W, P, C				nicht auszuwerten, da 2 Versager			
3	67—70, 72	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit MnO <sub>2</sub> 125 g CaCl <sub>2</sub> in der Mitte der Patrone		L, Sch, P	1—3	25 (5,9)	55 (8,4)	46 (14,5)	3,6 (1,4)	51 (1,7)	56 (5,3)
4	102—106	Proxylit 6% H <sub>2</sub> O mit CuSO <sub>4</sub> 100 g CaCl <sub>2</sub> unten in der Patrone		L, Sch, P	1—2	22 (7,2)	57 (4,8)	45 (11,7)	4,7 (1,9)	53 (1,6)	64 (6,8)
5	109—112 u. 192, 193	Proxylit 6% W m. CuSO <sub>4</sub> : ob. Schicht Proxylit 6% W m.: mittlere Schicht 50 g CaCl <sub>2</sub> : unt. Schicht		L, Sch	1—2	30 (7,6)	56 (4,4)	38 (15,6)	3,4 (1,3)	59 (5,2)	68 (8,6)

Tabelle 5.

Versuch-Gruppe	Nr.	Serie IV				höchster O <sub>2</sub> -Gehalt		O <sub>2</sub> -Mittel %	CO <sub>2</sub> -Mittel %	Höchst-temperatur °C	Ge-bruchs-zeit Min.
		Versuchs-person	Höhe der Patrone cm	Hohlräum cm <sup>3</sup>	Ansprung-zeit Min.	n. Min.	%				
1	{76—78} 188, 89	L, Sch, P	23,5	1880	1	27 (5,5)	57 (6,8)	47 (15,0)	2,5 (1,1)	50 (4,4)	69 (6,7)
2	90—94	L, Sch, P	15	1200	1—2	18 (2,8)	45 (5,1)	36 (9,5)	9,7 (1,8)	47 (5,7)	42 (1,0)
3	83—86	L, Sch	10	800	1—2	8 (2,6)	31 (2,4)	27 (5,4)	18,4 (4,2)	54 (1,7)	24 (1,4)

eigneter Wahl von Menge und Anordnung läßt sich tatsächlich eine recht lange Arbeitszeit bei nicht übermäßigem Sauerstoffüberschuß erreichen.

#### Serie IV. Welche Patronengröße wirkt am vorteilhaftesten?

Nachdem so klargestellt war, wie der Patroneninhalt am vorteilhaftesten anzurichten wäre, schien eine Auskunft über die günstigste Patronengröße wünschenswert. Da durch den Atemapparat der Querschnitt der Patrone festgelegt war, konnte nur noch ihre Höhe geändert werden. Die Patronenfüllung entsprach derjenigen der Versuche unter Serie II, Gruppe 3. Die normalen Patronen sind 22 cm hoch und haben einen Hohlräum von

Juli 1928 frisch hergestellt war und ähnlich den oben angegebenen Zahlen wirkte, im Dezember desselben Jahres kaum noch zum Anspringen zu bringen. Die Erscheinung wurde bei fabrikfrisch gelagertem Proxylit beobachtet; ein Einfluß des „katalysierenden“ Mittels kann also nicht vorgelegen haben. Wenn auch diese Alterserscheinungen nicht immer so ungünstig sind, kann man mit einer ungeschwächten Wirkung der Patrone nach mehr als sechs Monaten nicht rechnen.

Die beschriebenen Versuche lassen vermuten, daß das Proxylit bei ihnen nur zu einem sehr geringen Teil ausgenutzt sein konnte. Dies ist tatsächlich der Fall. Über diese Erscheinung soll noch Näheres mitgeteilt werden. [A. 65.]