

WKO Webinarreihe: Künstliche Intelligenz
Der Game Changer, der jedes Business verändert!

wko.at/ki

**„KI & PREDICTIVE MAINTENANCE - VIRTUELLE
SENSOREN FÜR INDUSTRIE-RADIALVENTILATOREN“**

Mittwoch, 06.11.2019

14:00 – 15:00 Uhr

Michael Kommenda, [FH OÖ F&E GmbH](#)
Erik Strumpf, Projektleiter, [Scheuch GmbH](#)
Hans Baldinger – [Innovationsservice/WKOÖ](#)



wko.at/ki

**MICHAEL KOMMENDA &
ERIK STRUMPF**



Michael Kommenda, Senior Researcher bei [FH OÖ F&E GmbH](#):

Michael Kommenda promovierte im Fachbereich Informatik an der Johannes Kepler Universität Linz. Seit über 10 Jahre forscht er an der FH OÖ zu den Themen datenbasierte Modellierung und maschinelle Lernverfahren. Dieses Wissen kommt in kollaborativen Forschungsprojekten zur Anwendung und wird dabei in die Praxis übergeführt.



Erik Strumpf, Projektleiter, [Scheuch GmbH](#):

Erik Strumpf studierte Verfahrenstechnik an der Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg und promoviert derzeit an der TU Bergakademie Freiberg. Seit 2017 ist er als Projektleiter und Entwicklungsingenieur bei der Fa. Scheuch GmbH, Arolzmünster in der F&E tätig. Seine thematischen Schwerpunkte sind Digitalisierung, Sensortechnologien und Strömungsmechanik.



