

# Konzeption und Implementierung einer Internet-of-Things-Anwendung mit mobiler Sensorik und Aktorik

vorgelegt von: Jutta Axtmann  
im Studiengang Medien und Informationswesen  
Erstbetreuer: Prof. Dr. Tom Rüdebusch  
Zweitbetreuer: Prof. Dr. Volker Sanger

Wintersemester 2014/2015





# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VII

1. Einleitung.....	9
--------------------	---

## I Internet of Things

2. Das Internet of Things.....	11
2.1. Definitionen.....	11
2.2. Bestandteile des Internet of Things .....	13
2.2.1. M2M .....	13
2.2.2. RFID .....	13
2.2.3. WSN.....	13
2.2.4. Cloud Computing.....	14
2.2.5. Adressenschema.....	15
2.2.6. Visualisierung.....	15
2.3. Sensoren und Aktoren.....	15
3. Vorhandene Internet-of-Things-Anwendungen.....	17
3.1. tado° - Das smarte Thermostat.....	17
3.2. The Good Night Lamp.....	18
3.3. digitalSTROM.....	18
3.4. hue.....	20
4. Zukünftige Entwicklungen.....	23
4.1. Milton Keynes.....	24
4.2. Kopenhagen.....	25

## II Das mobile Internet of Things

5. Vorhandene mobile Internet-of-Things-Anwendungen.....	27
5.1. Lumo Back .....	27
5.2. Ralph Lauren – Das Polo Tech Shirt.....	28
5.3. fin .....	29
5.4. The Dash.....	30
5.5. My BMW RemoteApp.....	31
6. Wearables.....	33
6.1. Einsatzbereiche.....	33
6.2. Künftige Entwicklungen des Wearable Markts.....	34
7. Spezifische Anforderungen an mobile Internet-of-Things-Anwendungen.....	35
7.1. Physikalische Eigenschaften.....	35
7.2. Datenspeicherung.....	35
7.3. Datensicherheit .....	36
7.4. Netzwerke.....	36
7.5. Interfaces.....	36
7.6. Energieversorgung.....	37
7.6.1. Thermoelektrische Energiegewinnung .....	37

7.6.2. Solarzellen.....	38
7.6.3. Piezoelektrische Stromgewinnung.....	38
7.6.4. Energiespeicherung.....	38
7.6.5. Stromverbrauch.....	39

### III Konzeption und Implementierung der eigenen Anwendung

8. Die Projektideen.....	41
8.1. Sekundenschlafvermeider - 'StopMikrosleepSystem'.....	41
8.2. 'Der perfekte Wurfärmel'.....	42
8.3. Sonnenlichtschutzfaktor-Messer - 'SmartSunscreen'.....	42
8.4. Sporttrinkflasche mit Erinnerungsfunktion - 'RememBottle'.....	43
8.5. Intelligente Einlegesohle für Patienten mit Verletzungen am Bein oder Fuß - 'SmartSole' .	43
9. Anforderungen an die SmartSole Anwendung.....	45
9.1. Auswahl des Kommunikationsstandards.....	45
9.2. Auswahl des Mikrocontrollers.....	46
9.3. Auswahl des Integrationsdienstes.....	48
10. Aufbau der SmartSole Anwendung .....	53
10.1. Die Vorbereitung.....	53
10.2. Das Anschließen des FlexiForce Pressure Sensors.....	54
10.3. Das Anschließen des Vibrationsmotors.....	56
10.4. Zusammenfassung der SmartSole Anschlüsse.....	58
10.5. Das Integrieren der Drucksensoren in die Einlegesohle.....	59
10.6. Die Stromversorgung.....	61
10.7. Die fertige SmartSole.....	62
11. Programmierung.....	63
11.1. Die Sensorenauswertung.....	63
11.2. Die Kommunikation mit ThingSpeak.....	64
11.3. Die Kommunikation mit Temboo.....	66
11.4. Ansprechen des Vibrationsmotors.....	68
11.5. Die Kommunikation mit der SmartSole App.....	68
12. Aufgetretene Probleme.....	73
13. Schluss .....	75
13.1. Zusammenfassung.....	75
13.2. Fazit .....	76
Literaturverzeichnis.....	79
Anhang.....	85
Anhang A: Der Arduino Code.....	85
Anhang B: Diagramm der Systemarchitektur.....	90
Anhang C: Der ThingSpeak Channel 'SmartSole'.....	91
Anhang D: Der SmartSole GMail Account.....	92
Anhang E: Die SmartSole App.....	92

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kevin Ashton mit einem RFID tag [1].....	11
Abbildung 2: Ein in einem Etikett integrierter RFID tag [2].....	13
Abbildung 3: Die Cloud kann viele verschiedene Dienste zur Verfügung stellen. [3].....	14
Abbildung 4: Der Unterschied zwischen IaaS, PaaS und SaaS [4].....	14
Abbildung 5: Das smarte tado° Thermostat und die dazugehörige App [5].....	17
Abbildung 6: Die Big Lamp und die Little Lamp [6].....	18
Abbildung 7: Die intelligenten Lüsterklemmen von digitalSTROM [7].....	18
Abbildung 8: So könnte ein digitalSTROM System aussehen. Grün unterlegt sind die digitalSTROM Komponenten: dS-Filter (F), dS-Server (S), dS-Meter (M), dS-Tasterklemmen, Schnurdimmer und dS-Lüsterklemmen [8].....	19
Abbildung 9: Die smarten LED-Lampen und die hue Bridge [9].....	20
Abbildung 10: Solche Elektroautos sollen bald in Milton Keynes fahren. [10].....	25
Abbildung 11: Der Lumo Back soll dem Träger zu einer gesunden Körperhaltung verhelfen. [11]..	27
Abbildung 12: Das smarte Poloshirt von Ralph Lauren [12].....	28
Abbildung 13: Die App des Polo Tech stellt die gesammelten Daten dar. [13].....	28
Abbildung 14: Mit fin können verschiedene Geräte gesteuert werden. [14].....	29
Abbildung 15: Mit einem tap kann zwischen den Geräten gewechselt werden. [15].....	29
Abbildung 16: The Dash schränkt den Nutzer nicht ein. [16].....	30
Abbildung 17: Die App der smarten Kopfhörer [16].....	30
Abbildung 18: Durch die My BMW Remote App kann sich der Fahrer mit seinem BMW verbinden. [17].....	31
Abbildung 19: Von der Taschenuhr [18] über die digitale Armbanduhr [19] bis zur Smart Watch [20].....	33
Abbildung 20: Das smarte Pflaster kann den Herzschlag, die Körpertemperatur, aber auch die chemische Zusammensetzung der Umweltumgebung messen. [21].....	34
Abbildung 21: Bei einer Smart Watch ist es wichtig, dass ihre Größe veränderbar ist, damit sie optimal passt. [22].....	35
Abbildung 22: Durch seine Weiterentwicklung ist die Bluetooth Verbindung aus dem Internet of Things nicht mehr weg zu denken. [23].....	36
Abbildung 23: Eine intuitive Bedienung lässt sich durch Touchscreens am einfachsten realisieren. [24].....	37
Abbildung 24: Eingewebte Solarzellen stellen eine Möglichkeit für die Stromversorgung von Smart Cloths dar. [25].....	38
Abbildung 25: Die atomare Struktur von Graphen ist einmalig. [26].....	39
Abbildung 26: Das 'UV-Skin Protection' Konzept von Seibersdorf Labor GmbH ist patentiert und ausgezeichnet. [27].....	42
Abbildung 27: Der 'HydraCoach' von Sportline Inc. [28].....	43
Abbildung 28: In solchen Orthesen könnte die intelligente Einlegesohle verwendet werden. [29]..	43
Abbildung 29: Das Arduino GSM Shield [30].....	46
Abbildung 30: Das Arduino WiFi Shield [31] .....	46
Abbildung 31: Eine schematische Darstellung, wo die einzelnen Bestandteile auf dem Arduino Yún untergebracht sind. [32].....	47
Abbildung 32: Der Arduino Yún [33].....	48
Abbildung 33: Eine schematische Darstellung wie der Arduino Yún und Temboo zusammenarbeiten. [34].....	49
Abbildung 34: Die Charts von ThingSpeak kann der User individuell anpassen. [35].....	49

Abbildung 35: React [36].....	50
Abbildung 36: ThingHTTP [36].....	50
Abbildung 37: ThingTweet [36].....	50
Abbildung 38: TimeControl [36].....	51
Abbildung 39: TalkBack [36].....	51
Abbildung 40: TweetControl [36].....	51
Abbildung 41: Schematische Ansicht der Verbindungen.....	53
Abbildung 42: Die Pin Anschlüsse am Arduino Board.....	53
Abbildung 43: Der Plus- und Minuspol am Breadboard.....	54
Abbildung 44: Das Breadboard und der Arduino sind vorbereitet.....	54
Abbildung 45: Das Signalübertragungskabel wird an einen analogen Input Pin geschlossen.....	54
Abbildung 46: Die Kabelverbindungen am Breadboard für den FlexiForce Pressure Sensor.....	55
Abbildung 47: Die Kabelverbindungen von oben.....	55
Abbildung 48: Die Verkabelung des Sensors ist fertig.....	56
Abbildung 49: Der Vibrationsmotor.....	56
Abbildung 50: Der angeschlossene Vibrationsmotor.....	57
Abbildung 51: Der Vibrationsmotor ist am digitalen Pin 7 angeschlossen.....	57
Abbildung 52: Alle nötigen Anschlüsse am Arduino Yún für die SmartSole.....	58
Abbildung 53: Die beiden Sensoren, sowie der Vibrationsmotor sind mit dem Arduino Yún verbunden.....	58
Abbildung 54: Der Aufbau der SmartSole im Überblick.....	59
Abbildung 55: Durch den Puk soll die Übertragung des Drucks verbessert werden.....	59
Abbildung 56: Die leichte Erhöhung deckt die drucksensible Stelle des Sensors ab. ....	60
Abbildung 57: Durch die Halterung wird gewährleistet, dass der Sensor und der Puk nicht verrutschen. ....	60
Abbildung 58: So vorbereitet kann der Sensor an die Unterseite der Sohle angebracht werden. ...	60
Abbildung 59: Die Sensoren sind am Fußballen und der Ferse platziert.....	60
Abbildung 60: Die beiden Sensoren und der Vibrationsmotor haben jeweils einen Kabelstrang zum Arduino Yún.....	61
Abbildung 61: Die fertige Unterseite der SmartSole.....	61
Abbildung 62: Der Batteriehalter.....	61
Abbildung 63: Der Batteriehalter wird an den Vin Pin und Ground angeschlossen.....	62
Abbildung 64: Die Kabelanschlüsse am Arduino Yún für die SmartSole.....	62
Abbildung 65: Die fertige SmartSole.....	62
Abbildung 66: Der vordere Sensor ist an dem analogen Pin 2 und der hintere an Pin 0 angeschlossen.....	63
Abbildung 67: Die Sensoren werden ausgelesen.....	63
Abbildung 68: Aus den gemessenen Werten lassen sich die Gewichte bestimmen. ....	64
Abbildung 69: Nur als String kann ThingSpeak die Werte weiterverarbeiten.....	64
Abbildung 70: Die Verbindung mit ThingSpeak wird vorbereitet.....	64
Abbildung 71: Durch Aufrufen der updateThingSpeak-Funktion werden die gesammelten Daten gespeichert.....	65
Abbildung 72: Die updateThingSpeak-Funktion.....	65
Abbildung 73: Einbinden der Temboo Bibliothek und der Account Informationen.....	66
Abbildung 74: TembooAccount.h.....	66
Abbildung 75: GMailAccount.h.....	66
Abbildung 76: Die Variablen werden vor der setup-Funktion implementiert.....	66

Abbildung 77: Die SendEmailChoreo wird gestartet.....	67
Abbildung 78: Die verschiedenen Werte werden an die SendEmailChoreo übergeben.....	67
Abbildung 79: Die Variablen für die Nutzung des Vibrationsmotors werden vor der setup-Funktion deklariert.....	68
Abbildung 80: Der Vibrationsmotor wird implementiert. ....	68
Abbildung 81: Überschreitet der User die Belastungsgrenze, erhält er eine fühlbare Rückmeldung.....	68
Abbildung 82: Der REST API ACCESS muss auf OPEN eingestellt werden.....	69
Abbildung 83: Die Bibliotheken werden eingebunden.....	69
Abbildung 84: Der YunClient und YunServer.....	69
Abbildung 85: Es wird auf eine Verbindung gewartet.....	69
Abbildung 86: In der loop-Funktion wird die process-Funktion ausgeführt.....	70
Abbildung 87: Auf diese Weise wird der eingegebene Mailadresse von der App an den Arduino geschickt. Für die maximale Belastung wird ein identisches Schema verwendet.....	70
Abbildung 88: Die process-Funktion.....	71
Abbildung 89: Der Load Sensor 50kg Seeedstudio TEM01052B [37].....	73
Abbildung 90: Diagramm der Systemarchitektur.....	91
Abbildung 91: Die Belastungsdiagramme können über die ThingSpeak Homepage abgerufen werden.....	91
Abbildung 92: Um Zugang zu den Daten zu bekommen, muss der User sich einloggen.....	91
Abbildung 93: Der SmartSole GMail Account.....	92
Abbildung 94: Die Startseite der SmartSole App.....	93
Abbildung 95: Die Einstellungsseite der SmartSole App.....	93
Abbildung 96: Über den 'Diagramm' Button wird der User auf die ThingSpeak Homepage weitergeleitet.....	93
Abbildung 97: Die E-Mail Seite der SmartSole App.....	93

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Entwicklung des 802.11 Standards [38].....	46
---	----





## Abkürzungsverzeichnis

ac-Standard	802.11ac Standard
dS	digitalSTROM
EC	Europäische Kommission
I/O Pins	Input bzw. Output Pin
IaaS	Infrastructure as a Service
IDC	International Data Corporation
IdD	Internet der Dinge
IFTTT	if this than that
IoT	Internet of Things
M2M	Machine to Machine
n-Standard	802.11n Standard
PaaS	Platform as a Service
RFID	radio-frequency identification
SaaS	Software as a Service
WSN	Wireless Sensor Network



# 1. Einleitung

Das Internet der Dinge (IdD), oder auch Internet of Things (IoT) genannt, beschreibt die internetgestützte Vernetzung und Kommunikation von Dingen untereinander. Es hält immer mehr Einzug in das alltägliche Leben. Dies spiegelt sich nicht nur dahingehend wider, dass verstärkt solche Anwendungen unter anderem in den Bereichen Smart Home, Automobil oder auch Wearable, erhältlich sind, sondern dass auch die Möglichkeiten zunehmen, eigene IoT-Anwendungen zu konzipieren und zu realisieren. Dabei spielt die Arduino Plattform eine der führenden Rollen in diesem do it yourself Sektor. Sie vereint eine kostengünstige Open Source Hard- und Software und bietet so die Möglichkeit, eigene Erfahrungen mit dem Realisieren von Internet-der-Dinge-Anwendungen zu sammeln.

Im Rahmen dieser Bachelor Thesis soll zunächst ein Überblick über den momentanen Stand der Forschung und Entwicklung im Bereich Internet der Dinge gegeben und anschließend eine eigene Anwendung mit mobiler Sensorik und Aktorik unter Zuhilfenahme eines Arduino Mikrocontroller-systems konzipiert und implementiert werden. Hierbei handelt es sich um eine Anwendung aus dem Gesundheitssektor, da das Internet of Things auch diesem Bereich viele Möglichkeiten und Chancen bietet. Umgesetzt wurde eine intelligente Schuheinlegesohle, die den Genesungsprozess von Patienten mit einem verletzten Bein oder Fuß unterstützt. Die Schuheinlage soll sie davor schützen, eine maximal erlaubte Belastungsgrenze zu überschreiten.

Die Thesis lässt sich in drei Überkapitel aufteilen, wobei Kapitel I einen Einblick in das Internet of Things bietet. Dort behandelt Kapitel 2 die verschiedenen Definitionen des Internets der Dinge (Kapitel 2.1.) und die einzelnen Bestandteile (Kapitel 2.2.). Des Weiteren werden einige Internet-of-Things-Anwendungen exemplarisch vorgestellt (Kapitel 3) und ein Ausblick über die künftigen Entwicklungen (Kapitel 4) in diesem Bereich gegeben.

Das Kapitel II behandelt den Aspekt der Mobilität des Internets der Dinge. Hier werden exemplarisch einige mobile Anwendungen vorgestellt (Kapitel 5). Außerdem wird ein Überblick über den Begriff Wearables (Kapitel 6) gegeben und einige spezifische Anforderungen an mobile Internet-of-Things-Anwendungen erläutert (Kapitel 7).

Der praktische Teil dieser Bachelor Thesis wird in Kapitel III dokumentiert. Hierbei werden zunächst verschiedene Projektideen vorgestellt und auf ihre Realisierbarkeit untersucht (Kapitel 8). Nach der Abwägung und dem Entschluss, die Anwendung 'SmartSole', eine intelligente Schuheinlegesohle, umzusetzen, werden in Kapitel 9 die hierfür spezifischen Anforderungen beurteilt und die daraus resultierenden Entschlüsse dokumentiert. Daraufhin werden der Aufbau (Kapitel 10) und die Programmierung (Kapitel 11), die für diese Anwendung notwendig sind, erläutert. Das Kapitel 12 beschäftigt sich mit Problemen, die bei der Konzeption und Implementierung der SmartSole Anwendung aufgetreten sind.

In einer Zusammenfassung (Kapitel 13.1.) und einem abschließenden Fazit (Kapitel 13.2.) sollen die Kernpunkte des theoretischen Teils und ein resümierender Blick auf die praktische Umsetzung formuliert werden.



## 2. Das Internet of Things

### 2.1. Definitionen

Im Jahr 1999 sprach Kevin Ashton (Mitgründer und vormaliger Geschäftsführer des Auto-ID Centers des Massachusetts Institute of Technology) das erste Mal vom Internet of Things. Er beschrieb dabei die *„Vision eines informationstechnisch vernetzten Systems autonom interagierender Gegenstände und Prozesse, die sich durch eine zunehmende Selbstorganisation charakterisieren und zu einer wachsenden Verschmelzung physischer Dinge mit der digitalen Welt des Internets führen“*. [39]



Abbildung 1: Kevin Ashton mit einem RFID tag [1]

Die intelligente Interaktion zwischen den Dingen ist der charakteristische Punkt des Internet of Things. Zu diesem Zeitpunkt stellt die weitere Forschung in den Technologiebereichen, wie Elektronik, RFID ('radio-frequency identification'), Sensorik und Aktorik, Energieversorgung, Datenübertragung und Datensicherheit eine essentielle Grundlage der Entwicklung des IoT und damit auch Ashtons Vision dar. [39]

Seit seiner ersten Nennung im Jahr 1999 wurde das Internet der Dinge auf viele verschiedene Arten definiert. Früh gab es die Beschreibung, dass ein internetbasiertes Netzwerk zu spinnen sei, in dem alle Dinge Techniken zur automatischen Identifikation und zum Austausch von Informationen verwenden.

2005 wurde von der 'International Telecommunications Union' ein Bericht veröffentlicht, in dem sie sich mit dem Konzept und der Bedeutung des Internet of Things beschäftigen. Darin werden vier essentielle Kerntechnologien für die Umsetzung beschrieben: *die RFID Technologie, die Sensortechnologie, die Nanotechnologie und die 'intelligent embedded technology'*.

Im Jahr 2009 kündigte IBM ihr Konzept des 'SmartPlanets' an. Allgemein hat in diesem Zeitraum das Internet of Things stark an Bedeutung gewonnen, was sich unter anderem in der Aufnahme in die Entwicklungsstrategie vieler Nationen zeigt.

Ebenfalls im Jahr 2009 wurde von 'The Cluster of European Research Projects in the Internet of Things' die 'Strategic Research Roadmap' publiziert. Dort wird das Internet der Dinge folgendermaßen definiert: *„IoT is an integrated part of Future Internet and could be defined as a dynamic global network infrastructure with self-configuring capabilities based on standard and interoperable communication protocol.“* [40]

Einfacher ausgedrückt beschreibt das Internet of Things die Adressierung physikalischer Objekte. Etwas genauer und komplexer ist die Beschreibung, dass es allgegenwärtig ist, die Eigenschaft hat, alles miteinander zu verbinden und intelligent zu kontrollieren. [40]

Des Weiteren kann das Internet of Things in drei verschiedenen Modellen betrachtet werden: Internet-orientiert, Ding-orientiert und Semantik-orientiert. Jedoch kann diese Beschreibung kritisiert werden, da sich die volle Nützlichkeit des Internet of Things erst entfaltet, wenn sich diese drei Modelle überschneiden.

Eine weitere Definition liefert die RFID Group, die das Internet der Dinge als „... *worldwide network of interconnected objects uniquely addressable based on standard communication protocols.*“ [41] beschreibt.

In Forresters Aufforderung, das Internet der Dinge verbreiteter einzusetzen, steckt auch eine Definition. Sie regt an, *die Umwelt intelligenter zu machen, indem man Informations- und Kommunikationstechnologien nutzt*, um kritische Infrastrukturkomponenten und -dienste von Stadtverwaltungen, Bildung, Gesundheitspflege, öffentlicher Sicherheit, Immobilien, Verkehr oder Energieversorgungsbetrieben bewusster, interaktiver und effizienter zu machen.

Eine Definition, die den Nutzer mehr ins Zentrum rückt, beschreibt das Internet of Things als eine Möglichkeit *über eine gegenseitige Verbindung von sensorischen und steuerbaren Geräten, Informationen auf Plattformen zu teilen*. Dies wird durch ein übergangsloses und allgegenwärtiges Messen, die Datenanalyse und die Informationsdarstellung durch das Cloud Computing als einheitliches Framework erreicht.

Die sogenannten Dinge werden als aktive Teilnehmer in Geschäftsvorgängen, Informationsprozessen und sozialen Prozessen beschrieben. Dabei besitzen sie die Fähigkeit zu interagieren und untereinander zu kommunizieren. Durch den Austausch von Daten, die über die Umwelt aufgenommen wurden, ist eine Kommunikation mit dieser möglich. Währenddessen reagieren die Informationen autonom auf die Ereignisse der physischen Welt und können diese so beeinflussen. Zum Beispiel können laufende Prozesse Aktionen einleiten und Dienste kreieren, dabei spielt es keine Rolle, ob mit oder ohne direktes menschliches Eingreifen. [41]

Ning beschreibt: „...*that mapping and interconnection "things" between the physical world and cyber world are foundational features of IoT.*“ [40]

Dabei besteht die physische Welt aus physischen Dingen. Zu diesen zählen Objekte, Verhalten, Tendenzen und physikalische Ereignisse. Unter Objekten versteht man Dinge mit einem greifbarem Körper zum Beispiel Personen, Fahrzeuge oder auch Tische. Das Verhalten beschreibt zielgerichtete Bewegungen von Objekten mit einer bestimmten Motivation, beispielsweise rennend, essend oder fahrend. Die Tendenzen werden als Entwicklungen in der Sache selbst oder unter bestimmten äußeren Einflüssen gesehen. Hier kann man exemplarisch das aufklarende Wetter oder den zunehmenden Verkehr nennen. Ein physikalisches Ereignis wäre zum Beispiel, dass an einem bestimmten Ort ein Tornado wütet.

Die Cyber Welt hingegen besteht aus Cyber Dingen. Diese enthalten Entities, Cyber Handlungen, Cyber Ereignisse und Dienste. Entities sind abstrakte Dinge in der Cyber Welt, wie Websites, Softwares oder Code. Dagegen sind Cyber Handlungen die Verarbeitung von virtuellen Dingen, also beispielsweise die Code- oder Datenübertragung. Die Zusammensetzung von Entities, Cyber Handlungen und bestimmten Ursachen in der Cyberwelt, beispielsweise das Ausführen einer Online-Bezahlung, nennt man Cyber Ereignisse. Der Dienst hingegen ist eine Funktion. Beispielsweise könnte man dazu das Domain Name System zählen, welches der Veröffentlichung dient.

Kurz zusammengefasst lässt sich das Internet der Dinge dadurch beschreiben, dass mehr und mehr Objekte mit Sensorik ausgestattet werden und es ihnen so möglich ist, ihre Umgebung wahrzunehmen. Die daraus gewonnenen Informationen können über kabelgebundene und kabellose Verbindungen mit anderen Dingen ausgetauscht werden. Es entsteht ein Kommunikationsprozess. Diesen Prozess und die durch ihn verbundenen Dinge bezeichnet man als Internet of Things. [39]

Auch wenn es viele verschiedene Definitionen gibt und diese sich mit der Zeit immer wieder verändern und weiterentwickeln, ist das Hauptziel des Internets der Dinge weiterhin, dass Infor-

mationen ohne das Eingreifen eines Menschen gemessen werden. Durch den stetigen Fortschritt könnte das Internet der Dinge bald das momentane statische Internet in ein voll integriertes Future Internet wandeln. [41]

## 2.2. Bestandteile des Internet of Things

Das Internet der Dinge ist mit anderen verwandten Ideen verbunden.

### 2.2.1. M2M

Die genaue Beziehung zwischen dem Internet of Things und M2M ('Machine to Machine') [40] zu definieren ist schwierig. M2M beschreibt eine Maschine zu Maschine Kommunikation. Innerhalb des Internet of Things kann auf verschiedene Arten kommuniziert werden: 'thing-to-human', 'human-to-thing' und 'thing-to-thing'. Es wird einerseits die Meinung vertreten, dass M2M eine grundlegende Technologie für das Internet of Things sei. Andererseits gibt es die Auffassung, M2M sei eine Art Anwendung dafür und eine weitere Ansicht verwendet das Internet der Dinge und M2M synonym.

### 2.2.2. RFID

Die Entwicklung der RFID ('radio frequency identification') Technologie [40, 41] ist ein großer Durchbruch im Modell der sogenannten 'Embedded Communication' ('die eingeschlossene Kommunikation'). Durch sie können Mikrochips für eine kabellose Datenkommunikation entworfen werden. Diese Technologie beruht auf der Funkfrequenz-Kommunikation und wird zur kabellosen automatischen Identifikation eingesetzt. Die sogenannten RFID Tags agieren gewissermaßen wie ein elektronischer Barcode. Dinge können mit diesen Tags versehen und dann mit sogenannten RFID Readern ausgelesen werden. Vor allem in der Logistik und im Transport wird diese Technologie bereits eingesetzt, um den Bestand, den aktuellen Standort oder die Beschaffenheit der Güter zu bestimmen und zu kontrollieren. Dabei lassen sich die RFID Tags in aktive und passive unterscheiden. Aktive RFID Tags haben eine eigene Stromversorgung über eine Batterie und können die Kommunikation selbst initiieren. Die passiven Tags sind dagegen nicht batteriebetrieben, sondern nutzen die Energie des RFID Lesegerätes, um die ID an das Lesegerät weiterzugeben. Alltägliche Beispiele sind Fahrkarten, Zugangskontrollen, aber auch in Bankkarten und Mautgeräten wird diese Technologie verwendet.



Abbildung 2: Ein in einem Etikett integrierter RFID tag [2]

### 2.2.3. WSN

Durch die Weiterentwicklung in der Technik können immer kleinere, günstigere und effizientere Geräte gebaut werden, die immer weniger Strom verbrauchen. Dadurch ist es möglich, ein sogenanntes WSN ('Wireless Sensor Network') [40, 41] zu erstellen. Es besteht aus einer großen Anzahl von intelligenten Sensoren, die Informationen sammeln, auswerten, analysieren und verbreiten können. Somit integriert ein solch kabelloses Netzwerk das Messen, das Berechnen und die Kommunikation. Ein derartiges Wireless Sensor Network besteht aus der WSN Hardware, dem WSN Communication Stack und der WSN Middleware. Die Hardware setzt sich unter anderem aus Sensoranschlüssen, Prozesseinheiten und der Stromversorgung zusammen. Der Communication

Stack interagiert über das Internet mit der äußeren Welt. Die Middleware verbindet die Cyber Struktur, das Sensornetzwerk und die Secure Data Aggregation, die für die Datensicherheit und die Lebensdauer des Netzwerks wichtig sind. Die Haupttechniken für die Realisierung eines WSN, sind neben ZigBee und Bluetooth auch das WiFi.

### 2.2.4. Cloud Computing

Da durch das Internet of Things eine noch nie da gewesene Masse an Daten aufkommt ('Big Data'), ist der Aspekt der Datenlagerung nicht zu unterschätzen. Aber nicht nur die Lagerung, sondern auch Besitztum und Gültigkeit der Daten sind entscheidende Probleme. Die Daten müssen intelligent hinterlegt und genutzt werden können. Es ist eine zentrale Infrastruktur zur Unterstützung der Lagerung und Analyse nötig. Eine Lösung dafür ist das Cloud Computing [40, 41]. Es kann die virtuelle Infrastruktur, die für die Überwachungsinstrumente,

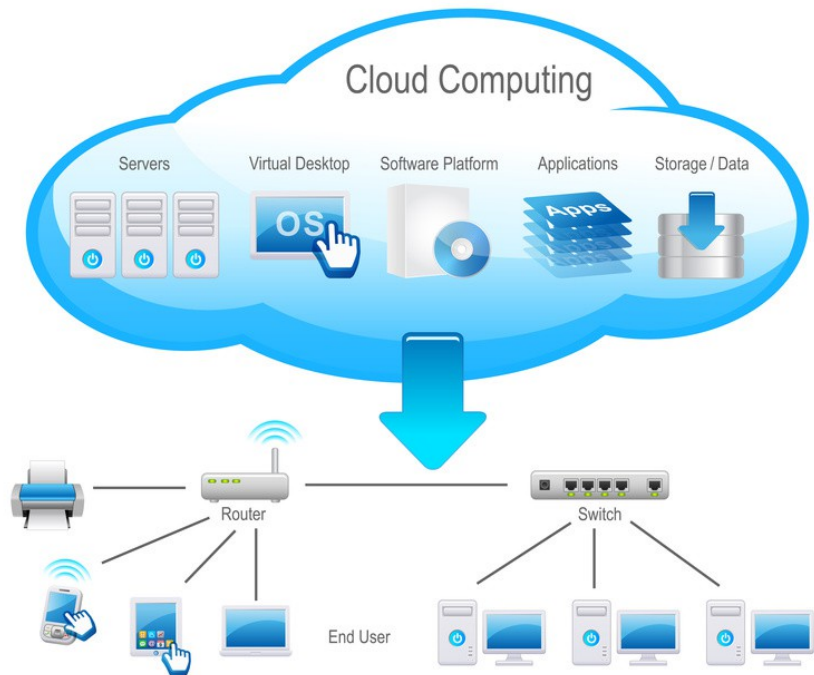


Abbildung 3: Die Cloud kann viele verschiedene Dienste zur Verfügung stellen. [3]

Lagerinstrumente, Analyseprogramme, Visualisierungsplattformen und die Kundenauslieferung notwendig ist, zur Verfügung stellen. Es gibt drei Typen von Cloud Computing Lösungen, die sich grundlegend voneinander unterscheiden: Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) und Software as a Service (SaaS).

