

Prüfbericht – Simulation „Größen der Kreisbewegung“

Generator-Auftrag 71 · Physik FOS 11 ABU · LB 3 Kreisbewegung · Hr. Sigl · erstellt 04.10.2026 ·
Ergebnis: animation.html (eine Datei, Schriften eingebettet, keine externen Ressourcen)

1 Lehrplanbezug

Einzelinhalt **ph-11-abu.3.i1.g1**: „Umlaufdauer, Frequenz, Drehwinkel im Bogenmaß, Winkel- und Bahngeschwindigkeit berechnen“. Kompetenzerwartung ph-11-abu.3.1: Drehbewegungen aus der Alltagserfahrung (z. B. Windrad) auf Kreisbewegungen punktförmiger Körper mit konstanter Winkelgeschwindigkeit zurückführen. Umsetzung: sechs Alltagsbeispiele (Riesenrad, Kettenkarussell, Fahrrad, Windrad, Waschmaschine, Sekundenzeiger) + eigene Werte; markierter Punkt = punktförmiger Körper; Regler für r und T ; Rechenweg zu jeder Größe; zweiter Punkt bei $r/2$ zeigt gleiches ω , halbes v . Zentripetalbeschleunigung/-kraft wurden **bewusst weggelassen** (nicht gewählt).

2 Formeln (symbolisch mit SymPy geprüft)

$f = 1/T \cdot \omega = 2\pi/T = 2\pi \cdot f \cdot v = 2\pi \cdot r/T = \omega \cdot r \cdot \varphi = \omega \cdot t$ (Bogenmaß) $\cdot s = \varphi \cdot r \cdot \text{Drehzahl } n = f \cdot 60 \text{ s/min} \cdot 2\pi \text{ rad} \triangleq 360^\circ$. Identitäten $v = 2\pi r/T \Leftrightarrow \omega \cdot r$, $\omega = 2\pi f$, $s/r = \varphi$ mit `sympy.simplify` bestätigt.

3 Referenzwerte (SymPy) – Voreinstellungen und Grenzfälle

Fall	r	T	f	n in U/min	ω	v	v	t	$\varphi(t)$	s(t)
riesenrad	16 m	80 s	0,0125 Hz	0,75	0,07854 1/s	1,257 m/s	4,524 km/h	20 s	1,571 rad = 90°	25,13 m
karussell	8 m	6 s	0,1667 Hz	10	1,047 1/s	8,378 m/s	30,16 km/h	1,5 s	1,571 rad = 90°	12,57 m
fahrrad	0,35 m	0,44 s	2,273 Hz	136,4	14,28 1/s	4,998 m/s	17,99 km/h	0,11 s	1,571 rad = 90°	0,5498 m
windrad	60 m	5 s	0,2 Hz	12	1,257 1/s	75,4 m/s	271,4 km/h	1 s	1,257 rad = 72°	75,4 m
waschmaschine	0,24 m	0,04286 s	23,33 Hz	1400	146,6 1/s	35,19 m/s	126,7 km/h	0,01 s	1,466 rad = 84°	0,3519 m
uhr	0,15 m	60 s	0,01667 Hz	1	0,1047 1/s	0,01571 m/s	0,05655 km/h	1 s	0,1047 rad = 6°	0,01571 m
grenz_min	0,05 m	0,02 s	50 Hz	3000	314,2 1/s	15,71 m/s	56,55 km/h	0,005 s	1,571 rad = 90°	0,07854 m
grenz_max	100 m	200 s	0,005 Hz	0,3	0,03142 1/s	3,142 m/s	11,31 km/h	400 s	12,57 rad = 720°	1257 m

Plausibilität der Alltagswerte: Riesenrad 4,5 km/h $\approx$ Schrittempo; Kettenkarussell 10 U/min, 30 km/h; Fahrrad 28" ($r = 0,35$ m) bei 18 km/h $\rightarrow T \approx 0,44$ s; Windrad 120 m Rotor, 12 U/min $\rightarrow$ Blattspitze ≈ 271 km/h (typisch 250–300 km/h); Waschmaschine 1400 U/min, Trommel $r \approx 0,24$ m; Sekundenzeiger 15 cm $\rightarrow 1,57$ cm/s. Physikalische Anmerkung Fahrrad: Bahngeschwindigkeit des Reifens gegenüber der Achse = Fahrgeschwindigkeit (Rollen ohne Gleiten) – so im Text formuliert.

