

wurde dann die überschüssige Natronlauge zurücktitriert.

0,2250 g Sbst.: 48,50 ccm $\text{n}/_{10}$ NaOH.

Gef.: CH_3 30,2.

Brom an l a g e r u n g s v e r b i n d u n g: 2 g Abbauprodukt A wurden in Eisessig gelöst und mit Brom-Eisessiglösung als gelbroter Niederschlag gefällt, der mit Eisessig und schließlich mit Äther gewaschen wurde.

0,2115 g Sbst.: 0,1935 g AgBr.

Gef.: Br 38,93.

In einem besonderen Versuch wurde die beim Abbau mit Eisessig entstandene Methylaminmenge durch Überdestillieren aus dem alkalisch gemachten Rückstand ermittelt. Aus 25 g Kunstmasse wurden neben Ammoniumchlorid 1,8 g Methylaminhydrochlorid erhalten.

Als 10 g Kunstmasse mit 200 ccm Eisessig unter Zusatz von 25 ccm Essigsäureanhydrid 5 Stunden gekocht wurde, trat keine Entwicklung von Methylamin ein. Doch erwies sich das Reaktionsprodukt nach dem Resultat der Acetylgruppen-, Formaldehyd- und Stickstoffbestimmung als aus einem Gemisch von Produkt A und B (s. u.) bestehend.

Darstellung eines acetylierten Produktes B aus dem Abbauprodukt A.

5 g Abbauprodukt A wurden in 75 ccm Eisessig gelöst und mit 120 ccm Essigsäureanhydrid zwei Stunden lang am Rückflußkühler gekocht, der durch ein Chlorcalciumrohr verschlossen war. Dann wurde der größte Teil des Lösungsmittels bei 50 bis 55° unter etwa 15 mm Druck abdestilliert und der ölige Rückstand mehrmals mit absolutem Äther gewaschen. Er war in Chloroform glatt löslich und konnte aus dieser Lösung mit Äther als weißes amorphes Pulver gefällt werden. Ausbeute 4,2 g. Aus der Mutterlauge konnte noch eine zweite Fällungsfaktion gewonnen werden, die aber trotz mehrfachen

Umfällens stets klebrig blieb. Das reine Produkt B wurde in gleicher Weise wie A analysiert.

0,1867 g Sbst.: 31,60 ccm $\text{n}/_{10}$ HCl.

Gef.: N 23,71.

0,1637 g Sbst.: 10,45 ccm $\text{n}/_{10}$ KOH.

Gef.: CH_3COOH 38,32.

0,2338 g Sbst.: 35,50 ccm $\text{n}/_{10}$ KOH.

Gef.: CH₃ 21,28.

[CO(N : CH₃)₂]_n, $\text{CH}_3 \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{COCH}_3$.

Ber.: N 23,73; CH_3COOH 33,90; CH₃ 23,74.

Die Differenzen bei der Essigsäure- und Formaldehydbestimmung sind höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß ein Teil des Formaldehyds während der Destillation zu Ameisensäure oxydiert worden ist.

In gleicher Weise wie aus dem Abbauprodukt A ließ sich auch aus dem acetylierten Produkt B eine **Brom an l a g e r u n g s v e r b i n d u n g** herstellen, die den gleichen Bromgehalt besaß:

0,2130 g Sbst.: 0,1920 g AgBr.

Gef.: Br 38,36.

[CO(N : CH₃)₂]_n, 2 Br. Ber.: Br 38,80.

Beim Kochen der Brom an l a g e r u n g s v e r b i n d u n g mit Essigsäureanhydrid ging diese unter Entwicklung von Bromwasserstoff allmählich in Lösung. Der beim Abdestillieren des Lösungsmittels unter verminderter Druck erhaltene Rückstand zeigte das Verhalten des acetylierten Produktes B: Löslichkeit in Chloroform, Ausfällbarkeit mit Äther. Doch war das Produkt bromhaltig.

Hydrierungsversuche.

Um zu untersuchen, ob das Abbauprodukt A ungesättigte Bindungen enthielt, wurden verschiedene Hydrierungsversuche angestellt. Mit Platinmohr in Eisessiglösung wurde selbst nach fünfstündigem Schütteln kein Wasserstoff aufgenommen (weder in der Kälte noch in der Wärme). Auch beim Kochen der Eisessiglösung mit Zinkstaub trat keine Reduktion ein, nur geringe Mengen von Methylamin waren infolge von Hydrolyse entstanden.

