



NatLab

MITMACH- & EXPERIMENTIERLABOR
FACHBEREICH BIOLOGIE, CHEMIE, PHARMAZIE
FREIE UNIVERSITÄT BERLIN

Schülerlabor NatLab – FU Berlin
FB Biologie, Chemie, Pharmazie
Fabeckstraße 34-36, 14195 Berlin
Homepage: <http://www.natlab.de>

Koordination Chemie
Dr. Katharina Kuse
katharina.kuse@fu-berlin.de

Kontakt:
+49 (0)30 838-59858
info@natlab.fu-berlin.de

StR Carolin Garbe Abgeordnete Lehrkraft
Dreilinden Gymnasium
c.garbe@fu-berlin.de



Schüler:innenskript

Rückgewinnung von Neodym aus Mobiltelefonen



Einleitung

Auch wenn das Konzept eines kabellosen Telefons bereits im Jahr 1947 bestand, dauerte es weitere 26 Jahre bis zu dessen Realisierung. Das erste ortsunabhängige und damit mobile Telefon (Funktelefon, Antennentelefon, GSM-Telefon, Natel) wurde 1973 von John Mitchell und Martin Cooper der Fa. Motorola vorgestellt. Sie verwendeten ein Mobilteil, das um die 2 kg wog¹. Das erste kommerzielle Mobiltelefon, das DynaTAC 8000x (Motorola) konnte 1983 für 4000 \$ erworben werden. Von 1983 bis 2014 kletterte die Zahl der Mobilfunkverträge weltweit auf über 7 Milliarden (2011 gab es in Deutschland rund 114,13 Mio). Im Jahr 2014 sind Die größten Handy Hersteller im Jahr 2014 sind Samsung, Nokia, Apple, und LG.² Seit 1995 gibt es den Short-Message-Service (SMS).

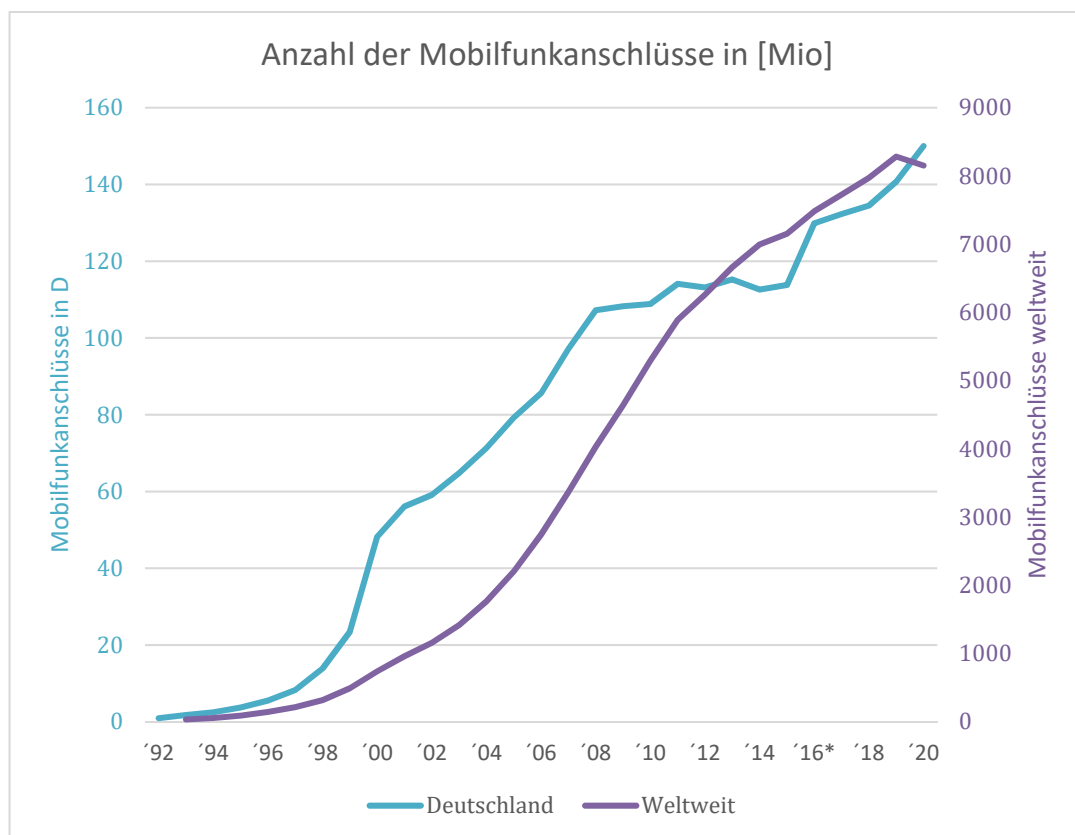


Abb. 1 Anzahl der Mobilfunkanschlüsse weltweit (violett) und in Deutschland (grün) von 1992 bis 2019; Quelle: ITU Nov 2020 und Bundesnetzagentur 03/2021

Die starke Zunahme der Anzahl an Mobiltelefonen bzw. Smartphones führt unweigerlich auch zu einer zunehmenden Anzahl funktionsuntüchtiger Geräte, die in die Abfallbehandlung kommen.

