

## XI. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie

vom 12. bis 14. Mai zu Bonn.

### Vorträge.

Erste Sitzung am Freitag, den 13. Mai, vormittags.

Zweiter Vorsitzender, Prof. Dr. van't Hoff-Berlin: Meine Herren! Es liegt eine sehr erfreuliche, aber etwas schwierige Aufgabe vor. Wir haben acht hochinteressante Mitteilungen in Aussicht, aber die Zeit ist nicht entsprechend.  $\frac{1}{4}$  11 Uhr ist schon vorbei, und um 1 Uhr haben wir unser gemeinschaftliches Essen.

Wenn das nach Riese ausgerechnet wird, wären es 20 Minuten pro Vortrag. Nun möchte ich das nicht wie ein persisches oder medisches Gesetz hier in den Vordergrund stellen, aber doch bitten, dass die Zeit von den Herren Rednern möglichst berücksichtigt wird.

Herr Prof. Dr. Bakhuis Roozeboom-Amsterdam:

### ÜBER DIE ANWENDUNG DER PHASENLEHRE AUF DIE GEMISCHE VON EISEN UND KOHLENSTOFF.

Bis zu 1896 fehlte es an einer rationellen Erklärung der Erstarrungs- und Umwandlungserscheinungen von den Eisen-Kohlenstofflegierungen. Le Chatelier fasste dann 1897 die Umwandlungen in der erstarrten Masse als Ausscheidungen chemischer Individuen aus festen Lösungen auf. Roberts Austen gab danach im Jahre 1899 und 1900 die Resultate seiner Abkühlungsversuche, wodurch das erste graphische Bild der Erstarrungen und Umwandlungen gegeben wurde.

Dasselbe war darum unvollständig, weil die allgemeinen Gesetze der Erstarrung und Umwandlung solcher binärer Gemische, worin Mischkristalle auftreten, damals nicht bekannt waren. Nachdem ich dieselben 1899 abgeleitet hatte, wandte ich sie 1900 auf die Eisen-Kohlenstoffgebilde an und versuchte dadurch die Existenzgebiete der einzelnen Phasen und ihrer Komplexe zu einem vollkommen zusammenhängenden graphischen Bilde zu vereinigen. Mit einer geringen Aenderung ist dasselbe hier wiedergegeben (Fig. 110).

In demselben ist der Kohlenstoffgehalt in Prozenten horizontal und die Temperatur vertikal eingetragen.  $AB$  und  $BD$  sind die Anfangspunkte der Erstarrung der Gemische von 0 bis 5% Kohlenstoff. Die feste Phase, welche sich ausscheidet beim Abkühlen unterhalb  $AB$  ist eine Reihe von Mischkristallen, deren Zusammensetzung durch die Linie  $Aa$  angegeben wird.

Hierin liegt die grösste Aenderung der Ansichten. Denn wenn sich eine reine Komponente ausscheidet, so fällt diese letztere Linie

mit der Achse zusammen und entging daher bis jetzt vielfach der Betrachtung.

In der letzten Zeit sind von Carpenter und Keeling neue Belege beigebracht für die Lage der Linie  $Aa$ , und sie haben dieselbe gerade dort gefunden, wo ich sie aus den Versuchen von Austen abgeleitet hatte. Auf der Linie  $BD$  fängt die Abscheidung von Graphit an.  $B$  ist der eutektische Punkt, worin eine Schmelze von 4,3% Kohlenstoff zu einem Gemisch von Mischkristallen der Zusammensetzung  $a$  und Graphit erstarrt. Das Erstarrungstrajekt wird demnach von 0 bis 2% stets grösser und schränkt sich von dort bis zu 4,3% wieder bis auf 0 ein. Die erstarrten Gemische würden daher von 0 bis 2% aus homogenen Mischkristallen bestehen, die Martensit genannt werden; von 2 bis 4,3% aus einem Gemisch der Martensitkristalle mit 2% und des eutektischen Gemisches. Oberhalb 4,3% hätte man dagegen freien Graphit neben eutektischem Gemisch. Daneben ist es fraglich, ob nicht etwa ein Teil der Flüssigkeit bei niedrigeren Temperaturen erstarrt, zuletzt führend zu dem eutektischen Punkt  $B'$  und zu der eutektischen Linie  $E'B'C'$ . Dieser eutektische Punkt wäre dann der Erstarrungspunkt für Mischkristalle plus Cementit:  $Fe_3C$ .

