

# 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.tschuemperlin@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 . . . . .	3
Literaturverzeichnis . . . . .	4
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Aufgabenstellung . . . . .	5
1.2 Ziele . . . . .	6
1.3 Methodik . . . . .	6
<b>2 Informationsbeschaffung</b>	<b>7</b>
2.1 Grid-Eye AMG8834 . . . . .	7
2.2 Physikalische Aspekte . . . . .	8
2.3 geometrische Aspekte . . . . .	11
2.4 Messobjekt und Messumgebung . . . . .	12
2.5 verwendete Software . . . . .	15
2.6 Fazit . . . . .	15
<b>3 Testdurchführnugen</b>	<b>16</b>
3.1 Grundlagenmessungen . . . . .	16
3.2 Streuung . . . . .	16
3.3 Reflektion . . . . .	16
3.4 Einfluss Störquellen . . . . .	16
3.5 Personenmessungen . . . . .	17
3.6 Fazit . . . . .	17
<b>4 Personendetektion</b>	<b>18</b>
4.1 Datenverarbeitung . . . . .	18
4.2 Datenmanipulation mittels Interpolation . . . . .	18
4.3 Symetrische Erweiterung . . . . .	19
4.4 Musterauswertung . . . . .	19
4.5 Aufbau neuronales Netzwerk . . . . .	19

---

4.6	Convolution Neural Network . . . . .	20
4.7	c . . . . .	20
4.8	Fazit . . . . .	20
<b>5</b>	<b>Empfehlung und Bewertung</b>	<b>21</b>
5.1	Fazit . . . . .	21
5.2	Empfehlung . . . . .	21
5.3	Weiteres Vorgehen . . . . .	21
<b>6</b>	<b>Reflexion</b>	<b>22</b>
6.1	Erläuterungen zum Projektmanagement . . . . .	22
6.2	Schlusswort . . . . .	22
6.3	Danksagung . . . . .	22
<b>A</b>	<b>Datensets</b>	<b>23</b>
<b>B</b>	<b>Digitale Projektanhänge</b>	<b>24</b>
B.1	Ordnerstruktur CD . . . . .	24

## 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 . . . . .	7
2.2	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	8
2.3	Aufbau Thermosäulenelement . . . . .	9
2.4	Aufbau Thermosäule . . . . .	10
2.5	Einfluss Luftfeuchtigkeit . . . . .	12
2.6	Wärmebild eines Probanden . . . . .	13
2.7	Wärmebild eines Probanden . . . . .	13
2.8	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	14
2.9	Schema des AMG8834 Sensors . . . . .	14
2.10	Messgenauigkeit . . . . .	15
3.1	Streuung der einzelnen Pixel im Vergleich . . . . .	16
3.2	Personenmessung Messraster . . . . .	17
4.1	Pixeldarstellung einer Person . . . . .	18
4.2	Aufbau des Convolutional Neural Network . . . . .	20

# Tabellen

2.1 Legende physikalische Größen Konzeptzeichnungen . . . . .	9
---	---

# Formeln

2.2.1 Seebeck-Effekt . . . . .	10
2.2.2 Plank'sches Strahlungsgesetz . . . . .	10
2.2.3 Wärmestrahlung . . . . .	10
2.2.4 Strahlung Energieerhaltung Festkörper . . . . .	11
2.2.5 Schwarzer Stahler, Energieerhaltung . . . . .	11

## 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).
- [MG07] Alexander Grafa Michael Arndta und Gerald Gerlach. *Seebeck effect in micromachined thermopiles for infrared detection*. Juni 2007. URL: [http://www.kirj.ee/public/Engineering/2007/issue\\_4/eng-2007-4-7.pdf](http://www.kirj.ee/public/Engineering/2007/issue_4/eng-2007-4-7.pdf) (besucht am 02.03.2018).
- [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 prototypische Messeinheit und ein Auswertealgorithmus 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 Personenauflügen eignen. Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, einen breiten und fundierten Katalog über die Möglichkeiten und Grenzen des PIR-Sensors zu liefern. Diese Bachelorarbeit begrenzt sich auf die Analyse des Messprinzips von bildgebenden PIR Sensoren. Es werden keine Vergleiche mit anderen Sensorarten durchgeführt.

