

## Lösungsvorschlag – Energie, Masse und Massendefekt

Bei allen Rechnungen verwenden wir für  $c^2$  den Näherungswert  $9 \cdot 10^{16}$  J/kg

1. Man kann mithilfe dieser Stoffe etwas antreiben oder heizen.
2. Joule
3. An diesen Gegenständen hängt ein Schwerkraftfeld und sie sind träge.
4. Kilogramm
5. Wenn nur die Energie-Eigenschaften sichtbar werden. Wenn man mit der Menergie also etwas antreiben oder heizen kann.
6. Wenn nur die Masse-Eigenschaften sichtbar werden. Wenn die Menergie also Trägheit verursacht und Quelle eines Schwerkraftfeldes ist.

$$7. \quad \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} \approx \frac{42000}{9 \cdot 10^{16}} \text{ kg} \approx 4,7 \cdot 10^{-13} \text{ kg}$$

$$8. \quad \frac{\Delta m}{m} \approx \frac{4,7 \cdot 10^{-13} \text{ kg}}{1 \text{ kg}} = 4,7 \cdot 10^{-11} \%$$

9. Die Masse des Wassers nimmt um ca.  $4,7 \cdot 10^{-11} \%$  zu. Diese Zunahme ist zu gering, um gemessen werden zu können.
10. Genau genommen ist eine geladene Batterie schwerer als eine gleichartige ungeladene, da die geladene mehr Energie, also mehr Menergie enthält als die ungeladene. Da die Menergie auch die Masse-Eigenschaften besitzt, ist sie schwerer. Man merkt aber im Alltag nichts davon, weil die Zunahme zu gering ist, um gemessen werden zu können.

$$11. \quad \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} \approx \frac{4200000}{9 \cdot 10^{16}} \text{ kg} \approx 4,7 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$$

$$12. \quad \frac{\Delta m}{m} \approx \frac{4,7 \cdot 10^{-11} \text{ kg}}{0,46 \text{ kg}} \approx 10^{-8} \%$$

13. Genau genommen kann die Angabe in dem Chemiebuch nicht stimmen. Die Reaktionsprodukte haben ca.  $4,7 \cdot 10^{-11}$  kg weniger als die Ausgangsstoffe. Das sind ca.  $10^{-8} \%$  der Masse der Ausgangsstoffe. Ob man die Angabe als falsch ansieht oder nicht, ist Geschmacksache. Vom Standpunkt der Messtechnik aus gesehen, ist die Angabe sicher als richtig zu bezeichnen. Eine derart geringe Abnahme der Masse ist nicht messbar. Stellt man sich auf einen prinzipiellen, theoretischen Standpunkt, dann ist die Angabe falsch.

$$14. \quad \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} \approx \frac{32,07 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{16}} \text{ kg} \approx 3,6 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$15. \quad \frac{\Delta m}{m_p} \approx \frac{3,6 \cdot 10^{-28} \text{ kg}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \approx 22 \%$$

16. Die freigesetzte Energie beträgt ca. 22 % der Ruhemasse des Protons. Bei Kernreaktionen wird dermaßen viel Menergie freigesetzt, dass sowohl Energie- als auch Masse-Eigenschaften gemessen werden können. Dadurch wird die Umrechnung nachprüfbar.
17. Die Masse-Eigenschaften der Menergie werden nur messbar, wenn Menergie in großer Menge vorhanden ist. In Materie ist Menergie in großer Menge vorhanden.
18. Die Masse-Eigenschaften der Menergie sind immer vorhanden. Sie werden aber erst dann merkbar, wenn Menergie in großer Menge vorhanden ist.
19. Man braucht eine geeignete Reaktion, um die Menergie aus der Materie freizusetzen. Im Alltag gibt es keine solchen Reaktionen. Bei Kernreaktionen wird derart viel Menergie aus der Materie freigesetzt, dass ihre Energie-Eigenschaften sichtbar werden.