

## Ein neuer Universal-Sprengstoff.

Von Dr. ALFRED STETTBACHER, Zürich.

Vorgetragen in der Fachgruppe für organische Chemie auf der Hauptversammlung des V. d. Ch. zu Frankfurt a. M. am 14. Juni 1930.  
(Eingeg. 4. Juli 1930.)

In einer ersten Abhandlung, erschienen in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup>, und ausführlicher dann in einem Vortrage<sup>2)</sup>, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Breslau, habe ich über einen neuen, nitroglycerinhaltigen Sprengstoff berichtet, der zufolge seiner mäßigen Schlagempfindlichkeit nicht nur ganz allgemein zu militärischer Verwendung geeignet ist, sondern auch, kraft seiner überlegenen Brisanz, als die letzte artilleristische Möglichkeit unter den erschöpften Mitteln im Kampf gegen die modernen Panzerwiderstände erscheint. Dieser, inzwischen unter dem Namen Penthritinit bekanntgewordene Sprengstoff ist ein plastisches Gemisch von 70—90% kristallinem Pentaerythrit-tetranitrat (abgekürzt: Penthrit) und 30—10% Nitroglycerin oder einem schwergefrierbaren Gemenge von Nitroglycerin mit Nitroglykol<sup>3)</sup>. Wegleitend für diese Zusammensetzung war vor allem der Umstand, daß durch den Hinzutritt des flüssigen Esters eine weniger gefährliche Verdichtung des pulverförmigen Hauptbestandteils möglich wurde und gleichzeitig der Energieinhalt über den Calorienwert des Penthrits gesteigert werden konnte. Um die für eine militärische Verwendung unbedingt erforderliche Homogenität und Preßbarkeit des Penthritinit zu sichern, durfte nicht über einen Gehalt von 30% Sprengöl gegangen werden, so sehr gerade ein höherer Nitroglycerinanteil als Energiezuwachs erwünscht gewesen wäre. Denn Pentaerythrit-tetranitrat mit einem Sauerstoffmangel von — 10,1%, und Nitroglycerin mit einem Sauerstoffüberschuß von + 3,5% führen im stöchiometrischen Verhältnis 25,82 zu 74,18 zu der energiereichsten Kombination. Eine solche Mischung jedoch würde sich bald in die zu Boden sinkenden, schweren Penthritkristalle und das darüber lagernde Sprengöl trennen, d. h. bei der Zündung ihrer zugesetzten Wirkung größtenteils verlustig gehen. Es mußte daher ein Mittel zur gleichmäßigen Verteilung und Fixierung des Penthrits im Sprengöl gefunden werden, sollten nicht gerade die kräftigsten und billigsten Penthritgemische ein Objekt der Theorie und ständiger Wunsch der Praxis bleiben.

Dies Mittel fand sich in der Collodiumwolle, welche zufolge ihrer bekannten Quellbarkeit in Nitroglycerin und ihres ausgesprochenen Adhäsievermögens zum aliphatischen Penthrit eine „feste Verteilung“ der beiden Penthritinitbestandteile in jedem Mengenverhältnis gestattet. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Reihenfolge die drei Komponenten zur gelatinisierten Vereinigung gebracht werden, da es z. B. sehr leicht gelingt, 80% lockeres Penthritpulver mit 20% einer fertigen, zähen Sprenggelatine zu einer gleichmäßigen, beim stärkeren Pressen plastisch werdenden Masse zu zerreiben. Ein weiterer Vorteil des gelatinisierten wie auch gewöhnlichen Penthritinit liegt darin, daß diese Sprengstoffgemenge ganz nach Wunsch phlegmatisiert und, sofern für militärische Zwecke noch erforderlich, stabilisiert werden können, indem man einfach die

<sup>1)</sup> Pentaerythrit-tetranitrat als Militärsprengstoff, S. 716/18 [1928], ferner: Ztschr. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen 1928, 345/48 (Pentaerythrit-tetranitrat-Nitroglycerin-Gemisch als Geschoß- und Zündsprengstoff höchster Brisanz).

