

# Über das Verhalten von Metalloxyden und Silicaten im Chlorstrom.

Von Dr.-Ing. ROLAND WASMUHT,

Institut für Eisenhüttenkunde an der Techn. Hochschule Aachen.

(Eingeg. 12. Oktober 1929.)

**Inhalt:** Systematische Untersuchungen über das Verhalten von Metalloxyden (Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul, Chromoxyd, Wolframoxyd, Molybdänoxyd, Nickeloxydul, Kobaltoxydul), Silicaten (Grünert, Fayalit, Rhodonit, Tephroit) und Schlacken (Hochofenschlacken, Schweißschlacke, Martinschlacke) im Chlorstrom bei steigender Temperatur. Beobachtungen des Angriffs und der Umsetzungsvorgänge. Untersuchungen der Einwirkung der Gegenwart von Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel auf diese Vorgänge.

Beim Chlorieren von Metalloxyden treten die Affinitäten von Sauerstoff und Chlor, zweier sowohl in ihren polaren Eigenschaften wie in ihren Atomaffinitäten recht ähnlichen Elementen miteinander in Wettbewerb. In einigen Fällen wird der Sauerstoff bei relativ niedriger Temperatur schon praktisch vollkommen verdrängt, wie bei Calciumoxyd. Im anderen bildet sich ein Gleichgewicht, wie bei Magnesiumoxyd, wieder bei anderen Oxyden müssen fremde Affinitäten, wie die der Kohlenstoffoxydation, zu Hilfe genommen werden, um die Verdrängung des Sauerstoffs durch Chlor (bei nicht allzu hohen Temperaturen) zu ermöglichen. ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  usw.).

Es ist bekannt, daß bei höheren Temperaturen, Rot- bis Weißglut, fast alle Metalloxyde vom Chlor unter Chloridbildung angegriffen werden, eine Eigenschaft, von der man bei der Darstellung von Metallchloriden weitestgehend Gebrauch gemacht hat. Systematische Untersuchungen liegen jedoch auch hier nicht vor. Vor allem fehlen Temperaturangaben. Ebenfalls liegen über das Verhalten der Metalloxyde bei niedrigen Temperaturen, wie sie bei der Chlorierung von Stahl und Eisen zum Zweck der Bestimmung der eingeschlossenen oxydischen Desoxydationsprodukte in Frage kommen, d. h. zwischen 200° und 600°, kaum Angaben und Untersuchungen vor. Diese Lücken systematisch auszufüllen, war Ziel der Arbeit.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Metalloxyde, ferner einiger Silicate und Schlacken im Chlorstrom<sup>1)</sup> dargestellt. Das Chlorgas wurde durch wiederholte Verflüssigung<sup>2)</sup> gereinigt. Die Chlorierungsdauer beträgt, falls keine anderen Angaben gemacht werden, eine Stunde. Einwaagen: 1 Gramm.

Die Oxyde wurden sowohl allein als auch in Gegenwart von Kohlenstoff untersucht. Verwandt wurde zu diesem Zwecke ganz reine, im Vakuum bei 1800° geglühte und entgaste Kohle. Leerversuche mit der entgasten Kohle zeigten keine Gewichtsveränderung, bei dreistündigem Überleiten des Chlorstromes bei 1150°. Zusatz: 0,25 Gramm.

## A. Untersuchung des Verhaltens von Metalloxyden im Chlorstrom bei steigender Temperatur.

### 1. Kieselsäure.

Reine geglühte Kieselsäure wurde bei steigender Temperatur bis 1100° der Einwirkung des Chlorgases ausgesetzt. Dieselbe Kieselsäure wurde ebenfalls in Gegenwart von Kohlenstoff chloriert. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 1.

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen wurden durchgeführt im Rahmen von Arbeiten zur Bestimmung der oxydischen Einschlüsse im Eisen und Stahl auf rückstandsanalytischem Wege durch Chloraufschluß. Vgl. auch R. Wasmuht und P. Oberhoffer, Arch. f. d. Eisenhüttenwesen 2, 829 [1928/29].