[A. 189.]

Die sprengtechnisch wichtigen Eigenschaften explosibler Gasgemische und der Einfluß einer starken Vorverdichtung auf eine Erhöhung ihrer Sprengwirkung.

Von Dr. A. HAID, Berlin, und Dr. A. SCHMIDT.

Chemisch-Technische Reichsanstalt, Abteilung für Sprengstoffe,

(Eingeg. 27. Juli 1928.)

Die Frage, wie sich explosive Gasgemische bei ihrer Detonation in sprengtechnischer Hinsicht verhalten, wird hier in der Weise zu beantworten versucht, daß aus der Wärmetönung der Reaktionen und den spezifischen Wärmen der Gase, die bei der Explosion entstehen, sowie aus den Detonationsgeschwindigkeiten die für eine sprengtechnische Wertung maßgebenden Größen, wie Explosionstemperatur, Explosionsdruck und Brisanz für Knallgas und einige Kohlewasserstoff-Sauerstoff-Gemische, berechnet werden.

Bei der Berechnung von Druck und Temperatur machen wir die Voraussetzung, daß die explosive Verbrennung des Gasgemisches in einem geschlossenen Raum, z. B. in einer Explosionsbombe, an allen Stellen gleichzeitig vor sich geht. Die hierbei erhaltenen Druckwerte gelten also nicht für den Druck in der eigentlichen Detonationswelle, der nach Becker¹⁾ dem Produkt aus Dichte ρ , Detonationsgeschwindigkeit D und Schwadengeschwindigkeit W gleichzusetzen ist. Berücksichtigt werden bei den Berechnungen ferner

die Dissoziation von Wasserdampf und von Kohlensäure, die die Zusammensetzung der Explosionsgase bei den hohen Temperaturen maßgebend beeinflussen muß, unter der sicher zutreffenden Voraussetzung, daß bei der hohen Temperatur (über 2000°) sich das Dissoziationsgleichgewicht spontan einstellt.

A. Gasgemische unter Normalsdruck.

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 1. Bei allen Gasgemischen ist die Zusammensetzung der Komponenten so gewählt, daß der Sauerstoff für eine vollständige Verbrennung zu Wasser und Kohlensäure gerade ausreicht; bei diesen Gemischen etwa liegen die Höchstwerte für Temperatur und Druck.

Die Ladedichte, d. h. in unserem Fall die Gewichtsmenge Gasgemisch in der Volumeinheit, wird aus dem Molvolumen (= 24 Liter bei Zimmertemperatur) erhalten.

Die in der Tabelle angegebenen Werte für die Detonationsgeschwindigkeiten der Gasgemische sind die Ergebnisse sorgfältiger experimenteller Messungen, die Berthelot und Vieille, später Malard, Le

¹⁾ Becker, Ztschr. techn. Physik, 7, 251 [1922].

Tabelle 1. Sprengtechnische Werte nicht vorverdichteter Gase.

Gasgemisch und Verbrennungsvorgang Wärmetonung	Dichte Δ kg/L	Detonationsgeschwindigkeit D m/sec	Explosionstemperatur T^0 abs.	Spezifisches Volumen V_0 L/kg	$P = \frac{1,033 \cdot V_0 \cdot \Delta \cdot T}{273}$ kg/cm ²	Brisanzwert nach Kast $P \cdot D \cdot 10^{-6}$
Knallgas: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 1,62 \text{H}_2\text{O} + 0,88 \text{H}_2 + 0,19 \text{O}_2 + 94,5 \text{ kcal}$	0,00054	2800	4200	1360	11,3	0,032
Methan-Sauerstoff: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = 0,83 \text{CO} + 0,17 \text{CO}_2 + 1,81 \text{H}_2\text{O} + 0,19 \text{H}_2 + 0,51 \text{O}_2 + 128 \text{ kcal}$	0,0011	2300	4000	980	15,8	0,036
Athylen-Sauerstoff: $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 1,85 \text{CO} + 0,15 \text{CO}_2 + 1,78 \text{H}_2\text{O} + 0,27 \text{H}_2 + 1,06 \text{O}_2 + 185 \text{ kcal}$	0,00138	2350	4400	910	20,0	0,047
Acetylen-Sauerstoff: $\text{C}_2\text{H}_2 + 2,5 \text{O}_2 = 1,96 \text{CO} + 0,04 \text{CO}_2 + 0,76 \text{H}_2\text{O} + 0,24 \text{H}_2 + 1,1 \text{O}_2 + 164 \text{ kcal}$	0,00185	2600	5000	790	19,5	0,052

