

Predictive Analytics

Condition Monitoring & Einstieg in Predictive Maintenance

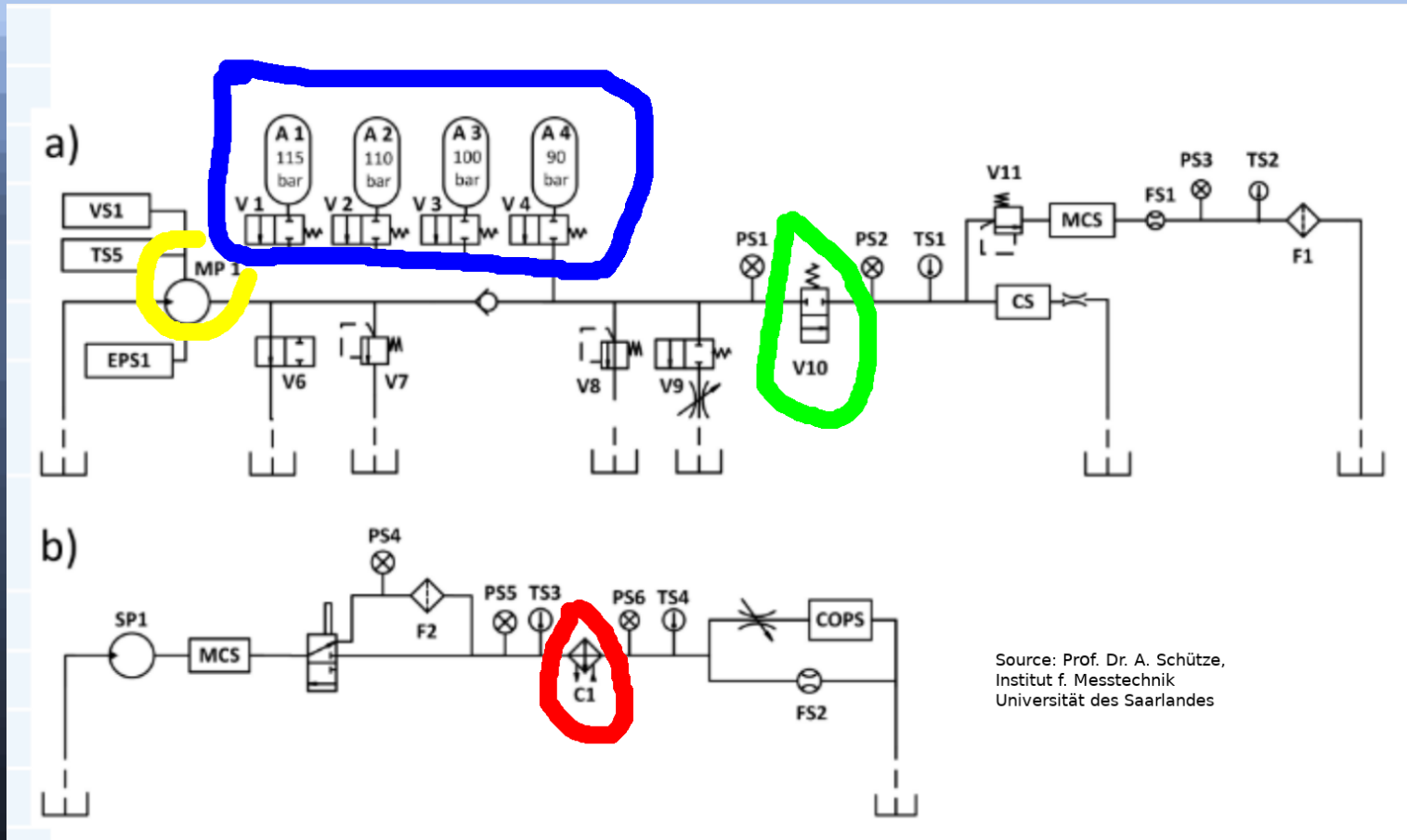
Verbesserung der Defekterkennung
mit minimaler Sensorik

Condition Monitoring

Demobeispiel

- Hydrauliksystem
- Veröffentlichte Experimentaldaten der *Universität im Saarland & des Zentrums für Mechatronik und Automation, Saarbrücken*
- Unabhängige Analyse von Otmar Mak

Autom. Zustandsüberwachung



Quelle: Schütze et al[2017], S. 13

Demo: Hydrauliksystem mit Arbeitskreislauf und Kühlfilterkreislauf

Condition Monitoring

Kritische Komponenten

- Kühler (Abfall Kühlleistung)
- Hauptventil (Schaltverzögerung)
- Pumpe (interne Leckage)
- Hydrospeicher (Gasleckage)