## 1.3 Methodik

Die gesamte Arbeit wurde etappenweise gegliedert. Zuerst wurde einen Zeitraum für die Informationsbeschaffung definiert. Danach wiederholen sich Testphasen, Datenerfassungen und Auswertungen. Einzelne Testkonzepte geben Auskunft über die Testdurchführungen, sowie die entsprechenden Testspezifikationen. Für die Datenverarbeitung und Aufbereitung wird mittels Matlab und Python 3.5 programmiert. Für den Auswertealgorithmus wird das Prinzip des maschinellen Lernens angewendet. Dafür steht die Open-Source-Library Tensorflow r1.7 von Google zur Verfügung.

Das Projektmanagement in ?? beinhaltet neben den detaillierten Projektplan auch die anfänglich definierten Meilensteine. Im detaillierten Projektplan sind neben den Tätigkeiten auch die zeitlichen Abschätzungen als Soll-/Ist-Vergleich angefügt. im Kapitel 6 werden zum Projektmanagement kurz Stellung genommen und grössere Differenzen kommentiert.

referenz

## 2 Informationsbeschaffung

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 geliefert.

### 2.1 Grid-Eye AMG8834

Der verwendete Panasonic AMG8834 ist ein bildgebender Mikroelektromechanisches System (MEMS)-Sensor, der mit insgesamt 64 temperaturempfindlichen Thermosäulenlementen ausgestattet ist. Diese sind als 8x8 Pixel-Matrix auf den Chip aufgebracht. In Abbildung 2.1 ist der Aufbau des Sensors dargestellt.

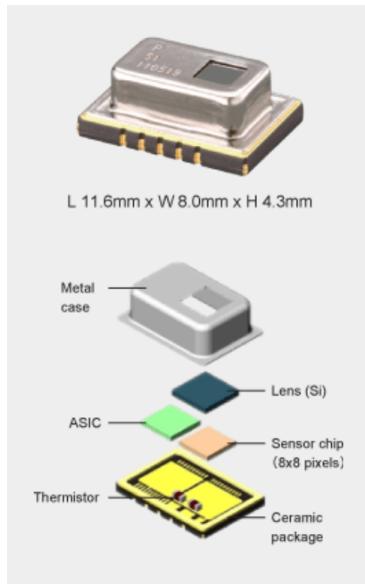


Abbildung 2.1: Schema des AMG8834 Sensors  
[AG16]

Die eintreffenden Infrarotwellen werden durch die Siliziumlinse, welche einen Field Of View (FOV) von 60 ° besitzt, gefiltert. Dabei durchdringen lediglich langwellige Infrarotstrahlungen mit den

Wellenlängen 8-13  $\mu\text{m}$  die Linse. Dies entspricht dem dritten atmosphärischen Fenster.

In Abbildung 2.2 ist das Prinzipschema des Sensors darstellt. Das Messprinzip des Sensors wird im Unterkapitel 2.2.1 detailliert erläutert. Die entstandene Thermospannung wird durch die Anwendungsspezifische Integrierte Schaltung (ASIC) des MEMS-Sensor verarbeitet. Das selektierte Thermospannung wird verstärkt, mit dem integrierten Thermistor verglichen und mit dem Analog/Digital-Converter (ADC) gewandelt. Durch die hohe interne Verstärkung besitzt der Sensor jedoch bei normalen Bedingungen<sup>2</sup> eine Genauigkeit von +/- 3°C.

