



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>

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

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

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

Schüler:innenskript

Herstellung eines Supraleiters



Abb. 1: Keramischer Hochtemperatur-Supraleiter (\varnothing 1 cm).

Einleitung:

Vor mehr als 100 Jahren, am 8. April 1911, entdeckte der Niederländer Heike Kamerlingh Onnes¹ das physikalische Phänomen der Supraleitung. Ein Stoff ist dann supraleitend wenn er keinen messbaren elektrischen Widerstand besitzt. Die Supraleitung hat das Potenzial die Technik zu revolutionieren. Eine im Jahr 1987 entdeckte Gruppe von keramischen Hochtemperatur - Supraleitern (HTS), die aus den chemischen Elementen Yttrium, Barium, Kupfer und Sauerstoff (YBCO-123, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$) bestehen, verfügen über eine Sprungtemperatur von -181°C (92 K). Die Sprungtemperatur ist die Temperatur, bei der innerhalb des Supraleiters widerstandslos (verlustlos) elektrischer Strom fließt. Die Entdeckung der keramischen Supraleiter erfolgte durch die Forscher Karl Alexander Müller und Johannes Georg Bednorz, die dafür 1987 den Nobelpreis für Physik erhielten. Eine Supraleitung bei Raumtemperatur und Normaldruck (20°C , 101.325 Pa) scheint derzeit (noch) nicht möglich zu sein.

Obwohl die HTS auch heute als nicht vollständig verstanden gilt, gibt es bereits zahlreiche Anwendungen: von supraleitenden Kabeln über Strombegrenzer und Transformatoren bis hin zu Generatoren und Motoren. Supraleiter können zukünftig auch reibungsfreien Transportsystemen dienen.

Versuchsdurchführung

Herstellen der Reaktionsmischung für den YBCO-123

Materialien:

Wägeschälchen, Spatel, Präzisionswaage ($\pm 0.001\text{ g}$), Achat-Mörser, Achat-Pistill, Verbrennungsschiffchen aus Porzellan, Pinzette (XL), Rohofen mit Quarzrohr (heizbar bis 950°C) mit programmierbarem Temperaturregler

Bitte arbeiten Sie mit Einweg-Handschuhen unterm Abzug!



Abb. 2: Verwendete Chemikalien.

¹ D. van Delft, P Kes: "The Discovery Of Superconductivity" in *Physics Today*, Vol. 63, Issue 9, September 2010, S. 38–43

Chemikalien:**Yttriumoxid (Y_2O_3)**

M: 225,81 g/mol



H: 315, 319

P: 264, 280, 302 + 352, 337 + 313,
362 + 364, 332 + 313**Bariumcarbonat ($BaCO_3$)**

M: 197,34 g/mol



H: 302

P: 262

Kupfer(II)oxid (CuO)

M: 79,545 g/mol



H: 302, 400, 410

P: 260, 273

Durchführung:

0,225 g (1 mmol) Yttriumoxid werden zusammen mit 0,79 g (4 mmol) Bariumcarbonat und 0,475 g (6 mmol) Kupfer(II)oxid abgewogen und die einzelnen Substanzen dann zusammen in den Achatmörser gegeben und ganz gewissenhaft mit einem Pistill zu einem homogenen Pulver (mindestens 15 Min) zermahlen. Mit dem bloßen Auge sollten keine Inhomogenitäten erkennbar sein.



Abb. 3: Reaktionsmischung in Porzellanschiffchen und Achatmörser.

Überführen Sie mit dem Spatel das bräunlich gefärbte Feststoffgemisch gleichmäßig auf ein Porzellanschiffchen und schieben sie dieses mit einer großen Pinzette in das Quarzrohr des Rohrofens. Überprüfen Sie das eingestellte Temperaturprogramm und schalten sie den Ofen ein. Die betreuenden Studierenden nehmen die Programmierung des Ofens vor.

1. Backdurchgang

Die drei Phasen/Segmente (Heizen, Halten, Abkühlen) werden im Temperaturregler programmiert und nach dem Einschieben des Porzellanschiffchens wird bei offenem Quarzrohr das Ofen- bzw. Heizprogramm gestartet.

