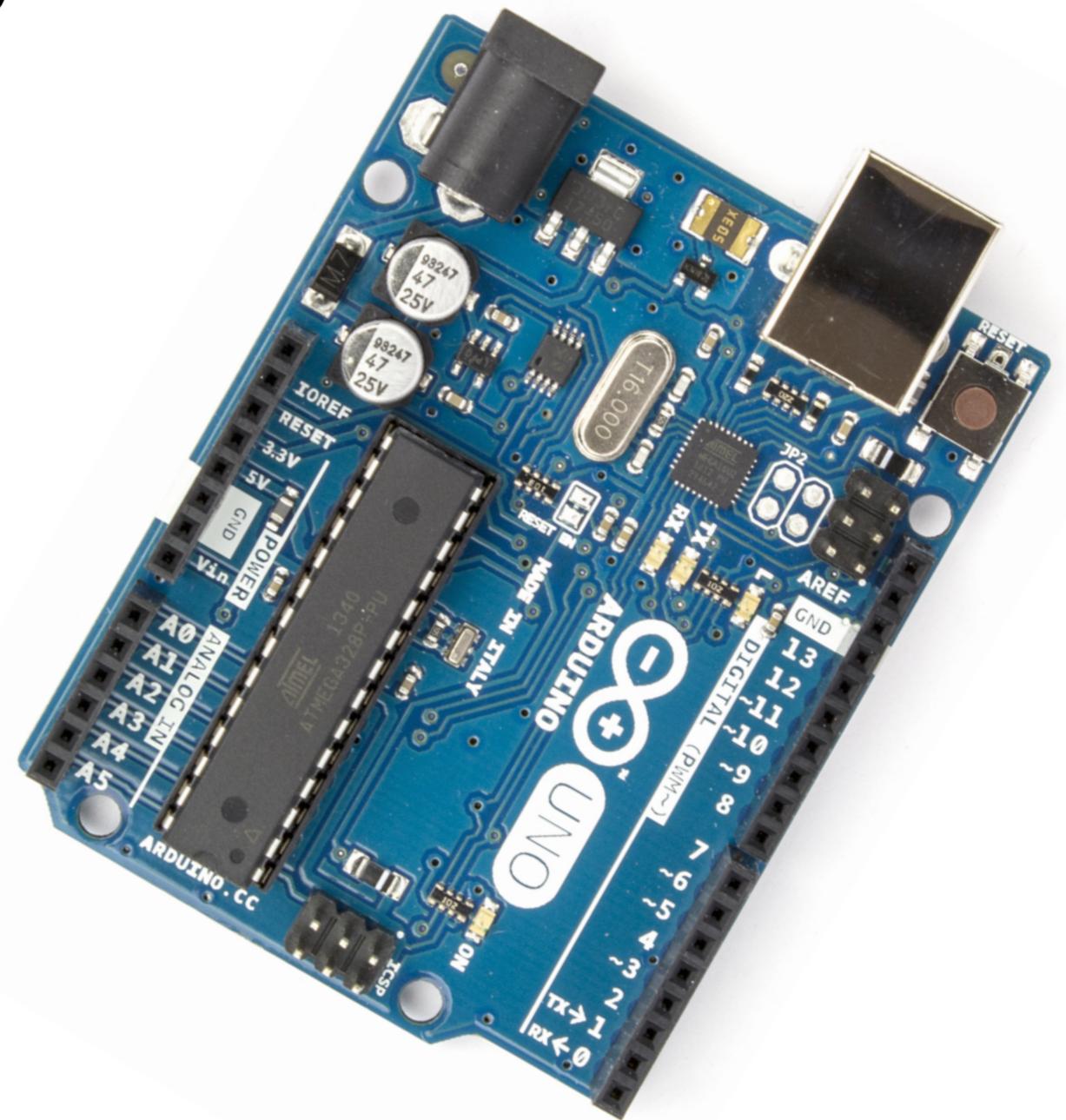


Arduino-Messsysteme und ihre Anwendung im Physikunterricht

Wasja Kleider
21.11.2015





Gliederung

- Motivation
- Was sind Arduino und ProfiLab?
- Beispiele für Sensoren und Messungen
- Experimente
- Nachbau einer Messbox
- Zukunft / Ausblick



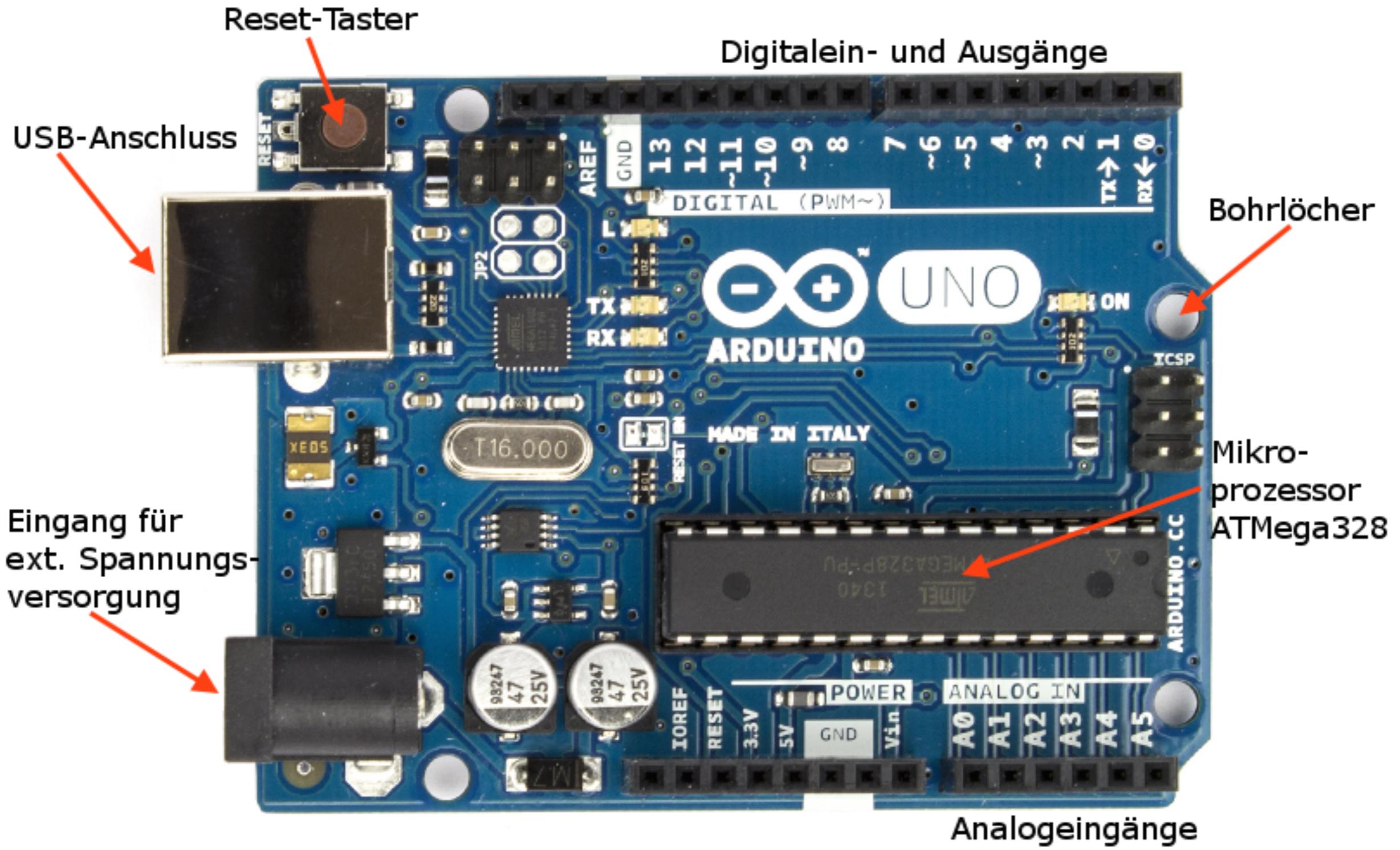
- Smartphone ist als vielseitiges Messinstrument geeignet
- Nutzung von Smartphones hat Grenzen
 - größerer Messbereich
 - „gefährliche“ Messungen
- preisgünstiges, vielseitiges System – Alternative zu kommerziellen Lehrmittel-Angeboten (z.B. CASSY)
- einfache, schnell aufgebaute Experimente könnten Anzahl der Experimente im Unterricht erhöhen
- Förderung von projektorientiertem Arbeiten und Einbinden der Ideen der Schüler



Was ist Arduino?

- open-source für jedermann
- Mikrocontroller für Auslese und Steuerung
- Kommunikation mit dem PC über USB-Schnittstelle
- viele Erweiterungen und Aufsteckboards („Shields“) verfügbar
- Hardware und kostenlose Software aus einer Hand
- simple Programmierung
- viele Bibliotheken, Programmbeispiele, Tutorials

Arduino UNO

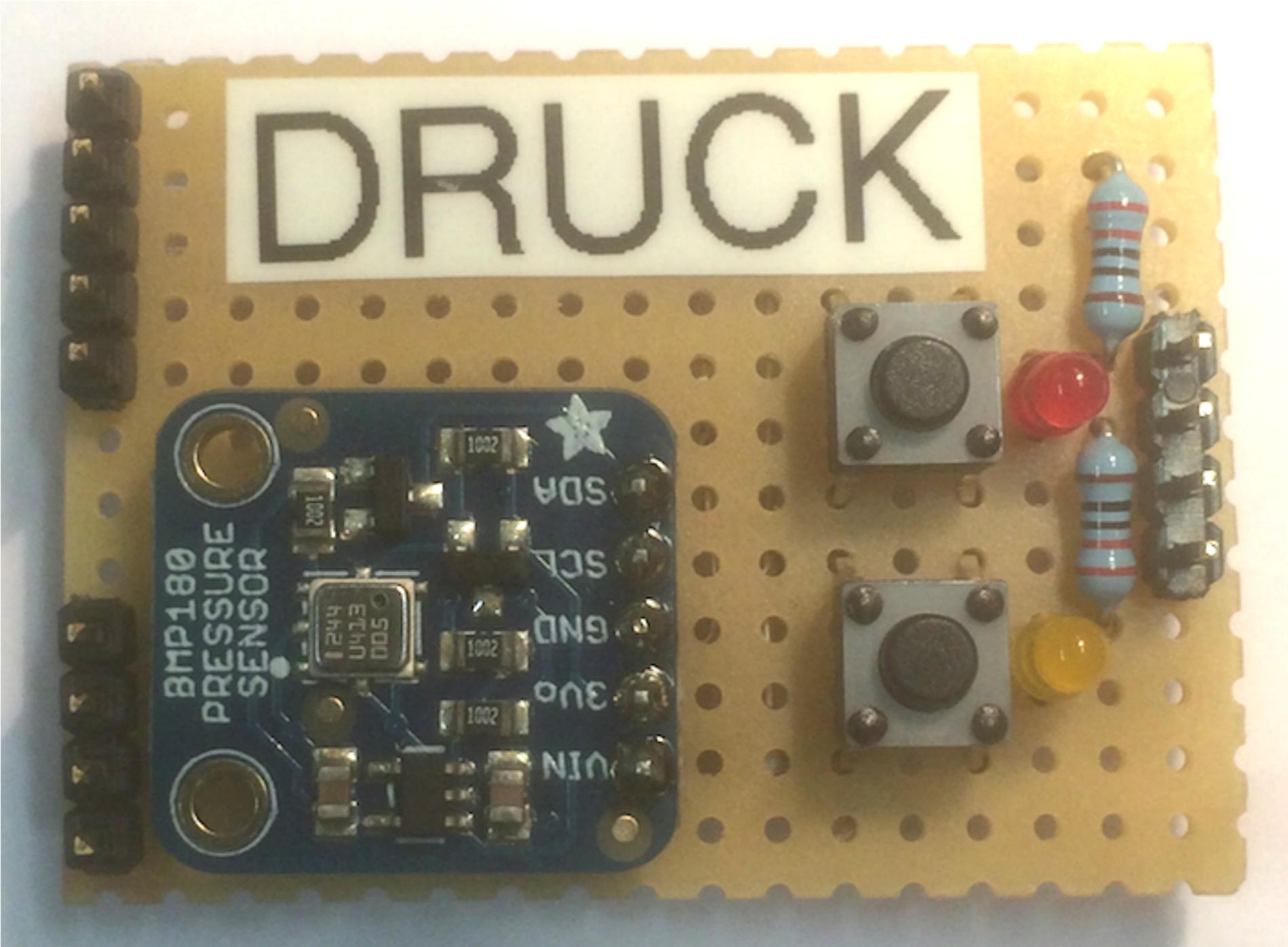




Beispiele für Sensoren / Messungen

- 3D-Beschleunigungssensor: Schaukel, Karussell, Achterbahn, Busfahrt, ...
- Temperatursensoren: Schmelzkurven, Temperaturverläufe
- Luftdrucksensor: Barometrische Höhenmessung
- Ultraschallsensor: Abstandsmessung, Geschwindigkeit bei beschleunigter Bewegung
- Analogeingang für Helligkeitssensoren, Spannung, Mikrofon, Magnetfeldsensor, ...

Beispiele für Sensoren: Luftdrucksensor-Shield

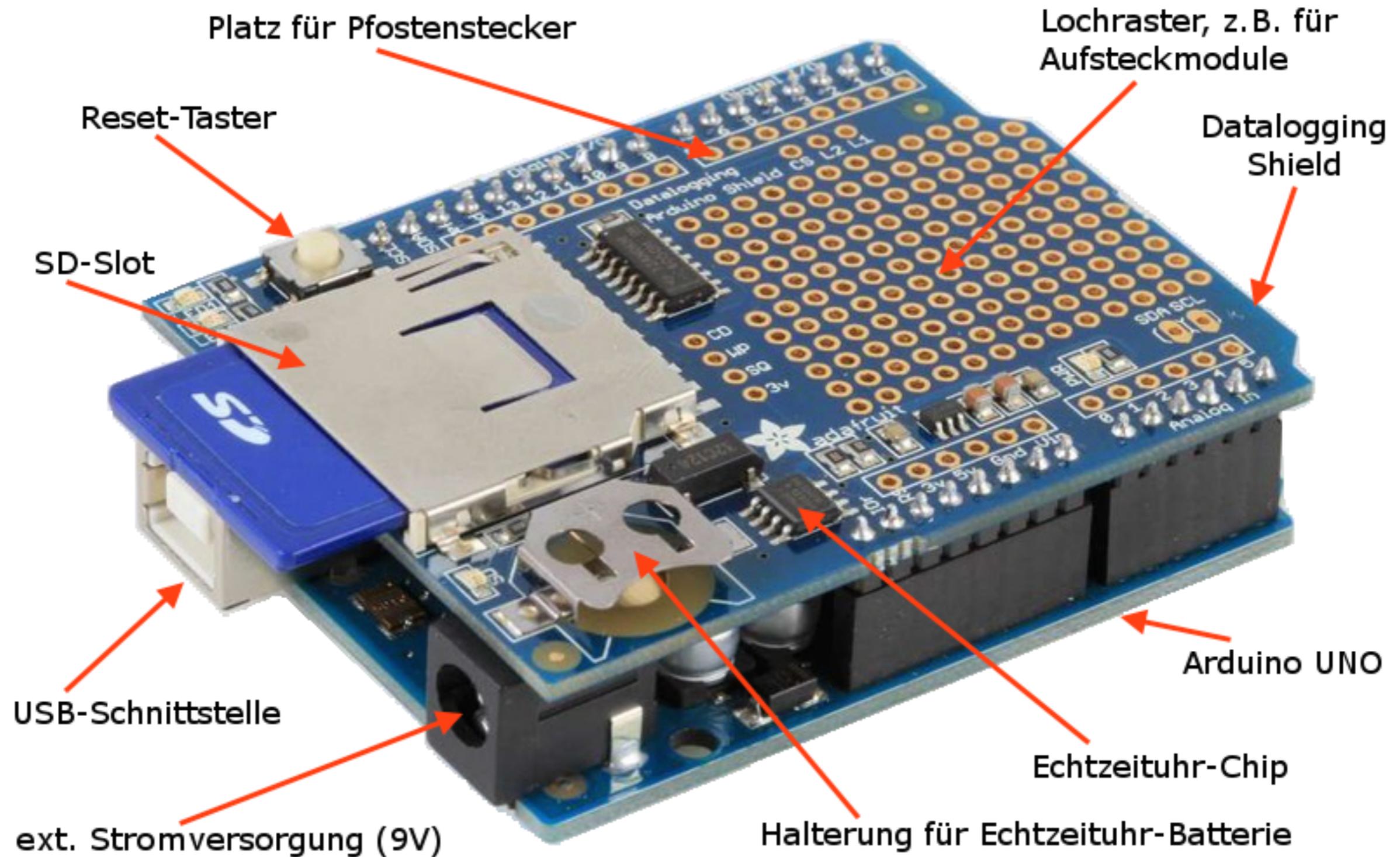




Arduino-Datenlogger

- Kompaktes Messsystem – Batterie auch für Messungen unterwegs geeignet
- Datalogging Shield (Adafruit)
 - Echtzeituhr für detaillierte Protokollierung
 - SD-Kartenslot für Speicherung der Messdaten
- Auswertung der Messdaten am PC, z.B. mit
 - ProfiLab-Einleseprogramm
 - Excel

