

# GLÜCKAUF

## Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

Nr. 48

25. November 1916

52. Jahrg.

### Der Gebirgsdruck als Ursache für das Auftreten von Schlagwettern, Bläsern, Gasausbrüchen und Gebirgsschlägen. I.

¶ Von Bergrat Heinrich Weber, Dortmund.

Seit etwa 50 Jahren ist man mit Erfolg, wie die von Jahrzehnt zu Jahrzehnt sinkende Zahl der Schlagwetterexplosionen erweist<sup>1</sup>, bemüht gewesen, die Mittel zur Unschädlichmachung der schlagenden Wetter zu vervollkommen und Sicherheitsmaßregeln aller Art zur Verhütung ihrer Entzündung zu treffen. Mit diesem günstigen Ergebnis war aber leider nicht auch ein allgemeines Sinken der Anzahl von tödlich Verletzten verbunden, weil mehr als früher bei einigen Explosionen ein erschreckend hoher Menschenverlust zu beklagen war. Diese durch Umfang und Heftigkeit hervortretenden Massenunglücksfälle haben im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk seit dem Jahre 1908, noch dazu in rascher Aufeinanderfolge, eine geradezu beängstigende Vermehrung erfahren. Neue Wege zur Bekämpfung der Gefahr erschienen geboten und wurden eingeschlagen: Mitaufsicht der Bergwerksbetriebe durch Arbeiter (Sicherheitsmänner), Verschärfung der Vorschriften über die Schießarbeit in den Gesteinbetrieben, Preisausschreiben für eine brauchbare elektrische Grubenlampe mit zuverlässigem Wetteranzeiger durch den Verein für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund und auf Anordnung des Kaisers die Erforschung neuer Einrichtungen zur Erkennung der Schlagwettergefahr durch das Kaiser-Wilhelm-Institut zur Förderung der Wissenschaften (Schlagwetterpeife von Haber und Leiser).

Trotzdem somit alles Erdenkliche geschehen ist und geschieht, wurde dennoch in dem von mir verwalteten Bergrevier Dortmund II die Grube Minister Achenbach zweimal in verhältnismäßig kurzer Zeit, am 18. Dezember 1912 und am 30. Januar 1914, durch ein solches verderbenbringendes Naturereignis heimgesucht.

Je rätselhafter aber das unvermutete Auftreten größerer Schlagwettermengen erscheint, desto mehr Anlaß ist gegeben, zu ergründen, ob die bis jetzt getroffenen Abwehrmaßregeln vielleicht deshalb nicht immer von Erfolg begleitet gewesen sind, weil man die Ursachen für den Austritt der in der Kohle enthaltenen  $\text{CH}_4$ -Gase in die Grubenräume noch nicht genügend erkannt oder auch zum Teil verkannt hat.

Von diesen Erwägungen ausgehend, habe ich mir nach Abschluß der amtlichen Untersuchungsverhand-

lungen über die Schlagwetterexplosionen auf Minister Achenbach eine Ansicht gebildet, die, genährt durch weitere Beobachtungen und Feststellungen auf andern Schlagwettergruben, besonders denjenigen meines Reviers, nunmehr soweit gereift ist, daß ich mir von ihrer Veröffentlichung eine gewisse Anregung auf dem Gebiete der Schlagwetterfrage in theoretischer und namentlich auch in praktischer Hinsicht verspreche.

Sie beruht auf folgendem Grundgedanken:

Durch Faltung des Schichtenbaues der Erdkruste ganz besonders auch durch Senkung oder Blähung einzelner Schichtenglieder beim Abbau von Steinkohlenflözen tritt im Bereich der entstehenden Biegunzzone eine Aufblätterung der Gebirgsschichten ein. Infolgedessen bilden sich im Innern des Gebirgskörpers Hohlräume mit vollständigem Vakuum<sup>1</sup>.

Beim Entstehen eines solchen Vakuumraumes an einer Kohlenschichtfläche oder auch in der Kohle selbst werden sich die an und in der Kohle substanzhaftenden, hauptsächlich aus  $\text{CH}_4$  bestehenden freien Gase ungleich stärker als bei der unter Atmosphärendruck erfolgenden bergmännischen Gewinnung der Kohle abzutrennen und in den benachbarten Hohlräumen zu sammeln suchen. Nach Platzen der Hülle dieser nunmehr vorhandenen, vielleicht unter Spannung und Gebirgsdruck stehenden kleinen Gasbläschen oder auch mehr<sup>2</sup> oder minder großen<sup>3</sup> Gasbehälter werden die bis dahin eingeschlossenen Gase in die Klüfte und Risse des umgebenden Gebirges weiterwandern und auf diesem Wege unter dem beim Steinkohlenbergbau beobachteten Erscheinungsformen in die Grubenräume entweder als Gasausbruch in großen Mengen plötzlich austreten oder häufiger schon als Bläser durch eine kleine Gebirgsspaltenöffnung unter Druck hineinpeifen oder endlich zumeist als Schlagwetterbildner in gar nicht oder kaum für die menschlichen Sinne bemerkbaren Mengen ständig abfließen.

Der an oder in einer kohlefreien Gesteinschicht des Karbons entstandene Vakuumraum bleibt vollständig leer, bis er durch einen<sup>2</sup> Riß im Gebirge entweder Verbindung mit einem schon Gas enthaltenden Raum oder mit der Außenatmosphäre erhält. In dem-

<sup>1</sup> Diese Hohlräume mögen kurz als Vakuumräume bezeichnet werden, solange sie mit der Außenatmosphäre noch keine Verbindung erhalten haben.

selben Augenblick wird dann ein Gas- oder Luftausgleich zwischen den betreffenden Räumen erfolgen, und zwar je nach Größe des Vakuumraumes mit mehr oder minder lautem Knall und geringerer oder stärkerer Erschütterung des Gebirges.

#### Entstehung der Vakuumräume.

Die sedimentären Ablagerungen des produktiven Karbons bestehen im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbecken nach bergmännischer Bezeichnung im wesentlichen aus Sandsteinen, sandigen Schiefen (Sand-schiefern), Schiefertonen und Steinkohlenflözen. Die einzelnen Bänke dieser Ablagerungen, die eine außerordentlich wechselnde Mächtigkeit von wenigen Millimetern bis zu vielen Metern besitzen, haben entsprechend ihren getrennt nacheinander zur Ablagerung gekommenen Sedimenten Abtrennungsflächen oder Schichtfugen. Letztere bilden aber, da sich die einzelnen Schichten ursprünglich in söhlicher Lagerung fest aufeinander gelegt haben, an den Trennflächen keine Hohlräume, wie ihre Undurchlässigkeit gegen Wasser und Luft beim Ausrichten, Vorrichten und Abbau eines Flözes dort beweist, wo das Steinkohlengebirge regelmäßig gelagert, ungestört und noch unverritz ist. Wenn nun schon die Schichtfugen als wetter-, luft- und wasserundurchlässig zu bezeichnen sind, dann gilt dies für die Schichten selbst wenigstens in gleichem Maße. Auch die Steinkohlenflöze erweisen sich, wenn nur ihre Ablagerung ungestört geblieben und nicht durch irgendwelche äußere Einwirkung beeinflusst worden ist, in den Grubenbauen ohne Zweifel ständig als wasser- und luftdicht.

#### Bildung von Hohlräumen durch Faltung des Gebirgskörpers.

Bei hinreichender Faltung der Sedimente durch gebirgsbildende Kräfte zu Sätteln und Mulden blättern jedoch die Gesteinlagen an den Schichtfugen im Sattelhöcsten und im Muldentiefsten auseinander. Es bilden sich sattel- oder muldenförmig gebogene, nach beiden Schenkeln ausspitzende Hohlräume, wie es die Form der mineralischen Hohlraumausfüllungen von Sattel- und Muldengängen beweist. Die einzelnen, verhältnismäßig wenig mächtigen, weichen und leichter biegsamen Tonschiefer- und Kohlenablagerungen werden bei diesem Vorgang infolge ihrer Elastizität vielleicht nur wenige, jedenfalls aber weniger große Hohlräume entstehen lassen als die festen und dazu meist mächtigen sandigen Schichtenbänke.

Wird die Elastizitätsgrenze bei der Faltung der Gesteinschichten überschritten, so entstehen die in der Regel rechtwinklig zur Richtung des Faltungsdruckes verlaufenden Sattel- und Muldenspalten, die meist in beträchtlicher Ausdehnung die Schichten durchsetzen, ohne in ihnen jedoch Lagerungsverschiebungen hervorzurufen. Zahl und Weite dieser Spalten wird in harten, sandigen Schichten naturgemäß wieder größer sein als in tonigen Schieferschichten; die in letzteren etwa entstandenen Spaltenhohlräume werden außerdem als bald ganz oder wenigstens teilweise wieder zuquellen.

Bei noch weiterem Fortschreiten des Faltungsvorgangs schieben sich die Schichten übereinander. An der Überschiebungszone entstehen durch Auswalzen einzelner Schichten vielfach Umbiegungen (Hakensschläge) der angrenzenden Schichten. Diese zeigen besonders bei geringem Verwurf Aufblätterungshohlräume, wahrscheinlich weil infolge zu geringen oder zu langsam wirkenden Druckes ein glattes Durchreißen der einzelnen Gebirgslagen nicht stattfindet<sup>1</sup>. Die Überschiebungskluft selbst ist durchweg nicht höhl, sondern mit abgerissenen, mitverschobenen Gesteinstückchen völlig angefüllt.

Außer diesen sich im Streichen der Schichten bildenden Hohlräumen entstehen bei kräftiger Gebirgsfaltung in noch größerer Zahl in der Richtung des Faltungsdruckes aufklaffende Spalten, die häufig teilweise offen stehenbleiben und sich im übrigen mit abgerissenem Gesteingeröll anfüllen. Bei einem solchen Durchreißen der Schichten blättern ebenfalls in der Nähe der Spaltkluft die durchgerissenen Schichtlagen auf; aber auch hier werden, abgesehen von der verschiedenen Biegsamkeit der Schichten an sich, die etwa entstehenden Hohlräume bei stark und rasch wirkendem Faltungsdruck weniger groß und zahlreich in die Erscheinung treten als bei langsamem, die Gebirgslagen auseinanderzerrendem Schub.

Endlich verursacht die Gebirgsfaltung noch kleine Risse und sogar eine Zeitrümmerung innerhalb der einzelnen Schichten selbst durch Pressung und Stauchung. Hiervon zeugen Lamellenstruktur, Flözverschmälerungen und Flözverdickungen. Die sich hierbei in der Schichtsubstanz bildenden Hohlräume sind vielfach so winzig klein, daß sie das menschliche Auge nicht wahrzunehmen vermag.

#### Bildung von Hohlräumen durch Senkung oder Aufblähung einzelner Gebirgsschichten beim Abbau.

Alle vorstehend genannten Arten der Bildung von Hohlräumen bei der Gebirgsfaltung machen sich ebenso im Grubenbetriebe durch Senkung und Aufblähung einzelner Gebirgsschichten nach dem Flözverhieb im kleinen, und zwar ununterbrochen in unbeschränkter Zahl bemerkbar. An sämtlichen Betriebspunkten eines im Abbau stehenden Flözes befinden sich infolge des Gebirgsdruckes die hangenden und liegenden Schichten dieses Flözes und auch das Flöz selbst in Bewegung bzw. in Durchbiegung.

Das Maß dieser Bewegung ist zunächst von der Nebengesteinbeschaffenheit des zum Verhieb gelangenden Flözes abhängig. Bestehen Hangendes und Liegendes aus festen und mächtigen Sandsteinbänken, so stellt sich erst nach dem Abbau größerer Flözflächen Druck ein; somit wird auch eine Ablösung der Sandsteinschicht von der unmittelbar benachbarten Gebirgslage erst verhältnismäßig spät eintreten. Schon eher wird der Druck verspürt, wenn entweder das Liegende oder das Hangende aus tonigem Schiefer besteht; die Abtrennung

<sup>1</sup> Diese Vorgänge lassen sich am besten durch das sattel- und muldenförmige Durchbiegen und das ruckartige oder weniger scharfe Durchreißen der Blätter eines Buches veranschaulichen.

der Schieferschichten von der benachbarten Gesteinlage wird entsprechend schneller erfolgen. Noch größer werden Druckwirkung und Aufblättern der sich senkenden und aufblähenden Schichten, wenn das Flöz tonige Schichten zum Hangenden und Liegenden hat. Wenig mächtige Wechsellagerungen von sandigen und tonigen Schichten führen zu mittlern Wirkungen. Besonders stark endlich zeigen sich die Druck- und Ablösungserscheinungen, wenn sich die unter- und überliegenden Schichten eines Flözes aus Wechsellagen von weichem Schiefer und unbauwürdigen Flözen, Flözstreifen oder Brandschieferpacken zusammensetzen. Die Größe der sich in den Schichten bildenden Hohlräume wird in der Regel in umgekehrtem Verhältnis zu ihrer Zahl stehen.

Sodann kommen für die mehr oder minder große Durchbiegung der Schichten bei der Aus- und Vorrichtung die Höhe und Breite der Strecken (ob mit oder ohne Bergedamm) sowie deren Zahl und Abstand voneinander, beim Abbau neben der Mächtigkeit des Flözes und der Größe der verhauenen Flözstücke die Art des Abbaues (ob mit oder ohne Bergeversatz) in Frage. Beim Pfeilerbau wird die Durchbiegung der Schichten an sich größer, die Zeit bis zu ihrem Durchbrechen geringer sein als beim Abbau mit Bergeversatz; infolgedessen werden bei diesem die sich in den Schichten über oder unter dem Bergeversatz bildenden Hohlräume wegen der durch den Bergeversatz gebildeten Stützpunkte große Ausdehnung, besonders bei Sandstein und Sandschiefer, annehmen können.

Weiter bedingt das schnelle Voranschreiten des in neuerer Zeit üblichen, praktisch-wirtschaftlichen Abbaues, der darin besteht, die Betriebe nicht zu vereinzeln, sondern sie möglichst in einem bestimmten Teil des Grubengebäudes zusammenzuliegen und den Verhieb mit maschinenmäßigen Hilfsmitteln, wie Bohrhämmern und Schrämmaschinen, vorzunehmen, ungleich größere Gebirgsbewegungen, als sie der Grubenbetrieb in frühern Zeiten mit sich brachte. Das einmal durch den Abbau in Mitleidenschaft gezogene, aufgeblättern Gebirge hat kaum noch Zeit, sich zu setzen und sich wenigstens teilweise wieder aufeinanderzuliegen. Die in den Schichten entstehenden Hohlräume werden sich daher, solange der nachdrückliche Abbau an der fraglichen Stelle des Grubenfeldes andauert, mehren und vergrößern.

Nicht zum wenigsten sind ferner diese beim Flözverhieb erfolgende Gebirgsbewegung und die sich daran anschließende Hohlraumbildung von der Neigung des geschichteten Gebirges abhängig. Je flacher die Gebirgslagen aufeinanderliegen, desto leichter werden sie sich nach Fortnahme eines Flözzwischenliedes an ihren Schichtfugen ablösen und durchbiegen oder aufblähen, weil ihr eigener Halt immer geringer wird, je schwächer das Einfallen ist. Je steiler sie dagegen aufgerichtet sind, desto standsicherer werden sie in sich werden. Abweichend von der Regel wird diese Standfestigkeit unter der Kuppe und den anschließenden Flügeln eines flachen Sattels am größten sein, weil die Schichten in diesem Falle gleichsam ein Gewölbe über der Abbaufäche mit Widerlagern in dem seitlich noch anstehenden

Flöz bilden; umgekehrt wird sie am geringsten in der Wende einer abgebauten spitzen Mulde sein, weil sich hier die Schichten weder auf das umgebende Gebirge, noch in sich selbst stützen können. Die Hohlräume, die sich nach Verhieb eines Flözes durch Senkung des Hangenden oder Hebung des Liegenden im Innern des anstehenden Gebirgskörpers einstellen, werden daher auch in der spitzen Mulde die geringste und im flachen Sattel die größte Ausdehnung annehmen; außerhalb der Sattel- und Muldenwendungen werden sie bei vollständig steiler Lagerung kaum in die Erscheinung treten, bei mittlern Einfallen den größten Umfang annehmen und bei flacher Lagerung wieder verhältnismäßig kleiner sein.

Bei dem Einfluß aller dieser Faktoren auf das Maß der Senkung und Aufblähung der Schichten beim Abbau ist es nicht angängig, bestimmte Schlüsse auf das Übergreifen des Gebirgsdruckes und der damit zusammenhängenden Hohlraumbildung über die jeweilige Abbaugrenze hinaus zu ziehen<sup>1</sup>. Aus dem Betriebe ist aber allgemein bekannt, daß der Gebirgsdruck nicht mit der Abbaugrenze zusammenfällt; die anstehenden Kohlenstöße halten allmählich dem Gebirgsdruck nicht mehr stand, sie blättern auf, erhalten Risse und bröckeln schließlich, falls sie nicht durch Zimmerungen gehalten werden, ab. Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß sich die hangenden und liegenden Schichten auf eine gewisse Erstreckung hin über oder unter der anstehenden Kohle der Strecken- und Abbaustöße eines Flözes in Bewegung befinden. Dementsprechend werden auch die Gebirgschichten noch über und unter der anstehenden Kohle aufblättern und allmählich sich spitz auskeilende Hohlräume entstehen lassen. Die Länge dieser Auskeilung wird sich nach der Dauer der Druckwirkung, der Zusammensetzung der Schichtgesteinglyeder, der Größe der freigelegten Nebengesteinflächen, der Mächtigkeit des verhauenen Flözes, der Art des Abbaues, der Dauer des Verhiebes und der Neigung der Schichten richten.

Beispielsweise ist nach meinen Beobachtungen bei an sich gutem Hangenden und einem Einfallen der Schichten von 20–30° bzw. von 60–75° in einem vor altem Abbau mit Bergeversatz anstehenden Pfeilerstück der Druck am größten, wenn sich der Verhieb des Reststückes auf 25 m dem alten Abbau genähert hat. Auch wurde früher beim gewöhnlichen Pfeilerbau nach dem Zubruchgehen des Hangenden nicht am Pfeilerstoß selbst wieder aufgehauen, sondern etwa 5–8 m zurück ein neues Überhauen hergestellt und dann der Pfeilerrest hereingewonnen. Durch das Brechen des Hangenden wurde nämlich der während der Durchbiegung des hangenden Gebirgskörpers nur teilweise auf den Pfeilerstoß wirkende Druck völlig ausgelöst und hierdurch die Kohle so fest, daß sich ihre Gewinnung durch Hochbringen des neuen Überhauens besser lohnte. Offenbar hatte sich das hangende Gebirge nach dem Durchbrechen mit der ganzen Schwere der vorher aufgeblättern und jetzt zusammengesunkenen Schichten, soweit sie sich »gezogen« hatten, so fest auf den Pfeilerstoß gelegt, daß er der Hereingewinnung größere

<sup>1</sup> Auf einige von mir festgestellte überraschende Wirkungen dieser Art von Gebirgsdruck wird in einem spätern Aufsatz näher eingegangen werden.

*Handwritten notes:*  
 Auf einige von mir festgestellte überraschende Wirkungen dieser Art von Gebirgsdruck wird in einem spätern Aufsatz näher eingegangen werden.

Schwierigkeiten entgegengesetzte als die nicht unter dieser Druckwirkung stehende 5–8 m zurück noch unverritz anstehende Kohle. Auch in neuerer Zeit macht man häufig die Beobachtung, besonders beim Strebbau mit breitem Blick, daß nach Sonntagen und erst recht nach zwei Festtagen der Kohlenstoß auf eine Tiefe von 1–2 m wegen der Festigkeit der Kohle erheblich schwerer zu gewinnen ist als an den übrigen Tagen. Am besten läßt sich heute erfahrungsgemäß ein Flöz mit Schüttelrutschenbetrieb abbauen, wenn der Kohlenstoß unter Berücksichtigung des jeweiligen Gebirgsdruckes nicht zu rasch und nicht zu langsam verhauen wird, im Mittel rechnet man mit 1,2–1,5 m täglicher Verhiebbreite. Demnach ist anzunehmen, daß sich bei dieser Abbauart und unter sonst normalen Verhältnissen die Druckwirkung des sich senkenden Hangenden am ersten Tage etwa 1½ m tief über den Kohlenstoß hinziehen wird; findet am folgenden Tage kein Verhieb des Kohlenstoßes statt, dann wird ein weiteres Sinken des Hangenden eintreten, zugleich wird der Kohlenstoß in sich fester zusammengepreßt, so daß die Druckwirkung des Hangenden tiefer, vielleicht bis zu 2 m in den Kohlenstoß hinein vordringt<sup>1</sup>.

Bildung von Hohlräumen durch den sich auf die Flözstöbe abladenden Gebirgsdruck.

Diese Tatsache leitet zur letzten Art von Hohlräumen über, nämlich zu denen, die innerhalb des Flözes selbst durch den sich auf die Stöße abladenden Gebirgsdruck entstehen. Neben einer Abtrennung der Schlechten voneinander werden sich unzählige größere und kleinere Hohlräume und Risse in dem anstehenden Kohlenstoß, und zwar bis zu einer gewissen Tiefe je nach den oben angeführten Begleitumständen, einstellen.

#### Gasansammlung in den Vakuumräumen.

Die Undurchlässigkeit der Schichten bringt es mit sich, daß die beschriebenen, sekundär im Innern des Gebirgskörpers ohne Luftzutritt entstandenen geschlossenen Hohlräume zunächst ein vollkommenes Vakuum bilden. Es wird sich so lange erhalten, als sich der bereits gebildete Hohlraum nicht durch weiteres Sinken oder Quellen des Gebirges wieder schließt, durch Reißen der umgebenden Gebirgshülle entweder Luft oder Wasser auf natürlichem Wege von der Tagesoberfläche oder von den Grubenbauen aus eintreten, oder endlich, was für Schlagwettergruben am wichtigsten ist, unter gegebenen Umständen Gase aus den Steinkohlenflözen den Vakuumraum anfüllen. Im letztgenannten Fall ist sogar die Möglichkeit vorhanden, daß an Stelle des Vakuums ein Gasüberdruck eintritt, weil nachfolgende Gebirgsbewegungen eine Verkleinerung des bereits mit Gas angefüllten Hohlräumens herbeiführen können.

Die sich in den Vakuumräumen sammelnden Gase entstammen den in den einzelnen Schichtgliedern eingebetteten Steinkohlenflözen, sowohl den bauwürdigen und unbauwürdigen als auch den Brandschieferpacken und -schmitzen. Sie können bei der Undurchlässigkeit der Gebirgsschichten in die fraglichen Räume nur ge-

langen, wenn die Flözstreifen den sich bildenden oder entstandenen Vakuumhöhlräumen benachbart sind oder mit ihnen durch Risse und Spalten in Verbindung stehen.

Der Austritt der Gase aus der Kohle hängt wesentlich von deren physikalischen und chemischen Eigenschaften ab. Aus harter und fester Kohle werden die Gase schwerer entweichen als aus weicher und loser. Die Porosität der die Flöze bildenden Kohlensubstanz ist zwar durchweg als verhältnismäßig sehr gering anzusehen; größere Poren oder Hohlräume sind in hereinengewonnenen Kohlenstücken sozusagen überhaupt nicht zu bemerken. Daraus folgt, daß die an den einzelnen kleinsten Kohlenteilchen haftenden Gase bei normaler Tagestemperatur und natürlichem Atmosphärendruck nur sehr schwer und äußerst langsam aus dem tiefen Kohleninnern der Flöze an ihre freigelegte Oberfläche gelangen können. Je nach der Menge der bei der  $CH_4$ -Gärung der Kohle entstandenen freien Gase werden aber den einzelnen Kohlemolekülen mehr oder weniger Gase anhaften. Dadurch wird natürlich eine verschiedene Porosität der Kohlensubstanz verursacht, die wiederum die Festigkeit der Kohle beeinflußt. Aus der weichen Kohlensubstanz werden infolgedessen bei gegebener Gelegenheit die eingeschlossenen Gase leichter austreten. Die weiche Kohle kann gegenüber der festen demnach einmal mehr freies Gas enthalten, und sodann wird sie auch einem etwa möglichen Entweichen ihrer eingeschlossenen Gase weniger Widerstand entgegensetzen können. Der Gasgehalt der noch in der Gärung befindlichen Kohlemoleküle selbst scheint hierbei keine sonderliche Rolle zu spielen, wie die nachstehenden Vergleichswerte von Kohlen aus verschiedenen Flözen des Ruhrkohlenbeckens und anderer Kohlenbezirke ergeben. Danach pumpte Broockmann<sup>1</sup> im Laboratorium der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum aus je 100 g Kohle von 2–4 mm Korngröße nach ihrer Erhitzung im Wasserbade auf 100° C die entweichenden Gase bis zur Erschöpfung ab und fing sie über Quecksilber mit folgendem Ergebnis auf:

#### Westfälische Kohlen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Magerkohle Flöz Gabe Gottes Zeche Stock & Scherenberg	Kokskohle Flöz Ditebank Zeche Präsident	Kokskohle Flöz 13 Zeche Hibernia	Kokskohle Flöz 8 Zeche Pluto	Gaskohle Flöz Zollverein 6 Zeche Helene und Annalie	Gasflammkohle Flöz 12 Zeche Rheinthal	Kaunkohle Flöz 7 Zeche Mathias Stihnes
Koks.....%	80	77	74	74	69	60	46
Gas.....%	20	23	26	26	31	40	54
Menge der ab- gesaugten Gase...ccm	50	87	100	150	14	10	7
Zusammensetzung der abgesaugten Gase							
$CH_4$ .....%	75	96	94	87	14	12	60
$CO_2$ .....%	22	2	6	13	58	21	40
N.....%	3	2	—	—	28	67	—
O.....%	—	—	—	—	—	—	—
$C_xH_y$ .....%	—	—	—	—	—	—	—
CO.....%	—	—	—	—	—	—	—
	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> vgl. die spätern Ausführungen über das Krebsen der Kohle.

