

Teil 2: Beschleunigungsmessung mit mitbewegten Funksensoren – aus Sicht des ruhenden Beobachters

Dr. Thomas Wilhelm,
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik,
Universität Würzburg

Gliederung

1. Funkbeschleunigungsmessung
2. Beispiele
 1. Gleit- und Rollreibung
 2. Drittes newtonsches Gesetz
 3. Fall mit Luftreibung
 4. Kreisbewegungen
 5. Kurvenfahrten
 6. Schwingungen eines Stabpendels
 7. Gehen und Laufen

1. Funkbeschleunigungsmessung

- Bisher:
 - Die Daten eines mitgeführten Sensors müssen durch ein Kabel zum Computer übertragen werden oder die Bewegung wird durch Fäden an einen ruhenden Sensor übertragen. Beides stört die Bewegung.
 - Berührungslose Messung mit Ultraschall- oder Lasersensor ist nur eindimensional möglich.
 - Videoanalyse ergibt sehr ungenaue Beschleunigungswerten.
- Vorteile der Funkübertragung:
 - störungsfreie Beschleunigungsmessungen,
 - Bewegungen mit großem Bewegungsradius (Alltag, Sport) messbar,
 - Kabel ist ein Unfallrisiko.

1. Funkbeschleunigungsmessung

- Vier Möglichkeiten:

1. Cobra4 mit measure von Phywe

3D-Beschleunigungsmesser mit Wireles-Link

Übertragung per Funk, bis zu 99 Sensoren pro PC



1. Funkbeschleunigungsmessung

- Vier Möglichkeiten:

2. Pasport mit Datastudio von Pasco

3D-Beschleunigungsmesser mit AirLink

Übertragung per Bluetooth, nur 1 Sensor pro PC



Problem: Nur ein Funksensor anschließbar!

1. Funkbeschleunigungsmessung

- Vier Möglichkeiten:

- 3. Wii Remote von Nintendo
mit Phymote von Didaktik München

Gamecontroller von Nintendo (< 40 €)
mit 3D-Beschleunigungsmesser,
Übertragung per Bluetooth (< 10 m),
mehrere Sensor pro PC möglich,
Software Phymote ist kostenlose
Freeware: www.phymote.org

Problem: Keine anderen Sensoren!



1. Funkbeschleunigungsmessung

- Vier Möglichkeiten:
 1. iPhone von Apple
 2. iPhone von Apple
 3. iPhone von Apple
 4. iPhone von Apple mit Software (Uni Würzburg?)

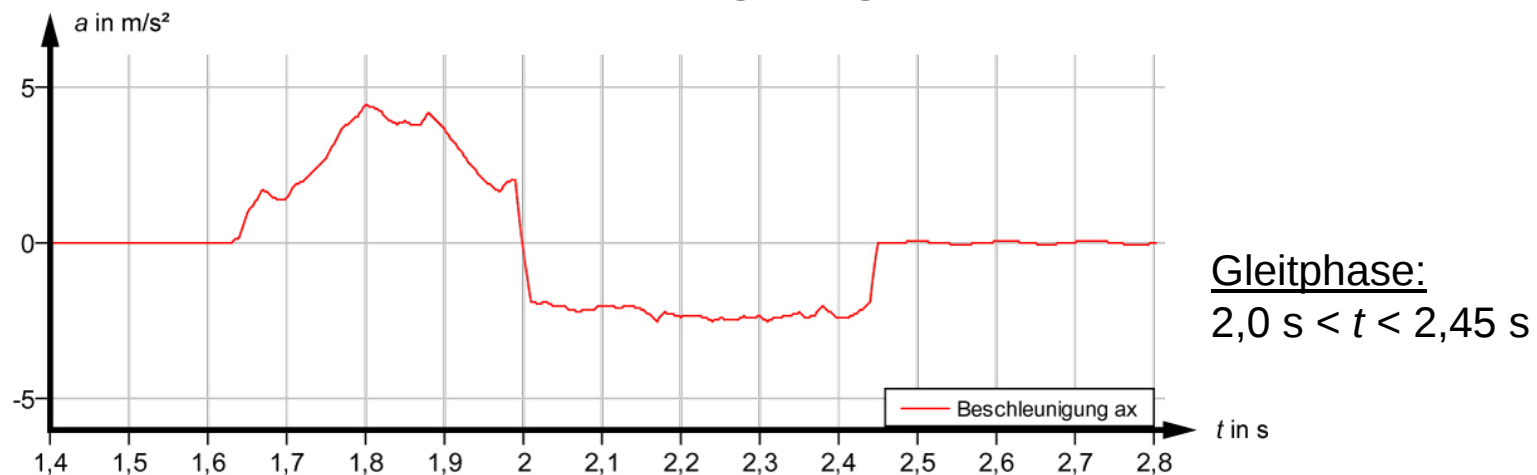
3D-Beschleunigungsmesser
mit verschiedenen Apps



