

schlechten Witz erklärt haben, aber die Sache sieht doch heute ganz ernsthaft aus. Die oben genannte Tagesproduktion in Louisiana entspricht ja schon jetzt ca. 350 000 tons im Jahre, während die Ausfuhr aus Sizilien im Jahre 1902 sich auf 467 319 tons belief, und die Produktion aller übrigen Länder im Verhältnis dazu unbedeutend ist. Somit produziert Louisiana zurzeit schon über zwei Fünftel des gesamten Schwefels auf der Erde; bedenkt man, daß es sich in ganz wenigen Jahren zu diesem Standpunkt hinaufgeschwungen hat (denn man kann die Großproduktion erst eigentlich von 1902 an rechnen), so ersicht man kein Hindernis dafür, daß es auch noch bis 450 000 oder 500 000 tons kommen könnte. Was soll dann aus der Anglo-Sicilian Sulphur Company, und was soll aus den Arbeitern in Sizilien werden? Es ist ja anzunehmen, daß nunmehr der Preis des Schwefels stark sinken, daß die Produktion desselben aus Leblanc-Sodarückständen ganz aufhören, und daß vielerorts der Schwefel wieder die Kiese verdrängen wird, z. B. in der Sulfitzellulosefabrikation. Aber ein Zurückgehen der Produktion in Sizilien auf erheblich kleineren Umfang scheint doch auch bei stark vermehrter Verwendung des Schwefels unvermeidlich, und ebenso ein Zurückgehen der Arbeitslöhne daselbst, welches die ohnehin blutarme Bevölkerung jener Distrikte zur Verzweiflung bringen könnte. Wenn sich nicht ganz neue, vielleicht billigere Gewinnungsmethoden für den Schwefel in Sizilien auffinden lassen, so wird wohl die ohnehin so starke Auswanderung aus diesem Lande nach den Vereinigten Staaten, die jetzt schon so vielen Sizilianern das Brot wegnehmen, gewiß noch viel stärker werden, was freilich dort keinesfalls als ein Segen empfunden wird.

Die Vereinigten Staaten sind ja von der Natur mit fast allen Rohmaterialien der chemischen und der Gesamtindustrie reicher als die europäischen Industrieländer ausgestattet. Es fehlen wesentlich nur die Kaliumsalze ganz, und auch Schwefel bzw. Schwefelerze waren bisher nicht entfernt in genügendem Maße vorhanden. Dieser Mangel ist nun abgestellt; Amerika wird voraussichtlich die Einfuhr von Schwefel und Pyriten ganz einstellen und wird Europa wenigstens teilweise mit Schwefel versorgen.

Zürich, 26. April 1905.

N a c h s c h r i f t. Herr F r a s c h , der mich soeben besucht hat und dem ich die Korrektur der obigen Mitteilung zeigen konnte, gibt mir folgende weitere Aufklärungen über den Stand der Schwefelgewinnung in Louisiana. Es sind jetzt an

seinen Gruben Dampfkessel von 13 500 PS. aufgestellt. Die Ölbehälter dafür fassen 200 000 Barrels (nicht 20 000 wie in meiner früheren Quelle angegeben war). Es waren bisher drei Batterien von Bohrlöchern im Gange; eine vierte ist eben in Betrieb gekommen und eine fünfte wird in zwei Monaten fertig sein. Jede dieser Batterien fördert mit Leichtigkeit 400 tons Schwefel in 24 Stunden, kann aber leicht bis 630 tons gesteigert werden, so daß eine Tagesproduktion von über 3000 tons erreicht werden könnte.

15. Juni 1905.

Über radioaktive Bestandteile der Wiesbadener Thermalquellen¹⁾.

Von Prof. Dr. FERD. HENRICH und

GÜNTHER BUGGE.

(Eingeg. den 10.5. 1905.)