KI & Predictive Maintenance

Virtuelle Sensoren für Industrie-Radialventilatoren



Michael Kommenda

Senior Researcher

Fachhochschule
Oberösterreich

Campus Hagenberg



Erik Strumpf

Projektleiter

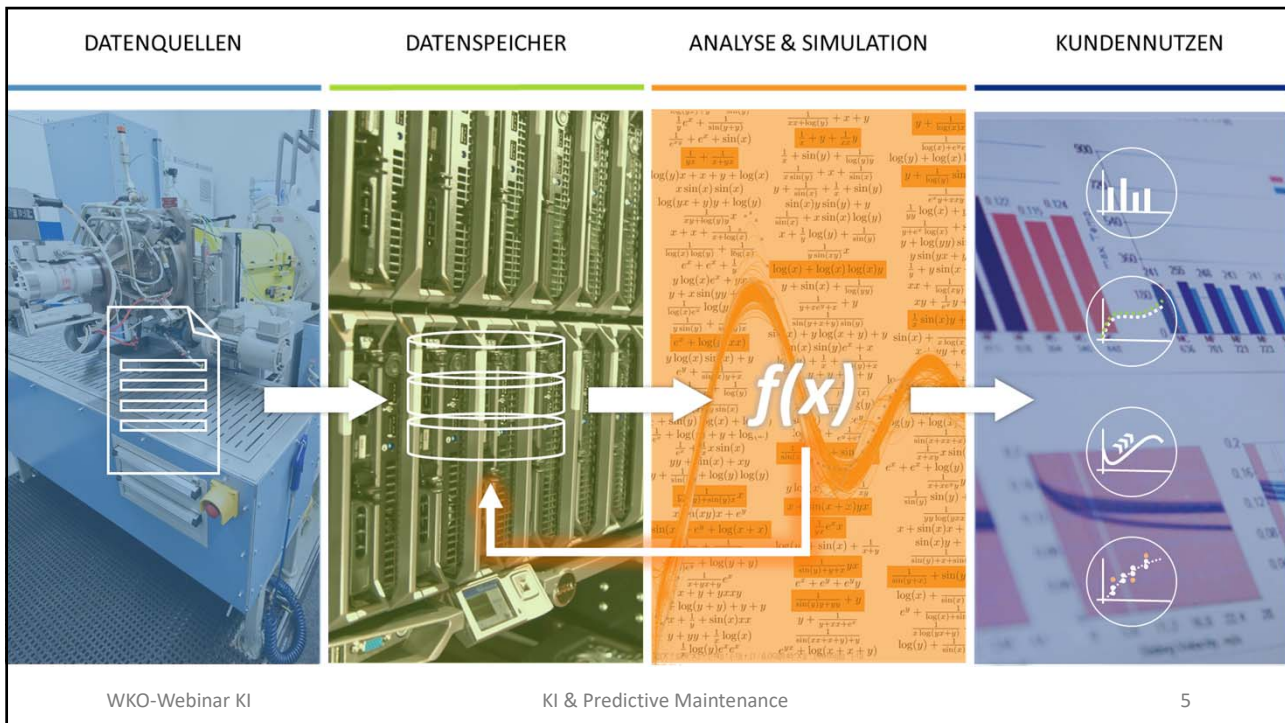
Research and
Development

Scheuch GmbH

KI & Predictive Maintenance

Maschinelles Lernen & Datenanalyse





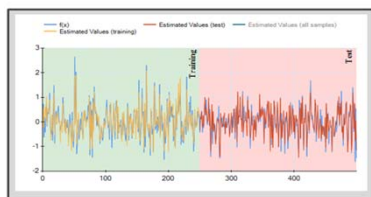


Modellierungsansätze

	Analytisch	Numerisch	Datenbasiert
Vorteile	+ Schnell und genau + Lösung gut interpretierbar + Stabil + Keine Simulationssoftware	+ Universell einsetzbar + Realität gut abbildbar + Komplexe Geometrie möglich + Nichtlineare Physik + Flexibel	+ Lösung ohne Physik möglich + Auf alle Probleme anwendbar + Kein spez. Prozesswissen
Nachteile	- Mathematische Kenntnisse - Nur Sonderfälle lösbar - Modellvereinfachungen - Realität bedingt abgebildet	- Näherungslösungen - Hoher Rechenaufwand - Instabilität möglich - Simulationssoftware - Simulationsexperte benötigt	- Datenqualität essentiell - Hoher Rechenaufwand - Extrapolationsfähigkeit - Software für Datenanalyse - Experte benötigt

WKO-Webinar KI
KI & Predictive Maintenance
6

Modellbildung

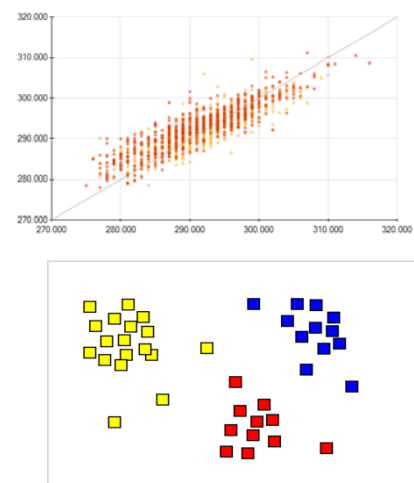


$$y = f(x, w) + \varepsilon$$

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	y
Training	52.0085	58497.7	26.9956	24.0391	12.9005	66.2633	4.027
	52.9874	59181.1	27.0061	23.7483	12.7239	66.8367	4.154
	54.0505	58879.2	26.8679	23.5869	12.5877	67.6773	4.047
	55.3182	58982.3	27.1852	23.7869	12.6229	67.7128	4.118
	46.5388	59270.3	26.4421	24.2601	12.5892	65.7425	4.743
	56.0167	58234.5	26.1072	23.4412	12.4224	67.9462	4.042
	57.0168	58021.7	26.2513	23.3085	12.3036	69.4392	3.721
	57.0139	59228.5	26.2285	23.4041	12.3685	68.3322	3.593
	62.5214	49855.7	26.3076	22.7812	12.0711	70.3331	3.785
	69.9885	53534.4	25.5916	21.3448	11.0299	73.7138	3.028
Test	70.0156	55058.2	25.5759	21.4617	11.0915	72.9846	3.137
	70.0446	56099.4	26.059	21.4652	11.0684	73.2351	?
	70.0335	55891.6	26.1834	21.3318	10.6288	74.8925	?
	70.0164	56841.1	26.1791	21.2119	10.0354	74.8419	?
	70.0147	58254.6	26.7381	21.3367	10.9244	73.2341	?
	70.0061	54444.9	26.5786	21.2395	10.6505	74.9187	?
	70.0325	48858.2	26.3799	21.4135	10.8558	74.0993	?

