4. 3 g werden in ein gewöhnliches Reagenzglas gefüllt. In die Mitte der Probe wird dann eine Zündschnur eingeführt und entzündet.«

Die Probe besteht also in einem Versuch, welcher das Verhalten gegen Stoß und Schlag feststellt, und in mehreren Versuchen der Erhitzung bzw. Entzündung.

So, wie man nun hierbei mit Pikrinsäure vergleicht und danach einteilt, so kann man mit einer anderen, rein darzustellenden und einen gewissen Grad der Explosivwirkung zeigenden Substanz vergleichen. Man kann aber auch mit dem Fallhammer prüfen und nach der Fallhöhe in Zentimetern, welche die Entzündung hervorbringt, einteilen. Denn bei einer gewissen Fallhöhe wird jede hier in Betracht kommende Substanz und jedes Gemenge entzündet, z. B. Schwarzpulver, welches manchem schwächeren Schlage widersteht, bei 100 cm Fallhöhe durch Gewicht von 2 kg.

Ebenso kann man die Temperatur bestimmen, bei welcher kleine Mengen zur Explosion kommen, ähnlich wie die Stabilität ermittelt wird durch langes Erhitzen auf bestimmte Temperatur und dabei eintretende Abspaltung von Stickstoff oder Stickstoffoxyden.

Kurz, die Eigenschaften der Explosivstoffe, die in der einen oder anderen, bezeichneten Weise zu ermitteln sind, führen ebenso zu der Einteilung in Klassen und zur Ableitung der für den Verkehr erforderlichen Vorschriften, wie sie für die Darstellung und alles Übrige von wesentlicher Bedeutung sind und in diesem Sinne immer hervorgehoben wurden.

Phosphor.

Wie die Stickstoffverbindungen maßgebend sind für die Explosivstoffe, so gebraucht man meistens Phosphor für die Zündwaren.

Es folgen hiernach mit Rücksicht auf die Industrie der Zündwaren und die Phosphorverbindungen, die in der Technik gebraucht werden, die Eigenschaften des Phosphors. Das Element kommt in verschiedenen Formen vor und hat demgemäß verschiedene Eigenschaften, die sich auf die als »weißer« und »roter« Phosphor bezeichneten Formen beziehen.

a) Der weiße Phosphor ist vor Licht und Luft zu schützen, wenn er unverändert bleiben soll. Er ist dann farblos und durchscheinend, bei gewöhnlicher Temperatur wachsartig, in der Kälte spröde und schmilzt bei 44° C. Sein Siedepunkt liegt bei 290° C. Dieser Phosphor hat das spezifische Gewicht von 1,83 und löst sich in Wasser nur so weit, daß er dem letzteren einen Geschmack und einen Geruch

gibt, nach Knoblauch. Der wachsartige oder harte ist kaum zu zerreiben, daher praktisch nur durch Schmelzen zu zerkleinern.

Die Löslichkeit in Wasser wird durch Alkalien erhöht. Alkohol und Äther lösen ihn einigermaßen, ebenso fette und ätherische Öle. Das eigentliche Lösungsmittel aber ist Schwefelkohlenstoff. Aus der Lösung kristallisiert der Phosphor im regulären System. An der Luft oxydiert er sich. Bis auf 60° C. erwärmt, entzündet er sich. Diese Temperatur muß auch bei der Reibung erreicht werden, wenn nicht oxydierende Stoffe mitwirken. Sehr feine Verteilung begünstigt die Entzündung, so daß diese bei gewöhnlicher Temperatur eintritt, wenn sich der Phosphor aus der Lösung ausscheidet. Vielleicht tritt dabei Ozon zu. Das Verbrennungsprodukt ist festes, weißes Phosphorsäureanhydrid, welches unter Wasseraufnahme an der Luft in sirupöse Phosphorsäure übergeht:

$$\underset{\text{Phosphorsäureanhydrid}}{P_2O_5} + 3H_2O = \underset{\text{Phosphorsäure}}{2PO_4H_3}$$

Weißer Phosphor ist giftig, sowohl innerlich genossen als äußerlich dem Blute zugeführt. Auch der Dampf wirkt auf die Dauer schädlich, wenn sich Angriffsstellen vorfinden. Dies sind besonders kariöse Zähne; es entsteht »Phosphor-Nekrose«, eine Krankheit, welche auf eine Lockerung der Kinnladen hinausläuft und böse Folgen hat.

b) Der rote Phosphor ist sehr verschieden von dem weißen; doch bildet er sich aus dem letzteren mit Leichtigkeit. Weißer Phosphor verändert sich schon durch die Einwirkung des Lichtes merklich und nimmt eine rote Farbe an. Erhitzt man ihn unter Abschluß von Luft, so beginnt die Veränderung bei 215°; bei 240 – 250° wird sie leicht vollendet. Bei 260° findet jedoch ein Zurückgehen statt, und bei 290° entsteht wieder weißer Phosphor.

Roter Phosphor kristallisiert hexagonal, ist unlöslich und schwer verbrennlich. Kristalle sind schwer zu erhalten. Man hat ein glanzloses, dunkelrotes Pulver oder eine glänzende Masse mit muschligem Bruche. Sein spezifisches Gewicht ist 2,1. Im Magen wird er nicht oxydiert; er ist nicht giftig. Er entzündet sich erst bei etwa 200°. Mit chlorsaurem Kali und ähnlichen Stoffen vermischt, explodiert er beim Schlagen und zwar sehr leicht.

Häufig schließt der rote noch weißen Phosphor ein und zeigt dann ein anderes Verhalten.

Vorkommen. Keine der beiden Formen des Phosphors kommt in der Natur vor. Um so verbreiteter sind die Säuren bzw. ihre Metallverbindungen, unter denen das Kalksalz besonders wichtig ist.

Diese Phosphate bilden:

1. einen Hauptbestandteil der menschlichen und tierischen Knochen. Das Calciumphosphat, $(PO_4)_2\ Ca_3$, ist es, dessen starkes Vorkommen den Beweis, daß wir Phosphorverbindungen als Nahrungsmittel gebrauchen, am deutlichsten liefert.
2. Als Nebenbestandteile finden sich Phosphorverbindungen in vielen Eisenerzen. Da solche Erze im größten Maßstabe verarbeitet werden, ist die dabei gewonnene Schlacke, die sogenannte »Thomasschlacke«, ein Nebenprodukt, in welchem Phosphorverbindungen reichlich zu Gebote stehen.
3. Ferner gibt es mehrere Mineralien, die wegen ihres hohen Phosphorsäuregehalts den Namen Phosphorite führen. Dazu gehört z. B. der Apatit, $3\,Ca_3(PO_4)_2 + CaCl_2$ bzw. $CaFl_2$, der Staffelit von Staffel im Lahntale, der Sombrerit u. a. Besonders reichlich kommen diese Phosphorite in Florida vor, so daß Amerika auch in dieser Beziehung eine große Rolle auf dem Weltmarkte spielt. Die Floridaphosphate enthalten meistens Eisen- und Fluorverbindungen neben etwa 80 % Phosphat.

Nordafrika, namentlich Algerien liefert auch solche Phosphate und zwar 1907 schon über 1 000 000 Tonnen. Die reichsten, aus Algerien, haben zwar nur 63—70 % Phosphat, dabei aber den Vorzug, frei von Eisen und Aluminium zu sein, so daß sie sich zur Darstellung wasserlöslichen Superphosphats eignen.

Auch unsere Kolonien fangen an Phosphorite zu liefern. Bei allen Phosphoriten ist aber mit Fluorverbindungen zu rechnen.

