



# SCHÜLERFORUM 2022

## INTERNET OF STUPID THINGS

Von **Mirko Weih** und **Felix Hauptmann**  
aus der **Ludwig-Geißler-Schule in Hanau**  
in Betreuung durch **Herr Fabian Bott**



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Kurzfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Grundlage</b> .....	<b>2</b>
<b>4. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
4.1 Probleme unserer vorangegangenen Arbeit.....	3
4.2 Verschiedene Arten der Zustandsermittlung .....	4
4.3 Schwarmintelligenz in der Theorie.....	4
<b>5. Forschung</b> .....	<b>6</b>
5.1 Schwarmintelligenz versus Sensorik .....	6
5.2 Erste Umsetzungen .....	7
5.3 Ausblick.....	9
<b>6. Summary</b> .....	<b>10</b>
<b>7. Anhang</b> .....	<b>11</b>

### 1. ABSTRACT

Our goal is to enable the digitalization of as many processes as possible in public buildings. In doing so, no new hardware with corresponding interfaces should have to be purchased, as retrofitting can be superior to new purchases from both an economic and an ecological point of view. Due to the ongoing covid 19 pandemic, we have so far specialized mainly in indoor hygiene. Primarily, we were interested in determining the fill level of paper towel dispensers so that it is easier to see when and where they need to be refilled so that a constant availability of paper towels can be ensured. In the further course, we would like to develop software that expands our possibilities to digitally record and evaluate analog states through information aggregation with the help of swarm intelligence. Furthermore, a user interface that enables user-friendly operation is to be programmed.

### 2. KURZFASSUNG

Unser Ziel ist es, in öffentlichen Gebäuden die Digitalisierung möglichst vieler Prozesse zu ermöglichen. Dabei soll keine neue Hardware mit entsprechenden Schnittstellen angeschafft werden müssen, da eine Nachrüstung sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gesichtspunkten der Neuanschaffung überlegen sein kann. Wegen der anhaltenden Covid-19-Pandemie spezialisierten wir uns bisher überwiegend auf die Hygiene in Räumen. Primär ging es uns darum, den Füllstand von Papiertuchspendern zu ermitteln, damit einfacher zu erkennen ist, wann und wo diese nachgefüllt werden müssen, sodass eine ständige Verfügbarkeit von Papierhandtüchern gewährleistet werden kann. Im weiteren Verlauf möchten wir Software entwickeln, die durch Informationsaggregation mithilfe von Schwarmintelligenz unsere Möglichkeiten ausweitet, analoge Zustände digital zu erfassen und auszuwerten. Des Weiteren soll eine Benutzeroberfläche, welche eine anwenderfreundliche Bedienung ermöglicht, programmiert werden.

### 3. GRUNDLAGE

Unsere Arbeit baut auf dem Projekt des letzten Jahres mit dem Namen „Internet Of Stupid Things“, einer praktischen Internet Of Things (IoT) Anwendung auf. Details zur Umsetzung können den schriftlichen Fassungen, welche 2021 für den Jugend forscht Regionalwettbewerb und dem VDI Bezirksverein Schülerforum eingereicht wurden und auf unserer schulischen Projektseite [1] zu finden sind, entnommen werden. Als Anlass für das Thema nahmen wir die weiterhin aktuelle Covid-19-Pandemie. Weltweit kämpft die Bevölkerung gegen das immer wieder mutierende Coronavirus an. Um die Pandemie eindämmen zu können, sind vor allem die AHA-Regeln und inzwischen das Impfen von großer Bedeutung. Ein gründliches Waschen und Desinfizieren der Hände sind nötig. Damit dies möglich ist, muss überall eine optimale Versorgung mit Seife, Papiertüchern und Desinfektionsmittel gewährleistet sein. Da das leider nicht immer der Fall war, überlegten wir uns, wie solch eine Versorgung und auch anderweitig die Hygiene in Räumen sichergestellt werden kann. Mit Hilfe eines Mikrocontrollers versuchten wir, vorhandenes Equipment in öffentlichen Gebäuden zu digitalisieren, sodass keine neue Hardware angeschafft werden muss. Um die Versorgung sicherstellen zu können, ohne alle



Räumlichkeiten regelmäßig zur Überprüfung aufsuchen zu müssen, werden Objektbetreuende automatisch vom System benachrichtigt, sobald ein Füllstand ein kritisches Level erreicht. Dies spart Zeit ein und entlastet das Personal. Durch ein digitales System kann eine Meldung nicht verloren gehen und die Arbeitszeit effizienter genutzt werden. Da wir uns zuerst nur einem realisierbaren Ziel widmen wollten, entschieden wir uns dafür, das Problem der fehlenden Papiertücher beim Abtrocknen zu lösen und handelsübliche Papiertuchspender zu digitalisieren bzw. in ein IoT-Netzwerk einzubinden. Unser Gerät sollte möglichst klein und kompakt, damit es gut in einem Papiertuchspender platzierbar ist, günstig, damit man viele Einheiten davon einsetzen kann, und energieeffizient sein, um Batterien nur selten wechseln zu müssen. Wir entschieden uns dementsprechend dafür, einen Mikrocontroller (ESP8266) [2, pp. 176-187] zu verwenden. Da unsere Schule bereits über die nötige WLAN-Infrastruktur verfügt, nahmen wir den vergleichsweise hohen Energieverbrauch in Kauf und nutzten diese [2, pp. 194-197]. Um den Füllstand eines Papiertuchspenders zu messen, wählten wir einen Ultraschall-Abstandssensor (HC-SR04), mithilfe dessen die genaue Entfernung zwischen Spenderdecke und Papiertüchern ermittelt werden kann [3, pp. 59-61 & 75-89]. Geplant war es, später die gesammelten Daten auszuwerten und unter Verwendung von neuronalen Netzen beispielsweise bevorstehende Spenderauffüllungen zu planen. Daher stand die Verwendung eines binären Sensors außer Frage. Als besonders flexible Spannungsversorgung kam für uns lediglich eine kabellose Lösung in Form einer handelsüblichen Batterie bzw. eines Akkumulators in Frage. Damit unsere Sensoren so energieeffizient wie möglich agieren, wacht der Mikrocontroller nur in regelmäßigen Abständen kurz auf und geht dann für längere Zeit in den sogenannten Deep Sleep (dt. „Tiefschlaf“) [2, pp. 86-88]. Dadurch kann viel Energie eingespart werden, was ein Wechseln der Stromversorgung in größeren zeitlichen Abständen erlaubt. Um unseren Prototyp so klein wie möglich zu halten und ihn gut im Papiertuchspender befestigen zu können, haben wir unsere Hardware bestehend aus

