

# BACHELOR-THESIS BAT

HOCHSCHULE LUZERN T&A

STUDIENGANG ELEKTROTECHNIK

SIGNALVERARBEITUNG & KOMMUNIKATION,  
AUTOMATION & EMBEDDED SYSTEMS

---

## PIR Personendetektor

### Schlussbericht

---

*Autor:*

Daniel Zimmermann

daniel.zimmermann.01@stud.hslu.ch

*Dozent:*

Kilian Schuster

kilian.schuster@hslu.ch

*Industriepartner:*

Hr. Markus Kappeler

Schindler Aufzüge AG

6030 Ebikon

markus.kappeler@ch.schindler.com

*Experte:*

Klassifikation | Rücksprache

Horw, 14. März 2018

Erich Tschümperlin

erich.tschuempferlin@bluewin.ch

# **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Sämtliche verwendeten Textausschnitte, Zitate oder Inhalte anderer Verfasser wurden ausdrücklich als solche gekennzeichnet.

Wolfenschiessen, den 8. Juli 2017

Daniel Zimmermann

---

*Daniel Zimmermann*

# Abstract

Diese Dokumentation ist das Ergebnis der Bachelorarbeit an der Hochschule Luzern Technik & Architektur für den Industriepartner Schindler Aufzüge AG.

Im Rahmen der Arbeit soll geklärt werden, inwieweit sich bildgebende passiv Infrarot Sensoren für den Einsatzbereich in einem Personenaufzug eignen. Dafür steht State-of-the-Art Passiv Infrarot Sensor zur Verfügung.

Thema und Zielsetzung: Stellen Sie zunächst Thema und Zielstellung der Arbeit vor.

Theorie: Vermitteln Sie Ihre Theorie(n) über das Thema und geben Sie an, auf was sich Ihre Theorie stützt.

Fragestellung: Teilen Sie mit, welche Fragen in der folgenden Arbeit beantwortet werden.

Quellen: Welche Quellen haben Sie für Ihre Arbeit genutzt bzw. wie haben Sie Ihre Frage(n) beantwortet?

Ergebnis: Führen Sie Ihre Ergebnisse auf, also teilen Sie mit, was Sie herausgefunden haben.

Fazit: Stellen Sie am Ende des Abstracts eine Quintessenz auf. Sie können Ihr Fazit auch mit einer Zukunftsprognose verbinden.

Zu Diagnosezwecken soll die Anwesenheit von Personen in Aufzugskabinen erfasst werden. Dazu bieten sich, unter anderem, Sensoren zur Erfassung der thermischen Strahlung an. Im Rahmen der Arbeit soll daher geklärt werden, inwieweit sich bildgebende PIR (passiv Infrarot) Sensoren dazu eignen.

# Abstract

This documentation is the result of a bachelor thesis at the Lucerne School of Engineering and Architecture for the industry partner Schindler Aufzüge AG.

The task was the realisation of a module, that maps the environment and creates a point cloud with the measured data. The 3D-sensor Velodyne VLP-16 is available for this purpose. The following chapters contain the experiences and results during the project from September to December 2017. State-of-the-art projects have been investigated and compared. After that, components and software for implementation were analysed and evaluated. A total of three concepts were elaborated, which have different approaches. The first concept turns the 3D sensor in a wide range of angle, while using servo motors. The two other concepts are based on a endlessly rotating "tower". The idea behind it, are the state-of-the-art projects. The difference between the two concepts is the position of the signal processing unit. In the unrotated version, the unit is below in a static case. Only the 3D-sensor is rotating for mapping. In the other version, the unit in the case is also rotating. Only the interface is static. The realised concept is similar to the unrotated version before. The realisation describes the process, how the case and the electronic parts are assembled. In a separate topic, it describes, how the Software with the Framework ROS is implemented and how it works together with the hardware. After the realisation the prototype was tested. Because of a

# Inhaltsverzeichnis

Glossar . . . . .	1
Abbildungen . . . . .	2
Tabellen . . . . .	3
Formeln . . . . .	4
Literaturverzeichnis . . . . .	5
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Aufgabenstellung . . . . .	6
1.2 Ziele . . . . .	7
1.3 Methodik . . . . .	7
<b>2 Informationserarbeitung</b>	<b>8</b>
2.1 Grid-Eye AMG8834 . . . . .	8
2.2 Physikalische Aspekte . . . . .	10
2.3 geometrische Aspekte . . . . .	13
2.4 Messobjekt und Messumgebung . . . . .	14
2.5 Störquellen . . . . .	16
2.6 verwendete Software . . . . .	16
2.7 Fazit . . . . .	16
<b>3 Testdurchführnugen</b>	<b>17</b>
3.1 Grundlagenmessungen . . . . .	17
3.2 Streuung . . . . .	17
3.3 Reflektion . . . . .	18
3.4 Einfluss Störquellen . . . . .	18
3.5 Personenmessungen . . . . .	18
3.6 Fazit . . . . .	19
<b>4 Personendetektion</b>	<b>20</b>
4.1 Datenverarbeitung . . . . .	20