Methoden

- Regression & Klassifikation
 - Lineare Regression, Elastic Net, Least-angle Regression
 - Gradient Boosted Trees, Random Forests, XGBoost
 - Neuronale Netze, Deep Learning
 - Support Vector Machines
- Clustering
 - K-Means, K-Medians
 - Hierarchisches Clustering
 - Gaussian Mixture, DB-Scan
 - Affinity Propagation



Symbolische Regression

- Lernen von Modellen als mathematische Ausdrücke

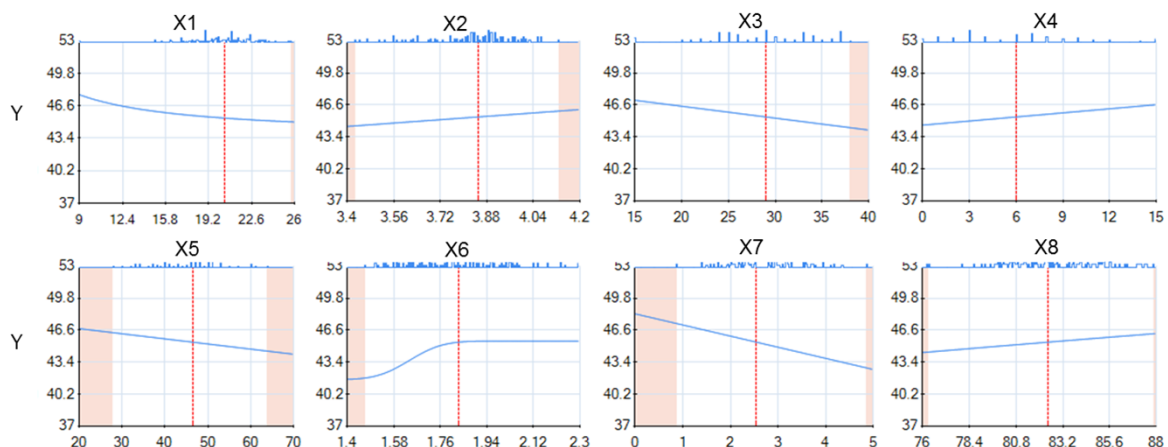
$$y = x_1 \cdot x_2 + x_3 \cdot x_4 + x_5 \cdot x_6 + x_1 \cdot x_7 \cdot x_9 + x_3 \cdot x_6 \cdot x_{10}$$

- Eigenschaften
 - Nichtlineare Modelle
 - Integration von a-priori Wissen
 - Einfache Integration in bestehende Systeme

- Vorteile
 - Automatische Simplifizierung
 - Manuelle Umformung
 - Bewertung des Einflusses
 - Manuelle Vereinfachung
 - Gewohnte Darstellungsform

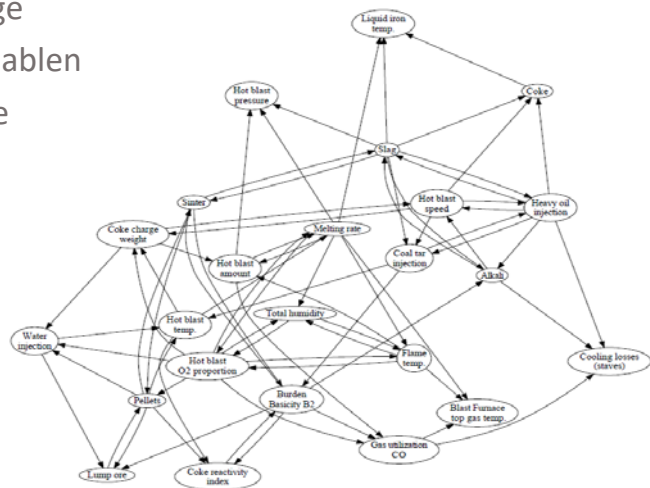


Interpretation von Modellen



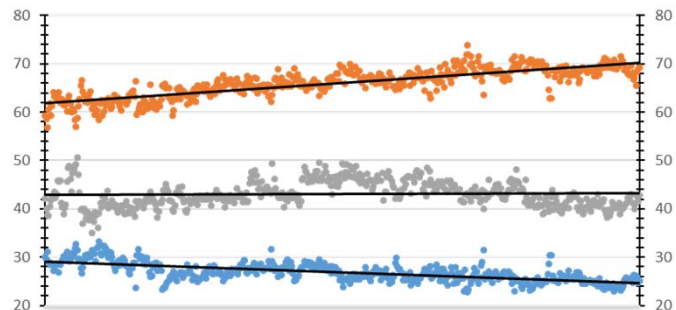
Beschreibung von Daten

- Überblick über Zusammenhänge
- Interaktionsnetzwerke von Variablen
- Modellbildung für jede Variable
- Bewertung des Einflusses
- Visualisierung als Netzwerk

