



# **Mechanikexperimente mit der App „Schallanalysator“ (Android und iOS)**

Dr. Markus Ziegler

Letzte Aktualisierung: März 2022

[www.spaichinger-schallpegelmesser.de](http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de)

---

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Versuchsanleitungen für individuelle Experimente

- Unter [www.spaichinger-schallpegelmesser.de/Experimente\\_g.docx](http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de/Experimente_g.docx) stehen Versuchsanleitungen für Schülerinnen und Schüler zu den hier aufgeführten Versuchen zur  $g$ -Bestimmung zum Download bereit.
  - Besonderheit: Die Schülerinnen und Schüler können individuell das Experiment zur  $g$ -Bestimmung durchführen, das am besten zu dem Kompetenzbereich passt, den sie momentan besonders trainieren möchten.
  - Weitere Besonderheit: Zu jedem Experimenten findet man in diesem Word-Dokument gestufte Hilfen.
-

# Grundlegende Vorbemerkungen

- Viele physikalische Experimente beruhen auf der exakten Messung einer **Zeitdifferenz**  $\Delta t = t_2 - t_1$
  - Falls die Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  mit **unterschiedlichen Schallereignissen** verknüpft werden können, dann lassen sich diese Zeitpunkte mit der **App Schallanalysator** (Speicheroszilloskop) sehr genau bestimmen
  - Dies ist die Grundlage aller Experimente zur Mechanik mit der App Schallanalysator
  - Das genaue Ablesen der Zeitpunkte im Speicheroszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang geschildert
-

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur**
  3. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln**
  4. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons**
  5. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals**
  6. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches**
  7. **Waagerechter Wurf: Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit**
  8. **Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers**
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe einer springenden Kugel**
  10. **Anhang: Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators**
  11. **Anhang: Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln**
  12. **Anhang: Bezugsmöglichkeiten für Material**
-

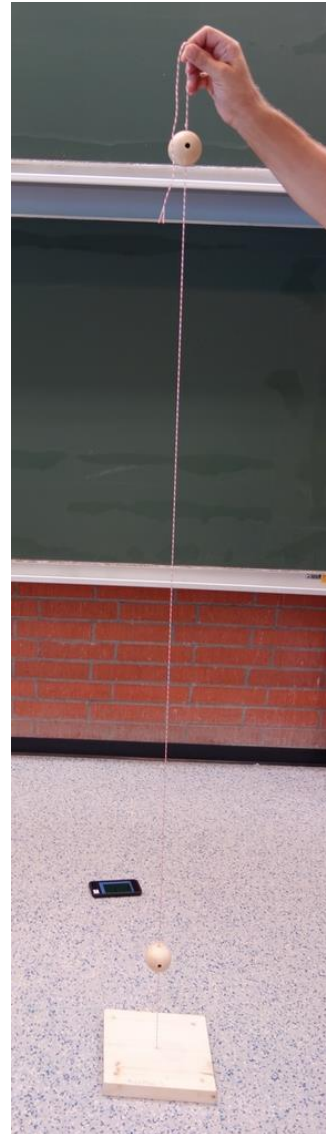
# Freier Fall: $g$ mithilfe einer Fallschnur bestimmen

Aufbau:

2 Holzkugeln  
(Durchmesser: 5 cm)  
mit dünner, flexibler Schnur  
an Holzbrett befestigen  
Abstände zum Holzbrett  
z. B.:

$$h_1 = 0,171 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,555 \text{ m}$$



Durchführung:

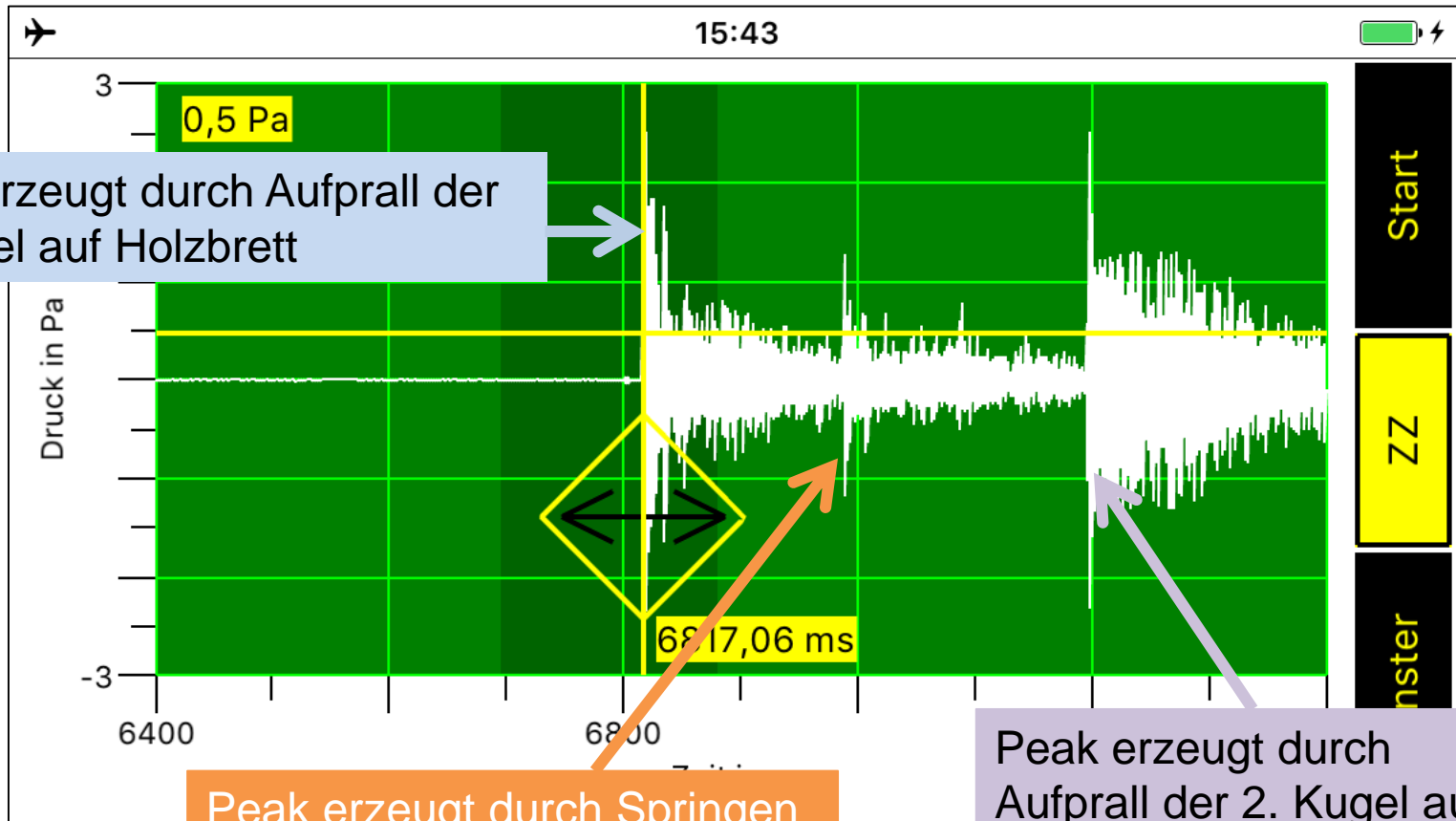
1. Smartphone in sicherer Entfernung auf Boden legen. Eventuell mit Sieb schützen
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Schnur gespannt senkrecht nach oben halten und anschließend fallen lassen.

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

Bezugsmöglichkeiten für Holzkugeln: siehe Anhang

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



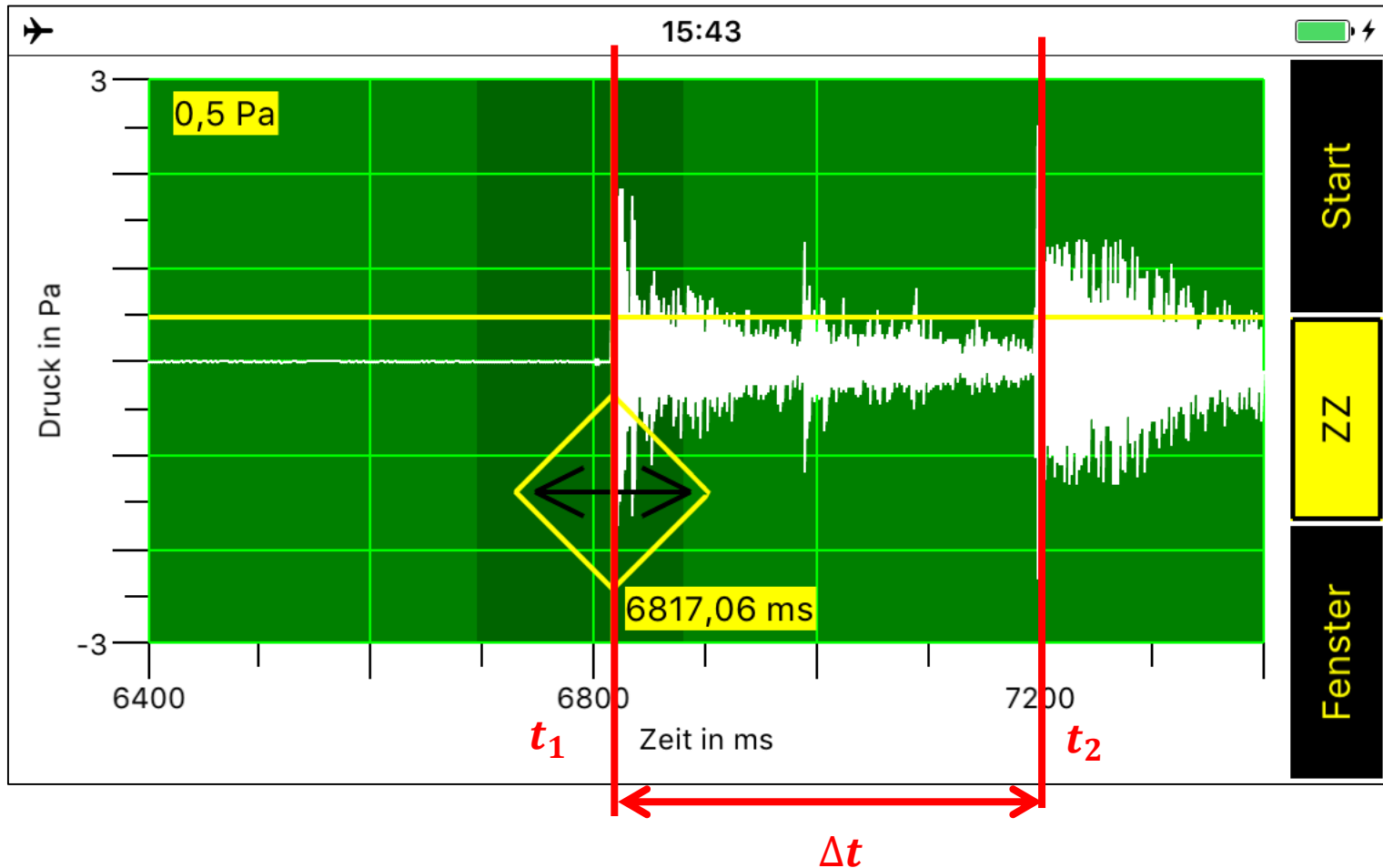
Peak erzeugt durch Aufprall der 1. Kugel auf Holzbrett

Peak erzeugt durch Springen der 1. Kugel

Peak erzeugt durch Aufprall der 2. Kugel auf Holzbrett

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“



# Versuchsauswertung: Bestimmung von $g$

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert

- Damit:

$$\Delta t = 7196,98 \text{ ms} - 6817,06 \text{ ms} = 379,92 \text{ ms}$$

- Berechnung von  $g$ :

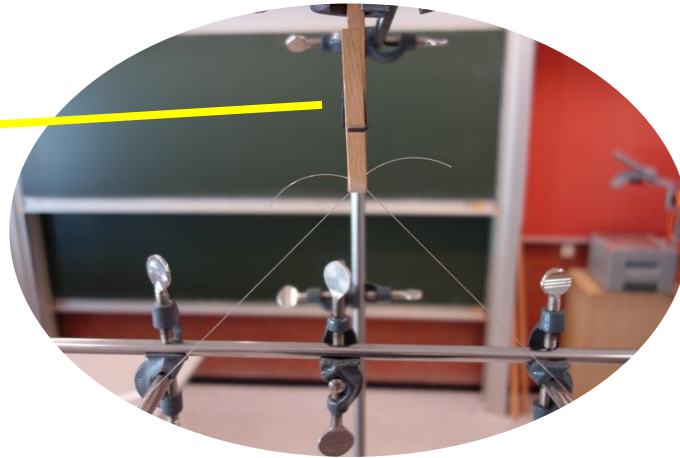
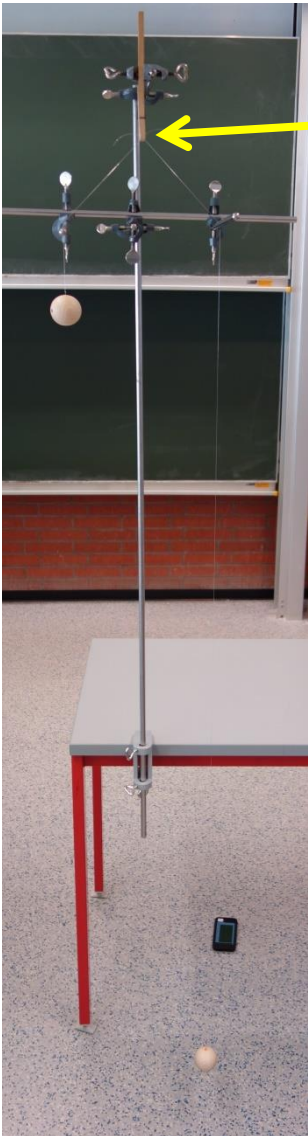
$$g = \frac{2}{(\Delta t)^2} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})^2 = 9,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Herleitung obiger Formel: siehe Anhang
-

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Freier Fall: $g$ mithilfe zweier Kugeln bestimmen



## Aufbau:

1. Zwei Holzkugeln ( $\varnothing$  5 cm). Jede Kugel ist an einem Nylonfaden ( $\varnothing$  0,4 mm) befestigt. Die Nylonfäden sind unterschiedlich lang.
2. Nylonfäden über Kreuz in Reagenzglasklammer einführen. Klammer soll auf Schnittpunkt der Nylonfäden drücken
3. Anordnung soweit nach oben schieben, bis untere Kugel ca. 6 bis 12 cm über dem Boden hängt
4. Smartphone in sicherer Entfernung auf Boden legen, eventuell zum Schutz mit Sieb abdecken

# Freier Fall: $g$ mithilfe zweier Kugeln bestimmen

Durchführung:

1. Höhe der Kugeln über dem Fußboden messen
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Klammer betätigen und damit gleichzeitigen Fall der Kugeln auslösen

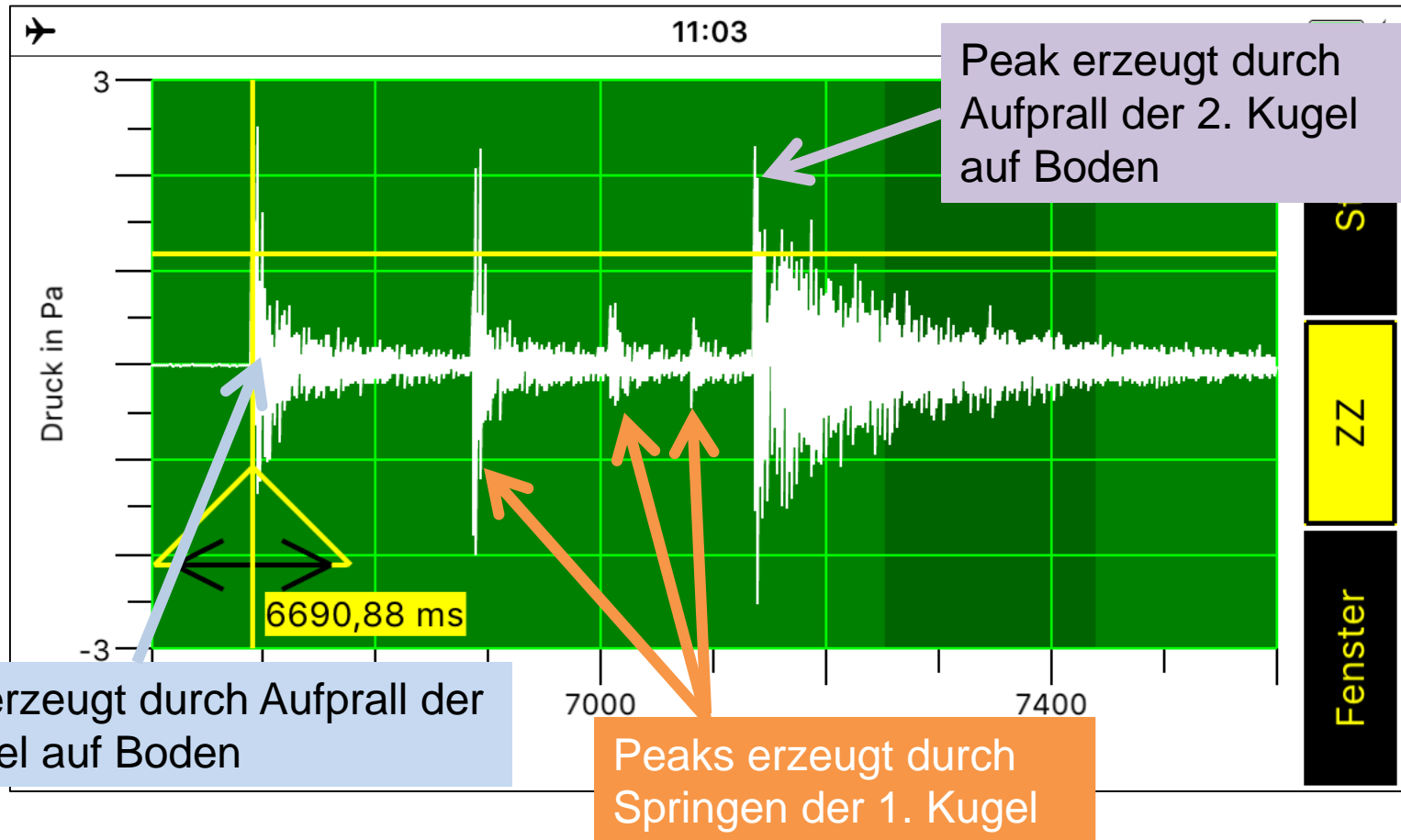
z.B.:  
 $h_2 = 1,710 \text{ m}$

z.B.:  $h_1 = 0,105 \text{ m}$

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

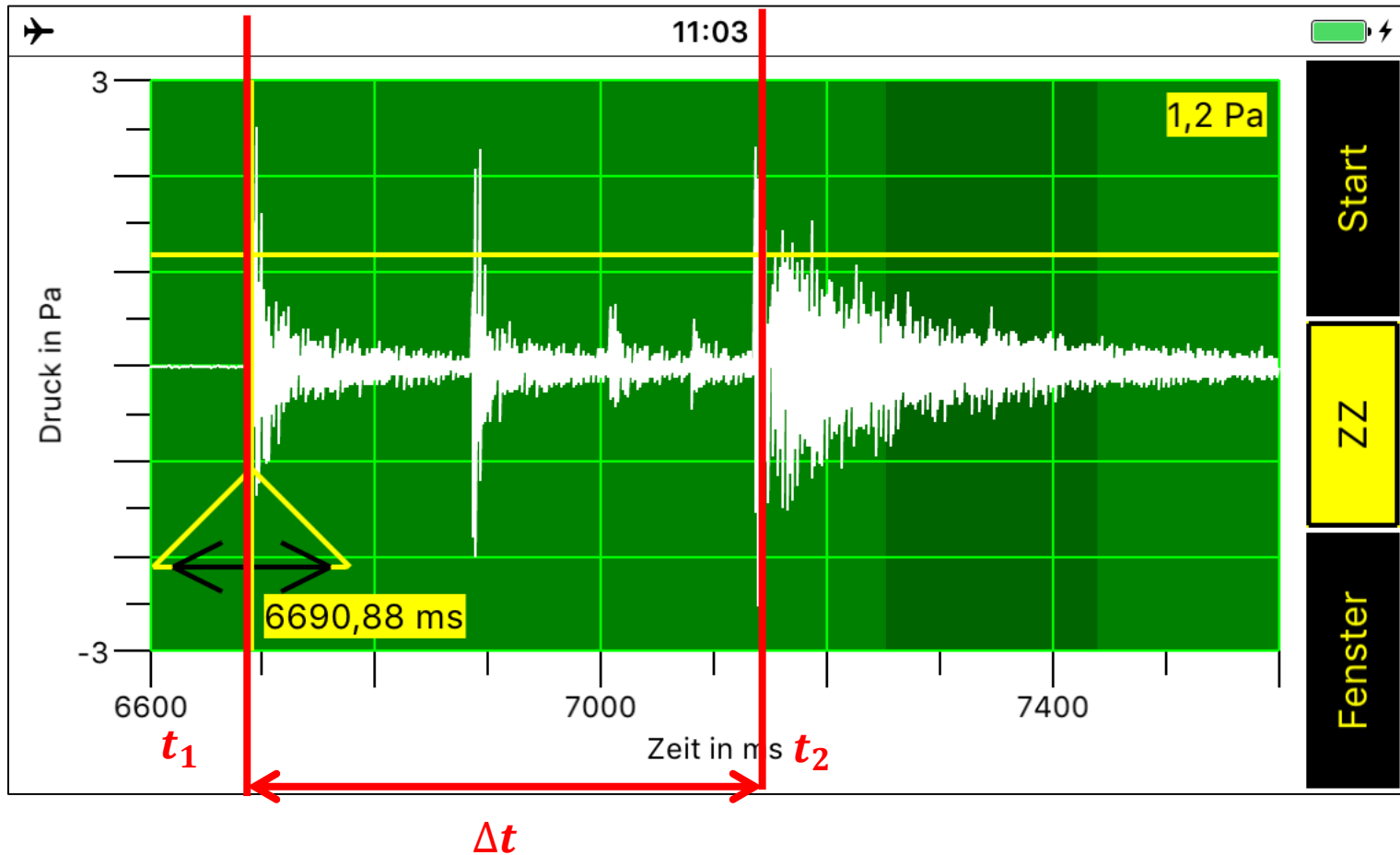
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung von $g$

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert.

