

Über den Zustand der Oberfläche von platinierter Kohle
bei gleichzeitiger Anwesenheit von H_2 und O_2 und über
die Wirkungsweise von aktiven Zentren.

Von

A. Frumkin, S. Lewina und O. Zarubina.

(Mit 2 Figuren im Text.)

(Eingegangen am 17. 3. 31.)

109
266
Es werden Versuche über die Adsorption aus neutralen Salzlösungen durch O_2 -beladene platierte Kohle in einer H_2 -Atmosphäre, sowie Versuche über die Adsorption durch platierte Kohle in einer Knallgasatmosphäre beschrieben und der Schluss daraus gezogen, dass unter diesen Umständen die Oberfläche in allen ihren Punkten dasselbe elektrische Potential besitzt.

In früheren Arbeiten des einen von uns¹⁾ wurde es gezeigt, dass bei der Einführung von Platin in Kohle die Veränderungen der Eigenschaften der Kohlenoberfläche viel beträchtlicher sind, als man es nach der Grösse des vom Pt bedeckten Anteils der Oberfläche erwarten könnte und zwar erfolgt diese Veränderung nicht etwa so, dass bei Einführung von kleinen Mengen von Pt auf der im ganzen unverändert bleibenden Kohlenoberfläche Flecken auftreten, welche die Eigenschaften von platinierter Kohle besitzen, sondern es wird eine graduelle Veränderung der Eigenschaften der gesamten Oberfläche der Kohle beobachtet. Dieses wird bei der Untersuchung des Verhaltens von O_2 -beladener Kohle in einer H_2 -Atmosphäre klar, wie es sich aus den nachfolgenden Betrachtungen ergibt.

Im Falle von unplatinierter Kohle wird die O_2 -Beladung durch H_2 bei Zimmertemperatur nicht reduziert und die sauerstoffbeladene Kohle behält auch in Gegenwart von Wasserstoff die Adsorptionseigenschaften, welche für eine Sauerstoffatmosphäre charakteristisch sind, d. h. sie adsorbiert aus wässrigen Lösungen Säuren, aber keine Basen, auch wenn die Lösung eine schwach alkalische Reaktion hat²⁾. Bei Einführung von grösseren Pt -Mengen ($\sim 0.1\%$) bekommt man

¹⁾ BRUNS und FRUMKIN, Z. physikal. Ch. (A) 141, 152. 1929 und insbesondere FRUMKIN, Zur Theorie der Promotorwirkung. Vortrag an der 3. physikalisch-chemischen Tagung in Leningrad, Mai 1928, veröffentlicht in: Die Katalyse, Leningrad 1930. ²⁾ BRUNS und FRUMKIN, loc. cit. und Z. physikal. Ch. (A) 47, 125. 1930; FRUMKIN, Koll. Z. 51, 123. 1930.

dagegen eine Kohle, welche in H_2 das Wasserstoffpotential annimmt (die Sauerstoffbeladung wird vom Wasserstoff reduziert); die H_2 -beladene Kohle zeigt dann ein entgegengesetztes Adsorptionsverhalten — nämlich Adsorption von Basen und Nichtadsorption von Säuren selbst aus merklich sauren Lösungen¹⁾. Im Falle von Kohlen, welche kleine Mengen Platin enthalten könnte man zunächst erwarten, dass ein Teil der Kohlenoberfläche sich wie die Oberfläche von platinierter Kohle, der Rest aber wie die Oberfläche von unplatinierter Kohle verhalten wird. Unter dieser Voraussetzung sollte eine Kohle nach Einführung einer kleinen Menge Pt in demselben Masse die Fähigkeit zur Alkaliadsorption in einer H_2 -Atmosphäre erlangen, wie sie die Fähigkeit zur Säureadsorption verliert. Der Versuch bestätigt diesen Schluss nicht.

