

DHBW Karlsruhe

TINF12B5

Studienarbeit

**Entwicklung eines Komplettsystems zur
Überwachung und Beleuchtung von Innen-
und Außenbereichen mit Raspberry Pi und
iOS App**

Autor:
Timo Höting
2185611

Betreuer:
Stefan Lehmann

Erklärung

Gemäß §5(3) der „Studien- und Prüfungsordnung DHBW Technik“ vom 22. September 2011.

Ich habe die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Ort, Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Vorwort	5
1.2	Projektbeschreibung	5
1.3	Teilprojekte	5
2	Hauptteil	6
2.1	LED-Pixel	6
2.1.1	Bewertungskriterien	6
2.1.2	Evaluiierung	6
2.1.3	Teststellung	8
2.2	Bewegungssensor	9
2.2.1	Bewertungskriterien	9
2.2.2	Evaluiierung	10
2.2.3	Teststellung	11
2.3	Verschlüsselung	12
2.3.1	SSL vs. TLS	12
2.3.2	Vor- und Nachteile TLS	13
2.3.3	TLS Handshake	13
2.3.4	Zertifikat und Key	13
2.3.5	Beispielcode STARTTLS Server	14
2.3.6	Wireshark Trace	15
2.4	Python-Server und Protokoll	15
2.4.1	Protokoll	15
2.4.2	Framework	16
2.4.3	Testcode	16
2.4.4	Implementierung	17
2.4.5	Hashfunktion	21
2.5	Kamera	21
2.5.1	PI-Kamera vs. Netzwerkkamera	21
2.5.2	Ansteuerung	22
2.6	Anwendungsstruktur	22
2.6.1	Klassen und ihre Funktionen	22
2.6.2	Threads	24
2.7	Konfiguration und Installation	26
2.7.1	Konfiguration	26
2.7.2	Installation	26
2.8	iOS App	26
2.8.1	Konzept	26
2.8.2	26
2.8.3	26

3	Praktische Umsetzung	27
4	Kostenaufstellung	28
5	Fazit	29
	Abbildungsverzeichnis	29

1 Einleitung

1.1 Vorwort

1.2 Projektbeschreibung

Im Zuge dieser Studienarbeit soll ein Komplettsystem entwickelt werden, dass sowohl die Überwachung als auch die Steuerung der Beleuchtung von Innen- und Außenbereichen ermöglicht. Das System soll nach Entwicklung universell einsetzbar und leicht konfigurierbar sein.

Die Beleuchtung soll mit adressierbaren LED-Pixeln umgesetzt werden, da diese sehr leicht steuer- und erweiterbar sind. Für die Erkennung von Bewegungen sollen klassische Bewegungsmelder eingesetzt werden. Mittels einer Kamera sollen Bilder aufgerufen und gespeichert werden können. Die gesamte Steuerung soll mittels einer iPhone-App über einen Raspberry Pi erfolgen. Die Implementierung dieser App soll in Swift erfolgen und die der Server-Anwendung in Python.

Es müssen passende Bauteile und Produkte evaluiert und getestet werden. Diese müssen vom Raspberry Pi ansteuerbar sein. Ob die Überwachungskamera direkt am Raspberry Pi angeschlossen wird oder sich nur im selben Netzwerk befindet, wird im Laufe dieses Projekts erarbeitet. Es gibt drei verschiedene Modi in denen sich das System befinden kann:

- Beleuchtung wird durch Bewegungsmelder ausgelöst (Reaktion darauf kann vom User definiert werden)
- Beleuchtung wird manuell vom Benutzer über App gesteuert (Color Chooser, Bereichsauswahl, Leuchteffekte)
- Bewegungsmelder als Alarmanlage, beim Auslösen wird der Benutzer benachrichtigt und Bild der Kamera als Notification auf dem Smartphone angezeigt

1.3 Teilprojekte

- LED-Pixel und Bewegungssensoren evaluieren / ansteuern
- Implementierung der Ansteuerung / des Protokolls (mit den drei verschiedenen Modi)
- Implementierung der iOS App
- Vollständige praktische Umsetzung an einem Beispielobjekt

2 Hauptteil

2.1 LED-Pixel

2.1.1 Bewertungskriterien

Die Beleuchtung soll durch einzelne LED-Pixel stattfinden. Ein Pixel bedeutet ein Chip auf dem sowohl die LED und der nötige Treiber sitzt. Für die Evaluierung werden folgende Kriterien gewählt:

- RGB-Farbraum
Die LED muss den gesamten RGB-Farbraum darstellen können.
Gewichtung: 5, KO-Kriterium
- Ansteuerung
Da der Raspberry Pi an einigen seiner Pins Pulsweitenmodulation¹ (PWM) bietet, sollten die LED-Pixel ohne extra Hardware ansteuerbar sein. Eine extra Stromversorgung ist aber bei größerer Anzahl an LEDs unabdingbar.
Gewichtung: 10
- Framework
Hier wird bewertet ob der jeweilige Hersteller ein fertiges Framework zu seinen Produkten anbietet.
Gewichtung: 10
- Kosten
Es werden nur die reinen Produktkosten, also ohne Versand und Zoll, bewertet.
Gewichtung: 5
- Extras
An dieser Stelle können mögliche Extras eines Herstellers einfließen.
Gewichtung: 5

2.1.2 Evaluierung

- Adafruit, Neopixel
<https://www.adafruit.com/neopixel>
LED-Pixel in unzähligen Ausführungen.
Sitz der Firma in Tampa, Florida, USA
RGB: Chip ist der WS2801, <http://www.adafruit.com/datasheets/WS2801.pdf> ->
Hat volle Abdeckung des RGB-Farbraums
Ansteuerung: Findet über PWM-Pin des Raspberry Pi statt.

¹Pulsweitenmodulation: Signalübertragung durch Wechsel zwischen zwei Spannungen (High, Low), Breite des Impulses ist das Signal

Framework: Framework von Adafruit, welches eine sehr leichte Ansteuerung ermöglichen soll.

Kosten: 4 LEDs 7\$, 25 LEDs zusammen 39\$, durch Lieferung aus USA sehr hohe Versandkosten (50\$)

Extras: Händler bietet verschiedene Formen und fertige Ketten an.