<sup>2)</sup> Chem.-Ztg. 1929, 533/34 u. 554/56 („Penthritinit“ als Geschoßfüllmittel).

<sup>3)</sup> D. R. P. 500 272 sowie Auslandspatente.

entsprechenden Zusätze, wie z. B. Campher und Centralit, im Sprengöl löst.

Innerhalb eines Mischungsverhältnisses von 10 bis 70% Pentaerythrit-tetranitrat und 90 bis 30% Nitroglycerin erscheint das Gelatine-Penthritinit<sup>4)</sup> als die zerstörungsgewaltigste Substanz der Technik, als die schon lange gesuchte Verkörperung von Energie und bleibender Detonationsgeschwindigkeit, die den seit 1873 für unüberwindlich gehaltenen Rekord der Nobelschen Sprenggelatine endgültig bricht. Dabei vereinigt der neue Sprengstoff hinsichtlich Schlagempfindlichkeit, Stabilität und Gestehungspreis alle praktisch erforderlichen Eigenschaften, die zu einer militärischen wie auch gewerblichen Verwendung unerlässliche Bedingung sind.

In der folgenden Tabelle sind die Schlagempfindlichkeiten<sup>5)</sup> verschiedener Penthritinit im Vergleich zu bekannten Sprengstoffen wiedergegeben. Unter dem 2-kg-Fallgewicht im Kaschischen Apparat trat gerade noch Explosion ein bei einer

|  | Höhe von |
|--|----------|
| Nitroglycerin  | 5 cm     |
| Glykoldinitrat   | 7 "      |
| Pentaerythrittetranitrat   | 27 "     |
| Penthritinit 80/20   | 29 "     |
| Penthritinit 80/20 mit 0,5% Collodiumwolle und 0,2% Centralit  | 35 "     |
| Penthritinit 80/20, bestehend aus 80% Penthrit, vermengt mit 20% einer Kriegssprenggelatine, bestehend aus 80 g Sprengöl, 7 g Collodiumwolle und 4 g Campher | 40 "     |
| Penthritinit 50/50, bestehend aus 50% Penthrit und 50% derselben gecampherten Sprenggelatine   | 40 "     |
| Tetranitromethylanilin (Tetryl)  | 30—31 "  |
| Pikrinsäure  | 37—38 "  |

Aus diesen Zahlen ersieht man, daß das nitroglycerinhaltige Penthritinit weniger schlagempfindlich ist als das kristallisierte Penthrit für sich allein, und daß schon eine geringe Gelatinierung genügt, die Empfindlichkeit unter diejenige des Tetryls herabzusetzen. Mit der plegmatisierten Mischung: 50% Penthrit, 44% Nitroglycerin, 3,8% Collodiumwolle und 2,2% Campher wird sogar die choc- und schußsichere Pikrinsäure überholt, bei einer militärisch noch nie dagewesenen Kraftentfaltung und Brisanz. Nun genügt aber — wie der Weltkrieg ja mehr als hinreichend bewiesen hat — die Pikrinsäure artilleristisch allen mechanischen Beanspruchungen; die Behauptung, daß dies erst mit dem noch weniger empfindlichen Trinitrotoluol der Fall sei, ist ganz und gar nicht stichhaltig, denn dieser Sprengstoff ist hauptsächlich wegen seiner völligen Neutralität und der dadurch bedingten Eignung zum Einheitsgeschoß eingeführt worden, und hat die saure, in der Herstellung und Verarbeitung auch sonst unangenehme Pikrinsäure aus chemischen Gründen verdrängt.

Nach den überstimmenden Versuchen verschiedener Prüfstellen weisen Tetryl und schwergefrierbares Penthritinit ziemlich genau dieselbe Schlagempfind-

<sup>4)</sup> Patentanmeldungen in den wichtigsten Ländern.

