

GLÜCKAUF

Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift

Nr. 43

26. Oktober 1940

76. Jahrg.

Ursache, Verhütung und Bekämpfung rauchgasseitiger Kesselverschmutzung.

II. Nachgeschaltete Heizflächen¹.

Von Dr.-Ing. W. Gumz VDI, Essen.

Der auffälligste Unterschied bei den Verschmutzungserscheinungen in den Feuerräumen und vorgeschalteten Heizflächen einerseits sowie in den nachgeschalteten Heizflächen, d. h. den Speisewasser- und Luftvorwärmern, andererseits ist die völlig verschiedene chemische Zusammensetzung und physikalische Beschaffenheit des Flugstaubes und der Ansätze. Auch die von der Feuerung durch den Feuerraum und die Kesselzüge wandernden Schwebeteilchen unterliegen auf diesem Wege starken Veränderungen durch Reaktionen mit dem umgebenden Gas, durch die längere Einwirkung der Wärme sowie die fortschreitende Abkühlung. In chemischer Hinsicht haben die Untersuchungen² ergeben, daß in dem Kesselsystem eine fraktionierte Abscheidung einzelner Flugaschenbestandteile vor sich geht, wodurch sich notwendigerweise der stoffliche Charakter der Ansätze im Laufe der Rauchgaswege dauernd verändert. Auch physikalische Einflüsse wirken hierbei mit. So werden besonders klebefähige Bestandteile schon in den vorderen Teilen der Kesselanlage in größerer Menge festgehalten, gröbere Teilchen im Laufe ihrer Flugbahn bzw. an den Umkehrstellen der Gasrichtung abgeschieden, und die im Laufe des Rauchgasweges stark abnehmende Temperatur trägt ihrerseits zu einer Veränderung der Eigenschaften der Flugaschen und der Voraussetzungen für ihre Abscheidung bei. Als wesentlich neues Moment treten bei den nachgeschalteten Heizflächen die Btauungserscheinungen auf, denn die Oberflächentemperaturen können unter Umständen schon unterhalb des Taupunktes des wasserdampfhaltigen Rauchgasgemisches gelangen.

Infolge dieser grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Verhältnissen im Feuerraum und den nachgeschalteten Heizflächen verlieren die für ihn und die vorderen Kesselheizflächen geltenden Regeln ihre Gültigkeit. War ein großer Teil der baulichen Maßnahmen ausschließlich darauf gerichtet, die Temperatur des Gases und seiner Schwebeteilchen beim Eintritt in das Heizröhrenbündel so weit zu senken, daß die Flugasche nicht mehr flüssig bzw. klebefähig ist, so liegen derartige Maßnahmen hier ganz außerhalb unserer Betrachtung, da in den nachgeschalteten Heizflächen die Temperaturen ja ohnehin niedrig sind. Auch die Beeinflussung der Feuerführung ist im allgemeinen von geringerer Wirkung auf die Beschaffenheit des Flugstaubes. Eine Ausnahme bildet der Einfluß der Temperaturen und der Feuerführung auf die SO_3 -Bildung, auf die noch ausführlich zurückzukommen ist. Die eigentliche Heizfläche des Kessels und des Überhitzers sollte im Bereich der hohen Temperaturen möglichst aufgelockert werden. Diese Maßnahme verliert jedoch für die nachgeschalteten Heizflächen aus verschiedenen Gründen ihren Sinn. Zunächst ist festzustellen, daß in den nachgeschalteten Heizflächen der konvektive Wärmeübergang überwiegt und daß der Strahlungsanteil infolge der geringen Schichtdicke und der niedrigen Temperaturen sehr klein und in zunehmendem Maße rückläufig ist. Die Auflockerung, die im übrigen meist mit einem Rückgang der Leistung bzw. mit einer Beschränkung der Gasabkühlung verbunden ist, kann in der Kessel- und Überhitzer-

heizfläche ohne Schaden für die Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlage durchgeführt werden, wenn die nachgeschalteten Heizflächen diesen Leistungsrückgang wieder wettzumachen imstande sind. Die Übertragung dieser Regel auf Ekonomiser und Luftvorwärmer dagegen würde wirtschaftlich nicht tragbar sein, da die Erhöhung des Rohrabstandes oder die Verbreiterung der Spaltbreite bei diesen Wärmeaustauschern zu unwirtschaftlich großen Heizflächen oder zu einer erheblichen Beschränkung der Leistung führen würde, wie dies ein Blick auf Abb. 1 zeigt. Für das Beispiel eines Plattenluftvorwärmers sind hier über der Spaltbreite die Bauhöhe und die Heizfläche eines Luftvorwärmers von bestimmter Leistung dargestellt. Bei einer Verbreiterung der Spalten von 10 auf beispielsweise 25 mm steigt der Heizflächenbedarf von 578 auf 692 m² und die Bauhöhe von 2 sogar auf 6 m. Neben den höheren Heizflächenkosten würde also die Beanspruchung an unbautem Raum ganz außerordentlich steigen. Die Auflockerung läßt sich daher bei diesen im wesentlichen auf den konvektiven Wärmeaustausch angewiesenen Einrichtungen nur insoweit durchführen, als dies mit Rücksicht auf etwaige Verschmutzungserscheinungen und Reinigungsmöglichkeiten unumgänglich notwendig ist. Die Zweckmäßigkeit, die Heizflächen zugänglich zu machen, damit sie sich überwachen und reinigen lassen, ist auch in diesem Falle unbestritten. Sie ist aber nur so durchführbar, daß bei größeren Vorwärmern eine Unterteilung in einzelne Gruppen vorgenommen wird, zwischen denen man einen befahrbaren Raum vorsieht. Die Regel, Heizflächen mit engerer Teilung möglichst nicht unter solchen mit weiterer Teilung anzuordnen, gilt ebenfalls hier, wenn auch sehr häufig gegen sie verstoßen wird. Es ist aber immer sehr vorteilhaft, engspaltige Luftvorwärmer oder Rippenrohre mit enger Rippenteilung nicht im fallenden Zug unter die Kesselheizfläche zu legen, so daß von oben herabfallende grobe Teilchen auf der Oberfläche des Aggregats liegenbleiben können und dort Schmutznester bilden, sondern

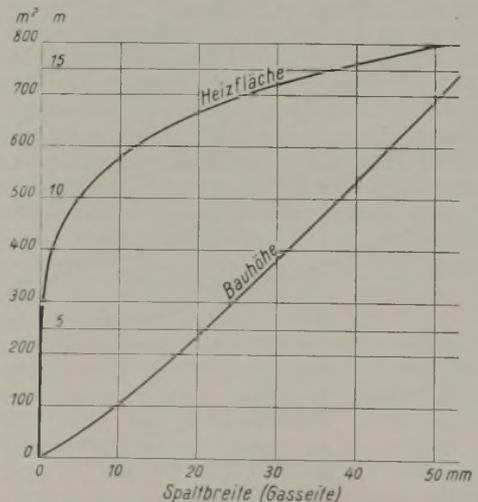


Abb. 1. Abhängigkeit der Heizfläche und der Bauhöhe eines Plattenluftvorwärmers von der Spaltbreite.

¹ Über Rußbläser und Reinigungsmaßnahmen wird noch berichtet.

² Vgl. Teil I dieser Arbeit, Glückauf 76 (1940) S. 463, besonders Abb. 2.

sie in einem besonderen Zug unterzubringen und von unten nach oben, in einzelnen Fällen waagrecht durchströmen zu lassen. Diese Anordnung hat bei der rauchgasseitigen Hintereinanderschaltung von Speisewasser- und Luftvorwärmern den weiteren Vorteil, daß etwa in den Gasraum eindringendes Tropf- oder Leckwasser nicht die nachgeschaltete Luftvorwärmerheizfläche trifft und dort zu Verkrustungen und Korrosionen Anlaß gibt.

Die Verschmutzungserscheinungen an den nachgeschalteten Heizflächen können ganz verschiedene Ursachen haben, und man wird wohl bei der Beurteilung von Ansätzen und bei der Wahl geeigneter Schutzmaßnahmen vor allem folgende drei Fälle unterscheiden müssen:

1. Verschmutzungserscheinungen durch Sublimation schwefelsaurer Salze,
2. Verschmutzungen und Korrosionen durch Taupunktunterschreitungen und
3. strömungsbedingte Verschmutzungen durch Flugstaub.

Zu der ersten Gruppe von Verschmutzungen, die noch eine gewisse Ähnlichkeit mit den in dem Kesselsystem und im Überhitzer auftretenden Erscheinungen haben, rechnet vor allem die Bildung von Ansätzen von Ferrisulfat, die vielfach wohl noch auf die im Teil I dieses Aufsatzes bereits besprochene Mitwirkung von Sulfiden bei der ersten Ansatzbildung zurückzuführen sind. Diese Ansätze, die zudem hygroskopisch sind und sich in immer stärkerem Maße mit Schwefelverbindungen anreichern, üben eine überaus stark korrodierende Wirkung aus und übertreffen darin sogar noch die Schwefelsäure. Sie sind die Ursache für einige Erscheinungen im Gebiet mittlerer Temperaturen, bei denen Korrosionen durch Taupunktunterschreitungen als ausgeschlossen gelten müssen. Dabei wirkt die Bildung einer starken Schmutzkruste nicht etwa schützend, sondern diese ist porös genug, um eine fortschreitende Korrosion zu bewirken. Man konnte in einzelnen Fällen selbst beobachten, daß Rohre (z. B. eines Röhrenluftvorwärmers), die von Gas durchströmt, aber von derartigen Ansätzen vollständig geschlossen waren, heftig korrodierten, obwohl sie vom Rauchgas überhaupt nicht mehr bespült werden konnten. Allerdings beschränken sich diese Erscheinungen im allgemeinen auf sehr schwefelreiche Brennstoffe.

Die weitaus meisten Fälle schwerwiegender Verschmutzungen in Speisewasser- und Luftvorwärmern sind auf Taupunktunterschreitungen zurückzuführen. Es

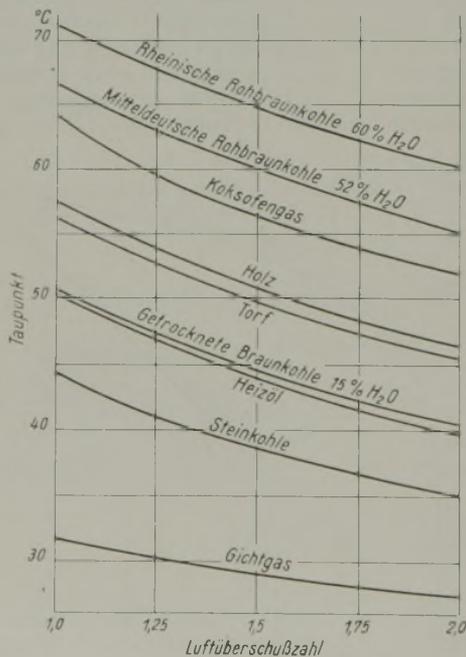


Abb. 2. Der Taupunkt des Rauchgases verschiedener Brennstoffe in Abhängigkeit von der Luftüberschußzahl.

erscheint daher notwendig, zunächst kurz auf den Taupunkt der Rauchgase und auf die Temperaturverhältnisse in dem in Frage kommenden Wärmeaustauscher einzugehen, um zu zeigen, unter welchen Voraussetzungen Schwierigkeiten zu erwarten sind, und wie man sie ver-

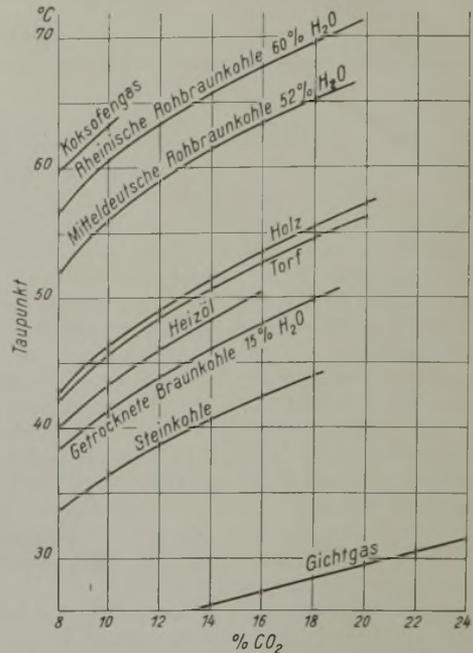


Abb. 3. Der Taupunkt des Rauchgases verschiedener Brennstoffe in Abhängigkeit vom CO₂-Gehalt.