Chatelier und Dixon, sowie in neuerer Zeit Lafitte und Wendlandt ausgeführt haben²⁾.

Auf die Berechnung der Explosionstemperatur aus der Wärmetonung der Reaktion und den spezifischen Wärmen der Gase soll hier etwas näher eingegangen werden. Sie ergibt sich aus der Gleichung

$$I. \quad T = \frac{Q}{\sum n \cdot \bar{C}_v}$$

Q , die Wärmetonung des explosiven Vorgangs, ist gleich der Summe der Bildungswärmen der einzelnen Reaktionsprodukte, vermindert um die Bildungswärme des verbrennenden Gases (CH_4 usw.).

Sind n_1, n_2, \dots die Mengen der einzelnen, bei der Explosionstemperatur miteinander im Gleichgewicht befindlichen Gase in Molen; q_1, q_2, \dots ihre — molaren — Bildungswärmen, $\bar{C}_v, \bar{C}'_v, \dots$ ihre mittleren Molwärmen bei konstanten Volumen, so ist:

$$II. \quad Q = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + \dots - q(\text{C}_x \text{H}_y)$$

$$III. \quad \sum n \cdot \bar{C}_v = n_1 \cdot \bar{C}'_v + n_2 \cdot \bar{C}''_v + \dots$$

In der Gleichung 1 sind nun nicht nur die Molwärmen $\bar{C}_v, \bar{C}''_v, \dots$, sondern auch n_1, n_2 und Gleichung II zufolge Q temperaturabhängige Größen.

Für die Temperaturabhängigkeit der Molwärmen der Gase benutzen wir die von H. Kast³⁾ vorgeschlagenen linearen Gleichungen, die sich den neueren Messungen von Pier⁴⁾, Bjerrum⁵⁾ und Siegel⁶⁾ gut anpassen und in der Sprengstoffchemie allgemein als Grundlage für Temperatur- und Druckberechnungen angenommen sind.

$$\text{Zweiatomige Gase} \quad \bar{C}_v = 4,8 + 0,00045 \cdot t$$

$$\text{Wasserdampf} \quad \bar{C}_v = 4,0 + 0,00215 \cdot t$$

$$\text{Kohlensäure} \quad \bar{C}_v = 9,0 + 0,00058 \cdot t$$

Für die Berechnung der Größen n_1, n_2, \dots brauchen wir die Kenntnis der Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten der Wasser- und Kohlensäuredissoziation. Unseren Berechnungen liegen die Gleichungen zugrunde, die Lewis und Randall⁷⁾

²⁾ Vgl. hierüber: E. Bollé, Explosion und Explosionswellen im Handbuch der physikalischen u. technischen Mechanik von Auerbach u. Hört.

³⁾ H. Kast, Spreng- und Zündstoffe, 1921, 60.

⁴⁾ Pier, Ztschr. Elektrochem., 1909, 597; 1910, 897.

⁵⁾ Bjerrum, Ztschr. physikal. Chem. 79, 513 [1912].

⁶⁾ Siegel, Ztschr. physikal. Chem. 87, 541 [1914].

⁷⁾ G. N. Lewis u. M. Randall, Thermodynamik u. die freie Energie chemischer Substanzen. S. 449 ff. (J. Springer, Wien.)

für die freie Energie der Reaktionen: $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$, $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CO}_2$ aufgestellt haben.