Vor kurzem hatte der eine von uns²⁾ mitgeteilt, daß Gas, Wasser und Sinter der Wiesbadener Thermalquellen radioaktiv sind. Während Gas und Wasser ihre Aktivität nach wenigen Wochen so gut wie ganz verloren haben, behalten sie die Sinter Jahrzehnte lang, vielleicht dauernd bei. Man muß daraus schließen, daß in den Sintern ein beständiger radioaktiver Bestandteil enthalten ist. Um diesen anzureichern, und um Anhaltpunkte über seine chemische Natur zu gewinnen, zerlegten wir zunächst 1600 g Sinter und untersuchten die Bestandteile auf ihre Radioaktivität³⁾.

Der Sinter war aus einem Leitungsröhr entnommen, das er, lamellenartig sich absetzend, allmählich vollkommen verstopft hatte. Er war schwach rötlich gefärbt und enthielt nach einer qualitativen Analyse folgende Bestandteile: As, Fe, Al und andere Erdmetalle, Mn, Zn, Ca, Si, Mg; K, Na, Li. Von Säuren wurden Kohlensäure und Kieselsäure nachgewiesen.

In weitaus überwiegender Menge bestand der Sinter aus kohlensaurem Kalk in Form von Aragonit⁴⁾. Der Menge nach folgen dann Fe, Mn, Al, Mg, Sr, Zn, Na, As, Li und K. Genauere Studien über die verschiedenen Sinter folgen später.

Dieser als Ausgangsmaterial gewählte Sinter besaß eine relativ schwache Radioaktivität. Im Oktober 1904 zerstreuten 125 g feingepulverten Materials im Laufe einer Stunde 28 Volts⁵⁾. Im

1) Die wesentlichsten Resultate dieser Untersuchung wurden bereits am 3./2. 1905 von F. Henrich in der Sitzung der Erlanger chemischen Gesellschaft vorgetragen. Vgl. das Protokoll dieser Sitzung und Chem.-Ztg. 1905, 272.

2) Diese Z. 1904, 1757.

3) In betreff früherer Untersuchungen über die Sinter anderer Quellen erwähne ich vor allem die Untersuchungen von Elster und Geitel, Physikal. Z. 5, 321 (1904); 6, 67 (1905); ferner Giesel, Berl. Berichte 38, 132 (1905). Maehle: „Über Radioaktivität der Gasteiner Thermen“, Wiener Monatshefte.

4) Wiener Monatshefte 1905, 181.

5) Hierbei wie bei allen folgenden Messungen ist das Zerstreuungsvermögen der Zimmerluft in der gleichen Zeit „die Luftzerstreuung“ bereits abgezogen.

Januar 1905 zerstreuten 125 g im Laufe einer Stunde dieselbe Anzahl Volts.

Um zu sehen, wie sich dieser radioaktive Sinter beim Erwärmen verhält, wurde er einige Stunden auf 110° erhitzt und nach sechs Tagen wieder geprüft. 125 g zerstreuten dann in 1 Stunde 29 Volts.

Um den Sinter in seine Bestandteile zu zerlegen, wurden je 400 g fein gepulvert in eine heiße verdünnte Salzsäure eingetragen, die 700 g konz. Säure in 3 Litern Wasser enthielt. Dabei löste sich die weitaus größte Menge des Sinters unter Entwicklung von Kohlensäure auf. Das ent-entweichende Gas war merklich radioaktiv: 40 ccm derselben zerstreuten in einer halben Stunde 8 Volts. Die verarbeiteten 1600 g Sinter hinterließen 6 g eines in jener Salzsäure unlöslichen Produktes, das schmutzig weiße Farbe besaß und tüchtig mit heißem Wasser ausgewaschen wurde. Es sei mit I bezeichnet und erwies sich als stark radioaktiv: 5,2 g zerstreuten in einer halben Stunde 25 Volts.

Um zunächst das Eisen mit dem Mangan zusammen abzuscheiden, wurde das Filtrat des in Salzsäure unlöslichen mit Ammoniak und Wasserstoffsuperoxyd versetzt und so lange erhitzt, als sich noch Gas entwickelte. Der sich abscheidende dunkle Niederschlag wurde nach dem Absaugen gut gewaschen und im Exsikkator getrocknet. So entstanden 90 g eines Oxydgemisches, das wir mit II bezeichnen wollen. Es erwies sich als sehr stark radioaktiv, denn 85 g zerstreuten einen Monat nach der Fällung in fünf Minuten 147 Volts.

