

Seminar „Übungen im Vortragen – AC“

Chrom

Kerstin Schaller, WS 03/04; Melanie Murmann, WS 11/12; Anja Fickentscher, WS 16/17

Gliederung

1	Das Element Chrom	2
2	Vorkommen	2
3	Eigenschaften.....	2
4	Geschichtliche Hintergründe	3
5	Herstellung	3
6	Verwendung	4
7	Experiment	5
8	Toxikologie	5

Einstieg 1: Einige Gegenstände wie ein Wasser-Hahn, eine grüne Glas-Murmel, eine Musik-Kassette oder ein Schraubenschlüssel begegnen uns fast täglich im Leben. Alle diese Gegenstände haben etwas gemeinsam; sie alle bestehen zumindest teilweise aus Chrom.

Einstieg 2: Das Bild "Zwölf Sonnenblumen in einer Vase" wurde 1888 von Vincent Van Gogh gemalt. Damals waren die Sonnenblumen strahlend gelb. Im Laufe der Zeit sind die Sonnenblumen immer dunkler geworden. Aber warum? Ist das Bild z. B. durch Ruß schmutzig?



Abb. 1: Zwölf Sonnenblumen in einer Vase von Vincent van Gogh [10]

Einstieg 3: Messer und Gabel werden bei fast jeder Mahlzeit verwendet. Auch nach wiederholter Verwendung bleibt der "silberne" Glanz des Besteckes erhalten. Das beständige Glänzen scheint durch die Eigenschaften des im Besteck enthaltenen Chroms bedingt zu sein.

1 Das Element Chrom

Chrom ist ein Element der 6. Nebengruppe und hat die Elektronen-Konfiguration [Ar] 3d⁵ 4s¹. Im Vergleich zur erwarteten Elektronen-Konfiguration [Ar] 3d⁴ 4s² ist die Halbbesetzung der 4s- und der 3d-Schalen durch Abgabe eines Elektrons energetisch günstiger. Der Name Chrom leitet sich ab vom griechischen "chromos", was so viel bedeutet wie "Farbe". Diesen Namen hat das Element auf Grund der Vielfarbigkeit seiner Salze bekommen. Einige relevante Daten zum Chrom sind:

- relative Atom-Masse: 51,9961 u
- Schmelzpunkt: 1903°C
- Siedepunkt: 2640°C
- Atom-Radius: 128 pm
- Elektro-Negativität: 1,6
- Oxidationszahlen: +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2

Die bevorzugte Oxidationszahl in sauren Lösungen ist +3. Im Alkalischen oxidiert Chrom leicht zu 6-wertigen Verbindungen.

2 Vorkommen

Chrom steht in der Elementar-Häufigkeit an 20. Stelle. Das Element kommt in der Natur fast ausschließlich in Verbindungen vor. Nur in Meteoriten konnten bislang Spuren von metallischem Chrom nachgewiesen werden. Das wichtigste Chromerz ist Chromit (Chromisenstein, FeCr₂O₄). Ein weiteres Chromerz von geringerer Bedeutung ist Krokoit (Rottbleierz, PbCrO₄). Die Chromit-Lagerstätten finden sich vor allem in der Türkei, Indien und Südafrika.

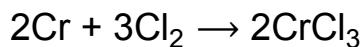


Abb. 2: Chromit

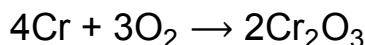
3 Eigenschaften

Reines Chrom ist ein zähes bläulich-weiß glänzendes Schwermetall, das gut schmiedbar und formbar ist. Es kann kubisch-raumzentrierte oder hexagonal-dichteste Kugel-Packungen aufweisen. Bei geringfügigen Verunreinigungen mit Wasserstoff oder Sauerstoff wird es zu dem härtesten aller Gebrauchsmetalle aber auch sehr spröde. An Luft ist Chrom enorm beständig, da es von einer dünnen Oxidschicht überzogen wird, die das Metall vor weiterer Korrosion schützt. Dadurch wird Chrom sogar an feuchter Luft und im Wasser vor Korrosion geschützt.