4.2	Datenmanipulation mittels Interpolation . . . . .	20
4.3	Symmetrische Erweiterung . . . . .	21
4.4	Musterauswertung . . . . .	21
4.5	Aufbau neuronales Netzwerk . . . . .	21
4.6	Convolution Neural Network . . . . .	22
4.7	c . . . . .	22
4.8	Fazit . . . . .	22
<b>5</b>	<b>Empfehlung und Bewertung</b>	<b>23</b>
5.1	Fazit . . . . .	23
5.2	Empfehlung . . . . .	23
5.3	Weiteres Vorgehen . . . . .	23
<b>6</b>	<b>Reflexion</b>	<b>24</b>
6.1	Erläuterungen zum Projektmanagement . . . . .	24
6.2	Schlusswort . . . . .	24
6.3	Danksagung . . . . .	24
<b>A</b>	<b>Projektanhänge</b>	<b>25</b>
A.1	Ordnerstruktur CD . . . . .	25

# Glossar

ASIC	Anwendungsspezifische Integrierte Schaltung eine elektronische Schaltung, die als integrierter Schaltkreis realisiert wurde
ADC	Analog/Digital-Converter Element zur Quantisierung von analogen Signalen
IoT	Internet of Things Technologien einer globalen Infrastruktur der Informationsgesellschaften
I2C	Inter-Integrated Circuit serieller Datenbus für asynchrone Datenübertragung
MEMS	Mikroelektromechanisches System
PIR	Passiv Infrarot Sensoren Sensorik
FOV	Field Of View bezeichnet den Bereich im Bildwinkel eines optischen Sensors
NETD	Rauschäquivalente Temperaturdifferenz Ein Maß für das Bildrauschen einer Infrarotkamera

text

# Abbildungen

2.1	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	8
2.2	Messgenauigkeit . . . . .	9
2.3	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	10
2.4	Einfluss Luftfeuchtigkeit . . . . .	10
2.5	Aufbau Thermosäule . . . . .	12
2.6	Einfluss Luftfeuchtigkeit . . . . .	13
2.7	Wärmebild eines Probanden . . . . .	15
2.8	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	15
2.9	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	16
3.1	Streuung der einzelnen Pixel im Vergleich . . . . .	17
3.2	Personenmessung Messraster . . . . .	18
4.1	Pixeldarstellung einer Person . . . . .	20
4.2	Aufbau des Convolutional Neural Network . . . . .	22

# Tabellen

2.2 Infrarotbereiche . . . . .	11
2.1 Legende physikalische Grössen Konzeptzeichnungen . . . . .	11

# Formeln

2.2.1 Plank'sches Strahlungsgesetz . . . . .	11
2.2.2 Wärmestrahlung . . . . .	11
2.2.3 Blanksches Strahlungsgesetz . . . . .	12
2.2.4 Strahlung Energieerhaltung Festkörper . . . . .	12
2.2.5 Schwarzer Stahler, Energieerhaltung . . . . .	12
2.2.6 Schwarzer Stahler, Energieerhaltung . . . . .	12

# Literaturverzeichnis

- [AG16] Panasonic Automotive und Industrial Systems Europe GmbH. *GRID-EYE STATE OF THE ART THERMAL IMAGING SOLUTION*. März 2016. URL: <https://eu.industrial.panasonic.com/grideye-evalkit> (besucht am 25.02.2018).
- [Spe05] Prof. Dr.-Ing. E. Specht. *Der Mensch als waermetechnisches System*. Mai 2005. URL: [http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Der\\_Mensch\\_als\\_waermetechnisches\\_System.pdf](http://www.uni-magdeburg.de/isut/TV/Download/Der_Mensch_als_waermetechnisches_System.pdf) (besucht am 26.02.2018).

# 1 Einleitung

Durch den technologischen Wandel, den die Industrie 4.0 sowie Internet of Things (IoT) mit sich bringen, entstehen in verschiedenen Einsatzbereichen neue Möglichkeiten. Die Sensoren werden zunehmend kleiner, vernetzter und günstiger. Dazu stehen stetig schnellere Prozessoren und größere Speicherkapazitäten zur Verfügung, daher werden vermehrt auch in alltäglichen Situation intelligente Systeme eingesetzt.

Für Wartungs- und Diagnosezwecke von Personenaufzügen bieten solche intelligente Systeme ein bedeutendes Potential. Durch die ortsunabhängige Kommunikation von übergreifenden Netzwerken und der Echtzeitverarbeitung bieten solche Messeinheiten Alternativen zu teuren Servicegängen. Mittels ständiger Überwachung und Fernwartung können Probleme frühzeitig erkannt und behoben werden. Die Anforderungen an eine solche Messeinheit hängt jedoch stark von Einsatzort ab. Dabei spielen Langzeiteinsatz, Zuverlässigkeit, Flexibilität, sowie auch der Energieverbrauch eine bedeutende Rolle.