- LED-Emotion GMBH, LED Streifen
<http://www.led-emotion.de/de/LED-Streifen-Set.html>
 LED-Streifen, keine Einzelpixel, nur mit Controller, keine API
 RGB: Voller RGB-Farbraum
 Ansteuerung: Nur mit Controller
 Framework: Keine öffentliche Api, möglicherweise mit Raspberry Pi ansteuerbar
 Kosten: 30 LEDs mit Netzteil 79€
 Extras: keine
- DMX4ALL GmbH, MagiarLED Solutions
<http://www.dmx4all.de/magiar.html>
 Spezialisiert auf DMX-Ansteuerung, keine öffentliche API
 RGB: Volle Abdeckung RGB-Farbraum
 Ansteuerung: Wird über DMX-Controller angesteuert, dieser setzt die Signale um.
 Framework: DMX-Ansteuerung über DMX-Controller
 Kosten: Streifen mit 72 LEDs = 99€
 Extras: viele verschiedene Varianten
- TinkerForge, RGB LED-Pixel
<https://www.tinkerforge.com/de/shop/accessories/leds.html>
 Scheinen die gleichen wie von Adafruit zu sein, allerdings werden hauptsächlich Controller im Shop angeboten
 RGB: Chip WS2801, volle Abdeckung RGB-Farbraum
 Ansteuerung: Nach Anfrage an den Anbieter sollen die LEDs baugleich zu denen von Adafruit sein.
 Framework: keins, aber Ansteuerung über das Framework von Adafruit
 Kosten: 50 LEDs = 59€
 Extras: Lieferung aus Deutschland

	Neopixel von Adafruit	LED Streifen von LED-Emotion GmbH	MagiarLED Solutions, DMX4ALL GmbH	RGB LED-Pixel von TinkerForge
RGB-Farbraum (5)	5	5	5	5
Ansteuerung (10)	10	3	3	8
Framework (10)	10	0	0	5
Kosten (5)	0	3	3	5
Extras (5)	1	0	2	1
Summe	26	11	13	24

Abbildung 2.1: Ergebnisse der LED-Evaluierung

Fazit: In der Evaluierung schneiden die Produkte von Adafruit und TinkerForge am besten ab. Für eine erste Teststellung werden die einzelnen LED-Pixel von Adafruit aus den USA bestellt (Neopixel). An diesen soll vor allem die Ansteuerung getestet werden. Falls sie sich bewähren, wird für den endgültigen Aufbau auf die LED-Ketten von Tinkerforge zurück gegriffen.

2.1.3 Teststellung

Für einen ersten Test wurde das in XXX ausgewählte Produkt als einzelne Pixel bestellt. Der Hersteller Adafruit bietet hier 4er-Packungen an. Diese können leicht in eigene Schaltungen eingelötet oder auf Experimentier-Boards gesteckt werden. Bei geringer Anzahl LEDs reicht die 5V-Stromversorgung des Raspberry Pi aus.

Technische Daten Neopixel:

- Maße: 10.2mm x 12.7mm x 2.5mm
- Protokollgeschwindigkeit: 800 kHz
- Spannung: 5-9VDC (bei 3,5V gedimmte Helligkeit)
- Strom: 18,5mA / LED, 55mA / Pixel

Framework:

- RPI_WS281X (https://github.com/jgarff/rpi_ws281x)
- Sprache: Python
- Entwickelt für Raspberry Pi
- Voraussetzung: Python 2.7

Ablauf des Tests:

- **Aufbau der Schaltung**

An die einzelnen LED-Pixel wurden Stecker angelötet, damit sie auf das Experimentierboard aufgesteckt werden können. Dann wird die Schaltung nach folgendem Schaltbild verbunden. Wichtig ist, dass beim Raspberry Pi nur Pins verwendet werden können, welche PWM bieten.

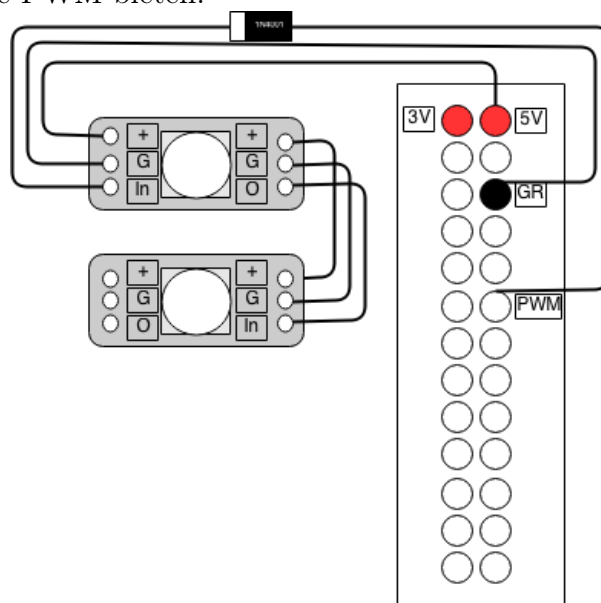


Abbildung 2.2: Schaltung für LED-Test

- **Installation des Frameworks**

```
1 wget https://github.com/tdicola/rpi_ws281x/raw/master/python/dist/  
   rpi_ws281x-1.0.0-py2.7-linux-armv6l.egg  
2 sudo easy_install rpi_ws281x-1.0.0-py2.7-linux-armv6l.egg
```

Listing 2.1: Installation Framework ws281x

- **Testcode**

```
1 from neopixel import *  
2  
3 LED_COUNT = 4 # Number of LED pixels.  
4 LED_PIN = 18 # GPIO pin connected to the pixels (must support PWM!).  
5 LED_FREQ_HZ = 800000 # LED signal frequency in hertz (usually 800khz)  
6 LED_DMA = 5 # DMA channel to use for generating signal (try 5)  
7 LED_INVERT = False # True to invert the signal (when using NPN)  
8  
9 strip = Adafruit_NeoPixel(LED_COUNT, LED_PIN, LED_FREQ_HZ,  
   LED_DMA, LED_INVERT)  
10  
11 strip.begin()  
12 strip.setPixelColor(0, Color(255, 255, 255))  
13 strip.setPixelColor(1, Color(255, 255, 255))  
14 strip.setPixelColor(2, Color(255, 255, 255))  
15 strip.setPixelColor(3, Color(255, 255, 255))  
16 strip.show()
```

Listing 2.2: Testcode zur Ansteuerung der LEDs

Fazit Die einzelnen Pixel sind sehr leicht anzusteuern, unterstützen auch das automatische Abschalten nach einer bestimmten Zeit und haben eine sehr hohe Leuchtkraft. Die Evaluierung hat zu einer guten Produktwahl geführt.