Es folgt z. B. aus den Daten der anfangs zitierten Arbeit von BRUNS und FRUMKIN²⁾, dass eine Kohle, welche 0.004 % Pt enthält, in Gegenwart von H_2 aus einer sauren Lösung nur noch etwa 60 % (im Vergleich mit unplatinierter Kohle) HCl aufnimmt; aus einer alkalischen Lösung wird aber unter denselben Bedingungen von dieser Kohle nicht etwa 40 % der bei stärkerer Platinierung aufgenommenen Alkalimenge adsorbiert, sondern die Alkaliadsorption ist gleich Null. Das beobachtete Verhalten kann dagegen unschwer gedeutet werden, wenn man annimmt, dass die Einführung von Pt eine graduelle Verschiebung des Potentials der gesamten Kohlenoberfläche hervorruft. Aus dem Adsorptionsverhalten der unplatinieren sauerstoffbeladenen Kohle in Gegenwart von H_2 folgt es, dass diese sowohl in einer sauren wie in einer schwach alkalischen Lösung eine positive Ladung behält, welche für die O_2 -Belegung charakteristisch ist. Bei Einführung von Pt wird die absolute Grösse dieser Ladung kleiner, wie es aus der Abnahme der Säureadsorption folgt, bleibt aber dem Zeichen nach zunächst positiv. Kohlen die etwas grössere Mengen Pt enthalten sind noch positiv in sauren Lösungen, nehmen aber unter dem Einflusse

¹⁾ Wir beschränken hier unsere Betrachtungen auf genügend verdünnte Lösungen, lassen also die Adsorptionerscheinungen, welche bei höheren Säurekonzentrationen auftreten und die von ganz anderer Natur sind, ausser Betracht (vgl. BURSTEIN, FRUMKIN und LAWROWSKAJA, Z. physikal. Ch. (A) 150, 421. 1930).

²⁾ BRUNS und FRUMKIN, loc. cit. S. 148. Ähnliche Versuche wurden später von BRUNS und ZARUBINA angestellt, wobei eine viel grössere Anzahl von Punkten aufgenommen wurde. Diese Versuche, deren Resultate demnächst an anderer Stelle veröffentlicht werden sollen, bestätigten durchaus die Angaben von BRUNS und FRUMKIN.

von H_2 in alkalischen Lösungen eine negative Ladung an (in der zitierten Abhandlung die Kohle mit 0.032 % Pt ; es wurde in dieser Arbeit der logisch falsche Schluss gezogen, dass das Verhalten dieser Kohle auf eine Ungleichmässigkeit der Platinierung hinweist, den wir hier zurückziehen möchten). Diese Kohlen adsorbieren dementsprechend in Gegenwart von H_2 sowohl Säure aus einer sauren Lösung, wie auch Alkali aus einer alkalischen. Bei Einführung von grösseren Mengen Pt bekommt man schliesslich Kohlen, deren Potential in einer H_2 -Atmosphäre sich so stark nach der negativen Seite verschiebt, dass die Ladung auch in einer sauren Lösung negativ wird. Diese Kohlen adsorbieren daher unabhängig vom p_H der Lösung nur Alkali; aber keine Säure (unter der Beschränkung, welche oben angeführt ist). Wenn sich hiermit das beobachtete Adsorptionsverhalten der platinieren Kohle zwanglos unter der Annahme einer graduellen Veränderung der Eigenschaften der gesamten Kohlenoberfläche bei steigendem Pt -Gehalte deuten lässt, so kann man aus den beschriebenen Versuchen doch keine quantitativen Schlüsse über die Verteilung von Ladungen auf der Oberfläche der schwach platinieren Kohle machen, insbesondere da wir a priori nicht behaupten können, dass die Endzustände, welche die O_2 -beladene Kohlenoberfläche in einer H_2 -Atmosphäre in saurer und alkalischer Lösung annimmt, identisch sind. Es wäre z. B. wohl möglich, dass eine schwach platinieren Kohle durch Wasserstoff in einer sauren Lösung stärker reduziert wird als in einer alkalischen; in diesem Falle könnte man aus dem beobachteten Verhalten dieser Kohlen keine eindeutigen Schlüsse bezüglich des Charakters des Einflusses von Pt -Zentren auf die Kohlenoberfläche ziehen. Um diese Frage aufzuklären, beschlossen wir daher mit verschiedenen stark platinieren Kohlen die Adsorption aus neutralen Salzlösungen zu untersuchen. Wir liessen uns dabei von folgenden Überlegungen leiten. Unplatinieren O_2 -beladene Kohle nimmt auch in Gegenwart von H_2 aus einer neutralen Salzlösung Säure auf, wobei die Lösung alkalisch wird (positive Aufladung der Oberfläche). Da der basische Anteil dabei gar nicht aufgenommen wird, so ist die Adsorption eine rein hydrolytische; die aufgenommene Menge von Cl^- -Ionen (im Falle einer $NaCl$ -Lösung) ist der in der Lösung auftretenden Menge von OH^- -Ionen äquivalent. Bei höheren Salzkonzentrationen muss man dabei allerdings noch mit der Adsorption des Lösungsmittels rechnen. Ausführliche Angaben über die Adsorption aus Salzlösungen verschiedener Konzentration, auch in Gegenwart von oberflächenaktiven Ionen,