Unter *Infrastructure as a Service* versteht man, dass sich ein Nutzer Zugang zu einer physikalischen Infrastruktur schafft. Da diese nicht physikalisch beim User vorhanden ist, müssen weder die Entwickler noch die Administratoren sie unterhalten und pflegen. Hardware muss nicht mehr zeitaufwendig und kostspielig bestellt, aufgebaut und installiert werden. Der Nutzer kann sich also auf das Wesentliche konzentrieren. Zu den bekanntesten IaaS-Lösungen zählen Amazon Web Services (AWS), Rackspace und GoGrid.

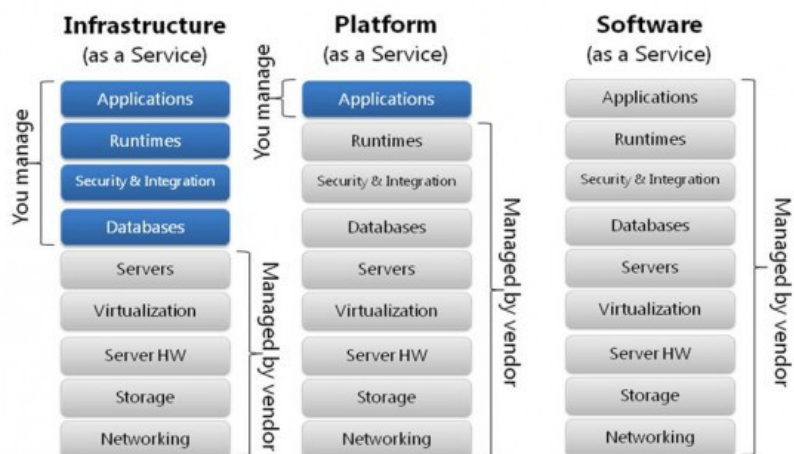


Abbildung 4: Der Unterschied zwischen IaaS, PaaS und SaaS [4]



*Platform as a Service* ist nach dem gleichen Konzept wie IaaS aufgebaut. Jedoch werden bei diesem Modell Anwendungen und Funktionen, anstelle einer Infrastruktur zur Verfügung gestellt.

Entwickler können darauf zugreifen, sie nutzen und sich dadurch Arbeit ersparen, da sie immer wiederkehrende Aufgaben schon vorgefertigt finden können. Zu den bekanntesten Lösungen zählen Force.com, Google Apps Engine und Microsoft Azure.

Bei dem Modell *Software as a Service* wird dem Nutzer eine komplette Anwendung zur Verfügung gestellt. Er kann sie für sich individualisieren und bekommt auch hier die notwendige Infrastruktur zur Verfügung gestellt. Somit stellt SaaS insbesondere für Organisationen eine attraktive Lösung dar. Da die benötigte Infrastruktur, sowie die Erstellung und Unterhaltung der Software zur Verfügung gestellt wird, wird der finanzielle Aspekt für sie meist positiv beeinflusst. [42]

Aus den hier aufgezählten bekannten Lösungen lässt sich erkennen, dass Konzerne wie Google, Amazon oder IBM das Potenzial und die Notwendigkeit von Cloud Computing erkannt und ihre Investitionen in diesen Bereich erhöht haben. Für die Weiterentwicklung des Internet of Things ist die Cloud Computing Technologie notwendig. Aber auch erst wenn diese verbessert wird, kann die Entwicklung im Bereich Internet der Dinge weiter vorangetrieben werden.

### 2.2.5. Adressenschema

Damit das Internet of Things erfolgreich funktionieren kann, muss jedes einzelne Ding eindeutig adressiert werden [41], um identifiziert und über das Internet angesprochen werden zu können. Darunter fallen sowohl bereits verbundene, als auch zukünftige Elemente. Die Adressen müssen daher einmalig, beständig, ausdauernd und skalierbar sein. Da der IPv4 Standard dies nicht gewährleisten konnte, wird der IPv6 Standard eingeführt.

### 2.2.6. Visualisierung

Die visuelle Darstellung [41] spielt eine entscheidende Rolle im Internet of Things, denn durch sie kann der User mit der Umwelt interagieren. In der heutigen Zeit sind Smartphones und Tablets weit verbreitet und der Gebrauch von der Touchscreen-Technologie wird immer intuitiver. Es ist sehr wichtig, dass auch Laien die Anwendungen schnell und leicht verstehen, denn nur so können auch sie mit dem Internet of Things agieren. Die Visualisierung muss also attraktiv und einfach zu verstehen sein.

## 2.3. Sensoren und Aktoren

Einer der wichtigsten Aspekte des Internets der Dinge ist, dass es über Sensoren seine Umgebung wahrnimmt, Informationen sammelt und durch diese Daten teilweise autonom handelt. [39] Um dieses Wahrnehmen und Handeln zur Verfügung zu stellen, sind Sensoren und Aktoren entweder kabelgebunden oder auch kabellos miteinander verbunden.

Durch die Entwicklung werden Sensoren immer günstiger und verbrauchen immer weniger Energie. Sie sammeln Informationen und Daten, um Dinge zu identifizieren und ihre Zustände festzustellen. So können sie unter anderem eine Beschleunigung, Vibrationen, die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und Geschwindigkeiten messen. Sensoren können in zwei unterschiedliche Kategorien eingeordnet werden. Zum einen gibt es ID-basierte Sensoren, sie erfassen physikalische Dinge über ihre ID. Zum anderen gibt es Eigenschaft-basierte Sensoren, die die Eigenschaften des

Dings erfassen. Außerdem können sie als Detektoren agieren, indem sie die gesammelten Daten umwandeln.

Aktoren führen Befehle und Kommandos aus, um so Aktionen an physikalischen Dingen oder ihrer Umgebung auszuführen. Dafür wandeln sie die Daten und Informationen, die der Sensor gesammelt hat, in Aktionen um. Meist agieren sie dabei ohne direkten menschlichen Einfluss. Bei Aktoren kann es sich um mechanische oder elektronische Geräte handeln, teilweise sind sie auch mit der Sensorik in einem Gerät untergebracht.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass Sensoren und Aktoren die Eigenschaften Abtasten, Kommunikation, Identifikation und Interaktion vereinen können. Dadurch kann das Zusammenspiel zwischen der physikalischen und der Cyber Welt realisiert werden. [40]

### 3. Vorhandene Internet-of-Things-Anwendungen

Im Folgenden sollen einige exemplarische Beispiele über bereits vorhandene Applikationen, die das Internet der Dinge verwenden, aufgezeigt werden.

#### 3.1. tado° - Das smarte Thermostat

„Das smarte Thermostat heizt nur, wenn du zu Hause bist. Mit Hilfe deines Standorts.“

Derzeit werden viele Heizungen noch mit herkömmlichen Technologien gesteuert. Hier will tado° [5] etwas ändern und stellt eine intelligente Lösung vor. Das Konzept ist simpel, denn tado° heizt die Wohnung nur, wenn auch jemand zu Hause ist. Damit kann nicht nur Energie, sondern laut tado° auch bis zu 31% der Heizkosten eingespart werden.

Über das smarte Thermostat, welches das vorhandene Wandthermostat einfach ersetzt, erhält die Heizung eine Verbindung zum Internet.

Verwendet der Nutzer die tado° App kann diese über die Standortbestimmung Informationen erhalten, ob sich noch jemand in der Wohnung befindet. Wenn dies nicht der Fall ist, werden die Informationen an die Heizung weitergeleitet und die Temperatur daraufhin heruntergefahren.

Mit Hilfe der App weiß das Thermostat auch, wie weit die Bewohner von der Wohnung entfernt sind. Ist es nur eine kurze Distanz und damit auch ein kurzer Heimweg, lässt die Heizung die Temperatur nicht so weit abfallen, damit die Wohnung wieder schnell und energiesparend aufgewärmt werden kann. Außerdem ist es über die App möglich, die Heizung manuell zu steuern und die bestehenden Einstellungen auch von unterwegs zu ändern. Des Weiteren kann der Nutzer sich über die App immer einen Überblick verschaffen, wann geheizt wurde und welche Kosten dadurch entstanden sind. Aber auch ohne App kann tado° verwendet werden, denn es ist ebenso möglich, sich über den Web-Browser bei tado° einzuloggen und das System zu nutzen.

Außerdem nimmt tado° über das Internet Informationen der Wettervorhersage auf und bezieht diese in seine Steuerung mit ein. Wenn es beispielsweise sonnig ist, überlässt tado° der Sonne das Aufheizen des Zuhauses und kann so noch mehr Energie sparen.

Des Weiteren lernt tado° stetig dazu. Es eignet sich die Gewohnheiten der Bewohner an und wie es das Haus oder die Wohnung am effizientesten aufheizt.

Das System ist unabhängig von Heizungsherstellern und -systemen und kann nachgerüstet werden. Dadurch kann tado° eine Möglichkeit darstellen, Energie zu sparen.



Abbildung 5: Das smarte tado° Thermostat und die dazugehörige App [5]

### 3.2. The Good Night Lamp

„The connected lamp, that makes the world smaller.“

Durch The Good Night Lamp [43] soll laut Alexandra Deschamps-Sonsino, die die Idee zu den intelligenten Lampen hatte, eine Art 'physical social Network' aufgebaut werden können.

Das Konzept ist einfach. Es gibt zwei Lampen in Hausform, die sogenannte 'Big Lamp' ist die Größere der beiden. Die Kleinere wird als 'Little Lamp' bezeichnet. Die Big Lamp kann über einen Knopf am Schornstein angeschaltet werden. Die dazugehörige Little Lamp, egal wo sie auf der Welt steht, leuchtet daraufhin ebenfalls. So kann man mit Menschen überall auf der Welt kommunizieren und in Kontakt bleiben.

Beispielsweise können Arbeitskollegen durch das Anschalten ihrer Big Lamp signalisieren, dass sie nun für ein Telefonat oder eine Videokonferenz verfügbar sind. Aber auch, wenn eine Familie über die ganze Welt verstreut lebt, kann ein Mitglied durch Anschalten seiner Big Lamp zeigen, dass er jetzt zu Hause ist, nun schlafen geht oder einfach an die Anderen denkt. In einem Netzwerk ist es auch möglich, mehr als nur eine Little Lamp zu integrieren. Dadurch kann man sein physical social Network weiter ausbauen.



Abbildung 6: Die Big Lamp und die Little Lamp [6]

### 3.3. digitalSTROM

„Endlich intelligenter Strom für mehr Komfort und ein völlig neues Wohngefühl.“

Durch digitalSTROM ('dS') [44] können alle mit einer Steckdose verbundenen elektrischen Geräte, wie zum Beispiel Leuchten, miteinander vernetzt, ferngesteuert und automatisiert werden. Dadurch kann das Smart Home Konzept umgesetzt und der Wohnkomfort gesteigert werden.

Realisiert wird das Ganze über Lüsterklemmen mit einem integrierten Mikrocomputer. Diese können nachträglich in die Steckdosen eingebaut werden. Dort werden sie vom Stromnetz mit Energie versorgt und übertragen darüber auch die Daten. Diese werden an den digitalSTROM-Server geschickt. Er ist über den heimischen Router mit dem Internet verbunden und im Sicherungskasten

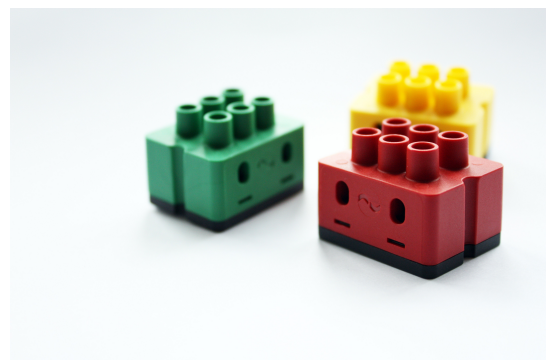


Abbildung 7: Die intelligenten Lüsterklemmen von digitalSTROM [7]

untergebracht. Es gibt fünf verschiedenen Klemmentypen, um so beispielsweise Decken- oder Wandleuchten sowie Rollläden oder die Haustürklingel in das digitalSTROM System aufzunehmen. Außerdem können auch konfigurierbare Taster (Lichtschalter) oder Schnurdimmer für Tischleuchten integriert werden. Über diese oder über die zugehörige App kann das System gesteuert werden. Jede Klemme kann ihr vorher festgelegtes Verhalten abrufen und eigene Einstellungen speichern. Dies können zum Beispiel verschiedene Lichtstimmungen oder bestimmte Rollladenautomatiken sein.

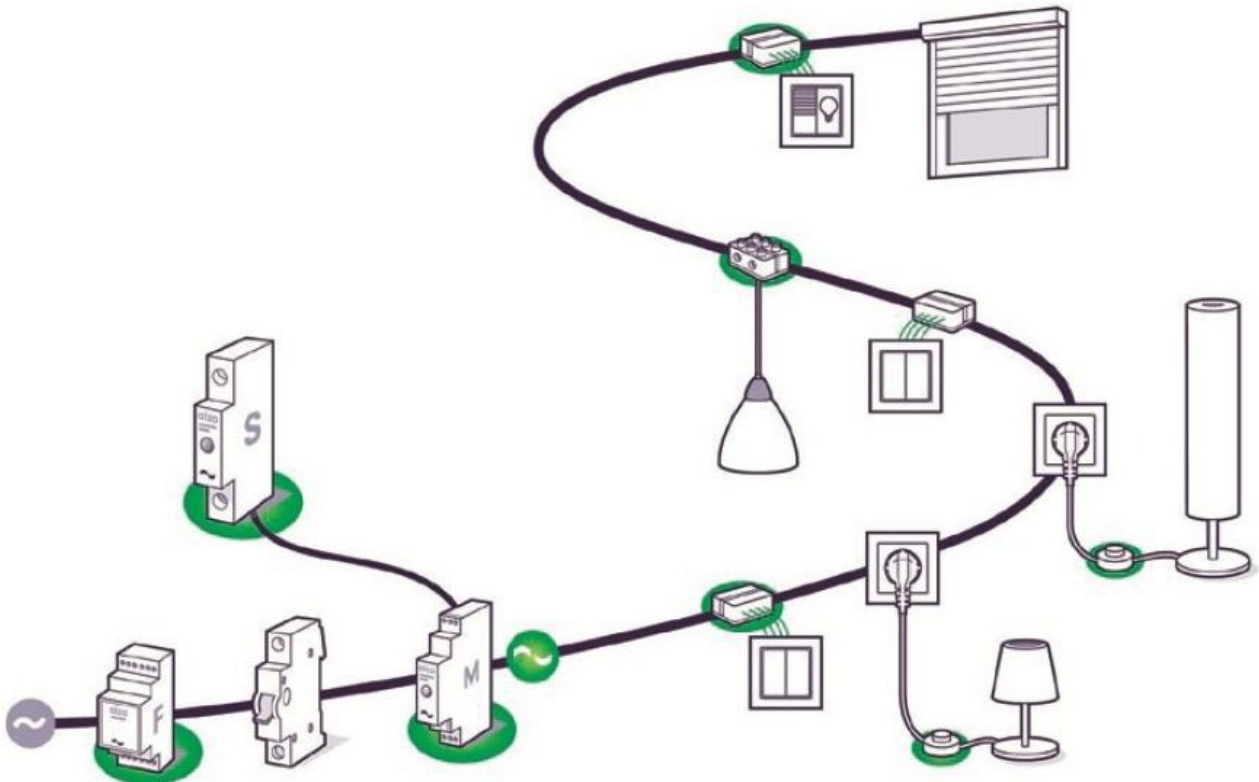


Abbildung 8: So könnte ein digitalSTROM System aussehen. Grün unterlegt sind die digitalSTROM Komponenten: dS-Filter (F), dS-Server (S), dS-Meter (M), dS-Tasterklemmen, Schnurdimmer und dS-Lüsterklemmen [8]

Die Technik ist so konstruiert, dass man seine Wohnung oder sein Haus mit dem System nachrüsten kann.

Angewendet werden kann die digitalSTROM Technik beispielsweise für verschiedene Lichtstimmungen. Drückt man einmal auf den Lichtschalter, wird der Raum hell erleuchtet. Drückt man jedoch zweimal auf den Schalter, so dunkelt sich der Raum ab.

Die Technologie kann aber auch genutzt werden, um sich in seinem Zuhause noch sicherer zu fühlen. Es kann beispielsweise eine Art Panikknopf installiert werden. Wenn dieser gedrückt wird, gehen alle Lichter in der Wohnung an, um so einen möglichen Einbrecher zu erschrecken. Außerdem könnten auch Nachbarn oder Angehörige automatisch informiert werden. Es ist ebenfalls möglich, sich durch die App von überall auf der Welt zu vergewissern, ob die elektrischen Geräte, sofern sie in das digitalSTROM-Netzwerk integriert sind, wirklich ausgeschaltet sind. Des Weiteren ist es möglich, Markisen und Rollläden so mit dem Internet zu verbinden, dass sie sich bei vorhergesagtem Regen oder Hagel von alleine einfahren.

### 3.4. hue

„Lighting has changed.“

hue [45] bietet eine Möglichkeit, das Licht im eigenen Zuhause zu individualisieren, denn dieses System kombiniert LED-Lichter mit intuitiver Technologie. Es können bis zu 50 Lampen in einem System verwendet werden, wodurch der Nutzer viele Möglichkeiten hat, ein Lichtkonzept zu erstellen. Da die Lampen in verschiedenen Weiß- und Farbtönen leuchten können und sie über eine App zu steuern sind, können individuelle und situationsabhängige Lichtstimmungen erzeugt werden. Nach dem Einschrauben der neuen Lampe muss der User sie über die App suchen und ihnen Namen geben. Daraufhin sind sie über das System ansteuerbar.

Das hue System besteht aus vier einzelnen Komponenten: die LED-Lampen, die Bridge, die App und das Myhue Portal.

Die mit dem WLAN verbundenen LED-Lampen können verschiedene Farben darstellen, sowie sich dimmen lassen und blinken. Durch ihren handelsüblichen Lampensockel können sie in bereits vorhandene Fassungen installiert werden.

Die sogenannte Bridge stellt die Verbindung zum Internet zur Verfügung. Sie ist mit dem heimischen Router verbunden. Durch sie kann das Licht nicht nur über die App ferngesteuert werden, sondern auch auf Informationen aus dem Internet direkt reagieren. So kann beispielsweise eingestellt werden, dass eine bestimmte Lampe in einer speziellen Farbe erstrahlt, wenn eine E-Mail eingetroffen ist oder die Wettervorhersage Regen prognostiziert.

Über die App können verschiedene Einstellungen, wie die Veränderung von Farbe oder Helligkeit einer oder auch mehrerer Lampen, vorgenommen werden. Eine weitere Möglichkeit, die die App bietet, ist das Auswählen eines bestimmten Farbtons aus einem auf dem Smartphone gespeichertem Bild.

Das Myhue Portal bietet die Option, sich von überall auf der Welt mit dem Lichtsystem Zuhause zu verbinden. Dort können auch die persönlichen Szenen oder Lichtkonzepte gespeichert werden.

Auch bei diesem System kann man seine Anwesenheit Zuhause, trotz aktueller Abwesenheit, simulieren. Die Leuchten können so programmiert werden, dass sie am Morgen angehen, als würde einer der Bewohner aufstehen, um zur Arbeit zu gehen oder am Abend automatisch ausgeschaltet werden.

Laut Hersteller kann hue die Gesundheit der Bewohner positiv beeinflussen. Es werden verschiedene Lichtrezepte angeboten, zum Beispiel beruhigendes und sanftes Licht zum Entspannen oder die passende Helligkeit zum Lesen.

Durch den IFTTT-Dienst ('if this than that') kann der Nutzer immer auf dem neusten Stand seiner Online-Aktivitäten bleiben. Er kann beispielsweise einstellen, dass die Lampe im Arbeitszimmer rot



Abbildung 9: Die smarten LED-Lampen und die hue Bridge [9]

aufleuchtet, wenn er eine E-Mail erhalten hat und dass sie blau leuchtet, wenn er eine Nachricht über facebook empfangen hat.





## 4. Zukünftige Entwicklungen

*„Kurzfristiges Ziel des 'Internets der Dinge' ist es, realweltlichen Objekten durch eine Verbindung mit dem Internet zusätzliche Funktionalitäten zu geben.“ [39]*

Eines der Hauptziele des Internet of Things ist, die Effizienz und die Qualität von Produkten und Prozessen branchenübergreifend zu steigern. Dies wird durch die Technologien, die es zur Verfügung stellt, ermöglicht. Dadurch nimmt es nicht nur auf die Industrie, sondern auch auf das Arbeits- und das persönliche Leben der Menschen Einfluss.

Um diesen Einfluss weiter voranzubringen, wird in verschiedenen Branchen geforscht und weiterentwickelt. Unter anderem bestehen Forschungsfelder auf dem Gebiet der Gesundheitstelematik. Dort wird vor allem an der Verbesserung der Lebensqualität und der Entlastung des Gesundheitswesens geforscht. Außerdem wird in der Haus- oder Gebäudeautomatisierung, dem sogenannten 'Smart Home' Sektor, an der Steigerung des Nutzerkomforts und der Energieoptimierung gearbeitet. Weitere Forschungsfelder sind der Automobilsektor und die Sicherheitstechnologie. Hier wird insbesondere im Wachsenschutz weiterentwickelt, um die Sicherheit für die Menschen zu erhöhen. Ebenso wird bei der Industrieproduktion und im Logistiksektor die Entwicklung im Bereich Internet of Things vorangetrieben, um autonome Fertigungsschritte und die Organisation zu verbessern.

Ein weiteres kurzfristiges Ziel, welches durch die Forschung unter anderem verfolgt wird, ist die Einbettung. Dies bedeutet, dass sich die Objekte aus dem Internet der Dinge immer mehr in das Leben der Menschen integrieren. Des Weiteren sollen sie noch besser individualisierbar sein, um sich so den Nutzeranforderungen noch stärker anpassen zu können (Personalisierung). Darüber hinaus sollen die Dinge durch gestellte Anforderungen lernen (Adaptierbarkeit) und diese Erwartungen teilweise voraussagen können (Vorwegnahme). [39]

Für die Weiterentwicklung des Internets der Dinge spielt der stark wachsende Markt der mobilen Internet-of-Things-Anwendungen, die sogenannten Wearables, eine wichtige Rolle. Schon heute haben sie sich zu immer funktionelleren und stilvolleren Produkten gewandelt, so dass inzwischen nicht nur die IT-Zeitschriften, sondern auch die Lifestyle-Zeitschriften über dieses Thema berichten. Marktforscher der IDC ('International Data Corporation') prognostizieren ein Absatzvolumen von fast 120 Millionen Geräten im Jahr 2018. Das stellt ein Wachstum, gegenüber den ungefähr 19 Millionen Geräten aus dem Jahr 2014, von 78,4 % dar. [46]

Schon im Jahr 2011 überstieg die Zahl dieser die Anzahl der Menschen, die auf der Erde leben und dieser Trend geht weiter. Momentan sind es ungefähr 9 Milliarden Wearable Geräte und es wird erwartet, dass diese Zahl bis zum Jahr 2020 auf etwa 24 Milliarden ansteigen wird. [41]

Die vermehrte Verbreitung von mobilen Anwendungen aber auch allgemein vom Internet of Things, hängt damit zusammen, dass durch die Forschung und Weiterentwicklung in jenem Bereich die benötigten Bauteile für eine Kommunikation im Internet der Dinge immer kostengünstiger hergestellt werden können. Durch solch eine Entwicklung wird es in Zukunft auch möglich sein, sogenannte 'low-cost' Artikel mit intelligenter Technik auszustatten. Darunter fallen zum Beispiel Verpackungsmaterialien, die durch ebendiese Technologie in der Logistik einfach verfolgt werden können.

Die rapide Weiterentwicklung des Internets der Dinge und die dafür benötigten Techniken in den letzten Jahren liegt auch an der Erkenntnis, dass es sich hierbei um ein aussichtsreiches Zukunftsfeld handelt und es daher stark gefördert wurde. [39]

„Future IoT will create a brand new world with high intelligence and automatics.“ [40], prognostiziert Ning.

Ein langfristiges Ziel für die Zukunft des Internets der Dinge ist die Entwicklung von sogenannten intelligenten 'Plug 'n Play' Objekten. Diesen soll es möglich sein, in jeder Umgebung eingesetzt zu werden und sich mit anderen intelligenten Dingen um sich herum zu verbinden. Um dieses Ziel zu erreichen, besteht in den Bereichen allgemeingültiger Standard und individuelle Architektur zukünftig weiter Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Außerdem muss in den Feldern Energieeffizienz und Cloud Computing weiter geforscht werden. Ebenso sind die Aspekte der Privatsphäre und der Sicherheit elementar. Vor allem große Netzwerke können auf viele verschiedene Arten angegriffen werden. So können zum Beispiel fehlerhafte Daten ins Netzwerk geschleust oder auf persönliche Informationen zugegriffen werden. Auch die Sicherheit in der Cloud ist wichtiger Bestandteil der Forschung.

Um diese Ziele zu erreichen, wird in der Politik das künftige Potenzial des Internets der Dinge thematisiert. Es investieren viele Nationen in die Forschung und Weiterentwicklung auf diesem Gebiet. [41]

So setzen beispielsweise die USA maßgeblich Schwerpunkte in der Weiterentwicklung eines Standards, der Architektur und beim Sicherheitsaspekt. In der EU wird diese Forschung von der Europäischen Kommission ('EC') unterstützt. Aber auch einige Konzerne sind ausschlaggebend an der Entwicklung beteiligt. So kooperiert Vodafone zum Beispiel mit Alcatel-Lucent oder T-Mobile mit Sierra Wireless. Der asiatische Raum ist ebenfalls an der Entwicklung beteiligt. In Japan unterstützt nicht nur das Ministerium für innere Angelegenheiten und Kommunikation die Weiterentwicklung, sondern auch führende Konzerne wie Sony, Mitsubishi und Hitachi.

Es kann zusammengefasst werden, dass die Vision des Internets der Dinge in der Zukunft eine Harmonie, Koordination und Koexistenz der physikalischen Welt und der Cyber Welt beschreibt. Für die Menschen soll nicht nur die körperliche Arbeit erleichtert werden, sondern auch die geistige. In Zukunft wird das Internet of Things in vielen Feldern Veränderungen bringen. Dinge werden immer intelligenter, dadurch kann beispielsweise in der Logistik-Branche der Warenfluss ohne menschliche Hilfe unverzüglich überwacht und automatisch berichtet werden. Auch die Stromindustrie kann von der Weiterentwicklung profitieren, indem Generatoren, die Lagerung und der Vertrieb von Strom effizienter und dynamischer arrangiert werden können. Dies alles kann durch die intelligente Kommunikation zwischen Menschen und Dingen oder auch zwischen den Dingen untereinander realisiert werden. Ähnlich wie Nings Vision, in der das zukünftige Internet der Dinge eine ganz neue Welt mit hoher Intelligenz und Automatismen erschaffen werde. [40]

#### 4.1. Milton Keynes

Milton Keynes [10, 47] ist eine Stadt nordwestlich von London. Jedoch ist sie keine gewöhnliche britische Stadt. Denn in den nächsten 18 Monaten soll sie zu einer Modellstadt für das Internet der Dinge, also zu eine Art Stadt der Zukunft, aufgerüstet werden.

Tracy Hopkins ist ein Mitarbeiter von Neul. Neul ist das Unternehmen, welches die Basisstationen in Milton Keynes errichtet. Über diese Basisstationen, die auf einigen Hausdächern angebracht werden, sollen mehrere tausende Sensoren miteinander kommunizieren können, indem ihre Signale an ein digitales Datenzentrum weitergeleitet werden. Hopkins sagt: „Es ist nicht so, wie

man sich die Stadt der Zukunft vielleicht vorstellt, aber genau so wird es sein: Das Internet der Dinge wird hinter den Kulissen unser Leben vereinfachen.“ [10]

So sollen zum Beispiel Sensoren, die im Inneren von Mülltonnen positioniert sind, melden ob und wann die Tonne geleert werden muss. Über eine App soll den Müllmännern eine Liste aller zu leerenden Mülleimer zusammengestellt werden. Dadurch können Fahrten zu nur halbvollen Tonnen vermieden werden und die Müllfahrzeuge sind somit effizienter ausgelastet. Als Folge daraus wurde die Anschaffung eines zusätzlichen Fahrzeuges überflüssig und die Kosten hierfür konnten eingespart werden. Außerdem sollen beispielsweise auch Seifenspender und Rattenfallen Signale senden, wenn sie gefüllt oder geleert werden müssen. Ebenso sollen Parkplätze mitteilen können, ob sie noch Platz haben oder schon voll belegt sind.

Ebenfalls sollen in Milton Keynes in Zukunft selbst-fahrende Fahrzeuge, basierend auf dem Internet der Dinge, zwischen dem Hauptbahnhof und dem Shopping Zentrum pendeln. Was natürlich nicht fehlen darf in einer Stadt des Internet of Things, sind Smart Homes. Ausgewählte Haushalte sollen mit intelligenten Haushaltsgeräten ausgestattet und von den Bewohnern auf ihre Alltagstauglichkeit getestet werden.