<sup>1</sup> s. Sammelwerk, Bd. 6, S. 9 und 11.

Andere Kohlen.

	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
	Saarbrücken Flöz 3 Grube Camphausen	Obernkirchen Wälderkohle	England Flöz Hutton Grube Ryhope	Sattelflöz Grube Laura	Ober- schlesien ?	Tertiäre Pechkohle	Ungarn Junge Kohle	Habitatswald Braunkohle
Koks.....%	60	80	63	63	62	50	55	56
Gas.....%	40	20	37	37	38	50	45	44
Menge der ab- gesaugten Gase...ccm	100	90	70	30	20	45	23	50
Zusammensetzung der abgesaugten Gase								
CH <sub>4</sub> .....%	84	94	94	—	—	5	—	—
CO <sub>2</sub> .....%	16	3	3	60	32	8	66	91
N.....%	—	3	—	30	61	87	34	—
O.....%	—	—	—	5	3	—	—	—
CxHy.....%	—	—	3	—	—	—	—	—
CO.....%	—	—	—	5	4	—	—	9
	100	100	100	100	100	100	100	100

In den glasharten, spröden Kohlen der gasreichen Gasflamm- und Gaskohlenflöze des Ruhrbeckens sind demgemäß erheblich weniger Gase eingeschlossen als in den weichen Kohlen der gasärmern Fettkohlenflöze, während die feste Magerkohle etwa das Mittel aufweist. Aber mehr noch als die Gasmenge springt der hohe CH<sub>4</sub>-Gehalt der Gase aus den Fettkohlenflözen gegenüber denen des Magerkohlenflözes und erst recht der Gas- und Gasflammkohlenflöze in die Augen. Aus den hohen Prozentzahlen von 87, 94 und 96% CH<sub>4</sub> ergibt sich, daß das in den Fettkohlen enthaltene Gas nahezu ganz aus diesem für die Schlagwetterbildung in den Grubenbauen so gefährlichen Kohlenwasserstoff besteht. Kohlensäure und Stickstoff treten so stark zurück, daß man eine sekundäre Einwanderung dieser Gase in die Fettkohle aus der Luft mit nachfolgender Oxydation nach ihrer Gewinnung nicht für ausgeschlossen zu halten braucht.

Obgleich schon diese bei 100° C eingetretene Entgasung Schlüsse auf die Grubengasentwicklung bei Grubentemperatur und vorhandenem Vakuum zuläßt, habe ich sie dennoch nicht ohne einige praktische Versuche, soweit Zeit und Einrichtungen es erlaubten, ziehen wollen. Diese Versuche sind zunächst mit Kohlen aus je einem Flöz der obern und untern Fettkohlen-gruppe der Zeche Preußen I bei Lünen und später noch mit Kohle aus einem Gaskohlenflöz der Zeche Fürst Hardenberg bei Dortmund von Dipl.-Ing. A. Weber, dem Leiter des auf Zeche Preußen I bestehenden Hauptlaboratoriums der Harpener Bergbau-Aktien-Gesellschaft zu Dortmund, nach meinen Wünschen ausgeführt worden.

Weber hat seine Ermittlungen wie folgt zusammengefaßt:

In Steinkohlen eingeschlossene Gase.  
Versuchsordnung.

Zu den Versuchen diente frischgeförderte Fettkohle aus den Flözen 5 (60 m unter Katharina) und 22 (90 m über Sonnenschein) der Zeche Preußen I (Probenahme am 1. Mai 1916). Die grubenfeuchte Kohle wurde zerkleinert und in

Korngröße von 1 cm bei den Versuchen verwendet. Um festzustellen, ob die Kohle eingeschlossene Gase enthielt, benutzte ich einen Luftpumpen-Rezipienten mit angeschlossener Wetterröhre, Vakuum-Manometer und Wasserstrahlpumpe (s. Abb. 1).

Die Kohle befand sich in einem Drahtsiebkorb unter der Glocke des Rezipienten und erfüllte zu etwa 80% deren Raum. Bei den Einzelversuchen wurde die einmal eingefüllte Kohle des betreffenden Flözes weiter benutzt. Der Rezipient blieb jedesmal bei Abschaltung der Wetterröhre zur Untersuchung ihres Inhalts geschlossen. Die Kohlenmenge betrug 5000 g.

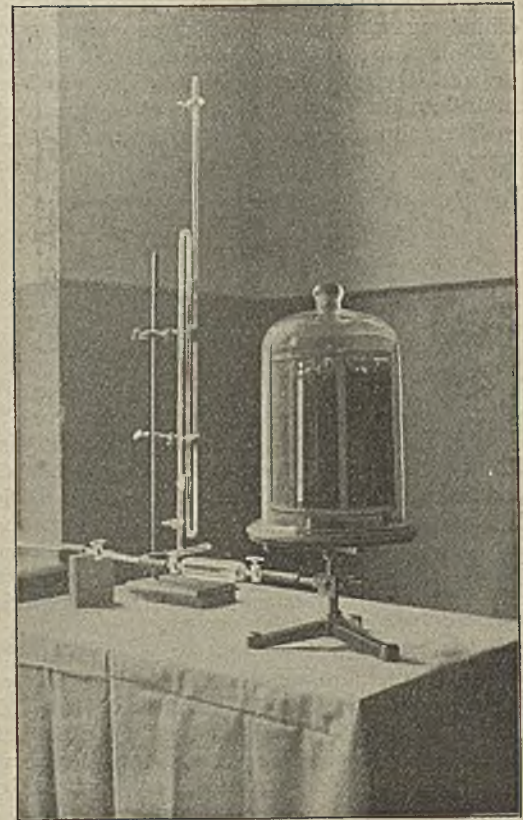


Abb. 1. Ansicht der Versuchseinrichtung.

Der Rezipient wurde jedesmal auf 10 - 20 mm QS leer gepumpt. Infolgedessen enthielt die Glocke noch Luft in äußerst starker Verdünnung. Sobald nun durch das starke Vakuum Gase aus der Kohle austraten, mischten sie sich augenblicklich mit der noch im Rezipienten vorhandenen Luft zu einem anfänglich schwachen, entsprechend der fortschreitenden Entgasung der Kohle stets langsam an CH<sub>4</sub> zunehmenden Gasluftgemisch. Bei diesem Vorgang änderte sich also das Verhältnis von Gas und Luft; das Gas nahm stetig zu, während die vorhandene Luftmenge entweder gleich blieb oder sich noch verringerte, falls nach jeder Probenahme das Vakuum im Rezipienten erneuert, d. h. wieder auf den anfänglichen Stand von 10 bis 20 mm QS gebracht wurde.

Versuche mit Kohle aus Flöz 5.  
Zusammensetzung der Kohle

	%
Wasser . . . . .	1,74
Asche . . . . .	7,22
Gasausbeute . . . . .	31,52

Versuch 1. Bei der Ausführung des Versuches wurde bis auf etwa 1,2 cm Vakuum (Atmosphärendruck 76 cm) gesaugt und der Inhalt der Wetterröhre mit der Schondorff-Brockmannschen Vorrichtung auf Kohlensäure und Methan untersucht. Ergebnis: 3,10% Kohlensäure, 11,15% Methan.

Versuch 2. Die Saugung erfolgte in gleicher Weise, nur ließ ich nach Abstellung der Saugung die am äußern Ende geschlossene Wetterröhre  $\frac{1}{2}$  st in Verbindung mit dem Luftpumpenrezipienten. Ergebnis: 2,96% Kohlensäure, 18,87% Methan.

Versuch 3 wurde entsprechend Versuch 2 wiederholt, nur mit dem Unterschied, daß nach Abstellung der Saugung die nach außen hin abgeschlossene Wetterröhre 15 st lang in Verbindung mit dem Rezipienten blieb. Ergebnis: 0,96% Kohlensäure, 14,59% Methan.

Versuch 4 erfolgte in gleicher Weise wie Versuch 2. Die am äußern Ende geschlossene Wetterröhre blieb genau 1 st in Verbindung mit den Rezipienten. Die Untersuchung ergab: 1,10% Kohlensäure, 12,20% Methan.

#### Versuche mit Kohle aus Flöz 22.

##### Zusammensetzung der Kohle

	%
Wasser . . . . .	1,43
Asche . . . . .	2,96
Gasausbeute . . . . .	24,83

Versuch 1. Eine Wetterröhre wurde wiederum mit dem Rezipienten verbunden und auf 12 mm Saugung evakuiert. Sie blieb  $\frac{1}{2}$  st in Verbindung mit dem Rezipienten, wurde geschlossen und das abgezogene Gas gasanalytisch untersucht. Ergebnis: 1,76% Kohlensäure, 2,11% Methan.

Versuch 2 wurde in gleicher Weise wiederholt, nur blieb die Wetterröhre während 1 st in Verbindung mit dem Rezipienten. Die Untersuchung des abgesogenen Gases ergab: 3,1% Kohlensäure, 5,7% Methan.

Versuch 3. Hier blieb die am äußern Ende geschlossene Wetterröhre  $\frac{1}{4}$  st in Verbindung mit dem Rezipienten. Ergebnis: 2,16% Kohlensäure, 18,95% Methan.

Bei Versuch 4 stand die am äußern Ende geschlossene Wetterröhre 5 st in Verbindung mit dem Rezipienten. Es wurde evakuiert, bis das Manometer 1,2 cm anzeigte. Die Untersuchung ergab: 2,13% Kohlensäure, 10,90% Methan.

Leider war es nicht möglich, mit der mir zur Verfügung stehenden verhältnismäßig sehr einfachen Versuchseinrichtung die Menge der in der Kohle eingeschlossenen Gase und auch ihre genaue Zusammensetzung festzustellen, da das Vakuum infolge der Gummiverbindungen nicht dauernd gehalten werden konnte. Auch die dickwandigsten Gummiverbindungen sind bei starkem Vakuum für Luft durchlässig. Die dem Rezipienten entnommenen Gasproben waren daher durch atmosphärische Luft stark verdünnt. Immerhin dürfte gezeigt worden sein, daß es möglich ist, der Kohle durch starkes Evakuieren bei Zimmertemperatur, also ohne Erhitzung, einen Teil der in ihr eingeschlossenen Gase zu entziehen. Um nun aus den Kohlen reine Gase, d. h. solche Gase, die mit atmosphärischer Luft nicht mehr vermengt sind, zu erhalten, ist eine vollkommene Einrichtung notwendig, deren Beschaffung in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich war.

Weitere Versuche mit frisch geförderter Kohle aus Flöz 5 der Zeche Preußen I.

(Probenahme am 16. Mai 1916.)

Die Versuchsanordnung war dieselbe. Die Kohle befand sich wiederum in einem Drahtsiebkorb unter der Glocke des Rezipienten. Die Kohlenmenge betrug genau 5000 g.

#### Zusammensetzung der Kohle

	%
Wasser . . . . .	1,65
Asche . . . . .	3,23
Gasausbeute . . . . .	32,23

Versuch 1. Es wurde bis auf 12 mm Saugung evakuiert und dann der Rezipient mittels des Dreiweghahns geschlossen. Die Kohle blieb nun der Einwirkung der Saugung etwa 6 Tage (138 st) überlassen.

Die Probenahme erfolgte in der Weise, daß eine luftleer gepumpte Wetterröhre in Verbindung mit dem Rezipienten gebracht wurde. Nach Öffnung des einen Glashahns und schneller Öffnung des Dreiweghahns des Luftpumpenzylinders wurde die Röhre wieder geschlossen und der Inhalt auf Kohlensäure und Methan gasanalytisch untersucht.

Die Analyse ergab: 2,57% Kohlensäure, 90,37% Methan (Durchschnitt von 4 gut übereinstimmenden Analysen).

Das jetzt im Rezipienten herrschende Vakuum, das sich infolge des starken Gasausbruchs der Kohle erheblich vermindert hatte, konnte mit dem abgekürzten Vakuummanometer nicht mehr gemessen werden. Um jedes beliebige Vakuum zu messen, bediente ich mich bei den folgenden Versuchen einer besonders für diesen Zweck gebauten Vorrichtung.

Zunächst wurde nochmals evakuiert, bis das Manometer wieder 12 mm anzeigte. Weiteres Evakuieren fand dann nicht mehr statt. Nach Schließung des Rezipienten blieb die Kohle 4 Tage der Einwirkung des Vakuums überlassen. Nach 4 mal 24 st wurde Gas abgezogen und gasanalytisch untersucht (Probe 2). Die Analyse ergab: 2,60% Kohlensäure, 76,50% Methan (Durchschnitt von 2 gut übereinstimmenden Analysen).

Das unter dem Rezipienten herrschende Vakuum betrug jetzt 15 cm QS. Eine an demselben Tage nachmittags entnommene Probe (Probe 3) ergab: 3,10% Kohlensäure, 93,30% Methan (Durchschnitt von 2 gut übereinstimmenden Analysen).

Das Vakuum hatte sich nicht verändert; das Meßgerät zeigte noch 15 cm QS an. Eine am nächsten Tage gezogene Probe (Gasprobe 4) ergab merkwürdigerweise nur 0,82% Kohlensäure und 36,10% Methan (Durchschnitt von 3 gut übereinstimmenden Analysen).

Die Saugung im Rezipienten war von 15 auf 17 cm gefallen. Das eigenartige Ergebnis kann ich nur darauf zurückführen, daß vermutlich nach der Probenahme durch Zufall Luft in die Wetterröhre eingetreten war, denn eine nach weitem 2 Tagen aus dem Rezipienten entnommene Gasprobe (Probe 5) ergab wieder: 1,47% Kohlensäure, 90,50% Methan (Durchschnitt von 2 gut übereinstimmenden Analysen).

Die Ablesung des unter dem Rezipienten herrschenden Vakuums ergab 20,5 cm QS.

Versuche mit frisch geförderter Gaskohle aus Flöz 4 (160 m über Katharina) der Zeche Fürst Hardenberg.

(Probenahme am 17. Juni 1916.)

##### Zusammensetzung der Kohle

	%
Wasser . . . . .	2,73
Asche . . . . .	2,27
Koksausbringen . . . . .	65,40
Gasausbringen . . . . .	34,60

Beschaffenheit: schwach backende Kohle.

Die Versuchsanordnung war dieselbe wie früher. 5 kg auf Nußgröße von 1 cm zerkleinerter Kohle wurde am 29. Juni vormittags unter dem Rezipienten so stark evakuiert, als es die Wasserstrahlpumpe zuließ. Zur Messung etwaiger Temperaturschwankungen in der Atmosphäre unter dem Rezipienten war im Innern ein in  $\frac{1}{10}^{\circ}$  eingeteiltes Quecksilberthermometer befestigt. Nachdem die Kohle etwa 48 st dem starken Vakuum bei geschlossenem Hahn überlassen worden war, fand in bekannter Weise die erste Probenahme statt. Die Analyse ergab: 1,94% Kohlensäure, 19,40% Methan. Das im Rezipienten herrschende Vakuum betrug 3 cm QS und die Temperatur der Atmosphäre 17,8° C. Die Außentemperatur war dieselbe.

Am 3. Juli wurde eine weitere Probe entnommen und auf Kohlensäure und Methan untersucht. Die Analyse ergab: 2,40% Kohlensäure, 28,40% Methan. Das Vakuum im Rezipienten war auf 5 cm gesunken. Die Temperatur in der Atmosphäre des Rezipienten und die Außentemperatur betragen 18,7° C.

Am 7. Juli vormittags wurde dem Rezipienten wieder eine Probe entnommen und eine Analyse auf Kohlensäure und Methan vorgenommen. Sie ergab: 3,40% Kohlensäure, 52,20% Methan. Das Vakuum im Rezipienten betrug 8,5 cm QS, die Außentemperatur 18,1° C.

Am 12. Juli entnahm ich dem Rezipienten gegen Abend wieder eine Gasprobe zur Untersuchung. Die Analyse ergab: 2,70% Kohlensäure, 53,95% Methan. Vakuum 12,5 cm QS, Temperatur 17,7° C.

Die letzte Probenahme erfolgte am 14. Juli bei einem Vakuum im Rezipienten von 15,5 cm QS und einer Temperatur von 16,0° C. Die Analyse ergab: 6,80% Kohlensäure, 60,50% Methan.

Versuche mit frisch geförderter Kohle aus Flöz 5 der Zeche Preußen I.

(Probenahme am 17. Juli 1916.)

Zusammensetzung der Kohle.

	%
Wasser . . . . .	—
Asche . . . . .	3,45
Koksausbringen . . . . .	67,37
Gasausbringen . . . . .	32,63

Beschaffenheit: backende Kohle.

Versuchsanordnung, Menge und Größe der angewandten Kohle usw. waren dieselben. Es wurde soweit wie möglich evakuiert und dann der Rezipient geschlossen. Die erste Probenahme (Gasprobe I) erfolgte nach 3 st, die zweite nach weitem 6 st, die dritte nach weitem 12 st, die vierte nach weitem 24 st und die fünfte nach weitem 48 st.

Die Analyse ergab:

	Gasprobe <sup>1</sup>				
	I	II	III	IV	V
Kohlensäure .. %	6,37	1,41	1,62	3,36	2,65
Methan..... %	35,50	50,70	60,10	81,20	96,50
Vakuum..... cm	1,8	4,2	7,2	12,5	17,0

<sup>1</sup> Die Temperatur der Gase im Rezipienten entsprach stets der Lufttemperatur im Versuchsraum.

Versuche mit Kohle aus Flöz 4 der Zeche Fürst Hardenberg.

(Probenahme am 17. Juni 1916.)

Anschließend an die Versuche vom 29. Juni bis 14. Juli wurde der Rezipient nochmals mit frisch zerkleinerter

Kohle gefüllt und dann so stark evakuiert, als es die Wasserstrahlpumpe zuließ. Die Probenahme erfolgte auch hier zunächst nach 3 st, dann nach weitem 6, 12, 24 und 48 st. Temperaturschwankungen zwischen der Atmosphäre unter dem Rezipienten und der Außenluft im Versuchsraum konnten nicht festgestellt werden.

	Gasprobe				
	I	II	III	IV	V
Kohlensäure .. %	3,16	verunglückt	1,43	2,08	— <sup>1</sup>
Methan..... %	16,30		19,40	22,50	
Vakuum..... cm	1	3	7,5	12,5	

<sup>1</sup> Die Versuche wurden nicht fortgesetzt, da inzwischen die Einrichtung undicht geworden war. Zwar wurde nochmals evakuiert, um neue Proben zur Untersuchung nehmen zu können, das Ergebnis aller weitem Proben war aber negativ. Von weitem Versuchen wurde daher abgesehen.

Versuche mit frisch geförderter Kohle aus Flöz 22 der Zeche Preußen I.

(Probenahme am 11. Aug. 1916.)

Zusammensetzung der Kohle

	%
Wasser . . . . .	1,61
Asche . . . . .	4,53
Koksausbringen . . . . .	75,90
Gasausbeute . . . . .	24,10

Beschaffenheit: backende Kohle.

In Fortsetzung der Versuche mit Kohle aus Flöz 22 vom Juni wurde der Rezipient wiederum mit frisch-geförderter Kohle dieses Flözes gefüllt, so stark wie möglich evakuiert und Gasproben nach 3, nach weitem 6, 12, 24, 48 und 72 st zur Untersuchung auf Kohlensäure und Methan entnommen.

Die Analyse ergab:

	Gasprobe						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Kohlensäure .. %	5,06	5,60	5,60	5,67	5,10	4,30	4,10
Methan..... %	12,66	19,42	27,75	33,00	33,13	35,20	37,60
Vakuum..... cm	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0	11,5

Das Ergebnis dieser und der von Broockmann angestellten Ermittlungen über die in der Steinkohle eingeschlossenen Gase dürfte zu nachstehenden Schlußfolgerungen berechtigen:

1. Im Vakuum entweichen aus Kohlensubstanz darin eingeschlossene Gase.

2. Die Entgasung geht äußerst langsam und stetig vor sich; verhältnismäßig ist sie am größten bei der weichen Kohle der obern Fettkohlengruppe (Flöz 5), am geringsten bei der harten Gaskohle und mittelmäßig bei der ziemlich festen Kohle der untern Fettkohlengruppe (Flöz 22). Wie weit dabei außerdem noch Korngröße der Kohle und Temperatur eine Rolle spielen, ist bis jetzt nicht bestimmt worden. Unzweifelhaft ist wohl, daß bei größerem Korn bzw. niedriger Temperatur die eingeschlossenen Gase stärker zurückgehalten werden als bei kleinerem Korn bzw. hoher Temperatur.

Broockmann gibt über seine Versuche an<sup>1</sup>, daß trotz der ständigen Erhitzung der nur 2–4 mm großen Kohlestückchen im Wasserbade auf 100° C das Abpumpen

<sup>1</sup> s. Glückauf 1899, S. 271.

der Gase bis zur Erschöpfung oft mehrere Tage in Anspruch genommen hat. Aus den ersten Versuchen Webers ist zu ersehen, daß bei einer Korngröße von 10 mm und normaler Zimmertemperatur trotz 4maliger Evakuierung derselben Kohle ein besonders merkliches Nachlassen der Entgasung noch nicht eintrat.

Ferner zeigen seine von mir veranlaßten letzten Ermittlungen, daß in einmal geschaffenen Vakuum die austretende  $\text{CH}_4$ -Menge aller Kohlsorten von Tag zu Tag ganz allmählich stieg und das Vakuum sich entsprechend dieser  $\text{CH}_4$ -Zunahme allmählich verringerte. Weitere Versuche, ob schließlich die Entgasung erst bei einem Gasüberdruck im ursprünglichen Vakuum zum Stillstand kommt, wie lange im Rezipienten eingeschlossene Kohlestückchen verschiedener Flöze mit und ohne Wiederholung der Evakuierung entgasen und dergleichen Fragen mehr mußten wegen Mangels an Zeit und geeigneten Einrichtungen unterbleiben.

3. Die in der Kohle eingeschlossenen Gase hängen nur mit natürlicher Bindekraft an den einzelnen Kohlemolekülen; jedenfalls befinden sie sich nicht unter Spannung und Druck, da sonst bei Herstellung des Vakuums die zu den Versuchen benutzten, verhältnismäßig kleinen Kohlestückchen alsbald zersprungen wären und ihre Gase plötzlich abgegeben hätten. Letzteres ist aber nach den Ausführungen unter 2. ausgeschlossen.

Daraus geht hervor, daß die von Natur in der Kohle eingeschlossenen Gase bei Grubentemperatur und Atmosphärendruck im allgemeinen keine Kraft zur Abwanderung aus dem tiefen Kohleninnern besitzen. Nur an der frei gelegten Oberfläche der Kohle werden sie sich abspalten, und nur noch einige Millimeter von der Oberfläche wird ihre Kohäsionskraft zur Loslösung von den Kohlemolekülen ausreichen. Wäre es anders, dann würden über Tage nicht nur die gewonnene Feinkohle, sondern auch die feineren und gröberen Nußkohlsorten, besonders diejenigen der Fettkohle, in ganz kurzer Zeit entgasen und zu Staub zerfallen bzw. die Kohäsionskraft ihrer Moleküle verlieren. Dieses tritt aber bekanntlich allgemein nicht ein. Hieraus ist zu folgern, daß auch die in der Grube unverritz und ungestört anstehende Kohle nur bis auf eine sehr geringe Tiefe von der Oberfläche entgasen kann.

Anscheinend steht mit dieser Feststellung und derjenigen der äußerst langsamen, allmählichen Entgasung der Kohlensubstanz die beim Grubenbetrieb sehr häufig zu beobachtende und durch Messungen erwiesene Tatsache in Widerspruch, daß die Gase unter mehr oder minder starkem Druck in der anstehenden Kohle enthalten sind und gegebenenfalls aus dieser hervorbrechen. Dies ist aber nur scheinbar der Fall. In Wirklichkeit werden sich im Innern der Kohle infolge äußerer Einflüsse, wie Gebirgsdruck, Vakuumhöhlräume gebildet haben, in denen sich das Gas ansammelte.