<sup>5)</sup> Mitgeteilt von Dr. C. Rubin, Direktor der Schweiz. Cheddite & Dynamit A.-G., für dessen Unterstützung auch an dieser Stelle gedankt sei.

lichkeit auf und haben sich, soweit bekannt, für kleinere Kaliber als durchaus geschoßtauglich erwiesen. Wenn

ausbauchungen und den verschiedenen Schußbildern überein. Auch die übrigen Prüfungsarten, ausgeführt von Militärverwaltungen und ausländischen Sprengstofffabriken, sprechen für Penthrinit als einem einzig dastehenden Sprengmittel der Gegenwart.

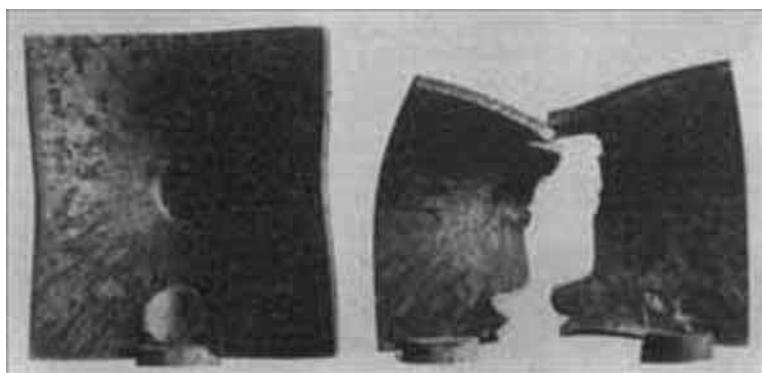


Abb. 1. Je 80 g Sprengstoff derselben Ladedichte, detoniert in Eisentiegeln über 10 mm dicken Eisenplatten.

Tetryl. Penthrinit, bestehend aus  
80% Penthrit,  
15% Nitroglycerin,  
5% Glykoldinitrat.

das bis heute als der stärkste Militärsprengstoff geltende Tetryl noch keine allgemeinere Bedeutung hat erlangen können, so trägt die einzige Schuld daran sein hoher Preis, etwa 7,5 M. je Kilogramm. Demgegenüber lässt sich Penthrit, bei einem gegenwärtigen Handelspreis von 3,80 M. für den festen Ausgangsalkohol und unter Berücksichtigung einer Nitrierausbeute von rund 220% Penthrit, zu einem Drittel des Tetrylpreises herstellen.

In der folgenden Zusammenstellung sind die sprengtechnisch wichtigsten Zahlen einiger Penthinitmischungen neben denjenigen der gewerbl. und militärisch wichtigsten Sprengstoffe angeführt. Die zum Teil theoretisch berechneten, zum Teil interpolierten Werte stimmen gut mit den Bleiblock-

Die nachstehenden Brisanzphoto-gramme veranschaulichen die Wirkung frei aufliegender Sprengladungen von 30 bzw. 50 g, die in starken Eisentiegeln über 10 bzw. 7 mm dicken Eisenwalzblechplatten mittels Knallquecksilberkapsel Nr. 8 zur Detonation gebracht wurden. Um die Durchschläge sowie die Strahlung durch die Tiegelsplitter deutlicher hervortreten zu lassen, wurde die Platte auf einen glatt geschliffenen, starkwandigen Eisenrohrstutzen gestellt, und zwar derart, daß die oben aufliegende Tiegelladung zentrisch über die Öffnung des Stutzens zu liegen kam.