Der Guano ist ein phosphorsäurereicher Rohstoff, der im wesentlichen aus den Exkrementen von Vögeln besteht. Die Koprolithe sind zu Tricalciumphosphat allmählich umgewandelte Exkremente von Sauriern des Jura (England).

Alle diese Rohstoffe können als Düngemittel dienen, d. h. den Pflanzen die Phosphorverbindungen liefern, deren sie bedürfen und die wir in Form von Pflanzennahrung zu uns nehmen.

Nur die Bedingungen sind verschieden. Die Pflanzenwurzel kann durch ihre sauren Säfte allmählich unlösliche Salze, sogar hartes Gestein aufnehmen. Wenn aber in kurzer Zeit, für die nächste Ernte, Wirkung eintreten soll, muß das unlösliche Phosphat entweder sehr fein gemahlen werden, was bei der Thomasschlacke genügt, oder durch besondere Vorarbeit löslich gemacht werden.

Deshalb findet das »Aufschließen« der Phosphate in sehr großem Maßstabe statt. Im Anschlusse daran hat die Bestimmung der Phosphor-

säure bzw. des phosphorsauren Kalks in Rohphosphaten und aufgeschlossenen Phosphaten weitere Ausbildung erfahren.

Ferner hat sich nach der Entwicklung des Betriebes der Aufschließung zuerst auch die Darstellung des Elements darauf gestützt. Sie hat sich aber nun selbständig entwickelt. Wir kommen also zur **Darstellung löslicher Phosphate und Darstellung des Phosphors.**

Wenn, wie es früher allgemein geschah, hierzu Knochen benutzt werden, so sind diese (durch Erhitzen) von dem Leim und anderen organischen Stoffen zu befreien. Dabei entsteht Ammoniak, Pyridin usw., indem schließlich weiße, wesentlich aus Phosphat bestehende Knochenasche zurückbleibt.

Da dies mit der Entwicklung sehr übelriechender und schwer zu beseitigender Dämpfe verbunden geht, so ist man allmählich auf die Phosphorite übergegangen und benutzt nun wesentlich diese zur Herstellung löslicher Phosphate. Beide Rohstoffe, sowohl die Knochenasche als die Phosphorite, enthalten ja denselben Hauptbestandteil.

Wiederum ist es die Schwefelsäure, welche in größtem Maßstabe und mit bestem Erfolge dazu verwendet wird, dieses in den Rohstoffen enthaltene Phosphat den verschiedenen Gebrauchszwecken nutzbar zu machen, durch folgenden Vorgang:

$$\underset{\text{Calciumphospat}}{Ca_3(PO_4)_2} + \underset{\text{Schwefelsäure.}}{2\,H_2SO_4} = \underset{\text{saures Calciumphosphat}}{CaH_4(PO_4)_2} + \underset{\text{Gips.}}{2\,CaSO_4}.$$

Man erhält saures Calciumphosphat, löslich, und hat diesen Prozeß als den in vielen Fällen und in größtem Maßstabe zu vollziehenden anzusehen. Das Gemisch von saurem Phosphat und Gips heißt »Superphospat«. Die Landwirtschaft kann das Produkt als solches verwenden, weil der Gips ebenso wie das lösliche Phosphat dem Pflanzenleben dienstbar wird.

Die Reaktion findet bei gewöhnlicher Temperatur und gleichmäßig statt, wenn die Phosphorite fein gemahlen sind und in geeigneten Mischmaschinen mit Kammersäure von 50—55° Bé behandelt werden.

Nur kommt dabei in Betracht, daß die Phosphorite meistens Fluorcalcium enthalten und daher bei Behandlung mit Schwefelsäure Fluorwasserstoff abgeben, oder Kieselfluorwasserstoff, wenn Kieselsäure zugegen ist. Der Fluorwasserstoff ist sehr giftig und schadet der Vegetation. Es kommen daher alle Rücksichten, die bei Salzsäure erwähnt wurden, hier mit besonderer Strenge zur Anwendung.

Während man andere Säuren auf ein leichter zu erreichendes Maß beschränkt und zwar etwa so, daß in den abziehenden Gasen, welche dem Schornstein zugeführt werden so viel, wie 3 g Schwefelsäure (SO_3) im Kubikmeter entspricht, im Allgemeinen als ungefährlich angesehen wird,

verlangt man bei Fluorwasserstoff mit Recht, daß 1 cbm Gase nicht mehr Fluorwasserstoff enthalten dürfen, als $^1/_{10}$ g Schwefelsäure (SO_3) entspricht.

Die Waschvorrichtungen für die aus den Apparaten entweichenden Gase sind also nach dem bei Salzsäure gegebenen Schema herzurichten, aber sehr viel peinlicher zu kontrollieren, als dort. Denn es gibt Superphosphatfabriken, welche täglich etwa 100 kg Fluorwasserstoff entwickeln und bis auf den angegebenen Rest absorbieren müssen.

Zum Zerkleinern der etwas backenden, aus der Reaktion hervorgehenden Masse bedient man sich der sogenannten Schleudermühlen, die auch sonst in der Technik angewendet werden und als »Desintegratoren« bekannt sind. Sie zerkleinern, indem sie die lebendige Kraft einer rasch bewegten Masse plötzlich vernichten und eignen sich für alle etwas backenden Stoffe, wie Ton u. dergl.

Das Wesentliche dieser Apparate besteht darin, daß sie zwei aus eisernen Stäben bestehende Ringsysteme haben, welche sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. Sie sind so zusammengestellt, daß die Ringe 1 und 3 nach rechts, die Ringe 2 und 4 nach links umlaufen, dabei aber 1 über 2, 2 über 3 usw.

Wird nun die backende Masse in die Mitte des ganzen in Drehung befindlichen Systems eingeworfen, so wird sie alsbald von den Stäben gefaßt und durch die Axifugalkraft nach außen geworfen. Dabei muß sie, zufolge der verschiedenen Bewegung der Ringe, 3—4 mal hin und her fliegen, so daß jedes Partikelchen einen Zickzackweg beschreibt, bis es nach außen gelangt. Dies ist durch Figur 68 erläutert.

Da nun dabei eine Erhitzung und Verdunstung von Wasser stattfindet, so kommt die vorher backende Masse gleichmäßig gepulvert nach außen.

Für Agrikulturzwecke ist das »Superphosphat« in dieser Form gleich zu verwenden.

