



Hochschule **RheinMain**
University of Applied Sciences
Wiesbaden Rüsselsheim

Fachbereich

Ingenieurwissenschaften

Studienbereich

Informationstechnologie und Elektrotechnik

Studiengang

Elektrotechnik

Studienrichtung

Elektrotechnik & Informationstechnik

Bachelor Thesis

Predictive Maintenance mithilfe von Unsupervised Learning in der Verkehrstechnik

Moritz Mühlhausen

Vorgelegt am (Stempel des Studienbereichs):

(Ort / Datum)

(Unterschrift Student)

Referent: Prof. Dr.-Ing. Michael Voigt

Korreferent: M. Sc. Felix Becker, Vitronic Machine Vision GmbH

Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter verfasst habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Texte, Gedankengänge, Konzepte usw. in meinen Ausführungen habe ich als solche eindeutig gekennzeichnet und mit vollständigen Verweisen auf die jeweilige Urheberschaft und Quelle versehen.

Alle weiteren Inhalte wie Textteile, Abbildungen, Tabellen etc. ohne entsprechende Verweise stammen im urheberrechtlichen Sinn von mir.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mir ist bekannt, dass ein Täuschungsversuch vorliegt, wenn sich eine der vorstehenden Versicherungen als unrichtig erweist.

(Ort / Datum)

(Unterschrift Student)

Der Einsicht in die Bachelor Thesis und der Ausleihe eines Exemplars der Thesis stimme ich zu /
stimme ich nicht zu*.

(Ort / Datum)

(Unterschrift Studentin/Student)

Die Zustimmung kann nur bei Vorliegen eines berechtigten Interesses (z.B. laufende Forschungsprojekte / Patentschutz) verweigert werden.

Begründung (bei Verweigerung):

Nur vom Betreuer auszufüllen:

Gegen die Einsicht in die Bachelor Thesis und gegen die Ausleihe eines Exemplars der Thesis wird /
kein* Einspruch erhoben.

(Ort / Datum)

(Unterschrift Betreuer)

Begründung (bei Einspruch):

*Nichtzutreffendes bitte streichen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
2	Anomalieerkennung und Predictive Maintenance	3
	Literaturverzeichnis	4

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Kapitel 1

Einleitung und Motivation

In modernen Verkehrssystemen ist die Sicherstellung von Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit essenziell, da Störungen nicht nur hohe wirtschaftliche Kosten, sondern auch erhebliche Risiken für die Funktionsfähigkeit kritischer Infrastrukturen mit sich bringen. Dies macht effektive Wartungsstrategien zu einem unverzichtbaren Bestandteil der Instandhaltungsplanung zur Einhaltung der genannten Gütefaktoren.

Dabei gibt es mehrere Ansätze, die historisch gewachsen sind. Die reaktive bzw. kurative Wartung greift dann ein, wenn Fehler auftreten oder Komponenten nicht mehr ihre Funktionalität erfüllen können. Dies hat den offensichtlichen Nachteil, dass erst durch Systemausfälle der Wartungseinsatz herbeigeführt wird. Dementsprechend zieht dies einen finanziellen Nachteil mit sich und sorgt für Ausfallzeiten im System. Zudem gibt es den Ansatz der präventiven oder auch zeitbasierten Wartung. Hier erfolgt der Wartungseinsatz auf Grundlage von festgelegten Wartungsintervallen, die entweder auf einem Zeitplan oder einer Betriebsdauer basieren. Diese finden also unabhängig vom tatsächlichen Zustand des Systems statt und können dementsprechend leicht umgesetzt werden, aber gleichzeitig überflüssige Wartungsarbeiten verursachen, sollte das System noch in einem guten Zustand sein. Unerwartete oder plötzlich eintretende Ausfälle können so auch nicht verhindert werden.

Verkehrsinfrastrukturen und auch Industriesysteme im Allgemein werden durch ihre wachsende Komplexität und die Integration neuer Technologien zunehmend anfälliger für Ausfälle und Defekte. Mit steigendem Alter wird ihre Instandhaltung nicht nur kostenintensiver, sondern auch schwieriger. Diese traditionellen Wartungsansätze stoßen jedoch in komplexen und zunehmend vernetzten Systemen an ihre Grenzen. Um der steigenden Komplexität und den damit verbundenen Herausforderungen in der Wartung zu begegnen, ist es notwendig, fortschrittlichere Methoden zu integrieren, die präzisere Vorhersagen über den Zustand von Systemen ermöglichen.

