

# Lehrveranstaltung

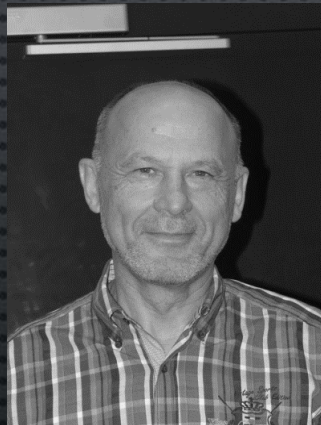
Sommersemester 2024

Wahlpflichtmodul 5 ECTS

L a b o r

## INTERNET OF THINGS

-SMART SENSOR SYSTEMS-



**PROF. ROLF BERGBAUER**

FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING

FRANKFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Urheberrecht:

- Die Vorlesungs- und Übungsunterlagen sind ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt! Es ist ausdrücklich nur die private Verwendung der Unterlagen für die Kursteilnehmer gestattet.
- Die Weitergabe der Unterlagen oder Videos an Dritte, ihre Vervielfältigung oder Verwendung auch von Auszügen davon in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist nicht gestattet.
- Unautorisierte Mitschnitte (Video- und Tonaufnahmen) von Veranstaltungen sind nicht gestattet.
- Die Verletzung von Urheber- und Persönlichkeitsrecht des Autors kann strafrechtliche Folgen haben, zudem müssten Sie mit Konsequenzen bis hin zur Exmatrikulation rechnen.



# INTERNET OF THINGS

-SMART SENSOR SYSTEMS-

## Haftungsausschluss:

- Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen!

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Videokonferenzen:

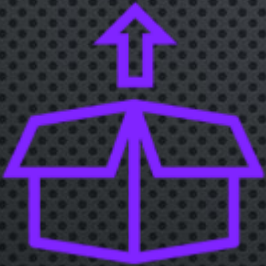
- Als Teilnehmer an Videokonferenzen erklären Sie sich automatisch einverstanden mit der Aufzeichnung der Konferenz und Weitergabe innerhalb dieses Kurses! Eine Weiterverteilung außerhalb des Kurses ist nicht gestattet.
- Teilnehmer, die auch während des Kurses nicht aufgezeichnet werden möchten, können ihre Kamera und Mikrofon ausschalten.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

Paket angeliefert



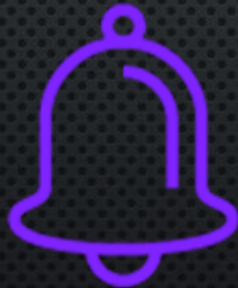
Temperatur um 2 Grad C zu niedrig



Abfallbehälter zu 82% voll



Tür um 23:06 geöffnet



Maschine ist in Betrieb



# INTERNET OF THINGS

-SMART SENSOR SYSTEMS-

## Gleichgewichtstrainer



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

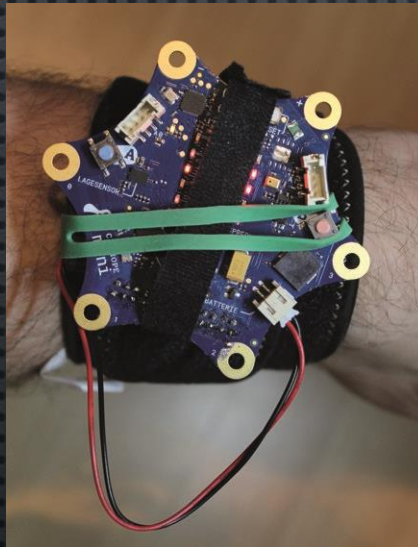
### Gleichgewichtstrainer

Plattform:	Calliope mini
Peripherie:	Beschleunigungssensor (on board), Neigungssensor (on board) Balance Boards
Sprache:	MakeCode; JavaScript; C++; MicroPython
Simulation:	<a href="https://makecode.calliope.cc/">https://makecode.calliope.cc/</a>
Besonderheit:	grafische Programmierung

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer



```
beim Start
  ändere Punkte auf 0
  ändere go auf falsch
  ändere SpielStartzeit auf 0
  ändere Spieler auf 
    erzeuge Sprite an Position x: 2 y: 2
  ändere Neigung auf 
    Rotation (°) Winkel
  ändere Rollen auf 
    Rotation (°) rollen
  pausiere (ms) 100
```



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Calliope mini

#### OnBoard Hardware:

- Nordic nRF51822 Multi-protocol Bluetooth® 4.0 low energy/2.4GHz RF SoC
- 32-bit ARM Cortex M0 processor (16MHz)
- 16kB RAM 256 kB Flash
- Bluetooth Low Energy
- 5 x5 LED-Matrix-Bildschirm
- Beschleunigungssensor, Gyroskop, Magnetometer (Bosch BMX055)
- MEMS-Mikrofon
- DC-Motortreiber (TI DRV8837)
- Piezo-Lautsprecher
- Programmierbare RGB-LED (WS2812b)
- 2 programmierbare Taster
- Serielle Schnittstelle (USB + konfigurierbare Anschlüsse)
- PWM-Ausgabe
- 4 Bananenstecker-/Krokodilklemmenanschlüsse
- 4 analoge Eingänge
- 8-11 Ein-/Ausgangsanschlüsse (je nach Softwarekonfiguration)
- SPI + I2C
- USB-Micro-B-Anschluss (Programmierung und Stromversorgung)
- JST-Batterieanschluss (3.3V)
- Bananen-/Krokodilklemmenanschluss für 3.3V (Ausgang)
- 2 Grove-Steckverbinder (I2C + Seriell/Analog)
- NXP KL26z (USB und Stromversorgung)
- Flash-Programmspeicher (optional)