Außerdem kann man das lösliche Phosphat zur Herstellung des Elements Phosphor benutzen, und zwar ist dies zuerst allgemein wie folgt geschehen. Man trennt durch Lösen in wenig Wasser von dem schwerlöslichen Gips, konzentriert die Lösung und vermischt sie mit gekörnter Holzkohle. Die Kohle, deren einzelne Körner etwa Linsengröße haben, saugt ungefähr das Vierfache ihres Gewichts an Lauge auf und wird damit zunächst getrocknet. Durch weiteres Erhitzen zerfällt dann das saure Phosphat, wie folgt, unter Wasserabgabe:

$$\underset{\text{saures Calciumphosphat}}{CaH_4(PO_4)_2} = \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} + \underset{\text{Calciummetaphoshpat}}{Ca(PO_3)_2}$$

Wenn man das so erhaltene Calciummetaphosphat mit Kohle stark

erhitzt, so tritt Reduktion der Phosphorsäure ein, die nicht allein zu Phosphor, sondern auch weiter zu Verbindungen des Phosphors mit Wasserstoff und auch mit Kohlenstoff führt, je nach den Umständen. Der Vorgang ist also nicht einfach und nicht ohne unangenehme Nebenerscheinungen zu vollziehen. Er liefert aber Phosphor, etwa nach folgender Gleichung:

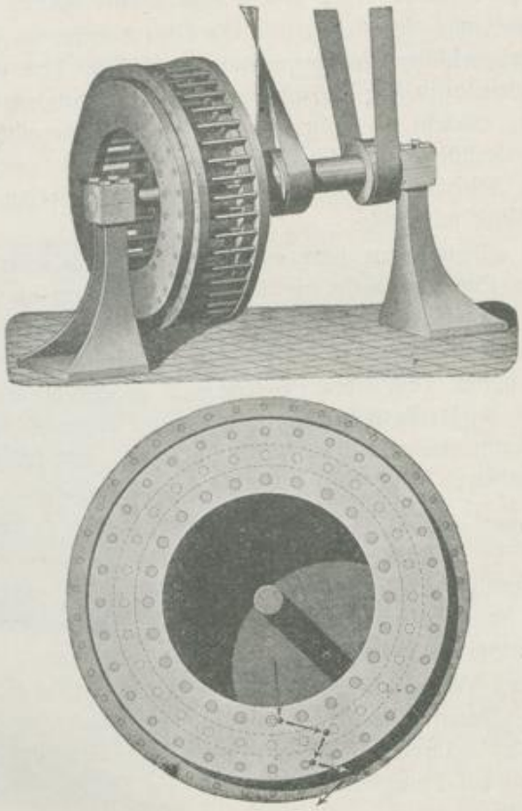

Fig. 68. Desintegrator.

$$\underset{\text{Calciummetaphosphat}}{3Ca(PO_3)_2} + \underset{\text{Kohle}}{10C} = \underset{\text{Kohlenoxyd}}{10CO} + \underset{\text{Calciumphosphat}}{Ca_3(PO_4)_2} + \underset{\text{Phosphor.}}{4P}$$

Phosphorhaltige Gase fehlen dabei nicht.

Der Prozeß läßt sich leicht in passend hergerichteten Retorten mit Benutzung gewöhnlicher Feuerungen vollziehen, ist aber dann sehr belästigend. Die Mündung der Retorten führt man auf der dem Feuer abgekehrten Seite ins Freie und verbindet sie dort mit den Vorlagen.

Diese sind zwar mit Wasser beschickt, aber so, daß bei der Reaktion entstehende Gase ohne Absperrung weiter gehen.

Man hat entweder übereinander angeordnete Kasten, die durch seitliche Kanäle miteinander verbunden sind und den Gasen freien Weg lassen, oder nebeneinander stehende Gefäße, die unten Wasser enthalten und nur oben durch passende Rohre verbunden sind. Kurz, es muß ausgeschlossen sein, daß Wasser in die Retorte zurücksteigt.

Was den Gang der Arbeit und die Öfen betrifft, so verläuft alles um so glatter, je höher die Temperatur ist. Während bei gewöhnlicher Heizung kohlenstoffhaltige Phosphorverbindungen entweichen, die sehr übel riechen, entsteht bei hoher Temperatur nur Phosphorwasserstoff neben dem destillierenden Phosphor. Ferner bildet sich eine unveränderliche Schlacke an Stelle pulveriger, stark riechender Massen, wenn Kieselsäure mitwirkt.

Deshalb arbeitet man jetzt wesentlich in elektrischen Öfen und vermischt das Phosphat nicht nur mit Koks, sondern auch mit Sand, so daß die Kieselsäure zur Wirkung kommt. Dies macht die Herstellung löslicher Phosphate unnötig.

Bei der hohen Temperatur, welche sich in den elektrischen Öfen herstellen läßt, wirkt die Kieselsäure auch auf die gewöhnlichen Phosphate. Man kann also aus diesen mit Hilfe von Quarz und Kokspulver Phosphor machen:

$$\underset{\text{Calciumphosphat}}{2\,Ca_3(PO_4)_2} + \underset{\text{Kieselsäure}}{6\,SiO_2} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{10\,C} = \underset{\text{Calciumsilikat}}{6\,CaSiO_3} + \underset{\text{Phosphor}}{4\,P} + \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{10\,CO}$$

Schon durch mäßige Ströme wird erzielt, daß man Phosphor am Leuchten im Rohr erkennt. Durch stärkere Ströme und passende Einrichtung bringt man den Phosphor zum Destillieren.

Der weitere Vorzug dieser Art des Arbeitens ergibt sich aus den Gleichungen. Durch Kieselsäure bei hoher Temperatur wird alles Phosphat zerlegt, während sonst aus 3 Molekülen Metaphosphat immer wieder ein Molekül Phosphat entsteht, also ein Dritteil des Phosphors gebunden bleibt.

Hier ist also der erste Fall, in welchem der elektrische Ofen Vorzug hat; es werden sich bald mehr solche Fälle ergeben.

Der Schmelzofen hat oben einen Einschüttetrichter mit Zuführungsvorrichtung, welche das Austreten von Gasen verhindert. In den Schmelzraum ragen die Elektroden, d. h. Kohlenzylinder, die in Metallhülsen befestigt sind, mehrere nebeneinander, die mit der Dynamomaschine verbunden sind.

Die Schlacke wird ganz unten abgelassen. Die entweichenden

Gase und Dämpfe dagegen ziehen durch die runde Öffnung im oberen Teil des Schachtes ab. Die Einrichtung des Ofens zeigt Figur 69.

Man erhitzt bis zur Destillation und leitet Gase und Dämpfe, wie bei den anderen Öfen, also aus der ersten, mit starker Kühlung und Wasser versehenen Vorlage durch eiserne Rohre in eine zweite; man hat schließlich eine unbedeutende, allerdings fortwährende Flamme von brennendem Phosphorwasserstoff.

Die Reinigung des in den Vorlagen angesammelten Phosphors geschieht durch Umschmelzen unter Wasser und Absitzenlassen.

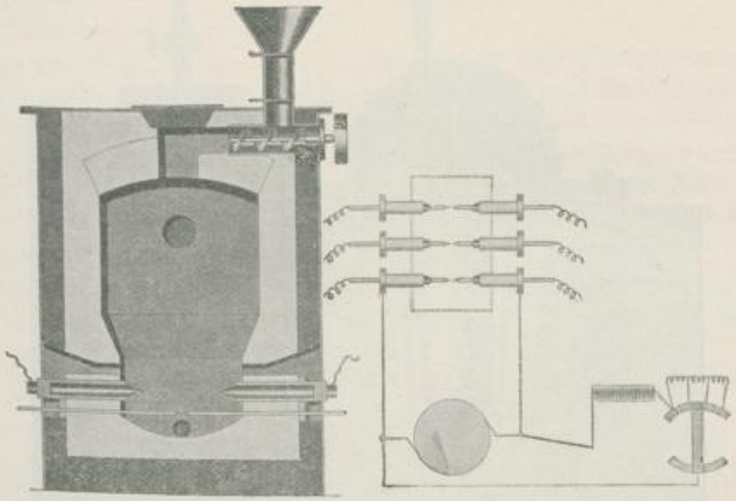

Fig. 69. Elektrischer Phosphorofen.

Bei dieser ganzen Arbeit, sowie bei der Umwandlung des weißen in roten Phosphor sind Nekrosefälle selten. Dies kommt wesentlich bei der Zündwarenfabrikation in Betracht.