Die Aktivität dieses Oxydgemisches scheint nach einer gelegentlichen Beobachtung, die noch kontrolliert werden muß, mit der Zeit abzunehmen.

Dies Oxydgemisch wurde weiter zerlegt. Zunächst wurde in üblicher Weise die Hauptmenge des Mangans von den dreiwertigen Elementen abgetrennt. Beide Bestandteile erwiesen sich als sehr stark radioaktiv.

Nun wurde das Gemisch der Eisenhydroxyde und der Erden in Salzsäure gelöst, die Lösung mehrmals mit Wasser eingedampft, zuletzt mit Wasser aufgenommen und nun eine fraktionierte Kristallisation vorgenommen. Wir konnten zwei Fraktionen abscheiden. Die erste sei mit IIa, die zweite mit IIb bezeichnet. Die letzte hatte sicherst nach zweimonatlichem Stehen aus den letzten Mutterlaugen abgeschieden. Auf ihre Radioaktivität geprüft, ergaben diese Fraktionen folgende Resultate:

13,1 g von IIa zerstreuten in $\frac{1}{2}$ Stunde 73,6 Volts
 15,2, „ IIb „ „ „ „ 43,1 „

Als aus der Lösung von IIa Metall elektrolytisch abgeschieden wurde, erwies es sich als völlig inaktiv. Bei den Versuchen, den radioaktiven Bestandteil aus diesen Fraktionen weiter anzureichern, hatten wir bereits einen Erfolg. Es müssen in dessen erst viel größere Mengen von Material beschafft werden, um einwandfreie Resultate zu erhalten.

Im Filtrat des Niederschlags, der mit Ammonium und Wasserstoffsperoxyd entstanden war, wurde das Superoxyd völlig zerstört und dann Schwefelammonium zugegeben. Es entstand allmählich ein weißlicher Niederschlag, der sich als Schwefelzink erwies. Nach dem Abfiltrieren und sorgfältigen Auswaschen wurde er in Salzsäure gelöst und die Lösung gekocht, filtriert und eingedampft. Das entstehende Chlorzink (III) war so gut wie inaktiv, denn die erhaltenen 7-8 g Substanz zerstreuten in einer Stunde nicht merklich.

Nachdem im Filtrate vom Schwefelzink das Schwefelammonium in üblicher Weise durch Kochen mit Salzsäure zerstört und vom abgeschiedenen Schwefel filtriert war, wurde die Reaktionsflüssigkeit mit Chlorammonium, Ammoniak und kohlensaurem Ammonium versetzt. Es fiel in einer Menge von 1200—1300 g ein weißer Niederschlag (IV) aus der aus einem Gemisch von viel kohlensaurem Calcium mit wenig kohlensaurem Strontium bestand. Baryum konnte in ihm nicht entdeckt werden. In diesem Niederschlag hatten wir vor der Zerlegung den hauptsächlichsten radioaktiven Bestandteil vermutet. Er erwies sich aber als sehr wenig radioaktiv. 125 g zerstreuten in einer Stunde nur 1 Volt, also kaum merklich. Um zu sehen, ob sich diese geringe Aktivität durch Zerlegung der Masse in ihre Bestandteile anreichern läßt, wurde das Calcium in der üblichen Weise von Strontium getrennt und die Carbonate beider von neuem untersucht. Keines war aktiver geworden.

Das Filtrat vom Carbonatniederschlag wurde eingedampft und der Rückstand durch Glühen von den Ammoniumsalzen befreit. Es hinterblieb ein Rest von etwa 8 g (V), der neben wenig Ca, Si, Na, K und Li vorzugsweise Magnesium enthielt. Dieser Rückstand erwies sich ebenfalls als völlig inaktiv.