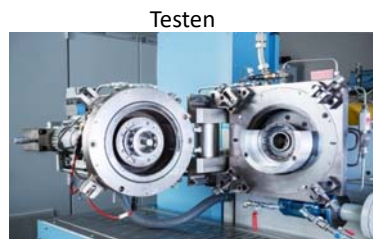
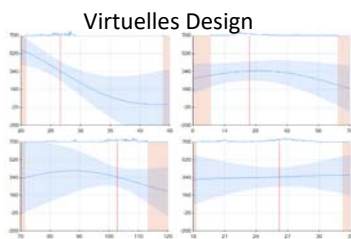
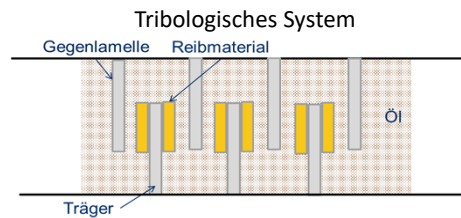


Vorhersage der Koksqualität

- Koksproduktion aus unterschiedlichen Kohlen
- Einhaltung von Grenzen bzgl. dreier Zielgrößen



Auslegung von Reibsystemen



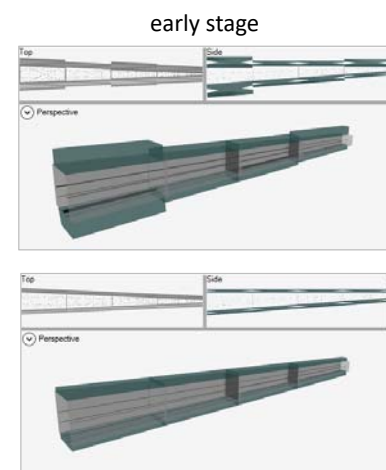
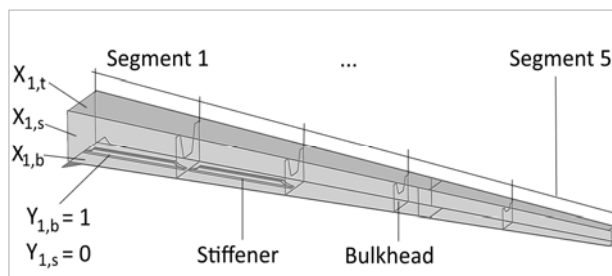
WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

13

Design von Kranausleger

$$\left(\underbrace{\overbrace{x_{1,b}, x_{1,s}, x_{1,t}}^{\text{thicknesses}}, \overbrace{y_{1,b}, y_{1,s}}^{\text{stif conf}}}_{\text{Segment 1}}, \dots, \underbrace{\overbrace{x_{n,b}, x_{n,s}, x_{n,t}}, \overbrace{y_{n,b}, y_{n,s}}}_{\text{Segment n}}, \underbrace{\overbrace{z_b, z_s}}^{\text{stif types}} \right)$$



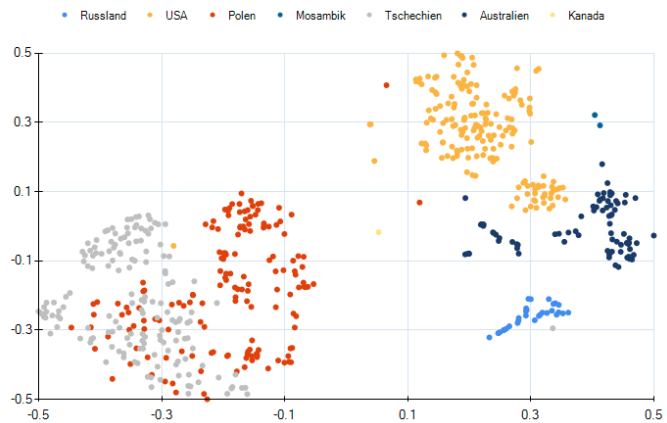
WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

