

PAX-Counter

Projektzeitraum: 30.04.2019 - 09.07.2019

Teammitglieder: **Fabian Geiselhart** (Visualisierungssoftware)
Henning Klatt (Elektro- / Netzwerktechnik)
Robert Grönning (Datenauswertung)
Paul Straßburger (Teamkoordination)

Abstract:

Das Projekt PAX-Counter beschäftigt sich mit der Nutzung mobiler Endgeräte in der Schule. Es wurde untersucht, inwiefern das Nutzungsverhalten der Schüler von der Klassenstufe abhängig ist. Zu diesem Zwecke wurden in den beiden Bio-Räumen Sensoren platziert. Diese haben über LoRa die Daten an ein Gateway gesendet, sodass die Daten von Zuhause aus ausgewertet werden konnten. Am Ende zeigte sich ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Nutzung und Klassenstufe. Dabei waren Stufe 11 und 12 konstant diejenigen mit der höchsten Nutzung, während es in Unter- und Mittelstufe starke Schwankungen gab.

Inhalt:

1 Projektbeschreibung	3
2 Fragestellung / Hypothesen	3
3 Technische Umsetzung	4
I Unser Aufbau	4
II PAX-Counter / PAX-Sensor	4
III Infrastruktur	5
IV Probleme	6
4 Messung	7
I Wahl des Ortes	7
II Durchführung der Messung	7
III Probleme	7
5 Analyse der Ergebnisse	8
I Diagramme	8
II Probleme	10
6 Auswertung - Fazit	11
7 Mögliche Fehlerquellen	12
8 Quellen	13
9 Quellcode	13

1 Projektbeschreibung

Bei der Vorbereitung unseres Projekts war es uns wichtig, dass wir im Bereich der Messung und der Interpretation etwas tiefer gehen, da wir uns selber eine Herausforderung stellen wollten. Daher haben wir uns entschieden nicht den Arduino zu benutzen, sondern eine andere Richtung einzuschlagen.

Mobile Endgeräte, zum Beispiel Smartphones oder Smartwatches, spielen heutzutage eine unvorstellbar große Rolle in unserer Gesellschaft, vor allem bei den Kindern und Jugendlichen. Sie nutzen mobile Endgeräte um mit Freunden zu chatten, Spiele zu spielen oder sich die neusten Beiträge auf Social-Media Plattformen anzuschauen. Nur machen sie das oft nicht Zuhause oder in ihrer Freizeit, sondern auch in der Schule. Und an diesem Punkt setzt unser Projekt an:

Mithilfe eines "PAX-Sensors", welcher mobile Endgeräte anhand ihrer aktiven Bluetooth und WiFi Verbindung erkennen kann, haben wir über mehrere Wochen die mobilen Endgeräte mit einer Aktiven WiFi Verbindung der Schüler und Schülerinnen am Gymnasium Weingarten gemessen. Auf diese Weise wollten wir zum einen die Effektivität des Handyverbots auf dem Schulgelände, zum anderen aber auch die Zusammenhänge zwischen Nutzungsverhalten und Klassenstufe untersuchen.

2 Fragestellung / Hypothesen

Da die Messung von mobilen Endgeräten einen sehr großen Spielraum für Fragestellungen bietet, haben wir eine Frage gesucht, welche möglichst einfach und mit möglichst wenigen Fehlerquellen zu bearbeiten war. Trotzdem sollte die Fragestellung interessant sein und einen großen Interpretationsspielraum bieten. Daher haben wir uns nach längerem Überlegen auf folgende zentrale Fragestellung geeignet:

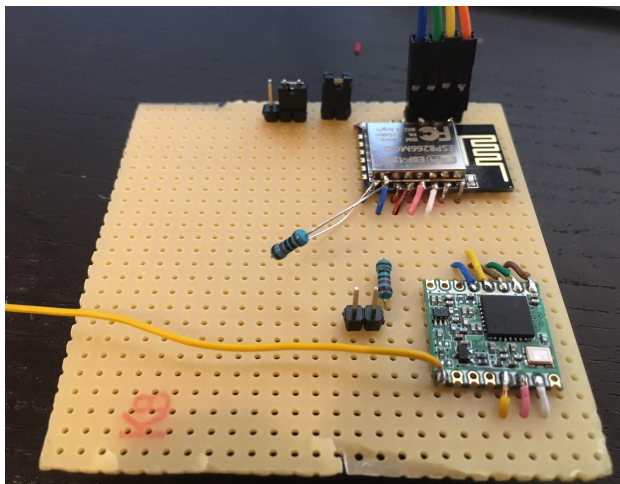
Ist die Nutzung mobiler Endgeräte abhängig von der Klasse und wenn ja, welche Klassenstufe nutzt am meisten mobile Endgeräte?