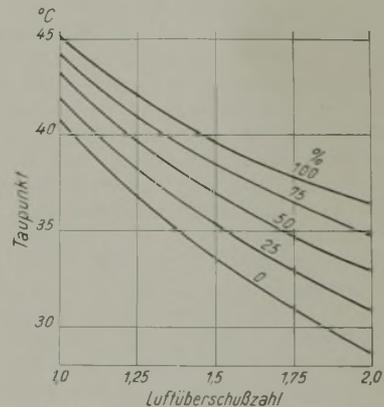


Abb. 4. Einfluß des Sättigungsgrades der Verbrennungsluft auf den Taupunkt eines Steinkohlenrauchgases.

meiden bzw. beheben kann. Betrachtet sei zunächst einmal der Taupunkt der Rauchgase ohne Berücksichtigung seiner Beeinflussung durch die Schwefelsäure. Für die Lage des Taupunktes ist der Wasserdampfgehalt des Rauchgases maßgebend. Von Einfluß ist daher vor allem neben dem Wassergehalt des verfeuerten Brennstoffes sein Wasserstoffgehalt. Junge Brennstoffe mit einem verhältnismäßig hohen Wasserstoffgehalt, wie z. B. Braunkohle, und ebenso wasserstoff- und kohlenwasserstoffreiche Brennstoffe, wie Koksofengas, weisen einen entsprechend hohen, wasserstoffärmere Brennstoffe, wie Steinkohle und Gichtgas, einen verhältnismäßig niedrigen Taupunkt auf. Mit zunehmender Verdünnung des Rauchgases durch Luft nimmt der Taupunkt ab. Abb. 2 und 3 gestatten die Ablesung des Taupunktes verschiedener Brennstoffe in Abhängigkeit vom Luftüberschuß bzw. vom CO₂-Gehalt. Nicht zu vernachlässigen, sofern man auf eine genaue Bestimmung des Taupunktes Wert legt, ist der Wasserdampfgehalt der Luft. So zeigt als ein Beispiel die Abb. 4 den Taupunkt eines Steinkohlenrauchgases bei wechselnden Sättigungsgraden der Verbrennungsluft, bezogen auf 20°. Bei höheren

Temperaturen verstärkt sich dieser Einfluß selbstverständlich, wie Abb. 5 erkennen läßt, wo eine konstante Sättigung von 80% bei Temperaturen bis zu 50° angenommen ist. In gleicher Weise, wie das aus dem Brennstoff und das aus der Verbrennungsluft stammende Wasser den Taupunkt beeinflusst, gilt dies selbstverständlich von denjenigen Wassermengen, die auf sonstigem Wege in das Rauchgas gelangen, z. B. dem Dampf eines Rußbläfers, Leckwasser aus mangelhaft schließenden Ventilen der Rußbläser-Anlagen, Wasser aus Undichtigkeiten im Wasserkreislauf usw. Liegt der Taupunkt bereits hoch, so wird sowohl der Einfluß des Wasserdampfgehaltes als auch ein sonstiger Wasserzutritt sich verhältnismäßig schwach bemerkbar machen, liegt er aber tief, so wird er stärker in Erscheinung treten. Für das Rußblasen sei folgendes Beispiel betrachtet: In einer Kesselanlage von 500 m² befrage das sekundliche Rauchgas-Volumen 9,05 Nm³. Durch das Rußblasen werde bei 30 gleichzeitig geöffneten Düsen eine Dampfmenge von 0,511 Nm³/s in das Rauchgas eingeführt. Der Wasserdampfdruck von vorher 0,0685 at phys. steigt auf 0,1314 at phys. und der Taupunkt von 38,2 auf 51,0°. Unter den gleichen Voraussetzungen würde sich der Wasserdampfdruck im Rauchgas einer Rohbraunkohle mit 52% Wassergehalt von 0,198 auf 0,254 at phys. verschieben und der Taupunkt damit nur von 59,5 auf 64,9°.

Da hier die Verhältnisse bei zum Teil sehr feuchten Abfallbrennstoffen besondere Beachtung verdienen, ist in Abb. 6 der Taupunkt für eine Fettkohle mit wechselnden Wassergehalten bis zu 30% angegeben, wobei die ausgezogenen Kurven für eine Sättigung der Verbrennungsluft von 80% bei 20° gelten, die gestrichelten Kurven dagegen ohne Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit. Man erkennt u. a. aus dieser Darstellung, daß die Feuchtigkeit der Verbrennungsluft keineswegs zu unterschätzen ist, da sie den Taupunkt in stärkerem Maße berührt als eine Verschiebung des Wassergehaltes der Kohle um mehr als 10%.

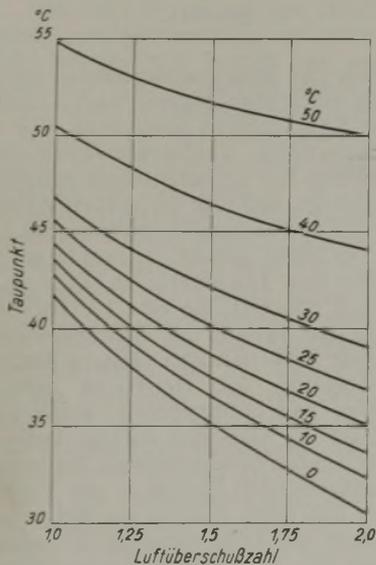


Abb. 5. Einfluß der Lufttemperatur bei einer konstanten Sättigung der Verbrennungsluft von 80% auf den Taupunkt eines Steinkohlenrauchgases.

Eine ganz außerordentliche Verschiebung erfährt aber der Taupunkt durch den Einfluß der Schwefelsäure. Der Schwefel kommt im Brennstoff hauptsächlich als Pyrit, als organischer Schwefel und in geringeren Mengen als Sulfat vor. Er geht teils in die Brennstoffrückstände, teils in die Flugasche, während ein beträchtlicher Teil vorzugsweise zu SO₂ verbrennt. Ein wenn auch nur geringer Anteil des SO₂ geht durch weitere Oxydation in SO₃ über, besonders bei hohem Luftüberschuß, ebenso kann sich SO₃ unmittelbar durch Zersetzung der Sulfate bilden. Im all-

gemeinen sind die Mengen des SO₃ in Hundertteilen des gesamten Brennstoffschwefels gering und in der Größenordnung von nur 1–3% vorhanden; der überwiegende Teil, etwa 60–80%, tritt als SO₂ auf, der Rest ist in den Rück-

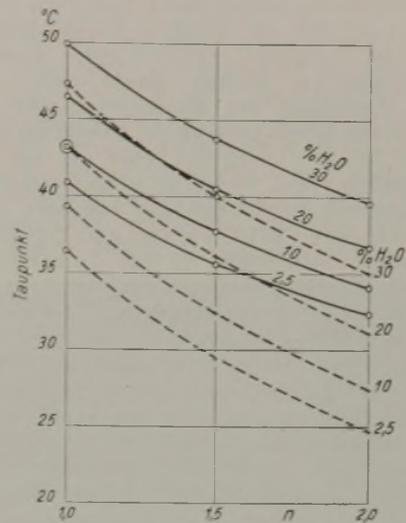


Abb. 6. Einfluß des Wassergehaltes des Brennstoffes und der Verbrennungsluft auf den Taupunkt eines Steinkohlenrauchgases (ausgezogene Kurven mit Berücksichtigung, gestrichelte Kurven ohne Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit bei Annahme eines Sättigungsgrades von 80%).

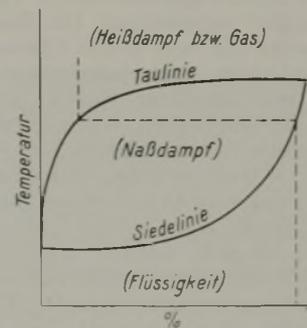


Abb. 7. Siedelinie und Taulinie von Wasserdampf-Schwefelsäure-Gemischen.

ständen zu suchen. Während das SO₂ mit seiner Siedetemperatur von -10° keine nachteilige Wirkung auf die Anlagenteile des Kessels ausübt, bildet das SO₃ zusammen mit dem Wasserdampfgehalt des Rauchgases Schwefelsäure H₂SO₄ in mehr oder weniger starker Verdünnung, die aber durch fraktionierte Kondensation ein verhältnismäßig hochkonzentriertes Kondensationsprodukt liefert. Betrachtet man ein solches Zweistoffgemisch (Abb. 7), so kann man hier eine Siedelinie und eine Taulinie unterscheiden, während beide Linien bei einem homogenen Körper zusammenfallen. Diese beiden Linien verlaufen vom Siedepunkt des einen Körpers (H₂O) zum Siedepunkt des zweiten Körpers (H₂SO₄). Die Verdampfung einer hochkonzentrierten Schwefelsäure ergibt, wie die gestrichelte Linie anzeigt, einen Dampf von ganz wesentlich geringerer Konzentration der Schwefelsäure in der Gasphase. Andererseits ergibt aber die Kondensation einer gas- bzw. dampfförmigen, stark verdünnten wäßrigen Schwefelsäure, wenn man der gestrichelten Linie in der umgekehrten Richtung folgt, als Kondensat eine hochkonzentrierte Schwefelsäure. Darin liegt die Gefährlichkeit selbst geringster Konzentrationen schwefliger Säure im Rauchgas. Es ist nun möglich, bei bekanntem Teildruck der Schwefelsäure und des Wasserdampfes den Taupunkt des Rauchgases unter Einfluß der wäßrigen Schwefelsäure zu errechnen, wobei man, selbst bei ganz geringfügigen Schwefelsäureteildrücken, Erhöhungen des Taupunktes bis nahezu 100°

feststellt¹. In Wirklichkeit wird allerdings diese starke Erhöhung nicht in dem Maße eintreten, da es sich ja nicht um ein reines Gemisch von Wasserdampf und Schwefelsäure handelt, sondern um ein Gasgemisch, das die Schwefelsäure nur in äußerst feiner Verteilung enthält. Die Folge davon ist, daß die wirkliche Schwefelsäurebildung und damit der Taupunkt erheblich unter dieser theoretischen Höchstgrenze bleiben, jedoch können, wie unmittelbare Messungen des Rauchgastaupunktes gezeigt haben, durch den Brennstoffschwefel Erhöhungen des Taupunktes um 10–55° C eintreten. Dies gilt vor allem bei Schwefelgehalten > 2%. Darauf ist es auch zurückzuführen, daß der Taupunkt keineswegs eine konstante Größe ist, sondern in dem Maße steigt, wie eine gute Durchwirbelung des Rauchgases stattfindet. So hat Johnstone² festgestellt, daß die Schwankungen des gemessenen Taupunktes, die bei einer amerikanischen Kohle mit 4,45% Schwefel und 14,5% Feuchtigkeit zwischen 85 und 130° lagen, im gleichen Maße schwankten wie die Kesselbelastung, hervorgerufen durch die mehr oder weniger starke Durchwirbelung des Rauchgases mit wachsenden Rauchgasgeschwindigkeiten. Damit ist bei einem solchen Rauchgas auch der schädliche Einfluß von Toträumen gekennzeichnet, in denen eine starke Wirbelbildung auftritt.

Bei den Schwierigkeiten einer unmittelbaren rechnerischen Erfassung des Schwefeleinflusses auf den Rauchgastaupunkt gewinnen die Meßgeräte für die unmittelbare Taupunktmessung an Bedeutung, besonders für solche Fälle, wo schwefelreiche Brennstoffe verfeuert werden und mit Schwierigkeiten durch Taupunktunterschreitungen gerechnet werden muß. Die Taupunktmesser arbeiten vorzugsweise mit zwei in eine Glasoberfläche eingebetteten Elektroden, die durch einen heizbaren Luft- oder Flüssigkeitsstrom auf einer bestimmten Temperatur der Glasoberfläche gehalten werden. Wird der Taupunkt erreicht, so bildet sich ein Flüssigkeitsfilm zwischen den beiden Elektroden, so daß ein Strom fließen kann, der dazu dient, die Beheizung des Meßrohres so weit zu verstärken, daß der Tauniederschlag verschwindet³. Andere Verfahren verwenden einen Spiegel, dessen Reflektionsvermögen durch das Auftreten eines Tauniederschlags verändert und auf optischem Wege gemessen wird. Diese Geräte sind allerdings noch nicht zur Betriebsreife bzw. in einer für den Kesselbetrieb handlichen Form ausgebildet, so daß sich die Messungen bisher auf wenige Einzelfälle beschränkt haben⁴. Es muß also festgehalten werden, daß die Vermeidung einer Abkühlung unter den ohne Berücksichtigung des Schwefeleinflusses errechneten Rauchgastaupunkt bei schwefelhaltigem Brennstoff, vor allem sobald der Schwefelgehalt über 2% steigt, keine genügende Sicherheit gegen Korrosions- und Verschmutzungserscheinungen bietet.

