

Versuchsprotokoll - Eisenerzreduktion -

1. Aufgabenstellung und Versuchshergang

Das Ziel des Praktikums war es, mit einer an das Stahl-Eisen-Prüfblatt 1770 angelehnten isothermen Reduzierbarkeitsprüfung die Reduzierbarkeit eines Eisenträgers sowie die zeitliche Ausnutzung des Reduktionsgases zu ermitteln. Der Versuch diente dem Kennenlernen des Versuchsprinzips und des Kriteriums der Reduzierbarkeit zur Erzbewertung.

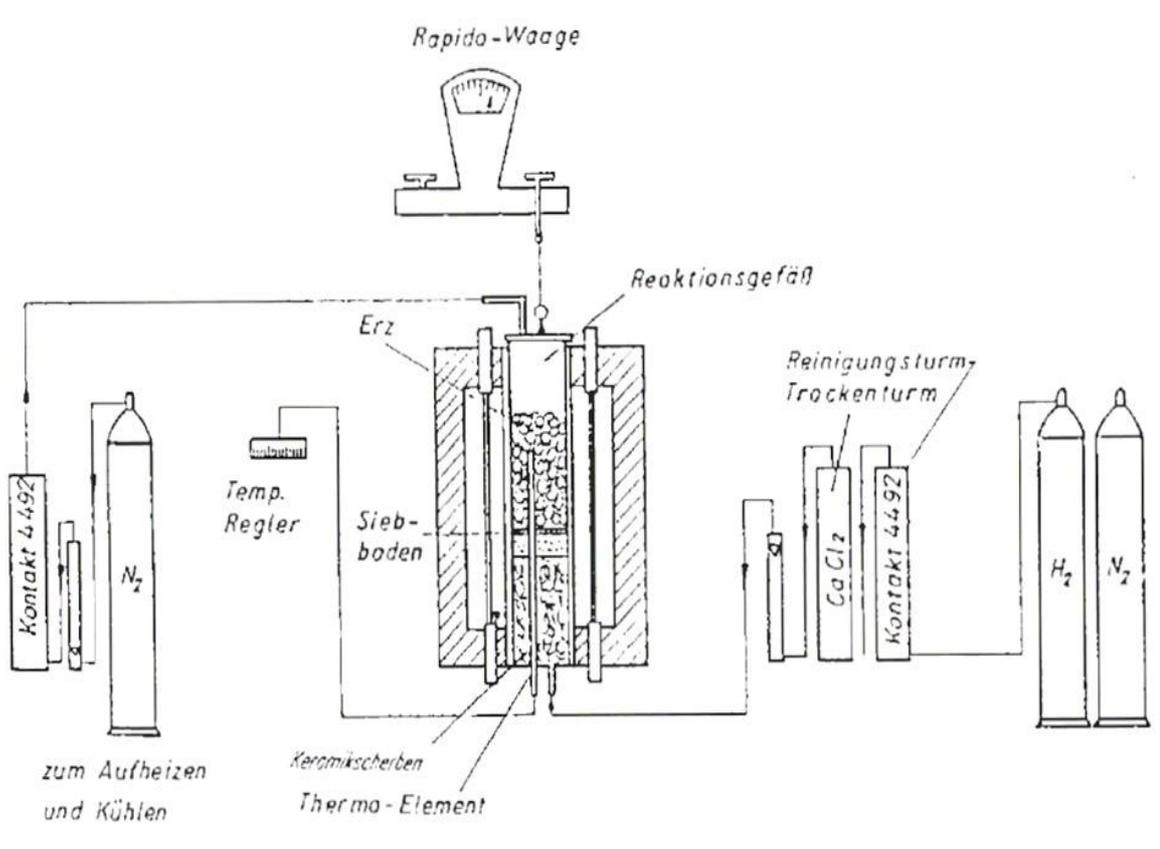


Abbildung 1: Schema der im Praktikum genutzten Versuchsanlage

Den prinzipiellen Aufbau der Versuchsanlage zeigt Abbildung 1, Abweichungen von den im Stahl-Eisen-Prüfblatt 1770 genannten Bedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Parameter	Stahl-Eisen-Prüfblatt 1770 von 1964	Praktikum
Probenmasse	1000 g	1000 g
Stückgröße	10 - 16 mm	8 - 12 mm
Probenrohrdurchmesser	140 mm	110 mm
Prüftemperatur	900 +/- 10 °C	800 °C
Reduktionsgas	40% CO + 60% N ₂	H ₂
Gasvolumenstrom	83 l/min	12 l/min