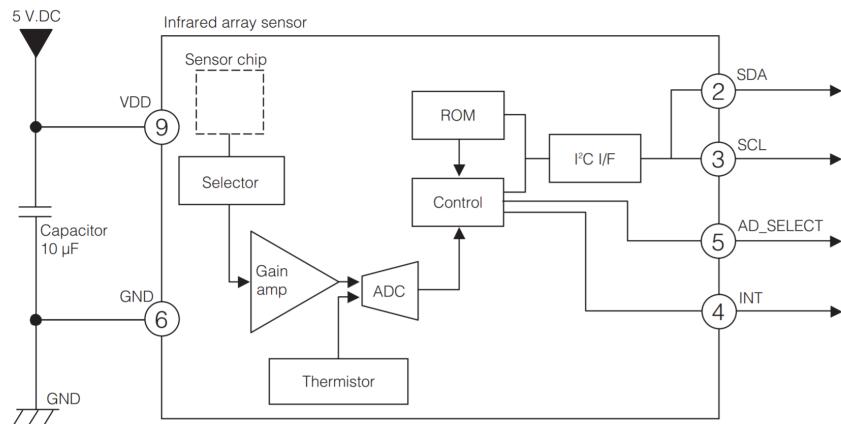


Abbildung 2.2: Schema des AMG8834 Sensors

[AG16]

Über die Inter-Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C) lassen sich die Werte der Thermoelemente und der Thermistoren je aus 2 Register auslesen. Die Messwerte werden alle 100 ms aktualisiert. Es werden lediglich 12 Bit pro Pixel für die Temperaturregister genutzt. Dies führt zu der kleinsten unterscheidbaren Größe von 0.25 °C . Die Thermistor-Register lassen sich mit der Auflösung von 0.625 °C unterscheiden.

## 2.2 Physikalische Aspekte

Dieser Abschnitt erläutert auf kurze und prägnante Weise, physikalischen Aspekte die dem Sensor zu Grunde liegen. Dies bietet die Grundlage für die Bestimmung der Störquellen und das Verhalten des Sensors bei entsprechenden äußeren Einwirkungen. Die Tabelle 2.1 gibt die Bezeichnungen der nachfolgenden Formeln wieder.

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

Grösse	Bezeichnung	Einheit
Thermospannung	$U_t$	J
Thermokraft P/N -Silizium	$\alpha_p, \alpha_n$	V/K
Temperatur P/N -Silizium	$T_p, T_n$	V/K
Wärmestrom	$\dot{Q}$	J
Emission	$\epsilon$	—
Reflektion	$\rho$	—
Transmission	$\tau$	—
Absorption	$\alpha$	—
Strahlungsintensität	$\dot{Q}$	m/s
spektrale spezifische Ausstrahlung	$M_\lambda$	m/s <sup>2</sup>
Planksches Wirkungsquantum	$h$	Js
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c$	m/s
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\sigma$	rad/s <sup>2</sup>

Tabelle 2.1: Legende physikalische Grössen Konzeptzeichnungen

### 2.2.1 Seebeck-Effekt

Die durch die konvexe Linse gesammelten Infrarotstrahlen verursachen auf den einzelnen Thermosäulenlementen (2), dass die Oberfläche erwärmt wird. Es entsteht zwischen der erwärmten, n-dotierten Siliziumschicht (4) und der kühleren p-dotierten Siliziumschicht (6) ein Temperaturgefälle.

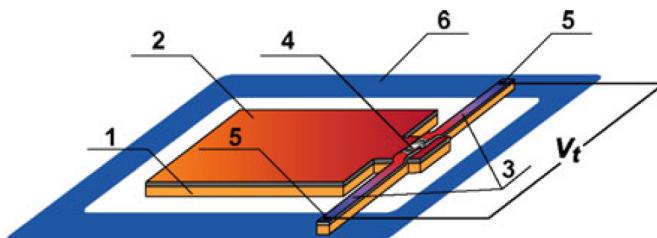


Abbildung 2.3: Aufbau Thermosäule  
[AG16]

Durch die unterschiedlichen Thermokräfte (auch Seebeckkoeffizienten) der zwei Halbleitermaterialien entsteht ein Potentialunterschied, den man an den Punkten 3 und 5 abgreifen kann. Diese Spannung  $U_t$  ist die Grundlage des Messprinzips und wird mit Formel 2.2.1 [AG16] beschrieben.

$$U_t = (\alpha_p + \alpha_n) * (T_p + T_n) \quad (2.2.1)$$

## 2.2.2 Strahlungstheorie

Das vorherige Unterkapitel erläutert die Funktion des Sensors als Infrarotempfänger. Nicht unwesentlich ist weiter die Betrachtung des Senders. Grundsätzlich gilt, jeder Körper, der eine Temperatur oberhalb des absoluten Nullpunkt aufweist, strahlt Wärmestrahlung im Infrarotbereich ab.