Dabei hat sich jedes Gruppenmitglied eine Hypothese zur Fragestellung überlegt:

1. Die Nutzung ist **abhängig** von der Klassenstufe.
 - a. Die Nutzung mobiler Endgeräte **wächst linear** mit zunehmender Klassenstufe
 - b. Die Nutzung mobiler Endgeräte **fällt linear** mit zunehmender Klassenstufe
 - c. Die Nutzung mobiler Endgeräte **wächst exponentiell** mit zunehmender Klassenstufe
2. Die Nutzung ist **nicht** abhängig von der Klassenstufe.

In unserer Auswertung werden wir erneut auf diese Hypothesen eingehen und dabei untersuchen, welche der Hypothesen am ehesten mit unseren Messergebnissen übereinstimmt.

3 Technische Umsetzung



I Unser Aufbau

Das Gateway befindet sich mit einer Powerbank zur Stromversorgung in einem geschlossenen Kasten.

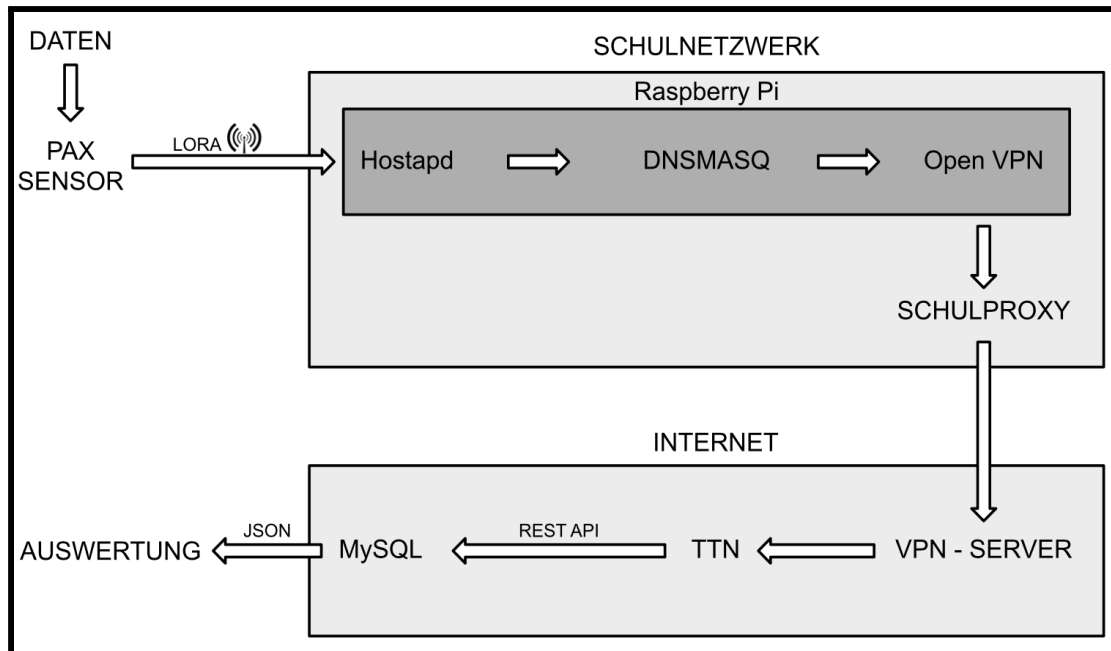


II PAX-Counter / PAX-Sensor

Ein PAX-Counter ist ein Gerät welches mit Hilfe von WiFi und Bluetooth Funksignalen die mobilen Endgeräte in einer ungefähren Umgebung von 10m zählen kann. Dabei wird viel Wert auf den Datenschutz gelegt da die einzelnen MAC-Adressen der Geräte nicht gespeichert werden und dadurch die gemessenen Daten anonym bleiben. Auf der Hardware Seite verwenden wir einen ESP32, da dieser bereits mit WiFi und Bluetooth Funktionalität ausgestattet ist. Dieser zählt über den Zeitraum von einer Minute alle mobilen Endgeräte und sendet diesen Wert anschließend via LoRa an ein zentrales Gateway.



