

## II.B.7

### Elemente und ihre Verbindungen

# Das Element Zinn im Kontext Elektrochemie und chemische Energetik – Abiturvorbereitung

Nach einer Idee von Dr. Dietmar Abt und Dr. Verena Jannack



© RAABE 2024

© Zerbor/iStock/Getty Images Plus (bearbeitet)

In dieser Einheit werden verschiedene Aufgaben, die sich mit dem Element Zinn beschäftigen, vorgestellt. Die Aufgaben wurden dabei zu abiturrelevanten Themen, wie Elektrochemie, chemischer Energetik sowie zu Atombau und Arbeitssicherheit, konzipiert. In den Aufgaben beschäftigen sich die Lernenden u. a. mit dem Gefahrenpotenzial von Blei/Zinn-Legierungen, berechnen Standardreaktionsenthalpien bzw. Standardreaktionsentropien sowie die Zellspannung eines galvanischen Elements. Die Einheit kann als Übung im Unterricht, als schülerzentrierte, eigenständige Übungseinheit oder als Klausurvorbereitung eingesetzt werden.

---

#### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	12/13
<b>Dauer:</b>	4 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Bewertungskompetenz; 2. Fachkompetenz; 3. Erkenntnisgewinnungskompetenz
<b>Inhalt:</b>	Zinn, GHS-Piktogramme, Isotope, Zellspannung, Redoxreaktion, Standardreaktionsenthalpie und -entropie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung, exergonische Prozesse, galvanische Zelle

---

## Auf einen Blick

### Elektrochemie

**M 1** Eine Batterie aus Zinn und Luft?

Benötigt:  Taschenrechner  
 Elektrochemische Spannungsreihe

### Chemische Energetik

**M 2** Das Gleichgewicht von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zinn

Benötigt:  Taschenrechner

### Atombau und Arbeitssicherheit

**M 3** Einsatz einer Zinn-Blei-Legierung

### Klausurvorschlag

**M 4** Klausurvorschlag zum Element Zinn

Benötigt:  Taschenrechner  
 Elektrochemische Spannungsreihe

### Minimalplan

Alle Materialien können einzeln eingesetzt werden. Sowohl als Klausuraufgaben, als auch zur Vorbereitung für die Abiturprüfung im Fach. Für einen Einsatz als Klausur können mehrere Aufgaben aus den Materialien miteinander kombiniert werden (siehe **M 4**).

### Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.				
	leichtes Niveau		mittleres Niveau		schwieriges Niveau
	Zusatzaufgabe		Alternative		Selbsteinschätzung

## Eine Batterie aus Zinn und Luft?

M 1

Seit Jahrtausenden ist Zinn (Sn, lat. *Stannum*) ein wichtiges Metall für die Menschheit. Heutzutage wird es hauptsächlich zum Löten in der Industrie oder zur Herstellung von Blechdosen aus Weißblech verwendet. Weißblech ist ein Stahlblech aus Eisen, das innen mit Zinn beschichtet ist.