In der folgenden Tabelle ist das Zerstreuungsvermögen der bisher isolierten Sinterbestandteile übersichtlich zusammengestellt und alles auf 125 g umgerechnet⁶⁾.

Unveränderter Sinter	125 g	zerstreuten in 60 Minuten	25 Volts.
Fraktion I. In Salzsäure unlöslicher Bestandteil .	125 „	„ 30 „	601 „
„ II. Niederschlag mit $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	125 „	„ 5 „	216 „
„ IIa. Zuerst abgeschiedenes Eisenchlorid .	125 „	„ 30 „	609 „
„ IIb. Zweite Ausscheidung von Eisenchlorid .	125 „	„ 30 „	427 „
„ III. Chlorzink aus Sinter	125 „	„ 60 „	nicht merklich
„ IV. $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_3\text{Sr}$	125 „	„ 60 „	1 Volt.
„ V. Magnesium und Alkalialzale	125 „	„ 60 „	nicht merklich.

Schon im vorigen Jahre⁷⁾ wurde mitgeteilt, daß die Aktivität der Gase, welche den größten

⁷⁾ Sitzungsber. d. physik.-medizin. Societät in Erlangen 1904, 191. — Vgl. auch Prof. A. Schmid: „Über die Radioaktivität einiger Süßwasser-, Mineral- und Thermalquellen des Taunus“. Jahresbericht des Königl. Realgymnasiums zu Wiesbaden 1904, 10 ff.

Wiesbadener Thermen entströmen, von Radiumemanation herröhrt, weil die Aktivität in rund 4 Tagen auf die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes herabgeht. Als nun mit dem G a s e der Adlerquelle ein Bleidraht nach der Methode von

⁶⁾ Elster und Geitel, Z. f. Instrumentenkunde 1904, 197.

Elster und Geitel induziert wurde, ergaben sich folgende Abklingungswerte:

	J_{15}	J_{30}	J_{45}	J_{60}	J_{75}	J_{90}	J_{105}	J_{120}
Gef. ^{höher}	13,8	11,9	8,7	6,8	4,4	3,1	2,5	
Ber. —	13,0	10,5	8,1	6,2	4,6	3,4	2,6	
Diff. —	+0,8	+1,4	+0,6	-0,6	-0,2	-0,3	-0,1	

Zum Vergleich wurde ein Bleidraht unter denselben Bedingungen mit Radium bromid induziert. Es ergaben sich folgende Resultate:

	J_{15}	J_{30}	J_{45}	J_{60}	J_{75}	J_{90}	J_{105}	J_{120}
Gef.	39,7	34,2	28,7	19,5	16,4	11,8	8,8	4,2
Ber.	39,9	33,7	27,1	21,1	16,0	11,9	8,8	5,1
Diff.	-0,2	+1,5	+1,6	+1,5	+0,5	-0,1	0,0	-0,9

Man sieht, daß die Differenz zwischen beobachteten und berechneten Werten bei der Abklingung des mit Adlerquellengas induzierten Bleidrahtes durchaus nicht abnormal sind. Ohne Zweifel wird also die Aktivität des Gases, und damit auch des Wassers der Adlerquelle durch Radiumemanation bedingt.

Um so überraschender war es, daß sich der radioaktive Bestandteil des Sinters schon mit dem durch Ammoniak erzeugten Niederschlag abschied, und daß die Fällung mit Ammoniumcarbonat so gut wie völlig inaktiv ist. Es war nun denkbar, daß das Radium entweder als Phosphat, Borat usw. im Sinter enthalten ist und darum mit Ammoniak niederfällt, oder daß es mechanisch mitgerissen wird. Darum wurde mit einer größeren Menge des Ammoniakniederschlags ein Bleidraht induziert und seine Abklingungskurve bestimmt. Sie war durchaus verschieden von der des Radiums. Ebenso verhielten sich die Abklingungskurven von Bleidrähten, die mit unverändertem Sinter und mit seinem in Salzsäure unlöslichen Bestandteil erhalten wurden. Die Radioaktivität des Gases und des Wassers hat somit einen anderen Charakter als die des Sinters. Vermutlich enthält der letztere ein Gemisch von radioaktiven Substanzen, von denen eine von einem Erdmetall herzurühren scheint. Zu einem ähnlichen Resultate ist auch Herr Prof. A. Schmidt, l. c. S. 17 und 18 gelangt. Er fand, daß der Charakter der Aktivität des Wiesbadener Kochbrunnensinters verschieden ist von dem einer Luftmenge, die Wasser der Thermalquelle des Herrn Dr. K u r z in Wiesbaden im Kreisprozeß passiert hatte.