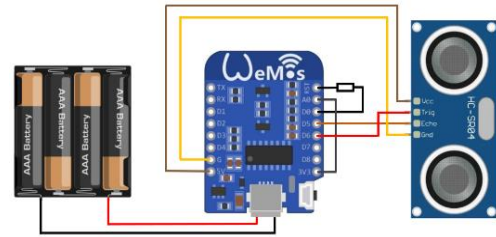


Abbildung 1: Schaltplan unserer Hardware



Abbildung 2: durch 3D-Drucker  
hergestelltes Gehäuse

Mikrocontroller, Sensor und Batterien bzw. Akkumulatoren in ein Gehäuse (Abb. 2) eingebaut. Dieses wird im Papierspender oben an der Decke im rechten Winkel zur Wand befestigt, damit der Ultraschallsensor senkrecht in Richtung der Papiertücher den Abstand messen kann. Die Firmware des Mikrocontrollers haben wir in C++ geschrieben [2, pp. 166-173]. Ziel hierbei war es, nur die zwingend notwendigen Funktionen auf diesem auszuführen, um die Rechenzeit auf ein Minimum zu beschränken. Beim ersten Start des Mikrocontrollers wird temporär ein WLAN-Hotspot erzeugt, über welchen man den Sensor konfigurieren kann. Nach der Einrichtung lädt der Mikrocontroller beim Start die gespeicherte Konfiguration aus dem nicht flüchtigen Flash-Speicher. Nach dem Aufwachen des Mikrocomputers werden mehrere Messungen getätigt und der Median dieser ermittelt, um Fehler auszumerzen. Das bereinigte Messergebnis wird neben einigen Statusinformationen anschließend über die API [2, pp. 198-205 & 252-256] an den Server übermittelt. Danach geht der Mikrocontroller wieder so lange in den Tiefschlaf, wie es seine Konfiguration vorgibt. Unsere Hardware kommuniziert über eine REST-API [4, p. 10] mit einem Server, der an eine MongoDB Datenbank angebunden ist. So wird eine zentrale Konfiguration und Verwaltung der Sensoren ermöglicht. Der in Java geschriebene Server interpretiert deren Anfragen und speichert sowie liest Daten in bzw. aus der Datenbank. Zusätzlich berechnet der Server beispielsweise die Länge des nächsten Tiefschlafs, um Funktionen wie geplante Messungen zu ermöglichen.

## 4. EINLEITUNG

An diesem Punkt des bisherigen Projektes überlegten wir, inwiefern wir unsere Hardware und das zugehörige System weiterentwickeln und verbessern können. Zudem kamen immer wieder Überlegungen und Diskussionen darüber auf, ob Sensoren letztendlich ein gutes Mittel sind, um unser ursprüngliches Ziel, die Digitalisierung möglichst vieler Prozesse in (öffentlichen) Gebäuden zu ermöglichen und dabei keine neue Hardware mit entsprechenden Schnittstellen anschaffen zu müssen, zu erreichen.

### 4.1 PROBLEME UNSERER VORANGEGANGEN ARBEIT

Zu diesem Zeitpunkt basierte unsere Hardware auf einem Mikrocontroller, der einen Sensor ansteuert und dessen Messdaten per REST-API an unser System weitergibt – ein klassischer Anwendungsfall der Sensorik. Mit den Papiertuchspendern haben wir uns eine geeignete Gerätschaft für diese Thematik ausgesucht, denn diese sind aufgrund des vorhandenen Platzes hervorragend dafür geeignet, die Sensortechnik innerhalb dieser zu verstauen und somit größtenteils von äußeren, ungewollten Einflüssen wie Beschädigung oder Diebstahl zu



schützen. Es wäre ein guter Schritt gewesen, unser Projekt in verschiedene Richtungen weiterzuentwickeln. Wir stellten uns aber die Frage: Macht das überhaupt Sinn? Können wir damit unser ursprüngliches Ziel erreichen? Die klare Antwort war leider „Nein“. Unser bisheriger Lösungsansatz lässt sich nicht einfach auf andere Bereiche anwenden. Wenn man sich weitere sinnvolle Einsatzzwecke anschaut, fällt auf, dass sich diese grundlegend von den Eigenschaften der Papiertuchspender unterscheiden. Aufgrund der sich teilweise sehr stark unterscheidenden Anforderungen müssten viele verschiedene Sensoren eingesetzt werden, was entsprechend höhere Komplexität und Kosten mit sich bringen würde. Man kann einen Sensor außerdem nicht einfach geschützt innerhalb eines Desinfektions- oder Seifenmittelspender montieren, da dort kein Platz vorhanden ist. Das ist in der Theorie nicht unbedingt schlimm, führt in der Praxis aber zu Problemen, da in öffentlichen Gebäuden, insbesondere Schulen damit gerechnet werden muss, dass frei zugängliche Hardware aus Versehen oder mutwillig beschädigt beziehungsweise sogar gestohlen wird. Als Reaktion auf diese Erkenntnis suchten wir einen neuen Weg, wie wir unser primäres Ziel erreichen können. Wir besonnen uns darauf zurück, was die grundlegende Aufgabe unserer Lösung sein sollte: Die Mitteilung analoger Zustände an den Objektbetreuenden. Im Folgenden gilt es zu überlegen, welche verschiedenen Möglichkeiten der Zustandsermittlung es in diesem Bereich gibt.

#### 4.2 VERSCHIEDENE ARTEN DER ZUSTANDSERMITTLUNG

Die wohl trivialste der Ermittlungsarten bezieht ausschließlich den Objektbetreuenden oder andere Mitarbeitende wie eine Putzkraft ein. Ein Teil deren Aufgabenbereichs ist die Ermittlung von analogen Zuständen und entsprechendes Reagieren darauf, wie beispielsweise das Leeren eines vollen Abfalleimers. Die Arbeitszeit könnte dazu genutzt werden, dauerhaft die Füllstände verschiedener Einrichtungen für eine gute Hygiene oder analoge Zustände wie offene Fenster zu überprüfen. In der Praxis ist dies nicht gerade eine effiziente Möglichkeit, da Objektbetreuende meist nur eine sehr knapp bemessene Zeit haben, was beispielsweise zu vollen Mülleimern oder leeren Papiertuchspendern führt. Dies ist trotzdem die häufigste Lösung in (öffentlichen) Gebäuden, welche wir mit unserem Projekt schon seit Anfang an zu verbessern versuchen. Deshalb hat es auch hochgradig Sinn gemacht, die zweite Zustandsermittlungsart Sensorik einzusetzen. Letztendlich haben wir es bei den verschiedenen Einsatzmöglichkeiten nämlich mit einfachen Problemen zu tun: Mülleimer, Papiertuchspender und Desinfektions- oder Seifenmittelspender können „voll“ oder „leer“ sein, eine Statuslampe kann „an“ oder „aus“ sein und eine Tür oder ein Fenster kann „auf“ oder „zu“ sein. Den Füllstand ersterer kann man auch prozentual ermitteln, wie wir es in den Papierspendern getan haben. Diese simplen Zustände sind durch Sensorik sehr einfach ermittelbar. Um jeden analogen Zustand in unser System einzubinden, müsste unsere Sensorik jedoch unzählige Male angepasst werden, was zeitlich nicht tragbar ist und unnötige Kosten und Mühen hervorruft. Also kam uns die Frage in den Sinn, welche schon vorhandenen Zustandsermittler wir uns in einem (öffentlichen) Gebäude zu nutze machen können. Die Antwort lautete klar „Menschen“ – und so war unsere Idee, Informationsaggregation, also eine Anhäufung von Informationen, mithilfe von Schwarmintelligenz zu ermöglichen, geboren.