- Damit:

$$\Delta t = 7137,91 \text{ ms} - 6690,88 \text{ ms} = 447,03 \text{ ms}$$

- Berechnung von  $g$ :

$$g = \frac{2}{(\Delta t)^2} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})^2 = 9,68 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- Herleitung obiger Formel: siehe Anhang
-

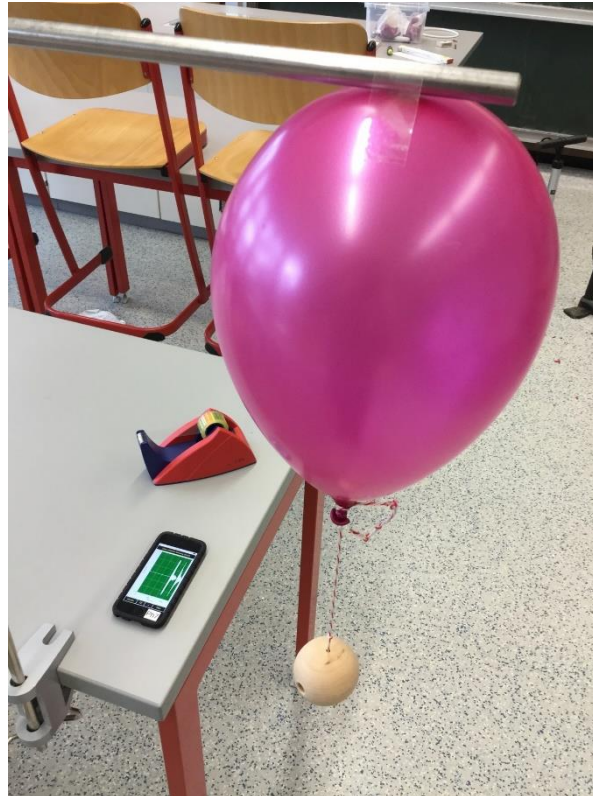
# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-



# Freier Fall: $g$ über Luftballonplatzen bestimmen

Achtung: spröder Luftballon aus Naturkautschuk wählen, damit dieser in kleine Stücke zerfällt  
-> Fall der Kugel wird wenig gestört



Achtung:  
Gehörschutz tragen!

Holzkuugel  
( $\varnothing$  5 cm)  
oder noch besser:  
Körper mit größerer  
Dichte und Masse.  
Abstand zum Boden  
z. B.:  
 $h = 0,972$  m

Durchführung:

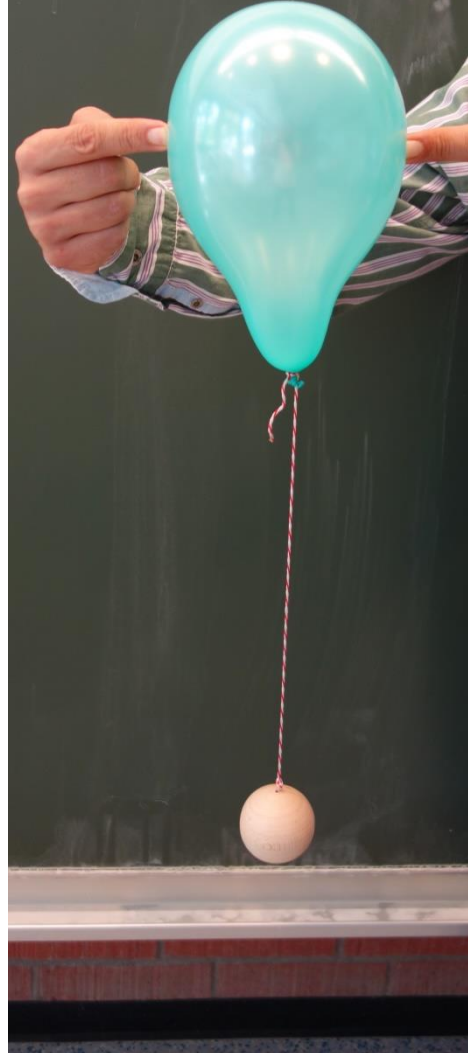
1. Luftballon mit Tesafilm an einer Stativstange befestigen
2. Smartphone auf den Tisch legen.
3. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
4. Mit Nadel in das **untere Drittel** des Luftballons stechen
5. Messung stoppen und auswerten

# Freier Fall: $g$ über Luftballonplatzen bestimmen

Weitere Möglichkeit: Freihandexperiment ohne Halterung

Achtung: spröder  
Luftballon aus  
Naturkautschuk  
wählen.

Holzkuugel  
( $\varnothing$  5 cm)  
oder noch besser:  
Körper mit größerer  
Dichte und Masse.  
Abstand zum Boden  
z. B.:  
 $h = 0,972$  m



Durchführung:

1. Smartphone auf den Tisch legen.
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Mit Nadel in das **untere Drittel** des Luftballons stechen
4. Messung stoppen und auswerten

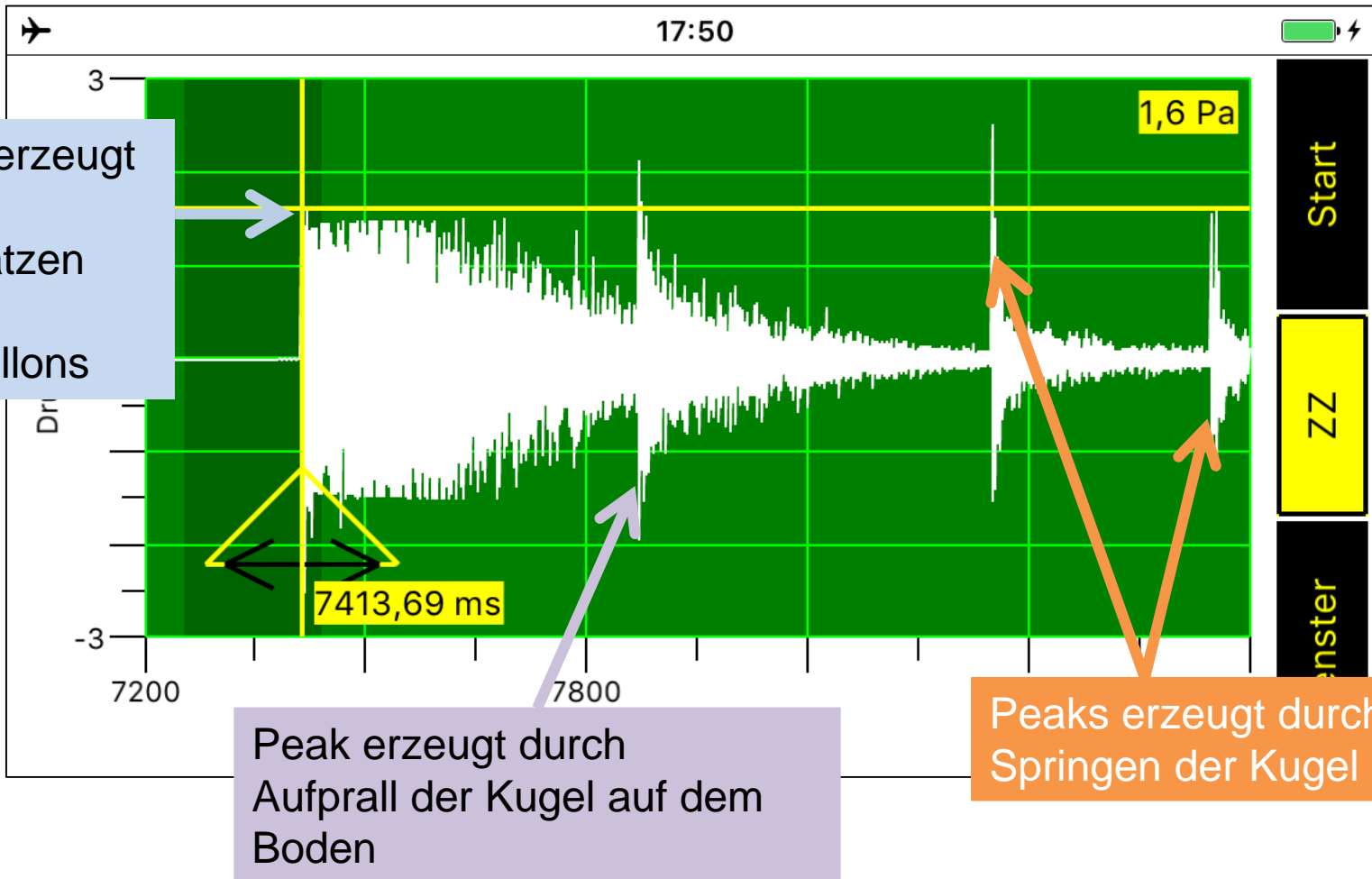
Achtung:  
Gehörschutz tragen!

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

Bezugsmöglichkeiten für Holzkuugeln: siehe Anhang

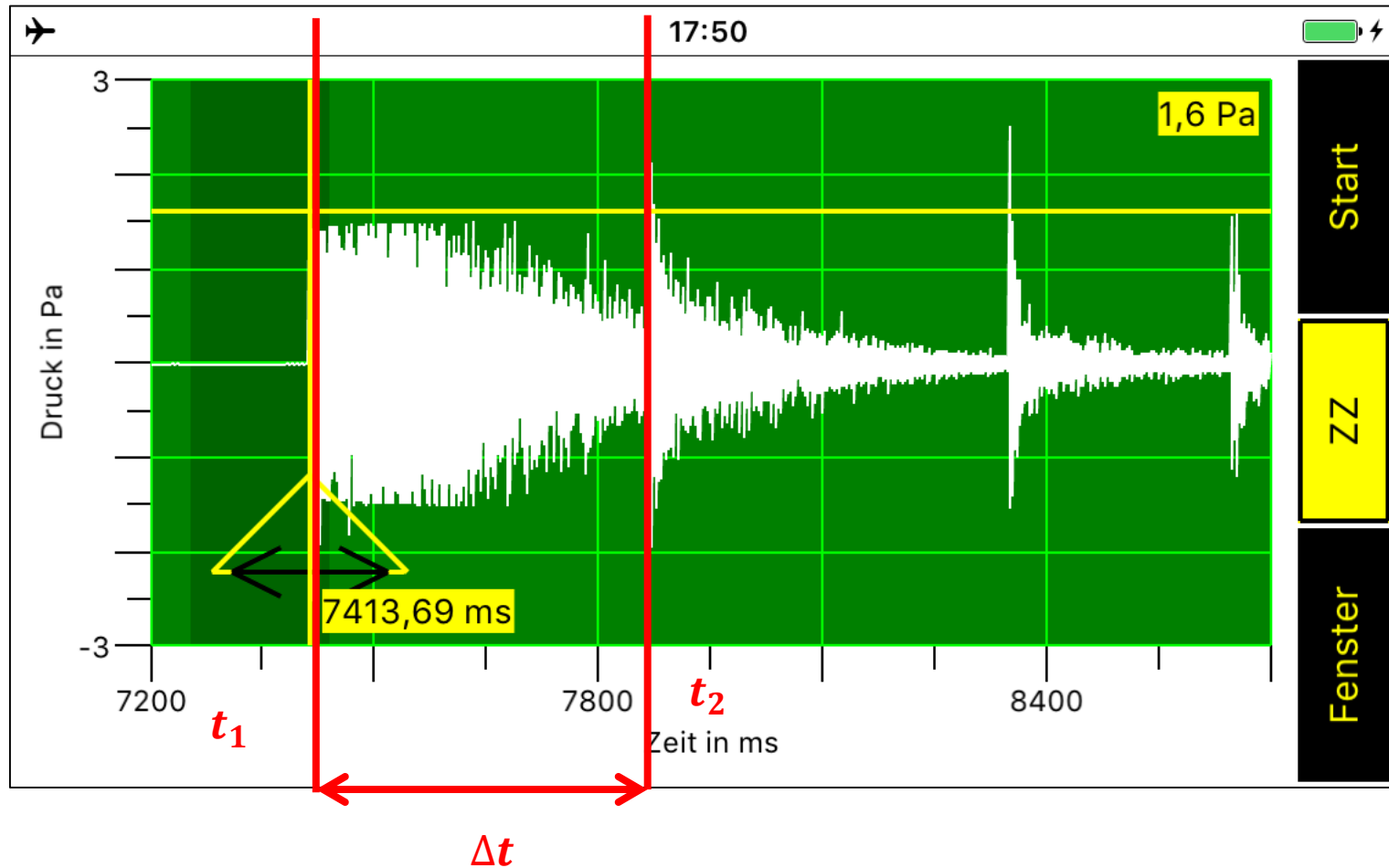
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung von $g$

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert
- Damit:

$$\Delta t = 7196,98 \text{ ms} - 6817,06 \text{ ms} = 379,92 \text{ ms}$$

- Berechnung von  $g$ :

$$g = \frac{2 \cdot h}{\Delta t^2} = 9,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

# Inhalt

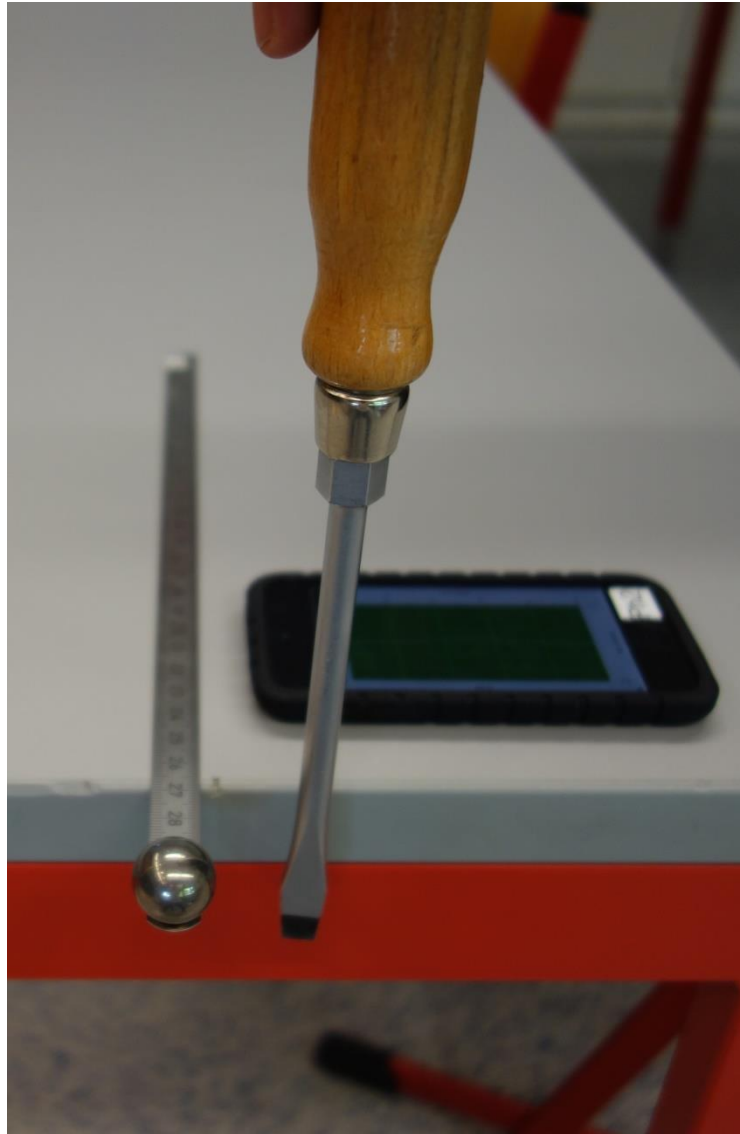
1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Freier Fall: $g$ mit Stahllineal bestimmen

Aufbau:

Stahlkugel  
Stahllineal  
Schraubendreher

Abstand zum  
Boden =  
Tischhöhe  
 $h = 0,800 \text{ m}$



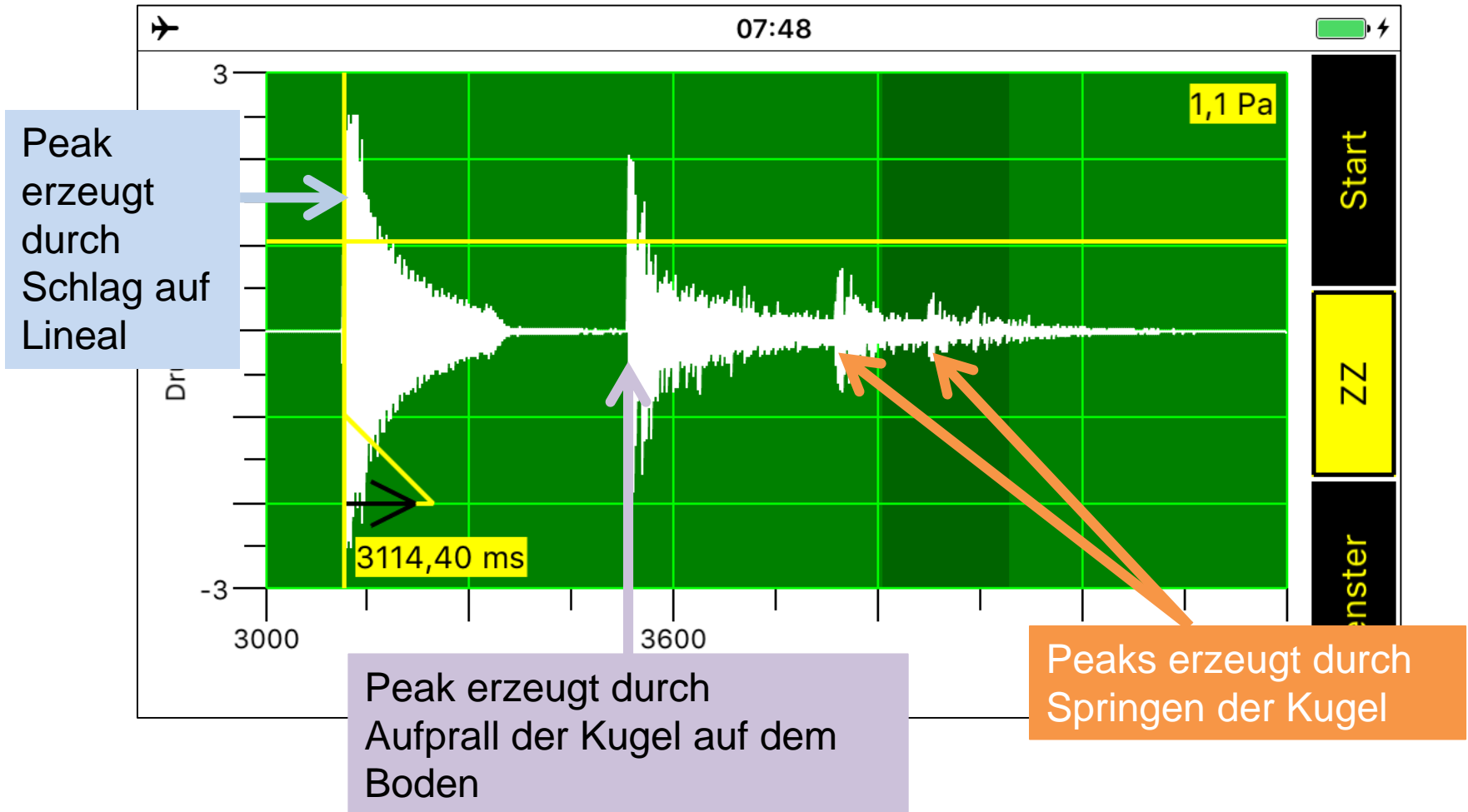
Durchführung:

1. Smartphone auf Tisch legen
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Lineal mit Schraubendreher anschlagen

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

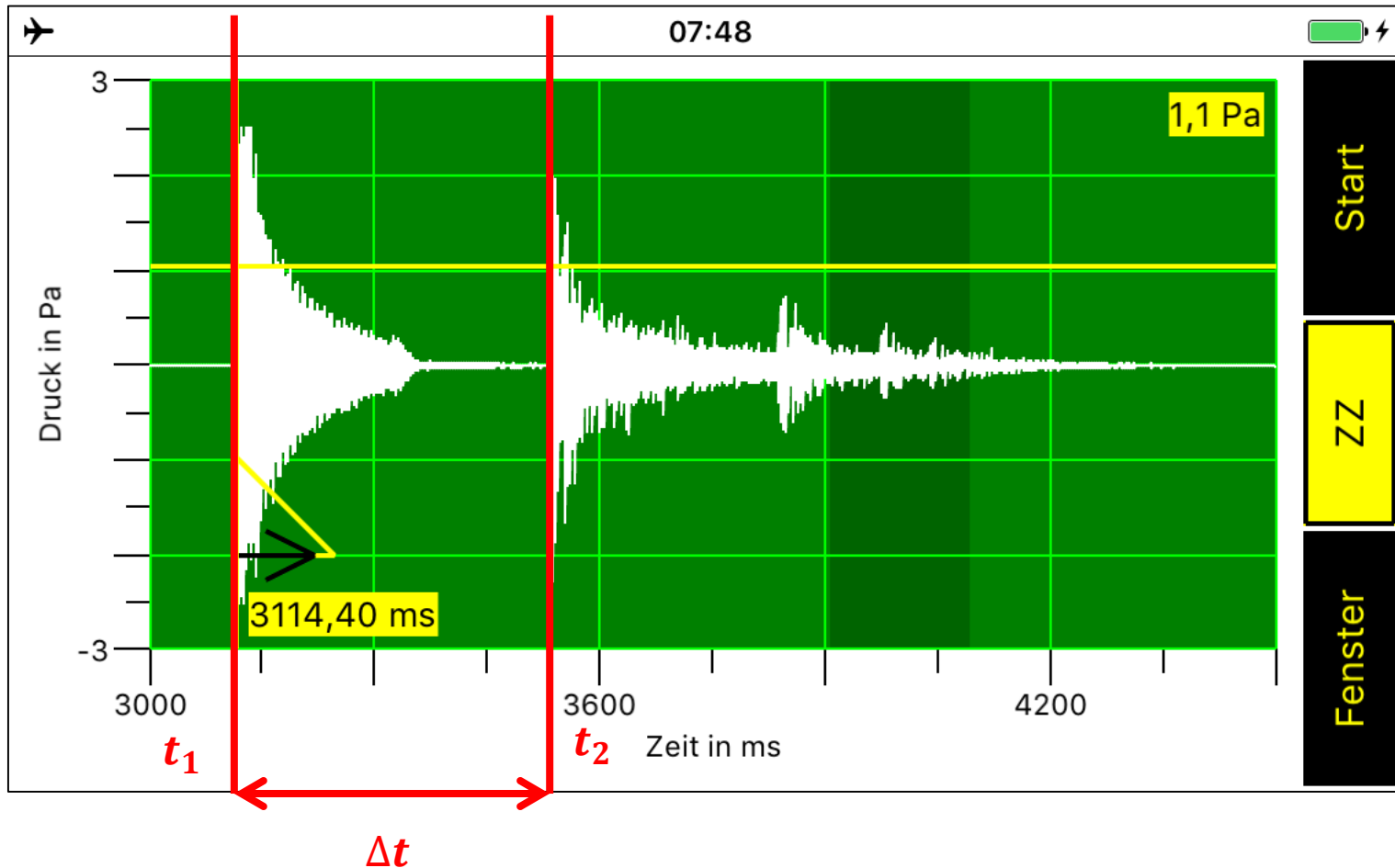
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop





# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung von $g$

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert

- Damit:

$$\Delta t = 3535,08 \text{ ms} - 3114,40 \text{ ms} = 420,68 \text{ ms}$$

- Berechnung von  $g$ :

$$g = \frac{2 \cdot h}{\Delta t^2} = 9,0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

---

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Freier Fall: $g$ über Abrollgeräusch bestimmen

Aufbau:  
Holzkugel  
( $\varnothing$  7 cm)

Abstand zum  
Boden =  
Tischhöhe  
 $h = 0,895$  m

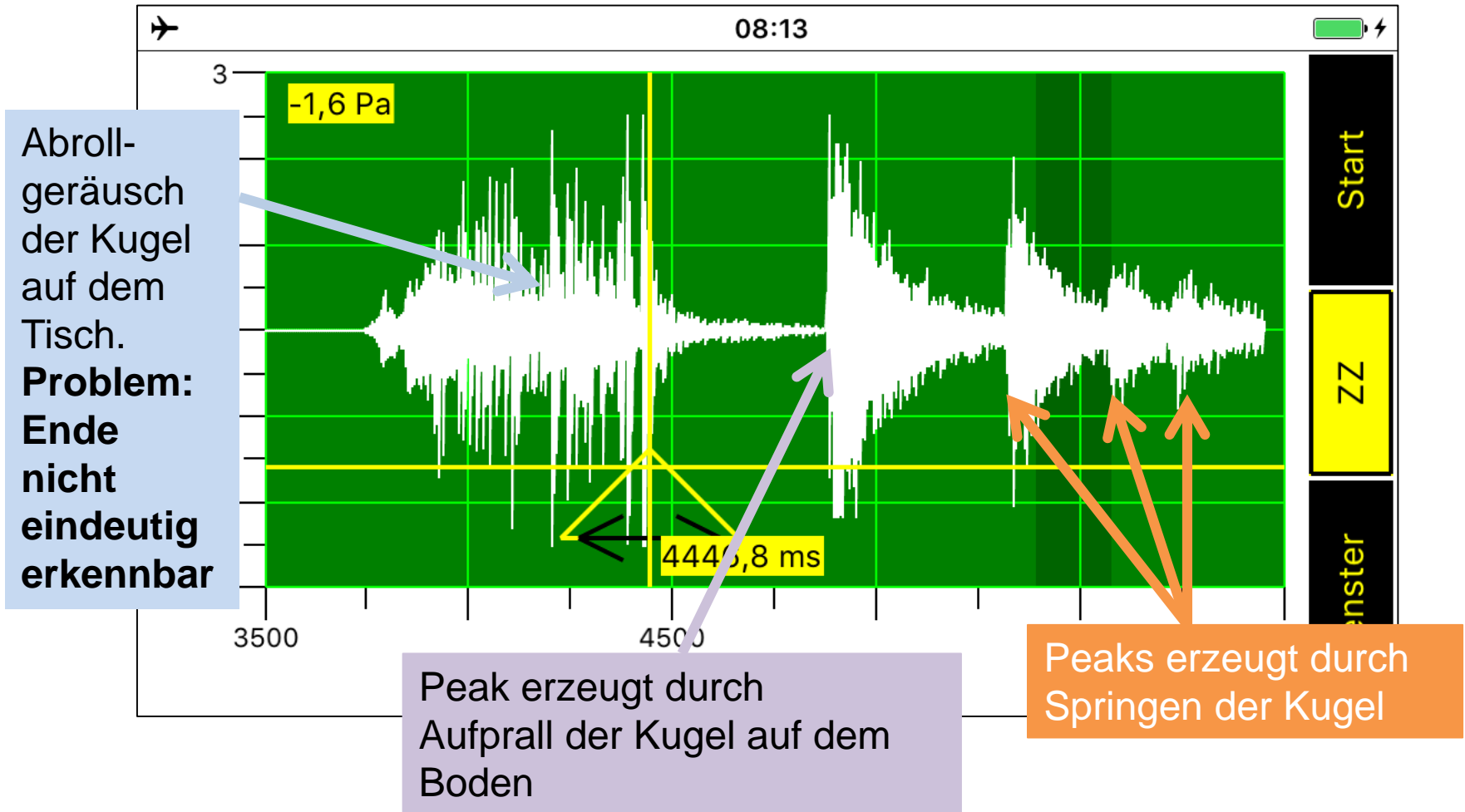


Durchführung:

1. Smartphone auf Tisch legen
2. App Schallanalysator:  
„Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Kugel anstoßen

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

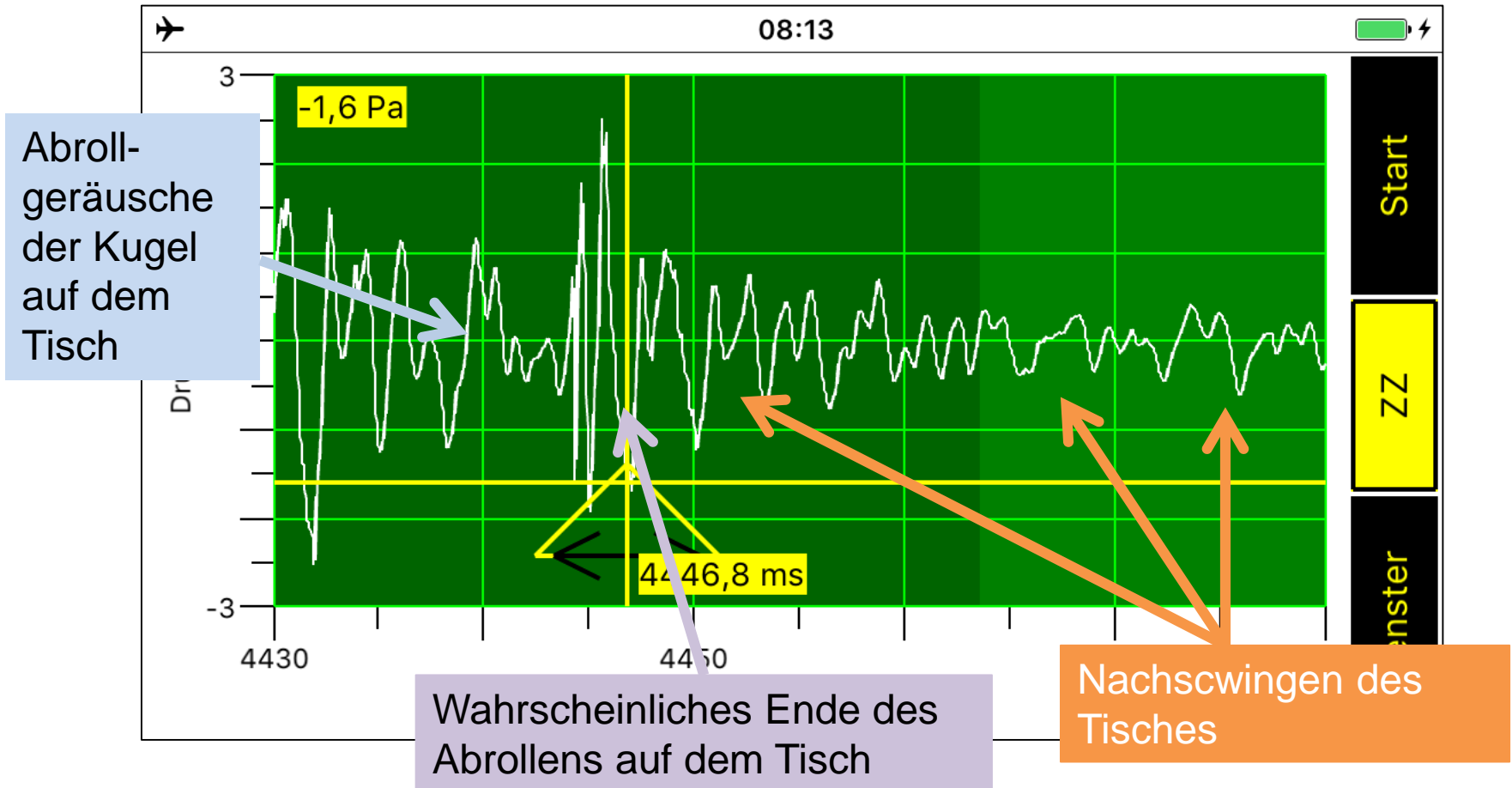
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

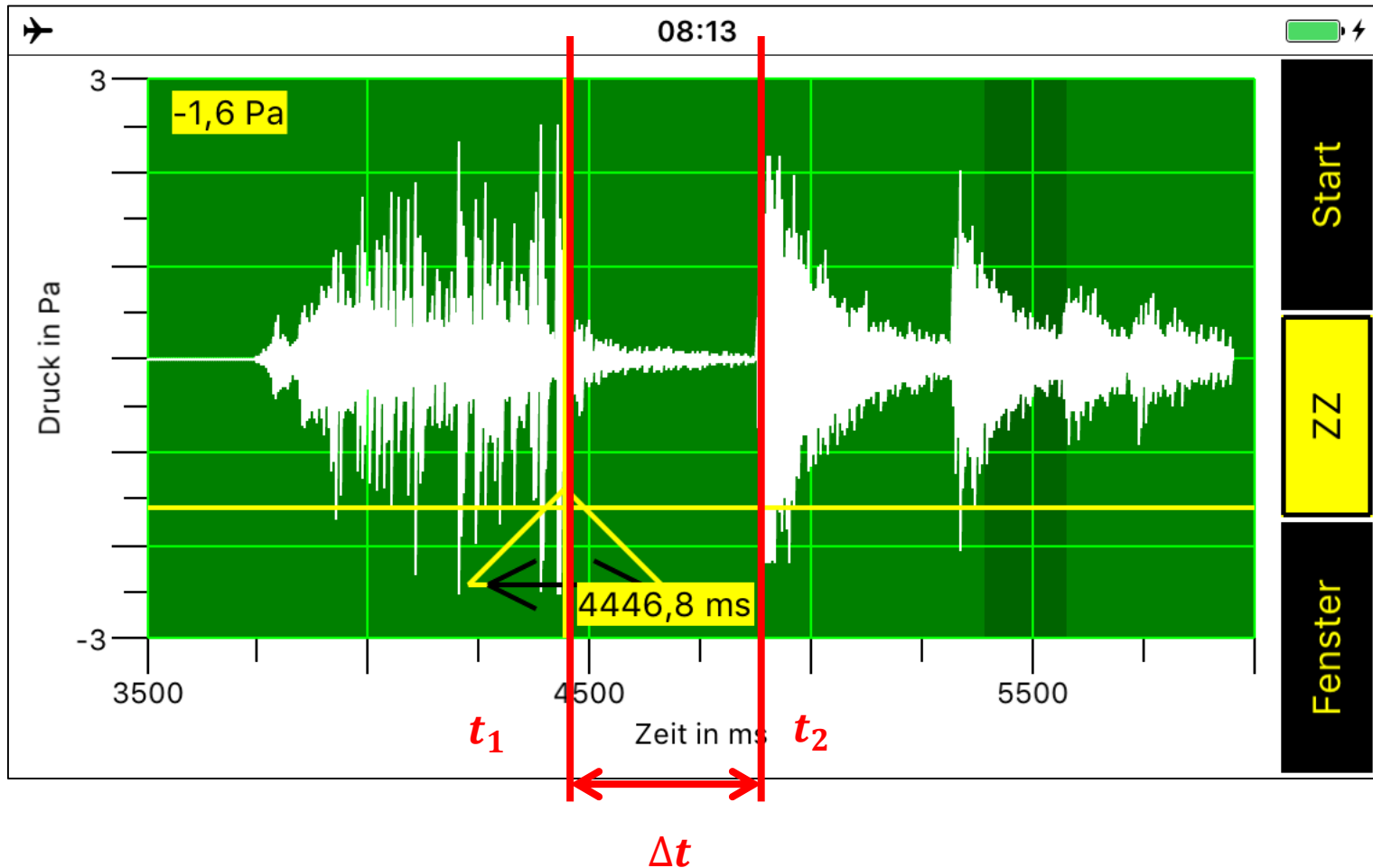
Vergrößerung: Ende des Abrollens



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung von $g$

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert

- Damit:

$$\Delta t = 4882,8 \text{ ms} - 4446,8 \text{ ms} = 436,0 \text{ ms}$$

- Berechnung von  $g$ :

$$g = \frac{2 \cdot h}{\Delta t^2} = 9,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Waagerechter Wurf: Fallzeit unabhängig von $v_0$

Gleicher Aufbau  
und  
Zeitbestimmung  
wie Experiment:  
„Freier Fall:  
 $g$  über  
Abrollgeräusch“



Durchführung:

1. Smartphone auf Tisch legen
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Kugel anstoßen
4. Mit unterschiedlichen Anfangsgeschwindigkeiten wiederholen

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

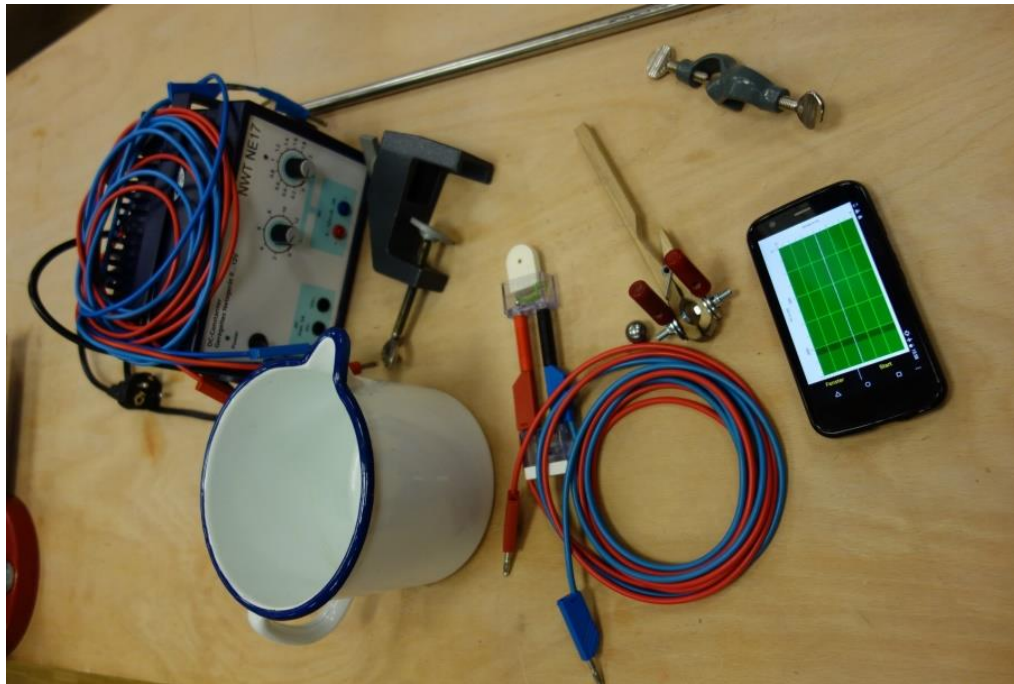
# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Freier Fall: $g$ über Summer bestimmen