Ein relevantes Messobjekt für eine solche Messeinheit ist unter anderem die Anzahl Personen innerhalb eines Aufzugs. Da übliche Überwachungskameras und bildgebende TOF-Sensoren teuer sind und einen bedeutenden Energiebedarf besitzen, stellt sich in diesem Bereich die Frage nach einer Alternative.

## 1.1 Aufgabenstellung

An diesem Punkt setzt nun die Aufgabenstellung dieser Bachelorarbeit an. Es soll die Eignung von Passiv Infrarot Sensoren (PIR) für eine solche Messeinheit geprüft werden. Dabei wird ein typischer bildgebender PIR-Sensor in möglichst breiter und wegweisender Form beurteilt. Es wird dabei der State-Of-the-Art Sensor AMG8834 von Panasonic verwendet. Mit diesem sollen in einer ersten Phase grundlegende Grenzen und Eigenheiten dieses passiven Messprinzips erarbeitet werden. In einem weiteren Schritt soll auf der Grundlage von Messresultaten und Testdurchführungen ein Auswertealgorismus entwickelt werden,

mit welchem sich Personen innerhalb des Messbereichs detektieren lassen. Abschließend wird das Messprinzip beurteilt und eine Empfehlung für die Weiterführung gebildet.

## **1.2 Ziele**

In erster Linie soll mit dieser Arbeit die Fragestellung geklärt werden, ob sich bildgebende PIR für die Personendetektion in Personenaufzügen eignen. Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, einen breiten und fundierten Katalog über die Möglichkeiten und Grenzen des PIR-Sensors zu liefern.

## **1.3 Methodik**

Die gesamte Arbeit ist etappenweise gegliedert. Dabei wiederholen sich Testphasen, Daten erfassungen und Auswertungen. Einzelne Testkonzepte geben Auskunft über die Testdurchführungen, sowie die entsprechenden Testspezifikationen. Für den Auswertealgorithmus wird das Prinzip des maschinellen Lernens angewendet. Dafür steht die Open-Source-Library Tensorflow von Google zur Verfügung.

Das Projektmanagement in

Diese Bachelorarbeit begrenzt sich auf die Analyse des Messprinzips von bildgebenden PIR Sensoren. Es werden keine bedeutende Vergleiche mit anderen Messverfahren durchgeführt.

## 2 Informationserarbeitung

Dieses Kapitel bietet fundamentale physikalische Gegebenheiten, sowie die relevanten Eigenheiten des verwendeten PIR-Sensors. Da es sich um eine bildgebendes Messprinzip handelt, werden des Weiteren geometrische Aspekte erläutert. Schlussendlich bietet dieses Kapitel auch nötige Informationen über das Messobjekt bzw. die Messumgebung liefert.

### 2.1 Grid-Eye AMG8834

Der verwendete Panasonic Grid-EYE AMG8834 ist ein bildgebender Mikroelektromechanisches System (MEMS)-Sensor, der mit insgesamt 64 temperaturempfindlichen Thermosäulenlementen ausgestattet ist. Alle nachfolgenden Angaben sind, wenn nicht anders angegeben aus den Datenblätter zu entnehmen.

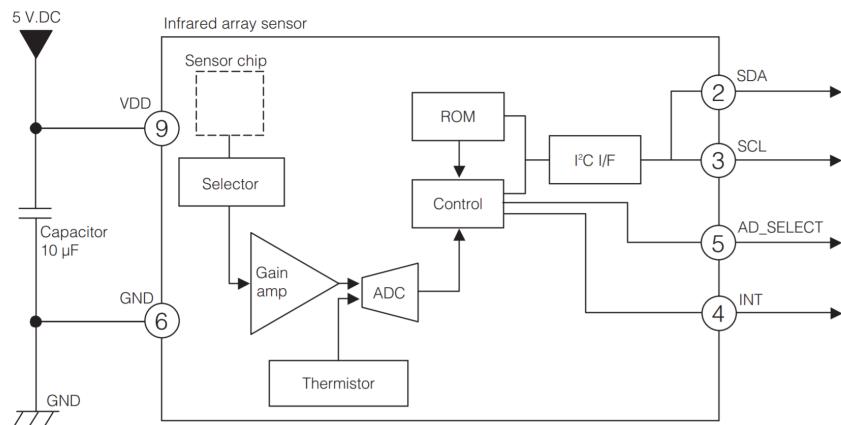


Abbildung 2.1: Schema des AMG8834 Sensors  
[AG16]

In Abbildung 2.1 ist das Prinzipschema des Sensors darstellt. Das Messprinzip des Sensors wird im Unterkapitel 2.2.2 detailliert erläutert. Die entstandene Spannung wird durch die Anwendungsspezifische Integrierte Schaltung (ASIC) des MEMS-Sensor verarbeitet. Das

selektierte Thermoelement wird verstärkt, mit dem integrierten Thermistor verglichen und mit dem Analog/Digital-Converter (ADC) gewandelt. Über die Inter-Integrated Circuit (I2C)-Schnittstelle lassen sich die Werte der Thermoelemente und der Thermistoren je aus 2 Register auslesen. Die Messwerte werden alle 100 ms aktualisiert.