Roter Phosphor. Erhitzt man den gewöhnlichen Phosphor in einem Gefäße, welches wenig Luft enthält und wenig Luft zutreten läßt, so wird der Sauerstoff der Luft alsbald gebunden, und bleibt eine Atmosphäre von Stickstoff, in welcher man die Hauptmasse des Phosphors ohne Gefahr auf 240—250° bringen kann.

Die Apparate sind verschieden. Das Prinzip tritt in dem gezeichneten (Figur 70) hervor: ein Gefäß aus feuerfester Masse, z. B. aus Porzellan, steht in einem Doppelbade und ist mit der Luft nur durch ein dünnes Rohr verbunden. Das Ende des letzteren kann man

durch Quecksilber absperren; gewöhnlich aber läßt man es offen. Natürlich ist dafür zu sorgen, daß sich das enge Rohr nicht verstopft; dazu dient eine kleine Lampe. Das Doppelbad besteht erstens aus Sand, zweitens aus einer Legierung gleicher Teile Zinn und Antimon, die zwischen beiden Metallkesseln angebracht ist.

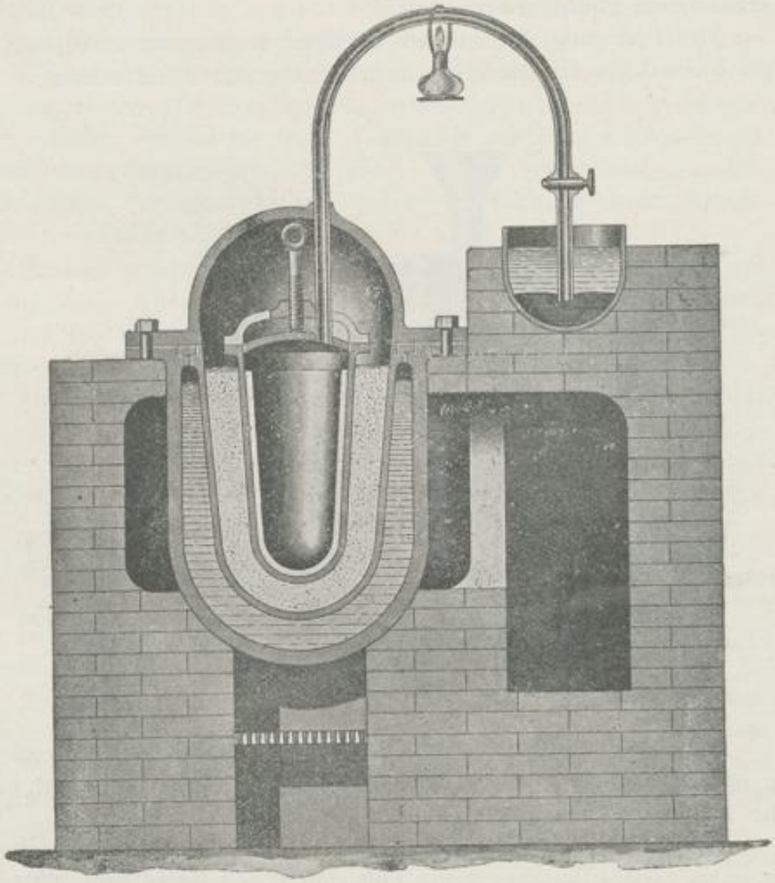

Fig. 70. Darstellung des roten Phosphors.

So entsteht roter Phosphor. Wenn dem Phosphor etwas Jod zugesetzt wird, erfolgt die Umwandlung bei niedrigerer Temperatur als sonst.

Gewöhnlich enthält der rote Phosphor noch weißen beigemengt. Er wird daher unter Wasser pulverisiert, um dann durch einen heißen

Luftstrom unter Wasser behandelt zu werden, so daß der weiße Phosphor oxydiert wird. Die entstandene Phosphorsäure löst sich in dem überstehenden Wasser auf.

Anwendungen der Phosphorverbindungen und des Phosphors selbst. Phosphate sind neben den Kalisalzen die wichtigsten Mineraldünger. Allein die deutsche Landwirtschaft braucht diese beiden jährlich für etwa 100 Millionen Mark. Wie erwähnt, sind die dafür in Betracht kommenden Phosphate aufgeschlossene Phosphorite, Knochenmehl und Eisenschlacke. Ebenso hat das Element Phosphor in beiden Formen eine allgemeine, näher zu besprechende Verwendung für Feuerzeuge.

Daneben ist zu nennen:

1. Die Herstellung von Phosphormetallen und phosphorhaltigen Legierungen; z. B. stellt man Phosphorzinn her und damit Phosphorbronze. Dabei spielt der Phosphor eine reinigende Wirkung, indem er Oxyde zerlegt, und bleibt in geringer Menge erhalten; neben Kupfer und Zinn hat man 0,2—0,33 % Phosphor. Infolge der Freiheit von Oxyden ist die Bronze sehr fest und dient für besonders stark beanspruchte Maschinenteile.
2. Die Anwendung der sogenannten »Amorces«, d. h. Zündblättchen aus amorphem Phosphor und Kaliumchlorat für Sicherheitslampen und Salonpistolen, die nur Knall geben ohne Wirkung.

   Was die Sicherheitslampen betrifft, so geht man auf Zündstreifen, die mit weißem Phosphor hergestellt sind, über, weil deren Wirkung regelmäßiger ist. Immer handelt es sich darum, die Lampe anzuzünden ohne sie zu öffnen, damit keine schlagenden Wetter in den Bergwerken hervorgerufen werden.
3. Die Herstellung von Phosphorchloriden für Reaktionen, die namentlich in der Farbstoffindustrie Anwendung finden.
4. Die Benutzung des roten Phosphors zur Nebenfüllung von Granaten, damit der weiße Phosphorsäurerauch zeigt, wo sie eingeschlagen sind.

Danach bleibt näher zu kennzeichnen: die Art der Benutzung von Phosphor für die allgemein gebräuchlichen und bekannten.

Zündwaren.

Die Herstellung von Feuerzeug ist in sehr verschiedener Weise erfolgt, bevor man den Phosphor kannte und in diesen Betrieb einführte. Aber auch mit Benutzung von Phosphor ist die Sache eben

wieder in ein neues Stadium eingetreten. Sie kann sich noch weiter verändern und den Phosphor entbehrlich machen. Es lohnt sich daher, die geschichtliche Entwicklung des Ganzen zusammenzustellen.

Zuerst ist das Feuer durch Zufall entstanden. Die älteste Erklärung ist die von Lucretius; sie fängt an mit den Worten: »Fulmen detulit in terram mortalibus ignem.« Der Blitz brachte den Sterblichen das Feuer auf die Erde nieder, d. h. durch den Blitz wurden leicht entzündliche Gegenstände, Holz, Erdöl oder Erdgas entzündet. Das Feuer kam also buchstäblich vom Himmel. Insofern stimmt diese Erklärung des Naturphilosophen Lucretius mit der noch älteren Sage vom Prometheus überein. Auch der nächste Schritt ergibt sich in gleicher Weise.

Das Feuer wurde durch einzelne Menschen, die so kühn waren, diese Sache anzufassen und nutzbar zu machen, den übrigen gebracht. Die auffallende, berühmte und bestrafte Kühnheit bestand nicht sowohl darin, den brennenden Gegenstand fortzutragen, wie es in der bildlichen Darstellung als das Wesentliche erscheint, sondern darin, dem Vorurteile der Menschen entgegenzutreten. Die anderen glaubten, der brennende Gegenstand sei vom Himmel gekommen; sie sahen überhaupt in der Erscheinung des Feuers etwas Heiliges oder den Ausdruck des Zornes der Götter.