Problem: Übertragung auf PC und
gutes App fehlt noch

2.1 Gleit- und Rollreibung

- Gleitreibung:
 - Sensor auf ebenen Oberfläche anschieben und gleiten lassen (Coulombreibung).
- ⇒ konstante Beschleunigung



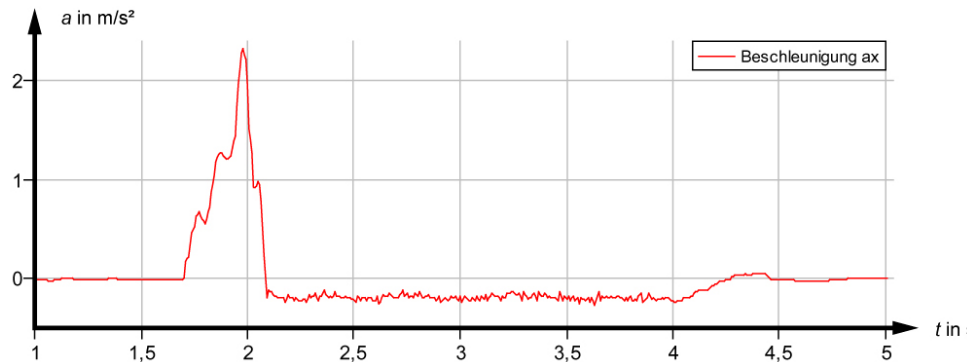
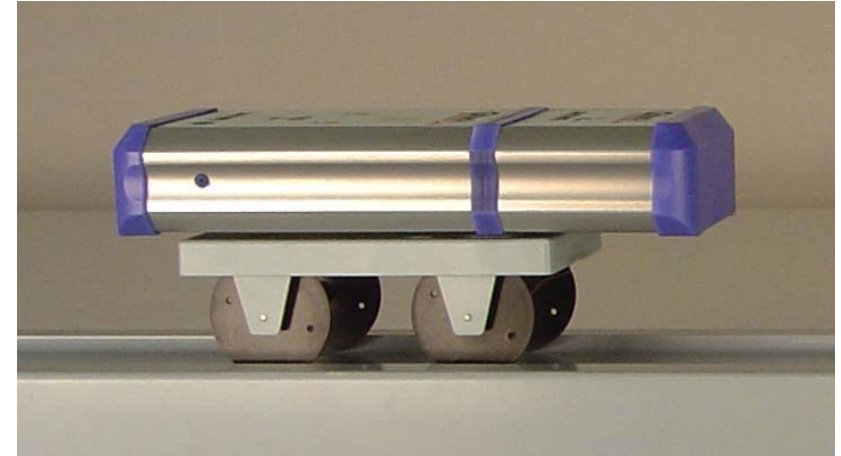
– Aus $\vec{F}_{GR} = \mu_G \cdot \vec{F}_N$ folgt: $\mu_G = \frac{|\vec{a}_{GR}|}{g}$

2.1 Gleit- und Rollreibung

- Rollreibung:

- *Cobra4*-Sensor auf Wagen anschieben und rollen lassen (Coulombreibung)