Während die Sprenggelatine ebenso wie die hochprozentigen Gelatinedynamite meist schon nach wenigen Tagen, stets aber nach

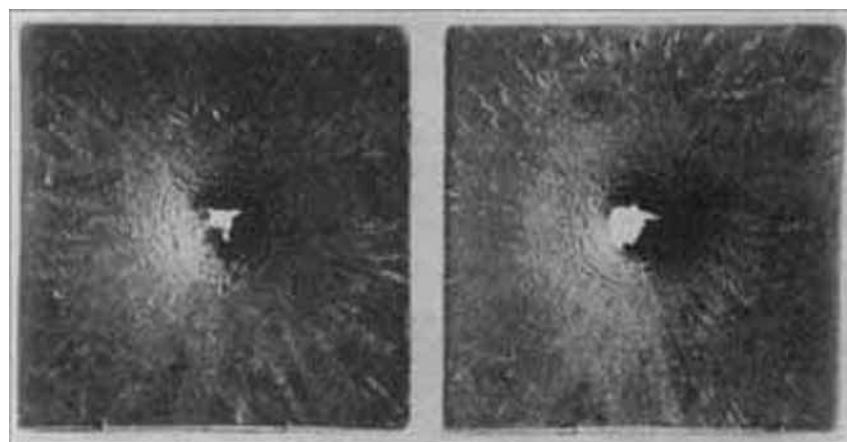


Abb. 2. Je 30 g, detoniert über 10-mm-Platten.  
 Beste Fabrik-Sprenggelatine 50/50-Penthrinit.  
 (5 Tage alt).

|   | Detonationsgeschwindigkeit*)<br>m/sec. | Explosionswärme (H <sub>2</sub> O<br>gasförmig)<br>cal/kg | Anwendbare<br>Maximal-<br>dichte | Calorien je<br>Litergewicht | Ausbauchung im Bleiblock |                 |
|---|--|---|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
|   |  |   |                                  |                             | cm <sup>3</sup>          | cm <sup>3</sup> |
| Pentaerythrittetranitrat (Penthrit) . . . . .             | 8600                                   | 1403,2  | 1,70                             | 2395                        | 481                      | 537             |
| Nitroglycerin . . . . .                                   | 7450                                   | 1485  | 1,59                             | 2361                        |                          |                 |
| Glykoldinitrat . . . . .                                  | 7800                                   | 1581  | 1,49                             | 2356                        |                          |                 |
| Sprengluft-Carben (Sauerstoff 97% ig) . . . . .           | 5180                                   | 2180  | 1,04                             | 2267                        |                          |                 |
| Sprenggelatine 92/8, frisch hergestellt . . . . .         | 7800                                   | 1540  | 1,63                             | 2510                        |                          |                 |
| <hr/>   |  |   |                                  |                             |                          |                 |
| Penthritinit 80/20 . . . . .                              | 8600                                   | 1449,5  | 1,72                             | 2493                        | 530                      | 621             |
| " 80/15 Nitroglycerin                                     | 8600                                   | 1446,9  | 1,71                             | 2474                        | 528                      |                 |
| " 5/5 Glykoldinitrat                                      | 8500                                   | 1472,6  | 1,705                            | 2511                        |                          |                 |
| " 50/50 . . . . .   | 8400                                   | 1518,9  | 1,68                             | 2552                        |                          |                 |
| " 50/48 Nitroglycerin mit 2 %<br>Collodiumwolle . . . . . | 8400                                   | 1495,9  | 1,68                             | 2513                        |                          |                 |
| " 40/60 . . . . .   | 8200                                   | 1542,0  | 1,67                             | 2575                        |                          |                 |
| " 25, 82/74, 18 oxydativ restlos zerfallend               | 8000                                   | 1574,8  | 1,65                             | 2598                        |                          |                 |
| <hr/>   |  |   |                                  |                             |                          |                 |
| Tetranitromethylanilin (Tetryl) . . . . .                 | 7200                                   | 1090  | 1,65                             | 1798                        | 383                      |                 |
| Trinitrotoluol (Trotyl) . . . . .                         | 6700                                   | 950   | 1,59                             | 1511                        | 289                      | 296             |

<sup>\*)</sup> Nach den Bestimmungen von Kast und von Naoum; Penthrinit-Werte interpoliert und geschätzt auf Grund der Plattenbeschuss-Bilder.