#### 4.3 SCHWARMINTELLIGENZ IN DER THEORIE

Eine grundlegende und wissenschaftlich eindeutige Definition für die Schwarmintelligenz gibt es nicht. Es existieren unzählige Vorstellungen und Ansichten dazu, weshalb oft über sie unter Verwendung verschiedener Synonyme wie kollektive Intelligenz, Gruppen- oder Teamintelligenz, Intelligenz der Massen und „Weisheit der Vielen“ gesprochen wird, um dem Menschen nähere Definitionen zu finden [6, p. 16f]. Meist wird das Phänomen der Schwarmintelligenz dabei als übertrieben schillernd und mit Hinweis auf zahlreiche Vorteile dargestellt. Es besteht trotzdem größtenteils Einigkeit dahingehend, dass Schwarmintelligenz eine dezentrale Intelligenzform ist, die erst durch das Zusammenwirken Vieler entsteht. Dabei ist sie mehr als die Summe der einzelnen Intelligenzleistungen, weil beim Schwarm die Intelligenz in der Gesamtheit des Systems selbst liegt. Die Fähigkeiten einzelner Mitglieder sind dabei vernachlässigbar, weil das Phänomen der Schwarmintelligenz keine Intelligenz des Einzelnen voraussetzt [6, p. 18].

##### 4.3.1 Natur als Basis

Die Schwarmintelligenz beruht grundlegend auf biologischen Schwärmen, welche ein in der Natur erkennbares Schwarmverhalten an den Tag legen. Ein Schwarm im Generellen ist eine Aggregation, also eine Anhäufung, von Tieren, die sich kollektiv bewegen [7, p. 24]. Das Schwarmverhalten sollte hierbei aber nicht auf reine Bewegungsmuster reduziert werden, da es auch in einer subtileren Form vollzogen werden kann. Eigenschaften davon können zum Beispiel die gemeinsame Nutzung von Informationen durch die verschiedenen Akteure, eine eigene Selbstorganisation oder Entwicklung und eine effiziente gemeinsame Weiterbildung sein [8, p. 3]. Insbesondere verläuft diese kollektive Bewegung geordnet ab. Es ist wissenschaftlich schwierig zu definieren,



was hierbei „geordnet“ heißt. Trotzdem dürften wir alle ein gutes intuitives Verständnis von geordneten Bewegungen haben, was daran zu erkennen ist, dass wir sehr schnell merken, wenn sich beispielsweise Vögel im Schwarm (Abb. 3), Ameisen auf Ameisenstraßen oder flüchtende Menschen gemeinsam in die gleiche Richtung bewegen [7, p. 24]. Wir lassen uns von Schwärmen faszinieren, was daran liegen kann, dass unser Gehirn darauf trainiert ist, geordnete Strukturen als solche schnell zu erkennen. Tiere schließen sich also zu Aggregationen zusammen und erzielen dadurch einen Mehrwert, der vorwiegend in höhere Überlebenschancen, besserem Schutz vor Fressfeinden, verbesserter Futterversorgung und Energieeinsparung besteht. Durch den selbstorganisierten Zusammenschluss der Tiere und deren Verhalten, welches zu Ergebnissen orientiert und auf Regeln basiert, entwickelt der Schwarm als Ganzes nicht zu unterschätzende Fähigkeiten, zu denen keines der einzelnen Individuen allein in der Lage gewesen wären [6, p. 20]. Auf Schwarmintelligenz basierende Algorithmen werden aufgrund der Herkunft aus der Natur bioinspirierte Algorithmen genannt [8, p. 3].



Abbildung 3: Schwarmintelligenz in der Natur

### 4.3.2 Merkmale eines Schwarms

Der natürliche Schwarm als Ideal eines agilen und adaptiven Systems funktioniert, obwohl niemand einen Gesamtüberblick oder ein Verständnis über das große Ganze hat. Somit kann es auch von keinem Einzelnen allein zentral gesteuert werden. Seine Komplexität ist dabei das Ergebnis der Evolution und die Bedingung, um ambitionierte Ziele erreichen zu können [6, p. 25]. Der Effekt der Schwarmintelligenz beruht auf der Vernetzung der Eigenschaften aller Mitglieder und wird im Gegensatz zwischen Erwartung und Freiraum geschaffen. Neben einem verbindlichen Verhaltenskodex, welcher durch einen von der Natur gegebenen genetischen Code erschaffen wird, verfügen die Mitglieder des Schwarms über einen Autonomiebereich, also die Freiheit vom erwähnten Kodex abzuweichen [6, p. 27]. Ein Schwarm wird dezentral angepasst und agiert ohne zentrales Kommando und ohne vorherige Planung. Durch die ständigen lokalen Interaktionen ist der Schwarm in der Lage, zunächst ungeordnete Bewegungen der Einzelnen in eine geordnete Bewegung aller Mitglieder zu übertragen, was dem Schwarm eine hochgradige Ordnungsstruktur verleiht [6, p. 29]. Die Tiere agieren im Schwarm auf engem Raum und stehen nachbarlich in direktem Kontakt, was auf einer Kommunikation der Mitglieder nach bestimmten Regeln basiert. Diese gegenseitige Beeinflussung ruft eine Abhängigkeit hervor, die wiederum positive und negative Rückkopplungen erzeugt. Die permanenten Wechselwirkungen hierbei sorgen für eine rasante Ausbreitung von Informationen innerhalb des Schwarms [6, p. 36]. Aufgrund einer fehlenden zentralen Entscheidungsinstanz hat sich im Schwarm die Methode der Mehrheitsbildung entwickelt, um basierend auf einer Gleichberechtigung die bestmögliche kollektive Entscheidung ohne Zögern zu treffen [6, p. 42]. Trotz der großen Anzahl an Mitgliedern ist ein Tierschwarm dazu fähig, als Einheit schnell und dynamisch auf Veränderung zu reagieren. Durch solch eine ausgeprägte Anpassungsfähigkeit können alle Anstrengungen ohne Einbrüche bezüglich der Leistung auf demselben Niveau weitergeführt werden [6, p. 44]. Eine Gruppe sollte möglichst heterogen sein, damit durch diese Diversität eine Herangehensweise nach gleichen Mustern und Methoden zur Problemlösung vermieden wird und somit viele unterschiedliche Denkweisen und Kompetenzen in die Entscheidungen einfließen können, was in einer Intelligenz der Massen resultiert [6, p. 51f]. Durch die sehr hohe Mitgliederzahl ist jedes Mitglied austauschbar, ohne dass die Funktionstüchtigkeit oder Existenz des Schwarms gefährdet ist, was eine Robustheit durch Redundanz darstellt [6, p. 55].