⇒ konstante Beschleunigung



Rollphase:
 $2,1 \text{ s} < t < 4,2 \text{ s}$

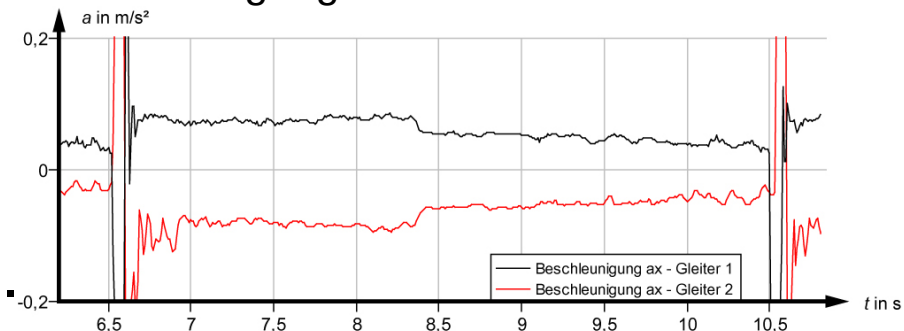
– Aus $\vec{F}_{RR} = \mu_R \cdot \vec{F}_N$ folgt: $\mu_R = \frac{|\vec{a}_{RR}|}{g}$

2.2 Drittes newtonsches Gesetz

- Standardversuch: zwei Schüler auf zwei Skateboards (nur einer zieht aktiv).
- Probleme: unterschiedliche Reibungskräfte, nur die Ortsänderung nicht Beschleunigung sichtbar.
- Lösung: zwei Luftkissengleiter mit Beschleunigungssensoren, auf einem ein kleiner Gleichstrommotor, der Faden aufwickeln kann; Feder an einem Gleiter
- Gleiter bewegen sich aufeinander zu, stoßen, fahren wieder auseinander
- Je gegengleiche konstante Beschleunigungen.

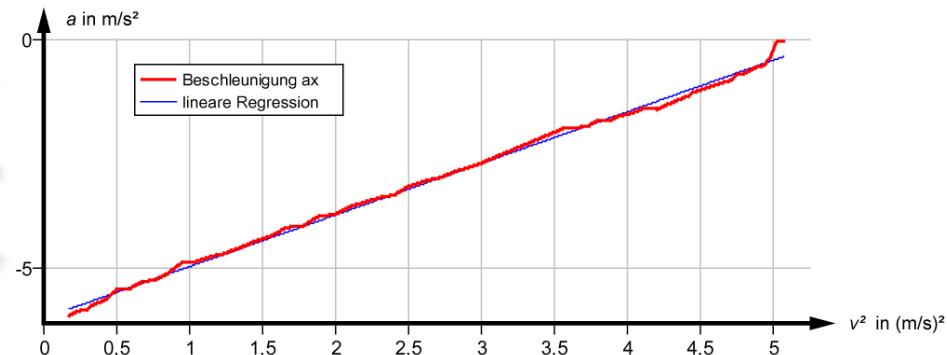
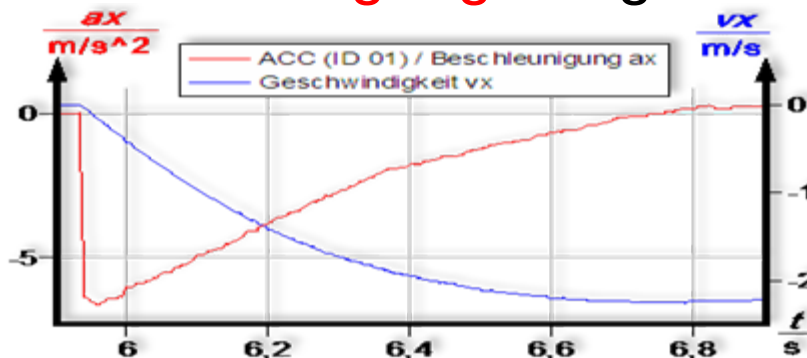


Beschleunigungen zwischen zwei Stößen:



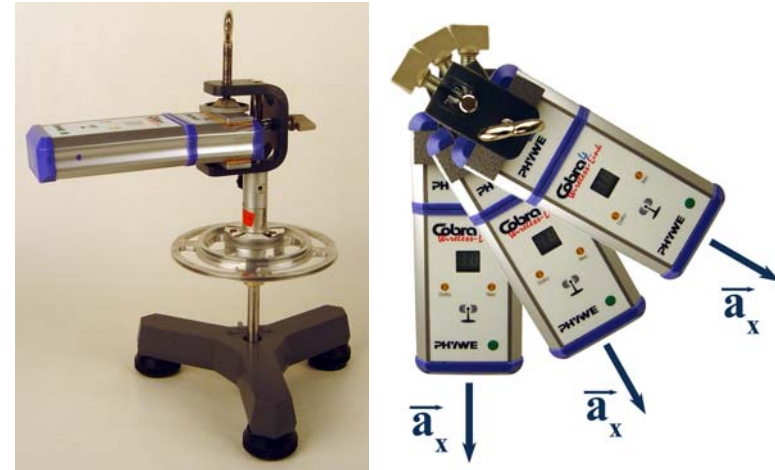
2.3 Fall mit Luftreibung

- Sehr wichtig: Diskussion der geschwindigkeitsabhängigen Luftreibung
- Möglichkeit: Fallbewegungen mit Luftreibung
- starrer Schirm mit Beschleunigungssensor
- **Beschleunigung** integrieren,
- ergibt konstante **Geschwindigkeit**.
- **Beschleunigung** hängt vom Quadrat der Geschwindigkeit ab.

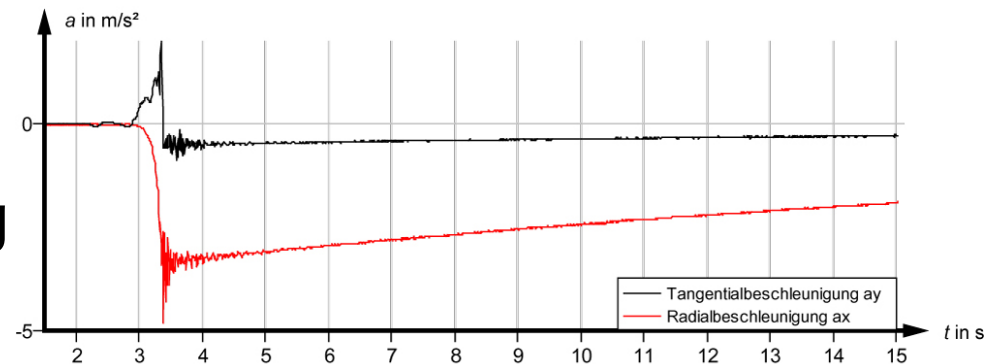


2.4 Kreisbewegungen

- Nur bei zweidimensionalen Bewegungen wird der vektorielle Charakter der Bewegungsgrößen deutlich.
- Sinnvoll: Zerlegung der Beschleunigung in Komponenten tangential und radial zur Bahn
- Mit einfachem Aufbau Radial- und Tangentialbeschleunigung messbar. Achsen zeigen in radiale und tangentielle Richtung.

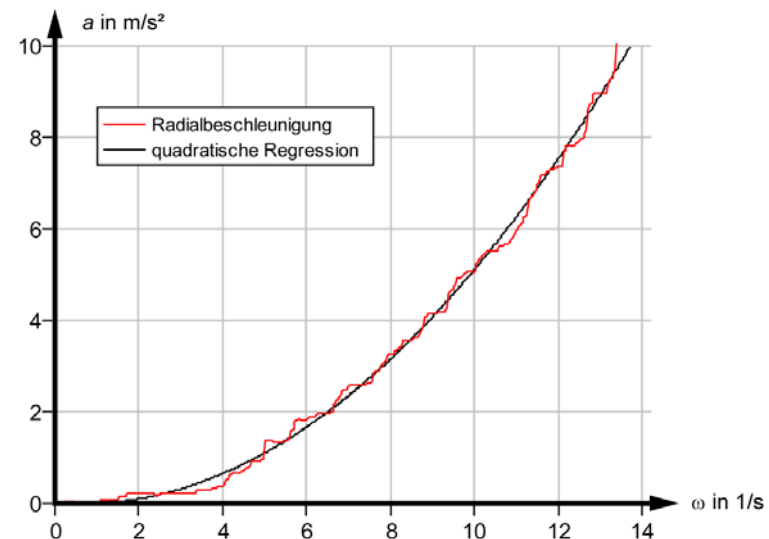
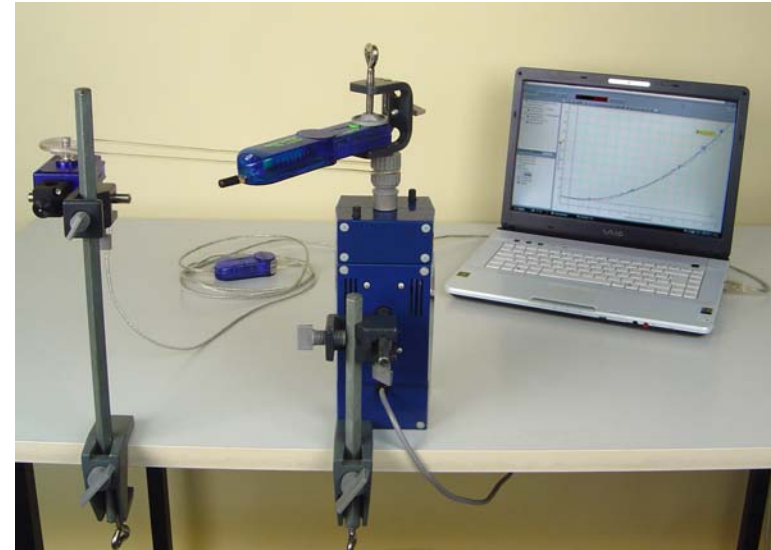