Die Vorgänge im Feuerraum wirken sich insofern auch auf die Verschmutzungserscheinungen in den nachgeschalteten Heizflächen aus, als die Verbrennungsbedingungen dafür maßgebend sind, welche Mengen von SO₃ im Rauchgas auftreten. Durch Beobachtungen in einer Reihe von Anlagen hat Johnstone festgestellt, daß in Kesselanlagen mit Rostfeuerungen eine größere Menge SO₃ auftritt als in solchen mit Kohlenstaubfeuerungen. Während bei Rostfeuerungen 1,6–2,9% des Brennstoffschwefels als SO₃ im Rauchgas auftrat, blieb dieser Betrag bei Kohlenstaubfeuerungen noch weit unter 1%. Hingegen

wurden 90% bei Kohlenstaubfeuerungen als SO₃, aber nur 70% bei Rostfeuerungen als SO₃ ermittelt. Dies ist zurückzuführen auf die im allgemeinen höheren und gleichmäßigeren Temperaturen im Feuerraum einer Kohlenstaubfeuerung, auf die etwas geringeren Luftüberschüsse und die bessere Gas-Luft-Mischung. Diese Voraussetzungen haben eine weitgehende SO₂-Bildung zur Folge und wirken sich folglich auch auf den Taupunkt des Rauchgases und damit auf die Verschmutzungserscheinungen gerade der nachgeschalteten Heizflächen aus. Diese Beobachtungen lassen darauf schließen, daß die Verbesserung der Verbrennungsbedingungen im Feuerraum einer Rostfeuerung, z. B. durch Sekundärlufteinführung oder durch die Kombination mit einer Kohlenstaubzusatzfeuerung, auch bezüglich der Taupunktfrage eine Besserung der Verhältnisse mit sich bringt.

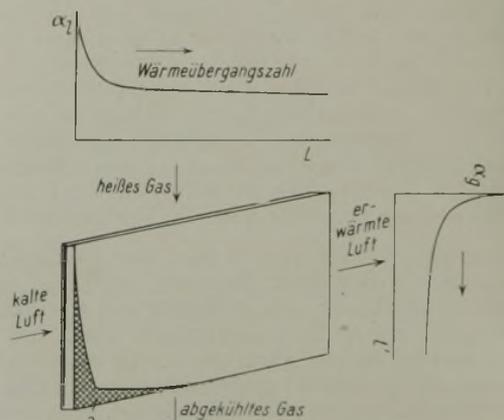


Abb. 8. Verlauf der Wärmeübergangszahlen auf der Gas- und Luftseite der Lufttasche eines Plattenluftvorwärmers (die schraffierte Fläche ist in besonderem Maße den Gefahren einer Korrosion und einer Verschmutzung ausgesetzt).

Die Kenntnis des Rauchgastaupunktes genügt jedoch zur Beurteilung einer etwa vorliegenden Gefahr für einzelne Teile der Kesselanlagen noch nicht. Vor allem muß noch festgestellt werden, welche wirklichen Oberflächentemperaturen an den Wärmeaustauschern auftreten. Hierbei genügt es keineswegs, daß man die mittleren Temperaturen kennt und die Wärmeübergangsverhältnisse als Mittelwerte berücksichtigt, vielmehr kommt es gerade auf die tiefste überhaupt auftretende Temperatur an. Dies sei an einem Beispiel in Abb. 8 erläutert, die eine Luftvorwärmertasche und gleichzeitig den Verlauf der Wärmeübergangszahl in Abhängigkeit vom Luft- und vom Gasweg dargestellt. Die Oberflächentemperatur der Heizfläche läßt sich bei Kenntnis der Gas- und Lufttemperatur sowie der Wärmeübergangszahl auf der Gas- und auf der Luftseite in einfacher Weise berechnen bzw. graphisch bestimmen. Da die Wärmeübergangszahl beim Eintritt in den Strömungskanal besonders hoch und beim Austritt am tiefsten liegt, wird sich in dem Blech ein Temperaturfeld einstellen, welches nicht nur wegen der Temperaturen, sondern auch wegen des Verlaufs der Wärmeübergangszahl beim Kaltlufteintritt und Rauchgasaustritt die geringste, weit unter dem Mittelwert liegende Temperatur aufweisen kann. Die Folge davon ist, daß die in diesem Bild schraffierte Stelle als besonders korrosionsgefährdet angesehen werden muß. Trifft ein Gas senkrecht auf eine wärmeaustauschende Fläche, so ist bekanntlich der Wärmeübergang etwa 7–8mal größer als bei einer Strömung längs der Heizfläche. Infolgedessen ist ein senkrechter Aufprall eines Kaltluftstromes auf einen rauchgasbeheizten Wärmeaustauscher besonders gefährlich, und die Eintrittskanten von rekuperativ arbeitenden Luftvorwärmern sind am ehesten der Korrosionsgefahr ausgesetzt. Bei Rohren, die senkrecht oder schräg von einem Gas umspült werden, treten ebenfalls außerordentlich große Unterschiede beim

¹ Vgl. W. Gumz: Die Luftvorwärmung im Dampfkesselbetrieb, Berlin 1933, S. 270/77; Feuerungstechn. 20 (1932) S. 21/23.

² H. F. Johnstone: The corrosion of power plant equipment by flue gases, Univ. of Illinois Bull. 28 (1931) 41, Engg. Exper. Sta. Bull. Nr. 228; Ref. Arch. Wärmewirtsch. 12 (1931) S. 369.

³ Vgl. H. F. Johnstone: An electrical method for the determination of the dew-point of flue gases, Univ. of Ill. Bull. Vol. 27, Nr. 13, Engg. Exper. Stat. Circ. Nr. 20; s. auch Feuerungstechn. 20 (1932) S. 175, ferner R. Czapek, Elektrowärme 10 (1940) S. 4/7.

⁴ H. Voigt und F. Hohberg: Der Taupunkt schwefelsäurehaltiger Rauchgase, Arch. Wärmewirtsch. 16 (1935) S. 105/07. F. Hohberg, Dissertation Darmstadt 1935.

Wärmeübergang im Rohrquerschnitt auf. Vor allem ist es sowohl der unmittelbar getroffene als auch der im Strömungsschatten liegende rückwärtige Teil, der die größten Wärmeübergangszahlen aufweist. Ist das Rohr von innen beheizt und wird es durch den auftreffenden Strom gekühlt, so sind diese Stellen am gefährdetsten. Wird das Rohr dagegen umgekehrt von dem senkrecht auftreffenden Gas beheizt, so bilden die seitlichen Teile, welche die geringste Wärmeübergangszahl aufweisen, den schwächsten Punkt. Man wird sich daher sowohl bei der Konstruktion als auch bei der Anordnung und bei der Wahl der tiefsten Austritts- und Luft- bzw. Wassereintrittstemperaturen darüber Rechenschaft ablegen müssen, welche geringsten Oberflächentemperaturen in den Wärmeaustauschern auftreten können und ob sich eine Taubildung mit Sicherheit vermeiden läßt. Ist dies nicht der Fall, so wird die Befeuchtung der Oberflächen auch bei harmlosen Flugascheeigenschaften zu einer starken Verschmutzung Anlaß geben, die bei den verhältnismäßig engen Spalten und Querschnitten der nachgeschalteten Heizflächen schnell zu einer vollständigen Verstopfung der Gaswege führen kann.

Damit sind aber zugleich die Hilfsmittel gegeben, die für die Verhütung derartiger Erscheinungen zur Verfügung stehen. Es muß durch geeignete Wahl der Temperaturen und unter Berücksichtigung der Wärmeübergangsverhältnisse vermieden werden, daß eine Temperaturunterschreitung unter den gegebenen Betriebsverhältnissen überhaupt auftritt. Auf das besondere Verhalten der regenerativ arbeitenden Luftvorwärmer, wie z. B. der Ljungström-Luftvorwärmer, habe ich an anderer Stelle hingewiesen¹. Bei dieser Bauart hat man neben den Temperaturen und Wärmeübergangsverhältnissen in der beliebigen Bemessung der Umstellzeiten ein weiteres Mittel an der Hand, die auftretenden Mindesttemperaturen in wirkungsvollster Weise zu begrenzen, so daß sie gerade für korrosionsgefährdete Anlagen von Vorteil ist.

Soweit man auf die Bauart der Wärmeaustauscher keinen Einfluß mehr nehmen kann und größere Umbauten nicht in Kauf nehmen will, besteht das einfachste Mittel zur Behebung von Schwierigkeiten durch die Taupunktunterschreitung in einer Heraufsetzung der Temperaturen des kalten Mediums. Bei Speisewasservorwärmern ist der Wärmeübergang auf der Wasserseite so gut, daß die Oberflächentemperatur der Heizfläche an der kältesten Stelle etwa der Wassereintrittstemperatur gleichzusetzen ist. Man muß daher mit der Wassereintrittstemperatur in einem entsprechenden »Respektsabstand« vom Taupunkt des Rauchgases entfernt bleiben. Es ist daher überall dort, wo diese Bedingung durch den Wasserkreislauf nicht gegeben ist, üblich, eine Teilmenge des im Ekonomiser erwärmten Wassers zurückzuführen und das eintretende Kaltwasser dadurch auf ein geeignetes Maß vorzuwärmen. Dasselbe Hilfsmittel läßt sich auch auf die Luftvorwärmer anwenden, bei denen die Rückführung eines Teils der Heißluftmenge zum Luftventilator zur Hebung der Lufttemperatur dient. Vor allem bei vorhandenen Anlagen, bei denen sich nachträglich Schwierigkeiten herausstellen, ist dies vielfach das einzige und sicherste Hilfsmittel zur Beseitigung von Schwierigkeiten oder Störungen. Allerdings muß betont werden, daß die rückzuführenden Mengen oft sehr erheblich sind, besonders wenn die Heißlufttemperatur nur mäßig ist, und daß in jedem einzelnen Falle durch Rechnung geprüft werden muß, ob die erzielte Mischtemperatur zur Heraufsetzung der Heizflächentemperatur über den Rauchgastaupunkt ausreicht. Bei sehr feuchten bzw. schwefelreichen Brennstoffen wird man dabei Kaltluft-eintrittstemperaturen von mindestens 50–60° anwenden müssen, und es darf nicht übersehen werden, daß dadurch die Förderleistung des Luftventilators, der nunmehr eine größere Menge bei einer höheren Temperatur zu fördern

hat, ganz erheblich steigt, so daß diese Maßnahme nicht immer als besonders billig und wirtschaftlich angesehen werden kann. Sie ist stets nur als eine Hilfsmaßnahme für solche Fälle zu erachten, in denen andere Mittel, wie vor allem die richtige und sorgfältige Auslegung des Luftvorwärmers, nicht mehr anwendbar sind.

Die dritte Art von Verschmutzungserscheinungen betrifft die Ablagerung von mehr oder weniger lockeren Flugascheteilchen in den Toträumen der Strömung, wobei chemische Einflüsse nicht mitwirken und auch die Temperaturen im allgemeinen ohne besonderen Einfluß sind. Diese Verschmutzungserscheinungen können vielleicht als die harmloseren angesehen werden, da sie ohnehin diejenigen Stellen der Heizflächen betreffen, die wenig zum Wärmeaustausch beitragen. Immerhin besteht aber doch

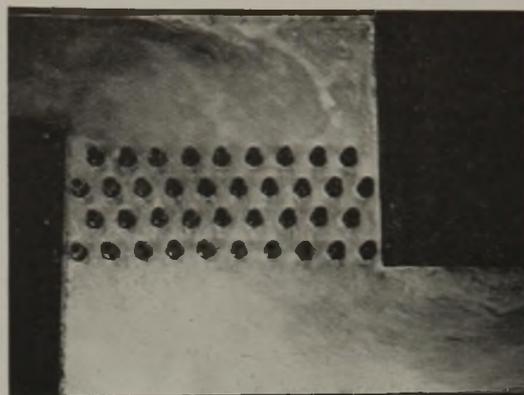


Abb. 9.

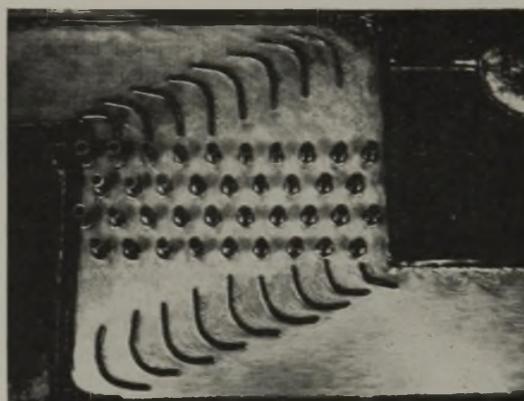


Abb. 10.

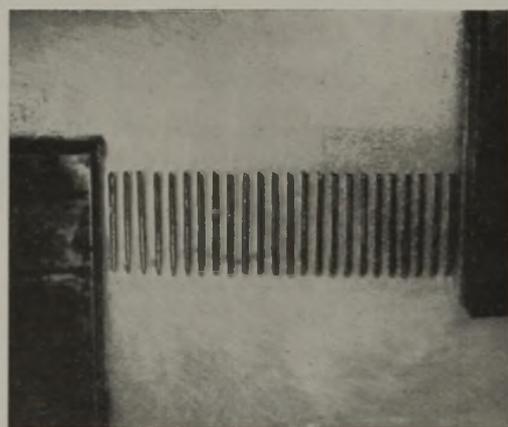


Abb. 11.

Abb. 9–11. Strömungsbilder eines schräg durchströmten Rohrbündels ohne und mit Leitflächen und eines Plattenluftvorwärmers (Modellversuche nach H. Föge). Strömung von links oben nach rechts unten.

