

Prinzipiell gilt das **Kausalitätsprinzip**: gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen.

Wenn ähnliche Anfangsbedingungen auch zu ähnlichen Ergebnissen führen, dann spricht man von **starker Kausalität**. D.h. hier kann man den Bewegungsablauf bzw. das Ergebnis eines Versuches sehr genau vorhersagen.

Beispiel: waagrechter Wurf einer Stahlkugel

Es gibt aber auch Vorgänge, bei denen ähnliche Anfangsbedingungen oder kleine Störungen zu sehr weit auseinander liegenden Ergebnissen führen können. Hier spricht man von **schwacher Kausalität** (Vorhersagen nur bedingt möglich, z.B. nur für einen sehr kurzen Zeitraum)

Beispiele: Magnetpendel, Herunterfallen eines Blattes, Wettervorhersage für längeren Zeitraum

Hier spricht man auch von deterministischem [Kausalitätsprinzip gilt, d.h. auch hier hätten exakt gleiche Anfangsbedingungen gleiche Ergebnisse zur Folge] **Chaos** [starke Kausalität verletzt].

Grenzen der Newton'schen Mechanik spezielle Relativitätstheorie

1) Relativitätsprinzip

In Bezugssystemen, die sich mit konstanter Geschwindigkeit zueinander bewegen, gelten die physikalischen Gesetze in gleicher Weise. D.h. kein Bezugssystem ist ausgezeichnet. (*Relativitätsprinzip*)

2) Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Licht breitet sich im Vakuum unabhängig vom Bewegungszustand der Lichtquelle und des Beobachters immer mit der gleichen Geschwindigkeit aus ($c = 2,99792458 \cdot 10^8$ m/s)

3) Zeitdilatation

Uhren, die sich relativ zu einem Beobachter bewegen, gehen für diesen Beobachter langsamer. (*Zeitdilatation*)

4) Längenkontraktion

Für einen ruhenden Beobachter erscheinen bewegte Gegenstände verkürzt. (*Längenkontraktion*)

5) Relativität der Masse

Die träge Masse eines Körpers hängt von seiner Geschwindigkeit ab. Sie nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit zu.

$$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad m_0 \text{ Ruhemasse}$$

Die Lichtgeschwindigkeit ist eine Grenzgeschwindigkeit, die kein Körper erreichen kann.