Dabei werden lediglich 12 Bit für die Pixelwerte genutzt, welches zur kleinsten unterscheidbaren Größe von 0.25 °C führt. Die Thermistor-Register lassen sich mit der Auflösung von 0.625 °C unterscheiden. Dies

Durch die hohe interne Verstärkung besitzt der Sensor jedoch bei normalen Bedingungen<sup>2</sup> lt. Datenblattangaben eine Genauigkeit von +/- 3°C.

Der Sensor AMG8834 ist standardmäßig auf einen Emissionsgrad von  $\epsilon = 0.93$  kalibriert.

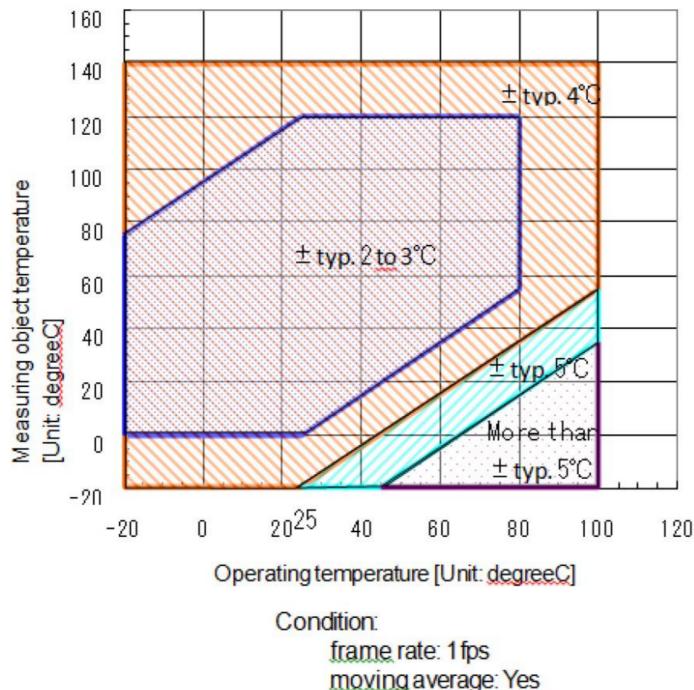


Abbildung 2.2: Messgenauigkeit  
[AG16]

Die eintreffenden Infrarotwellen werden durch die Silizium Linse gefiltert. Dabei treten lediglich langwellige Infrarotstrahlungen mit den Wellenlängen 8-13  $\mu\text{m}$  durch die Linse. Dies entspricht dem dritten atmosphärischen Fenster.

ASIC

<sup>2</sup>Umgebungstemperatur 0-80 °C bei Luftfeuchtigkeit 15-85%

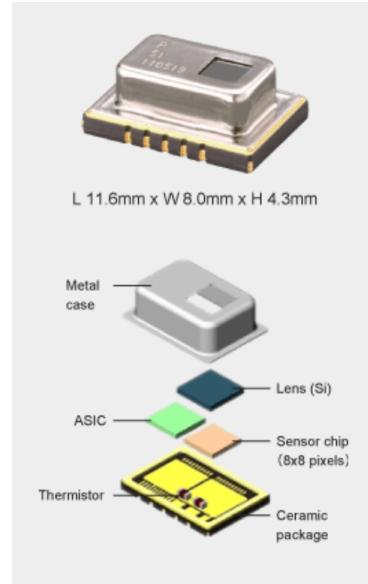


Abbildung 2.3: Schema des AMG8834 Sensors  
[AG16]

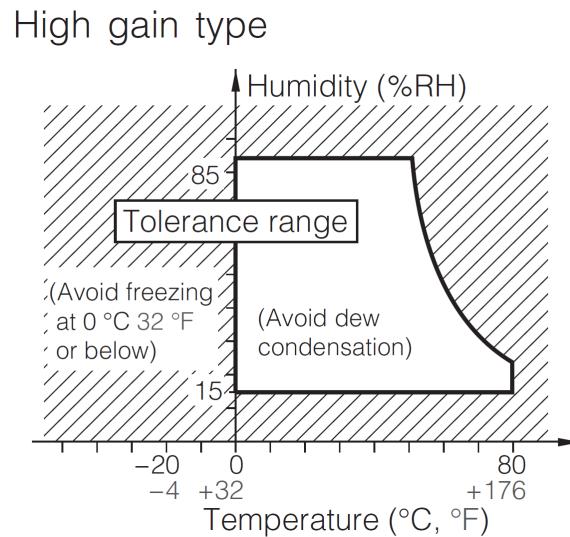


Abbildung 2.4: Einfluss Luftfeuchtigkeit  
[AG16]

## 2.2 Physikalische Aspekte

Dieser Abschnitt erläutert auf kurze und prägnante Weise, physikalischen Aspekte dem Sensor zu Grunde liegen. Dies bietet die Grundlage für die Bestimmung der Störquellen

IR-A [ $\mu\text{m}$ ]	IR-B [ $\mu\text{m}$ ]	IR-C [ $\mu\text{m}$ ]
0.78 - 1.4	1.4 - 3.0	3 - 1000

Tabelle 2.2: Infrarotbereiche

und das Verhalten des Sensors bei entsprechenden äusseren Einwirkungen.