Chrom ist ein relativ unedles Metall. Bei hohen Temperaturen reagiert Chrom mit den meisten Nichtmetallen. Mit Chlor bildet sich Chrom(III)-chlorid:



Mit Sauerstoff verbrennt es zu Chrom(III)-oxid:



Die Farben der einzelnen Chrom-Salze variieren stark. Einige Farben sollen kurz aufgezeigt werden:

Verbindung	Farbe
Chrom(II)-chlorid	himmlau
Chrom(III)-oxid	grün
Chrom(III)-sulfat	violett
Chrom(IV)-oxid	schwarz
Chrom(VI)-oxid	rot
Chromate	gelb
Dichromate	orange

Tab. 1: Farbigkeit von Chrom-Verbindungen

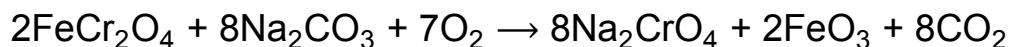
4 Geschichtliche Hintergründe

Mitte des 18. Jahrhunderts wurde ein neues Mineral (Bleichromat PbCrO_4) entdeckt, dass wegen seiner roten Farbe den Namen Krokoit (griechisch krokos = safranfarbend) erhielt. Durch die Farbigkeit des Minerals wurde dieses sehr schnell als Farb-Pigment verwendet. Das nun hergestellte Chromgelb wurde schnell unter dem Namen "Postgelb" zur damaligen Mode-Farbe.

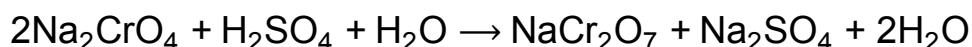
1797 entdeckte der französische Chemiker Louis Nicolas Vauquelin das Element Chrom bei Untersuchungen von Krokoit und stellte es in unreiner Form dar. Im gleichen Jahr erkannte der deutsche Chemiker Martin Heinrich Klaproth ebenfalls im Krokoit das Element Chrom. Die Darstellung reinen Chroms gelang erstmals Robert Wilhelm Bunsen 1854 durch die Elektrolyse von wässrigen Chromchlorid-Lösungen.

5 Herstellung

Als Ausgangsmaterial dient das Mineral Chromit. Das Erz wird durch Flotation angereichert, fein zermahlen und mit Kalk und Soda vermischt. Unter Luftzufuhr wird bei ca. 1200°C Natriumchromat erhalten:



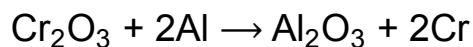
Nach der Extraktion des Chromats mit heißem Wasser wird konz. Schwefelsäure hinzugegeben, so dass Natriumdichromat entsteht:



Das Natriumdichromat kristallisiert beim Abkühlen als Dihydrat aus der Lösung. Durch eine nachfolgende Reduktion mit Kohle wird Chrom(III)-oxid erhalten:

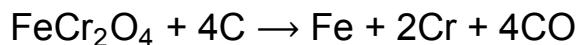


Im Anschluss erfolgt die aluminothermische Reduktion des Chrom(III)-oxids zu Chrom:



Das so gewonnene Chrom besitzt einen Reinheitsgrad von 99%. Reineres Chrom entsteht durch die Elektrolyse von Chrom(III)-Salzlösungen.

In der Technik wird Chrom jedoch meist als unreines Ferrochrom hergestellt. Dieses wird durch Reduktion von Chromit mit Koks im Elektro-Ofen erhalten:



Dieses Ferrochrom (ca. 60% Chrom) wird zur Herstellung chromhaltiger Stähle verwendet. Chrom ist das wichtigste Legierungselement für nichtrostende und hitzebeständige Stähle.