Arduino-Datenlogger

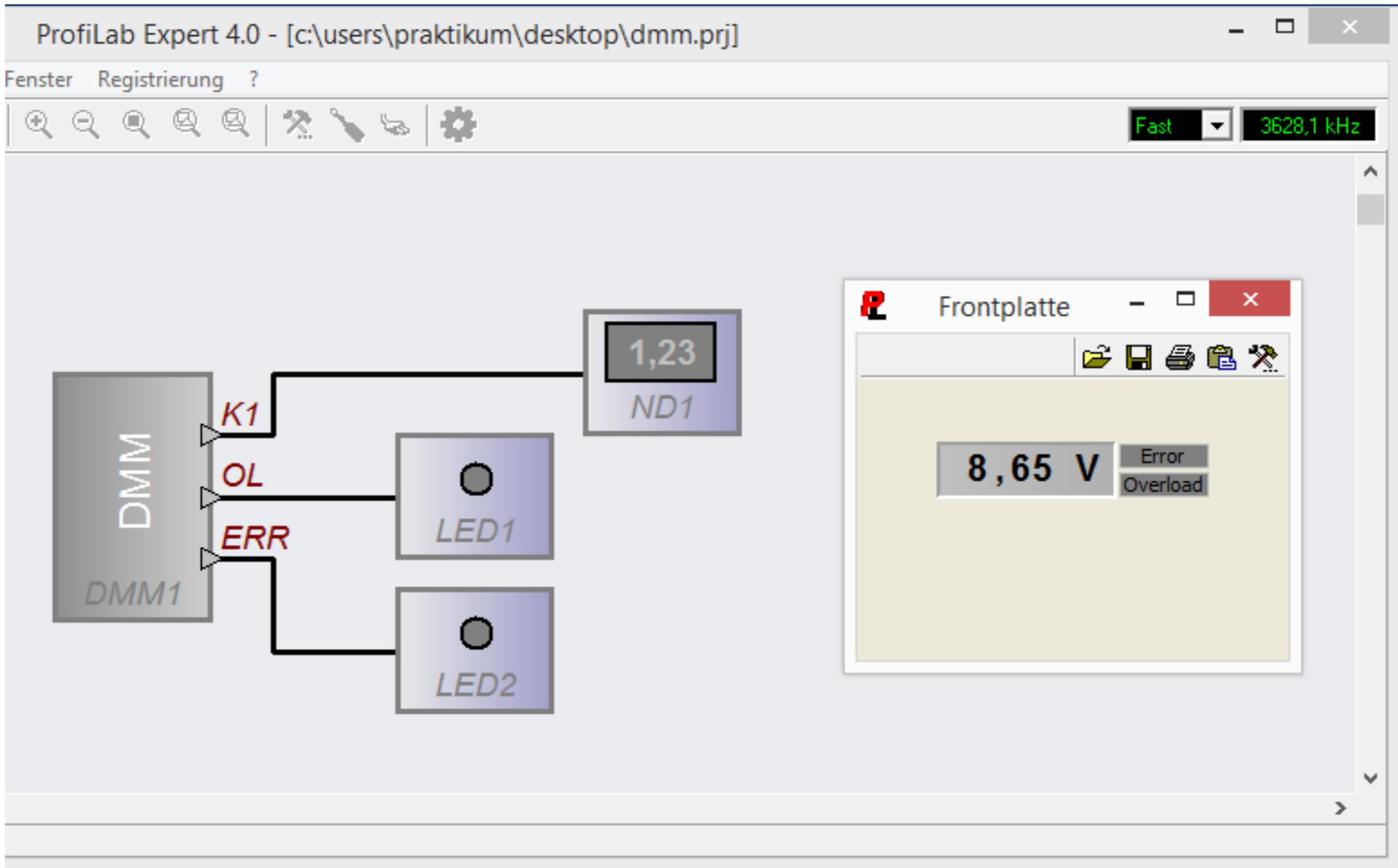




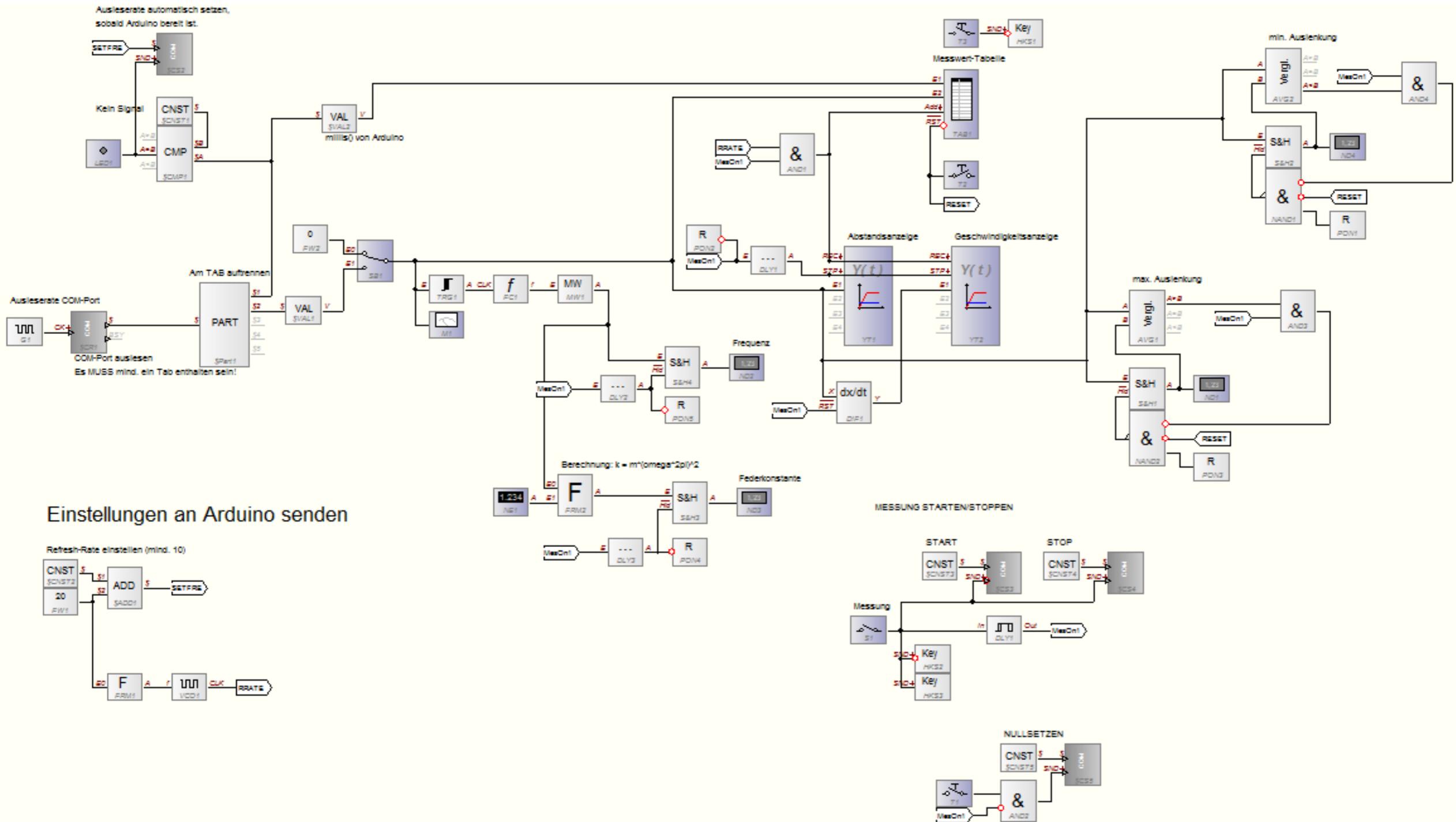
Was ist ProfiLab?

- Entwicklung von Messtechnik- und Steuerungsprogrammen
- „vereinfachtes LabVIEW“: rein grafische „Programmierungsumgebung“ zum Verknüpfen der Bauelemente – kein Coding
- Bereits compilierte Programme können ohne Kauf ausgeführt werden
 - Einstellungsfiles für individuellen Gebrauch speichern/laden
- Entwicklung eigener Programme nur mit der Vollversion (99,90 €)

ProfiLab-Beispielprogramm (Source)



ProfiLab-Beispielprogramm (Source)





Vorteile der Arduino-Messsysteme

- geringer Aufwand – schnell einsatzbereit („Plug and Play“)
- vielseitig einsetzbar (verschiedene Sensoren nutzen)
- sehr preisgünstig – auch im Klassensatz erschwinglich
- geeignet für Einsatz in der Schule oder unterwegs
- Anstreben eines größeren Alltagsbezugs
- Einbinden von Ideen der Schüler (Projektorientiertes Arbeiten)



Experimentierbeispiele

- Ultraschall-Abstandssensor
 - Federpendel (Reibung, Einschwingvorgang)
 - Schiefe Ebene (Schülerexperiment)
- Beschleunigungssensor
 - Rotationsbewegung (vertikal und horizontal)
 - Achterbahnfahrt
- Luftdrucksensor
 - Barometrische Höhenmessung



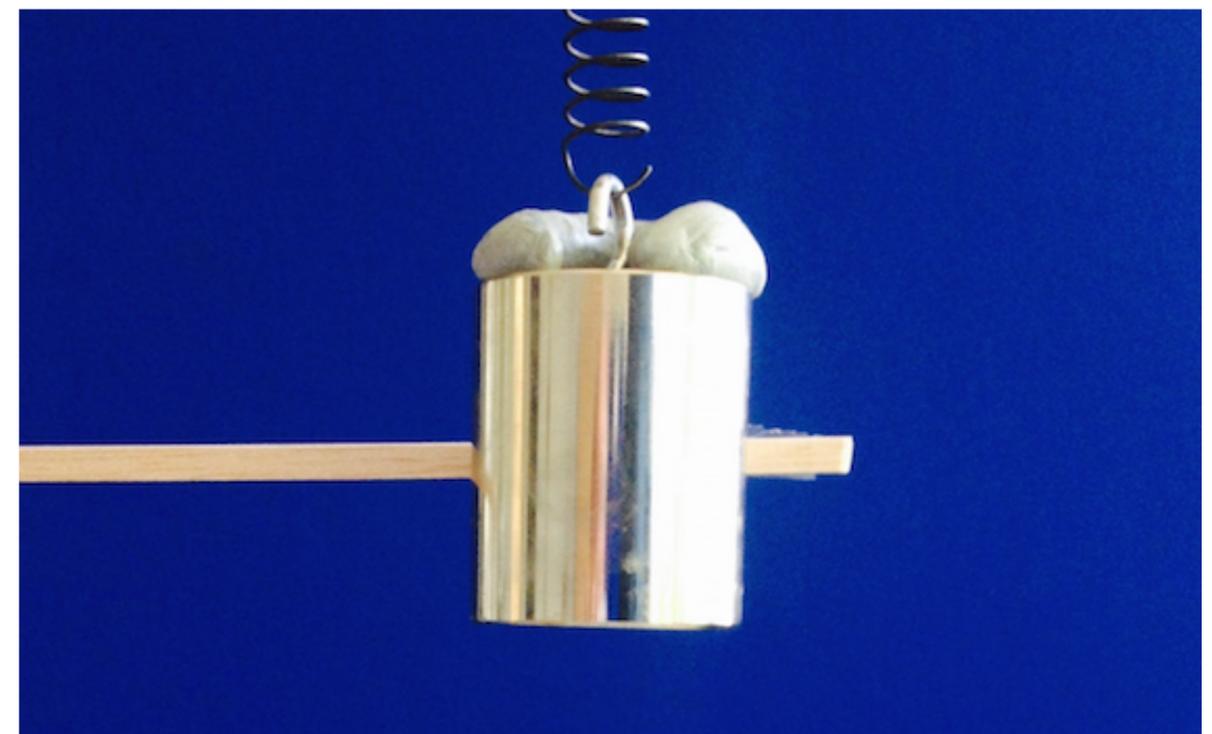
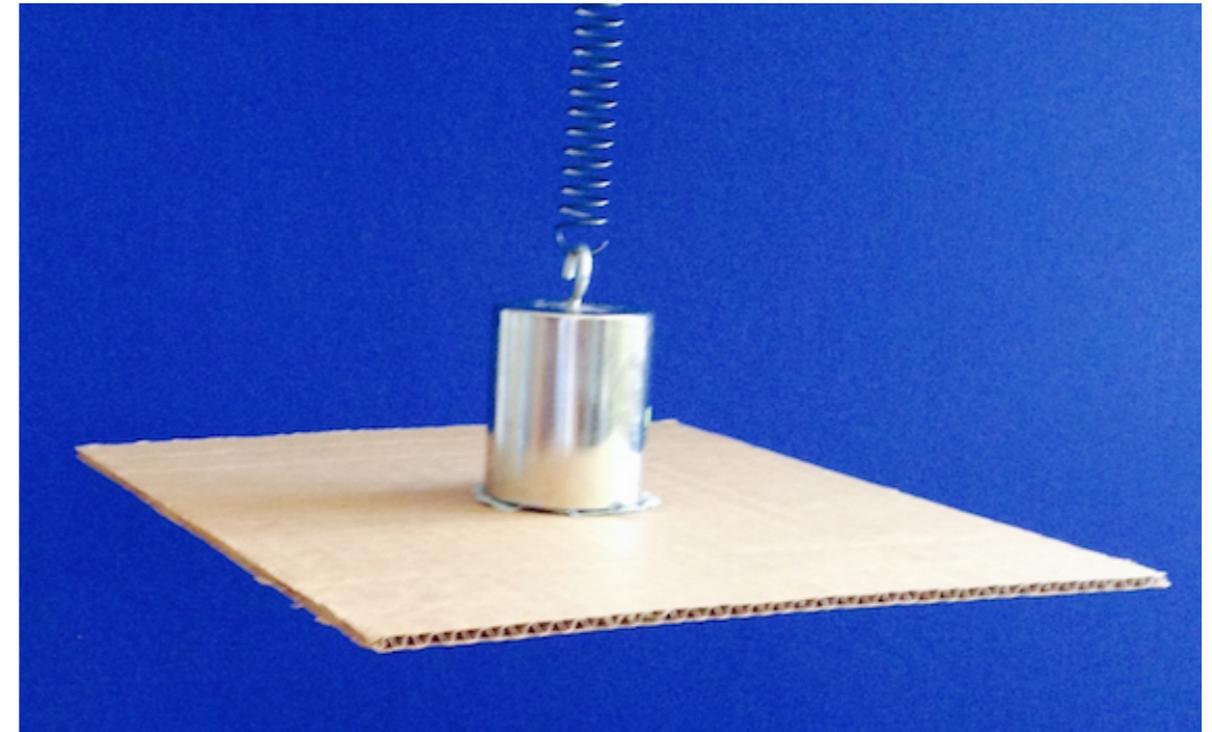
Vertikales Federpendel

- Bestimmung der Federkonstante
 - herkömmlich (1): Auslenkung und Masse bestimmen
 - herkömmlich (2): Zeit für n Schwingungsperioden messen
 - Arduino-Messsystem – Ultraschall-Abstandssensor
 - ➡ Anzeige des s-t-Diagramms (v-t-Diagramm)
 - ➡ Automatische Bestimmung der Federkonstante
- Reibungseffekte

Vertikales Federpendel: Reibung



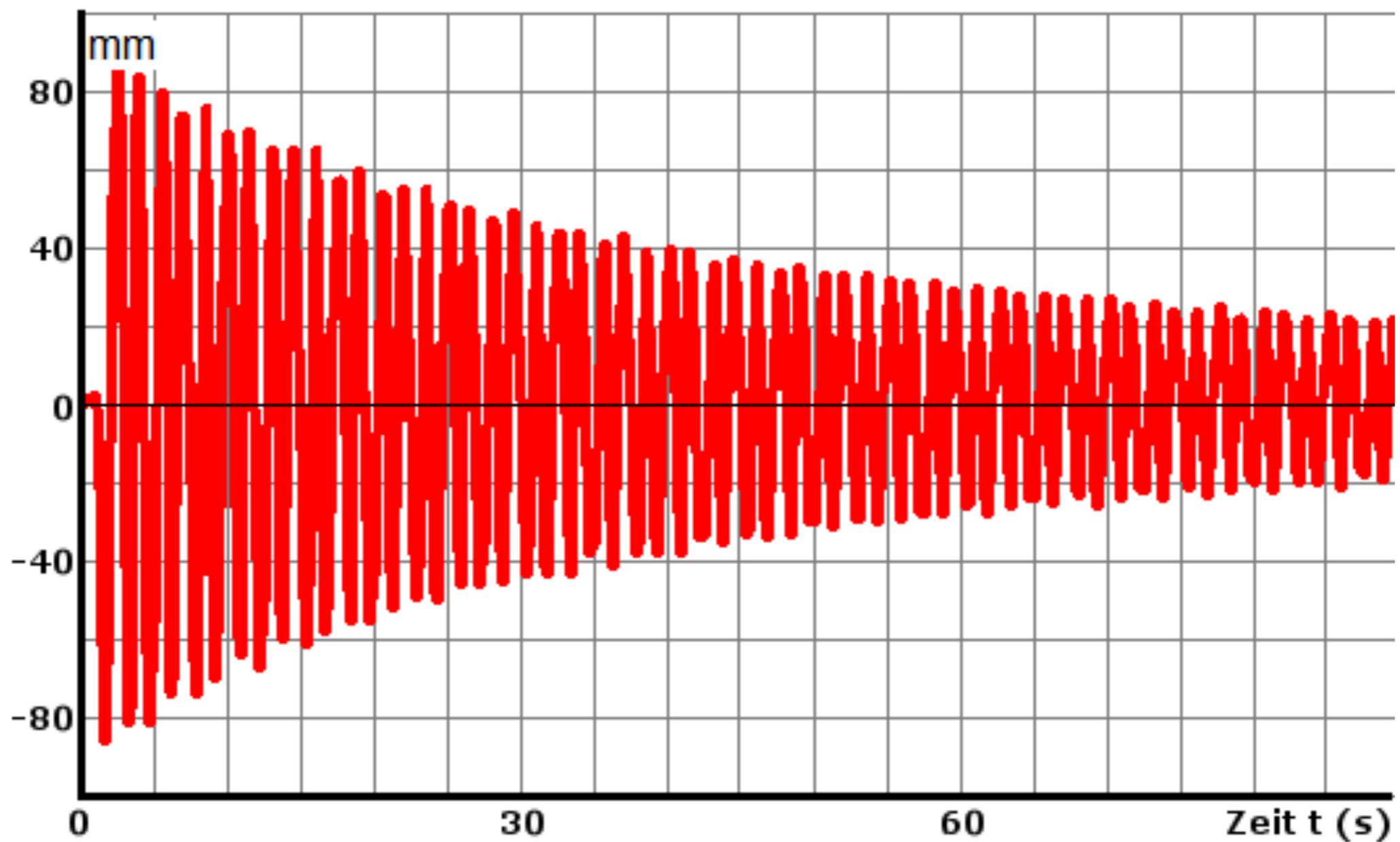
- Auch Reibungseffekte können untersucht werden:
 - turbulente Luftreibung (Pappe)
 - Gleitreibung (Holzstück seitlich andrücken)