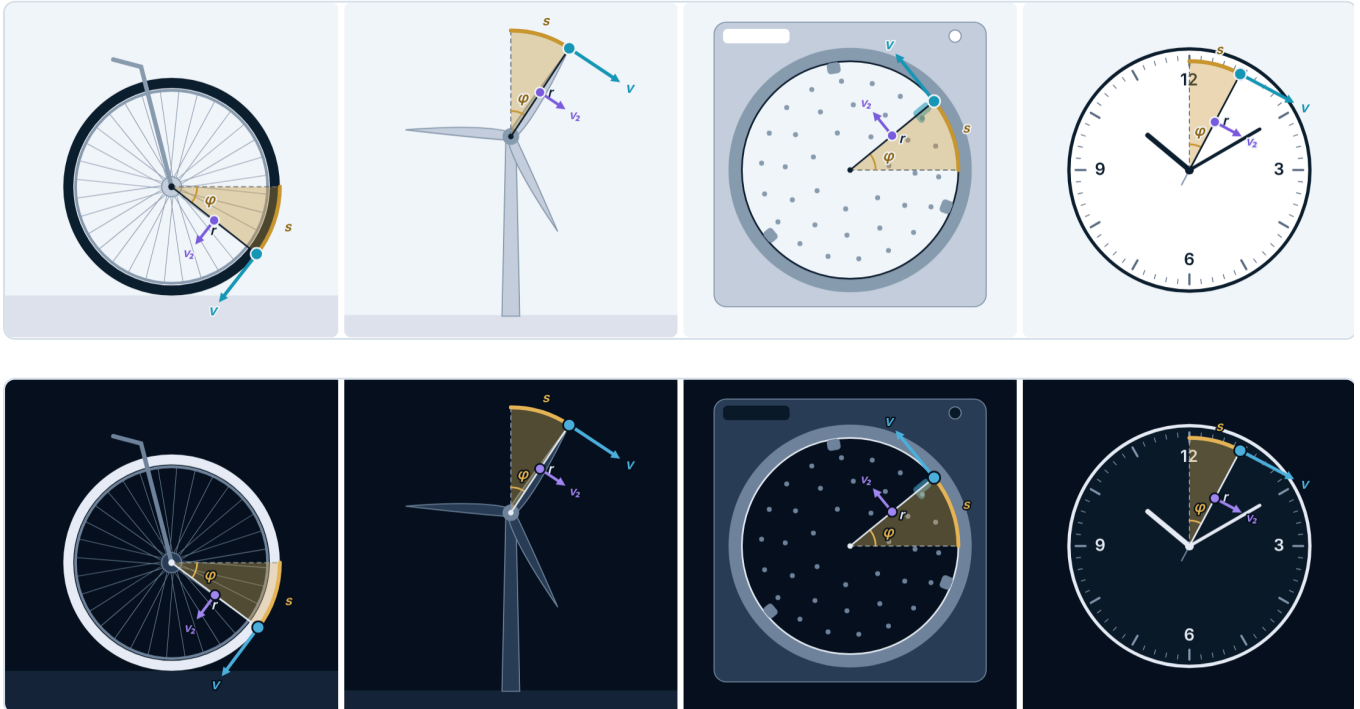
4 Automatische Prüfung (Playwright, pruefen.mjs)