¹ Korrosionsursachen bei Luftvorwärmern, Vergleich zwischen rekupe- rativ und regenerativ arbeitenden Luftvorwärmern, Arch. Wärmewirtsch. 16 (1935) S. 149.

die Gefahr, daß derartige Ablagerungen im Laufe der Zeit zu stärkeren Krusten verbacken — sei es durch Einfluß von Feuchtigkeit oder sonstige Ursachen —, wobei unter Umständen doch wertvolle Teile der Heizfläche in Mitleidenschaft gezogen und vor allem die Strömungskanäle verengt und die Zugverhältnisse verschlechtert werden können. Derartige Verschmutzungserscheinungen lassen regelmäßig darauf schließen, daß die befallene Heizfläche strömungstechnisch ungünstig ausgebildet bzw. eingebaut ist. Dies gilt namentlich von solchen Heizflächen, die vielfach im Gegensatz zu den Wünschen und Voraussetzungen des Konstrukteurs in Wirklichkeit von dem Gas nicht senkrecht, sondern schräg durchströmt werden. Die Abb. 9 und 10 zeigen ein kennzeichnendes Beispiel eines Speisewasservorwärmers, der infolge seines Einbaues unmittelbar vor und hinter Gasumlenkungen schräg durchströmt und daher mangelhaft beaufschlagt wird, nach Aufnahmen von Föge¹. Wie man erkennt, bildet sich in der linken Ecke ein sehr großer Totraum aus, in dem keine oder nur eine geringfügige Wärmeübertragung stattfindet und in dem infolgedessen auch starke Verschmutzungserscheinungen auftreten können. Die Gegenüberstellung der Abb. 10 läßt erkennen, wie man durch Einbau von Leitflächen die Strömungsverhältnisse erheblich zu verbessern vermag, wobei praktisch noch die Voraussetzung erfüllt sein muß, daß diese Leitflächen keiner Verschmutzung unterworfen sind. Ein ähnliches Beispiel für die Spalten eines Plattenluftvorwärmers veranschaulicht der in Abb. 11 dargestellte Modellversuch, bei dem sich in ähnlicher Weise dieselben Erscheinungen zeigen. Ihre Bekämpfung muß selbstverständlich von der strömungstechnischen Seite ausgehen, im übrigen lassen sich derartige verhältnismäßig lockeren Verschmutzungen mit dem Rußbläser üblicher Bauart meist ohne Schwierigkeiten entfernen.

Hinter dem Speisewasser- und Luftvorwärmer liegen in der Kesselanlage unter Umständen noch Einrichtungen, bei denen Verschmutzungs- und Korrosionsgefahren ebenfalls eine große Rolle spielen können, nämlich die Saugzüge, Blechkanäle, Blechschornsteine und Filteranlagen. Die Temperaturen aller dieser Einrichtungen sind zwar im allgemeinen hoch genug, um unmittelbare Gefahren einer Taupunktunterschreitung nicht auftreten zu lassen, mit Ausnahme von Fällen sehr geringer Kesselbelastung. Bei Blechschornsteinen von erheblicher Höhe kann allerdings je nach ihrer Belastung und je nach der Höhe der Außentemperaturen und der Stärke des Windeinfalls doch noch mit einer weitgehenden Rauchgasabkühlung gerechnet werden, so daß auch diese Einrichtungen der Gefahr einer Betauung und damit sowohl einer Verschmutzung als auch

¹ H. Föge: Über Strömungsvorgänge an Rauchgasvorwärmern, dargestellt an Modellversuchen, und deren Auswirkung auf die Wärmeübertragung. Wärmefang, Hannover.

einer Korrosion unterworfen sein können. Das einfachste Hilfsmittel ist in diesem Falle die Ausmauerung oder eine sonstige Form des Wärmeschutzes. Einen besonderen Hinweis verdienen noch die Elektrofilter deswegen, weil das Arbeiten in der Nähe des Taupunktes zu Feuchtigkeitsniederschlägen führen kann, so daß bei Anlagen, die mit Elektrofiltern ausgerüstet sind, großer Wert auf die Einhaltung der richtigen Temperaturen und auf die Vermeidung einer Unterkühlung unter den Taupunkt zu legen ist. Umgekehrt verlangen aber gerade die Elektrofilter zur Erzielung des günstigsten Abscheidungsgrades auch ein nicht zu trockenes Gas, so daß man vielfach sogar zur Befeuchtung des Gases gegriffen hat. Besondere Verhältnisse liegen vor in Anlagen, die mit Naßabscheidern arbeiten, bei denen mit einer vollständigen Absättigung des Rauchgases gerechnet werden muß. Hier sind geeignete Maßnahmen des Korrosionsschutzes notwendig, auf die ich im Rahmen dieses Aufsatzes nicht näher eingehen will.

Zusammenfassung.

Infolge der grundsätzlich verschiedenen chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Flugstaubes und der auftretenden Ansätze gelten die für Feuerraum, Kessel und Überhitzer aufgestellten Regeln zur Verhütung von Verschmutzungen nicht für die nachgeschalteten Heizflächen. Eine Auflockerung der Heizfläche durch Anordnung großer Rohrabstände und Spaltbreiten führt nicht zum Ziel, weil sie die Bauart der Wärmeaustauscher in unwirtschaftlicher Weise beeinflußt, ohne den gleichen Zweck zu erfüllen, wie dies bei den Kesseln und Überhitzerrohren der Fall ist. Die auftretenden Verschmutzungserscheinungen sind vor allem auf drei Ursachen zurückzuführen. Es sind dies die Sublimation und Abscheidung schwefelreicher Verbindungen im Gebiet mittlerer Temperaturen, ferner die Verschmutzung infolge von Taupunktunterschreitungen und endlich die Ablagerungen von lockerem Flugstaub in Strömungstoträumen. In den beiden ersten Fällen treten vielfach mit der Verschmutzung Korrosionserscheinungen auf. Zur Beurteilung der Gefahr einer Unterkühlung des Rauchgases bzw. der Heizflächen unter den Taupunkt wird die Lage des Taupunktes und seine Abhängigkeit vom Brennstoff, vom Wassergehalt, vom Sättigungsgrad der Verbrennungsluft und vom Schwefelgehalt dargestellt. Die Temperaturverteilung in den Heizflächen ist außer von der Temperatur des Gases, des Wassers und der Luft auch von den Wärmeübergangsverhältnissen zu beiden Seiten der Heizfläche abhängig, und es bedarf in jedem Falle der genauen Prüfung, welche Mindesttemperaturen in den Heizflächen auftreten können. Zum Schluß wird kurz auf Verschmutzungs- und Korrosionsgefahren an Saugzügen von Schornsteinen und auf die Bedeutung des Rauchgastaupunktes für die Elektrofilter hingewiesen.

Über Cyan und Cyanwasserstoff und deren Bestimmung in Kohlendestillationsgasen.

Von Dr.-Ing. C. Eymann, Düsseldorf.

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Stadtwerke Düsseldorf, Gaswerk, Abteilung Kokerei¹.)

Die Kenntnis der im Gas enthaltenen Cyanverbindungen ist wichtig für die Bekämpfung von Korrosionen bei der Gasverteilung. Unter der Bezeichnung Cyanverbindung faßt man diejenigen Körper zusammen, die sich vom Cyan (CN)₂ ableiten und die kennzeichnende Atomgruppe CN enthalten². Zahlreiche Untersuchungen haben ergeben, daß die meisten Rohrablagerungen mehr oder weniger Cyanverbindungen enthalten. Nach Untersuchungen von Hicks³ beträgt die in den Rohrleitungen

¹ An der Ausführung der Analysen hat stud. chem. Hans Schneider mitgearbeitet.

² Früher bezeichnete man die Cyanverbindungen auch als »Kohlenstickstoff« (Runge: Grundriß der Chemie, München 1846).

³ D. Stavrojus, Het Gas 48 (1928) S. 70.

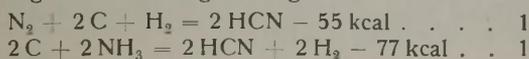
wegkorrodierte Eisenmenge bei normalem feuchtem Stadtgas etwa 8 g je m² gasbespülter Rohroberfläche im Jahr, wogegen sie bei einem Gase mit höherem Cyanwasserstoffgehalt bis zu 75 g/m² erreichen kann. Die Cyanverbindungen gehören daher zu den schädlichen Bestandteilen im Gas, welche die Ursache von Korrosionen im Rohrnetz, in den Gasbehältern und Gasmessern bilden. Hinzu kommt, daß sich beim Verbrennen von cyanwasserstoffhaltigen Gasen salpetrige Säure bildet, die ebenfalls korrodierend wirkt und die Verbrennungsgeräte angreift.

Ferner stören die im Gas enthaltenen Cyanverbindungen viele Gasumwandlungsvorgänge. Sie greifen entweder die Kontakte an oder greifen bei katalytisch ver-

laufenden Reaktionsprozessen in die Kettenreaktionen ein und verzögern die Reaktionsgeschwindigkeit. Die Gasumwandlungsprozesse erfordern restlose Feinreinigung von Gasen, und hier gilt ganz besonders das Wort »Kleine Ursachen, große Wirkungen«.

Mit der zunehmenden Verwendung des Gases in der Industrie und im Haushalt sind die Ansprüche an den Reinheitsgrad des Gases in den letzten Jahren immer mehr gestiegen. Die Gaswerke und Kokereien müssen daher im Hinblick auf die fortschreitende Entwicklung der Entfernung der Cyanverbindungen ihre Aufmerksamkeit schenken, wozu vor allen Dingen genaue und rasch ausführbare Bestimmungsverfahren erforderlich sind.

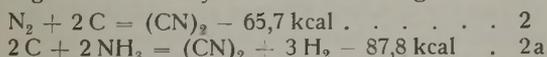
Das Steinkohlengas enthält je nach der Art der Gas-erzeugung und der Kohlen mehr oder weniger Cyanwasserstoff. Der Gehalt ist in erster Linie abhängig von den Temperaturverhältnissen während der Verkokung und damit von der Bauart und Größe der Entgasungsräume und der Garungszeit sowie von der Feuchtigkeit der Kohlen. Je höher die Entgasungstemperatur ist, desto mehr Cyanwasserstoff wird gebildet. Dies erkennt man schon bei Betrachtung der Reaktionsgleichungen:



Der endotherme Reaktionsverlauf zeigt an, daß mit steigenden Temperaturen die Cyanwasserstoffbildung gefördert wird. Im allgemeinen findet man bei der Verkokung von feuchten Kohlen in Kammerofenanlagen 40–120 g und beim Verkoken von trockenen Kohlen in Retortenöfen 100–150 g, bei sehr heiß gehenden kleinen Retorten sogar bis 250 g Cyanwasserstoff je 100 m³ Gas hinter der Ammoniakwäsche und vor der Schwefelwasserstoff-Reinigung. Das gereinigte Steinkohlengas enthält etwa 10–20% des ursprünglichen Cyanwasserstoffgehaltes, und zwar 5–20 g HCN/100 m³. Die Reinheitsforderung¹ für Stadtgas beträgt: »bis etwa 15 g/100 m³«. Eine möglichst weitgehende Reinheit ist anzustreben; eine scharfe Grenze ist nicht gesetzt worden.

Über die Höhe des Cyangehaltes im Steinkohlengas findet man im Schrifttum nur allgemeine Angaben. Aus diesem Grunde sind vom Verfasser Untersuchungen über den Cyangehalt im gereinigten Kohlengas angestellt und weiter unten mitgeteilt worden. Die Angaben über Cyan im Schrifttum sind nicht immer klar, da häufig Cyan und Cyanwasserstoff grundsätzlich nicht unterschieden werden; man bezeichnet vielfach diese beiden Verbindungen summarisch als »Cyan«. Hochofengase sollen nach älteren Angaben manchmal bis zu 1% und mehr Cyan aufweisen.

Die Bildungswärme von Cyan ist ebenfalls negativ:



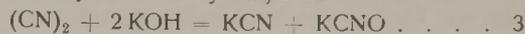
Es gilt also wie für Cyanwasserstoff, daß mit steigender Temperatur die Bedingungen für die Cyanbildung günstiger werden.

Beim Entgasungsvorgang bilden sich die Cyanverbindungen wahrscheinlich vornehmlich durch Einwirkung von Kohlenstoff auf Ammoniak bei hohen Temperaturen. Auch kommen für die Bildung Umsetzungen von Ammoniak mit Kohlenwasserstoffen und Kohlenoxyd in Frage. Ferner spielen hierbei organische Stickstoffverbindungen eine Rolle.

Eigenschaften von Cyan (Dicyan, Oxalsäurenitril).

Molekulargewicht 52,04, Schmelzpunkt – 34° C, Siedepunkt bei 760 Torr – 20,7°, Litergewicht 2,32 g/l (0°/760 Torr), Löslichkeit in Wasser bei 20°/760 Torr = 4,5 Raumteile. Die wäßrige Lösung ist wenig haltbar und zersetzt sich zu oxalsaurem und ameisensaurem Ammoniak, Cyanwasserstoff und Harnstoff unter Ausscheidung eines braunen Körpers, der Azulmsäure.