Nach einer weiteren Nachfrage an Tinkerforge wurde versichert, dass deren LED-Ketten Baugleich zu denen von Adafruit sind. Aufgrund der hohen Versandkosten werden für die endgültige Teststellung die Produkte von Tinkerforge gewählt.

2.2 Bewegungssensor

In einem der Modi soll die Beleuchtung durch den Bewegungsmelder ausgelöst werden. Hierfür sind zuverlässige und weitreichende Bewegungssensoren notwendig.

2.2.1 Bewertungskriterien

- **Ansteuerung**

Die Anbindung an den Raspberry Pi soll möglichst leicht realisierbar sein. Wünschenswert ist, dass der Sensor einfach ein High-Signal bei Bewegungserkennung ausgibt.

Gewichtung: 5, KO-Kriterium

- **Reichweite**

Die Reichweite oder Sensivität des Sensors soll ausreichend und regelbar sein.
Gewichtung: 3

- **Kosten**

Es werden nur die reinen Produktkosten, also ohne Versand und Zoll, bewertet.
Gewichtung: 1

- **Extras**

An dieser Stelle können mögliche Extras eines Herstellers einfließen.
Gewichtung: 3

2.2.2 Evaluierung

- **PIR (MOTION) Sensor, Adafruit**

Link: <http://www.adafruit.com/product/189>
Ansteuerung: Gibt High-Signal an einem Pin aus.
Reichweite: 7m, 120 Grad
Kosten: 9,95\$ + Versand aus USA
Extras: Kabel inklusive

- **PIR Infrared Motion Sensor (HC-SR501)**

Link: <https://www.modmypi.com/pir-motion-sensor>
Ansteuerung: Gibt High-Signal an einem Pin aus.
Reichweite: 5-7m, 100 Grad
Kosten: 2,99\$ + Versand aus UK
Extras: keine

- **Infrarot PIR Bewegung Sensor Detektor Modul**

Link: <http://www.amazon.de/Pyroelectrische-Infrarot-Bewegung-Sensor-Detektor/dp/B008AEST>
Ansteuerung: Gibt High-Signal an einem Pin aus.
Reichweite: 7m, 100 Grad
Kosten: 5 Stück = 7,66€
Extras: keine

	PIR (MOTION) Sensor Adafruit	PIR Infrared Motion Sensor (HC-SR501)	Neopixel von AdafruitInfrarot PIR Bew. Sens. Detekt. Modul
Ansteuerung (10)	10	10	10
Reichweite (3)	3	1	3
Kosten (1)	0	0	1
Extras (3)	1	0	0
Summe	14	11	14

Abbildung 2.3: Ergebnisse der Motion-Sensor-Evaluierung

Fazit Die meisten Infrarot-Bewegungssensoren sind von der Bauweise nahezu identisch. Die Unterschiede liegen meist nur in der Empfindlichkeit. Da die Reichweite in diesem Fall nicht von großer Bedeutsamkeit ist, kann eigentlich jedes der Produkte bestellt werden. Auf Ebay und Amazon ist die Anzahl angebotener Sensoren nahezu unbegrenzt, es wurde für die Teststellung also die oben evaluierte Variante von Amazon bestellt.

2.2.3 Teststellung

Der in Punkt X.X.X gewählte Bewegungssensor wurde beim Hersteller bestellt. In der Teststellung reicht die Stromversorgung des Raspberry Pi.

Technische Daten Sensor:

- Die Empfindlichkeit und Haltezeit kann eingestellt werden
- Reichweite: ca. 7m
- Winkel: 100 Grad
- Spannung: DC 4,5V- 20V
- Strom: < 50uA
- Ausgangsspannung: High 3V / Low 0V
- Größe: ca. 32mm x 24mm

Ablauf des Tests:

- **Aufbau der Schaltung**

Der Sensor wird in der Teststellung direkt vom Raspberry Pi mit Strom versorgt. Für die Datenleitung kann jeder beliebige Pin gewählt werden.

- **Testcode**

Um eine Änderung am Datenpin festzustellen werden zwei Variable angelegt: current_status und previous_status. Das Programm wird in einer Dauerschleife geschickt, in der bei jedem Durchlauf die beiden Status überprüft. Wenn der neue Status (current_status) High ist und das vorherige Signal (previous_state) Low, dann wird eine Bewegung erkannt. Der Code wird mittels Kommentare erklärt.

```
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 import time
3
4 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
5
6 # Pin definieren
7 MOTION_PIN1 = 7
8
9 # Diese als Input definieren
10 GPIO.setup(MOTION_PIN1,GPIO.IN)
11
12 # Status definieren um verschiedene nderungen zu erkennen
13 Current_State = 0
14 Previous_State = 0
15
16 try:
17     # Loop zur Erkennung einer Bewegung
18     # Sensor erkennt Bewegung -> Signal = High
```

```
19     # Wartet 3 Sekunden und setzt Signal = Low
20     while True :
21         Current_State = GPIO.input(MOTION_PIN1)
22         if Current_State == 1 and Previous_State == 0:
23             print "Motion_detected!"
24             Previous_State=1
25         elif Current_State == 0 and Previous_State == 1:
26             print "Ready"
27             Previous_State=0
28         time.sleep(0.01)
29
30 except KeyboardInterrupt:
31     print "Quit"
32     GPIO.cleanup()
```

Listing 2.3: Testcode zur Bewegungserkennung mit Sensor

Bei der Endversion des Systems sollen mehrere Bewegungssensoren integriert werden. Bei Auslösen des ersten Sensors sollen die LEDs angeschaltet werden und nach auslösen eines weiteren Sensors wieder ausgeschaltet werden.