Grösse	Bezeichnung	Einheit
Wärmestrom	$\dot{Q}$	$J$
Emission	$\epsilon$	—
Reflektion	$\rho$	—
Transmission	$\tau$	—
Absoprtion	$\alpha$	—
Geschwindigkeit des Chassis	$\dot{Q}$	$m/s$
spektrale spezifische Ausstrahlung	$M_\lambda$	$m/s^2$
Planksches Wirkungsquantum	$h$	$\text{Js}$
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c$	$m/s$
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\sigma$	$\text{rad}/s^2$

Tabelle 2.1: Legende physikalische Grössen Konzeptzeichnungen

## 2.2.1 Allgemein

Formel für die spektrale spezifische Ausstrahlung eines Schwarzkörpers der absoluten Temperatur T. Für sie gilt

$$M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} * \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B}} - 1} \quad (2.2.1)$$

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz gibt die Strahlungsintensität Q eines idealen Temperaturstrahlers an (Integral des Plank'schen Gesetzes über alle Wellenlängen). Diese Intensität ist proportional zur 4. Potenz der absoluten Temperatur. Es lautet: Strahlungsleistung

$$\frac{dQ}{dt} = \epsilon * \sigma * A * T^4 \quad (2.2.2)$$

Ein grauer Körper im Sinne der Strahlungsphysik ist ein Körper, dessen Oberfläche auf treffende Strahlung nicht vollständig absorbiert und dementsprechend auch nicht bei einer gegebenen Temperatur die maximale Strahlung (Schwarzkörperstrahlung) emittiert (siehe plancksches Strahlungsgesetz). Er hat jedoch einen wellenlängenunabhängigen Emissions- bzw. Absorptionsgrad - er erscheint „grau“, wobei sich die fehlende „Farbe“ nicht auf den sichtbaren, sondern auf den für die Messung relevanten Bereich des Spektrums bezieht.

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (2.2.3)$$

$$\epsilon = \alpha = 1 \quad (2.2.4)$$

$$\epsilon = \varphi = 1 \quad (2.2.5)$$

## 2.2.2 Seebeck-Effekt

Die durch die konvexe Linse gesammelten infrarotstrahlen verursachen auf den einzelnen Thermosäulenelemente, dass die Oberfläche erwärmt wird.

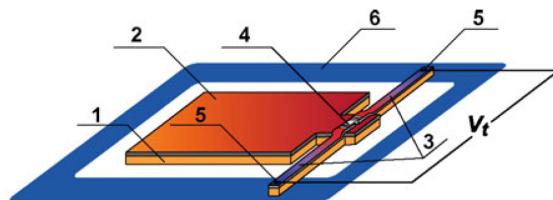


Abbildung 2.5: Aufbau Thermosäule  
[AG16]

$$\alpha + \varphi + \tau = 1 \quad (2.2.6)$$

## 2.3 geometrische Aspekte

Im vorherigen Abschnitt wurden bereits erwähnt, dass durch den begrenzten Field Of View (FOV) des Sensors die Distanz zum Messobjekt eine entscheidende Rolle spielt. In der nachstehenden Skizze (Abbildung ??) sind die Verhältnisse perspektivisch dargestellt. Dabei wird von einer Raumhöhe von 2.10 m ausgegangen. (nach Standardkabine EN 81-70)

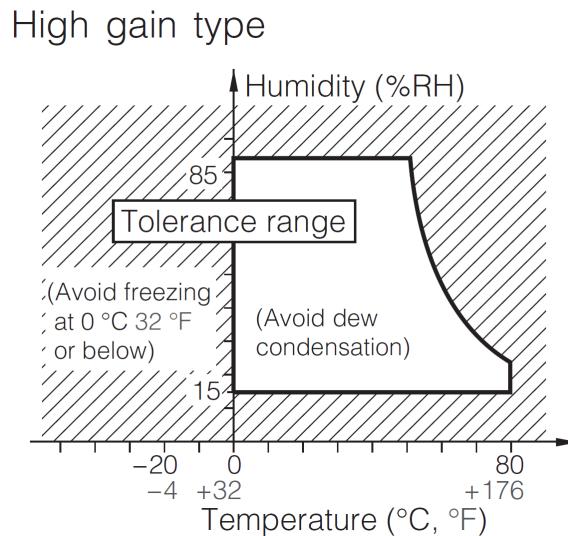


Abbildung 2.6: Einfluss Luftfeuchtigkeit  
[AG16]

Die räumliche Streckungen verursacht zusätzlich eine perspektivische Verzerrung, welcher in dieser Betrachtung nicht weiter beachtet wird. Zu sehen ist jedoch deutlich, dass bei der Messung von Personen die Messdistanz zwischen 10 bis 110 Zentimeter am relevantesten ist. In diesem Bereich kann jedoch mit dem aktuellen FOV im besten Fall eine Fläche von  $0.666 \text{ m/s}^2$  abgedeckt werden. Um eine Aufzugskabine mit 8 Personen<sup>1</sup> mit entsprechenden Messdistanzen wird ein Öffnungswinkel von -XX° benötigt. )

Problematisch kann in diesem Zusammenhang die Abschattung des Messbereichs durch grosse Personen sein, welche zentral positioniert sind.

