

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 Zeitschrift¹⁾, und ausführlicher dann in einem Vortrage²⁾, 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 *Penthrinit* bekanntgewordene Sprengstoff ist ein plastisches Gemisch von 70–90% kristallinem Pentaerythrit-tetranitrat (abgekürzt: *Penthrinit*) und 30–10% Nitroglycerin oder einem schwergefrierbaren Gemenge von Nitroglycerin mit Nitroglykol³⁾. 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 Penthrinites 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 zugeordneten 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 Penthrinitgemische 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 Adhärenzvermögens zum aliphatischen Penthrinit eine „feste Verteilung“ der beiden Penthrinitbestandteile in jedem Mengenverhältnis gestattet. Dabei ist es gleichgültig, in welcher Reihenfolge die drei Komponenten zur gelatinierten 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 gelatinierten wie auch gewöhnlichen Penthrinites liegt darin, daß diese Sprengstoffgemenge ganz nach Wunsch *phlegmatisiert* und, sofern für militärische Zwecke noch erforderlich, *stabilisiert* werden können, indem man einfach die

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-Penthrinit*⁴⁾ 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*⁵⁾ verschiedener Penthrinite im Vergleich zu bekannten Sprengstoffen wiedergegeben. Unter dem 2-kg-Fallgewicht im Kastschen Apparat trat gerade noch Explosion ein bei einer

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

Aus diesen Zahlen ersieht man, daß das nitroglycerinhaltige *Penthrinit* weniger schlagempfindlich ist als das kristallisierte Penthrinit für sich allein, und daß schon eine geringe Gelatinierung genügt, die Empfindlichkeit unter diejenige des Tetryls herabzusetzen. Mit der phlegmatisierten Mischung: 50% Penthrinit, 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 Einheitsgeschloß eingeführt worden, und hat die saure, in der Herstellung und Verarbeitung auch sonst unangenehme *Pikrinsäure* aus chemischen Gründen verdrängt.

Nach den übereinstimmenden Versuchen verschiedener Prüfstellen weisen *Tetryl* und schwergefrierbares *Penthrinit* ziemlich genau dieselbe Schlagempfind-

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

²⁾ Chem.-Ztg. 1929, 533/34 u. 554/56 („Penthrinit“ als Geschloßfüllmittel).

³⁾ D. R. P. 500 272 sowie Auslandspatente.

⁴⁾ Patentanmeldungen in den wichtigsten Ländern.

⁵⁾ 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.

Die nachstehenden Brisanzphotogramme veranschaulichen die Wirkung freiaufliegender Sprengladungen von 30 bzw. 50 g, die in starken Eisentiegeln über 10 bzw. 7 mm dicken Eisenwalsblechplatten 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

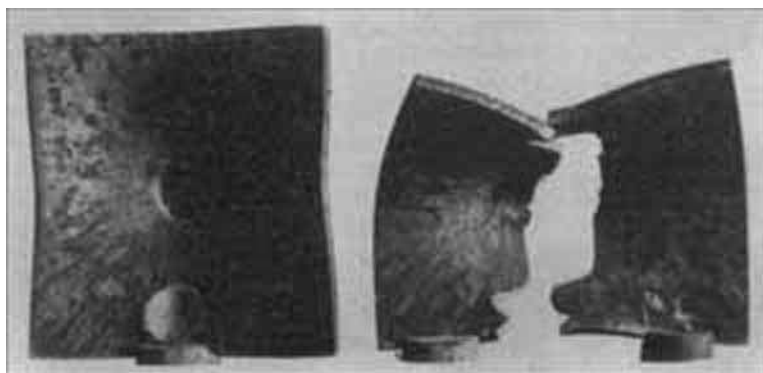


Abb. 1. Je 80 g Sprengstoff derselben Ladedichte, detoniert in Eisentiegeln über 10 mm dicken Eisenplatten.