Auswertung Das High-Signal des Sensors lässt sich mit dem Raspberry Pi sehr leicht auswerten. Auch die Auswertung von mehreren Sensoren stellt kein Problem da. Das Ergebnis der Evaluierung konnte in dieser Tststellung bestätigt werden.

2.3 Verschlüsselung

2.3.1 SSL vs. TLS

SSL (Secure Sockets Layer) und TLS (Transport Layer Security) sind Protokolle, die Verschlüsselung und Authentifizierung zwischen zwei Kommunikationspartnern bieten. Die beiden Begriffe SSL und TLS werden umgangssprachlich oft als zwei verschiedene Techniken dargestellt, obwohl TLS nur eine Weiterentwicklung von SSL ist. SSL v3 ist die Basis von TLS 1.0.

Aufgrund des Alters und einiger Sicherheitslücken wird SSL als unsicher angesehen und soll nicht mehr verwendet werden. Die aktuellste gefundene Lücke ist POODLE², welche das Auslesen von Informationen aus einer verschlüsselten Übertragung erlaubt. Die Weiterentwicklungen TLS 1.1 und 1.2 sind deutlich sicherer und beheben einige Sicherheitslücken. So schützt die richtige Implementierung von TLS 1.2 auch vor den BEAST³ Angriffsmethoden.

Eine Variante von TLS ist das sogenannte STARTTLS, bei dem zuerst ein unsicheres 'hello' an den Server gesendet wird. Falls im Anschluss eine Verbindung erfolgreich zustande kommt, wird zur sicheren Übertragung gewechselt.

Wenn ein Server implementiert wird, so muss er alle Techniken unterstützen, beim Client kann der Entwickler selbst entscheiden. Ein Entwickler sollte immer die höchst mögliche

²Erklärung

³Erklärung

Verschlüsselungstechnik einsetzen.

2.3.2 Vor- und Nachteile TLS

Da TLS auf der Transportschicht aufsetzt kann jedes höhere Protokoll darüber übertragen werden, somit ist die Verschlüsselung unabhängig von der genutzten Anwendung.

Der größte Nachteil besteht darin, dass der Verbindungsaufbau serverseitig sehr rechenintensiv ist. Die Verschlüsselung selbst nimmt, abhängig vom Algorithmus, nur noch wenige Rechenleistung in Anspruch.

2.3.3 TLS Handshake

1. Client Hello

Übertragung von Verschlüsselungsinformationen vom Client an den Server, wie TLS Version oder Verschlüsselungsmöglichkeiten

2. Server Hello

Server sendet seine Informationen und legt Verschlüsselung fest.

3. Server Key Exchange

Server sendet seine Identität in Form seines Zertifikats.

4. Client Key Exchange

Client legt seinen Pre-Shared-Key fest und überträgt ihn verschlüsselt mit dem public Key des Servers.

5. Change Cipher Spec

Aus dem PSK wird ein Master-Secret generiert, mit welchem die folgenden Übertragung abgesichert wird.

6. Application Data

Übertragung der Daten.

Ein Wireshark Trace zu diesem Handshake befindet sich in 2.3.6.

2.3.4 Zertifikat und Key

Auf dem Raspberry Pi ist OpenSSL in der neuesten Version installiert. Es wird ein selbst-signiertes Zertifikat im 2048 Bit Key erzeugt.

1. Private Key erzeugen

```
1 openssl genrsa -des3 -out server.key 2048
```

Listing 2.4: private Key

2. Certificate Signing Request

```
openssl req -new -key server.key -out server.csr
```

Listing 2.5: Certificate Signing Request

3. Self Signed Certificate

Bei einem öffentlichen Server sollte das Zertifikat bei einer CA (Certificate Authority) signiert werden.

```
openssl x509 -req -days 1865 -in server.csr -signkey server.key -out server.crt
```

Listing 2.6: Self Signed Certificate

2.3.5 Beispielcode STARTTLS Server

An dieser Stelle ist der Beispielcode von Twisted am besten verständlich
(Quelle: <https://twistedmatrix.com/documents/12.3.0/core/howto/ssl.html>)

Es ist gut zu erkennen, dass die Übertragung nur ausgewertet wird, wenn das Stichwort 'STARTTLS' am Anfang der Übertragung enthalten ist. Daraufhin wird mit 'READY' geantwortet um dem Client zu signalisieren, dass jetzt der TLS Handshake begonnen werden kann. Im nächsten Schritt lädt der Server sein Zertifikat und seinen Key.

In der Initmethode der Klasse ServerTLSContext können die Verschlüsselungsdetails festgelegt werden. Im folgenden Beispiel wird zum Beispiel die TLS Version definiert.

```
1 from OpenSSL import SSL
2 from twisted.internet import reactor, ssl
3 from twisted.internet.protocol import ServerFactory
4 from twisted.protocols.basic import LineReceiver
5
6 class TLSServer(LineReceiver):
7     def lineReceived(self, line):
8         print "received:_" + line
9
10        if line == "STARTTLS":
11            print "--_Switching_to_TLS"
12            self.sendLine('READY')
13            ctx = ServerTLSContext(
14                privateKeyFileName='keys/server.key',
15                certificateFileName='keys/server.crt',
16            )
17            self.transport.startTLS(ctx, self.factory)
18
19
20 class ServerTLSContext(ssl.DefaultOpenSSLContextFactory):
21     def __init__(self, *args, **kw):
22         kw['sslmeth'] = SSL.TLSv1_METHOD
23         ssl.DefaultOpenSSLContextFactory.__init__(self, *args, **kw)
24
25 if __name__ == '__main__':
26     factory = ServerFactory()
27     factory.protocol = TLSServer
28     reactor.listenTCP(8000, factory)
29     reactor.run()
```

Listing 2.7: Testcode Echoserver mit Twisted Framework

2.3.6 Wireshark Trace

Im folgenden ist ein Trace eines TLS Handshakes zwischen einem Client und dem implementierten Server auf dem Raspberry Pi zu sehen.