### 4.3.3 Schwarmintelligenz beim Menschen

Beim Betrachten des Sozial- und Schwarmverhaltens verschiedener Tiere liegt die Frage nahe, ob Ähnliches beim Menschen zu beobachten ist. Menschen haben zwar ein sehr ausgeprägtes Sozialverhalten, jedoch ist dieser ein hochkognitives Wesen, welches kaum mit oben erwähnten Tieren vergleichbar ist, und vor allem viel komplexere Verhaltensweisen als nur reaktives Verhalten an den Tag legt [7, p. 17]. Sobald der Mensch aber ähnlich wie ein Tier, also reaktiv, agiert, was insbesondere in Paniksituationen, wenn eine große Menschengruppe gleichzeitig einen Raum oder ein Gebiet zu verlassen versucht, eintritt, sind sehr simple Verhaltensmodelle auffallend, die Modellen zum reaktiven Schwarmverhalten sehr ähnlich sind, was bedeutet, dass Personen beispielsweise einfach anderen Personen folgen. Dadurch sind vor allem bauliche Maßnahmen in Gebäuden ableitbar, welche den Strom der Menschen auch in Paniksituationen besser lenken sollen [7, p. 18]. Etwas heikler wird der Vergleich, wenn man Meinungsbildungsprozesse betrachtet, da auch die Menschen nur lokal auf ihren Nachbarn reagieren [7, p. 20f].

### 4.3.4 Kollektive Intelligenz

Das Synonym für Schwarmintelligenz wird schon seit Jahrzehnten genutzt und fand besonders durch das Aufkommen neuer Kommunikationstechnologien zunehmend Anwendung. Möglicherweise legt der Begriff zwar Gedanken über ein gemeinsames Bewusstsein oder übernatürliche Phänomene nah. Letztendlich geht es hinsichtlich der Technologie aber eher um eine Kombination aus Verhalten, Vorlieben und Ideen einer Gruppe



von Leuten, um durch das Kollektiv neue Einblicke zu erhalten, was natürlich aber auch schon möglich war, bevor es das Internet gab [9, p. 2]. Eine der einfachsten Formen davon ist eine Umfrage oder Zählung, bei denen das Sammeln von Antworten großer Personengruppen es ermöglicht, statistische Schlussfolgerungen über die Gruppe zu ziehen, welche kein Einzelner hätte selbst herausfinden können. Ebenfalls ein bekanntes Beispiel bieten die Finanzmärkte, bei denen der Preis nicht durch einzelne Personen oder koordinierte Aktivitäten festgelegt wird, sondern durch das Handelsverhalten vieler unabhängiger Personen, die nach ihrem besten Willen agieren. Zwei weitere uns täglich begegnende Beispiele spendet uns das Internet. Wenn wir eine Antwort auf eine Frage suchen oder einen Begriff definieren wollen, landen wir sehr schnell bei Wikipedia, welches ausschließlich durch Beiträge von Anwendern entstanden ist. Google als weltweit beliebteste Suchmaschine für das Internet auf der anderen Seite bewertet die Priorität ihrer Sucheinträge unter anderem aufgrund der Anzahl der Seiten, die auf diese verweisen, was ebenfalls durch die Nutzung kollektiver Intelligenz geschieht [9, p. 3].

## 5. FORSCHUNG

Als Beispiel kam uns bezüglich unserer neuen Idee zunächst insbesondere ein Mülleimer (Abb. 4) in den Sinn. Hier haben wir bezüglich der Sensorik mehrere Probleme. Einerseits ist es aufwändiger, mithilfe eines Sensors innerhalb des Abfalleimers genaue Daten zu ermitteln, da dieser logischerweise nicht aus der Mitte im oberen Bereich den Füllstand prüfen kann. Andererseits sahen wir die Problematik, dass Mülltonnen manchmal innerhalb kürzester Zeit sehr voll werden, sodass eventuell unser Sensormodul beim Hineindrücken weiteren Abfalls beschädigt werden könnte. Somit hatten wir eine neue Vision und damit eine entscheidende Wende für unser Projekt. Wir möchten nun insbesondere Gerätschaften, die nicht auf einfache Weise mit Sensorik versehen werden können, mit einem QR-Code, welcher auf einen Link zu einer Webadresse verweist und welcher sehr einfach mit mobilen Endgeräten, die unter den potenziellen Nutzern sehr weit verbreitet sind, gescannt werden kann, ausstatten, damit die Menschen an einem (öffentlichen) Gebäude, also meist Schüler, Studierende und Lehrende, uns die Erhebung von Daten ermöglichen, indem sie den QR-Code scannen und uns auf einer Benutzeroberfläche den Zustand der einzelnen Gerätschaft mitteilen, der dann in einer Datenbank gespeichert wird und dadurch später oder in Echtzeit von einem Objektbetreuenden in einer Benutzersicht eingesehen werden kann und damit eine Handlungsaufforderung für diesen darstellt.



Abbildung 4: Abfallbehälter unseres Schulgebäudes mit QR-Code

### 5.1 SCHWARMINTELLIGENZ VERSUS SENSORIK

Im Hinblick auf den eben erwähnten Anwendungsfall kann man durchaus zu dem Schluss kommen, dass die Datenerfassung durch Schwarmintelligenz der Datenerfassung durch Sensorik überlegen ist. Weiterhin glauben wir aber an unsere anfängliche Lösung und wollen diese mit den neuen Projektentwicklungen nicht vollkommen verwerfen. Um einen geeigneten Überblick zu erhalten, werden im Folgenden die Vorteile und Nachteile der jeweiligen Art der Informationsaggregation differenziert.