Aus ihnen erhalten wir auf Grund der thermodynamischen Beziehung:

$$A = -R T \ln K$$

die folgenden Formeln:

$$a) \text{Wasserdampfdissoziation: } 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$$

$$\lg K_p = \lg \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = - \frac{25180}{T} + 0,9468 \cdot \lg T + 0,000721 \cdot T - 1,616 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 1,598$$

$$b) \text{Kohlensäuredissoziation: } 2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$$

$$\lg K_p = \lg \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}} = - \frac{29490}{T} + 2,765 \cdot \lg T - 0,001223 \cdot T + 1,334 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 1,948$$

Für die Berechnung der den beiden Gleichgewichten entsprechenden Zusammensetzung der Reaktionsgase, d. h. also für die Ermittlung der Molzahlen n_1, n_2, \dots usw., die an dem Beispiel Methan-Sauerstoff kurz erläutert werden soll, ist es bequemer, an Stelle von Partialdrücken mit Konzentrationen der Gase zu rechnen, da wir es hier mit Reaktionen mit konstant bleibendem Volum zu tun haben.

Zwischen beiden Größen besteht die Beziehung

$$P = C \cdot R \cdot T; R = 0,0821$$

in der $C = \frac{n}{V}$ in Molen pro Liter ausgedrückt wird.

Daraus folgt:

$$a) \text{Wasserdisssoziation: } K'_C = \frac{C_{\text{H}_2} \cdot C_{\text{O}_2}}{C_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} = R \cdot T$$

$$IV. \quad b) \text{Kohlensäuredisssoziation: } K''_C = \frac{C_{\text{CO}} \cdot C_{\text{O}_2}}{C_{\text{CO}_2}} = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}} = R \cdot T$$

Bei den Methan-Sauerstoff-Explosionen seien nun im Gleichgewicht vorhanden:

$$n_1 \text{ Mole CO}$$

$$n_2 \text{ " CO}_2$$

$$n_3 \text{ " H}_2$$

$$n_4 \text{ " H}_2\text{O}$$

$$n_5 \text{ " O}_2$$

In dem Gasgemisch: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$ ($V = 3 \cdot 24 = 72 \text{ L}$) haben wir

$$1 \text{ C}, \quad 4 \text{ H}, \quad 4 \text{ O}.$$

Es gelten also die stöchiometrischen Beziehungen:

$$n_1 + n_3 = 1 \text{ (Kohlenstoff)}$$

$$2n_2 + 2n_4 = 4 \text{ (Wasserstoff)}$$

$$n_1 + 2n_3 + n_4 + 2n_5 = 4 \text{ (Sauerstoff)}.$$

Den beiden Dissoziationsgleichgewichten zufolge (Gl. IV) bestehen die Gleichungen:

$$\frac{(n_1)^2 \cdot n_3}{(n_2)^2} = V \cdot K'_C \quad \frac{(n_1)^2 \cdot n_5}{(n_2)^2} = V \cdot K''_C$$

Aus diesen fünf Gleichungen lassen sich nun die gesuchten Größen n_1, n_2, \dots, n_5 berechnen. Man hat

Tabelle 2. Sprengtechnische Werte vorverdichteter Gase. — 600 Atm. Anfangsdruck.

Gasgemisch, Verbrennungsvorgang und Wärmetonung	Dichte kg/L Δ	Explosions- temperatur T° abs.	Spezifisches Volumen Vo L/kg	Explosionsdruck $P = \frac{1,033 \cdot V_0 \cdot \Delta \cdot T}{273} \text{ kg/cm}^2$	Brisanzwert nach Kast $P \cdot \Delta \cdot 10^{-6}$
Knallgas: $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \cdot 58,3 \text{ kcal}$	0,23	4600	1240	5000	21
Methan-Sauerstoff: $\text{CH}_4 + 2 \text{ O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 195 \text{ kcal}$	0,51	5000	840	8100	28
Athylen-Sauerstoff: $\text{C}_2\text{H}_4 + 3 \text{ O}_2 = 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 326 \text{ kcal}$. . .	0,64	6000	720	10500	37
Acetylen-Sauerstoff: $\text{C}_2\text{H}_2 + 2,5 \text{ O}_2 = 2 \text{ CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 311 \text{ kcal}$. . .	0,62	7200	630	10600	41

damit die „Zersetzungsgleichung“ ermittelt, wie sie den beiden Dissoziationsgleichgewichten — und damit auch dem Wassergasgleichgewicht — bei einer beliebigen Temperatur entsprechen würde. Man berechnet nun leicht heraus nach den Gleichungen II und III den entsprechenden Wert der Wärmetonung Q und der Summe der spezifischen Wärmen ΣC_v