Die einzelnen Schritte des Handshakes sind sehr gut erkennbar.

No.	Time	Source	Protocol	Length	Info	Destination
12	10.667623000	127.0.0.1	TLSv1	156	Client Hello	127.0.0.1
14	10.667932000	127.0.0.1	TLSv1	1038	Server Hello, Certificate, Server Hello Done	127.0.0.1
16	10.668541000	127.0.0.1	TLSv1	382	Client Key Exchange, Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message	127.0.0.1
18	10.673457000	127.0.0.1	TLSv1	290	New Session Ticket, Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message	127.0.0.1
20	10.673777000	127.0.0.1	TLSv1	289	Application Data, Application Data, Application Data, Application Data	127.0.0.1

Abbildung 2.4: Schaltung für LED-Test

2.4 Python-Server und Protokoll

2.4.1 Protokoll

Um die LEDs später von einer App aus ansprechen zu können, soll ein auf Strings basierendes Protokoll implementiert werden. Dieses wird in TCP-Paketen übertragen. Hierfür muss als erstes festgelegt werden, welche Informationen übertragen werden sollen:

- Authentifizierung
Übertragung eines Passworts. Dieses ist als Hashwert im System gespeichert und kann so überprüft werden. Es wird der SHA-224-Algorithmus eingesetzt.
- Control
Unterscheidung zwischen:
 - X00: Alle LEDs ausschalten
 - X01: Eine LED anschalten
 - X02: LED-Bereich anschalten
 - X03: Effekte
 - X04: Modus des Systems verändern
 - X05: Anforderung des Systemstatus - X06: Anforderung des LED-Status Abhängig von diesem Feld werden die nachfolgenden Werte behandelt.
- LED-Nummer
Falls nur eine LED angesprochen werden soll (Control = X00), so wird hier die Nummer angegeben. Ob sie im gültigen Range liegt wird intern überprüft.
- Bereich Start
Wenn mehrere LEDs gesteuert werden sollen (Control = X01), so wird hier der Beginn des Bereichs angegeben.
- Bereich Ende
Und hier das Ende des Bereichs.
- Rot
Farbwert Rot 0-255

- Grün
Farbwert Grün 0-255
- Blau
Farbwert Blau 0-255
- Modus
An dieser Stelle werden die verschiedenen Modi des Systems dargestellt.
- Effektcode
Hinterlegte, fest programmierte Effekte, zum Beispiel alle LEDs anschalten in weis mit höchster Leuchstärke.
- Hash
Überprüfung ob die Übertragung erfolgreich war, mittels eines Hashwertes. Es wird der SHA-224-Algorithmus eingesetzt.

Übertragungsbeispiel:

Protokoll:

```
auth:control:ledNo:rangeStart:rangeEnd:red:green:blue:modus:effectcode:hash  
pass:X01:0:0:49:255:255:255:0:0:xx
```

Listing 2.8: Beispielübertragung des Protokolls

Dies wrde die LEDs 0 bis 49 einschalten (Farbe weis 255,255,255). Anstelle der XX würde der Hashwert der gesamten Übertragung gesendet.

2.4.2 Framework

Twisted: <https://twistedmatrix.com>

Es wird das Twisted Matrix Framework eingesetzt. Twisted ist eine in Python geschriebene event-getriebene Netzwerkengine. Die meisten gängigen Protokolle wie TCP, IMAP, SSHv3 und viele mehr werden unterstützt. Somit bietet Twisted die ideale Möglichkeit einen eigenen simplen Server zu implementieren.

Event-Getrieben (event-based): Die Serveranwendung befindet sich in einer Schleife und wartet auf ein Event. Dieses Event ist in diesem Fall der Connect eines Clients zum Server. Für jeden Connect wird eine neue Instanz angelegt, in welcher empfangene Daten bearbeitet werden können. Die Daten werden als String ausgewertet, somit wird ein string-basiertes Protokoll implementiert. [I.]

2.4.3 Testcode

Im folgenden Beispiel wird ein Beispiel von Twisted Matrix gezeigt. Es implementiert ein sehr einfaches Protokoll, welches alle empfangenen Daten wieder zurück sendet. Das Protokoll reagiert auf Events und bearbeitet sie, sobald sie empfangen wurden.

- `connectionMade(self)`: Erstkontakt, wenn Verbindung hergestellt
- `dataReceived(self, data)`: Daten wurden empfangen
- `connectionLost(self, reason)`: Verbindung wurde unterbrochen


```
1  #!/usr/bin/env python
2  # Copyright (c) Twisted Matrix Laboratories.
3  # See LICENSE for details.
4
5  from twisted.internet.protocol import Protocol, Factory
6  from twisted.internet import reactor
7
8  ### Protocol Implementation
9
10 # This is just about the simplest possible protocol
11 class Echo(Protocol):
12     def dataReceived(self, data):
13         self.transport.write(data)
14
15
16     def main():
17         f = Factory()
18         f.protocol = Echo
19         reactor.listenTCP(8000, f)
20         reactor.run()
21
22 if __name__ == '__main__':
23     main()
```

Listing 2.9: Testcode Echoserver mit Twisted Framework

2.4.4 Implementierung

Der Server wird in einem neuen Thread gestartet, damit er unabhängig von allem anderen arbeiten kann. Zusätzlich wird ihm eine Referenz auf die Center-Klasse übergeben. Somit kann er direkt auf die empfangenen Daten reagieren. Es wird nur eine Verbindung zum Server erlaubt. Falls sich ein weiterer Client verbinden will, wird die Verbindung direkt beendet.

Aufgrund der Implementierung von STARTTLS erwartet der Server als erste Übertragung das Stichwort SSTARTTLS“, dieses quittiert er mit RREADY“. Daraufhin initialisiert er die TLS-Verbindung. Details zur Übertragung mit TLS finden sie unter dem Punkt X.X Verschlüsselung.

Die nächste Übertragung kann Daten zur Steuerung, in Form des in X.X erläuterten Protokolls enthalten. Anhand der “:“ werden die empfangenen Daten gesplittet und in ein Array abgelegt. Zur besseren Verständlichkeit werden die Werte in einzelne Variablen gespeichert.