4. Das in den Kokskohlenflözen eingeschlossene Gas besteht fast nur aus  $\text{CH}_4$ . Ich möchte annehmen, daß der  $\text{CH}_4$ -Gehalt sogar allgemein etwa 99% und noch mehr beträgt. Wenn die von Broockmann und Weber im Vakuum mit Kokskohlen nach dieser Richtung hin erzielten Ergebnisse einen etwas geringern  $\text{CH}_4$ -Gehalt

aufweisen, so ist dabei vor allem zu berücksichtigen, daß die Kohlen über Tage zerkleinert worden sind. Die an den Kohlestückchen haftende Luft, ferner die bei der Evakuierung im Rezipienten verbleibenden Luftspuren, die bereits an der Oberfläche der eingebrachten Kohlen entstandene Oxydation usw. werden das Gas verunreinigen und das  $\text{CH}_4$ -Ausbringen beeinträchtigen, während das in einem Vakuumhohlraum unberührter Kohle sich sammelnde Gas mit diesen Luftbeimengungen nicht behaftet sein kann. Daß dieser hohe  $\text{CH}_4$ -Gehalt wirklich in der Kohle vorhanden ist, erweisen Gasanalysen, entnommen aus Bohrlöchern, die in der anstehenden Kohle der Fettkohlenflöze 16 und 13 (85 bzw. 20 m unter Leitflöz Katharina) der Zeche Hibernia hergestellt waren. Behrens<sup>1</sup> berichtet darüber: »Zum Nachweis, daß das in den Bohrlöchern manometrisch gemessene Gas wirkliches Kohlenwasserstoffgas (Methan) ist, wurden mehrere chemische Analysen ausgeführt. Dieselben sind hierunter zusammengestellt und ergeben, daß außer einem geringen Gehalt an Kohlensäure und Stickstoff der Hauptbestandteil durch 95 bis 99,5% reines Kohlenwasserstoffgas vorgestellt wird. Dieselbe Aufstellung zeigt, daß das Bläsegas dieselbe Zusammensetzung hat.«

Laufende Nr. der Beobachtung	Laufende Nr. des Bohrlochs	Ort der Probenahme	Zeit der Probenahme	$\text{CH}_4$ in %	N in %	$\text{CO}_2$ in %
1	20	Bohrloch 4 m tief, Flöz 16, flache Flözpartie, südlich, II. Stück, Grundstrecke Westen....	23. Aug.	99	—	0,44
2	20	desgl.	„	99	—	0,60
3	16	Bohrloch 0,6 m tief, Flöz 16, flache Flözpartie, südlich, II. Stück, Grundstrecke Westen....	28. Aug.	96,1	3,4	0,50
4	16	desgl.	„	95	4,5	0,50
5	17	Bohrloch 1 m tief, sonst wie bei laufender Nr. 4.....	25. Sept.	98,4	—	1,60
6	17	Bohrloch 10 m tief, sonst wie bei laufender Nr. 4.....	„	98,6	—	1,40
7	7	Bohrloch 1 m tief, Flöz 13, flache Flözpartie, südlich, X. Sohle auf Teilssole, Westen....	„	98,5	—	1,50
8	—	Bläsegas aus Flöz 16, X. Schle, I. Stück, südliche Grundstrecke nach Osten	„	99,5	—	0,50

Soweit der Bericht von Behrens. Auch hier werden in die Bohrlöcher noch vor ihrer Abdichtung Luftverunreinigungen gedungen sein, so daß man theoretisch im Vakuum mit reinem  $\text{CH}_4$ -Gas rechnen kann.

<sup>1</sup> Behrens: Beiträge zur Schlagwetterfrage, Glückauf 1896, S. 567.



Broockmann<sup>1</sup> hat in 40 Bläsern westfälischer Gruben »fast nur CH<sub>4</sub> gefunden, oft 99% und darüber, der Rest bestand stets aus CO<sub>2</sub>; auch in andern Kohlenrevieren enthalten die Bläser fast nur CH<sub>4</sub>. Der Schluß, daß die Bläsergase aus Vakuumhöhlräumen, die mit Kokskohlenflözen Verbindung haben, stammen, liegt daher nahe.

Nach Heise-Herbst<sup>2</sup> treten die Gasausbrüche am häufigsten in der Fettkohle auf. Ebenso sagt Demanet<sup>3</sup>: »Eine Eigenart der »dégagements instantanés« ist, daß sie in Belgien stets in Fettkohlenflözen, vornehmlich in den stark gefalteten Schichten des südlichen Teiles vom Kohlenbecken, dagegen nie in dem regelmäßig gelagerten nördlichen Beckenteil beobachtet worden sind. Besonders muß ihr Auftreten in der Nähe des Muldentiefsten, ferner bei Flözanschwellungen oder sonstigen Unregelmäßigkeiten in der Lagerung gefürchtet werden«. Demnach werden auch wohl diese plötzlich in großen Mengen frei werdenden Gase, da sie sich ebenfalls in Vakuumhöhlräumen von Fettkohlenflözen gebildet haben dürften, fast ausschließlich aus CH<sub>4</sub> bestehen.

Begünstigt wird die Gasansammlung, wie noch zu erwähnen ist, in allen Hohlräumen dadurch, daß die das Vakuum umgebende oder teilweise begrenzende Kohlen-substanz durch Stauchung und Pressung bei der Durchbiegung der Schichten unzählige feine und auch größere Risse erhält. Die Entgasungsoberfläche der Kohle wächst hierdurch um ein Vielfaches. Außerdem wird noch eine weitere Vermehrung des Gasaustritts durch Temperaturerhöhung hervorgerufen werden. Diese wird einmal durch die Gebirgsbewegung und sodann durch die mit der Teufe zunehmende Gebirgswärme bedingt sein.

Endlich möchte ich an dieser Stelle noch auf eine Erscheinung hinweisen, die höchstwahrscheinlich ebenfalls mit der Bildung von Vakuumhöhlräumen im Steinkohlengebirge zusammenhängt.

Bei Tiefbohrungen und beim Bergbau auf Steinkohle sind zuweilen petroleumhaltige Gase und Flüssigkeiten angetroffen worden<sup>4</sup>. So erwähnt Krusch<sup>5</sup>, daß beim Niederbringen des Bohrlochs Lüdinghausen 6, und zwar

<sup>1</sup> Sammelwerk, Bd. 6, S. 12.

<sup>2</sup> Lehrbuch der Bergbaukunde, 1914, Bd. 1, S. 454.

<sup>3</sup> Traité d'exploitation des mines de houille, 1898, Bd. 1, S. 83/4.

<sup>4</sup> a. Haupt-Bericht der Preußischen Schlagwetter-Commission, 1887, S. 56, 58 und 59; Sammelwerk, Bd. 1, S. 234 und 257; Glückauf 1908, S. 1733; 1909, S. 60 und 457.

<sup>5</sup> Krusch: Gerichts- und Verwaltungsgeologie, 1916, S. 159/160.

als die Bohrung bei 793 m im grünen Mergel des Emschers stand, plötzlich ein Gas ausbrach, das stark nach Petroleum roch. In einem ähnlichen Fall habe sich, als das ausströmende Gas zwecks Reinigung durch Wasser geleitet wurde, bei diesem Waschvorgang eine Ansammlung von Petroleum auf dem Wasser gezeigt. Auch seien an vielen Stellen Westfalens Klüfte im Mergel gefunden worden, die ein Oxydationsprodukt des Petroleums, nämlich Asphalt, enthielten. Beim Grubenbetriebe auf den Zechen Preußen I, Kaiserstuhl II und Ewald-Fortsetzung sind ähnliche Erscheinungen beobachtet worden; auf diese wird in einem spätern Aufsatz näher eingegangen werden.

Neuere Forschungen<sup>1</sup> haben nun ergeben, daß bei der Destillation von Steinkohle im Vakuum unter Anwendung einer Temperatur von 350 – 450° C neben Gasen und Koks ein Teer gewonnen wird, der dem gewöhnlichen ganz unähnlich ist. Nach Pictet und Bouvier wurde er in Form einer hellbraunen, schwach grün fluoreszierenden, halb durchsichtigen Flüssigkeit erhalten, die leichter als Wasser war und deutlichen Petroleumgeruch aufwies. Weitere Versuche dieser Forscher ergaben, daß zwischen dem Vakuumteer und zwischen natürlich vorkommenden Erdölen, namentlich kanadischen, vollständige Übereinstimmung besteht.

Nach diesen im Laboratorium gemachten Feststellungen kann man annehmen, daß sich die bei bergmännischen Kohlegewinnungsarbeiten gefundenen petroleumartigen Stoffe durch Entgasung der Steinkohlenflöze im Vakuum bei verhältnismäßig niedriger Temperatur gebildet haben, weil diese Vorbedingungen, wie aus meiner Abhandlung hervorgeht, beim Grubenbetriebe häufig gegeben sind. Auffällig ist nur, daß trotzdem derartige Petroleumfunde auf den Zechen so selten gemacht werden. Es muß daher wohl noch ein unbekannter weiterer Faktor mit im Spiele sein. Vielleicht kann als solcher Chlornatrium in Betracht kommen. Es mag zufällig sein, jedenfalls sind aber, soweit ich es übersehen kann, die petroleumartigen Flüssigkeiten und Gase beim Steinkohlenbergbau nur dort beobachtet worden, wo die Kohle oder das Nebengestein einen merklichen Kochsalzgehalt aufwies.

(Schluß f.)

<sup>1</sup> vgl. Hinrichsen und Taczak: Die Chemie der Kohle, S. 102 ff.; Glüud: Die bisher vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse der Steinkohlendestillation bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck. Glückauf 1916, S. 443. ff.

## Die Wirksamkeit der Wassergasreaktion bei der Zersetzung von Wasserdampf durch glühenden Kohlenstoff und ihre Bedeutung für die technische Wassergasgewinnung.

Von Dipl.-Ing. J. Gwosdz, Charlottenburg.

(Schluß.)

### Kritik älterer Auffassungen.

Bei allen besprochenen Versuchen konnte für die Einwirkung des Wasserdampfes auf den Kohlenstoff in der Hauptsache nur der Verlauf der Wassergasreaktion in der Richtung  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  nach dem Gleichgewichtszustande hin verfolgt werden. Eine Aus-

nahme bildeten nur die Versuche von Farup, bei denen ein Auftreten dieser Reaktion überhaupt nicht wahrnehmbar war, und die bei den höchsten Temperaturen angestellten Versuche von Clement und Adams sowie von Harries, bei denen infolge einer weit vorgeschrittenen Zersetzung des Wasserdampfes und der hohen Geschwin-

digkeit des Vorgangs 4 die Reaktion bis über den Gleichgewichtszustand in der Gasphase hinausgegangen war. Man wäre versucht, im letztern Fall auf eine schwächere Wirksamkeit der Reaktion  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  zu schließen. Das vorliegende Versuchsmaterial ist jedoch zu gering, und scharfe quantitative Werte sind infolge der niedrigen Konzentration von Wasserdampf und Kohlensäure nicht leicht zu erhalten. Auf eine weitere Fehlerquelle bei den bei hohen Temperaturen angestellten Versuchen haben Clement und Adams hingewiesen. Es ist das starke Diffundieren des Wasserstoffs durch die Wandungen der Versuchsgefäße bei Temperaturen über  $1200^\circ$ . Die Versuche dieser Forscher zeigen denn auch bei  $1300^\circ$  durchweg einen den stöchiometrischen Verhältnissen nicht entsprechenden, zu niedrigen Wasserstoffgehalt.

Es sei nun die Frage erörtert, ob bei der Wassergaserzeugung nicht auch die Reaktion  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$  eine Rolle spielt. Sie erscheint insofern berechtigt, als man in der Literatur noch vielfach dieser Reaktion, weil sie endothermisch verläuft und durch hohe Temperaturen begünstigt wird, auch mit Beziehung auf die Wassergasgewinnung eine maßgebliche Rolle zuzuschreiben geneigt ist. So sagt z. B. Strachel: »Wir haben bei der Zersetzung von Wasserdampf durch Kohlenstoff noch eine weitere Reaktion zu berücksichtigen. Bei hohen Temperaturen wird Kohlensäure durch Wasserstoff reduziert, indem 1 Sauerstoffatom unter Bildung von Wasser an den Wasserstoff gebunden wird, während die Kohlensäure in Kohlenoxyd übergeht nach der Gleichung:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ .

Dagegen findet bei niedrigen Temperaturen die umgekehrte Umsetzung statt, indem Kohlenoxyd den Wasserdampf reduziert, wobei es den Sauerstoff an sich reißt und Wasserstoff freimacht nach der Gleichung  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 9,5 \text{ Kal.}$

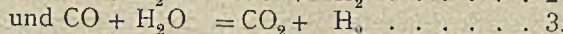
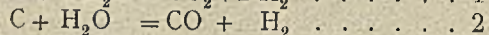
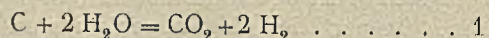
Bei den dazwischenliegenden Temperaturen treten beide Reaktionen gleichzeitig nebeneinander auf, so daß sich wieder ein Gleichgewichtszustand herstellt, der sich durch die Gleichung ausdrücken läßt:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ «.

Diese Darstellung, die wohl lediglich die Tatsache veranschaulichen soll, daß das Gleichgewicht bei Temperaturerhöhung von rechts nach links verschoben wird, ist insofern nicht zu einer richtigen Erklärung der bei der Zersetzung von Wasserdampf an Kohlenstoff maßgeblichen Umstände geeignet, als auch bei hohen Temperaturen die Reaktion in der Richtung  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  und bei niedrigeren in der umgekehrten Richtung verlaufen kann, weil der Reaktionsverlauf nicht nur von der Temperatur, sondern in erster Linie auch von der Konzentration der an der Reaktion beteiligten Gase abhängt, und die beim Wassergasprozeß auftretenden Konzentrationsverhältnisse, wie vorher gezeigt worden ist, in der Hauptsache einen Verlauf der Reaktion in der Richtung  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  auch bei höhern Temperaturen bedingen.

Diese unklare Auffassung der Rolle, die die Wassergasreaktion bei der Zersetzung des Wasserdampfes durch Kohle spielt, tritt noch mehr bei J. E. Dowson und

A. T. Larter<sup>1</sup> hervor. Da diese Auffassung des angesehenen englischen Gasfachmanns Dowson offensichtlich auch vielfach die Anschauung anderer Schriftsteller beeinflusst hat, so sei hier etwas näher auf sie eingegangen.

In dem angeführten Werk heißt es zunächst auf S. 55: »Wir kommen jetzt zu der Betrachtung der Reaktionen, an denen Wasserdampf beteiligt ist. Dies sind 3, nämlich:



Die letzte von diesen ist eine umkehrbare Reaktion, und wäre demgemäß zu schreiben  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Der Verlauf der Reaktion zwischen Dampf und Kohlenstoff hängt hauptsächlich von der Temperatur ab. Man hat gefunden, daß bei niedrigeren Temperaturen, d. i.  $600^\circ \text{C}$ , die Produkte hauptsächlich Kohlendioxyd und Wasserstoff sind, d. h. daß die Reaktion verläuft nach der Gleichung:  $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$ , obwohl hierbei natürlich mehr Kohlenstoff vorhanden ist, als die Zersetzung der Gesamtmenge des Dampfes nach der Gleichung 2 erfordert.

Bei höhern Temperaturen bildet sich weniger Kohlendioxyd und mehr Kohlenoxyd; und bei  $1000^\circ \text{C}$  wird die Reaktion sehr nahe durch die Gleichung  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$  zum Ausdruck gebracht.

Es ist zu beachten, daß die Reaktion 2 als das Ergebnis der Reaktionen 1 und 3, die einander entgegenlaufen, aufgefaßt werden kann. Wenn also das erste Produkt der Reaktion zwischen Wasserdampf und Kohlenstoff eine Mischung von 1 Vol. Kohlendioxyd mit 2 Vol. Wasserstoff ist, dann kann unter geeigneten Bedingungen Kohlendioxyd auf Wasserstoff einwirken, wobei Kohlenoxyd und Wasserdampf gebildet werden,  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ , und falls alles Dioxyd auf diese Weise in Kohlenoxyd übergeführt wäre, würde die Hälfte des Wasserstoffs wieder in Wasserdampf übergeführt werden, und das Endergebnis wäre die Bildung von 1 Vol. Kohlenoxyd im Gemisch mit 1 Vol. Wasserstoff, entsprechend der Gleichung 2.

Für unsern vorliegenden Zweck ist es nun nicht nötig, zu wissen, ob diese zweifache Umsetzung tatsächlich eintritt, wenn Kohlenoxyd und Wasserstoff aus Kohle und Wasserdampf gebildet werden. Ob dies nun so ist, oder ob der Vorgang entsjprechend der Gleichung 2 erfolgt, die Endprodukte werden nicht Kohlenoxyd und Wasserstoff sein, sofern nicht die Bedingungen so sind, daß die Bildung von Kohlendioxyd infolge der Einwirkung von Wasserdampf auf Kohlenoxyd verhindert wird.

Es ist daher wichtig, die umkehrbare Reaktion  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$  von diesem Gesichtspunkt aus zu betrachten. Der Einfluß der Temperatur und des Druckes bei dieser Reaktion kann auf genau dieselbe Weise abgeleitet werden, wie wir es für die Reaktion  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$  getan haben. In diesem Fall ist die Überführung von Kohlendioxyd und Wasserstoff in Kohlenoxyd und Wasserdampf durch Wärmeabsorption bedingt; daher wird ein Ansteigen der Temperatur ein

<sup>1</sup> Gasbeleuchtung und Gasindustrie, 1913, S. 330.

<sup>1</sup> Producer Gas 1906.

Anwachsen des Verhältnisses von Kohlenoxyd und Wasserdampf und eine Abnahme der Anteile von Kohlen- säure und Wasserstoff in dem Gemisch der Gase, die sich im Gleichgewicht befinden, zur Folge haben. Wir können daher sagen, daß bei hohen Temperaturen Kohlendioxyd und Wasserstoff bestrebt sind, Kohlenoxyd und Wasser- dampf zu bilden, während bei niedrigen Temperaturen das Umgekehrte eintreten wird.

Um den Einfluß der Temperatur auf die Zusammen- setzung des Gasgemisches im Gleichgewichtszustande zu veranschaulichen, führt Dowson weiterhin die Zahlen an, die Boudouard beim Erhitzen gleicher Raumteile von Wasserstoff und Kohlensäure im Glühröhr erhielt, nämlich folgende:

Temperatur °C	CO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> %	CO %	H <sub>2</sub> O %
850	35	35	15	15
1100	30	30	20	20

Er fährt alsdann fort: »Es ist daher klar, daß sehr hohe Temperaturen notwendig wären, um die Bildung von Kohlensäure aus Kohlenoxyd und Dampf zu verhindern. Dies ist ein Punkt von großer Wichtigkeit bei der Er- zeugung von Wassergas. . . .«

Nachdem also Dowson im vorstehenden die ver- schiedenen Möglichkeiten der primären Bildung des reinen Wassergases (CO + H<sub>2</sub>) angedeutet hat, stellt er die Behauptung auf, daß jedoch ein solches Gas unter allen Umständen nur dann erzielt werden könne, sofern es gelänge, die Bildung des Kohlendioxyds durch un- günstige Einwirkung der Wassergasreaktion zu ver- hindern. Welche Bedingungen bestehen nun dafür, daß die Wassergasreaktion keinen ungünstigen Einfluß aus- übt? Dowson gibt hierauf nur die Antwort: Eine hohe Temperatur, weil hierdurch das Gleichgewicht nach der CO-Seite hin verschoben wird. Aber die Temperatur muß nach seiner Ansicht nicht nur hoch, sondern sehr hoch sein, denn die Zahlen von Boudouard zeigen, daß auch bei 1100° große Mengen von CO<sub>2</sub> neben CO und H<sub>2</sub> bestehen können.

Dowson ist also der Ansicht, daß bei der Wasser- gaserzeugung die Wirksamkeit der Wassergasreaktion im Sinne einer stärkern CO-Bildung durch Anwendung hoher Temperaturen beeinflusst werden kann. Er geht dabei offensichtlich von der Auffassung aus, der Gleich- gewichtszustand sei der ideale Fall, dessen Erreichung im praktischen Betriebe die Gaszusammensetzung zu- strebt, und daß man darauf hinwirken müsse, für diesen Fall die günstigsten Bedingungen vorzuschauen, was durch Anwendung sehr hoher Temperaturen geschehen könne. Denn je höher die Temperatur sei, destoweniger CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> sei neben CO + H<sub>2</sub>O im Gleichgewicht.

Es sei zunächst davon abgesehen, daß sich Dowson noch der durch die weitem Forschungen als unrichtig erwiesenen Zahlen von Boudouard bedient hat. Hätte er seinen Betrachtungen die bereits mehrere Jahre vor Erscheinen seines Werkes veröffentlichten Arbeiten von Hahn, Haber u. a. über das Wassergasgleichgewicht zugrunde gelegt, so hätte er sich überzeugt, daß bei 1100° der Wert von CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> tatsächlich beträchtlich geringer ist, als ihn Boudouard gefunden hatte. (Die Gleich- gewichtskonstante K besitzt nach Hahn bei 1100° den

Wert 2, nach den angeführten Zahlen von Boudouard aber nur 0,44<sup>1</sup>.) Immerhin ist zuzugeben, daß selbst bei hohen Temperaturen noch sehr beträchtliche und für die Praxis unerwünschte Mengen von CO<sub>2</sub> beim Gleich- gewicht in der Gasphase anwesend sein können. Aber man darf daraus nicht schließen, daß bei der Zersetzung von Wasserdampf an glühendem Kohlenstoff unbedingt eine sehr hohe Temperatur nötig ist, wenn man den Betrag an CO<sub>2</sub> auf ein erträgliches Maß erniedrigen will. Denn Dowson hat zunächst nicht berücksichtigt, daß bei den Versuchen von Boudouard ganz andere Ver- hältnisse vorlagen als bei der Wassergaserzeugung. Boudouard hatte, wie erwähnt, gleiche Mengen von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> aufeinander einwirken lassen, während beim Wassergasprozeß als Ausgangsstoffe Kohlenstoff und Wasserdampf dienen. Da der erstere bei der Reaktion nicht verschwindet, so hält auch seine Einwirkung während der ganzen Dauer des Vorgangs der Wasser- gasbildung an. Die Zusammensetzung des Wassergases ist alsdann in hohem Maße auch von der Wechselwirkung zwischen der Gasphase und dem festen Kohlenstoff ab- hängig. So zeigte sich bei den Versuchen von Clement und Adams, daß bei hohen Temperaturen die Zersetzung des Wasserdampfes äußerst rasch erfolgt, und daß die Kohlensäure auch bei kurzer Berührungsdauer nur noch in sehr geringen Mengen vorhanden ist. Auch die bei 1200° ausgeführten Versuche ergaben nach anfänglichem Ansteigen der Kohlensäure alsbald mit starkem Abfall der Wasserdampfkonzentration ein sehr rasches Ab- nehmen der CO<sub>2</sub> bis zu einem unbedeutenden Betrag. Bei sehr hohen Temperaturen, wie sie Dowson fordert, verliert demnach die Wassergasreaktion neben den Vorgängen 1 und 4 ihre Bedeutung. Aber auch bei den weniger hohen Temperaturen ist dies der Fall, je günstiger die Bedingungen für das Auftreten der Vorgänge 1 und 4 sind, wenn also besonders für eine hinreichende Dauer der Einwirkung des festen Kohlenstoffs auf die Gas- phase Vorsorge getroffen ist.

Weiterhin überschätzt Dowson die Bedeutung, die den für den Gleichgewichtszustand in der Gasphase geltenden K-Werten in Hinsicht auf die Erzielung eines praktisch brauchbaren Wassergases zukommt. Die Versuche Clements lehren jedenfalls, daß die Einstellung des Gleichgewichts in der Gasphase keineswegs den gewöhnlichen Fall darstellt, und daß sie im allgemeinen nur bei niedriger Wasserdampfkonzentration angenähert erfolgt. Auch bei niedrigem Kohlensäuregehalt können die K'-Werte von den K-Werten noch erheblich entfernt bleiben. Eine hohe Temperatur und hinreichende Be- rührungsdauer mit dem zersetzenden Kohlenstoff werden deshalb auch für die Wassergasbildung nicht aus dem Grund als vorteilhaft anzusehen sein, weil diese günstige Bedingungen für den Gleichgewichtszustand der Gase schaffen, sondern deshalb, weil sie eine weitgehende Zersetzung des Wasserdampfes und der Kohlensäure ermöglichen und damit einer Verschlechterung des Gases durch den Vorgang CO + H<sub>2</sub>O = CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> ent- gegenwirken. Allerdings sind bei geringer Wasserdampf- und CO<sub>2</sub>-Konzentration auch die Bedingungen dafür

<sup>1</sup> Die Zahlen von Boudouard hat übrigens auch noch Kietzbl in seinem Buch »Das Generatorgas« 1910, S. 34, aufgeführt.

gegeben, daß sich die Konzentrationen der  $K'$ -Werte am leichtesten denen der  $K$ -Werte für das Wassergasgleichgewicht nähern. Je niedriger der Wasserdampfgehalt ist, destomehr  $H_2$  hat sich gebildet und desto geringer kann auch der  $CO_2$ -Anteil in dem Ausdruck  $\frac{[CO] \cdot [H_2O]}{[H_2] \cdot [CO_2]} = K'$  sein. Es kommt daher bei der Wassergaserzeugung nicht darauf an, daß in dem vorstehenden Ausdruck die Summe von  $CO_2 + H_2$ , sondern nur darauf, daß der  $CO_2$ -Anteil gering ist.

