



AUSGEBEN
AM 12. OKTOBER 1921

REICHSPATENTAMT
PATENTCHRIFT

— № 342020 —

KLASSE 12i GRUPPE 32

Dr. Otto Lummer in Breslau.

Verfahren zur Verflüssigung von Kohlenstoff.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 6. Juni 1914 ab.

Versuche des Erfinders ergaben, daß die Temperatur des positiven Kraters einer in freier Luft (bei Atmosphärendruck) brennenden Bogenlampe selbst dann dauernd dieselbe bleibt, wenn man die bisher gebräuchliche (normale) Stromstärke, bei welcher der Krater die ganze Oberfläche der positiven Kohle bedeckt (bei rund 6-mm-Kohledurchmesser etwa 10 bis 12 Amp.), erheblich steigert. Die Temperatur des positiven Kraters einer frei brennenden Bogenlampe überschreitet also, wie der Erfinder zuerst erkannte, auch bei Zuführung beliebiger Energiemengen niemals eine bestimmte Höchsttemperatur (etwa 4200° abs.). Es gelang dem Erfinder ferner, auch die Temperatur des negativen Kraters der frei brennenden Bogenlampe, welche Temperatur immer um mehrere 100° (6 bis 700°) niedriger ist als diejenige des positiven Kraters, auf die Höchsttemperatur des positiven Kraters zu bringen, ohne daß auch diese Temperatur durch Steigerung der Energiezufuhr erhöht werden konnte. Die Temperaturen wurden in allen Fällen durch die Flächenhelligkeit gemessen. Der Erfinder schloß daher: »Wenn mit dieser von der Stromstärke unabhängigen Höchsttemperatur der Bogenlampenkohlen die Verdampf- (Sublimations-) Temperatur der Kohle gefunden war, so muß diese Temperatur mit abnehmendem Druck sinken und mit zunehmendem Druck steigen.«

Zur Untersuchung der Abhängigkeit dieser Höchsttemperatur von dem Druck wurde die Bogenlampe in verdünnter Luft (also bei Unterdruck) gebrannt und die Temperatur der Krater bei verschiedenen Unterdrücken neuerdings

durch die Flächenhelligkeit gemessen. Hierbei war die Bogenlampe in ein an eine Luftpumpe angeschlossenes Gefäß eingebaut, welches gegenüber den Kratern mit einer deren Beobachtung ermöglichenden verglasten Schauöffnung versehen war. Die Krater hatten in der Tat eine niedrigere Temperatur als bei Atmosphärendruck. Abgesehen hiervon zeigte sich aber bei einem Unterdruck von etwa $\frac{1}{2}$ Atmosphären plötzlich ein merkwürdiges Schauspiel:

Die ganze Oberfläche des positiven Kraters, welche bisher wie eine diffus beleuchtete Fläche aussah, aus welcher sich auch die dunklen Risse deutlich und scharf heraushoben, zeigte mit einem Male ein ganz verändertes Aussehen: es schien, soweit mit den damaligen Mitteln beobachtet werden konnte, als ob in einer flüssigen, nicht abtropfenden Oberflächenschicht erheblich hellere Perlen herumschwammen, und die Flüssigkeit siedete und brodelte.

Bei einer etwa 30fachen Vergrößerung des Bildes der Krater konnte dann beobachtet werden, daß man es mit drei gesondert zu betrachtenden Elementen zu tun hat: 1. mit einer Flüssigkeit (»Kohleteich«), 2. mit in dieser befindlichen, heller als der Kohleteich leuchtenden, eckigen (zumeist sechseckigen) Individuen (»Fischen«) und 3. mit einem am Grund des Kohleteichs befindlichen, aus sechseckigen Zellen sich zusammensetzenden Gerüst (»Waben«). In dem Kohleteich tummeln sich die helleren Fische, äußerst schnell von Ort zu Ort eilend, herum. Mitunter bildet sich auch an einzelnen Stellen der Oberfläche des Kohleteichs eine dünne, feste »Kruste«, unter welcher man deutlich die Fische und sogar häufig deren Bewegung er-