Abbildung 10: Solche Elektroautos sollen bald in Milton Keynes fahren. [10]

Der Bau und die Umrüstung von Milton Keynes zu einer Smart City soll überprüfen, ob das Internet der Dinge das Leben der Menschen wirklich effizienter macht und nicht nur eine Utopie ist. Finanziert wird dieses Projekt durch die Regierung und durch einige Firmen, wie zum Beispiel British Telecom, Eon und Neul, die hier ihre Ideen erproben können. Momentan ist es schwierig die durch die Umrüstung aufkommenden Kosten abzuschätzen und ob sich diese rentieren werden. Denn bisher sind solche Internet-of-Things-Projekte nur voneinander isoliert genutzt worden. In Milton Keynes soll aber nun getestet werden, wie diese Projekte miteinander arbeiten und agieren, wenn sie eine ganze Stadt vernetzen. Jedoch gibt es noch einige ungeklärte Aspekte, wie beispielsweise wer den Besitzanspruch auf die Daten hat. Darüber gibt es noch keine Einigung, da ein weltweiter Standard fehlt. Auch Gary Atkinson, Direktor für Zukunftstechnologien bei ARM sagt: „Wir müssen einen gemeinsamen Standard haben, damit das Internet der Dinge wirklich abhebt.“ [47]

## 4.2. Kopenhagen

Kopenhagen [48] gilt als einer der Smart City Vorreiter. Mit ein Grund dafür ist, dass ein erklärtes Ziel der Stadt, die Klimaneutralität bis zum Jahr 2025 ist. Das bedeutet, dass sie nur so viel CO<sub>2</sub> ausstößt, wie sie auch, zum Beispiel durch Parks oder verschiedene Filteranlagen, wieder binden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen ausgewählte Internet of Things Elemente und Technologien verwendet werden. Im Folgenden sollen einige Beispiele aufgezeigt werden.

So gibt es zum Beispiel das Street-Light-Projekt. Dabei werden die vorhandenen Leuchtmittel in Straßenlaternen durch miteinander vernetzte LED-Leuchten mit IP-Adressen ersetzt. Diese können über ihre IP-Adressen einzeln überwacht und so, wenn sie defekt sind, gezielt ausgetauscht

werden. Außerdem wird durch Sensoren gemessen, inwieweit eine Beleuchtung überhaupt notwendig ist. Dies ist nicht nur vom vorherrschenden Lichtverhältnis abhängig, sondern auch von der Nutzung der Straße. Wenn sich dort niemand befindet, wird das Licht gedimmt und erst hochgefahren, wenn die Straße in Benutzung ist. So soll der Energieverbrauch um bis zu 57 % gesenkt werden.

Ein weiteres Straßenbeleuchtungsprojekt nutzt die intelligente Veränderung der Helligkeit, um die Zahl von Opfern von Verkehrsunfällen zu verringern. Da es sich bei ihnen häufig um Fußgänger und Radfahrer handelt, ist dieses Projekt direkt auf sie zugeschnitten. Hierbei arbeiten die Straßenbeleuchtung und die Ampeln so zusammen, dass die Beleuchtung heller wird, sobald Fußgänger und Radfahrer ein grünes Signal erhalten. Dadurch ist der Rad- beziehungsweise Fußweg hell erleuchtet und sie sind vor allem abends und nachts für Autofahrer besser sichtbar. Des Weiteren hat auch dieses Projekt den Effekt, dass der Stromverbrauch gesenkt wird, da die Wege nur bei Benutzung und nicht durchgehend hell beleuchtet sind.

Durch ein intelligentes Verkehrssystem will Kopenhagen seinen CO<sub>2</sub>-Ausstoß weiter reduzieren. Dafür werden alle Kreuzungen modernisiert und technisch aufgerüstet, um die Positionen und Routen der Verkehrsbeteiligten abbilden zu können. Durch ihre Smartphones können sie anonym erfasst und lokalisiert werden, um daraus Bewegungsprofile zu erstellen. Somit soll die Mobilität und Sicherheit optimiert und ein effizienteres Verkehrsmanagement erarbeitet werden. Als Folge dessen sollen weniger Staus auftreten, der Benzinverbrauch und dadurch die Abgase reduziert und im Endeffekt Kosten eingespart werden.

Es sollen nicht nur Autofahrer, Fußgänger und Radfahrer von den neuen Technologien profitieren, sondern auch der öffentliche Nahverkehr. Daher soll es speziell grüne Wellen für Radfahrer und Busse geben. Dafür wird die Idealgeschwindigkeit für ebensolche grünen Wellen berechnet und über eine mobile App vorgeschlagen. Außerdem soll es spezielle Radfahrer-Schilder geben, die auf aktuelle Verkehrseignisse, wie Staus, Unfälle oder Baustellen hinweisen und Empfehlungen, beispielsweise alternative Routen, vorschlagen.

Des Weiteren sollen intelligente Schnellfahrspuren für den öffentlichen Nahverkehr eingesetzt werden. Sollte es vorkommen, dass ein Bus Verspätung hat, so soll er eine eigene 'Priority Lane' nutzen dürfen. Auf dieser Spur soll er spezielle, sich selbst anpassende Grünphasen erhalten. Um dies zu gewährleisten, ist ein Datenaustausch zwischen dem Bus und der Ampelanlage nötig. Dadurch soll erreicht werden, dass wieder mehr Menschen vom Auto auf den Bus umsteigen, da dieser dann zuverlässig und pünktlich ist. Daraus würde folgen, dass weniger Autos auf den Straßen unterwegs sind und auch so der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Kopenhagen gesenkt werden kann.

## 5. Vorhandene mobile Internet-of-Things-Anwendungen

Neben den statischen gibt es auch mobile Internet-of-Things-Anwendungen. Bei diesen lässt sich eine Untergruppe klassifizieren. Dabei handelt es sich um tragbare Geräte, die sogenannten Wearables. Auf diese soll im folgenden Teil dieser Bachelor Thesis das Augenmerk gelegt werden, da in Kapitel III sowohl die Konzeption als auch die Implementierung einer solchen tragbaren Anwendung dokumentiert werden.

Die IDC unterteilt die Wearables in drei Kategorien. [46]

Zunächst gibt es die sogenannten *Complex Accessories*, also komplexes Zubehör. Dieses funktioniert ohne ein weiteres Gerät, entfaltet aber seine volle Funktion erst, wenn es an ein Smartphone, Tablet oder ähnliches gekoppelt wird. Aktuelle Beispiele dafür sind die sogenannten Fitnesstracker, wie Nike+, FuelBand oder Jawbone UP. Dabei handelt es sich um Armbänder, welche mit Sensoren ausgestattet sind. Diese können unter anderem Vitalwerte, Entfernungen oder den Kalorienverbrauch messen. Über eine zugehörige App können diese Daten analysiert und weiterverarbeitet werden. Derzeit besitzen diese Anwendungen auf dem Wearable Markt das größte Verkaufspotenzial.

Des Weiteren gibt es die Wearable Kategorie der *Smart Accessories*. Diese sind von Smartphones oder Tablets abhängig, jedoch kann der Nutzer sie durch zusätzliche Anwendungen von Drittanbietern ergänzen. Beispiele dafür sind die ebenfalls weit verbreiteten Smart Watches. Diese können nur in Verbindung mit einem Smartphone agieren, sind jedoch mit zusätzlichen Funktionen, beispielsweise durch verschiedene Apps, erweiterbar.

Als drittes ist die Kategorie der *Smart Wearables* zu nennen. Diese arbeiten vollkommen autonom. Das bedeutet, dass sie vollends unabhängig von einer Verbindung zu Smartphones oder Tablets sind. Sie brauchen lediglich Zugang zum Internet. Bei diesen Geräten sind die User noch sehr skeptisch, vor allem im Hinblick auf den Aspekt der Datensicherheit. Daher muss in diesem Bereich noch weitergeforscht und -entwickelt werden. Ein bekanntes Beispiel für diese Kategorie ist Google Glass.

Im Folgenden sollen einige aktuelle mobile Internet-of-Things-Anwendungen vorgestellt werden.

### 5.1. Lumo Back

„Quantify the invisible.“

Der Lumo Back [49] ist ein schmaler, dünner und unauffälliger Gürtel, der um den unteren Rücken getragen wird. An ihm ist ein kleiner Sensor angebracht, der die Bewegungen des Nutzers misst und analysiert. Die Anwendung wiegt 58 Gramm.

Der Lumo Back zählt unter anderem die zurückgelegten Schritte, misst wie lange man gesessen oder geschlafen hat und wie viele Kalorien verbraucht wurden. Außerdem erinnert er den Träger durch Vibrationen daran, sich aufrechter zu positionieren. Über die dazugehörige App kann eingestellt werden,

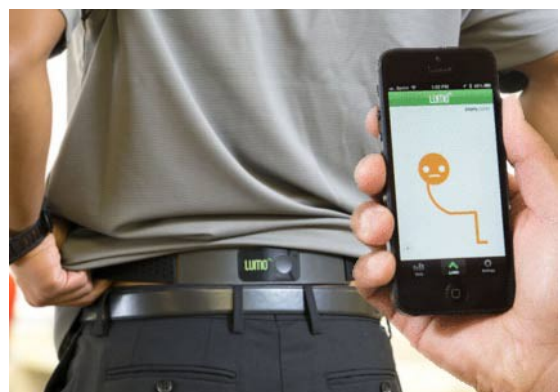


Abbildung 11: Der Lumo Back soll dem Träger zu einer gesunden Körperhaltung verhelfen. [11]

ob und wie stark der Gürtel bei einer Fehlhaltung vibrieren soll. So kann der smarte Gürtel die Gesundheit und Körperhaltung seines Trägers unterstützen und verbessern.

Die Batterie hält, laut Herstellerangaben bis zu sieben Tagen und ist in ungefähr zwei Stunden wieder komplett aufgeladen. Der 32 Megabyte große, lokale Speicherplatz bietet Platz für gesammelte Daten aus bis zu vier Wochen.

In der Kategorisierung der IDC lässt sich der Lumo Back in die der Complex Accessories einordnen.

## 5.2. Ralph Lauren – Das Polo Tech Shirt

Das von Ralph Lauren entwickelte smarte Poloshirt [50–52] wurde durch die Unterstützung der kanadischen Technikfirma Omsignal erarbeitet und umgesetzt. Es ersetzt den Fitnesstracker sowie den Pulsmesser. So kann das Polo Tech beispielsweise die Distanz von zurückgelegten Strecken verfolgen, den Kalorienverbrauch messen, die Bewegungsintensität einschätzen und sowohl Herz- als auch Stressrate messen. Im Gegenteil zu den momentan vorhandenen Fitnesstrackern, muss das Shirt nicht zusätzlich getragen werden. Somit schränkt es bei keinen Bewegungen ein, sondern kann unbemerkt getragen werden. Seine enge Passform ist begründet. So soll zum einen die Durchblutung und Muskelerholung erhöht werden, zum anderen sind so die Sensoren direkt auf dem Körper platziert und können zuverlässig Daten sammeln.



Abbildung 12: Das smarte Poloshirt von Ralph Lauren [12]

Durch biosensitive Silberfasern, die direkt in das Shirt eingewebt sind, sendet es biometrische Daten in Echtzeit an ein Smartphone oder Tablet. Die Kommunikation erfolgt über die bluetoothfähige Box, die seitlich am Polo Tech platziert ist. Noch ist diese relativ groß und auffällig. Allerdings soll daran gearbeitet werden, diese zu verkleinern, so dass sie bald nur noch die Größe eines Knopfs hat.

Die dazugehörige App ist insgesamt schlicht gehalten. Dort kann man unter anderem die Herzfrequenz, den Atemrhythmus, die zurückgelegten Schritte, die verbrauchten Kalorien und ein Diagramm über die Aktivitäten sehen. Es lässt sich zusammenfassen, dass dort alle gesammelten Daten präzise visualisiert und zur Verfügung gestellt werden.



Abbildung 13: Die App des Polo Tech stellt die gesammelten Daten dar. [13]

Ralph Lauren betont jedoch, dass für ihn das Polo Tech nicht nur

ein Sport- und Fitness-Accessoire sei. Seiner Ansicht nach soll es in Zukunft zu einem alltäglichen Gegenstand werden.

Bei der Unterscheidung der IDC fällt das smarte Polo Shirt in die Kategorie der Complex Accessories.

### 5.3. fin

„wear the world“

fin [53] ist ein über Bluetooth kommunizierender Ring, der am Daumen getragen wird. Durch ihn können verschiedene smarte Geräte bedient und kontrolliert werden.

fin kann unter anderem den Nutzer bei der Steuerung seines Smartphones unterstützen. Dies hat zum einen den Vorteil, dass der User so keinen Teil des Displays mit seinen Fingern verdeckt. Er kann immer den ganzen Screen sehen und trotzdem das Smartphone bedienen.

Andererseits kann es durch fin in Situationen gesteuert werden, wenn der Nutzer nicht die Möglichkeit hat, das Gerät in der Hand zu halten, wie zum Beispiel während dem Sport oder dem Autofahren. So ist es dem Träger von fin in diesen Momenten trotzdem möglich, den MP3-Player zu steuern oder ein Telefongespräch anzunehmen. Außerdem hat er die Möglichkeit, im Auto das Radio zu bedienen ohne die Hände vom Lenkrad entfernen zu müssen. Genauso kann der smarte Ring die Fernbedienung des Smart TVs ersetzen. Ebenfalls kann der Träger bei der Steuerung seines Computers unterstützt werden, beispielsweise bei Präsentationen, die durch den Ring gesteuert werden können. Auch als ferngesteuerter Auslöser von smarten Kameras kann fin agieren. Dies sind nur einige Beispiele, wie der smarte Ring den Nutzer in seinem Leben unterstützen kann.

Die Bedienung von fin ist einfach und intuitiv. Der User muss lediglich seinen Daumen, an dem er den Ring trägt, über die anderen Finger bewegen. Mit einer leichten Berührung auf vorher festgelegte Teile der Finger kann der Nutzer zwischen den verschiedenen smarten Geräten, die bedient werden sollen, wechseln.

fin kann in die von der IDC aufgestellten Kategorisierung der Smart Wearables zugeordnet werden.

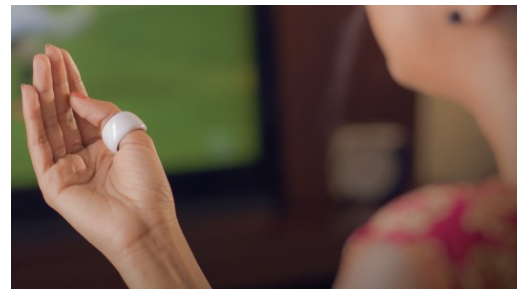


Abbildung 14: Mit fin können verschiedene Geräte gesteuert werden. [14]



Abbildung 15: Mit einem tap kann zwischen den Geräten gewechselt werden. [15]

## 5.4. The Dash

„Listen. Track. Communicate.“

Das Konzept der kabellosen, smarten Kopfhörer [16] stammt von dem dänischen Designer und Unternehmer Nikolaj Hviid. The Dash stellt die Funktionen Listen, Track und Communicate zur Verfügung, die im Folgenden genauer erläutert werden sollen.

### Listen

In die Kopfhörer ist ein 4 GB großer MP3 Player integriert. Dieser bietet Platz für ungefähr 1000 Songs. Außerdem hat der Nutzer die Möglichkeit, The Dash über Bluetooth mit dem Smartphone zu verbinden und Musik von dort abzuspielen.

### Track

The Dash kann nicht nur Musik wiedergeben, sondern auch verschiedene Daten sammeln. So kann er unter anderem die Geschwindigkeit, die Trittfrequenz, die Distanz, die Zeit, die Herzfrequenz, die Sauerstoffsättigung und auch den Kalorienverbrauch messen. Während dem Training kann der Sportler über eine Sprachausgabe verschiedene Informationen mitgeteilt bekommen. Dabei muss The Dash mit keinem Smartphone verbunden sein.

### Communicate

Mittels eines integrierten Mikrofons können die Kopfhörer auch als Bluetooth Headset zum Telefonieren eingesetzt werden. Eine weitere Funktion ist das Transparent Audio Feature von The Dash. Durch seinen Einsatz können die Umgebungsgeräusche unterdrückt werden, um so eine bessere Klangqualität zu erzielen.

Da die smarten Kopfhörer kein Kabel benötigen, wird der Nutzer in seinen Bewegungen nicht eingeschränkt. Außerdem sind sie erschütterungs- und bis zu einem Meter wasserfest, wodurch der User viele verschiedene Möglichkeiten hat, sie zu nutzen.

Durch die Kategorisierung der IDC kann The Dash als Smart Wearable deklariert werden.



Abbildung 16: The Dash schränkt den Nutzer nicht ein. [16]

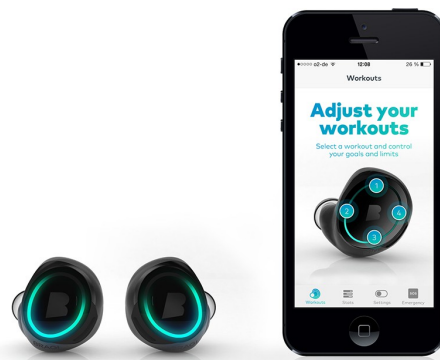


Abbildung 17: Die App der smarten Kopfhörer [16]



## 5.5. My BMW RemoteApp

„Connected Drive“

Die My BMW Remote App [54] verbindet das BMW-Fahrzeug mit seinem Fahrer, wodurch der Aspekt der Sicherheit und des Komforts gesteigert werden kann.

Im Einzelnen kann der Fahrer beispielsweise über die Remote App seinen BMW ver- und entriegeln. Dafür muss er sich nicht in der unmittelbaren Nähe seines Autos befinden. Außerdem kann der User der App sein Fahrzeug ferngesteuert klimatisieren. So kann er am Morgen die Standheizung anschalten und muss im Winter seine Scheiben nicht mehr vom Eis befreien. Wenn man Probleme hat auf einem Parkplatz sein Auto zu finden, kann die App ebenfalls weiter helfen. Durch die ferngesteuerte Hupe oder die Lichthupe kann das Auto seinen Fahrer auf sich aufmerksam machen. Findet dieser sein Auto beispielsweise in der Innenstadt nicht mehr wieder, kann der Vehicle Finder ihm helfen. Dort wird über das Smartphone eine Karte zur Verfügung gestellt, worauf die aktuelle Position seines Fahrzeugs dargestellt ist. Eine weitere Funktion ist die lokale Suche von Google. Wenn der Nutzer eine Adresse über das Smartphone gesucht und gefunden hat, kann er diese direkt an sein integriertes Navigationssystem übertragen.



Abbildung 18: Durch die My BMW Remote App kann sich der Fahrer mit seinem BMW verbinden. [17]

Die My BMW Remote App stellt kein Wearable dar und fällt daher in keine der drei Kategorien der IDC. Stattdessen kann sie als mobile Internet-of-Things-Anwendung deklariert werden.



## 6. Wearables

Unter Wearables versteht man zumeist *Alltagsgegenstände mit eingebetteten Systemen*, sie sind mit dem Internet of Things verbundene Dinge. Sie werden größtenteils direkt am Körper getragen und können so jederzeit genutzt werden.

Laut Rajeev Kumar (Direktor der Mikrocontroller-Sparte von Freescale) repräsentieren diese „[...] *einen der äußersten Sensorknoten im Internet of Things und sind gleichermaßen extrem viel versprechend für Gerätehersteller, Service Provider und Kunden.*“ [55]

Jedoch gibt es *keine allgemein anerkannte Definition des Begriffs 'Wearable'*, da sich die Technologie in einem stetigen Entwicklungsprozess befindet.

Zu den bekanntesten Wearables zählen Pebble (Smart Watch), Fitbit (Fitnessstracker) und die Datenbrillen Google Glass und Epson Moverio. [56]

Historisch gesehen beschäftigt das Konzept der Wearables schon seit Jahrhunderten die Menschheit. Die Erfindung der Taschen- und Armbanduhr stellte eine technische Revolution dar, die sich über einen Zeitraum von 500 Jahren etabliert hat. Insbesondere in den letzten Jahren haben Innovationen, wie zum Beispiel die der Handytechnologie, zu einem erneuten Entwicklungssprung geführt. Ebenso kann der Fortschritt im Computer- und Elektronikbereich gesehen werden. Denn durch die Weiterentwicklung wurde es möglich, dass sich die Handytechnologie mit dieser Branche zusammen schließen konnte. Aus diesem Fortschritt der Technik sind die Erwartungen der Nutzer immer weiter gestiegen. Heute verlangt jeder von seinem Smartphone mehr, als nur telefonieren zu können. Die Entwicklung der momentan auf dem Wearable Markt erhältlichen Smart Watches stellt einen nächsten Schritt in dieser Evolution dar. Sie vereinen das Konzept eines am Handgelenk getragenen Gerätes mit der modernen Smartphone-Technologie. [57]



Abbildung 19: Von der Taschenuhr [18] über die digitale Armbanduhr [19] bis zur Smart Watch [20]

### 6.1. Einsatzbereiche

Wearables können in vielen verschiedenen Bereichen unseres Lebens eingesetzt werden, zum Beispiel in der Kategorie *Sport und Fitness*. Dort gibt es nicht nur die Fitnessarmbänder, die uns über die zurückgelegte Strecke und unseren Puls informieren, sondern auch smarte Schuhe oder mit GPS ausgestattete Skimasken.

Der *medizinische Bereich* profitiert ebenfalls durch den Einsatz von internetunterstützten Geräten. Deren Einsatzgebiet reicht von der Überwachung der Vitalwerte über internetgesteuerte Insulinpumpen bis hin zu smarten Pflastern.

Der Bereich des sogenannten *'Lifestyle Computings'* ist erst durch die Entwicklung von Wearables entstanden. Zu ihm kann man beispielsweise Datenbrillen wie Google Glass, oder auch die vielen verschiedenen Smart Watches zählen. Durch sie kann man von überall auf seine Daten und Medien zugreifen oder auch mit anderen seinen momentanen Standort teilen, ohne das Smartphone in die Hand zu nehmen.

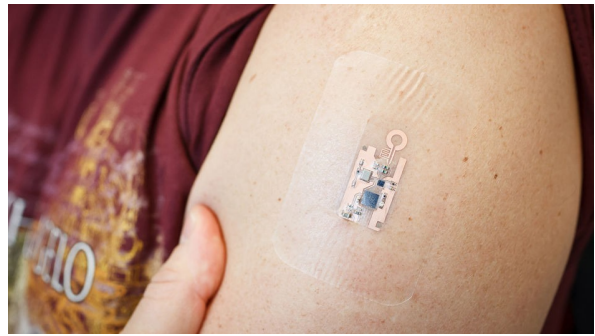


Abbildung 20: Das smarte Pflaster kann den Herzschlag, die Körpertemperatur, aber auch die chemische Zusammensetzung der Umweltumgebung messen. [21]

Einige weitere Einsatzbereiche der Wearables sind die *soziale Kommunikation, der Sicherheits- oder auch Unterhaltungssektor*.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass es immer mehr solcher Bereiche für Wearables gibt. Ihr Ziel ist es, den Nutzer individuell zu unterstützen und ihn dadurch in unterschiedlichen Situationen und bei verschiedenen Aufgaben effizienter handeln zu lassen. [57]

## 6.2. Künftige Entwicklungen des Wearable Markts

Der Wearable Markt wächst rasant. Dies unterstreicht Intel-CEO Brian Krzanich: „*Wir sind mitten in einer Übergangsphase: von einer Welt aus Bildschirmen und Geräten hin zu einem Alltag voller uns umhüllender Anwendungen*“ [55] Des Weiteren unterstreichen einige Studien das Wachstum dieses Markts.

Beispielsweise prophezeit die Marktstudie 'Wearable Technology Market - Global Scenario, Trends, Industry Analysis, Size, Share and Forecast, 2012–2018,' von 'Transparency Market Research', dass der weltweite Wearable Technologie Markt von 750 Millionen US-Dollar im Jahr 2012 auf 5,8 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018 wachsen wird. [56]

'U.K.-based Juniper Research' prognostizieren einen zehnfachen Anstieg der Anzahl der verschifften Wearable Geräte von 13 Millionen im Jahr 2013 auf über 130 Millionen in 2018. Dies würde bedeuten, dass der Markt von 1,4 Milliarden US-Dollar im Jahre 2013 auf 19 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018 heranwachsen würde. [56]

Diese unterschiedlichen Voraussagen von Forschungsorganisation lassen sich dahingehend erklären, da es sich bei der untersuchten Industrie, um eine noch relativ junge und extrem schnell wachsende Branche handelt. [56]

## 7. Spezifische Anforderungen an mobile Internet-of-Things-Anwendungen

Mobile Internet-of-Things-Anwendungen haben spezifischere Anforderungen als statische. Diese Anforderungsunterschiede beziehen sich sowohl auf den physikalischen, also auch auf den technischen Aufbau und sind der Mobilität geschuldet.

Im Folgenden sollen einige dieser spezifischen Anforderungen vorgestellt werden.

### 7.1. Physikalische Eigenschaften

Damit der Nutzer sein Wearable auch optimal nutzen kann, muss es *leicht und handlich* sein. Ein damit verbundenes Problem ist jedoch die entstehende Hitze. Da die Geräte immer kleiner werden, haben sie eine immer geringere Oberfläche, worüber sie diese absorbieren könnten. So kann es sein, dass kleinere Geräte ihre Geschwindigkeit drosseln müssen, um nicht zu überhitzen. Größere Geräte können dagegen bei der gleichen Auslastung und voller Geschwindigkeit arbeiten. [58]

Handelt es sich um ein Gerät, welches direkt am Körper getragen wird, muss seine *Form veränderbar* sein. Eine Smart Watch, ein Fitnessarmband oder auch ein smarter Gürtel muss dem Nutzer optimal passen, damit er nicht in seinen natürlichen Bewegungen eingeschränkt wird oder die gemessenen Daten verfälscht werden.



Abbildung 21: Bei einer Smart Watch ist es wichtig, dass ihre Größe veränderbar ist, damit sie optimal passt. [22]

Handelt es sich bei dem Wearable um ein Gerät, das auch von Außenstehenden gesehen wird, sollte Wert auf ein *ästhetisches Aussehen* gelegt werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass es, unabhängig von seiner Funktionalität, vom User nicht akzeptiert und genutzt wird. [59] Dies ist unter anderem ein Grund, weshalb viele Wearables auf den ersten Blick nicht wie technische Geräte, sondern wie Halsketten, Ringe oder Armbänder aussehen. [56]

Ebenfalls wichtig ist, dass die Geräte *an die Umgebungsbedingungen angepasst* sind. Bei der Konzeption eines Wearables müssen dahingehend verschiedene Parameter abgefragt und durchdacht werden. Je nach Einsatzort müssen die Geräte bestimmte Voraussetzungen und Eigenschaften mitbringen. [59]

### 7.2. Datenspeicherung

Auch im Wearable Bereich ist die Unterbringung von Daten wichtig, da durch sensorische Messungen große Mengen von ihnen anfallen. Erst durch die Weiterentwicklung der Informationslagerung war es möglich, den Wearable Markt auf den Stand zu bringen, wo er heute ist. Es muss möglich sein, Daten unterzubringen und zu lagern, bis sie gebraucht und weiterverarbeitet werden. [57] Hier ist, ebenso wie bei statischen Internet-of-Things-Anwendungen, eine weitverbreitete

Lösung die *Nutzung einer Cloud*. Durch sie können die User immer und überall auf ihre Daten zugreifen.

Jedoch werden die gesammelten Daten, sowohl von statischen als auch von mobilen Internet-der-Dinge-Anwendungen, in abgeschotteten Systemen oder in verschiedenen Clouds gespeichert. Dadurch ist es fast unmöglich, diese Daten über ein breites Feld zu analysieren. Der Nutzer könnte jedoch von Ergebnissen aus solchen Analysen profitieren. Daher sollte in Zukunft daran gearbeitet werden, die Daten anonym zu kombinieren und den für den User positiven Nutzen daraus zu ziehen. [56]

### 7.3. Datensicherheit

Im Wearable Bereich ist das Thema Datensicherheit und -schutz sehr wichtig, da die Geräte zum einen sehr persönliche Daten sammeln und verarbeiten [59] und sich zum anderen überall verbinden können. Daher sind sie anfälliger für Sicherheitslücken. [56] Aus diesem Grund muss die *Elektronik- und Kommunikationsindustrie in Zusammenarbeit mit Datenschutzorganisationen angemessene Technologien erstellen und einführen*. [59]

### 7.4. Netzwerke

Die meisten statischen Internet-of-Things-Anwendungen kommunizieren über WiFi oder ZigBee. Wearables dagegen *verbinden sich über das Smartphone mit dem Internet oder der Cloud*. [56]

Durch die Ausweitung der Cloud können mehr Ressourcen ausgeschöpft werden, was dazu führt, dass die Netzwerke schneller arbeiten können. Somit hat diese Weiterentwicklung den Wearable Markt einen großen Schritt nach vorne gebracht.

*Bluetooth* gibt es schon seit Jahren, jedoch wurde es ursprünglich verstärkt für simple Verbindungen, wie zum Beispiel der von Maus oder Tastatur zu PC, angedacht. Durch seine Weiterentwicklung, welche durch die großen Mobilfunkanbieter vorangetrieben wurde, können nun auch komplexere Verbindungen realisiert werden. Wearable Geräten kann so ein Zugang zu einem Wireless Network geschaffen werden. Hierdurch eröffnen sich neue Möglichkeiten, vor allem für das Senden von Daten.



Abbildung 22: Durch seine Weiterentwicklung ist die Bluetooth Verbindung aus dem Internet of Things nicht mehr weg zu denken. [23]

Auch *GPS* kann als Netzwerk betrachtet werden. Seine Genauigkeit hat sich in den letzten Jahren stark verbessert. Dies liegt an dem Einsatz von verschiedenen Sensoren und besser ausgearbeiteten Netzwerken. [58]

### 7.5. Interfaces

Durch verschiedene Interfaces ist es Nutzern auch ohne fortgeschrittenes technisches Verständnis möglich, mit Wearables zu interagieren. Diese Schnittstellen können tastbar, hörbar oder visuell sein.

*Touchscreens* sind in mobilen Geräten weit verbreitet. Durch LED und Flatscreens können Daten umfassend und detailliert dargestellt werden. [57] Allerdings müssen bei der Auswahl des geeigneten Displays (HUDs, LCDs, CRDT oder ähnliche) Kompromisse hinsichtlich der Größe, dem Gewicht, dem Stromverbrauch, der Helligkeit, dem Kontrast, der Transparenz oder auch bei der Bildauflösung gemacht werden.