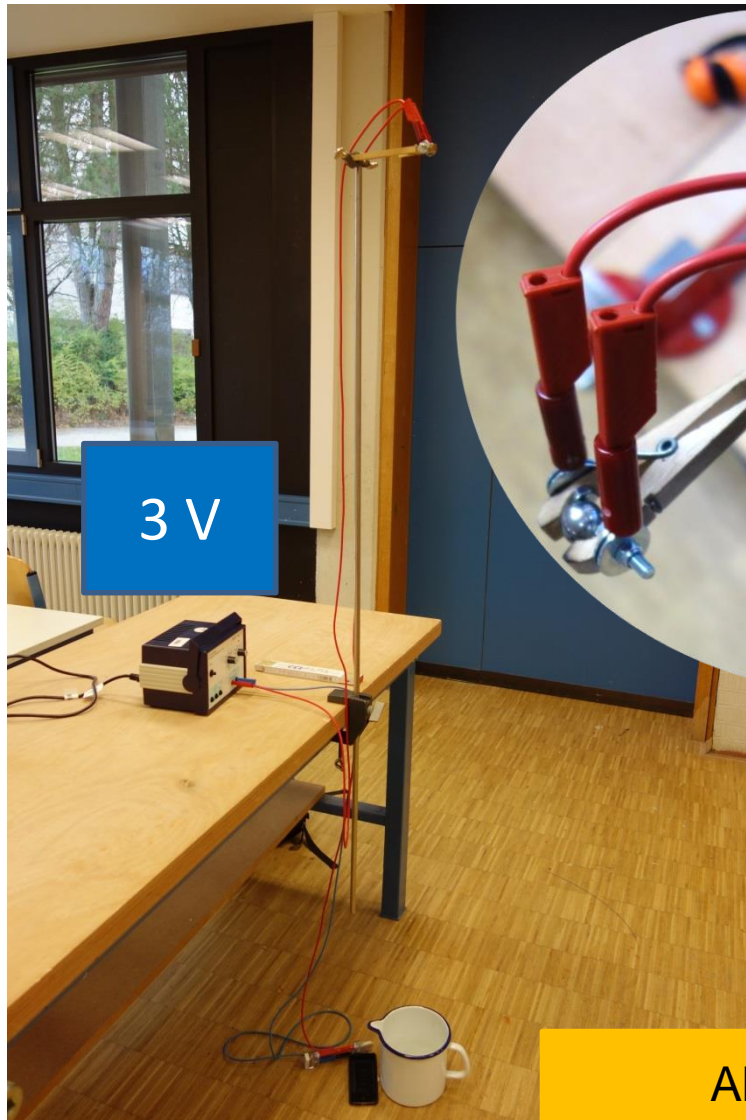
Aufgabenblatt mit gestuften Hilfen zur Planung dieses Experiments mit weiteren Informationen und Aufgaben zu Messabweichungen

[http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/physik/gym/fb4/2\\_leitperspektiven/3\\_medien/1\\_smartphone/2312\\_materialien\\_smartphone\\_akustik.zip](http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/physik/gym/fb4/2_leitperspektiven/3_medien/1_smartphone/2312_materialien_smartphone_akustik.zip)



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Freier Fall: $g$ über Summer bestimmen



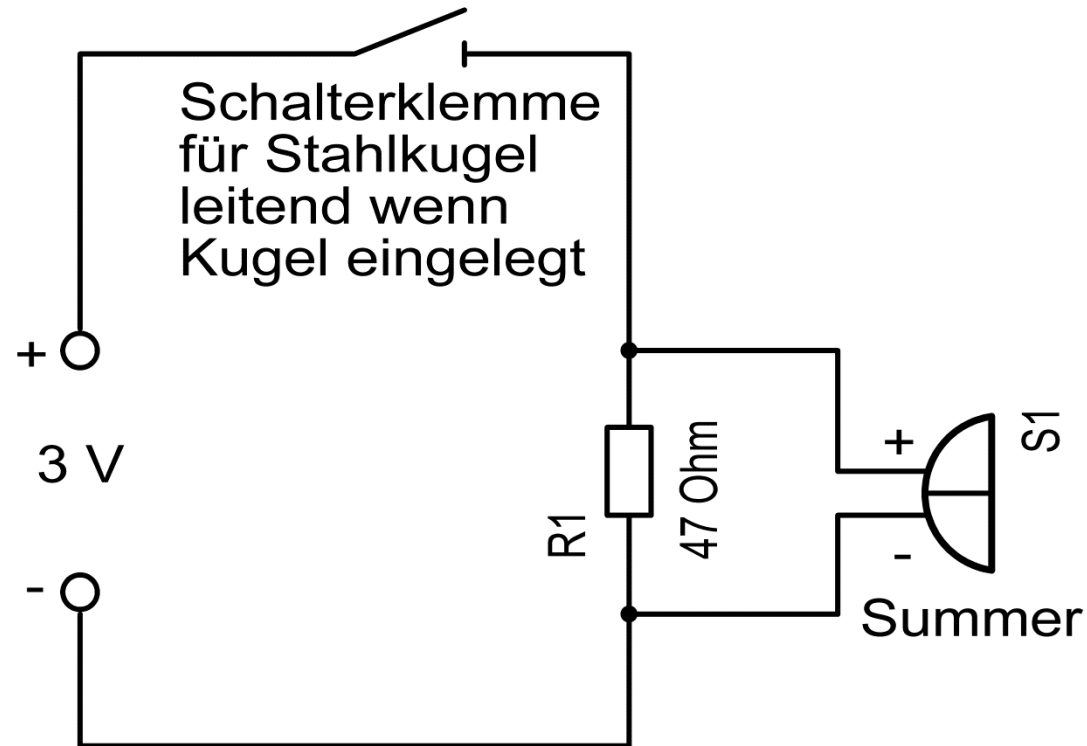
Schalterklemme:  
leitend wenn Kugel  
eingelegt



Abstände zum Mikrophon ungefähr gleich groß

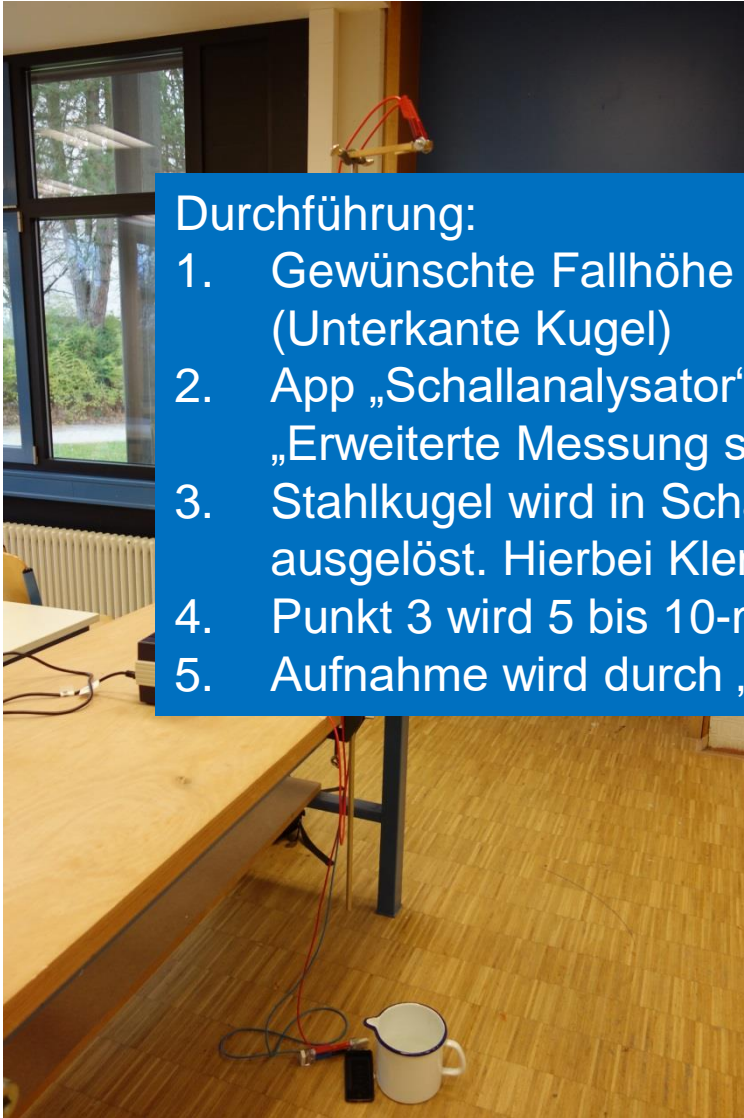
Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Freier Fall: $g$ über Summer bestimmen



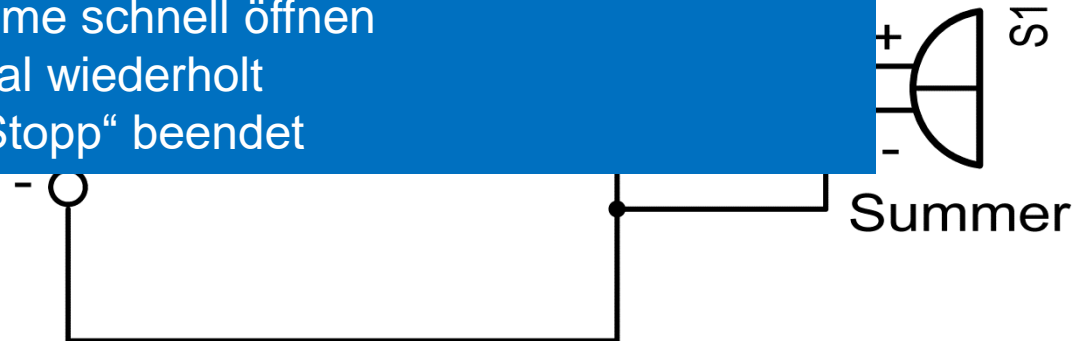
Widerstand R1 notwendig, um Piezo-Summer beim Öffnen der Schalterklemme zu dämpfen

# Freier Fall: $g$ über Summer bestimmen



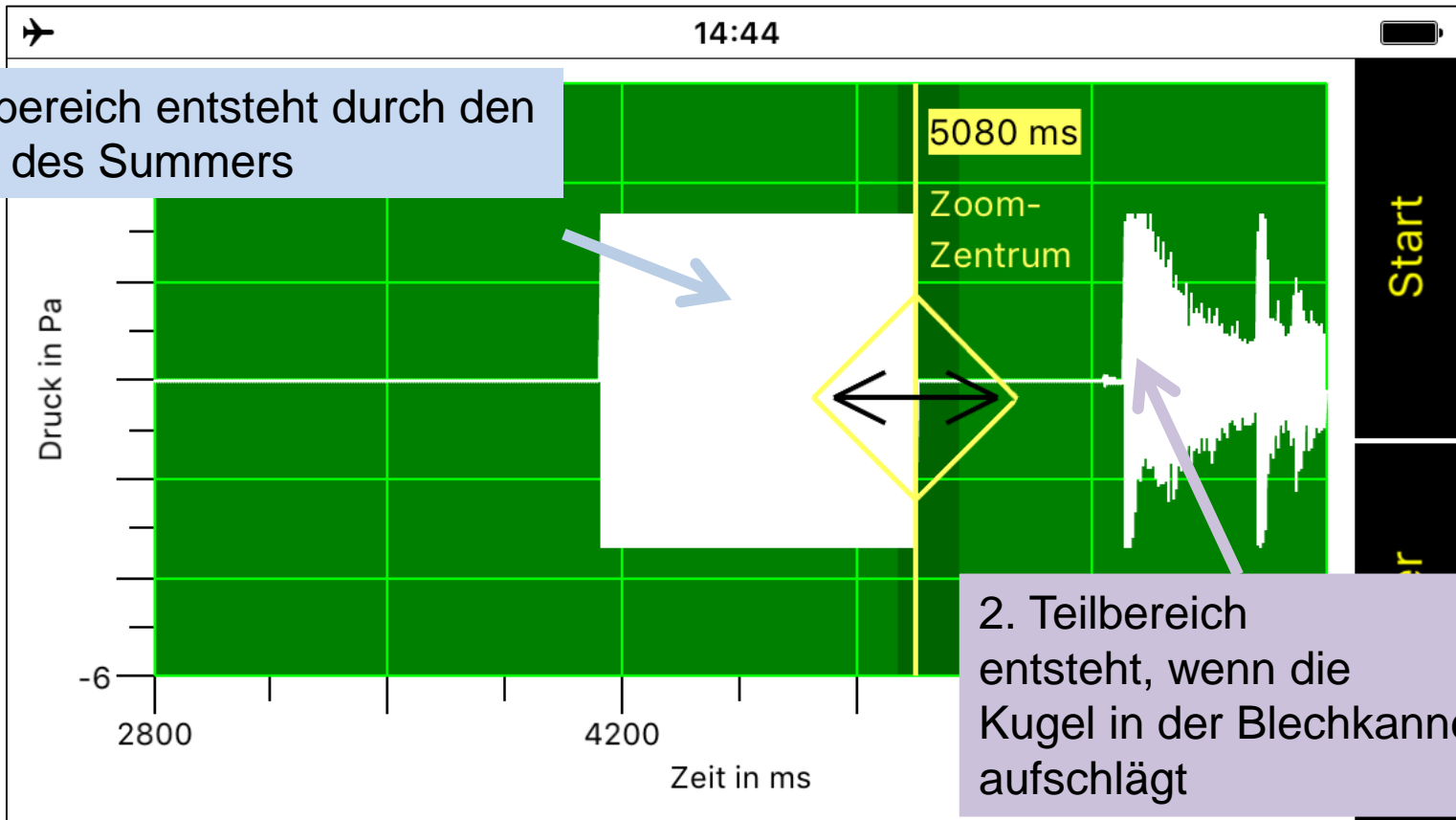
## Durchführung:

1. Gewünschte Fallhöhe wird eingestellt und genau vermessen (Unterkante Kugel)
2. App „Schallanalysator“ wird im Aufnahmemodus „Erweiterte Messung schnell (max. 60 s)“ gestartet
3. Stahlkugel wird in Schalterklemme eingelegt und kurz darauf ausgelöst. Hierbei Klemme schnell öffnen
4. Punkt 3 wird 5 bis 10-mal wiederholt
5. Aufnahme wird durch „Stopp“ beendet



# Versuchsauswertung: Bestimmung Fallzeit

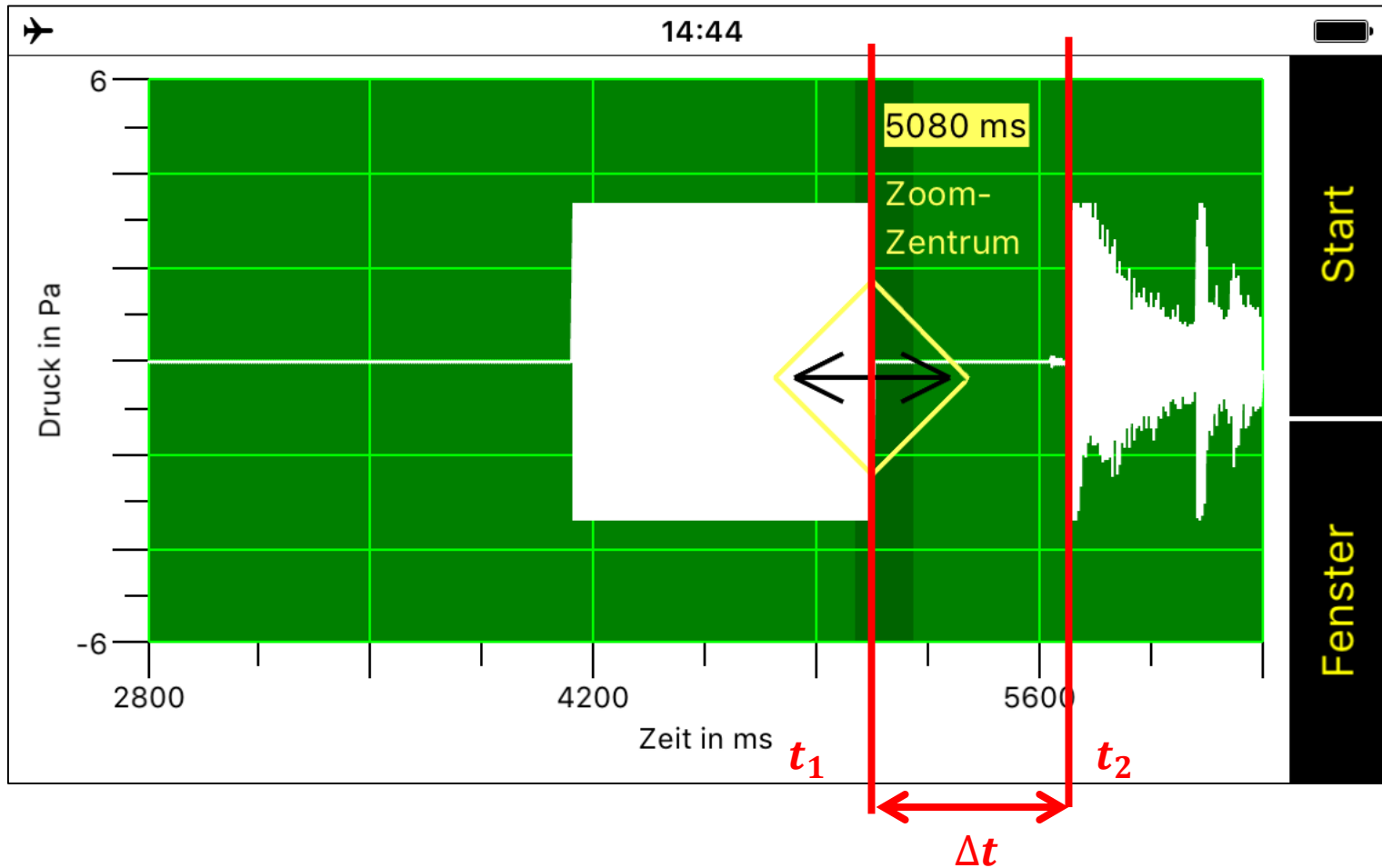
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop





# Versuchsauswertung: Bestimmung Schalllaufzeit

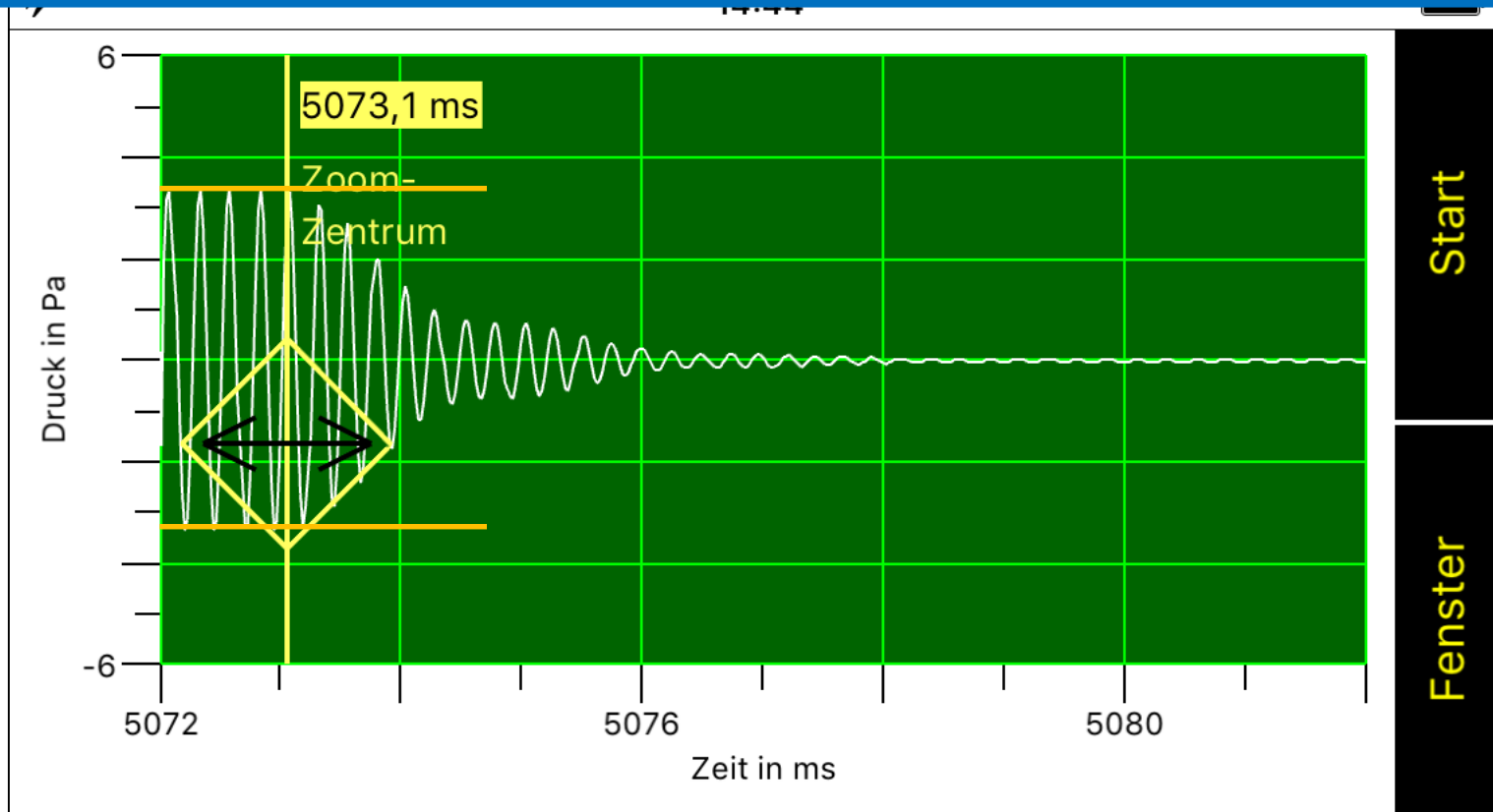
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenz im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Fallzeit

