

Optimierung der Produktion von Durchflusssensoren mittels Prozessdatenanalyse

Student

Problemstellung: Die Belimo Automation AG erfasst eine Vielzahl an Fertigungsdaten zu den von ihnen produzierten Durchflusssensoren, ohne davon Gebrauch zu machen. In dieser Arbeit werden die Daten analysiert und der Justierprozess der Durchflusssensoren optimiert.

Remo Pfister

Vorgehen: Die Daten werden mit Hilfe von einfachen Statistiken (Mean, Median, Quantile, ...), Histogrammen, Box- und Linienplots und Korrelationsmatrizen in einer explorativen Analyse untersucht. Dabei wird festgestellt, dass die Korrekturkurve sich in den unterschiedlichen Strömungsbereichen anders verhält. Besonders im turbulenten Strömungsbereich weisen die Korrekturfaktoren eine geringe Streuung und hohe Korrelation auf. Dieser Umstand wird dazu genutzt, um ein lineares Regressionsmodell mit einem durchschnittlichen absoluten prozentualen Fehler (MAPE) von 0.065% für die Bestimmung des Korrekturfaktors für den sogenannten Messpunkt 2 zu erstellen. Dieses Modell basiert lediglich auf den Korrekturfaktoren benachbarter Messpunkte und ist damit einfach nachzuvollziehen.

Zusätzlich werden weitere Modelle basierend auf Random Forest Regressoren, Gradient Boosting und Extreme Gradient Boosting (XGBoost) erstellt. Diese Modelle liefern ähnlich gute Resultate und identifizieren ebenfalls die Korrekturfaktoren der benachbarten Messpunkte als wichtigste Einflussfaktoren für die Vorhersage des Korrekturfaktors für den Messpunkt 2.

Die explorative Analyse zeigt, dass es Cluster in den Daten gibt. Die Daten werden deshalb systematisch mit Hilfe der Cluster-Algorithmen K-Means, Mean Shift, Hierarchical Clustering, Variational Bayesian Gaussian Mixture Models (VBGMM) und DBScan weiter analysiert. Gefunden wird dabei ein Cluster mit 52 Geräten, die systematisch tieferen Temperaturen beim Justierprozess ausgesetzt sind. Die Ursache dafür ist, dass die Prüfstrecke bei längerem Stillstand auskühlt.

Fazit: Die Eignung des linearen Regressionsmodells bei der Justierung sollte im Praxisbetrieb überprüft werden.

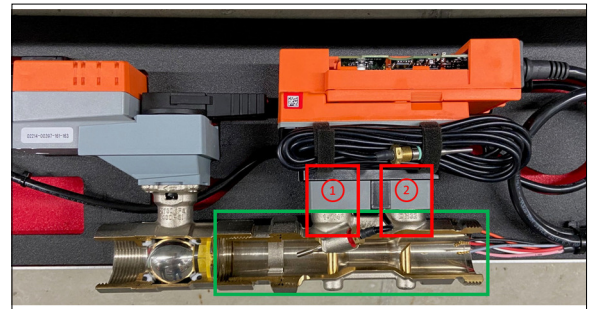
Ausserdem wird empfohlen, die Prüfstrecke nach längerem Stillstand im Leerlauf in Betrieb zu nehmen, um das System auf Temperatur zu bringen, bevor Durchflusssensoren justiert werden.

Durch diese Massnahmen könnte Belimo den Justierprozess verbessern und für deutlich kürzere Produktionszeiten der Durchflusssensoren sorgen.

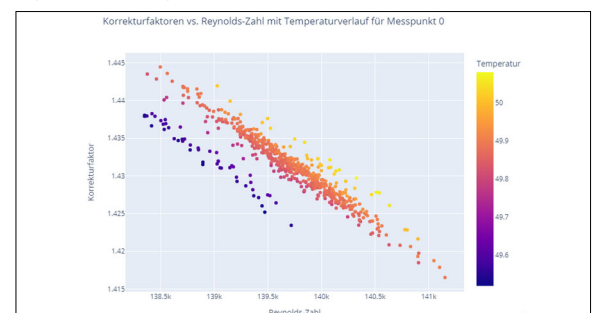
Referent
Prof. Dr. Lin
Himmelmann

Themengebiet
Data Science

Querschnitt Durchflusssensor, grün: Durchflusskörper, rot: Ultraschallwandler 1 & 2
Eigene Darstellung



Streudiagramm Korrekturfaktor vs. Reynoldszahl mit Farbverlauf über Temperatur
Eigene Darstellung



Zusammenfassung eines linearen Regressionsmodells
Eigene Darstellung

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.03798    0.02122   1.79  0.0742 .
X130_MP0_MUT_K 0.42780    0.02331  18.35 <2e-16 ***
X130_MP4_MUT_K 0.54220    0.02404  22.55 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.001254 on 401 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9114, Adjusted R-squared:  0.9109
F-statistic: 2062 on 2 and 401 DF, p-value: < 2.2e-16
```