Abbildung 23: Eine intuitive Bedienung lässt sich durch Touchscreens am einfachsten realisieren. [24]

Das Nutzen akustischer Schnittstellen kann auch problematisch gesehen werden. Bei der Verwendung von *gewöhnlichen Kopfhörern* kann der User seine Umwelt nur noch eingeschränkt wahrnehmen, wodurch Gefahren entstehen können. [58] Bei der Übertragung mittels Knochenleitungen wird der Schall hingegen über den Schädelknochen gesendet. Das Mittelohr wird dabei übergangen und der User wird in seinen Sinnen nicht eingeschränkt. Diese Technologie wird zum Beispiel bei Google Glass verwendet. [60]

Als tastbare Schnittstelle eignen sich *lineare Aktoren*, wie sie zum Beispiel in der Apple Watch verwendet werden. Diese können vielseitigere Signale übergeben als es der herkömmliche Vibrationsalarm ermöglicht. [58]

## 7.6. Energieversorgung

Die Stromversorgung ist eine der größten Herausforderungen für die mobile Elektronik. Der *Großteil des aufkommenden Energiebedarfs wird über Batterien beziehungsweise Akkus gedeckt*, wodurch Einschränkungen aufkommen. Durch Erkenntnisse im Bereich der Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik konnte die Batterietechnologie soweit vorangetrieben werden [39], dass heute kleine Batterien die Energie zur Verfügung stellen können, wie es früher nur großen und unhandlichen Motorradbatterien möglich war. [58]

Künftig soll an der Unabhängigkeit von Batterien geforscht und Entwicklungen in diesem Bereich vorangetrieben werden. Dabei ist das Ziel, dass die Geräte, die von ihnen benötigte Energie selbst erzeugen können. Dazu wird an der Energieumwandlung von Licht, Wärme oder auch Vibration aus der Umgebung zu Strom intensiv geforscht. [61]

Es gibt viele verschiedene Sparten der *Energiegewinnung*, aber die Wissenschaft und die Industrie richten ihr Augenmerk auf die folgenden Technologien:

### 7.6.1. Thermoelektrische Energiegewinnung

Hierbei wird aus einem Temperaturunterschied Energie gewonnen. Dieses physikalische Prinzip nennt man 'Seebeck Effekt'. Dabei wird ein bestimmtes Paar von Halbleitern eingesetzt, welche elektrischen Strom produzieren, wenn ein Temperaturunterschied auftritt.

Besonders geeignet ist diese Technologie beispielsweise für Wearables, die direkt am Körper getragen werden. Die Umgebung ist kühler als die Hautoberfläche und somit ist ein Temperaturunterschied vorhanden. Je größer dieser Unterschied ist, desto mehr Energie kann gewonnen werden.

Ein großer Vorteil dieser Technologie ist, dass sie sowohl drinnen als auch draußen, genauso wie bei Tag und Nacht eingesetzt werden kann. Sie ist nicht vom Sonnenlicht abhängig, wie beispielsweise die Solarzellen. [61]

### 7.6.2. Solarzellen

Mittels Solarzellen kann Lichtenergie, beispielsweise von der Sonne, zu elektrischem Strom umgewandelt werden. Neben großen Fotovoltaik-Anlagen auf Hausdächern gibt es auch kleine und tragbare Ausführung. Diese können ausreichen, um ein Wearable Gerät mit Strom zu versorgen.

Ein Problem ist jedoch, dass der Strom nur bei direkter Sonneneinstrahlung erzeugt werden kann. Wenn die Solarzellen beispielsweise in einer Smart Watch oder einem Fitnessarmband eingebaut sind und von einem Ärmel abgedeckt werden, können sie keine Energie mehr produzieren. Sind sie jedoch als flexible Zellen in Textilien eingewoben, stellen sie so eine Möglichkeit zur Stromversorgung von sogenannten Smart Cloths dar.

Im Bereich der Lichtempfindlichkeit der Zellen besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf, damit sie auch bei schwächerem Licht, wie zum Beispiel in Räumen, arbeiten können. [61]



Abbildung 24: Eingewebte Solarzellen stellen eine Möglichkeit für die Stromversorgung von Smart Cloths dar. [25]

### 7.6.3. Piezoelektrische Stromgewinnung

Bei dieser Technologie werden Vibrationen in Strom umgewandelt. Für den Wearable Bereich ist dies praktisch, da hier die Erschütterungen, die beim Laufen, Atmen oder anderen Bewegungen auftreten, verarbeitet werden können.

Nachteile von dieser Technologie sind jedoch, dass nur eine relativ geringe Menge an Strom gewonnen werden kann und sie von der kontinuierlichen Bewegung abhängig ist. [61]

### 7.6.4. Energiespeicherung

Nicht nur die Energiegewinnung, sondern auch ihre Speicherung ist Gegenstand der momentanen Entwicklung. Einige Forschungsbereiche der Batterietechnologie sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

So wird in der Lithium Polymer Technologie weiterentwickelt. Bei dieser bietet die Lithium-Schwefel-Batterie eine relativ lange Laufzeit, jedoch hat sie eine geringe Lebensdauer. Außerdem ist sie für einige Wearables nicht geeignet, da die Schwefel-Elektrode sehr empfindlich gegenüber äußerer Beanspruchung ist.

Bei Metall-Luft-Batterien ist der Vorteil, dass sie mechanisch durch den Austausch des Metalls, aufgeladen werden können. Jedoch gibt es bei der Fertigung technische Schwierigkeiten, weshalb die industrielle Herstellung noch stockt. Sie kann unter anderem auch als Antriebsbatterie für Nutzfahrzeuge verwendet werden.

Sowohl an Nano- als auch an Mikrobatterien wird intensiv geforscht, um die Kapazität des Energiespeichers weiter zu vergrößern. Ebenfalls wird an sogenannten Superkondensatoren oder Doppel-



schicht-Superkondensatoren weiterentwickelt. Hier arbeitet die Forschung an der Steigerung der Leistungsfähigkeit der Elektrode. [39]

Im Bereich der Energiespeicherung ist Graphen ein sehr aussichtsreiches Material. Das flexible, leichte und nur ein Atom dicke Material leitet sowohl Strom als auch Wärme sehr gut. Dadurch können die Effizienz und Kapazität der Batterien erheblich gesteigert werden. [61, 62]

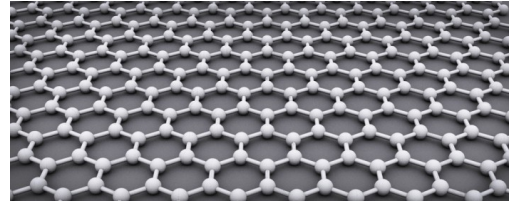


Abbildung 25: Die atomare Struktur von Graphen ist einmalig. [26]

#### 7.6.5. Stromverbrauch

Eine weitere Möglichkeit, die Stromversorgung von Wearables effizienter zu gestalten, stellt die Reduktion der benötigten Energie von Sensoren, Chips und dem Kommunikationssystem dar.

Das Unternehmen Intel arbeitet beispielsweise an einem Lösungsansatz, bei dem Prozessoren, Datenspeicher und Kommunikation in einem einzigen Chip untergebracht sind. Dadurch soll der Energieverbrauch verringert werden.

Eine weitere Möglichkeit für die Senkung des Energiebedarfs, stellt die Wahl der effizientesten Netzwerktechnologie dar. Dafür sollen zukünftige Wearables mit einigen verschiedenen Wireless Techniken, wie zum Beispiel LTE, WiFi und Bluetooth, ausgestattet werden. Je nach Situation soll entschieden werden, welche die energieeffizienteste ist und diese soll daraufhin verwendet werden.

Das Unternehmen EnOcean hat ebenfalls eine Möglichkeit zur Reduktion des Energiebedarfs erarbeitet. Sie haben optimierte Protokolle entwickelt, die beim Verbrauch von weniger Energie die gleiche Menge von Informationen übermitteln können. [61]

Die Entwicklung und Optimierung der mobilen Energieversorgung und die Suche nach einer technologischen Lösung ist der Kernpunkt der momentanen Forschung im Wearable Bereich. Die Bundesregierung investiert ebenfalls in diese Forschung. Dadurch sollen Entwicklungen von den Grundlagen, wie Materialwissenschaften und die Nanotechnologie, bis hin zur Lösung von anwendungsspezifischen Problemen gefördert werden. [39]



## 8. Die Projektideen

Der praktische Teil dieser Bachelor Thesis beinhaltet die Konzeption und Implementierung einer Internet-of-Things-Anwendung mit mobiler Sensorik und Aktorik. Lediglich der Aspekt der Mobilität war ein festgelegtes Kriterium, weshalb es zunächst zu einer Sammlung und Sondierung der Ideen kam. Alle aufgetakommenen Vorschläge sind in die Bereiche Sport, Automobil und Gesundheit einzuordnen und reihen sich somit in die momentan stark nachgefragten Sektoren des mobilen Internet of Things ein.

Im Folgenden sollen diese Projektideen vorgestellt, diskutiert und auf ihre Realisierbarkeit überprüft werden.

### 8.1. Sekundenschlafvermeider - 'StopMikrosleepSystem'

Die Idee hinter dieser Anwendung ist, die Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern, indem das Verhalten des Fahrers im Bezug auf Sekundenschlafanfälligkeit überwacht wird. Dabei soll beobachtet werden, ob er Gefahr läuft einzuschlafen. Ist dies der Fall, soll der Fahrer durch eine Audiorückmeldung oder eine Vibration über den Sitz oder am Lenkrad gewarnt und somit wieder geweckt werden.

Um zu ermitteln, ob der Fahrer kurz vor dem Einschlafen steht, müssen einige Parameter genutzt werden. So könnte eine Art Augenlidkontrolle durchgeführt werden. Dabei soll, ähnlich wie bei einem Eye-Tracking Verfahren, mit Hilfe eines Kamerasystems bestimmt werden, ob der Fahrer die Augen konstant geöffnet hat oder diese sich immer häufiger schließen. Beim Erreichen eines festgelegten Wertes soll das System darauf reagieren und den Fahrer warnen.

Eine weitere Möglichkeit der Kontrolle ist den Puls des Fahrzeugführers zu überwachen. Schläft er ein, senkt sich sein Puls durch die Entspannung ab. Diese Kontrolle könnte über einen integrierten Pulsmesser im Lenkrad realisiert werden. Da der Fahrer dieses mit den Händen umschlossen hält, wäre eine unauffällige Überwachung möglich.

Ebenfalls stellt die Überwachung der Bewegungen des Autofahrers eine Möglichkeit dar, ihn zu überprüfen. Um sich gegen die aufkommende Müdigkeit wach zu halten, wird er beginnen, sich aufrechter hinzusetzen oder auf dem Fahrersitz hin und her zu rutschen. Dies könnte man, durch in den Sitz integrierte Drucksensoren, kontrollieren und das System könnte gegebenenfalls reagieren.

Mehrere Gründe sprechen jedoch gegen die Umsetzung der Anwendung 'StopMikrosleepSystem' im Rahmen dieser Arbeit. Zum einen stellt sich die Umsetzung als sehr schwierig dar, da das Aufkommen eines Sekundenschlafs nicht mit eindeutig messbaren Werten vorhergesagt werden kann. So schlafen manche Personen mit offenen Augen, weshalb die Augenlidkontrolle keine sicheren Ergebnisse liefern kann. Da es sich beim Sekundenschlaf um einen sehr kurzen Schlaf handelt, liefert auch die Pulsüberwachung keine zuverlässigen Ergebnisse. Bei einem so kurzen Schlaf fällt der Puls nicht schnell genug ab, dass man dies eindeutig messen kann. Lediglich der nach dem Schlaf in die Höhe schnellende Puls ist messbar, aber zu diesem Zeitpunkt wäre das Auslösen eines Warnsystems zu spät. [63]

Außerdem ist auch der finanzielle Aspekt zu beachten. Zur Realisierung dieser Anwendung müssten einige verschiedene Sensorsysteme verwendet werden. Vor allem die Augenlidkontrolle stellt sich als komplexes System dar, weshalb dieses Projekt den möglichen finanziellen Rahmen überschreiten würde.

## 8.2. 'Der perfekte Wurfärmel'

Das Ziel des perfekten Wurfärmels ist, Sportlern bei ihrem Training helfend zur Seite zu stehen und somit ihre Fähigkeiten zu verbessern. Zunächst sollten Athleten im Bereich Basketball und dort speziell im Wurftraining unterstützt werden.

Für die Realisierung soll ein Kleidungsstück für den Oberkörper oder eventuell ein einzelner Ärmel mit Geschwindigkeits- und Abstandssensoren ausgestattet werden. Dadurch könnte man Bewegungen und die Armstellung des Spielers kontrollieren und gegebenenfalls korrigieren. Es wären keine kostspieligen Videoanalysen, wie sie zur Zeit angewendet werden, notwendig. Stattdessen könnte der Sportler über eine App, auch ohne technisches Wissen, seine Leistung analysieren und auswerten. Außerdem könnten die Trainingsdaten über einen bestimmten Zeitraum gesammelt und der Trainingserfolg unter anderem grafisch visualisiert werden. Dieses Projekt könnte zu einem späteren Zeitpunkt auch für weitere Sportarten, wie zum Beispiel Hand- oder Volleyball erweitert werden.

Der perfekte Wurfärmel soll in dieser Arbeit nicht praktisch umgesetzt werden, da es sich im Sportbereich um ein sehr komplexes und spezifisches Feld handelt. Außerdem wäre eine solche Anwendung, die sich zunächst nur an die Zielgruppe der Basketballathleten richtet, eine sehr spezielle und daher nicht repräsentativ.

## 8.3. Sonnenlichtschutzfaktor-Messer - 'SmartSunscreen'

SmartSunscreen soll den Nutzer vor übermäßigem Sonnenbaden schützen und so einen Sonnenbrand vermeiden. Somit soll seine Gesundheit geschützt und verbessert werden.

Unvorsichtiges Sonnenbaden führt zu erhöhtem Hautkrebsrisiko. Wie genau es zur Entstehung von bösartigen Wucherungen der Pigmentzellen kommt, konnten Wissenschaftler noch nicht erforschen. Jedoch wird vermutet, dass nicht nur einzelne Sonnenbrände, sondern auch Reizungen auf Grund konstanter und hoher Sonnenbelastung langfristig schädlich für die Haut sind. [64] Auf lange Sicht können durch SmartSunscreen nicht nur die durch den Sonnenbrand entstehenden Schmerzen vermieden, sondern auch das Risiko an Hautkrebs zu erkranken gesenkt werden.

Umgesetzt werden könnte SmartSunscreen, indem ein UV-Sensor die Stärke und Dauer des einfallenden Lichts misst. Die gesammelten Daten werden daraufhin analysiert. Die Schnittstelle zum User würde eine App darstellen, die ihn warnt, wenn seine Haut ausreichend den UV-Strahlen ausgesetzt war. Diese Warnung könnte eine Audiorückmeldung oder ein Vibrationsalarm darstellen. Außerdem kann er über die App persönliche Informationen, wie Hauttyp oder Verwendung von Sonnencreme abspeichern, damit diese Faktoren bei der Berechnung mit einbezogen werden können. Des Weiteren würden die gesammelten Daten visuell aufbereitet und dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden.

Der smarte Sonnenlichtschutzfaktor-Messer soll in dieser Arbeit ebenfalls nicht umgesetzt werden. Der ausschlaggebende Punkt dafür ist das fehlende spezifische Wissen aus den Bereichen der



Abbildung 26: Das 'UV-Skin Protection' Konzept von Seibersdorf Labor GmbH ist patentiert und ausgezeichnet. [27]

Dermatologie und der Lichteigenschaften, wie beispielsweise die Lichtstärke und -zusammensetzung, sowie deren medizinische Bedeutung.

Außerdem wurde diese Anwendung bereits von dem österreichischen Unternehmen Seibersdorf Labor GmbH realisiert. Das Konzept und die Umsetzung von 'UV-Skin Protection' sind patentiert und das Unternehmen hat im Jahr 2013 die Auszeichnungen in den Kategorien 'Best Research Track' und 'Best in Show' beim NFC-Kongress in Monaco für ihre Idee erhalten. [65]

#### 8.4. Sporttrinkflasche mit Erinnerungsfunktion - 'RememBottle'

Das Ziel dieser Anwendung ist die Flüssigkeitsaufnahme eines Athleten zu kontrollieren und ihn gegebenenfalls vor einer Dehydrierung zu warnen und zu schützen. Dabei soll die Sporttrinkflasche messen, wie viel er bisher getrunken hat.

Umgesetzt werden soll dies indem über Drucksensoren das Gewicht der Flasche vor und nach dem Trinken ermittelt wird. Aus der Differenz lässt sich berechnen, wie viel Flüssigkeit der Sportler bisher aufgenommen hat. Wenn dies zu wenig ist, soll der Athlet über eine App an die Flüssigkeitsaufnahme erinnert werden. Diese Rückmeldung könnte über einen Vibrationsalarm oder ein Audiosignal realisiert werden. Außerdem kann über sie ein Diagramm angezeigt werden, wie viel Flüssigkeit der Nutzer über eine bestimmte Zeitspanne zu sich genommen hat. Wenn dies zu wenig ist, wird er durch die visuelle Darstellung motiviert, mehr zu trinken.

Die Sporttrinkflasche mit Erinnerungsfunktion wird im Rahmen dieser Bachelor Thesis nicht umgesetzt. Der Hauptgrund dafür ist, dass diese Anwendung bereits realisiert wurde. Es handelt sich dabei um den sogenannte 'HydraCoach' des amerikanischen Unternehmens Sportline Inc. [66]



Abbildung 27: Der 'HydraCoach' von Sportline Inc. [28]

#### 8.5. Intelligente Einlegesohle für Patienten mit Verletzungen am Bein oder Fuß - 'SmartSole'

Die intelligente Einlegesohle soll Patienten mit Verletzungen an Bein oder Fuß bei ihrem Heilungsprozess unterstützen. Die SmartSole kann der Patient in seinem normalen Schuh oder auch in eine Orthese, die häufig bei der Behandlung von Beinverletzungen eingesetzt wird, platzieren. Diese soll ihn warnen, wenn er die vom Arzt maximal erlaubte Belastung des verletzten Beins überschreitet.

Für die Realisierung sollen Drucksensoren in die Sohle integriert werden. Die War-



Abbildung 28: In solchen Orthesen könnte die intelligente Einlegesohle verwendet werden. [29]

nung bei einer Überbelastung könnte über das Aufblinker einer LED, eine Audiorückmeldung oder durch eine leichte Vibration im Schuh umgesetzt werden.

Über eine zugehörige App kann der Patient einstellen, wie hoch die maximale Belastung sein darf. Er kann dabei zwischen einer konkreten Kilogrammangabe oder einer prozentualen Angabe zu seinem Körpergewicht wählen. Außerdem soll es über die App möglich sein, ein Diagramm darzustellen, welches die Belastung über den Tag gesehen anzeigt. Dieses kann auf Wunsch direkt per E-Mail an den behandelnden Arzt oder Physiotherapeuten geschickt werden.

Ebenfalls besteht die Möglichkeit, dass SmartSole während einer Physiotherapie oder dem Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik genutzt wird. Dort können die Therapeuten den Patienten, beispielsweise während Übungen, einfacher kontrollieren und beobachten.

Zunächst soll dieses Projekt nur Personen vor einer Überbelastung schützen. Jedoch besteht die Möglichkeit einer nachträglichen Erweiterung, um den Nutzer beispielsweise auf dauerhafte Fehlbelastung aufmerksam zu machen.

Die Umsetzung der SmartSole soll den praktischen Teil dieser Bachelor Thesis darstellen. Dafür gibt es mehrere Gründe.

Zunächst kann die intelligente Einlegesohle von vielen verschiedenen Patientengruppen angewendet werden. So kann sie von Menschen mit Frakturen im Bein- oder Fußbereich verwendet werden, aber auch von Patienten nach Operationen, wie zum Beispiel am Kreuzband, am Sprunggelenk oder an der Achillessehne. Daher ist dieses Projekt nicht zu spezifisch und nur auf eine bestimmte Verletzungsart anwendbar, sondern breitgefächert.

Außerdem ist für die Umsetzung kein spezifisches, medizinisches Wissen notwendig und trotzdem ist SmartSole im Rehabilitationsbereich förderlich. Aktuell gibt es noch kein Hilfsmittel, welches Patienten vor der Überbelastung des verletzten Beins oder Fußes warnt und somit schützt.

Ebenfalls ist der finanzielle Aspekt zu beachten. Für die sensorische Umsetzung sind nur einige Drucksensoren notwendig. Weitere benötigte Einzelteile sind beispielsweise die Einlegesohle oder der Mikrocontroller. Da sich diese Komponenten alle im eher günstigen Sektor bewegen, befindet sich die Realisierung der intelligenten Einlegesohle im finanziellen Rahmen dieser Bachelor Thesis.

## 9. Anforderungen an die SmartSole Anwendung

Für die Realisierung der SmartSole sind einige Komponenten notwendig. Durch die Verwendung von Drucksensoren soll die Belastung überwacht werden. Eine Rückmeldung soll der Nutzer durch den Einsatz eines Vibrationsmotors erhalten. Um die gemessenen Daten zu sammeln und weiterverarbeiten zu können, ist die Verwendung eines Mikrocontrollers erforderlich.

Im Folgenden sollen die nötigen Anforderungen für die Umsetzung der SmartSole erläutert und die daraus zu treffenden Entscheidungen dokumentiert werden.

### 9.1. Auswahl des Kommunikationsstandards

Für die Umsetzung der praktischen Aufgabe dieser Bachelor Thesis muss ein passender Kommunikationsstandard ausgewählt werden. Ich habe dabei mein Augenmerk auf die Wahl zwischen den Standards Bluetooth SMART, ZigBee und WiFi gelegt. Nach Abwägung verschiedener Komponenten wie Stromverbrauch, Signalstärke und Kosten, habe ich mich für *die Verwendung einer WiFi Kommunikation* für die Realisierung entschlossen. Der ausschlaggebende Punkt für diese Entscheidung war, dass die Nutzung von WiFi die Möglichkeit bietet, Internetdienste zur Unterstützung der Anwendung zu verwenden. Auf diese Dienste möchte ich zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Kapitel noch eingehen.

Im Jahr 2013 wurde ein neuer WiFi Standard vorgestellt, der 802.11ac Standard ('ac-Standard'). [67, 68] Dieser ist der Nachfolger des 802.11n Standards ('n-Standard').

Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Standards ist die Geschwindigkeit. Diese ist beim 802.11ac Standard bis zu dreimal höher. Daher kann die selbe Menge an Daten in ungefähr einem Drittel der Zeit, die die Kommunikation über den n-Standard benötigt hätte, übermittelt werden. Dadurch arbeitet diese Technologie energieeffizienter und batteriebetriebenen Geräten im WLAN-Modus kann so eine längere Laufzeit garantiert werden. Die höhere Geschwindigkeit des ac-Standards wird ermöglicht, da die Funkkommunikation im 5-GHz-Band realisiert wird. Durch die höheren Frequenzen kommt es bei der Kommunikation zu einer verstärkten Signaldämpfung. Um dem entgegenzuwirken, nutzt der neue Standard Richteffekte bei der Funkkommunikation aus und kann so eine größere Reichweite des WLANs zur Verfügung stellen. Die bisher 80 MHz breiten Funkkanäle sollen auf bis zu 160 MHz ausgeweitet werden. Außerdem wird das Modulationsverfahren verbessert. Aus diesen Gründen soll es laut Geräteherstellern möglich sein, die Datenrate in Zukunft zu verdreifachen. Der vorherige Standard 802.11n unterstützte eine maximale Funkkanalbreite von 40 MHz.

Protokoll	Veröffentlichung	Max. Datenübertragungsgeschwindigkeit	Frequenz	Max. Modulationsverfahren	Funkkanalbreite	Antennenkonfiguration
802.11a	1999	54 Mbps	5 GHz	64 QAM	20 MHz	1x1 SISO
802.11b	1999	11 Mbps	2,4 GHz	11 CCK	20 MHz	1x1 SISO
802.11g	2003	54 Mbps	2,4 GHz	64 QAM	20 MHz	1x1 SISO
802.11n	2009	65-600 Mbps	2,4/5 GHz	64 QAM	20 & 40 MHz	Max. 4x4 MIMO
802.11ac	2012	78 Mbps-3,2 Gbps	5 GHz	256 QAM	20, 40, 80 & 160 MHz	Max. 8x8 MIMO; MU-MIMO

Tabelle 1: Die Entwicklung des 802.11 Standards [38]

## 9.2. Auswahl des Mikrocontrollers

Für die Umsetzung der SmartSole muss ein geeignetes Mikrocontroller System ausgewählt werden. Dabei soll es sich laut Aufgabenstellung um ein Arduino System handeln.

Da ich mich für eine Kommunikation über WiFi entschieden habe, muss das verwendete Arduino Board ebenfalls diesen Standard unterstützen. Arduino stellt hierfür mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

Zunächst können ein Großteil der erhältlichen Arduino Boards mit sogenannten Shields verbunden werden. Dadurch hat der Nutzer die Möglichkeit, sein Arduino Board mit weiteren Funktionen zu ergänzen. Um eine kabellose Kommunikation mit dem Internet herzustellen, können entweder das Arduino GSM Shield [69] oder das Arduino WiFi Shield [70] verwendet werden. Das GSM Shield baut eine Internetverbindung über das GPRS Wireless Network auf, ebenso wie Smartphones. Dafür benötigt es eine SIM Karte, über die das nötige Datenvolumen zur Verfügung gestellt wird. Das WiFi Shield hingegen baut eine Verbindung mit einem WLAN Netzwerk auf. Das angeschlossene Arduino Board kann über diese Brücke mit dem Internet kommunizieren.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, den erst seit kurzem erhältlichen Arduino Yún [71] zu verwenden. Dieser kombiniert einen Mikrocontroller, vergleichbar mit dem Arduino Leonardo, mit einem Mikroprozessor. Auf diesem Prozessor arbeitet das Betriebssystem Linux, welches ein integriertes WLAN-Modul steuert. So hat

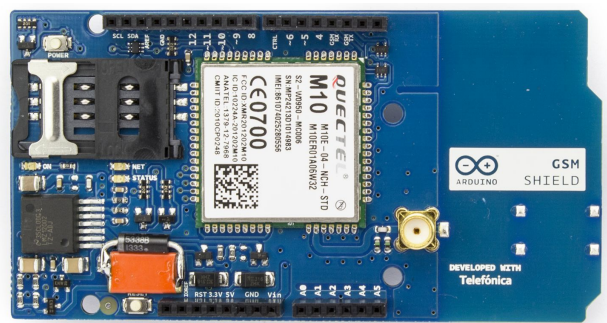


Abbildung 29: Das Arduino GSM Shield [30]

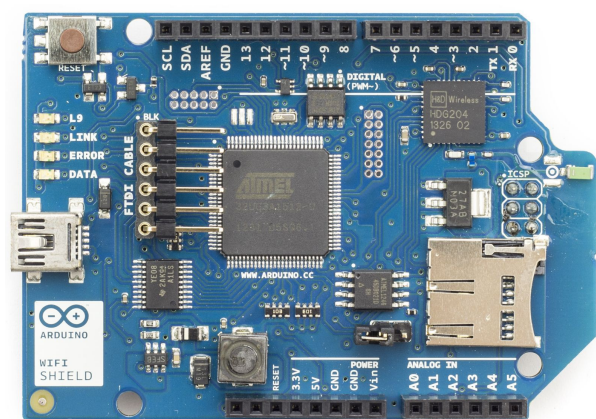


Abbildung 30: Das Arduino WiFi Shield [31]



der Arduino Yún die Möglichkeit, ohne Verwendung eines WiFi Shields mit dem Internet zu kommunizieren.

Ich habe mich bei der Realisierung meines Projekt für *die Verwendung des Arduino Yúns* entschieden. Dies hat mehrere Gründe.

Zum einen habe ich mich bewusst gegen die Verwendung des Arduino GSM Shields entschieden. Dies lag daran, dass ich zusätzliche Projektkosten durch die benötigte SIM Karte vermeiden wollte. Außerdem wollte ich Patienten, die diese Anwendung nutzen wollen, ebenfalls die zusätzlichen Kosten durch den Erwerb und Gebrauch einer SIM Karte ersparen.

Ein weiterer Vorteil des Arduino Yún ist, dass er kompakt den Controller und Prozessor vereint. Somit ist kein Arduino Board mit zusätzlichem Shield nötig und die Handlichkeit der SmartSole Anwendung wird unterstützt.

Außerdem stellt sein Einsatz einen Anreiz für mich dar, da es noch keine studentischen Arbeiten der Hochschule Offenburg unter seiner Verwendung gibt und es sich daher um ein innovatives Projekt handelt.

Im Folgenden sollen einige technische Eigenschaften des Arduino Yúns vorgestellt werden.

Der Arduino Yún vereint einen Mikrocontroller und einen Mikroprozessor auf einem Arduino Board. Der Controller ist wie der bereits vorhandene Arduino Leonardo (Atmega32u4) aufgebaut. Der Prozessor (Atheros AR9331) unterstützt das Betriebssystem Linux, worüber die integrierten Ethernet- und WiFi-Module gesteuert werden. So hat der Arduino Yún die Möglichkeit, direkt auf dem Board mit Linux zu kommunizieren.

Die Bestandteile des Boards sind unter anderem 20 digitale Input/Output Pins ('I/O Pins'), ein USB-A Port, ein Slot für eine Micro-SD Karte, ein 16 MHz Crystal Oszillator, eine Micro USB Verbindung und drei verschiedene Reset Buttons.

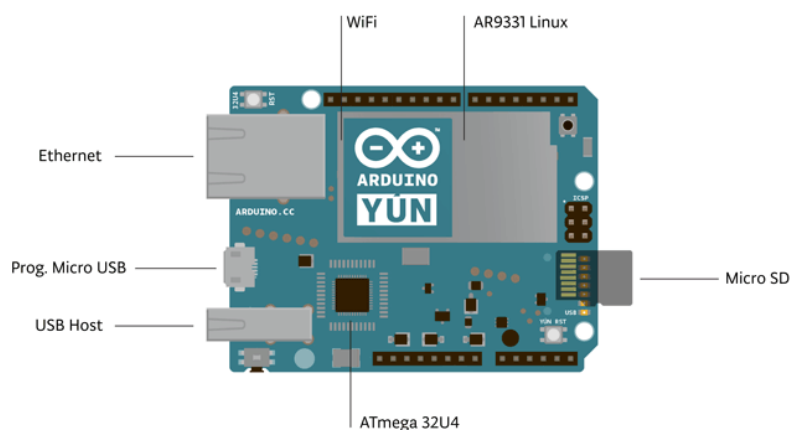


Abbildung 31: Eine schematische Darstellung, wo die einzelnen Bestandteile auf dem Arduino Yún untergebracht sind. [32]

Im Folgenden soll auf einige Bestandteile genauer eingegangen werden.