Das Wort Prometheus bedeutet: der Vorherbedenkende oder Vorbedachte. Durch einen vorherbedenkenden Menschen also wurde die bis dahin heilige Erscheinung profan gemacht und zu gewöhnlichen Dingen benutzt. Deshalb befahl, nach der Sage, Zeus dem Hephästos, den Prometheus an den Kaukasus anzuschmieden, was in der Tat wohl von den Priestern geschehen ist, weil diese das Feuer für sich allein behalten wollten.

Also nach der ersten Erklärung ist das Feuer an sich etwas Himmliches; nur durch einen Zufall kommt es auf die Erde und verbotenerweise wird es dort festgehalten. Lucretius gibt in seinem Werke »De rerum natura« noch eine zweite Erklärung, wie Feuer entstehen kann, und diese führt auf das älteste Verfahren, Feuer zu machen. Er schildert, daß Feuer entstehen kann, wenn ein astreicher Baum niederbricht und seine Äste an denen eines Nachbarbaumes durch die Gewalt des Sturmes heftig gerieben werden.

Demgemäß besteht das älteste Verfahren, Feuer zu machen, im Reiben von Holz, und man kann sagen, daß die Entwicklung der Sache immer wieder auf die Entzündung von Holz zurückführt, obwohl es an Versuchen, Feuerzeuge ganz anderer Art zu der herrschenden zu machen, nicht fehlt.

Die Mittel, Holz zum Brennen zu bringen, haben sich durch die Entwicklung, welche zu dem heutigen Zündholz führt, sehr verfeinert. Aber noch jetzt ist die Beschaffung geeigneten Holzes ebenso wesentlich, wie zu Anfang.

Im ganzen erkennt man folgende Verfahren, Feuer zu machen.

I. Das bei verschiedenen Völkern des Altertums nach unzweifelhaften Anzeichen gebräuchliche und von den Griechen ausführlich beschriebene »πυρεῖον« (Feuerzeug) bestand aus einem τρύπανον, d. h. aus einem zugespitzten Stück harten Holzes, welches mit Hilfe eines Riemens, den zwei Männer faßten, in einer Höhlung, welche leicht entzündliches lockeres Holz enthielt, so stark gedreht wurde, daß Entzündung eintrat.

Entsprechende Verfahren findet man noch jetzt bei Naturvölkern; z. B. läßt sich Bambusrohr in der Kerbe eines anderen Stückes so stark reiben, daß durch die Erhitzung bald Rauch entsteht. Wenn in dem zweiten Rohr trockene, leicht entzündliche, lockere Stoffe sind und man reibt, bis man durchkommt, so wird Endzündung hervorgerufen.

Freilich gehört die Ausdauer von Naturvölkern dazu, und man verdirbt oft den Apparat, wenn bis zur Flamme gearbeitet wird. Aber an der Brauchbarkeit des Verfahrens ist nicht zu zweifeln. Es ist durch Jahrhunderte, ja durch Jahrtausende das herrschende gewesen.

II. Erst im Mittelalter und zwar seit dem vierzehnten Jahrhundert kommt ein wesentlich anderes Verfahren zur Geltung, nämlich das Funkenschlagen mit Feuerstein und Stahl, sowie Aufnahme des Funkens durch leichtentzündlichen Feuerschwamm. Das Funkenschlagen gelingt mit verhältnismäßig kleinem Apparat. Der Apparat war auch an Schießgewehren anzubringen, er führte zur leichten und wiederholten Entzündung von Pulver. Jahrhunderte hindurch hat er eine sehr große Rolle gespielt.

III. Das neunzehnte Jahrhundert hat für den Zweck des Feuermachens das Holz wieder zu Ehren gebracht, indem es die Zündköpfe hinzufügte. Dabei sind die Mittel, Holz zu entzünden, so verfeinert worden, daß Versuche, ganz andere Stoffe, z. B. Gase, zum Feuermachen zu benutzen, nur vorübergehend von Erfolg waren.

Diese Verfeinerung der Mittel, Holz zu entzünden, beginnt 1805 mit der Herrichtung der sogenannten Tunkhölzer durch **Chancel**, einen französischen Chemiker.

Hölzchen mit einem Zündkopf, bestehend aus Kaliumchlorat und Zucker, braucht man nur in ein Gefäß, welches Asbest mit etwas Schwefelsäure enthält, zu tunken, um Feuer zu bekommen. Das Ver-

fahren ist sehr fein, wenn man es mit dem Reiben von Holz an Holz vergleicht und zugleich so der Verbesserung fähig, daß vieles daran anknüpft.

Nur als ein Versuch, ganz andere Zündstoffe für diesen Zweck einzuführen, erscheint die Herrichtung einer Wasserstofflampe. Sie beruht auf der Benutzung des fein verteilten Platins als Kontaktsubstanz, welche Professor Döbereiner in Jena zuerst einführte, und zwar für Entzündung von Wasserstoff. Sie ist die Grundlage für die beschriebene Darstellung von Schwefeltrioxyd usw. Sie ist auch insofern merkwürdig, als Döbereiner die erste Mitteilung über seine Entdeckung im Juli 1823 an Se. Exzellenz den Staatsminister von Goethe in Weimar richtete und weil Goethe sich lebhaft für die Sache interessierte.

Auf dem Gebiete der Feuerzeuge aber war es ein anderer Schritt, welcher die Entwicklung förderte und auf den jetzigen Standpunkt brachte. Dieser Schritt führte zu den

IV. Reibzündhölzern. Die ersten derartigen (Congreveschen) Zündhölzer aus dem Jahre 1832 enthielten eine Masse von einem Teil Kaliumchlorat und zwei Teilen Schwefelantimon. Der Schwefel des letzteren wird entzündet, wenn man ein solches Gemisch reibt, ebenso wie andere Gemische, die Kaliumchlorat enthalten, durch Schlag entzündet werden.

Die zweite Art der Reibzünder sind mit Kaliumchlorat und Phosphor versehene Hölzer, und zwar ist es der weiße Phosphor, welcher in diesem Zusammenhange zuerst als Zündstoff auftritt.

Das Jahr dieser von Kammerer gemachten Erfindung ist dasselbe, 1832. Die Weißphosphorhölzer gewannen gleich die Oberhand, weil sie sehr leicht zu entzünden sind.

Das liegt in der Natur der Sache; während der Schwefel sich erst bei 260° entzündet, braucht der Phosphor nur 60°. Es ist also leicht, mit Phosphor Zündmassen hersustellen — unter Anwendung von Kaliumchlorat oder anderen Oxydationsmitteln — die schon bei 45° Feuer geben. Damit hängt es zusammen, daß diese Reibzündhölzer so ziemlich an jeder Reibfläche zu entzünden sind; nicht bloß an der rauhen Fläche von Sandpapier, sondern auch an dem Rockärmel, an der Wand usw.

Sie haben von allen bisher bekannten Zündhölzern den niedrigsten Entzündungsgrad und sind deshalb für die große Masse der Menschen das bequemste Feuerzeug. Man braucht eben nur die Hölzchen selbst in der Tasche zu haben, um an beliebiger Reibfläche Feuer zu machen. Die schädlichen Eigenschaften des weißen Phosphors kommen aber bei der Herstellung in Betracht.