Im Allgemein wird für die Betrachtung vom Plank'schen Strahlungsgesetz ausgegangen. Nach dieser gilt für eine spektrale spezifische Ausstrahlung eines Schwarzkörpers mit der Temperatur T folgende Formel [KG18]:

$$M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} * \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (2.2.2)$$

Wie in der Formel ersichtlich ist die Ausstrahlung eines schwarzen Körper mit 5. Potenz von der Wellenlänge und exponentiell von der Temperatur abhängig. Durch die Siliziumlinse des Sensors werden somit Störquellen, welche andere Wellenlängen aufweisen gefiltert. Dies ist vor allem bei Lichtquellen ein relevante Eigenschaft.

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz [KG18] gibt die Strahlungsintensität Q eines idealen Temperaturstrahlers an und bietet für die Anwendung die relevantesten Erkenntnisse.

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} = \epsilon * \sigma * A * T_{obj}^4 \quad (2.2.3)$$

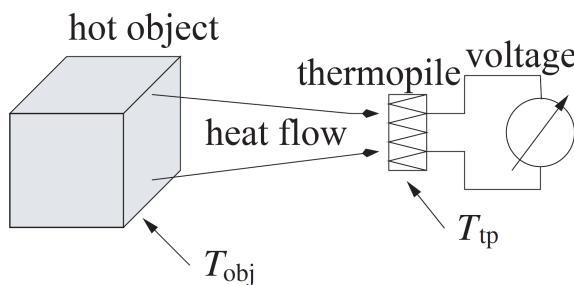


Abbildung 2.4: Aufbau Thermosäule  
[MG07]

Diese Formel zeigt auf, dass die Wärmestrahlung eines Körpers im wesentlichen (mit 4. Potenz) von der eigenen Temperatur abhängig ist. Die Fläche A ist lediglich proportional.

Der Emissionsgrad  $\epsilon$  ist ein materialabhängiger, jedoch wellenlängenunabhängiger Faktor, welcher zwischen 0-1 angegeben wird. Dieser gilt für graue Körper d.h. für Körper, dessen Oberfläche auftreffende Strahlung nicht vollständig absorbiert. Diese Eigenheit gilt für alle realen Körper. Bei thermischen Gleichgewicht kann zusätzlich davon ausgegangen werden, dass die Emission dem Absorptionswert entspricht.

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

Nach dem Energieerhaltungsgesetz [KG18] gilt für die

$$\tau + \alpha + \varphi = 1 \quad (2.2.5)$$

Da in Aufzügen nur von Festkörper ausgegangen wird, fällt die Transmission  $\tau$  aus der Gleichung. Es können lediglich Reflexionen oder die Emission des Körpers Einfluss auf die einwirkende Infrarotstrahlung nehmen.

Weitere Betrachtungen werden im Unterkapitel 2.4. diesbezüglich gemacht.

## 2.3 geometrische Aspekte

Da die Strahlungsintensität mit zunehmender Distanz mit zweiter Potenz abnimmt, spielt die Distanz zum Messobjekt eine entscheidende Rolle. Ein weiteres Kriterium ist der begrenzte FOV des Sensors von 60°. In der nachstehenden Skizze (Abbildung 2.5) sind die Verhältnisse perspektivisch dargestellt. Dabei wird von einer Raumhöhe von 2.10 m ausgegangen. (nach Standardkabine EN 81-70)