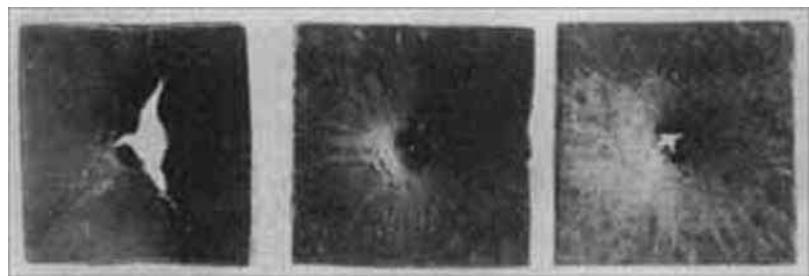


Abb. 3. 30 g über 10-mm-Platten.  
Penthinit 40/60. Nitroglycerin Fabrik-Spreng-  
(frisch hergestellt). gelatine (5 Tage alt).

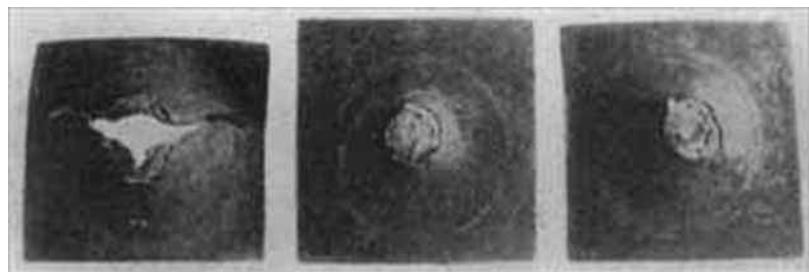


Abb. 4. 30 g über 10-mm-Platten.  
Penthinit 40/60. Nitroglycerin Glykoldinitrat  
(frisch, lufthaltig). (geschüttelt, lufthaltig).

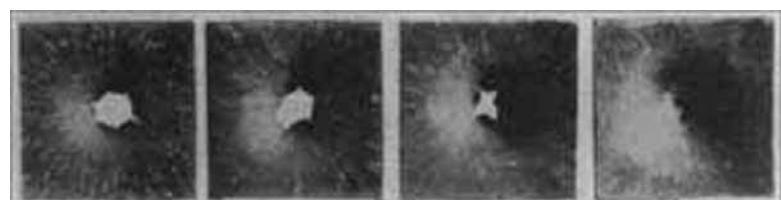


Abb. 5. 30 g über 7-mm-Eisenplatten.  
Kriegsgelatine-Penthinit Kriegsspreng-  
50% Penthrit 20% Penthrit gelatine  
50% Kriegsspreng- 80% Kriegsspreng-  
gelatine gelatine

|                    |                    |  |
|--------------------|--------------------|--|
| 80 g Nitroglycerin | 7 g Collodiumwolle | Fabrik-Spreng-<br>gelatine<br>(5 Wochen alt) |
| 4 g Campher        |                    |  |

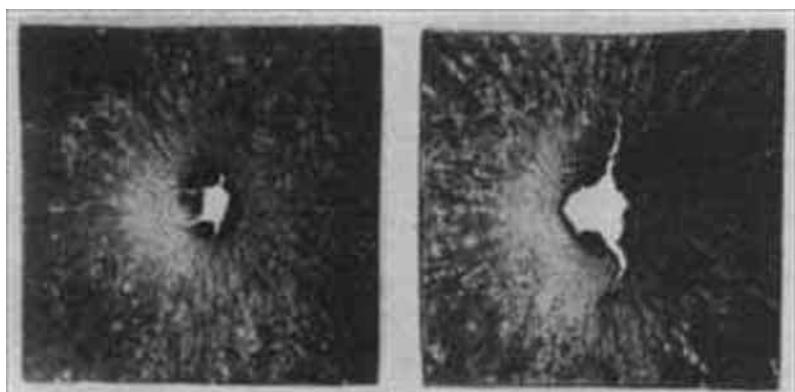


Abb. 6. Je 50 g über 10-mm-Platten.  
Beste Laboratoriums- Gelatine-Penthinit, be-  
Sprenggelatine 92/8, stehend aus 40 g Penthrit,  
8 Stunden alt. 40 g Nitroglycerin,  
1 g Collodiumwolle  
(8 Wochen gelagert).