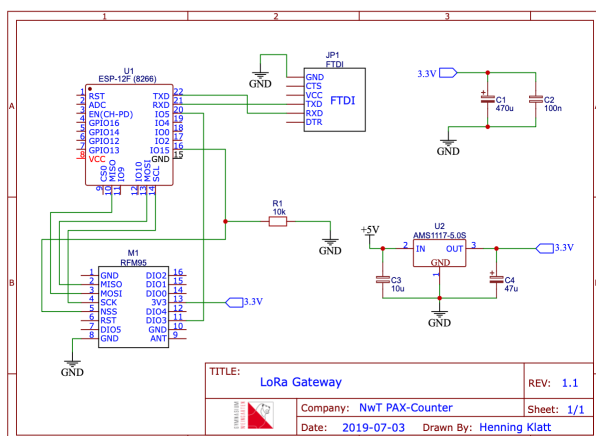
III Infrastruktur

WEG DER DATEN**LORA**

LoRa (Long Range) ist ein energiesparendes, für lange Reichweiten ausgelegtes Funkprotokoll, welches frei verfügbar ist und von der LoRa Alliance festgelegt wird. Zur Modellierung wird eine abgewandelte Version der Chirp Spread Spectrum Technik auf einer Frequenz von 868 MHz verwendet. Wir verwenden das Protokoll zur Übertragung der Daten von den Sensor-Einheiten in den Klassenzimmern zu einem zentralen Gateway um die Datensätze von dort aus gebündelt hochladen zu können.

GATEWAY

Das LoRa Gateway ist mit dem ESP8266 (Microcontroller mit WiFi und 4MB Flash) und einem RFM95 (LoRa Modul) selbstgebaut um Kosten zu sparen. Dieser verwendet eine WiFi Verbindung um die LoRa Pakete hochzuladen. Das Gateway haben wir auf einer Lochrasterplatine zusammengelötet um erneut Zeit und Kosten zu sparen. Dies stellte sich als äußerst schwierig heraus da alle Bauteile nur in SMD Größen verfügbar waren.



HOSTAPD

Um einen sicheren WiFi Access Point für das LoRa Gateway aufzubauen, verwenden wir die Software HOSTAPD auf einem Raspberry Pi mit einem modifizierten Netzwerktreiber, um die WiFi Karte in dem sog. AP-Modus betreiben zu können. Dieser wird benötigt damit WiFi Clients eine Verbindung zur WiFi Karte aufbauen können.

DNSMASQ

Da sich HOSTAPD nur um die Verbindung zu den WiFi Clients kümmert, benötigen wir noch die Software DNSMASQ um den Clients (in diesem Fall unser Gateway) eine IP Adresse zuweisen zu können. Dies ermöglicht die Kommunikation innerhalb eines Netzwerks auf TCP/IP Basis.

VPN

Damit die Daten von dem Raspberry Pi auch hochgeladen werden können, müssen sie durch das Schulnetzwerk. In diesem Fall ist das ein Windows Server 2003 welcher für viele Netzerkanwendungen gesperrt wurde. Zudem wird sämtlicher Netzwerkverkehr durch einen NTLM Proxy getunnelt, welcher nur die Netzwerk-Ports 80 und 443 zulässt. Um dies zu umgehen verwenden wir einen OpenVPN, welcher den Verkehr sämtlicher Protokolle komprimiert, als HTTPS Paket ausgibt und verschlüsselt zu einem unserer Server zuhause sendet. Dort werden die Pakete entschlüsselt und ins offene Internet weitergeleitet.

IV Probleme**FEUER**

Am 19.05.19 brannten die Mobilfunkanlagen auf einem Ravensburger Hochhaus, weshalb unsere eigentliche Idee des Internetzugangs über den Mobilfunk nicht realisierbar war.

SCHUL-FIREWALL

Die Firewall verhindert Netzwerkverkehr, welcher nicht durch einen Webbrowser generiert wird. Da wir jedoch die Absicht verfolgen nicht standardisierte UDP Pakete zu versenden brauchten wir eine Lösung. Die VPN Verbindung führte in unserem Fall zu einem unserer Home-Server. Aufgrund einer DSL Verbindung ist die Bandbreite beschränkt. In der Praxis haben wir 3 Mbit/s im Down- sowie Upload erreicht, was für unsere Mess-Anwendung jedoch völlig ausreichend ist, zum arbeiten an den Laptops jedoch problematisch wird.

4 Messung

I Wahl des Ortes

Bei der Planung eines solchen Projekts stellt sich natürlich nicht nur die Frage wie man misst, sondern auch wo. Um zuverlässige Ergebnisse für alle Klassen, Fächer und Lehrer zu bekommen wäre die ideale Lösung gewesen einen Sensor in jedem Klassenzimmer zu platzieren. Allerdings hätte dieses Ausmaß unser Budget bei weitem überschritten - Hier wäre eine Fortsetzung des Versuchs mit mehr Ressourcen interessant. Mit nur zwei zur Verfügung stehenden Sensoren und auch nur einem Gateway galt es also die Orte für unsere Messungen mit Bedacht zu wählen. Um eine Vergleichbarkeit der Messwerte zu gewährleisten, mussten wir Räume finden, in welchen zum Großteil das gleiche Fach unterrichtet wird. Daher fiel unsere Wahl hier schnell auf die Fachräume, insbesondere Physik, Biologie und Chemie. Die Musiksäle hätten diese Anforderung zwar ebenfalls erfüllt, jedoch erschien uns das Fach (genauso wie auch beispielsweise Kunst) zu wenig repräsentativ. Aber auch die Physik- und Chemieräume waren nicht gut geeignet, denn obgleich der guten Vergleichbarkeit werden dort erst Klassen ab der siebten Klasse unterrichtet. Damit blieben nur die Biologieräume 122 und 124 als Ort, an dem wir bei gleichem Fach und allen Stufen eine Chance auf gute Ergebnisse hatten. Darüber hinaus ermöglichte die räumliche Nähe eine Positionierung des Gateways in der Sammlung zwischen den beiden Räumen. So konnten wir für beide Sensoren guten Empfang gewährleisten.