Der Temperaturwert, der sich danach aus der Gleichung I ergibt, wird von der angenommenen Temperatur, für die die „Zersetzungsgleichung“ aufgestellt wurde, mehr oder weniger abweichen. Hat man die Zersetzungsgleichung für einige Temperaturen ermittelt, so gelingt es leicht — am bequemsten durch graphische Interpolation —, die Temperatur aufzufinden, für die sich aus den entsprechenden Werten für Q und $\Sigma n \cdot C_v$ nach Gleichung I der gleiche Temperaturwert ergibt, und die folglich die gesuchte Explosionstemperatur darstellt.

Es sei bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, daß die hierfür durchgeführte Berechnung der Explosionstemperatur höhere Werte ergeben muß, als sie bei der gewöhnlichen Verbrennung in der Flamme zu erwarten sind, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Die Verbrennung geht unter konstantem Druck vor sich. Die Gase leisten gegen den Atmosphärendruck Arbeit. An Stelle von \bar{C}_v geht der um den Betrag $R = 1,989 \text{ Cal}$. größere Wert \bar{C}_p in die Rechnungen ein.

2. Die Dissoziation des Wasserdampfes und der Kohlensäure nimmt — für gleiche Temperaturen — höhere Beträge an, da der Druck nur eine Atmosphäre beträgt, während er bei den Gasexplosionen 10—20 Atm. erreicht.

3. Die Dissoziation des Wasserstoffs^{a)} (evtl. auch des Sauerstoffs), die mit großer Wärmeabsorption verknüpft ist, tritt hier in die Erscheinung. Bei dem spontan verlaufenden Explosionsvorgang macht sich diese Dissoziation, den Versuchen von Pier, Bjerrum und Siegel^{b)} zufolge, kaum bemerkbar, da sie nicht rasch genug verläuft^{c)}.

Das spezifische Volum, also das Gasvolum — auf die Normalbedingungen des Druckes und der Temperatur reduziert —, das ein Gramm des Gasgemisches bei der Explosion erzeugt, ergibt sich sofort, wenn man die „Zersetzungsgleichung“ ermittelt hat.

$$V_0 \text{ (l./kg)} = \frac{22,4 \cdot \Sigma n}{\text{Gewicht des Gasgemisches}}$$

^{a)} Langmuir, Journ. Amer. Soc. 34, 860 [1912] u. ebenda 37, 417 [1915]; Langmuir u. Mackay, ebenda, 36, 1708 [1914].

^{b)} Siegel, Ztschr. physikal. Chem. 87, 641 [1914].

^{c)} Lewis u. Randall, Thermodynamik, S. 444.

Die Berechnung des Explosionsdruckes geschieht nach der für den Gebrauch in der Sprengtechnik modifizierten Form der „idealen“ Gasgleichung:

$$P \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{1,033 \cdot V_0 \cdot \Delta \cdot T}{273}$$

Durch Multiplikation der berechneten Druckwerte mit den experimentell ermittelten Detonationsgeschwindigkeiten erhalten wir den sogenannten Brisanzwert nach Kast, der, wenn er auch vielleicht keine exakte physikalische Bedeutung besitzt, sich als gut geeignet für einen praktischen Vergleich von Sprengmitteln erwiesen hat.

Bei der sehr geringen Ladedichte erhalten wir, trotzdem die Explosionstemperaturen und die spezifischen Volumina teils höher liegen als bei vielen festen Sprengstoffen, nur niedrige Druck- und Brisanzwerte. Im folgenden soll nun untersucht werden, ob es möglich sein wird, durch starkes Komprimieren der Gasgemische vor der Zündung ähnliche Sprengwirkungen (Druck und Brisanz) wie bei festen und flüssigen Sprengstoffen zu erzielen.

B. Vorverdichtete Gasgemische.

Die Berechnungen für die Gasgemische im verdichteten Zustand sind in ganz analoger Weise durchgeführt worden. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse:

Es wurde dabei angenommen, daß die Gasgemische auf einen Druck von etwa 600 Atm. verdichtet sind, was mit den in der Technik gebräuchlichen Kompressoren durchaus möglich ist.