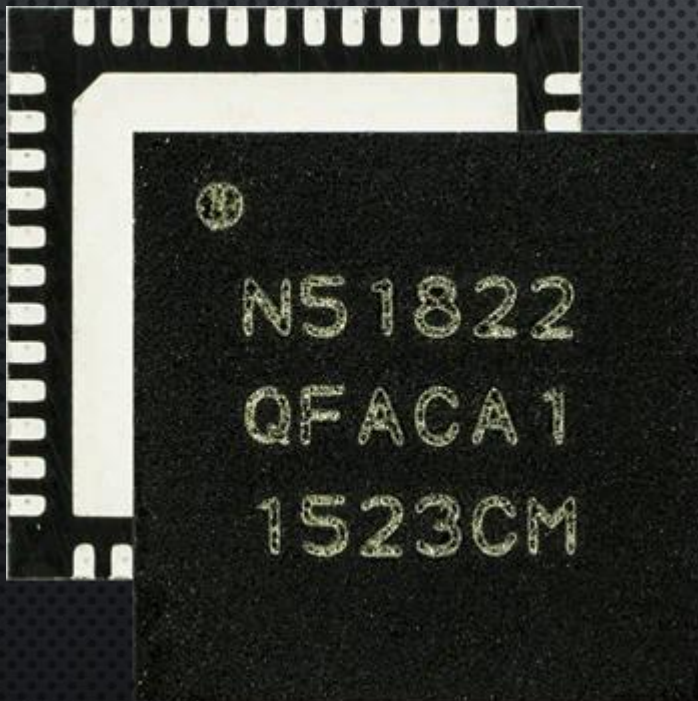


# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

nRF51822

Bluetooth Low Energy and 2.4 GHz SoC System on Chip



Der nRF51822 ist ein Allzweck-SoC mit extrem geringem Stromverbrauch, der sich ideal für Bluetooth® Low Energy und proprietäre drahtlose 2,4-GHz-Anwendungen eignet. Es basiert auf der 32-Bit-ARM® Cortex™-M0-CPU mit 256/128 KB Flash und 32/16 KB RAM.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Timer/counter (TIMER)

Der TIMER kann in zwei Modi betrieben werden, in dem Timer-Modus und dem Counter-Modus.

In beiden Modi wird der TIMER durch Auslösen der START-Task gestartet und durch Auslösen der STOP-Task gestoppt.

Nachdem der Timer gestoppt wurde, kann der Timer die Zeitmessung/Zählung fortsetzen, indem er die START-Task erneut auslöst.

Wenn die Zeitmessung/Zählung wieder aufgenommen wird, läuft der Timer mit dem Wert weiter, den er vor dem Stopp hatte.

Wenn der Timer nicht in der Lage sein muss, die Zeitmessung/Zählung nach einem STOPP fortzusetzen, kann die SHUTDOWN-Task anstelle oder nach der STOP-Task verwendet werden.

Wenn der Timer heruntergefahren wird, wird der interne Kern des Timers, abgeschaltet. Um den niedrigsten Stromverbrauch im System-ON-Modus zu erreichen, muss der Timer abgeschaltet werden.

Die Anlaufzeit aus dem Abschaltzustand kann länger sein im Vergleich zum Starten des Timer aus dem angehaltenen Zustand.

Im Timer-Modus wird das interne Zählerregister des TIMERS für jeden Tick der Timer-Frequenz  $f_{\text{TIMER}}$  um eins erhöht.

Die Timer-Frequenz wird von PCLK16M abgeleitet, wie in Gleichung 1 beschrieben die im PRESCALER-Register angegebenen Werte:

$$f_{\text{TIMER}} = 16 \text{ MHz} / (2^{\text{PRESCALER}})$$



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

Fitness-Gadgets gibt es am Markt genügend, jedoch fordern diese alle auf, noch mehr Sport zu machen und aktiver zu sein.

Bei diesem Projekt für einen Gleichgewichtstrainer wird ein anderer Weg gewählt.

Dieser Gleichgewichtstrainer fordert die Spieler komplett Still zu halten, damit ihre Körperspannung verbessert wird –Ruhe bewahren und still halten–.

Auf dem Calliope mini sind zwei Funktionen zu entwickeln.

- Die erste Funktion nennt sich „Don't move“.
  - ✓ Bewegen wir uns zu viel, heißt es: Game over.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

Die erste Funktion „Don't move“.

Bewegen wir uns zu viel, heißt es: Game over.

Bei dieser Funktion ist der Spieler gefordert möglichst still zu halten.

Jede kleine Bewegung kostet ein Punktabzug von insgesamt zehn Punkten.

Das Spiel ist beendet, wenn alle zehn Punkten abgezogen sind.

Während des Spiels ist eine Stoppuhr aktiviert, gespeichert wird am Ende von jedem Spiel nur das beste Ergebnis

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

Die zweite Funktion „Keep your balance“.

Wer das Gleichgewicht nicht halten kann, verliert.

Der Spieler kann eine beliebige Position wählen und seine Gleichgewicht halten.