- Beispiel:
Einmaliges Anstoßen
- Tangentialbeschleunigung durch Reibung konstant.



2.4 Kreisbewegungen

- Abhängigkeit der Radialbeschleunigung von der Winkelgeschwindigkeit:
Beschleunigungssensor auf einem Experimentiermotor und Winkelgeschwindigkeit messen.
- Quadratischer Zusammenhang zwischen
Zentripetalbeschleunigung und Winkelgeschwindigkeit

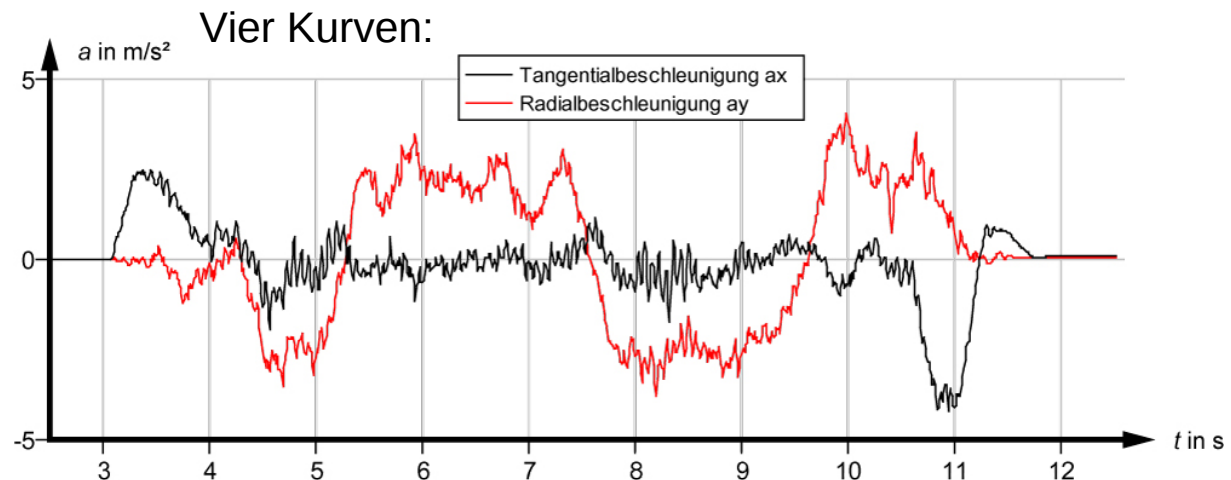


2.5 Kurvenfahrten

- Einfache Bewegungsanalyse eines ferngesteuerten Modellautos
- Ergebnisse:
 - Anfahren bzw. Abbremsen ergibt Beschleunigungen in bzw. gegen die Fahrtrichtung
 - Kurvenfahrt ergibt **Beschleunigung in radialer Richtung**