Im Anschluss wird das Übertragene Passwort und die Korrektheit der Daten überprüft. Falls beides Korrekt ist, so werden die Daten anhand ihres Control-Feldes ausgewertet. Bevor tatsächlich LEDs angesteuert werden, wird überprüft ob die Farbwert im gültigen Bereich (0-255) liegen und ob die Angabe der LED-Nummer korrekt ist.

```
1  #!/usr/bin/python
```

```
2 # -*- coding: utf-8 -*-
3 #####
4 # Author: Timo Hting #
5 # Mail: mail[at]timohoeting.de #
6 #####
7 import sys
8 import threading
9 import hashlib
10 from ConfigReader import *
11 from OpenSSL import SSL
12 from twisted.internet import reactor, ssl
13 from twisted.internet.protocol import ServerFactory
14 from twisted.protocols.basic import LineReceiver
15
16 class TLSServer(LineReceiver):
17     def lineReceived(self, line):
18         print "received:_" + line
19
20         if line == "STARTTLS":
21             print "--_Switching_to_TLS"
22             self.sendLine('READY')
23             ctx = ServerTLSContext(
24                 privateKeyFileName='./certs/server.key',
25                 certificateFileName='./certs/server.crt',
26             )
27             self.transport.startTLS(ctx, self.factory)
28             connections.append(self)
29         else:
30             a = line.split(':')
31             print a
32             if len(a) > 1:
33                 auth = a[0]
34                 control = a[1]
35                 ledNo = a[2]
36                 rangeStart = a[3]
37                 rangeEnd = a[4]
38                 red = a[5]
39                 green = a[6]
40                 blue = a[7]
41                 modus = a[8]
42                 effectcode = a[9]
43                 hashv = a[10]
44                 data = auth + control + ledNo + rangeStart + rangeEnd + red +
45                     green + blue + modus + effectcode
46                 data = data.rstrip('\n')
47                 data = data.rstrip('\r')
48                 if (self.checkAuthentication(auth) & self.checkTransmissionData(data,
49                     hashv)):
```

```
48         if control == 'X00':
49             ## Alle LEDs ausschalten
50             center.clearPixel()
51         elif control == 'X01':
52             ## Eine LED anschalten
53             self.lightUpOneLED(int(ledNo), int(red), int(green), int(blue))
54         elif control == 'X02':
55             ## LED Bereich anschalten
56             self.lightUpLEDRange(int(rangeStart), int(rangeEnd), int(red),
57                                   int(green), int(blue))
58         elif control == 'X03':
59             ## Effekt alle LEDs
60             self.effectLED(effectcode)
61         elif control == 'X04':
62             ## Modus des Systems
63             self.changeModus(int(modus))
64     else:
65         print center.writeLog('bertragung_fehlerhaft')
66
67     def changeModus(self, modus):
68         center.setModus(modus)
69
70     def lightUpOneLED(self, ledNo, red, green, blue):
71         # Eine einzelne LED mit den o.g. RGB-Werten dauerhaft anschalten
72         a = self.checkColorRange(red)
73         b = self.checkColorRange(green)
74         c = self.checkColorRange(blue)
75         d = self.checkRange(ledNo)
76         if ( a & b & c & d ):
77             center.lightUpOneLED(ledNo, red, green, blue)
78
79     def lightUpLEDRange(self, rangeStart, rangeEnd, red, green, blue):
80         # Einen Bereich von LEDs mit den o.g. RGB-Werten
81         # dauerhaft einschalten
82         # Bereich muss ueberprueft werden mit checkRange()
83         a = self.checkColorRange(red)
84         b = self.checkColorRange(green)
85         c = self.checkColorRange(blue)
86         d = self.checkRange(rangeStart)
87         e = self.checkRange(rangeEnd)
88         if ( a & b & c & d & e ):
89             center.rangePixel(rangeStart, rangeEnd, red, green, blue)
90
91     def effectLED(self, code):
92         # Effekte auf einer LED aktivieren
93         center.effectLED(code)
94
```

```
95  def checkRange(self, ledNo):
96      # Ueberprueft ob die uebergeben LED-Nummer ueberhaupt im
97      # gueltigen Bereich liegt
98      # Es wird der Eintrag 'number' aus dem Config-File geladen
99      reader = ConfigReader()
100     number = int(reader.getNumberOfLED())
101     if ( ledNo >= 0 & ledNo < number):
102         return True
103     else:
104         return False
105
106     def checkColorRange(self, color):
107         # berprfung ob Farbwert im gltigen Bereich liegt
108         if (color >= 0 & color <= 255):
109             return True
110         return False
111
112     def checkAuthentication(self, auth):
113         # Authentifizierung berpfen
114         # Eingabewert ist das Passwort aus der bertragung
115         # Dieses wird gehasht und mit dem in der Konfiguration gespeicherten
116         # Hashwert verglichen
117         reader = ConfigReader()
118         hashv = reader.getHashPass()
119         pw = hashlib.sha224(auth).hexdigest()
120         if ( pw == hashv ):
121             return True
122         return False
123
124     def checkTransmissionData(self, data, check):
125         # Korrektheit der bertragung mittels Hashvergleich feststellen
126         # Eingabewert sind die gesamten Daten der bertragung
127         hashdata = hashlib.sha224(data).hexdigest()
128         check = check.rstrip('\n')
129         check = check.rstrip('\r')
130         if ( hashdata == check ):
131             return True
132         # Fr Testbertragung return immer True
133         return True
134
135     def sendMessage(self, message):
136         self.sendLine(message)
137
138 class ServerTLSContext(ssl.DefaultOpenSSLContextFactory):
139     def __init__(self, *args, **kw):
140         kw['sslmeth'] = SSL.TLSv1_METHOD
141         ssl.DefaultOpenSSLContextFactory.__init__(self, *args, **kw)
142
```

```
143 class StartLightServer(threading.Thread):
144     def __init__(self, c):
145         threading.Thread.__init__(self)
146         global center
147         center = c
148
149     def run(self):
150         global factory
151         factory = ServerFactory()
152         factory.protocol = TLSServer
153         reactor.listenTCP(7005, factory)
154         global connections
155         connections = []
156         reactor.run(installSignalHandlers=False)
157
158     def pushNotification(self, message):
159         # Funktioniert nicht
160         for c in connections:
161             c.sendLine('con_con_con')
```

Listing 2.10: Implementierung des SSL Servers

2.4.5 Hashfunktion

Es wird zu zweierlei Zwecken eine Hashfunktion eingesetzt. Zum einen um die Korrektheit der Übertragung zu überprüfen und zum Anderen um ein Passwort zur Authentifizierung verwenden zu können. Dieses wird als Wort übertragen, auf dem Server aber nur als Hash-Wert abgespeichert. Falls es also jemand schafft die Konfigurationsdatei abzugreifen, so ist der Passworthash nichts wert.