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 Penthrinit, bei einem gegenwärtigen Handelspreis von 3,80 M. für den festen Ausgangsalkohol und unter Berücksichtigung einer Nitrierungsbeute von rund 220% Penthrit, zu einem Drittel des Tetrylpreises herstellen.

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

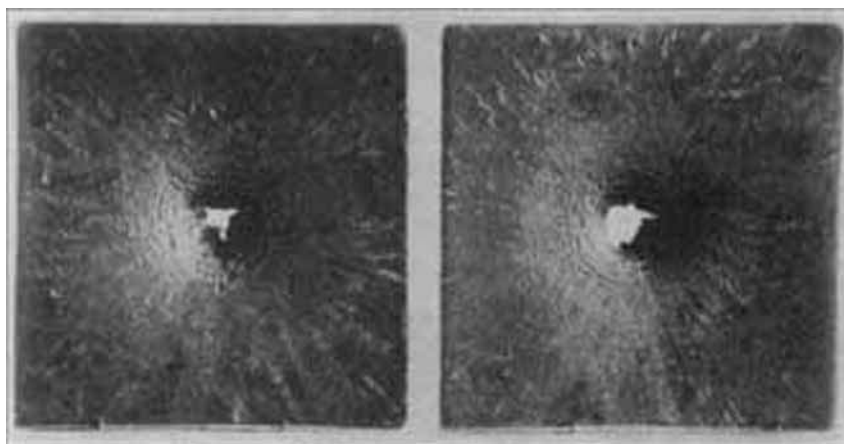


Abb. 2. Je 30 g, detoniert über 10-mm-Platten.
Beste Fabrik-Sprenggelatine (5 Tage alt). 50/50-Penthrinit.

	Detonations- geschwin- digkeit*)	Explosions- wärme (H ₂ O gasförmig)	Anwendbare Maximal- dichte	Calorien je Litergewicht	Ausbauchung im Bleiblock	
	m/sec.	cal/kg			cm ³	
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		
Penthrinit 80/20	8600	1449,5	1,72	2493	530	621
" 80/15 Nitroglycerin	8600	1446,9	1,71	2474		
" 80/5 Glykoldinitrat	8600	1446,9	1,71	2474		
" 70/30	8500	1472,6	1,705	2511		
" 50/50	8400	1518,9	1,68	2552		
" 50/48 Nitroglycerin mit 2%	8400	1495,9	1,68	2513		
" 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		
Tetranitromethylanilin (Tetryl)	7200	1090	1,65	1798	289	383
Trinitrotoluol (Trotyl)	6700	950	1,59	1511		

*) Nach den Bestimmungen von Kast und von Naoum; Penthrinit-Werte interpoliert und geschätzt auf Grund der Plattenbeschuß-Bilder.

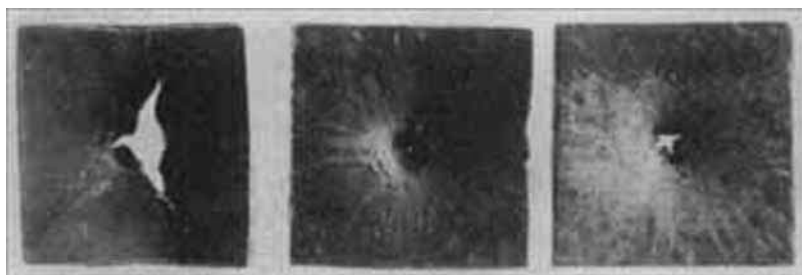


Abb. 3. 30 g über 10-mm-Platten.
Penthrinit 40/60. Nitroglycerin (frisch hergestellt). Fabrik-Sprenggelatine (5 Tage alt).