<sup>2)</sup> R. Wasmuht, Reinigung von Gasen, speziell des Chlors durch wiederholte Verflüssigung, Chem. Fabrik 2, 145, 158 [1929].

Tabelle 1.  
Verhalten von Kieselsäure im Chlorstrom.

$\text{SiO}_2$		$\text{SiO}_2 + \text{Kohlenstoff}$	
Temperatur °C	Gewichts- Veränderung %	Temperatur °C	Gewichts- Verlust %
500	—	600	—
600	—	700	—
800	—	850	— 1,86
1100	—	1000	— 4,66
		1100	— 5,22

Eine Einwirkung des Chlorgases auf die reine Kieselsäure war nicht zu erkennen. Dagegen war in Gegenwart von Kohlenstoff ein Angriff der Kieselsäure oberhalb 700° zu beobachten, der bei 1000° und 1100° stärker in Erscheinung trat.

### 2. Tonerde.

Zur Untersuchung gelangte reine geglühte Tonerde von Merck (p. A.), die sowohl allein, als auch in Gegenwart von Kohlenstoff der Chlorierung unterworfen wurde (Tabelle 2).

Tabelle 2.  
Verhalten von Tonerde im Chlorstrom.

$\text{Al}_2\text{O}_3$		$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Kohlenstoff}$	
Temperatur °C	Gewichts- Veränderung %	Temperatur °C	Gewichts- Veränderung %
500	—	500	—
600	—	600	—
700	—	700	— 0,14
850	— 0,68	850	— 4,85
1000	— 11,68	1000	— 13,46

Die reine Tonerde wird ab 850° von dem Chlorgas merklich angegriffen unter Bildung von Aluminiumchlorid. In Gegenwart von Kohlenstoff ist dieser Angriff schon bei niedrigeren Temperaturen, etwas oberhalb 700° zu beobachten.

### 3. Eisenoxyd.

Reinstes Eisenoxyd nach Brandt (Urtitersubstanz) wurde sowohl allein, als auch in Gegenwart von Kohlenstoff der Chlorierung unterworfen. (Tabelle 3.)

Tabelle 3.  
Verhalten von Eisenoxyd im Chlorstrom.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$		$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Kohlenstoff}$	
Temperatur °C	Gewichts- veränderung %	Temperatur °C	Gewichts- veränderung %
300	—	300	—
400	—	400	—
500	—	500	— 6,24
525	— 0,49	600	— 13,22
550	— 0,95	700	— 35,06
600	— 2,49		
700	— 17,98		
800	— 71,50		
850	— 79,40		

Ein Angriff des reinen Eisenoxys beginnt bei 500°, um zwischen 700° und 800° sehr intensiv zu werden.

In Gegenwart von Kohlenstoff übt das Chlor bereits ab 400° die zersetzende Wirkung aus.

#### 4. Eisenoxydul (-oxyd).

Zur Verwendung gelangte sogen. „Eisenoxydul“ von Merck, das im Hochvakuum sorgfältig getrocknet und entgast wurde und das bei der Analyse folgendes ergab:

SiO<sub>2</sub> 0,08%, FeO 44,2%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 54,0%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,1%, CaO 0,1%, MgO Spuren, MnO 0,08%.

Es handelt sich also um ein Gemisch von Eisenoxydul und -oxyd, was jedoch bei der Durchführung der Versuche nicht störend wirkt, da in dem nach der Chlorierung entfallenden Rückstand stets Oxydul neben Oxyd bestimmt wurde. Auf diese Weise ist es ohne weiteres möglich, mit diesem Material als Ausgangssubstanz das Verhalten des Eisenoxyduls im Chlorstrom zu beobachten.

Die Ergebnisse bringen Tabelle 4 und Abb. 1 und 2.

Tabelle 4.

Verhalten von Eisenoxydul im Chlorstrom\*).