Rohstoffe:

Die Herstellung dieser Geräte findet unter großem Einsatz von Energie und Rohstoffen statt. Rohstoffe sind Bestandteil von Erzen, die dem Erdboden entnommen werden. Vor ihrer Verwendung müssen sie teilweise unter großem Einsatz von Energie und Chemikalien gereinigt werden. Es handelt sich hier um nicht nachwachsende Rohstoffe. In einem Mobiltelefon befinden sich über 45 verschiedene chemische

¹ Heeks, Richard (2008). "Meet Marty Cooper – the inventor of the mobile phone". BBC 41 (6): 26–33.

² <http://www.topteny.com/top-10-best-selling-mobile-phone-brands-in-the-world-2014/>

Elemente, davon 30 Metalle für Akku, Leiterplatte und Kabel. Den größten Anteil besitzen Kupfer, Eisen und Aluminium.

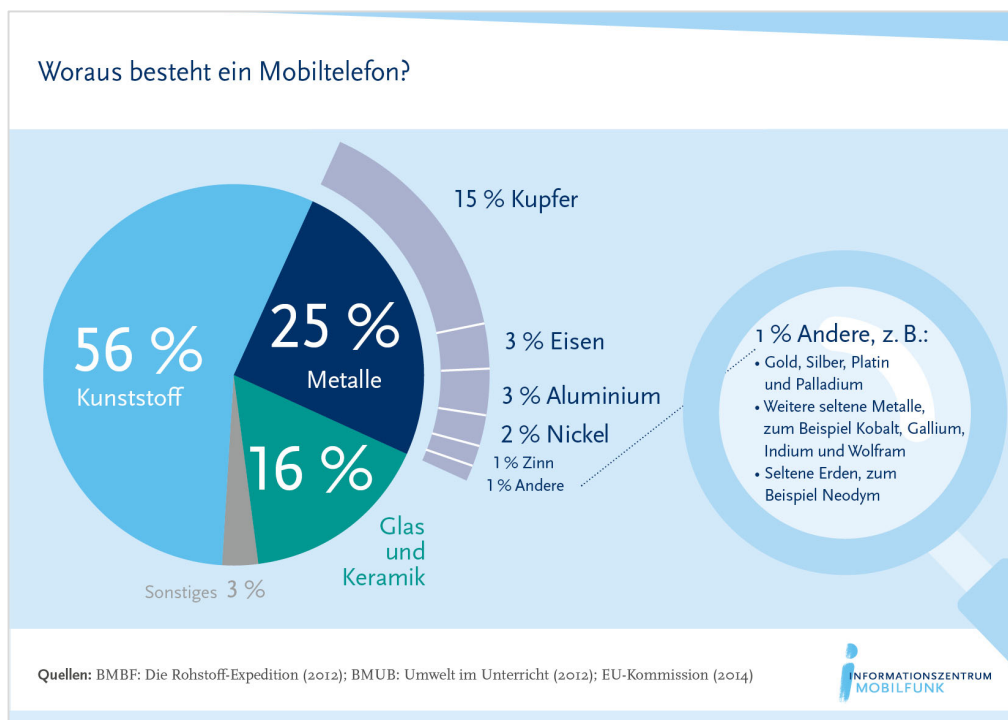


Abb. 2: Foto / Grafik: Informationszentrum Mobilfunk

Seltene Edelmetalle wie Gold, Silber, Palladium und Platin wie auch die unedleren Seltenerdmetalle sind nur in sehr geringen Mengen im Mobiltelefon enthalten (Abb.2). Daher werden diese auch „Gewürzmetalle“ genannt. Ein Mobiltelefon kann damit selbst auch als Rohstoffquelle betrachtet werden. Weltweit wird an der Optimierung von Recyclingprozessen für elektronische Altgeräte gearbeitet.

Recycling:

Pro recyceltem Mobiltelefon lassen sich ca. 150 mg Silber, 25 mg Gold und 9 Gramm Kupfer zurückgewinnen. Die 1,5 Milliarden Handys, die 2010 weltweit verkauft wurden, enthalten zusammen etwa 14 Tonnen Palladium, 36 Tonnen Gold und 375 Tonnen Silber.