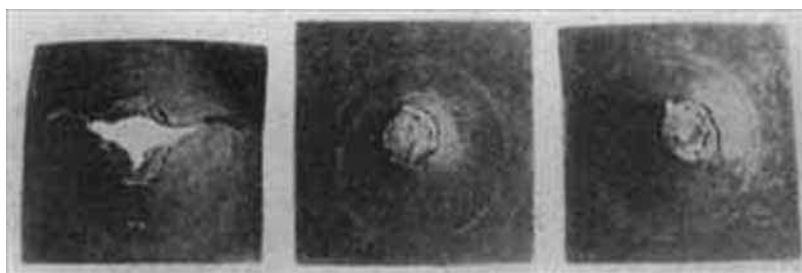


Abb. 4. 30 g über 10-mm-Platten.
Penthrinit 40/60. Nitroglycerin (frisch, lufthaltig). Glykoldinitrat (geschüttelt, lufthaltig).

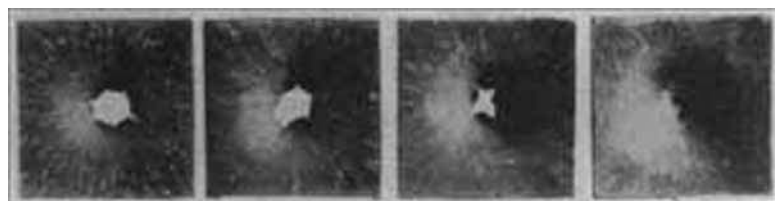


Abb. 5. 30 g über 7-mm-Eisenplatten.
Kriegsgelatine-Penthrinit 50% Penthrinit, 50% Kriegssprenggelatine. Kriegssprenggelatine 20% Penthrinit, 80% Kriegssprenggelatine. Kriegssprenggelatine 80 g Nitroglycerin, 7 g Collodiumwolle, 4 g Campher. Fabrik-Sprenggelatine (5 Wochen alt).

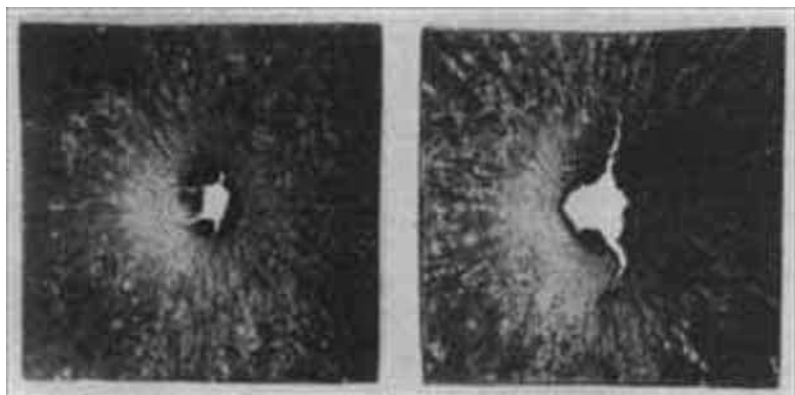


Abb. 6. Je 50 g über 10-mm-Platten.
Beste Laboratoriums-Sprenggelatine 92/8, 8 Stunden alt. Gelatine-Penthrinit, bestehend aus 40 g Penthrinit, 40 g Nitroglycerin, 1 g Collodiumwolle (8 Wochen gelagert).

einigen Wochen Lagerung jenen gefürchteten Brisanzabfall zeigt (Abb. 5), der diesem Sprengstoff als ein schwerer Nachteil anhaftet, haben die gewöhnlichen und gelatinierten Penthrinite 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 gecamphten, sog. Kriegs-Sprenggelatine, wo schon ein Zusatz von 20% Penthrinit die Wirkung auffällig erhöht (Abb. 5). Noch deutlicher tritt diese Erscheinung der Detonationsanregung bei der Penthrinitgelatine in Abb. 7 hervor; denn hier sind es bloß 15% Penthrinit, welche — mit einer ganz geringen Preiserhöhung — die Energie und Detonationsgeschwindigkeit steigern⁶⁾.