Temperatur °C	Gewichts- ver- änderung %	FeO g	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g	Oxydul- sauer- stoff g	Oxyd- sauer- stoff g	Gesamt- sauer- stoff g
200	+ 10,8	0,0168				
220	+ 9,3	0,0150	0,840	0,0033	0,2530	0,2566
250	+ 6,51	0,0114	0,843	0,0025	0,2539	0,2565
300	+ 1,43	0,0074	0,876	0,0016	0,2637	0,2653
350	- 4,20	0,0054	0,861	0,0012	0,2582	0,2594
400	- 7,50	0,0050	0,875	0,0011	0,2630	0,2641
500	- 17,15	Spuren	0,792	Spuren	0,2383	0,2383
Ausgangs- substanz		0,4420	0,540	0,0984	0,1625	0,2609

\* Die Zahlenwerte in der Tabelle bezeichnen Gramm des in der Waage vorgefundenen FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> usw. bei 1 g Einwaage Ausgangssubstanz.

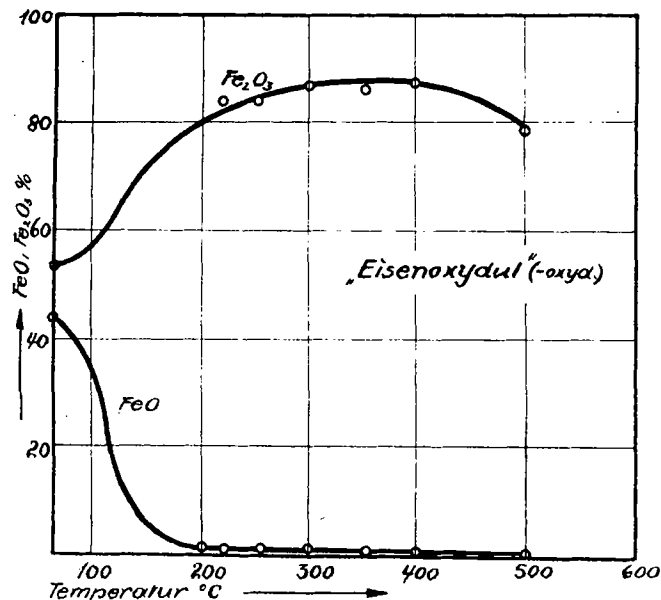


Abb. 1.

Umsetzung von Eisenoxydul in Eisenoxyd bei der Chlorierung.

Bei der Chlorierung trat schon bei relativ niedrigen Temperaturen unterhalb 200° die Bildung von FeCl<sub>3</sub> ein, eine Tatsache, die durch Bildung sehr feiner Nebel im Reaktionsrohr beobachtet werden kann. Bei niedriger Temperatur bis 300° ist durch die geringe Flüchtigkeit der in diesem Temperaturgebiet gebildeten Chloride ein Ansteigen des Gewichts im Schiffchen zu beobachten. Sobald die Temperatur 300° übersteigt, setzt die Ver-

flüchtigung der gebildeten Chloride jedoch intensiv ein, so daß die Gewichtsabnahme zu erkennen ist.

Wie aus den Daten, die die FeO- und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte des Rückstands nach der Chloration anzeigen, setzt sich FeO in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> um, und zwar beginnt die Umsetzung schon

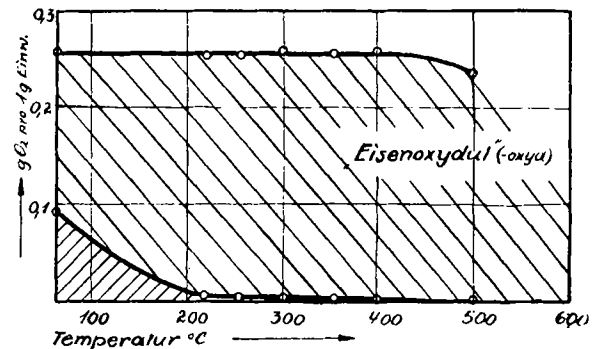


Abb. 2.