rechne() der Seite gegen SymPy (rel. Abweichung $< 10^{-9}$) · Tabelle zeigt gerundete Referenzwerte · Knöpfe $\frac{1}{4}$ U / 1 U stoppen exakt bei $t = T/4$ bzw. T ($\varphi = 90^\circ$ bzw. 360°) · Regler-Endpunkte 0,05 m/100 m, 0,02 s/200 s · Eingaben mit Komma, ungültige/negative Eingaben ignoriert, Werte über dem Maximum begrenzt · Reglerwerte auf 2 gültige Ziffern · Ruhe beim Laufen (Befund Betreiber 04.10.: Zahlen ruckelten → Zahlen $\approx 8 \times /s$ mit fester Nachkommazahl, Zeilenhöhen konstant) · Rand-Messung (Befund 04.10.: Werte ragten bei 1024 px aus der Box → Rechenweg unter der Größe; 14 Breiten 360–1920 px $\times$ 7 Beispiele, nichts über dem Innenabstand) · Desktop und iPhone, hell und dunkel: kein waagrechtes Scrollen, Bedienelemente ≥ 40 px, keine Konsolenfehler, keine externen Anfragen.

```
✓ riesenrad: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 2.0e-16)
✓ karussell: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 2.1e-16)
✓ fahrrad: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 2.0e-16)
✓ windrad: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 2.1e-16)
✓ waschmaschine: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 0.0e+0)
✓ uhr: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 2.5e-16)
✓ grenz_min: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 1.8e-16)
✓ grenz_max: rechne() = SymPy (max. rel. Abw. 1.8e-16)
✓ riesenrad: Tabelle  $v=1,26 \text{ m/s} \triangleq 4,52 \text{ km/h}$   $\omega=0,0785 \text{ 1/s}$   $f=0,0125 \text{ Hz} \triangleq 0,75 \text{ U/min}$  · Zeitraffer 10 ×
  Faktum: Für eine Runde braucht das Rad 80 s – die Gondel fährt dabei nur 1,26 m/s (4,52 km/h), also etwa
  Schrittempo.
  Antwort:  $\varphi = \omega \cdot t = 2\pi/80 \text{ s} \cdot 20 \text{ s} = \pi/2 \approx 1,57 \text{ rad}$  ( $90^\circ$ ). Das ist eine Viertelumdrehung – teste mit „¼
  U“.
  Antwort:  $v = 2\pi \cdot r / T$  ist proportional zu  $r$ : Bei  $r = 32 \text{ m}$  und  $T = 80 \text{ s}$  ist  $v = 2,51 \text{ m/s}$ , also doppelt
  so groß.  $\omega$  bleibt gleich.
✓ karussell: Tabelle  $v=8,38 \text{ m/s} \triangleq 30,2 \text{ km/h}$   $\omega=1,05 \text{ 1/s}$   $f=0,167 \text{ Hz} \triangleq 10 \text{ U/min}$  · Echtzeit
  Faktum: Ein Sitz außen fliegt mit 8,38 m/s  $\approx 30,2 \text{ km/h}$  im Kreis – schneller als ein Mofa (25 km/h).
  Antwort:  $f = 1/T = 1/(6 \text{ s}) \approx 0,167 \text{ Hz}$ ,  $\omega = 2\pi/T = 2\pi/(6 \text{ s}) \approx 1,05 \text{ 1/s}$ .
  Antwort: Gleiches  $\omega$  für alle Sitze, aber  $v = \omega \cdot r$ : innen nur 4,19 m/s – halber Radius, halbe
  Bahngeschwindigkeit.
✓ fahrrad: Tabelle  $v=5 \text{ m/s} \triangleq 18 \text{ km/h}$   $\omega=14,3 \text{ 1/s}$   $f=2,27 \text{ Hz} \triangleq 136,4 \text{ U/min}$  · Zeitlupe 1 : 10
  Faktum: Bei  $T = 0,44 \text{ s}$  dreht sich das Rad 2,27-mal pro Sekunde. Der Reifen bewegt sich gegenüber der
  Achse mit 5 m/s = 18 km/h – genau so schnell fährt das Rad (ohne Rutschen).
  Antwort: Drehzahl =  $f \cdot 60 \text{ s/min} = 2,27 \text{ Hz} \cdot 60 \text{ s/min} \approx 136 \text{ U/min}$ .
  Antwort: Gleiches  $r$ , doppeltes  $v \Rightarrow T$  halbiert (0,22 s),  $f$  und  $\omega$  verdoppeln sich ( $f \approx 4,55 \text{ Hz}$ ,  $\omega \approx 28,6$ 
  1/s). Stelle  $T = 0,22 \text{ s}$  ein.
✓ windrad: Tabelle  $v=75,4 \text{ m/s} \triangleq 271 \text{ km/h}$   $\omega=1,26 \text{ 1/s}$   $f=0,2 \text{ Hz} \triangleq 12 \text{ U/min}$  · Echtzeit
  Faktum: Der Rotor dreht gemütlich (12 U/min), aber die Blattspitze rast mit 75,4 m/s  $\approx 271 \text{ km/h}$  durch die
  Luft!
  Antwort:  $v = \omega \cdot r = 1,26 \text{ 1/s} \cdot 30 \text{ m} \approx 37,7 \text{ m/s}$  – halb so schnell wie die Spitze.
  Antwort:  $\varphi = \omega \cdot t \approx 1,26 \text{ rad}$ ,  $s = \varphi \cdot r \approx 1,26 \cdot 60 \text{ m} \approx 75,4 \text{ m}$  ( $= v \cdot 1 \text{ s}$ ).
✓ waschmaschine: Tabelle  $v=35,2 \text{ m/s} \triangleq 127 \text{ km/h}$   $\omega=147 \text{ 1/s}$   $f=23,3 \text{ Hz} \triangleq 1400 \text{ U/min}$  · Zeitlupe 1 : 100
  Faktum: 1400 Umdrehungen pro Minute: Die Socke saust mit 35,2 m/s  $\approx 127 \text{ km/h}$  im Kreis. Schalte auf
  „Echtzeit“ – das Auge kommt nicht mehr mit.
  Antwort:  $f = 1400 / (60 \text{ s}) \approx 23,3 \text{ Hz}$ ,  $T = 1/f = 60 \text{ s} / 1400 \approx 0,0429 \text{ s}$ .
  Antwort:  $\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 23,3 \text{ Hz} \approx 147 \text{ 1/s}$ .
✓ uhr: Tabelle  $v=0,0157 \text{ m/s} \triangleq 0,0565 \text{ km/h}$   $\omega=0,105 \text{ 1/s}$   $f=0,0167 \text{ Hz} \triangleq 1 \text{ U/min}$  · Zeitraffer 10 ×
  Faktum: Die Zeigerspitze ist mit 1,57 cm/s richtig langsam – trotzdem hat sie dieselbe
  Winkelgeschwindigkeit wie jeder andere Punkt des Zeigers.
  Antwort:  $360^\circ / 60 = 6^\circ$ ; im Bogenmaß  $\varphi = 2\pi/60 = \pi/30 \approx 0,105 \text{ rad}$ .
  Antwort:  $T = 3600 \text{ s}$  statt 60 s, also 60-mal so groß  $\Rightarrow v$  ist 60-mal kleiner: 0,262 mm/s.
✓ ¼ U Karussell:  $t = 1,500 \text{ s}$ ,  $\varphi = 1,571 \text{ rad} \triangleq 90,0^\circ \cdot 0,25 \text{ U}$ 
✓ 1 U:  $\varphi = 6,283 \text{ rad} \triangleq 360,0^\circ \cdot 1,00 \text{ U}$ 
✓ riesenrad: ruhig beim Laufen (Textlänge wächst nur: 42,43,44,45,46, Zeilenhöhen konstant, 8.0
  Textwechsel/s)
✓ fahrrad: ruhig beim Laufen (Textlänge wächst nur: 46,47,48, Zeilenhöhen konstant, 8.0 Textwechsel/s)
✓ waschmaschine: ruhig beim Laufen (Textlänge wächst nur: 47,48,49, Zeilenhöhen konstant, 8.0 Textwechsel/s)
✓ windrad: ruhig beim Laufen (Textlänge wächst nur: 43,45,46,47, Zeilenhöhen konstant, 8.0 Textwechsel/s)
✓ rRegler=0 → 0,05
✓ rRegler=1000 → 100
✓ TRegler=0 → 0,02
✓ TRegler=1000 → 200
✓ Eingabe  $r=2 \text{ m}$ ,  $T=0,5 \text{ s} \rightarrow v=25,1 \text{ m/s} \triangleq 90,5 \text{ km/h}$ 
✓ Falsche Eingabe wird ignoriert
✓ Negative Eingabe wird ignoriert
✓  $r$  über Maximum → 100 m
✓ Reglerwerte haben höchstens 2 gültige Ziffern
✓ desktop/light: kein waagrechtes Scrollen
✓ desktop/light: alle Bedienelemente  $\geq 40$  px hoch
✓ desktop/light: keine Konsolenfehler, keine externen Anfragen
```

