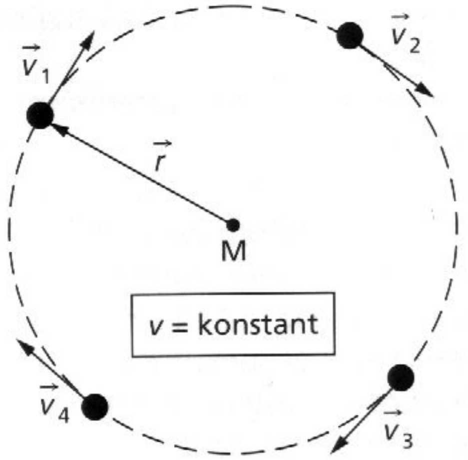
# Kreisbewegungen

Eine gleichförmige Kreisbewegung liegt dann vor, wenn sich ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn bewegt.




In der Abbildung sieht man, dass der Betrag der Geschwindigkeit $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ konstant ist, d. h. ein Punkt auf dem Kreis durchläuft gleich große Kreisbögen $\Delta s$ in gleichen Zeitabschnitten $\Delta t$. Die Richtung der Geschwindigkeit ändert sich hingegen ständig. Das deutet schon darauf hin, dass es sich bei einer Kreisbewegung um eine beschleunigte Bewegung handelt.

## Grundbegriffe

Die Zeit, die ein Punkt auf der Kreisbahn für einen Umlauf braucht, nennt man **Umlaufdauer** $T$. In der Zeit $\Delta t = T$ durchläuft der kreisende Punkt also den Kreisumfang $\Delta s = 2\pi r$ (mit $r$ dem Kreisradius). Demnach gilt für die **Bahngeschwindigkeit**

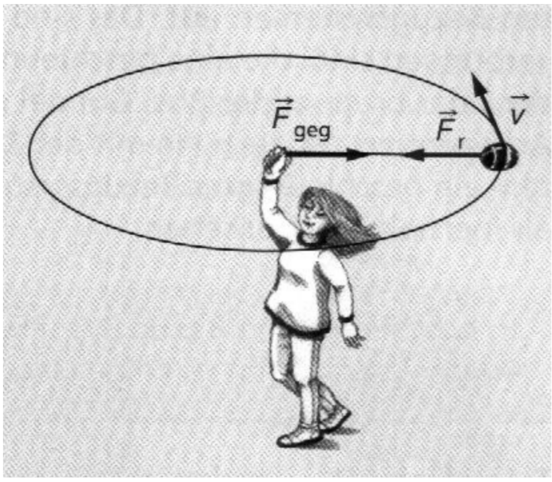
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T}$$

Die Umlaufdauer $T$ hängt eng mit der **Frequenz** $f$ zusammen, welche die Zahl der Umläufe angibt, die der Punkt auf der Kreisbahn innerhalb einer Zeitspanne macht. Es gilt: $T = \frac{1}{f} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{1}{T}$. Damit erhalten wir für die Bahngeschwindigkeit auch

$$v = 2\pi r f$$

# Radialkraft – Zentralkraft – Zentripetalkraft

Soll ein Körper eine Kreisbahn durchlaufen, so muss an ihm eine Kraft auf den Mittelpunkt gerichtet wirken, also eine Kraft, die laufend ihre Richtung ändert. Die Kraft nennen wir **Radialkraft** $F_r$ (oder auch **Zentralkraft** oder **Zentripetalkraft** $F_z$). Wird z. B. ein Ball an einer Schnur im Kreis herumgeschleudert, kann die äußere Kraft auf den Ball nur von der Schnur aufgebracht werden. Dies kann aber eine Zugkraft nur in Längsrichtung ausüben. Also ist die am Ball angreifende Kraft ständig zum Kreismittelpunkt hin gerichtet und steht senkrecht zum jeweiligen Geschwindigkeitsvektor. An der Hand spüren wir übrigens die Gegenkraft zur Radialkraft, denn Kräfte treten ja bekanntermaßen immer nur paarweise auf.




Experimente ergeben folgenden Zusammenhang:

$$F_r = m\frac{v^2}{r}$$

Mithilfe der Grundgleichung der Mechanik $F = m \cdot a$ stellen wir fest, dass es eine **Radialbeschleunigung**

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

geben muss. Die gleichförmige Kreisbewegung ist also eine beschleunigte Bewegung.

## Aufgabe 1

Eine Wäscheschleuder mit einem Durchmesser von 25 cm dreht sich 4-mal je Sekunde. Mit welcher Geschwindigkeit läuft die Trommelwand um? Wie groß ist die Beschleunigung $a_r$ an der Wand? Mit welcher Kraft müsste dort ein Wasserteilchen ($m = 1\,\text{g}$) vom Stoffgewebe festgehalten werden, um nicht wegzufliegen?

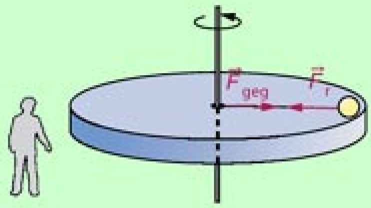
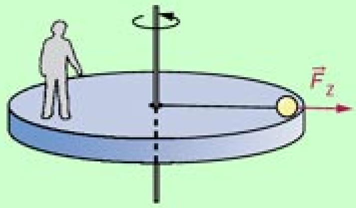
## Aufgabe 2

Ein Stein ($m = 0{,}2\,\text{kg}$) wird immer schneller an einer Schnur ($l = 50\,\text{cm}$) in einem horizontalen Kreis herumgeschleudert. Berechne bei welcher Drehfrequenz $f$ die Schnur reißt, wenn sie 100 N aushält.

# Eine Frage des Standpunktes: Die Zentrifugalkraft

Jemand argumentiert folgendermaßen: „Wenn ich mit dem Auto durch eine Kurve fahre, drückt es mich doch nach außen. Haben wir es nicht mit einer vom Kreismittelpunkt weg gerichteten Kraft zu tun?“

Bisher haben wir unsere Beobachtungen von außen, von einem so genannten Inertialsystem aus getan. Im Auto sind wir aber mitbeschleunigte Beobachter! Folglich erscheint uns vieles anders. Das soll folgende Grafik verdeutlichen.

| **Ruhender Beobachter** | **Mitbewegter Beobachter** |
|---|---|
| Die Beschreibung erfolgt in einem Inertialsystem.<br><br> | Die Beschreibung erfolgt in einem beschleunigten Bezugssystem.<br><br> |
| Die Kugel bewegt sich auf einer Kreisbahn. | Die Kugel befindet sich in Ruhe. |
| Die Kugel wird durch die Radialkraft auf der Kreisbahn gehalten. Als Wechselwirkungskraft wirkt die Gegenkraft zur Radialkraft. | Der Beobachter stellt eine nach außen wirkende **Zentrifugalkraft** fest. Zu dieser Kraft gibt es keine Gegenkraft. |
| Reißt der Faden, so bewegt sich die Kugel tangential weiter. | Reißt der Faden, so bewegt sich die Kugel radial weiter. |

Die Zentrifugalkraft $F_z$ ist eine Trägheitskraft, die den gleichen Betrag wie die Radialkraft $F_r$ besitzt. Ihre Richtung ist entgegengesetzt.

## Aufgabe 3

Eine Person möchte durch einen Looping mit dem Radius $r$ laufen ohne herunter zu fallen. Berechne die Geschwindigkeit $v_o$ die sie dazu im höchsten Punkt des Loopings haben muss. Wie groß muss dann die Geschwindigkeit $v_u$ beim Eintritt in den Looping sein? Berechne die Werte für $r = 3$ m.