

# LED-Würfel

Felix Roeck, KZO  
Maturitätsarbeit 2020  
betreut von Oliver Seipel

## Resultate

Das Ziel dieser Arbeit beinhaltet die Konstruktion, den Aufbau und die Programmierung eines LED-Würfels mit 50cm Seitenlänge und je 12 RGB-LEDs in jeder Achse (insgesamt 5184 LEDs). Programmiert wurde in Python auf einem Raspberry Pi 3B. Das Ergebnis waren dreidimensionale, animierte mathematische Objekte, mit denen u.a. ein einfaches Games (3D Snake) adaptiert wurde.

## Vorgehensweise

- Planung des Würfels (Mechanischer Aufbau, LED-Auswahl, elektrische Ansteuerung)
- Design der LED-Zeilen-Leiterplatten in CircuitMaker und Organisation derselben sowie der Komponenten in China
- Manuelles Löten der Komponenten auf die Leiterplatte
- Zusammenbau der LED-Ebenen und des Kubusses auf eine Grundplatte mit serieller Verdrahtung der Ansteuerung
- Anschluss des Raspberry Pis sowie des Netzteils
- Design der objektorientierten Software in Python, in verschiedenen Layern

## LED Auswahl und elektrische Ansteuerung

Für den LED-Würfel wurde die LED APA102 ausgewählt. Sie ist eine einzeln adressierbare RGB-LED und wird seriell durch ein SPI-Bus-System angesteuert (4MHz Taktrate). Die Supply-Voltage von 5V ist von einem Netzteil parallel mit allen LEDs verbunden. Für diese elektrische Ansteuerung sind keine speziellen Elektronikkenntnisse vonnöten, im Vergleich zu bereits existierenden Designs online.

## Software Struktur

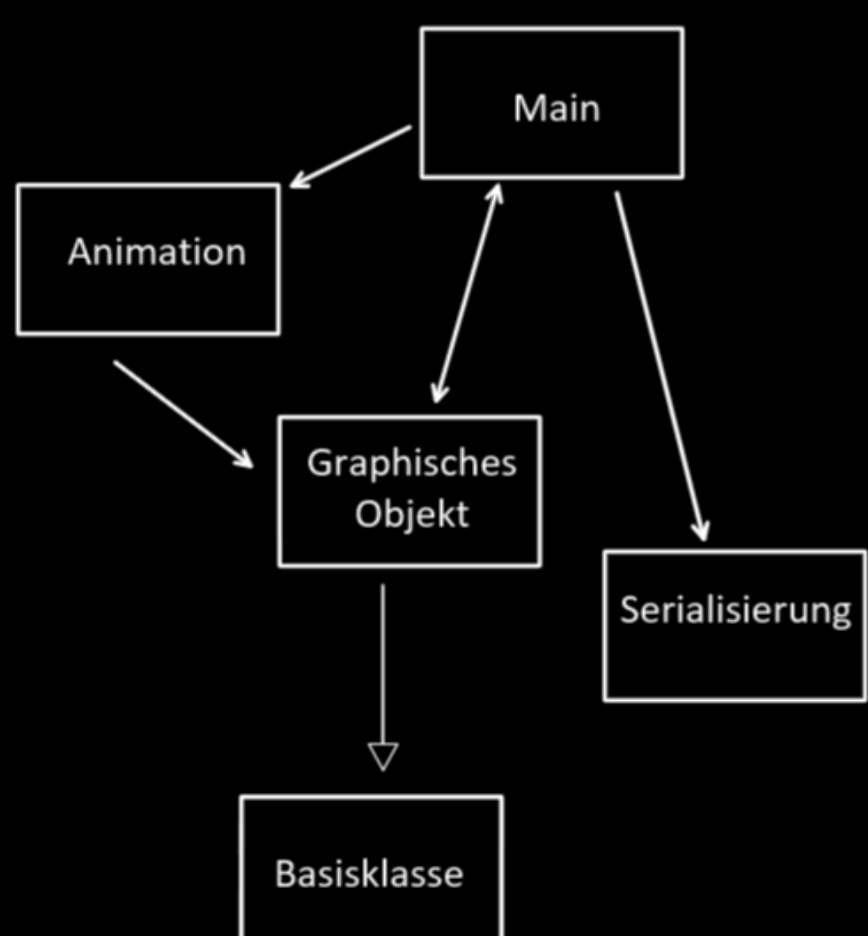
Main ist der Software-Einstiegspunkt und beinhaltet die zeitliche Ablaufsteuerung der Animation in einer Endlosschleife.