14

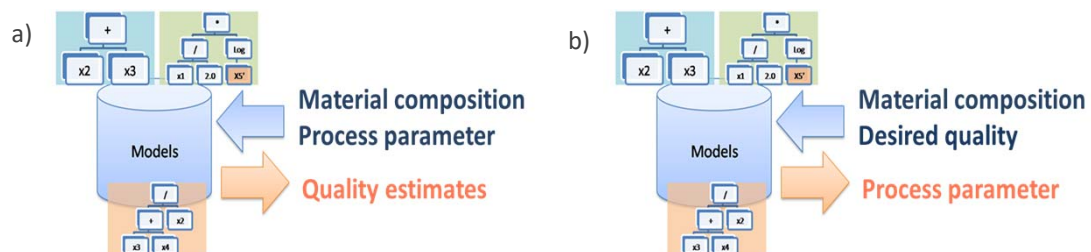
Zuordnung der Herkunft

- Automatische Analyse von Rohstoffen
- Überprüfung sicherheitsrelevanter Produkte
- Erkennung von fehlerhaften Deklarationen



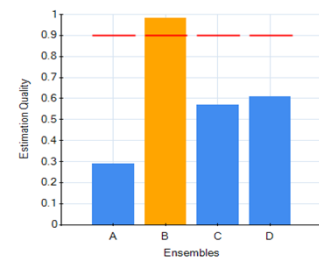
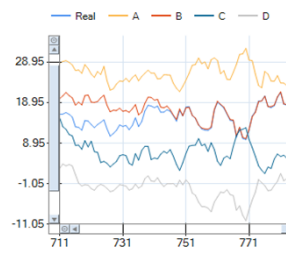
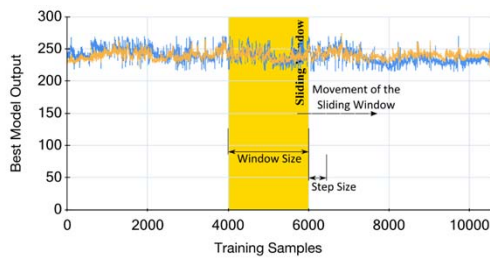
Prozessoptimierung

Welche Parameter müssen wie gesetzt werden, um optimale Ergebnisse zu erreichen?



Predictive Maintenance

- Real-Time-Identifikation von Wartungsbedürfnissen
- Analyse von Zeitreihen bzw. Datenströmen



WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

17

KI & Predictive Maintenance

Virtuelle Sensoren für Industrie-Radialventilatoren



Scheuch GmbH



WKO-Webinar KI



KI & Predictive Maintenance

750 Mitarbeiter, 1.200 weltweit

€ 270 Millionen Umsatz pro Jahr

Ventilatoren, Schnecken, Filter,
Förderanlagen, Gasreinigungsanlagen...

Scheuch = Saubere Umwelt

19

Predictive Maintenance für Radialventilatoren

Aufbau eines Laufradverschleiß-Versuchsstands
im Technikumsmaßstab

Entwicklung einer kostenoptimierten
Sensorplattform zur Datenerfassung

Entwicklung von mathematischen Modellen zur
Vorausschauenden Wartung

scheuch
TECHNOLOGY FOR CLEAN AIR

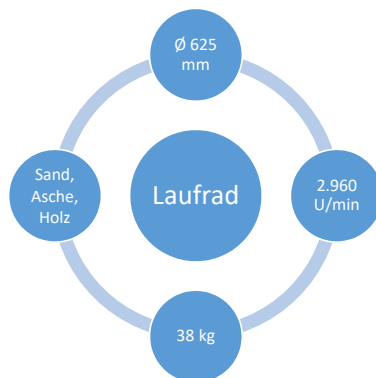


WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

20

Verschleiß von Laufrädern



WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

21

Wartungsstrategien

Reaktive Wartung

- Waschmaschine
- Kinderspielzeug
- Keine Überwachung

Vorbeugende Wartung

- Automobil
- Flugzeug
- Industrieventilator
- Gesundheitswesen
- Grenzwerte/
- Frequenzanalysen