Der Spieler hat die Freiheit zwischen fünf Schwierigkeitsniveaus zu wählen.

Jedes Niveau hat ein Toleranz-Winkel für Auslenkung .

Dies bedeutet, wenn der Spieler seine Position nicht halten kann und er bewegt sich innerhalb der Toleranzbereich (näher sich dem maximal zugelassene Ablenkungswinkel), dann warnt der Gleichgewichtstrainer den Spieler durch eine Tonsignal. So kann der Spieler sofort zu seiner ursprünglichen Position zurückfinden. Je höher das Niveau ist , desto kleiner ist die zugelassene Ablenkung . Gleichzeitig je höher das Niveau ist , desto kürzer ist der Zeitabschnitt , in dem der Spieler reagieren muss. Wenn der nicht rechtzeitig reagieren kann , dann verliert er sofort einen Punkt.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

Die zweite Funktion „Keep your balance“.

Toleranz-Winkel und Zeitabschnitt für die einzelnen Niveaus

Niveau / Toleranz	Winkel in grad	Zeit in sekunden
Noob	von 20° bis 60°	5s
Athletic	von 20° bis 50°	4s
Champion	von 15° bis 30°	3s
Legend	von 10° bis 25°	2s
God-like	von 5° bis 15°	1s

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

#### Benötigte Komponenten

Für die erste Funktion „Don't move“, bringt der Calliope mini alles Notwendige mit

- den Calliope selbst und das Batterie-Pack für die mobile Stromversorgung.

Für die zweite Funktion, „Keep your balance“, benötigst wir noch ein Balance Board.

- alternativ gehen auch ein sehr stabiles Brett und ein Rundholz aus dem Baumarkt.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Gleichgewichtstrainer

#### Software

Um die beiden Gleichgewichts-Tracker für den Calliope mini zu programmieren, musst man keine Entwicklungsumgebung installieren oder eine neue Programmiersprache lernen.

Als Entwicklungsumgebung wird verwendet MakeCode von Microsoft.

Webseite [https:// makecode.calliope.cc](https://makecode.calliope.cc)

Die Umgebung ist schnell erklärt :

- Links oben wird der Calliope mini simuliert.
- Mit einem Klick auf das Schneckensymbol, wird die Simulation verlangsamt und jeder Schritt hervorgehoben.
- Rechts steht der Code in grafischen Blöcken.
- Die Farben der Codeblöcke entsprechen den Farben der dazu passenden Bibliothek.
- Darunter Eingabe des Namen des Projekts.
- Daneben ist der Speichern-Button.
- Nach dem Klicken, wird eine Hex-Datei zum Download angeboten.
- Sobald diese auf dem USB-Laufwerk des Calliope mini gespeichert ist , wird dieses auf den Calliope mini heruntergeladen und anschließend dort ausgeführt.

# INTERNET OF THINGS

-SMART SENSOR SYSTEMS-

## Mobile Temperaturmessung



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Das Projekt auf einen Blick:

Plattform:

Raspberry Pi  
Arduino MKR NB 1500 (benutzt bestimmte Bänder von LTE)

Peripherie:

- DHT11 Temperatur und Feuchtigkeitssensor
- Surfstick von Huawei (E3276); D-Link (DWM-222) mit Hologram Global IoT SIM Card

Schnittstellen:

GPIO

Sprache:

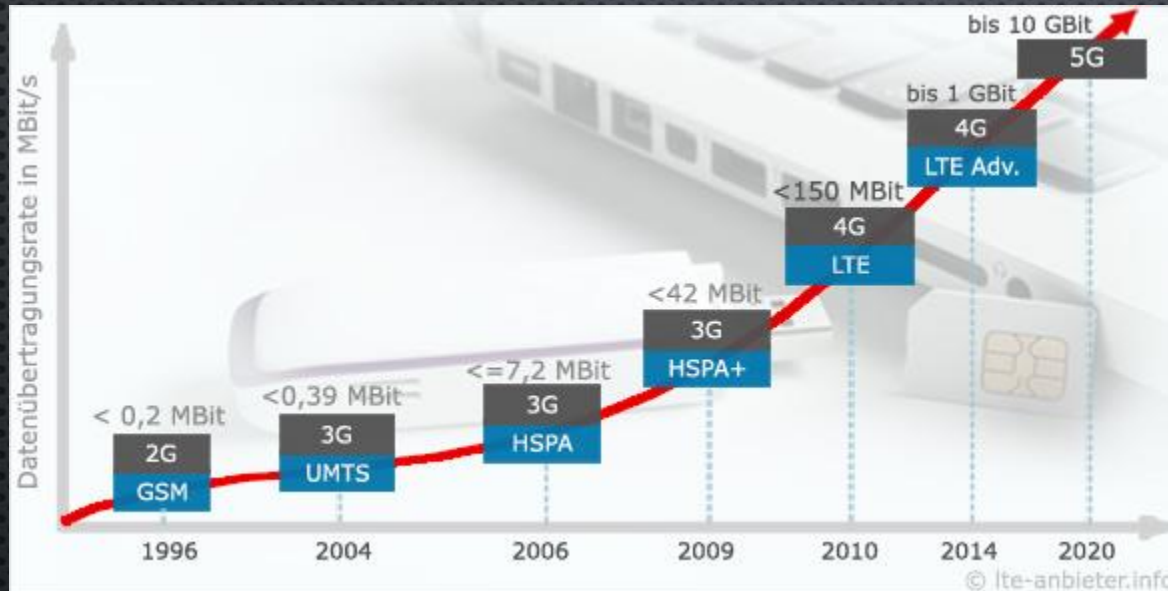
Python

Besonderheit:

Surfstick, Hologram SIM, SDK und Cloud

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-



Im LTE Bereich legt die Kategorie (CAT) fest, wie hoch die Übertragungsrate von einem 4G-Gerät theoretisch sein kann.