<sup>1</sup>Masse: (HxBxT) 2100 x 1100 x 400 [mm]

## 2.4 Messobjekt und Messumgebung

Dieses Kapitel beschreibt die Erkenntnisse bei der Betrachtung des Messobjekts und der Messumgebung. Dabei wurden einerseits die Kennwerte von Personen zusammengetragen, sowie die Messumgebung auf Störquellen und Einflussfaktoren begutachtet. Dank der Firma ARLEWO AG konnten unterschiedliche Aufzüge vermessen und bewertet werden.

### 2.4.1 Personen

Die Reaktionen im menschlichen Körper sind auf eine Kerntemperatur von 37 °C eingestellt mit einer Toleranz von etwa + 0,5 Kelvin (Grad). Am kältesten ist die Haut, die etwa 4 bis 7 Kelvin (Grad) kälter ist. Die Aufteilung der verschiedenen Arten der Wärmeabgabe beträgt bei einem ruhenden Menschen in einer Umgebung von 20 °C:

1.
  - 46 % Strahlung
  - 33 % Konvektion
  - 19 % Schwitzen
  - 2 % Atmung.

Die Höhe der biologisch notwendigen Wärmeabgabe hängt im wesentlichen - von der Schwere der Tätigkeit und - von der Größe der Körperfläche und damit von der Körpergröße des Menschen ab.

Bei einer Veränderung der oben genannten Voraussetzungen verschieben sich die Anteile. Herrscht ein starker Wind, so erhöht sich der Anteil der Konvektion.

Diese Art der Wärmeabgabe nimmt mit der Umgebungstemperatur bis zum Wert null bei 36 °C ab. Hat die Umgebung nämlich die Körpertemperatur erreicht, kann folglich durch Strahlung und Konvektion keine Wärme mehr abgeführt werden.

Der schraffierte Bereich gibt die Höhe dieser Art der Wärmeabgabe an. In einer Umgebung mit Temperaturen oberhalb 37 °C kann also die Wärme nur noch durch Schwitzen abgeführt werden. Bei mittelschwerer Arbeit verdoppelt sich ungefähr die Wärmeabgabe des Menschen gegenüber dem ruhigen Sitzen, da die Muskeln, wie bereits erwähnt, zu 80 % Abwärme erzeugen. Bei schwerer Arbeit kann die Wärmeabgabe auf ca. 300 W ansteigen. Trainierte Sportler können noch höhere Leistungen erzeugen.

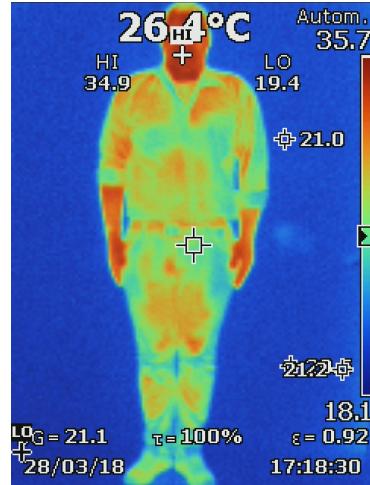


Abbildung 2.7: Wärmebild eines Probanden

Die Wärmeabgabe des Menschen ist also proportional seiner Oberfläche und damit von der Körpergröße abhängig. Die Oberfläche eines normalen Menschen beträgt ungefähr  $2 \text{ m}^2$ .

Ein nackter Mensch hat beispielsweise einen  $k$ -Wert von ungefähr  $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Damit ergibt sich aus der obigen Gleichung der Wärmestrom von  $120 \text{ W}$  für eine Umgebungstemperatur von  $26^\circ\text{C}$ . [Spe05]

## 2.4.2 Personenaufzüge

In diesem Unterkapitel wurde das Messobjekt "Personenaufzug" näher betrachtet. Neben räumlichen Parametern wie Höhe, Grundfläche und Volumen spielen vor allem die Oberflächenbeschaffenheit bzw. das Oberflächenmaterial eine wichtige Rolle. Weitere thermische Einflussfaktoren finden sich in der Umgebungstemperatur und der eingebauten Leuchtmittel.