kennt. Alle diese Erscheinungen deuten darauf hin, daß man es nicht mit einer optischen Täuschung, sondern in der Tat mit dem flüssigen Zustand der Kohle zu tun hat, zumal
 5 das Erstarrungsprodukt, wenn man den Strom über der Bogenlampe unterbricht, nach Aussehen, physikalischen Eigenschaften und chemischer Analyse sich bei Verwendung aller möglichen (Homogen-, Docht- und getränkten)
 10 Kohlen in sehr verunreinigtem und auch sehr reinem (Aschengehalt nur etwa 0,07 Prozent) Zustände sowie bei Verwendung glasklarer Diamanten ausnahmslos als reinstes Graphit erwies. Dieser »leichtflüssige« Zustand stellt
 15 sich auf der ganzen Kohlenoberfläche bei einem Unterdruck von etwa $\frac{1}{2}$ Atm., aber stets nur bei der normalen Stromstärke (für 6-mm-Kohlen etwa 10 bis 12 Amp.) ein; steigert man die Stromstärke, so geht die Kohle aus dem flüssigen Zustand wieder in den festen
 20 über.

Die Versuche wurden dann auf verschiedene Unterdrucke (Drucke unter 1 Atm.) ausgedehnt; immer ließ sich bei einer bestimmten Stromstärke (»Schmelzstromstärke«) der flüssige Zustand der Kohle erreichen. Wie sich durch Messung der Flächenhelligkeit ergab, ist die Temperatur des flüssigen Kraters (Fische) höher als diejenige des im festen Zustand
 25 verdampfenden Kraters und auch, soweit man dies mit den Beobachtungseinrichtungen feststellen konnte, für alle Unterdrucke gleich groß.

Es war demnach gefunden, daß die Kohle bei Unterdruck geschmolzen werden kann und der Druck der die brennende Bogenlampe umgebenden Luft auf die Schmelztemperatur von keinem (oder jedenfalls von nur sehr geringem) Einfluß ist. Dies berechtigte den Erfinder zu dem Schluß, daß ein Schmelzen der Kohle
 30 auch bei Atmosphären- und Überdruck gelingen müsse. Da gemäß den Versuchen des Erfinders und unter Heranziehung derjenigen Moissans feststand, daß die Oberfläche der Bogenlampenkohlen bei Stromstärken von
 35 10 bis 2200 Amp. nicht flüssig wird, blieb als einzige Möglichkeit, den flüssigen Zustand der Kohle bei Atmosphärendruck zu erreichen, nur übrig, die Stromstärke unter die normale zu verringern.

Tatsächlich zeigte es sich, daß bei einer in freier Luft (bei Atmosphärendruck) brennenden Bogenlampe der flüssige Zustand der Kohlenoberfläche (6-mm-Kohlen vorausgesetzt) mit einer gegenüber der normalen erheblich herabgesetzten Stromstärke erreicht wird. Diese Schmelzstromstärke beträgt etwa 3 bis 4 Amp. Es gelang auch, den negativen Krater der in freier Luft brennenden Bogenlampe zum Schmelzen zu bringen, wobei das Schmelz-
 40 schauspiel dasselbe ist, wie dasjenige am positiven Krater. Ferner zeigte es sich, daß das

Schmelzen der Kohlen auch bei Überdrucken (bis etwa 2 Atm.) beobachtbar ist. Die hierzu erforderliche Schmelzstromstärke ist kleiner als diejenige einer frei brennenden Bogenlampe. 65

Da, wie oben erwähnt, die Schmelzstromstärke bei etwa $\frac{1}{2}$ Atm. Druck rund 10 bis 12 Amp. beträgt, so kann man von einer annähernd umgekehrten Proportionalität zwischen dem Druck der Luft, in welcher die Bogenlampe brennt, und der Schmelzstromstärke sprechen, wobei davon ausgegangen werden muß, daß die Schmelzstromstärke bei Atmosphärendruck erheblich kleiner ist als die normale. 75

Der flüssige Zustand der Kohlen läßt sich am besten in dem Druckintervall von 0,5 bis 1 Atm. (einschließlich der Grenzen) erreichen und beobachten; bei höheren Drucken gelingt die Beobachtung zumeist nur unter Zuhilfe-
 80 nahme sehr scharfer Fernrohre.