#### 5.1.1 Informationsaggregation durch Schwarmintelligenz

Zunächst erscheint die Datenerfassung durch Schwarmintelligenz als die allumfassende Lösung, da dadurch wirklich jede Gerätschaft und jeder analoge Zustand in das IoT-Netzwerk eingebunden werden kann. Dabei entstehen außerdem nur vernachlässigbare Anschaffungskosten und ein nicht nennenswerter Bereitstellungsaufwand, weil bei diesem System ausschließlich QR-Codes nach einem bestimmten Schema gedruckt und an den richtigen Stellen an oder in der Nähe des zu digitalisierenden Falles aufgehängt werden müssen. Das ist zudem ein entscheidender Vorteil hinsichtlich unseres Aspektes der Ökologie, da als „Hardware“ ausschließlich Druckerpapier und -farbe nötig ist. Dass sie auf Menschen, welche das System nutzen, angewiesen ist, sehen wir wiederum als das große Problem unserer neuen Lösung, denn der Erfolg dieser ist vollständig abhängig von der Teilnahmebereitschaft der Nutzer. Zudem tritt dabei die Problematik auf, dass die „Zustandsermittler“ falsche Angaben tätigen könnten und dadurch geringere Genauigkeiten zu erwarten sind. Es dürfte also häufiger der Fall sein, dass der Objektbetreuende eine Meldung erhält, welche sich in der Realität als nicht wahrheitsgemäß herausstellt. Es gilt hier also die Frage zu klären, mit welchen Maßnahmen, also beispielsweise mit finanziellen Anreizen wie Essengutscheinen in der Cafeteria, welche die Ausgaben steigern würden, man die Teilnahmequote erhöhen kann und auf welche Weise die höchstmögliche Genauigkeit der Daten gewährleistet werden kann. Im Generellen ist erwähnenswert, dass die Einbindung von Menschen in alltägliche Prozesse, einen positiven Effekt auf deren Sozialverhalten und das Gemeinschaftsgefühl im jeweiligen Umfeld haben kann. Die Informationsaggregation durch Schwarmintelligenz bietet sich also besonders für geschlossene Umgebungen bzw. Einrichtungen an, welche jeden Tag von denselben Menschen besucht werden. In Frage kommen beispielsweise Schulen oder Firmengebäude, in denen sich die Leute mehr oder weniger





untereinander kennen und dementsprechend für die Gemeinschaft zur Verbesserung der Umgebung beitragen möchten. Je größer die Anonymität der Menschen, desto niedriger wird die Teilnahmequote an unserem System ausfallen, was insbesondere in (großen) Universitäten oder Einkaufszentren der Fall sein dürfte.

### 5.1.2 Informationsaggregation durch Sensorik

Beim Einsatz von Sensortechnik erhalten wir bei der Ermittlung von Messdaten sehr genaue Werte, welche dadurch anschließend als Grundlage für eine Auswertung der Datensätze durch neuronale Netze dienen können. Da aber nennenswerte Hardware erworben und eingesetzt werden muss, entstehen dadurch vergleichsweise hohe Anschaffungskosten, weitere laufende Kosten durch defekte oder abhanden gekommene Sensortechnik und ein großer Instandhaltungsaufwand, welcher die Arbeitskraft des Objektbetreuenden verringert, insbesondere bezüglich des Wechsels der Stromversorgung. Die ökologischen Gesichtspunkte sind zwar denen einer vollständigen Neuanschaffung vorzuziehen, aber trotzdem noch ein ganzes Stück schlechter zu bewerten als die der Schwarmintelligenz, da hier Hardware, welche außerdem meist unter niedrigeren Bedingungen in verschiedenen Billiglohnländern gefertigt wird, angeschafft werden muss. Als großer Vorteil dürfte sich wiederum herausstellen, dass eine Informationsaggregation durch Sensorik keine Teilnahmebereitschaft von Nutzern erfordert, weil diese vollautomatisch und ohne Einbeziehung der Mitmenschen, abgesehen natürlich der Personen, welche für die Verwaltung zuständig sind, brauchbare Messwerte liefert. Dies dürfte vorwiegend in sehr großen Einrichtungen wie Universitäten und Einkaufszentren sinnvoll sein, da hier, wie vorhin (5.1.1) schon angerissen, eine hohe Anonymität der Besuchenden zueinander besteht, welche kein wirkliches Gemeinschaftsgefühl entwickelt haben und somit zu einer niedrigen Teilnahmequote führt. Als großes Problem ist weiterhin erwähnenswert, dass durch Sensortechnik nicht jeder analoger Zustand in ein IoT-Netzwerk eingebunden werden kann.

### 5.1.3 Gegenseitige Ergänzung beider Methoden

Da es keinen wirklichen Gewinner gibt, dürfte es hochgradig Sinn machen, beide Methoden zur Datenerfassung parallel einzusetzen, weil es analoge Zustände gibt, die einerseits sehr einfach mit halbwegs günstiger Sensortechnik und andererseits sehr simpel mithilfe der Schwarmintelligenz durch die menschliche Beobachtungsgabe feststellbar sind. Wie wir bereits in vorausgegangenen schriftlichen Arbeiten festgestellt und durchgeführt haben, lassen sich in (öffentlichen) Gebäuden insbesondere die Füllstände von Papiertuchspendern leicht mit bestimmten Sensoren ermitteln. Andere analoge Zustände, bei denen zur Ermittlung nur sehr schwer und aufwendig Sensortechnik eingesetzt werden kann, wie fehlende Kreide im Klassenraum oder der überlaufende Abfalleimer können hervorragend mithilfe der menschlichen Schwarmintelligenz ermittelt werden.

## 5.2 ERSTE UMSETZUNGEN

Um die soeben beschriebene Methodik zur Datenerfassung zu realisieren, werden mehrere Komponenten im Rahmen einer komplexen Webapplikation benötigt. Einerseits muss eine webbasierte Nutzerschnittstelle programmiert werden, andererseits wird eine Serversoftware benötigt, welche die Daten verarbeitet und diese in einer Datenbank speichert.