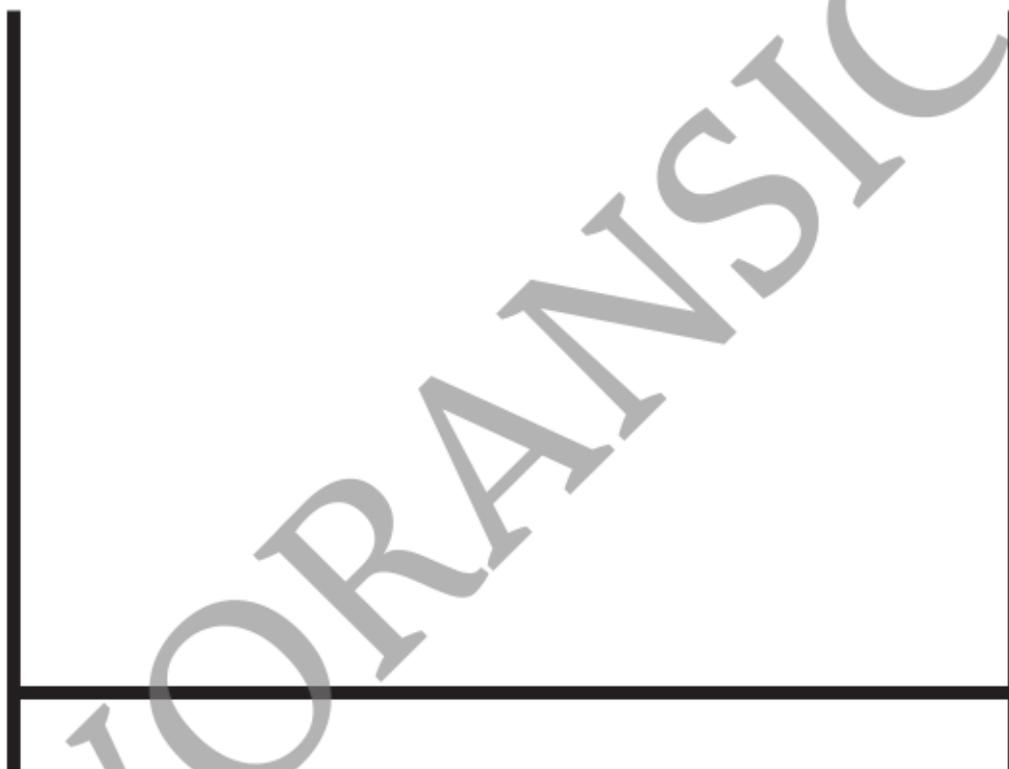
Bei Metall-Luft-Batterien wird an einer Elektrode Sauerstoff reduziert, an der anderen Elektrode das Metall oxidiert. Diese Batterien haben eine ungewöhnlich hohe Energiedichte, da der Sauerstoff nicht mitgeführt werden muss.

### Aufgaben

1. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen für die Elektrodenreaktionen bei Stromfluss in einer Zinn-Sauerstoff-Batterie.

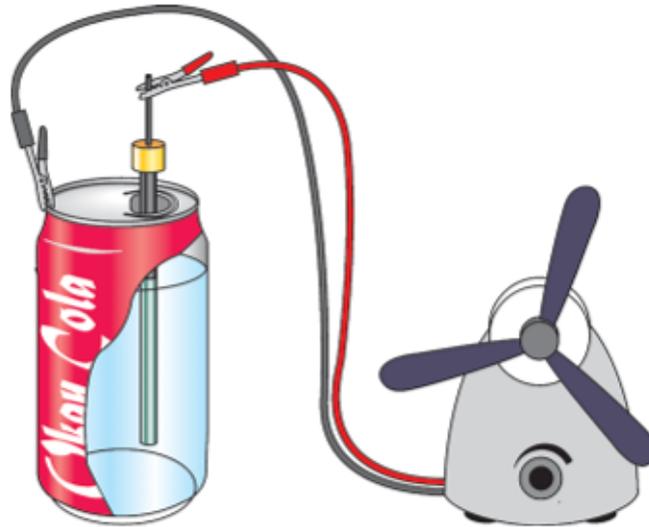
**Geben** Sie dabei **an**, wo sich der Plus-Pol bzw. Minus-Pol befindet, und **zeigen** Sie, dass es sich um eine Redoxreaktion handelt.

2. Eine galvanische Zinn-Sauerstoff-Zelle soll mit laborüblichen Geräten gebaut werden. **Fertigen** Sie eine beschriftete Versuchsskizze zur Ermittlung der Zellspannung einer Zinn-Sauerstoff-Zelle bei Standardbedingungen **an**.



3. Ein Artikel in der Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* beschreibt diesen Versuchsaufbau: Eine Getränkedose aus Weißblech wird innen angeraut, fast bis zum Rand mit 10%iger Kochsalzlösung gefüllt und eine Sauerstoff-Kohle-Elektrode in die Lösung getaucht. Die Elektrode besteht aus einer durchlässigen Siebhülse, in die Aktivkohle gefüllt und ein Graphitstab eingesteckt wurde. Der Graphitstab und die Getränkedose werden mithilfe von Kabeln mit einem Spannungsmessgerät oder einem Propeller verbunden.