Vorausschauende Wartung

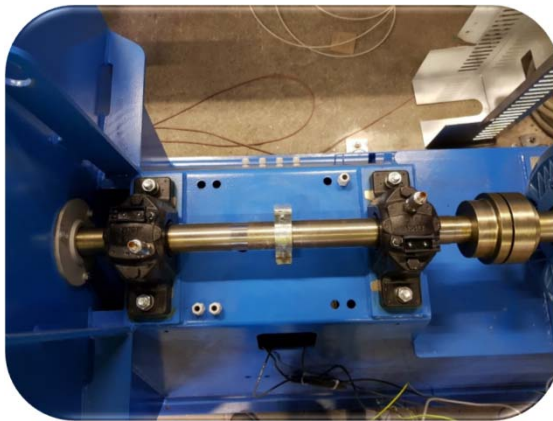
- Industrielle Maschinen
- Gesundheitswesen
- Komplexe Vorhersagemodelle

WKO-Webinar KI

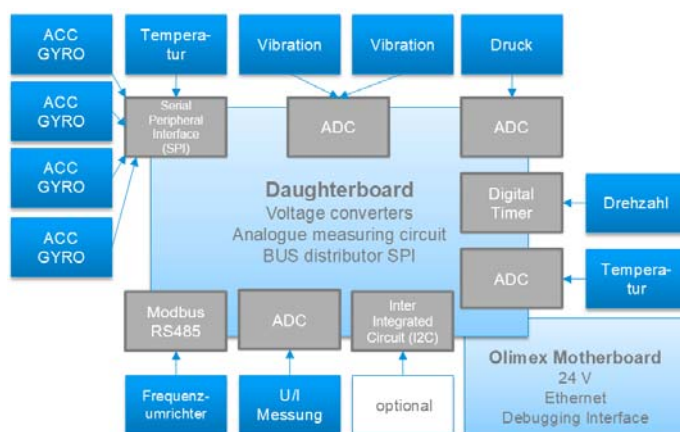
KI & Predictive Maintenance

22

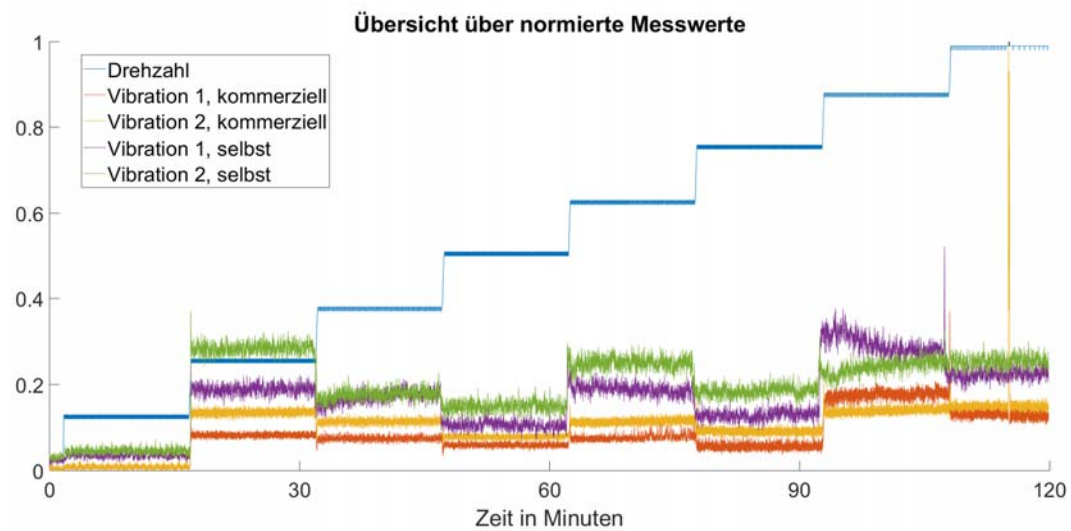
Datenaufzeichnung



Datenaufzeichnung



Datenaufzeichnung, Vergleich Sensoren

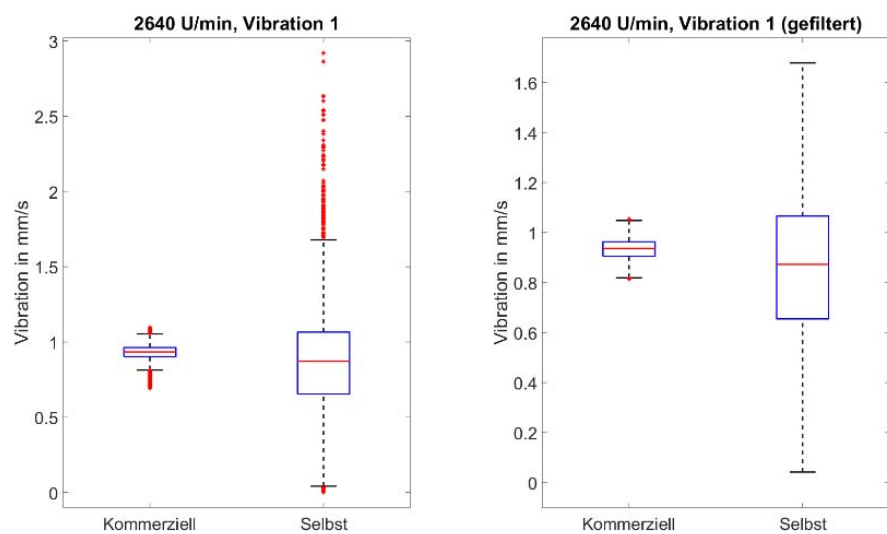


WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

25

Datenaufzeichnung, Vergleich Sensoren



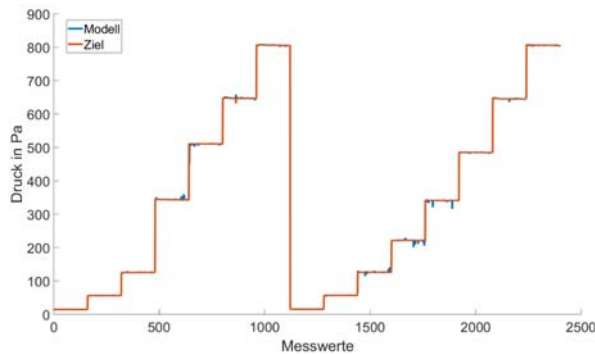
WKO-Webinar KI

KI & Predictive Maintenance

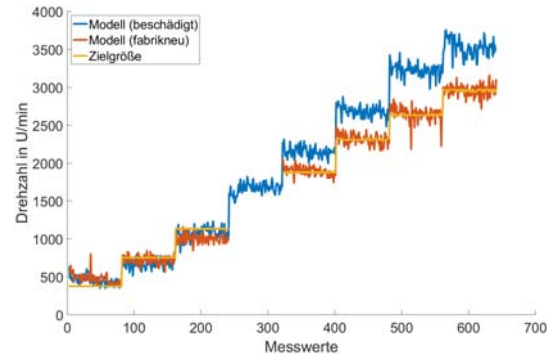
26

Modellierung, erste Ergebnisse

Virtueller Sensor:
Vorhersage Differenzdruck für gesundes