In Abbildung 2.8 und 2.9 sind

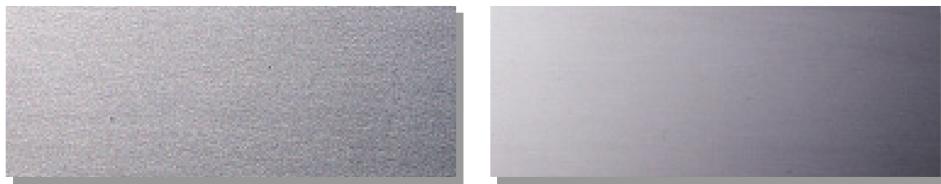


Abbildung 2.8: Schema des AMG8834 Sensors  
[ino15]



Abbildung 2.9: Schema des AMG8834 Sensors  
[ino15]

## 2.5 Störquellen

Einfluss Luftströme

## 2.6 verwendete Software

## 2.7 Fazit

## 3 Testdurchführungen

Es wurden im Rahmen dieser Arbeit eine grosse Anzahl an Messungen und Testfällen durchgeführt. Die Testkonzepte im Anhang geben detailliert Auskunft über die Testdurchführung. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den bedeutendsten Ergebnissen.

### 3.1 Grundlagenmessungen

Die Grundlagenmessungen geben Auskunft über die Eigenheiten des Sensors. Dabei w

### 3.2 Streuung

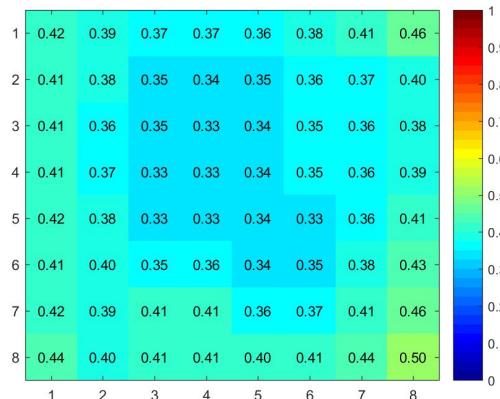


Abbildung 3.1: Streuung der einzelnen Pixel im Vergleich

### 3.3 Reflektion

### 3.4 Einfluss Störquellen

Dieser Abschnitt befasst sich mit den Einfluss von externen Quellen auf den Sensor. Dabei spielen natürliche

### 3.5 Personenmessungen

Bei der Personenmessungen wurden unterschiedliche Probanden in einem Aufzug ausgemessen auf dessen Wärmestrahlung.



Abbildung 3.2: Personenmessung Messraster

### **3.6 Fazit**

## 4 Personendetektion

Dieser Abschnitt beschreibt das Vorgehen, um die Anzahl Personen in einem Aufzug zu erkennen. In einem ersten Schritt wird die Verarbeitung der Rohdaten aufgezeigt. Für den Auswertealgorithmus wurden mehrere unterschiedliche Aufzüge evaluiert und ein Profil erstellt.

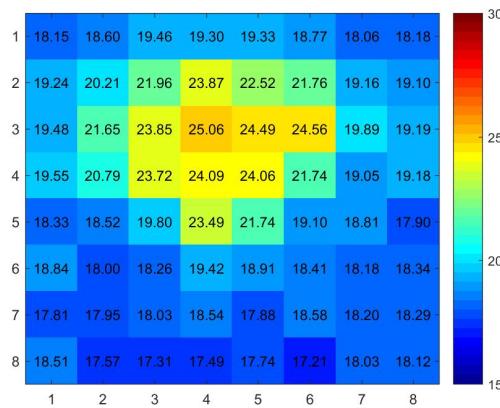


Abbildung 4.1: Pxiedarstellung einer Person

### 4.1 Datenverarbeitung

### 4.2 Datenmanipulation mittels Interpolation

Die Auflösung von 8x8 Pixel bietet optisch nur begrenzte Aussagekraft über die Anzahl Personen in einem Aufzug. Daher wurde mittels MATLAB mehrere Interpolationsverfahren benutzt, um die Auflösung der Personenerkennung zu verbessern. Im Zusammenhang mit den Pixelwerten eignet sich eine bikubische

Da im Zusammenhang mit dem Auswertealgorithmus mittels TensorFlow

#### 4.2.1 Profilbildung

Im Verlauf der Arbeit wurden mehrere

### 4.3 Symmetrische Erweiterung

### 4.4 Musterauswertung

### 4.5 Aufbau neuronales Netzwerk

Convolutional Networks work by moving small filters across the input image. This means the filters are re-used for recognizing patterns throughout the entire input image. This makes the Convolutional Networks much more powerful than Fully-Connected networks with the same number of variables. This in turn makes the Convolutional Networks faster to train

The convolutional filters are initially chosen at random, so the classification is done randomly. The error between the predicted and true class of the input image is measured as the so-called cross-entropy. The optimizer then automatically propagates this error back through the Convolutional Network using the chain-rule of differentiation and updates the filter-weights so as to improve the classification error. This is done iteratively thousands of times until the classification error is sufficiently low.