In wäßrigen Alkalienlösungen löst sich Cyan unter Bildung von Cyanid und Cyanat, z. B.:



In saurer wäßriger Lösung zerfällt Cyan in Oxalsäure und Ammoniak.

Eigenschaften von Cyanwasserstoff (Blausäure, Ameisensäurenitril).

Molekulargewicht 27,03, Schmelzpunkt – 13°, Siedepunkt bei 760 Torr + 26,5°, Litergewicht 1,20 g/l (0°/760 Torr). Cyanwasserstoff ist eine schwache Säure, entspricht in ihrer Stärke ungefähr der Borsäure und ist mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar. Dampfdrucke über wäßrigen Cyanwasserstofflösungen:

bei 18° C ¹	
Dampfdruck mm Hg	HCN in der Lösung %
100	4,0
200	8,5
300	15,0
350	19,0
400	26,0
450	69,0

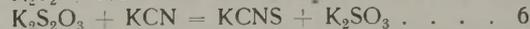
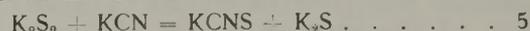
bei 20–22° und bei 30° ²		
g HCN/m ³ Gas		g HCN/l Wasser
bei rd. 21°	bei 30°	
78,00	—	21,00
8,00	9,2	2,10
0,84	1,0	0,21

Kokereigas, das 0,4–0,8 g HCN/m³ enthält, steht demnach mit einer wäßrigen Blausäurelösung im Gleichgewicht, die rd. 0,1–0,2 g HCN/l enthält. Mittels Wasserwäsche kann also der Cyanwasserstoff aus dem Gas entfernt werden. Bei komprimierten Gasen (Ferngas) kann die Auswaschung leichter durchgeführt werden, da hier der Teildruck des Cyanwasserstoffes entsprechend dem höheren Gasdruck ebenfalls höher ist. Blausäurehaltiges Abwasser ist für Fische unschädlich, wenn es weniger als 2–4 mg HCN im Liter enthält. Beim Verdünnen mit anderen alkalischen Kokereiabwässern, die Sulfide und Thiosulfat enthalten, lagert sich HCN in das für Fische unschädliche Rhodan um, siehe Gleichungen 5 und 6. Man würde also zweckmäßig das blausäurehaltige Wasser zur Berieselung von Ammoniakwäschern benutzen.

Der wäßrige Cyanwasserstoff zersetzt sich beim Stehenlassen unter Bildung von Ammoniumformiat und braunen Körpern. In saurer Lösung zerfällt er in Ameisensäure und Ammoniak, beim langsamen Durchleiten von cyanwasserstoffhaltigen Gasen durch konzentrierte Schwefelsäure wird HCN quantitativ zu Ammoniak hydrolysiert. Mit Alkalien bildet er Salze, die in Wasser leicht löslich sind, z. B.:



Diese Salze lagern bei Einwirkung von Alkalipolysulfidlösungen und von alkalischen Thiosulfatlösungen Schwefel an und bilden Rhodansalze:



Während die Kalium- und Natriumsalze des Cyanwasserstoffs stabile Salze mit Schmelzpunkten von 623° und 560° sind, sublimiert das in farblosen Würfeln kristallisierende Cyanammonium schon bei 40°, teilweise unter Zersetzung in HCN und NH₃.

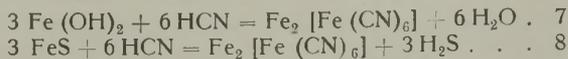
In dem bei der Gaskühlung anfallenden Kondensat sowie in dem Ammoniakwasser von den Gaswäschern liegt der Cyanwasserstoff anfangs als Cyanammonium vor; es lagert sich aber bei Einwirkung von Schwefelammonium und

¹ Landolt-Börnstein, Bd. 2, S. 1340.

² A. Sievert u. K. Rehm: Der Gasrestnachweis für Blausäure, Angew. Chem. 50 (1937) S. 88.

¹ Richtlinien für die Gasbeschaffenheit. Gas- u. Wasserfach 82 (1939) S. 745.

unter dem Einfluß von Sauerstoff¹ nach den Gleichungen 5 und 6 in Rhodanammium um. Mit Eisen bzw. Eisensulfid und Eisenoxyden bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ammoniak und Wasser reagiert der Cyanwasserstoff unter Bildung von komplexen Verbindungen und wirkt äußerst korrodierend.



Von Cyanwasserstoff werden auch andere Metalle, wie Kupfer, Zink, Zinn sowie deren Legierungen, bei denselben Bedingungen unter Bildung von Komplexsalzen angegriffen. Die Korrosionen am Abtreiber in der Benzolfabrik sind größtenteils auf die aggressive Wirkung von Cyanwasserstoff in Verbindung mit Ammoniak und Schwefelwasserstoff zurückzuführen.

Die Gegenüberstellung der Eigenschaften von Cyan und Cyanwasserstoff zeigt, daß es sich um verschiedene Stoffe handelt, die sich ähnlich wie Chlor und Chlorwasserstoff unterscheiden. Ihre summarische Bezeichnung als »Cyan« führt demnach zu Irrtümern und sollte daher vermieden werden. Die beiden Verbindungen verhalten sich sowohl chemisch als auch physikalisch verschieden. Bei der Auswaschung und Entfernung in der trockenen Schwefelreinigung ist dies unter Umständen zu berücksichtigen, sofern überhaupt Cyan im Kohlendestillationsgas enthalten ist.

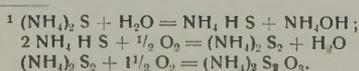
Bestimmung von Cyanwasserstoff in Gasen.

Die Bestimmung des Cyanwasserstoffes kann nach verschiedenen Verfahren durchgeführt werden. Vom Verfasser sind diese Analysemethoden eingehend beschrieben worden². Er hat auch ein auf Bildung und Messung von Bromcyan³ beruhendes jodometrisches Verfahren beschrieben, das wegen seiner einfachen und raschen Handhabung empfehlenswert ist.

Die Cyanwasserstoffbestimmungen erfassen mehr oder weniger auch das Cyan. Die alkalisch arbeitenden Bestimmungen (Feld, Bromcyan) erfassen nach der Gleichung 3 die Hälfte des Cyans. Die Verfahren, bei denen der Cyanwasserstoff als Rhodansalz ermittelt wird (Gluud und Klempt), erfassen nach Voituret⁴ das gesamte Cyan, ebenso die Schwefelsäuremethode, bei der das Cyan und der Cyanwasserstoff zu Ammoniak hydrolysiert werden. Da der Cyangehalt im Kokereigas normalerweise sehr gering ist, entstehen hierdurch keine ins Gewicht fallenden Fehler. Diese Verfahren leisten selbst dann, wenn der Cyangehalt im Gas größer sein sollte, für technische Zwecke gute Dienste, da sie die bei der Cyanauswaschung gewinnbaren Cyanwasserstoffverbindungen feststellen. So zeigen die alkalischen Bestimmungsverfahren den nach dem mit alkalischen Eisensalzlösungen arbeitenden Verfahren von Bueb⁵ im Höchstfall gewinnbaren Cyanwasserstoff an, während die Polysulfidmethode das bei dem Rhodanverfahren (Gluud)⁶ gewinnbare Rhodan bestimmt.

Bestimmung von Cyan in Gasen.

Nach Hempel⁷ bestimmt man das Cyan, indem man es zunächst mit Kalilauge absorbiert. Hierbei wird gemäß Gleichung 3 die Hälfte des Cyans in Cyankalium umgewandelt. Nach der Absorption des Cyans wird die Kalilauge mit Silbernitrat versetzt und mit Salpetersäure angesäuert. Dabei fällt das Cyanid als Silbersalz aus und wird gravimetrisch ermittelt.



² C. Eymann: Methoden zur Bestimmung von Schwefelwasserstoff und Blausäure in Gasen, Gas- u. Wasserfach 81 (1938) S. 484.

³ C. Eymann: Über rasch ausführbare Analysemethoden zur Bestimmung des Cyanwasserstoffes in Kohlendestillations- und ähnlichen Gasen, Gas- u. Wasserfach 83 (1940) S. 52.

⁴ Voituret: Brennstoff-Chem. 13 (1932) S. 264.

⁵ Handbuch der Gasindustrie, Bd. 3. München 1939. S. 293.

⁶ W. Gluud: Handbuch der Kokerei, Bd. 2. Halle 1928.

⁷ W. Hempel: Gasanalytische Methoden, 3. Aufl. Braunschweig 1900. S. 208.

Bestimmung von Cyan und Cyanwasserstoff nebeneinander in Gasen.

Rhodes¹ hat nachgewiesen, daß schwachsalpetersaure Silbernitratlösung Cyan im Gegensatz zu Cyanwasserstoff nicht absorbiert. Zur quantitativen Bestimmung leitet er das zu untersuchende Gas durch zwei hintereinandergeschaltete Absorptionsgefäße. Das erste Gefäß wird mit 10 cm³ 10%iger Silbernitratlösung beschickt, die mit einem Tropfen $\frac{n}{6}$ -Salpetersäure angesäuert ist. Das zweite Gefäß

füllt man mit $\frac{1}{2}$ n-Kalilauge. Cyanwasserstoff wird vollständig im ersten Gefäß, Cyan im zweiten absorbiert. Zum Nachweis des letztgenannten führt er den in der Kalilauge in Cyankalium umgewandelten Teil des Cyans mit Eisensulfat und Eisenchlorid in Berlinerblau über. Nach seiner Angabe lassen sich nach dieser Methode noch sicher 0,2 cm³ = 0,5 mg Cyan in dem untersuchten Gasgemisch nachweisen.

O. Pfeiffer² hat die Methode von Rhodes abgewandelt. Er absorbiert ebenfalls zunächst den Cyanwasserstoff in 10 cm³ $\frac{1}{10}$ n-Silbernitratlösung, die mit einem Tropfen $\frac{1}{4}$ n-Salpetersäure angesäuert ist, und bestimmt dann anschließend das Cyan nach dem Verfahren von Feld-Drehschmidt.

Eigene Untersuchungen zur Bestimmung von Cyan und Cyanwasserstoff.

Da die in ihrer Ausführung umständliche und zeitraubende Feld-Drehschmidtsche Methode nicht genau ist und bei kleinen Cyanwasserstoffmengen versagt, ist vom Verfasser die getrennte Bestimmung von Cyan und Cyanwasserstoff unter Zuhilfenahme des von ihm ausgearbeiteten Bromcyanverfahrens durchgeführt worden. Diese jodometrische Methode hat den Vorteil, daß man auch sehr kleine Cyanwasserstoffmengen noch genau titrieren kann.

Das untersuchte Gas stammte aus normal beheizten Horizontal-Kammeröfen der Bauart Koppers, in denen gewaschene Ruhr-Feinkohlen durchgesetzt wurden. Die Kohlen enthielten, bezogen auf trockene Kohle, rd. 26% flüchtige Bestandteile. Das Gas war im Betrieb durch Wasserwäsche, trockene Reinigung und durch das Waschölverfahren von Ammoniak und Schwefelwasserstoff befreit und das Benzol daraus gewonnen worden. Die Untersuchung verlief im einzelnen wie folgt:

Das gereinigte Steinkohlengas wurde mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 30 l/h durch einen mit 80 cm³ $\frac{1}{10}$ n-Silbernitratlösung beschicktes Zehnkugelrohr und dann durch eine mit 40 cm³ $\frac{1}{10}$ n-Silbernitratlösung gefüllte Waschflasche geleitet. Die Silbernitratlösung war mit 12 Tropfen $\frac{1}{4}$ n-Salpetersäure angesäuert; der pH-Wert der angesäuerten Silbernitratlösung betrug 3 und wurde mit Merckschem Universal-Indikatorpapier bestimmt. Das auf diese Weise vom Cyanwasserstoff befreite Gas wurde anschließend durch ein mit 80 cm³ 4 n-Kalilauge beschicktes Zehnkugelrohr geleitet und dann in einem geeichten Gasmesser gemessen. Mit Rücksicht auf den Kohlendioxyd-gehalt des Gases wurden bei jedem Versuch nur 100 l Gas durchgeleitet. Man vermied größere Gasmengen, um zu verhindern, daß das Kaliumhydroxyd in Karbonat überging und an Absorptionsfähigkeit verlor.

Während des Durchleitens des Gases durch die angesäuerte Silbernitratlösung fiel ein stärkerer Niederschlag von Silbercyanid und Acethylensilber aus. Der Acethylengehalt des Gases betrug 0,3–0,4 g/m³; er reichte zur Fällung des Silbers nicht aus, störte also nicht. Nach dem Durchgang von 100 l Gas ließ man den Inhalt des mit 4 n-Kalilauge gefüllten Zehnkugelrohres quantitativ mit Hilfe einer Pipette langsam miteingetauchter Spitze in eine schwefelsaure Bromwasserlösung einfließen. Die

¹ F. H. Rhodes: Bestimmung von Cyan und Cyanwasserstoff, Journal Ind. Engg. Chem. 1912, S. 652; Chem. Zentralbl. 1913, I, S. 847.