Laufrad (links) und defektes Laufrad (rechts)

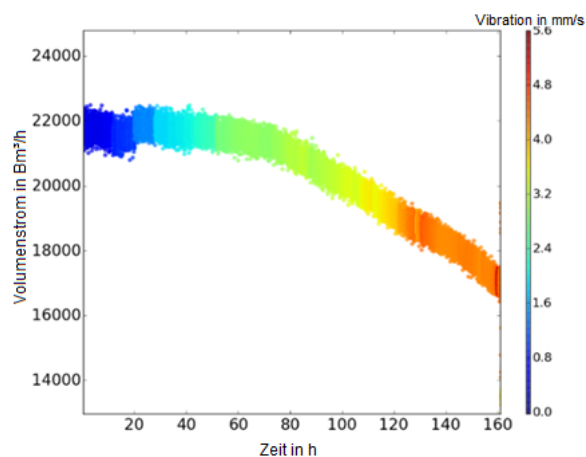


Virtueller Sensor:
Vorhersage von Drehzahl für gesundes und
defektes Laufrad



Unterscheidung von gesundem und defektem Laufrad ab $U > 2.000$ U/min möglich

Verschleiß von Laufrädern



Zusammenfassung

Erkennung von Maschinendefekten mittels Maschinellern ist möglich.

-> wichtig, wo andere Überwachungen versagen (bspw. Grenzwertmethoden)

Definition der Verbleibenden Lebenszeit (RUL, Remaining Useful Lifetime) ist sehr wichtig und kann interessenabhängig sein.

Besonderes Augenmerk sollte auf die Datenerfassung und –vorverarbeitung gelegt werden (Standardisierung von Datenstrukturen und Verarbeitungsroutine).