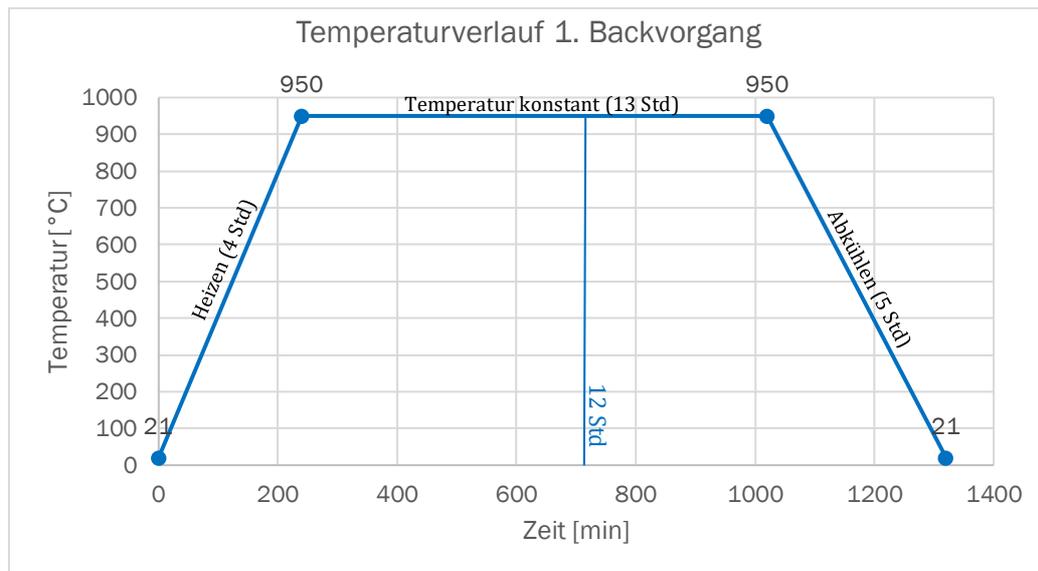


Diagramm 1: Temperatur/Zeit Profil für den ersten Backvorgang

Verreiben des Produktes und Pressen zum Pellet (\varnothing 1cm)

Material:

Achat-Mörser, Achat-Pistill, Spatel, Schnappdeckelgläschen, Hydraulische Presse, Wägeschälchen

Chemikalien:

Erhaltene gebackene Feststoffmischung

Durchführung:

Der gewonnene anthrazitfarbene Feststoff wird in den gesäuberten Achatmörser gegeben und erneut für 15 min zu einem sehr feinen Pulver verrieben. Dieses wird in ein Rollrandgläschen überführt und dieses in das vorliegende Presswerkzeug gegeben. Mit der hydraulischen Presse wird das Pulver bei einem Druck von ungefähr 80 kN zu einem tablettenförmigen Pellet gepresst. Dieses ist sehr porös und brüchig. Also große Vorsicht bei Herausnahme des Pellets!

2. Backdurchgang unter Sauerstoffzufuhr

Materialien:

Rohröfen mit Quarzrohr (heizbar bis 950 °C) mit programmierbarem Temperaturregler, Sauerstoff-Druckgasflasche (O₂), Porzellanschiffchen

Durchführung:

Das gewonnene Pellet wird vorsichtig auf ein Porzellanschiffchen gelegt und in das Quarzrohr des Rohröfens geschoben. Das Quarzrohr wird den beiden Kernoliven verschlossen und der Sauerstoffstrom mit der Gasflasche auf 1 Blase/2 s eingestellt. Spätestens nach 660 min (11h) muss mit dem Überleiten des Sauerstoff-Gasstroms begonnen werden.