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

Auch diese, mit Nitraten oder Perchloraten verdünnten Penthrinite behalten ihre Explosionsgeschwindigkeit auf jede Dauer und in jedem Klima bei und besitzen ein weit über alle Dynamite hinausgehendes Detonations-Übertragungsvermögen. Die größte aller Explosionsgewalten entfesselt wohl ein Penthrinit, 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.

⁶⁾ Die auffällige Durchschlagsüberlegenheit der mittleren Penthrinite 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.

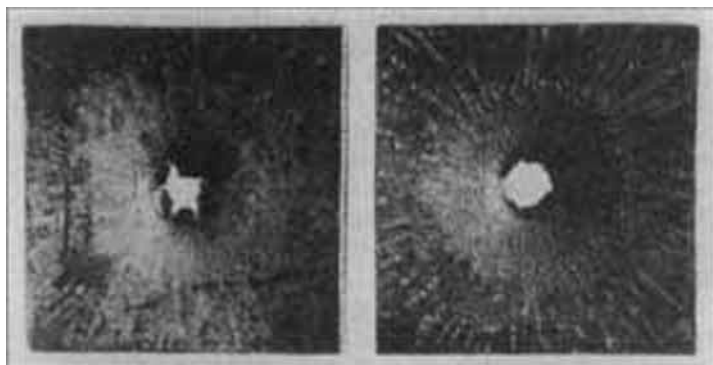


Abb. 7. 50 g über 10-mm-Platten.

Gelatine - Penthrinit	Gelatine - Penthrinit -
aus 15,5% Penthrinit,	Perchlorat aus
77,5% Nitroglycerin,	59,0% Penthrinit,
7,0% Collodiumwolle	24,7% Nitroglycerin,
(6 Wochen gelagert).	0,6% Collodiumwolle,
	15,7% NH_4ClO_4 .

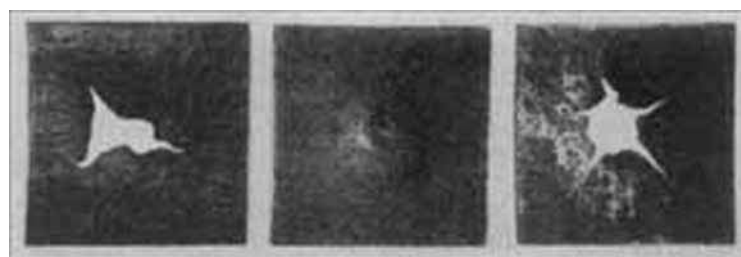


Abb. 8.

Ammon - Penthrinit	Gelatine - Dynamit	Sprenngelatine 92/8 (ganz frisch).
40,6% Penthrinit,	62,5% Nitroglycerin,	
7,6% Nitroglycerin,	2,5% Collodiumwolle,	
2,6% Glykoldinitrat,	27,0% Ammonnitrat,	
1,7% Vaseline,	8,0% Holzmehl	
47,5% Ammonsalpeter.	(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 Saargebiets! 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 Runkelrüben²⁵⁾. 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 absperrt. Da gilt es — einst wie unlängst — „Ersatzprodukte“ zu ersinnen. „Zucker und Alkohol aus Sägespännen“ 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 brennten“, — war dies nicht auch Goethes Herzenswunsch? (Eine bedeu-

tende und anregende Rolle in all diesen Fragen spielte damals der Professor der Freiburger Bergakademie, Willh. Aug. Lampadius, der schon am Ende des XVIII. Jahrhunderts künstlichen Dünger systematisch anwandte, 1799 Zucker aus Runkelrüben darstellte, 1812 die Gasbeleuchtung einführt 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 Indigosynthese. Auch vor hundert Jahren gab es ein Indigoproblem und -fieber, es war der Waidindigo, es wurde (v. Resch, 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 Döbereiner²⁶⁾, 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.“.

²⁵⁾ 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).

²⁶⁾ Vgl. a. E. O. v. Lippmann, Goethe und die Zuckerfabrikation, Beiträge zur Gesch. d. Naturwiss., S. 275 [1923].