Demo: Hydrauliksystem mit 17 Sensoren

Condition Monitoring

Hydrauliksystem überwacht durch 17 Sensoren:

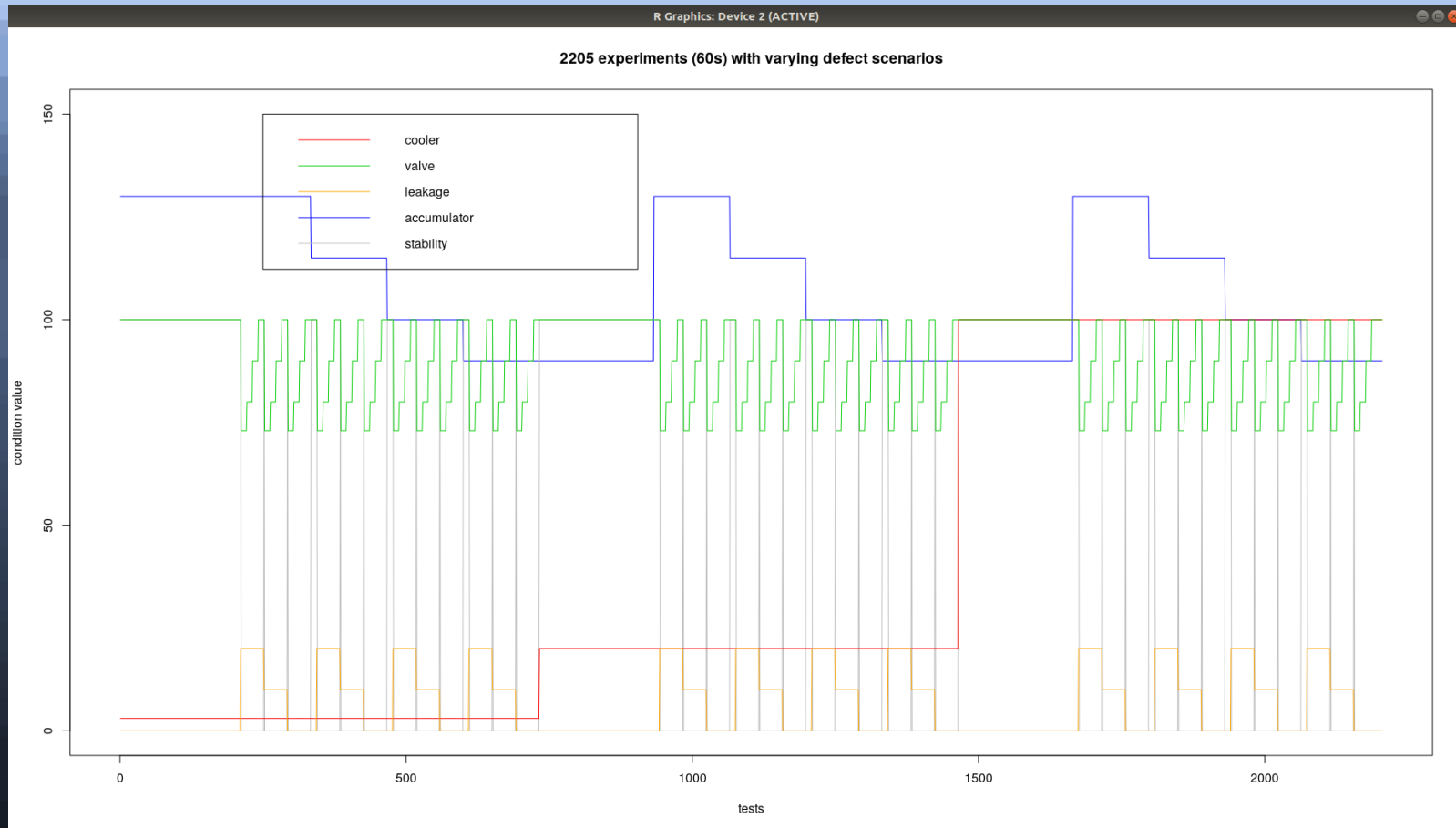
PS1-PS6	Druck	[bar]	100Hz
FS1 -FS2	Durchfluss	[l/min]	10Hz
TS1-TS4	Temperatur	[°C]	1Hz
VS1	Vibration	[mm/s]	1Hz
EPS1	Pumpleistung	[W]	100Hz
CP	Kühlleistung	[kW]	1Hz
CE	Kühlereffizienz	[%]	1Hz
SE	Systemeffizienz	[%]	1Hz