II Durchführung der Messung

Gemessen wurde dann erstmals in der Woche vom 3.-9. Juni. Hierbei wurde am Dienstag vor Unterrichtsbeginn das Gateway in der Biologiesammlung aufgebaut und die PAX-Counter in den Räumen in Position gebracht. Diese erste Woche verlief weitestgehend ohne Probleme und lieferte auch schon vielversprechende Ergebnisse. Um die Aussagekraft aber weiter zu erhöhen, beschlossen wir eine weitere Woche lang zu messen. Allerdings konnte diese zweite Messung erst nach einer zweiwöchigen Pause durchgeführt werden, da die Pfingstferien genau im Zeitraum des Projektes lagen. Schließlich wurde in der Woche vom 24. -30. Juli die zweite Messung durchgeführt. Eine dritte Messung war geplant für die darauf folgende Woche, jedoch gab es mehrfach Probleme mit den Sensoren, welche die Daten nicht mehr an das Gateway sendeten.

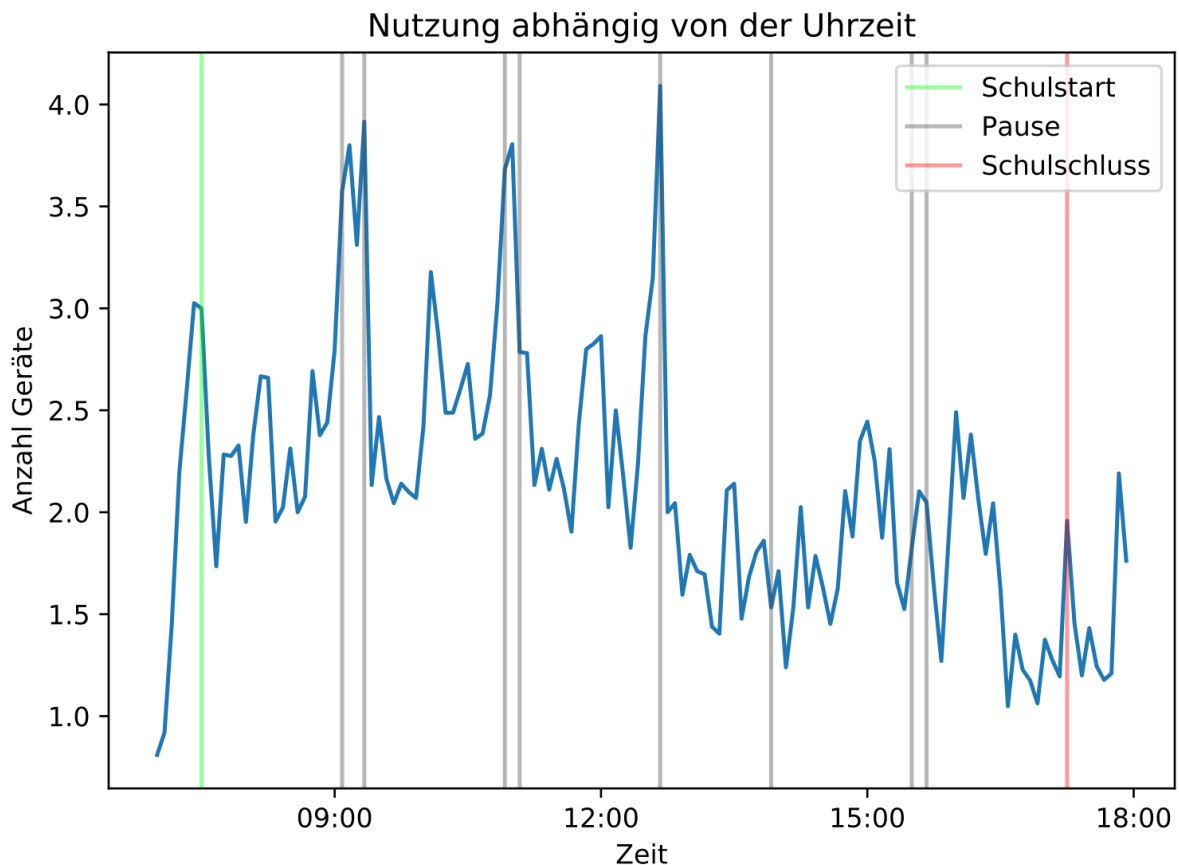
III Probleme

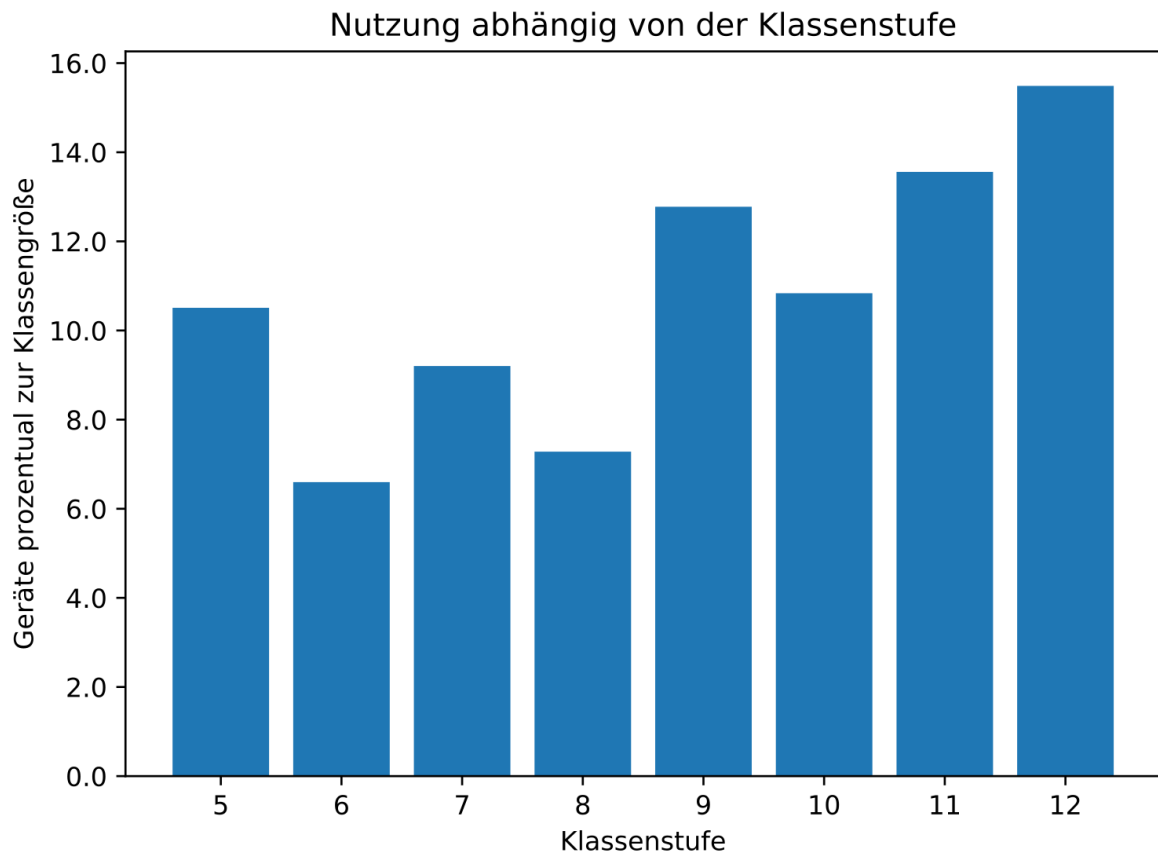
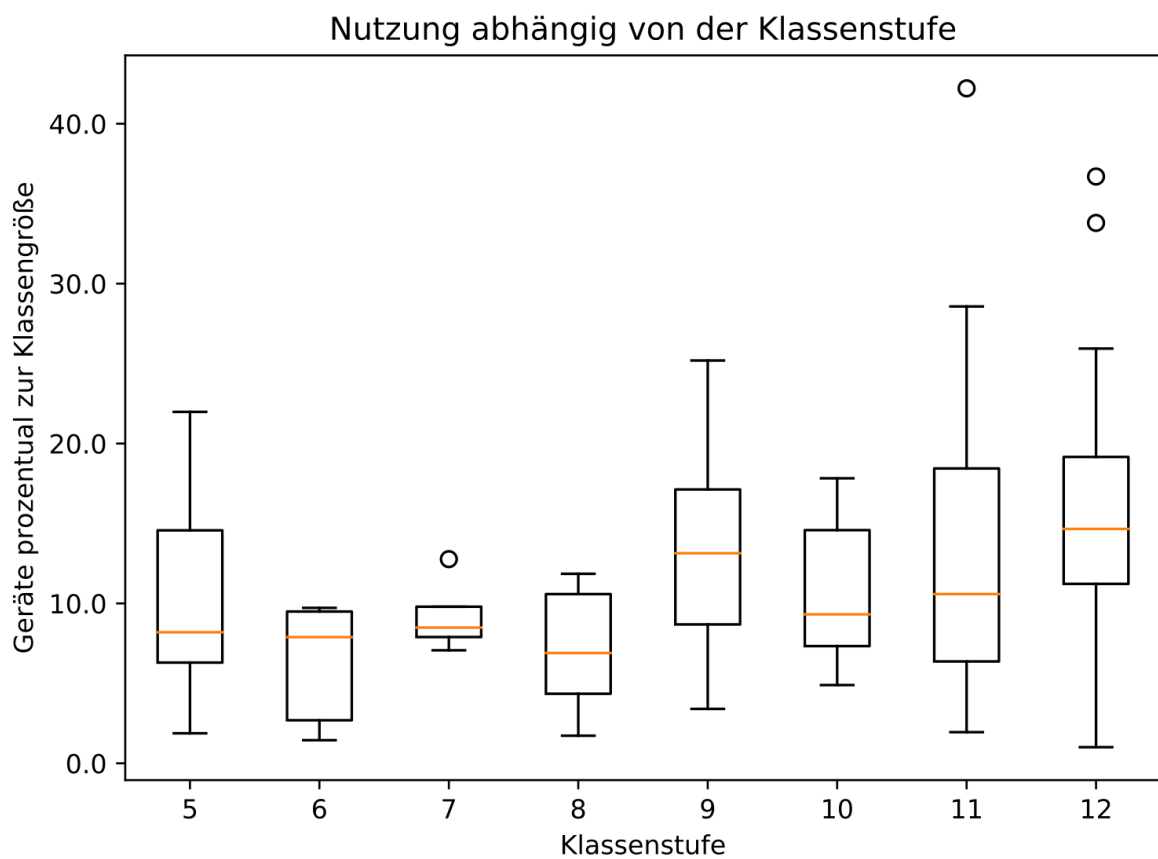
Die gleichzeitige Messung von WiFi und Bluetooth lässt sich mit einer Antenne schwer realisieren, da beide protokolle auf ~2,4 GHz funken. In der Praxis hat sich erwiesen dass sich mobile Endgeräte über WiFi zuverlässiger messen lassen können, da Fitness-Tracker immer populärer werden, meist jedoch nur via Bluetooth kommunizieren, unsere Fragestellung sich jedoch auf mobile Endgeräte und keine Fitness-Tracker konzentriert.