- Beispiel:
Nach Anfahren
nur noch
Kurvenfahrten
rechts – links

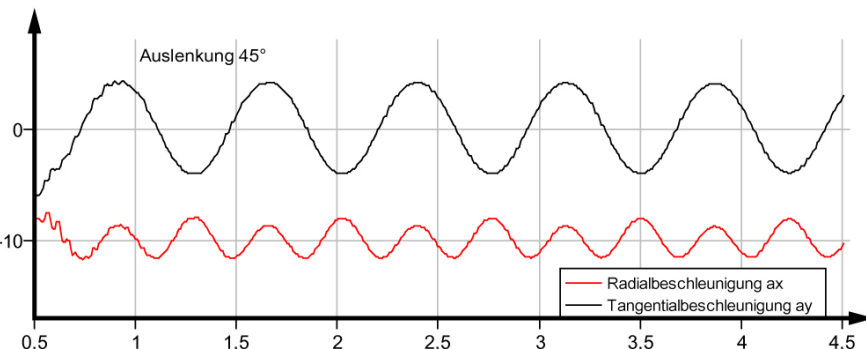
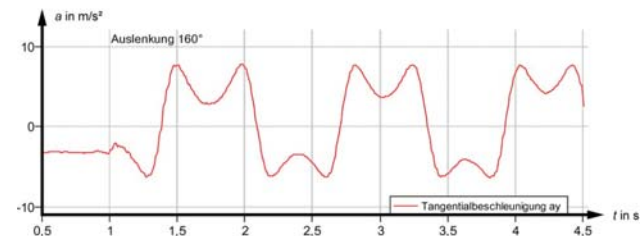
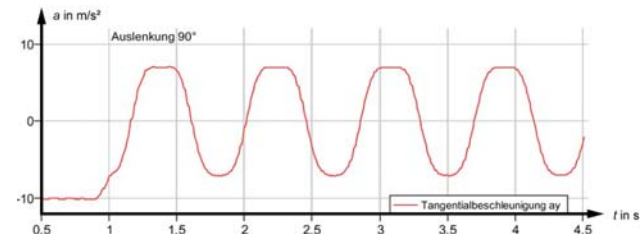
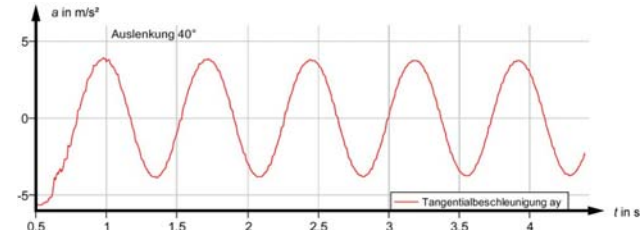


2.6 Schwingungen eines Stabpendels

- Harmonische und anharmonische Schwingungen sehr leicht aufnehmbar.
- Hier Verlauf der **Tangentialbeschleunigung** des Pendels für drei verschiedene Auslenkungen:
- **Radialbeschleunigung**: Anteil der Erdbeschleunigung plus geschwindigkeitsabhängige Zentripetalbeschleunigung. Periodendauer nur die Hälfte Tangentialbeschleunigung.