Vertikales Federpendel: Reibung



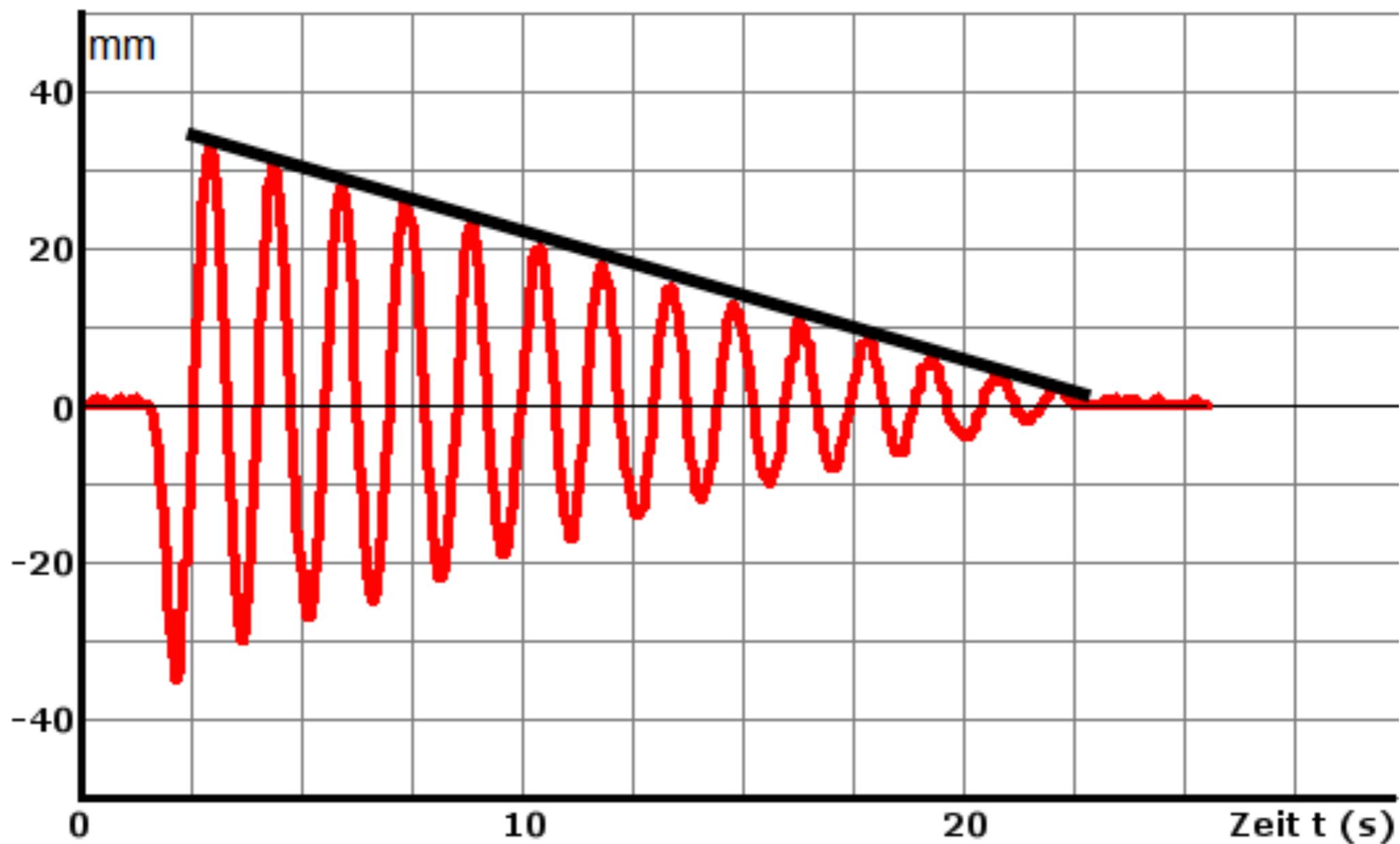
- turbulente Reibung: angeklebte Pappe



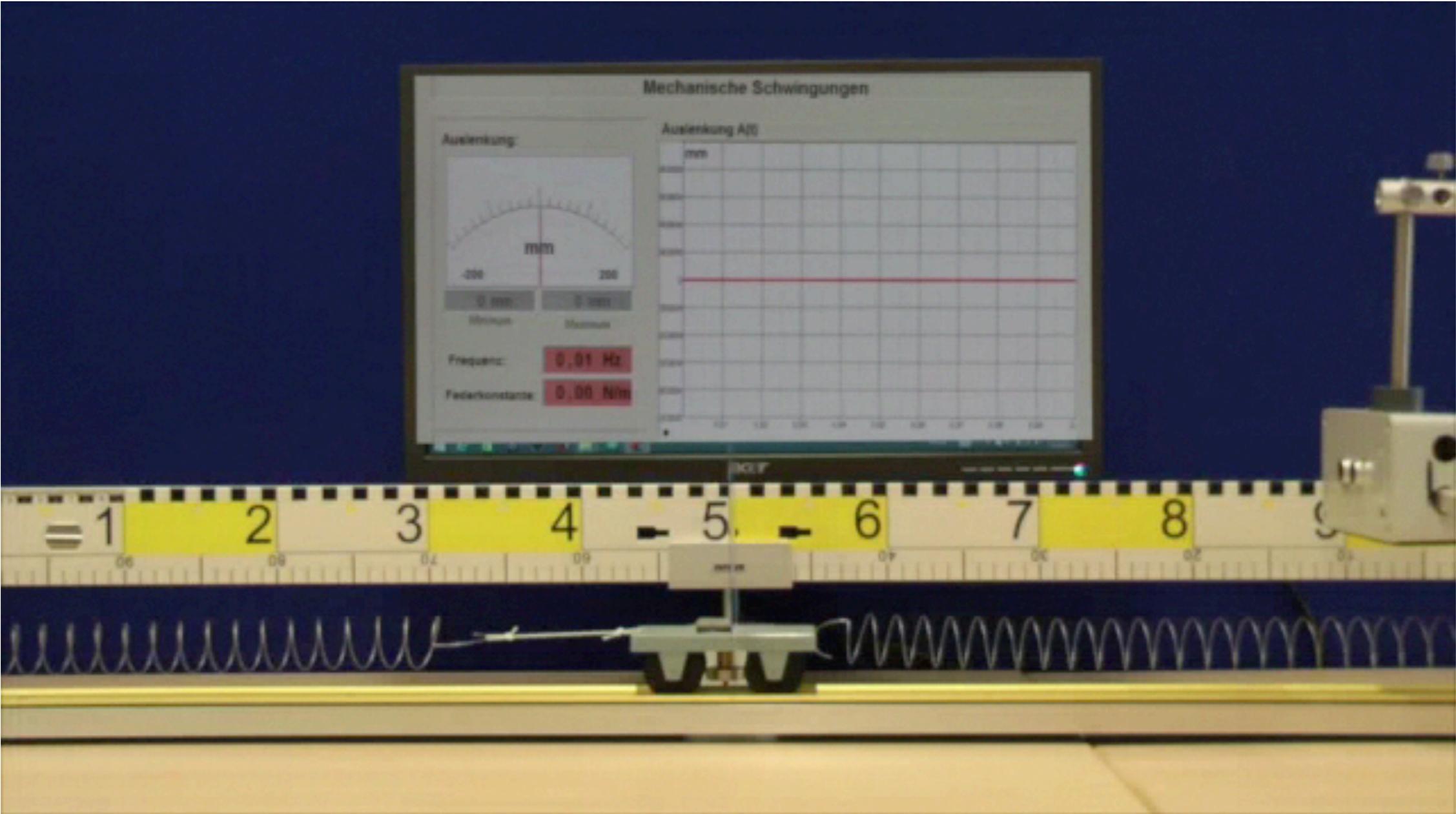
Vertikales Federpendel: Reibung



- Gleitreibung: von der Seite angedrücktes Holzbrett



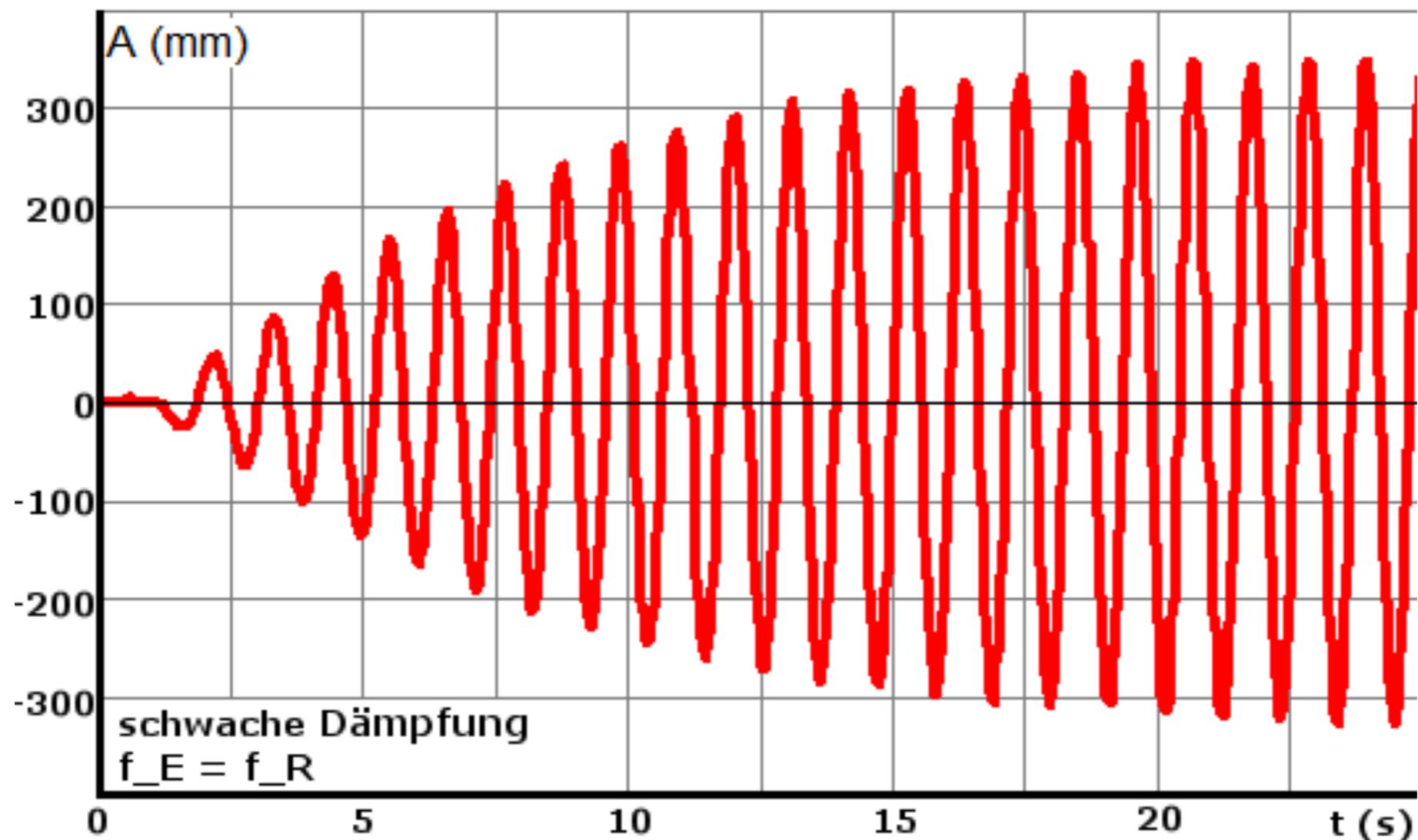
Horizontales Federpendel: Einschwingvorgang



Horizontales Federpendel: Einschwingvorgang



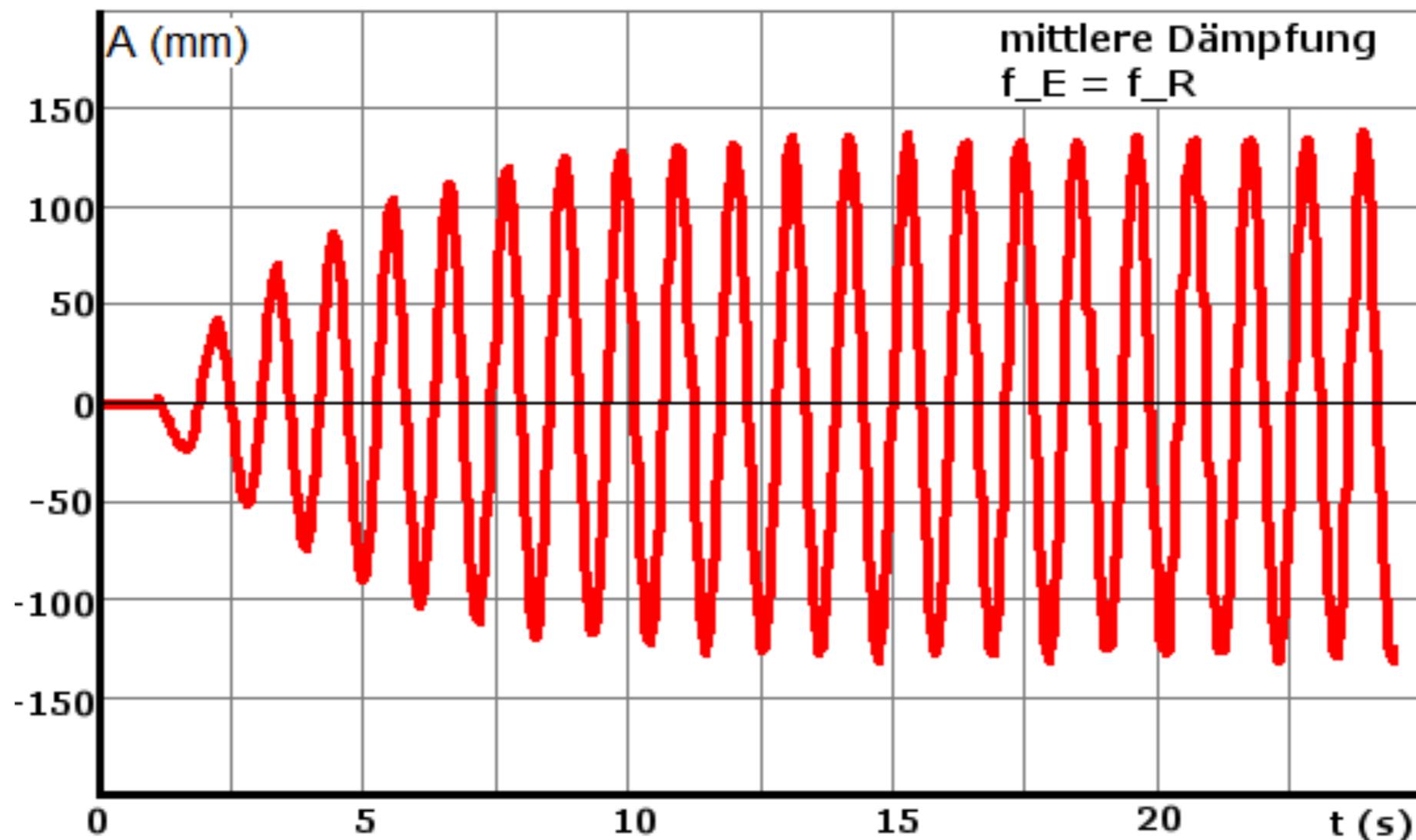
- Einschwingvorgang bei verschieden starker Dämpfung
- Hier: Erregerfrequenz entspricht der Eigenfrequenz



Horizontales Federpendel: Einschwingvorgang



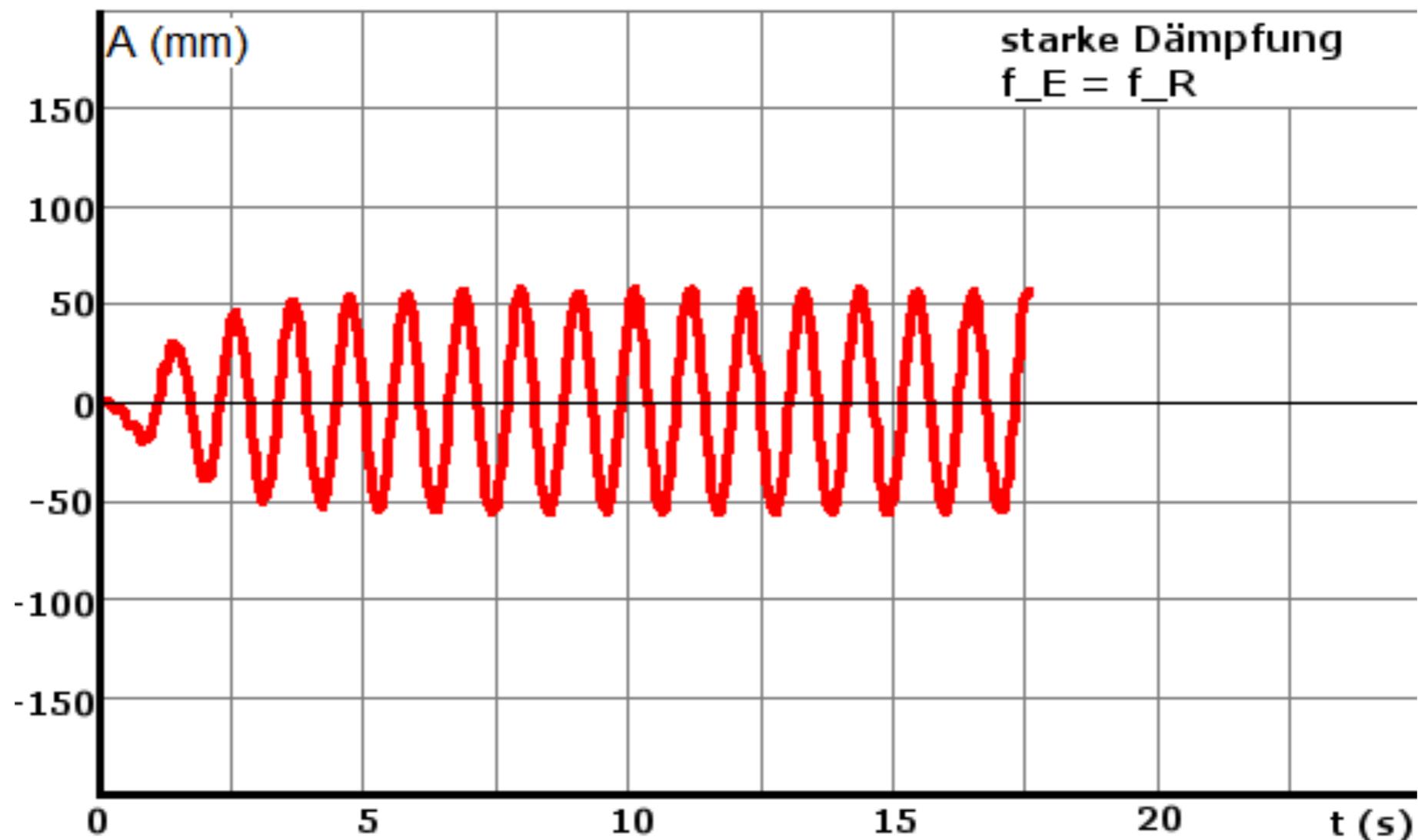
- Einschwingvorgang bei verschieden starker Dämpfung
- Hier: Erregerfrequenz entspricht der Eigenfrequenz