$$(W - F + 2P) : S + 1$$

## 4.6 Convolution Neural Network

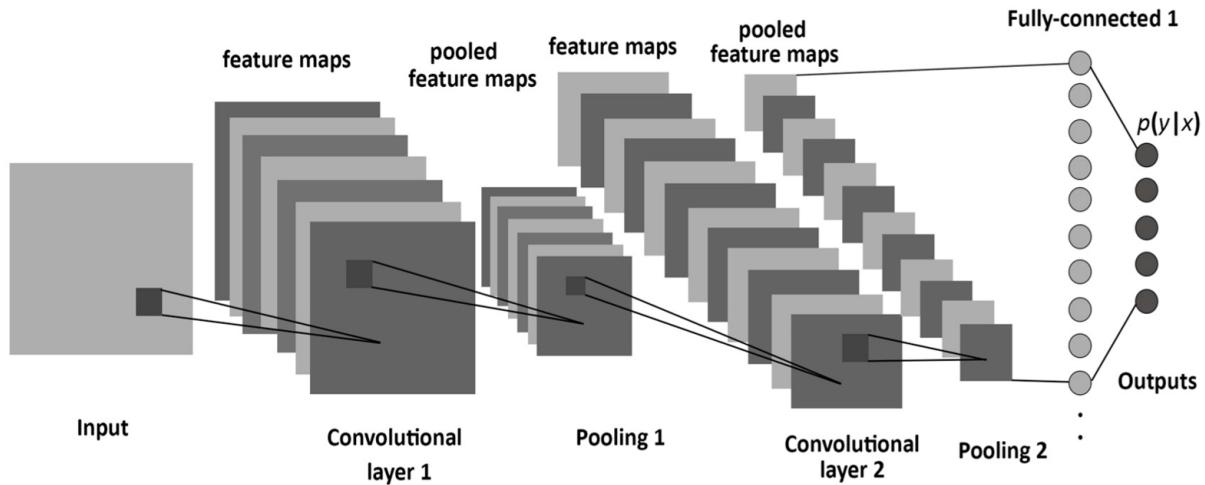


Abbildung 4.2: Aufbau des Convolutional Neural Network

Quelle: Computer Science and Engineering Department, University of Bridgeport, A Framework for Designing the Architectures of Deep Convolutional Neural Networks. Mai 2017, url:, <http://www.mdpi.com/1099-4300/19/6?view=abstract&listby=pubdate&published+DESC>

## 4.7 c

Entweder alle Sekunde der Mittelwert auswerten, oder alle 100 ms die Daten auswerten

## 4.8 Fazit

# 5 Empfehlung und Bewertung

Dieses Kapitel beinhaltet eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse. Dabei werden die

Bewertung von Auflösung Bewertung von Geometrischen Aspekte Bewertung Messprinzip

Bewertung von Personenerkennung

## 5.1 Fazit

## 5.2 Empfehlung

## 5.3 Weiteres Vorgehen

# 6 Reflexion

## 6.1 Erläuterungen zum Projektmanagement

## 6.2 Schlusswort

## 6.3 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Ausführung dieser Arbeit unterstützt haben. Zuallererst gebührt der Dank an Kilian Schuster, der mich als betreuender Dozent bei dieser Bachelorarbeit tatkräftige unterstützt hat, sowie mit wertvollen Hinweisen und ehrlichen Rückmeldungen zur Seite gestanden ist. Mein Dank geht auch an Manuel Serquet, der mich mit TensorFlow vertraut gemacht hat und mir

Ebenfalls bedanken ich mich bei den Gegenlesern Andreas Zimmermann, Marie-Theres Zimmermann und Angela Burch für die syntaktische und inhaltliche Korrektur der wissenschaftlichen Dokumentation.

Ein spezieller Dank geht an die Immobilienverwaltungsfirma ARLEWO in Stans, welche mir ein breites Spektrum an Schindler Aufzügen bereitstellte, damit die Feldmessungen praxisnahe durchgeführt werden konnten. An diesem Punkt besten Dank auch allen Probanden, welche sich für die Feldmessungen zur Verfügung gestellt haben.

# A Projektanhänge

Der Projektanhang enthält neben dem Schlussbericht und dem Projektmanagement, alle Skizzen, Rohdaten in strukturierter Form. Alle Matlab und Python-Codes sind entsprechend kommentiert und geben Auskunft über die erstellten Programme. Jeder Unterordner enthält ein "readme", welches zusätzliche Informationen enthält..

## A.1 Ordnerstruktur CD

Die beiliegende CD hat folgende Ordnerstruktur.

1. Abgabedokument
  - Abgabedokument
2. Projektmanagement
  - Aufgabenstellung
  - Pflichtenheft
  - Detaillierter Projektplan
  - Risikomanagement
3. Graphiken
  - Skizze Konzept Plattform
  - Skizze Konzept Turm unrotierend
  - Skizze Konzept Turm rotierend
4. Messdaten
  - Testkonzepte Testmappen

5. Matlab Codes

- dxf-Files
- stl-Files

6. Tensorflow

- Laser\_3D

7. Datenblätter

- Velodyne VLP-16
- Einplatinencomputer
- Schrittmotor
- Schleifringe