einigen Wochen Lagerung jenen gefürchteten Brisanzabfall zeigt (Abb. 5), der diesem Sprengstoff als ein schwerer Nachteil anhaftet, haben die gewöhnlichen und gelatinierten Penthritine den großen Vorzug, ihre ursprüngliche Detonationsgeschwindigkeit auch bei unbegrenzter Lagerdauer beizubehalten und stets mit derselben, maximalen Brisanz zu explodieren. Dieser Umstand ist besonders wichtig bei der gecampherten, sog. Kriegs-Sprenggelatine, wo schon ein Zusatz von 20% Penthrit die Wirkung auffällig erhöht (Abb. 5). Noch deutlicher tritt diese Erscheinung der Detonationsanregung bei der Penthritnitgelatine in Abb. 7 hervor; denn hier sind es bloß 15% Penthrit, welche — mit einer ganz geringen Preiserhöhung — die Energie und Detonationsgeschwindigkeit steigern<sup>6)</sup>.

Hervorragend ist ferner die Wirkung des gewöhnlichen und gelatinierten Penthritins in Verbindung mit Sauerstoffsalzen. So ergibt ein Ammonpenthrit, bestehend aus 40% Penthrit, 10% Nitroglycerin, 1,7% Vaseline und 48,3% Ammonsalpeter noch annähernd die Wirkung frisch bereiteter Sprenggelatine.

Auch diese, mit Nitraten oder Perchlorationen verdünnten Penthritine behalten ihre Explosionsgeschwindigkeit auf jede Dauer und in jedem Klima bei und besitzen ein weit über alle Dynamite hinausgehendes Detonations-Übertragungswermögen. Die größte aller Explosionsgewalten entfesselt wohl ein Penthrit, dem die zur vollständigen Oxydation erforderliche Menge Ammonperchlorat einverleibt worden ist (Abb. 7).

Für viele Zwecke, von den militärischen ganz zu schweigen, kann es gar keine „zu starken“ Sprengstoffe geben, so vor allem bei Tunnelierungen im harten Gestein, beim Niederlegen von Eisen- und Betonkonstruktionen, bei dem in Amerika entwickelten seismographischen Abklopfen der Erdrinde und den darauffolgenden Bohrungen nach Ölquellen. Vermehrte Leistung im Patronenstrang, Energiekonzentration im Bohrloch; das ist die neue Lösung, und nur diejenigen Sprengmittel werden der Zukunft gehören, die auf dem kleinsten Raum und in der kürzesten Zeit die größten Leistungen vollbringen, und es erscheint schon heute als Widersinn, theoretisch unbefriedigende Sprengstoffe, wie z. B. Tetranitromethylanilin, Hexanitrodiphenylamin und nicht zuletzt auch Nitrocellulose, mühsam über eine Kette kunstvoller Operationen aufzubauen oder zu reinigen, während die moderne Chemie einfachere Mittel zu vollkommeneren Sprengstoffen bietet.

<sup>6)</sup> Die auffällige Durchschlagsüberlegenheit der mittleren Penthritine zeigt, daß die errechneten Explosionswärmen gegenüber dem Calorienbetrag der Sprenggelatine entweder noch zu niedrig bemessen sind oder dann der Sprenggelatinewert, wie die verschiedenen, auseinandergehenden Berechnungen vermuten lassen, überhaupt zu hoch genommen ist.