werden demnächst in einer anderen Abhandlung publiziert werden. — Eine genügend stark platinierter Kohle nimmt dagegen in Wasserstoff aus einer neutralen Salzlösung nur Alkali auf, die Lösung wird sauer und die Cl^- -Ionenkonzentration bleibt unverändert (negative Aufladung der Kohlenoberfläche). Durch geeignete Wahl des Pt -Gehaltes kann man eine Kohle herstellen, welche gerade in der Mitte zwischen diesen zwei Extremen liegt, welche also die neutrale Reaktion der Salzlösung unverändert lässt. Es sind nun zwei Fälle möglich. Auf der Oberfläche dieser Kohle können positive und negative Bezirke in gleicher Zahl vorhanden sein. In diesem Falle wird die Kohle Säure und Base in gleicher Menge adsorbieren; die Reaktion der Lösung wird unverändert bleiben, es wird aber eine merkliche molekulare Adsorption des Salzes auftreten. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die gesamte Kohlenoberfläche eine praktisch gleich Null zu setzende Ladung besitzt, in diesem Falle werden überhaupt keine Adsorptionserscheinungen an der Kohlenoberfläche auftreten und die Konzentration der Lösung bleibt unverändert. Im allgemeinen kann man behaupten, dass wenn verschiedene Bezirke auf der Kohlenoberfläche eine verschiedene Ladung besitzen, im Übergangsgebiete neben der hydrolytischen Adsorption auch eine molekulare auftreten muss. Wird aber von den beiden Ionen, welche das Salz bilden stets nur das eine adsorbiert, so beweist dieses, dass die Kohlenoberfläche in allen ihren Punkten dasselbe elektrische Potential besitzt.

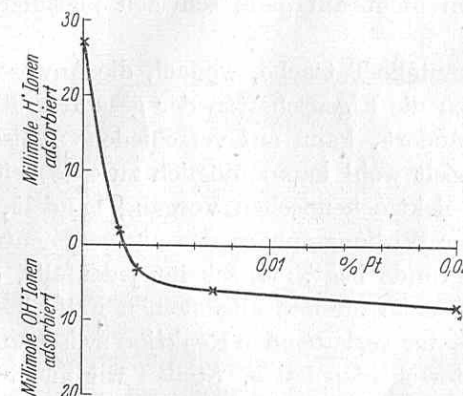
Wie es aus Tabelle 1 folgt, entscheidet der Versuch für die zweite Möglichkeit. Solange der Pt -Gehalt so klein ist, dass die Kohle noch Säure adsorbiert, sind die aufgenommenen Mengen von H^+ -Ionen und von Cl^- -Ionen einander streng äquivalent; es werden also keine Na^+ -Ionen von der Kohle adsorbiert, die Kohlenoberfläche hat dementsprechend keine negativ geladenen Bezirke. Übersteigt der Pt -Gehalt eine gewisse Grenze, so beginnt die Kohle Alkali zu adsorbieren; gleichzeitig verschwindet aber vollkommen die Cl^- -Adsorption. Die gesamte Kohlenoberfläche hat jetzt eine negative Ladung.