² Lunge-Berl: Chem. Untersuchungsmethoden, Bd. 3, 6. Aufl. Berlin 1911. S. 301.

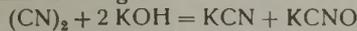
Spitze der Pipette muß in die Bromlösung eintauchen und die Lösung langsam einlaufen, damit der beim Zusammenfließen mit der sauren Bromwasserlösung im ersten Augenblick freiwerdende Cyanwasserstoff durch die Bromlösung erfaßt wird. Gibt man die Kalilauge in dieser Weise zu, so besteht keine Gefahr, daß die gleichzeitig aus dem Karbonat, das sich aus dem im Gas enthaltenen Kohlendioxyd und der Kalilauge gebildet hat, freiwerdende Kohlensäure den Cyanwasserstoff mit sich reißt.

Die saure Bromwasserlösung war hergestellt aus 50 cm³ 8 n-Schwefelsäure und Bromwasser. Sie befand sich in einer geräumigen Flasche mit Glasstopfen. Die Lösung enthielt soviel Bromwasser, daß sie tiefgelb gefärbt war.

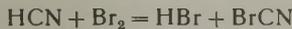
Nach der Zugabe der Kalilauge blieb die Bromwasserlösung 5 min in der verschlossenen Flasche stehen. Dann wurde der Bromüberschuß durch Zugabe von einigen Kubikzentimetern 5% iger Phenollösung entfernt. Zu der wiederholt gut durchgeschüttelten Lösung gab man nach 1/4 h rd. 0,5 g Jodkalium. Nach halbstündigem Stehenlassen im Dunkeln wurde dann mit 1/10 n-Natriumthiosulfatlösung unter Verwendung von Stärkelösung das freigewordene Jod titriert. Die Titration erfolgte unter Zuhilfenahme einer Mikrobürette.

Reaktionen¹.

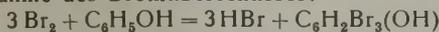
Absorption mit Kalilauge:



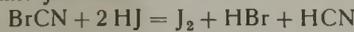
Bromierung:



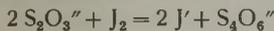
Zurücknahme des Bromüberschusses:



Umsetzung mit Jodkalium:



Titration:



1 cm³ 1/10 n-Na₂S₂O₃ zeigt an: 0,00135 g HCN
oder 0,0026 g (CN)₂.

In einem gleichzeitig angesetzten Versuch wurde das Gas ohne vorherige Entfernung des Cyanwasserstoffs unmittelbar durch Kalilauge geleitet. Die Kalilauge absorbiert hierbei den Cyanwasserstoff quantitativ und ebenfalls das Cyan, wobei sich Cyankalium bildet. Das letztgenannte wurde in derselben Weise, wie vorstehend beschrieben, über Bromcyan jodometrisch bestimmt.

Ausrechnung.

Bei beiden Versuchen durchgeleitet und im Gasmesser gemessen: 100 l (15°, 760 Torr) = $\frac{100}{100-2} = 102 l$ CO₂-haltiges Gas² = 93,2 l (0°, 760 Torr).

Titration.

	1/10 n-Na ₂ S ₂ O ₃ -Lösung
	cm ³
ohne HCN-Entfernung	4,66
nach Entfernung von HCN durch	
AgNO ₃ -Lösung	0,10
Für HCN verbraucht	4,56

¹ Da das Cyan in der Kalilauge zur Hälfte auch in Cyanat umgewandelt wird, mußte durch Vorversuche festgestellt werden, ob das Cyanat die Bromcyanmethode stört. Zu diesem Zweck wurde aus einem reinen Analysenpräparat eine 1/10 n-KCNO-Lösung hergestellt. Die Lösung enthielt, nach dem Verfahren von Wild³ untersucht, kein Cyankalium. Die reine Cyanatlösung wurde nach der vorstehend angegebenen Methode bromiert, und es zeigte sich, daß es hierbei nicht zur Bildung von Bromcyan kam. CNO⁻ verhielt sich also anders als CNS⁻, das sich bekanntlich mit Brom in Bromcyan umlagert; es stört die Bestimmung nicht.

² Bei der Gasmessung muß berücksichtigt werden, daß die Kohlensäure aus dem Gas durch die Kalilauge entfernt ist. Da der Kohlensäuregehalt 2% betrug, erhöht sich das tatsächlich untersuchte Gasvolumen.

³ W. Wild: Z. anorgan. Chem. 48 (1906) S. 122.

$$\frac{4,56 \cdot 0,00135 \cdot 100\,000}{93,2} = 6,60 \text{ g HCN}/100 \text{ Nm}^3$$

$$\frac{0,10 \cdot 0,0026 \cdot 100\,000}{93,2} = 0,28 \text{ g (CN)}_2/100 \text{ Nm}^3.$$

Ergebnisse.

HCN und (CN)₂ im gereinigten Steinkohlengas.

g HCN/100 Nm ³	g (CN) ₂ /100 Nm ³
6,60	0,28
6,80	0,10
9,60	0,16
10,20	0,05

Die Versuche ergaben, daß der Cyangehalt im gereinigten Kohlengas sehr gering ist. Die gefundenen Cyanmengen sind so klein, daß ihre Bestimmung nicht mehr genau ist, da unter dem Einfluß des Luftsauerstoffs beim Stehenlassen der angesäuerten Jodkalium enthaltenden Lösung aus der Jodwasserstoffsäure etwas Jod frei wird.

Zur Nachprüfung wurde der Cyangehalt im Gas nach dem Schwefelsäureverfahren¹ bestimmt. Man leitete das Gas durch 2 n-Schwefelsäure und dann, wie vorstehend beschrieben, durch salpetersaure Silbernitratlösung, wobei es von Ammoniak und Cyanwasserstoff befreit wird. Anschließend wurde das Gas mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 30 l/h durch konzentrierte Schwefelsäure geleitet. Diese hydrolysiert das Cyan zu Ammoniak, das in bekannter Weise in der Schwefelsäure bestimmt wird. Die äußerlich einfache Methode krankt an der umständlichen Neutralisation der konzentrierten Schwefelsäure; man muß mit größeren Flüssigkeitsmengen arbeiten. Die Versuche lieferten dieselben Ergebnisse wie das Bromcyanverfahren, und zwar Cyangehalte, die zwischen 0,05 und 0,2 g (CN)₂/100 Nm³ schwankten. Auch hier sind die Werte schon ungenau wegen der geringen Cyanmengen. Die Ergebnisse fallen innerhalb der Fehlergrenzen.

Zusammenfassung.

Im gereinigten Kokereigas, das aus gewaschenen Ruhr-Koksfeinkohlen im normalen Kokereibetrieb in Horizontalkammeröfen hergestellt war, lagen die Cyanverbindungen vorwiegend als Cyanwasserstoff vor. Der Cyangehalt war so gering, daß er analytisch nur ungenau erfaßt werden konnte. Das Gas war praktisch cyanfrei.

Die im Schrifttum öfters gemachten Angaben, wonach Cyan im »Leuchtgas« enthalten sein soll, beziehen sich wohl auf Gase, die bei sehr heißer Destillation anfallen; vielleicht sind diese Angaben auch teilweise darauf zurückzuführen, daß man häufig die Cyanverbindungen summarisch als »Cyan« bezeichnet, wodurch Irrtümer entstehen können. Zur Vermeidung von Unklarheiten ist es erforderlich, daß man die Cyanverbindungen im Gas mit dem richtigen Namen benennt, zumal Cyan und Cyanwasserstoff physikalisch und chemisch verschiedene Körper sind. Da die gebräuchlichen Analysenverfahren neben dem Cyanwasserstoff auch das Cyan teilweise oder ganz erfassen, empfiehlt es sich, durch besondere Versuche stichprobenweise den Cyangehalt zu bestimmen, um festzustellen, ob dieser überhaupt in nennenswerten Mengen im Gas vorhanden ist.

Für die Prüfung des Gases auf seinen Gehalt an Cyanverbindungen stehen heute einfache und rasch ausführbare Analysenmethoden zur Verfügung. Man ist so in der Lage, ohne Schwierigkeiten den Cyanverbindungen im Gas erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Dies ist besonders im Hinblick auf die stetig zunehmende Erzeugung und Verwendung von Gas erforderlich, weil hierdurch die Ansprüche an den Reinheitsgrad des Gases immer mehr steigen.

¹ s. C. Eymann: Methoden zur Bestimmung von Schwefelwasserstoff und Blausäure in Gasen, Gas- u. Wasserfach 81 (1938) S. 484.

PATENTBERICHT

Gebrauchsmuster-Eintragungen¹,

bekanntgemacht im Patentblatt vom 10. Oktober 1940.

1a. 1491980. Wilhelm Seltner, Schlan (Protektorat Böhmen und Mähren). Siebvorrichtung mit Schabern. 22.9.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

1c. 1491936. Klöckner-Humboldt-Deutz AG., Köln. Schaumswimmvorrichtung mit von unten erforderndem Antrieb. 28.4.39.

81e. 1491816. Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Jena. Fördervorrichtung. 29.7.40. Protektorat Böhmen und Mähren.

81e. 1491817. Klöckner-Humboldt-Deutz AG., Köln. Trogkettenförderer. 31.7.40.

81e. 1492047. Mitteldeutsche Stahlwerke AG., Riesa. Tragrollenböckchen für Bandförderanlagen. 11.2.39.

Patent-Anmeldungen¹,

die vom 10. Oktober 1940 an drei Monate lang in der Auslegehalle des Reichspatentamtes ausliegen.

10a, 4/01. B. 175 208. Dr. Joseph Becker, Pittsburgh (Pa., V. St. A.). Koksofenbatterie; Zus. z. Pat. 670 793. 14.8.36. V. St. A. 17.8.35.

10a, 12/01. O. 24 348. Erfinder: Louis Wilputte, Neuyork. Anmelder: Dr. C. Otto & Comp. GmbH., Bochum. Selbstdichtende Koksofenur. 25.10.39. V. St. A. 9.6.39.

10a, 18/01. J. 64 386. Erfinder: Dr. Hans Bähr, Ludwigshafen (Rhein). Anmelder: I. G. Farbenindustrie AG., Frankfurt (Main). Verfahren zur Gewinnung von Teer und festem Koks; Zus. z. Anm. J. 61 317. 19.4.39. Protektorat Böhmen und Mähren.

10a, 22/05. H. 161 623. Erfinder: Dr. Wilhelm Urban und Dr. Frau Salzer, Gelsenkirchen-Buer. Anmelder: Hydrierwerk Scholven AG., Gelsenkirchen-Buer. Verfahren zum Aufarbeiten von ölhaltigen Schleudrückständen der Druckhydrierung aschehaltiger Brennstoffe. 12.2.40. Protektorat Böhmen und Mähren.

10b, 8. J. 62 983. Erfinder: Dr. Gerhard Eyber, Dipl.-Ing. Ludwig Wolf, Leuna, und Dipl.-Ing. Heinrich van Thiel, Berlin. Anmelder: I. G. Farbenindustrie AG., Frankfurt (Main). Verfahren zur Verarbeitung alkalireicher Braunkohlen. 25.11.38. Protektorat Böhmen und Mähren.

35b, 1/23. M. 142 495. Erfinder: Dr.-Ing. Hellmut Ernst, Nürnberg. Anmelder: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG., Nürnberg. Bremschuh für Schienenfahrzeuge, besonders für Verladebrücken o. dgl. 8.8.38.

Deutsche Patente.

(Von dem Tage, an dem die Erteilung eines Patentes bekanntgemacht worden ist, läuft die fünfjährige Frist, innerhalb deren eine Nichtigkeitseklage gegen das Patent erhoben werden kann.)

5c (10₀₁). 696 265, vom 16. 11. 37. Erteilung bekanntgemacht am 15. 8. 40. Diplom-Bergingenieur Walter Wiebecke in Alsdorf (Kr. Aachen). *Vorrichtung zum Rauben von Grubenstempeln*. Zus. z. Pat. 638 876. Das Hauptpat. hat angefangen am 6. 2. 35. Der Schutz erstreckt sich auf das Land Österreich.

Der Bügel, der bei der durch das Hauptpatent geschützten Vorrichtung den oberen Teil von zweiteiligen Grubenstempeln auf deren ihn gleitend tragenden unteren Teil mit Hilfe eines hölzernen Raubkeiles festhält, indem er die Stoßstelle zwischen den beiden sich beim Rauben aufeinander verschiebenden Stempelteilen überbrückt, ist seitlich an dem dieser Stoßstelle zugewandten Ende eines der Stempelteile befestigt und endet im Abstand vom Hangenden oder Liegenden. Der Bügel kann sehr einfach und leicht sein und wird, weil er an einem der Stempelteile befestigt ist, mit diesem Stempelteil gerausbt. Die Stempelteile können aus einem beliebigen Werkstoff bestehen. Besteht der eine Stempelteil aus Holz und der andere Teil aus Eisen, so kann zwischen die beiden Teile eine eiserne Druckplatte eingeschaltet werden, die mit dem eisernen Stempelteil und gleichzeitig mit dem Bügel fest verbunden sein kann.