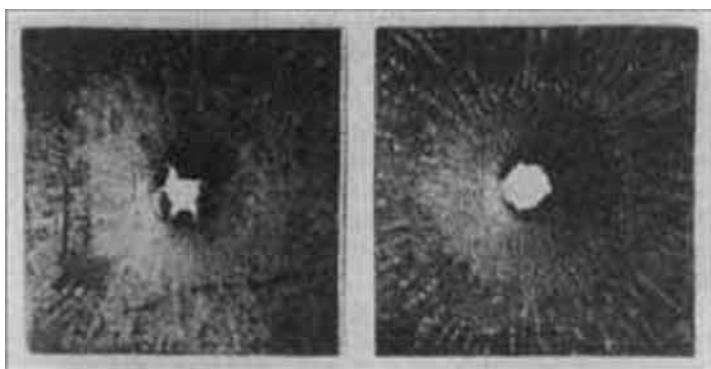


Abb. 7. 50 g über 10-mm-Platten.

| Gelatine-Penthrinit aus 15,5% Penthrit, 77,5% Nitroglycerin, 7,0% Collodiumwolle (6 Wochen gelagert). | Gelatine-Penthrinit aus 59,0% Penthrit, 24,7% Nitroglycerin, 0,6% Collodiumwolle, 15,7% $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ . |
|---|---|
|---|---|

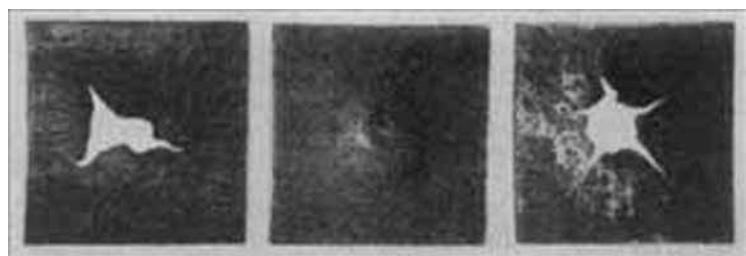


Abb. 8.

| Ammon-Penthrinit   | Gelatine-Dynamit   | Sprenggelatine 92/8 (ganz frisch). |
|--|--|------------------------------------|
| 40,6% Penthrit, 7,6% Nitroglycerin, 2,6% Glykoldinitrat, 1,7% Vaseline, 47,5% Ammonsalpeter. | 62,5% Nitroglycerin, 2,5% Collodiumwolle, 27,0% Ammonnitrat, 8,0% Holzmehl (2 Wochen alt). | [A. 76.]                           |

## Goethe und die Chemie.

Von P. WALDEN, Rostock.

(Vorgetragen in der Allgemeinen Sitzung der Hauptversammlung des V. d. Ch. in Frankfurt a. M. am 12. Juni 1930.)

(Eingeg. 16. Juli 1930.)

(Fortsetzung aus Heft 36, S. 797.)

### II. Goethes Beziehungen zu chemisch-technischen Experimentalforschungen seiner Zeit.

Am 16. März 1823 schrieb der Altmeister Goethe in einer Widmung an Alex. v. Humboldt:

„Wo der Mensch im Leben hergekommen, die Seite, von der er in ein Fach hereingekommen, läßt ihm einen bleibenden Eindruck, eine gewisse Richtung seines Ganges für die Folge, was natürlich und notwendig ist.“

Diese Worte wendet Goethe auf sich an, hinsichtlich seines „Hereinkommens“ in die Geognosie, wir möchten aber sie auch anwenden auf seine Beschäftigung mit chemisch-technischen Problemen: er kam in dieselben „herein“ als Straßburger Student (1770), beim Besuch des Saargebietes! Er vertiefte sich in dieselben als Weimarer Minister, er verfolgte sie wissenschaftlich von Weimar und Jena aus bis zu seinem Lebensende (1832).