Jedem Druck ist eine ganz bestimmte (die »kritische«) Schmelzstromstärke zugeordnet, bei welcher die Kohle flüssig wird.

Schmelzversuche beim Brennen der Bogenlampe in anderen Gasen als Luft, z. B. in Stickstoff, Kohlensäure, Sauerstoff, zeigten die früher genannten Ergebnisse, nur daß der Wert der kritischen Schmelzstromstärken je nach dem verwendeten Gase von den auf Luft und
 85 gleiche Drucke bezogenen Schmelzstromstärken abweicht; so liegt z. B. die kritische Schmelzstromstärke für Kohlensäure von rund $\frac{1}{2}$ Atm. Druck bei etwa 8 Amp., während sie, wie früher schon angegeben, für Luft von rund $\frac{1}{2}$ Atm. 95 Druck bei etwa 11 Amp. liegt.

Bei den verschiedenen Versuchen zeigte es sich ferner, daß das Schauspiel des flüssigen Zustandes der Kohlenoberfläche nach etwa einer halben Stunde plötzlich aussetzte und
 100 dann, auch bei beliebiger Änderung der Stromstärke, nicht mehr eintrat. Vermutlich ist diese Tatsache auf eine Veränderung (Ionisation?) des Gases, in welchem die Bogenlampe brennt, zurückzuführen, denn das Schauspiel
 105 tritt sofort wieder auf, wenn man das veränderte Gas durch Frischgas (natürlich unter Wiederherstellung des betreffenden Druckes) ersetzt. Man kann die Erneuerung des Frischgases auch so bewirken, daß man die Bogen-
 110 lampe mit getränkten Kohlen brennt, deren Tränkungsmedium beim Brennen der Kohlen das notwendige Frischgas unmittelbar selbst abgibt, so beispielsweise, wenn man die Bogenlampe in Kohlensäure brennen will, mit Kohlen,
 115 die mit Ammoniumkarbonat getränkt sind und die beim Brennen Kohlensäure entwickeln. Auch in diesen Fällen wird selbstverständlich für die Erhaltung des betreffenden Druckes, welchem die verwendete Schmelzstromstärke
 120 zugeordnet ist, Sorge zu tragen sein.

Das vorliegende Verfahren ist für die Technik

insofern von Bedeutung, als das Endprodukt, Graphit, also Kohlenstoff in kristallinischer Form, bereits eine Zwischenstufe zur Herstellung von Kohlenstoff in kristallisierter Form (Diamant) bildet; ganz abgesehen davon läßt es sich aber ganz allgemein zur Herstellung reinsten Kohlenstoffs verwenden. Da ferner die verflüssigten Bogenlampenkrater, wie oben erwähnt, gegenüber den festen Kratern eine erheblich gesteigerte Helligkeit zeigen, so kann das Verfahren auch für Beleuchtungszwecke (Unterdruckbogenlampen mit flüssigen Kratern) Verwendung finden.

PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Verflüssigung von Kohlenstoff, dadurch gekennzeichnet, daß man den verflüssigten Kohlenstoff an der positiven oder negativen Elektrode oder an

beiden Elektroden einer in Luft oder anderen Gasen brennenden Bogenlampe erzeugt, welche unter beliebigem Druck, aber bei einer diesem Druck annähernd umgekehrt proportionalen Schmelzstromstärke gebrannt wird, wobei davon auszugehen ist, daß bei Atmosphärendruck eine unter der normalen Beleuchtungsstromstärke liegende Schmelzstromstärke zu verwenden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man dem die Bogenlampe umgebenden Gase unter Erhaltung des der verwendeten Schmelzstromstärke zugeordneten Druckes Frischgas zuführt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die Bogenlampe mit Tränkkohlen brennt, deren Tränkungsmedium beim Brennen der Kohlen unmittelbar selbst das Frischgas abgibt.