Es war vor vier Jahren einigermassen fraglich, inwieweit der Cementit bei höheren Temperaturen ein stabiler Körper ist. Die Diskussion meiner Betrachtungen und spezielle Beobachtungen scheinen jetzt ergeben zu haben, dass der Cementit bei allen Temperaturen ein nichtstabiler Körper ist. Doch ermöglichen die

weiteren Umwandlungen nur eine Erklärung, wenn man die Abscheidung von Cementit aus den Mischkristallen als die Erscheinung auffasst, die am leichtesten auftritt. Dieses wird ergeben durch die Kurve  $E'S$ . Auf derselben fängt aus Martensit die Abscheidung von Cementit an. Weil nun der höchste Gehalt an Kohlenstoff in  $a$  2% beträgt, würden diese Mischkristalle bei  $E$  auf der Kurve ankommen, und deshalb würde die Umwandlung auch von allen

$GO$  oder  $OS$ . Es scheidet sich also bei fortgesetzter Abkühlung aus diesem zuerst  $\beta$ -, später  $\alpha$ -Eisen aus. Dadurch wird ihr Gehalt an Kohlenstoff zuletzt bis auf 0,9 erhöht, und begegnet die Kurve  $OS$  in diesem Punkte der Kurve  $SE$ . Dieser Punkt kann wieder ein eutektischer genannt werden, und es zerlegt sich bei weiterer Abkühlung die feste Lösung von 0,9% in  $\alpha$ -Eisen und Cementit, was für alle Gemische also auf der Linie  $PSK$  statt-