In diesen Versuchen wurden 1 g sauerstoffbeladener Kohle mit 10 cm³ einer 0.01 norm. $NaCl$ -Lösung während 3 Stunden unter Durchleiten von Wasserstoff geschüttelt. Es ist wohl möglich, dass der Zustand, welcher sich dabei einstellt, keinem wirklichen Gleichgewichte entspricht und dass bei längerem Schütteln das Potential sich etwas mehr nach der H_2 -Seite verschieben würde, dieses ist aber für unsere Betrachtungen belanglos. Nach dem Schütteln wurde die Flüssigkeit

von der Kohle abgetrennt und die Bestimmung der Alkalinität oder Azidität durch Titration einer abgewogenen Portion, die des Cl^- -Gehaltes durch potentiometrische Titration mit 0.01 norm. $AgNO_3$ ausgeführt. Die Anfangskonzentration der $NaCl$ -Lösung wurde nicht höher gewählt, um den Einfluss der Adsorption des Lösungsmittels möglichst klein zu machen.

Tabelle 1.

Prozent Pt	Adsorbierte Menge von H^+ -Ionen in Millimolen pro Gramm Kohle	Adsorbierte Menge von Cl^- -Ionen in Millimolen pro Gramm Kohle
0.000	0.027	0.026
0.002	0.002	0.002
0.003	— 0.003 ¹⁾	0.000
0.005	— 0.006	0.000
0.020	— 0.008	0.000

Fig. 1. Platinierte O_2 -beladene Kohle in einer H_2 -Atmosphäre.

Die Übergangskonzentration von Pt bei der das Zeichen der Ladung der Kohlenoberfläche umschlägt, liegt zwischen 0.002 und 0.003 % (vgl. Fig. 1); unter den günstigsten Voraussetzungen bezüglich der Platinverteilung (alles Platin in Form einer monomolekularen Schicht auf der Kohlenoberfläche), kann bei diesen Konzentrationen das Platin nur etwa 0.002 % der Kohlenoberfläche bedecken²⁾ und trotzdem hat letztere, wie es aus den Daten der Tabelle 1 folgt, in allen Punkten

¹⁾ Minuszeichen bedeutet Vergrößerung der H^+ -Ionenkonzentration, d. h. Adsorption von OH^- -Ionen. ²⁾ Vgl. BRUNS und FRUMKIN, Z. physikal. Ch. 141, 152. 1929.

dasselbe Potential. In Wirklichkeit ist der vom *Pt* bedeckte Anteil der Oberfläche wahrscheinlich noch viel kleiner, da das *Pt* in der Kohle wenigstens bei höheren Konzentrationen eine deutlich kristalline Struktur aufweist. Auf unsere Bitte wurden im röntgenographischen Laboratorium des Instituts einige Aufnahmen einer Kohle mit 1% *Pt* nach der Methode von DEBYE-SCHERRER gemacht¹⁾. Die Kohle wurde auf dieselbe Weise hergestellt wie die plattinierte Kohle, welche bei den beschriebenen Adsorptionsversuchen zur Verwendung kam. Die Aufnahmen ergaben ein deutliches Liniendiagramm, während mit unplattinierter Kohle nur ganz diffuse Banden erhalten wurden. Zum Vergleich wurde noch ein Röntgenogramm von *Pt*-Mohr aufgenommen, welches aus einer wässrigen Lösung von H_2PtCl_6 mit Magnesium niedergeschlagen war. Sämtliche Linien auf den Diagrammen des *Pt*-Mohrs und der plattinierten Kohle erwiesen sich als identisch. Leider konnten diese Versuche mit den in unserem Institut zur Verfügung stehenden Mitteln nicht auf ganz schwach plattinierte Kohlen ausgedehnt werden.