Tabelle 1: Vergleich der Versuchsbedingungen: Praktikum und Prüfblatt 1770

Der Versuchsaufbau war bereits vorbereitet, so dass nach Bestimmung der Waagendämpfung und ermitteln des Korrekturfaktors für die Masse zu $f = 50/46 = 1.08696$ direkt mit dem Versuch begonnen werden konnte. Der Volumenstrom des Wasserstoffs wurde zu **700 l i.N/h** abgelesen, was mit **11,7 l/min** den in Tabelle 1 geforderten **12 l/min** sehr nahe kommt.

In Intervallen zu fünf Minuten erfolgte, nach dem Erreichen der Reaktionstemperatur und Umstellen des Gases von N₂ auf das Reduktionsgas H₂, das Ablesen der Waagenanzeige m sowie der Temperatur T (Überwachung der Versuchsbedingung $T = 800$ °C). Für die Auftragung der Reduktionsgasausnutzung wurde ein zusätzlicher Wert für m nach $t = 2,5$ min ermittelt.

Folgende Gleichungen wurden zur Ableitung der auf Blatt A angegeben, aus den Messwerten des Waagenstandes m berechneten Größen aus der Versuchsanleitung entnommen:

Reduktionsgrad:
$$R = \frac{100 \cdot \sum \Delta m_{0,K}}{m_{0, Fe, ges}} ; \tag{1a}$$

mit $\Delta m_{0,K} = f \cdot \Delta m_0$, $\Delta m_0 = m(t) - m(t + 5\text{min})$; (1b, 1c)

Reduktionsgasausnutzung: $\eta_{H_2} = 2,4 \cdot \Delta m_{0,k} \tag{2}$

Reduzierbarkeit:
$$\dot{R}_{40} = \frac{33,6}{t_{60} - t_{30}} \tag{3}$$

2. Ergebnisse

Die im Versuch ermittelten Messwerte und daraus abgeleitete Größen sind auf dem Protokollblatt A angegeben. R , ermittelt mit Gleichung (1), und ηH_2 , ermittelt mit Gleichung (2), sind auf Blatt B über der Reduktionszeit t dargestellt. Aus der Auftragung ηH_2 über t ergeben sich $t_{30} = 18 \text{ min}$ und $t_{60} = 45 \text{ min}$. Damit ist nach Gleichung (3) $\dot{R}_{40} = 1,24 \text{ \%O/min}$.

Der Reduktionsgrad nimmt naturgemäß mit der Zeit zu und erreicht bei Versuchsende nach $t = 70 \text{ min}$ einen Wert von $R = 81,9 \text{ \%}$. Das bedeutet, dass während des Versuchs von den Anfangs im Sinter enthaltenen **253 g** Sauerstoff etwa **199 g** abgebaut wurden.

3. Diskussion

Die theoretische Gasausnutzung zu Beginn der Reduktion eines reinen Fe_2O_3 ist 100% (vgl. Baur-Glaessner-Kurve). Mit fortschreitender Reduktion ist ein Abfall der Gasausnutzung zu erwarten.

Der im Versuch ermittelte Verlauf zeigt einen steilen Anstieg zu Versuchsbeginn, ein Maximum bei $\eta H_2 = 52,2 \text{ \%}$ und fällt wie erwartet mit der Reduktionszeit. Auffällig ist die erneute Erhöhung der Gasausnutzung bei $t = 45 \text{ min}$ und $t = 65 \text{ min}$ (siehe Markierungen Blatt B).

Kinetische Effekte und die Tatsache, dass keine reines Oxid sondern Sinter eingesetzt wurde erklären den besonderen Verlauf der Kurve. So kann eine vollständige Gasausnutzung nicht erreicht werden, da die Reduktion mit dem Einleiten des ersten Wasserstoffs bereits beginnt, der Sinter im Versuchsaufbau aber nicht verzögerungsfrei dem Reduktionsgas ausgesetzt werden kann. Ferner ist die Reaktionsgeschwindigkeit im Baur-Glaessner-Diagramm nicht berücksichtigt.