### 5.2.1 Testlauf Nr. 1

Damit zunächst feststellbar ist, dass unser Angebot zum Scannen von QR-Codes, um verschiedene Füllstände mitzuteilen, genutzt wird, haben wir, wie zu Beginn dieses Kapitels vorgesehen, alle 41 Mülleimer und sechs Desinfektionsspender auf den Gängen zweier Gebäude unserer Schule mit scanbaren Codes versehen und damit einige Wochen lang Daten gesammelt. Durch die jeweils einzigartige UUID (Universally Unique Identifier) konnte jeder QR-Code einem Standort im Schulhaus zugewiesen werden. Wenn ein User einen Scan getätigt hat, wurde dieser auf eine Informationsseite mit Worten des Dankes weitergeleitet und durch unseren mit Java implementierten Server ein Eintrag in unserer MySQL-Datenbank erstellt. Beim Einsehen dieser Datenbank nach einigen Tagen und Wochen ist uns aufgefallen, dass die QR-Codes nicht oft gescannt wurden. Dies klingt grundsätzlich zunächst nach einer schlechten Teilnahmequote, ist aber auf die gute Arbeit der Objektbetreuenden und Putzkräfte zurückzuführen, da ebendiese Mülleimer und Desinfektionsmittelspender täglich gelehrt bzw. aufgefüllt werden, was wir durch erste Gespräche mit den Objektbetreuenden erfuhren. Wenn man den Scans, die wir erhalten haben, zeitnah nachgegangen ist, fiel auf, dass wirklich der Fall eingetreten ist, dass ein Mülleimer voll oder ein Desinfektionsmittelspender leer war. Demnach können wir für die Zukunft davon ausgehen, dass unser System überwiegend für valide Zustandsmeldungen genutzt wird.

### 5.2.2 Testlauf Nr. 2

Als nächsten Schritt nahmen wir uns vor, Gerätschaften in unser System einzubinden, die nicht täglich geleert oder gefüllt werden. Dabei sahen wir insbesondere Verbrauchsgegenstände in Klassenräumen als geeignet, da diese auf unserer Schule von der Lehrerschaft befüllt werden sollen, was nicht zuverlässig funktioniert. Da in solch einem Klassenraum meist mehrere Verbrauchsgegenstände vorhanden sind, wollten wir davon absehen, für jeden einen eigenen QR-Code zu erstellen, da man ansonsten manche Räume mit einer übermäßigen Anzahl



davon bekleben müsste. Somit entschieden wir uns dazu, nur einen QR-Code pro Klassenraum aufzuhängen, der dem User durch eine Möglichkeit zur Gruppierung (Abb. 5) alle Problemstellungen für den jeweiligen Raum anzeigt und dadurch universal einsetzbar ist. Dementsprechend haben wir 63 Klassen- oder Büroräume und sieben Toiletten in einem Gebäude unserer Schule mit einer Aufforderung zum Scannen eines QR-Codes (Abb. 13) versehen, welche wieder alle einzeln identifizierbar und auf den jeweiligen Raum rückführbar sind. Auch hier wurden wieder die Objektbetreuenden einbezogen, um durch deren Erfahrung herauszufinden, was die häufigsten Problemstellungen in einem Raum der Schule sind.

**Welches Problem ist in A209 aufgetreten?**

Papierspender leer

Mülleimer voll

Desinfektionsmittel leer

Etwas Anderes

Abbildung 5: Implementiertes Schema einer Gruppierung

**Mache bitte weitere Angaben zum Problem "Etwas Anderes".**

Label 1  
defaultValue

Label 2

Label 3

Label 4  
Wähle

Label 5  
Wähle

Reset Submit

Abbildung 6: Implementiertes Schema einer Entität

### 5.2.3 Software

Zur Erstellung der QR-Codes für den zweiten Testlauf kam unser in Java implementierter QR-Code-Generator ins Spiel, der zunächst einen QR-Code kreiert und um diesen anschließend einen passenden Text bezüglich des Einsatzbereiches, also für eine Gruppe oder eine einzelne Gerätschaft, hinzufügt. Die generierten Bilder werden anschließend händisch in ein PDF-Dokument konvertiert, ausgedruckt und je nach dem, welches Format bei der Erstellung gewählt wurde, passend auseinandergeschnitten. Das Backend des User Interfaces in Form des Servers und des Datenbankmanagementsystems (Abb. 7) hat deutlich an Komplexität zugenommen. Um ein flexibles Interface für die Gruppen zu haben, wurde ein Velocity Template erstellt, welches die jeweiligen Problemstellungen einer Gruppierung darstellen kann. Die eben genannten Problemstellungen werden datenbanktechnisch als Entitäts dargestellt, welche einer Group zugehören. Mit dem jeweiligen Entity haben wir vielfältige Möglichkeiten: Einerseits können wir binäre Werte wie beispielsweise eine volle Mülltonne darstellen. Andererseits hat jedes Entity ein Attribut namens FormDefinition, durch welches durch ein weiteres Velocity Template verschiedene FormElements (Abb. 6) generiert werden können. Dadurch ist es uns möglich, ein Textfeld für nicht registrierte Problemstellungen, einen Slider für eine genauere Füllstandsübermittlung und ein Dropdown Menu zur Auswahl von statischen Informationen wie beispielsweise der Farbe einer leeren Druckerpatrone anzubieten. Das Attribut FormDefinition wird im JSON-Format in unserer Datenbank gespeichert.

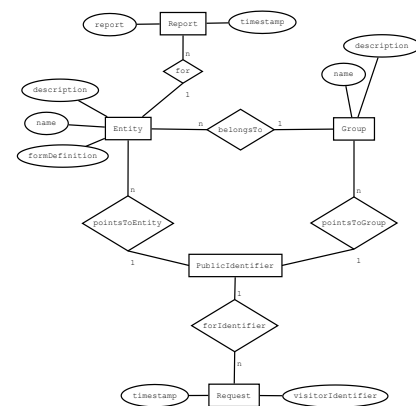


Abbildung 7: Grundlegendes ER-Diagramm der Datenbank





### 5.3 AUSBLICK

Mit unserer bis jetzt geschaffenen Software haben wir schon einen guten Spagat zwischen Benutzerfreundlichkeit und einem hohen Maß an Informationsaggregation geschaffen. Trotzdem haben wir zunächst, um den Umfang nicht direkt ins Unermessliche zu steigern, von verschiedenen Aspekten abgesehen, die es in Zukunft näher zu beleuchten und umzusetzen gilt.

#### 5.3.1 Erlangung verlässlicher Daten

Um von der Datengewinnung durch Mitarbeit einfacher nicht dafür dedizierten Personen profitieren zu können, ist es von oberster Priorität, dass die gewonnenen Daten gewissen Qualitätsansprüchen genügen und Verunreinigungen durch mutwillige Angabe von Falschinformationen und Irrtümern möglichst verhindert bzw. herausgefiltert werden. Außerdem ist ein auf Schwarmintelligenz basierendes System nur dann sinnvoll, wenn genug Personen dazu beitragen. Gerade, weil die Verlässlichkeit besonders durch hohe Datenmengen gewährleistet werden kann, ist es also wichtig, gewisse Maßnahmen zu ergreifen, welche die potenziellen Beiträge dazu animieren mitzuwirken.