#### Die Versuche von Long, Lang und Langlois.

Die ältern die Zersetzung von Wasserdampf an glühendem Kohlenstoff betreffenden Versuche konnten greifbare Werte zu einer Klarstellung der Vorgänge bei der Wassergasbildung schon deshalb nicht bieten, weil bei ihnen Temperaturbestimmungen nicht gemacht wurden oder noch sehr unvollkommen waren. Trotzdem dürfte es angebracht sein, sie in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen, teils, weil sich aus ihnen gezogene Schlußfolgerungen noch in der neuern Literatur finden, teils, weil jetzt die Möglichkeit vorliegt, Beobachtungen zu erklären, die früher unverständlich erscheinen mußten. Die bedeutsamsten dieser ältern Untersuchungen knüpfen sich an die Namen von J. Long, J. Lang und Langlois.

Long<sup>1</sup> nahm seine Versuche in einem Glührohr vor, das in einem zur Rotglut erhitzten Holzkohlenfeuer lag. Der Wasserdampf wurde durch die in dem Rohr enthaltene Holzkohlenfüllung geleitet, und halbstündlich wurden Gasproben entnommen, bis die Holzkohle nahezu aufgezehrt war. Long fand nun bei den später entnommenen Proben einen sehr starken Rückgang des  $CO$ , den er in erster Linie dem Verbrauch des festen Kohlenstoffs und der damit verminderten Gelegenheit für den Eintritt der Reaktion  $CO_2 + C = 2CO$  zuschrieb. Wenn sich aber die Geschwindigkeit des Dampfstromes, wie er angibt, während aller Versuche gleich blieb, so wird man zunächst zur Zeit der später entnommenen Proben auf eine stärkere Abkühlung des Kohlenstoffs durch den Wasserdampf und damit auf eine niedrigere Reaktionstemperatur schließen müssen. Da die Temperatur des Kohlenofens schon an sich nicht hoch war (im Ofen herrschte nach Long Rotglut), so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie zur Zeit der spätern Probeentnahmen wesentlich unter  $800^\circ$  gesunken war, und daß der hohe  $CO_2$ -Gehalt des Gases späterhin in erster Linie auf die niedrige Temperatur zurückzuführen ist. Wenn aber Long vermutet, daß durch die erste Einwirkung des Wasserdampfes auf die Kohle zunächst Kohlensäure entstehe, die erst durch die weitere Einwirkung der überschüssigen Kohle zu Kohlenoxyd reduziert werde, so trifft dies nicht zu, da sich auch unter  $800^\circ$  noch größere Mengen von  $CO$  ergeben. Sowohl der Reaktion 4 als auch der Wassergasreaktion wird zur Zeit der später entnommenen Proben eine geringere Einwirkung zuzuschreiben sein.

Auch Lang<sup>2</sup> hat aus seinen Untersuchungen, die sich an die von Naumann und Pistor ausgeführten

Arbeiten zur Aufklärung der beim Wassergasprozeß auftretenden Vorgänge anlehnten, Schlüsse gezogen, die nach den Ergebnissen der neuern Forschungsarbeiten als unhaltbar angesehen werden müssen. Von seinen Folgerungen ist hier am meisten seine Annahme bezüglich der primären Oxydation des Kohlenstoffs durch den Wasserdampf bemerkenswert. Er stellte zunächst die Tatsache fest, daß man sich bei der Untersuchung der Einwirkung des gasförmigen Wassers auf Kohle bislang damit begnügt habe, die Produkte der Umsetzung vorwiegend bei hohen Temperaturen kennen zu lernen und bei der fabrikmäßigen Gewinnung des Wassergases das durch Sinken der Temperatur bedingte Anwachsen der Kohlensäure zu verzeichnen. Nur J. Long habe geglaubt, auf Grund eigener Beobachtungen auf die unmittelbare Bildung der Kohlensäure schließen zu müssen. Um nun die Berechtigung der Vermutung Longs zu prüfen, leitete er zuerst bei niedriger Temperatur (etwa  $630^\circ$ ) und weiterhin bei höhern Temperaturen (zwischen  $814$  und  $1054^\circ$ ) mit Wasserdampf gesättigten Stickstoff durch ein mit Kohle (Gaskoks bzw. Hochofengraphit) beschicktes Glührohr. Bei dem bei  $630^\circ$  angestellten Versuch hatte das Gas neben  $20,4\%$   $CO_2$  nur  $0,9\%$   $CO$ . Hierzu bemerkt er folgendes: »Das Ergebnis der Analyse läßt die im Vergleich zum Kohlendioxyd geringe Menge des Kohlenoxyds erkennen. Zieht man nun die bei dieser Temperatur kaum beginnende Einwirkung des Wasserdampfes auf Kohlenoxyd in Betracht und bedenkt ferner, daß bei der nämlichen Temperatur die Reduktion des Kohlendioxyds durch Kohle die Oxydation des Kohlenoxyds durch Wasserdampf selbst bei großem Überschuß des letztern stets bedeutend überwiegt, wie aus den noch zu besprechenden Versuchen mit Graphit und Wasserdampf hervorgeht, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß durch Einwirkung von Wasserdampf auf Kohle zuerst Kohlendioxyd gebildet wird und das auftretende Kohlenoxyd durch Reduktion entsteht. Um nun den Einfluß des überschüssigen Wasserdampfes auf die Art der Einwirkungsprodukte zu erfahren, mußte eine Modifikation des Kohlenstoffs angewendet werden, die sich an der Umsetzung nur äußerst langsam beteiligt, und es wurde deshalb bei den nachbeschriebenen Versuchen das im Fletcherofen zu erhitzende Porzellanrohr mit kristallisiertem gereinigtem Hochofengraphit angefüllt, der seiner dichten Beschaffenheit wegen den verlangten Bedingungen am meisten zu entsprechen schien«. Die Ergebnisse dieser Versuche sind aus der Zahlentafel 4 ersichtlich. Lang bemerkt noch zu den Zahlen, die Menge der  $CO_2$  sei stets etwas zu niedrig gefunden worden, weil das Gasgemisch der großen Menge überschüssigen Wasserdampfes halber über Wasser in einem Scheidetrichter aufgesammelt worden wäre, und fährt dann fort: »Bei der Betrachtung der Versuchsergebnisse zeigt sich, daß mit steigender Temperatur die Menge des Kohlenoxyds im Vergleich zu der des Kohlendioxyds wächst, daß aber die Länge der Graphitschicht ohne sichtbaren Einfluß auf das Verhältnis der einzelnen Gasmengen ist. Beim Anwachsen der Temperatur laufen nun zwei die Mengen des Kohlenoxyds und Kohlendioxyds bedingende Vorgänge nebeneinander her, die in den Gleichungen  $CO_2 + C = 2CO$

<sup>1</sup> Liebigs Ann. 1878, S. 288.

<sup>2</sup> Z. f. phys. Chem. 1888, S. 161.

Zahlentafel 4.

## Einwirkung von Wasserdampf auf Graphit.

Zusammensetzung des Gasgemisches				Temperatur °C	Länge der Gra- phit- schicht cm	100 ccm wurden auf- gesammelt in
CO <sub>2</sub>	CO	H	N			
13,4	8,8	56,0	21,8	814 - 861	40	24 st
16,2	10,8	62,2	10,8		40	8 st
22,5	6,1	68,0	3,4		40	13/4 st
20,0	10,3	68,3	1,4	861 - 954	40	15 min
17,4	15,6	64,6	2,4		5	60 ..
19,4	13,7	65,7	1,2		40	8 ..
17,5	16,0	65,3	1,2	954 - 1054	40	8 ..
18,3	17,3	62,0	2,4		40	8 ..
18,4	16,9	62,1	2,6		40	8 ..

und  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  ihren Ausdruck finden und sich entgegenarbeiten. Vergewärtigen wir uns aber, daß die Menge des Wasserdampfes im Vergleich zu derjenigen des in die Umsetzung eingreifenden Graphits eine unverhältnismäßig große ist und folglich die Bedingungen für die Oxydation des Kohlenoxyds außerordentlich günstige sind, so lassen die Ergebnisse der vorbeschriebenen Versuche den Schluß zu, daß bei normalen Verhältnissen der Wassergasbildung der durch die Gleichung  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  gegebene Vorgang gegenüber der Bildung des Kohlenoxyds bei der Reduktion des Kohlendioxyds durch Kohle vollständig in den Hintergrund tritt. Das Auftreten erheblicher Mengen von Kohlendioxyd bei hoher Temperatur der Kohle kann nur dahin zurückgeführt werden, daß die Produkte der Umsetzung mit überschüssigem Wasserdampf gemengt noch des weitern durch kohlefreie stark erhitzte Räume streichen. Umgekehrt wird die Gegenwart genügender Mengen von porösen, dem Wasserdampf eine große Oberfläche darbietenden glühenden Kohlen den Gehalt des Wassergases an Kohlendioxyd bis zu einer untersten Grenze bringen, die bedingt ist durch die . . . . Unvollständigkeit der beiden Vorgänge:  
 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 \text{CO}$  und  $2 \text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$ .

Vorstehend ist also zunächst die Ansicht ausgesprochen, daß als primäres Zersetzungsprodukt unter allen Umständen  $\text{CO}_2$  auftritt. Diese Ansicht von Lang ist auch von andern Forschern, so von Ferd. Fischer<sup>1</sup> übernommen worden. Sie ist aber, wie aus den Erörterungen der neuern Forschungsarbeiten hervorgeht, nicht zutreffend. Gegenüber den Versuchen von Clement und Farup erscheint allerdings der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Gase im Verhältnis zum  $\text{CO}$ -Gehalt nach Zahlentafel 4 sehr hoch. Man muß indessen berücksichtigen, daß die Einwirkungsdauer bei Langs Versuchen verhältnismäßig lang gewesen ist. Nun könnte man fragen, wie es denn komme, daß die Reaktionen trotz der langen Einwirkung noch so wenig fortgeschritten waren. Denn die Versuche zeigen durchweg, daß die Gasphase noch sehr weit von dem Gleichgewicht mit der Kohle entfernt geblieben war. Die Antwort hierauf findet sich in der Bemerkung von Lang, daß er absichtlich eine Kohlenart angewendet habe, die sich an der Umsetzung nur äußerst langsam beteiligen sollte. Offenbar hoffte er, auf diese

Weise das ursprüngliche Zersetzungsprodukt, nach seiner Ansicht also  $\text{CO}_2$ , leichter unverändert zu erhalten. Die Reduktion von  $\text{CO}_2$  vermochte er zwar damit wohl zu verzögern, aber er bedachte nicht, daß der andere, sich gleichzeitig abspielende Vorgang, nämlich die Wassergasreaktion, von der Art der Beteiligung an der Umsetzung des festen Kohlenstoffs unabhängig bleibt, und daß eine Form des Kohlenstoffs, die nur eine langsame Zersetzung des Wasserdampfes zuläßt, keineswegs auch die Umsetzung nach der Wassergasreaktion unter allen Umständen verzögern muß. In der letztgenannten Beziehung konnte der Hochofengraphit gewiß noch als verhältnismäßig guter Reaktionsbeschleuniger wirken.

Lang bestreitet nun zwar nicht die Wirksamkeit der Wassergasreaktion, aber er schätzt ihre Bedeutung geringer ein als die des Vorgangs der  $\text{CO}_2$ -Reduktion durch den festen Kohlenstoff, denn nur auf diese Weise scheint es ihm erklärlich, daß trotz des großen Wasserdampfüberschusses noch so beträchtliche Mengen von  $\text{CO}$  im Gasgemisch vorhanden sein können. Das letztere wird nach den vorstehenden Betrachtungen erklärlich erscheinen, wenn man bedenkt, daß das Kohlenoxyd nicht nur durch die Reduktion der Kohlensäure, sondern in jedem Augenblick auch durch die Zersetzung des Wasserdampfes gebildet wird. Die Ergebnisse der Versuche Langs können daher nicht als Beweis für die primäre Bildung der Kohlensäure bei der Zersetzung des Wasserdampfes an glühendem Kohlenstoff dienen.

Von den ältern Versuchen verdienen endlich die von Langlois<sup>1</sup> hier aus dem Grunde besondere Beachtung, weil erst die Erkenntnis der sekundären Bildung der Kohlensäure eine ungezwungene Erklärung für die bei ihnen gemachten Beobachtungen ermöglicht. Veranlaßt wurden die Versuche von Langlois dadurch, daß man gegen Ende der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts in Paris den Versuch gemacht hatte, das Steinkohlengas durch Wassergas zu ersetzen, wovon man jedoch Abstand nahm, weil man die durch den hohen Oxydgehalt des Gases verursachte Giftigkeit fürchtete. Langlois wollte nun die von einigen Seiten aufgestellte Behauptung näher prüfen, daß man den  $\text{CO}$ -Gehalt des Gases sehr niedrig halten könne, wenn man durch Anwendung einer glühenden Kohlenschicht von geringer Länge die Reduktion der zuerst entstandenen Kohlensäure möglichst unterdrücke. Zu diesem Zweck leitete er den Wasserdampf das eine Mal über eine glühende Kohlenschicht von größerer Länge, während er diese bei den weitern Versuchen durch ein einziges Stück Kohle von etwa 2 cm Länge ersetzte. Er erhielt im letztern Fall nur einen um 2% höhern Kohlensäuregehalt des Gases als bei Anwendung der längern Kohlenschicht. Langlois suchte diese ihm sonderbar erscheinende Beobachtung in folgender Weise zu erklären: »Dieser Versuch, welcher mehrere Male mit demselben Ergebnisse wiederholt wurde, scheint zu beweisen, daß die Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxydgas sofort stattfindet, und daß das Kohlenoxydgas, um sich zu bilden, nicht immer das Vorhandensein einer langen Schicht glühender Kohle erfordert«.

<sup>1</sup> Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe, 1901, T. 2, S. 202 und Kraftgas 1911, S. 81.

<sup>1</sup> Ann. d. Chem. 1857, Bd. 51, S. 322; Wagners Jahres-Ber. 1859, S. 641.

## Betrachtungen über die Verhältnisse bei der Gasbildung im praktischen Wassergaserzeuger.

### Die Bedeutung der Temperatur.

Im allgemeinen ist man sich darüber einig, daß eine hohe Temperatur für die Bildung des Wassergases günstig ist. Auch darüber herrscht wohl keine Meinungsverschiedenheit, daß weniger hohe Temperaturen bis zu einem gewissen Grade durch eine entsprechend hohe Brennstoffschicht ausgeglichen werden, wobei selbstverständlich auch die physikalische Beschaffenheit des Brennstoffs (Dichte und Korngröße) sowie Menge und Verhalten der Asche eine Rolle spielen. Berichte über Temperaturmessungen im praktischen Wassergasbetriebe liegen bisher fast gar nicht vor. Zwar äußert Dowson<sup>1</sup>: »Im praktischen Betriebe hat man gefunden, daß sich während des Gasens im Wassergaserzeuger, wenn die Temperatur 1200° oder höher ist, praktisch keine Kohlensäure bildet; bei 1100° wird Kohlendioxyd schon in merklichen Mengen gebildet, und bei 900° ist der Gehalt daran schon höher, als er für zulässig angesehen werden kann. Bei den niedrigeren Temperaturen bleibt auch bereits ein Teil des Wasserdampfes unverändert«. Er sagt jedoch nicht, ob diese Temperaturangaben, auf die er sich stützt, durch Messungen festgestellt worden waren oder nur auf Schätzungen beruhten.

V. E. Bird<sup>2</sup> vertritt auf Grund der Versuche von Clement die Ansicht, die Temperatur solle bei Anthrazit nicht unter 1100° sinken, und eine Temperatur von 1260° sei für die Gasbildung sehr günstig. Im allgemeinen findet man sowohl in der ältern als auch in der neuern Literatur die Angabe, daß die Temperatur der Brennstoffsäule im Wassergasgenerator nicht unter 1000° abgekühlt werden soll.

Dieser Auffassung wird man nach Versuchen Clements zustimmen können. Denn diese haben gezeigt, daß auch bei 1000° die Zersetzung des Wasserdampfes noch ziemlich langsam vor sich geht, woraus folgt, daß eine weitergehende Zersetzung bei oder unterhalb dieser Temperatur nur durch eine unverhältnismäßig hohe Brennstoffschüttung oder sehr langsame Dampfgeschwindigkeit zu erzielen ist. Allerdings wird man die Ergebnisse von Clements Versuchen nicht ohne weiteres zahlenmäßig auf den praktischen Betrieb übertragen können. Denn die Versuche von Kurt Neumann<sup>3</sup> an einem kleinen Mischgaserzeuger haben gezeigt, daß zwischen den Randgasen und den Mittegases eines Gaserzeugers beträchtliche Unterschiede in der Gaszusammensetzung auftreten können. Schon vorher hatte J. Hudler<sup>4</sup> darauf hingewiesen, daß dieser Unterschied mit der Abnahme des Schachtdurchmessers wachsen müsse. Nun stellt das von Clement angewandte Quarzrohr von 15 mm innerm Durchmesser einen Gaserzeuger von sehr kleinem Querschnitt dar, und dementsprechend wird der Anteil der Randgase beträchtlicher sein als bei größeren Schachtgeneratoren. Im praktischen Betriebe werden sich daher die Verhältnisse

hinsichtlich der Dampfzersetzung wie auch der Reduktion der Kohlensäure günstiger gestalten als im Versuchsrohr. Andererseits kommt im erstern Fall die Verzögerung der Gasbildung in Betracht, die durch die bis zur vollständigen Vergasung zunehmende Verschlackung des Brennstoffbettes hervorgerufen wird, während der Brennstoff bei den Laboratoriumsversuchen öfter erneuert wurde und die wirksame Oberfläche sich daher wenig änderte.

Nach vorstehendem wird man sagen können, daß die von den meisten Fachleuten vertretene Ansicht über das Erfordernis der Aufrechterhaltung von 1000° übersteigenden Temperaturen bei Wassergasbetrieben als zutreffend anzusehen ist. Diese Ansicht ist hier nur aus dem Grunde erörtert worden, weil in den Lehrbüchern von v. Jüptner und von Strache eine hiervon abweichende Auffassung vertreten wird, die auch noch von anderer Seite übernommen worden ist.

In seiner im Jahre 1904 erschienenen Abhandlung »Beiträge zur Theorie des Generator- und Wassergasprozesses« gibt v. Jüptner eine Berechnung der Zusammensetzung des Wassergases bei verschiedenen Temperaturen und Dampfdrücken im Gleichgewichtszustand mit der Kohle. Diese Berechnungen haben nur einen geringen praktischen Wert, denn das Gasgemisch ist, namentlich bei Koks, wie oben gezeigt wurde, stets sehr weit vom Gleichgewichtszustand mit der Kohle entfernt. Wenn sich auch v. Jüptner bewußt ist, daß der Gleichgewichtszustand im praktischen Wassergasbetriebe nicht erreicht wird, glaubt er doch, in seinen Zahlen Anhaltspunkte für den Betrieb aufgestellt zu haben, indem er beispielsweise bezüglich des CO<sub>2</sub>-Gehalts im Gase, nachdem er auf seine Bedeutung als Gasverschlechterer hingewiesen hat, sagt: »Da er jedoch zwischen 600 und 700° nur mehr einige Prozente beträgt, kommt er bei Beurteilung des Generatorganges wenig in Frage«. Weiter sagt er: »Um den Gehalt an Wasserdampf nicht erheblich über 10 Volumprozent zu steigen zu lassen, darf man die Vergasungstemperatur nicht unter etwa 700–800° C sinken lassen«. Indem er sich weiterhin auf Versuche von Strache stützt, gibt er im Sinne einer günstigsten Auswertung des Brennstoffs eine Temperatur von 900° als für den Wassergasbetrieb am zweckmäßigsten an. Es ist daher erforderlich, noch auf die Untersuchungen von Strache näher einzugehen.

Die jetzt allgemein übliche technische Darstellung des Wassergases erfolgt bekanntlich im Wechselbetrieb, indem der Brennstoff zwischen den einzelnen Zeitabschnitten der Wassergaserzeugung durch einen Luftstrom heißgeblasen wird. Bei den ältern Verfahren der Wassergaserzeugung wurde mit einer niedrigeren Windgeschwindigkeit und mit einer hohen Brennstoffschicht gearbeitet, so daß die Warmblasegase die Zusammensetzung des mit Luft hergestellten Generatorgases (Luftgases) und dementsprechend neben einem hohen CO-Gehalt nur etwa 3–5% CO<sub>2</sub> aufwiesen. Dellwik war späterhin dafür eingetreten, die CO-Bildung beim Warmblasen einerseits durch ein scharfes Blasen und andererseits durch die Anwendung einer weniger hohen Brennstoffschicht möglichst zugunsten der CO<sub>2</sub>-Bildung zu ersetzen. Diesem Verfahren gegenüber schlug Strache

<sup>1</sup> a. a. O. S. 57.

<sup>2</sup> American Gas Light Journ. 1912, S. 218.

<sup>3</sup> Z. d. Ver. deut.-ch. Ing. 1914, S. 1481; vgl. auch Glückauf 1916, S. 349.

<sup>4</sup> Feuerungstechnik 1913, S. 425.

einen mittlern Weg ein, indem er empfahl, das Warmblasen so vorzunehmen, daß die Abgase etwa 7–12%  $\text{CO}_2$  enthielten, weil er die Ansicht vertrat, das Dellwicksche Verfahren wäre nur folgerichtig durchzuführen, wenn die im Koks aufgespeicherte Wärme noch gering sei, die Temperatur der Brennstoffsäule also nicht wesentlich über  $600^\circ$  betrüge, da andernfalls eine weitergehende Reduktion der  $\text{CO}_2$  an der glühenden Kohle beim Warmblasen unvermeidlich wäre. Nach seinem eigenen Verfahren sollte nun eine teilweise Reduktion der  $\text{CO}_2$  und gegenüber dem alten Verfahren infolge der Anwendung einer kürzern Blasedauer auch die Erzielung einer weniger hohen Temperatur im Brennstoffbett mit in den Kauf genommen werden. Dafür wollte er aber auch die tatsächlich erreichten Vorteile des kürzern Aufblasens und die entsprechende Steigerung des Wirkungsgrades der Wassergaserzeugung erzielen können. Die Richtigkeit seiner Ansicht sollte durch eine Reihe von Versuchen, die er im Verein mit Jahoda<sup>1</sup> an einem mit Koks betriebenen Wassergaserzeuger anstellte, nachgewiesen werden. Dabei legte er besondern Wert auf die Feststellung, daß der Wasserdampf auch bei weniger hohen Temperaturen, als sie bei dem alten Verfahren auftraten, in befriedigendem Grade zersetzt wurde, sofern nur eine passende, nicht zu hohe Dampfgeschwindigkeit angewandt würde. Um diesen Beweis führen zu können, mußten natürlich die in seinem Gaserzeuger auftretenden Temperaturen bestimmt werden. Da ihre unmittelbare Messung nur in einigen Fällen gelang, suchte er sich im übrigen durch eine Berechnung zu helfen. Schon von anderer Seite wurde bezweifelt, daß diese Berechnung zuverlässig sei<sup>2</sup>. Die Berechtigung dieser Zweifel braucht hier nicht näher dargetan zu werden. Es möge nur darauf hingewiesen werden, daß Strache unter der Temperatur des Generators eine sog. mittlere Temperatur des Brennstoffbettes versteht, bei deren Feststellung der kältere, also chemisch unwirksame Teil der Brennstoffsäule außer Betracht bleiben soll. Als untere Grenze für die chemische Wirksamkeit nimmt er etwa  $500^\circ$  an. Nach den Ergebnissen der Versuche von Clement und Farup ist aber diese Grenze zum mindesten für die dichtern Brennstoffe viel zu tief, und zwar wohl mindestens um  $200\text{--}300^\circ$ , angenommen, da, wie gezeigt wurde, die Umsetzungen bei Koks und Retortengraphit noch um  $900^\circ$  herum sehr träge verlaufen. Die Einbeziehung der Temperaturen von  $500$  bis etwa  $750^\circ$  in die Zone der chemischen Wirksamkeit erscheint daher nicht gerechtfertigt. Nun wird aber die »mittlere« Temperatur offenbar einen desto niedrigeren Betrag annehmen, je weiter man bei gleichen Temperaturen in der heißesten Zone die Grenzen für die Wirksamkeit der Reaktionsschichten steckt. Die wahren Temperaturen der heißesten Schichten, auf die es bei der Wassergasbildung doch vornehmlich ankommt, werden demnach bei dem Verfahren von Strache um einige hundert Grad höher liegen, als die sogenannten mittlern Temperaturen betragen. Dabei scheint Strache in der Anwendung des Begriffes der mittlern Temperaturen auch nicht folgerichtig zu sein, insofern er als Tem-

peraturen für den alten Wassergasprozeß  $1200\text{--}1400^\circ$  angibt. Als oberste Grenze der im Gasgenerator auftretenden Temperaturen wird man nach den Versuchen von Wendt, K. Neumann und andern nicht mehr als  $1600^\circ$  annehmen dürfen. Als mittlere Temperatur in dem Abstand von  $500$  bis  $1600^\circ$  erscheint aber die Temperatur von  $1400^\circ$  viel zu hoch.