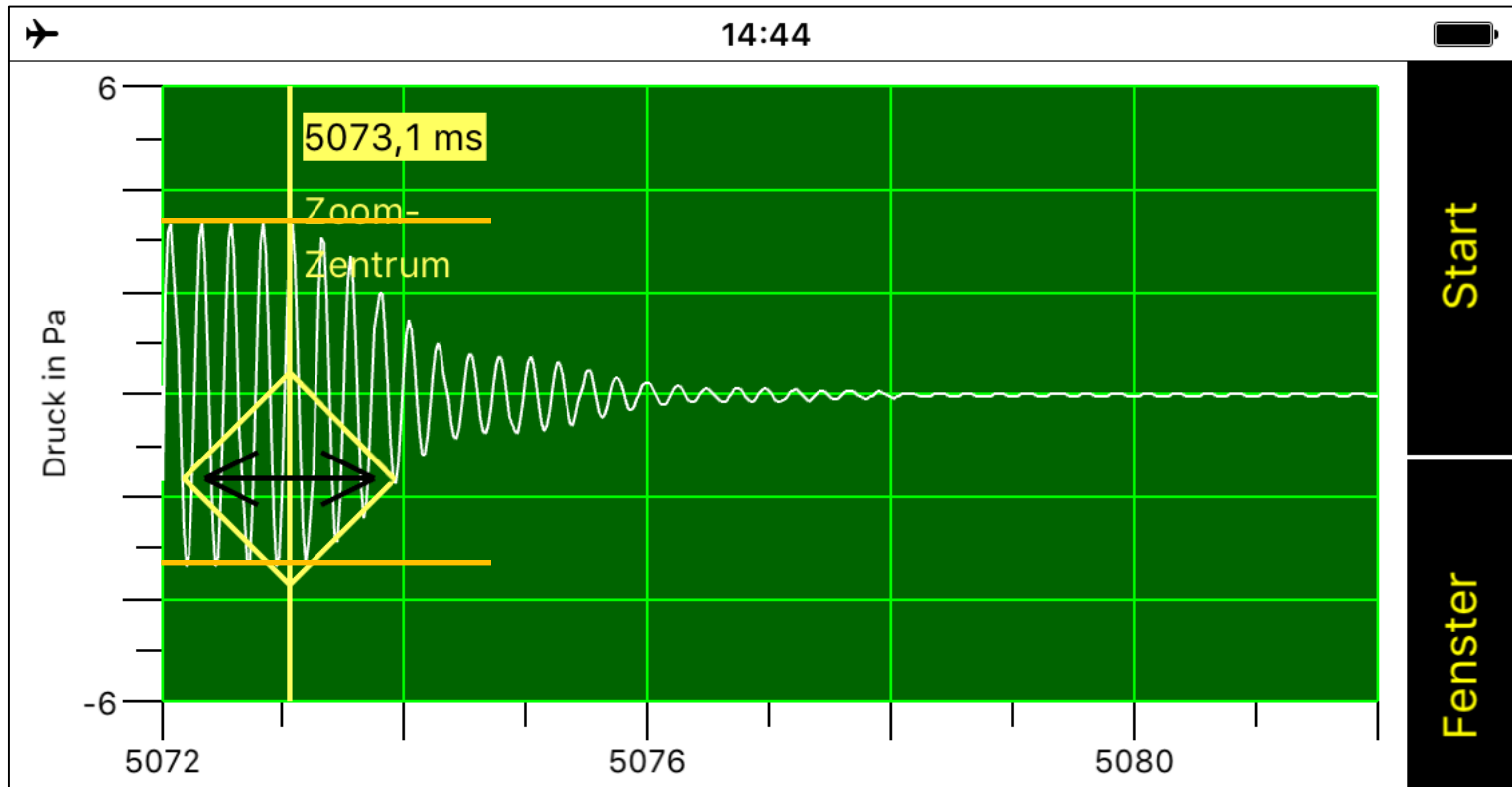
Zoomzentrum auf vermutlichen Ausschaltzeitpunkt  $t_1$   
des Summers setzen



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Fallzeit

Achtung! Systematische Messabweichung:



Der hier verwendete Piezo-Summer sendet noch ca. 1,7 ms nach dem Ausschalten mit unveränderter Amplitude weiter.

Korrektur:  $t_1 = 5073,1 \text{ ms} - 1,7 \text{ ms} = 5071,4 \text{ ms}$

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

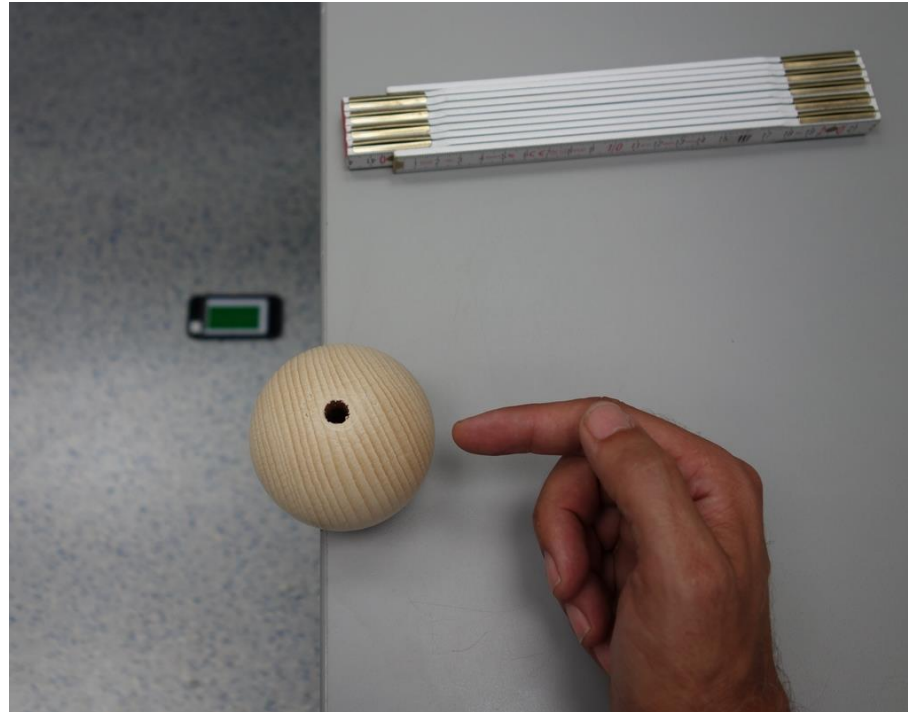
# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Energieabgabe pro Aufprall: Springende Kugel

Aufbau:  
Holzkugel  
( $\varnothing$  7 cm)

Abstand zum  
Boden =  
Tischhöhe  
 $h = 0,895$  m



Durchführung:

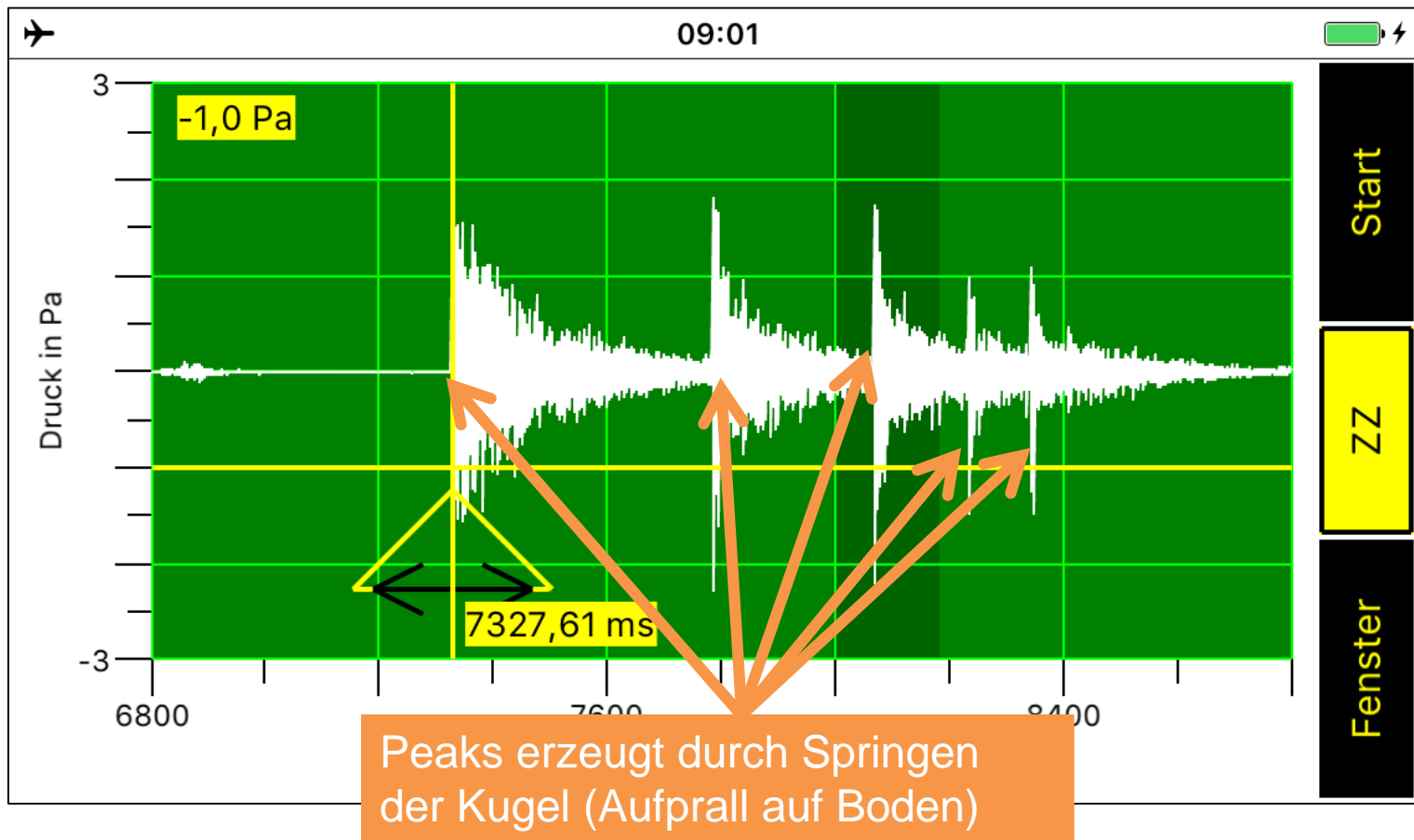
1. Smartphone in sicherer Entfernung auf Boden legen, eventuell zum Schutz mit Sieb abdecken
2. App Schallanalysator: „Erweiterte Messung schnell“ starten
3. Kugel antippen

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

Bezugsmöglichkeiten für Holzkugeln: siehe Anhang

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenzen

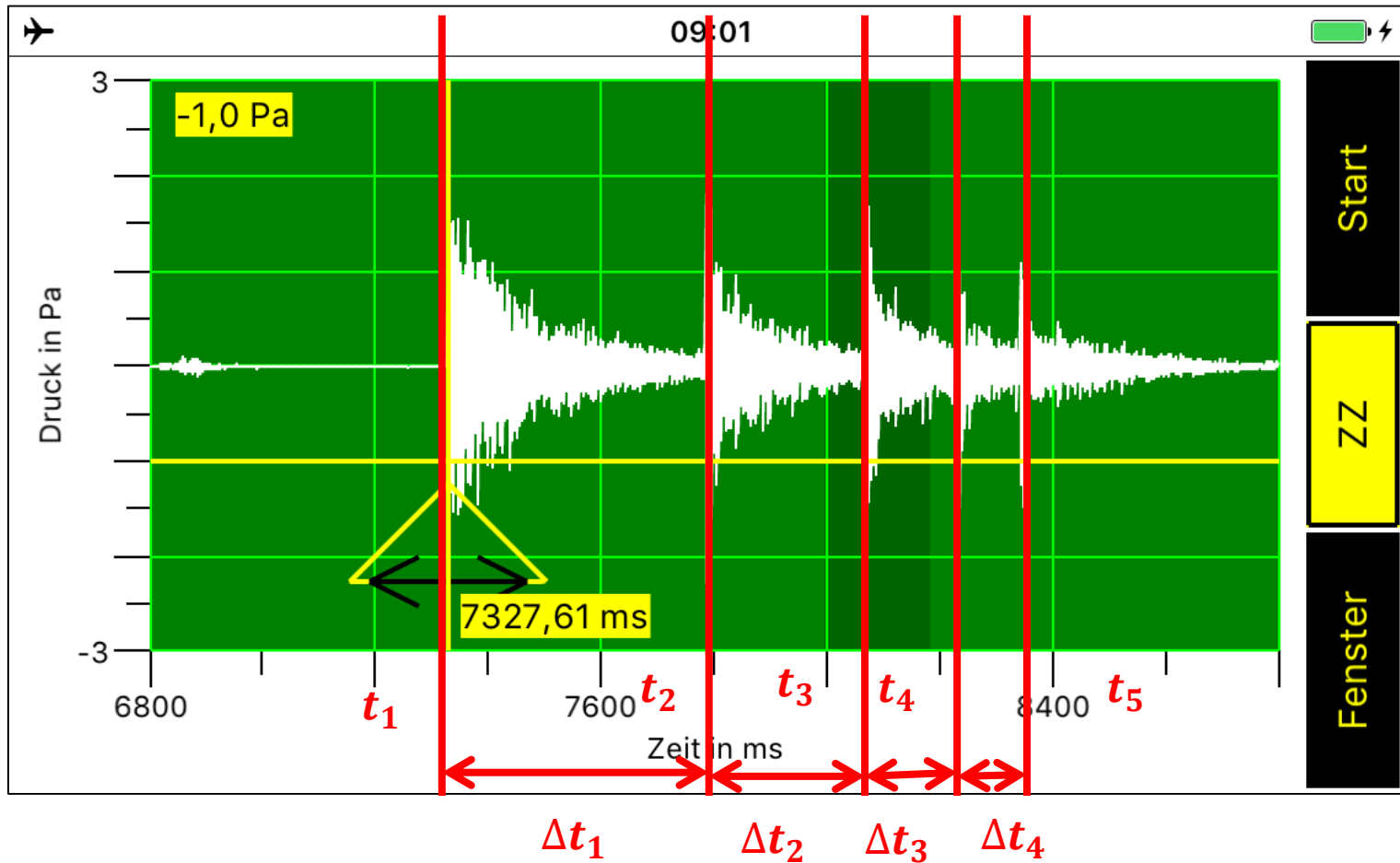
## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenzen im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenzen

## Prinzipielle Bestimmung der Zeitdifferenzen im Oszilloskop



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Energieabgabe pro Aufprall

- Vorgehen zum genauen Ablesen der Zeitpunkte  $t_1$  bis  $t_5$  im Oszilloskop der App Schallanalysator wird im Anhang erläutert
- Damit:

$$\Delta t_1 = 7787,25 \text{ ms} - 7327,61 \text{ ms} = 459,64 \text{ ms}$$

$$\Delta t_2 = 8069,50 \text{ ms} - 7787,25 \text{ ms} = 282,25 \text{ ms}$$

$$\Delta t_3 = 8236,10 \text{ ms} - 8069,50 \text{ ms} = 166,60 \text{ ms}$$

$$\Delta t_4 = 8346,70 \text{ ms} - 8236,10 \text{ ms} = 110,60 \text{ ms}$$

- Berechnung der Sprunghöhen:

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2$$

---



# Versuchsauswertung: Energieabgabe pro Aufprall

- Damit:

$$h_0 = 0,895 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,259 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,098 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,034 \text{ m}$$

$$h_4 = 0,015 \text{ m}$$

- Berechnung der Lageenergien über  $E = m \cdot g \cdot h$  mit  $m = 0,1236 \text{ kg}$ :

$$E_0 = 1,09 \text{ J}$$

$$E_1 = 0,314 \text{ J}$$

$$E_2 = 0,12 \text{ J}$$

$$E_3 = 0,041 \text{ J}$$

$$E_4 = 0,018 \text{ J}$$

---

# Versuchsauswertung: Energieabgabe pro Aufprall

- Daraus Berechnung der entstehenden Wärme pro Aufprall

$$\Delta E_{0,1} = E_0 - E_1 = 0,776 \text{ J}$$

$$\Delta E_{1,2} = E_1 - E_2 = 0,194 \text{ J}$$

$$\Delta E_{2,3} = E_2 - E_3 = 0,079 \text{ J}$$

$$\Delta E_{3,4} = E_3 - E_4 = 0,023 \text{ J}$$

- Und schließlich die prozentuale Energieabgabe pro Aufprall

$$\frac{\Delta E_{0,1}}{E_0} = 71\%$$

$$\frac{\Delta E_{1,2}}{E_1} = 62\%$$

$$\frac{\Delta E_{2,3}}{E_2} = 66\%$$

$$\frac{\Delta E_{3,4}}{E_3} = 56\%$$

---

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Anhang: Bestimmung Zeitdifferenz

Prinzipielles Vorgehen bei der Arbeit mit dem Speicheroszilloskop:

- **Überblick erhalte durch**

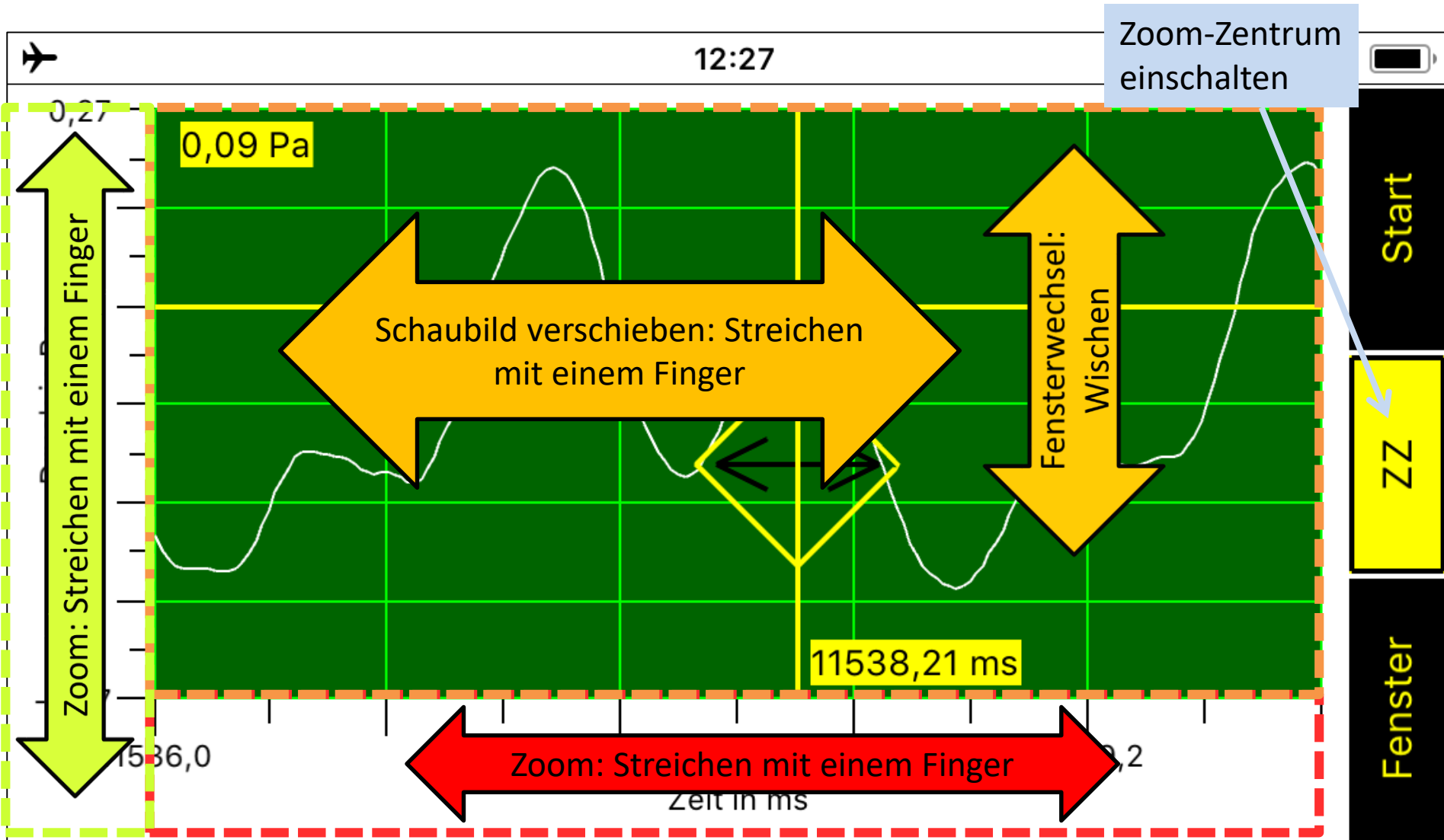
1. Zusammenschieben des Schaubildes entlang der Zeitachse (verkleinern)
2. anschließendes Verschieben des Schaubildes
3. Stauchen der Druckachse, um Hauptpeaks besser vom Rauschen unterscheiden zu können

- **Ablesen eines genauen Zeitpunkts durch**

1. geeignete Festlegung des Zoomzentrums
2. anschließendes Auseinanderziehen des Schaubildes (vergrößern) entlang der Zeitachse
3. Anschließendes Verschieben des Zoomzentrums auf die gesuchte Stelle

- **Schließlich Differenz der Zeitpunkte berechnen**

# Zoom und Verschiebung Speicheroszilloskop



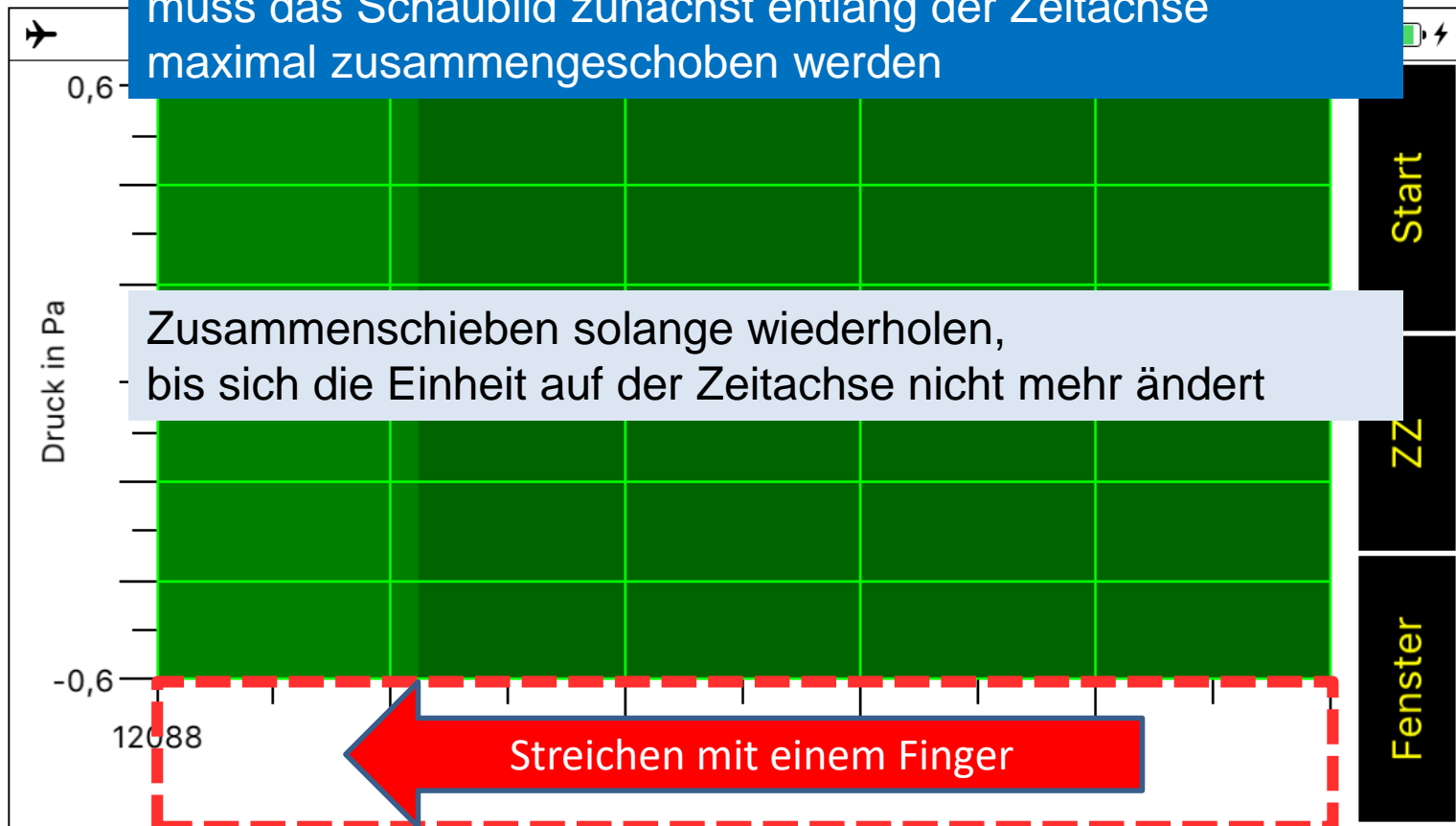
# Anhang: Bestimmung Zeitdifferenz

Überblick: Um die gesuchten Peaks erkennen zu können, muss das Schaubild zunächst entlang der Zeitachse maximal zusammengeschoben werden



# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

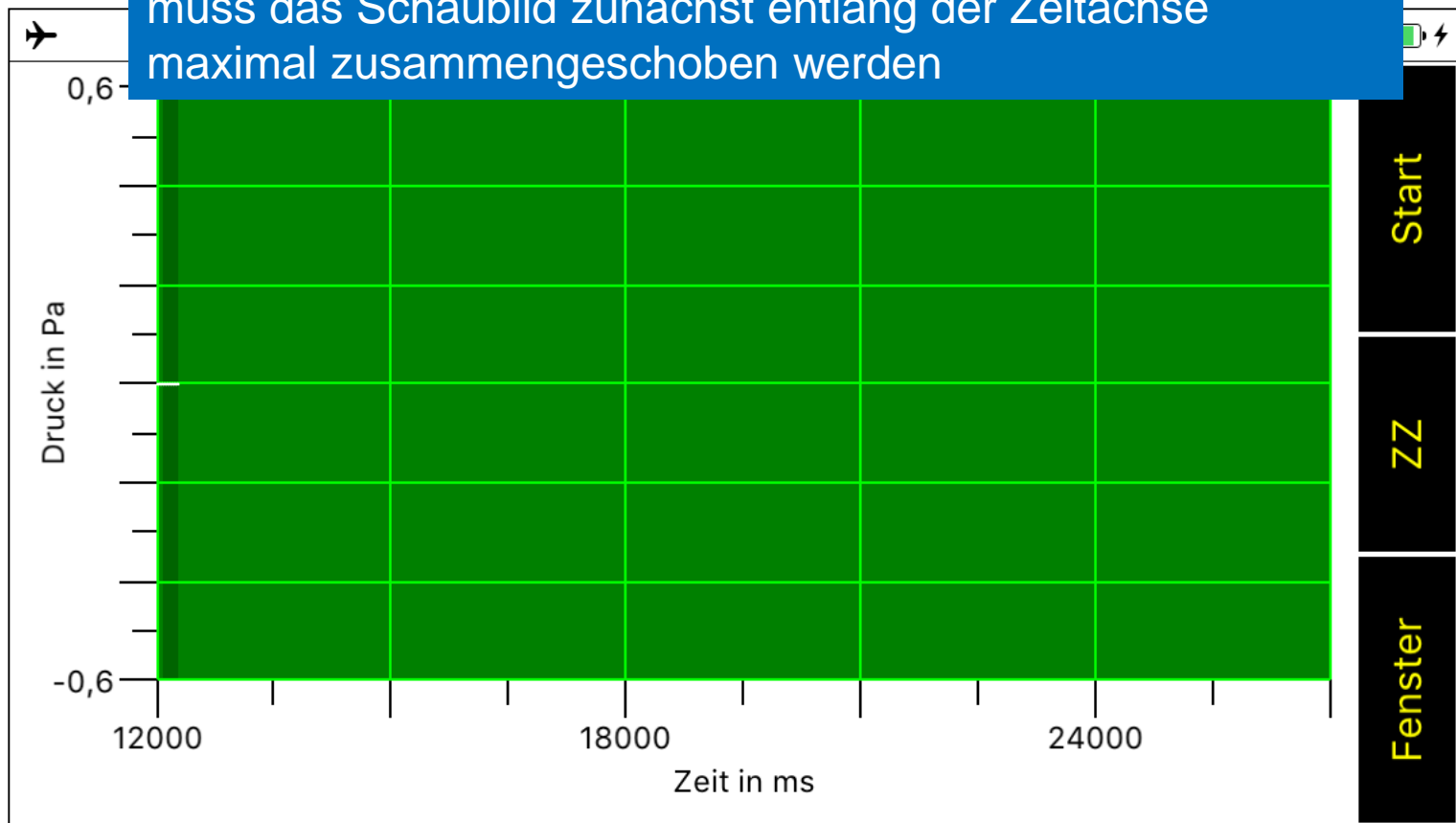
Überblick: Um die gesuchten Peaks erkennen zu können, muss das Schaubild zunächst entlang der Zeitachse maximal zusammengeschoben werden



Zusammenschieben solange wiederholen, bis sich die Einheit auf der Zeitachse nicht mehr ändert

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Überblick: Um die gesuchten Peaks erkennen zu können, muss das Schaubild zunächst entlang der Zeitachse maximal zusammengeschoben werden



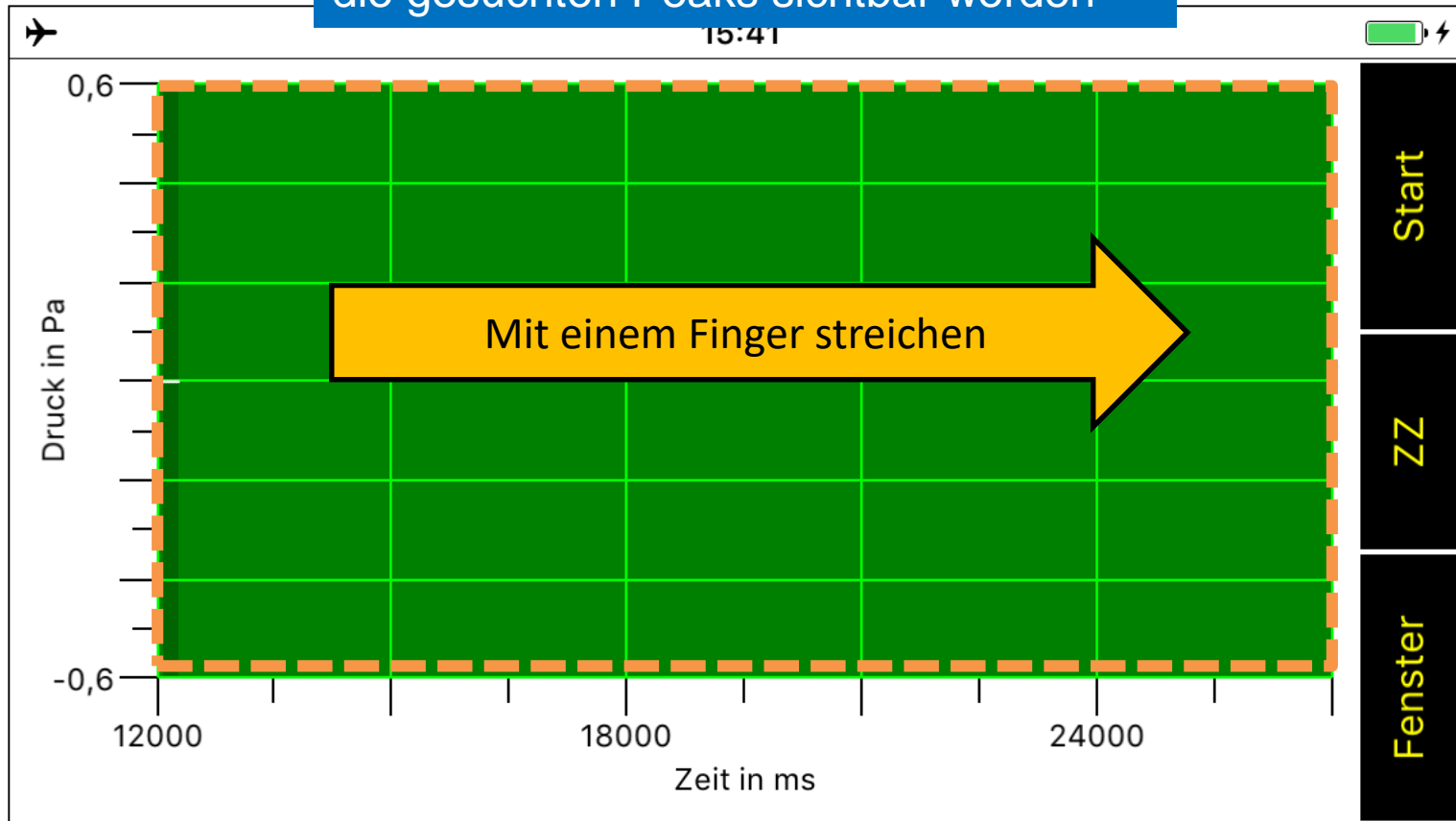
Hierbei kann die Kurve zunächst unsichtbar werden

Messoption: „Erweiterte Messung schnell“



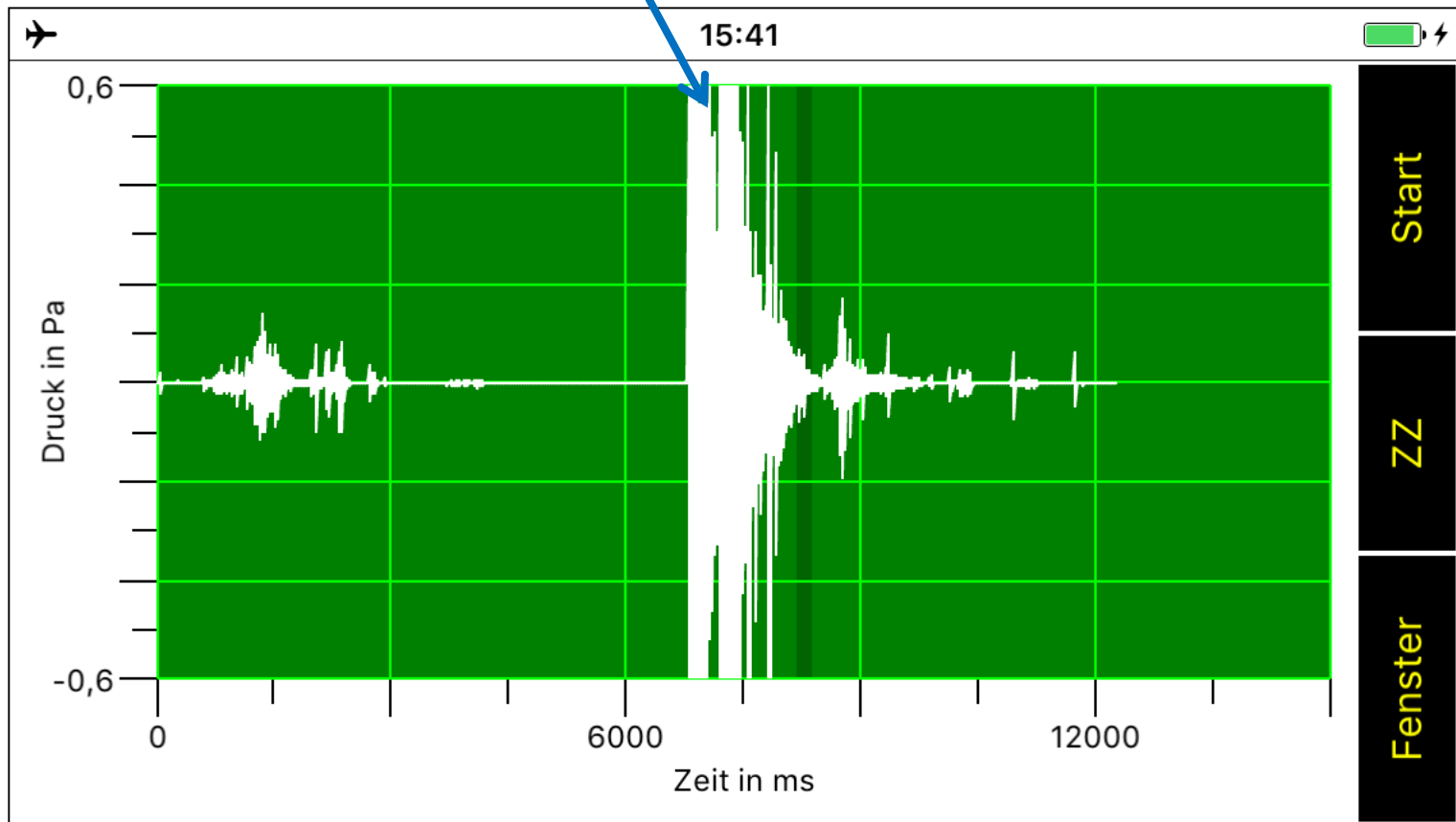
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Das Schaubild wird nun verschoben bis die gesuchten Peaks sichtbar werden



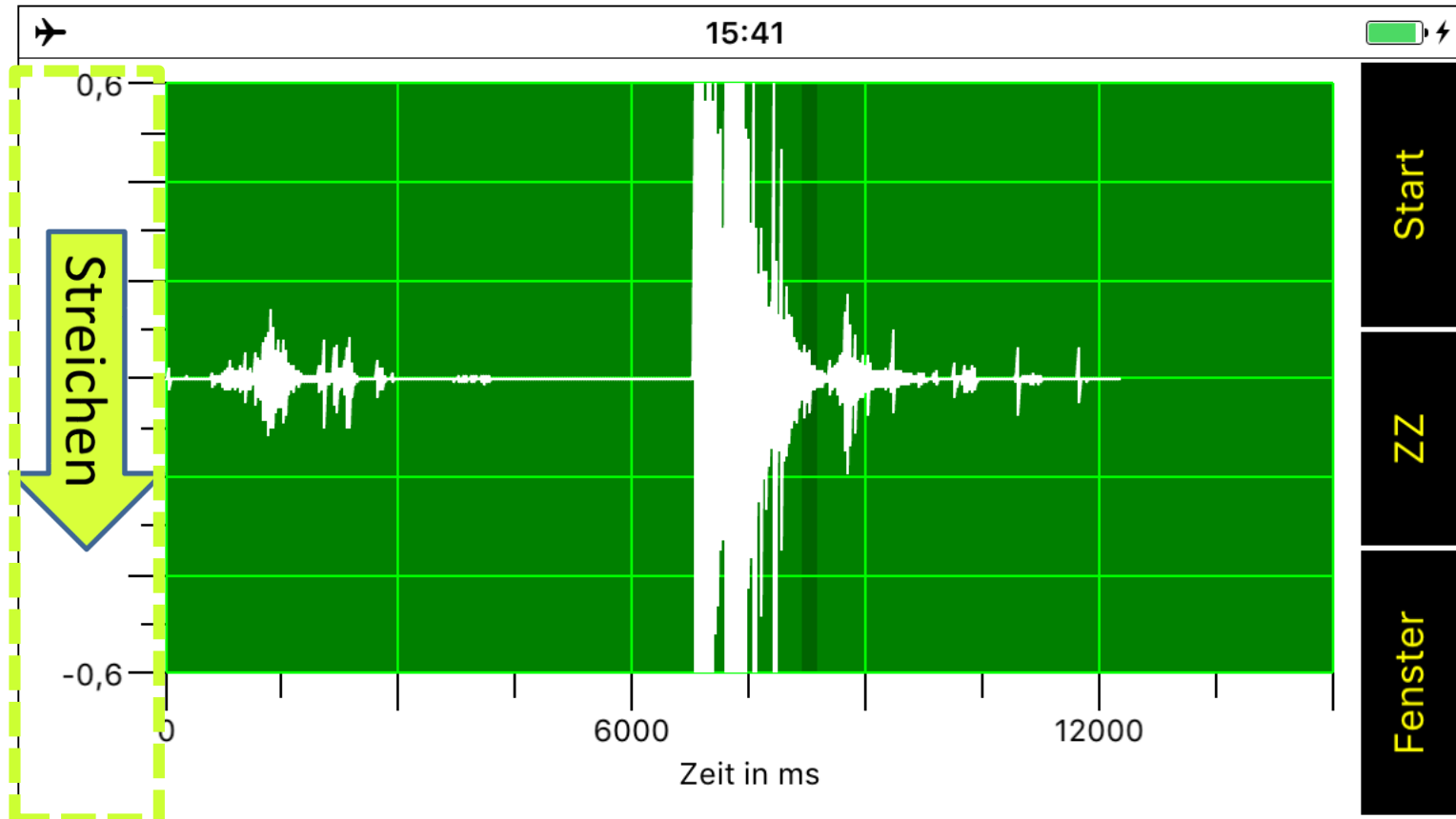
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Hier sind die gesuchten Peaks, allerdings noch nicht richtig getrennt.



