Weitere Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel

Wie viel Energie wird theoretisch freigesetzt?

LNCU.de
ID 45482
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

Den "Flameless Heater" kennen wir bereits

Kommen wir noch einmal auf den Beutel zurück, in dem man Outdoor Mahlzeiten durch Korrosionsvorgänge erhitzen kann.



Nach zwölf Minuten war mein Essen heiß. Woher wissen die eigentlich, wie viel Pulver und Wasser man für so einen Beutel braucht?



Kann man eigentlich Heizpad aus einem Beutel auf zwei Beutel aufteilen?



Kann man mit einem Erhitzerbeutel etwa einen Liter Wasser heiß machen?



Das testen die bestimmt. Aber kann man das auch überschlagsmäßig berechnen?

M1 Daten zum Heizbeutel

Was die US-Armee verlangt

Ein Bericht des Entwicklungszentrums der US-Armee beschreibt den Heizbeutel für die Feldverpflegung: [2]

- Ein Heizpad enthält etwa **8 g Magnesium**. [3]
- Aktiviert wird es mit etwa **57 g Wasser**.
- **Prüfanforderung:** Ein Prüfbeutel mit **227 g Wasser** von 2 bis 7 °C [4] muss in höchstens 12 Minuten um mindestens **55,6 K** wärmer werden. [2]

(1) Magnesium reagiert mit Wasser

$$\mathrm{Mg\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow Mg(OH)_2\,(s) + H_2\,(g)\uparrow}$$

Was auf dem Magnesium passiert

Untersuchungen an Magnesium in Wasser zeigen eine Deckschicht aus zwei Lagen: innen eine dünne Schicht, die vor allem aus Magnesiumoxid MgO besteht, außen eine dickere Schicht aus Magnesiumhydroxid. Das Oxid reagiert mit Wasser zu Magnesiumhydroxid weiter. [1]

Tabellenwerte

Molare Massen M und molare Standardbildungsenthalpien $\Delta_fH^0_m$ bei 25 °C: [5]

- Mg(s): M = 24,3 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = 0 kJ/mol
- H_2(g): M = 2,0 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = 0 kJ/mol
- O_2(g): M = 32,0 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = 0 kJ/mol
- H_2O(l): M = 18,0 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = −285,83 kJ/mol
- H_2O(g): M = 18,0 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = −241,83 kJ/mol
- MgO(s): M = 40,3 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = −601,24 kJ/mol
- $Mg(OH)_2$(s): M = 58,3 g/mol; $\Delta_fH^0_m$ = −924,66 kJ/mol

Spezifische Wärmekapazität von Wasser: c = 4,18 J/(g·K).

Wie viel Wärme steckt in einem Pad?

1 **Berechnen** Sie mithilfe von M1 die molare Standardreaktionsenthalpie $\Delta_rH^0_m$ der Reaktion von Magnesium mit Wasser.

2 Nehmen Sie an, die Reaktion verläuft in zwei Schritten: Zuerst reagiert Magnesium mit Wasser zu Magnesiumoxid und Wasserstoff, dann reagiert Magnesiumoxid mit Wasser zu Magnesiumhydroxid (M1).

a **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen der beiden Schritte und **berechnen** Sie jeweils $\Delta_rH^0_m$.

b **Erklären** Sie, warum es für die Reaktionsenthalpie aus Aufgabe 1 unerheblich ist, ob die Reaktion direkt oder über Magnesiumoxid abläuft. **Stellen** Sie beide Wege in einem Enthalpiediagramm **dar**.

3 **Berechnen** Sie die Wärme, die ein Heizpad theoretisch freisetzt, und **beurteilen** Sie, ob man damit 1 L Wasser von 20 °C zum Kochen bringen könnte.

4 **Berechnen** Sie die Wärme, die der Prüfbeutel mindestens aufnehmen muss, und **ermitteln** Sie, welcher Anteil der Wärme eines Pads mindestens im Beutel ankommen muss.

Antworten für das Forum

5 **Berechnen** Sie, wie viel Gramm Magnesium theoretisch genügen würden, um die Prüfanforderung aus M1 zu erfüllen, und wie viel Gramm des Aktivierungswassers die Reaktion eines Pads verbraucht. **Erläutern** Sie, warum ein Pad trotzdem etwa 8 g Magnesium enthält und mit etwa 57 g Wasser aktiviert wird.

6 **Beurteilen** Sie mit Ihren Ergebnissen aus Aufgabe 3 und Aufgabe 4, ob man ein Pad auf zwei Beutel aufteilen kann.

