



# Smartphone Experimente mit dem CCD-Sensor (Kamera)

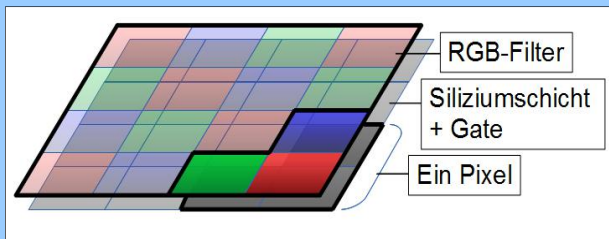
D. J. Heger \*, J. Kroll \*, P. Bronner +, P. Vogt +

\* SchülerIn FG Freiburg, + Betreuer: FG Freiburg / PH Freiburg



## Wie funktioniert der CCD-Sensor?

CCD ist eine Abkürzung für „charge-coupled device“, was „ladungsgekoppeltes Bauteil“ bedeutet. Der Sensor besteht aus einer Matrix von bei Handys üblichen 2 bis 10 Millionen Pixel.



3 Silizium-Trägerschichten mit jeweils einem Gate bilden einen 1-2 mm großen Pixel. Bei einfallenden Licht

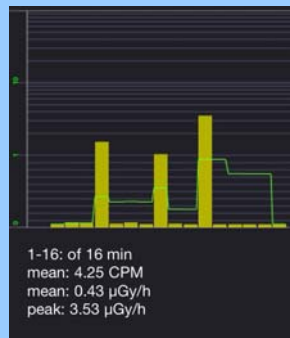
werden je nach Intensität Elektronen aus dem Silizium gelöst. Die von der Lichtintensität abhängige Spannung kann ausgelesen werden. Vor jeder der drei Trägerschichten ist ein roter, blauer oder grüner Farbfilter. Dadurch ergeben sich drei Werte, aus denen alle Farben errechnet werden können. Die Pixel reagieren auf Licht der Wellenlänge 0,1 pm bis ca. 1100 nm. Unerwünschte Infrarotstrahlung wird häufig durch zusätzliche Filter herausgefiltert.

## Experiment 3: Messung von Radioaktivität

Forschungsfrage: Kann mit einer Smartphone Kamera Radioaktivität gemessen werden?

Versuchsaufbau: Glühstrumpf aus dem Campingbedarf (radioaktiv), App, abgeklebte Kamera

Alles, was durch die Abdeckung kommt, kann der CCD-Sensor als Radioaktivität messen.



An den Peaks kann man eine erhöhte Strahlenbelastung erkennen. Diese ist fast acht mal so hoch wie die Grundbelastung. Bei weiteren Messungen wurde die App trotz mehrerer Versuche zunehmend ungenauer. An Hochschulen wurden optimierte Experimente mit guten Ergebnissen durchgeführt. Für den kurzfristigen Einsatz ist sie zu störanfällig.

## Experiment 1: Wellenlänge einer Fernbedienung

Forschungsfrage: Welche Wellenlänge hat die Infrarotdiode einer NEC-Beamer Fernbedienung?

Im Gegensatz zum menschlichen Auge kann die Kamera eines Smartphones infrarotes Licht wahrnehmen.

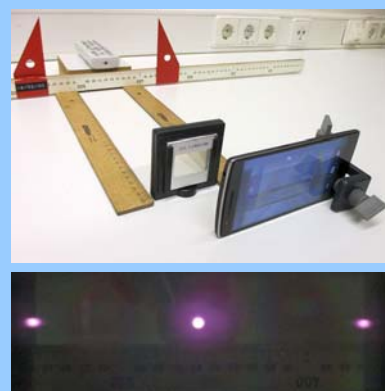
Gitter: 300 Linien pro mm  
Abstand Gitter-Schirm: e=0,3m

Messung: Erstes Maximum: x<sub>1</sub>=0,09m

Formeln zur Berechnung λ:

$$\tan \alpha = \frac{x_k}{e} \quad \sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g}$$

Resultat: Für das erste Maximum (k=1) ergibt sich die Wellenlänge λ= 957nm. Der Literaturwert für gebräuchliche IR LED's liegt bei λ =940 nm.