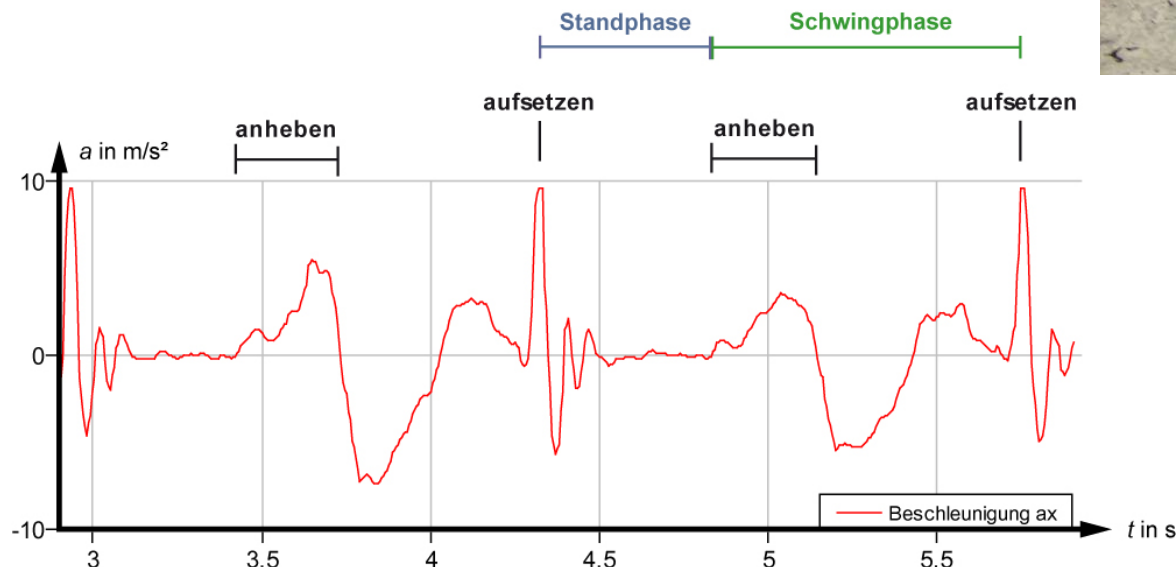


Tangentialbeschleunigung:



2.7 Gehen und Laufen

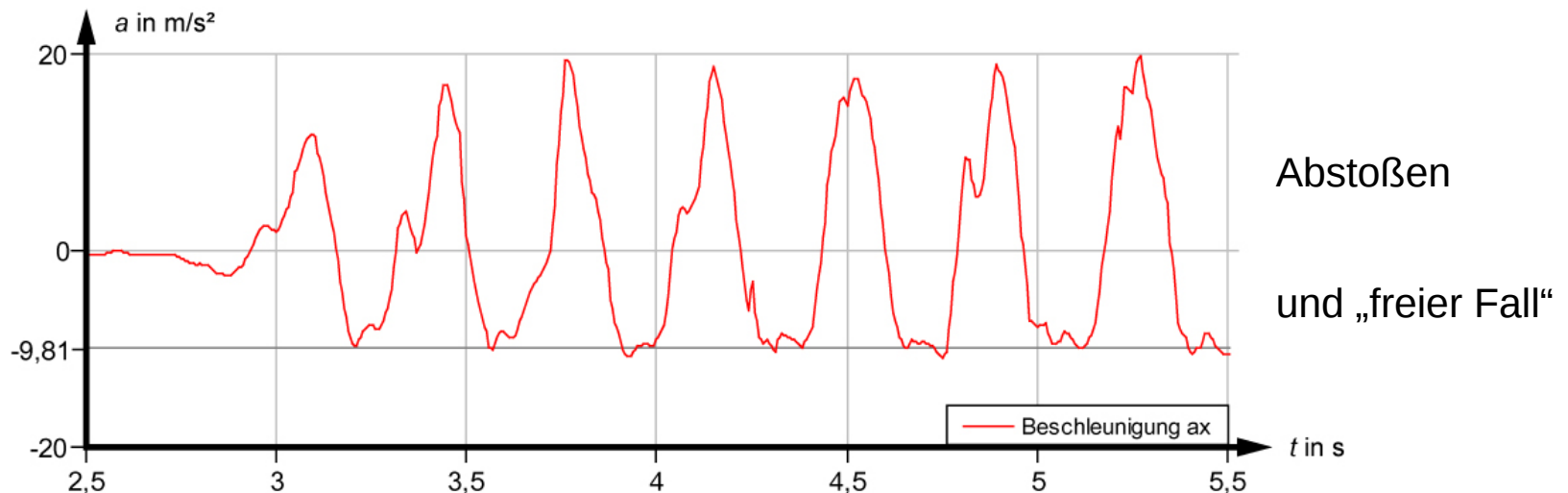
- Bewegungen wie Gehen und Springen können analysiert werden
- Gehen: sehr komplex
- Ein Schritt: „Standphase“ während Fuß den Boden berührt und „Schwingphase“ während Fuß in Luft



- Diesen Verlauf nutzen moderne „Schrittzählern“

2.7 Gehen und Laufen

- Gehen: immer ein Fuß Kontakt mit dem Boden
- Laufen: beide Füße über eine bestimmte Zeitspanne in der Luft.
- Versuch: Sensor in der Nähe des Schwerpunktes zum Beispiel an einem Gürtel befestigt.
- Schwerpunkt wird abwechselnd nach oben beschleunigt und fällt wieder runter.



Kontakt

- www.thomas-wilhelm.net
- `info@thomas-wilhelm.net`