7 **Verfassen** Sie eine Antwort für das Forum. Sie besteht aus Bausteinen: je einer für Waldläuferin, Kocherlos und – wenn Sie Aufgabe 6 bearbeitet haben – Funkenflug, jeweils mit der Rechnung in zwei bis drei Zeilen und einem Urteil in einem Satz. Ein Schlusssatz beantwortet die Frage, wie weit eine Überschlagsrechnung trägt.

Weitergedacht

8 Ein Teil des Aktivierungswassers verdampft. **Ermitteln** Sie mit dem Satz von Hess und den Werten aus M1 die molare Verdampfungsenthalpie von Wasser. **Berechnen** Sie, wie viel Wärme nötig wäre, um das Wasser, das nach der Reaktion übrig bleibt, vollständig zu verdampfen, und **deuten** Sie das Ergebnis.

9 **Stellen** Sie die Energiebilanz eines Pads als Energieflussdiagramm (Sankey-Diagramm) **dar** und **kennzeichnen** Sie, welche Anteile belegt und welche geschätzt sind.

10 Laut dem Bericht der US-Armee kann ein Teil des Magnesiums auch mit Luftsauerstoff reagieren: $2\ Mg(s) + O_2(g) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ Mg(OH)_2(s)$. **Berechnen** Sie $\Delta_r H^0_m$ pro Mol Magnesium, **zeigen** Sie mit dem Satz von Hess, wie dieser Wert mit dem aus Aufgabe 1 zusammenhängt, und **erläutern** Sie, wo bei der Reaktion mit Wasser die Differenz bleibt.

Einzelnachweise

1 Taheri, M.; Phillips, R. C.; Kish, J. R.; Botton, G. A. (2012): Analysis of the surface film formed on Mg by exposure to water using a FIB cross-section and STEM–EDS. Corrosion Science 59, 222–228, https://doi.org/10.1016/j.corsci.2012.03.001 (Zusammenfassung, letzter Zugriff 21.10.2026).

2 Oleksyk, L. E.; Pickard, D.; Trottier, R. (1993): Development of the Flameless Ration Heater for the Meal, Ready-to-Eat. U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center, Technical Report NATICK/TR-93/030, https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA265693.pdf (letzter Zugriff 18.10.2026).

3 Die „krummen" Zahlen stammen aus US-Dokumenten in US-Einheiten: 2 Unzen Wasser ≈ 57 g, 8 Unzen ≈ 227 g (1 oz = 28,35 g); eine Temperaturdifferenz von 100 °F entspricht 55,6 K (1 °F Unterschied = 5/9 K); 35 bis 45 °F sind 2 bis 7 °C. Sind Flüssigunzen gemeint, wären es 237 mL bzw. 237 g Wasser; der Anteil in Aufgabe 4 läge dann bei 47 % statt 45 %. Der Bericht der US-Armee nennt außerdem ein Pad von 20 g (± 2 g) mit „40% magnesium", also etwa 8 g Magnesium; so rechnet auch „Rechnungen rund um den Erhitzerbeutel – Teil 1".

4 Defense Logistics Agency (DLA): Monograph No. M10D „Ration Supplement, Flamesless [sic] Heater, For Meal, Ready-To-Eat", Anhang A zu DPSCH 4155.2, Spezifikation MIL-R-44398B, https://www.dla.mil/Portals/104/Documents/TroopSupport/Subsistence/Rations/qapubs/appa/m10d.pdf (letzter Zugriff 19.10.2026).

5 NIST-JANAF Thermochemical Tables, National Institute of Standards and Technology: $Mg(OH)_2$ (kristallin) https://janaf.nist.gov/tables/H-057.txt, MgO (kristallin) https://janaf.nist.gov/tables/Mg-008.txt, H_2O (flüssig) https://janaf.nist.gov/tables/H-063.txt, H_2O (gasförmig) https://janaf.nist.gov/tables/H-064.txt (letzter Zugriff 21.10.2026).

6 Eigene Darstellung nach Daten aus den NIST-JANAF Thermochemical Tables, mit KI (Claude, Anthropic) per matplotlib erstellt und fachlich geprüft, 2026.

7 Black, S. A.; Jenkins, J. F. (US Navy): US-Patent 3,942,511 „Sandwiched structure for production of heat and hydrogen gas“, 09.03.1976, Google Patents: https://patents.google.com/patent/US3942511A/en; Europäisches Patentamt, Espacenet: https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS3942511A (letzter Zugriff 18.10.2026).