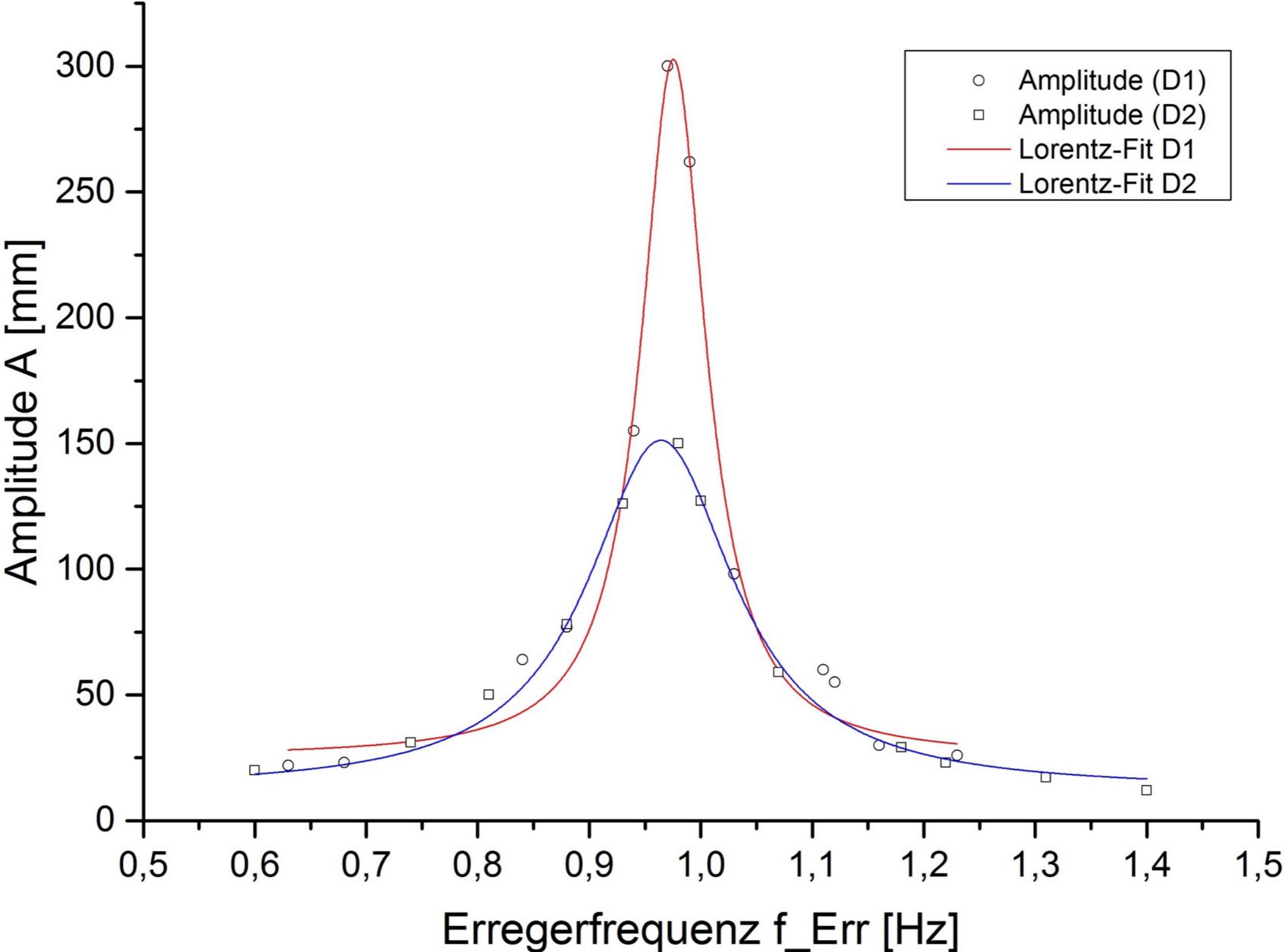
Horizontales Federpendel: Einschwingvorgang



- Einschwingvorgang bei verschieden starker Dämpfung
- Hier: Erregerfrequenz entspricht der Eigenfrequenz



Horizontales Federpendel: Resonanzkurve



Ultraschall-Abstandssensor: Schiefe Ebene



- Einfacher Aufbau
 - Tisch als „schiefe Ebene“
 - Spielzeugauto mit Schirm
- Abstandsmessung mit Ultraschall-Abstandssensor
- Auswertung mit ProfiLab-Programm
 - Weg-Zeit-Diagramm
 - Geschwindigkeits„kurve“ durch Ableitung direkt anzeigen
- „Reale“ vs. „ideale“ Messung



Beschleunigungssensor

- Beschleunigung bei Rotationsbewegungen
 - Fahrradfelge, „Lasso“
 - radiale Beschleunigung entlang der X-Achse messen
- Beschleunigung beim freien Fall
- Beschleunigung in der Achterbahn