Die prädiktive Wartung bzw. **Predictive Maintenance** setzt an dieser Stelle an. Sie basiert auf der Analyse von Echtzeitdaten, die aus einer Vielzahl von Sensoren entnommen werden können. Maschinelles Lernen stellt sich hier als ideale Herangehensweise heraus, um sich anbahnende Fehler und Ausfälle vorherzusagen. Wartungsmaßnahmen werden also erst dann ergriffen, wenn der Systemzustand auf einen bevorstehenden Ausfall hindeutet. So können Ressourcen effizient genutzt und Ausfallzeiten minimiert werden [3].

Durch immer mehr verfügbare Mess- und Leistungsdaten steht eine entsprechend große Datenmenge zur Analyse bereit, die zur Zustandsfeststellung und -vorhersage herangezogen werden kann. Diese Datensätze werden über einen OPC UA Server zur Verfügung gestellt. OPC UA steht für *Open Platform Communication Unified Architecture* und ist ein Industriestandard für Datenaustausch sowie horizontale und vertikale Kommunikation. Ein großer Vorteil von OPC UA besteht in seiner Herstellerunabhängigkeit durch semantische Interoperabilität sowie seiner Vielzahl an Sicherheitsmechanismen [1]. Die Datenerfassung erfolgt lokal auf jedem Gerät, welches im Zuge dessen auch einen eigenen Server betreibt, um die aufgenommenen Daten bereitzustellen. Auf diese Weise wird eine dezentrale Sammlung relevanter Parameter wie Temperatur, Leistung und Systemauslastung ermöglicht. Die kontinuierliche Überwachung und Speicherung dieser Daten in einer Datenbank bildet die Grundlage für die Entwicklung und Anwendung prädiktiver Wartungsstrategien.

Ein zentraler Aspekt dabei ist die Detektion von Anomalien, die als Abweichungen vom normalen Verhalten definiert werden [2]. In multivariaten Systemen erschwert die hohe Dimensionalität und Komplexität der Daten ihre Erkennung. Unüberwachte maschinelle Lernverfahren bzw. **Unsupervised Learning** erweisen sich hier als besonders vielversprechend, da sie Muster und Zusammenhänge in hochdimensionalen, unstrukturierten Datensätzen identifizieren können, ohne auf eine vorherige Datenkennzeichnung angewiesen zu sein.

Ziel dieser Arbeit ist es, Unsupervised Learning Algorithmen für die Erkennung und Interpretation von Anomalien in heterogenen Datensätzen eines Systems in der Verkehrstechnik zu nutzen und damit die Effizienz von Predictive Maintenance in der Verkehrstechnik zu optimieren. Dies soll durch eine frühzeitige Identifikation potenzieller Fehler erreicht werden.

Dabei wird zunächst in Kap. 2 ein theoretischer Hintergrund über die Grundlagen der Anomalieerkennung, Predictive Maintenance und verschiedenen Machine Learning Ansätzen gegeben und warum sich Unsupervised Learning optimal für die hier genannten Zwecke eignet.

Kapitel 2

Anomalieerkennung und Predictive Maintenance

bla bla

Literaturverzeichnis

- [1] Wolfgang Babel. *Systemintegration in Industrie 4.0 und IoT. Vom Ethernet bis hin zum Internet und OPC UA*. 1st ed. 2024. Wiesbaden: Imprint: Springer Vieweg, 2024. 1585216161 pp. ISBN: 9783658429874.
- [2] Varun Chandola, Arindam Banerjee, and Vipin Kumar. “Anomaly detection: A survey”. In: *ACM Computing Surveys* 41.3 (July 2009), pp. 1–58. ISSN: 1557-7341. DOI: 10.1145/1541880.1541882.
- [3] Diego Alejandro Tobon-Mejia et al. “A Data-Driven Failure Prognostics Method Based on Mixture of Gaussians Hidden Markov Models”. In: *IEEE Transactions on Reliability* 61.2 (June 2012), pp. 491–503. ISSN: 1558-1721. DOI: 10.1109/tr.2012.2194177.