Alle verfügbaren Pins sind dem Mikrocontroller zugeordnet, die des Mikroprozessors können nicht erreicht werden. Diese 20 Steckmöglichkeiten werden über 5V mit Energie versorgt und können entweder als Input oder Output Pin deklariert und entsprechend verwendet werden. Dabei können sie die Funktionen `pinMode()`, `digitalWrite()` und `digitalRead()` verwenden. Einige Pins haben bestimmte Aufgaben, wie beispielsweise das Empfangen und Senden von seriellen Daten.

Der Arduino Yún hat 12 analoge Input Pins (A0 bis A11), diese können jedoch auch als digitale I/O Pins verwendet werden. A6 bis A11 sind auf den digitalen I/O Pins 4, 6, 8, 9, 10, und 12 untergebracht.

Außerdem sind auf dem Board einige LEDs platziert. Die meisten zeigen verschiedene Zustände an, zum Beispiel den WLAN- oder USB-Status.

Der Arduino Yún stellt einen begrenzten Speicherplatz zur Verfügung. Dabei bietet der integrierte Leonardo einen 32 KB großen Speicher, wovon 4 KB für den Bootloader, das Starten des Systems, genutzt werden. Der Speicher des AR9331 ist nicht in den Prozessor integriert, der 64 MB DDR2 RAM und der 16 MB Flash Speicher sind extern verbunden. 9 MB der verfügbaren 16 MB werden bereits von der Linux Installation, OpenWrt-Yun, benötigt. Über das Verbinden einer Mikro SD Karte über den dafür vorgesehenen Slot kann der Speicherplatz des Arduino Yún vergrößert werden.

Über eine Mikro USB Verbindung kann der Arduino mit 5V DC versorgt werden. Soll er jedoch über den Vin Pin versorgt werden, muss die Stromzufuhr auf diese Menge reguliert werden, da kein Stromregulator integriert ist. Eine weitere Möglichkeit der Stromversorgung ist die Verwendung des 'Power over Ethernet'-Moduls. Bei diesem Verfahren wird die benötigte Energie über ein Ethernet Kabel umgewandelt und dem zu versorgenden Gerät zur Verfügung gestellt. Der Arduino Yún ist für dieses Modul kompatibel, hat es jedoch nicht von Werk aus integriert.

Dieser Arduino hat drei verschiedene Reset Knöpfe: den Yún RST, 32U4 RST und den WLAN RST. Der Yún RST startet den AR9331 Mikroprozessor neu. Dabei werden alle Daten, die im RAM Speicher liegen, gelöscht und alle laufenden Programme beendet. Der 32U4 RST setzt den Atmega32U4 Mikrocontroller zurück. Der WLAN RST bietet zwei Funktionen. Zunächst kann das WiFi wieder auf seine Grundeinstellungen zurückgesetzt werden. Dafür muss der Reset Knopf fünf Sekunden gedrückt werden. Wird dieser jedoch 30 Sekunden gehalten, erhält nicht das WLAN, sondern die Linux Umgebung wieder seine Grundeinstellungen. Dabei werden allen Dateien und Softwares, die auf dem Flash Speicher untergebracht sind, gelöscht.

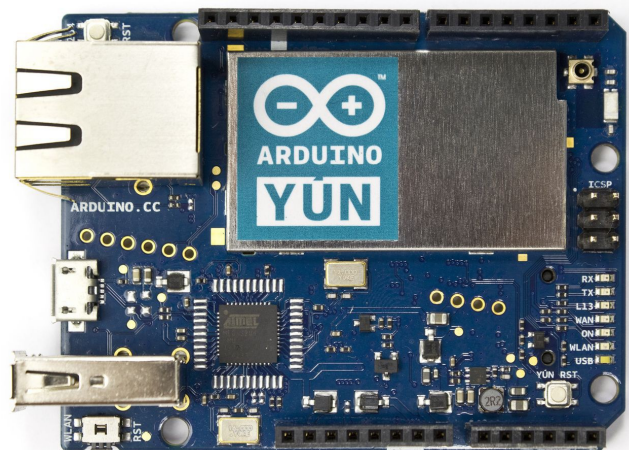


Abbildung 32: Der Arduino Yún [33]

Der Arduino Yún hat einige Möglichkeiten der Kommunikation. Diese kann, beispielsweise über eine USB Verbindung zu anderen Arduinos, Computern oder Mikrocontrollern stattfinden. Außerdem werden die digitalen Pins 0 und 1 für eine serielle Kommunikation zwischen dem Mikroprozessor und dem Mikrocontroller verwendet. Dazu wird die Bridge library verwendet. Alle anderen Pins des Arduino Yúns verwenden dagegen die SoftwareSerial library. Unter Verwendung der 'Keyboard and Mouse' Klasse kann der Arduino Yún als generische Tastatur und Maus verwendet werden. Sowohl die Ethernet, als auch die WiFi Schnittstelle liegen direkt auf dem AR9331, um über sie Daten zu empfangen und zu versenden, wird die Bridge library verwendet.

### 9.3. Auswahl des Integrationsdienstes

Durch die Verwendung von Integrationsdiensten können Daten bei verschiedenen Plattformen, wie zum Beispiel facebook, twitter oder Google+, verwendet werden. So können beispielsweise die

Vorstellungen einer twitternden Pflanze oder eines E-Mail schreibenden Kühlschranks realisiert werden. [72]

Der Arduino Yún ist von Werk aus mit dem Integrationsdienst Temboo [73] ausgestattet. Daher soll dieser unter anderem bei der Implementierung der SmartSole verwendet werden.

Temboo bietet dem Nutzer die Möglichkeit, seine Daten in einer Cloud abzuspeichern und auf diese zuzugreifen. Somit wird der Datenaustausch zwischen mehreren Usern vereinfacht. Außerdem kann der Benutzer auf sogenannte Choreografien zurückgreifen. Diese sind bereits vorbereitete Code Fragmente, wodurch dem Nutzer das Programmieren erleichtert wird. Durch diese Choreografien können Funktionen, wie beispielsweise das Versenden von E-Mails, das Speichern der Daten in eine Datenbank oder das Erneuern des twitter Status, realisiert werden. Temboo unterstützt somit auch User ohne tiefgehendes Programmierwissen darin, ihre persönliche Schnittstelle zum Internet of Things zu erstellen.

Temboo befindet sich in einem stetigen Weiterentwicklungsprozess, da die Nutzer die Möglichkeit haben, ihre eigens erstellten Choreografien mit der Community zu teilen.

Bei der Implementierung der SmartSole Anwendung wird *Temboo für den Versand einer E-Mail vom Arduinio Yún aus verwendet*. Dafür wurde eine SmartSole GMail Account erstellt (siehe Anhang D). Der Nutzer muss die E-Mail Adresse des Empfängers in der SmartSole App (siehe Anhang E) angeben und abschicken. Diese wird daraufhin an das Arduino Board übertragen. Sobald sie angekommen ist, wird vom Mikrocontroller aus eine vordefinierte E-Mail an diese Adresse verschickt.

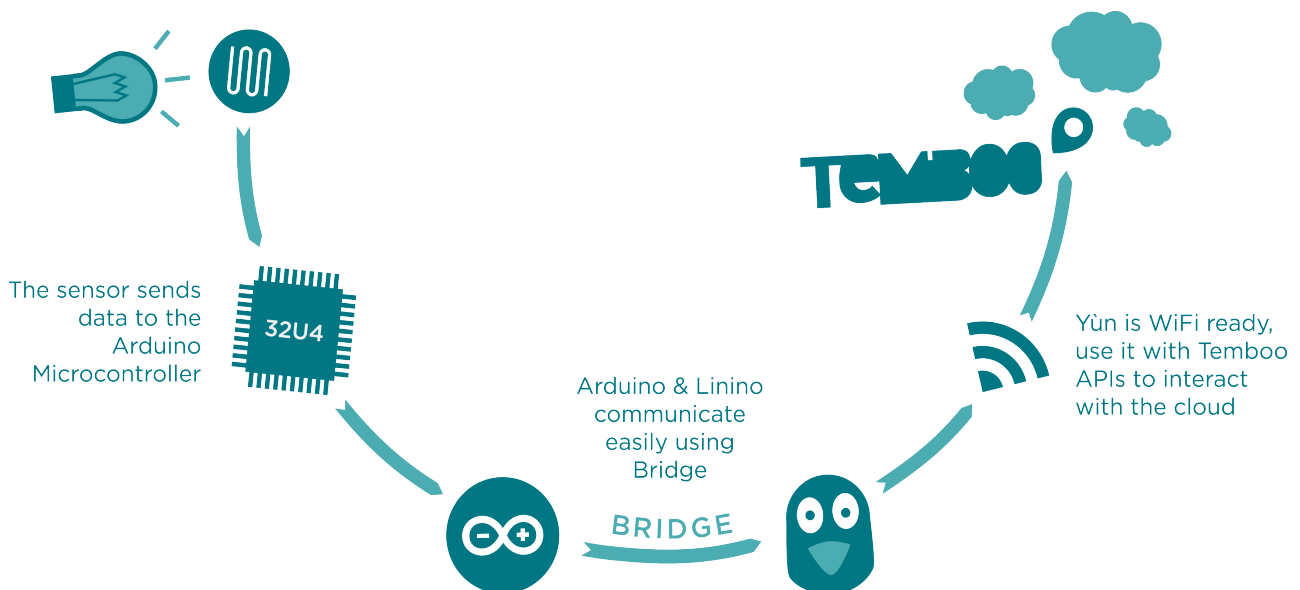


Abbildung 33: Eine schematische Darstellung wie der Arduino Yún und Temboo zusammenarbeiten. [34]

Des Weiteren möchte ich bei der Realisierung der SmartSole den Integrationsdienst ThingSpeak [74, 75] verwenden. Dieser speichert die Daten ebenfalls in einer Cloud, wodurch der User flexibel mit ihnen umgehen kann. Ich habe mich für die Nutzung von *ThingSpeak entschieden, da dieser Dienst viele Möglichkeiten der Datenvisualisierung zur Verfügung stellt*. Die gesammelten Daten werden über HTTP-Requests an sogenannte



Abbildung 34: Die Charts von ThingSpeak kann der User individuell anpassen. [35]

Channels geschickt und dort gespeichert. Daraufhin können diese Informationen visualisiert werden. Für solche Präsentationen stehen dem Nutzer verschiedene Varianten, beispielsweise Balken-, Torten- oder Verlaufsdiagramme, zur Verfügung, welche er außerdem nach eigenen Vorstellungen bearbeiten kann. Der SmartSole Channel stellt zwei Verlaufsdiagramme dar, zum einen die Belastung des Fußballens und zum andern die der Ferse (siehe Anhang C).

ThingSpeak kann ebenfalls mit twitter oder Google+ kommunizieren. Gesammelte Daten können analysiert und daraufhin auf diesen Plattformen veröffentlicht werden.

Außerdem stellt ThingSpeak einige vorgefertigte Apps zur Verfügung: React, ThingHTTP, ThingTweet, TimeControl, TalkBack und TweetControl. Für die Realisierung der SmartSole Anwendung wird jedoch keine dieser vordefinierten Apps verwendet.



Wenn die gesammelten Daten zuvor bestimmte Bedingungen erfüllen, kann mit der React App darauf reagiert werden.

Abbildung 35: React [36]



ThingHTTP erstellt HTTP-Requests, um auf externe Webdienste zuzugreifen.

Abbildung 36:  
ThingHTTP [36]



Über ThingTweet kann ein Status auf twitter hochgeladen werden.

Abbildung 37:  
ThingTweet [36]



TimeControl lässt nach einer bestimmten Zeit automatisch die Anfragen von ThingHTTP oder ThingTweet ablaufen.

Abbildung 38:  
TimeControl [36]



Durch TalkBack können Kommandos an die verbundenen Geräte weitergeleitet werden.

Abbildung 39: TalkBack  
[36]



Die TweetControl App kann Neuerungen von twitter Statusmeldungen erkennen und auf sie mit vorher festgelegtem Verhalten reagieren.

Abbildung 40:  
TweetControl [36]

Ich habe mich bewusst dazu entschieden, sowohl ThingSpeak als auch Temboo für die Realisierung der SmartSole Anwendung zu verwenden. Der Grund dafür ist, dass über ThingSpeak lediglich das Sammeln, Analysieren und Speichern der gesammelten Sensordaten umgesetzt werden kann. Dazu werden die Informationen durch HTTP-Requests an Channels geschickt und so gespeichert. Durch Temboo hingegen konnte die Funktion des Versendens einer E-Mail in die Anwendung integriert werden. Daher ist die Verwendung von einem dieser beiden Integrationsdienste nicht ausreichend, sondern beide notwendig.



## 10. Aufbau der SmartSole Anwendung

Im Folgenden möchte ich den Aufbau der SmartSole Anwendung erläutern. Das auf den Bildern zu sehende rote Arduino Board ist dabei nicht relevant und daher nicht zu beachten.

### 10.1. Die Vorbereitung

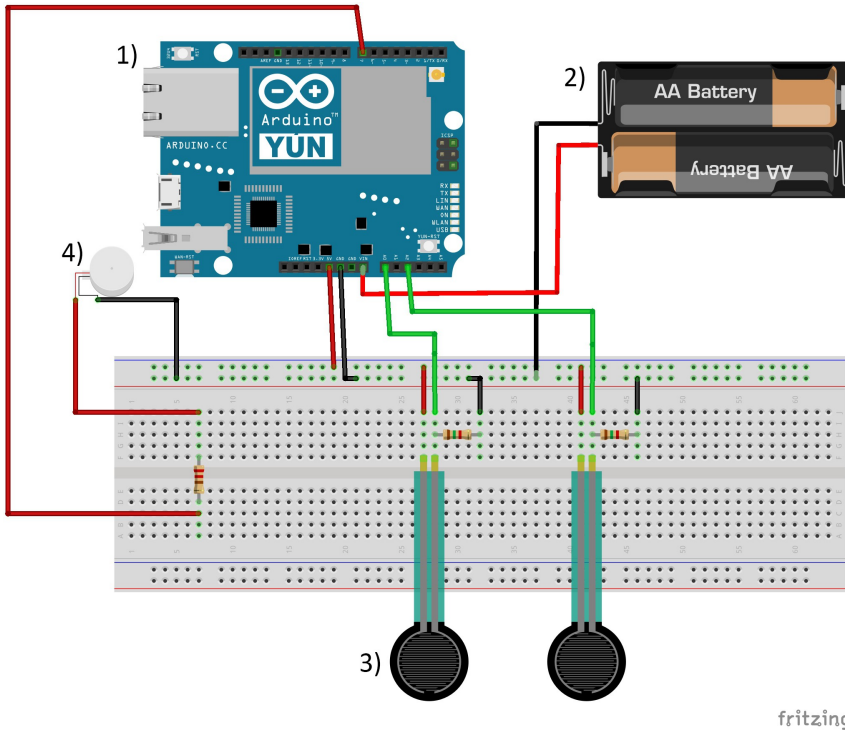


Abbildung 41: Schematische Ansicht der Verbindungen

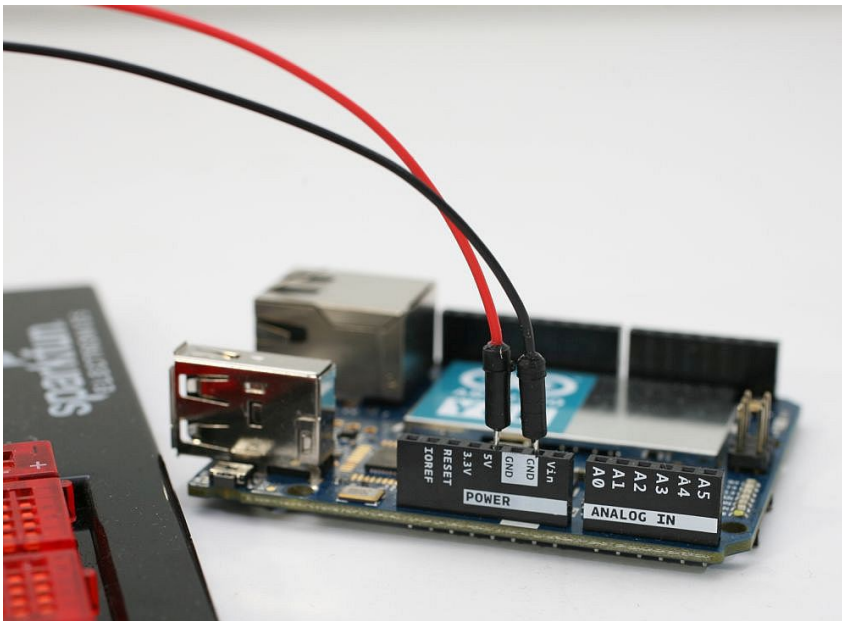


Abbildung 42: Die Pin Anschlüsse am Arduino Board

Zunächst habe ich den Aufbau mit Hilfe der fritzing Software [76] skizziert.

Die roten, schwarzen und grünen Linien stellen dabei Kabel dar. Außerdem sind der Arduino Yún 1), der Batteriehalter 2), die Drucksensoren 3) und der Vibrationsmotor 4) zu sehen.

Das Breadboard soll den Nutzer bei der Konzeption von Schaltungen und Stromkreisen unterstützen.

Dieses soll in einem ersten Schritt mit Strom versorgt werden. Für die 5V Versorgung wird für eine bessere Übersicht immer ein rotes Kabel verwendet, für die Verbindung zu Ground ein schwarzes.

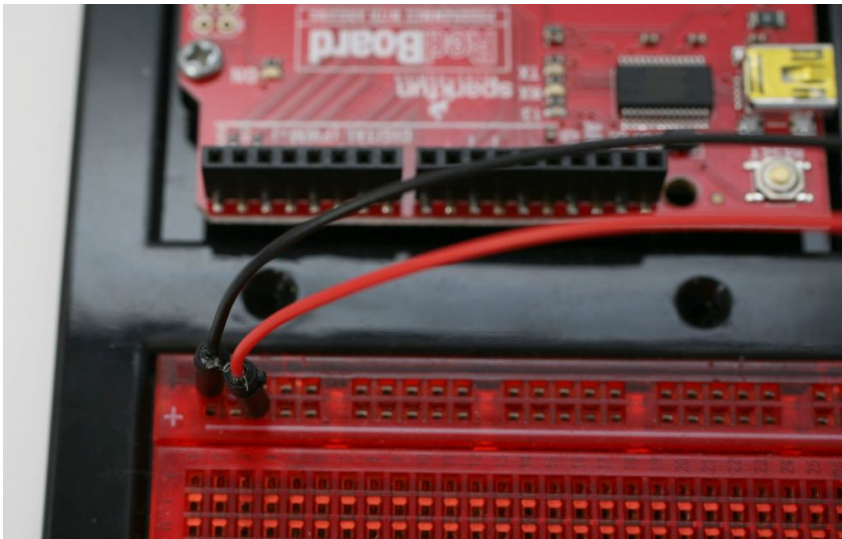


Abbildung 43: Der Plus- und Minuspol am Breadboard

Diese beiden Kabel werden mit den Reihen an der Längsseite des Breadboards verbunden. Somit können alle Steckmöglichkeiten in der jeweiligen Reihe als Plus- oder Minuspol verwendet werden.

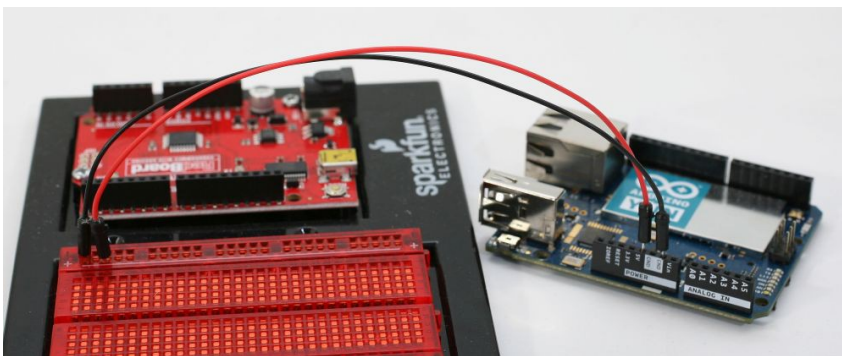


Abbildung 44: Das Breadboard und der Arduino sind vorbereitet.

Somit sind das Breadboard und der Arduino Yún für den weiteren Aufbau vorbereitet.

## 10.2. Das Anschließen des FlexiForce Pressure Sensors

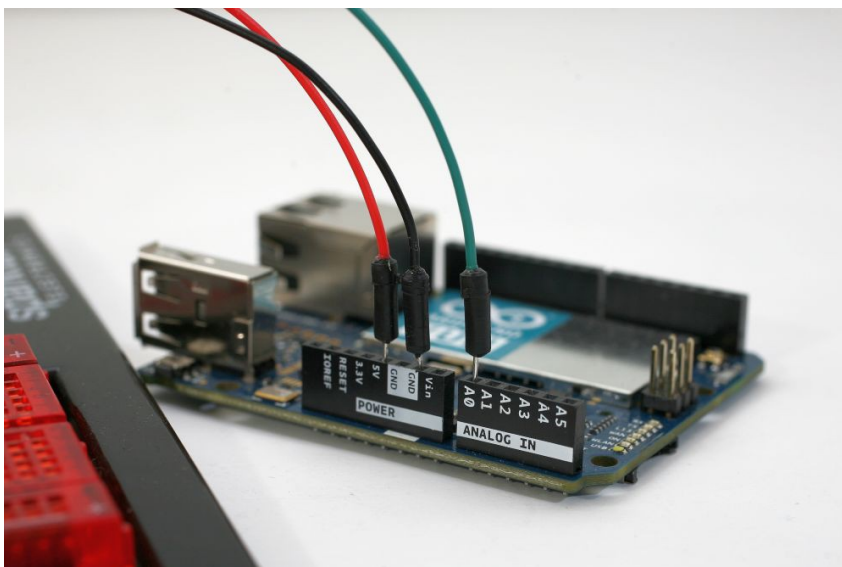


Abbildung 45: Das Signalübertragungskabel wird an einen analogen Input Pin geschlossen.

Als nächstes soll das Anschließen eines FlexiForce Pressure Sensors erläutert werden. Dieser soll, in der Sohle integriert, die aufkommende Belastung messen.

Für die Signalübertragung des Sensors wird ein grünes Kabel verwendet. Dieses wird am Arduino Yún an einen analogen Input Pin, hier an A0, angeschlossen.



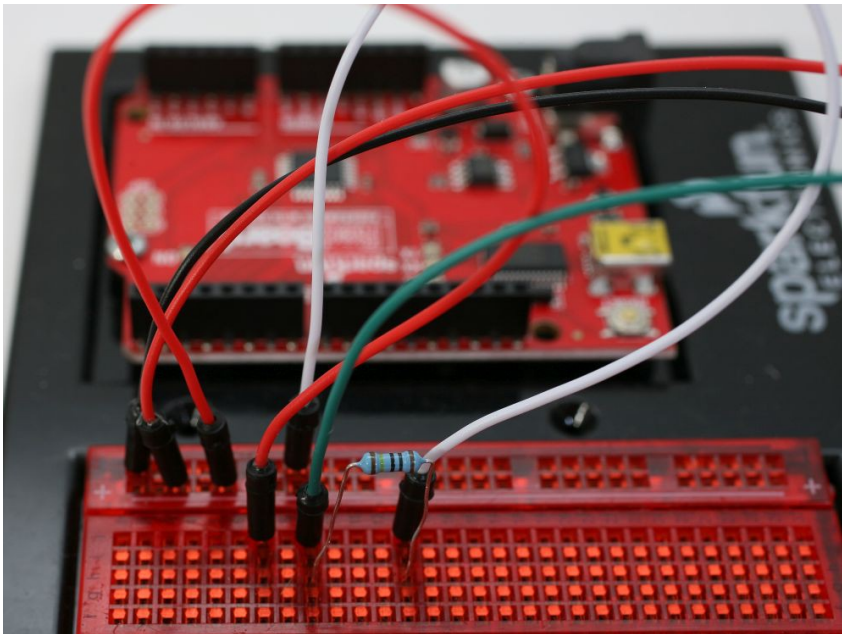


Abbildung 46: Die Kabelverbindungen am Breadboard für den FlexiForce Pressure Sensor

Für die Verbindung zu Ground werden bei den Drucksensoren weiße Kabel verwendet.

Diese werden jeweils mit einer Steckmöglichkeit im mittleren Block des Breadboards verbunden, wodurch alle Steckmöglichkeiten in dieser vertikalen Reihe versorgt sind. Das grüne Signalkabel wird mit einigen Reihen Abstand daneben angeschlossen. Durch einen 1 M $\Omega$  großen Widerstand wird der Strom hier geteilt. Somit ist die Verwendung eines Signalverstärkers nicht notwendig.

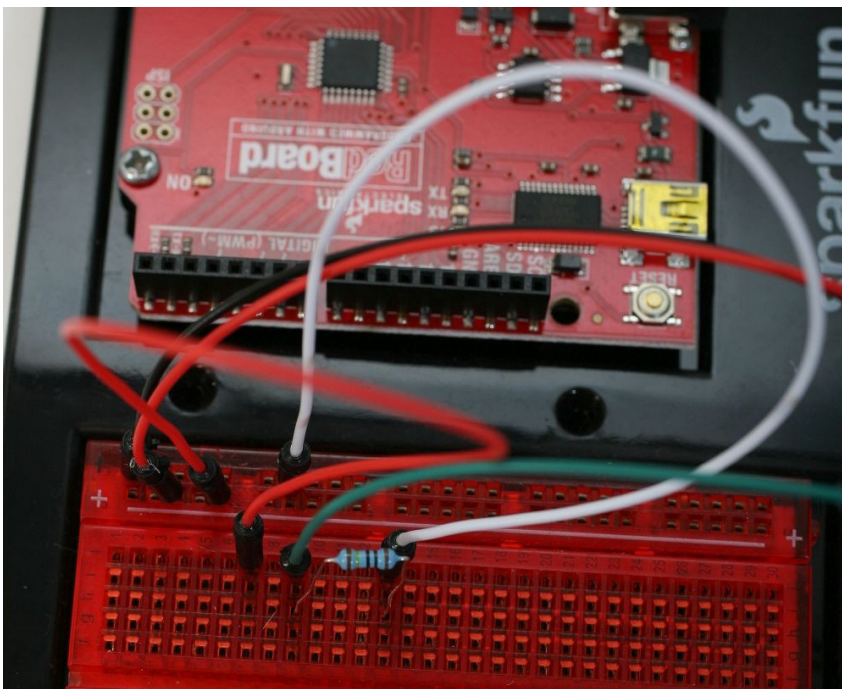


Abbildung 47: Die Kabelverbindungen von oben

Mit einer Reihe Abstand wird das rote 5V Kabel neben dem Signalkabel angeschlossen.

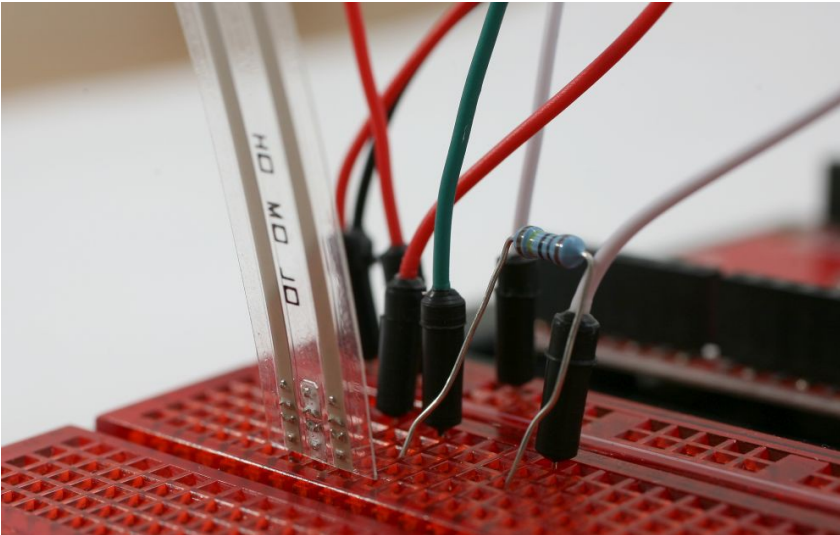


Abbildung 48: Die Verkabelung des Sensors ist fertig.

Der FlexiForce Pressure Sensor verfügt über drei Steckpins, wobei der mittlere Pin lediglich zur Stabilisation dient und keine Übertragungsfunktion hat.

Der auf diesem Bild links positionierte Pin wird in die Reihe der 5V Versorgung gesteckt, der rechte in die der Signalübertragung.

Somit ist die Verbindung des Drucksensors abgeschlossen.