##### 5.3.1.1 Gamifizierung

Durch die Verwendung von aus der Spieleindustrie bekannten Elementen, ist es möglich, die breite Masse dazu zu mobilisieren, mitzuwirken. Mithilfe eines Punktesystems, welches die Teilnehmer für Qualität und Quantität der Beiträge belohnt, können sie sich untereinander vergleichen und miteinander messen. So wird ein Anreiz geschaffen, besser als andere Mitspieler zu performen und damit folglich das eigentliche Ziel, die Datengewinnung, gefördert. Gleichzeitig kann ein solches Punktesystem verwendet werden, um den Nutzer für absichtliche Falschangaben mit Punktabzug oder temporärem Ausschluss zu bestrafen. Unmittelbar nach einer Meldung durch den Nutzer sollte dieser ein positives visuelles Feedback erhalten. In diesem Zusammenhang wird die Wichtigkeit einer ansprechenden Benutzerschnittstelle mit dem Ziel einer belohnenden Nutzererfahrung deutlich. Neue Nutzer müssen die Möglichkeit haben, schnell Erfolgserlebnisse zu erfahren, da diese sonst die Motivation verlieren könnten. Außerdem ist es sinnvoll, auch nicht registrierten Gästen die Teilnahme zu ermöglichen, da so die Einstiegshürde geringer und damit die Wahrscheinlichkeit der Neugewinnung eines wiederkehrenden Teilnehmers größer ist. Je nach Umfeld, in dem das System eingesetzt wird, macht es daher Sinn, ein Spiel wiederkehrend über einen beschränkten Zeitraum stattfinden zu lassen. In einer Schule wäre es naheliegend, Punktestände nach einem Jahr zurückzusetzen, sodass beispielsweise Schüler, die bereits länger die Schule besuchen anderen gegenüber nicht bevorteilt sind. Zu beachten ist bei der Implementierung eines solchen Systems, dass es insofern robust sein muss, dass es Teilnehmern nicht möglich ist zu betrügen und Punkte zu erlangen, ohne tatsächlich Arbeit zu leisten.

##### 5.3.1.2 Anderweitige Belohnung

Neben dem positiven psychologischen Effekt spieltypischer Elemente ist es vor allem in geschlossenen Einrichtungen wie Schulen möglich, die geleistete Arbeit auch anderweitig zu würdigen. In Frage käme hier beispielsweise eine Ehrung besonders aktiver Teilnehmer am Ende des Schuljahres oder sogar eine materielle Belohnung im Sinne von Gutscheinen. Dies macht gerade in Kombination mit dem Zurücksetzen der Punktestände Sinn, da so die geleistete Arbeit im Rahmen des Spiels nicht vergebens wäre.

##### 5.3.1.3 Qualitätssicherung

Um aus den Meldungen der Teilnehmer genaue Vorhersagen über den tatsächlichen Zustand der beobachteten Entität treffen zu können, müssen, wie bereits erwähnt, Falschmeldungen möglichst vermieden werden. Da fehlerhafte Angaben jedoch nicht auszuschließen sind, muss eine Strategie erarbeitet werden, die ebendiese herausfiltert. Meldungen können nutzerabhängig unterschiedlich gewichtet werden. Bei der Einreichung solcher Statusübermittlungen lässt sich für einen gewissen Zeitraum die jeweils am höchsten gewichtete Meldung auswählen, was jedoch von einer entsprechend hohen Anzahl an aktiv Teilnehmenden abhängig ist. In der Praxis könnte eine solche Gewichtung vom Punktestand des jeweiligen Nutzers, um dessen langzeitliche Beitragsqualität einzubeziehen, und dessen Punkteveränderung in der näheren Vergangenheit abhängig gemacht werden. Letzteres hat den Zweck, dass es langfristig inaktiven Nutzern mit vergleichsweise hohem Punktestand nicht möglich sein sollte, aus willkürlichen Gründen das System zu boykottieren. Daten aus anonymer Quelle sind dabei grundsätzlich tendenziell geringer zu bewerten. Inwieweit es realistisch ist, nur Meldungen von Personen, die sich in einem entsprechenden Radius um das betroffene Objekt befinden, zu akzeptieren, ist aus datenschutz- und technischen Gründen fraglich. Eine Möglichkeit wäre jedoch, dass die Kommunikation mit dem Webserver nur innerhalb des lokalen Netzwerks ermöglicht wird.

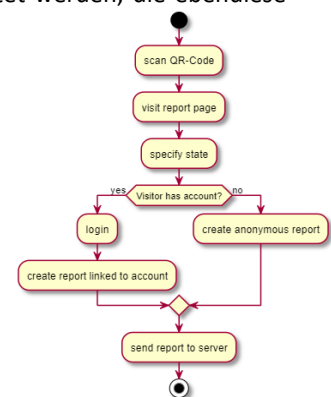


Abbildung 8: Schema eines Meldevorgangs mit Useraccount



### 5.3.2 User Interface & Server

Mit dem System vertraute Personen, wie unter anderem der Hausmeister und weitere Systembetreuer müssen über eine Administrationsoberfläche zu beobachtende Zustände verwalten und QR-Codes erstellen können. Auch ausgewertete Daten müssen in diesem Bereich und möglicherweise auch öffentlich eingesehen werden können. Scannt man einen QR-Code (Abb. 8/9) und ruft die Webseite auf, auf welche die darin codierte URL verweist, muss es mit einer geringen Anzahl an Aktionen möglich sein, den aktuellen Zustand zu melden. Möchte sich der Besucher anmelden oder registrieren, sollte auch dies hierüber möglich sein. Nutzer können sowohl ihr eigenes als auch das Profil anderer Nutzer, Punktestände, Bestenlisten und gegebenenfalls einen Verlauf der abgesetzten Meldungen und Statistiken zu diesen einsehen. Putzkräften und Objektbetreuenden sollte es möglich sein, sich über vordefinierte Zustände benachrichtigen zu lassen, sodass sie zeitnah auf diese reagieren können. Die Serversoftware ist für die Bearbeitung der eingehenden Meldungen, deren Bewertung und der Verwaltung der daraus einhergehenden Datensätze zuständig. Die Berechnung von Punkteständen und die Nutzerverwaltung sind eine weitere Aufgabe des Servers. Damit Daten auch langfristig effizient gespeichert werden können und jederzeit zugriffsbereit sind, wird weiterhin ein Datenbankmanagementsystem eingesetzt, welches die Speicherung von Daten in einer speziell für unseren Anwendungsfall entwickelten Datenbankstruktur [10, pp. 42-48] ermöglicht.