Bei CAT 18 sind es (theoretisch) 1200 MBit im Downstream und 225 MBit beim Upstream. "Theoretisch", da es noch keine derart schnellen Tarifangebot für 4G in Deutschland gibt und wahrscheinlich auch nie geben wird.

Für Geschwindigkeiten über 1 GBit/s wird langfristig 5G die Führung übernehmen.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

LTE-Kategorie	Release	max. Down	max. Up	Carrier bis	MIMO bis	QAM Down/Up	Kanal / Bündelung
CAT 0	12	1 MBit/s	1 MBit/s	1	./.	16 / 16	1,08 MHz
CAT 1	8	10 MBit/s	5 MBit/s	1	./.	64 / 16	1,08 - 18 MHz
CAT 2	8	50 MBit/s	25 MBit/s	1	2x2	64 / 16	1,4; 3;5;10;15;20
CAT 3	8	100 MBit/s	50 MBit/s	1	2x2	64 / 16	1,4; 3;5;10;15;20
CAT 4	8	150 MBit/s	50 MBit/s	1	2x2	64 / 16	1,4; 3;5;10;15;20
CAT 5	8	300 MBit/s	75 MBit/s	1	4x4	64 / 64	1,4; 3;5;10;15;20
CAT 6	10	300 MBit/s	50 MBit/s	2	4x4	64 / 16	20 - 40 MHz
CAT 7	10	300 MBit/s	100 MBit/s	2	4x4	64 / 16	20 - 40 MHz
CAT 8	10	3000 MBit/s	1500 MBit/s	5	8x8	256 / 64	20 - 100 MHz
CAT 9	11	450 MBit/s	50 MBit/s	3	4x4	64 / 16	20 - 60 Mhz
CAT 10	11	450 MBit/s	100 MBit/s	5 (3 D/2 U)	4x4	256 / 16	20 - 60 MHz

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

LTE-Kat. Down	Release	Downloadrate max.	Carrier bis	MIMO bis	QAM bis	Kanal / Bündelung
CAT 11	12	600 MBit/s	3	4x4	256	20 - 60 MHz
CAT 12	12	600 MBit/s	3	4x4	256	20 - 60 MHz
CAT 13	12	400 MBit/s	5	4x4	256	20 - 100 MHz
CAT 14	12	4000 MBit/s	5	8x8	256	20 - 100 MHz
CAT 15	12	780 MBit/s	5	4x4	256	20 - 100 MHz
CAT 16	12	1000 MBit/s	5	4x4	256	20 - 100 MHz
CAT 17	13	25 GBit/s	32(!)	8x8	256	20 - 640 MHz
CAT 18	13	1,21 GBit/s	32(!)	bis 8x8	256	20 - 640 MHz
CAT 19	13	1,7 GBit/s	32(!)	bis 8x8	256	20 - 640 MHz
CAT 20	14	2 GBit/s	7	bis 8x8	256	?
CAT 21	14	1,4 GBit/s	?	4x4	256	?



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

IoT bietet viele Vorteile.

In der Praxis scheitern solche Projekte immer an zwei Dingen:

- Erstens benötigt man Strom für das IoT-Device und
- zweitens eine Netzwerk- oder Internetanbindung.

Während die Stromversorgung meistens noch irgendwie machbar ist, sei es durch Powerbanks, Solarpanels etc., hapert es meistens an der Netzverbindung.

Das WLAN ist zu schwach oder nicht verfügbar und scheidet damit aus.

LoRa und Sigfox klingen zwar verlockend, haben jedoch noch nicht die gewünschte Marktdurchdringung erreicht. Die Übertragungsraten sind nicht berauschend, und es steht auch das Thema Sicherheit im Fokus:

- Wer kann meine Daten mitlesen?

Am Ende bleibt nur eine Mobilfunkverbindung. Die ist nahezu überall verfügbar, verfügt über eine verhältnismäßig hohe Bandbreite und ist ohne Zusatzaufwand als relativ sicher zu betrachten.

- Doch wie kann man eine Datenverbindung über das Mobilfunknetz kostengünstig umsetzen?

Dieses Projekt zeigt die Realisierung eines Temperatur- und Feuchtigkeitssensors zusammen mit Hologram.io. Die Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung soll stündlich durchgeführt und an eine E-Mail-Adresse gesendet werden. Von dort aus kann eine weitere Auswertung erfolgen.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Was ist LoRa?

LoRaWAN ist eine Low Power Wide Area Network (Niedrigenergieweitverkehrsnetzwerk)

Spezifikation für drahtlose batteriebetriebene Systeme in einem regionalen, nationalen oder auch globalen Netzwerk.

LoRaWAN zielt dabei auf die wichtigsten Anforderungen des IoT – Internet of things (Internet der Dinge) – wie sichere bidirektionale Kommunikation, Lokalisierung und Mobilität von Dienstleistungen.