### 10.3. Das Anschließen des Vibrationsmotors

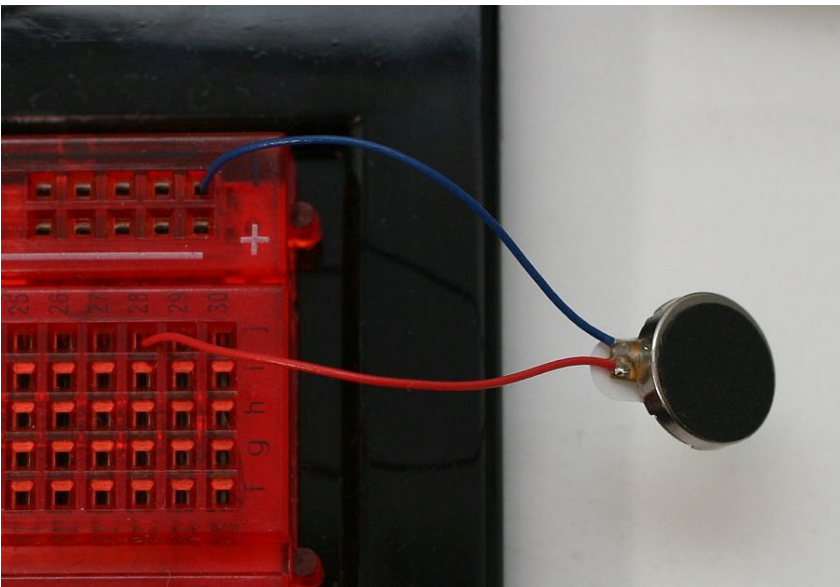


Abbildung 49: Der Vibrationsmotor

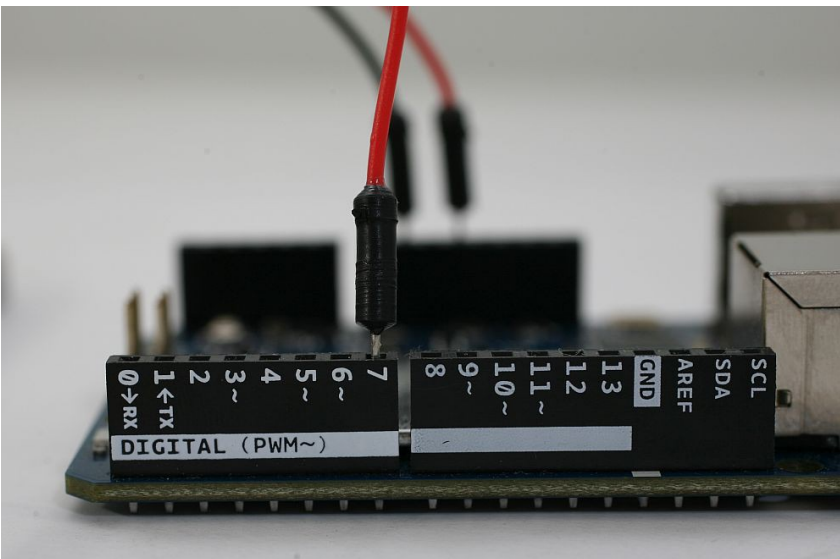
Im Folgenden möchte ich den Anschluss des Vibrationsmotor erläutern, der als haptische Rückmeldung der Anwendung dienen soll.

An diesen sind ein rotes und ein blaues Kabel angeschlossen. Das Blaue wird zur Verbindung zum Minus-, das Rote zum Pluspol verwendet. Daher kann das blaue Kabel direkt an die Ground Reihe angeschlossen werden. Das Rote wird in dem mittleren Block des Breadboards positioniert.



Das Signal, welches das roten Kabel empfangen wird, wird durch einen  $330\ \Omega$  Widerstand geleitet. Dadurch wird die Leistung, aber auch der Verbrauch des Motors verringert. Es handelt sich um ein digitales Signal, durch welches der Vibrationsmotor gesteuert wird.

Abbildung 50: Der angeschlossene Vibrationsmotor



Ausgangspunkt des Signals ist ein digitaler Output Pin, in diesem Fall Pin 7.

Dadurch ist die Verbindung des Vibrationsmotor komplett.

Abbildung 51: Der Vibrationsmotor ist am digitalen Pin 7 angeschlossen.

## 10.4. Zusammenfassung der SmartSole Anschlüsse

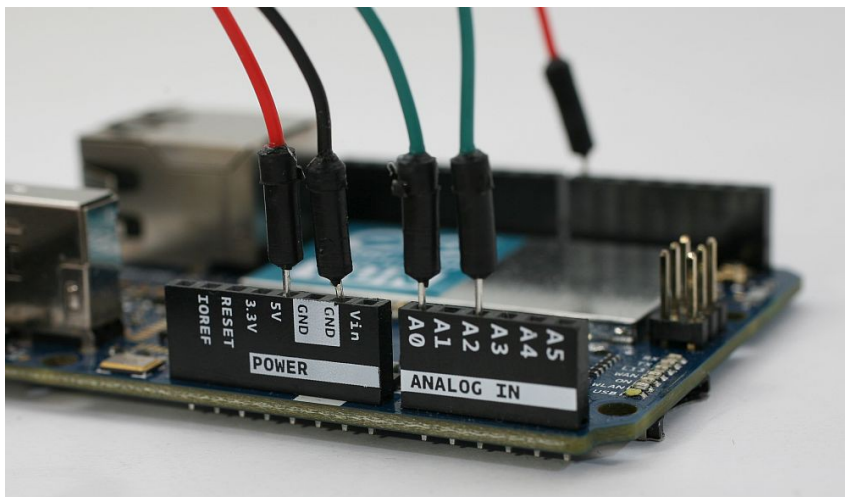


Abbildung 52: Alle nötigen Anschlüsse am Arduino Yún für die SmartSole

Von links nach rechts sind hier alle für die SmartSole Anwendung notwendigen Verbindungen, die vom Arduino Board weg- oder hinführen, zu erkennen. Zunächst die Plus- (rot) und Minusverbindung (schwarz) für das Breadboard, daneben die beiden grünen Signalübertragungskabel der Drucksensoren und im Hintergrund der Anschluss des Vibrationsmotors.

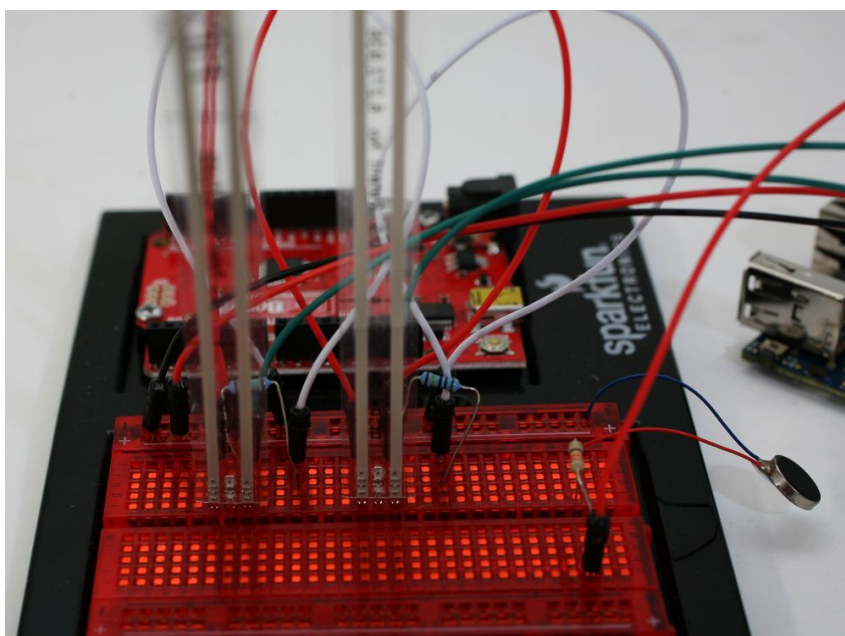


Abbildung 53: Die beiden Sensoren, sowie der Vibrationsmotor sind mit dem Arduino Yún verbunden.

So sehen die kompletten Verbindungen für die SmartSole Anwendung aus.

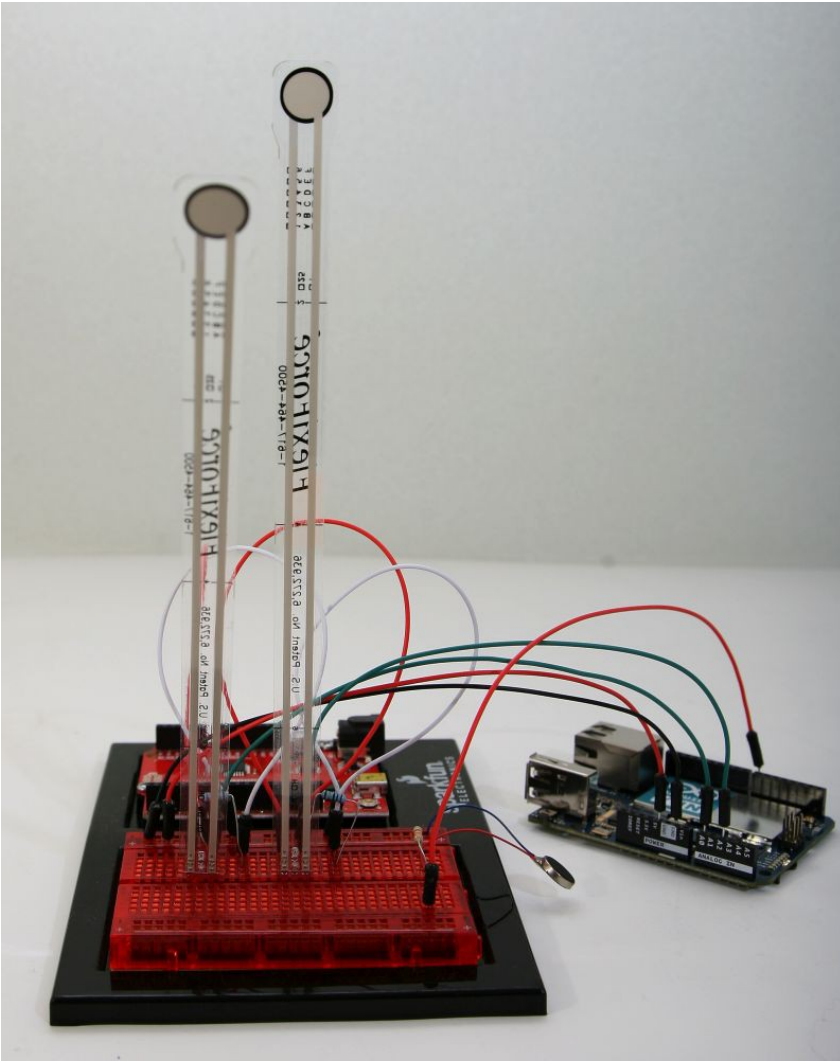


Abbildung 54: Der Aufbau der SmartSole im Überblick

Nun können alle für die SmartSole Anwendung notwendigen Daten gesammelt und dem User eine Rückmeldung gegeben werden.

## 10.5. Das Integrieren der Drucksensoren in die Einlegesohle

Nach diesem groben Aufbau mit Hilfe des Breadboards sollen die Sensoren in eine Einlegesohle integriert werden. Im Folgenden soll erläutert werden, wie dabei vorgegangen wurden.



Abbildung 55: Durch den Puk soll die Übertragung des Drucks verbessert werden.

Dieses Bauteil ist der sogenannte Puk. Durch ihn soll der auf der Sohle lastende Druck gebündelt und auf den Sensor übertragen werden.



Abbildung 56: Die leichte Erhöhung deckt die drucksensible Stelle des Sensors ab.

Auf dieser Abbildung ist zu erkennen, dass ein Teil des Puks erhaben ist. Dieses Element wird auf dem drucksensiblen Bereich des Sensors platziert. So wird der Druck präziser übertragen, da nur ein kleiner Bereich des Sensors drucksensibel ist.

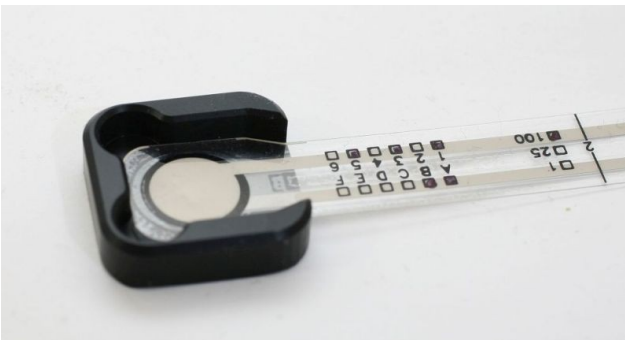


Abbildung 57: Durch die Halterung wird gewährleistet, dass der Sensor und der Puk nicht verrutschen.

Der silberne runde Bereich des Sensors ist drucksensibel. Damit der Puk präzise darauf aufliegt, wird der Sensor in einer Kunststoffhalterung platziert.



Abbildung 58: So vorbereitet kann der Sensor an die Unterseite der Sohle angebracht werden.

Der Puk kann passgenau in die Halterung eingelassen werden.



Abbildung 59: Die Sensoren sind am Fußballen und der Ferse platziert.

Die Sensoren sind am vorderen Bereich des Fußes am Fußballen und am hinteren an der Ferse platziert, da es sich dabei um diejenigen Punkte mit der höchsten Druckbelastung handelt.

Bei der Einlegesohle für einen Prototyp handelt es sich um eine orthopädische Schuheinlage, an deren Unterseite die Puks mit Klebeband fixiert werden.

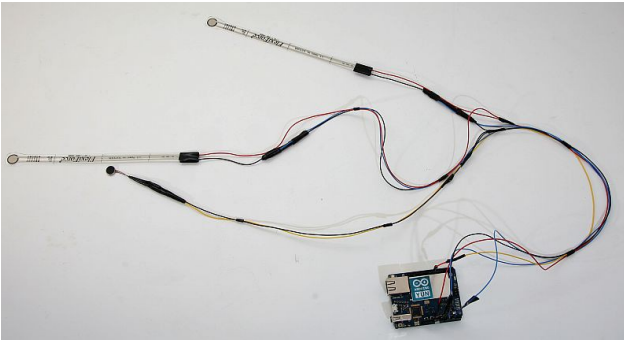


Abbildung 60: Die beiden Sensoren und der Vibrationsmotor haben jeweils einen Kabelstrang zum Arduino Yún.

Damit der Arduino Yún mit der notwendigen Elektronik kompakter ist, sind die vorher am Breadboard gesteckten Kabelverbindung verlötet und zu Kabelsträngen zusammengefügt worden. Dadurch ist die Verwendung eines Breadboards nicht mehr notwendig.



Abbildung 61: Die fertige Unterseite der SmartSole

Die Halterungen der Sensoren mit den Pucks werden an der Unterseite der Sohle mit doppel-seitigem Klebeband befestigt.

## 10.6. Die Stromversorgung



Abbildung 62: Der Batteriehalter

Der Arduino Yún hat keinen Spannungsregler integriert. Damit er keinen Schaden nimmt, darf er nur mit maximal 5V versorgt werden. Daher wird für die Stromversorgung der SmartSole ein Batteriehalter mit drei AA Batterien verwendet, da jede dieser Batterien 1,5V zur Verfügung stellt.

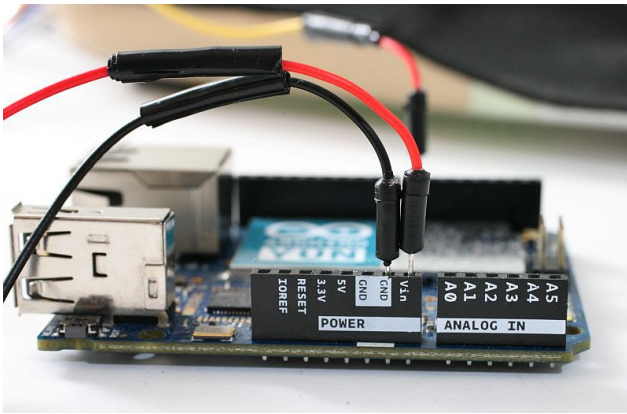


Abbildung 63: Der Batteriehalter wird an den Vin Pin und Ground angeschlossen.

An dem Batteriehalter sind ein rotes und ein schwarzes Kabel angeschlossen. Das Schwarze stellt die Verbindung zu Ground zur Verfügung. Das Rote wird an den Vin Pin des Arduino Yún angeschlossen und versorgt ihn so mit Strom.

## 10.7. Die fertige SmartSole

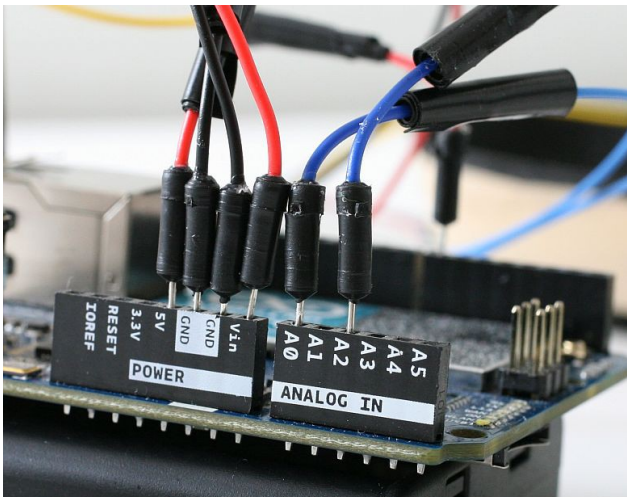


Abbildung 64: Die Kabelanschlüsse am Arduino Yún für die SmartSole

Für der fertige SmartSole sind somit folgende Pin Anschlüsse am Arduino Yún notwendig (von links nach rechts): die Verbindungen zum Plus- (rot) und Minuspol (schwarz) für die Stromversorgung der Sensoren und des Vibrationsmotors, die Verbindungen zum Minus- (schwarz) und Pluspol (rot) für die Stromversorgung des Arduino Yún, die beiden analogen Anschlüsse (blau) für die Signalübertragung der Drucksensoren und im Hintergrund der digitale Anschluss des Vibrationsmotors.

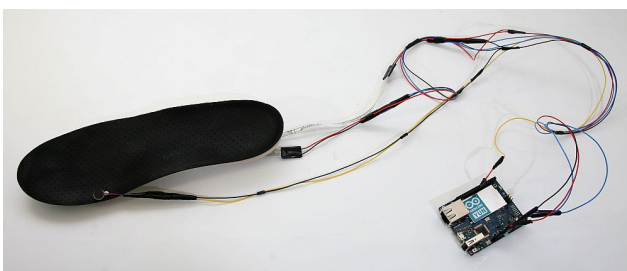


Abbildung 65: Die fertige SmartSole

Der Aufbau der SmartSole ist abgeschlossen.



## 11. Programmierung

Im Folgenden sollen Auszüge der Programmierung erläutert werden. Zunächst wird die Auswertung, der in die Sohle integrierten Drucksensoren beschrieben. Daraufhin wird die Kommunikation mit dem Integrationsdienst ThingSpeak, wodurch dem Nutzer eine Datenvisualisierung zur Verfügung gestellt wird, vorgestellt. Das dritte Unterkapitel beschreibt die Kommunikation mit Temboo. Über diesen Integrationsdienst kann vom Arduino Yún eine E-Mail, beispielsweise an den behandelnden Arzt oder Physiotherapeuten, verschickt werden. Daraufhin wird das Ansprechen des Vibrationsmotors, der dem Nutzer als haptische Rückmeldung dient, erläutert. Als letztes wird die Kommunikation mit der SmartSole App beschrieben. Über diese hat der User die Möglichkeit, an den Arduino sowohl seine maximal erlaubte Belastung, als auch die Empfänger E-Mail Adresse zu übergeben. Der gesamten Arduino Code ist in Anhang A und ein Diagramm der Systemarchitektur in Anhang B zu finden

### 11.1. Die Sensorenauswertung

Zunächst werden vor der `setup`-Funktion die beiden Pins, an denen die Drucksensoren angeschlossen sind, definiert. So muss, falls diese Pinbelegung noch einmal geändert wird, nur an dieser Stelle die Pinnummer ausgetauscht werden.

```
13 int pressSensorVorne = 2; // the number of the first pressure sensor's pin
14 int pressSensorHinten = 0; // the number of the second pressure sensor's pin
```

Abbildung 66: Der vordere Sensor ist an dem analogen Pin 2 und der hintere an Pin 0 angeschlossen.

In der `loop`-Funktion werden die beiden Sensoren ausgelesen. Dies wird durch die `analogRead`-Funktion umgesetzt. Die Werte werden in den Variablen `sensorValueVorne` und `sensorValueHinten` gespeichert. Da der Arduino Sensorwerte anteilig an den anderen Pin übergibt, ist eine Pufferfunktion integriert.

```
103 // read the input on analog pin 0 & 2:
104 int sensorValueVorneX = analogRead(pressSensorVorne);
105 delay(10);
106 // Damit das Ergebnis der Sensormessung nicht verfälscht wird,
107 // wird der erst gemessene Wert sensorValueVorneX nicht verwendet.
108 int sensorValueVorne = analogRead(pressSensorVorne);
109 int sensorValueHintenX = analogRead(pressSensorHinten);
110 delay(10);
111 // Damit das Ergebnis der Sensormessung nicht verfälscht wird,
112 // wird der erst gemessene Wert sensorValueHintenX ebenfalls nicht verwendet.
113 int sensorValueHinten = analogRead(pressSensorHinten);
```

Abbildung 67: Die Sensoren werden ausgelesen.

Damit die gemessenen Werte weiter verwertet werden können, muss der Sensor kalibriert werden. Dazu wurden verschiedene Mustergewichte auf dem jeweiligen Sensor platziert und der Wert notiert. Daraus entstand die folgende Einteilung.

```

115 // Kalibrieren des Sensors
116     int belastungVorne ;
117     int belastungHinten ;
118
119     if (sensorValueVorne <= 220){
120         belastungVorne = 0;}
121     else if (220 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 420){
122         belastungVorne = 1;}
123     else if (420 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 520){
124         belastungVorne = 2;}
125     else if (520 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 620){
126         belastungVorne = 3;}
127     else if (620 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 720){
128         belastungVorne = 4;}
129     else if (720 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 820){
130         belastungVorne = 5;}
131     else if (820 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 920){
132         belastungVorne = 6;}
133     else if (920 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 1020){
134         belastungVorne = 7;}
135     else {
136         belastungVorne = 8;}

```

Abbildung 68: Aus den gemessenen Werten lassen sich die Gewichte bestimmen.

Damit ThingSpeak die gesammelten Werte weiterverarbeiten kann, müssen die gemessenen `int`-Werte in `Strings` konvertiert werden.

```

160     String hintenString = String(belastungHinten, DEC);
161     String vorneString = String(belastungVorne, DEC);

```

Abbildung 69: Nur als `String` kann ThingSpeak die Werte weiterverarbeiten.

## 11.2. Die Kommunikation mit ThingSpeak

Damit der Arduino die gesammelten Daten der Sensoren an den Dienst ThingSpeak schicken kann, muss zunächst eine Verbindung definiert werden. Dazu werden vor der `setup`-Funktion die Adresse und der `writeAPIKey` festgelegt. Durch diesen einmaligen Key kann den Arduino die gesammelten Daten in den SmartSole Channel auf der ThingSpeak Plattform speichern. Er agiert wie ein Passwort und schützt so vor Datenmanipulation.

```

16 // ThingSpeak Settings
17 char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";
18 String writeAPIKey = "GZDZITLYKNOR7Q1K ";
19 // Time interval in milliseconds to update ThingSpeak (number of seconds * 1000 = interval)
20 const int updateThingSpeakInterval = 16 * 1000;
21 // Variable Setup
22 long lastConnectionTime = 0;
23 boolean lastConnected = false;
24 int failedCounter = 0;

```

Abbildung 70: Die Verbindung mit ThingSpeak wird vorbereitet.

In der `loop`-Funktion wird abgefragt, ob der Arduino mit ThingSpeak verbunden ist. Wenn dies der Fall ist, wird die `updateThingSpeak`-Funktion aufgerufen und die gesammelten Daten über-

geben. Die Informationen des vorderen Sensors werden in das field 1 und die des hinteren in das field 2 gespeichert.

```
184 // Update ThingSpeak
185 if(!client.connected() && (millis() - lastConnectionTime > updateThingSpeakInterval))
186 {
187     updateThingSpeak("field1="+vorneString+"&field2=" +hintenString);
188 }
189 }
```

Abbildung 71: Durch Aufrufen der updateThingSpeak-Funktion werden die gesammelten Daten gespeichert.

In der updateThingSpeak-Funktion werden die gesammelten Daten als HTTP-Request verschickt. Außerdem werden dem Nutzer die abgeschickten HTTP-Requests zur Kontrolle ebenfalls ausgegeben. Wenn keine Verbindung vorhanden ist, erhält der User darüber eine Rückmeldung.

```
253 void updateThingSpeak(String tsData)
254 {
255     if (client.connect(thingSpeakAddress, 80))
256     {
257         client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
258         client.print("Host: api.thingSpeak.com\n");
259         client.print("Connection: close\n");
260         client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
261         client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
262         client.print("Content-Length: ");
263         client.print(tsData.length());
264         client.print("\n\n");
265         client.print(tsData);
266         lastConnectionTime = millis();
267
268         Console.print("POST /update HTTP/1.1\n");
269         Console.print("Host: api.thingSpeak.com\n");
270         Console.print("Connection: close\n");
271         Console.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
272         Console.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
273         Console.print("Content-Length: ");
274         Console.print(tsData.length());
275         Console.print("\n\n");
276         lastConnectionTime = millis();
277
278     }
279     else
280     {
281         failedCounter++;
282         Console.println("Connection to ThingSpeak Failed (" +String(failedCounter, DEC)+")");
283         Console.println();
284         lastConnectionTime = millis();
285     }
286 }
```

Abbildung 72: Die updateThingSpeak-Funktion

### 11.3. Die Kommunikation mit Temboo

Um den Integrationsdienst Temboo zu verwenden, muss zunächst die Temboo Bibliothek (Temboo.h) eingebunden werden. Außerdem werden die notwendigen Informationen des Temboo- (TembooAccount.h) und GMail-Accounts (GMailAccount.h) ausgelagert. Dadurch könnten diese bei Bedarf einfacher ausgetauscht werden. Bei dem Password für den GMail-Account handelt es sich um es sogenanntes App-Passwort, welches von GMail generiert wird. Dieses ist notwendig, wenn einige Apps oder externen Diensten auf den GMail-Account zugreifen. So soll eine höhere Sicherheit gewährleistet werden.

```
7 #include <Temboo.h>
8
9 #include "TembooAccount.h" // contains Temboo account information
10 #include "GMailAccount.h" // contains GMail account information
```

Abbildung 73: Einbinden der Temboo Bibliothek und der Account Informationen

```
1 #define TEMBOO_ACCOUNT "smartsole" // your Temboo account name
2 #define TEMBOO_APP_KEY_NAME "myFirstApp" // your Temboo app key name
3 #define TEMBOO_APP_KEY "149917856e764dddb58feb111304a153" // your Temboo app key
```

Abbildung 74: TembooAccount.h

```
1 #define GMAIL_USER_NAME "smartsole1415@gmail.com" // your Gmail User Name
2 #define GMAIL_PASSWORD "vodylpjxrfmxozqg" // your Gmail Password
```

Abbildung 75: GMailAccount.h

Daraufhin werden außerhalb der setup-Funktion einige Variablen implementiert und deklariert. success dient in der loop-Funktion zur Abfrage, ob die E-Mail bereits erfolgreich versendet wurde. Bei der Implementierung hat success den boolean Wert false, da beim Start der Anwendung, noch kein Mailversand erfolgte. Die Variablen mailAdresse und altMailAdresse sind vom Typ String und für den Empfang der E-Mail Adresse, die durch die App übergeben wird, notwendig. Diese haben bei der Implementierung den Wert Empty, da zu diesem Zeitpunkt noch keine E-Mail Adresse empfangen wurde.

```
14 boolean success = false; // a flag to indicate whether we've sent the email yet or not
15 String mailAdresse = "Empty";
16 String altMailAdresse = "Empty";
```

Abbildung 76: Die Variablen werden vor der setup-Funktion implementiert.

In der loop-Funktion werden diese Variablen abgefragt, damit die Temboo Choreografie nur gestartet wird, wenn die E-Mail nicht schon erfolgreich versandt wurde und im Moment eine Empfängeradresse vorhanden ist. Wenn dies der Fall ist, wird die Choreografie SendEmailChoreo gestartet und der User darüber informiert.

```

78 // only try to send the email if we haven't already sent it
79 // successfully and we received a mailAdresse
80 if (!success && mailAdresse != "Empty") {
81
82     Console.println("E-Mail wird gesendet...");
83     Console.println("\n");
84     TembooChoreo SendEmailChoreo;
85
86     // invoke the Temboo client
87     SendEmailChoreo.begin();

```

Abbildung 77: Die SendEmailChoreo wird gestartet.

Daraufhin werden die notwendigen Zugangswerte für den Temboo Account (TEMBOO\_ACCOUNT, TEMBOO\_APP\_KEY\_NAME und TEMBOO\_APP\_KEY) und für den Gmail-Account (GMAIL\_USER\_NAME und GMAIL\_PASSWORD), von dem die E-Mail versendet werden soll, eingefügt. In dem String ToAddress wird die von der App übergebene E-Mail Adresse gespeichert und ebenfalls in der Choreografie verwendet. Außerdem werden der Betreff und der Inhalt der Mail festgelegt.

```

89 // set Temboo account credentials
90 SendEmailChoreo.setAccountName(TEMBOO_ACCOUNT);
91 SendEmailChoreo.setAppKeyName(TEMBOO_APP_KEY_NAME);
92 SendEmailChoreo.setAppKey(TEMBOO_APP_KEY);
93
94 // identify the Temboo Library choreo to run (Google > Gmail > SendEmail)
95 SendEmailChoreo.setChoreo("/Library/Google/Gmail/SendEmail");
96
97 // the first input is your Gmail email address
98 SendEmailChoreo.addInput("Username", GMAIL_USER_NAME);
99 // next is your Gmail password.
100 SendEmailChoreo.addInput("Password", GMAIL_PASSWORD);
101 // who to send the email to
102 String ToAddress = mailAdresse;
103 SendEmailChoreo.addInput("ToAddress", ToAddress);
104 // then a subject line
105 SendEmailChoreo.addInput("Subject", "Das Belastungsdiagramm");
106
107 // next comes the message body, the main content of the email
108 SendEmailChoreo.addInput("MessageBody", "Hallo, klicken Sie hier,
109 um das Belastungsdiagramm zu sehen: https://thingspeak.com/channels/22634 ");

```

Abbildung 78: Die verschiedenen Werte werden an die SendEmailChoreo übergeben.

Wenn der Versand erfolgreich war, wird der User darüber informiert und die Variable success auf true gesetzt. So wird gewährleistet, dass nur eine E-Mail verschickt wird. Diese Variable wird beim Empfangen einer neuen Mailadresse wieder auf false gesetzt, um daraufhin Weitere zu versenden (siehe Kapitel 11.5. „Die Kommunikation mit der SmartSole App“). Wenn das Verschicken nicht erfolgreich war, wird der User darüber ebenfalls informiert. Daraufhin wird die Choreografie beendet.

