



HABITABLE ZONE 2 (LÖSUNG)

- (1) Öffne die Simulation der habitablen Zone:
<https://astro.unl.edu/nativeapps/> dort: „NAAB Labs – v1.1“ herunterladen.
 → 15. Habitable Zones → **Simulators** → „Circumstellar Habitable Zone Simulator“
- (2) Du siehst die habitable Zone wie sie war, als unsere Planeten entstanden sind.
 Verschiebe den Zeitregler auf **heute**: 4,5 Gy (Gigayears; 4,5 Milliarden Jahre)
- (3) Ermittle den Zeitpunkt, ab wann die habitable Zone nicht mehr im Erdorbit liegt. 5,42 Gy.
 Nenne die Konsequenz für die Erde: *Flüssiges Wasser verdampft.*
- (4) a) Ermittle den Zeitpunkt, wann die habitable Zone den Marsorbit erreicht.
 b) Berechne, wie lange Mars in der habitablen Zone bleibt.
 (Anmerkung: Das Leben hat sich auf der Erde nach 4 Gy entwickelt.)
 a) 6,47 Gy b) $\Delta t = 11,1 \text{ Gy} - 6,47 \text{ Gy} = 4,64 \text{ Gy}$
 c) Nenne die Folgen für Mars:
Gefrorenes Wassereis wird flüssig, gegebenenfalls bilden sich Flüsse und Seen.
Theoretisch könnte sich primitives Leben auf dem Mars entwickeln, wenn die habitable Zone die einzige Voraussetzung hierfür wäre. (Zur Info: Der Mars hat aber z.B. auch kein Magnetfeld, was aber gegen die hochenergetische Strahlung der Sonne und für die Entstehung von Leben notwendig ist.)
- (5) Ermittle den Zeitpunkt, wann im Sonnenkern der Wasserstoffvorrat aufgebraucht ist.
 10,6 Gy
- (6) Beschreibe, wie sich die Sonne weiter entwickelt. Klicke hierzu direkt auf den Zeitstrahl, ohne den Zeitregler zu verwenden (dieser ist zu grob) und verfolge die Daten wie Radius und Oberflächentemperatur.
 11,1 Gy-11,9 Gy: *Die Sonne bläht sich zu einem Roten Riesen auf:*
 $R = 175 R_{\odot}$; $T = 3160 \text{ K}$
 12 Gy: *Äußere Schichten werden weggeblasen → Planetarischer Nebel.*
Übrig bleibt ein Weißer Zwerg $R = 0,014 R_{\odot}$; $T = 200\,000 \text{ K}$, der über die nächsten Jahrmillionen abkühlt.
- (7) Wähle den Stern Gliese 581 aus. Beschreibe seine Anfangssituation und seine Entwicklung. Vergleiche sie mit unserer Sonne. (Bemerkung: Gliese 581 befindet sich im Sternbild Waage, 20 Lj. von der Sonne entfernt. Bei ihm sind Planeten in den markierten Abständen a, b, c, d entdeckt worden.)
Gliese 581 ist ein Roter Zwerg: $R = 0,301 R_{\odot}$; $T = 3580 \text{ K}$; Habitable Zone weit innerhalb der gedachten Merkurbahn, entdeckte Planeten nicht in der habitablen Zone. 240 Gy: Habitable Zone erreicht Planet d: $\Delta t = 150 \text{ Gy}$ (fast 28x so lange, wie bei der Erde). 444 Gy: Weißer Zwerg: $R = 0,0194 R_{\odot}$; $T = 137\,000 \text{ K}$; kühlt ab. Gliese 581 hat eine 40x größere Lebenserwartung (400 Mrd. a) als unsere Sonne.
- (8) Klicke rechts oben auf „reset“ und stelle mit dem Regler „initial star mass“ einen „Anilam-ähnlichen Stern“ mit 30-facher Sonnenmasse her. Beschreibe Größe, Temperatur und die Entwicklung des Sterns.
 $R = 7,59 R_{\odot}$; $T = 38\,900 \text{ K}$, *Blauer Riese, extrem kurze Lebensdauer (ca. 6,5 Mio. a), Habitable Zone bei 400 AE, Wasserstoffvorrat bereits nach 6 Millionen Jahren aufgebraucht, wird zu einem Roten Überriesen $R = 1680 R_{\odot}$; $T = 3350 \text{ K}$; Supernova, dann schwarzes Loch.*