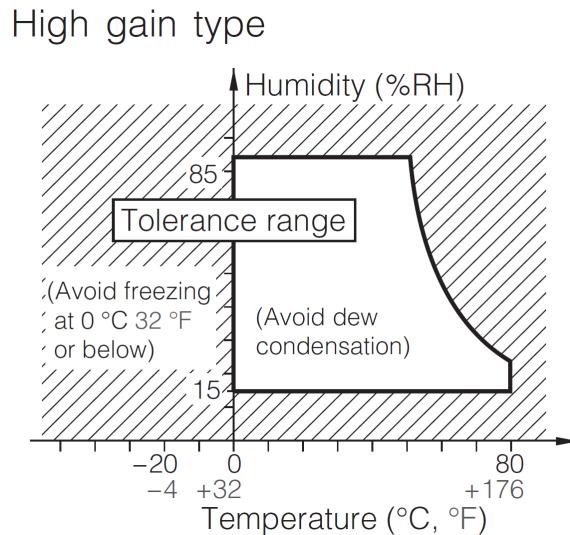


Abbildung 2.5: Einfluss Luftfeuchtigkeit  
[AG16]

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  $0.666 \text{ m}^2/\text{s}^2$  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.

## 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

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

(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 Wärmeabgabe hängt im wesentlichen von der Schwere der Tätigkeit und von der Größe der Körperfläche ab. Daraus folgt, dass größere Personen mehr Wärme abgeben. 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.[Spe05]

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.

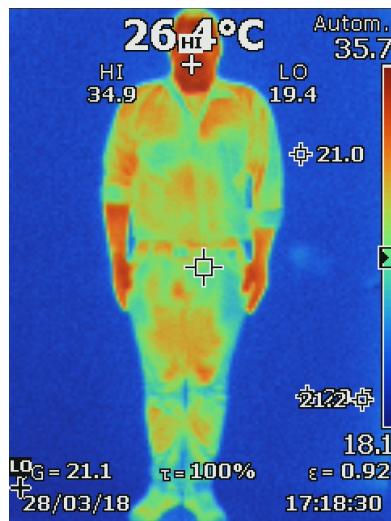


Abbildung 2.6: Wärmebild eines Probanden

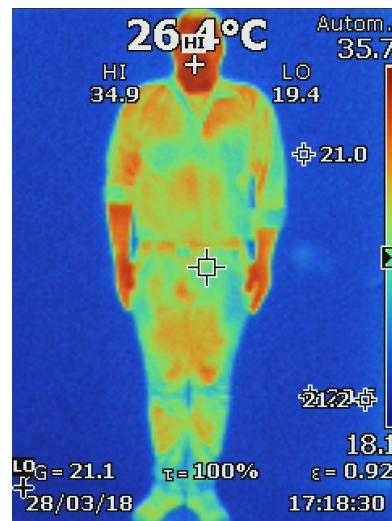


Abbildung 2.7: Wärmebild eines Probanden

#### 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 Oberflächenbeschaf-

fenheit 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 verwendete Software

## 2.6 Fazit

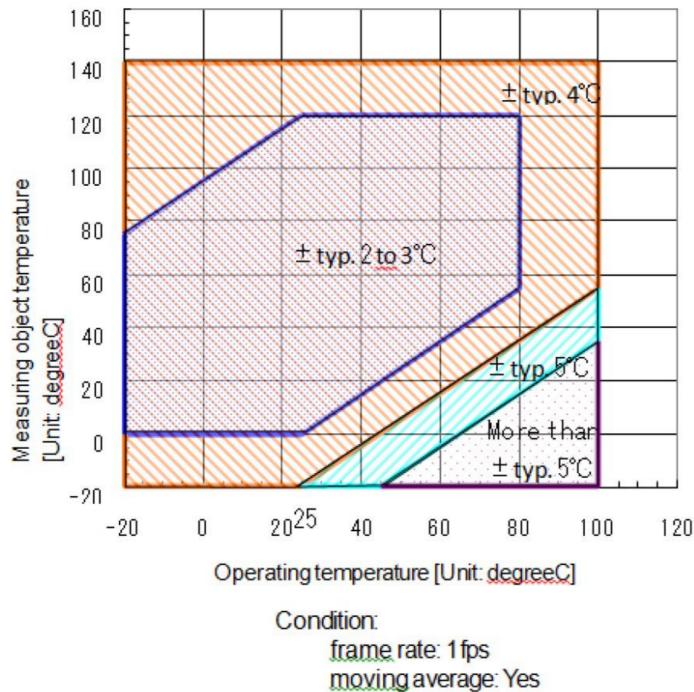


Abbildung 2.10: Messgenauigkeit  
[AG16]