2.5 Kamera

2.5.1 PI-Kamera vs. Netzwerkkamera

Bei Auslösen des System im Überwachungsmodus soll ein aktuelles Bild der Überwachungskamera an das jeweilige Smartphone gepusht werden. Es gibt zwei mögliche Kameratechniken, entweder eine direkt an den Raspberry Pi Anschlossene oder eine, die im Netzwerk erreichbar ist.

Raspberry Pi Cam Die Kameras für den Raspberry Pi können direkt an das Gerät angeschlossen werden. Meistens werden sie direkt über die GPIO Pins verbunden. Der Vorteil dieser Kameras ist, dass sie keine externe Stromversorgung benötigen und durch viele verschiedene Frameworks leicht anpassbar und verwaltbar sind. Der große Nachteil ist allerdings, dass die Kamera an dem Raspberry Pi angeschlossen werden muss, auf welchem auch der Server läuft. Da dieser aber möglich wettergeschützt (im Außenbereich) oder unauffällig (im Innenbereich) angebracht ist, lässt sich von diesen Positionen kaum eine effektive Überwachung realisieren.

Als Beispiel wäre ein von der Raspberry Pi Foundation empfohlene Kamera zu nennen:
//TODO Beispielkamera

Netzwerkamera Eine Netzwerkkamera oder auch IP-Kamera genannt befindet sich im Netzwerk und kann über eine Website oder App eingesehen und gesteuert werden. Der Vorteil ist, dass sie sich irgendwo befinden kann, solange sie im selben Netzwerk ist. Somit kann zum Beispiel eine wetterfeste Kamera im Außenbereich angebracht werden und der Server kann sich im geschützten Innenbereich befinden.

Der Nachteil besteht bei IP-Kameras darin, dass es keine einheitliche API zum Abgreifen des Videomaterials gibt. Eine mögliche Lösung wäre das Laden der HTML Seite über einen HTTP-Request und darauffolgend das Ausfiltern des Bildmaterials. Über diese Variante kann aber kein Video sondern nur temporäre Bilder geladen werden. Dies würde aber für eine Notification auf dem Smartphone ausreichen.

Für dieses Projekt wird eine IP-Kamera aufgrund von oben genannten Vorteilen verwendet.

2.5.2 Ansteuerung

Testcode HTTP-Request

Implementierung

2.6 Anwendungsstruktur

2.6.1 Klassen und ihre Funktionen

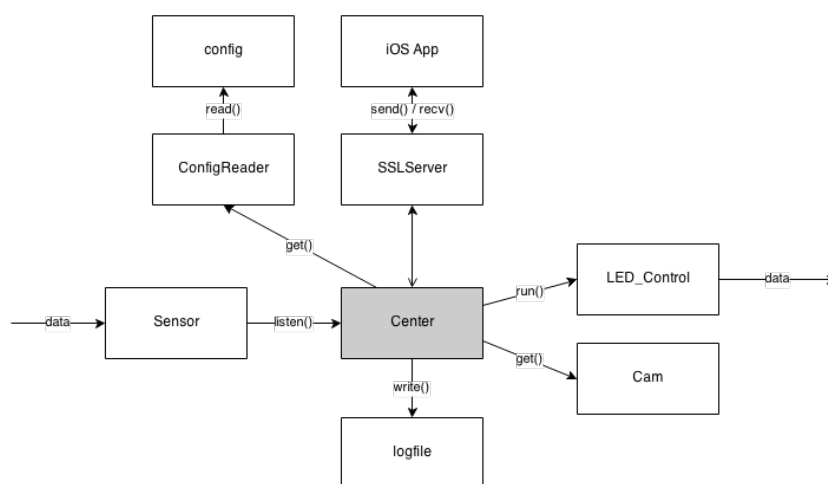


Abbildung 2.5: Anwendungskonzept

Die Klasse 'Center' stellt die zentrale Stelle in der Anwendung dar, an der alle Informationen zusammen laufen und verwaltet werden. In der Klasse 'Sensor' werden die einzelnen Bewegungssensoren überwacht. Falls eine Bewegung detektiert wird, so werden in 'Center' die notwendigen Methoden aufgerufen um die LEDs an- oder auszuschalten.

Die Klasse 'LED_Control' verwaltet die eingerichteten LEDs und steuert diese. Hier werden auch die möglichen Effekte gesteuert. Die Methoden in dieser Klasse werden aus der Klasse 'Center' aufgerufen. Ein Zugriff in die andere Richtung ist nicht möglich.

Alle Serverfunktionalitäten werden in der Klasse 'Server' bereitgestellt. Hier werden die

Daten von Übertragungen empfangen und ausgewertet. Die Prüfung der Korrektheit der einzelnen Protokollbestandteile findet ebenfalls hier statt. Wenn alle Überprüfungen erfolgreich sind, werden die Befehle an 'Center' weiter gegeben und dort ausgeführt. Wenn eine Antwort notwendig ist, zum Beispiel eine Statusabfrage der App an den Server, so werden die Informationen von 'Center' gesammelt und dann von 'Server' verpackt und in korrektem Format an das Mobilgerät gesendet.

Informationen die für den Betrieb des Systems notwendig sind, werden in der 'Config.ini' gespeichert und können nur über die Klasse 'ConfigReader' abgerufen werden. Es werden Informationen wie Anzahl der LEDs, Passworthash oder Adresse der Netzwerkkamera abgespeichert. Die Konfigurationsdatei wird beim Installationsvorgang erstellt.