Deshalb gewannen daneben die im Jahre 1848 von Böttger in

Frankfurt a. M. erfundenen »**Sicherheitszündhölzer**« Bedeutung. Diese tragen als Zündköpfe eine an und für sich nur schwierig zur Entzündung zu bringende Masse. Sie sind allerdings an glatten Flächen (Papier und Glas) mit einiger Mühe zu entzünden, an rauhen Flächen aber kaum, so daß sie den Namen der Sicherheitszündhölzer mit Rücksicht auf die größere Sicherheit im Verkehr verdienen.

Leicht werden sie an besonders hergerichteten Reibflächen entzündet, namentlich an den mit rotem Phosphor hergestellten und allgemein benutzten. In diesen, meistens mit dem Namen »schwedische« in den Verkehr gebrachten und sehr verbreiteten Zündhölzern spielt der Phosphor eine untergeordnete Rolle. Sie bezeichnen insofern keinen Fortschritt, als man zur Herstellung von Feuer mit diesen wieder zweierlei gebraucht: den Zündkopf und eine geeignete Reibfläche, wie zuerst Zündkopf und Schwefelsäure.

Die weitere Entwicklung muß also darauf hinführen, Zündköpfe ohne weißen Phosphor, welche an jeder Reibfläche Feuer geben, herzustellen. Auch dies ist bereits geschehen. Also ergeben sich mehrere Abschnitte bei der Schilderung der heute stattfindenden

Darstellung der gebräuchlichen Zündhölzer.

Dieser Betrieb hat erstens sehr großen Umfang und zweitens viele Feinheiten. Denn es handelt sich um ein ganz kleines Objekt, welches in Milliarden von Exemplaren herzustellen ist und zwar durch Zusammenfügung sehr verschiedener Rohstoffe.

In erster Linie kommt immer das Holz in Betracht und zwar geeignetes Holz in passender Zubereitung. Denn wenn auch mit denselben Zündköpfen versehene Wachs- u. dergl. Kerzen in Verkehr kommen, so dreht sich die Hauptfrage immer um das »Holz«.

Daraus erklärt sich z. B. die große Bedeutung der schwedischen Fabrikation, von der gleich zu bemerken ist, daß sie hinsichtlich der Stoffe für die Zündmasse völlig vom Auslande abhängig ist, namentlich von Deutschland, und daß sie mit der Erfindung der Sicherheitszündhölzer nichts zu tun hat.

Diese Erfindung von Böttger ist aber in Schweden, was die Technik betrifft, sehr ausgebildet worden; daraus erklärt sich die Bezeichnung »schwedische Streichhölzer«.

Ferner ist zu betonen, daß man die Zündmasse nie unmittelbar auf das Holz bringt, sondern eine die Übertragung sichernde, leichter als Holz entzündliche Substanz dazwischen bringt. Das Holz wird geschwefelt oder paraffiniert; mit Rücksicht darauf ist die Art des Holzes nicht gleichgültig: man unterscheidet harzreiches und harzarmes-

Harzreiche Holzarten sind Tannen, Fichten, Kiefern, kurz Nadelholz; dieses wird in folgender Weise zubereitet. Das von Rinde und Splint befreite, passend hergerichtete Stück wird mit einer Art von Hobel zerschnitten, und zwar besteht diese eigens hergerichtete Schneidevorrichtung, wie Fig. 71 erkennen läßt, aus einer Anzahl nebeneinander befestigter, schwach trichterförmiger Eisen mit sehr scharfen Rändern, welche, gegen die Hirnseite des Holzes gerichtet und fortgeführt, lauter runde, lange Stäbchen — sogenannten Holzdraht — ausstößt.

Die langen »Drähte« werden wieder durch besondere Maschinen in kurze Hölzchen zerschnitten.

Da diese nun harzreich und an der Oberfläche etwas gepreßt sind, so nehmen sie kein Paraffin auf. Taucht man sie in geschmolzenes Paraffin, so blättert dieses beim Erkalten wieder ab. Der Schwefel dagegen bildet eine harte Kruste und bleibt haften. Gehobelter Holzdraht eignet sich also zum »Schwefeln«.

Fig. 71. Schneidwerkzeug zur Zündholzfabrikation.

Harzarmes Holz ist, bei uns wenigstens, seltener. Namentlich Espenholz (populus tremula) und daneben Erlenholz kommt für diesen Betrieb in Gebrauch und wird anders zubereitet.

Mit sogenannten Schälmaschinen wird der vorher geglättete Stamm ungefähr so abgeschält, wie er gewachsen ist, entsprechend den Jahresringen. Das weiche Holz gibt lange, genügend zusammenhaltende, zuerst gebogene, aber sich gleich platt legende Blätter, die durch Schneidevorrichtungen von mancherlei Art in vierkantige Stücke zerlegt werden. Diese sind in keiner Weise gepreßt und enthalten wenig Harz; sie nehmen daher das Paraffin genügend auf.

So erklären sich zunächst diese Unterschiede. Paraffinierte Hölzchen sind vorzuziehen, weil das Abbrennen des Schwefels immer eine gewisse Belästigung hervorruft. Nicht jede Holzart eignet sich ohne weiteres zum Paraffinieren. Auch harzreiches Holz ist zu paraffinieren, wenn man es vorher durch Dämpfen von Harz befreit. Aber dies ist eben eine besondere Arbeit, die nicht leicht auszuführen ist, wenn das Holz nicht brüchig werden soll.

Das leichte Zusammenpressen, während Harz im Holz ist, hat ja seinen guten Sinn. Die dünnen Stäbe erhalten dadurch die nötige Festigkeit, welche andere Holzarten von selbst haben.

Im übrigen kann man jede Zündmasse, sowohl phosphorhaltige

wie phosphorfreie, auf die geschwefelten und die paraffinierten Hölzer in geeigneter Weise auftragen, z. B. Sicherheitsmasse auf Schwefel und Phosphormasse auf Paraffin. Die Hauptunterschiede liegen in der Zusammensetzung dieser Masse; dadurch werden die weiteren Fortschritte bedingt.

Bereitung der Zündmasse A. mittels weißen Phosphors.

Die Entzündlichkeit des weißen Phosphors wird benutzt, indem er der Zündmasse zugegeben und darin gleichmäßig verteilt wird.

Doch geht man durchaus nicht darauf aus, daß sich der Phosphor durch den Sauerstoff der Luft entzünden soll. Vielmehr schließt man ihn von der Luft durch Klebstoffe und Lacküberzüge ab, während die Entzündung durch Oxydationsmittel in der Zündmasse bewirkt wird. Das Leuchten des Phosphors im Dunkeln sieht man also, wenn die Masse der Zündköpfchen angerieben und dadurch der Phosphor bloßgelegt wird. Bei richtig gemachten und unverletzten Hölzchen bemerkt man es nicht. Demnach hat die Zündmasse außer Phosphor immer noch zwei wesentliche Bestandteile, solche, die den Phosphor zur Entzünduug bringen und solche, die ihn vor der Luft schützen.

Stoffe, welche leicht Sauerstoff abgeben und dadurch die Entzündung des Phosphors hervorrufen, sind z. B. Manganhyperoxyd (Braunstein), Kaliumchlorat, Kalisalpeter. Jedoch ist Braunstein, seiner unbestimmten Zusammensetzung entsprechend, wenig wirksam. Von allen Mischungen ist Phosphor und Kaliumchlorat die am leichtesten zu entzündende. Wenn die Mischung nur weißen Phosphor, Kaliumchlorat und den erforderlichen Klebestoff enthält, entzündet sie sich sogar zu leicht. Solche Reibzündhölzer geraten in Brand, wenn die Strahlen der Sonne in zufällig dauernder Weise darauf wirken, wenn man darauf tritt usw. Sie haben schon manchen Brand veranlaßt.