5 Analyse der Ergebnisse

Da unser Datensatz ansatzweise komplex ist, haben wir uns dafür entschieden, für die Visualisierung der Daten nicht Excel oder eine vergleichbare Tabellenkalkulationssoftware zu verwenden. Stattdessen verwenden wir ein selbst geschriebenes Programm, welches unsere Daten darstellt. Hierbei ist der grundlegende Ablauf wie Folgt: Zuerst werden alle benötigten Daten (Messwerte der Sensoren, die Belegung der Räume sowie die relevanten Teile des Vertetungsplans) aus maschinenlesbaren JSON-Dateien in den Hauptspeicher gelesen. Nun werden die Rohdaten in einfacher darzustellende Daten verarbeitet. Wie dies passiert ist vom Diagramm abhängig und wird im Verlauf dieses Berichtes noch eingehender beleuchtet. Die verarbeiteten Daten werden nun im letzten Schritt am Matplotlib übergeben. Matplotlib ist eine extrem flexible Python Bibliothek, welche das generieren von Diagrammen aus Daten extrem vereinfacht. Matplotlib speichert die Diagramme nun als Vektorgrafiken.

I Diagramme





Da unser Datensatz viele Informationen bereitstellt ist es uns möglich mehrere interessante Diagramme zu erstellen. Hierfür müssen die Informationen allerdings unterschiedlich verarbeitet werden.

Um die durchschnittliche Nutzung der Zeit zuordnen zu können müssen zuerst die Daten beider Sensoren nach der Uhrzeit (nicht dem Datum) sortiert werden. Dies ermöglicht es im nächsten Schritt den Datensatz in Blöcke von fünf Minuten einzuteilen. In den Blöcken befinden sich nun Daten aus allen Wochen und Tagen an denen gemessen wurde, jedoch immer nur in einem spezifischen, fünf Minuten langen Bereich (z.B. 9:00 Uhr bis 9:05 Uhr). Nun wird der durchschnittliche Wert dieser Blöcke berechnet. Das Resultat dieses Vorgangs ist eine Menge von Uhrzeiten mit zugeordneten Durchschnittswerten, welche von Matplotlib dargestellt werden kann.