Oxydul- und Oxydsauerstoff im Rückstand nach der Chlorierung von Eisenoxydul.

bei relativ niedriger Temperatur. Bei 200° ist bereits der größte Teil des Oxyduls in Oxyd verwandelt. Der Umsatz des FeO in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wird mit steigender Temperatur immer vollständiger, d. h. die FeO-Kurve fällt, während die Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Kurve ansteigt. Über 400° ist jedoch ein Abfallen der Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Werte zu beobachten. Die durch den Umsatz freiwerdenden Eisengehalte entweichen als Chlorid. Die Tatsache des Entweichens der Eisenchloride gab also keinen Anhalt, ob unter Angriff des gebildeten Oxyds Sauerstoffverluste eingetreten waren oder nicht. Um dies festzustellen, wurde der in dem Rückstand verbliebene Sauerstoff errechnet, indem aus den FeO- wie den Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Werten die an das zwei- wie das dreiwertige Eisen gebundenen Sauerstoffgehalte ermittelt wurden. Ihre Summe ergibt den Gesamtsauerstoffgehalt im Rückstand. Andererseits kennt man die mit der Urschubstanz vor der Chlorierung eingeführte Sauerstoffmenge. Aus diesen Werten wurde das Schaubild Abb. 2 zusammengestellt. Die schraffierte Fläche zeigt den als FeO, die ungeschraffierte Fläche den als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vorhandenen Sauerstoff im Rückstand an. Man sieht, daß der FeO-Sauerstoff sehr bald verschwindet, um als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gebunden zu werden, was bei 350° praktisch vollkommen der Fall ist. Ein Absinken des Gesamtsauerstoffgehaltes im Rückstand und damit ein Angriff des gebildeten Eisenoxys tritt aber erst über 400° ein. Daß er früher eintritt als bei dem vorhin besprochenen Eisenoxyd nach Brandt, das erst ab 500° angegriffen wurde, dürfte vielleicht in der sehr feinen Ausbildungsform des in statu nascendi befindlichen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu suchen sein.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des gleichen Eisenoxyduls (-oxyds) in Gegenwart von Kohlenstoff bringt Tabelle 5.

Tabelle 5.

Verhalten von Eisenoxydul im Chlorstrom in Gegenwart von Kohlenstoff.

Temperatur °C	Gewichts- ver- änderung %	FeO g	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g	Oxydul- sauer- stoff g	Oxyd- sauer- stoff g	Gesamt- sauer- stoff g
200	+ 33,26	0,1613	0,7340	0,036	0,2203	0,2563
300	+ 5,54	0,0081	0,8640	0,0018	0,2599	0,2617
400	- 11,56	0,0067	0,8590	0,0015	0,2580	0,2595
500	- 13,46	0,0026	0,7790	0,0006	0,2340	0,2346

Im wesentlichen kann man sagen, daß die Gegenwart von Kohlenstoff die Umsetzung des Oxyduls in Oxyd kaum beeinflusst. Der Angriff des gebildeten Eisenoxys tritt ebenfalls erst über 400° ein, ist jedoch bei 500° etwas

intensiver als ohne Gegenwart von Kohlenstoff. Die Gewichtszunahme ist bei der geringen Temperatur größer. Dies dürfte seine Erklärung in einer rein mechanischen Wirkung der beigemengten Kohle haben, die die gebildeten Eisenchloridteilchen zum Absitzen bringt und am Entweichen verhindert.

#### Manganoxydul.

Das von Merck gelieferte Manganoxydul wies folgende Analysenzahlen auf:

C 0,15%, Mn 68,0%, Fe 0,35%, Rückstand 1,60%.

Der stöchiometrische Mangangehalt von reinem MnO beträgt 77,4% Mn. Da somit das „Manganoxydul“ von Merck kein reines Oxydul darstellt, sondern höhere Oxydstufen beigemischt enthält, wurde dieses Manganoxydul zunächst im Wasserstoffstrom reduziert.

Die Reduktion im Wasserstoffstrom wurde bei 1000° vorgenommen. Eine Reduktion von MnO zu metallischem Mangan ist selbst bei Temperaturen bis 1300° nicht möglich. Der aus der Bombe entnommene Wasserstoff wurde gereinigt durch konz. Schwefelsäure, glühende Kupferspäne und Calciumchlorid. Als Tiegel wurde ein Magnesiaschiffchen verwandt. Nach sechsstündiger Reduktion wurde die Probe fein gepulvert und nochmals sechs Stunden in der Wasserstoffatmosphäre geglüht. Die reduzierte Probe wies eine vollständig grüne Farbe auf, während das Mercksche Manganoxydul grau aussah. Die Analyse der reduzierten Proben ergab 75,1 Mn. Die Reduktion ist demnach nach Abzug der Verunreinigungen bis auf 0,2% gelungen.