- ✓ desktop/dark: kein waagrechtes Scrollen
- ✓ desktop/dark: alle Bedienelemente ≥ 40 px hoch
- ✓ desktop/dark: keine Konsolenfehler, keine externen Anfragen
- ✓ iphone/light: kein waagrechtes Scrollen
- ✓ iphone/light: alle Bedienelemente ≥ 40 px hoch
- ✓ iphone/light: keine Konsolenfehler, keine externen Anfragen
- ✓ iphone/dark: kein waagrechtes Scrollen
- ✓ iphone/dark: alle Bedienelemente ≥ 40 px hoch
- ✓ iphone/dark: keine Konsolenfehler, keine externen Anfragen
- ✓ alle Prüfungen bestanden
- Rand-Messung (14 Breiten $\times$ 7 Beispiele, $t = 99,99$ T)
- ✓ nichts ragt über den Innenabstand

5 Sichtprüfung



Geprüft: Drehrichtung (Fahrrad bei Fahrt nach rechts und Uhr im Uhrzeigersinn, Windrad im Uhrzeigersinn, übrige gegen den Uhrzeigersinn), v tangential in Drehrichtung, Pfeillänge $\propto r$ (v_2 halb so lang), Sektor φ und Bogen s ab gestrichelter Startlinie, Beschriftungen in hell/dunkel lesbar.