Um die Klassenstufe der durchschnittlichen Nutzung zuzuordnen wird als allererstes aus dem Vertretungsplan und der planmäßigen Raumbelugung die "reale" Raumbelugung errechnet, was es uns ermöglicht für jede stattgefundene Stunde die durchschnittliche Nutzung zu errechnen und diese der Klasse und Klassenstufe zuzuordnen.

Der Boxplot kann aus dieser Liste von Klassenstufen und durchschnittlichen Stundenwerten nun direkt von Matplotlib errechnet werden.

Um das Balkendiagramm zu generieren muss allerdings noch der Durchschnitt aller Stundenwerten einer Klassenstufe errechnet werden. Die resultierende Zuordnung von Klassenstufe zu durchschnittlicher Nutzung kann nun auch von Matplotlib in ein Diagramm umgesetzt werden.

Die Entscheidung als "kleinste Einheit" nicht die Einzelnen Messwerte zu verwenden, sondern diese erst in einen Stundendurchschnitt umzurechnen verschönert die entstehenden Boxplots, da in Schulstunden eine große Variation der Werte entsteht (z.B der Lehrer kommt zu spät, also besteht in den ersten Minuten eine Nutzung von nahezu null Prozent). Dies würde zu vielen, auf dem Boxplot sichtbaren, Extremwerten und einer größeren Box führen, was das Lesen und Interpretieren dieses Plots stark erschwert.

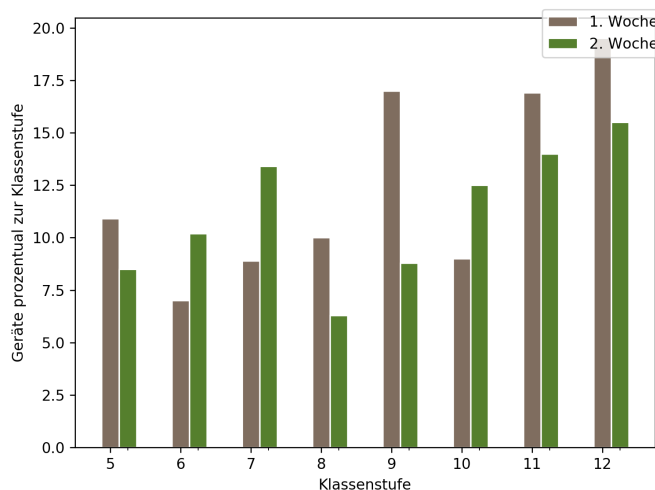
II Probleme

Für eine korrekte Analyse der Daten werden viele Informationen in maschinenlesbarer Form benötigt, welche von der Schule aber nicht in einer solchen bereitgestellt werden. Hier zu nennen sind die Stundenpläne, die Größen der Klassen und der Vertretungsplan.

Bevor wir also damit beginnen konnten unsere Daten darzustellen mussten wir eine nennenswerte Menge von Daten manuell in das JSON-Format übersetzen. Dies war eine Zeitaufwändige, fehleranfällige Aufgabe, stellte uns letztendlich jedoch nicht vor große Schwierigkeiten.

6 Auswertung - Fazit

Unsere zentrale Fragestellung war die Auswirkung der Klassenstufe auf die Nutzung mobiler Endgeräte, dementsprechend liegt in diesem Bereich auch der Schwerpunkt unserer Analyse. Bei der Betrachtung des Gesamtbildes lässt sich hier schonmal ein grundsätzlicher Trend erkennen. Im Verlauf von der sechsten bis hin zur zwölften Klasse steigen die Nutzungszahlen im Mittel annähernd linear an. Dieses Ergebnis deckt sich mit unserer ersten Hypothesen und lässt sich durch verschiedene Gründe erklären. Zum einen wäre es möglich, dass - zumindest in den unteren Stufen – die Anzahl der mobilen Endgeräte im Besitz der Schüler ansteigt, was so zu einer höheren Nutzung führen könnte. Jedoch bewerten wir dies als eher unwahrscheinlich, da heutzutage auch in der Unterstufe schon fast alle Schüler ein mobiles Endgerät (in den meisten Fällen ein Smartphone) besitzen. Eine andere Erklärung ist eine Abnahme des Respekts gegenüber zum einen den Lehrern, zum anderen den Regeln selbst. Nach diesem Ansatz sind Schüler zu Beginn ihrer Schullaufbahn noch unsicherer, haben noch mehr Angst vor eventuellen Konsequenzen. Je älter sie dann werden, umso mehr stellen sie dann aber fest, wie man die Regeln dennoch missachten kann, ohne mit Konsequenzen rechnen zu müssen. In Folge dessen steigt die Nutzung mobiler Endgeräte.