10a (38₀₁). 696 041, vom 17. 6. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 8. 40. Ingenieur Peter Lerner in Rettenegg und Hans Pressler in Donawitz (Obersteiermark). *Zerlegbarer, ortsveränderlicher stehender Retortenofen*.

Die Retorte des Ofens besteht aus mehreren lösbar miteinander verbundenen Ringen von geringem Gewicht, hat am oberen Ende sowie in der Nähe des Bodens je einen Rohrstützen und ist mit allseitigem Abstand in einem aus mehreren leicht lösbar miteinander verbundenen Ringen von geringem Gewicht bestehenden Heizmantel angeordnet. Der unterste Teil der Retorte ist mit einem durch Schweißung mit ihm verbundenen, als Träger für eine feuerfeste Auflage dienenden Drahtgeflecht umgeben, das verhindert, daß der Teil durch die Heizgase angegriffen wird. Zwischen den beiden Rohrstützen der Retorte und den an diese angeschlossenen Ableitungsrohren kann eine Abschlußvorrichtung, z. B. eine Drosselklappe, eingeschaltet werden. Die Abschlußvorrichtungen gestatten es, die in verschiedenen Abschnitten des Heiz- und Verkohlungs-

vorganges sowie bei verschiedener Führung des Betriebes anfallenden tropfbar flüssigen und festen Destillationserzeugnisse voneinander getrennt zu gewinnen. Die Retorte kann an ihrem oberen Ende mit einem Einlaßstutzen für Dampf versehen sein, der eine Wasserdampfdestillation ermöglicht.

81e (48). 695 937, vom 2. 10. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 8. 40. Josef Brand in Duisburg-Hamborn. *Wendelrutsche aus keramischem Werkstoff für Kohlenförderung*.

Die Rutsche, die besonders zum lotrechten Abwärtsfördern von Kohle untertage dienen soll, ist aus einzelnen zylindrischen Teilen zusammengesetzt, die bündig aufeinandergesetzt werden. In den Teilen ist der Wendelgang der Rutsche als Höhlung eingearbeitet. An den am meisten beanspruchten Stellen der aufrechtstehenden Höhlung der Teile kann man eine dem zu erwartenden Verschleiß entsprechende Menge Baustoff belassen. Der Wendelgang der Teile kann rinnenartig ausgebildet sein, und die aufeinandergesetzten Teile können mit Feder und Nut ineinandergreifen. Damit sich die Teile so aufeinander setzen lassen, daß ihre Wendelgänge richtig ineinander übergehen, können an den Federn und Nuten der Teile Vorsprünge und Aussparungen vorgesehen werden, die bei richtiger Lage der Teile ineinandergreifen. Durch die Verwendung der Vorsprünge und Aussparungen werden besondere Verbindungsmittel überflüssig, so daß sich die Rutsche schnell aufbauen läßt, was für den Untertagebetrieb wichtig ist.

81e (48). 695 938, vom 21. 8. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 8. 40. Peter Lühdorff in Köln-Lindenthal. *Flachgängige Wendelrutsche, deren Gänge offen liegen oder in einen Zylinder eingebaut sind und die durch eine Rüttelvorrichtung lotrechte Schwingungen erhält*.

In der Rutsche wird dem Fördergut dadurch eine in der Förderrichtung schräg aufwärts gerichtete Wurfbewegung erteilt, daß der Wendelgang der Rutsche gleichzeitig um seine senkrechte Achse hin- und hergedreht und in senkrechter Richtung auf- und abwärts bewegt wird. Die Bewegungen des Wendelganges werden durch an dem Wendelgang oder an dem diesen umgebenden zylindrischen Gehäuse der Rutsche angreifende Wuchtmassenantriebe erzeugt. Diese Antriebe sind auf zwei parallelen, durch Getriebe miteinander verbundenen Wellen angeordnet und versetzen den Wendelgang in eine zusammengesetzte senkrecht-waagerechte Schwingbewegung.

81e (58). 695 939, vom 22. 9. 38. Erteilung bekanntgemacht am 8. 8. 40. Maschinenfabrik Halbach, Braun & Co. in Wuppertal-Blombacherbach. *Vorrichtung zum Freihalten der Laufbahn von Rollenrutschen durch eine Abdeckung*.

An der unteren Laufbahn der Rutschen sind auf beiden Seiten winkelförmige Platten lösbar oder gelenkig (schwenkbar) befestigt, die die Laufbahn seitlich und oben abdecken. Die Platten können gelenkig an Platten befestigt werden, die den unteren Teil der Laufbahn seitlich begrenzen und die Laufbahn mit sich auf dem Liegenden abstützenden Bügeln unten umfassen. Zur gelenkigen Verbindung der winkelförmigen Abdeckplatten mit den den unteren Teil der Laufbahn der Rutschen seitlich begrenzenden Platten kann man Gelenkbänder mit Langlöchern verwenden. Die Abdeckplatten liegen in diesem Fall auf den seitlichen Platten auf, wenn sie sich in der Lage befinden, in der sie die Laufbahn abdecken, und müssen angehoben werden, wenn man sie ausschwenken will. Die Abdeckplatten nehmen nicht an der Bewegung des Rutschentrogtes teil und können beim Umbau der Rutsche für sich oder zusammen mit den Teilen der unteren Laufbahn der Rutsche versetzt werden.

81e (62). 696 214, vom 5. 2. 39. Erteilung bekanntgemacht am 15. 8. 40. G. Polysius AG. in Dessau. *Vorrichtung zum Fördern von pulverförmigem Massengut in Förderrinnen unter Anwendung eines gasförmigen Druckmittels*. Erfinder: Hans Dorn in Dessau.

Im Boden der Rinnen sind Platten aus einem porösen Baustoff angeordnet, durch die ein gasförmiges Druckmittel in feinverteiltem Zustande in das Gut eingeblasen wird. Damit das Druckmittel das Gut auch durch die

¹ In den Gebrauchsmustern und Patentanmeldungen, die am Schluß mit dem Zusatz "Protektorat Böhmen und Mähren" versehen sind, ist die Erklärung abgegeben, daß der Schutz sich auf das Protektorat Böhmen und Mähren erstrecken soll.

Rinnen fördert, wenn sie waagrecht liegen oder in der Förderrichtung ansteigen, sind die in dem Boden der Rinne eingebauten Platten in der Förderrichtung nach Art eines Treppenrostes schräg ansteigend angeordnet. Das durch den aufrechtstehenden Teil der Platten hindurchtretende Druckmittel überwindet den Widerstand, den die schrägen Flächen der Platten dem Gut in der Förderrichtung entgegensetzen. Um die Fortbewegung des Gutes auf den schräg ansteigenden Flächen der Platten zu erleichtern, kann man die Größe der Poren und das Porenvolumen der Platten so groß wählen, daß das durch die Poren tretende Druckmittel gerade zur Verflüssigung des Gutes ausreicht. Die Größe und das Volumen der Poren des aufrechtstehenden Teiles der Platten können dagegen so groß bemessen werden, daß das durch diese hindurchtretende Druckmittel die Fließbewegung des Gutes unterstützt.

81e (132). 696360, vom 13. 8. 38. Erteilung bekanntgemacht am 15. 8. 40. Heinrich Nacken in Hannover-Linden. *Einrichtung zum selbsttätigen Entleeren von offenen Behältern.*

BÜCHERSCHAU

Zur Besprechung eingegangene Bücher.

- Freydank, Hanns: Martin Luther und der Bergbau. (Bilder aus der Mansfelder Vergangenheit, Bd. 4.) 112 S. mit 43 Abb. Eisleben-Lutherstadt, Schriftenreihe des Mansfelder Heimatverlages Ernst Schneider.
- : Salinengeräte in der Heraldik. (Aus »Saline« Jahreshaft Nr. 4 für den Verein Deutscher Salinen.) 70 S. mit 40 Abb. und 6 Taf.
- : Fünfundszig Jahre Mansfelder Pflastersteine 1863 bis 1938. Mit Unterstützung von K. Fiedler,

Die Einrichtung hat eine die gefüllten Behälter aufnehmende, axial drehbare Trommel, die zur Entleerung der Behälter gedreht wird.

Die Behälter werden, nachdem sie in die Trommel eingeführt sind, durch einen Deckel verschlossen, der mit einem Scharnier an der Trommel befestigt ist. Nach Drehung der Trommel um 180° legt sich der Deckel mit der dem Scharnier gegenüberliegenden Seite auf eine nach außen gerichtete ortsfeste Führung, und bei Weiterdrehung der Trommel verschiebt sich der Deckel auf der Führung in waagerechter Lage, bis er vollständig aus der Trommel herausgetreten ist. Das freie Ende des Deckels kann von an der Trommel vorgesehenen Klinken in der Schließlage gehalten werden. Die Klinken werden durch ortsfeste Anschläge gelöst, die so angeordnet sind, daß im Augenblick des Lösens der Klinken am freien Ende des Deckels vorgesehene Rollen in Höhe der ortsfesten Führung liegen. Durch die Rollen wird der Deckel unter dem sich weiterdrehenden Behälter hinweg seitlich zu der Stelle geführt, an der das auf dem Deckel liegende Gut den Deckel verläßt.

O. Schmidt und E. Wahl, Eisleben. Hrsg. von der Mansfeld AG. 305 S. mit Abb. und 1 Karte. Eisleben, Ernst Schneider. Preis geb. 10 *R.M.*

Rube, Kurt: Photogrammetrie. (Handbuch für das Vermessungswesen, Bd. 4.) 111 S. mit 83 Abb. Berlin, Otto Elsner, Verlagsgesellschaft. Preis in Pappbd. 3,60 *R.M.*

Dissertation.

Young, Yung-Chih: Die Bestimmung der Verwendbarkeit von Dieselkraftstoffen in der Kälte. (Technische Hochschule Berlin.) 14 S. mit Abb.

ZEITSCHRIFTENSCHAU¹

(Eine Erklärung der Abkürzungen ist in Nr. 1 auf den Seiten 21—23 veröffentlicht. * bedeutet Text- oder Tafelabbildungen.)

Geologie und Lagerstättenkunde.

Grundwasser. Schweigel, Karl und Volker Fritsch: Elektrische Messung kleinster Grundwassergeschwindigkeiten. Gas- u. Wasserfach 83 (1940) Nr. 39 S. 481/85 u. Nr. 40 S. 501/04*. Elektrische Voraussetzungen. Allgemeines über elektrische Verfahren. Das Versuchsgelände. Durchführung der Messung.

Bergtechnik.

Allgemeines. Altena, W.: Die Wahl der zweckmäßigsten Betriebsspannung für die Elektrifizierung untertage. Glückauf 76 (1940) Nr. 40 S. 541/45*. Darlegung der Überlegenheit der 500-V-Spannung in wirtschaftlicher und betriebstechnischer Hinsicht sowie Nachweis, daß auch in sicherheitlicher Beziehung keine erhöhten Gefahren vorhanden sind.

Tiefbohren. Schärfig, A. und E. Nebe: Die erste gerichtete Tiefbohrung im Nienhagener Feld. Öl u. Kohle 36 (1940) Nr. 35 S. 325/29*. Bericht über die bei der ersten gerichteten Tiefbohrung gemachten Erfahrungen. Beeinflussung der Neigung und Richtung des Bohrloches. Verlauf der Bohrung und Erfolg der Richtarbeiten.

Richter, Hans: Ein neuer Abflußregler für den Gasabscheider der Erdölsonden. Öl u. Kohle 36 (1940) Nr. 33 S. 315/18*. Beschreibung eines neuen Geräts, das durch gleichzeitige Einwirkung von Druck- und Niveauimpuls auf einen Regelschieber in Zusammenwirken mit einem Zusatzschieber die zuverlässige Trennung von Gas und Öl gewährleistet.

Grubenausbau. Bestel: Die Verwendbarkeit des Buchenholzes als Grubenholz. Bergbau 53 (1940) Nr. 19 S. 249/53. Sachmäßige Behandlung des Holzes. Ergebnisse von Prüfstandsversuchen. Erfahrungen im Betriebe. Richtlinien des Oberbergamts Dortmund für die Zulassung von Buchenholz in Grubenbetrieben.

Keienburg, F.: Die an Stahlstempel zu stellenden Anforderungen. Bergbau 53 (1940) Nr. 19 S. 253/55. Anpassung des Stahlstempels an die Verhältnisse bei Vollversatz, Blindort-, Spar- oder Teilversatz sowie bei Strebbrubau.

Gewinnung. Braunsteiner, Karl: Die Hereingewinnung der Steinkohle durch planmäßige Schießarbeit. Z. ges. Schieß- u. Sprengstoffwes. 35 (1940) Nr. 9 S. 199/200*. Zunehmende Anwendung der planmäßigen Schießarbeit und die dadurch erzielbare Leistungssteigerung. Beispiele für die erfolgreiche Einführung.