Deshalb sind die verschiedensten Oxydationsmittel vorgeschlagen und im Gebrauch, besonders das Gemenge von Bleihyperoxyd und Bleinitrat, welches entsteht, wenn man Mennige mit Salpetersäure behandelt. Es entsteht ein Gemisch, welches in dem salbenartigen Zustande gleich zu verwenden ist, und etwa 24 % Sauerstoff nicht nur enthält, sondern auch leicht abgibt.

Letzteres gilt eben nicht von jeder Sauerstoffverbindung unter den Bedingungen der gewöhnlichen Reibung und deshalb ist die Auswahl der Oxydationsmittel nicht so groß, wie es scheint.

Die zweite an das Oxydationsmittel zu stellende Forderung ist damit bezeichnet, daß es trocken bleiben muß. Zerfließliche Substanzen

sind natürlich nicht geeignet; aber auch andere Einwirkung der Atmosphärilien macht das Oxydationsmittel unbrauchbar.

Natriumhyperoxyd ruft z. B. auch schon beim Reiben die Entzündung von Schwefel hervor; trotzdem ist es in diesem Zusammenhange nicht zu brauchen, weil es durch Feuchtigkeit und Kohlensäure gänzlich verändert wird.

Ebenso ist die Beschaffenheit der zu verwendenden Klebmittel nicht gleichgültig.

Man kann animalischen Leim oder vegetabilische Klebstoffe (Pflanzengummi, Dextrin usw.) anwenden. Der Unterschied, daß ersterer nur im warmen Zustande flüßig ist und warm zu verarbeitende Masse liefert, ist von großem Einfluß auf die Entwicklung der Zündwarenindustrie. Er hat zu einem Verbot von einschneidender Wirkung geführt.

Wir sehen dabei zum ersten Male die Bedeutung der Gewerbehygiene. Ähnliches werden wir bei Benutzung des Quecksilbers usw. finden.

So bietet sich Gelegenheit, diese für die ganze chemische Industrie wesentliche Seite der Sache zu beleuchten.

Die Herstellung der Zündmasse, welche weißen Phosphor enthält, geschieht immer in der Wärme. Man muß Phosphor, Oxydationsmittel und Klebstoff innig vermengen und dies kann nur geschehen, wenn der Phosphor geschmolzen ist. Die bei diesem, dem ersten Prozeß, unvermeidlich entweichenden Dämpfe sind mit den Abzugsvorrichtungen, die für alle schädlichen Dämpfe benutzt werden, vollkommen zu entfernen, weil man die Apparate während der Arbeit sich selbst überlassen kann.

Anders steht es mit der nun folgenden Übertragung der Zündmasse auf die geschwefelten oder paraffinierten Hölzchen. Sie erfolgt durch Eintauchen in die warme Zündmasse, welche in dünner Schicht ausgebreitet ist und viel Dämpfe abgibt. Damit dies gleichmäßig vor sich gehe, ordnet man die Hölzchen in Rahmen an, wie die Buchdruckerlettern.

Dazu dienen linealartige Brettchen von 0,3 m Länge und 10 cm Breite, deren obere Seite mit fünfzig Rinnen versehen ist. Nachdem je fünfzig Hölzchen in diese Rinnen gelegt sind, spannt man zehn solcher Brettchen in einen Rahmen, stößt die zu weit hervorgetretenen Hölzchen zurück und hat dann fünfhundert zusammen, die etwa 1 cm hervorragen, wie die nachstehende Fig. 72 erkennen läßt.

Auch durch Maschinenarbeit wird solches Einlegen besorgt, so daß in einer Stunde 50—60 000 Stück eingelegt werden.

Wenn nun solche Rahmen mit Hölzchen einer nach dem andern sorgfältig in die warme Schicht der Zündmasse eingetaucht werden, indem sich die Arbeiter fortwährend darüber hinbeugen, ist die Einwirkung der Phosphordämpfe sicher zu erwarten. Man hat daher versucht, auch hierbei Abzugsvorrichtungen anzubringen, aber gefunden,

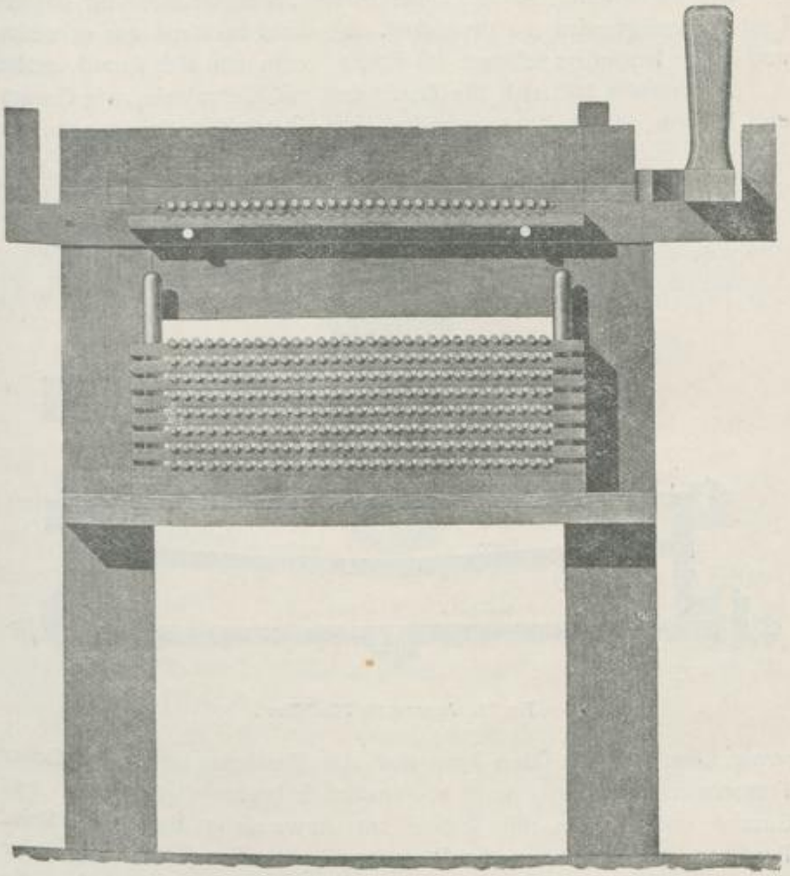

Fig. 72. Rahmen für Zündhölzer.

daß sie für solche Arbeit nicht passen. Ein Beispiel solcher mechanischen Tunkvorrichtung mit Abzug ist folgendes. Man läßt die Masse durch Walzen aufnehmen, welche sie auf die in Rahmen eingespannten Hölzer übertragen, wenn diese in einem überdachten Raum den Walzen zugeführt werden. Der ganze Raum, in dem sich auch eine Führungswalze für die Rahmen befindet, ist mit einem Exhaustor verbunden,

so daß wohl die Luft des Zimmers in diesen Raum eintreten kann sobald man öffnet, aber nicht umgekehrt.

Dabei liegt eine Dampfheizkammer, wie die Fig. 73 erkennen läßt, unter dem Massebehälter, aus welchem die Walze bei jedesmaliger Umdrehung Zündmasse aufnimmt.

Die Einrichtung ist für einen Betrieb, der vielfach von kleinen, Leuten besorgt wird, zu verwickelt. Sie wirkt meistens nur scheinbar und das ist besonders schlimm im Erfolg, wenn man sich darauf verläßt.