## 3 Testdurchführnugen

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

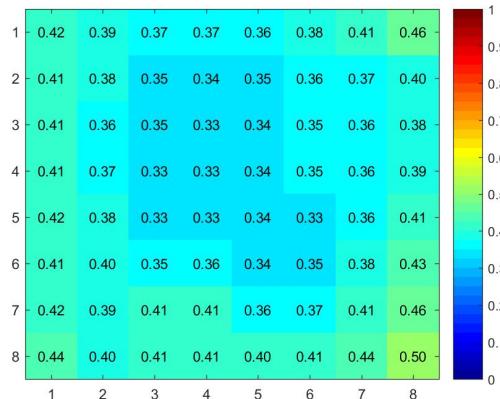


Abbildung 3.1: Streuung der einzelnen Pixel im Vergleich

### 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.

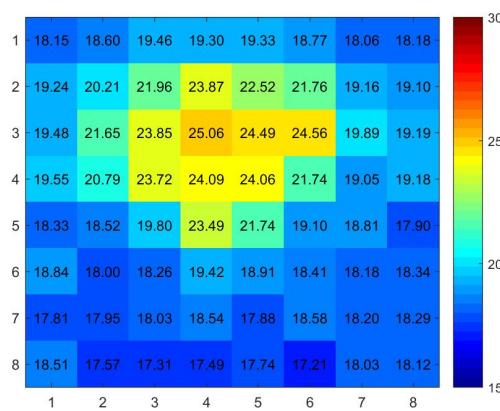


Abbildung 4.1: Pixeldarstellung einer Person

### 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 Profile von Personenaufzügen erstellt. Diese dienten als Datensätze für das CNN! (CNN!)

### 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

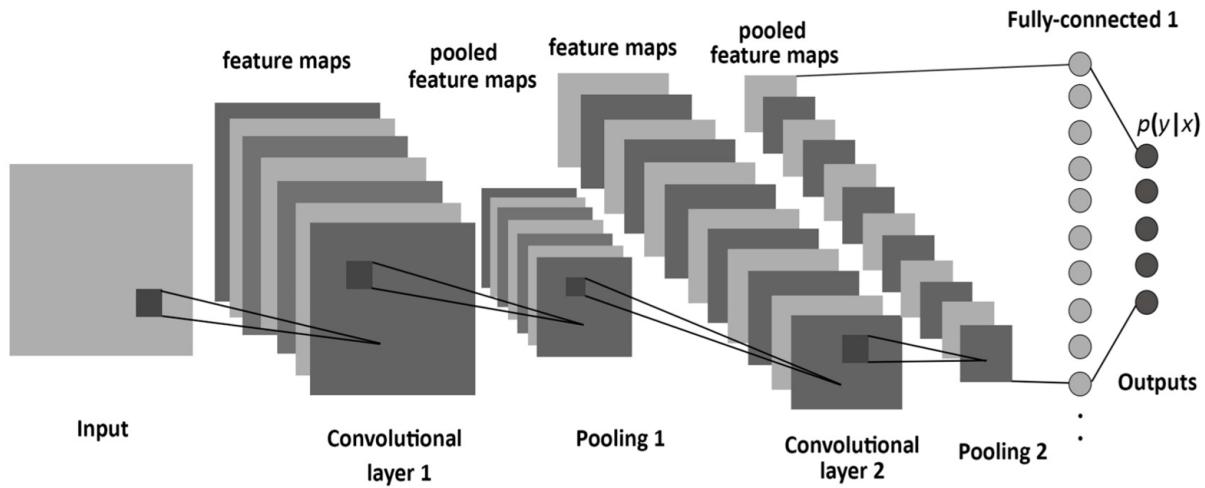


Abbildung 4.2: Aufbau des Convolutional Neural Network

## 4.7 c

Entweder alle Sekunde der Mittelwert auswerten, doer 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 Aspekten 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 Datensets

## B Digitale 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..

### B.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