## Geeignete Apps für den Sensor

### Videoanalyse:

Vid-Analysis free: (Für Android)  
Vorteile: kostenlos, intuitive Bedienung, Datensätze als cvs-Datei einfach zu exportieren.



Video Physics: (Für iOS)  
Vorteile: Genaue und intuitive Bedienung, viele integrierte Anzeigemöglichkeiten der Daten.



Nachteil: Ungenauigkeit (fehlende Zoom-funktion).

Nachteil: Kosten (4,99 €), zusätzliche App zum Auswerten der Daten erforderlich (Alternative: teure PC-Software).

**Radioaktivität:** Radioactivity counter: schwierige Bedienung, unsichere Messergebnisse, Kosten (4,99 € für Apple/ 3,49 € für Android).

Android:



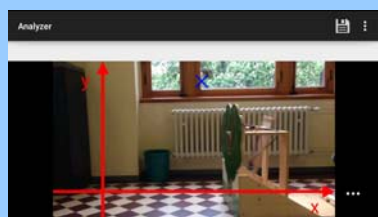
iOS:



## Experiment 2: Schokokusschleuder

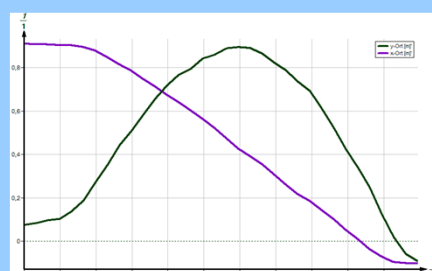
Forschungsfrage: Auf welcher Flugbahn bewegt sich ein Schokokuss?

Mit Videoanalyse-Apps können wir den Wurf Schritt für Schritt analysieren.



Auf jedem Frame des aufgenommenen Videos muss die Position des Wurfgeschosses bestimmt werden. Mit einer Längenangabe kann die Achsenskalierung im richtigen Maßstab dargestellt werden.

Resultat: Ein Ball mit einer Masse von 213 g fliegt etwa einen Meter weit. Der Ball erreicht nach 0,6 m eine maximale Höhe von 0,9 m.

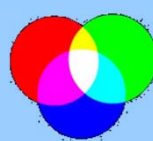


Graph: x-Achse: Zeit t [s], y-Achse: Weg [m]  
Grüne Kurve: y-Koordinate der Flugbahn  
Lila Kurve: x-Koordinate der Flugbahn

## Fazit



Die Kamera bietet vielseitige Möglichkeiten für den Schulunterricht. Mit Analyseapps sind die meisten Versuche im Bereich Mechanik erfassbar und gerade für die Mittelstufe eine für Schüler interessantere Erweiterung des Schulunterrichts.



Auch im Themenbereich „Optik“ sind etwa Doppelspalt- und Gitterversuche in der Oberstufe experimentell umsetzbar. Diese Versuche können kostenneutral durchgeführt werden.



Messungen mit radioaktiven Stoffen sind prinzipiell möglich. Bis jetzt gibt es nur sehr wenig verfügbare und zuverlässige Apps. Der Umgang mit radioaktiven Materialien ist Schülern im Unterricht verboten.

### Literatur:

KLEIN, P.; KUHN, J. & MÜLLER, A. (2015). Mobile Videoanalyse – Wurf vom fahrenden Skateboard. In: Unterricht Physik 145.  
KUHN, J. & VOGT, P. (2012). Diffraction experiments with infrared remote controls In: The Physics Teacher, Vol.50.  
KUHN, J.; FRÜBIS, J.; WILHELM, T. & LÜCK, S. (2013). Smartphone als Geigerzähler. In: Physik Unserer Zeit 5/44.