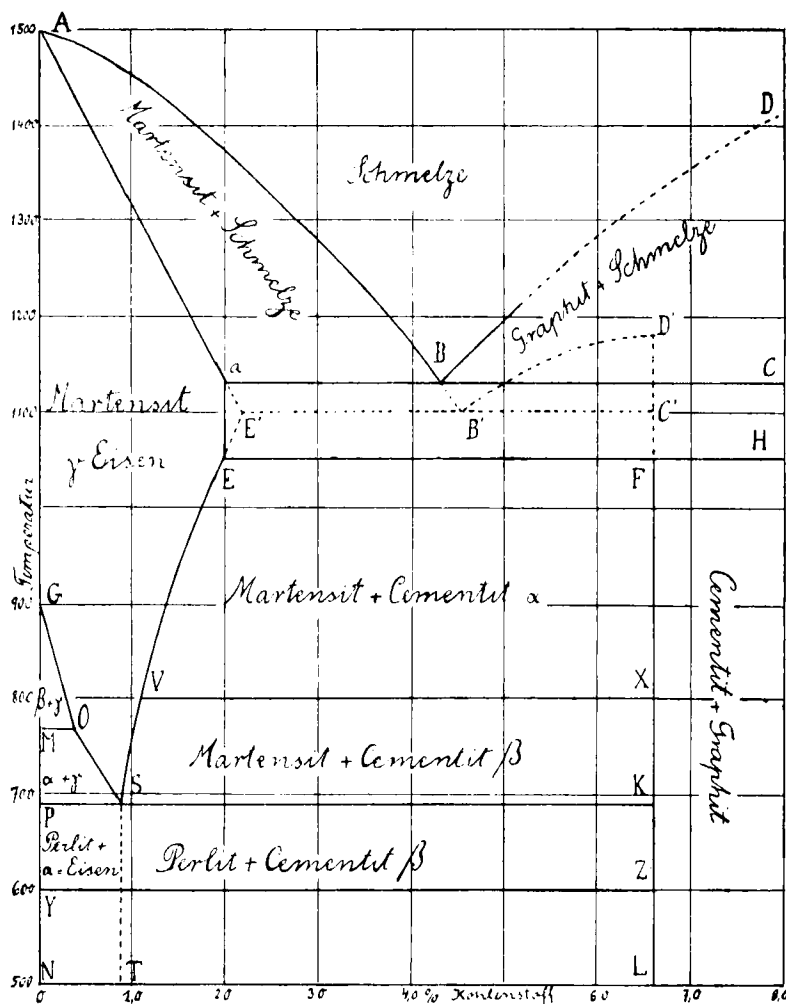


Fig. 110.

höheren Gehalten an Kohlenstoff auf der horizontalen Linie  $EFH$  anfangen. Eine Andeutung für die Existenz dieser Linie ist vor kurzem durch Carpenter und Keeling gefunden.

Die Abscheidung von Cementit setzt sich bei Abkühlung fort, wenn der Gehalt der Martensitkristalle bis auf 0,9% gesunken ist in  $S$ ; dann tritt eine neue Erscheinung ein, hervorgehend aus der Begegnung mit der Kurve  $GOS$ . Dieselbe stellt folgendes dar:  $G$  ist nach Osmond der Umwandlungspunkt von  $\gamma$ -Eisen in  $\beta$ -Eisen,  $M$  ebenso bei 770° von  $\beta$  in  $\alpha$ -Eisen.  $\gamma$ -Mischkristalle erleiden nun diese Umwandlung auf

findet. Diese Erscheinung steht seit langem fest und ist mit bedeutender Wärme-Entwicklung verknüpft. Bei weiterer Abkühlung liegen noch Andeutungen für eine neue Umwandlung bei 600° vor. Ueber die Bedeutung derselben ist man noch nicht ganz einig. Die letzten Versuche von Carpenter und Keeling scheinen zu beweisen, dass sie dem Eisen gebührt. Wäre dies richtig, so müsste dieser Wärme-Effekt mit steigendem Kohlenstoffgehalt stets schwächer werden. Dieselben Herren haben auch noch eine Umwandlungslinie  $VX$  gefunden bei 800°, über deren Bedeutung wir unsicher sind. Auch

hier wäre durch Beobachtung der Quantität des Wärme-Effektes vielleicht zu beweisen, ob es eine Umwandlung von Cementit wäre, die dann oberhalb und unterhalb dieser Temperatur in zwei Formen vorkäme. Die Umwandlungen auf den Linien *ES*, *GO* und *OS* können bei schnellerer Abkühlung grössere oder kleinere Verzögerungen erleiden und geben dadurch

Veranlassung zur Aufbewahrung von Martensit bis zu niedriger Temperatur, was für die Härtung des Stahles die Erklärung ist. Wenn nun der Cementit aber auch ein metastabiler Zustand ist, dann würde das endgültige Gleichgewicht nur aus Eisen und Graphit bestehen. Dieses wird praktisch nur bei langwieriger Erhitzung erreicht.

### Diskussion.

Zweiter Vorsitzender: Ich habe bloss Herrn Professor Roozeboom dafür zu danken, dass er der Aufforderung des Vorstandes nachgekommen ist und hier seine interessanten Beobachtungen und Betrachtungen über Stahl einem weiteren Kreise zum besten gegeben hat. Nun wird uns der Stahl auch noch von

anderen Gesichtspunkten aus beschäftigen, und so schlage ich vor, dass die sich wohl hieran knüpfende Diskussion auf später verschoben wird bis nach dem Vortrage des Herrn Professor Heyn. Ich bitte Herrn Professor Heyn, das Wort zu ergreifen zu seinem Vortrage.