Mit diesem reduzierten Manganoxydul wurden die Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 6 und Abb. 3 zusammengestellt sind.

Tabelle 6.

Verhalten von Manganoxydul im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtszunahme errechnet %	Mn im Rückstand %	Mn Verlust durch Rückstand %	MnCl <sub>2</sub> aus Mn Verlust %	MnCl <sub>2</sub> aus Waschwasser %
250	0,67	74,58	0,52	1,19	1,05
300	2,17	73,42	1,68	3,85	3,90
350	7,90	68,99	6,11	14,01	13,78
400	13,06	65,01	10,09	23,15	23,22
500	22,38	57,76	17,34	39,72	32,56

Analytisch ermittelt wurden sowohl der Mangangehalt des Rückstandes als auch der Mangangehalt des Waschwassers.

Das Diagramm zeigt, wann und wieviel Manganchlorid sich bildet, und wie weit das rückbleibende Oxydgemisch an Gewicht abnimmt. Schon von 200° an konnte eine Gewichtszunahme der Probe festgestellt werden, die auf gebildete, nicht flüchtige Manganchloride zurückzuführen ist. Da diese jedoch stark hygroskopisch sind, so geben die Auswaagen nicht den tatsächlichen Gehalt an gebildetem Manganchlorid, sondern höhere Werte an. Die tatsächlich gebildeten Manganchloridgehalte lassen sich jedoch einwandfrei aus dem Mangangehalt des Waschwassers errechnen. Der diesem Mangangehalt entsprechende Chlorgehalt stellt demnach die der Bildung des reinen MnCl<sub>2</sub> entsprechende Gewichtszunahme der Probe dar. Die Mangangehalte der Rückstände ergaben stets die gegenüber dem Mangangehalt der Ursubstanz noch fehlenden Manganmengen mit Ausnahme bei der Chlorierung bei 500°. Bei ihr ergab die Summe Mangan im Rückstand plus Mangan im Waschwasser nicht mehr den Mangangehalt der eingewogenen Ursubstanz, sondern einen geringeren Wert. Es ist also Mangan während der Chlorierung verschwunden. Dies kann nur dadurch geschehen sein, daß bei 500° ein geringer Teil des gebildeten Manganchlorids schon flüchtig war. Die Menge des flüchtigen Manganchlorids kann man aus den vorliegen-

den Daten genau bestimmen. Sie betrug 0,078 g bei 1 g Einwaage MnO.

Das Aussehen der Proben nach der Chlorierung läßt darauf schließen, daß sich höhere Oxydationsstufen des Mangans gebildet haben. Die grüne Farbe des Manganoxyduls ist verschwunden, wohingegen der Rückstand die dunkelbraune Färbung der höheren Manganoxyside angenommen hat. Bis zu welcher Oxydationsstufe und in welchem Mengenverhältnis diese Höheroxydation stattgefunden hat, läßt sich aus dem vorliegenden Befund schwer bestimmen, da es sich nicht nur um Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, sondern auch um Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nebeneinander handeln kann und eine analytisch einwandfreie Trennung der einzelnen Oxydgruppen voneinander schwer durchzuführen war.