Bei der Ermittlung der „Ladedichte“ ist dem Abweichen komprimierter Gase vom „idealen“ Gasgesetz Rechnung getragen worden. Aus den Arbeiten von Amagat und Kamerling-Onnes^{d)} über die Kompressibilität von Gasen ergeben sich bei 600 Atm. für das Produkt P · V folgende Werte, bezogen auf $P \cdot V = 1$ bei 1 Atm.: für Knallgas etwa 1,4, und für die Kohlenwasserstoff-Sauerstoff-Gemische etwa 1,3 im Mittel.

Die Berechnung der Explosionstemperatur gestaltet sich hier bedeutend einfacher. Der hohe Explosionsdruck (5000—10 000 Atm.) drängt die Dissoziation so weit zurück, daß man, ohne einen merklich ins Gewicht fallenden Fehler zu begehen, vollständige Verbrennung zu Wasser und Kohlensäure annehmen kann. Dabei ergaben sich selbstverständlich erheblich höhere Explosionstemperaturen, die bei Knallgas um etwa 400°, bei Acetylen-Sauerstoff um etwa 2000° über den entsprechenden Explosionstemperaturen der nicht vorverdichteten Gase liegen. Der große Einfluß, den die Dissoziation von Wasserdampf und Kohlensäure bei den hohen Temperaturen im letzteren Falle ausüben, wird an diesem Beispiel deutlich ersichtlich.

^{d)} Landolt-Bornstein, Physikal.-chem. Tabellen, S. 103.

Tabelle 3. Sprengtechnische Werte fester und flüssiger Sprengstoffe.

Sprengstoff	Dichte kg/L Δ	Explosions-temperatur T° abs.	Spezifisches Volumen Vo L/kg	Explosionsdruck $P = \frac{1,083 \cdot Vo \cdot T \cdot \Delta}{273}$ kg/ccm	Detonationsgeschwindigkeit D m/sec.	Brisanzwert nach Kast P · D · 10 ⁻⁶
1. Ammonnitrat	1,0	1500	980	5600	3000	17
2. Flüssiger Sauerstoff-Ruß (Flüssigluft-Sprengstoff) . . .	0,9	6800	540	12000	4700	56
3. Nitroglycerin	1,6	4500	710	18700	7450	140

Für die Ermittlung der Brisanzwerte stehen hier keine experimentellen Daten über die Detonationsgeschwindigkeit hochkomprimierter Gasgemische zur Verfügung. Die Ergebnisse von Messungen in einem Druckbereich von 0,25—15 Atm. sowie theoretisch-physikalische Überlegungen¹²⁾ machen ein wenn auch mäßiges Ansteigen der Detonationsgeschwindigkeit mit dem Druck wahrscheinlich.

Wir haben in die Kast'sche Brisanzformel Werte für die Detonationsgeschwindigkeiten eingesetzt, die die bei Normaldruck experimentell gemessenen um die Hälfte übersteigen und unseres Erachtens als obere Grenzwerte anzusehen sind.

Um nun einen Vergleich mit festen und flüssigen Sprengstoffen zu haben, sind in Tabelle 3 die für die sprengtechnischen Eigenschaften maßgebenden Zahlen für einige gebräuchliche Sprengstoffe gebracht worden. Ein solcher Vergleich zeigt nun folgendes:

1. Die Brisanz stark komprimierter, explosibler Gasgemische erreicht Werte, die denen der festen Sprengstoffe nahe kommen oder ihnen etwa gleich sind. Die wirksamsten Gasgemische dürften in ihrer Sprengwirkung etwa den Flüssigluftsprengstoffen zu vergleichen sein. Ihrer technischen Nutzung als Sprengmittel steht ihre Unhandlichkeit und die mit ihrer Handhabung verbundene Gefahr im Wege. Zur Einleitung der Explosion genügt bereits ein Funken oder eine kleine Flamme. Zu berücksichtigen ist hierbei noch,

¹²⁾ Jougnet, Mécanique des explosifs. Paris 1917.

dass die in Tabelle 3 angegebenen Druckwerte auch unter der Voraussetzung — wie wir sie bei den Gasgemischen gemacht haben — berechnet sind, dass wir es mit einer gleichzeitig im ganzen Explosionsraum vor sich gehenden Verbrennung zu tun haben. Bei den Gasgemischen trifft dies angenähert zu, da die Verbrennung erst über längere Strecken in Detonation übergeht, für die dann die Becker'sche Formel für den Druck gelten würde. Bei den festen und flüssigen Sprengstoffen jedoch tritt, bei genügendem Initialimpuls, praktisch gleich regelrechte Detonation ein, die erheblich höhere Drucke bedingt, als sie Tabelle 3 angibt.