[Ducci & Oetken 2017]



Grafik: Dr. Wolfgang Zettlmeier; Versuchsaufbau nach Ducci & Oetken (2017)

- a) **Erklären** Sie, welche Aufgaben die Getränkedose in diesem Aufbau übernimmt.
- b) Durch das Anrauen der Dose wird das Stahlblech teilweise freigelegt.  
**Erläutern** Sie die Änderungen, die sich daraus für die Spannung und die ablaufenden Prozesse in der Batterie ergeben.  
 Nutzen Sie hierfür den gegebenen Ausschnitt aus der elektrochemischen Spannungsreihe als Hilfsmittel.
- c) Es wird beobachtet, dass ein angeschlossener Propeller nach einiger Zeit zum Stillstand kommt. **Entwickeln** Sie eine begründete Erklärung für dieses Phänomen.

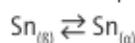
#### Ausschnitt aus der elektrochemischen Spannungsreihe

Reduzierte Form	Oxydierte Form	Potenzial in Volt
Li	Li <sup>+</sup>	-3,02
Na	Na <sup>+</sup>	-2,71
Al	Al <sup>3+</sup>	-1,66
H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	2 H <sub>2</sub> O	-0,81
Zn	Zn <sup>2+</sup>	-0,76
Fe	Fe <sup>2+</sup>	-0,44
H <sub>2</sub> + 2 OH <sup>-</sup>	2 H <sub>2</sub> O	-0,41 (bei pH = 7)
H <sub>2</sub>	2 H <sup>+</sup>	-0,41 (bei pH = 7)
Sn	Sn <sup>2+</sup>	-0,14
H <sub>2</sub>	2 H <sup>+</sup>	0,00
Cu	Cu <sup>2+</sup>	+0,34
4 OH <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	+0,40
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> + 2 H <sup>+</sup>	+0,68
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	+0,77
4 OH <sup>-</sup>	O <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	+0,82 (bei pH = 7)
2 H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub> + 4 H <sup>+</sup>	+1,23
Au	Au <sup>3+</sup>	+1,42
2 F <sup>-</sup>	F <sub>2</sub>	+2,87

## Das Gleichgewicht von $\alpha$ - und $\beta$ -Zinn

M 2

Zinn ist bei Raumtemperatur ein silberweiß glänzendes, weiches Metall, das auch weißes Zinn oder beta-Zinn ( $\beta$ -Sn) genannt wird. Unterhalb einer bestimmten Temperatur wandelt es sich reversibel in graues, alpha-Zinn ( $\alpha$ -Sn) um:



$\beta$ -Zinn ist ein typisches Metall.  $\alpha$ -Zinn hingegen ist ein Halbleiter. Bei der Umwandlung der Formen ineinander ändert sich die Kristallstruktur des Zinns und damit auch seine Konsistenz. Aus dem typischen Metall  $\beta$ -Zinn wird ein pulverförmiger Halbleiter,  $\alpha$ -Zinn. Geschieht dies z. B. bei Lötstellen, dann lösen sich diese auf und das gelötete Material verliert seinen Zusammenhalt. Man kann dieses Verhalten aber auch ausnutzen, um mit Zinn verunreinigte optische Geräte zu reinigen.



Foto: Dr. Dietmar Abt

$\beta$ -Sn (links) und  $\alpha$ -Sn (rechts)

### Aufgaben

1. **Berechnen** Sie die Standardreaktionsenthalpie und die Standardreaktionsentropie für die Umwandlung von Zinn.
2. **Schätzen** Sie mithilfe der GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung **ab**, bei welchen Temperaturen die Umwandlung von  $\beta$ -Sn in  $\alpha$ -Sn exergonisch ist.

**Geben** Sie das Ergebnis in den Einheiten Kelvin und Grad Celsius **an**.

(Hinweis: Gehen Sie bei Ihren Überlegungen davon aus, dass die Reaktionsenthalpie und die Reaktionsentropie temperaturunabhängig sind.)

Tabelle: Thermodynamische Daten bei Standardbedingungen und 25 °C

	$\alpha$ -Zinn	$\beta$ -Zinn
Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H^\circ$	-2130 J·mol <sup>-1</sup>	0 J·mol <sup>-1</sup>
Standardentropie $S_0$	44,14 J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	51,55 J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>