Eine mögliche Erklärung für die markierten Ausreißer der Gasausnutzung sind Veränderungen des Sinters, bspw. Rissbildung durch mechanische Spannungen während der Umwandlung. Dadurch kann ein Oxid mit höherem Sauerstoffgehalt (im Inneren eines Sinterstücks) plötzlich dem Reduktionsgas ausgesetzt werden.

Für den Versuch war eine konstante Temperatur von $T = 800 \text{ }^\circ\text{C}$ gefordert worden. Diese Bedingung wurde nicht eingehalten (Abbildung 2). So zeigen sich erhebliche zeitliche Schwankungen der Reduktionstemperatur. Die mittlere Temperatur ist mit $788 \text{ }^\circ\text{C}$ zu niedrig. Die maximale Temperatur von $832 \text{ }^\circ\text{C}$ ist deutlich zu hoch. Es fällt auf, dass die Maxima der Temperaturkurve im Bereich der Ausreißer der Gasausnutzung liegen. Dies entspricht der Aussage des Baur-Glaessner-Diagramms, dass die Gasausnutzung mit der Reaktionstemperatur zunimmt. Dieser Effekt dürfte bei weitem stärker ausfallen als eventuelle (im Rahmen des Versuchs nicht nachgewiesene) Rissbildung und somit Ursache für die Ausreißer der Gasausnutzung.

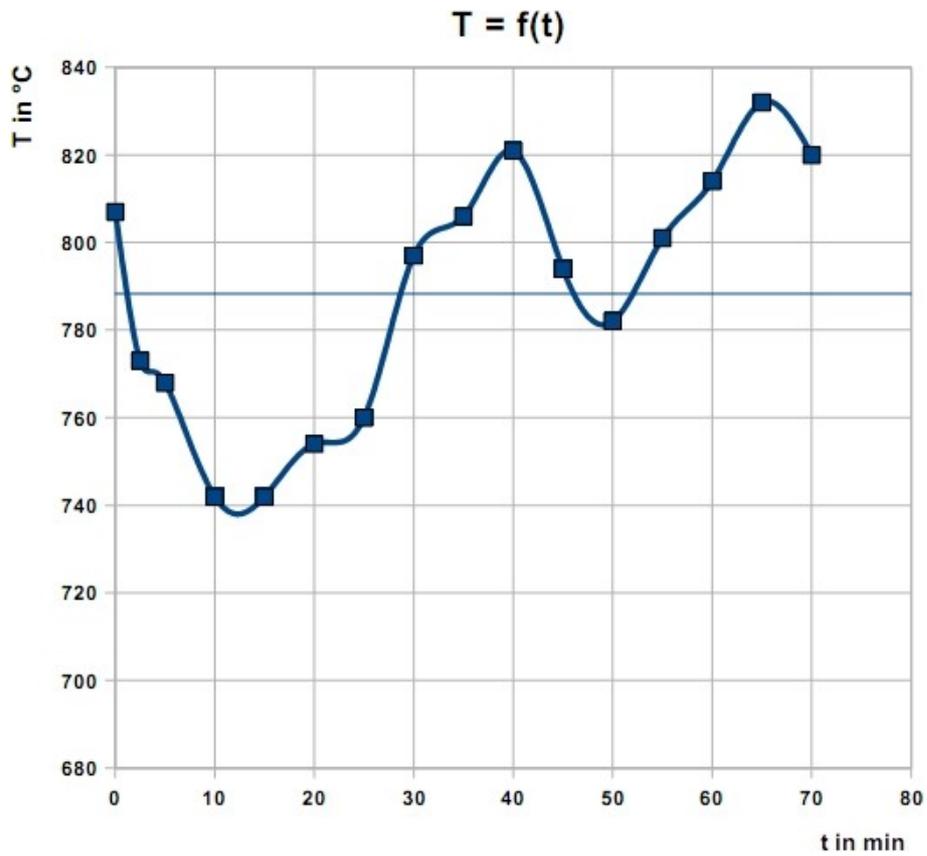


Abbildung 2: zeitlicher Verlauf der Reaktionstemperatur

4. Abbildungsnachweis

Abbildung 1 und Tabelle 1 sind den Versuchsunterlagen entnommen, Abbildung 2 wurde selbständig aus Versuchsdaten erstellt.