Abrufen von Bildmaterial von der Netzwerkkamera findet ausschließlich über die Klasse 'Cam' statt. Die Klasse ruft die Informationen ab und filtert das Bildmaterial. Somit geben die Methoden der Klasse nur ein Bild zurück.

In der Klasse 'Status' kann ein Status des Gesamtsystems in der Kommandozeile ausgegeben werden und über 'Log' können Informationen im Logfile gespeichert werden.

Einzelne Rückgabetypen von Methoden, sowie die Initialisierung von allen Klassen kann mit 'UNIT_Test' getestet werden.

```
1 root@raspberrypi:/home/timo/Studienarbeit# python UNIT_Test.py
2 test_Center (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
3 test_Effects (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
4 test_LEDControl (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
5 test_Sensor (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
6 test_Server (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
7 test_Status (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
8 test_camAdress_MUST_FAIL (__main__.TestSequenceFunctions) ... FAIL
9 test_camAvaible (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
10 test_getHashPass (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
11 test_getMotionPin1 (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
12 test_getNumberOfLED (__main__.TestSequenceFunctions) ... ok
13
14 =====
15 FAIL: test_camAdress_MUST_FAIL (__main__.TestSequenceFunctions)
16 -----
17 Traceback (most recent call last):
18   File "UNIT_Test.py", line 67, in test_camAdress_MUST_FAIL
19     self.assertEqual(resultTest, resultCorrect)
20 AssertionError: '192.168.2.205' != '123'
21
22 -----
23 Ran 11 tests in 1.873s
```

Listing 2.11: Ausgabe der Klasse UNIT_Test

2.6.2 Threads

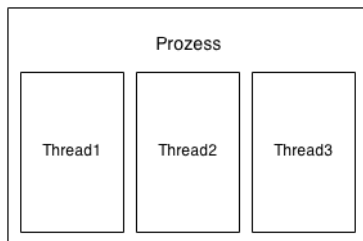


Abbildung 2.6: Prozess und Threads

Problem: Die Server-Klasse und Sensor-Klasse befinden sich in einer Endlosschleife, da sie dauerhaft auf eine Eingabe warten. Beim Server sind dies Empfangene Daten und beim Sensor Bewegungssignale. Würden alle Klassen in einem Thread ablaufen, so würde nur eine Klasse gestartet werden und der Anwendungsablauf in dieser bleiben.

Lösung: Die beiden oben genannten Klassen, sowie weitere Klassen wie die LED-Steuerung, werden in eigene Threads ausgelagert. Threads sind Unterprozesse im Hauptprozess, die es ermöglichen mehrere Aufgaben in einem Programm gleichzeitig abzuarbeiten. Zwischen den einzelnen Threads kann Datenaustausch stattfinden und es ist möglich übergreifende Funktionen aufzurufen.

Zur Implementierung wird das Modul 'threading' genutzt. Eine Klasse, die in einem Thread gestartet werden soll, benötigt eine init- und eine run-Methode.

Beispielcode: Für eine Funktionsdarstellung der Threads mit Python werden drei Klassen angelegt, eine zur Steuerung und zwei, die in einem Thread laufen sollen. Die Klasse 'Testcenter' initialisiert die Klassen als Threads und startet diese.

```
1  #!/usr/bin/python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3  #####
4  # Author: Timo Hting #
5  # Mail: mail[at]timohoeting.de #
6  #####
7  import threading
8  from TestThread import *
9  from TestThread1 import *
10
11 class TestCenter():
12     def newThread(self):
13         global testthread
14         global testthread1
15         testthread = TestThread('thread0', self)
16         testthread1 = TestThread1('thread1', self)
17         testthread.start()
18         testthread1.start()
19
20     def dosth(self):
21         print 'dosth'
22
23     def dosth2(self):
24         print 'dosth2'
25
26     def dosth3(self):
```



```
27         testthread1.calledFromMain('-dosth3')
28
29 if __name__ == "__main__":
30     newThread = TestCenter()
31     newThread.newThread()
```

Listing 2.12: Klasse Testcenter

Die beiden TestThread-Klassen enthalten beide eine init- und eine run-Methode. Die Klasse Thread1 enthält zusätzlich noch eine Methode die von anderen Klassen ausführbar ist.

```
1  #!/usr/bin/python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3  #####
4  # Author: Timo Hting #
5  # Mail: mail[at]timohoeting.de #
6  #####
7
8  import threading
9  import time
10 import datetime
11
12 class TestThread1(threading.Thread):
13     def __init__(self,ms,c):
14         threading.Thread.__init__(self)
15         global center
16         center = c
17         global message
18         message = ms
19
20     def run(self):
21         print message
22         center.dosth2()
23
24     def calledFromMain(self, message):
25         print 'calledFromMain' + message
```

Listing 2.13: Klasse TestThread1

Die init-Methoden werden bei der Erzeugung des Threads aufgerufen und die run-Methode wenn er gestartet wird. Danach können die Methoden wie bei normalen Methodenaufrufen benutzt werden. // TODO Grafik über Zusammenspiel

2.7 Konfiguration und Installation

2.7.1 Konfiguration

2.7.2 Installation

2.8 iOS App

2.8.1 Konzept

2.8.2 ...

2.8.3 ...

3 Praktische Umsetzung

4 Kostenaufstellung

5 Fazit

Abbildungsverzeichnis

2.1	Ergebnisse der LED-Evaluierung	7
2.2	Schaltung für LED-Test	8
2.3	Ergebnisse der Motion-Sensor-Evaluierung	10
2.4	Schaltung für LED-Test	15
2.5	Anwendungskonzept	22
2.6	Prozess und Threads	24

Literaturverzeichnis

- [I.] “SWR Info - Zahlen, Daten, Fakten über den SWR“, <http://www.swr.de/unternehmen/unternehmen/kennzahlen/kennzahlen-organisation/-/id=12213420/did=12302978/nid=12213420/eqq46v/index.html>, 13.12.2013