Die erhaltene Gewichtsmenge des verbliebenen Manganoxydgemisches gestatten jedoch gewisse Rück-

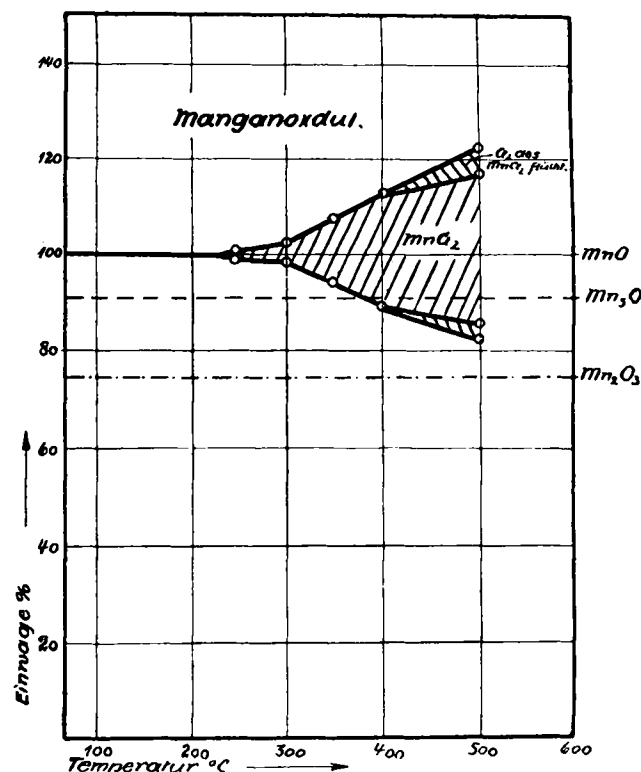


Abb. 3.

Verhalten von Manganoxydul im Chlorstrom.

schlüsse: Zieht man das gebildete Manganchlorid (schraffierte Fläche) von der entstandenen Gesamtmenge Oxydgemisch + Chlorid (oberste Linie im Diagramm) ab, so muß der Rest das zurückbleibende Oxydgemisch darstellen. Die unteren gestrichelten horizontalen Linien geben an, wie weit sich das Gewicht des Rückstandes verringern müßte, wenn alles MnO in Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> oder Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> umgewandelt worden wäre, keine Sauerstoffverluste vorausgesetzt. Wenn es sich stets nur um zwei Oxydgruppen handeln würde, könnte man das Hebelgesetz (Verhältnisleichung) anwenden, um die jeweils entstandenen Mengen festzustellen, vorausgesetzt, daß keine Sauerstoffverluste eingetreten sind. Da es sich um Gemische einer Reihe von Oxyden handelt, ist eine einwandfreie Aussage über die tatsächlichen Mengenverhältnisse der einzelnen Oxydformen und den Punkt des Eintritts des Sauerstoffverlustes jedoch schwer möglich.

Aus dem Befund könnte man geneigt sein anzunehmen, daß bei 400° sich alles MnO in Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> umgesetzt hat, ohne daß Sauerstoffverluste eingetreten sind. Bei höheren Temperaturen, vor allem jedoch in Gegenwart von Kohlenstoff, scheinen Sauerstoffverluste zu verzeichnen zu sein.

Man könnte vielleicht auf folgende Weise feststellen, ob tatsächlich Sauerstoffverluste eingetreten waren, indem man das verwandte Manganoxydul sowohl vor wie nach der Chloration in der Heißeextraktionsapparatur nach Oberhoffer (Reduktion der Oxyde mit C.)<sup>3)</sup> auf seinen Sauerstoffgehalt hin untersucht. Falls bei der Höheroxydation kein Sauerstoff verloren wurde, müßten beide Proben gleiche Sauerstoffgehalte aufweisen. Leider scheiterte der Versuch, da es sich als unmöglich herausstellt, in der gewöhnlichen Heißeextraktionsapparatur das Manganoxydul quantitativ zu reduzieren, und die Hochfrequenzapparatur, in der die Reduktion eher zu erhoffen ist, nicht betriebsfähig war.

Die Ergebnisse der Untersuchung desselben Manganoxys in Gegenwart von Kohlenstoff gibt Tabelle 7.

Tabelle 7.

Verhalten von Manganoxydul im Chlorstrom bei Gegenwart von Kohlenstoff.