Die experimentelle Tatsache, wonach die Anwesenheit von ganz kleinen *Pt*-Mengen die Eigenschaften der gesamten Kohlenoberfläche gleichmässig verändert, kann auf verschiedene Weise gedeutet werden; es ist zur Zeit wohl kaum möglich zu entscheiden, ob es sich dabei um einen elektrochemischen Vorgang handelt, oder ob dieser Vergrößerung der Wirkungssphäre der aktiven Zentren ein anderer Mechanismus zugrunde liegt. Es scheint jedenfalls, als ob man auf Grund dieser Versuche für den allgemeinen Fall einer an einem gemischten Katalysator verlaufenden Reaktion zwischen folgenden Möglichkeiten zu unterscheiden hätte. Stellen wir uns vor einen heterogenen Katalysator mit der Oberfläche S_1 ; die Aktivierungsenergie einer gewissen Reaktion in der Oberflächenschicht sei W_1 , so dass die Geschwindigkeit durch die Grösse $S_1 e^{-\frac{W_1}{RT}}$ bestimmt werde. Wenn wir jetzt in die Oberfläche aktive Zentren einführen, welche den Anteil S_2 der Oberfläche bedecken ($S_1 \ll S_2$), und in deren Nähe die Reaktion mit der Aktivierungsenergie W_2 verläuft ($W_2 < W_1$), so sollte an Stelle der Grösse $S_1 e^{-\frac{W_1}{RT}}$, die Grösse $S_1 e^{-\frac{W_1}{RT}} + S_2 e^{-\frac{W_2}{RT}}$ treten. Aus den Resultaten unserer Untersuchung ergibt es sich aber, dass man auch mit

¹⁾ Für die Ausführung dieser Aufnahmen möchten wir dem Leiter des röntgenographischen Laboratoriums, Herrn Prof. A. RABINOWITSCH, auch an dieser Stelle unseren besten Dank aussprechen.

einer anderen Möglichkeit zu rechnen hat, dass nämlich die Geschwindigkeitskonstante durch einen Ausdruck von der Form $S_1 e^{-\frac{W}{RT}}$ definiert sein kann, wobei W in Abhängigkeit von dem Verhältnisse $\frac{S_2}{S_1}$ zwischen den Grenzen W_1 und W_2 variiert¹⁾.

Die Ausdehnung der Wirkung von Platinzentren steht jedenfalls mit der Natur der Unterlage im engsten Zusammenhange, denn das Verhalten von plattiniertem Silicagel ist von dem der plattinierten Kohle völlig verschieden. Die Adsorptionseigenschaften der plattinierten Silicageloberfläche gegenüber wässrigen Elektrolytlösungen sind näm-

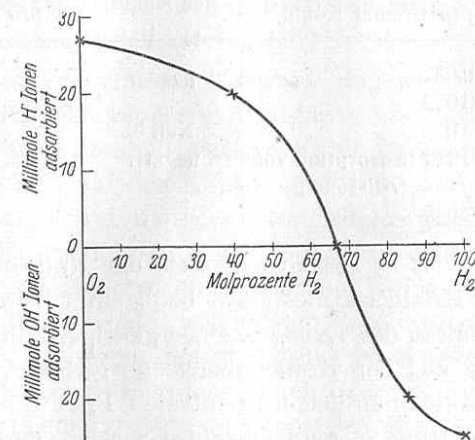


Fig. 2. Plattinierte Kohle in $H_2 + O_2$ -Gemischen.

lich von der Gasbeladung unabhängig, das Potential der Platinzentren wird also auf die übrige Oberfläche nicht übertragen (unveröffentlichte Versuche von M. WANJAN).