## 11.4. Ansprechen des Vibrationsmotors

Damit der Nutzer eine unmittelbare Rückmeldung erhält, wenn er die maximal erlaubte Belastung überschreitet, ist in die SmartSole ein Vibrationsmotor integriert. Um diesen anzusteuern, werden hier ebenfalls einige Variablen vor der `setup`-Funktion deklariert. Der `int` Wert `vibraPin` speichert die Pinnummer, an dem der Motor angeschlossen wird. Möchte man ihn nachträglich an einem anderen Pin anschließen, muss nur diese eine Variable geändert werden. Der `int` Wert `maxBelastung` wird von der SmartSole App übergeben. Dort kann der Nutzer individuell seine maximal erlaubte Belastung einstellen und an den Arduino schicken. Bei der Deklaration ist dieser Wert sehr hoch gewählt, damit er beim Start der Anwendung nicht unmittelbar überschritten wird.

```
17 int vibraPin = 7; // the number of the Vibration Motor's pin
18 int maxBelastung = 1000;
```

Abbildung 79: Die Variablen für die Nutzung des Vibrationsmotors werden vor der `setup`-Funktion deklariert.

Um den Pin zu verwenden, muss er zunächst als ein Output Pin deklariert werden. Außerdem wird er beim Start der Anwendung auf `LOW` gesetzt, damit er erst zu vibrieren beginnt, wenn die Belastungsgrenze überschritten wird.

```
39 // set the digital pin as output:
40 pinMode (vibraPin,OUTPUT);
41 digitalWrite(vibraPin, LOW);
```

Abbildung 80: Der Vibrationsmotor wird implementiert.

Sobald der User die maximal erlaubte Belastung überschreitet, wird der digitale `vibraPin` auf `HIGH` gesetzt, eine Sekunde gewartet und daraufhin wieder auf `LOW` gesetzt. Dies bedeutet, dass der Motor für eine Sekunde vibriert. Dabei werden sowohl die gesammelten Daten des vorderen, als auch des hinteren Sensors kontrolliert.

```
198 // Der vibraPin wird HIGH gesetzt, wenn die maximal erlaubte Belastung überschritten wird.
199 if (belastungVorne > maxBelastung || belastungHinten > maxBelastung)
200 {
201     digitalWrite(vibraPin, HIGH); // turn the Vibration Motor on (HIGH is the voltage level)
202     delay(1000); // wait for a second
203     digitalWrite(vibraPin, LOW);
204     delay(1000);
205 }
```

Abbildung 81: Überschreitet der User die Belastungsgrenze, erhält er eine fühlbare Rückmeldung.

## 11.5. Die Kommunikation mit der SmartSole App

Damit der User seine maximal erlaubte Belastung und die E-Mail Adresse des Empfängers an den Arduino weiterleiten kann, muss eine Kommunikation zwischen ihm und der SmartSole App möglich sein.

Dazu wird die Bridge library verwendet. Wenn diese eingebunden ist, können die Pins durch das eingeben bestimmter URLs in den Webbrowser kontrolliert werden. Eine solche URL könnte beispielsweise wie folgt aussehen:

<http://192.168.0.102 /arduino/digital/13/1>

Dieser Befehl würde an dem Arduino Yún mit der IP-Adresse 192.168.0.102 dem digitalen Pin 13 den Wert 1 zuweisen. Da sich dort die integrierte LED befindet, würde diese daraufhin beginnen zu leuchten.

192.168.0.102 ist die IP-Adresse des Arduino Yúns, der angesprochen werden soll, /digital/13 steuert den digitalen Pin 13 an. Hier können alle analogen und digitalen Pins des Arduinos genutzt werden. Dahinter wird der gewünschte Wert, der hinterlegt werden soll, platziert.

Damit sich über diese Methode die Kommunikation mit der SmartSole App realisieren lässt, muss zunächst der REST API Zugriff ohne ein Passwort erlaubt werden. Dies wird im Arduino Yún Webpanel vorgenommen.

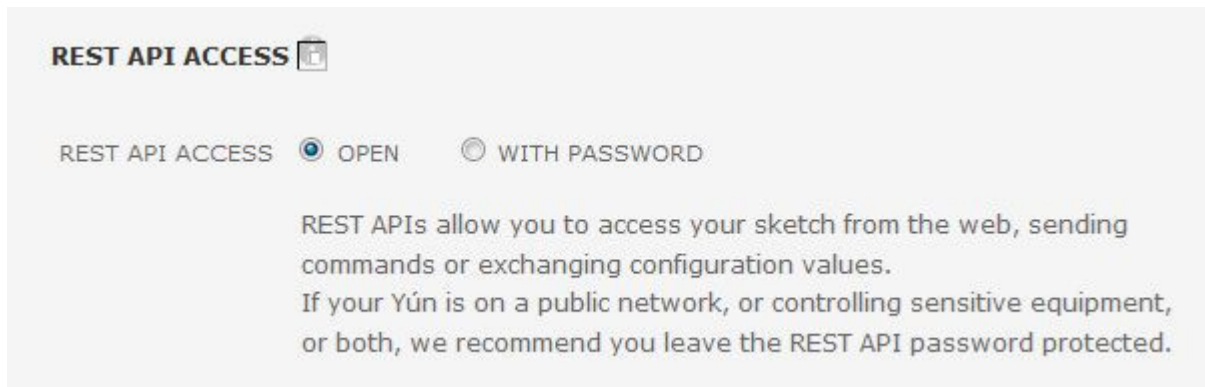


Abbildung 82: Der REST API ACCESS muss auf OPEN eingestellt werden.

Nun kann die SmartSole App bestimmte HTTP-Requests an den Arduino Yún senden und so Werte an bestimmten Pins hinterlegen.

Damit die SmartSole Anwendung eine Verbindung aufbauen kann, müssen zunächst die Bibliotheken `Bridge.h`, `YunClient.h` und `YunServer.h` eingebunden werden.

```
3 #include <Bridge.h>
4 #include <YunClient.h>
5 #include <YunServer.h>
```

Abbildung 83: Die Bibliotheken werden eingebunden.

Daraufhin werden der `YunClient` und `YunServer` erstellt. Dies geschieht ebenfalls vor der `setup`-Funktion.

```
35 YunClient client;
36 YunServer server;
```

Abbildung 84: Der `YunClient` und `YunServer`

In der `setup`-Funktion wartet der `server` bis eine Verbindung vom `localhost` aufgebaut wird. Aus dem Aspekt der Sicherheit kann der Arduino nur aus dem gleichen Netzwerk angesprochen werden.

```
54 // Listen for incoming connection only from localhost
55 // (no one from the external network could connect)
56 server.listenOnLocalhost();
57 server.begin();
```

Abbildung 85: Es wird auf eine Verbindung gewartet.

In der loop-Funktion wird, wenn der client akzeptiert wurde, die process-Funktion ausgeführt.

```
66 // Get clients coming from server
67 YunClient client = server.accept();
68
69 // There is a new client?
70 if (client) {
71     // Process request
72     process(client);
73
74     // Close connection and free resources.
75     client.stop();
76 }
77
78 delay(50); // Poll every 50ms
```

Abbildung 86: In der loop-Funktion wird die process-Funktion ausgeführt.

In dieser werden die von der App hinterlegten Daten abgefragt und gespeichert. Am analogen Pin 11 wird der Wert der maximalen Belastung hinterlegt, am analogen Pin 10 die Empfänger E-Mail Adresse.

```
String urlBase = "http://192.168.0.102/arduino/analog/10/";
String url;
try {
    if (!mailAdresse.getText().toString().equals("")){
        Log.d("Versuche Verbindung", "nachTry");
        url = urlBase.concat(mailAdresse.getText().toString());
        HttpTask httpTask = new HttpTask();
        httpTask.execute(url);
    }
}
```

Abbildung 87: Auf diese Weise wird der eingegebene Mailadresse von der App an den Arduino geschickt. Für die maximale Belastung wird ein identisches Schema verwendet.

Da es sich bei der Mailadresse um einen String handelt, wird beim Übergeben der Variable automatisch ein Zeilenumbruch (`\u000d`) angehängt. Damit die Adresse jedoch verwendet werden kann, muss dieser entfernt werden. Dies geschieht durch die `.replace` Methode. Dabei wird der erste Parameter (hier „`\u000d`“) mit dem zweiten Parameter (hier ein leerer String, `""`) ersetzt. Außerdem wird die Variable `success` wieder auf `false` gesetzt, damit nach dem Erhalten einer neuen E-Mail Adresse eine weitere Mail verschickt werden kann.



```

235 void process(YunClient client) {
236     int pin;
237     String command = client.readStringUntil('/');
238
239     if (command == "analog"){
240         pin = client.parseInt();
241
242         if (pin == 11){
243             if (client.read() == '/') {
244                 maxBelastung = client.parseInt();
245                 Bridge.put ("All", String(maxBelastung));
246             }
247         }
248         if (pin == 10){
249             if (client.read() == '/') {
250                 mailAdresse = client.readString();
251                 altMailAdresse = mailAdresse;
252                 mailAdresse.replace ("\u000d\u000a", "");
253                 success = false;
254                 delay (500);
255             }
256         }
257     }
258 }

```

Abbildung 88: Die process-Funktion



## 12. Aufgetretene Probleme

Bei der Konzeption und Implementierung der SmartSole bin ich auf einige Probleme gestoßen. Im Folgenden möchte ich diese erläutern.

Zunächst war es schwierig, eine passende Anwendung für die Umsetzung zu finden. Manche der angedachten Ideen waren zu aufwendig und hätten den zeitlichen und finanziellen Rahmen dieser Thesis überschritten. Außerdem wäre für einige Umsetzungen ein tiefgründiges und sehr spezifisches Wissen notwendig gewesen. Sich dieses anzueignen, hätte ebenfalls den zeitlichen Rahmen überschritten. Ein weiterer schwieriger Punkt bei der Findung eines passenden Projekts war, dass einige der aufgetretenen Ideen bereits umgesetzt wurden (siehe dazu Kapitel 8 „Projektideen“).

Nachdem ich mich für die Umsetzung der SmartSole entschieden habe, stellte das nächste Problem die Wahl des passenden Drucksensors dar. Die häufig in Arduino Projekten verwendeten Sensoren können nur mit zwei oder bei einigen Modellen mit maximal 10 Kilogramm belastet werden, beispielsweise der Force Sensitive Resistor SEN – 09673 [77]. Daher sind diese für die umzusetzende Anwendung ungeeignet. Nach einiger Recherche bin ich daraufhin auf den Load Sensor 50kg Seeedstudio TEM01052B [78] gestoßen. Dieser ist zwar auf eine Belastung bis zu 50 Kilogramm ausgelegt, jedoch ist das gemessene Signal so gering, dass ein zusätzlicher Signalverstärker notwendig ist. Dies und seine Inflexibilität, die für die Verwendung in einer Einlegesohle unpassend ist, waren die ausschlaggebenden Punkte, dass ich mich gegen seine Verwendung entschieden habe.



Abbildung 89: Der Load Sensor 50kg Seeedstudio TEM01052B [37]

Daraufhin habe ich mich für den FlexiForce Drucksensor – 100lbs SEN-08685 [79] entschieden. Dieser ist ebenfalls für die Belastung von ungefähr 50 Kilogramm ausgelegt und in seiner Bauweise flexibler. Außerdem ist bei seiner Verwendung kein zusätzlicher Verstärker notwendig. Jedoch hat mich die Suche nach dem passenden Sensor für die SmartSole viel Zeit gekostet, da ich die Informationen aus vielen verschiedenen Quellen, darunter auch einige Foren, beziehen musste.



## 13. Schluss

### 13.1. Zusammenfassung

Im Folgenden soll dargestellt werden, wie ich beim Erstellen dieser Arbeit vorgegangen bin.

Zunächst habe ich mich intensiv in das Themengebiet Internet of Things eingearbeitet. Mir wurde bewusst, wie weitreichend das Feld bereits ist, aber auch, dass ein großer Entwicklungsbedarf besteht. Jedoch konnte ich feststellen, dass aktuell intensiv daran gearbeitet und geforscht wird, um vor allem das Erreichen eines allgemeingültigen Standards und die Datensicherheit weiter voran zu bringen. Dies sind meiner Meinung nach auch zukünftig die Felder mit dem größten Entwicklungsbedarf. Bei meiner Recherche hat mich vor allem der Auf- und Umbau der Modellstadt Milton Keynes (Kapitel 4.1.) beeindruckt, wo exemplarisch eine auf dem Internet der Dinge basierte Umgebung realisiert werden soll. Durch diesen flächendeckenden Versuch kann die Interaktion zwischen mehreren IoT-Systemen erprobt und an seiner Weiterentwicklung gearbeitet werden.

Im Bereich des mobilen Internets der Dinge war ich überrascht, wie weit die spezifische Forschung momentan ist. Vor allem im Bereich der Energieversorgung (Kapitel 7.6.) und bei einigen bereits vorhandenen mobilen Internet-of-Things-Anwendungen (Kapitel 5) hat mich der momentane Stand der Technik positiv beeindruckt.

Während der Rechercharbeit an diesen Themen entwickelte ich einige Projektideen (Kapitel 8), die ich daraufhin intensiv auf ihre Realisierbarkeit überprüft habe. Nach dem Abwägen habe ich mich dazu entschlossen, die SmartSole Anwendung zu realisieren. Diese ist eine intelligente Schuheinlegesohle, die für Patienten mit einem verletzten Bein oder Fuß konzipiert ist. Wenn der Patient eine eingestellte maximale Belastung überschreitet, soll durch einen eingegliederten Vibrationsmotor eine fühlbare Rückmeldung erfolgen. Die hierfür notwendigen Daten sollen durch integrierte Drucksensoren gesammelt und von einem Arduino System analysiert werden. Die maximale Belastungsgrenze kann von einem Arzt oder Physiotherapeuten verordnet und über eine zugehörige App eingestellt werden.

Die ausschlaggebenden Gründe für diese Implementierung sind, dass sie sowohl den zeitlichen als auch den finanziellen Rahmen dieser Bachelor Thesis nicht überschreitet. Außerdem lässt sich diese Anwendung eindeutig dem Gesundheitssektor zuordnen, wo ich für die Zukunft viele Chancen sehe. Des Weiteren kann sie für verschiedene Verletzungsarten angewendet werden, beispielsweise postoperativ, bei Frakturen oder Bänderverletzungen im Bein- beziehungsweise Fußbereich. Dadurch ist sie nicht zu spezifisch, sondern repräsentativ. Außerdem könnte die Anwendung bei Bedarf erweitert werden, um zum Beispiel auf eine dauerhafte Fehlbelastung aufmerksam zu machen.

Nachdem ich mich für die Umsetzung der SmartSole entschieden habe, habe ich mich mit ihren spezifischen Anforderungen auseinandergesetzt und die daraus resultierenden Schlüsse gezogen (Kapitel 9). Unter anderem sollte die Implementierung unter der Verwendung des Arduino Yún erfolgen (Kapitel 9.2.). Dieser ist erst seit kurzem erhältlich und bietet dem Nutzer viele Möglichkeiten, da er zusätzlich zum Mikrocontroller einen auf Linux basierten Mikroprozessor integriert hat. Außerdem bot seine Verwendung einen Anreiz, da es von der Hochschule Offenburg bisher noch keine studentischen Arbeiten unter seinem Einbezug gab.

Nachdem die einzelnen notwendigen Komponenten ausgewählt, bestellt und geliefert waren, habe ich mich mit dem technischen Aufbau der SmartSole Anwendung (Kapitel 10) beschäftigt. Sehr geholfen hat mir dabei die Fritzing Software. Diese unterstützt den Nutzer bei der Konzeption von Schaltungen und Stromkreisläufen mit einem Arduino System. Daraufhin habe ich die so geplanten Anschlüsse realisiert und in eine Schuheinlage integriert.

Im Weiteren habe ich mich mit der Programmierung des Arduinos (Kapitel 11) und der zugehörigen SmartSole App beschäftigt. Auffallend war, dass ich viele Informationen aus Foren, Blogs und Communities bezogen habe. Einer der Gründe hierfür ist, dass die Arduino Plattform sich vorrangig an Bastler, Studenten und Künstler richtet. Sie stehen im Internet in Kontakt miteinander und tauschen Erfahrungen und Tipps aus. So konnte ich die Implementierung der SmartSole Anwendung erfolgreich abschließen.

## 13.2. Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Internet der Dinge immer mehr Einfluss auf unser Leben haben wird. So werden sich unter anderem Anwendungen für die Bereiche Smart Home, Gesundheit, Automobil und Wearable immer weiter in den Alltag integrieren. Dass dies sowohl Chancen, als auch Risiken birgt, wurde in dieser Ausarbeitung erläutert.

Die in dieser Bachelor Thesis konzipierte und realisierte mobile Internet-of-Things-Anwendung lässt sich dem Gesundheitsbereich zuweisen.

Hierbei sehe ich für die Zukunft einen großen und weiterhin wachsenden Markt. Ein Grund hierfür ist beispielsweise der demografische Wandel. Die Bevölkerung der Industrieländer wird immer älter, wodurch die Nachfrage im Gesundheits- und Pflegebereich ebenfalls wachsen wird.

Hier bietet unter anderem die Pflege von Zuhause viele Möglichkeiten, das Internet of Things zu integrieren. Durch die Vernetzung verschiedener Geräte und die Option, dass diese untereinander autonom kommunizieren, können viele neue Chancen erschaffen werden. Beispielsweise könnte die Koordination der Pflege erleichtert werden, wenn mehrere Parteien (z.B. Patienten, Ärzte, Pflegepersonal, Angehörige, medizinische Dienste etc.) in diese involviert sind, da Daten eigenständig gesammelt, analysiert, gespeichert und übertragen werden können. So könnte zum Beispiel ein smartes Blutdruckmessgerät Daten erfassen und an den behandelnden Arzt weiterleiten. Er könnte diese analysieren und ein darauf abgestimmtes Medikament verschreiben. Angehörige oder ein Lieferdienst könnten dem Patienten die Medizin bringen und er hätte, ohne aktiv einzugreifen oder das Haus verlassen zu müssen, ein auf seine Werte abgestimmtes Arzneimittel.

Außerdem bietet die steigende Patientenzahl mit sogenannten Zivilisationskrankheiten, wie beispielsweise Bluthochdruck, Diabetes oder Fettleibigkeit, ebenfalls viele Chancen und Möglichkeiten, das Internet der Dinge zu integrieren und so die Lebensqualität zu verbessern. Hier könnte beispielsweise eine Weiterentwicklung der im praktischen Teil dieser Bachelor Thesis umgesetzten SmartSole ihren Einsatz finden. Da Patienten mit einer fortgeschrittenen Diabetes vermehrt Probleme mit der Blutversorgung in den Extremitäten haben, kommt es häufig und unbemerkt zu deren Verletzung. Diese verheilen meist schlecht und es kann bis zu chronischen Wunden kommen, welche gefährliche Entzündungen mit sich bringen können. Hier könnte eine intelligente Schuheinlage vor der weiteren Überbelastung schützen und so den Heilungsprozess voranbringen.

Des Weiteren kann das Internet of Things bei der Bekämpfung von Fettleibigkeit oder zur Unterstützung im allgemein Sportbereich agieren. Es können Ernährungs-, Leistungs- und medizinische

Daten gesammelt, zusammengeführt und analysiert werden. Daraus können auf den Einzelnen abgestimmte Trainings- und Ernährungspläne erstellt und die Gesundheit überwacht werden. Somit bietet das Internet der Dinge auch in diesem Bereich die Chance, die Lebensqualität seiner User zu verbessern.

Bis das Internet of Things uns so weit in unserem Leben unterstützen kann, besteht noch Entwicklungsbedarf. Einige Nationen aber auch führende Unternehmen treiben diese Forschung voran. Dabei ist vor allem der richtige Umgang mit den gesammelten Daten, insbesondere ihrer Speicherung und Sicherheit, ein wichtiger Aspekt. Hierbei ist das Cloud Computing zu nennen, welches weiter ausgebaut und entwickelt werden muss. Außerdem ist, vorwiegend im Wearable Bereich, die Energieversorgung ein großes Forschungsfeld. Jedoch würde ich das Erreichen eines weltweit allgemeingültigen Standards als das Hauptziel der Entwicklung ansehen. Darunter würde die Realisierung einer weltweit eindeutigen Richtlinie für den Umgang mit, vor allem im medizinischen Bereich, hochsensiblen Daten fallen, aber auch die Nachhaltigkeit der Geräte und die Aufklärung der Nutzer im verantwortungsbewussten Umgang mit dem Internet der Dinge.

Durch das Bearbeiten dieser Bachelor Thesis habe ich einen Einblick in das Internet of Things erhalten. Ich habe erkannt, dass es viele positive Aspekte und Möglichkeiten mit sich bringt. Jedoch bin ich auch vielen negativen Punkten und Problemen begegnet. Vor allem der Datenschutz ist kritisch zu sehen, aber auch eine drohende Abhängigkeit. Denn je mehr wir das Internet der Dinge in unser Leben integrieren, desto eher können wir auf diese Anwendungen und die Technik angewiesen sein. Ebenfalls kritisch zu sehen ist die noch fehlende Aufklärung für die breite Masse. Bisher ist es sehr undurchsichtig wo, wann und welche Daten von uns gesammelt werden, wem diese gehören und was genau mit ihnen geschieht. Durch eine Ausbreitung des Internet of Things wird sich das Sammeln von Informationen ebenfalls ausweiten. Dies in das Bewusstsein der Menschen zu rufen, aber auch passende Gesetze und Regelungen zu finden, ist ein Ziel an dem die Politik und Forschung in Zukunft arbeiten müssen.





## Literaturverzeichnis

- [1] multimediaman, *PE and "The Internet of Things"* Available: <https://multimediaman.files.wordpress.com/2013/02/kevinashton.jpg> (2014, Oct. 23).
- [2] *Standard RFID Tags*. Available: [http://www.labeloutlet.com/sites/labeloutlet.com/files/RFID\\_standard-large.jpg](http://www.labeloutlet.com/sites/labeloutlet.com/files/RFID_standard-large.jpg) (2014, Oct. 23).
- [3] *What are the Basic Benefits of Cloud Computing?* Available: <http://whitehatsme.com/what-are-the-basic-benefits-of-cloud-computing/> (2014, Oct. 23).
- [4] K. Frampton, *The Differences between IaaS, SaaS, and PaaS*. Available: <http://www.smartfile.com/blog/wp-content/uploads/2013/06/UnderstandingCloudComputing-e12911886773681.jpg> (2014, Nov. 03).
- [5] tado GmbH, *Das smarte Thermostat*. Available: [www.tado.com/de/](http://www.tado.com/de/) (2014, Oct. 14).
- [6] goodnightlamp. Available: <http://instagram.com/goodnightlamp> (2014, Oct. 23).
- [7] *digitalSTROM Produkte*. Available: [http://www.digitalstrom.com/out/pictures/master/category/thumb/digitalstrom\\_rote\\_gelbe\\_gruene\\_klemme.jpg](http://www.digitalstrom.com/out/pictures/master/category/thumb/digitalstrom_rote_gelbe_gruene_klemme.jpg) (2014, Oct. 23).
- [8] "Wieso »Ein/Aus« von gestern ist," *Markt & Technik*, no. 32, p. 26, [http://entwicklung.elektro-treff.de/homepagebaukasten\\_config/userfiles/10002446/uploadbilder/marktundtechnik321012.pdf](http://entwicklung.elektro-treff.de/homepagebaukasten_config/userfiles/10002446/uploadbilder/marktundtechnik321012.pdf), 2012.
- [9] *hue - Das System*. Available: <http://www2.meethue.com/de-de/was-ist-hue/das-system/> (2014, Oct. 23).
- [10] N. Trentmann, "In der Stadt der Zukunft ist alles vernetzt: Milton Keynes ist die britische Modellstadt für das Internet der Dinge," *Berliner Morgenpost*, 10 Oct, p. 7, 2014, [https://www.wiso-net.de:443/document/BMP\\_\\_129719368](https://www.wiso-net.de:443/document/BMP__129719368).
- [11] ohne Autor, *LUMOback slouch sensor*. Available: <http://www.coolkaboodle.com/wp-content/uploads/2013/06/posture-correct.jpg> (2014, Nov. 11).
- [12] J.-H. Kim, *Polo Tech: Ralph Lauren bringt Hightech in Polohemdfaser*. Available: <http://o.aolcdn.com/hss/storage/midas/e848f7c9490c8e647ab8c399ea173ea/200634283/ralph-lauren-wearable-2014-08-25-01.jpg> (2014, Nov. 11).
- [13] AppleInsider Staff, *Ralph Lauren debuts iOS-connected fitness & health tracking Polo Tech t-shirt*. Available: <http://cdn1.appleinsider.com/gallery/10259-2417-poloshots-140825-l.png> (2014, Nov. 11).
- [14] N. Lavars, *Fin thumb ring gets gesture control in hand*. Available: [http://images.gizmag.com/hero/fin\\_thumb\\_ring.jpg](http://images.gizmag.com/hero/fin_thumb_ring.jpg) (2014, Nov. 11).
- [15] P. Maiti, *Fin Wearable Features: Fingers Connect Everything*. Available: <http://www.gizbot.com/img/2014/08/13-1407938695-fin1.jpg> (2014, Nov. 11).
- [16] ohne Autor, *Bragi: Introducing THE DASH*. Listen. Track. Communicate, 2014.
- [17] ohne Autor, *My BMW Remote app from BMW Assist*. Available: <http://www.murphygunn.com/imglib/murphygunn2013/newbmw/bmw-x1/connectivity.jpg> (2014, Nov. 11).
- [18] Christian72. Available: <http://img251.imageshack.us/img251/5710/dsci03832.jpg> (2014, Nov. 06).
- [19] Mattes, *Digitale Armbanduhr von Casio, 2012*. Available: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Armbanduhr\\_Casio\\_DB-360N-1AEF.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Armbanduhr_Casio_DB-360N-1AEF.JPG) (2014, Nov. 06).

- [20] C. Smith, *Sony SmartWatch 2 arrives in Europe to battle Samsung Galaxy Gear*. Available: [http://cdn1.mos.techradar.futurecdn.net///art/Watches/Sony/Hands%20on/Sony\\_Smartwatch\\_2\\_review\\_12-578-80.JPG](http://cdn1.mos.techradar.futurecdn.net///art/Watches/Sony/Hands%20on/Sony_Smartwatch_2_review_12-578-80.JPG) (2014, Nov. 06).
- [21] M. C. Koetse, *Hightech-Pflaster misst Temperatur und Puls*. Available: [http://images01.futurezone.at/MMK\\_0343\\_Skinpatch\\_lrg.jpg/940x540nocrop2/24.518.745](http://images01.futurezone.at/MMK_0343_Skinpatch_lrg.jpg/940x540nocrop2/24.518.745) (2014, Nov. 06).
- [22] G. Bieber, *Microsoft Smartwatch auch für Android und iOS*. Available: <http://www.next-gamer.de/wp-content/uploads/2014/05/microsoft-smartwatch.jpg> (2014, Dec. 16).
- [23] ohne Autor, *Bluetooth Smart Ready*. Available: <http://www.bluetooth.com/SiteCollectionImages/LogoBluetoothSmart.jpg> (2014, Nov. 10).
- [24] ohne Autor, *Apples neues iPad im Detail*. Available: [http://www.player.de/wp-content/uploads/2012/03/apple\\_neues\\_ipad\\_touchscreen.jpg](http://www.player.de/wp-content/uploads/2012/03/apple_neues_ipad_touchscreen.jpg) (2014, Nov. 10).
- [25] Präfektur Fukui, *Textilien mit Mikro-Solarzellen*. Available: [http://www.dwih-tokyo.jp/fileadmin/customer/dwih/news/Tex\\_Mikrosolarzelle.jpg](http://www.dwih-tokyo.jp/fileadmin/customer/dwih/news/Tex_Mikrosolarzelle.jpg) (2014, Nov. 10).
- [26] A. Aius, *Erfolgszwang für die Superfolie*. Available: [http://www.spektrum.de/fm/912/thumbnails/graphen\\_sdtop.jpg.1027222.jpg](http://www.spektrum.de/fm/912/thumbnails/graphen_sdtop.jpg.1027222.jpg) (2014, Nov. 10).
- [27] Seibersdorf Labor GmbH, *App und UV-Sensor warnen vor Sonnenbrand*. Available: <http://images04.futurezone.at/24475551-seibersdorf+Labor+GmbH/626x352/24.485.553?jpg> (2014, Dec. 01).
- [28] I. HydraCoach. Available: <http://www.hydracoach.com/applications/images/PROD020096-blue.jpg> (2014, Dec. 01).
- [29] OPED GmbH, *Gruppenbild: VACOankle mit VACOped*. Available: [http://www.vacoankle.com/media/images/common/vacoankle5\\_gr.jpg](http://www.vacoankle.com/media/images/common/vacoankle5_gr.jpg) (2014, Dec. 02).
- [30] Arduino, *Arduino GSM Shield Front*. Available: [http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoGSMShield\\_Front.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoGSMShield_Front.jpg) (2014, Dec. 09).
- [31] ohne Autor, *Arduino WiFi Shield Front*. Available: [http://arduino.cc/en/uploads/Main/A000058\\_front.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/A000058_front.jpg) (2014, Dec. 09).
- [32] ohne Autor, *Overview*. Available: <http://arduino.cc/en/uploads/Main/YunParts.png>.
- [33] ohne Autor, *Arduino Yún Front*. Available: [http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoYunFront\\_2.jpg](http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoYunFront_2.jpg) (2014, Dec. 11).
- [34] Z. Romano, *The Power of Temboo: connect the Yún to 100+ APIs*. Available: <http://blog.arduino.cc/wp-content/uploads/2013/09/1-Arduino-Temboo-schema.png> (2014, Dec. 31).
- [35] ohne Autor, *Embedding a Chart*. Available: <https://thingspeak.com/docs/charts> (2014, Dec. 31).
- [36] ohne Autor, *Apps*. Available: <https://thingspeak.com/apps> (2014, Dec. 31).
- [37] ohne Autor, *Load Sensor: SKU: TEM01052B*. Available: <http://www.seeedstudio.com/depot/images/product/loadsensor.jpg> (2015, Jan. 05).
- [38] E. Alsabbagh, H. Yu, and K. Gallagher, *802.11ac Design Considerations for Mobile Devices*. Available: <http://www.microwavejournal.com/ext/resources/images/Figures/2013/Feb/2M30/2M30T1x500.jpg> (2014, Dec. 13).
- [39] L. Brand, T. Hülser, V. Grimm, and A. Zweck, *Internet der Dinge - Perspektiven für die Logistik: Übersichtsstudie*. Düsseldorf, 2009.
- [40] H. Ning, *Unit and ubiquitous Internet of Things*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013.