Zahlreiche Open Source Programme/Bibliotheken zum Maschinellen Lernen sind verfügbar und wollen verwendet werden.

-> eine gewisse Erfahrung auf dem Gebiet sollte der Anwender jedoch haben.

KI & Predictive Maintenance

Virtuelle Sensoren für Industrie-Radialventilatoren



Michael Kommenda
Senior Researcher
Fachhochschule
Oberösterreich
Campus Hagenberg

michael.kommenda@fh-ooe.at



Erik Strumpf
Projektleiter
Research and
Development
Scheuch GmbH

e.strumpf@scheuch.com

Modellierung FAQ

Was ist überhaupt dieses „Maschinelle Lernen“?

Géron, A. (2017). Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (First edition.). Beijing ; Boston ; Farnham ; Sebastopol ; Tokyo: O'Reilly.

Zenisek, Jan & Holzinger, Florian & Affenzeller, Michael. (2019). Machine Learning based Concept Drift Detection for Predictive Maintenance. Computers & Industrial Engineering.

Womit mache ich dieses „Maschinelle Lernen“?

HeuristicLab: Open Source der FH OÖ Hagenberg
<https://dev.heuristiclab.com/trac.fcgi/>

TensorFlow: Open Source
<https://www.tensorflow.org/>

Scikit learn: Open Source für Python
<https://www.python.org/>
<https://scikit-learn.org/stable/>



HeuristicLab
A Paradigm-Independent and Extensible
Environment for Heuristic Optimization



Bildquellen: linksgenannte Internetseiten

Datenaufzeichnung FAQ

Welche Daten sind wichtig?

Die, die zur Modellbildung und der Evaluierung des Modells notwendig sind. Mehr nicht.

Welche Daten sind verfügbar?

Sehr individuell. Vom Prozess/Maschine abhängig.

Welche Daten sind wirtschaftlich vertretbar verfügbar?

Daten, welche ohne höhere Kosten erfasst werden können; „Industriestandard“.

Identifikation Zielgröße?

Sollte Standardmessgröße sein -> Wirtschaftlichkeit.

Identifikation ausreichende Abtastrate?

So genau wie möglich und so ausreichend wie nötig.

Definition des Schadensfalles?

Wann leistet die Maschine nicht mehr die vertraglich festgelegten Zielgrößen? Wann besteht Havariegefahr?

Definition des Wartungszeitpunkts?

Streitfrage! Abhängig von wirtschaftlichen Interessen

Im Rahmen des Forschungsprojekts:

Erfassung von Schwingungen, Drücke, Temperaturen, Motordrehzahl, Energieverbrauch, (Volumenstrom).

Abtastraten bis 1000 Hz -> ca. 1,6 GB Daten pro Stunde -> Datenvorverarbeitung, dynamische Abtastraten.

Aufzeichnung in einer .csv Datei -> sequenzielle Verarbeitung.

Motordrehzahl als Zielgröße (da Standardmessgröße).

Schadensfall experimentell ermittelt -> Abwägung der Gefahren beim Experiment abschätzen und Sicherheitsmaßnahmen ergreifen!

Definition des Wartungszeitpunkts als der Punkt, wo vertraglich zugesicherte Werte nicht eingehalten werden können (Differenzdruck, Volumenstrom).

Achtung: Geräuscentwicklung und Wirkungsgrad teilweise vertraglich zugesicherte Werte.

Virtuelle Sensoren als Ersatz fehlender Messwerte.

Netzwerk-Visualisierung/Graph Darstellung mit GraphViz
(<https://www.graphviz.org/>)

wko.at/ki

WIE GEHT ES WEITER



- Nächste Webinar-Termine (jeweils 14:00 Uhr)
 - 20. November 2019: „Wikant - Wissensbasierte Kantteilmontage - Fertigungsoptimierung in der Kantteilmontage durch Automatisierung der Prozesskette mittels Machine Learning“
Christian Jandl, FH St. Pölten & Michael Emberger, nuIT GmbH
 - 4. Dezember 2019: KI der Game Changer - Algorithmen - Daten - Machine Learning
Peter Dollfuss, micotronics



wko.at/ki

KONTAKT / INFO



Fragen? - Wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme!

Hans Baldinger

T 05-90909-3542

E sc.innovation@wko.at

W wko.at/ki

Danke, dass Sie dabei sind!

