

Der Motor als Sensor

Anomalie-Detektion für einen Pipettierroboter

Student



Nico Weber

Einleitung: Die Hamilton Bonaduz AG ist auf Laborautomatisierung, insbesondere Liquid Handling, spezialisiert. Dabei werden häufig Pipettierroboter eingesetzt, um geringste Flüssigkeitsmengen zu transportieren.

Ein spezifischer Modelltyp eines Pipettierkanals zeigte in der Vergangenheit vermehrt Probleme mit der Antriebsstrecke. Diese besteht vereinfacht aus einem EC-Motor von Maxon International AG und einer Spindel, welche die Pipette vertikal bewegt (siehe Bild 1).

Ziel der Arbeit: Fehlerhafte Antriebsstrecken sollen durch eine Anomaliedetektion vorzeitig erkannt werden, sodass eine präventive und prädiktive Wartung möglich wird.

Die vorliegende Arbeit erhebt Daten für den konkreten Anwendungsfall (siehe Bild 2) und entwickelt daraus eine passende Anomaliedetektions-Methode. Die Methode soll zudem so ausgelegt werden, dass sie auch auf einem Embedded System mit beschränkten Ressourcen (Rechenleistung, Speicherbedarf) umsetzbar ist.

Ergebnis: Die Anomaliedetektion wurde in einem Pythonskript erfolgreich implementiert, dessen Umsetzbarkeit auf einer passenden Mikrocontroller-Umgebung möglich ist.

Fehlerhaftes Verhalten konnte anhand eines Machine-Learning-Algorithmus, basierend auf einer multivariaten Gaußverteilung, erkannt werden (siehe Bild 3). Dafür wurden die Zeit, das Drehmoment und der Nachführfehler als Features bestimmt, da zwischen ihnen keine lineare Beziehung besteht und sie so unkorreliert sind.

Innerhalb des Lösungsansatzes wurden zwei Varianten ausprobiert: (i) Time Slicing-Auswertung, (ii) Explizite 3D-Auswertung. Bei (i) wird jeder Zeitpunkt individuell betrachtet und ein jeweils eigenes Modell erstellt. Für (ii) wird ein Modell über die ganze Laufzeit einer Aufnahme gelegt und die Zeit als dritte Dimension in die Berechnungen eingebunden.

Die Gesamtleistung der Modelle wird durch den F1-Score angegeben, der für Kategorisierungs-Anwendungen üblich ist.

Bei (i) beträgt der F1-Score durchschnittlich 0.956 und bei (ii) ergibt die Auswertung der Metrik 0.777, wobei 0 für eine schlechte und 1 für eine perfekte binäre Klassifikation steht. Vorsicht bei der Interpretation der Werte ist jedoch ratsam. Es gilt zu überprüfen, inwiefern die Werte durch die kleinen Datenmengen oder die Art der Validation beeinflusst

werden.

Variante (i) mit Time Slicing zeigte in einer graphischen Auswertung die besseren Ergebnisse und wird daher auf Grundlage dieser Studienarbeit als eine Lösung des Problems vorgeschlagen.

Bild 1. Innerer Aufbau eines Pipettierkanals von Hamilton Bonaduz AG.
Eigene Darstellung

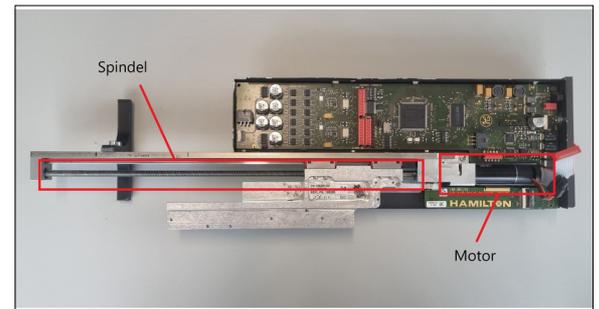


Bild 2. Systemübersicht: Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten im verwendeten Messaufbau.
Eigene Darstellung

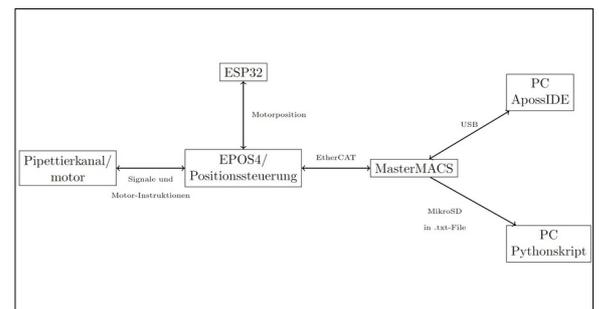
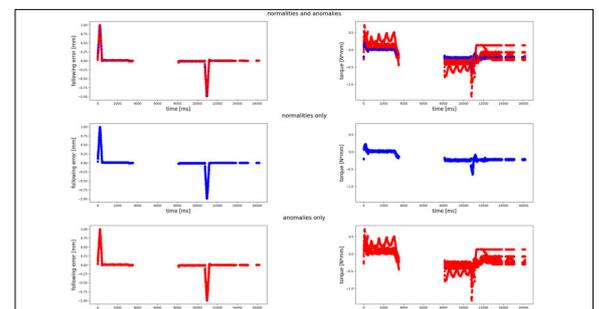


Bild 3. Testset kategorisiert mit (i). Nachführfehler und Drehmoment über Zeit. Anomalien: rot, Normwerte: blau.
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Andreas Breitenmoser

Themengebiet
Embedded Systems

Projektpartner
Hamilton Bonaduz AG,
Rapperswil, SG, Maxon
International AG,
Sachsln, OW