Man sieht hier, daß der von Strache angewandte Begriff der sogenannten mittlern Temperaturen wenig Bestimmtes enthält. Wenn man diesen Begriff überhaupt anwenden will, so dürfte dies nur in dem von Strache verstandenen Sinne geschehen, statt dessen findet man in den Lehrbüchern v. Jüptners keine hierauf bezügliche Andeutung, und die von ihm in Anlehnung an die Stracheschen Versuche angestellte Forderung, die Temperatur im Wassergaserzeuger dürfte mit Rücksicht auf eine gute Gesamtwirkung der Vergasung nicht  $900^\circ$  übersteigen, erscheint durchaus irreführend. Eigentümlicherweise benutzt nun Strache in seinem neuern Werk »Gasbeleuchtung und Gasindustrie« diese Übernahme seiner Auffassung durch v. Jüptner dazu, um die Richtigkeit der letztern zu bekräftigen.

In Habers »Thermodynamik technischer Gasreaktionen« findet sich auch eine Betrachtung zum technischen Wassergasprozeß. Haber sagt hierzu: »Blicken wir nun auf die Harriesschen Zahlen, so sehen wir, daß etwa bei  $1000^\circ$  Kohlensäure und Wasserdampf auf die Beträge herabsinken, welche für die Praxis klein genug sind. Bei größerer Wasserdampfgeschwindigkeit und unter den unregelmäßigen Temperaturverhältnissen eines praktischen Wassergasofens wird die Grenze noch höher anzusetzen sein. Es ist deutlich, daß es von irgendeiner Temperatur aufwärts einen Zustand geben muß, bei dem auch im praktischen Wassergasofen das Wassergas zugleich in sich und mit der Kohle im Gleichgewicht steht. Bei den praktisch allein anwendbaren Gesamtdrücken von 1 at müßte bei dieser nach unserer Überlegung über  $1000^\circ$  gelegenen Temperatur die Kohlensäure in Wassergas zu Spuren herabsinken, die man bei der volumetrischen Gasanalyse nicht mehr findet. Die Erfahrung lehrt aber, daß das technische Wassergas stets mehrere Prozente Kohlensäure enthält. Man kann berücksichtigen, daß die Temperatur im Wassergasofen sich während des Dampfblasens ändert, und daß die im Gesamtendgas auftretende Kohlensäure wesentlich gegen Ende der Wasserdampfblaseperiode, also bei niedrigerer Temperatur, entstehen mag. Aber man kommt damit vorerst nicht zu genauern quantitativen Beziehungen. Zusammenfassend ergibt sich für den technischen Wassergasprozeß: das Gleichgewicht der Gase  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  wird ziemlich leicht erreicht. Es hat aber nur Wert für die Praxis, wenn es mit niedern Kohlensäuregehalten und hohen Kohlenoxydgehalten zusammentrifft. Diese Möglichkeit ist durch die Lage des Gleichgewichtes zwischen Kohle, Kohlensäure und Kohlenoxyd schon unter  $800^\circ$  theoretisch gegeben. Praktisch bringt die Reaktionsträgheit der Kohle mit sich, daß man befriedigende Werte für das Verhältnis  $\text{CO} : \text{CO}_2$  und damit eine günstige Wassergaszusammensetzung erst über  $1000^\circ$  erhält. Die Minimalgehalte, welche die Theorie im Falle des Gleichgewichtes zwischen

<sup>1</sup> Journ. f. Gasbel. 1900, S. 354.

<sup>2</sup> K. Arndt: Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, 1907, S. 45.

Kohle und Wassergas oberhalb von 1000° vorausieht, werden von den technischen Wassergasen stets einigermaßen überschritten.

Hieraus geht hervor, daß sich Haber das Auftreten von  $\text{CO}_2$  im praktischen Wassergas, für dessen Herstellung auch er 1000° übersteigende Temperaturen als erforderlich annimmt, im Hinblick auf die Harriesschen Zahlen nicht recht erklären kann. Dies liegt wohl zunächst daran, daß er die bei weitem größere Reaktionsfähigkeit der Kohle, wie sie im praktischen Wassergasofen angewendet wird, gegenüber der bei den Versuchen von Harries benutzten Holzkohle nicht ins Auge gefaßt hat. Aus den Clementschen Versuchen ließ sich aber ersehen, daß sich diese Reaktionsträgheit bei den höhern Temperaturen noch wesentlich mehr gegenüber dem Wasserdampf als gegenüber der Kohlensäure bemerkbar macht, wozu noch kommt, daß die Geschwindigkeit der Wasserdampferzeugung bei hohen Temperaturen an sich weniger rasch zunimmt als die der Kohlensäurereduktion.

Auch die auf die Versuche von Harries gestützte Ansicht, daß im technischen Wassergasprozeß das Gleichgewicht in der Gasphase ziemlich leicht erreicht werde, trifft nach den Versuchen von Clement für die dichtern Brennstoffe (Koks, Anthrazit) jedenfalls selbst für Temperaturen über 1000° nur in beschränktem Maße zu. Denn bei den Versuchen von 1100° wurde es erst mit verhältnismäßig geringerer Dampfgeschwindigkeit und in der Weise erreicht, daß eine bereits ziemlich weit vorgeschrittene Wasserdampferzeugung noch mit einem höhern  $\text{CO}_2$ -Gehalt zusammenfiel. Bei weiterer Temperatursteigerung zeigte sich offenbar infolge des Vorwiegens der  $\text{CO}_2$ -Reduktion durch Kohlenstoff wiederum, daß die Gaszusammensetzung bei allen entnommenen Gasproben erheblich vom Gleichgewicht entfernt blieb. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich noch bei den bei 1300° entnommenen Proben, soweit diese noch merkliche Mengen an unzersetztem Wasserdampf enthielten. Für die Beurteilung der im gewöhnlichen, d. h. mit Koks oder Anthrazit betriebenen Wassergaserzeuger stattfindenden Vorgänge wird man daher nicht die Versuche von Harries, die sich nur auf Holzkohle bezogen, heranziehen dürfen.

Wie weiter oben (s. S. 1036) angegeben wurde, kann sich Lang zufolge seiner Annahme einer überwiegenden Wirksamkeit der Reaktion  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  gegenüber dem Vorgang  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  das Auftreten größerer Mengen von  $\text{CO}_2$  im praktischen Wassergasbetriebe nur dadurch erklären, daß die Wassergasreaktion noch nach Austritt des Gases aus der Brennstoffsäule beim Auftreffen auf hoch erhitze Flächen im Sinne einer Rückbildung von  $\text{CO}_2$  wirksam sei. Diese Bedingungen dürften jedoch in den gebräuchlichen Wassergaserzeugern gewöhnlich nicht vorhanden sein. Selbst in dem Fall des Gasens von oben nach unten erfährt die untere Aschenschicht, durch die das Wassergas abzieht, durch das voraufgehende Blasen eine starke Kühlung und wird sich erst allmählich wieder auf höhere Temperaturen erhitzen.

Der wirkliche Grund für das Auftreten der Kohlensäure ist nach den voraufgegangenen Betrachtungen darin zu sehen, daß die Zersetzung des Wasserdampfes

nur während eines kurzen Zeitraums, in dem die Temperatur der heißesten Zone vielleicht noch 1300° erreicht, annähernd vollständig sein wird, während späterhin alsbald die Menge des unzersetzten Dampfes im Steigen begriffen ist. Auch Lang nimmt ja selbst für hohe Temperaturen noch die Anwesenheit überschüssigen Dampfes im Rohgase an, denn nur unter dieser Voraussetzung könnte ja noch eine merkliche Oxydation des in der Brennstoffschicht gebildeten Kohlenoxyds im freien Gasraum erfolgen. Aus den Versuchen von Clement geht nun hervor, daß selbst noch bei 1100° der Vorgang  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  die Reaktion  $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  überwiegt. Die letztere wird also in der Grenzfläche, namentlich der wirksamen Kohlenschicht, nicht mehr die Zeit finden, die durch die Wassergasreaktion gebildete  $\text{CO}_2$  in  $\text{CO}$  überzuführen. Es ist auch nicht unwahrscheinlich, daß hierbei die katalytische Wirkung der Kohle, die ja an sich keine unmittelbare chemische Umsetzung des festen Kohlenstoffs voraussetzt, an der Grenzfläche keine schlechtern Bedingungen für ihr Auftreten besitzt, während solche für die reduzierende Wirkung der Kohle, die auf einer ausreichenden Berührung der  $\text{CO}_2$  mit der Kohlenoberfläche beruht, anzunehmen sind. Sofern also die Gase die Zersetzungszone mit einem größern Wasserdampfgehalt verlassen, wird auch stets die Bedingung für die Bildung eines gewissen Betrages von Kohlensäure, der weiterhin nicht mehr Gelegenheit zur Reduktion findet, im Gaserzeuger vorhanden sein.

#### Die Vorgänge in der Brennstoffsäule.

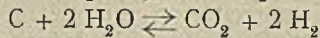
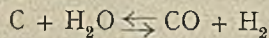
Das bisher vorliegende Versuchsmaterial bietet noch keinen nähern Einblick in die innerhalb der Brennstoffsäule eines Wassergaserzeugers sich abspielenden Vorgänge. v. Jüptner<sup>1</sup> suchte ihn unter der Annahme zu gewinnen, daß beim Blasen von Wasserdampf durch eine Schicht glühender Kohlen an der Berührungsfläche zwischen Dampf und Kohle die Reaktion vollständig verläuft, d. h. Gleichgewicht eintritt. Beim Weiterstreichen des Gasstromes kann dieser nach v. Jüptner in zweierlei Weise eine Veränderung erleiden, einerseits wird eine Reaktion zwischen den innern, wasserdampfreichern Schichten des Gasstromes und der Außenschicht (also nach der Wassergasreaktion) eintreten, andererseits wird aber auch das Gleichgewicht in der Außenschicht dadurch eine Störung erleiden, daß diese mit Kohlenpartien von anderer Temperatur in Berührung tritt. Strömt das Gas von kältern zu heißern Kohlenschichten (Gegenstrom), so wird anfangs in der Außenschicht ein kohlenäurereicheres Gas entstehen, das sich später, mit heißerer Kohle in Berührung kommend, immer mehr an  $\text{CO}$  anreichert. Strömt hingegen umgekehrt der Dampf von den heißesten zu immer kältern Schichten (Parallelstrom), so wird sich anfangs in der Außenschicht ein kohlenoxydreicheres Gas bilden, und im Weiterstreichen wird sein  $\text{CO}$ -Gehalt ab-, sein  $\text{CO}_2$ -Gehalt aber zunehmen müssen.

Die Annahme, daß sich in der Außenschicht des Gasstromes das Gleichgewicht sofort einstellt, ist von

<sup>1</sup> Beitrage zur Theorie des Generator- und Wassergases. S. 472.



Haber<sup>1</sup> als unzutreffend bezeichnet worden. Er sagt, v. Jüptner stelle sich vor, daß an der Grenzfläche von Kohle gegen Wasserdampf in der Glühhitze stets die beiden Gleichgewichte



gleichzeitig beständen; diese Vorstellung aber, die verlange, daß die Gase zugleich untereinander und mit der Kohle im Gleichgewicht stehen, treffe nicht zu. Zur Begründung seiner Ansicht verweist er auf seine Bemerkungen zu den Versuchen von Harries<sup>2</sup> aus denen hervorgeht, daß sich bei den Temperaturen von 800–1000° zwar das Gleichgewicht der Gase untereinander, nicht aber auch mit der Kohle leicht einstellt. Die oben an gestellten Betrachtungen zu den Versuchen von Farup sowie Clement und Adams führen im Gegensatz zu Haber zu der Ansicht, daß sich sogleich bei der Zersetzung des Wasserdampfes das Gleichgewicht mit der Kohle einstellt, und daß dieses erst gestört wird, sobald die Umsetzungen in der Gasphase wirksam werden. An der Jüptnerschen Auffassung erscheint daher wenigstens die Annahme des Gleichgewichts des Systems C, CO<sub>2</sub>, CO in der Grenzzone berechtigt, und insofern wird die vorstehend wiedergegebene Darstellung der Vorgänge beim Durchstreichen von Wasserdampf durch Kohleschichten von verschiedenen Temperaturen in ihren Grundlagen als zutreffend angesehen werden können. Im Hinblick auf die aus den Versuchen von Clement und Farup gewonnenen Vorstellungen über die in Frage kommenden Reaktionsgeschwindigkeiten wird man jedoch weiter sagen können, daß im praktischen Wassergasbetriebe zunächst bei den Temperaturen bis zu 800–900° die Zersetzung des Wasserdampfes und demgemäß auch die Bildung von Kohlensäure nur langsam erfolgt und ihre Wirkung im Vergleich zu den Vorgängen in den heißern Zonen kaum merklich in Betracht kommt. Dies gilt aber auch für den Fall, daß das aus den letztern abströmende Gasgemisch noch unzersetzter Wasserdampf enthält, wenn es durch die kältern Schichten des Brennstoffs streicht. Auch dann wird weder infolge der Zersetzung des Wasserdampfes nach der Gleichung 2 noch auch infolge des Zerfalles des Kohlenoxyds gemäß der Reaktion 4 eine praktisch ins Gewicht fallende Vermehrung des Kohlensäureanteils anzunehmen sein. Über die Einwirkungen der innern Schichten auf die Außenschicht des Gasstromes sagt v. Jüptner weiter: »Wir wollen nun nochmals die Reaktion zwischen der äußern Gasschicht und dem innern Dampfstrom betrachten. Arbeiten wir nach dem Gegenstromprinzip, so kann der Wasserdampf des innern Raumes auf die äußere Gasschicht nur in der Weise chemisch einwirken, daß CO zu CO<sub>2</sub> oxydiert und H<sub>2</sub> frei wird. Der Brennwert des Gases bleibt somit — vorausgesetzt, daß die Temperatur konstant bleibt oder sinkt (was ja möglich ist, weil die Außenschicht des Gasstromes wärmer sein wird als der eingeblasene Dampf) — ungeändert. Steigt aber die Durchschnittstemperatur des Gasstromes, was ja, da das Gas in immer heißere Partien des Generators strömt, wahrscheinlich ist, so nimmt diese Reaktion ab, und die tatsächlich

eintretende Verbesserung des Gases ist dann nur durch die Oxydation glühender Kohle durch die Kohlensäure und den Wasserdampf der Außenschicht sowie den nach außen diffundierenden Wasserdampf zu erklären. Arbeiten wir jedoch nach dem Parallelstromprinzip, so wird die anfangs gebildete heiße Außenschicht kräftig auf den Wasserdampf reagieren (die Diffusion wird übrigens auch ebenso wie die Reaktionsgeschwindigkeit wegen der höhern Temperatur größer sein), und es wird das Gas gleichfalls ohne nennenswerte Änderung seines Brennwertes an Wasserstoff reicher, an Kohlenoxyd aber ärmer werden. Eine Verbesserung der Gasqualität tritt hier ebenso wie früher durch Einwirkung des nach außen diffundierenden Wasserdampfes auf die glühenden Kohlen ein. Andererseits aber wirkt der Umstand auf die Gasqualität ungünstig, daß dasselbe mit immer kältern Kohlen in Berührung kommt und daher immer mehr Kohlensäure gebildet wird. Erstere Art des Gasens ist offenbar vorteilhafter, umsomehr, als hierbei auch der Dampf- bzw. Gasstrom allmählich vorgewärmt wird.

Diese Auffassung ist zunächst dahin zu berichtigen, daß beim Gegenstrom die Reaktion  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  beim Hindurchtritt des Gases durch die heißern Schichten nicht ab-, sondern zunimmt, daß aber, wie gezeigt wurde, ihre Wirksamkeit durch den Vorgang  $CO_2 + C = 2 CO$  und die gleichfalls stärker werdende Zerlegung des Wasserdampfes durch die Kohle vermindert wird. Beim Gleichstrom sowohl als auch beim Parallelstrom ist demnach die Zersetzung des Wasserdampfes durch das Kohlenoxyd eine notwendige Begleiterscheinung der Zersetzung des Wasserdampfes durch den festen Kohlenstoff. Der Unterschied bei den beiden Verfahren besteht in ihrem zeitlichen Auftreten. Zur Bereitung eines Gases von niedrigem CO<sub>2</sub>-Gehalt ist es in beiden Fällen erforderlich, daß ihre Wirksamkeit von den Vorgängen  $CO_2 + C = 2 CO$  und  $C + H_2O = CO + H_2$  übertroffen wird. In dem einen Fall, beim Gegenstrom, wirkt in dieser Richtung die hohe Temperatur der Austrittsschicht, während im andern Fall die hohe Temperatur der Anfangsschicht die Ursache dafür ist, daß sie ihre Rolle für die nächstliegenden weniger heißen Schichten bereits in der Hauptsache ausgespielt hat. Daher ist durch die Wahl entsprechender Verhältnisse in der gasbildenden Kohleschicht vornehmlich darauf zu sehen, daß die Vorgänge  $C + H_2O = CO + H_2$  und  $CO_2 + C = 2 CO$  die Reaktion  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  möglichst überdauern. Das Arbeiten im Gleichstrom kann demgemäß auch nicht aus dem Grunde als nachteilig auf die Gasbeschaffenheit angesehen werden, weil der Gegenstrom mit Schichten von tiefern Temperaturen in Berührung kommt und daher, wie v. Jüptner meint, immer mehr CO<sub>2</sub> gebildet wird. Die Gasbeschaffenheit hängt vielmehr nur davon ab, wie weit die Wasserdampferzeugung und die Reduktion der Kohlensäure beim Eintritt in die weniger heißen Schichten vorgeschritten sind. Denn in den kältern Schichten der Brennstoffssäule kann die auf die Vorgänge  $2 H_2O + C = CO_2 + 2 H_2$  und  $2 CO = CO_2 + C$  zurückzuführende Bildung von Kohlensäure nur noch in einem für die Praxis belanglosen Grade erfolgen.

Der wichtigste Vorgang der Wassergasbildung ist demnach die Zersetzung des Wasserdampfes an der

<sup>1</sup> a. a. O. S. 237.

<sup>2</sup> a. a. O. S. 44 ff.

Kohle. Das Auftreten und Verschwinden der Kohlensäure sind sekundäre Vorgänge. Man könnte sich noch die Frage vorlegen, ob die Zwischenbildung der Kohlensäure, die ja an sich wegen der Möglichkeit des Verbleibens der Kohlensäure im Endgas unerwünscht ist, nicht dennoch für die Bildung des Wassergases von Vorteil ist. Diese kann, wie gezeigt wurde, in der Technik nur bei höhern Temperaturen zweckmäßig durchgeführt werden. Vergegenwärtigt man sich, daß die Zersetzung an der Kohlenoberfläche das Aufprallen entsprechender Mengen der zu zersetzenden Stoffe an die letztere voraussetzt, und daß nicht notwendig eine Behinderung dieses Vorganges durch die Reaktion in der Gasphase anzunehmen ist, so wird demnach die Kohlenoberfläche infolge der Reaktion  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  weniger Wasserdampf, dafür aber die entsprechende Menge an  $\text{CO}_2$  zu zersetzen haben. Da nun aber nach Farup die Reaktion der  $\text{CO}_2$  bei höhern Temperaturen etwas rascher vor sich geht als die Dampfzersetzung durch den festen Kohlenstoff, so wird man eine gewisse Beschleunigung der Gesamtvorgänge durch die Bildung von Kohlensäure als wahrscheinlich annehmen können.

Auf dieser Voraussetzung fußend, daß sich die Kohlensäure an Kohlenstoff rascher umsetzt als der Wasserdampf, hat man in Kreisen der Wassergastechnik den Vorschlag gemacht, zwischen zwei heißen Zonen des Brennstoffbettes eine größere Zone von tieferer Temperatur zu schaffen, zu dem Zweck, in der letztern die Bildung der  $\text{CO}_2$  zu steigern. Der in der ersten heißen Schicht noch unvollständig zersetzte Dampfstrom sollte in den kältern Schichten weiterhin vornehmlich nach der Gleichung  $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$  zersetzt werden, und dadurch sollte die Wassergasbildung beim weitem Hindurchstreichen durch eine zweite heiße Brennstoffzone von geringerer Schichthöhe zu Ende geführt werden. Dieser Vorschlag konnte schon aus dem Grunde keine praktische Bedeutung erlangen, weil nach den vorausgehenden Betrachtungen die Umsetzung in den kältern Schichten nur langsam vor sich gehen, der Nutzen ihrer Einschaltung also in keinem Verhältnis zu den durch die Erhöhung der Widerstände für die Gasströme bedingten Schwierigkeiten stehen würde.

Ein weiteres Verfahren, das von Kramers und Aarts auch vereinzelt in die Praxis eingeführt worden ist, besteht darin, daß durch Einschaltung einer Zwischenzone (Regenerator) zwischen zwei heißen Brennstoffschichten und unter Zusatz von Wasserdampf zu dem die erste heiße Schicht verlassenden Gasdampfstrom die  $\text{CO}_2$ -Bildung durch den Vorgang  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  befördert werden soll. Der tatsächliche Nutzen dieser Maßnahme ist von verschiedenen Seiten in Frage gestellt worden. So sagt Strache<sup>1</sup>: »Zweifelloso wird es möglich sein, das Wassergas im Regenerator durch Dampfzufuhr zum größten Teil in Kohlensäure und Wasserstoff zu verwandeln, jedoch ist nicht einzusehen, warum die nachträgliche Reduktion der Kohlensäure zu Kohlenoxyd einen geringern Gehalt an Kohlensäure ergeben soll, als wenn das Wassergas unmittelbar mit geringem Kohlensäuregehalt erzeugt wird.« Einen Grund hierfür haben nun auch Kramers und Aarts in der leichtern Zersetzbarkeit der Kohlensäure gegenüber

dem Wasserdampf gesehen. Offenbar sind sie der Ansicht gewesen, daß durch eine weitergehende Zersetzung des Wasserdampfes noch vor Eintritt der Gase in die zweite heiße Brennstoffschicht infolge des Zurücktretens des Vorganges  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  in der letztern günstigere Bedingungen für die  $\text{CO}_2$ -Reduktion geschaffen würden. Dieser Ansicht läßt sich nach vorstehendem eine gewisse Berechtigung nicht absprechen. Eine andere Frage ist jedoch, ob die erzielten Vorteile bei der Wassergasbildung nicht wieder durch das Erfordernis einer umständlichen Apparatur aufgehoben werden. Die Beantwortung dieser Frage fällt aber nicht mehr in den Rahmen dieser Betrachtungen.

Ein anderes hier noch zu erwähnendes Wassergasverfahren aus neuerer Zeit rührt von Reitmayer her<sup>1</sup>. Dabei wird zur Erzielung einer gleichmäßigen, hohen Temperatur in der Brennstoffsäule die Warmblaseluft nicht von unten her, sondern seitlich durch Kanäle, die rings um die Brennstoffsäule im Schachtmauerwerk ausgespart sind, von drei gleichfalls im letztern liegenden ringförmigen Verteilerkanälen aus zugeführt. Beim Gasen strömt hingegen der Dampf in senkrechter Richtung von oben nach unten durch die Brennstoffsäule. Über die Zweckmäßigkeit dieser Arbeitsweise hat sich vor einiger Zeit ein literarischer Streit zwischen Reitmayer und Strache entspannen<sup>2</sup>, wobei letzterer darauf hinwies, daß der Wasserdampf beim Gasen zum Teil nicht den Weg über die Kohlen säule nehmen, sondern unmittelbar über die Verteilerkanäle in der Schachtwand und von hier aus durch einen nur noch geringen Teil der Brennstoffschicht nach dem untern Schachtraum gelangen müsse und infolgedessen unvollständig zersetzt werde. Reitmayer gibt ersteres zwar zu, ist aber der Ansicht, daß dieser Teil des Wasserdampfes in der untern sehr heißen Schicht des Brennstoffs hinreichend zersetzt werde. Nach den vorstehenden Erörterungen über die Rolle, die die Wassergasreaktion bei der Bildung des Wassergases spielt, ist es nicht als zweckmäßig zu erachten, wenn dem durch die Brennstoffsäule strömenden Gasgemisch noch kurz vor seinem Austritt aus der Reaktionszone Wasserdampf beigemischt wird. In der Tat lassen auch die von Reitmayer angeführten Analysenzahlen einen verhältnismäßig hohen Gehalt des Gases an  $\text{CO}_2$  (bis zu 6% und darüber) erkennen, Zahlen, die von der Gastechnik im allgemeinen nicht mehr als zulässig angesehen werden.

#### Zusammenfassung.

Nach einem geschichtlichen Überblick über die Untersuchungen zur Zersetzung des Wasserdampfes an Kohlenstoff und zur sogenannten Wassergasreaktion wird aus den Ergebnissen der neuern Versuche von Farup sowie von Clement und Adams die Anschauung entwickelt, daß die bei höhern Temperaturen bei der Zersetzung des Wasserdampfes an Kohle auftretende Kohlensäure im wesentlichen auf die Wirksamkeit der Wassergasreaktion zurückzuführen ist. Von dem gewonnenen Standpunkt aus werden ältere Anschauungen einer Prüfung unterzogen und die Vorgänge bei der technischen Wassergasgewinnung näher betrachtet.