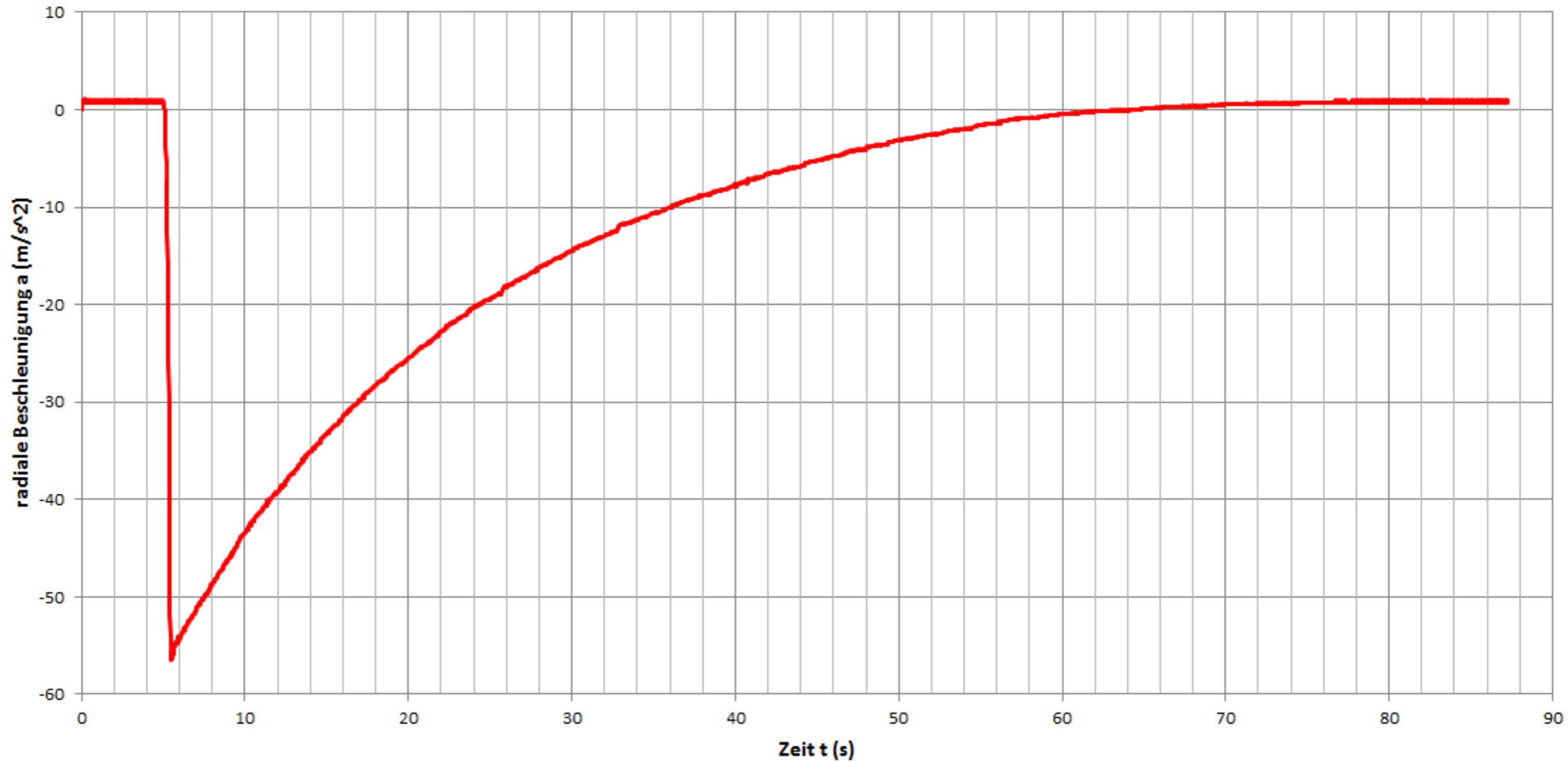


Fahrradfelge: Rotationsbewegungen



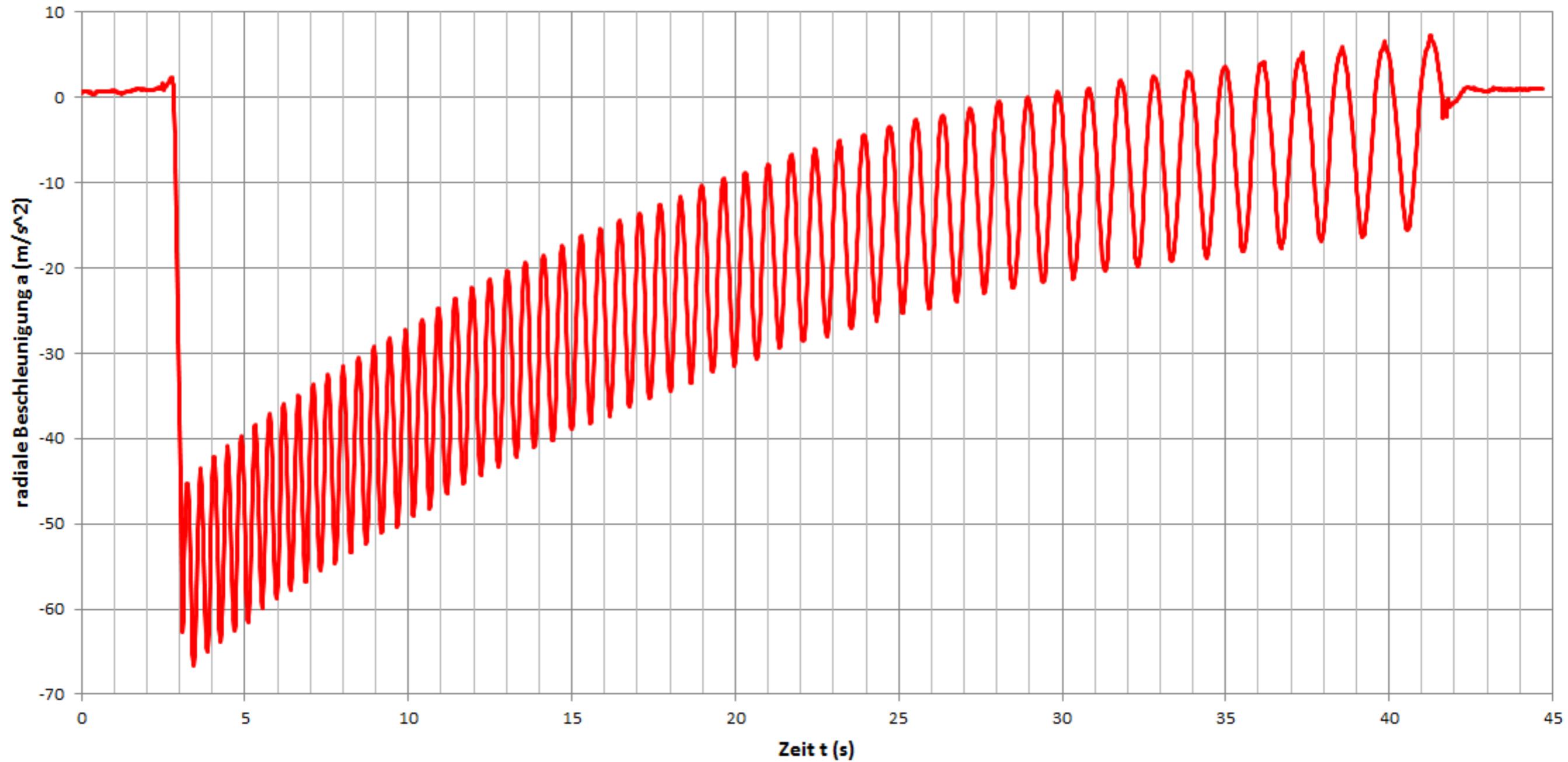


Fahrradfelge: Horizontale Rotation





Fahrradfelge: Vertikale Rotation

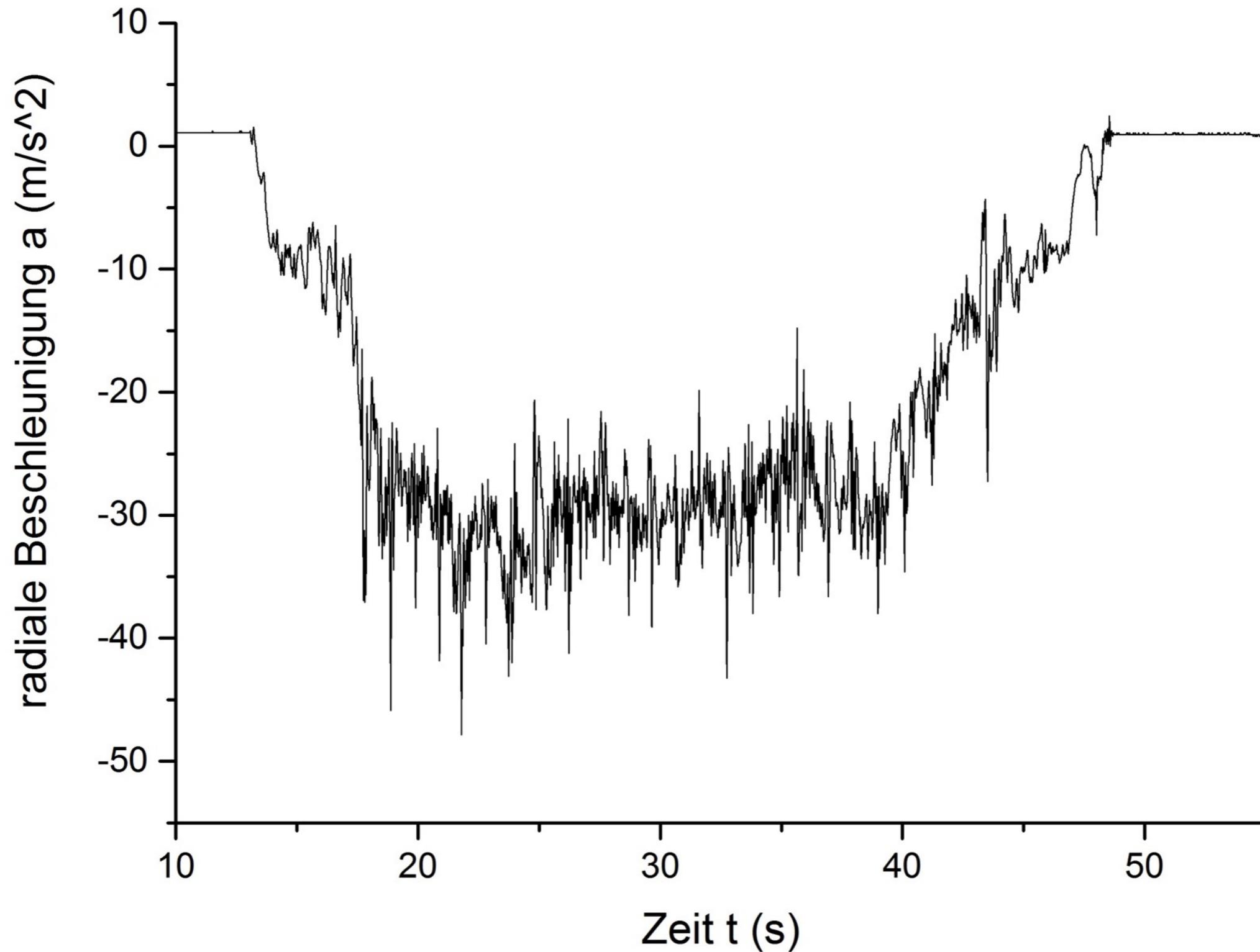


„Lasso“: Horizontale Rotation



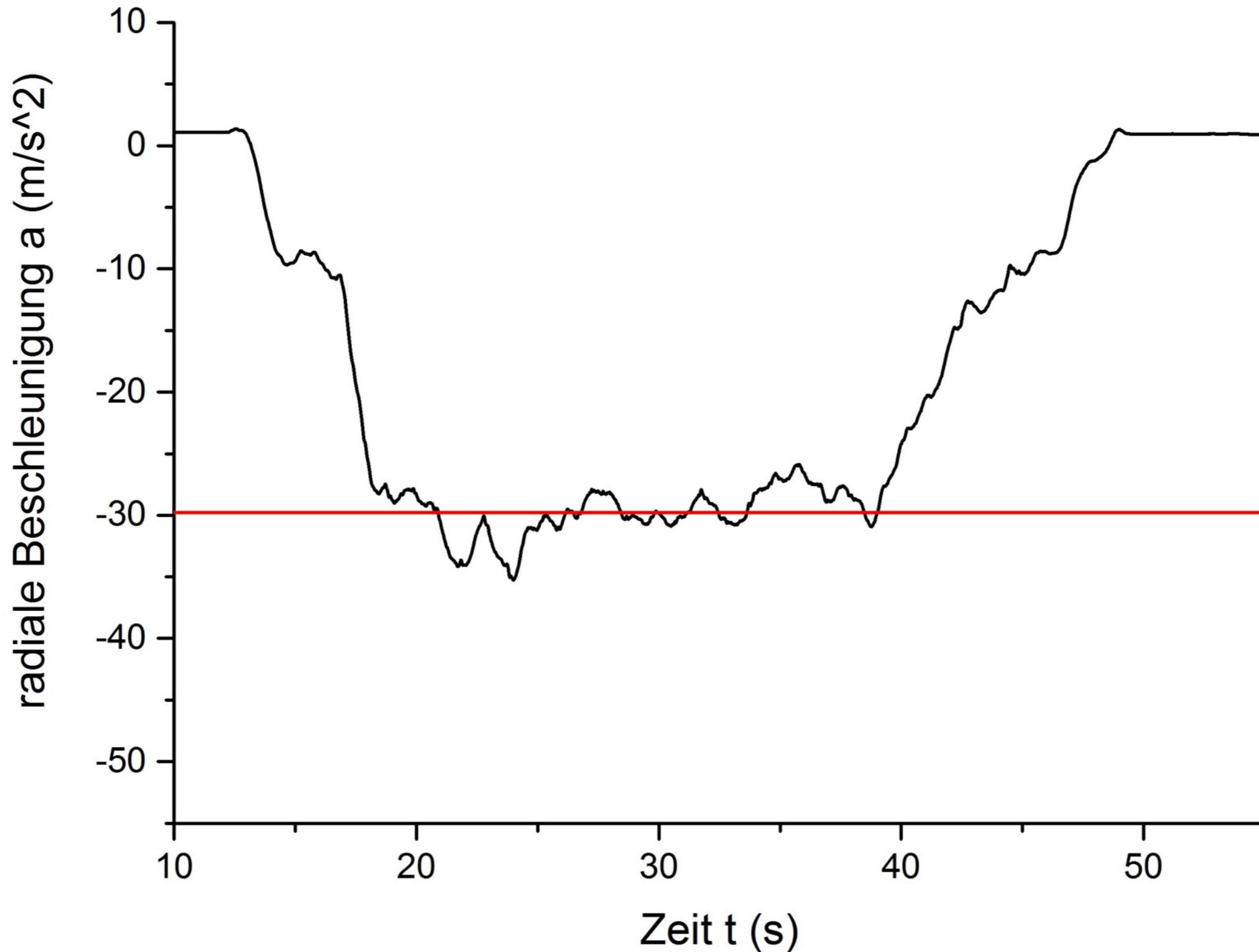


„Lasso“: Horizontale Rotation

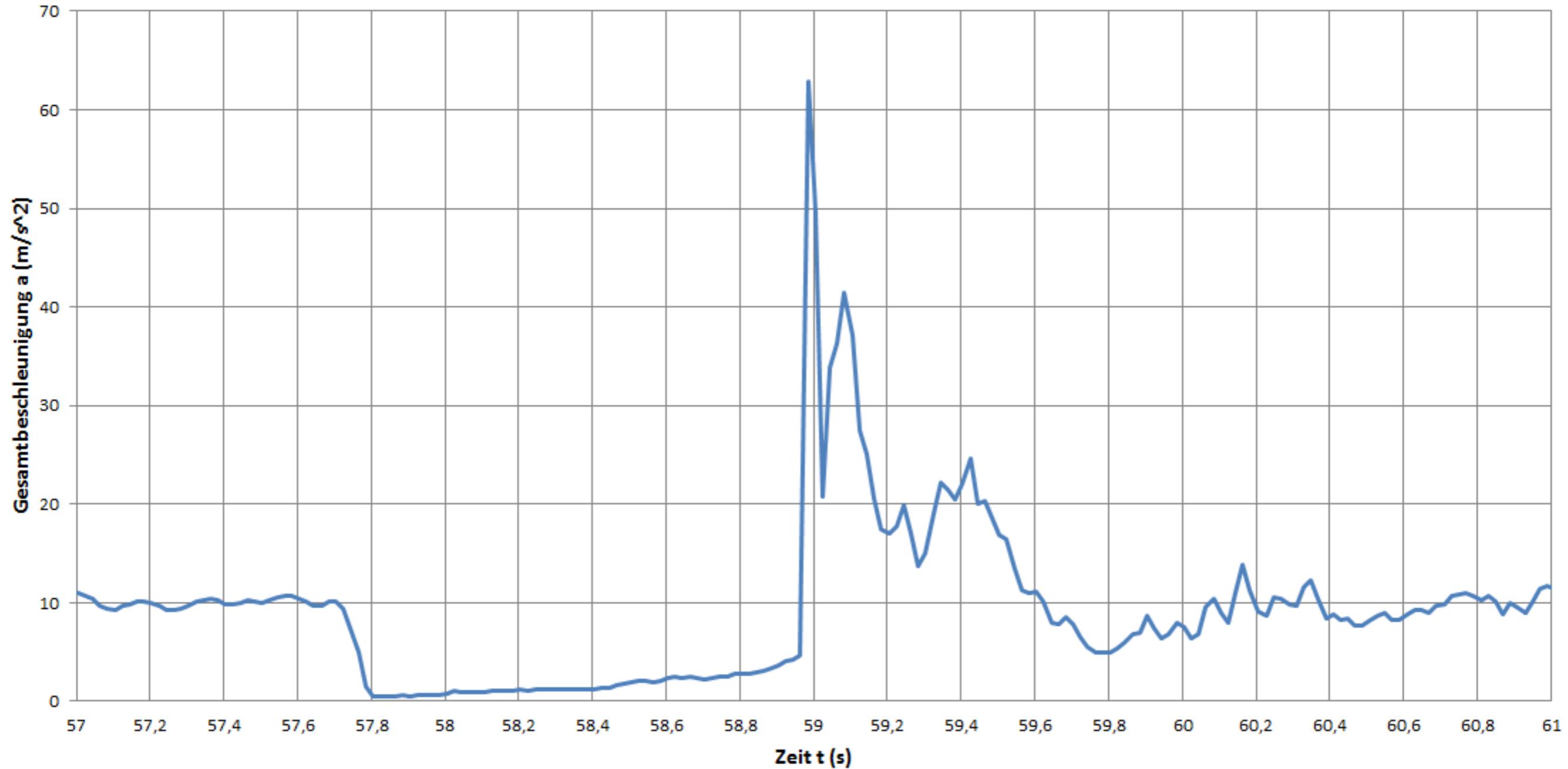




„Lasso“: Horizontale Rotation



Beschleunigung beim Freien Fall (Test des Messsystems mit HSG-Schülern)



Achterbahn-Fahrt (Mammut)



Quelle: http://www.fuers-laendle.de/wp-content/uploads/tripsdrill_1.png

Achterbahn-Fahrt (Mammut)



Quelle: <http://www.coastersandmore.de/previews/eroeffnungmammut/mammut01.jpg>

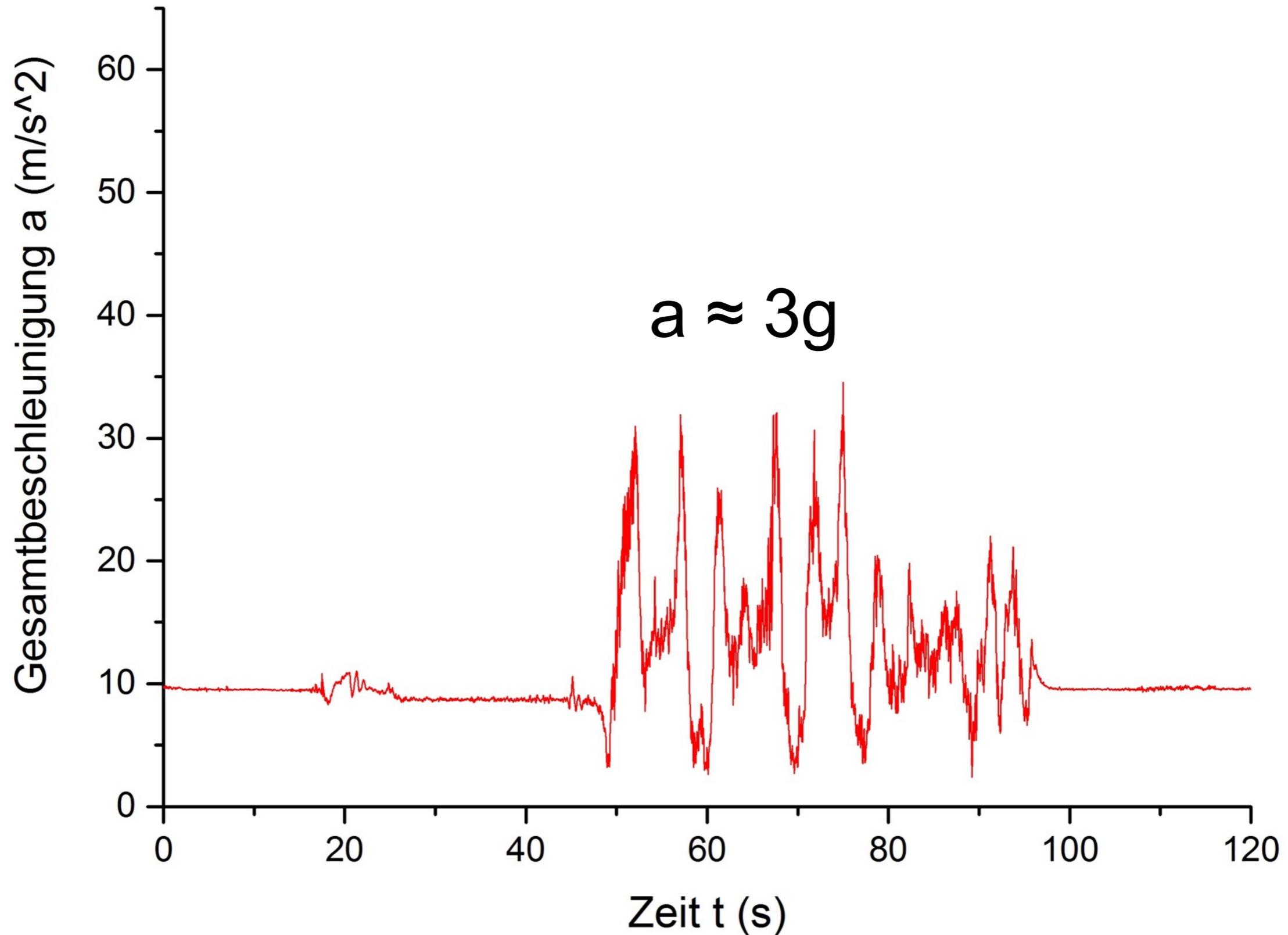
Achterbahn-Fahrt (Mammut)



Quelle: <http://www.coastersandmore.de/previews/eroeffnungmammut/mammut01.jpg>



Achterbahn-Fahrt (Mammut)

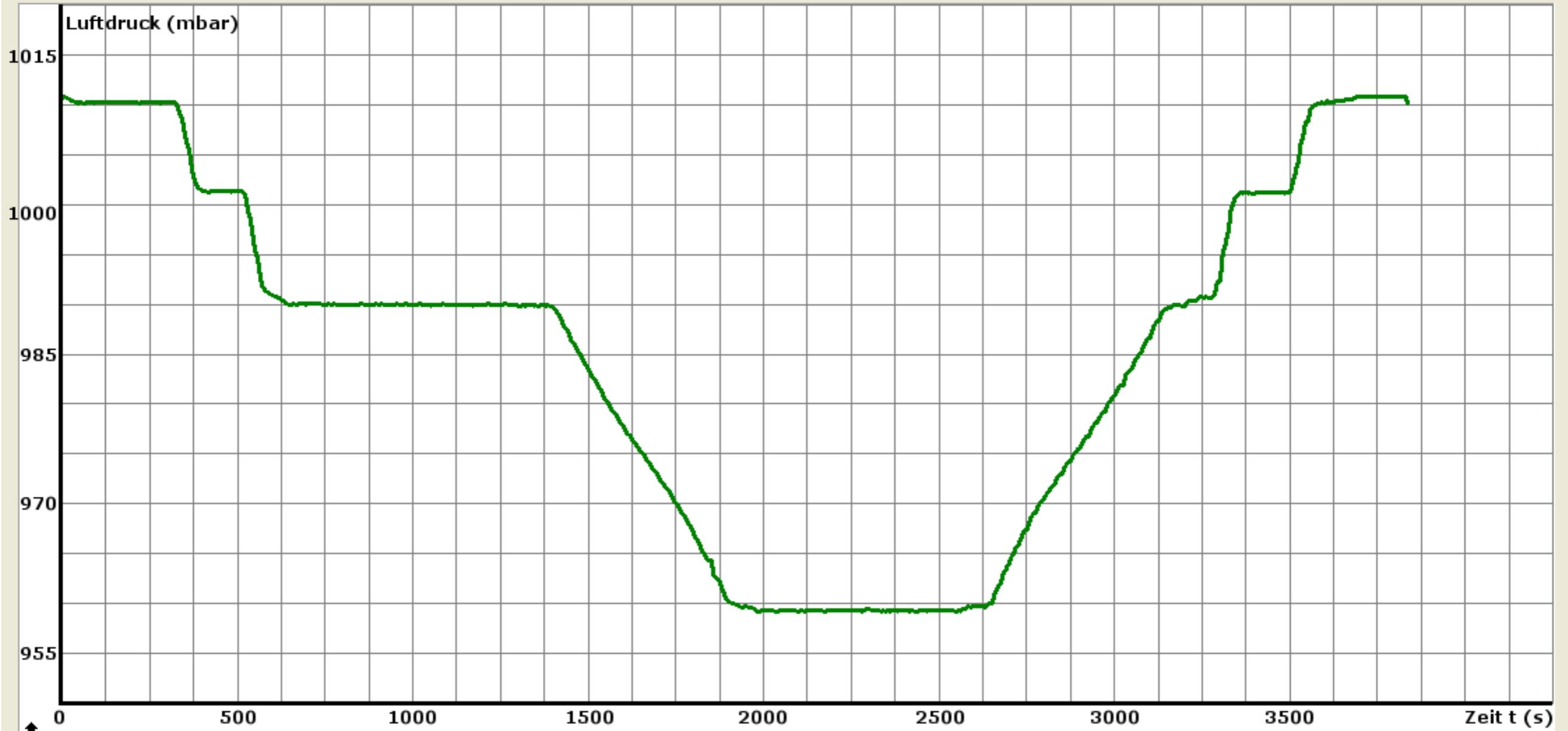


Luftdrucksensor: Barometrische Höhenmessung



- Bestimmung der Höhe des Schulgebäudes, eines Berges, ...
- Beispielmessung: Königstuhl
- Auswertung mit ProfiLab-Einleseprogramm
 - Einlesen der Messdaten von der SD-Karte
 - Plotten der Daten in Echtzeit oder im „Zeitraffer“
 - auch abgeleitete Größen können direkt aus den Messdaten berechnet werden, z.B. Höhe aus Luftdruck

Messung



20 ms

Navigation icons: Home, Back, Forward, Stop, Refresh, Print, Copy, Paste, Erase, Undo, Redo, Zoom In, Zoom Out, Full Screen, Exit

STOP
t = 6,516
y = 1019

Kanäle ein/ausschalten (nach Einlese):

<input type="checkbox"/>	t_RTC	<input type="checkbox"/>	T(°C)	<input checked="" type="checkbox"/>	p(mbar)	<input type="checkbox"/>	
--------------------------	-------	--------------------------	-------	-------------------------------------	---------	--------------------------	--

Einlesefehler - erneut einlesen!