Manche ähnlichen Züge zwischen den technischen Problemen der Vergangenheit und Gegenwart treten uns nun entgegen. Mit Göttling bearbeitet Goethe (1799 ff.) die Frage der lohnenden Gewinnung des Zuckers aus den Runkelrüben<sup>25)</sup>. Dieses Sorgenkind wird bald durch andere Zeitprobleme abgelöst, wobei die Ereignisse weltpolitischer Art einen Impuls geben. Es ist die Kontinentalsperre (1806—1812/13), welche die Zufuhr von Kolonialwaren aus England abschneidet. Da gilt es — einst wie unlängst — „Ersatzprodukte“ zu ersinnen. „Zucker und Alkohol aus Sägespähnen“ heißt es heute, — einst regte die Kunde von der Entdeckung des Apothekers Kirchhof (1811) in Petersburg die Gemüter auf: Zucker und Alkohol aus Stärkemehl! Neue elektrische Glühlampen feuern heute die Erfinder zum Weiterschaffen an, damals war es die englische Erfindung der Gasbeleuchtung (1812), welche die deutschen Forscher in Bewegung setzte. „... Wenn die Lichter ohne Putzen brennen“, — war dies nicht auch Goethes Herzenswunsch? (Eine bedeu-

tende und anregende Rolle in all diesen Fragen spielte damals der Professor der Freiberger Bergakademie, Willi. Aug. Lampadius, der schon am Ende des XVIII. Jahrhunderts künstlichen Dünger systematisch anwandte, 1799 Zucker aus Runkelrüben darstellte, 1812 die Gasbeleuchtung einföhrte usw. Über Lampadius als Agrikulturchemiker vgl. O. Nolte, Die Ernährung der Pflanze, XXII, Nr. 17, 1926.)

Vor einigen Jahrzehnten standen wir im Banne der technischen Indigo synthese. Auch vor hundert Jahren gab es ein Indigoproblem und -fieber, es war der Waidindigo, es wurde (v. Reisch, Erfurt, 1812) bereits der „Sieg des Waidindigo über den ausländischen Indigo“ verkündet! Man suchte auch nach neuen Zündpulvern. Man möchte einen neuen verbesserten Stahl erfinden; man möchte — wie Fraunhofer in München — auch in Jena und Weimar geeignete optische Gläser erfinden und fabrizieren. Man hat gemeinsame Sorgen um die Hebung des chemisch-technischen Unterrichts, um die Ausgestaltung des chemischen Laboratoriums in Jena usw. Unter den Mitarbeitern Goethes und seines aufgeklärten Fürsten Carl August ist es namentlich Döbereiner<sup>26)</sup>, der am längsten und verständnisvollsten an allen diesen Plänen mitgearbeitet hat. Es ist gleichsam — um einen berühmten Zeitbegriff zu gebrauchen — eine klassische „Interessengemeinschaft“ I. G., die sich von 1810—1832 etabliert, um chemisch-technische Großprobleme im Kleinbetriebe, mit unzureichenden Mitteln, zu lösen —, die Dividenden dieser „I. G.“ waren leider meist negativ!

Verweilen wir etwas eingehender bei diesen Problemen unserer klassischen „I. G.“.

<sup>25)</sup> Vgl. a. E. O. v. Lippmann, Goethe und die Zuckerfabrikation, Beiträge zur Gesch. d. Naturwiss., S. 275 [1923].

<sup>26)</sup> Daß Goethe gerade durch Döbereiner auch wissenschaftlich hervorragend beeinflußt wurde, erhellt schon aus dem Umstande, daß Döbereiner in den Jahren 1815 und 1817 dem großen Dichter fast einen förmlichen Unterricht erteilen durfte über die „Geheimnisse der Stöchiometrie“, die damals durch Berzelius' klassische Untersuchungen aktuell geworden war (vgl. auch Schiff, Briefwechsel usw., S. XXX).