<sup>1</sup> Gasbeleuchtung und Gasindustrie, S. 812.

<sup>1</sup> vgl. Glückauf 1915, S. 622.

<sup>2</sup> Z. d. Ver. d. Gas- u. Wasserfachm. Österreichs 1910, S. 271 und 322.

## Hollands Steinkohlengewinnung und Kohlenversorgung.

Von Dr. Ernst Jüngst, z. Z. in Brüssel.

Während in den meisten Ländern in der Kriegszeit die Kohlenförderung eine Abnahme aufweist, zeigt sie in Holland das umgekehrte Bild. Ihre neuerliche Entwicklung ist recht bemerkenswert; in dem kurzen Zeitraum von 14 Jahren ist sie auf etwa das 6fache gestiegen. Während sie 1902 noch nicht 400 000 t betrug, belief sie sich in 1915 auf 2,26 Mill. t. Der Aufschwung ist nur in einem einzigen Jahr (1904) von einem Rückschlag (-15 000 t) unterbrochen worden. Sonst bewegte sich der jährliche Förderzuwachs zwischen 26 000 t = 5,78% (1904/5) und 333 608 t = 17,30% (1914/15); verhältnismäßig am stärksten war die Zunahme von 1906 auf 1907, wo sie 190 000 t oder 35,67% betrug. Für den Wert der Steinkohlenerzeugung Hollands liegen nur bis 1905 zurückreichende Angaben vor. In diesem Jahr betrug er 2,5 Mill. fl, im letzten Jahr 21,02 Mill. fl. Der Wert auf 1 t zeigte in 1915 mit 9,29 fl den höchsten Stand. Sein Tiefstand fiel mit 5,35 fl in das Jahr 1905. Im einzelnen ist die Entwicklung der holländischen Steinkohlenerzeugung nach Menge und Wert in der Zahlentafel 1 zur Darstellung gebracht.

Zahlentafel 1.

Ergebnisse des holländischen Steinkohlenbergbaus von 1902-1915.

Jahr	Förderung					
	Menge			Wert		± des Tonnenwertes gegen das Vorjahr %
	insges. t	± gegen das Vorjahr insges. t	%	insges. fl	für 1 t fl	
1902	390 778	+ 79 891	+25,70			
1903	457 674	+ 66 896	+17,12			
1904	442 798	- 14 876	- 3,25			
1905	468 377	+ 25 579	+ 5,78	2 505 517	5,35	
1906	532 780	+ 64 403	+13,75	2 937 260	5,51	+ 2,99
1907	722 824	+190 044	+35,67	4 918 568	6,80	+ 23,41
1908	908 201	+185 377	+25,65	6 240 540	6,87	+ 1,03
1909	1 120 852	+212 651	+23,41	7 354 515	6,56	- 4,51
1910	1 292 289	+171 437	+15,30	8 230 941	6,37	- 2,90
1911	1 477 171	+184 882	+14,31	9 491 886	6,43	+ 0,94
1912	1 725 394	+248 223	+16,80	12 044 333	6,98	+ 8,55
1913	1 873 079	+147 685	+ 8,56	14 436 894	7,71	+ 10,46
1914	1 928 540	+ 55 461	+ 2,96	14 471 072	7,50	- 2,72
1915	2 262 148	+333 608	+17,30	21 024 092	9,29	+ 23,87

Auf die einzelnen Gesellschaften hat sich die Förderung in den Jahren 1906 bis 1915 den Angaben der Zahlentafel 2 entsprechend verteilt.

Während 1906 erst vier Gruben in Betrieb waren, zählen wir 1915 sieben fördernde Werke. Die höchste Förderziffer in 1915 weist mit 450 000 t die Staatsgrube Wilhelmina auf; im Vorjahr hatte sie 382 000 t geliefert.

Die dem Selbstverbrauch der Gruben dienenden Kohlenmengen bewegten sich in den Jahren 1906-1915, wie in Zahlentafel 3 ersichtlich gemacht ist, zwischen 38 000 und 84 000 t. Bemerkenswert ist der starke

Zahlentafel 2.

Förderung der einzelnen Gesellschaften im holländischen Steinkohlenbergbau von 1906-1915.

Jahr	Domani- al- grube t	Laura en Vereening t	Wilhelmina (Staatsgrube) t	Oranje- Nassau I t	Oranje- Nassau II t	Willem- Sophie <sup>2</sup> t	Emma (Staatsgrube) t	zus. t
1906	224549	—	—	204851	45858	88980	—	564238 <sup>3</sup>
1907	231049	78931 <sup>1</sup>	31371	189687	87449	104337	—	722824
1908	233529	156380	78693	200725	140482	98392	—	908201
1909	243093	240035	141829	219098	168197	108600	—	1120852
1910	266881	290970	191903	240186	173099	129250	—	1292289
1911	319996	303838	246031	265511	202804	138400	591	1477171
1912	389216	322755	315709	297116	247547	143920	9131	1725394
1913	444570	332310	358164	296798	238118	143431	59688	1873079
1914	412404	295497	382428	273186	242996	157700	164329	1928540
1915	393032	352400	450298	245586	278176	209500	333156	2262148

<sup>1</sup> Nur Grube Laura. <sup>2</sup> Bis 1910 nur Grube Willem. <sup>3</sup> Rohförderung.

Rückgang ihres Anteils an der Förderung seit 1907. Während er in diesem Jahr noch 8,67% betrug, hat er sich 1915 auf 3,70% vermindert und 1914 sogar nur 2,75% betragen. Zum Absatz gelangten in den Jahren 1906 bis 1915 zwischen 498 000 und 2,24 Mill. t, von der Förderung machte der Absatz zwischen 89,55 (1907) und 99,20% (1915) aus. In gewöhnlichen Zeiten wird der größte Teil der holländischen Steinkohle trotz des geringen Reichtums des Landes an mineralischem Brennstoff infolge der geographischen Lage des Limburger Beckens ins Ausland abgesetzt, das in den Jahren 1906-1913 zwischen 348 000 und 1,14 Mill. t erhielt. Von der Förderung beanspruchte der Auslandabsatz in dieser Zeit zwischen 64,10 (1913) und 72,45 (1907)%; in den letzten beiden Jahren ging der Anteil aber in-

Zahlentafel 3.

Selbstverbrauch und Absatz an holländischer Steinkohle von 1906-1915.

Jahr	Von der Förderung wurden					
	zum Selbstver- brauch verwandt		abgesetzt			
	insges. t	in % der Förde- rung	insges. t	in % der Förde- rung	insges. t	in % des Gesamt- absatzes
1906	38 340	7,20	498 301	93,53	348 149	69,87
1907	62 661	8,67	647 272	89,55	468 954	72,45
1908	65 196	7,18	853 294	93,95	589 450	69,08
1909	65 245	5,82	1 046 500	93,37	731 307	69,88
1910	62 027	4,80	1 216 740	94,15	832 628	68,43
1911	61 132	4,14	1 426 324	96,56	968 774	67,92
1912	61 150	3,54	1 680 146	97,38	1 128 541	67,17
1913	73 615	3,93	1 774 140	94,72	1 137 216	64,10
1914	53 041	2,75	1 813 343	94,03	823 402	45,41
1915	83 736	3,70	2 244 139	99,20	240 055	10,72

folge der durch den Krieg hervorgerufenen unzureichenden Lieferung von ausländischer Kohle auf 45,41 und 10,72% zurück.

Im holländischen Steinkohlenbergbau wird demnächst der Staatsbetrieb zu einer mehr oder minder ausschlaggebenden Stellung kommen; schon im letzten Jahr lieferten die Staatsgruben Wilhelmina und Emma mit 450 000 und 333 000 t fast ein Drittel der Förderung des ganzen Landes; die weitere fiskalische Zeche Hendrik befindet sich im Ausbau. Im Jahre 1909 betrug die Förderung des holländischen Bergfiskus erst 142 000 t, sie wuchs in 1910 und 1911 auf 192 000 und 247 000 t und stellte sich im letzten Jahr bei einer Belegschaft von 5720 Mann auf 783 000 t. Für das nächste Menschenalter ist von der holländischen Regierung, wie dem Bericht des »Hoofd-Ingenieurs der Mijnen« über das Jahr 1910 zu entnehmen ist, die folgende Entwicklung des limburgischen Steinkohlenbergbaus in Aussicht genommen.

Zahlentafel 4.

Voraussichtliche Entwicklung der holländischen Steinkohlengruben von 1915–1950.

Jahr	Förderung		Belegschaft
	insges. Mill. t	davon Staatsgruben Mill. t	
1915	2,0	0,5	10 000
1925	4,0	2,0	20 000
1935	6,0	3,5	29 000
1945	7,5	5,0	37 000
1950	8,3	6,0	40 000

Es wird angenommen, daß sich die für 1950 geschätzte Förderung von rd. 8,5 Mill. auf die einzelnen Sorten wie folgt verteilen wird.

	Mill. t
Mager- oder Hausbrandkohle . . . . .	3,0
Flamm- oder Kesselkohle . . . . .	1,5
Fett- oder Kokskohle . . . . .	2,5
Gaskohle . . . . .	1,5

Das geldliche Ergebnis des holländischen Staatsbergbaus (gemeint ist die bis jetzt allein in voller Förderung stehende Zeche Wilhelmina) kann als recht

Zahlentafel 5.

Reinverdienst auf 1 t Förderung auf der Staatsgrube Wilhelmina von 1909–1915.

Jahr	Netto- förderung t	Ertrag (einschl. Erlös für Schlamm und Netto- verdienst des verkauften elekt. Stromes) M	Selbstkosten M	Brutto- überschuß M	Abschrei- bung M	Rein- verdienst M
1909	141 829	12,52	9,85	2,67	—	—
1910	192 049	11,83	9,18	2,65	1,74	0,91
1911	246 031	11,71	8,87	2,84	1,22	1,62
1912	315 709	12,39	9,09	3,30	1,62	1,67
1913	358 164	13,81	10,17	3,63	2,21	1,42
1914	382 428	13,87	10,00	3,87	0,61	3,26
1915	450 298	16,11	10,48	5,63	1,93	3,70

günstig bezeichnet werden, wie aus der Zahlentafel 5 hervorgeht.

Der Reinüberschuß auf eine Tonne von 3,70 M erscheint sehr erheblich. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Dividende der sogenannten reinen Zechen, die in der Form der Aktiengesellschaft betrieben werden, im niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau in den Jahren 1907–1912 1,55, 1,27, 1,11, 1,16, 1,20 und 1,36 M auf 1 t betragen hat. Sie erreicht sonach selbst in dem Hochkonjunkturjahr 1907, geschweige denn in dem ebenfalls günstigen Jahr 1912, den letztjährigen Satz des holländischen Staatsbergbaus noch nicht zur Hälfte. Diesem günstigen Ergebnis liegt einmal ein vergleichsweise hoher Verkaufswert zugrunde; er geht, wie die folgenden Zusammenstellungen zeigen, von 1906 abgesehen, nicht unbedeutend über den Erlös für 1 t Kohle im Rheinisch-Westfälischen Kohlen-Syndikat hinaus.

Verkaufswert für 1 t Steinkohle im holländischen Steinkohlenbergbau von 1906–1915.

Jahr	fl	M	Jahr	fl	M
1906	5,73	9,68	1911	6,50	10,99
1907	7,19	12,15	1912	7,01	11,85
1908	7,12	12,03	1913	7,85	13,27
1909	6,81	11,51	1914	7,78	13,15
1910	6,59	11,14	1915	9,22	15,58 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Einschl. Selbstverbrauch, der für 1 t 1,79 fl oder 3,08 M betrug.

Durchschnittlicher Erlös auf 1 t Kohle im Kohlen-Syndikat von 1893–1909<sup>1</sup>

Jahr	M	Jahr	M
1893	7,33	1902	10,28
1894	7,83	1903	9,84
1895	8,02	1904	9,82
1896	8,14	1905	9,89
1897	8,45	1906	10,47
1898	8,62	1907	11,50
1899	9,14	1908	11,76
1900	10,56	1909	11,13
1901	11,01		

<sup>1</sup> Für die Jahre nach 1909 sind keine einschlägigen Angaben veröffentlicht worden.

Zahlentafel 6.

Selbstkosten auf 1 t Förderung der Staatsgrube Wilhelmina von 1909–1915.

	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915
	M	M	M	M	M	M	M
Allgemeine Unkosten	1,25	1,20	1,06	0,91	0,85	0,81	0,86
Soziale Versicherung	0,52	0,54	0,69	0,68	0,73	0,66	0,64
Zuwendungen an Soldaten	—	—	—	—	—	0,42	0,61
Kindergeld	—	—	—	0,02	—	—	0,14
Löhne	5,73	5,46	4,90	4,97	5,53	5,29	5,17
Grubenholz, Spreng- und anderes Material	1,67	1,54	1,49	1,55	1,91	1,93	2,25
Betriebskraft und andere Ausgaben	0,68	0,44	0,73	0,96	1,17	0,90	0,81
zus.	9,85	9,18	8,87	9,09	10,17	10,00	10,48

Sodann kann sich auch der holländische Staatsbergbau verhältnismäßig nicht sehr hoher Selbstkosten erfreuen, worüber für die Grube Wilhelmina die Zahlentafel 6 Aufschluß gibt.

Im letzten Jahr betragen danach die Selbstkosten auf 1 t Förderung 10,48 *M*, wogegen sie sich im Rechnungsjahr 1913 bei den westfälischen Staatszechen, unter Berücksichtigung der Ausgaben für die neuen Schachtanlagen, auf 12,58 *M* stellten (darunter 7,62 *M* für Löhne und 2,38 *M* für Materialien). Bei dem größten Bergwerksunternehmen des Ruhrbezirks, der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, die wohl im

günstigen Sinn ein etwas überdurchschnittliches Ergebnis liefert, betragen die Selbstkosten im Jahre 1913 auf eine Tonne mit 9,52 *M* allerdings 65 Pf. weniger als bei der holländischen Staatszeche, dafür erzielte letztere aber auch einen wesentlich höhern Verkaufserlös. Dem holländischen Kohlenbergbau kommt es vor allem sehr zustatten, daß er seinen Arbeitern entfernt nicht die gleichen Löhne zahlt wie der Ruhrbergbau. Dazu kommen dann auch noch im Ruhrbergbau höhere soziale Aufwendungen (0,80 gegen 0,64 *M* auf 1 t).

(Schluß f.)

## Volkswirtschaft und Statistik.

### Roheisenerzeugung der deutschen und luxemburgischen Hochofenwerke im Oktober 1916.

	Gießerei- Roheisen und Gußwaren I Schmelzung t	Bessemer- Roheisen (saurer Verfahren) t	Thomas- Roheisen (basisches Verfahren) t	Stahl- und Spiegeleisen (einschl. Ferromangan, Ferrosilizium usw.) t	Puddel- Roheisen (ohne Spiegeleisen) t	Gesamterzeugung	
						1915 t	1916 t
Januar . . . . .	164 389	16 875	683 752	191 354	21 998	874 133	1 078 368
Februar . . . . .	156 528	12 207	663 422	184 603	19 923	803 623	1 036 683
März . . . . .	161 556	16 965	713 691	202 134	19 848	938 438	1 114 194
April . . . . .	165 895	13 864	687 689	187 704	18 564	938 679	1 073 716
Mai . . . . .	161 191	4 646	713 425	212 430	20 882	985 968	1 112 574
Juni . . . . .	176 222	14 650	692 140	181 245	17 250	989 877	1 081 507
Juli . . . . .	174 782	12 612	723 754	206 183	16 975	1 047 503	1 134 306
August . . . . .	167 645	11 029	729 543	221 051	15 971	1 050 610	1 145 239
September . . . . .	169 102	11 302	725 142	195 744	15 462	1 034 124	1 116 752
Oktober . . . . .	160 055	16 150	762 115	205 840	16 845	1 076 343	1 161 005
<i>Davon im Oktober:</i>							
Rheinland-Westfalen . . . . .	66 239	14 942	297 922	119 331	114	472 275	498 548
Siegerland, Kreis Wetzlar und Hessen-Nassau . . . . .	27 766	367	—	42 343	3 980	71 579	74 456
Schlesien . . . . .	7 106	841	14 047	30 715	12 167	66 952	64 876
Mitteldeutschland . . . . .	1 617	—	22 305	11 580	—	33 307	35 502
Norddeutschland (Küstenwerke) Süddeutschland und Thüringen	20 362	—	—	1 619	—	20 259	21 981
Saarbezirk . . . . .	5 909	—	17 178	252	—	21 071	23 339
Saarbezirk . . . . .	8 200	—	77 196	—	—	72 316	85 396
Lothringen . . . . .	8 666	—	177 762	—	59	174 070	186 487
Luxemburg . . . . .	14 190	—	155 705	—	525	144 514	170 420
Januar bis Oktober 1916 . . . . .	1 657 365	130 300	7 094 673	1 988 288	183 718		11 054 344
„ „ „ 1915 . . . . .	1 958 207	149 789	5 959 181	1 432 791	239 330	9 739 298	
± 1916 gegen 1915 %	— 15,36	— 13,01	+ 19,05	+ 38,77	— 23,24		+ 13,50

Die Eisenindustrie Luxemburgs im Jahre 1915. Nach dem Bericht der Handelskammer des Großherzogtums Luxemburg waren 1915 im Lande 85 Eisenerzgruben in Betrieb, die 4408 Mann beschäftigten und eine Gewinnung von 6,13 Mill. t erzielten. Die letztjährige Förderung war damit um 1,13 Mill. t größer als die des Vorjahres, blieb aber hinter dem Ergebnis des letzten Friedensjahres um 1,2 Mill. t zurück. Der Tonnenwert zeigte mit 3,17 fr eine Steigerung um 1 c gegen den Stand des Vorjahres, gegen 1913 aber eine Zunahme um 18 c = 6,02%.

Nachstehend ist das Ergebnis des luxemburgischen Eisenerzbergbaus für die letzten 3 Jahre ersichtlich gemacht:

Jahr	Förderung t	Wert 1000 fr	Preis für 1 t fr
1913	7 333 372	21 966	2,99
1914	5 007 457	15 827	3,16
1915	6 130 434	19 485	3,17

Im Gegensatz zu der Eisenerzgewinnung war die Roh-eisenerzeugung im letzten Jahr mit 1,59 Mill. t um 236 000 t geringer als im Vorjahr. Der Rückgang gegen 1913 betrug nicht viel weniger als 1 Mill. t oder rd. 37%. Von den 47 vorhandenen Hochofen waren 40 insgesamt 1639 Wochen in Betrieb; auf den einzelnen Ofen entfiel danach eine Betriebszeit von durchschnittlich 41 Wochen. Der Verbrauch an Eisenerz, der 1915 zu fast 99% aus heimischem Erz gedeckt wurde, blieb hinter der Förderung des Großherzogtums um 460 000 t zurück, während er in 1914 und noch mehr in 1913 wesentlich größer als diese gewesen war. An Koks wurden 1,91 Mill. t verbraucht.

Nachstehend sind einige nähere Angaben über die luxemburgische Roheisenindustrie für die Jahre 1913—1915 zusammengestellt:

Jahr	Roheisen- erzeugung t	Verbrauch an Eisenerz t
1913	2 547 861	8 656 670
1914	1 827 270	6 137 609
1915	1 590 773	5 670 758

In den 9 Eisengießereien des Landes wurden 16 649 t Eisen- und Stahlguß im Werte von 2,9 Mill. fr hergestellt; die Stahlwerke lieferten 968 000 t Blöcke, neben 12 500 t Gußstücken und Elektrostahl. Die Herstellung der Walzwerke belief sich auf 247 000 t Halbzeug und 543 000 t Fertigerzeugnisse.

Der Versand der Werke des Stahlwerks-Verbandes im Oktober 1916 betrug insgesamt 230 554 t (Rohstahlgewicht) gegen 244 212 t im September 1916 und 257 278 t im Oktober 1915. Der Versand war also 13 658 t niedriger als im September 1916 und 26 724 t niedriger als im Oktober 1915.

	Halbzeug t	Eisenbahn- material t	Formeisen t	zus. t
<b>1915</b>				
Januar . . . . .	51 832	151 841	51 343	255 016
Februar . . . . .	66 050	140 490	60 365	266 905
März . . . . .	86 865	160 435	104 260	351 560
April . . . . .	80 143	132 210	93 762	306 115
Mai . . . . .	62 002	142 207	84 357	288 566
Juni . . . . .	77 804	154 736	86 412	318 952
Juli . . . . .	61 768	118 737	77 587	258 092
August . . . . .	59 303	120 057	70 720	250 080
September . . . . .	67 220	117 426	62 194	246 840
Oktober . . . . .	68 344	130 981	57 953	257 278
November . . . . .	69 099	118 942	53 709	241 750
Dezember . . . . .	75 039	135 820	54 061	264 970
zus.	825 519	1 623 882	856 723	3 306 124
<b>1916</b>				
Januar . . . . .	75 045	157 345	53 394	285 784
Februar . . . . .	74 491	141 076	66 702	282 269
März . . . . .	82 787	153 994	74 868	311 649
April . . . . .	83 132	119 936	68 638	271 756
Mai . . . . .	80 765	142 327	88 528	311 620
Juni . . . . .	77 483	134 584	86 686	298 753
Juli . . . . .	69 386	130 465	83 024	282 875
August . . . . .	73 208	94 977	82 646	250 831
September . . . . .	79 935	85 542	78 735	244 212
Oktober . . . . .	76 384	81 447	72 723	230 554
Jan. bis Okt. 1916	772 616	1 241 693	755 994	2 770 303
„ „ 1915	681 331	1 369 120	748 953	2 799 404
+ 1916 gegen 1915	+ 91 285	-127 427	+ 7 041	-29 101

## Verkehrswesen.

### Kohlen-, Koks- und Preßkohlenbewegung in den Rhein-Ruhrhäfen im Monat Oktober 1916.

Häfen	Oktober		Jan. — Okt	
	1915 t	1916 t	1915 t	1916 t
nach Koblenz und oberhalb von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	443 370	212 646	4 548 940	3 973 829
Rheinpreußen . . . . .	23 100	29 745	217 030	241 016
Schwelgern . . . . .	10 215	2 546	124 367	61 969
Walsum . . . . .	43 317	48 944	402 243	507 128
zus.	520 002	293 881	5 292 580	4 783 942
		- 226 121		- 508 638
bis Koblenz aussch. von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	530	1 347	31 618	8 018
Rheinpreußen . . . . .	16 887	26 432	147 675	219 805
Walsum . . . . .	475	156	4 180	1 292
zus.	17 892	27 935	183 473	229 115
		+ 10 043		+ 45 642
nach Holland von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	53 759	36 069	904 805	660 351
Rheinpreußen . . . . .	16 333	15 647	201 549	155 871
Schwelgern . . . . .	6 112	1 836	141 316	98 902
Walsum . . . . .	15 676	5 955	205 537	156 217
zus.	91 877	59 507	1 453 207	1 071 341
		- 32 370		- 381 867
nach Belgien von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	37 848	8 491	564 863	138 434
Rheinpreußen . . . . .	11 832	13 825	106 250	131 541
Schwelgern . . . . .	3 489	—	19 975	9 473
Walsum . . . . .	2 361	3 469	10 309	12 737
zus.	55 530	25 785	701 397	292 185
		- 29 745		- 409 212
nach andern Gebieten von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	10 133	23 284	92 422	233 864
Rheinpreußen . . . . .	—	100	700	100
Schwelgern . . . . .	3 978	—	4 578	2 505
zus.	14 111	23 384	97 700	236 469
		+ 9 273		+ 138 769
von Duisburg-Ruhrorter Häfen . . . . .	545 637	281 837	6 142 648	5 014 496
Rheinpreußen . . . . .	68 151	85 749	673 204	748 333
Schwelgern . . . . .	23 001	4 333	289 442	172 609
Walsum . . . . .	61 829	58 524	622 269	677 374
zus.	698 618	430 493	7 727 563	6 612 812
		- 268 125		- 1 114 751

## Patentbericht.

### Anmeldungen,

die während zweier Monate in der Auslegehalle des Kaiserlichen Patentamtes ausliegen.

Vom 6. November 1916 an.

1 a. Gr. 9. H. 70 900. Holstein & Kappert, Maschinenfabrik «Phönix», G. m. b. H., Dortmund. Schleudervorrichtung zum Entwässern von Feinkohle u. dgl.; Zus. z. Zus.-Anm. H. 69 995. 6. 9. 16.

27 c. Gr. 11. A. 27 962. Aktiengesellschaft der Maschinenfabriken Escher, Wyß & Cie., Zürich (Schweiz); Vertr.: H. Nähler, Dipl.-Ing. F. Seemann und Dipl.-Ing. E. Vorwerk, Pat.-Anwälte, Berlin SW 11. In eine Umleitkammer eines Kreisverdichters eingebaute Kühlröhren. 1. 4. 16.

50 c. Gr. 8. M. 59 758. Julius Mohs, Jonitz b. Dessau. Vorrichtung zum Zerkleinern stückiger Materialien. 19. 6. 16.