Die LoRaWAN-Spezifikation bietet eine nahtlose Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen und Techniken unter Smart Things ohne die Notwendigkeit von starren, lokalen komplexen Installationen und gibt die Freiheit für den Benutzer, Entwickler und Unternehmen wieder zurück, die das Ausrollen im Internet der Dinge ermöglichen.

Die Netzwerkarchitektur des LoRaWAN ist typischerweise in einer Stern-der-Sterne-Topologie aufgebaut, bei der die Gateways als transparente Brücke fungieren, welche die Nachrichten zwischen einem zentralen Netzwerkservers, Endgeräten und im Backend weiterleiten.

Die Gateways werden über eine Standard-IP-Verbindung mit dem entsprechenden Netzwerkservers verbunden, während die Endgeräte die Single-Hop Wireless-Kommunikation zu einem oder auch mehreren Gateways verwenden. Die Endpunkt-Kommunikation ist in der Regel bidirektional.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Was ist LoRa?

Sie unterstützt auch den Betrieb von z. B. Multicast-Enabling Software-Upgrade über die Luft oder andere Möglichkeiten zur Massenverteilung von Nachrichten, um über die Luft-Kommunikation die Übermittlungsdauer zu reduzieren.

Die Kommunikation zwischen Gateways und Endgeräten verteilt sich auf unterschiedliche Datenraten und Frequenzkanäle.

Die Auswahl der Datenrate ist ein Kompromiss zwischen Nachrichtendauer und Kommunikationsbereich. Durch die Spread-Spectrum-Technologie wird die Kommunikation mit verschiedenen Datenraten nicht gegenseitig gestört und schafft eine Reihe von „virtuellen“ Kanälen, welche die Kapazität der jeweiligen Gateways erhöhen. LoRaWAN-Datenraten reichen von 0,3 kbps bis hin zu 50 kbps.

Zur Maximierung der Batterielebensdauer der gesamten Netzwerkkapazität und Endgeräte verwaltet der LoRaWAN-Netzwerkserver die HF-Ausgabe und die Datenrate für alle Endgeräte individuell unter Zuhilfenahme eines adaptiven Datenraten-Schemas.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Sigfox

Gleichnamiges Funknetz des französische Netzbetreiber Sigfox

Die Spezifikation richtet sich an IoT-Sensoren und funkt im in Deutschland frei zugänglichen 868-Mhz-Band - mit Kanälen von 200 Kilohertz.

Das Protokoll überträgt Daten standardmäßig ohne Verschlüsselung und nutzt Ultra-Narrow-Band-Technik, die eine geringe Übertragungsleistung hat, allerdings dadurch nicht so viel Energie und Rechenaufwand benötigt.

Eine Sigfox-Basisstation kann etwa eine Million Sensoren gleichzeitig verwalten, was mit herkömmlichen Funknetzen wie LTE oder HSPA nicht so einfach möglich ist.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Sigfox

**Geringer Energieverbrauch, geringe Datenübertragung**

Der Kompromiss:

Ein in Sigfox eingebundener Sensor kann pro Nachrichtenübertragung maximal 12 Byte an rohen Daten versenden.

Daran hängt das Protokoll acht Byte für notwendige Fehlerkorrekturen, Längenindikator und Identifier an - wie es auch andere Übertragungstechniken tun.

Für viele Sensoren dürften 12 Byte pro Session ausreichen, etwa um numerische Werte an Server zu senden.

Ungeeignet ist das Protokoll für hochauflösende Videoübertragung und Machine Learning.

Sigfox ist in der EU bisher nicht vollständig flächendeckend verfügbar.  
In Österreich und der Schweiz wird das Netz momentan noch ausgebaut.

**Das System ist proprietär.**

Die Kunden binden sich an die Cloud-Infrastruktur des Herstellers.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Hologram.io

Die große Herausforderung besteht darin, ein IoT-Gerät an einem Ort ohne feste Internetverbindung ans Netz zu bekommen.

Diese Verbindung ist notwendig, damit das IoT-Gerät Messdaten an einen anderen Dienst oder Cloud-Datensammler abliefern kann.

Ein Surfstick mit Datentarif wäre sicher eine naheliegende Lösung.

Jedoch kommen weitere Fragen auf:

- Welches Netz ist am Einsatzort verfügbar?
- Welcher Mobilfunkstandard wird verfügbar sein (LTE, UMTS oder im schlechtesten Fall nur Edge oder GPRS)?
- Muss es ein vollwertiger Datentarif sein?
- Welche Datenmenge wird in einem Monat übertragen (vermutlich nur wenige Megabyte, Messdaten sind nicht sonderlich groß)?

Hologram hat sich genau in diesem Marktbereich angesiedelt und bietet entsprechende Datentarife und passende Surfsticks an.

Doch eigentlich ist Hologram.io noch viel mehr, nämlich eine komplette Plattform für IoT.

Bei Hologram erwirbt man zunächst eine SIM-Karte.

Diese ist providerunabhängig und kann an fast jedem Ort der Welt betrieben werden.

Hologram hat hierzu viele Kooperationen mit den unterschiedlichsten Providern weltweit abgeschlossen (mehr als 550 Provider in 180 Ländern heißt es auf der Website). Die angebotenen Datentarife zeichnen sich durch eine sehr geringe Grundgebühr und sehr kleine Datenpakete aus (500 KB, 1 MB, 2 MB etc.).