In dieser Schleife werden Methoden des Animations-Layers aufgerufen, welche Attribute der verschiedenen graphischen Objekte über die Zeit verändern.

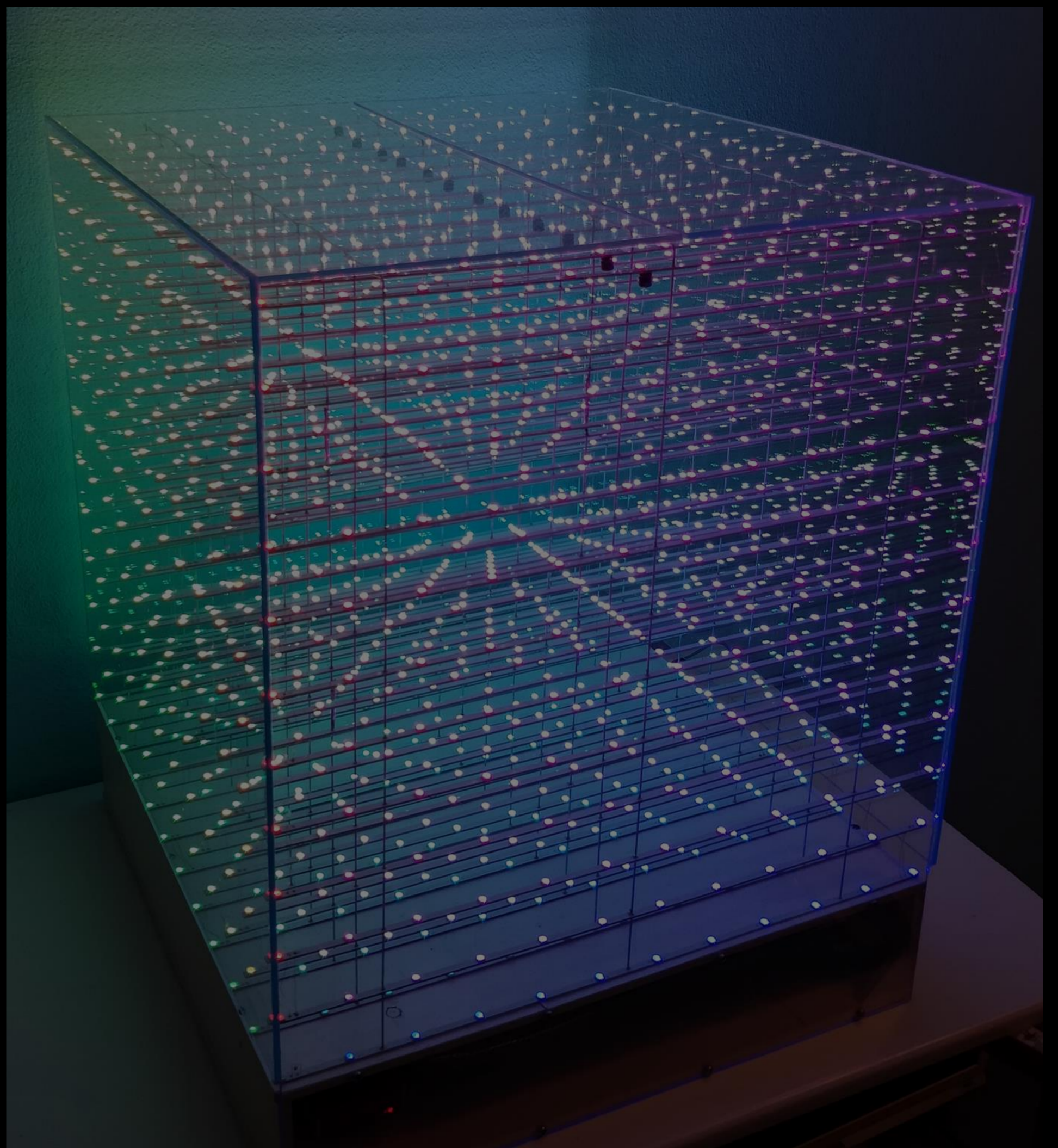
Im Objekte-Layer sind diese graphischen Objekte definiert, welche auch eine Vererbung der gemeinsamen Eigenschaften von einer Basisklasse enthalten.