Die Einführung von wachsenden Mengen *Pt* ist nicht die einzige Methode, welche uns erlaubt einen kontinuierlichen Übergang von positiv geladener zu negativ geladener Kohle zu realisieren. Eine andere Möglichkeit ergibt sich bei der Behandlung von plattinierter Kohle mit $H_2 + O_2$ -Gemischen. Plattinierte wasserbenetzte Kohle katalysiert die Knallgasreaktion bei Zimmertemperatur, die Abhängigkeit

¹⁾ In diesem Zusammenhange sei noch auf die Angaben von WARD (RIDEAL, Surface chemistry, 1930, S. 236) verwiesen, wonach die Adsorptionswärme an einer frisch hergestellten Kupferoberfläche in allen Punkten einen viel höheren Wert besitzt als die Adsorptionswärme an einer gealterten Oberfläche.

der Kinetik dieser Reaktion vom *Pt*-Gehalte der Kohle und von der Zusammensetzung der Lösung wird zur Zeit von einem von uns ausführlich untersucht, über die Resultate und die Methodik dieser Versuche soll aber in einer späteren Abhandlung berichtet werden. Hier wollen wir uns nur mit einigen Angaben über den Zustand der Oberfläche von platinierter Kohle in $H_2 + O_2$ -Gemischen begnügen.

Tabelle 2.

1 g Kohle mit 0.5% *Pt* in 10 cm³ einer 0.01 norm. *NaCl*-Lösung.

Gasatmosphäre	Adsorbierte Menge von <i>H</i> ⁺ -Ionen in Millimolen pro Gramm Kohle	Ladung der Kohle	Adsorbierte Menge von <i>Cl</i> ⁻ -Ionen in Millimolen pro Gramm Kohle
O_2	0.027	positiv	0.025
$3 O_2 + 2 H_2$	0.020	"	0.018
$O_2 + 2 H_2$	0	Null ¹⁾	-0.002
$O_2 + 6 H_2$	-0.020 (Adsorption von <i>OH</i> ⁻ -Ionen)	negativ	-0.003
H_2	-0.025	"	-0.003

Aus Tabelle 2 ist es ersichtlich, dass der Nullwert der Ladung, welcher in einer Knallgasatmosphäre beobachtet wird (vgl. Fig. 2), nicht als das Resultat der Existenz einer gleichen Zahl positiver und negativer Bezirke auf der Kohlenoberfläche gedeutet werden kann. In diesem Falle sollte nämlich im neutralen Punkte eine molekulare Adsorption des gelösten Salzes beobachtet werden, deren Grösse etwa der Hälfte der Adsorption von Säure und Base durch die O_2 -, bzw. H_2 -beladene Kohle gleich sein müsste. Die *Cl*⁻-Ionenkonzentration sollte also um etwa 12% abnehmen, in Wirklichkeit wird aber sogar eine ganz kleine Vergrößerung wahrgenommen, welche von der Adsorption des Lösungsmittels abhängt ²⁾.

Wir sind also zu der Annahme gezwungen, dass in einer Knallgasatmosphäre keine differenzierten positiven und negativen Oberflächen-

¹⁾ Mit anderen Kohlen und bei anderen *Pt*-Gehalten wird der Nullpunkt der Ladung nicht immer bei der stoichiometrischen Zusammensetzung des Gasgemisches beobachtet, was aber für die nachfolgenden Betrachtungen belanglos ist. Bei der Berechnung der in Knallgas adsorbierten Menge musste eine kleine Korrektur wegen der Verdünnung der Lösung durch das Wasser, welches sich bei der Reaktion bildet, angebracht werden. ²⁾ Dieser Effekt kommt in der Tabelle 1 nicht zum Vorschein. Die Versuche der Tabelle 2 sind mit einer etwas grösseren Genauigkeit ausgeführt; es ist auch möglich, dass im letzteren Falle die Kohle etwas schärfer getrocknet wurde, so dass die Adsorption des Lösungsmittels mehr hervortrat.

bezirke auftreten, sondern dass die Oberflächenschicht in allen ihren Punkten eine wenigstens angenähert identische intermediäre Zusammensetzung und ein identisches Potential besitzt. In diesem Sinne liegen die Verhältnisse im Falle der Knallgaskatalyse ganz ähnlich, wie im Falle der quasistationären Zustände, welche sich bei der Wechselwirkung zwischen Wasserstoff und adsorbiertem Sauerstoff an der Kohlenoberfläche einstellen. Wenn wir also von „Lokalelementen“ auf der Kohlenoberfläche sprechen wollen, so müssen wir uns diese als vollkommen kurzgeschlossen betrachten. Die katalysierende Kohlenoberfläche befindet sich jedenfalls in einem Zustande einer viel grösseren Homogenität, als man es nach den laufenden Vorstellungen über den Mechanismus der heterogenen Katalyse erwarten könnte.