Welche Vorteile bietet ein Recycling der Rohstoffe?

- Keine radioaktiven Abfälle in der Sekundärproduktion
- Reduzierte Umweltbelastungen in Bezug auf Luftemissionen, Grundwasserschutz, Versauerung, Eutrophierung und Klimaschutz
- Die Sekundärproduktion der Seltenen Erden kann in Europa stattfinden
- Geringere Abhängigkeit von ausländischen Lieferanten
- Zuwachs von Know-how auf dem Gebiet der Verarbeitung von Seltenen Erden

Voraussetzung für gutes Recycling sind gute Sammelsysteme. Auch wenn Recycling die Umwelt entlastet, so sind die gewonnen Rohstoffe nicht als „geschenkt“ zu bezeichnen, da auch das Recycling Energie kostet und damit wiederum den Einsatz anderer Rohstoffe bedingt.

Versuchsdurchführung

1. Zerlegen des Mobiltelefons, Entnahme der Magneten, Entmagnetisierung

Material:

Torx Schraubendreher (z.B. iFixit Electronics Toolkit), Pinzette, Tiegelflange, Teclubrenner, Feuerzeug

Durchführung:

Das Mobiltelefon wird durch Lösen der Schrauben mit (Torx-)Schraubendrehern in seine Einzelteile zerlegt. Verklebte Geräteteile können mit einer Heißluftpistole voneinander gelöst werden. Das Metall Neodym befindet sich in Permanentmagneten der Lautsprecher. Der Stoff aus dem die Magnete sind besteht aus Neodym, Eisen und Bor. Es handelt sich um die Legierung $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. Sobald Sie den Magneten gefunden haben (wie überprüfen sie das?), nehmen Sie diesen aus dem geöffneten Gerät und Erhitzen Sie ihn in der Brennerflamme zum Glühen. Nach Überschreiten der Curie-Temperatur (T_c) verschwindet der Magnetismus. Trennen Sie gegebenenfalls den Magneten von Begleitmaterial, Metallscheibchen aus Edelstahl.

2. Lösen Sie den „Magneten“ in Salzsäure (HCl 25%) auf

Material:

Feinwaage, Mörser mit Pistill, Erlenmeyerkolben (50mL), Teclubrenner, Dreifuß, Drahtnetz, Pasteurpipette, Feuerzeug

Chemikalie:

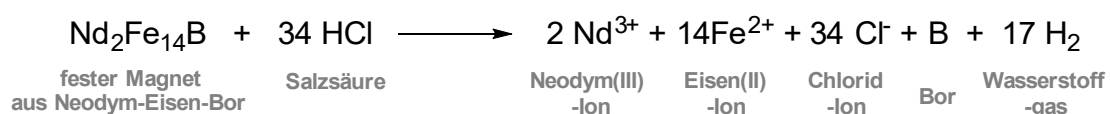
Salzsäure 25% (7,7 M HCl)
(M = 36,46 g/mol)
CASNr. 7647-01-0



H: 290-314-335
P: 280-303+361+353-
305+351+338-310

Durchführung:

Notieren Sie das Gewicht des Magneten und berechnen Sie den Gewichtsanteil [%] von Nd, Fe und Bor in $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$! Geben Sie diesen in den Mörser. Mit dem Pistill zerkleinern Sie den porösen Magneten zu einem feinen Pulver (Warum?). Dieses wird in den Erlenmeyerkolben gegeben. Langsam fügen Sie (Abzug! Tropfenweise!) die 25%ige Salzsäure zu dem grauen Pulver hinzu. Während sich der Feststoff auflöst entwickelt sich ein Gas (Welches?). Formulieren Sie die Oxidations- und Reduktionsgleichung für diese Reaktion!



Bor reagiert nicht mit Salzsäure. Es bleibt als schwarzer Feststoff ungelöst.

Steht die Lösung an der Luft reagiert das Fe^{2+} mit dem Luftsauerstoff zu Fe^{3+} und damit ändert sich die Farbe der Lösung. Woher stammt die grüne Färbung der Lösung?