Wie aber schon gesagt, ist der Trend nur annähernd linear. Zu beachten ist nämlich, dass das gezeigte Diagramm den Durchschnitt über den gesamten Zeitraum von zwei Wochen zeigt. Bei Betrachtung der einzelnen Werte von Woche 1 und 2 zeigt sich nämlich ein weiteres Phänomen. Während bei allen Klassen der Unter- und Mittelstufe deutliche Schwankungen erkennbar waren, bildeten die

Klassenstufen 11 und 12 stets das Maximum der Nutzung. Dabei lieferte die 11. Klasse den absolut höchsten Einzelwert mit einer Nutzung von nahezu 50% und die 12er erreichten mit ~19,5% in der ersten Woche den maximalen Wochendurchschnitt aller Stufen. Somit lässt sich sagen, dass es trotz des allgemeinen Anstiegs immer noch einen Sprung zwischen Mittel- und Oberstufe gibt. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre eine "Lockerung" des Unterrichts, die Schüler sind mehr selbst dafür verantwortlich, dass sie alles erfassen.

Allgemein lässt sich sagen, dass definitiv ein Zusammenhang zwischen Klassenstufe und der Nutzung mobiler Endgeräte besteht. Dabei hat sich unsere erste Hypothese vom linearen Wachstum bestätigt. Der Sprung von der zehnten zur elften Klasse kam dann jedoch vollkommen unerwartet, zumal er nicht in den Durchschnittswerten, sondern vielmehr in den Schwankungen deutlich wird.

7 Mögliche Fehlerquellen

Abgang der 12. Klässler (Abitur)

Da kurz nach dem Start unserer Messung der Unterricht für die zwölfte Klasse aufgrund der mündlichen Abiturprüfungen komplett ausgefallen ist, sind alle Aussagen über die zwölfte Klasse wesentlich weniger aussagekräftig als alle anderen. Vor diesem Hintergrund sollten alle Aussagen über die zwölfte Klasse wesentlich kritischer betrachtet werden.

Medienunterstütztes Lernen

Grundannahme unseres Projekts ist es, dass die Verwendung von mobilen Endgeräten im Unterricht verboten ist. Da es jedoch durchaus Lehrer und Lehrerinnen gibt, die versuchen ihren Unterricht durch die Verwendung solcher Geräte interessanter zu gestalten, ist es möglich, dass diese die gemessenen Werte anheben.

Fehlende Schüler und Schülerinnen

Natürlich ist es möglich, dass einige Schüler und Schülerinnen nicht am Unterricht teilnehmen können. An sich ist dies nicht weiter schlimm, da kleinere Fehler wie diese durch das berechnen des Mittelwertes eliminiert werden. Wenn der Grund des Fehlens jedoch eine größere außerschulische Veranstaltung oder eine Krankheitswelle ist, kann dies die Werte - vor allem bei Klassen, welche seltener in den gemessenen Räumen unterrichtet haben - stark beeinflussen.

Mobile Endgeräte der Lehrer und Lehrerinnen

Auch Lehrer und Lehrerinnen besitzen Handys und ähnliche Geräte, welche natürlich mitgemessen werden. Auch diese stellen eine kleine Fehlerquelle dar, da wir uns bei unserer Fragestellung ausschließlich auf die Schüler und Schülerinnen bezogen haben.

Beeinflussung von Außen

Beim platzieren der Sensoren war uns wichtig, dass diese soweit wie möglich nur die Geräte im zu untersuchenden Raum messen. Jedoch können wir nicht vollständig ausschließen, dass sich auch Geräte vor den Bio-Räumen, außerhalb des Schulgebäudes im Empfangsbereich befinden, und so Einfluss auf die Messung nehmen können.

8 Quellen

PAX Counter:

<https://github.com/cyberman54/ESP32-Paxcounter>

Mobilfunkbrand:

<https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/Nach-Brand-auf-einem-Hochhausdach-in-Ravensburg-geht-Mobilfunknetz-nicht-feuer-auf-hochhausdach-in-ravensburg-legt-mobilfunknetz-lahm-100.html>

9 Quellcode

Aufgrund der Länge unseres Quellcodes wurde dieser in mehrere Dateien aufgeteilt. Diese Dateien stellen ein ausführbares Python Modul dar, welches die Dateien data.json (Sensordaten), grades.json (Klassenlisten), irregular.json (Vertretungsplan) und schedule.json (Raumbelegung) ausliest und die Diagramme generiert.

Da sich unser Quellcode ausgedruckt über 13 Seiten erstreckt, haben wir auf einen Ausdruck verzichtet und diesen als ZIP-Datei unter folgendem Link bereitgestellt:

<https://lexodexo.de/paxcounter.zip>