Herr Professor E. Heyn-Charlottenburg:

### LABILE UND METASTABILE GLEICHGEWICHTE IN EISEN-KOHLSTOFF-LEGIERUNGEN.

Im Anschluss an den Vortrag des Herrn Professor Bakhuis Roozeboom möchte ich meine Anschauungen über die Erscheinungen beim Abschrecken und bei der Erstarrung von Eisen-Kohlenstofflegierungen darlegen. Sie gründen sich grösstenteils auf Erfahrungen, die durch mikroskopische Beobachtungen gewonnen sind. Die Erforschung des Wesens der Legierungen in den verschiedenen, durch die praktische Verwendung bedingten Zuständen bildet das Ziel der metallographischen Wissenschaft, eines Zweiges der angewandten physikalischen Chemie. Diese Wissenschaft hat mächtige Förderung erhalten durch den Ausbau der Lehre von den Lösungen, durch die Entwicklung der Phasenlehre, insbesondere durch die Arbeiten des Herrn Professor Bakhuis Roozeboom. Es ist aber nicht zu vergessen, welche wichtige Rolle das Mikroskop bei ihrer Entwicklung gespielt hat, und welche Aufgaben der Lösung durch die mikroskopische Forschung in Zukunft harren. Es ist immer zu bedenken, dass die Phasenlehre uns nur Aufschluss über stabile Gleichgewichte liefert, dass aber das Mikroskop fast das einzige Hilfsmittel ist, das uns Aufklärung verschafft, inwieweit diese stabilen Gleichgewichtszustände erreicht sind, und wie wir uns die labilen, bzw. metastabilen Uebergangszustände zu denken haben, in denen vielfach Legierungen wegen besonderer, diesen Zuständen eigener Arbeitseigenschaften zur praktischen Verwendung gelangen. Ich möchte auch die Gelegenheit wahrnehmen, darauf hinzuweisen, dass dem Leiter des Königl. Materialprüfungsamtes in Gross-Lichterfelde bei Berlin (frühere mechanisch-technische Versuchsanstalt

in Charlottenburg), Herrn Geheimrat A. Martens, das Verdienst gebührt, das Mikroskop systematisch in den Dienst der metallographischen Wissenschaft gestellt zu haben. Ich darf als bekannt voraussetzen, welchen Anteil das Amt an der Entwicklung dieser Wissenschaft genommen hat, und daran erinnern, dass es schon seit Beginn seiner Tätigkeit eine Pflegestätte dieses wichtigen Zweiges der angewandten physikalischen Chemie gewesen ist.

#### A) Die Erscheinungen beim Abschrecken von Eisen-Kohlenstofflegierungen.

Es müssen hier kurz die Verhältnisse gestreift werden, die sich einstellen, wenn Eisen-Kohlenstofflegierungen von Temperaturen oberhalb 700° C. langsam abgekühlt werden, so dass stabiles Gleichgewicht eintritt. Ich setze die Grundlagen als bekannt voraus. Sie sind in der Hauptsache von Osmond, Roberts-Austen u. s. w. gegeben und soeben im Vortrag des Herrn Professor Bakhuis-Roozeboom näher beleuchtet worden<sup>1)</sup>.

Die gesamtten, sich unterhalb 910° C., also im festen Aggregatzustand vollziehenden Vorgänge sind durch das Schaubild Fig. 111 gekennzeichnet. Schaubild Fig. 111 ist auf Grund eigener Beobachtungen des Verfassers aufgestellt. Bis auf einige Abweichungen stimmt es mit dem von Roberts-Austen gegebenen Diagramm überein.

<sup>1)</sup> In gemeinverständlicher Weise sind die Vorgänge erläutert in einer kleinen Broschüre: E. Heyn, „Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde“, Verlag von Craz & Gerlach, Freiberg i. Sachsen 1903.