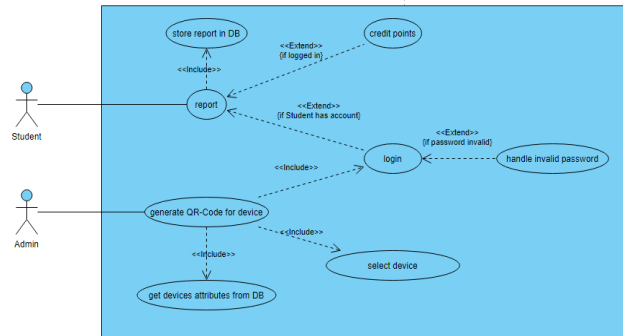


Abbildung 9: Anwendungsfalldiagramm zur Interaktion auf Administrations- und Nutzerebene

### 5.3.3 Einbindung von bestehender Infrastruktur

Des Weiteren muss nicht zwingend eine vollständige Administrationsoberfläche implementiert werden, in der man die verschiedenen Zustände und Probleme einsehen kann, da es oft schon bestehende Systeme gibt, mit denen die Objektbetreuenden und Putzkräfte oder der IT-Support kontaktiert werden kann. Diese gilt es zu erkennen und wenn möglich in unser System einzubinden, damit hier schon vorhandene Infrastruktur weitergenutzt werden kann. Diese Weiternutzung ist nicht unbedingt innovativ und bringt oft auch Probleme mit sich, aber es erhöht die Akzeptanz und Nutzung unserer Plattform, da es immer seine Zeit braucht, bis ein Mensch seine Gewohnheiten dahingehend verändert, dass er ein neues System darin integriert.

### 5.3.4 Eigenständige Webapplikation

Neben dieser Spezialisierung bezüglich bestehender Infrastruktur ist es darüber hinaus möglich, eine Generalisierung unseres Projektes anzustreben. Unser System könnte zu einer vollständigen Webapplikation mutieren, die man als Ganzes zum eigenständigen Hosten kaufen oder als Webservice in einem Abonnement beziehen kann. Bei der ersten Möglichkeit können wir dem Kunden Support und Spezialisierungen anbieten, die beispielsweise auf eigene bestehende Infrastruktur abzielt. Der Webservice im Abonnement läuft auf unseren eigenen Servern und bietet dem Kunden durch sein Benutzerkonto die Möglichkeiten der Erstellung von QR-Codes für verschiedene Räumlichkeiten und Probleme und das Einsehen der verschiedenen übermittelten Informationen.

### 5.3.5 Vielfältige Einsatzzwecke

Da das System hinter den QR-Codes von überall auf der Welt erreichbar sein kann, ist es zudem möglich, unseren Einsatzbereich von öffentlichen Gebäuden auf ganze Orte und Städte zu erweitern und damit zur Digitalisierung der „stupid things“ in unserem Leben wie öffentliche Mülltonnen, kaputte Ampeln und Straßenlaternen und vieles mehr beizutragen.

## 6. SUMMARY

With our current work, we are pursuing the goal of solving the problems of sensor-based data collection, which were made very clear to us last year, and to create a favorable alternative or complementary technology. In doing so, we rely on information aggregation through swarm intelligence, through which information can be shared by different actors [8, p. 3]. In two live tests, in which we hung QR codes (picture 10) in various areas of our school on almost 50 objects and in almost 70 rooms, each with a unique UUID, we have seen that our system is becoming more and more established in our school and that, thanks



Picture 10: Call to scan a QR code



to our flexible and expandable software, states and problems are reliably communicated. Especially in a school environment, an application based on community collaboration has several advantages over sensors, apart from the obvious benefits. We are convinced that the potential of individuals should be exploited and pooled to solve problems together. This can reduce the consumption of resources, save money and strengthen an existing community. In the future, we would like to develop our system further and specialize in obtaining reliable data, which we would like to achieve through quality assurance and high data volumes. We incentivize data collection through gamification and a reward system. In addition, we will integrate existing infrastructures so that little effort is required to switch to our system. In the long term, our product can also be offered as a stand-alone web application in a purchase or subscription model and be used for a variety of purposes.

## 7. ANHANG

### 7.1 Literaturverzeichnis

- [1] M. Weih, F. Hauptmann und N. Krieger, „Webartikel unseres Projekts,“ 25.06.2021. [Online]. Available: <https://projekte.lgsit.de/2021/06/25/internet-of-stupid-things/>. [Zugriff am 28.04.2022].
- [2] T. Brühlmann, Heimautomation mit Arduino, ESP8266 und Raspberry Pi - Das eigene Heim als Smart Home für Heimwerker, Bastler und Maker, Wiesbaden: Springer Gabler, 2019, pp. 23-280.
- [3] B. Heinrich, P. Linke und M. Glöckler, Grundlagen Automatisierung - Sensorik, Regelung, Steuerung, Wiesbaden, Deutschland: Springer Vieweg, 2015, pp. 1-114.
- [4] J. Konopka, „Entwicklung einer REST-Schnittstelle zum Zugriff auf Bibliotheksinformationssysteme unter Berücksichtigung des Einsatzes im mobilen Umfeld,“ Jülich, 2017.
- [5] U. Lämmel, „Data Mining mittels künstlicher neuronaler Netze,“ Hochschule Wismar, Wismar, 2003.
- [6] A. Steuck, Mit einer schwarmintelligenten Verwaltung agil und stabil in die Zukunft - Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Bundesverwaltung, Wiesbaden: Springer Gabler, 2019, pp. 16-63.
- [7] H. Hamann, Schwarmintelligenz, Berlin: Springer Spektrum, 2019, pp. 23-40.
- [8] Aboul Ella Hassanien und Eid Emary, SWARM INTELLIGENCE - Principles, Advances, and Applications, Boca Raton, Florida: CRC Press, 2015, pp. 1-14.
- [9] T. Segaran, Kollektive Intelligenz: analysieren, programmieren und nutzen, Köln: O'Reilly Verlag, 2008, pp. 1-8.
- [10] V. Janßen, Datenbanken - Relationale Datenbanken entwerfen und realisieren, Braunschweig: Westermann Schroedel, 2011, pp. 38-55.

### 7.2 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erklären wir, dass wir das vorliegende Referat für das VDI Schülerforum des Bezirksvereins Frankfurt-Darmstadt im Jahr 2022 mit dem Titel „Internet Of Stupid Things – Vernetzen statt Wegwerfen“ selbständig verfasst haben, dass wir sie zuvor bei keinem anderen Wettbewerb eingereicht haben und dass wir keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderweitigen fremden Äußerungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Hanau, 29. April 2022

M. Weih

F. Hauptmann