

FH Aachen

**Fachbereich
Elektrotechnik und Informationstechnik**

Bachelorarbeit

**Prognose der Anwesenheit von Personen für die
Gebäudeautomatisierung mittels Umweltsensordaten**

**Alexander Loosen
Matr.-Nr.: 3167353**

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Elsen

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. ...

15. Februar 2022

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Aachen, 15. Februar 2022

Geheimhaltung - Sperrvermerk

Die vorliegende Arbeit unterliegt bis [Datum] der Geheimhaltung. Sie darf vorher weder vollständig noch auszugsweise ohne schriftliche Zustimmung des Autors, des betreuenden Referenten bzw. der Firma [Firmenname und -sitz] vervielfältigt, veröffentlicht oder Dritten zugänglich gemacht werden.

Inhalt

1. Einleitung	4
1.1. Motivation und Aufgabenstellung	4
1.2. Vorgehensweise	5
2. Grundlagen	6
2.1. Unterkapitel	6
3. Kapitel 3	7
4. Zusammenfassung und Ausblick	9
Quellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	13
Anhang	13
A. Quellcode	14
B. Rohdatenvisualisierungen	15

1. Einleitung

Gebäudeautomatisierung bezeichnet die automatische Steuerung und Regelung von Gebäudetechnik wie Heizung, Lüftung oder Beleuchtung. Während sie bisher hauptsächlich für die Optimierung der Energieeffizienz von gewerblichen und öffentlichen Gebäuden genutzt wurde, welche in Zuge solcher Optimierungsschritte als „Smart Buildings“ bezeichnet werden, rückt sie in den letzten Jahren zunehmend unter dem Begriff „Smart Home“ auch in den privaten Bereich. Die beiden Begriffe stehen in den letzten Jahren so im Vordergrund, da eine Verbesserung der Energieeffizienz durch bauphysikalische Maßnahmen, wie verminderte Wärmeverluste durch bessere Isolation, an ihre Grenzen gestoßen sind.

Zur weiteren Steigerung der Energieeffizienz ist es also nötig, die Gebäude-technik automatisch anzusteuern, sodass sog. Performance-Gaps vermieden werden. Performance-Gaps stellen eine Diskrepanz im Energieverbrauch eines Gebäudes zwischen einem theoretischen Soll-Wert zu einem tatsächlichem Ist-Wert dar.

1.1. Motivation und Aufgabenstellung

Für nahezu alle Bereiche der Gebäudeautomatisierung stellt die Anwesenheit von Personen eine zentrale Variable dar. Da die direkte Messung von Anwesenheit über z.B. Infrarotsensoren nicht verlässlich ist, soll in dieser Arbeit untersucht werden, inwiefern Machine-Learning Algorithmen genutzt werden können, um eine genaue Erwartung über die Anwesenheit von Personen anhand von CO₂-Werten in der Raumluft zu treffen.

1.2. Vorgehensweise

2. Grundlagen

2.1. Unterkapitel

Wir sehen im Folgenden die Formel für die Faltung von Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, als Gleichungsarray:

$$(p_i * p_j)(n) = \sum_{k \in \mathbb{D}} p_i(k) \cdot p_j(n - k) \quad (2.1)$$

$$p_{total} = p_0 * p_1 * \dots p_{n-1}; \forall n \quad (2.2)$$

Hier ist nur eine einfache Formel mit der `equation`-Umgebung für die Minkowski Metrik:

$$D(X, Y) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)^{1/p} \quad (2.3)$$

Wie in Gleichung 2.3 zu erkennen ist, ergibt sich die L2-Norm (Euklidische Distanz), wenn man den Exponenten $p = 2$ wählt.

Support Vector Machines [Haykin, 1999] nutzen die Euklidische Distanz (oder äquivalent) das Skalarprodukt.

3. Kapitel 3

Tabelle 3.1.: Messergebnisse

Stellung	$\frac{T_U}{^{\circ}C}$	$\frac{T_c}{^{\circ}C}$	$\frac{\Delta T}{^{\circ}C}$
senkrecht (0°)	27,3	69,8	42,5
waagrecht (90°)	26,6	70,6	44,0

Wie in Tabelle 3.2 zu sehen ist, ist es besser, Trennlinien nur dort einzusetzen, wo logische Grenzen liegen.

Tabelle 3.2.: Smartphone Sensordaten

Sensorinformation	Format	frequency [s^{-1}]
App identifier for vendor	int64	once per transfer
WIFI and network carrier IP addresses	int128	once per transfer
battery level	int8	0.1
Position information: latitude, longitude, altitude, speed, course, vertical position accuracy, horizontal position accuracy, floor level information	float32[8]	1
Heading information: heading.x, heading.y, heading.z, true heading, magnetic heading, heading accuracy	float16[6]	1
Accelerometer information: acceleration.x, acceleration.y, acceleration.z	float16[3]	2
Gyroscope information: rotationRate.x, rotationRate.y, rotationRate.z	float16[3]	2
altimeter information: relative altitude, pressure	float16[2]	1
timestamp	uint32	once per transfer
Temperature [$^{\circ}C$]	float16	1

4. Zusammenfassung und Ausblick

Quellenverzeichnis

- [Hartnett, 2018] Hartnett, K. (2018). Machine learning confronts the elephant in the room. Quanta Magazine, Online. <https://www.quantamagazine.org/machine-learning-confronts-the-elephant-in-the-room-20180920/>.
- [Haykin, 1999] Haykin, S. (1999). *Neural Networks - A Comprehensive Foundation*. Prentice Hall, 2 edition.
- [Le, 2018] Le, J. (2018). How to do semantic segmentation using deep learning. Online. <https://medium.com/nanonets/how-to-do-image-segmentation-using-deep-learning-c673cc5862ef>.

Abkürzungsverzeichnis

g	Gravitation in Nähe der Erdoberfläche
Nu	Nußelt-Zahl
ν_{Luft}	Kinematische Viskosität von Luft
Pr	Prandtl-Zahl
\dot{Q}	Wärmestrom
Ra	Rayleigh-Zahl
ρ_{Luft}	Dichte von Luft
T	Temperatur
T_{∞}	Umgebungstemperatur

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

3.1. Messergebnisse	7
3.2. Smartphone Sensordaten	8

A. Quellcode

1. Source 1
2. Source 2

B. Rohdatenvisualisierungen

1. Graustufen
2. Verteilungen