Hologram blocks access in Cuba, Belarus, Iran, North Korea, Russia, and Syria in order to comply with U.S. sanctions regulations. Other countries may be subject to sanctions depending on the end user



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### **Hologram.io**

Als Besonderheit gibt es einen Developer-Tarif .

Dieser wird ohne eine monatliche Grundgebühr bereitgestellt und beinhaltet 1 MB Datentransfer pro Monat kostenfrei. Interessant ist auch, dass der Empfang von SMS-Nachrichten kostenfrei ist.

Somit kann man beispielsweise Steuerkommandos kostenfrei empfangen.

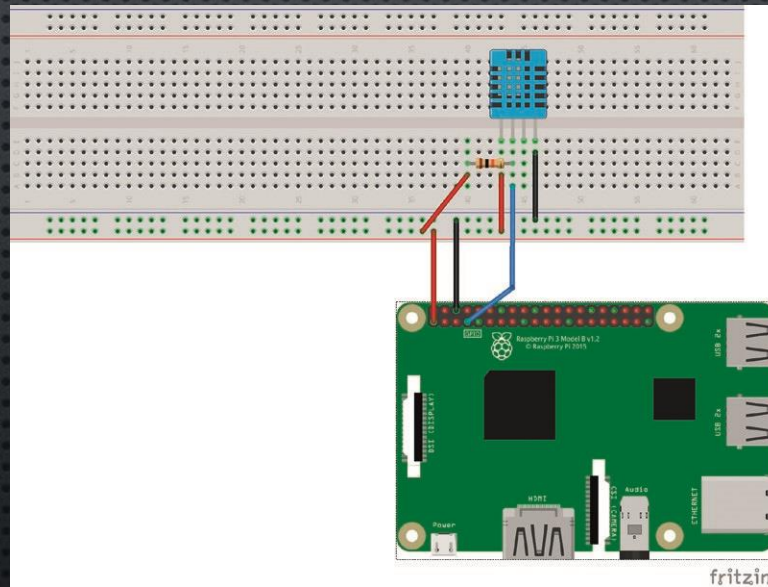
Die Karte kostet aktuell einmalig 5 US\$.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Schaltbild des DHT11 mit dem Raspberry Pi





# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Doch nicht nur der Datentarif ist interessant, Hologram bietet auch ein umfangreiches SDK<sup>14</sup>/API zur Kommunikation mit der Außenwelt.

Der Dienst arbeitet hierbei als eine Art themenbezogener Router analog einer Message Queue.

Es gibt ein Python-SDK und ein Command Line Interface.

Als Output gibt es verschiedenste Anbindungen, wie IFTTT, Slack oder auch ganz einfach E-Mail. Somit kann man Anbindungen sehr einfach realisieren und muss sich darüber hinaus auch nicht groß um die Sicherheit am Gerät sorgen, da das Routing über die Cloud passiert.

Über ein einfaches Linux-Kommando wie `hologram send -t <topics> <message>` oder einen Python-Aufruf, lassen sich sehr einfach Daten versenden.

Das Python-SDK hat noch einen weiteren großen Vorteil:

Es sorgt dafür, dass Datenverbindungen selbstständig auf- und abgebaut werden. Damit wird nur schnell das Datenpaket abgesetzt und die Verbindung wieder geschlossen. Im Gegensatz zu einer Dauerverbindung wird so verhindert, dass beispielsweise Updates oder Ähnliches geladen werden und das Datenvolumenkontingent beanspruchen.

Hologram bietet zudem eigene USB-Surfsticks (Hologram Nova) an. Diese sind jedoch nicht unbedingt notwendig. Es funktionieren auch andere Sticks, die unter Linux mit `pppd` (Point-to-Point Protocol Daemon) ans Laufen gebracht werden können. Zum Beispiel einen Huawei Ex oder Kx.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Hardwareaufbau

Zur Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung wird der DHT11-Sensor (ein DHT22 ist ebenso möglich, da die Pins gleich belegt sind, jedoch muss dann im Code der entsprechende Aufruf angepasst werden) verwendet.

Dieser ist sehr günstig in der Anschaffung und von der Anbindung her einfach zu realisieren, da nur ein einzelner GPIO-Port benötigt wird.

Der Bauplan ist in Form eines Fritzing-Steckplatinendiagramms dargestellt.

Der linke Pin des Sensors wird an einen 3,3-V-Port des Raspberry Pi angeschlossen.

Der Pin rechts daneben wird mit einem GPIO-Pin des Raspberry Pi verbunden, in unserem Fall ist das der GPIO 4. Wichtig ist, dass der Port über einen Pull-up-Widerstand<sup>18</sup> (4,7 – 10 k $\Omega$ ) angebunden wird, um Fehlmessungen zu vermeiden.