Bereit für Plot

Daten einlesen 00000 Plotten Reset

Geschwindigkeit: Faktor 250

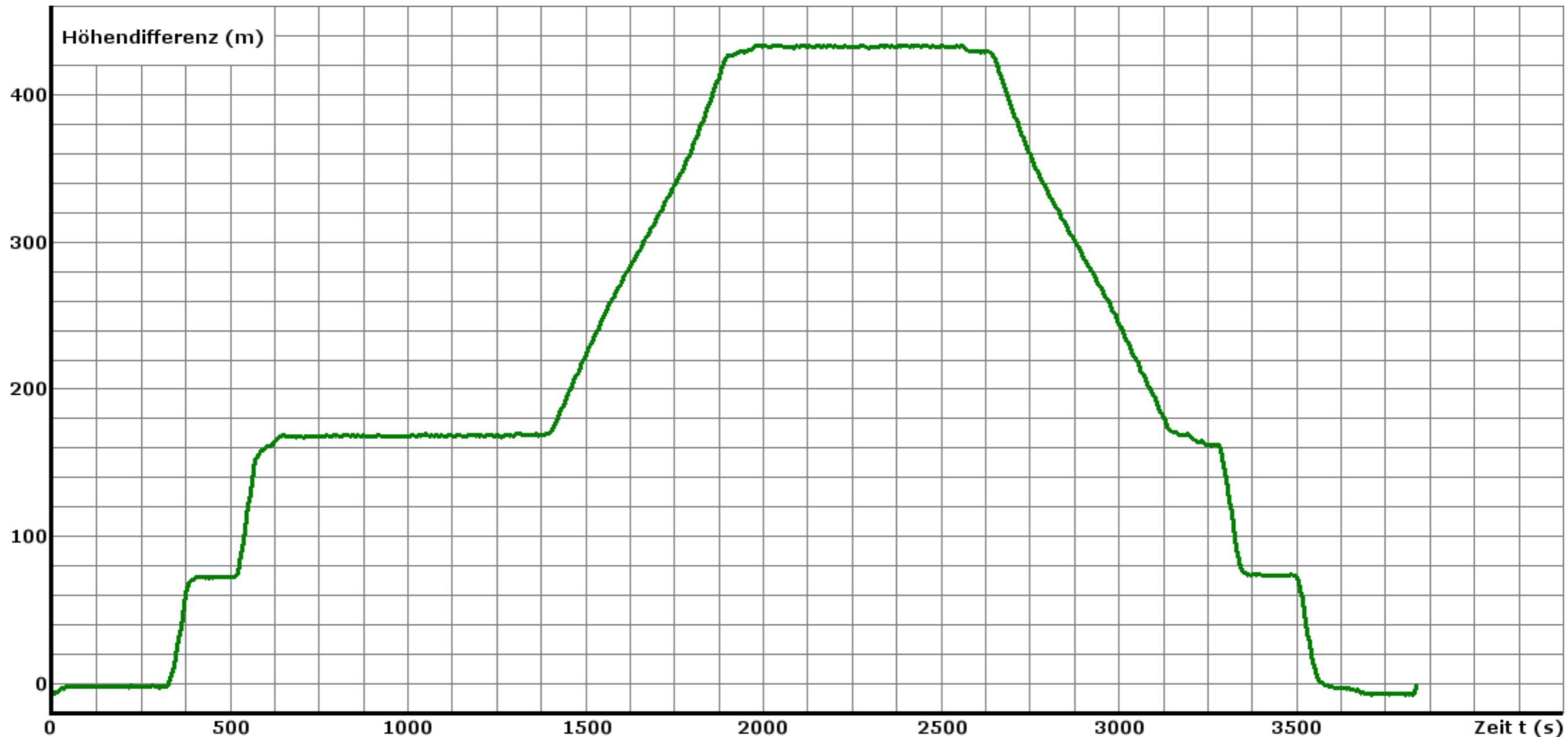
Abtastrate: 20 ms

ProfiLab-Einleseprogramm: Direkte Berechnung abgeleiteter Größen



$$\Delta h = h_s \cdot \ln(p_0/p_1)$$

$$h_s = 8.4 \text{ km}$$

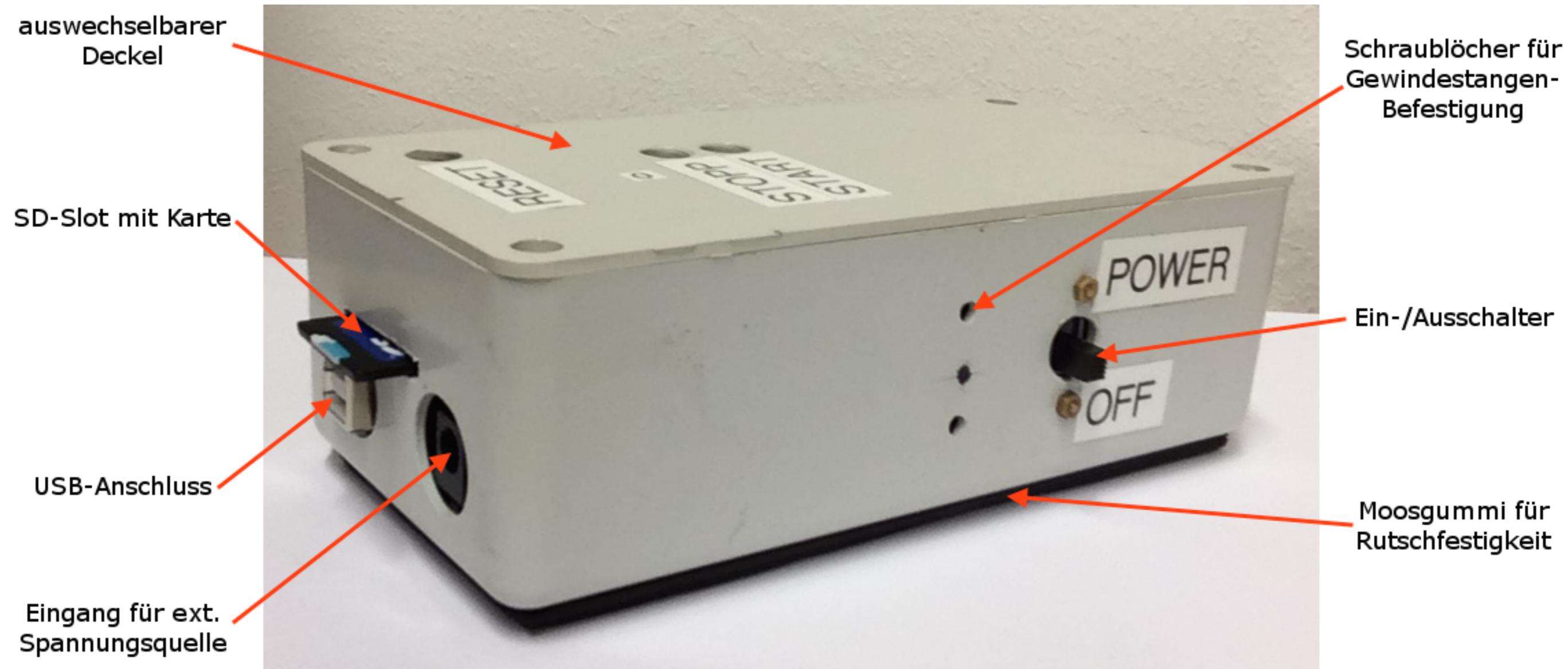




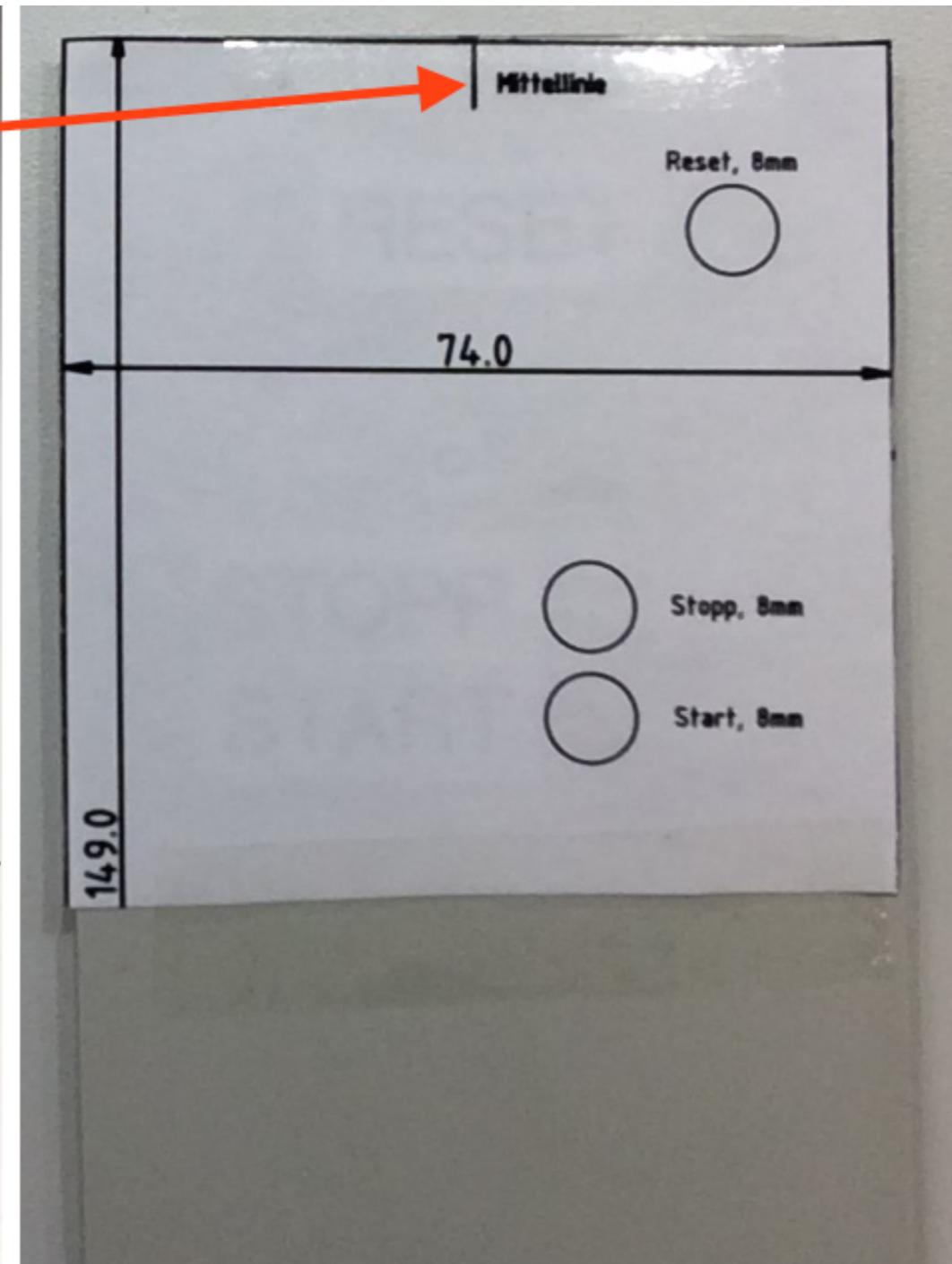
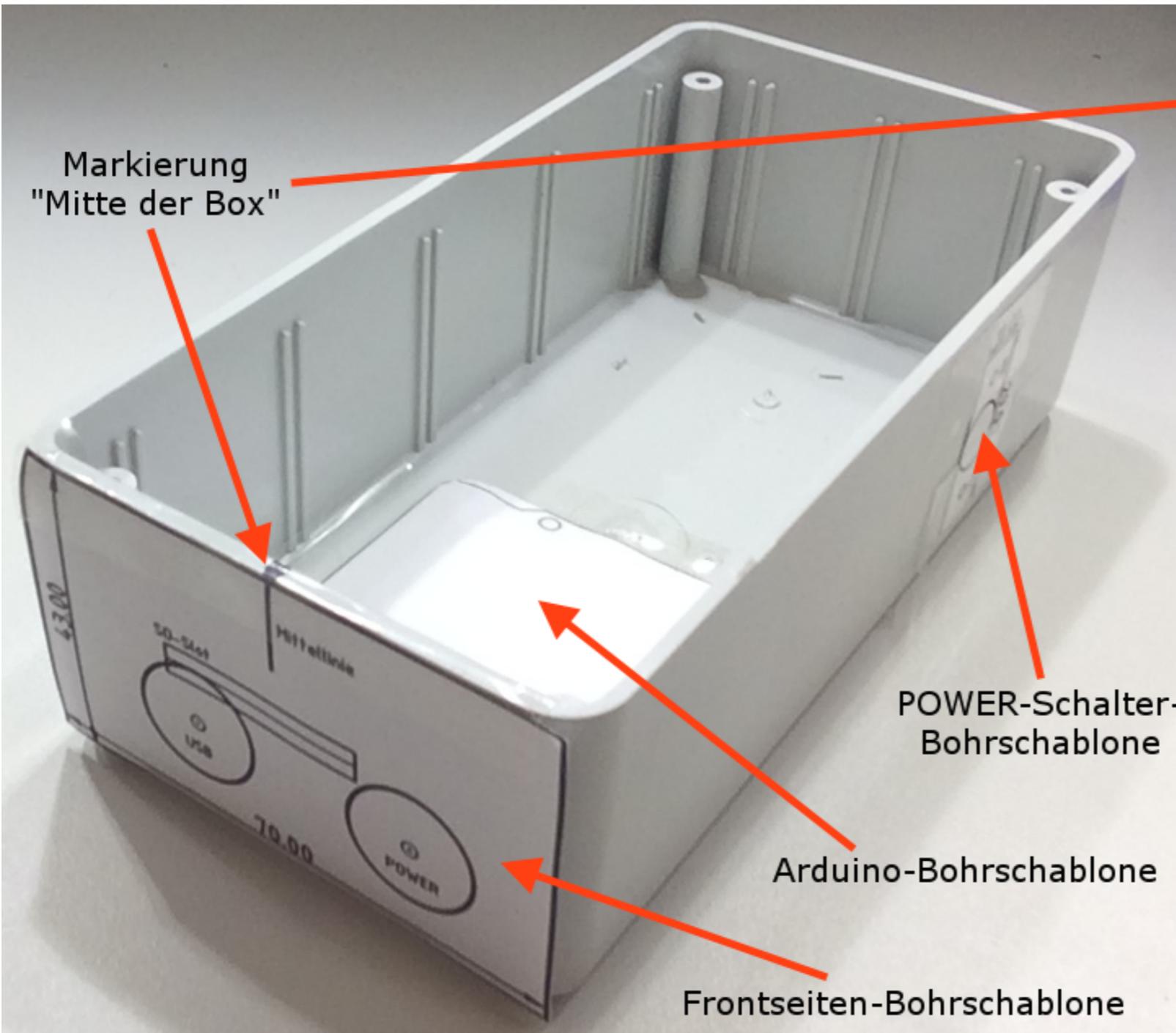
Arduino-Messbox: Nachbau

- Nachbau bereits mit geringen Kenntnissen möglich
- Variabel: Eine „Grundbox“ – viele Mess-Aufsätze (Shields)
- Bereitstellung von Bauanleitungen und Beispielprogrammen auf Projektwebseite:
 - schulmaterial.physi.uni-heidelberg.de

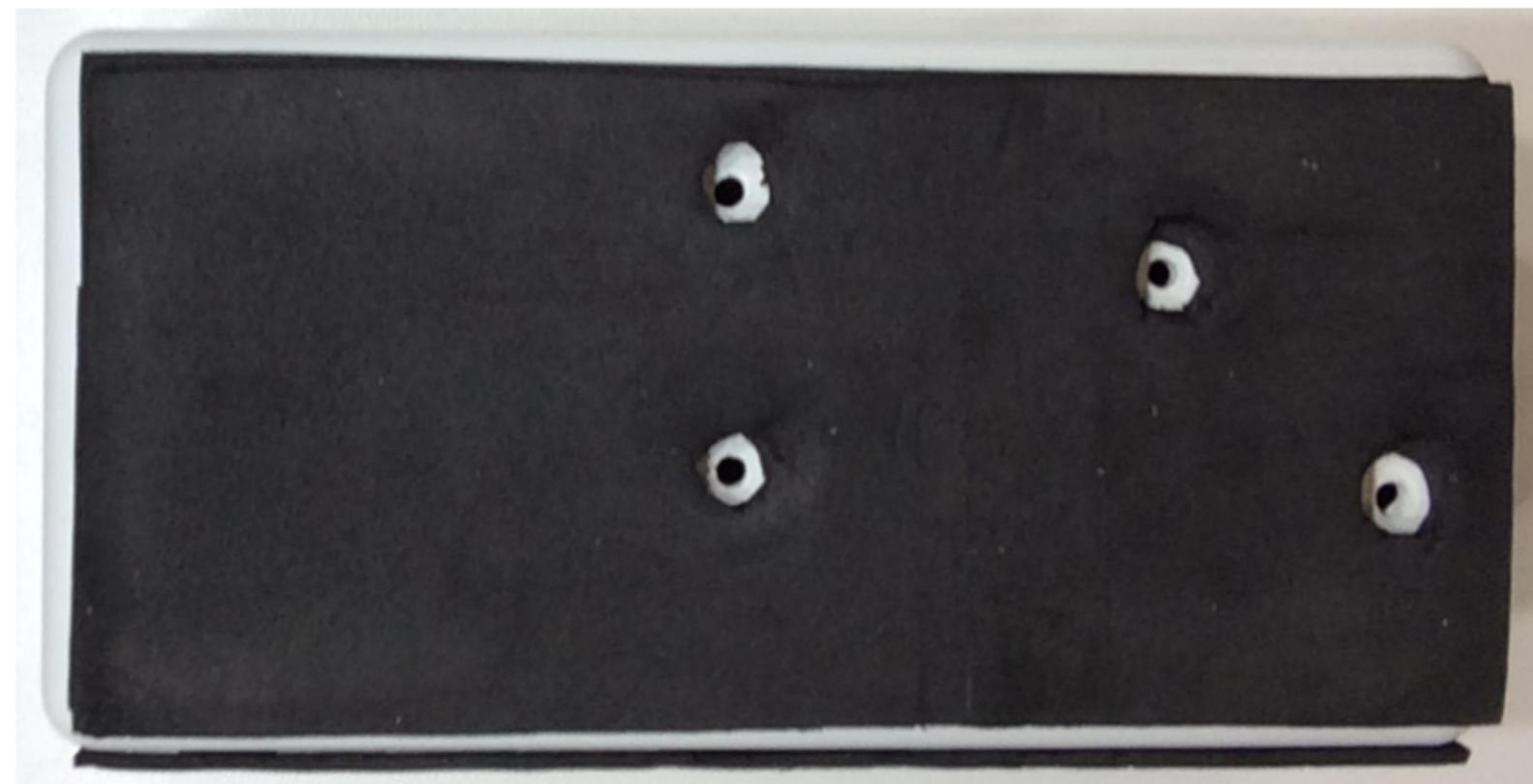
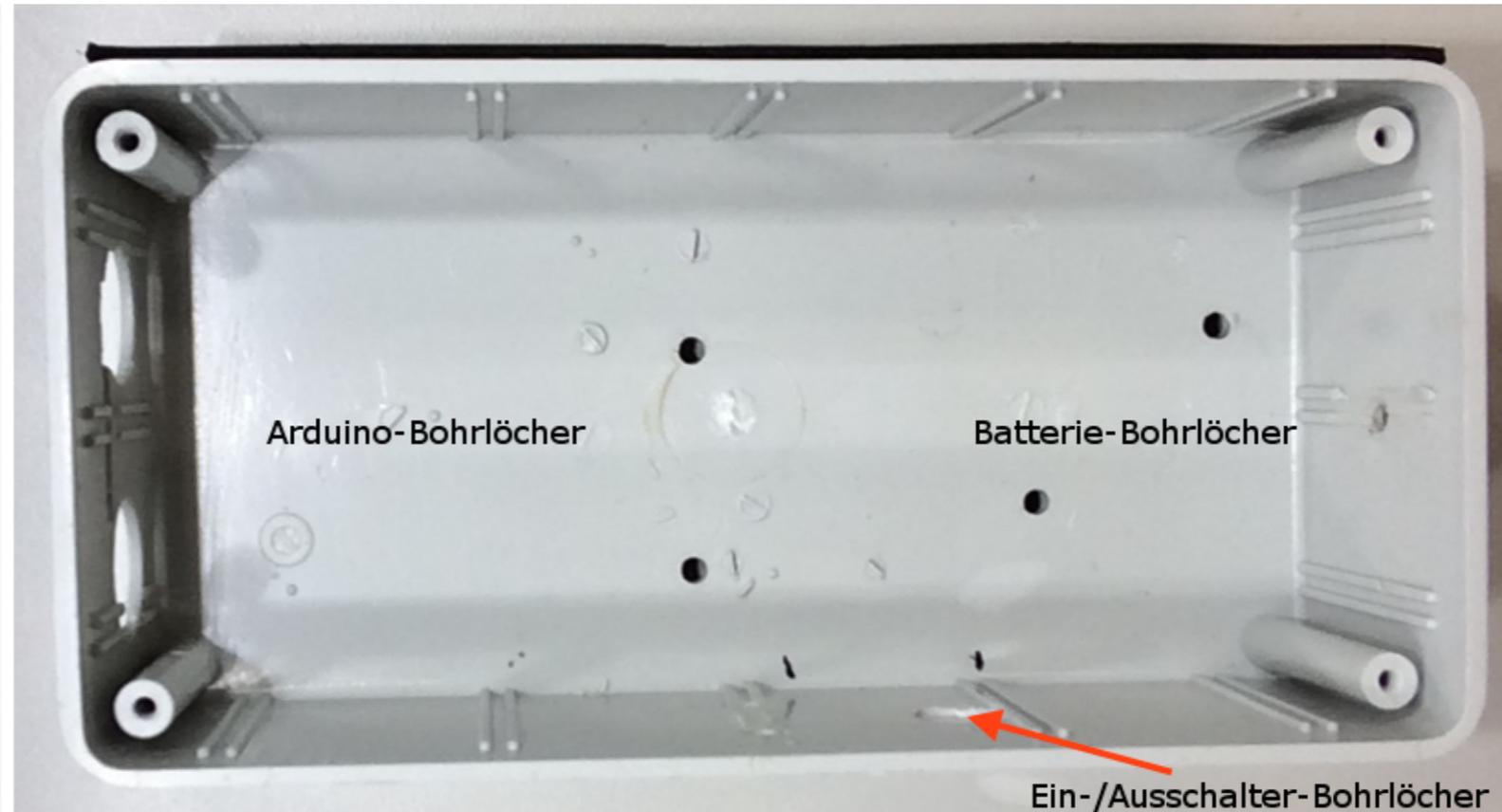
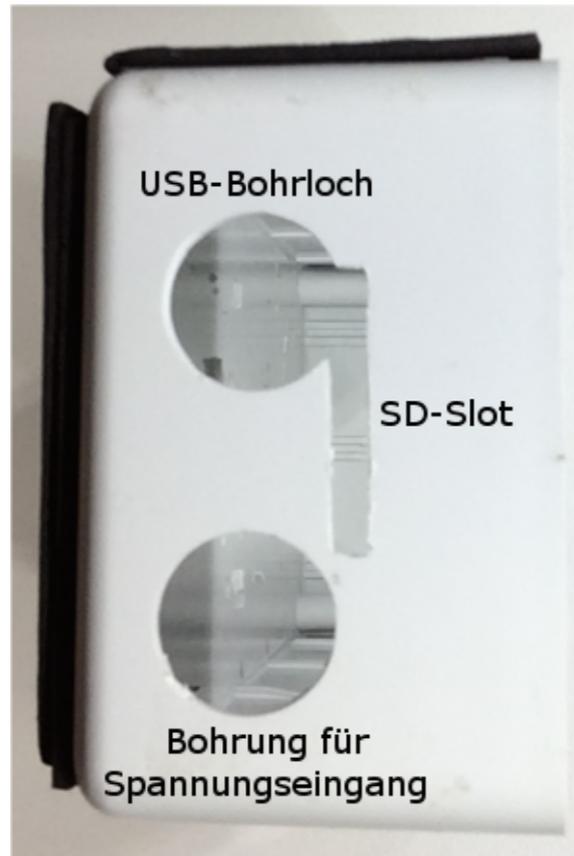
Arduino-Messbox: Nachbau



