

# Brauchen wir den Begriff Inertialsystem

*F. Herrmann und M. Pohlig, Karlsruher Institut für Technologie*



[www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de](http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de)

# Grundsätze oder Gesetze der Bewegung.

---

1. Gesetz. *Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.*

Geschosse verharren in ihrer Bewegung, insofern sie nicht durch den Widerstand der Luft verzögert und durch die Kraft der Schwere von ihrer Richtung abgelenkt werden. Ein Kreisel, dessen Theile vermöge der Cohäsion sich beständig aus der geradlinigen Bewegung entfernen, hört nur insofern auf, sich zu drehen, als der Widerstand der Luft (und die Reibung) ihn verzögert. Die grossen Körper der Planeten und Kometen aber behalten ihre fortschreitende und kreisförmige Bewegung, in weniger widerstehenden Mitteln längere Zeit bei.

2. Gesetz. *Die Aenderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene*

# Grundsätze oder Gesetze der Bewegung.

Jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wenn er nicht durch einwirkende Kräfte gezwungen wird, seinen Zustand zu ändern.

den Widerstand der Luft verzögert und durch die Kraft der Schwere

Ein kräftefreier Körper bewegt sich mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

2. Gesetz. Die Aenderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene

Ein kräftefreier Körper bewegt sich mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

Newton:

*Eine wahre Bewegung wird nur erzeugt oder abgeändert durch Kräfte, welche auf den Körper selbst einwirken, wogegen relative Bewegungen erzeugt und abgeändert werden können, ohne dass die Kräfte auf diesen Körper einwirken.*

Wenn keine Kräfte wirken ist eine wahre Bewegung geradlinig-gleichförmig.

*Wikipedia, Stichwort Inertialsystem:*

In der Physik ist ein *Inertialsystem* ... ein Koordinatensystem, in dem sich kräftefreie Körper geradlinig, gleichförmig bewegen.

Newton:

*Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußern Gegenstand, stets gleich und unbeweglich.*

*Hypotheses non fingo?*

Ernst Mach 1897:

*Dass Newton auch in den eben mitgetheilten Überlegungen gegen seine Absicht, nur das Thatsächliche zu untersuchen, handelt, ist kaum nöthig zu bemerken. Ueber den absoluten Raum und die absolute Bewegung kann niemand etwas aussagen, sie sind blosser Gedankendinge, die in der Erfahrung nicht aufgezeigt werden können.*

# Ludwig Lange (Physiker)

**Gustav Ludwig Lange** (\* 21. Juni 1863 in Gießen; † 12. Juli 1936 in Weinsberg) war ein deutscher Physiker und Psychologe.

**Inhaltsverzeichnis** [\[Verbergen\]](#)

[1 Leben](#)

## Ueber die wissenschaftliche Fassung des Galilei'schen Beharrungsgesetzes.

Von

**Ludwig Lange.**

---

Die letzten Jahrzehnte der exacten Wissenschaften sind durch eine ganze Reihe erfolgreicher Bemühungen ausgezeichnet, welche auf eine kritische Untersuchung und tiefere Durchdringung der grundlegenden Begriffe und Axiome gerichtet waren. Merkwürdiger Weise ist hierbei der mechanische Grundbegriff der Bewegung trotz seiner hervorragenden Wichtigkeit verhältnissmäßig schlecht weggekommen, ohne dass man behaupten dürfte, es sei schon früher eine auch nur annähernde Uebereinstimmung hinsichtlich seines Gehaltes erreicht worden. Ganz neuerdings ist nun auf diesen Mangel wieder mit dem

nicht jenen ruhenden Punkt trifft. Indessen wäre diese Definition zu eng. Geradlinige Bahnen legen die sich selbst überlassenen Punkte (nach dem soeben angewandten kinematischen Satze vom Parallelogramm der Bewegungen) zurück auch in Bezug auf jedes System, welches ohne Drehung gegen  $I$  geradlinig-gleichförmig fortschreitet. Dem Begriffe durchaus congruent ist dementsprechend erst diese **Definition des Inertialsystemes:**

»Inertialsystem« nennen wir ein System, worin ein sich selbst überlassener Punkt ruht, ein anderer in einer geraden Linie dahinschreitet, die den ersten nicht trifft; oder auch ein System, welches zu einem von der angegebenen Art ohne Drehung geradlinig und gleichförmig fortschreitet.