2. Die Brisanz der nicht komprimierten Gase ist infolge ihrer sehr geringen Dichte verhältnismäßig klein und bleibt weit hinter der der üblichen Sprengmittel zurück. Wenn, wie bekannt, die Wirkung von Gasexplosionen trotzdem so verheerend ist, so beruht dies auf der leichten Ausdehnung des explosiven Gemisches auf große Räume (in Wohnhäusern z. B. durch Ausströmen von Leuchtgas) und der daraus sich ergebenden Beanspruchung großer Flächen durch den Explosionsdruck, der, wenn er auch nur wenige Atmosphären beträgt, ausreicht, um Mauerwerk einzubrechen, Decken zu durchschlagen und Balken zu brechen. Im Vergleich hierzu ist die Wirkung der üblichen festen Sprengmittel an der betroffenen Stelle ungleich größer. Aber die Angriffsfläche des Explosionsdruckes ist eine meist viel kleinere und die zerstörende Wirkung deshalb örtlich mehr begrenzt.

[A. 168.]

Über Probleme der stofflichen Holzforschung. I.

(Im Anschluß an die Waldernte und die Holztechnik.)

Von Prof. Dr. H. WISLICENUS, Tharandt.

Nach einem Vortrag bei der Tagung des Deutschen Forstvereins in Dresden, August 1928.

(Eingeg. 30. August 1928.)

Den Ausdruck „stoffliche“ Holzforschung benutze ich für die Ergründung chemischer und (mit diesen verbundener physikalischer, also) physikochemischer Zustandseigenschaften und Wandlungsfähigkeiten des Holzes, einerseits für die theoretische Erkenntnis, andererseits für die praktische Nutzung des Holzes.

Der forstliche Pflanzenbau darf nicht vorwiegend die (abnehmenden) störenden Beziehungen zur (mechanischen und chemischen) Industrie, die Industrierauschäden, im Auge haben. Die Forstwirtschaft sollte mehr und mehr die förderlichen Beziehungen zur holzverarbeitenden chemischen Technik beachten und pflegen.

Das praktische Ziel der außerordentlich vielseitigen forstlichen Arbeit im Kulturwald ist die nachhaltige Stofflieferung, und zwar ist das gegenständliche Endziel fast nur das Starkholz, d. h. das Stammholz oder das „Derbholz“ über 7 cm Stärke sehr verschiedenartiger und verschiedenwertiger Holzarten, und

theoretisch eigentlich nur nebenbei, als „Nebennutzung“, das Abfall-Brennholz und andere Nebenerzeugnisse.

Nach dem praktischen Ziel betrachtet, kann die Forstwirtschaft ohne weiteres als „großtechnische (Holz-) Pflanzenproduktion“ bezeichnet und demnach als chemische Großindustrie gekennzeichnet werden. Es ist nicht nur bildlich zu verstehen, wenn man sagt: Des Forstmanns chemische Großfabrik ist der Wald; der Rohstoff: die Kohlensäure der Luft; ihre Hilfssstoffe: das Wasser und die darin gelösten mineralischen Nährstoffe des Bodens; ihre eigentümlichen Großapparate: Boden und Pflanze mit deren katalytischen Hilfsmitteln, den Fermenten und den großen, annähernd messbaren äußeren Flächen und zahllosen Einzelapparaten; schließlich, aber vor allem, der unmeßbar ausgedehnten „inneren Oberfläche“, namentlich in den arbeitenden grünen Pflanzenteilen; ihr Erzeugnis: nicht eigentlich diese lebenden grünen Arbeitsmaschinen, sondern das sterbende und tote Stammholz, der Speicher für die Sonnenenergie und die organischen Stoffe.