6 Verwendung

Chrom (Cr): Ein wichtiges Verwendungsfeld für Chrom liegt in der Stahl-Herstellung. Bereits kleine Mengen Chrom verleihen dem Stahl hohe mechanische Beanspruchbarkeit. Durch das Hartverchromen erhält Metall eine wirksame Verschleiß- und Korrosionsschutz. Hierbei werden relativ dicke Chromschichten von bis zu 500 nm direkt auf das Metall aufgetragen. Bei der Dekor-Verchromung, die nur zur Verschönerung dient, werden nur dünne Chromschichten (bis 0,3 mm dick) auf korrosionsbeständige Nickel- oder Kupfer-Nickel-Schichten oder Kunststoffen aufgetragen, um Objekte "chrom-glänzend" erscheinen zu lassen.

Chrom(III)-oxid (Cr_2O_3): Es dient als sehr temperatur-, oxidations- und wetterbeständiges grünes Pigment für Anstrichstoffe, als Malerfarbe und zum Einfärben von Glas und Porzellan. Chrom(III)-Verbindungen sind auch für die grüne Färbung in Smaragden verantwortlich. Eine rötliche Färbung von rosa bis hin zu violett entsteht in der Natur durch das grüne Chrom(III)-oxid in Mischkristallen mit Aluminium(III)-oxid z. B. in Rubinen. Rubine sind jedoch nicht nur schön anzusehen. Sie werden z. B. auch als aktives Medium in Rubin-Lasern verwendet.



Abb. 3: Smaragd



Abb. 4: Rubin

Blei(II)-chromat (PbCrO_4): Bleichromat ist ein Gelbpigment, das häufig in Malerfarben vorkommt.

Chrom(IV)-oxid (CrO_2): Chromdioxid ist ein schwarzes, ferromagnetisches Pulver, das als Bild- und Tonträger auf Magnetbändern verwendet wird.

Natriumdichromat(VI) ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$): Findet Verwendung als Oxidationsmittel, z. B. bei der technischen Herstellung von Anthrachinon aus Anthracen. Chrom(VI)-Verbindungen sind ebenso wie Chrom(III)-Verbindungen für die Färbung von Edelsteinen verantwortlich. Mit diesen Verbindungen lässt sich Glas gelblich färben. Auch im roten Granat-Edelstein sind Chrom(VI)-Verbindungen enthalten.



Abb. 5: Granat

7 Experiment

Zeitbedarf: 5 Minuten

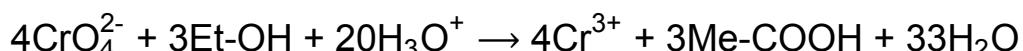
Chemikalien:

- **Spirituosen** (Schnaps, Bier, Wein)
- **Alcotest-Röhrchen**

Durchführung: Eine Testperson nimmt einen Schluck alkoholhaltiges Getränk zu sich und pustet nach Vorschrift in das Test-Röhrchen.

Beobachtung: Das gelbe Salz verfärbt sich nach grün.

Deutung: Reaktionsgleichung



Entsorgung: E 16 (enthält Kaliumdichromat, Reduktion bis Cr^{3+} , dann in B1)

Quelle: Didaktik der Chemie, Universität Bayreuth

8 Toxikologie

Dreiwertiges Chrom ist ein für den menschlichen Zucker-Stoffwechsel essentielles Spurenelement. Es ist vor allem ein wichtiger Bestandteil des Glukosetoleranzfaktors (GTF). Der GTF gilt als möglicher Bestandteil des Insulin-Rezeptors und ein Mangel von Chrom führt daher nachweislich zu Problemen der Zucker-Konzentration im Stoffwechsel-System. Chrom hat somit Einfluss auf die Entstehung von Glukose-Intoleranz sowie auf den Blutlipid-Spiegel.

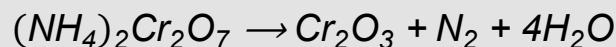
Aber nicht alle Chrom-Verbindungen sind für den Menschen harmlos. Besonders Chrom(VI)-Verbindungen sind für den Menschen gefährlich. Sie verätzen Haut, Schleimhäute (auch die Augen), und können zu schlecht heilenden Haut-Geschwüren, die deshalb auch Chrom-Geschwüre genannt werden, führen. Chrom(VI)-Verbindungen gelten des Weiteren als cancerogen und mutagen. Beim Verschlucken von Chromat-Lösungen kommt es zu schwerwiegenden Magen-Darm-Verätzungen, Leber- und Nierenschäden. Bereits 0,6 g vom Magen aufgenommenes Chrom(VI)-oxid wirken bereits tödlich.