Temperatur °C	Gewichtszunahme errechnet %	Mn im Rückstand %	Mn-Verlust durch Rückstand %	MnCl <sub>2</sub> aus Mn-Verlust %	MnCl <sub>2</sub> aus Waschwasser %
200	1,00	74,30	0,80	1,84	1,92
300	5,69	70,70	4,40	10,10	10,12
400	10,95	66,70	8,40	19,25	19,05
500	46,56	39,01	36,09	82,60	74,80

Man ersieht daraus, daß der Kohlenstoff bis 400° keinen Einfluß ausübt, daß er jedoch bei höherer Temperatur die zersetzende Wirkung des Chlors auf Manganoxydul bedeutend fördert.

#### 6. Chromoxyd.

Die Beständigkeit des Chromoxys im Chlorstrom in Abhängigkeit von der Temperatur wurde sowohl allein als auch in Gegenwart von Kohlenstoff untersucht. Aus Tabelle 8 geht hervor, daß das

Tabelle 8.

Verhalten von Chromoxyd im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtsveränderung	
	allein %	in Gegenwart von C %
400	—	—
500	—	— 1,3
600	— 1,9	— 15,9
700	—	— 60,6
800	— 6,6	—
1000	— 31,0	—

Chromoxyd etwa ab 500° von Chlor unter Bildung der entsprechenden Chloride angegriffen wird, und daß in Gegenwart von Kohlenstoff dieser Angriff oberhalb 500° wesentlich stärkere Ausmaße annimmt.

Tabelle 9.

Verhalten von Wolframoxyd im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtsveränderung	
	allein %	in Gegenwart von C %
300	—	—
400	—	— 0,1
500	—	— 20,2
600	— 1,6	— 74,9
700	— 8,0	—
800	— 42,2	—

<sup>3)</sup> Hessenbruch u. Oberhoffer, Arch. Eisenhüttenwesen 1, 583 [1927/28].

#### 7. Wolframoxyd.

Die Beständigkeit des Wolframoxys gegenüber dem Chlorstrom sowohl allein als auch in Gegenwart von Kohlenstoff wird durch Tabelle 9 dargestellt. Wolframoxyd wird oberhalb 500° zuerst langsam, dann schneller angegriffen. In Gegenwart von Kohlenstoff setzt der Angriff ab 400° in verstärktem Maße ein.

#### 8. Molybdänoxyd.

Die Beständigkeit des Molybdänoxys gegenüber dem Chlorstrom zeigt Tabelle 10. Der

Tabelle 10.

Verhalten von Molybdänoxyd im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtsveränderung	
	allein %	in Gegenwart von C %
200	—	—
250	—	— 0,3
300	—	— 1,8
370	—	— 52,2
400	— 1,8	— 66,9
500	— 5,9	—
600	— 94,1	—

Angriff setzt ab 300° langsam ein und wird zwischen 500 und 600° sehr stark. In Gegenwart von Kohlenstoff setzt der Angriff bereits früher und vollständiger ein.

#### 9. Nickeloxydul.

Die Beständigkeit des Nickeloxyduls ist außerordentlich gering. (Tabelle 11.) Bereits ab 200° beginnt eine starke Zersetzung, die bereits bei 700° vollständig geworden ist. Die Gegenwart von Kohlenstoff ergibt keine wesentliche Veränderung des Bildes.

Tabelle 11.

Verhalten von Nickeloxydul im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtsveränderung	
	allein %	in Gegenwart von C %
200	—	—
250	—	— 36,8
400	— 77,3	— 71,5
500	—	— 89,3
600	— 96,2	—
700	—	— 95,5
800	— 100,0	—

#### 10. Kobaltoxydul.

Die Beständigkeit des Kobaltoxyduls ist ebenfalls nicht groß. Der Angriff beginnt bei etwa 250°, um bei 500° etwa 50% zu betragen. In Gegenwart von Kohlenstoff setzt er bereits bei 200° ein, um bei höheren Temperaturen wesentlich stärker zu werden (Tabelle 12).

Tabelle 12.

Verhalten von Kobaltoxydul im Chlorstrom.

Temperatur °C	Gewichtsveränderung	
	allein %	in Gegenwart von C %
200	—	+ 0,6
300	+ 1,8	+ 6,5
400	+ 21,1	+ 50,8
500	+ 48,4	—

(Fortsetzung folgt.)