78 c. Gr. 3. R. 39 523. Josef Heinrich Reineke, Bochum, Graf Engelbertstr. 33. Sprengzünder. Zus. z. Anm. R. 39 094 23. 12. 13.

80 c. Gr. 13. P. 33 381. G. Polysius, Eisengießerei und Maschinenfabrik, Dessau. Brechkörper für Schachtöfen zum Brennen von Zement u. dgl., bei denen die Entleerung des gebrannten Gutes durch sich drehende Teller erfolgt. 24. 7. 14.

81 e. Gr. 15. H. 69 940. Gebr. Hinselmann, Essen (Ruhr). Lösbare Stoßverbindung der einzelnen Schüsse einer Pendelrutsche; Zus. z. Anm. H. 69 610. 22. 3. 16.

#### Versagung.

Auf die am 22. März 1915 im Reichsanzeiger bekannt gemachte Anmeldung:

12 e. K. 60 446. Verfahren zum Reinigen von Gasen durch mittels Gleichrichtung hochgespannten Wechselstromes erzeugten Gleichstrom. ist ein Patent versagt worden.

#### Gebrauchsmuster-Eintragungen,

bekannt gemacht im Reichsanzeiger vom 6. November 1916.

47 g. 654 865. Munk & Schmitz, Köln-Raderthal. Absperrventil, besonders für Leitungen zur Förderung solcher Sprengstoffe, die in heißem Zustande flüssig sind. 19. 10. 16.

59 b. 654 778. Maffei-Schwartzkopff-Werke, G. m. b. H., Berlin. Kreiselpumpe mit Parallel- oder Reihenschaltung der Räder. 31. 7. 16.

81 e. 654 706. Louis Blumer, Zwickau (Sa.). Biigsames Rohr oder Metallschlauch mit Förderschnecke. 9. 10. 16.

#### Vorlängerung der Schutzfrist.

Folgende Gebrauchsmuster sind an dem angegebenen Tage auf drei Jahre verlängert worden:

12 e. 575 557. Walther & Cie., A. G., Dellbrück b. Köln. Gaswascher. 9. 10. 16.

21 f. 575 686. Akkumulatoren-Fabrik A. G., Berlin. Grubenlampe usw. 9. 10. 16.

35 a. 610 773. Deutsche Maschinenfabrik A. G., Duisburg. Hochofenschrägaufzug usw. 4. 10. 16.

42 l. 597 243. Allgemeine Gesellschaft für chemische Industrie m. b. H., Berlin. Apparat zur Bestimmung der Kohlenwasserstoffe usw. 30. 9. 16.

59 b. 577 810. Max Brandenburg, Berliner Pumpenfabrik A. G., Berlin. Turbinenpumpe usw. 9. 10. 16.

61 a. 587 629. Drägerwerk Heinr. und Bernh. Dräger, Lübeck. Verschlussventil usw. 7. 10. 16.

61 a. 639 932. Drägerwerk, Heinr. und Bernh. Dräger, Lübeck. Verschlussventil usw. 7. 10. 16.

81 e. 622 963. Julius Pintsch, A. G., Berlin. Geschlossene Förderrinne. 29. 9. 16.

#### Deutsche Patente.

5 c (4). 295 020, vom 17. Dezember 1912. Paul Best in Saarbrücken. *Verfahren und Vorrichtung zum Abstützen des Hangenden in Bergwerken.*

Nach dem Verfahren sollen Platten, Balken o. dgl. an einem oder an mehreren Stempeln festgeklemmt und auf die Platten o. dgl. Träger gelegt werden, die unmittelbar oder mit Hilfe von Zwischenlagen das Hangende stützen. Das Festklemmen der Platten o. dgl. kann mit Klemmstücken durch Schrauben o. dgl. so bewirkt werden, daß die Platten o. dgl. bei starkem Gebirgsdruck nachzugeben vermögen.

14 d (20). 294 827, vom 30. Oktober 1914. C. Prött, Maschinenbaugesellschaft m. b. H. in Hagen (Westf.). *Umsteuerung durch Vertauschen des Ein- und Auslaßraumes für Druckwassermotoren oder -pumpen, bei der ein zweiseitiger Ringschieber durch Exzenterzapfen im Kreise bewegt wird und zwei ineinandergreifende Schieberteile mit der Einwirkung des Druckmittels ausgesetzten Abstufungen versehen sind.* Zus. z. Pat. 289 689. Längste Dauer: 30. Juni 1928.

Die Ringschiebersteuerung des Hauptpatentes ist folgendermaßen abgeändert worden. Die durch Druckmittel abwechselnd belasteten Abstufungen der beiden Teile des Schiebers übergreifen sich derart gegenseitig, daß zwischen den beiden Schieberteilen ein Hohlzylinderraum entsteht, in dem die erforderlichen Dichtungen so untergebracht werden, daß sie gegen Verschmutzung geschützt liegen. Bei beiden Strömungsrichtungen des Druckmittels ist der Hohlringraum zwischen den Schieberteilen mit dem Druckmittel gefüllt, und daher steht für das letztere eine verhältnismäßig große Fläche zur Verfügung, die stets so wählbar ist, daß volle Sicherheit gegen das Abheben der Schieberteile von ihren Spiegeln oder Auflagerflächen erhalten wird.

21 h (7). 295 050, vom 26. November 1915. Dr. Otto Ruff in Breslau. *Verfahren zum Brennen von Zirkongegenständen in elektrischen Öfen mit Heizkörpern aus Kohle.*

Das Brennen der Zirkongegenstände soll nach dem Verfahren in einer Atmosphäre von Argon unter vermindertem oder erhöhtem Druck vorgenommen werden.

24 e (6). 295 105, vom 10. Juni 1915. Otto Steuer in Friedrichshagen b. Berlin. *Brenner für Martinöfen.*

Der Brenner hat einen mittlern Gaskanal und zwei seitlich davon angeordnete Luftkanäle, die so gerichtet sind, daß die aus ihnen austretende Luft den Gasstrom kreuzt. Der Querschnitt des Gaskanals verjüngt sich nach der Mündung zu in senkrechter Richtung und verbreitert sich in wagerechter Richtung in solchem Maße, daß die Mündungen der Luftkanäle die Mündung des Gaskanals nach oben und unten überragen.

88 h (2). 295 053, vom 16. Juni 1914. Diedrich Peter Schröder in Hamburg. *Verfahren zum Konservieren und Wasserdichtmachen von Holz.*

Man imprägniert das Holz mit alkalischen Extrakten der Braunkohle mit oder ohne Zusatz von Wasserglas. Darauf behandelt man es mit Säure oder Oxydationsmitteln, wie Chromsäure oder Superoxyden, nach und setzt es schließlich der Einwirkung überhitzter Luft aus.

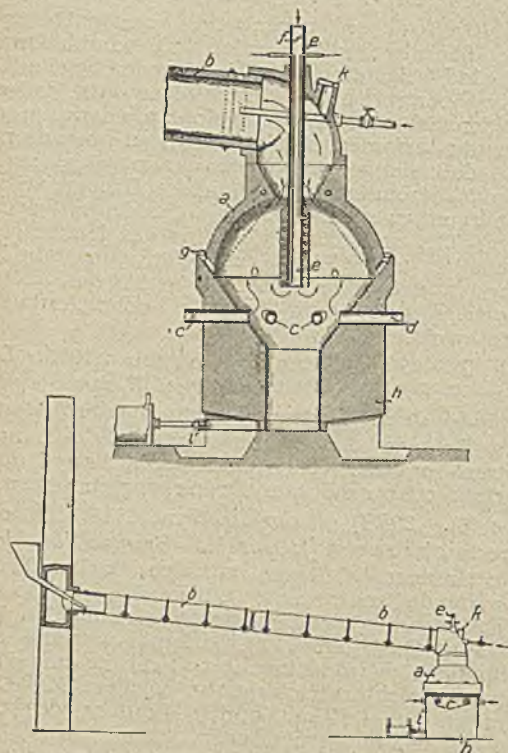
40 a (4). 295 027, vom 23. Februar 1916. Aktiengesellschaft für Bergbau, Blei- und Zinkfabrikation zu Stolberg und in Westfalen in Aachen. *Röstsohlen von mechanischen Rund-Röstöfen mit mehreren innern Abfallöchern.*

Die Abfallöcher der Sohle sind in ungleicher Entfernung von der Sohlenachse angebracht, um Erzanhäufungen auf der innern Fläche der Sohle zu vermeiden und eine gleichmäßige Verteilung des Erzes der Sohle zu erzielen.

40 a (7). 295 054, vom 29. Juli 1914. New Metals-Process Company in Chicago (V. St. A.). *Vorrichtung zum Reduzieren von Erzen.*

Die Vorrichtung besteht, wie bekannt, aus einem schräg gelagerten Rohr *b* und einem sich an das untere Ende des Rohres anschließenden Ofen *a*. In das obere Ende dieses Rohres wird eine Mischung von Erz und Brennstoff und in das untere Ende eine regelbare Luftmenge eingeführt, durch welche die brennbaren Gase der dem Rohr zugeführten Mischung verbrannt werden und im Rohr eine neutrale Atmosphäre erzeugt wird. Aus dem Rohr gelangt die vorgewärmte Mischung in den Ofen *a*, der eine verhältnismäßig niedrige Kammer hat und mit der verschließbaren Öffnung *k* zum Einführen von Brennstoff sowie mit einer Vorrichtung *i* zum Austragen des unverbrauchten Brennstoffes, des Metalles und der Gangart in

fester Form versehen ist. Gemäß der Erfindung sind in die Ofenkammer Rohre *c* und *e* eingeführt, die in einem verhältnismäßig geringen Abstand unterhalb der Stelle in die Ofenkammer münden, an der die brennbaren Gase aus der Ofenkammer in das Rohr *b* übertreten. In die Rohre *c* und *e* sind Absperrvorrichtungen *d* bzw. *f* ein-



gebaut. Durch diese kann die in den Ofen tretende Luftmenge so geregelt werden, daß in der Ofenkammer eine Temperatur entsteht, die genügt, um das in dem Ofeninhalte vorhandene Metall zu schmelzen und abtropfen zu lassen. Die Vorrichtung *i* zum Austragen des Metalles usw. ist am untern Ende des unterhalb der Rohre *c* liegenden Gestelles *h* angebracht.

50 c (5). 295 057, vom 9. Dezember 1914. Ejnar Posselt in Denver (V. St. A.). *Kugelmühle mit je zwei durch eine Platte an der Trommelwand festgehaltenen Beschlagsegmenten.*

Die zum Festhalten der Beschlagsegmente *b* an der Trommelwand *a* dienenden Platten *c* sind so ausgebildet, daß sie als Kugelfangplatten wirken und in Ausschnitte der aneinanderstoßenden Enden zweier Beschlagsegmente eingreifen.

50 c (4). 295 035, vom 21. Februar 1915. Firma G. Polysius in Dessau. *Mit Zahnung versehener Brechmantel für Konusbrecher.*

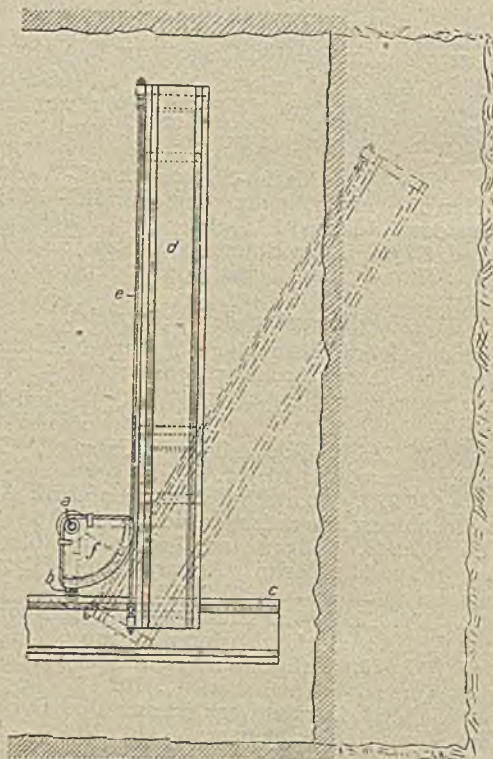
Der Brechmantel ist an den Stellen, an denen sich die durch die Zähne gebildeten Vertiefungen befinden, ganz oder teilweise so abgeschnitten oder durchlocht, daß Öffnungen entstehen, durch die das gebrochene Gut nach außen treten kann.

59 b (4). 295 133, vom 10. Februar 1916. Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.G. in Hamburg. *Schaltvorrichtung für aus mehr als zwei Stufen bestehende Kreiselpumpen, -gebläse oder -kompressoren.*

Zus. z. Pat. 275 292. Längste Dauer: 14. September 1927.

Die Vorrichtung, die zur Hintereinander- oder zur Parallelschaltung mehrstufiger Kreiselpumpen, -gebläse oder -verdichter dienen soll, hat wie die im Hauptpatent geschützte einen Schaltkörper. Dieser Körper ist gemäß der Erfindung in einer Anzahl von Querschnitten, die um eines geringer ist als die Anzahl der Pumpenstufen, am Umfang mit Umlaufkanälen versehen, welche die Saug- und Druckkanäle der Pumpenstufen je nach Einstellung des Körpers miteinander oder mit einem Saug- bzw. einem Druckstutzen verbinden, die am Schaltzylinder angeordnet sind. Die Saug- und Druckstutzen erstrecken sich von je einem Ende des Schaltzylinders über drei Schaltquerschnitte und endigen vor dem Saug- bzw. dem Druckkanal der sich an den dritten Schaltquerschnitt anschließenden Pumpenstufe. Der Schaltkörper kann aus drei, den drei Schaltquerschnitten entsprechenden Teilen bestehen, von denen jeder für sich einstellbar ist. Ferner können die Saug- und Druckkanäle der einzelnen Pumpenstufen so gegeneinander versetzt sein, daß der Druckkanal jeder Pumpenstufe in einer senkrechten Ebene über oder unter dem Saugkanal der folgenden Pumpenstufe liegt.

81 e (15). 295 066, vom 8. März 1913. Gebr. Eickhoff, Maschinenfabrik und Eisengießerei in Bochum. *Vorrichtung zur Kupplung einer Zubringerrinne mit der Sammelrinne in Bergwerken.*



Die Vorrichtung besteht aus einem kreisausschnitt-(sektor-)förmigen Winkelhebel *f*, der auf der Spannsäule *a* drehbar gelagert und mit der zwangsläufig angetriebenen Sammelrinne *c* durch den Arm *b* verbunden ist. Um den Winkelhebel ist ein Zugorgan (Seil, Kette o. dgl.) *e* geschlungen, dessen beide Enden an je einem Ende der Zubringerrinne *d* befestigt sind. An Stelle eines Zugorgans können zwei Zugorgane verwendet werden, von denen jedes mit einem Ende der Zubringerrinne *d* verbunden und mit dem andern Ende so an dem Winkelhebel *f* befestigt ist, daß die Organe in entgegengesetzter Richtung um den Hebel laufen. Die Vorrichtung gestattet, die Zubringerrinne in einem Winkel zur Sammelrinne anzuordnen (vgl. die gestrichelt eingezeichnete Lage der Rinne).



## Bücherschau.

### Berggesetzgebung und Bergwirtschaft im Großherzogtum Luxemburg. Von Dr. M. Ungeheuer. 134 S. Luxemburg 1916, Victor Bück.

Der erste Teil des Buches gibt eine allgemeine Darstellung von der geschichtlichen Entwicklung und den Grundlagen der luxemburgischen Berggesetzgebung. Während noch das Gesetz vom 13. Aug. 1665 dem Grundeigentümer das alte Recht, die Mineralien seines Grundstückes auszubeuten oder ausbeuten zu lassen, in vollem Umfange beließ, spricht das Gesetz vom 28. Juli 1891 nur noch das Eigentum an Fossilien bis zu einer Tiefe von 100 Fuß dem Grundeigentümer zu, während die tiefer gelegenen der Nation in dem Sinne zufallen, daß die Erze nur unter Genehmigung und Aufsicht des Staates gewonnen werden können, insoweit also Berghoheitsrecht des Staates. Der gesetzgeberische Gedanke des Art. 552 des code civil, daß das Eigentumsrecht an der Erdoberfläche auch das an dem Erdinnern umfaßt, bildete zwar auch den Leitgrundsatz des Berggesetzes vom 21. April 1810, jedoch galt dieser Grundsatz nicht uneingeschränkt, sondern nur solange, als nicht durch Erteilung der staatlichen Konzession ein besonderes, aus dem Bereich des Grundstückseigentums ausscheidendes Bergwerkseigentum gebildet worden war. Das Berggesetz von 1810 wurde dann durch die Gesetze vom 15. März 1870 und 12. Juni 1874 abgeändert. In dem erstern wurde nunmehr als oberster Grundsatz aufgestellt, daß die Erzlager, die Betrieb unter Tage erfordern, dem Staate gehören, und zwar wurde das gesamte Erzgebiet in 2 Bezirke geteilt; in dem von Esch-Düdelingen kam das staatliche Verfügungsrecht bei Mächtigkeit des kieseligen Deckgebirges von 6 m, in dem von Differdingen von 24 m zur Geltung. In dem Gesetz vom 12. Juni 1874 entschied man sich dann bezüglich des Verkaufsmodus dieser konzessionspflichtigen Lager zunächst für eine vertragliche Vergebung an den Konzessionsgesuchsteller, später, im Jahre 1913, für den Zuschlag der Konzessionen in öffentlicher Versteigerung an den Meistbietenden.

Der Metallergbergbau wurde durch die Gesetze vom 21. April 1810, 14. Okt. 1842 und 10. Mai 1898 sowie durch die besondern von der Verwaltung aufgestellten Lastenhefte nach folgenden Grundsätzen geregelt: 1. Beginn der Aufschließungs- bzw. Abbauarbeiten innerhalb Jahresfrist, 2. Verbot der Einstellung der Arbeiten unter Strafe des Verfalles, Entziehung der Konzession, 3. Verbot der Verpachtung und des Verkaufs der Konzession.

Im zweiten Teil gibt der Verfasser den Text der das Bergwesen Luxemburgs regelnden Gesetze wieder.

Im dritten Teil wird der Metallergbergbau behandelt. Nach des Verfassers Ansicht sind die Konzessionen in diesem Bergbau als erloschen zu betrachten, da die Bedingung der Konzessionsakte hierfür, nämlich Betriebseinstellung, gegeben sei; den anderweitigen Standpunkt der Regierung hält er für unzutreffend. Bezüglich der Zukunft des Metallergbergbaues in Luxemburg ist er der Ansicht, daß dieser ebenso wie der Minettebergbau geeignet ist, für das Land ein Faktor des Reichtums und des Wohlstandes zu werden, sobald ihn kapitalkräftige und technisch leistungsfähige Gesellschaften in die Hand nehmen, wobei zur völligen Aufschließung allerdings noch große Kapitalien geopfert werden müßten. Die augenblickliche Kriegslage erscheint dem Verfasser als besonders günstige Vorbedingung für Finanzierungen, was m. E. jedoch zum mindesten fraglich ist.

Der vierte Teil behandelt den bedeutendsten Bergbaubetrieb des Landes, den Minettebergbau, der ebenfalls durch die erwähnten Gesetze geregelt ist. Der Verfasser gibt zunächst ein Bild von der geographischen Lage und den Lagerungsverhältnissen. Das östliche Gebiet mit der günstigsten Ausbildung der Erzlager führt die Bezeichnung Becken von Esch-Rümelingen-Düdelingen, das westliche die Bezeichnung Becken von Rodingen-Differdingen-Beles. Weiterhin folgt eine Übersicht über die Verteilung des konzessionspflichtigen und freien Erzgeländes sowie eine Übersicht über die Verteilung der konzessionspflichtigen Erzlager an die einzelnen Hüttenwerke. Zu vergeben sind vom Staat gegenwärtig nur noch 106 ha Minette bei Düdelingen, jedoch mit geringem Eisengehalt. Die Höhe der Erzförderung gibt der Verfasser für das Jahr 1913 auf 7 333 372 t im Werte von 21 965 818 fr an. Der Krieg und die Besetzung des Landes durch deutsche Truppen brachten zunächst einen fast vollständigen Stillstand der Förderung, die sich in der Folgezeit aber schnell wieder gehoben und 1916 sogar die Höhe von 6 139 434 t erreicht hat. Von der gefördertem Menge wird jedoch nur ein Bruchteil im Inland verhüttet. Die Ausfuhr richtete sich hauptsächlich nach dem Zollvereinsinland, nach Belgien und Frankreich, ging aber nach Belgien sehr stark zurück, wo Frankreich den Vorrang gewann. Diese ungünstige Veränderung wird nach Ansicht des Verfassers auch nach dem Kriege anhalten. Die Minettereserve wird von Limpach auf rd. 267 Mill. t berechnet, die völlige Erschöpfung soll nach Bailly im Jahre 1943 zu erwarten sein, was jedoch der Verfasser bezweifelt; die durchschnittlichen Gesteungskosten werden auf 2,75 fr/t angegeben. Nach einer Übersicht über die Arbeiterschaft waren davon im Jahre 1913 5162 d. h. 41,6% Luxemburger, 35,9% Italiener und 12,3% Deutsche.

Der Anhang gewährt einen Einblick in die Statistik der Metallergförderung und die Verhältnisse des Metallmarktes. Der Verfasser ist der Meinung, daß es allein von dem Verhalten der luxemburgischen Regierung abhängt, ob eine neue und gedeihliche Entwicklung des Bergbauwesens möglich sein wird.

Das Buch bietet in übersichtlicher und klarer Darstellung einen willkommenen Überblick über die berggesetzlichen und bergbaulichen Verhältnisse Luxemburgs und wird die Beachtung der in Betracht kommenden Kreise finden.

Rechtsanwalt Dr. Werneburg, Köln.

### Einführung in die technische Wärmelehre (Thermodynamik).

Von Geh. Bergrat Richard Vater, Professor an der Kgl. Bergakademie, Berlin. (Aus Natur und Geisteswelt, 516. Bd.) 118 S. mit 40 Abb. Leipzig 1916, B. G. Teubner. Preis geh. 1 M., geb. 1,25 M.

Die Thermodynamik ist ein Gebiet, für das bei den Studierenden eine nicht geringere Unbeliebtheit herrscht. Die dem Lernenden fremd erscheinenden Gedankengänge der Kreisprozesse, der Entropie usw. machen es notwendig, daß gerade dieser Vorlesung durch das Studium von Lehrbüchern nachgeholfen wird. Der Verfasser des vorliegenden Buches hat mit großem Geschick eine neue Einführung in das Gebiet geschaffen. Die Darstellung beginnt mit den elementarsten Grunderscheinungen und Lehrsätzen und behandelt das Gebiet in knapper, aber doch gründlicher Weise. Höhere Mathematik hat nur dort Verwendung gefunden, wo sie der Darstellung besondere Klarheit verschafft. Großer Wert ist auf die Durchrechnung praktischer Beispiele gelegt worden. Das Buch, das eine wertvolle Ergänzung der in der gleichen Sammlung erschienenen Bücher des Verfassers über Wärmekraftmaschinen bildet, wird besonders auch den Studierenden der Bergakademien willkommen sein.

P. Ludewig.

## Zur Besprechung eingegangene Bücher.

(Die Schriftleitung behält sich eine Besprechung geeigneter Werke vor.)

Blum, Richard: Die Rechtskunde des Ingenieurs. Ein Handbuch für Technik, Industrie und Handel. 886 S. Berlin, Julius Springer. Preis geb. 12  $\mathcal{M}$ .

Die Bergwerks-Inspektion in Österreich. Berichte der k. k. Bergbehörden über ihre Tätigkeit im Jahre 1911 bei Handhabung der Bergpolizei und Beaufsichtigung der Bergarbeiterverhältnisse. II. Teil. Bericht der Bergwerksinspektionsabteilung im Ministerium für öffentliche Arbeiten. — Mitteilungen der ständigen Bergbaukomitees in Prag, Wien und Krakau. Veröffentlicht vom k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten. 20. Jg. 337 S. mit Abb. und Tab. Wien, Manzschke k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung.

— Berichte der k. k. Bergbehörden über ihre Tätigkeit im Jahre 1912 bei Handhabung der Bergpolizei und Beaufsichtigung der Bergarbeiterverhältnisse. I. Teil. Bericht der Berghauptmannschaften und Revierbergämter. Veröffentlicht vom k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten. 21. Jg. 544 S. mit Abb. und Tab. Wien, Manzschke k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung.

von Hanffstengel, Georg: Billig Verladen und Fördern. Eine Zusammenstellung der maßgebenden Gesichtspunkte für die Schaffung von Neuanlagen nebst Beschreibung und Kritik der bestehenden Verlade- und Fördermittel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Wirtschaftlichkeit. 138 S. mit 100 Abb. Berlin, Julius Springer. Preis in Pappbd. 3,20  $\mathcal{M}$ .

Herrmann, O.: Steinbruch-Industrie und Steinbruch-Geologie. Technische Geologie für Geologen, Ingenieure, Architekten, Steinwerksbesitzer, Betriebsleiter, Techniker, Baubehörden, Materialprüfungsämter, Gewerbe-Inspektoren, technische Lehranstalten. 2., umgearb. und verm. Aufl. des allgemeinen Teiles aus dem gleichbetitelten Werk des Verfassers. 324 S. mit 20 Abb., 2 Taf. in Buntdruck und 8 Schwarztaf. Berlin, Gebr. Borntraeger. Preis geh. 16  $\mathcal{M}$ .

