

## Kausalität: Verhältnis von Ursache und Wirkung

### Lehrerinformation

Einleitung, Bewegung von Ball und Papier

Ergebnisse/Notizen mit Schülern besprechen:

Trotz ähnlicher Startbedingung beschreibt das Papier ganz unterschiedliche Bewegungen. Der Ball fliegt ungefähr gleich. Wenn man allerdings die exakt gleichen Bedingungen wiederholen könnte, würde auch das Papier genau gleich fliegen.

### Arbeitsblatt 1:

Bitte streiche von den kursiv geschriebenen Worten das falsche durch!

Die Bewegung des Balles unterliegt der ~~schwachen~~/starken Kausalität.

Die Bewegung des Papiers unterliegt der ~~schwachen~~/starken Kausalität.

Bitte fülle nun den Lückentext aus: ( Lücken sind ihrhrgestrichen)

Das Beispiel des Balls zeigt eine typische Eigenschaft vieler physikalischer Vorgänge, die **starke Kausalität**: Ähnliche Ursachen haben *ähnliche* Wirkung. *Kleine* Störungen haben nur kleine Auswirkungen. Wendest ihr den Begriff der starken Kausalität auf einen Apfel an, dann kannst ihr folgende Aussage treffen: Fällt ein Apfel vom Baum, so kann man *ziemlich genau* vorhersagen, wo er landen wird. Fällt ein weiterer Apfel von demselben Ast, so landet er in etwa an ~~der gleichen~~ Stelle.

### Aufgabe 2:

Zu Material: DIN A4 Blatt: hier sollte ein etwas stabileres Blatt Papier verwendet werden  
2 Magnete (handelsübliche Büromagnete, Durchmesser ca. 3 cm)  
Doppelseitiges Klebeband; es ist notwendig, die Magnete festzukleben, da sie sonst während des Versuchs verrutschen.  
Eisenkugel, Durchmesser ca. 5 – 10 mm

Zu den Fragen: Es gibt einen scharf abgegrenzt roten und einen scharf abgegrenzt blauen Bereich, getrennt durch die Linie, die durch die instabilen Ruhelagen gebildet wird (Instabilitätslinie).

**Aufgabe 3:**

Es gibt 3 Endlagen.

Es handelt sich um stabile / instabile Ruhelagen. (Bitte unterstreiche das Richtige!)

Instabilitätslinien auf den 3 Schwellen zwischen den Mulden.

**Wiederholung und Zusammenfassung: (Lückentext Aufgabe 4 letzte Seite):**

1. Aufgrund der ~~sensiblen~~ ~~Abhängigkeit~~ der ~~Anfangsbedingungen~~ wird das Prinzip der starken Kausalität verletzt.
2. An Punkten der ~~instabilen Ruhelage~~ reichen kleinste Störungen aus, um die Bewegung komplett anders weiter zu entfalten.
3. Die Existenz von instabilen Ruhelagen ist eine zweite Eigenschaft der chaotischen Systeme, die zur ~~Nichtvorhersagbarkeit~~ führt.

**Merksatz**

**Eine Eigenschaft chaotischer Systeme, die zur Unvorhersagbarkeit führt, ist die Existenz von instabilen Ruhelagen.**

Der Merksatz sollte von Lehrer und Schülern gemeinsam formuliert werden.