Zusammenfassung

- Die bevorzugte und stabilste Oxidationsstufe ist +3.
- Die wichtigsten Chromerze sind Chromit und Krokoit.
- Chrom dient überwiegend als Korrosionsschutz.
- In der Technik wird meist unreines Ferrochrom verwendet.
- Die Chromsalze variieren stark in ihren Farben.
- Chrom begegnet uns fast täglich im Leben.
- Je nachdem in welcher Oxidationsstufe Chrom vorliegt ist es für den Menschen schädlich oder notwendig.
- Chrom kann für Dekorverchromung und Hartverchromen eingesetzt werden.

Abschluss 1: Die thermische Zersetzung von Ammoniumdichromat: "Der Vulkan" (Video).

Ammoniumdichromat wird auf einer feuerfesten Unterlage aufgehäuft. Nach Zugabe eines Tropfen Alkohols zur Brand-Beschleunigung wird der Haufen entzündet. Das Ammoniumdichromat zersetzt sich nach dem Anzünden gemäß der Gleichung



unter Versprühung von grünem, voluminösem Chrom(III)-oxid; hierbei oxidiert das Dichromat-Ion den Stickstoff des Ammonium-Ions. Dieser Vorgang gleicht dem Ausbruch eines Vulkans.

Abschluss 2: Das Bild "Zwölf Sonnenblumen in einer Vase" von Van Gogh ist demnach nicht verstaubt oder verrußt. Das Bild wurde 1888 mit Chromgelb gemalt. Im Laufe der Zeit fand in der obersten Chromschicht eine Reduktion von Cr(VI) zu Cr(III) statt (wie in dem Experiment). Es bildete sich eine Mischfarbe und das Bild erscheint nun dunkler. Doch die Reaktion hat auch den Vorteil, dass durch sie eine grobe Altersbestimmung möglich ist, da ab dem 20. Jahrhundert Chromgelb nicht mehr verwendet wurde.

Abschluss 3: Aufgrund der Eigenschaften wird Chrom für die Herstellung rostfreier Stähle wie beispielsweise Besteck verwendet. Der Chromanteil im Besteck beträgt hierbei mehr als 10,5 %. Die vorhandene Oxidschicht des Chroms dient dazu, dass das Besteck seinen Glanz und die Festigkeit im Wasser und an der Luft beibehält. Das Besteck kann somit über einen längeren Zeitraum verwendet werden.

Quellen:

1. Riedel, E., Janiak, C. (2002): *Anorganische Chemie*, 5. Auflage, Berlin: Walter de Gruyter-Verlag
2. Mortimer, C. E. (2001): Das Basiswissen der Chemie, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag
3. Schliebs, R. (1980): Chemie in unserer Zeit, 14. Jahrg., Verlag Chemie, S. 13-17
4. Schröter, W., Lautenschläger, K. H., Teschner, J. (2002): Taschenbuch der Chemie, 19. Auflage, Verlag Harri Deutsch
5. Riedel, E., Janiak, C. (2007): Anorganische Chemie, 7. Auflage, Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG
6. www.seilnacht.com/Lexikon/24Chrom.htm, 11.07.2018
7. www.chids.de/dachs/expvortr/752Chrom_Kallin.doc, 30.10.2011 (kann nicht direkt in Word geöffnet werden; 29.07.2020)
8. http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.060/Lectures/Einheit4rw.pdf, 19.11.2011. (08.07.2018 Link verschollen)
9. <http://www.chemievorlesung.uni-kiel.de/quali/ammoniumsulfid.pdf>, 30.10.2011. (08.07.2018 Link verschollen)
10. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Vincent_Willem_van_Gogh_128.jpg, 01.11.2011 (Autor: The York Project; GNU Free Documentation License).
11. <https://www.youtube.com/watch?v=oWpXPSBSe6M>, 08.07.2018 (Quelle verschollen, 29.07.2020)