- [41] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [42] M. Kavis, *Architecting the cloud: Design decisions for cloud computing service models (SaaS, PaaS, AND IaaS)*. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2014.
- [43] ohne Autor, *Good Night Lamp*. Available: [www.goodnightlamp.com](http://www.goodnightlamp.com) (2014, Oct. 17).
- [44] digitalSTROM AG, *Ein / Aus war gestern: Endlich intelligenter Strom für mehr Komfort und ein völlig neues Wohngefühl*. Available: <http://www.digitalstrom.com/> (2014, Oct. 17).
- [45] ohne Autor, *hue: personal wireless lighting*. Available: <http://www2.meethue.com/de-de/> (2014, Oct. 17).
- [46] M. Shirer, *Worldwide Wearable Computing Market Gains Momentum with Shipments Reaching 19.2 Million in 2014 and Climbing to Nearly 112 Million in 2018*. Framingham, Massachusetts, 2014.
- [47] N. Trentmann, "Wenn die Tonne funkt: Im britischen Milton Keynes wird der komplette Alltag vernetzt - zur Probe. Doch Gefahren lauern," *Welt kompakt*, 10 Oct, pp. 26–27, 2014, [https://www.wiso-net.de:443/document/DWK\\_\\_129717487](https://www.wiso-net.de:443/document/DWK__129717487).
- [48] B. Lorenzoni, "Smart-City-Vorreiter Kopenhagen, Smart-City-Profiteur Distribution: Zu den Smart-City-Vorreitern zählt Kopenhagen. Bis 2025 möchte die dänische Metropole die erste klimaneutrale Hauptstadt der Welt sein. Ein immenses Potenzial für IoT und die Bauteilebeschaffung," *Elektronik Praxis*, no. 616, pp. 58–60, [https://www.wiso-net.de:443/document/EPRA\\_\\_429317660](https://www.wiso-net.de:443/document/EPRA__429317660), 2014.
- [49] ohne Autor, *Lumo Back.: Quantify the invisible*. Available: <http://www.lumobodytech.com/lumoback/> (2014, Oct. 21).
- [50] D. Wollman, *A closer look at Ralph Lauren's smart shirt for athletes*. Available: <http://www.engadget.com/2014/08/25/ralph-lauren-tech-polo-shirt/> (2014, Oct. 20).
- [51] ohne Autor, *Ralph Lauren: Das Polo Tech Shirt: Der nächste Entwicklungsschritt bei tragbarer Technologie*. Available: [http://www.ralphlauren.de/family/index.jsp?categoryId=38779511&AB=de\\_DE\\_POLOSUPERSLIDEFA14\\_HP\\_Polo\\_HERO\\_S1\\_ExploreNow](http://www.ralphlauren.de/family/index.jsp?categoryId=38779511&AB=de_DE_POLOSUPERSLIDEFA14_HP_Polo_HERO_S1_ExploreNow) (2014, Oct. 20).
- [52] Marion, *Polo Tech misst Fitness seines Trägers*. Available: <http://www.sparwelt.de/magazin/elektronik-und-unterhaltung/polo-tech-misst-fitness-seines-traegers> (2014, Oct. 20).
- [53] ohne Autor, *fin: wear the world* (2014, Oct. 21).
- [54] ohne Autor, *My BMW Remote App*. Available: [http://www.bmw.com/com/de/owners/bmw\\_apps\\_2013/apps/my\\_bmw\\_remote\\_app/](http://www.bmw.com/com/de/owners/bmw_apps_2013/apps/my_bmw_remote_app/) (2014, Oct. 21).
- [55] Manne Kreuzer, *Die Wearables kommen*. Available: <http://www.elektroniknet.de/embedded/entwicklungstools/artikel/104826/> (2014, Nov. 14).
- [56] J. Wei, "How Wearables Intersect with the Cloud and the Internet of Things: Considerations for the developers of wearables," *IEEE Consumer Electron. Mag*, vol. 3, no. 3, pp. 53–56, 2014.
- [57] "Introduction," in *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications*, E. Sazonov and M. R. Neuman, Eds.: Elsevier, 2014, pp. xi.
- [58] T. Starner, "How Wearables Worked their Way into the Mainstream," *IEEE Pervasive Comput*, vol. 13, no. 4, pp. 10–15, 2014.

- [59] S. Park, K. Chung, and S. Jayaraman, "Wearables: Fundamentals, Advancements, and a Roadmap for the Future," in *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications*, E. Sazonov and M. R. Neuman, Eds.: Elsevier, 2014, pp. 1–23.
- [60] A. Donath, *Sportkopfhörer mit Knochenleitung*. Keine Abschottung. Available: <http://www.golem.de/news/keine-abschottung-sportkopfhoerer-mit-knochenleitung-1408-108338.html> (2014, Dec. 16).
- [61] F. Schumacher, *Energy Harvesting for Wearables*. Available: <http://www.wearable-technologies.com/2014/07/energy-harvesting-for-wearables/> (2014, Nov. 05).
- [62] S. Gaffron, *Graphen wird technologische Welt revolutionieren: Das Material Graphen ist hauchdünn, flexibel, leitfähig und stärker als Stahl. Die Wunderfolie könnte Europas Wirtschaft zukunftssicher machen. Nur ihr enormer Preis ist noch ein Problem*. Available: <http://www.welt.de/wissenschaft/article129579424/Graphen-wird-technologische-Welt-revolutionieren.html> (2014, Dec. 16).
- [63] K. Karrer-Gauß, "Prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung: Ableitung von Gestaltungsempfehlungen zur Vermeidung von Risikokompensation aus empirischen Untersuchungen," Promotion, Technischen Universität Berlin, Berlin, 2012.
- [64] B. Uhlmann, "Sieben Mythen über den Sonnenschutz: Wer Sonnencreme verwendet ist sicher? Und erst mit Sonnenbränden steigt die Hautkrebsgefahr? Beim Thema Sonnenschutz gibt es gefährlich viel Irrglaube. Was Sie wissen sollten, wenn Sie das lang ersehnte Sommerwetter genießen wollen," *Die Süddeutsche Zeitung*, 22 Jun, 2012, <http://sz.de/1.1387152>.
- [65] Seibersdorf Labor GmbH, *NFC-based Ultra-Violet (UV) Measurements for Sunburn Prevention (Patents pending)*. Available: <https://www.seibersdorf-laboratories.at/produkte/elektromagnetische-felder/wireless-applications/nfc-near-field-communication/uv-skin-protection.html> (2014, Nov. 20).
- [66] ohne Autor, *Intelligent Water Bottle: It Thinks While you Drink*. Available: <http://www.hydracoach.com/> (2014, Nov. 25).
- [67] W. Pauler, *802.11ac: Neues WLAN "5G WiFi" kommt zur CES*. Available: [http://www.chip.de/news/802.11ac-Neues-WLAN-5G-WiFi-kommt-zur-CES\\_47203355.html](http://www.chip.de/news/802.11ac-Neues-WLAN-5G-WiFi-kommt-zur-CES_47203355.html) (2014, Dec. 13).
- [68] D. Ngo, *5G Wi-Fi (802.11ac) explained: It's cool*. Available: <http://www.cnet.com/news/5g-wi-fi-802-11ac-explained-its-cool/> (2014, Dec. 13).
- [69] Arduino, *Arduino GSM Shield*. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield> (2014, Dec. 09).
- [70] ohne Autor, *Arduino WiFi Shield*. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield> (2014, Dec. 09).
- [71] ohne Autor, *Arduino Yún*. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun> (2014, Dec. 09).
- [72] A. Schlenker and M. Schlenker, *Unser Weihnachtsbaum zwitschert uns was! 2. Teil: Mit Temp(bo) in Netz*. Available: <http://www.arduino-hausautomation.de/2013/unser-weihnachtsbaum-erster-tweet/> (2014, Dec. 30).
- [73] ohne Autor, *Create, Make, Code the Internet of Everything*. Available: <https://www.temboo.com/> (2014, Dec. 30).
- [74] ohne Autor, *Billions and Billions.: The open data platform for the Internet of Things*. Available: <https://thingspeak.com/> (2014, Dec. 31).
- [75] G. Pühl, *Die IoT-Plattform ThingSpeak im Praxistest*. Available: <http://blog.zuehlke.com/die-iot-plattform-thingspeak-im-praxistest/> (2014, Dec. 31).

- [76] ohne Autor, *fritzing: electronics made easy*. Available: <http://fritzing.org/home/> (2015, Jan. 09).
- [77] ohne Autor, *FSR® 400*. Available: <http://www.interlinkelectronics.com/FSR400.php> (2015, Jan. 05).
- [78] ohne Autor, *Load Sensor - 50kg: SEN-10245*. Available: <https://www.sparkfun.com/products/10245> (2015, Jan. 05).
- [79] ohne Autor, *FlexiForce® Sensors: Standard FlexiForce Sensors for Force Measurement*. Available: <http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors> (2015, Jan. 05).



# Anhang

## Anhang A: Der Arduino Code

```
//-----Einbinden der Bibliotheken -----  
  
#include <Bridge.h>  
#include <YunClient.h>  
#include <YunServer.h>  
#include <Console.h>  
#include <HttpClient.h>  
#include <Temboo.h>  
  
#include "TembooAccount.h" // contains Temboo account information  
#include "GMailAccount.h" // contains Gmail account information  
  
//-----Variablen implementieren und deklarieren -----  
  
boolean success = false; // a flag to indicate whether we've sent the  
                          // email yet or not  
String mailAdresse = "Empty";  
String altMailAdresse = "Empty";  
int vibraPin = 7; // the number of the Vibration Motor's pin  
int maxBelastung = 1000;  
int pressSensorVorne = 2; // the number of the first pressure sensor's pin  
int pressSensorHinten = 0; // the number of the second pressure sensor's pin  
  
// ThingSpeak Settings  
char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";  
String writeAPIKey = "GZDZIT1YKNØR7Q1K ";  
// Time interval in milliseconds to update ThingSpeak (number of seconds * 1000 =  
// interval)  
const int updateThingSpeakInterval = 16 * 1000;  
// Variable Setup  
long lastConnectionTime = 0;  
boolean lastConnected = false;  
int failedCounter = 0;  
  
YunClient client;  
YunServer server;  
  
//-----setup-Funktion -----  
  
void setup() {  
  
// set the digital pin as output:  
pinMode (vibraPin,OUTPUT);  
digitalWrite(vibraPin, LOW);  
  
pinMode(13,OUTPUT);  
digitalWrite(13, LOW);  
Bridge.begin();  
digitalWrite(13, HIGH);  
  
}
```

```

Console.begin();

// Listen for incoming connection only from localhost
// (no one from the external network could connect)
server.listenOnLocalhost();
server.begin();
}

void loop()
{

//-----Verbindung zur App aufbauen -----

// Get clients coming from server
YunClient client = server.accept();

// There is a new client?
if (client) {
  // Process request
  process(client);

  // Close connection and free resources.
  client.stop();
}

delay(50); // Poll every 50ms

//-----TEMBOO -----

// only try to send the email if we haven't already sent it
// successfully and we received a mailAdresse
if (!success && mailAdresse != "Empty") {

  Console.println("E-Mail wird gesendet...");
  Console.println("\n");
  TembooChoreo SendEmailChoreo;

  // invoke the Temboo client
  SendEmailChoreo.begin();

  // set Temboo account credentials
  SendEmailChoreo.setAccountName(TEMBOO_ACCOUNT);
  SendEmailChoreo.setAppKeyName(TEMBOO_APP_KEY_NAME);
  SendEmailChoreo.setAppKey(TEMBOO_APP_KEY);

  // identify the Temboo Library choreo to run (Google > Gmail > SendEmail)
  SendEmailChoreo.setChoreo("/Library/Google/Gmail/SendEmail");

  // the first input is your Gmail email address
  SendEmailChoreo.addInput("Username", GMAIL_USER_NAME);
  // next is your Gmail password.
  SendEmailChoreo.addInput("Password", GMAIL_PASSWORD);
  // who to send the email to
  String ToAddress = mailAdresse;
  SendEmailChoreo.addInput("ToAddress", ToAddress);
}
}

```



```

// then a subject line
SendEmailChoreo.addInput("Subject", "Das Belastungsdiagramm");

// next comes the message body, the main content of the email
SendEmailChoreo.addInput("MessageBody", "Hallo, klicken Sie hier, um das
    Belastungsdiagramm zu sehen: https://thingspeak.com/channels/22634 ");

// tell the Choreo to run and wait for the results. The
// return code (returnCode) will tell us whether the Temboo client
// was able to send our request to the Temboo servers
unsigned int returnCode = SendEmailChoreo.run();

// a return code of zero (0) means everything worked
if (returnCode == 0) {
    Console.println("Die E-Mail wurde erfolgreich versendet.");
    Console.println("\n");
    success = true;
} else {
    // a non-zero return code means there was an error
    // read and print the error message
    while (SendEmailChoreo.available()) {
        char c = SendEmailChoreo.read();
        Console.print(c);
    }
}
SendEmailChoreo.close();
delay(1500);
}

//-----Sensoren auslesen und Belastung ermitteln -----

// read the input on analog pin 0 & 2:
int sensorValueVorneX = analogRead(pressSensorVorne);
delay(10);

// Damit das Ergebnis der Sensormessung nicht verfälscht wird,
// wird der erst gemessene Wert sensorValueVorneX nicht verwendet.
int sensorValueVorne = analogRead(pressSensorVorne);
int sensorValueHintenX = analogRead(pressSensorHinten);
delay(10);

// Damit das Ergebnis der Sensormessung nicht verfälscht wird,
// wird der erst gemessene Wert sensorValueHintenX ebenfalls nicht verwendet.
int sensorValueHinten = analogRead(pressSensorHinten);

// Kalibrieren des Sensors
int belastungVorne ;
int belastungHinten ;

if (sensorValueVorne <= 220){
    belastungVorne = 0;}
else if (220 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 420){
    belastungVorne = 1;}

```

```

else if (420 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 520){
  belastungVorne = 2;}
else if (520 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 620){
  belastungVorne = 3;}
else if (620 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 720){
  belastungVorne = 4;}
else if (720 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 820){
  belastungVorne = 5;}
else if (820 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 920){
  belastungVorne = 6;}
else if (920 < sensorValueVorne && sensorValueVorne < 1020){
  belastungVorne = 7;}
else {
  belastungVorne = 8;}

if (sensorValueHinten <= 120){
  belastungHinten = 0;}
else if (120 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 320){
  belastungHinten = 1;}
else if (320 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 420){
  belastungHinten = 2;}
else if (420 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 520){
  belastungHinten = 3;}
else if (520 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 620){
  belastungHinten = 4;}
else if (620 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 720){
  belastungHinten = 5;}
else if (720 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 820){
  belastungHinten = 6;}
else if (820 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 920){
  belastungHinten = 7;}
else if (920 < sensorValueHinten && sensorValueHinten < 1020){
  belastungHinten = 8;}
else {
  belastungHinten = 9;}

String hintenString = String(belastungHinten, DEC);
String vorneString = String (belastungVorne, DEC);

//-----Rückmeldung durch den Vibrationsmotor -----

// Der vibraPin wird HIGH gesetzt, wenn die maximal erlaubte Belastung
// überschritten wird.
if (belastungVorne > maxBelastung || belastungHinten > maxBelastung)
{
  digitalWrite(vibraPin, HIGH); // turn the Vibration Motor on (HIGH is the
                                // voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(vibraPin, LOW); // turn the Vibration Motor off (LOW is the
                                // voltage level)
  delay(1000);
}

```

```

//-----ThingSpeak -----
// Print Update Response to Console Monitor
if (client.available())
{
    char c = client.read();
    Console.print(c);
}
// Disconnect from ThingSpeak
if (!client.connected() && lastConnected)
{
    Console.println("...disconnected");
    Console.println();
    client.stop();
}
// Update ThingSpeak
if (!client.connected() && (millis() - lastConnectionTime >
    updateThingSpeakInterval))
{
    updateThingSpeak("field1="+vorneString+"&field2=" +hintenString);
}
}

//-----FUNKTIONEN -----

void process(YunClient client) {
    int pin;
    String command = client.readStringUntil('/');

    if (command == "analog"){
        pin = client.parseInt();

        if (pin == 11){
            if (client.read() == '/') {
                maxBelastung = client.parseInt();
                Bridge.put ("A11", String(maxBelastung));
            }
        }
        if (pin == 10){
            if (client.read() == '/') {
                mailAdresse = client.readString();
                altMailAdresse = mailAdresse;
                mailAdresse.replace ("\u000d\u000a", "");
                success = false;
                delay (500);
            }
        }
    }
}

void updateThingSpeak(String tsData)
{
    if (client.connect(thingSpeakAddress, 80))
    {
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    }
}

```

```

client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(tsData.length());
client.print("\n\n");
client.print(tsData);
lastConnectionTime = millis();

Console.print("POST /update HTTP/1.1\n");
Console.print("Host: api.thingspeak.com\n");
Console.print("Connection: close\n");
Console.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
Console.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
Console.print("Content-Length: ");
Console.print(tsData.length());
Console.print("\n\n");
lastConnectionTime = millis();

}

else
{
  failedCounter++;
  Console.println("Connection to ThingSpeak Failed ("+String(failedCounter,
    DEC)+")");
  Console.println();
  lastConnectionTime = millis();
}
}

```

## Anhang B: Diagramm der Systemarchitektur

Im Folgenden möchte ich die Interaktion zwischen den einzelnen Komponenten, die in der SmartSole Anwendung involviert sind, erläutern.

Zunächst wirkt der User auf die Drucksensoren ein. Dadurch entstehen Daten, die an den Mikrocontroller weitergeleitet werden. Der ATmega32u4 analysiert diese und wirkt durch die daraus entstandenen Resultate mit Hilfe des Vibrationsmotors wieder auf den User ein.

Die gesammelten Daten werden vom Mikrocontroller an das Linux-System des Arduino Yúns übergeben.

Dieses interagiert über das integrierte WLAN Modul mit den Integrationsdiensten ThingSpeak und Temboo. Dadurch werden Informationen weitergeleitet, welche der User in Form der Datenvisualisierung und dem E-Mail Versand wahrnehmen kann.

Außerdem kann er mit Hilfe der SmartSole App Daten an das Linux-System übergeben. Für die Verbindung wird hier ebenfalls das WLAN verwendet.

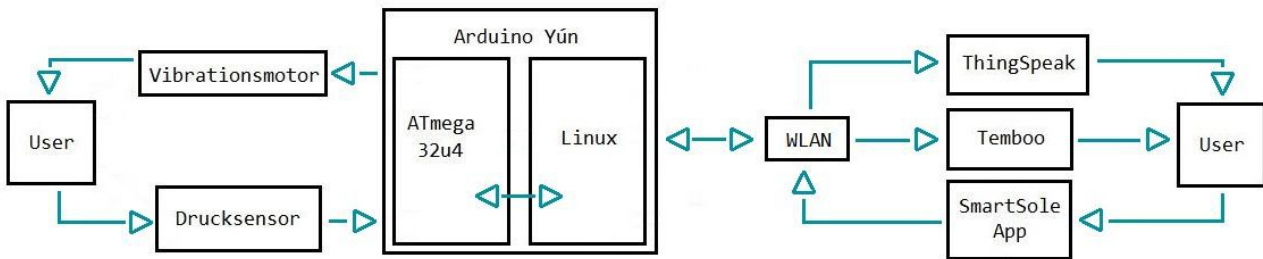


Abbildung 90: Diagramm der Systemarchitektur

## Anhang C: Der ThingSpeak Channel 'SmartSole'

Durch den Integrationsdienst ThingSpeak werden die von den Sensoren gesammelten Daten gespeichert und visuell aufbereitet dargestellt.

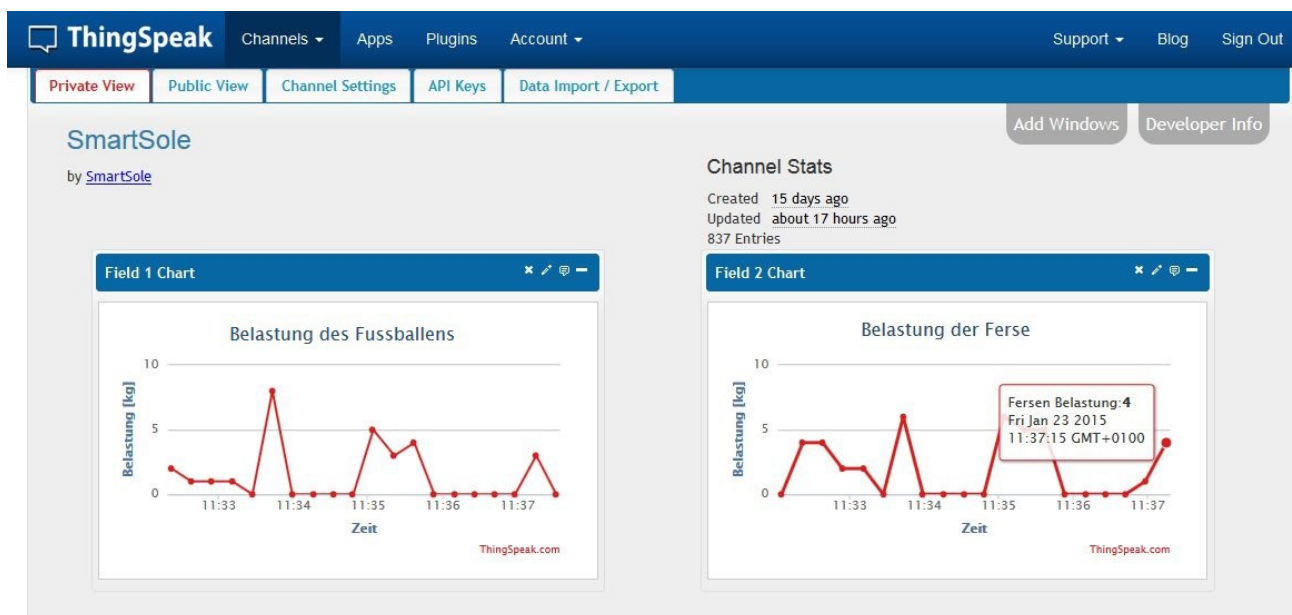


Abbildung 91: Die Belastungsdiagramme können über die ThingSpeak Homepage abgerufen werden.

Um Zugang zu diesem Channel zu erhalten, muss sich der User zunächst mit den SmartSole Daten auf der ThingSpeak Homepage <https://thingspeak.com> einloggen.

Die hierfür nötigen Daten sind :

User ID: SmartSole  
 Password: smartsole

The screenshot shows the login form on the ThingSpeak website. At the top, it says 'Please sign in to access your account.' Below this are two input fields: 'User ID' with the value 'SmartSole' and 'Password' with masked characters. There is a 'Forgot your password?' link and a checked checkbox for 'Remember my User ID'. A blue 'Sign In' button is at the bottom.

Abbildung 92: Um Zugang zu den Daten zu bekommen, muss der User sich einloggen.

## Anhang D: Der SmartSole GMail Account

Damit der Arduino Yún durch den Versand von E-Mails kommunizieren kann, wurde ein eigener SmartSole Account angelegt.

Die hierfür nötigen Account Daten sind:

GMail Adresse:      smartsole1415@gmail.com  
Passwort:            arduino1415

Anmelden, um zu Gmail zu gelangen

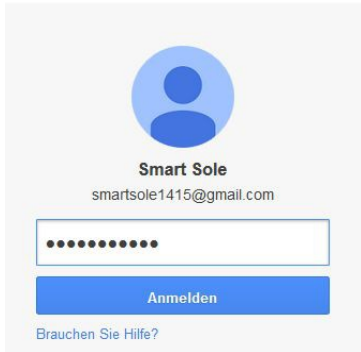


Abbildung 93: Der SmartSole GMail Account

## Anhang E: Die SmartSole App

Die zur SmartSole Anwendung zugehörige SmartSole App ist schlicht aufgebaut. Der User hat durch sie unter anderem die Möglichkeit mit dem Arduino Yún zu kommunizieren.

So kann er über die Unterseite 'Einstellungen' die maximal erlaubte Belastung eingeben und an den Arduino schicken. Dabei hat der Nutzer die Optionen diesen Wert als Kilogramm- oder als Prozentangabe einzugeben. Wählt er eine prozentuale Angabe, muss er der App zusätzlich sein Gewicht angeben, damit diese einen Kilogrammwert berechnen und diesen an der Arduino schicken kann. Gibt er dahingegen einen absoluten Wert an, wird der direkt an die Anwendung weitergeleitet.

Über den Button 'Diagramm' wird der User auf die ThingSpeak Homepage weitergeleitet. Nach dem einloggen, hat er dort die Möglichkeit seine Belastungsdiagramme einzusehen.

Auf der Unterseite 'E-Mail versenden' hat der Nutzer die Möglichkeit eine Empfängeradresse anzugeben und diese ebenfalls an den Arduino Yún zu übergeben. So kann er beispielsweise seinem behandelnden Arzt oder Physiotherapeuten die Belastungsdaten zukommen zu lassen.

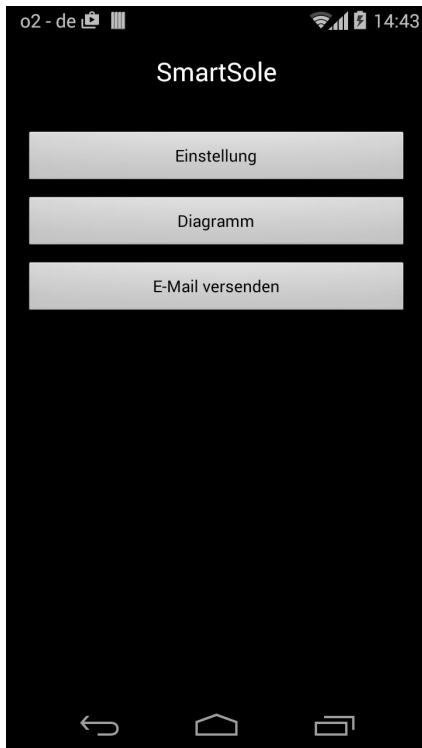


Abbildung 94: Die Startseite der SmartSole App

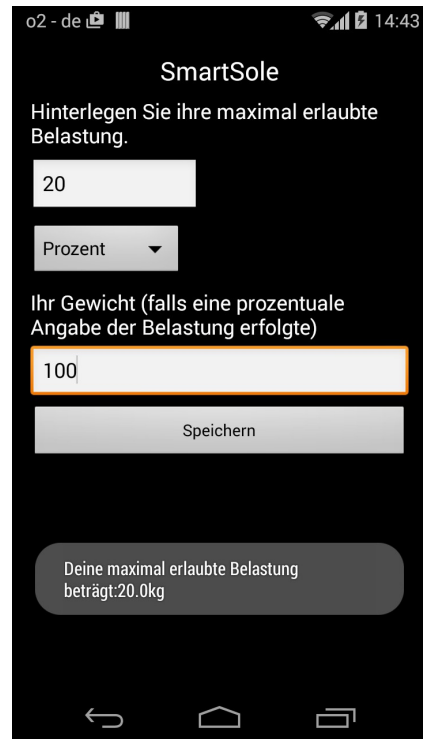


Abbildung 95: Die Einstellungsseite der SmartSole App

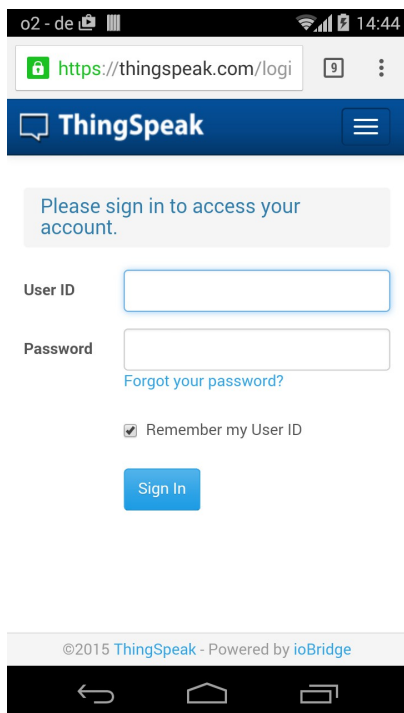


Abbildung 96: Über den 'Diagramm' Button wird der User auf die ThingSpeak Homepage weitergeleitet.

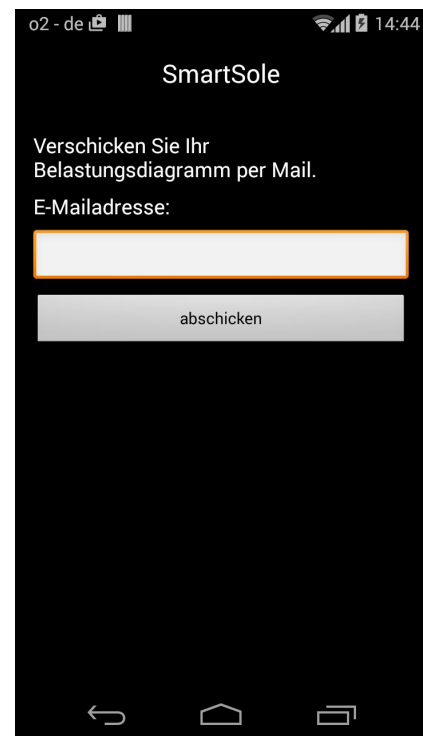


Abbildung 97: Die E-Mail Seite der SmartSole App

## Eidesstattliche Erklärung zur Bachelor Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Bachelor Thesis selbstständig verfasst und keine anderen, als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Zitate und Ausführungen, die anderen Werken wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, habe ich dahingehend kenntlich gemacht. Außerdem wurde diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht.

Marzell, den 12.02.2015

---

Jutta Axtmann