Der Begriff des Inertialsystemes ist hiernach unendlich vieldeutig<sup>1)</sup> und es bleibt sich ganz gleich, auf welches Inertialsystem man den räumlichen Theil d. h. die ausgesprochene Hypothese bezieht. Streintz hat (a. a. O. S. 78f.) darauf aufmerksam gemacht,

nicht jenen ruhenden Punkt trifft. Indessen wäre diese Definition zu eng. Geradlinige Bahnen legen die sich selbst überlassenen Punkte (nach dem soeben angewandten kinematischen Satze vom Parallelogramm der Bewegungen) zurück auch in Bezug auf jedes System, welches ohne Drehung gegen  $I$  geradlinig-gleichförmig fortschreitet. Dem Begriffe durchaus congruent ist dementsprechend erst diese **Definition des Inertialsystemes:**

Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem, in dem sich kräftefreie Körper mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$  bewegen.

förmig fortschreitet.

Der Begriff des Inertialsystemes ist hiernach unendlich vieldeutig<sup>1)</sup> und es bleibt sich ganz gleich, auf welches Inertialsystem man den räumlichen Theil d. h. die ausgesprochene Hypothese bezieht. Streintz hat (a. a. O. S. 78f.) darauf aufmerksam gemacht,



## Definition „Inertialsystem“

Ein Inertialsystem ist ein Bezugssystem, in dem sich kräftefreie Körper mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$  bewegen.

### 1. Newtonsches Gesetz

In einem Inertialsystem bewegt sich ein kräftefreier Körper mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

### 1. Newtonsches Gesetz

In einem Bezugssystem, in dem sich kräftefreie Körper mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$  bewegen, bewegt sich ein kräftefreier Körper mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

Kräftefreie Körper bewegen sich mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

gilt in einem Inertialsystem

gilt nicht in einem Nichtinertialsystem

Die Körper bewegen sich geradliniggleichförmig, obwohl sie nicht kräftefrei sind.

Widerspruch zum ersten Gesetz?

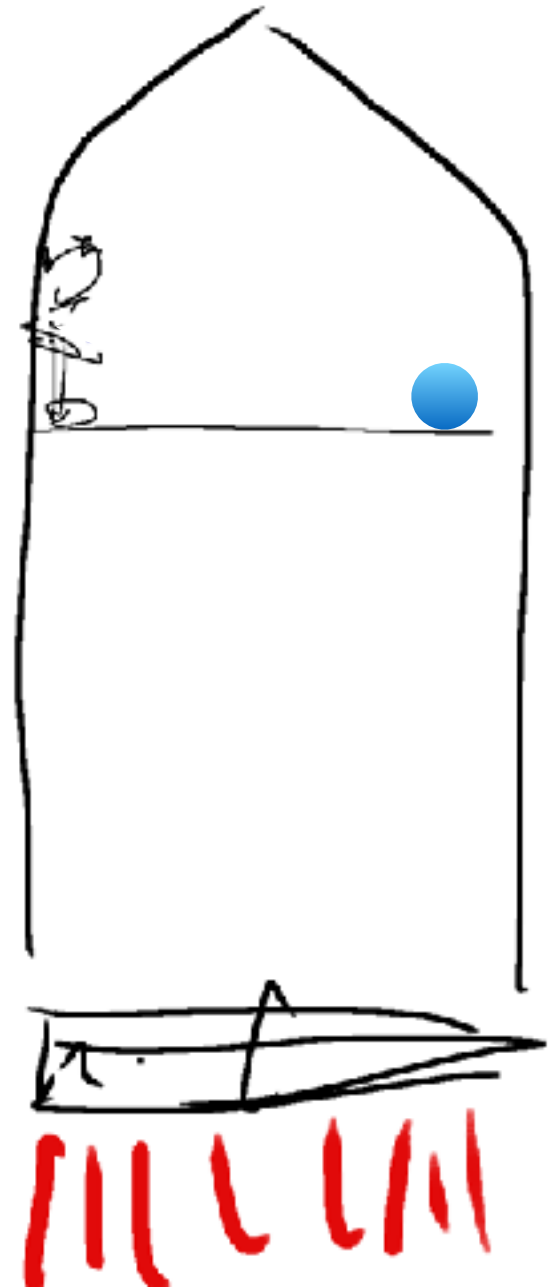
Nein, denn Aufzug ist kein Inertialsystem.



Der Körper beschreibt eine  
Wurfparabel, obwohl er kräftefrei ist.

Widerspruch zum ersten Gesetz?

Nein, denn Raumschiff ist kein  
Inertialsystem.



## Problem

Wie erkennt man, ob ein Körper „kräftefrei“ ist?