Um hier erfolgreiche weitere Untersuchungen anstellen zu können, müssen sehr große Mengen von Sinter verarbeitet werden, und ich bin der Direktion der Höchster Farbwerke, speziell Herrn Dr. v. Meister, für ihr diesbezügliches Entgegenkommen zu großem Danke verpflichtet. Über die Resultate der Verarbeitung einer solchen großen Sintermenge soll später berichtet werden. Da der radioaktive Bestandteil nur in sehr geringer Menge im Sinter vorhanden ist, so müssen noch sehr große Mengen gesammelt werden. Ich ersuche die Fachgenossen, mir dies Gebiet zur weiteren Bearbeitung zu überlassen (s. unten).

Um Anhaltspunkte über das Herkommen der Radioaktivität zu gewinnen, wurden die Gesteine welche den geologischen Charakter Wiesbadens be-

dingen, soweit sie bis jetzt zugänglich waren, im Elektroskop untersucht. Von diesen Gesteinen rechnet man den Basalt und den Sandstein der Tertiärzeit, die anderen der devonischen Periode zu. Alle Gesteine wurden in möglichster Nähe der Stadt gesammelt. Stets kam feines Pulver in einer Menge von 125 g zur Verwendung, und in den folgenden Resultaten ist das Zerstreuungsvermögen der Luft bereits abgezogen.

1. Basalt von Naurod (2 Stunden von Wiesbaden) kurz vorher frisch vom Felsen abgeschlagen. 125 g zerstreuten in 30 Minuten 1,5 Volt.

2. Basalttuff, schon in Verwitterung begriffen. 125 g zerstreuten in 30 Minuten 3,5 Volt.

3. Tertiärer Sandstein in der Stadt (Platterstraße) frisch vom Anstehenden abgeschlagen. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 3 Volt.

4. Sericitgneiß vom Steinbruch im Nerotal ($\frac{1}{2}$ Stunde von der Stadt). 125 g zerstreuten in 60 Minuten 2,4 Volt.

5. Gangquarz aus dem Nerotal. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 2,4 Volt.

6. Schwerspat aus einem Gang bei Nimrod. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 4,2 Volt. Eine etwas größere Aktivität zeigte ein bei den Grabungen auf dem Adlerterrain gefundener Gangschwerspat. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 6 Volts.

7. Violetter Phyllit⁸⁾. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 3,5 Volt.

8. Grüner Phyllit. 125 g zerstreuten in 60 Minuten 4 Volt.

9. Quarzit (Grauwacke). 125 g zerstreuten in 60 Minuten nicht merklich.

Man sieht, daß keines der Gesteine eine erheblichere Radioaktivität zeigt. Wohl aber konnten wir den von Elster und Geitel ausgesprochenen Erfahrungssatz bestätigen, daß „feste, unverwitterte Gesteine — im allgemeinen — nur schwache Anzeichen radioaktiver Wirkung geben, wenn nicht in ihnen Uran oder Thor auch chemisch nachweisbar ist“⁹⁾. Der eine von uns ist damit beschäftigt, die Gesteine einer künstlichen Zersetzung zu unterwerfen, um zu sehen, ob dabei Radioaktivität entsteht.