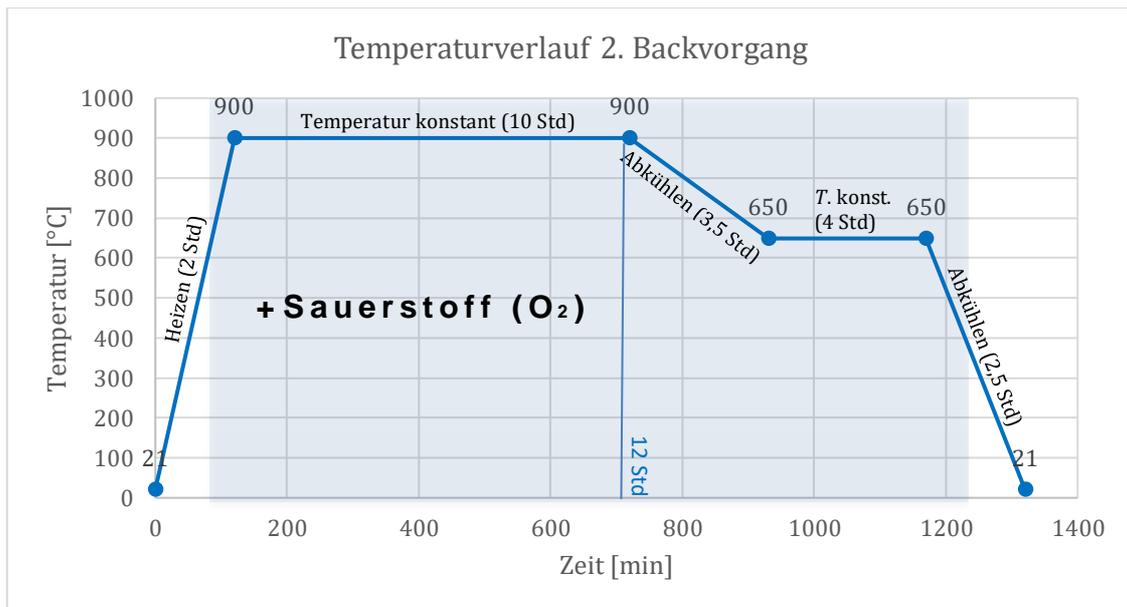
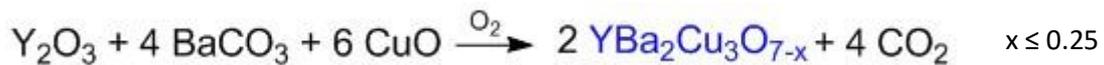


Diagramm 2: Temperatur/Zeit Profil für den zweiten Backvorgang mit Sauerstoffeinleitung (O₂) innerhalb des grauen Bereichs

Reaktionsgleichung der Festkörperreaktion:



Demonstration des Meißner-Ochsenfeld-Effekts

Material:

Nd₂Fe₁₄B Magneten, flüssiger Stickstoff (N₂), Dewar-Gefäß, Tiegelzange, Lederhandschuhe



Sicherheitshinweise:

So wie auch Thermoskannen beim Eingießen von heißem Wasser platzen können, besteht beim Einfüllen von flüssigem Stickstoff (-195,8 °C) in ein Dewargefäß Implosionsgefahr. Beim Hantieren mit Dewargefäßen ist unbedingt eine Schutzbrille zu tragen. Stickstoff ist Hauptbestandteil der Atemluft und nicht giftig. Eine Gefahr könnte sich in geschlossenen Räumen durch das Verdampfen größerer Mengen ergeben, etwa durch Bersten eines gefüllten 25 l Gefäßes. Aufgrund der tiefen Temperatur ist Vorsicht geboten. Niemals darf in flüssigen Stickstoff hineingegriffen werden, bzw. mit Stickstoff gekühlte Gegenstände mit bloßen Händen angefasst werden. Isolierende Schutzhandschuhe sind zu tragen und Hautkontakt ist zu vermeiden.

Durchführung:

Nach dem zweiten Backvorgang erhält man den keramische Supraleiter YBCO-123. Das Pellet steht jetzt für die Anwendung zur Verfügung. Der flüssige Stickstoff wird in ein Dewar-Gefäß gefüllt. Mit der Tiegelzange wird der Supraleiter aufgehoben, in dem Stickstoff getaucht und eine Weile gekühlt. Dann wird er zügig über den Permanentmagneten zum Schweben gebracht.



„Schüler:innenskript Herstellung eines Supraleiters“ 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/>)