Es sei hier noch schliesslich darauf hingewiesen, dass eine dritte Möglichkeit eines Überganges von positiver zur negativen Kohle existiert. Erhitzt man nämlich positive Kohle im Sauerstoffstrom auf 400°, so bilden sich auf der Kohlenoberfläche saure Gruppen, wie es zuerst von KRUYT und DE KADT festgestellt wurde¹⁾. Durch Veränderung der Erhitzungsdauer kann man auf diese Weise alle intermediären Zustände zwischen einer positiven Kohle, welche nur Säuren, und einer negativen Kohle, welche nur Basen adsorbiert, herstellen. In diesem Falle, im Gegensatz zu den hier beschriebenen Fällen, kann man aber leicht nachweisen, dass in den intermediären Zuständen auf der Kohlenoberfläche positive und negative Gruppen gleichzeitig auftreten; in neutralen Salzlösungen zeigen diese Kohle nämlich eine starke molekulare Adsorption (unveröffentlichte Versuche von BRUNS und Fräulein E. Pos), welche die Inhomogenität der Oberfläche zum Vorschein bringt.

Zusammenfassung.

Sauerstoffbeladene unplatinierte Kohle behält ihre positive Ladung in einer H_2 -Atmosphäre, während platinierter Kohle unter diesen Umständen das Wasserstoffpotential annimmt, sich also negativ aufladet. Durch Einführung von ganz kleinen Mengen *Pt* in die Kohle, kann ein kontinuierlicher Übergang zwischen diesen extremen Fällen realisiert werden. Die Beobachtung des Adsorptionsverhaltens dieser Kohlen in wässrigen Lösungen von Neutralsalzen zeigt, dass der Übergang von positiver zur negativen Kohle nicht etwa so erfolgt, dass auf der Kohlenoberfläche gleichzeitig positive und negative Be-

¹⁾ Koll. Z. 47, 44. 1929.

zirke auftreten, sondern die Ladung der gesamten Oberfläche geht von positiven zu negativen Werten über, bleibt aber dabei in allen Punkten der Oberfläche dieselbe. Die *Pt*-Konzentration, welche dem Nullwerte der Ladung entspricht, lag in einer Versuchsserie zwischen 0·002 und 0·003 % *Pt*; diese Menge *Pt* bedeckt sicherlich weniger als 0·002 % der Kohlenoberfläche. Ähnliche Übergangszustände können beobachtet werden, wenn man das Adsorptionsverhalten von platinierter Kohle in $H_2 + O_2$ -Gemischen untersucht. Im Falle einer Kohle, welche 0·5 % *Pt* enthielt, wurde der Nullwert der Ladung in einer 0·01 norm. *NaCl*-Lösung gerade bei der stöchiometrischen Konzentration des Knallgasgemisches beobachtet. Auch in diesem Falle zeigen die Adsorptionseigenschaften der Kohle, dass der Nullwert der Ladung nicht etwa durch ein gleichzeitiges Auftreten von positiven und negativen Bezirken bedingt ist, sondern, dass die Kohlenoberfläche, welche in diesem Falle als Katalysator der Reaktion zwischen H_2 und O_2 funktioniert, in allen ihren Punkten dasselbe Potential besitzt. Diese Versuche sollten nach unserer Meinung für die Theorie der heterogenen Katalyse von Bedeutung sein.

Herrn Dr. BRUNS möchten wir für wertvolle Hilfe bei der Ausführung der hier beschriebenen Versuche unseren besten Dank aussprechen.

Moskau, Karpow-Institut für Chemie; Laboratorium für physikal. Chemie.
März 1931.