Pickert, Friedrich: Gewinnung von Bodenschätzen durch Mammutpumpen. Bergbau 53 (1940) Nr. 20 S. 263/65*. Beschreibung verschiedener Mammutpumpenanlagen und ihre Leistung.

Förderung. Malter, F.: Vollselbsttätige Wagenumsetzvorrichtung für Füllstellen. Bergbau 53 (1940) Nr. 20 S. 265/69*. Bauart, Betriebsweise, Leistung und Bewahrung der Vorrichtung.

Grubenbrände. Cabolet, P.: Schließen und Öffnen eines Brandfeldes auf der Zeche Constantin der Große 1/2 in Bochum. Glückauf 76 (1940) Nr. 41 S. 553/61*. Ursachen des Grubenbrandes und Abdämmung des Brandfeldes. Beobachtungen und Arbeiten bei der nach 3½ Jahren vorgenommenen Öffnung des Brandfeldes.

Berghoff, F.: Versuche und Ergebnisse bei der Feuerbekämpfung durch Kalksteinstaubtrübe. Glückauf 76 (1940) Nr. 41 S. 561/63*. Beschreibung des benutzten Löschwagens und des Verfahrens, dessen Vorzüge in der wirksamen Verhinderung des Sauerstoffzutritts zum Brande und der geringeren Wasserdampfentwicklung bestehen.

Grubensicherheit. Homel, Heinrich: Die Versuchsstrecke der Knappschaftsberufsgenossenschaft in Brück. Kompaß 55 (1940) Nr. 9 S. 63/65*. Beschreibung der Gebäude und Einrichtungen sowie Kennzeichnung der hauptsächlichsten Untersuchungen.

Aufbereitung und Brikettierung.

Allgemeines. Götte, A.: Neuere Aufbereitungsprobleme. Met. u. Erz 37 (1940) Nr. 18 S. 349/57. Beleuchtung einiger für die Praxis wichtiger Fragen aus dem Gebiete der Sortierung, Zerkleinerung, Klassierung und Entwässerung.

Lutze, W. F.: Umstellung auf Kunstharz-Preßstofflager in Hartzerkleinerungs- und Aufbereitungsmaschinen. Z. VDI 84 (1940) Nr. 37 S. 691/92*. Besprechung einiger Beispiele, bei denen die früher gebräuchlichen Lagerwerkstoffe, wie Gußbronze und Lagerweißmetalle, durch Kunstharzpreßstoffe ersetzt wurden.

¹ Einseitig bedruckte Abzüge der Zeitschriftenschau für Karteizwecke sind vom Verlag Glückauf bei monatlichem Versand zum Preise von 2,50 *R.M.* für das Vierteljahr zu beziehen.

Braunkohle. Vollmaier, Alexander: Genauigkeit und Vergleichsfähigkeit der üblichen Festigkeitsuntersuchungen an Braunkohlenbriketts. Braunkohle 39 (1940) Nr. 38 S. 411/17*, Nr. 39 S. 425/30*. Kennzeichnung der verschiedenen Verfahren zur Prüfung der Biege-, Druck- und Abriebfestigkeit. Mitteilung umfangreicher Untersuchungsergebnisse.

Erz. Gründer, Werner und Ernst Kadur: Das Verhältnis der Schaumoberfläche zum Volumen bei Flotationszellen. Met. u. Erz 37 (1940) Nr. 18 S. 367/72. Grundlagenforschung. Schaumoberfläche und Zelleninhalt. Die Versuchszelle. Normung der Versuchsbedingungen. Auswertung der Versuchsergebnisse. Flotationsablauf und Massenwirkungsgesetz.

Grumbrecht, Alfred: Der derzeitige Stand und Aussichten der elektrostatischen Aufbereitung. Met. u. Erz 37 (1940) Nr. 18 S. 357/63*. Entwicklung des Verfahrens in Deutschland und Amerika. Neuere Untersuchungen an der Bergakademie Clausthal. Aussichten.

Rüder, Heinrich-Bernhard: Neuzeitliche Elektro-scheider. Met. u. Erz 37 (1940) Nr. 18 S. 363/67*. Grundsätzliches. Die Hochspannungserzeugungsanlage. Scheiderbauten. Die Aussichten des Verfahrens.

Krafterzeugung, Kraftverteilung, Maschinenwesen.

Dampfkraftwerke. Van Berckel, F. W.: Verdopplung der Dampferzeugung durch Erneuerung von Kesselhaus I der staatlichen niederländischen Zeche Maurits zu Lutterade. (Forts.) Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 22 (1940) Nr. 8 S. 118/22*. Die Saugzuganlage. Dampfleitungen. Geräte und Bedienung. Betriebsergebnisse: Dampferzeugung und Dampftemperatur. (Schluß f.)

Reichardt, R.: Hochleistungs-Kesselanlage für Dampffördermaschinen. Glückauf 76 (1940) Nr. 39 S. 537/38*. Aufbau und Schaltung der Kesselanlage. Dampfentnahme und Druckverlauf. Fortschritte gegenüber der früheren Anlage.

Matthaei: Erweiterung eines 15-atü-Kraftwerkes durch eine Vorschaltanlage. Wärme 63 (1940) Nr. 37 S. 315/18*. Entstehung und Ausbau des Kraftwerkes. Ausführung und Bewahrung der Vorschaltanlage mit Rauchgaszwischenüberhitzung.

Feuerungen. Stöber: Erfahrungen mit dem Völcker-Kettenrost. Braunkohle 39 (1940) Nr. 36 S. 387/90*. Beschreibung eines für die Verfeuerung gasarmer, mulmiger, die Luft schlecht durchlassender Kohle bestimmten Rostes, bei dem zum Fortbewegen und Auflockern der Kohle eine Art Gliederkette verwendet wird. Erfahrungen eines fünfjährigen Betriebes.

Lenhart, Kurt: Pendelschurren für Wanderroste. Feuerungstechn. 28 (1940) Nr. 9 S. 201/03*. Bedeutung eines gleichmäßigen Kohlenbettes auf dem Rost. Beschreibung verschiedener Bauarten von Pendelschurren mit Handbedienung sowie mit oberem und unterem elektrischem Antrieb.

Speisewasser. Hofer, Carl: Betriebsergebnisse einer Wofatit-Anlage. Arch. Wärmewirtsch. 21 (1940) Nr. 9 S. 185/87*. Ergebnisse der Überprüfung einer seit einem Jahr in Betrieb befindlichen Anlage, bei der ein auf Kunstharzgrundlage beruhender Basenaustauscher Verwendung findet.

Fördermaschinen. Dümmler, F.: Arbeitsweise und Energieverbrauch von Dampffördermaschinen. Archiv für bergbauliche Forschung 1 (1940) Nr. 1 S. 27/48*. Ermittlung der Dampfverbrauchsverhältnisse unter Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchung und die Aufstellung eines einfachen Ausdruckes für den Dampfverbrauch eines Förderzuges. Arbeitsweise und indizierter Wirkungsgrad einer Fördermaschine. Mechanische Verhältnisse und Reibung. Die Messung des Dampfverbrauches. Der indizierte Wirkungsgrad nach Meßergebnissen. Der spezifische Wärmeverbrauch. Ergebnisse.

Kondensatormotor. Berg, Hans Th.: Das Anlaufmoment des Kondensatormotors. Elektrotechn. Z. 61 (1940) Nr. 39 S. 885/88*. Den üblichen Gleichungen für das Anzugsmoment werden Formeln gegenübergestellt, die ohne Winkelfunktionen schnell die gewünschten Daten im Kurzschluß zu bestimmen gestatten.

Chemische Technologie.

Kokerei. Kleingrothaus, W.: Die Entstehung von Graphit im Koksofen und seine Gewinnung. Glückauf 76 (1940) Nr. 40 S. 548/49*. Empfehlung eines auf dem Druckkopf der Ausdruckmaschine aufgesetzten

Räumers, mit dem der Graphit aus dem Gassammelraum abgestreift werden kann.

Siebel, Hans und Karl Stosick: Geräte zum selbsttätigen Aufzeichnen des Kammerwechsels bei Koks- und Gaserzeugungsöfen. Gas- u. Wasserfach 83 (1940) Nr. 40 S. 499/500*. Schilderung einer Einrichtung, die auf dem Wege elektrischer Fernübertragung die Aufzeichnung der Stoßzeiten von Kammeröfen ermöglicht.

Gasreinigung. Fitz, Wilhelm: Die Schwefelwasserstoffentfernung aus verdichteten Gasen nach dem Kupfers-Pottasche-Verfahren. Brennstoff-Chem. 21 (1940) Nr. 19 S. 222/25*. Physikalische Grundlagen, technische Durchbildung und Ergebnisse der ersten Großanlage auf einer Kokerei.

Gasbehälter. Schmid, Christoph: Über Versuche zur Ermittlung des günstigsten Verfahrens zur ersten Füllung von Hochdruckkugelgasbehältern. Gas- u. Wasserfach 83 (1940) Nr. 37 S. 453/58*. Bei der Inbetriebnahme wurden drei Möglichkeiten der Gaseinführung erprobt, deren Vorzüge und Nachteile gegeneinander abgewogen werden. Rechnerische Verfolgung der Durchmischung von Gas und Luft und Ermittlung des Diffusionskoeffizienten.

Kogasin. Fischer, Franz und Ferdinand Weinrotter: Thermische Spaltung von Kogasin zu gasförmigen Olefinkohlenwasserstoffen. Brennstoff-Chem. 21 (1940) Nr. 18 S. 209/17*. Versuchsanordnung. Versuchsergebnisse und deren Auswertung. Umsatzbilanz und Energiebedarf bei der thermischen Spaltung von Kogasin. 1. und 2. Analyse der Krackgase nach den Tieftemperaturdestillationsverfahren. Schrifttum.

Lignitverwertung. Beyschlag, R.: Der heutige Stand der Lignitverwertung. Braunkohle 39 (1940) Nr. 37 S. 399/403*. Chemischer und mechanischer Aufschluß der Lignite. Erörterung der Verwertungsmöglichkeit für 1. Zellstoff — Papier; 2. Lignitwatte — Pappe; 3. Verzuckerung — Hefeweiß bzw. Alkoholtreibstoffe.

Hüttenwesen.

Eisenerzverhüttung. Durrer, Robert: Die Verhüttung der Eisenerze auf alten und neuen Wegen. Stahl u. Eisen 60 (1940) Nr. 40 S. 878/82*. Erörterung der Möglichkeit, die Verhüttung im Hochofen durch günstigere Verfahren zu ersetzen. Vergleich des Hochofens mit dem Drehofen und mit dem elektrischen Verhüttungsöfen. Meinungsaustausch.

Recht und Verwaltung.

Bergrecht. Schlüter, Wilhelm: Zum 75jährigen Bestehen des Preussischen Berggesetzes. Glückauf 76 (1940) Nr. 39 S. 532/37. Die Bedeutung des Preussischen Berggesetzes. Änderungen in den Jahren 1925–1940. Die Überleitung des Bergwesens auf das Reich und das kommende Reichsberggesetz.

Liesegang, C.: Überblick über die Entwicklung des Bergrechts in Elsaß-Lothringen. Glückauf 76 (1940) Nr. 37 S. 506/08. Schilderung der Entwicklung in den Zeitabschnitten 1700–1870, 1871–1918 sowie nach 1918.

Steuerrecht. Pinkerneil, Fr. A.: Steuerliche Abschreibungen im Bergbau. Glückauf 76 (1940) Nr. 39 S. 528/32. Notwendigkeit, den steuerlichen Abschreibungsbegriff den Anforderungen des Bergbaues anzupassen, im besonderen den Fragen der Lebensdauer, der Bergschäden, des bergbaulichen Wagnisses und des durch die Zeitumstände auferlegten Förderprogramms.

Oberste-Brink, K.: Die Stellung der Bergschadenskosten in der Bilanz. Glückauf 76 (1940) Nr. 40 S. 545/47. Erörterung der für die Behandlung des Bergschadens in der Bilanz maßgebenden Gesichtspunkte.

Arbeitsrecht. Müller, P.: Das Arbeitsverhältnis der zum Wehrdienst Einberufenen. Braunkohle 39 (1940) Nr. 39 S. 423/24. Fortbestehen des Arbeitsverhältnisses im Falle der Einberufung. Das Ruhen der Rechte und Pflichten. Kündigung des bestehenden Arbeitsverhältnisses.

Wirtschaft und Statistik.

Eisenpreise. Dichgans, H.: Die Neureglung der Eisenpreise. Stahl u. Eisen 60 (1940) Nr. 39 S. 845/54*. Begriff und Geschichte der Eisenfrachtgrundlage. Bedeutung für die eisenschaffende Industrie und für die Eisenverbraucher. Lösungsmöglichkeiten. Anlaß und Durchführung der Neureglung.

Spanien. Ruprecht, Paul: Spaniens Erzbergbau. Glückauf 76 (1940) Nr. 40 S. 549/50. Übersicht über die wichtigsten Erzeugnisse und die Vorräte des spanischen Erzbergbaues.