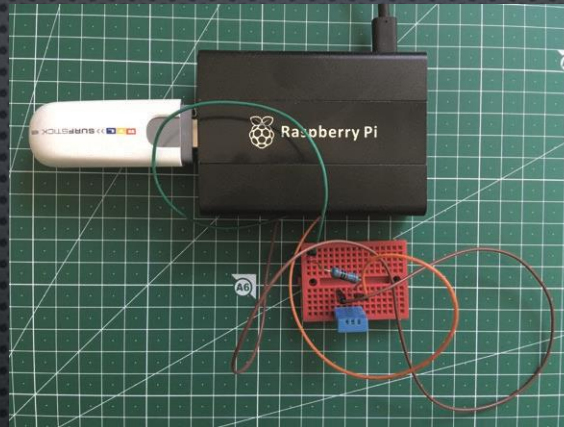
Der Pin daneben bleibt frei, und der ganz rechte Port wird mit Ground (Pin 6) verbunden.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

# Mobile Temperaturmessung

## Software

## Vorbereiten und Einrichten des Surfsticks unter Linux

Damit der Surfstick nicht in den Datenmodus wechselt, muss er so konfiguriert sein, dass er im seriellen Modus arbeitet und AT-Kommandos verarbeiten kann. Bei dem Huawei E303 war hierzu folgendes Kommando auf der Linux-Maschine notwendig:

```
usb_modeswitch -v 0x12d1 -p 0x1f01 -V 0x12d1 -P 0x1001 -M  
"555342430000000000000000000000061106000000000000000000000000"
```

Damit der Stick nicht zurück in den HiLink-Modus wechselt, ist in der Datei

`/etc/usb modeswitch.conf` das Flag `DisableSwitching` auf 1 zusetzen.

Eine Schritt-Für-Schritt-Anleitung ist auf der Hologram-Website.



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Konfiguration der Hologram-Plattform/Router

Sobald der Surfstick das erste Mal zu einer Einwahl bewegt werden konnte, kannst kann man sich auf dem Hologram-Dashboard einloggen (<https://dashboard.hologram.io>).

Account dort anlegen.

Hier musst auch die SIM-Karte aktiviert werden

Der wichtige Punkt ist der Bereich Routes, dort wird die eigene Route angelegt, die festlegt, was mit den gesendeten Daten passiert.

Im Router wird festgelegt, dass die Daten als E-Mail versendet werden.

Der Betreff der E-Mail soll „Temperaturmessung“ lauten, und die gesendeten Daten sollen in Rohform enthalten sein. <<decdata>> steht hierbei als Platzhalter für die decodierten Rohdaten.

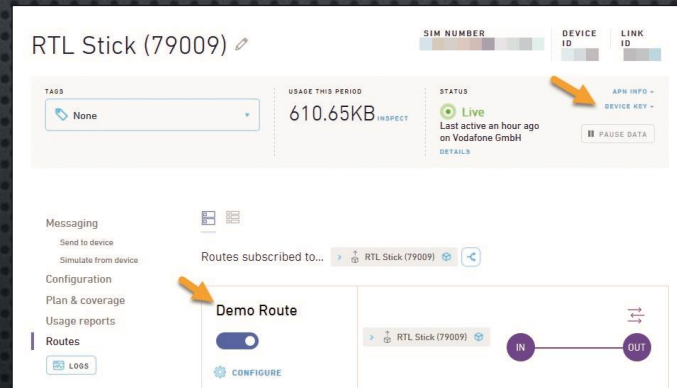
Die ankommenden Daten sind Base-64-codiert und werden von der Plattform zunächst decodiert.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Hologram-Dashboard für den Surfstick im Überblick





# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Route zur Weiterleitung der Messwerte per E-Mail

The screenshot shows a web interface for configuring a route. At the top, there is a 'ROUTE NICKNAME' field with the value 'Demo Route' and a 'STATUS' toggle switch that is turned on. Below this, there is a flow diagram with an 'IN' node connected to an 'OUT' node. The 'IN' node is connected to a green box labeled 'RTL Stick (79009)'. Below this, there is a button labeled 'Insert operation (optional)'. The 'OUT' node is connected to a box labeled 'Email'. The 'Email' box has a close button (X) in the top right corner. Inside the 'Email' box, there is a section titled 'Configure action' with a link 'Learn more about this route type'. Below this, there is a section titled 'EMAIL RECIPIENTS' with the description 'Comma-separated list of email addresses' and a text input field containing 'sh@huestel.de'. Below this, there is a section titled 'SUBJECT' with the description 'Email subject' and a text input field containing 'Temperaturmessung'. Below this, there is a section titled 'EMAIL MESSAGE' with the description 'Accepts our advanced webhook variables. (See docs link above)' and a text input field containing '<<decdat>>'. The bottom of the interface has a torn paper effect.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Python-Skript zur Temperaturmessung und Datenversand Mithilfe der Hologram-Bibliotheken <https://github.com/hologram-io/hologram-python>

und

DHT-Bibliotheken [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_Python\\_DHT](https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_DHT) ist das Python-Skript für die Temperaturmessung in nur wenigen Zeilen Code realisiert.

Hierbei werden die Daten vom Sensor abgerufen, aufbereitet und an Hologram für die Weiterverarbeitung übermittelt.

Die gesamte Verarbeitungslogik wie der E-Mail-Versand findet in der Cloud statt



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### What is GitHub?

GitHub is a code hosting platform for version control and collaboration.

It lets you and others work together on projects from anywhere.

This tutorial teaches you GitHub essentials like *repositories*, *branches*, *commits*, and *Pull Requests*.