3. Stellen Sie a) den pH-Wert der Lösung auf pH 2,2 ein und fällen Sie b) das Nd^{3+} , Fe^{2+} und Fe^{3+} mit Natriumhydrogenoxalat-Lösung (NaHC_2O_4)

Material:

pH-Universalindikatorpapier, Zentrifugengläser, Glasstab, Magnesiumrinne, Tiegelzange, Teclubrenner

Chemikalien:

Natriumhydroxid-Lösung 20%
(NaOH); CASNr. 1310-73-2



H: 290-314
P: 280-301+330+331-
305+351+338-308+310

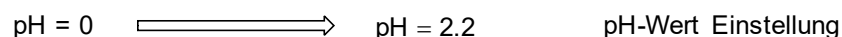
Natriumhydrogenoxalat-Lösung
 NaHC_2O_4 -Lösung (ges., 1.3%)
(C_2HNaO_4); CASNr. 1186-49-8



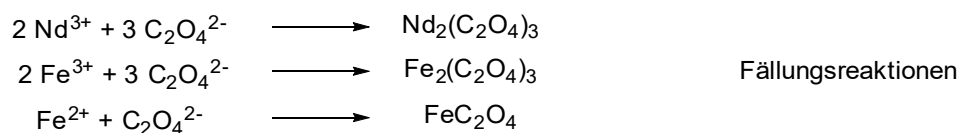
H: 302, H312
P: 264, P270, P280, P301 + 312,
P302 + 352, P312, P322, P330,
P363, P501

Durchführung:

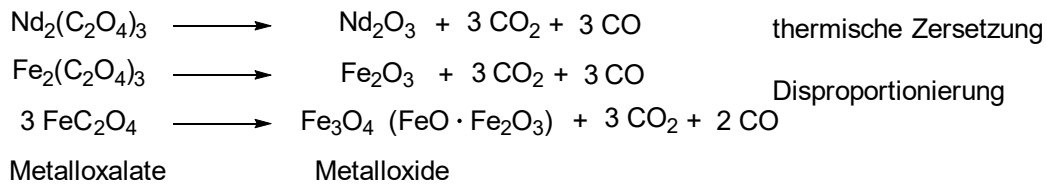
Geben Sie mit einer Pasteur-Pipette vorsichtig einige Tropfen der Natriumhydroxid-Lösung zu der salzsauren Reaktionsmischung. An der Eintropfstelle entsteht vorübergehend ein flockiger Niederschlag, worum handelt es sich? Die Farbe der Lösung ändert sich von gelb auf hellorange, wenn der pH auf ca. 2 eingestellt ist.



Zu der Lösung werden 15mL der gesättigten Natriumhydrogenoxalat-Lösung gegeben. Anschließend erwärmen Sie die Mischung einmal zum Sieden und lassen sie wieder abkühlen.



Die überstehende Lösung dekantiert man ab, überführt den Feststoff in Zentrifugenglas und zentrifugiert für 2 min bei 3600 Umdrehungen. Erneut wird der Überstand abdekantiert und der Niederschlag auf eine Magnesiumrinne gegeben. Die Magnesiumrinne wird mit einer Tiegelzange in die Flamme des Teclubrenners gehalten. Die Metalloxalate werden durch den Kalziniervorgang in Metalloxide überführt:




4. Gewinnung von Neodymphosphat (NdPO_4) durch Fällung des Nd^{3+} mit einer Lösung von NaH_2PO_4 .

Material:

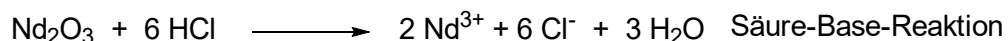
pH-Papier, Glasstab, Zentrifugengläser, Magnesiumrinne, Tiegelzange, Teclubrenner

Chemikalien:

Salzsäure (1M, 3,6% HCl) (M = 36,46 g/mol) CASNr. 7647-01-0		H: 290-314-335 P: 280-303+361+353-305+351+338-310
Natriumdihydrogenphosphat -Lösung 30% (NaH_2PO_4); CASNr. 13472-35-0	keine	H: keine P: keine

Durchführung:

Die geglühten Oxide werden mit einem Spatel in einen Erlenmeyerkolben überführt und in 1M Salzsäure für 5min bei r.t. gerührt. Das Nd_2O_3 löst sich unter Bildung von Nd^{3+} auf. Die Eisenoxide lösen sich nicht. Erneut wird zentrifugiert oder filtriert und die überstehende Lösung bzw. das Filtrat gesammelt. In diese wird nun eine Lösung des Dihydrogenphosphats gegeben. Es bildet sich ein rosa-farbener Niederschlag, der abzentrifugiert und auf der Magnesiumrinne in der Teclubrennerflamme getrocknet wird ($L_{\text{NdPO}_4}: 1.35 \cdot 10^{-10}$).



Man gewinnt als Endprodukt das Neodymphosphat NdPO_4 .

Vergleichen Sie das Farbe des Salzes mit der der Verbindungen Neodymchlorid und Neodymoxid. Diskutieren Sie die Ursache der Farbigkeit und die gewonnene Menge an Neodymphosphat!



„Schüler:innenskript Rückgewinnung von Neodym aus Mobiltelefonen“ von Katharina Kuse ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)