Andererseits läßt sich die Zündmasse mit Klebmitteln, wie Gummi und Dextrin, die kalt anzuwenden sind, herstellen, indem man nur

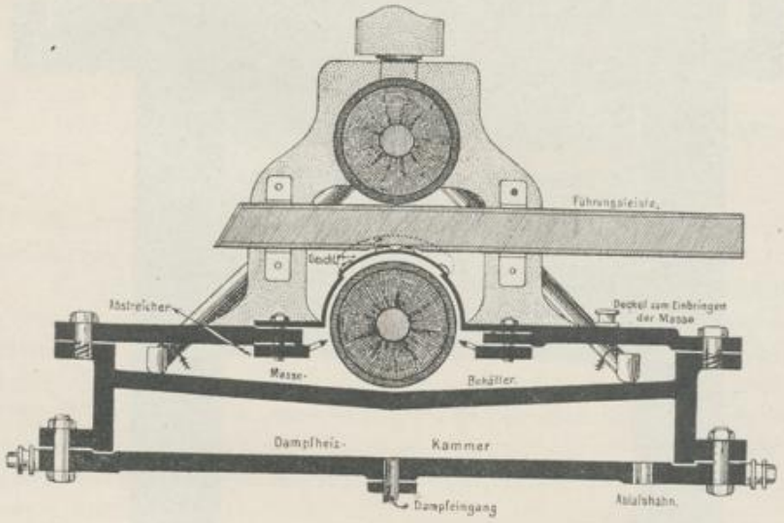

Fig. 73. Apparat für Zündhölzer.

wenig Leim zusetzt. Dann kann man das Massieren bei gewöhnlicher Temperatur vornehmen, muß aber natürlich besonders trocknen, weil Gummi und Dextrin mit Wasser zur Anwendung kommen. Beim Trocknen spielen wieder die Phosphordämpfe ihre Rolle. Kurz der Umstand, daß man es mit einer schädlichen Substanz zu tun hat, die bei der Arbeit fein zu verteilen ist und leicht verdampft, kommt in der einen oder anderen Weise zur Geltung.

Deshalb haben wir uns entschlossen, in Deutschland die Herstellung, die Einfuhr und den Verkauf der mit weißem Phosphor versehenen Zündhölzer zu verbieten.

Dadurch sind sie allerdings noch nicht aus der Welt geschafft; denn andere Staaten sind weniger rücksichtsvoll gegen die Arbeiter und

lassen die Sache vorläufig noch bestehen. Man findet Weißphosphorhölzer in England, Frankreich, Italien usw. Auch Belgien fabriziert solche Hölzer [1]), während sie in der Schweiz ebenso wie in Deutschland verboten sind.

Durch diese Verbote ist der Antrieb zu einer weiteren Entwicklung der ganzen Sache gegeben.

Denn bis auf weiteres scheint man bei uns angewiesen zu sein auf die

B. Sicherheitszündhölzer,

und es ergibt sich weiter, daß diese nicht allen Anforderungen genügen.

Zunächst ist anzugeben, wodurch sich diese Hölzer von den mit weißem Phosphor hergestellten unterscheiden.

Die Zündmasse dieser sehr verbreiteten Sicherheitszündhölzer enthält immer Kaliumchlorat und außerdem noch andere Oxydationsmittel, z. B.:

drei Oxydationsmittel	Kaliumchlorat	32 Teile,
	Kaliumbichromat	12 «
	Mennige	32 «
und ferner:	Schwefelantimon	24 «

Im wesentlichen hat man also dabei auf die erste Art der Reibzündhölzer, deren Zündmasse aus Kaliumchlorat und Schwefelantimon bestand, zurückgegriffen.

Wie gezeigt, fangen auch die Sicherheitszündhölzer beim Reiben Feuer, aber schwierig. Die Zündmasse enthält keinen Phosphor. Der letztere spielt nur eine Nebenrolle auf der Reibfläche. Die wesentliche Neuerung liegt in der Herstellung dieser Reibfläche, an welcher sich die Masse besonders leicht entzündet.

Die Masse der Reibfläche besteht gewöhnlich aus:

amorphem Phosphor	30	Teile,
Schwefelantimon	50	«
Braunstein	13	«
Farb- und Klebstoffen	7	«

Die Reibfläche setzt sich hiernach vorwiegend aus entzündlichen Stoffen zusammen, wie die Zündmasse vorwiegend aus Oxydationsmitteln. Die Voraussetzung für die gleichmäßige Zündung ist also:

1. daß beide Massen sehr gut vermischt und verteilt sind; denn die Berührungsstelle ist eine kleine und dort müssen jedesmal die Bedingungen erfüllt sein;

[1]) Vgl. Großmann, Chemische Industrie, 1910, 419.

2. daß die Reibfläche im ganzen nicht zu empfindlich ist; sonst würde sie bei erstmaliger Benutzung selbst abbrennen.

Deshalb hat man die Herstellung der beiden Massen unter Benutzung von Pulverisier- und von Mischtrommeln aufs feinste ausgebildet, überhaupt manche Verbesserung dabei eingeführt.

Die »Sicherheit« liegt darin, daß diese Hölzchen nicht an jeder Reibfäche, namentlich nicht an rauhen Flächen sich entzünden. Damit ist wieder verbunden, daß sie weniger bequem als die erstgenannten sind; man braucht eben zweierlei, um Feuer zu machen: Zündholz und Reibfläche.

Also bleibt ein weiterer Schritt zu tun, nämlich die Zündmasse herzustellen, welche allen Anforderungen genügt, insofern sie weder im Betriebe Übelstände hervorruft, wie der weiße Phosphor, noch bei der Benutzung Schwierigkeit macht, sondern an jeder Reibfläche und leicht zündet.

Eine solche Masse hat schon eine gewisse Bedeutung erlangt. Sie besteht aus Sulfophosphit, also Schwefel und Phosphor enthaltender Verbindung, Zinkoxyd und Kaliumchlorat.

Im ganzen ist es somit das Kaliumchlorat, welches sich wie ein roter Faden in der neueren Entwicklung bemerklich macht, während der Phosphor nur noch Nebenrollen spielt. Die ganze Sache ist aber noch nicht als abgeschlossen zu betrachten.

Es handelt sich hier um eine lohnende Aufgabe; denn die Industrie der Zündwaren ist groß. Im Jahre 1832, als der Betrieb sich entwickelte, galt eine Fabrik, die jährlich 30 Millionen Zündhölzer machte, für groß, und 1000 Stück kosteten 12—15 Mark.

Jetzt ist der Preis des einzelnen Stückes so gering geworden, daß es im einzelnen keinen Wert mehr besitzt; aber die Mengen, die in dem Betriebe umgehen, lassen die Bedeutung hervortreten. Wir machen in Deutschland jährlich etwa 90 000 Millionen, das sind 90 Milliarden Zündhölzer; daran beteiligen sich über hundert größere Fabriken und unzählige kleinere Betriebe in den holzreichen Bergen.

Viele Zündwaren werden in fremde Länder ausgeführt, und wer eine allen Anforderungen entsprechende Zündmasse findet, wird nicht nur selbst belohnt, sondern leistet der Welt einen großen Dienst. Denn dadurch wird der weiße Phosphor endgültig aus diesem Betriebe entfernt, während jetzt noch die beiden Arten von Zündwaren nebeneinander hergehen, die bezeichnet wurden als Weißphosphor- und Sicherheitszündhölzer.