You'll create your own Hello World repository and learn GitHub's Pull Request workflow, a popular way to create and review code.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

#### Python-Skript zur Temperaturmessung und Datenversand

```
1 from Hologram.HologramCloud import HologramCloud ##1##
2 import Adafruit_DHT ##2##
3
4 credentials = {'devicekey': '___geheim___'} ##3##
5 hologram = HologramCloud(credentials, network='cellular') ##4##
6
7 result = hologram.network.connect()
8 if result == False
9.     print 'Failed to connect to cell network'
10.
11 sensor = Adafruit_DHT.DHT11 ##5##
12 pin = 4 ##6##
13
14 humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor, pin) ##7##
15 humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor, pin)
16
17 response_code = hologram.sendMessage("h:" + str(humidity) + "t:" + str(temperature)) ##8##
18
19 print hologram.getResultString(response_code) # Prints 'Message sent successfully'. ##9##
20
21 hologram.network.disconnect() ##10##
```



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

1	Die Hologram-Library dient dem Netzzugang über den Surfstick.
2	Die Adafruit-Library wird verwendet zum Auslesen des Temperatursensors.
4	Den Device-Key erhältst man im Hologram-Verwaltungsportal.
5	verbinden über einen verfügbaren Mobilfunkzugang mit Hologram.
11	In dem Projekt wird ein DHT11 verwendet. Es gibt jedoch auch den DHT22, der die gleiche Pin-Belegung hat.
12	Der Temperatursensor liefert Daten am GPIO-Pin 4 ab
14	Abrufen der beiden verfügbaren Messwerte (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) vom Sensor. In Tests hat sich gezeigt, dass der erstmalige Abruf oftmals unzuverlässige Werte liefert. Von daher wird der Wert einfach sofort ein weiteres Mal abgerufen. Das ist zwar keine schöne, aber eine pragmatische Lösung.
17	Um die Daten möglichst kostensparend zu übertragen, wird der Fülltext auf ein Minimum beschränkt. Der zu übertragende Text lautet h:xx t:yy, wobei entsprechend die gemessene Luftfeuchte und Temperatur übertragen wird. Damit kann jede Stunde eine Temperaturmessung vorgenommen werden und gleichzeitig wird das monatliche kostenlose Datenvolumenlimit von 1 MB nicht überschritten.
19	Zu Dokumentationszwecken wird die Rückmeldung des Hologram-Servers auf der Konsole ausgegeben und gegebenenfalls ins Log geschrieben.
21	Im letzten Schritt wird die Verbindung zum Netzwerk sauber getrennt.

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Mobile Temperaturmessung

Damit das Skript auch stündlich ausgeführt wird, wird es als Cronjob auf dem Raspberry Pi unter Linux eingetragen:

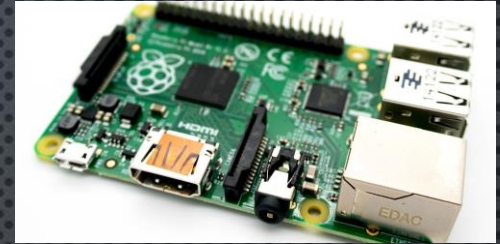
```
0 * * * * root python2.7 /home/pi/temperature.py
```



# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

### Raspberry Pi Simulators for Testing Your Projects



[WyliodrinSTUDIO](https://wyliodrin.com)

Microsoft Azure

[Raspberry Pi Azure IoT Web Simulator \(azure-samples.github.io\)](https://github.com/Azure-Samples/azure-iot-web-simulator)

**Wokwi**

<https://wokwi.com/projects/new/pi-pico>

**Lab Center's Visual Designer**

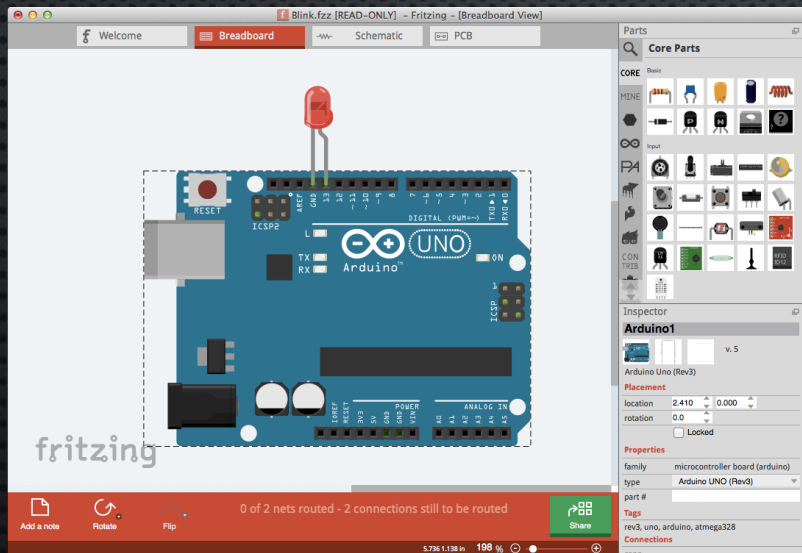
[Raspberry Pi - Simulation kompletter Raspberry Pi Systeme mit Proteus \(labcenter.com\)](https://labcenter.com)

<https://fritzing.org/download>

# INTERNET OF THINGS

## -SMART SENSOR SYSTEMS-

- Mit **Fritzing** lassen sich elektronische Schaltungen auf dem Computer entwerfen.
- Die Schaltungssoftware bietet eine Bibliothek mit zahlreichen elektronischen Bauteilen wie Widerständen, ICs und Sensoren.
- Zudem sind auch Mikrocontroller wie der Arduino enthalten.
- Fritzing ist Open-Source-Software, aber nicht kostenfrei.
- Die Software lässt sich von unregistrierten Nutzern ab 8 EUR via Paypal-Zahlung kaufen.
- Der Quell-Code ist bei GitHub erhältlich.



<https://fritzing.org/download>