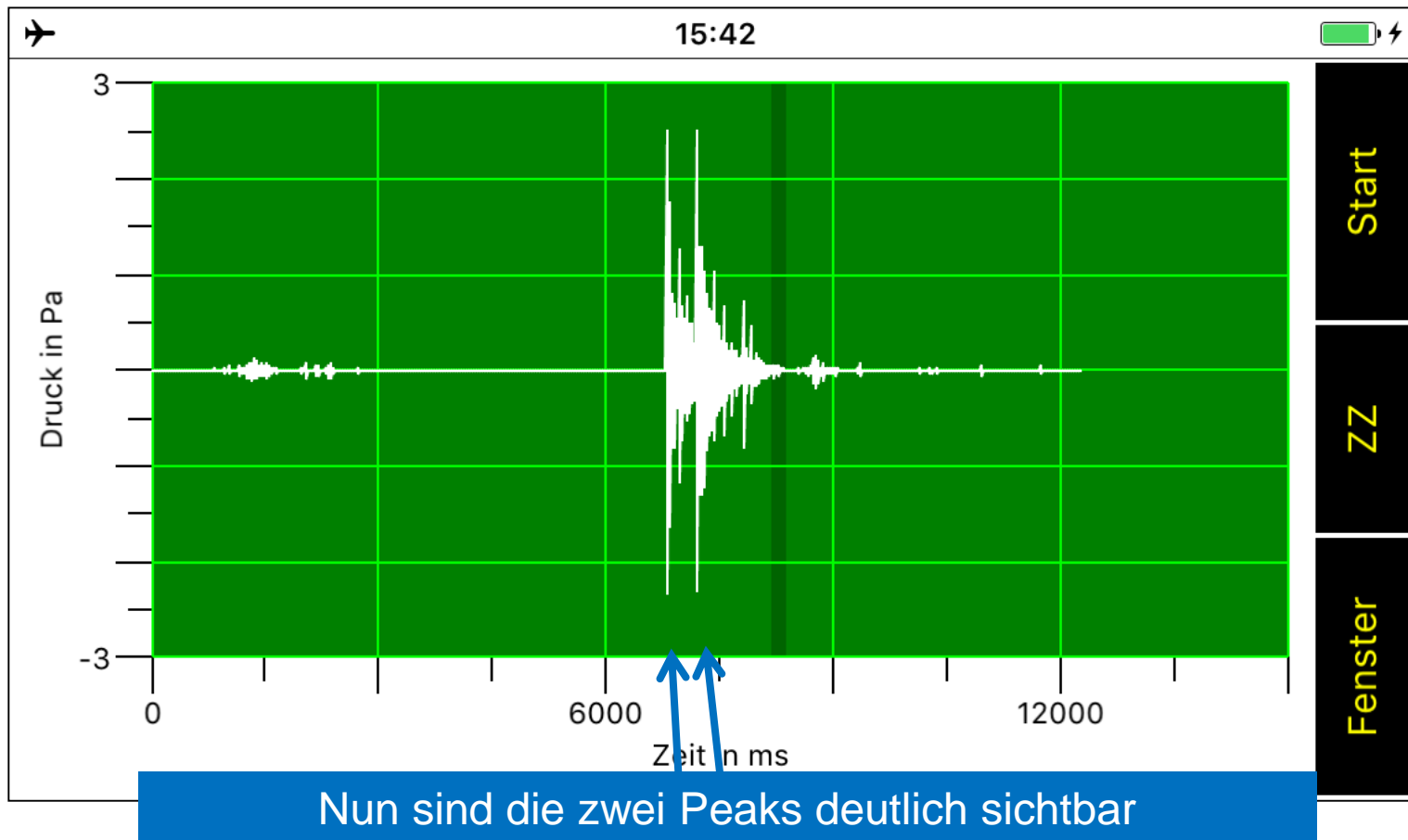
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

**Wichtig!** Zur Trennung der Peaks muss die Druckachse noch gestaucht werden:



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

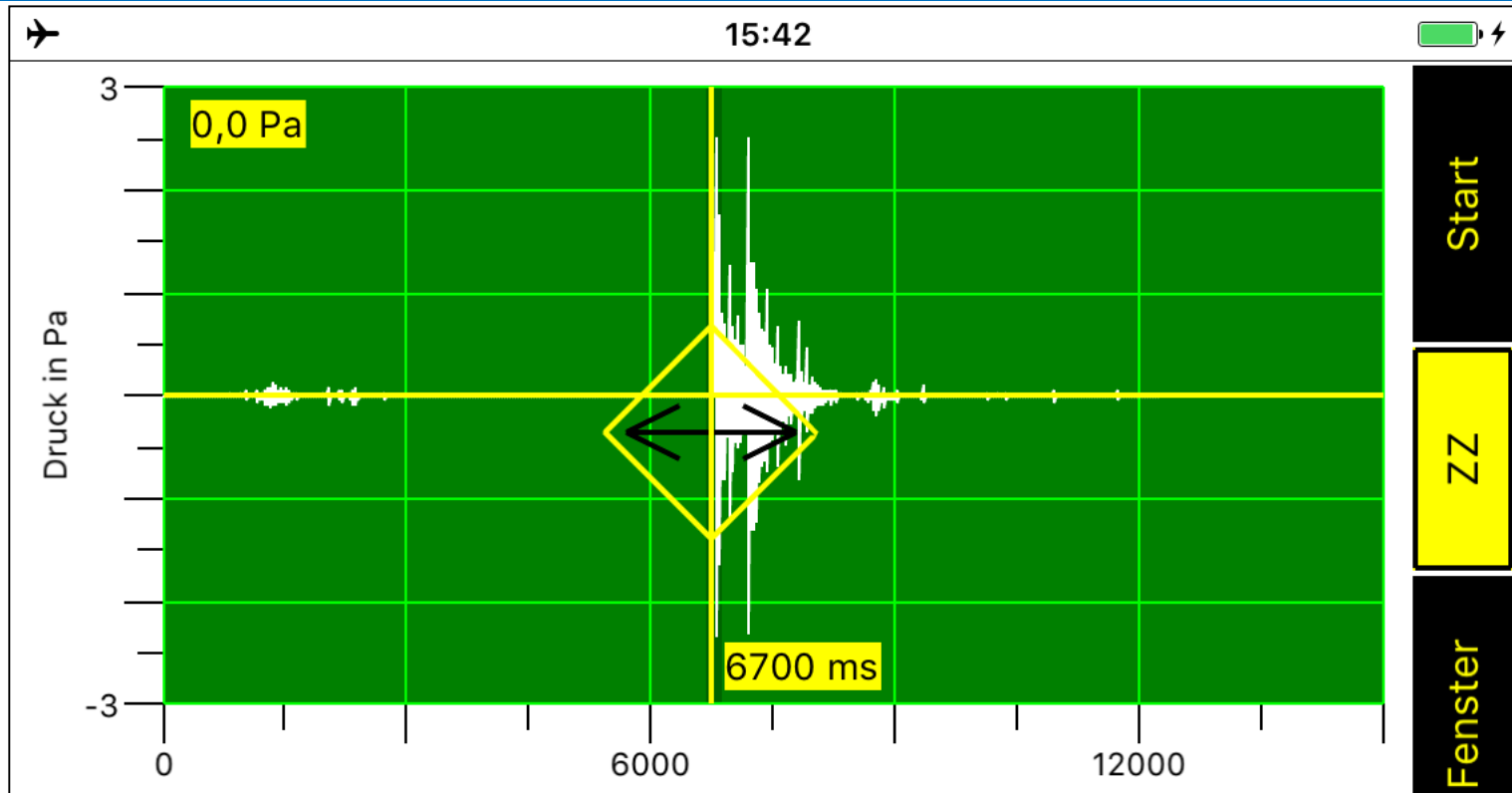
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

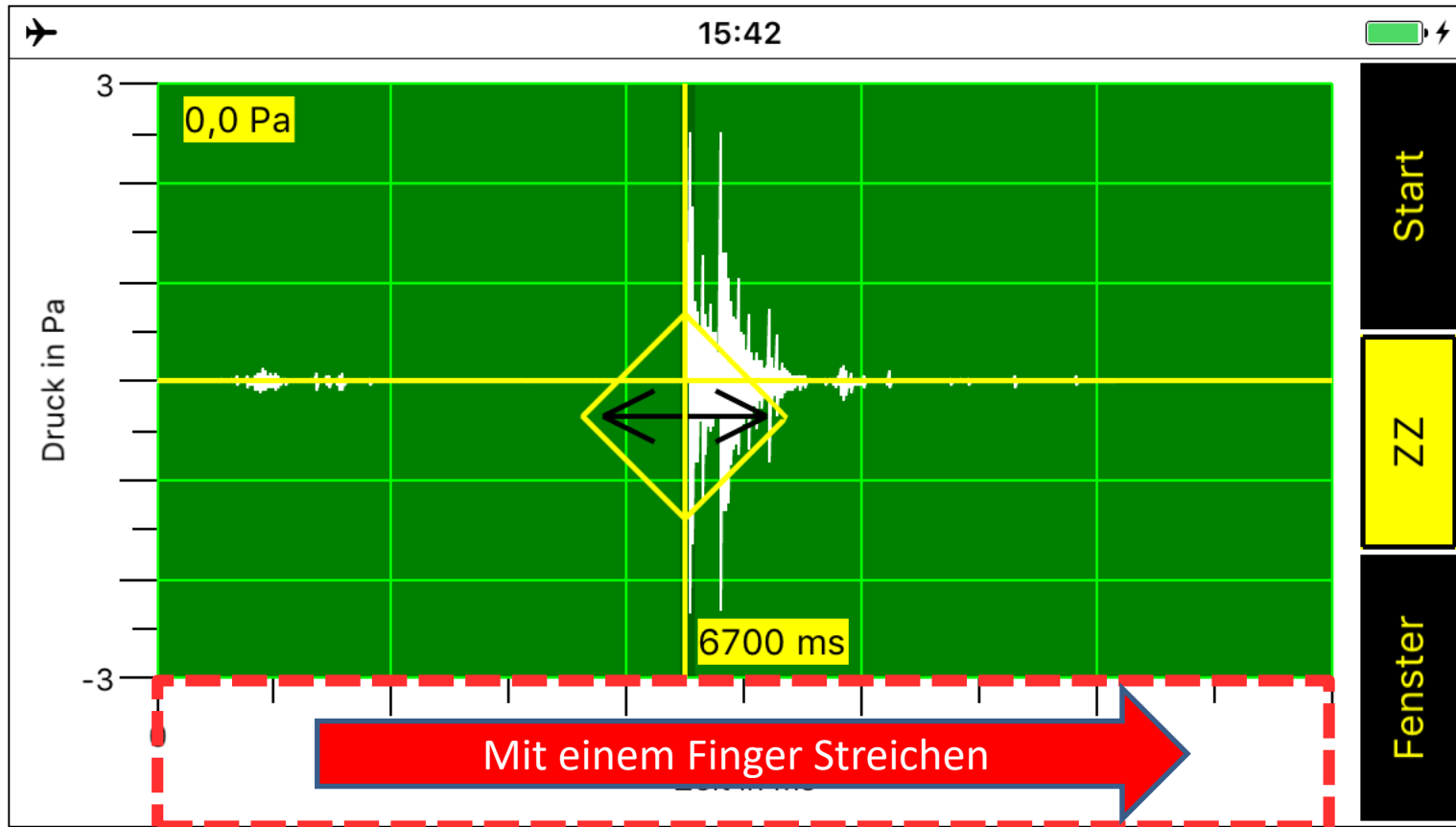
Ziel: Bestimmung des genauen Zeitpunkts des ersten Peaks



Hierzu wird das Zoom-Zentrum (ZZ) eingeschaltet und mit einem Finger zunächst nur näherungsweise auf den ersten Peak geschoben

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

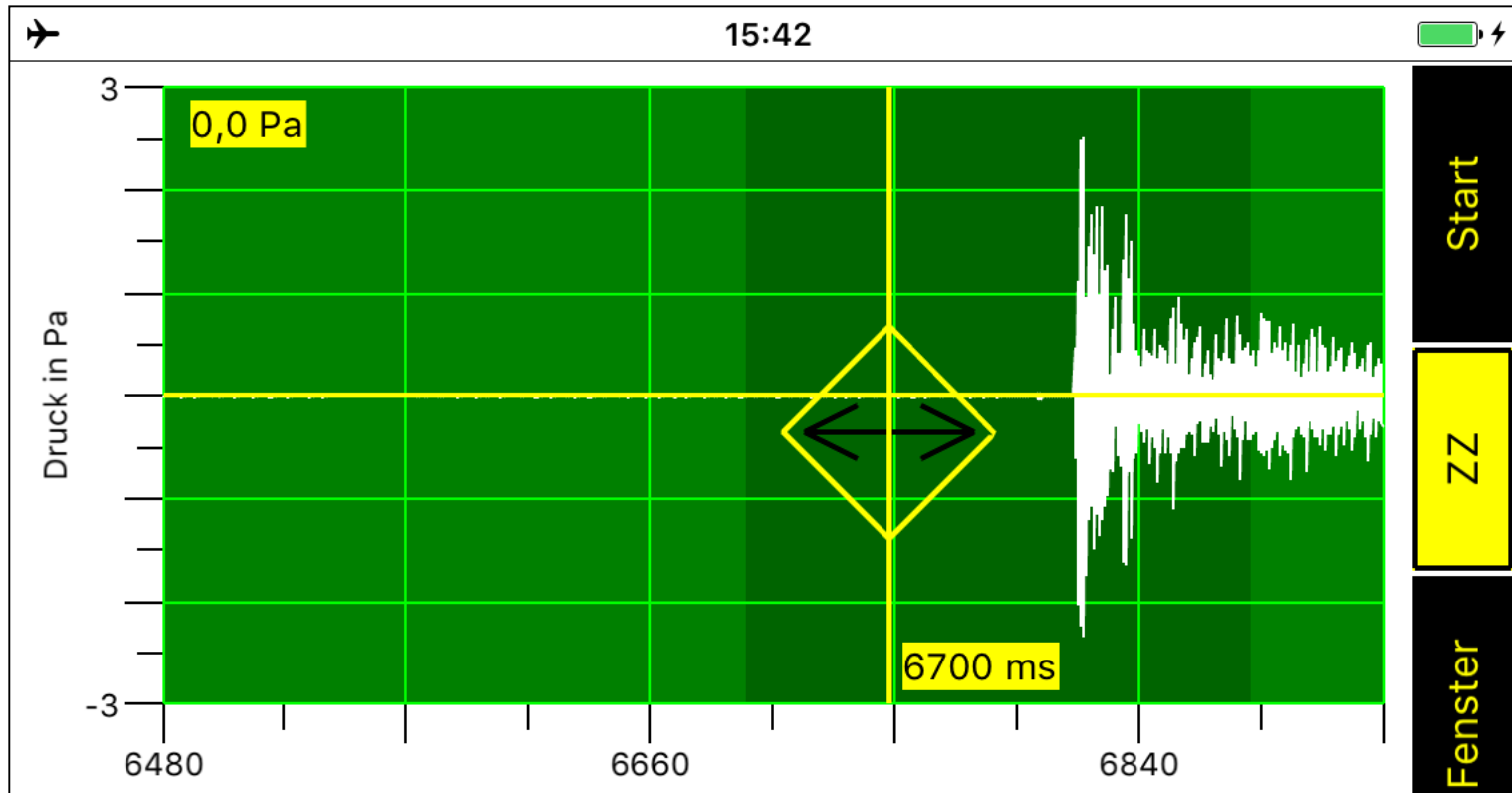
Zur genauen Bestimmung des Zeitpunktes wird die Zeitachse nun vergrößert



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

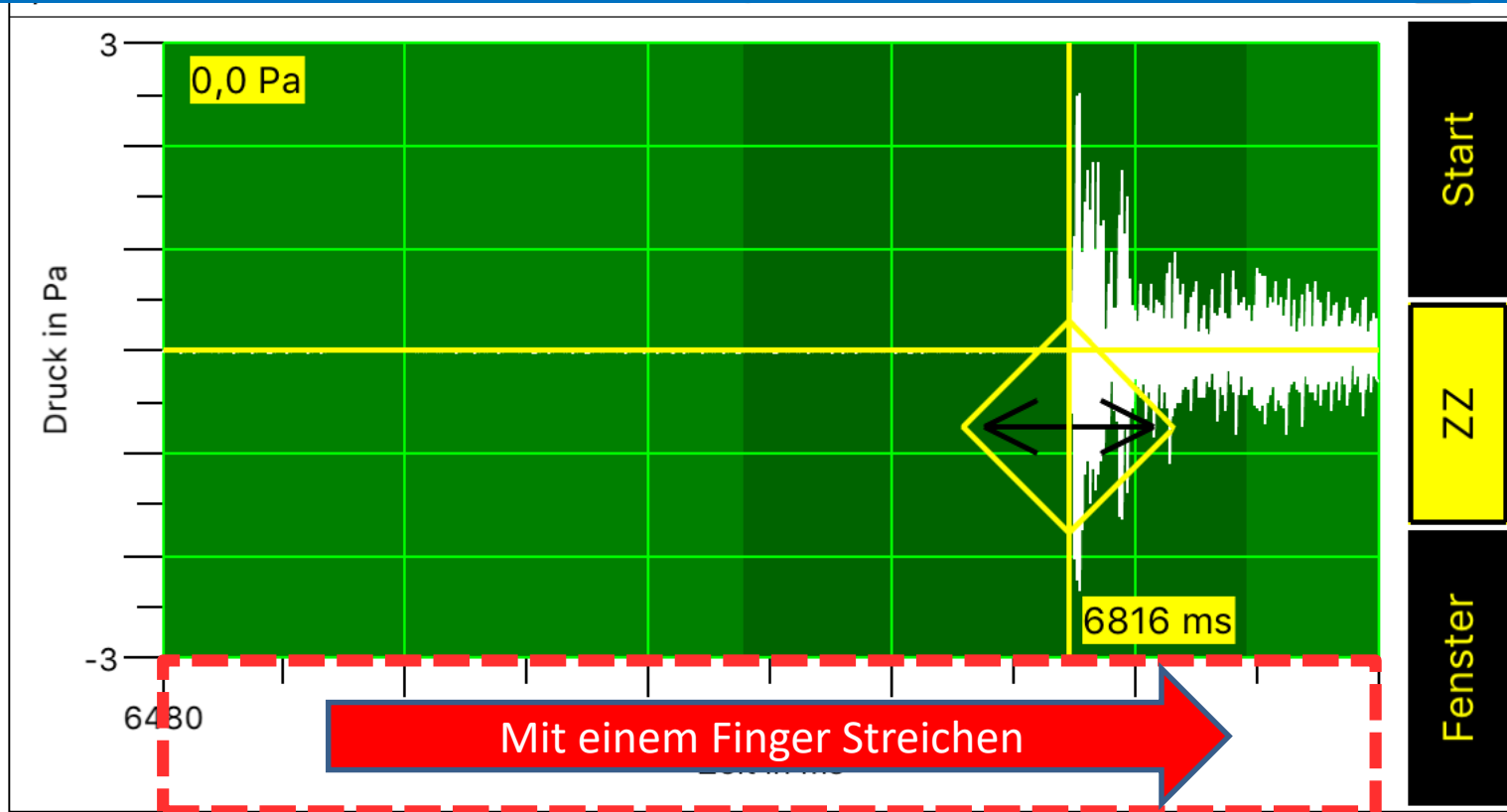
Zur genauen Bestimmung des Zeitpunktes wird die Zeitachse nun vergrößert