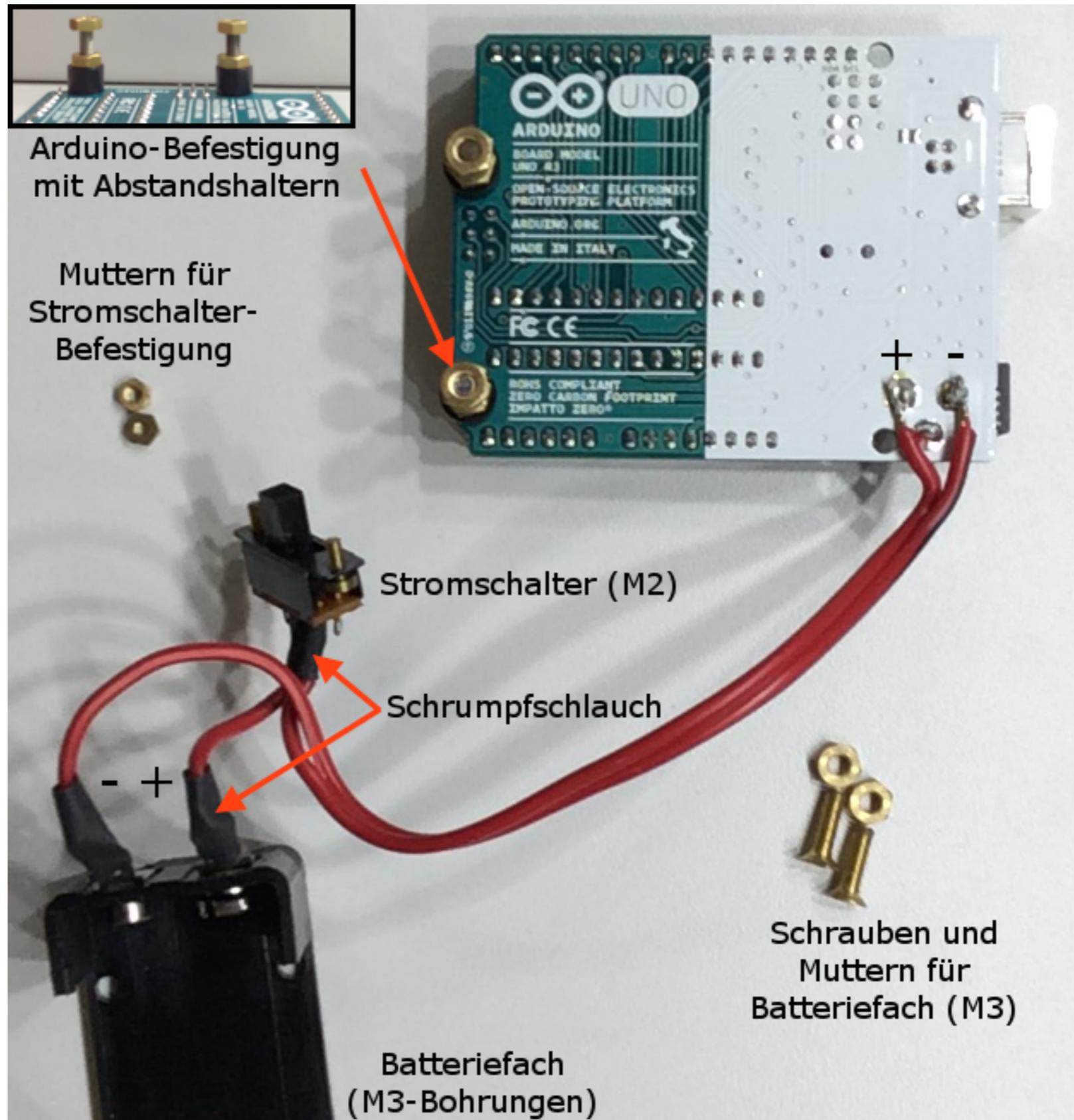
Arduino-Messbox: Nachbau



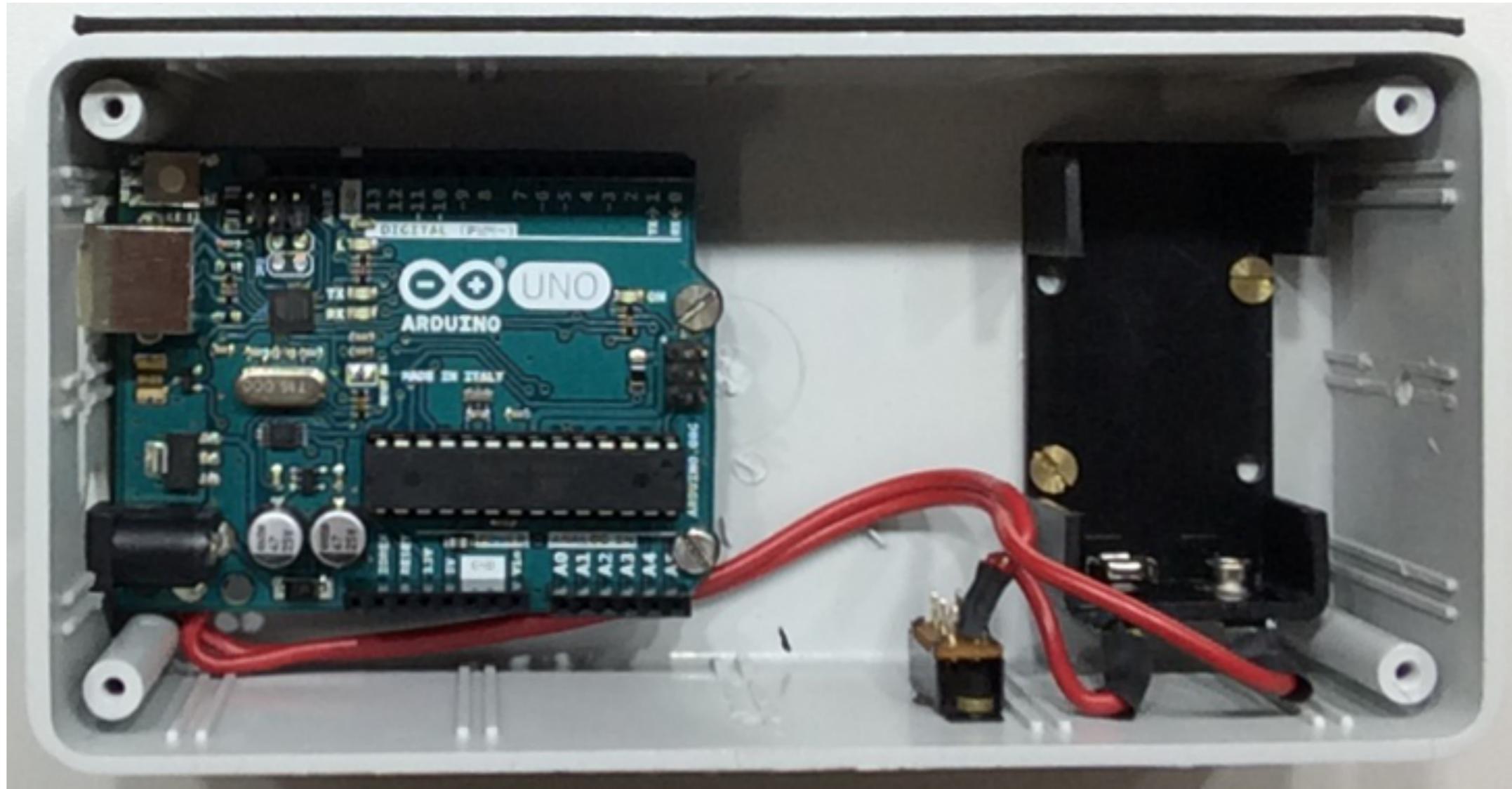
Arduino-Messbox: Nachbau



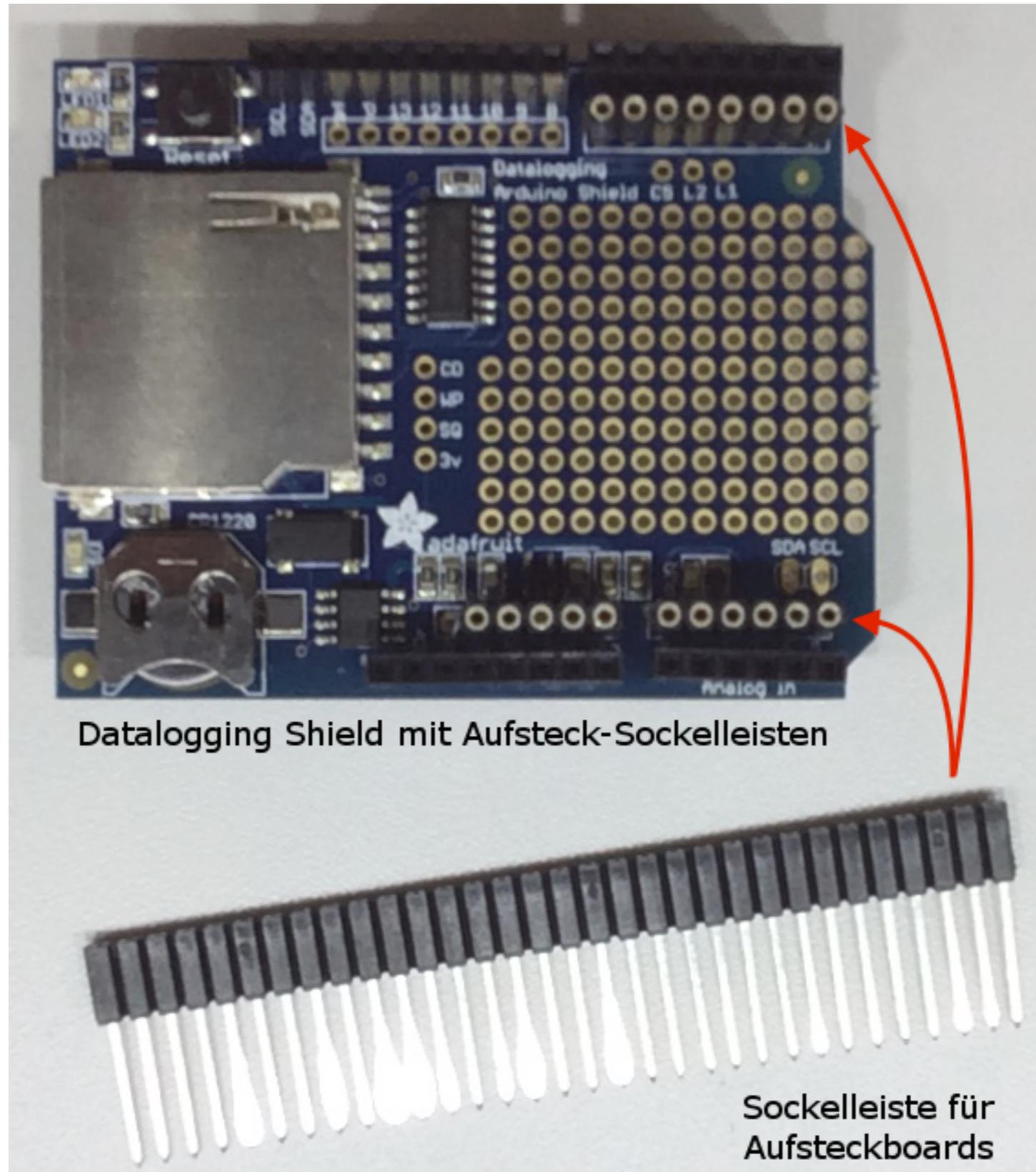
Arduino-Messbox: Nachbau



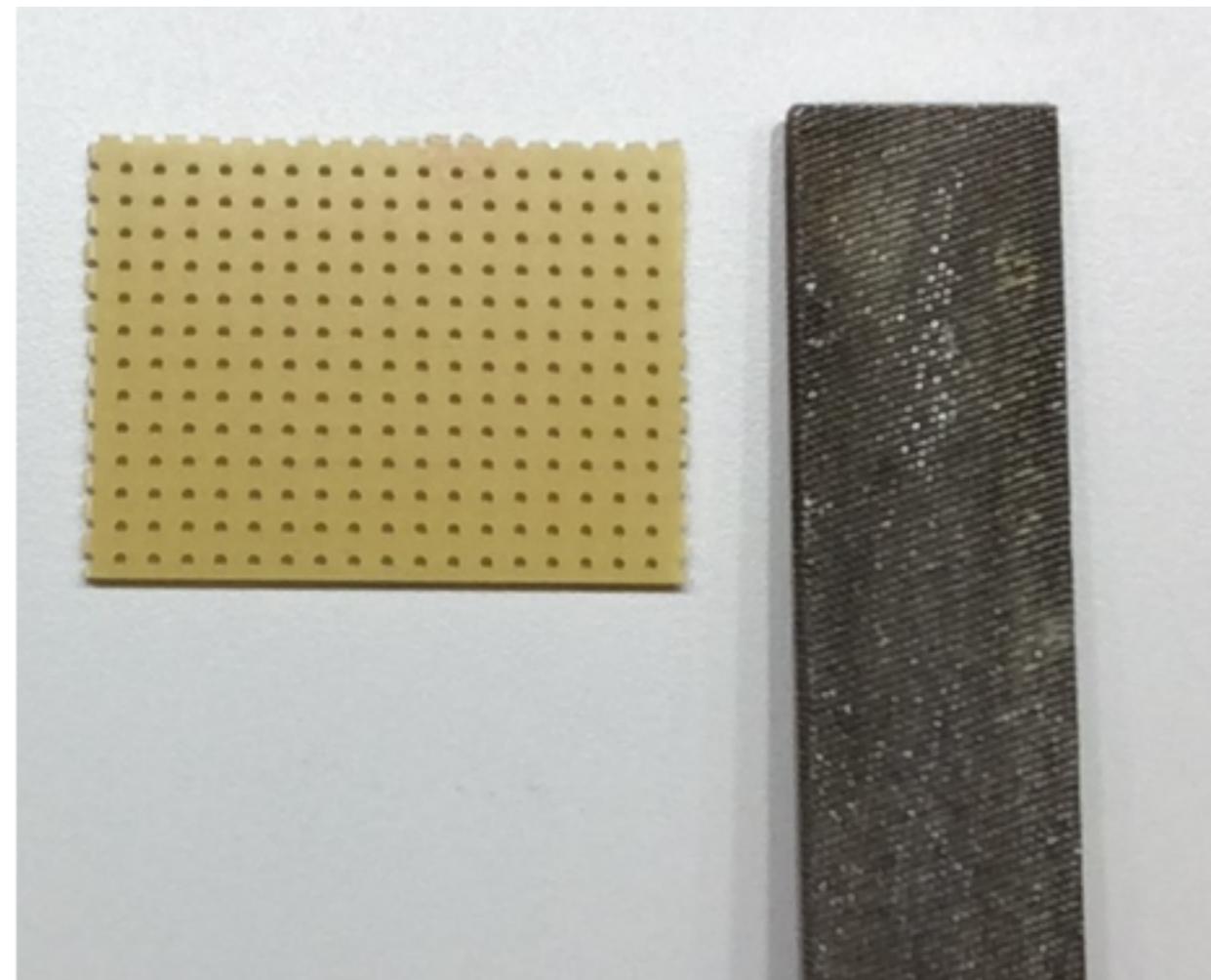
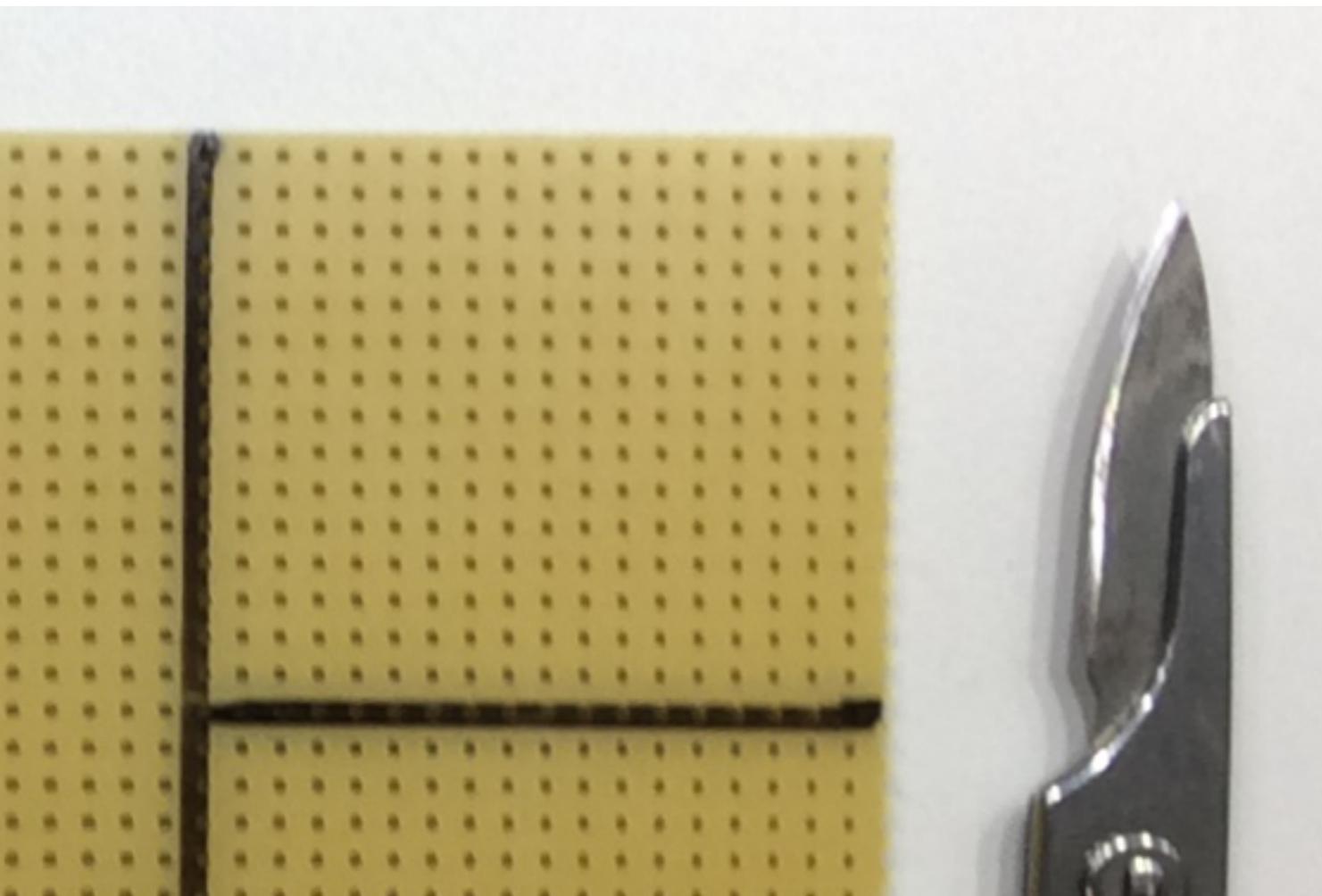
Arduino-Messbox: Nachbau



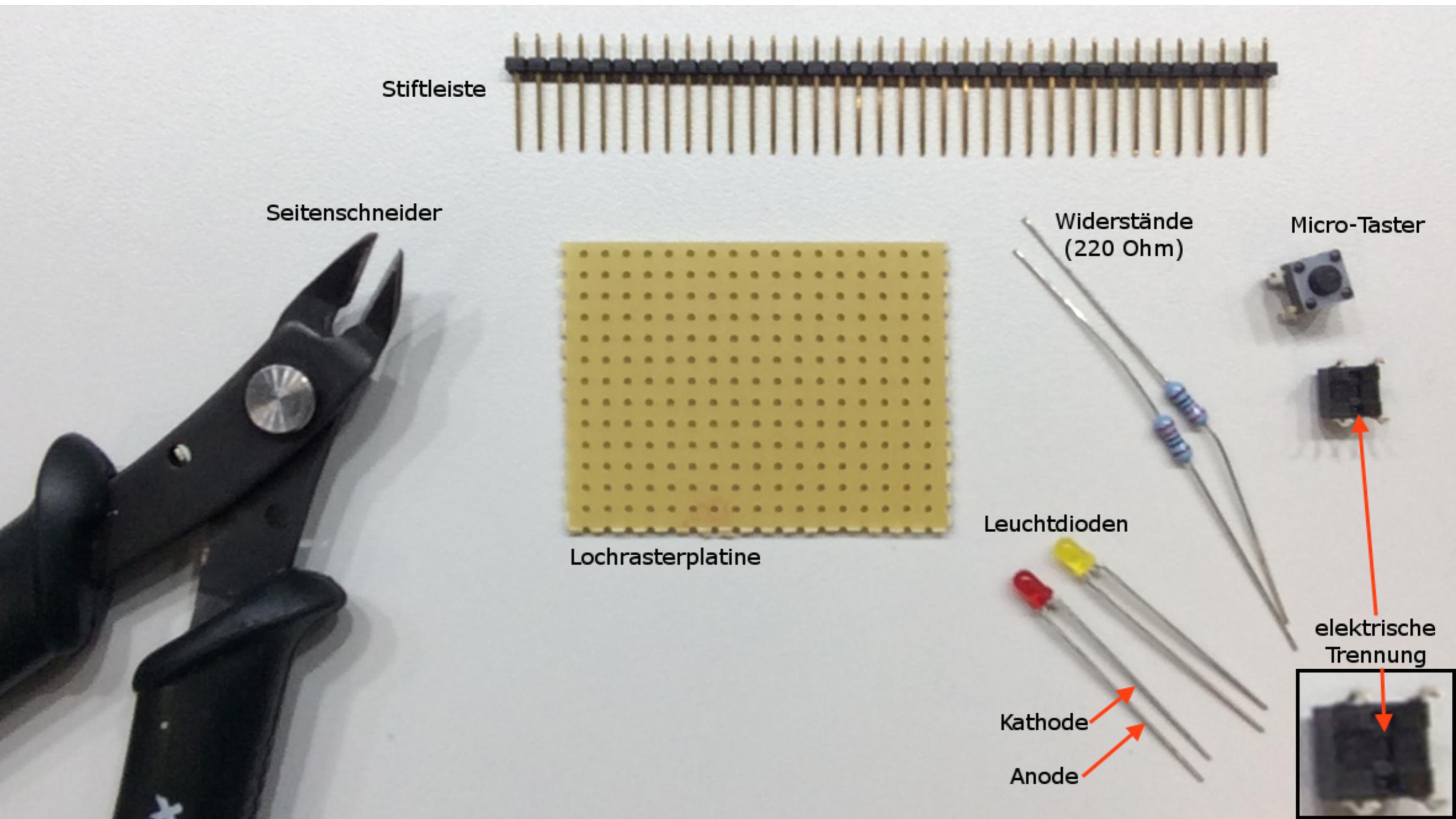
Arduino-Messbox: Nachbau



Arduino-Messbox: Nachbau



Arduino-Messbox: Nachbau



Stiftleiste

Seitenschneider

Widerstände
(220 Ohm)

Micro-Taster

Lochrasterplatine

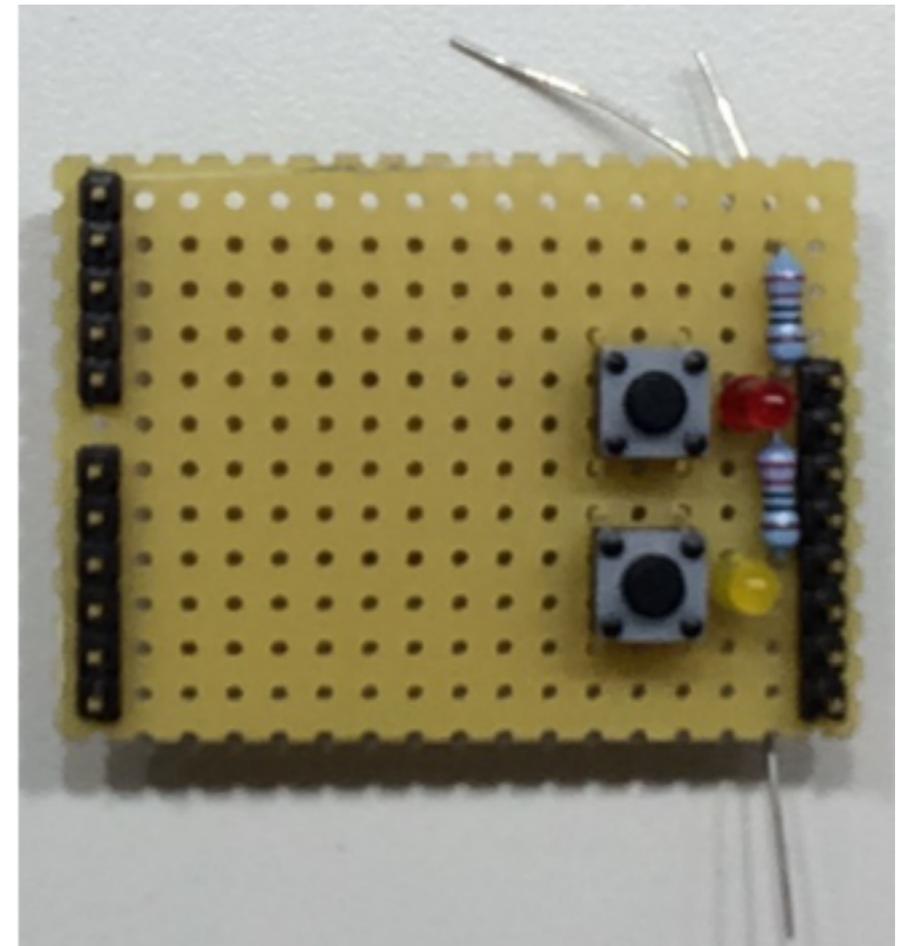
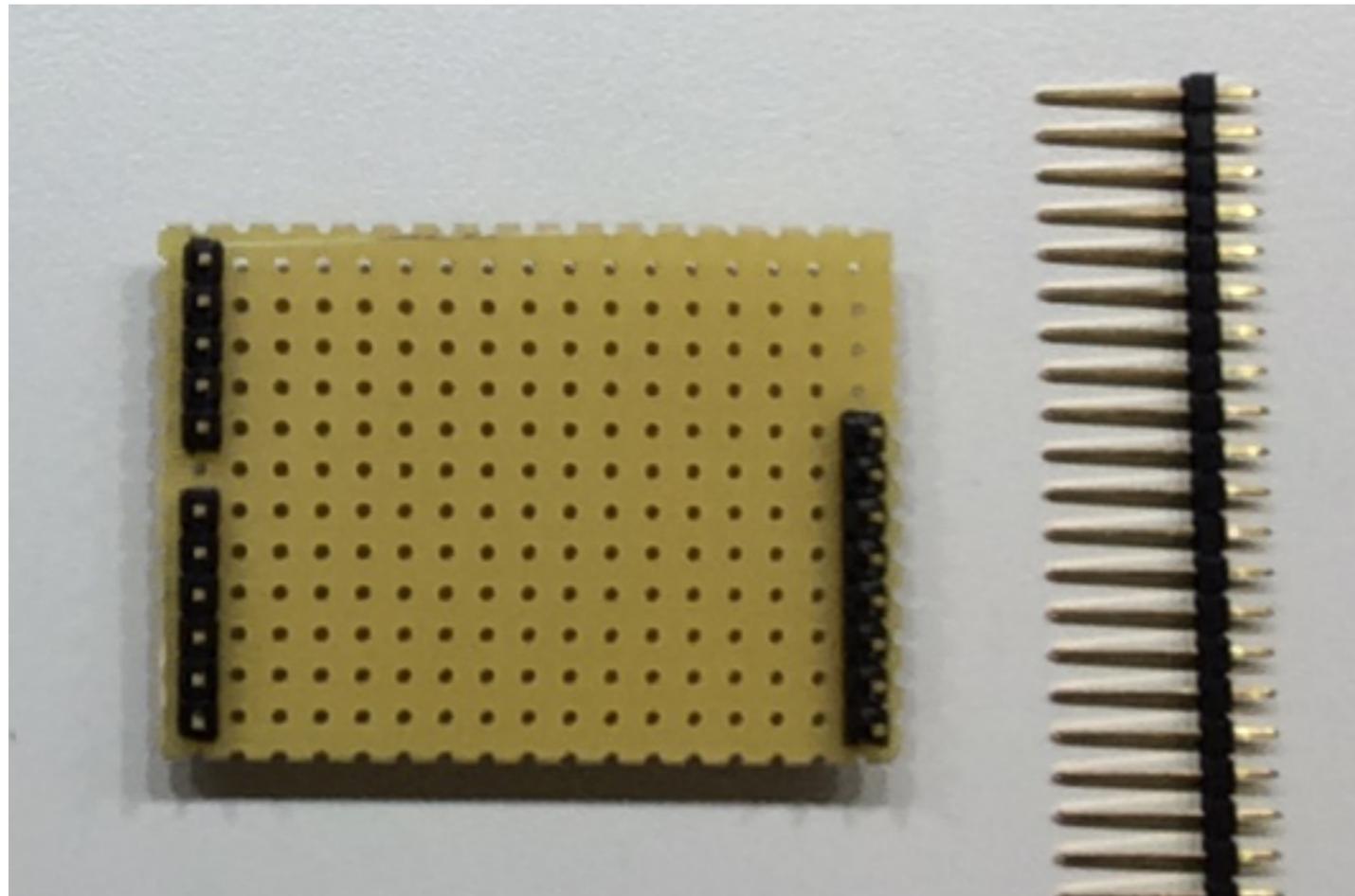