Um zu sehen, ob die Gase der drei größten Wiesbadener Thermalquellen zu verschiedenen Jahreszeiten Schwankungen in ihrer chemischen Zusammensetzung zeigen, haben wir sie am 26./4.1905 mit der Bunteschen Bürette unter ganz analogen Bedingungen analysiert, wie im August und September 1904¹⁰⁾. Wir stellen alle Resultate zusammen:

1. K o e h b r u n n e n (Hauptsprudel).

	29./8. 1904	14./9. 1904	26./4. 1905
$CO_2 + Spur H_2S$	84,5%	84,5%	85,0%
Sauerstoff . . .	0,1%	0,1%	0,2%
$N + Ar + X$. . .	15,4%	15,4%	14,8%

⁸⁾ Die Gesteine 7, 8 und 9 waren aus einem vor wenigen Jahren angelegten Wasserstollen am Schäferskopf (1 Stunde von der Stadt) gefördert worden.

⁹⁾ Z. f. Instrumentenk. 1904, 197.

¹⁰⁾ Wiener Monatshefte 26, 149 ff. (1905).

2. Adlerquelle.

(Sprudel in der Nähe des Badhauses Adler-Krone.)

29./8. 1904 14./9. 1904 26./4. 1905

CO ₂ + Spur H ₂ S	75,4%	74,2%	78,2%
Sauerstoff . . .	1,0%	1,1%	1,0%
N + Ar + X . . .	23,6%	24,7%	20,8%

3. Hauptquelle des Schützenhofs.

29./8. 1904 14./9. 1904 26./4. 1905

CO ₂ + Spur H ₂ S	32,5%	32,7%	32,0%
Sauerstoff . . .	0,3%	0,2%	0,2%
N + Ar + X . . .	67,2%	67,1%	67,8%

Man sieht, daß geringe Schwankungen stattfinden. Näheres darüber und über die Schwankungen der Radioaktivität wird später mitgeteilt.

Direkte Eisen- und Stahlerzeugung.

Von CARL OTTO.

(Eingeg. d. 27.4. 1905.)

Daß der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd die vollständige Verbrennung der Kohle zu Kohlendioxyd vorangegangen sein muß, ist eine Annahme, welche allen Konstruktionen unserer Gasfeuerungen zugrunde liegt. Ein großer Teil der bei letztdgedächtem Prozeß gewonnenen Wärme muß bei dem Zurückgehen auf die geringere Oxydationsstufe einstweilen wieder geopfert werden, um zu dem hohen pyrometrischen Effekt zu gelangen, den die Vergasung des Kohlenstoffs ermöglicht. Bei näherer Betrachtung ergibt sich, daß zur Gewinnung des Kohlenoxyds das Opfer an Wärme allein nicht einmal ausreicht, daß es vielmehr daneben noch der Aufwendung mechanischer Energie bedarf. Keine Gasfeuerung vermag sich die zur Fortführung des Verbrennungsprozesses erforderliche Zugbewegung selbst zu schaffen. Dazu reicht das verfügbare Wärmequantum wegen der Volumenvergrößerung, welche die Kohlenoxydgasbildung mit sich bringt, nicht aus. Zwar macht die Ausdehnung des Gases nach allen Seiten hin sich geltend, ist aber in der Richtung des geringsten Widerstandes, also in der durch die Herdsohle gegebenen Horizontalen am meisten fühlbar, gerade in der Richtung, in welcher der gewünschte Luftstrom entgegenkommend vorstoßen müßte. Das verlangt, soll das Feuer weiter brennen, einen besonderen, von außen kommenden Antrieb, der früher allgemein durch ein Gebläse bewirkt wurde, während nach S i e m e n s der natürliche Zug einer Esse benutzt wird, in welche die immerhin noch ziemlich große Abhitze des auf hohe Temperatur eingerichteten S i e m e n s schen Ofens mit dem durch den Regenerator vorgezeichneten Umwege strömt. Die seit drei Jahren bekannten Sauggasmotoren stellen in der Saugperiode ihre Apparate und Leitungen unter geringeren als Atmosphärendruck, benutzen also bei vollem Betriebe einen Teil ihrer Maschinenkraft zur Vorbewegung des Gases, während das Ingangsetzen des Generators mit Hilfe eines besonderen Gebläses oder mit aufgespeicherter Druckluft erfolgt.