Das Zoom-Zentrum (ZZ) muss wieder mit einem Finger auf den ersten Peak geschoben werden

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Zur noch genaueren Bestimmung des Zeitpunktes wird die Zeitachse nun weiter vergrößert

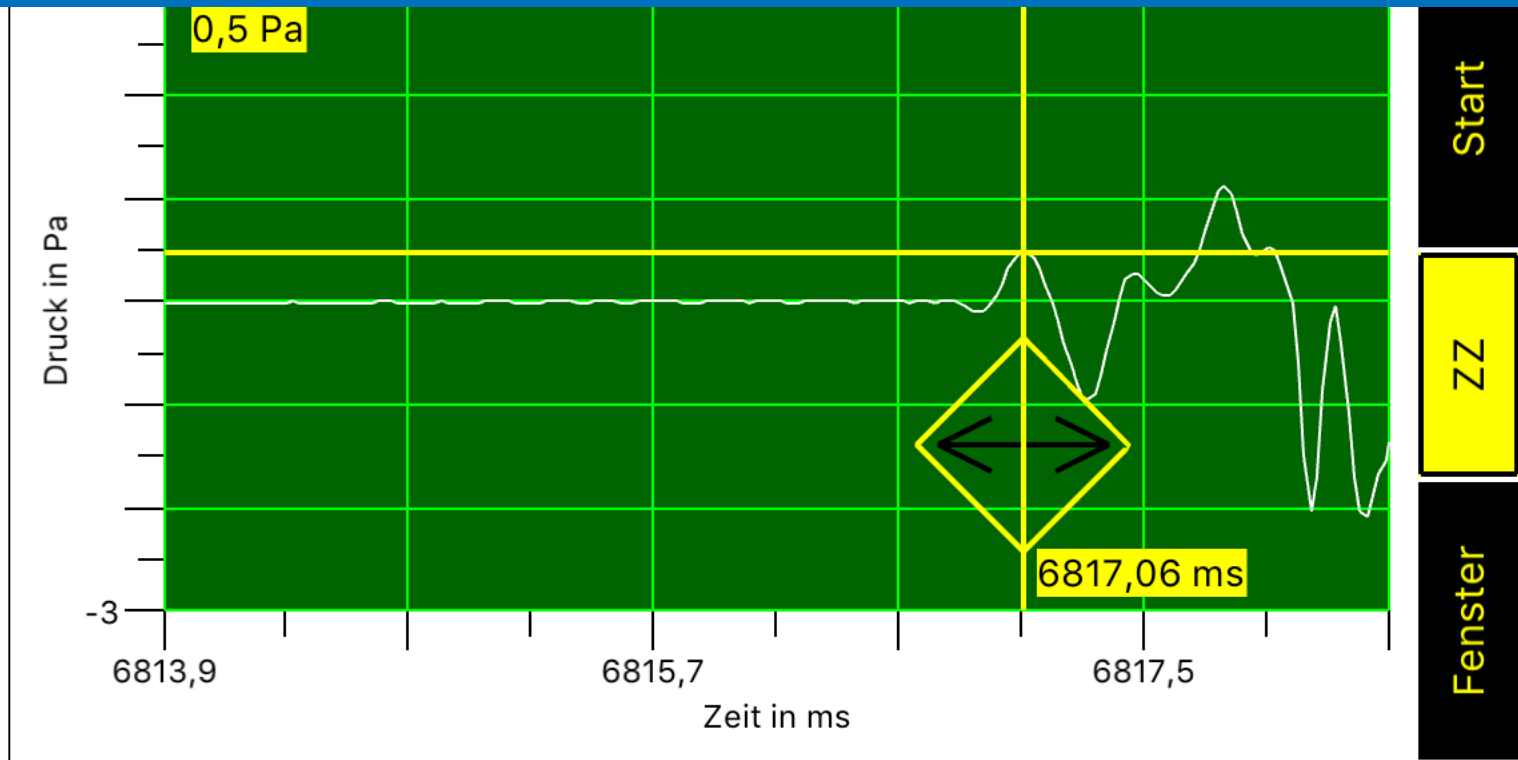


Messoption: „Erweiterte Messung schnell“



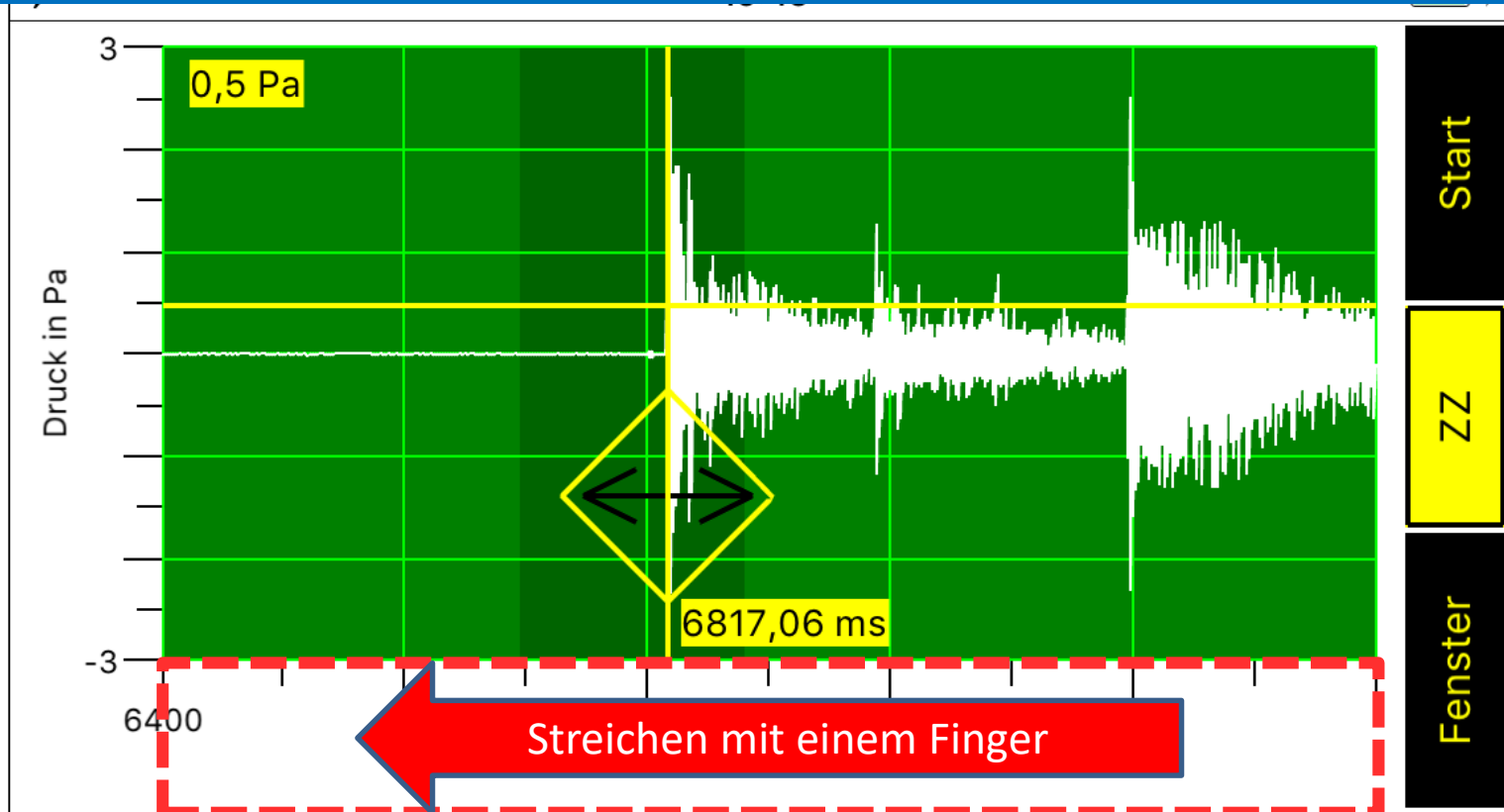
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Nach erneuter Korrektur des Zoom-Zentrums kann nun der genaue Zeitpunkt des ersten Peaks abgelesen und auf einem Blatt notiert werden (hier: 6817,06 ms)



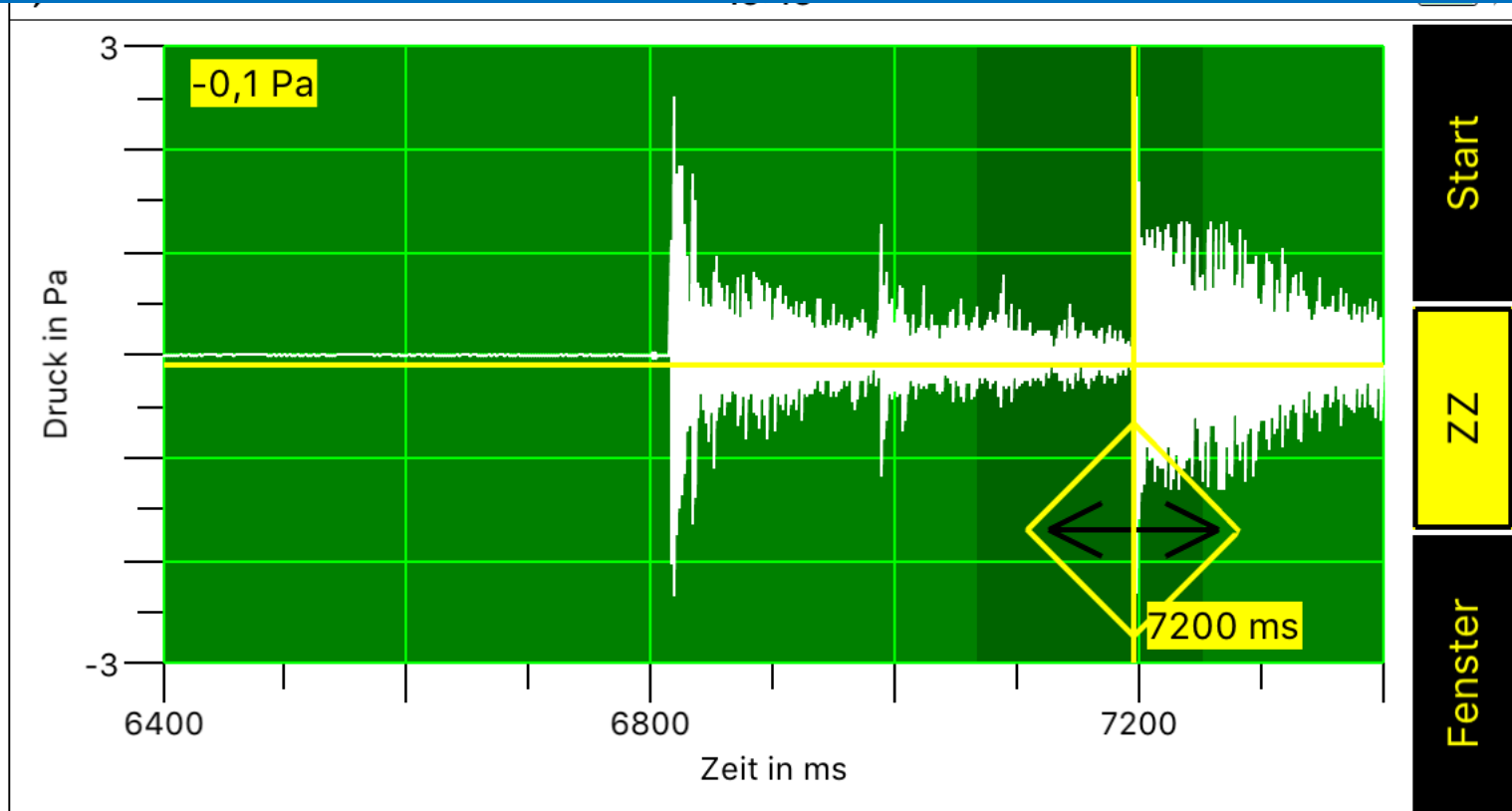
# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Um nun zum 2. Peak zu gelangen, wird das Schaubild zunächst wieder zusammengeschoben:



# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

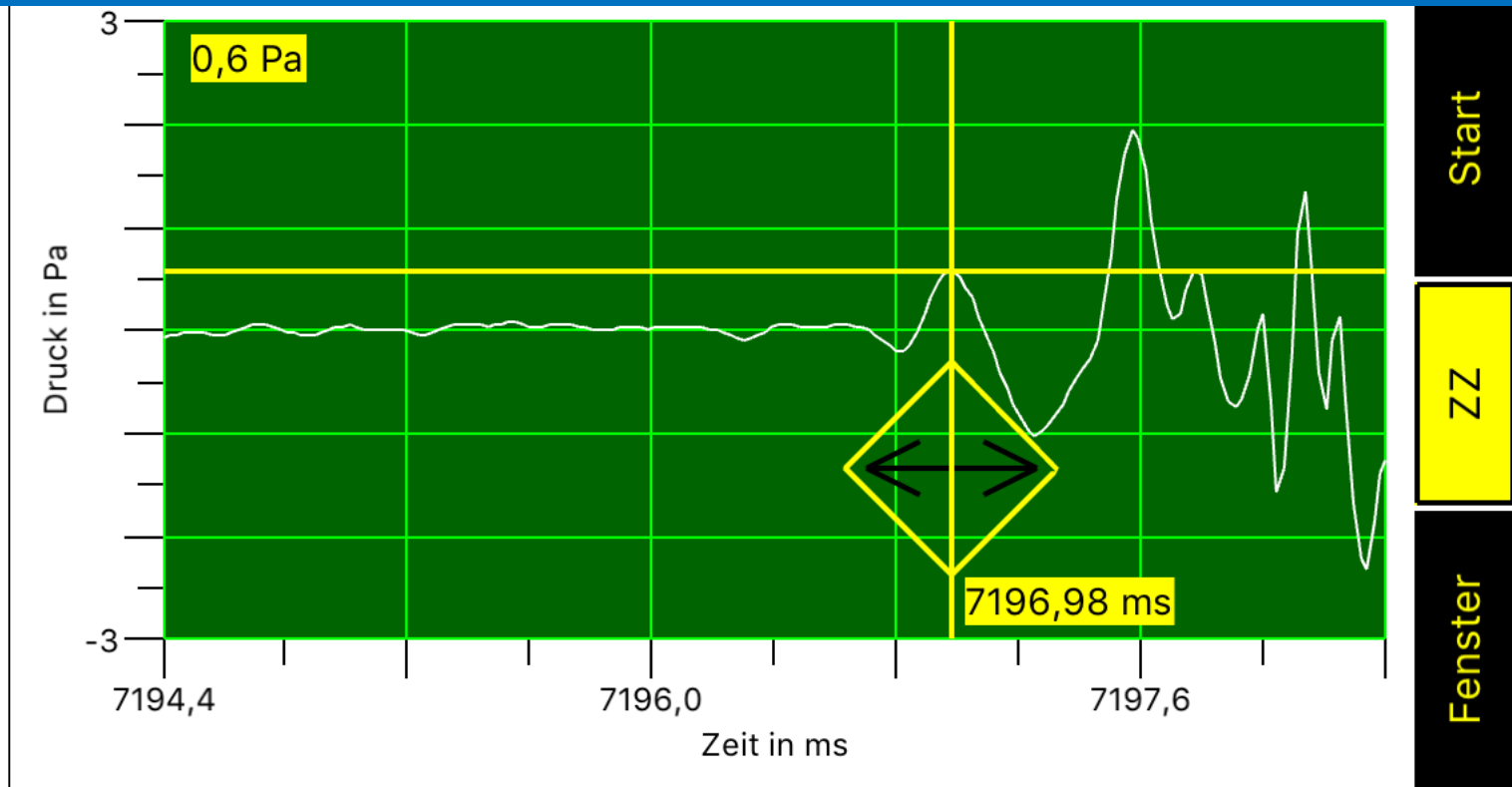
Anschließend wird das Zoom-Zentrum mit einem Finger auf den 2. Peak geschoben:



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

Durch Vergrößern der Zeitachse und anschließender Korrektur des Zoom-Zentrums kann nun der genaue Zeitpunkt des 2. Peaks abgelesen und auf einem Blatt notiert werden (hier: 7196,98 ms)



Messoption: „Erweiterte Messung schnell“

# Versuchsauswertung: Bestimmung Zeitdifferenz

- Durch Differenzbildung der vorher bestimmten Zeitpunkte kann nun die gesuchte Zeitdifferenz berechnet werden:

$$\Delta t = 7196,98 \text{ ms} - 6817,06 \text{ ms} = 379,92 \text{ ms}$$

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-

# Anhang: Herleitung Formel zur g-Berechnung

Da die zwei Kugel näherungsweise frei fallen, gelten folgende Beziehungen:

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_I^2 \quad \text{und} \quad h_2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t_{II}^2$$

Auflösen nach den Zeiten ergibt:

$$t_I = \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}} \quad \text{und} \quad t_{II} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_2}{g}}$$

Damit:

$$\Delta t = t_{II} - t_I = \sqrt{\frac{2 \cdot h_2}{g}} - \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2}{g}} \cdot (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})$$

Quadrieren und Auflösen nach  $g$  ergibt die gewünschte Formel:

$$g = \frac{2}{(\Delta t)^2} (\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1})^2$$

---

# Inhalt

1. **Grundlegende Vorbemerkungen**
  2. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe einer Fallschnur
  3. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln
  4. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines platzenden Luftballons
  5. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Stahllineals
  6. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe des Abrollgeräusches
  7. **Waagerechter Wurf:** Fallzeit ist unabhängig von der Anfangsgeschwindigkeit
  8. **Freier Fall:** Bestimmung von  $g$  mithilfe eines Summers
  9. **Sprunghöhen und Energieabgabe** einer springenden Kugel
  10. **Anhang:** Genaues Ablesen von Zeiten im Oszilloskop des Schallanalysators
  11. **Anhang:** Herleitung der Formel zur  $g$ -Berechnung aus der Zeitdifferenz zweier fallender Kugeln
  12. **Anhang:** Bezugsmöglichkeiten für Material
-



## Anhang: Bezugsmöglichkeiten für Material

- Die aktuelle Version dieser Datei und dazugehörige Aufgabenblätter finden Sie unter [www.spaichinger-schallpegelmesser.de](http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de)
  - Die Links zu den aktuellen Versionen der Apps „Schallanalysator“ und „MechanikZ“ finden Sie unter [www.spaichinger-schallpegelmesser.de](http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de)
  - Die verwendeten Holzkugeln können Sie z.B. über <https://www.creativ-discount.de> beziehen
  - Der im Versuch „Freier Fall: Bestimmung von  $g$  mithilfe zweier einzelner Holzkugeln“ verwendete Nylonfaden mit einem Durchmesser von 0,4 mm können Sie z.B. im Baumarkt „Hornbach“ unter der Bezeichnung „Decofil Mamutec Polyamid Ø 0,4 mm“ (Art. 8442248) kaufen
-