Leuchtdioden

Kathode

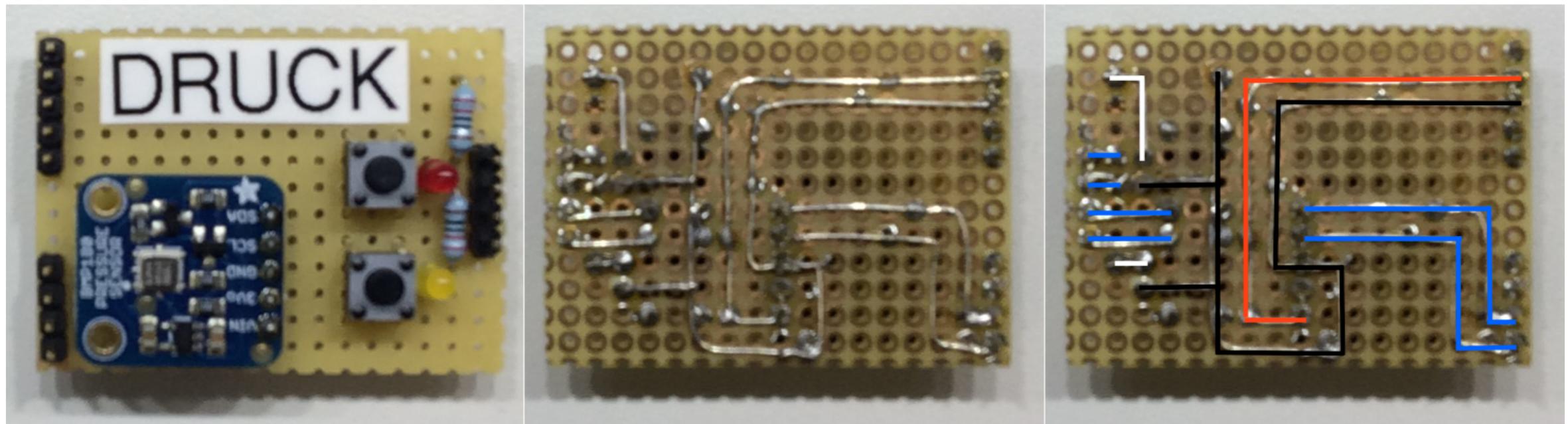
Anode

elektrische
Trennung

Arduino-Messbox: Nachbau



Arduino-Messbox: Nachbau





Zukunft / Ausblick

- Mögliche Weiterentwicklungen:
 - Steuerungsaufgaben (z.B. Motoren)
 - neue Sensoren
 - neue ProfiLab-Programme (oder Alternativen)
 - fächerübergreifende Projekte
- Hoffnung für die Zukunft: Programmpool / Ideenpool
- Sind Sie interessiert?
 - Anleitungen und Informationen auf der Projektwebseite
 - ➔ schulmaterial.physi.uni-heidelberg.de



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt per E-Mail:

kleider@physi.uni-heidelberg.de