Nachdem die Attribute aller graphischen Objekte adaptiert sind, werden Farbe und Helligkeit durch den Abstand der jeweiligen LED-Koordinaten von der Oberfläche der Objekte bestimmt.

Abschliessend wird das LED-Array auf dem physischen Würfel visualisiert. Diese beinhaltet die Serialisierung des dreidimensionalen LED-Arrays auf den SPI-Bus.



Link zum Video der LED-Würfel Animationen



## Mathematische Objekte

Diese interdisziplinäre Arbeit beinhaltet Themenbereiche der Elektrotechnik, der Informatik, der Kunst und der Mathematik. Besonders in der Mathematik und Informatik kamen verschiedene Fragestellungen auf, wie zum Beispiel die Animationen gerendert werden können. Folgend werden Konzepte vorgestellt, welche für die Ansteuerung des Würfels benötigt wurden.

## Ebenenklasse

Hessesche Normalform der Ebenengleichung lautet:  $E: \frac{ax+by+cz+k}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} = d$ , wobei  $\vec{n} = (a, b, c)^T$  der Normalenvektor und  $P = (x, y, z)$  ein Punkt in der Ebene  $E$  ist. Mit  $d$  wird die Distanz jeder LED zur Ebene berechnet.

## Wellenklasse

Die Klasse stellt die Funktionen  $f(x, y) = a * \sin(\sqrt{x^2 + y^2} + b)$ , mit  $a, b, x, y \in \mathbb{R}$  auf dem Würfel dar.  $a$  definiert die Amplitude der Welle. Ändert sich  $b$ , entsteht der Eindruck einer bewegten Welle.

## Kugelklasse

Die Klasse definiert alle Punkte  $P(x, y, z)$  mit dem Abstand  $r$  von  $M(u, v, w)$  mit der Kugelgleichung:  $(x - u)^2 + (y - v)^2 + (z - w)^2 = r^2$ .

## Rotationmatrix

Mit der Matrixmultiplikation eines Punktes und der Matrix  $R$ , rotiert der Punkt  $\alpha$ -Grad um den Einheitsvektor  $\vec{n} = (n_1, n_2, n_3)^T$ .

$$R_n(\alpha) = \begin{pmatrix} n_1^2(1 - \cos \alpha) + \cos \alpha & n_1 n_2(1 - \cos \alpha) - n_3 \sin \alpha & n_1 n_3(1 - \cos \alpha) + n_2 \sin \alpha \\ n_2 n_1(1 - \cos \alpha) + n_3 \sin \alpha & n_2^2(1 - \cos \alpha) + \cos \alpha & n_2 n_3(1 - \cos \alpha) - n_1 \sin \alpha \\ n_3 n_1(1 - \cos \alpha) - n_2 \sin \alpha & n_3 n_2(1 - \cos \alpha) + n_1 \sin \alpha & n_3^2(1 - \cos \alpha) + \cos \alpha \end{pmatrix}$$

Dank dieser Matrix lassen sich rotierende Ebenen oder Sonnensysteme animieren.

## Gravitation mit teilelastischem Stoss

In einer der Animationen nehmen in Folge des teilelastischen Stosses hüpfende Bälle langsam an Höhe ab.