Nach Newton gehören zu einer Kraft zwei Körper.

elektrische Kräfte

magnetische Kräfte

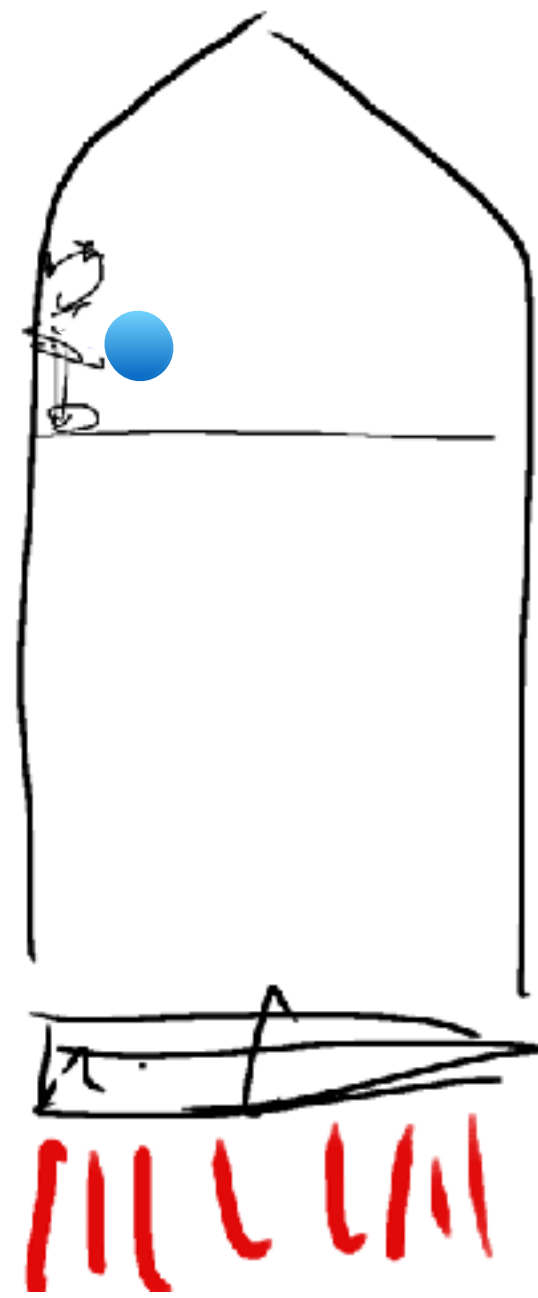
Kontaktkräfte

Gravitationskräfte?

Wir schließen Fernwirkungen aus.

Kräfte erkennt man lokal.

Ob eine Gravitationskraft wirkt, erkennen wir daran, ob die Gravitationsfeldstärke gleich null ist oder nicht.



Die moderne Physik schließt Fernwirkungen aus.

Kräfte erkennt man lokal.

Ob eine Gravitationskraft wirkt, erkennen wir daran, ob die Gravitationsfeldstärke gleich null ist oder nicht.

Die Gravitationsfeldstärke ist in einem Bezugssystem null, im anderen nicht.

Ein Körper ist in einem Bezugssystem kräftefrei, im anderen nicht.

Gravitostatische Kräfte können von Trägheitskräften lokal nicht unterschieden werden.



Gravitostatische Kräfte können von Trägheitskräften lokal nicht unterschieden werden.

$$F = m_{\text{träge}} \cdot a$$

$$F = m_{\text{schwer}} \cdot g$$

$$m_{\text{träge}} \cdot a = m_{\text{schwer}} \cdot g$$

$$a = g$$

Erscheint im Rahmen der Newtonschen Mechanik als Zufall.

*Einstein:*

„Die schwere und die träge Masse eines Körpers sind einander gleich. Die bisherige Mechanik hat diesen wichtigen Satz zwar *registriert*, aber nicht *interpretiert*.“

Kräftefreie Körper bewegen sich mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

gilt in einem Inertialsystem

gilt nicht in einem Nichtinertialsystem

*Trägheitskräfte zählen nicht.*

Kräftefreie Körper bewegen sich mit  $\mathbf{v} = \text{const.}$

gilt in jedem Bezugssystem

*Trägheitskräfte werden Ernst genommen.*

*Es gibt keine Bezugssysteme, in denen die Naturgesetze nicht gelten.*

## Einstein 1916

Die eigentliche Leistung der (allgemeinen) Relativitätstheorie liegt darin, dass sie die Physik von der Notwendigkeit der Einführung des „Inertialsystems“ ... befreit hat.

Das Unbefriedigende in diesem Begriff liegt darin: Er wählt ohne Begründung unter allen denkbaren Koordinatensystemen gewisse Systeme aus.

Es wird dann angenommen, dass die Gesetze der Physik *nur* in Bezug auf solche Inertialsysteme gelten (z. B. der Trägheitssatz und das Gesetz von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit).

# Ausgezeichnete Bezugssysteme

~~In ihnen gelten die Newtonschen Gesetze.~~

In ihnen ist die Beschreibung eines Vorgangs besonders einfach.

Werden heute manchmal Inertialssystem genannt.

Besser: *frei schwebende Bezugssysteme* (Wheeler)

*Der Begriff Inertialsystem wird nicht gebraucht.*

# Ende