Jahrbuch der technischen Zeitschriften-Literatur. (Technischer Index.) Auskunft über Veröffentlichungen in in- und ausländischen technischen Zeitschriften nach Fachgebieten, mit technischem Zeitschriftenführer. Hrsg. von Heinrich Rieser. Ausgabe 1916 für die Literatur des Jahres 1915. 120 S. Wien, Verlag für Fachliteratur. Preis geh. 4  $\mathcal{M}$ .

Kgl. Technische Hochschule zu Berlin: Nachtrag zum Programm für das Studienjahr 1916/1917 enth. Allgemeine Bestimmungen, Personalverzeichnis, Verzeichnis der Vorlesungen und Übungen, Studien- und Stundenpläne, Institute und Sammlungen der Abteilung für Bergbau. 32 S.

Loeck, P.: Frachturkundenstempel und Warenumsatzstempel nach den Reichsgesetzen vom 17. und 26. Juni 1916 mit den Ausführungsbestimmungen des Bundesrats und Erläuterungen aus der Begründung und den Kommissionsberichten, ferner Entscheidungen der Verwaltungsbehörden und des Reichsgerichts zum gesamten Reichsstempelgesetz, als Nachtrag und Anhang zur 12. Aufl. des Reichsstempelgesetzes. (Guttentagsche Sammlung Deutscher Reichsgesetze, zu Nr. 18) 92 S. Berlin, J. Guttentag. Preis in Pappbd. 1,50  $\mathcal{M}$ .

Löffler, St. und A. Riedler: Ölmaschinen. Wissenschaftliche und praktische Grundlagen für Bau und Betrieb der Verbrennungsmaschinen. 532 S. mit 288 Abb. Berlin, Julius Springer. Preis geb. 16  $\mathcal{M}$ .

Petersson, Ingemar und Gunnar Tisell: Die Arbeiten des Baltischen Ingenieur-Kongresses in Malmö vom 13. bis zum 18. Juli 1914. Abt. II, Bericht über die Sitzungen der Abteilung für Chemie und Bergwissenschaft. 40 S. mit Abb. Abt. III, Bericht über die Sitzungen der Abteilung für Schiffbaukunst. 50 S. mit Abb. Abt. IV, Bericht über die Sitzungen der Abteilung für Wege- und Wasserbau. 43 S. mit Abb. Abt. V, Bericht über die Sitzungen der Abteilungen für Wärmetechnik und Mechanik. 93 S. mit Abb. Abt. VI, Bericht über die Sitzungen der Abteilung für Elektrotechnik. 38 S. Berlin, Julius Springer. Preis jeder Abt. geh. 1  $\mathcal{M}$ .

Phillips, William B.: The Mineral Resources of Texas. (Bulletin of the University of Texas, Nr. 365) 334 S. mit Taf. Austin (Texas), University of Texas.

Programm der k. k. montanistischen Hochschule in Příbram für das Studienjahr 1916–1917. 72 S. Příbram, k. k. montanistische Hochschule.

Riedler, A.: Emil Rathenau und das Werden der Großwirtschaft. 257 S. Berlin, Julius Springer. Preis geh. 5  $\mathcal{M}$ , geb. 6  $\mathcal{M}$ .

Schaffer, F. X.: Grundzüge der allgemeinen Geologie. 500 S. mit 480 Abb. und 1 Taf. in Farbendruck. Wien, Franz Deuticke. Preis geb. 17  $\mathcal{M}$ .

Schmitt, N.: Aufgaben aus der technischen Mechanik für den Schul- und Selbstunterricht. (Aus Natur- und Geisteswelt, 558. und 559. Bd.) 2 Bde. 1. Bd. Bewegungslehre, Statik. 62 S. 2. Bd. Dynamik. 68 S. Leipzig, B. G. Teubner. Preis jedes Bds. geh. 1,20  $\mathcal{M}$ , geb. 1,50  $\mathcal{M}$ .

Seufert, Franz: Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe. Eine Einführung für Ingenieure und Studierende. 77 S. mit 25 Abb. und 5 Zahlentaf. Berlin, Julius Springer. Preis geb. 2,80  $\mathcal{M}$ .

Steinbrinck, Otto: Nachtrag zum Knappschaftsgesetz (in der Fassung der Bekanntmachung des Ministers für Handel und Gewerbe vom 17. Juni 1912, Gesetzsammlung 1912, S. 137) nebst Kommentar. 3. Aufl. bearb. von Max Reuß. 24 S. Berlin, J. Guttentag. Preis geh. 50 Pf.

Svenskt Supplement till Schlomann-Oldenbourg Illustrerade Tekniska Ordböcker på sex språk: Tyska, Engelska, Franska, Ryska, Italienska och Spanska. Utgivna av Alfred Schlomann, redigerat av Henry Buerger-Goodwin. Bd. I: Maskinelement och de Vanligaste Verktygen. Svensk Bearbetning av Torsten Jung. 72 S. München, R. Oldenbourg. Preis geh. 4,50  $\mathcal{M}$ .

Teiwes, Karl: Die Wasserhaltungsmaschinen. (Die Bergwerksmaschinen. Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte, 5. Bd.) 498 S. mit 362 Abb. Berlin, Julius Springer. Preis geb. 18  $\mathcal{M}$ .

The Mining World Index of Current Literature. By Geo. E. Sisley: An International Bibliography of Mining and the Mining Sciences Compiled and Revised Semi-Annually from the Index of the World's Current Literature Appearing Weekly in »Mining and Engineering World«. Vol. IX 1916, first half year. 231 S. Chicago, Mining World Company.

## Dissertationen.

Kaftan, Ernst: Bauernhäuser des Kreises Deutsch-Krone, Westpreußen. (Technische Hochschule Darmstadt) 46 S. mit Abb. und Taf.

Reese, Ludwig: Krankheiten und Zerstörungen des Ziegelmauerwerks. (Technische Hochschule Hannover) 106 S. mit Abb. Leipzig, H. A. Ludwig Degener.

Reimann, Odd: Das Verhalten des Phosphors bei der elektrolytischen Raffination von Roheisen. (Technische Hochschule Darmstadt) 27 S.

Voigt, Heinz: Mechanische Lokomotiv-Bekohlung. (Technische Hochschule Hannover) 104 S. mit Abb. Hannover, Helwingsche Verlagsbuchhandlung.

## Zeitschriftenschau.

(Eine Erklärung der hierunter vorkommenden Abkürzungen von Zeitschriftentiteln ist nebst Angabe des Erscheinungsortes, Namens des Herausgebers usw. in Nr. 1 auf den Seiten 21–23 veröffentlicht. \* bedeutet Text- oder Tafelabbildungen.)

### Mineralogie und Geologie.

Die Wolframit- und Zinnerzlagerstätten bei Schönfeld-Schlaggenwald, ein Beispiel des Erzgehaltes anstehender Gänge und alter Halden im böhmischen Wolframit-Zinnerzgebiet. Von Krusch. Z. pr. Geol. Juli. S. 147/57\*. Allgemeine Angaben. Lage und frühere Bedeutung des Gebietes. Allgemeine geologische Position. Die verschiedenen Granite. Die Zinnstöcke. Die Zinnstein-Wolframitgänge im Gneis. Erzvorräte. Aushalten der Gänge nach der Tiefe. Die Haldenerze. Die wirtschaftliche Bedeutung der Vorkommen.

Über goldhaltigen Leukopyrit von Salanfe im Ktn. Wallis. Von Schmidt. Z. pr. Geol. Juli. S. 157/61\*. Allgemeine Angaben über die Vorkommen von goldhaltigen Arsenkiesen in 2200 m Höhe am Nordwestabhang des Luisin. Die Aufschlüsse in der Grube Robert sowie nördlich davon und in den Schürfen Henri und Marguerite. Geologische Natur der Lagerstätte.

Die fossilen Kohlen Bosniens und der Hercegovina. Von Katzer. (Forts.) Bergb. u. Hütte. 1. Nov. S. 375/81\*. Kohleanalysen, Beschaffenheit der Asche und der vorkommenden Gase. Entwicklung und Zusammenhang der Flözföhrung in der mittlern Schichtenzone der Zenica-Sarajevoer Braunkohlenablagerung. Verlauf und Lagerungsverhältnisse des Hauptflözes. (Forts. f.)

### Bergbautechnik.

Die schwierige Erschließung der Kali- und Kohlenfelder am untern Niederrhein durch Schächte. Von Landgraever. Mitteil. Marks. H. 1/2. S. 15/39. Abriß der geologischen Verhältnisse. Die anzuwendenden Abteufverfahren. Der Schachtansatzpunkt. Kurzer Rückblick auf die Entwicklung des Gefrierverfahrens. Vorbereitungen zum Ausfrieren des Erdreichs. Herstellung und Lotung der Gefrierbohrlöcher. Herstellung der Gefrierrohrstränge und Laugeleitungen. Die Gefriermaschinenanlage. Der Gefriervorgang. Die Abteufarbeiten. Stärke der Frostmauer. Ausbau der Schächte. Zeit des Abfrierens. Auftauen der Frostmauer. Das Abteufverfahren im Buntsandstein.

Eine gestörte Kohlenflözablagerung. Von Romoßer. Bergb. u. Hütte. 1. Nov. S. 365/8\*. Beschreibung der durch vulkanische Einwirkungen hervorgerufenen ungewöhnlich starken Störungen in der Ablagerung der auf der Grube Rtanj bei Boljevat in Serbien gebauten Steinkohlenflöze.

Hydraulic packing at Ballarpur colliery, Central Provinces. Von Davies. Coll. Guard. 3. Nov. S. 856/7. Ausgestaltung des Spülversatzverfahrens auf einer indischen Kohlengrube.

Das Erdgas, seine Erschließung und wirtschaftliche Bedeutung. Von Pois. (Forts.) Bergb. u. Hütte. 1. Nov. S. 368/75\*. Abdichtung der Verkleidungsrohre gegen die Bohrlochwand durch amerikanische und ungarische Packer. Abdichtung in den Gebirgsschichten selbst und die dabei verwendeten Vorrichtungen. Beispiel für die Kraft entfesselter Gasmengen. (Forts. f.)

Das Erdgas und seine Erschließung und wirtschaftliche Bedeutung. Von Pois. (Forts.) Petroleum. 1. Nov. S. 128/33. Die Erdgasgebiete und ihre Erzeugungsmengen. Angaben über Gasvergeudung sowie über Eigentums- und Schutzrechte. (Forts. f.)

Erdölbitumina in der Markgrafschaft Mähren. Von Rzechak. Petroleum. 1. Nov. S. 117/28\*. Kurze Beschreibung der Fundstätten von Erdöl und andern Bitumen in Mähren. Allgemeine Übersicht über die Erdölbitumina des karpathischen Teils von Mähren und außerhalb davon.

Die Verwendbarkeit der hydraulischen Bindemittel im Kalibergbau. Von Guthmann. Kali. 15. Nov. S. 337/47. Untersuchungen darüber, inwieweit Portland-, Eisenportland- und Hochofenzement den verschiedenartigen Anforderungen des Kalibergbaus entsprechen. Die aus den Ergebnissen zu folgernden Nutzenwendungen über Wahl des Bindemittels, Bindezeit des Zements, Mischungsverhältnis des Mörtels, Wasserzusatz, Schutzmittel und Mauersteine.

A new Belgian coal washer. Coll. Guard. 3. Nov. S. 851/3\*. Das Waschverfahren für Steinkohle mit Hilfe der »Rhéolaveur« genannten Einrichtung. Betriebserfahrung auf den Gruben von Lens.

Über Beobachtungen an Theodoliten mit Schätzmikroskopen. Von Fox. Mitteil. Marks. H. 1/2. S. 1/15\*. Mitteilungen über die Ergebnisse der mit Schätzmikroskopen angestellten Untersuchungen und der dabei gewonnenen Erfahrungen.

### Dampfkessel- und Maschinenwesen.

Erfahrungen im Bau und Betrieb hochbeanspruchter Dampfkessel. Von Münzinger. Z. d. Ing. 11. Nov. S. 933/9\*. Verbilligung der Anlagekosten für Dampfkesselanlagen bei großen Kraftwerken. Sonderanforderungen bei Elektrizitätswerken. Wärmeausnutzung und Leistung neuzeitlicher Kessel. (Forts. f.)

Theoretische Grundlagen für die mittelbare Erzeugung künstlichen Saugzuges. Von Pfothner. (Forts.) Z. Dampf. Betr. 10. Nov. S. 356/9\*. Die Theorie der Saugstrahlwirkung. (Forts. f.)

Regelungen und Leistungsmessungen bei Turbofördermaschinen für gasförmige Mittel. Von Blau. Z. Turb. Wes. 10. Nov. S. 321/2\*. Allgemeines über die Regelungsarten je nach dem Bestimmungszweck der Maschine. Beschreibung einer von der A.E.G. ausgeführten Regelung für gleichbleibende Windmenge. (Schluß f.)

Die Bedingung für die günstigsten hydraulischen Arbeitsverhältnisse von Zentrifugalpumpen. Von Busse. Z. Turb. Wes. 10. Nov. S. 317/20\*. Aufstellung der Grundgleichung. Berechnung der Verluste. Betrachtung dreier Pumpenarten, und zwar von Pumpen mit Leitvorrichtung, reinen Spiralpumpen und Spiralpumpen mit glattem Leitkranz. (Schluß f.)

### Elektrotechnik.

Wechselstrom - Gleichstrom - Umformer. Von Wrobel. El. u. Masch. 12. Nov. S. 549/53\*. Vergleich der gebräuchlichen Umformerarten, und zwar zunächst

der Motorgeneratoren und Einankerumformer; in bezug auf ihre Arbeitsweise und Eigenschaften sowie ihre Vor- und Nachteile. (Schluß f.)

#### Hüttenwesen, Chemische Technologie, Chemie und Physik.

Neuerungen im Thomasverfahren. Von Thiel. St. u. E. 16. Nov. S. 1101/9. Die Ausnutzung des Konverter-Arbeitsraumes. Vergleich des gewöhnlichen Thomasverfahrens mit dem Thomasverfahren mit geteiltem Einsatz. Scheiblersches Verfahren mit Zuschlag von Thomaschlacke. Verwendung vorgefrischten Metalls. (Schluß f.)

Betrachtungen über Turbo-Gebläse für Hochofenbetrieb und die Zweckmäßigkeit ihrer Anwendung. Von Blauel. (Schluß.) St. u. E. 16. Nov. S. 1109/13\*. Durchführung des Vergleiches zwischen verschiedenen Arten der in Betracht kommenden Anlagen, aus dem sich ergibt, daß das Hochofen-Turbogebläse fast überall bei Neuanlagen sowohl als auch bei der Ausgestaltung älterer Anlagen günstige Anwendung finden kann.

Behandlung und Verwertung von Blei-Hochofenschlacken. Von v. Schlippenbach. Metall u. Erz. 8. Nov. S. 437/43. Die Bleigehalte der Hochofenschlacken. Mitteilungen über Versuche, die auf dem Hüttenwerk Binsfeldhammer mit dem Absitzverfahren angestellt worden sind. Ratschläge für die Ausführung des Verfahrens. Verwendung der Schlacke. Verfahren zur Gewinnung des Zinks aus der Schlacke.

Das Recken als technologischer Formgebungs- und Veredlungsprozeß bei Metallen. Von Czochralski. Z. Dampf. Betr. 10. Nov. S. 353/6\*. Die Vorgänge beim nichtverlagernden und verlagernden Recken und seine Einwirkung auf die Eigenschaften verschiedener Metalle. (Schluß f.)

Ein Beitrag zur Benzolbestimmung im Koks-Ofengas. Von Schwenke. J. Gasbel. 11. Nov. S. 573/4. Mitteilung über einen Sonderfall, in dem es möglich war, die Richtigkeit der sog. Paraffinölmethode mit vorausgegangener Waschung der Gase durch konzentrierte Schwefelsäure einwandfrei nachzuweisen. Die beschriebene Arbeitsweise nach diesem Verfahren wird daher besonders empfohlen.

Gewinnung von Benzin und Treiböl durch Druckerhitzung von Produkten aus der Braunkohle. Von Fischer und Schneider. Braunk. 10. Nov. S. 291/3. Angaben über frühere Anwendung der Destillation unter Druck. Beschreibung der Versuchsanordnung. Destillation des Montanwachses bei Atmosphärendruck und die dabei erzielten Ergebnisse. (Forts. f.)

Einfacher Apparat zur Bestimmung der Edelgase (Argon). Von Sievers und Brandt. Z. angew. Ch. 14. Nov. S. 402/4\*. Beschreibung einer einfachen Vorrichtung zur analytischen Bestimmung der Edelgase mit Hilfe von Kalzium. Arbeitsweise und Fehlerberechnung.

#### Volkswirtschaft und Statistik.

Zur Frage der deutschen Außenhandelsförderung. Von Schuchart. (Schluß.) Techn. u. Wirtsch. Nov. S. 473/92. Neue Bestrebungen zur Verbesserung der Reichswirtschafts-Verwaltung. Neue Wege. Schlußbetrachtung.

Die Stellung der deutschen Maschinenindustrie im deutschen Wirtschaftsleben und auf dem Weltmarkte. Von Frölich. (Forts.) Techn. u. Wirtsch. Nov. S. 496/507. Die deutsche Einfuhr an Erzeugnissen

der Maschinenindustrie nach Australien. Absatzmöglichkeiten in den deutschen Kolonien. Entwicklung der Maschineneinfuhr eines fremden Landes. Mittel zur Förderung der deutschen Maschinenausfuhr. (Schluß f.)

The by-products of coke-making. Von Childs. Ir. Coal Tr. R. 20. Okt. S. 477/8. Angaben über Menge, Preis und Verwendung von Gas und Nebenerzeugnissen, die in der Kokereiindustrie der Vereinigten Staaten gewonnen werden.

Die Erdölindustrie in Baku im ersten Vierteljahr 1916. Petroleum. 1. Nov. S. 133/5. Statistische Angaben über die Gewinnungsverhältnisse und die erzielte Ausbeute an Erdöl in dem genannten Gebiet während der einzelnen Monate.

#### Verkehrs- und Verladewesen.

Dampf- oder elektrisches Kranen? Von Giese. (Forts. u. Schluß.) El. Bahnen. 4. Nov. S. 317/9\*. Mitteilung von Betriebszahlen verschiedener Firmen. Abgrenzung des Gebietes, innerhalb dessen der elektrische Kranbetrieb wirtschaftlicher ist.

#### Ausstellungs- und Unterrichtswesen.

Der berg- und hüttenmännische Teil der Kriegsausstellung in Wien. Von Bartonec. Mont. Rdsch. 1. Nov. S. 641/4\*. Kurze Beschreibung der Kohlen- und Erzvorkommen sowie des Hüttenbetriebes im südwestlichen Teil Polens. Angaben über verschiedene ausgestellte Gegenstände. (Schluß f.)

#### Verschiedenes.

Das Zusammenarbeiten von Arzt und Ingenieur in der Prüfstelle für Ersatzglieder. Von Schlesinger. Z. d. Ing. 11. Nov. S. 940/7\*. An dem Tannenbergr-Arm, einem Arbeitsarm mit zwangläufig einstellbaren Gelenken, wird als Beispiel gezeigt, in welcher Weise durch dieses Zusammenarbeiten nützliche Verbesserungen erzielt worden sind.

#### Personalien.

Der Bergassessor Kippenberger, bisher Hilfsarbeiter im Bergrevier Müsen, ist vom 1. Dezember 1916 ab dem Bergrevier Diez vorübergehend als Hilfsarbeiter überwiesen worden.

Dem Markscheider Stephan, Leutnant bei einer Minenwerfer-Komp., ist das Eiserne Kreuz erster Klasse verliehen worden.

Dem Geh. Bergrat Salomon, Major d. R. und Kommandeur der Pioniere einer Division, und dem Bergassessor Döbelstein, Hauptmann d. L. im 7. Garde-Inf.-Rgt., ist das Hamburgische Hanseatenkreuz verliehen worden.

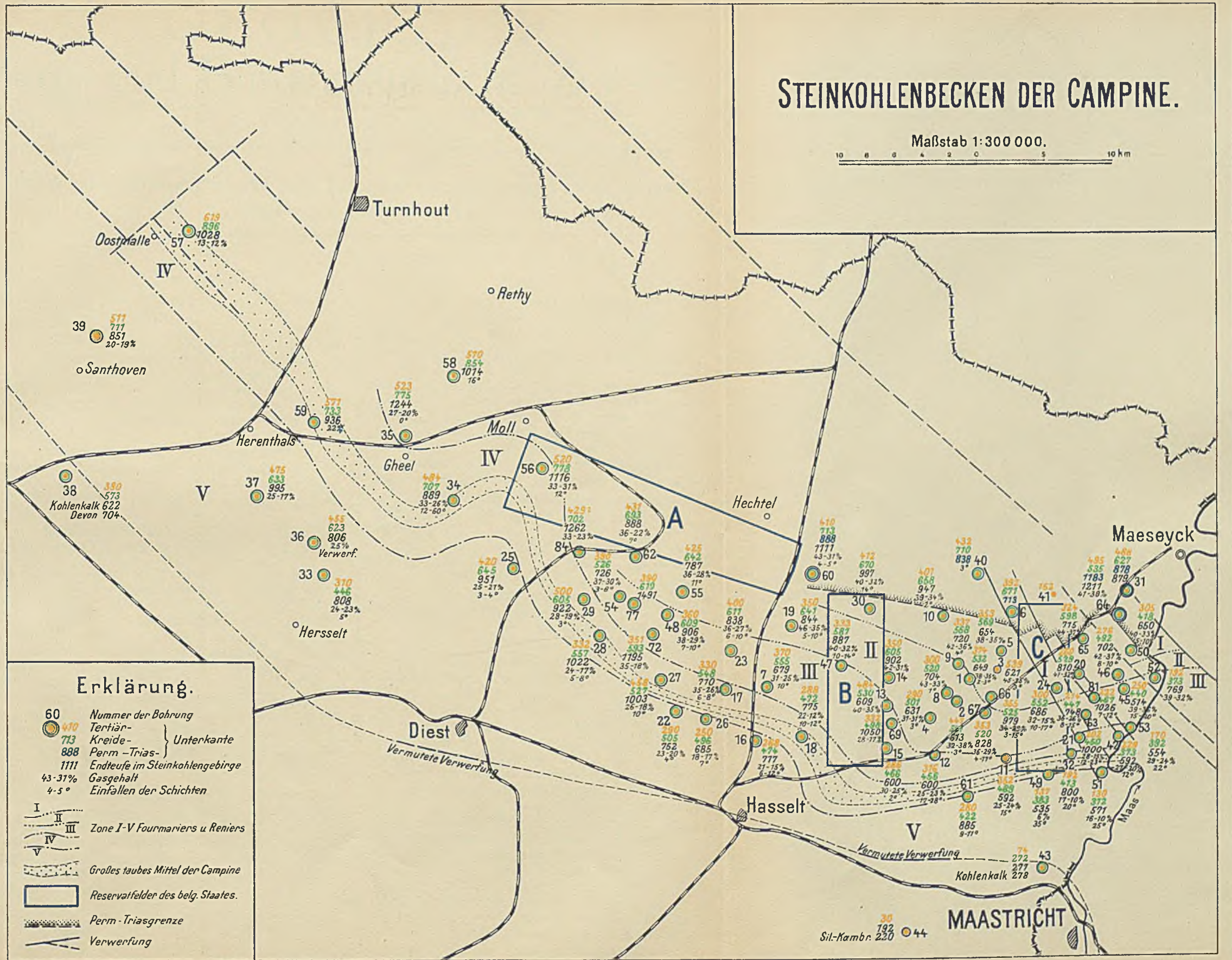
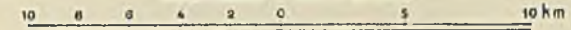
Den Tod für das Vaterland fanden:

am 28. Oktober der Markscheider der Rybniker Steinkohlen-Gewerkschaft, Gerhard Kalohr, Unteroffizier und Offiziers-Aspirant im Inf.-Rgt. 375, Inhaber des Eisernen Kreuzes,

am 14. November der Berginspektor bei dem Steinkohlenbergwerk Reden, Karl Than, Hauptmann d. R. im Eisenbahn-Rgt. 1, Inhaber des Eisernen Kreuzes, im Alter von 43 Jahren.

# STEINKOHLLENBECKEN DER CAMPINE.

Maßstab 1:300 000.



## Erklärung.

- 60 Nummer der Bohrung
- 410 Tertiär- } Unterkante
- 713 Kreide- }
- 888 Perm-Trias- }
- 1111 Endteufe im Steinkohlengebirge
- 43-31% Gasgehalt
- 4-5° Einfallen der Schichten

- I } Zone I-V Fourmariers u Reniers
- II }
- III }
- IV }
- V }
- Großes taubes Mittel der Campine
- Reservatfelder des belg. Staates.
- Perm-Triäsgrenze
- Verwerfung