Da wir einen Generatorbetrieb im Auge haben, welcher lediglich die Erzeugung von Kohlenoxyd-

gas bezweckt, so scheiden diejenigen Fälle aus, in welchen vorzugsweise die Kohlenwasserstoffe des Brennmaterials in Frage kommen, besonders also diejenigen, in welchen mit Stein- oder jüngerer Minerkohle gefeuert wird. Es ist bekannt, daß Braunkohle an Wasserstoff und Sumpfgas bis zu 40%, Anthracit noch bis 20% liefert, während Kraftgas aus Koks nur etwa 9% von diesen Gasen enthält, dafür aber bis 28% Kohlenoxyd gegen bzw. 8 und 17% aufzuweisen vermag.

Ziehen wir nun in Betracht, daß sich vorzüglich Steinkohlenkoks, Holz- und Torfkohle zur Darstellung von Kohlenoxyd eignen, während magere Steinkohlen und halbfette Steinkohlen in Staubform beim Generatorbetrieb versagen, und beachten wir ferner, daß eine hohe, bis zu 1,40 m steigende Kohlenschicht bei kräftigem Feuer auf dem Rost erforderlich ist, so liegen uns die Bedingungen vor Augen, unter welchen die Kohlenoxydgasbildung sich allein ausführen läßt. Der Brennstoff muß poröse Beschaffenheit und mindestens Nußgröße haben, im übrigen aber in Masse vorhanden sein, also alle diejenigen Eigenschaften besitzen, unter welchen eine Gasabsorption in nicht langer Zeit möglich ist, außerdem muß mechanisch für Zugbewegung gesorgt werden.

Nur durch Kohle absorbiertes Kohlendioxyd kann sich durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxyd zurückverwandeln. Der im Kohlendioxyd enthaltene Sauerstoff muß durch einen vorangegangenen Absorptionsvorgang erst größere Angriffskraft erlangen, bevor durch eine neue Verbindung die zur Auflösung der alten erforderliche Wärme gewonnen werden kann.

Die dem Kohlendioxyd durch Absorption hinzuzufügende Energie ist nicht chemischer, sondern mechanischer Art, entnommen nicht lediglich aus den reagierenden, geringen Raum beanspruchenden Substanzen, sondern bei der Möglichkeit einer Energiebeteiligung von allen Seiten aus dem gesamten, für den Prozeß bestimmten Vorrat an Stoffen. Eine Steigerung kann dadurch herbeigeführt werden, daß man den gasförmigen Teil der Stoffe durch Kompression in größerer Menge betätigt. Beim Einsetzen mechanischer Energie erweitert sich das System schon bei atmosphärischer Pressung; räumliche Ausdehnung ist unvermeidlich. Dem entspricht die Zeitdauer des Vorgangs. Der Zeitbedarf der chemischen Reaktion ist an sich gering, derjenige der Absorption dieser gegenüber bedeutend. Die Möglichkeit, im vorliegenden Falle die chemische Energie auf dem Rückwege zur ersten Oxydationsstufe durch mechanische zu kräftigen, ist besonders in der notwendig eintretenden Verdopplung des Sauerstoffvolumens durch die Neuaunahme von Kohlenstoff gegeben. Die Leistung äußerer Arbeit dem Atmosphärendruck gegenüber ist mechanisch ausführbar.

Verbinden sich $1\frac{1}{3}$ kg Sauerstoff mit 1 kg Kohlenstoff zu Kohlenoxyd, so werden nur 2473 Wärmeeinheiten frei, aber es sind daneben noch 3134 Wärmeeinheiten als zur Vergasung des Kohlenstoffs aufgewendet latent vorhanden, die ihr Äquivalent, soweit nicht potentiell bleibende Energie in Frage kommt, in der gedachten Arbeitsleistung haben. Fügt man, um die Verbrennung zu voll-