Condition Monitoring

Defektzustände im Hydrauliksystem

	<i>Zustandsklassen</i>			
Kühler	100	20	3	
Wegeventil	100	90	80	73
Pumpen-Leckage	0	1	2	
Speicherdruck	130	115	100	90
Stabilität	0	1		
	<i>optimal</i>	→		<i>worst case</i>

Condition Monitoring



Durchgeführte Prüfstandexperimente (60 sec. Lastprofil) für
variierende Schadensszenarien

Condition Monitoring

Defekterkennung mittels statistischen Merkmalen der Sensordaten

Ergebnisse

der unabhängigen Analyse von Otmar Mak:

Defekte können mit geringem Klassifikationsfehler bereits mittels Daten von nur 6 Sensoren (von 17) erkannt werden

Kühler	(CE, CP, PS1, PS2)
Hauptventil	(PS2)
Pumpe	(FS1, SE)
Speicher	(PS1, SE)

Condition Monitoring

Zusammenfassung der Ergebnisse

	Helwig/ Schütze	Mak				Sensoren	Algorithmus
	Korrelation	Korrelation	Trefferrate Zustand	Trefferrate Defekt			
Kühler	100,0%	99,5%	99,7%	99,8%	CE,CP,PS1,PS2	SSC	
Ventil	100,0%	99,7%	99,8%	99,8%	PS2	SSC	
Pumpe	98,0%	99,2%	98,8%	98,9%	FS1,SE	SSC	
Speicher	88,8%	91,8%	81,6%	92,5%	PS1, SE	SSC	
Durchschnitt	96,7%	97,6%	95,0%	97,7%		6	

Kommentar:

SSC Sequenz-Klassifikator (*Eigenentwicklung*)

Korrelationen nach Spearman

Höhere Treffgenauigkeit wurde mit weniger Sensoren erreicht

Condition Monitoring

Vergleich zu publizierten Ergebnissen

Signifikante

Sensordaten: Kühler: *CE, CP, PS5*
Schütze et Ventil: *EPS1, FS1, PS1, PS2, PS3, SE*
al[2017], Pumpe: *EPS1, FS1, PS1, VB1*
S. 17 Speicher: *EPS1, FS1, PS1, PS2, PS3, SE*

Korrelationen, wiedergegeben in der Vergleichstabelle :
*Szenario 1: industrielle Applikation (vordefinierte konstante
Arbeitszyklen)* *Schütze et al[2017], S. 23*

Anmerkung: Die Schätzungen der Korrelationen sind möglicherweise nicht *perfekt* vergleichbar, z.B. wegen evtl. abweichender Kreuzvalidierungsverfahren

Höhere Treffgenauigkeit wurde mit weniger Sensoren erreicht

Condition Monitoring

Vorteile des eingesetzten Algorithmus

- * automatische Filterung der Sensordaten nach relevanten Merkmalen für Zustandsdiagnose
- * Fähigkeit zu *massiver Datenreduktion*, wenn es das Diagnoseproblem erlaubt
- * geringer Bedarf an Rechenleistung und Speicherbedarf
- * *gleichmäßig hohe Defekterkennungsraten* (im vorgestellten Demobeispiel) bei verschiedenen Diagnoseproblemen
- * Leichte Erkennbarkeit, wie *Sensorik-Aufwand minimiert* werden kann oder welchen Genauigkeitsgewinn zusätzliche Sensordaten bringen können

Condition Monitoring

Bemerkung zu Experimental Design und Kreuzvalidierung

- * Eine *10-fache Kreuzvalidierung* wurde durchgeführt durch zufällige Aufteilung der Gesamtstichprobe in 10 ca. gleich große Teilmengen, was eine Trainingsstichprobe der Größe von 1985 und eine Teststichprobe der Größe 220 ergibt, wobei die Trainingsdaten immer 9 von 10 defektfreien Experimente enthielten (Das Experimentelle Design enthielt nur 10 defektfreie Experimente von insgesamt 2205)

Condition Monitoring

Literaturhinweise

Schütze et al[2017]: A. Schütze (Lehrstuhl f. Messtechnik Uni Saarland, FR Systems Engineering), N.Helwig, T. Schneider (Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik GmbH): *Condition Monitoring mit statistischen Methoden: Was uns Rauschen und Kurtosis über Maschinenzustände sagen können.* (2017)

Helwig et al[2015]:

Helwig N., Pignanelli E., Schütze A.: *Condition Monitoring of a Complex Hydraulic System using Multivariate Statistics*, 2015 (oben zitiert)

predictive maintenance

Nutzung historischer Condition Monitoring-Daten

- * Werden Condition-Monitoring-Daten zusammen mit Defektzuständen laufend protokolliert, so können **aus historischen Daten Prognosen** abgeleitet werden, ob oder wann in nächster Zeit Defektzustände oder Ausfälle drohen -
entsprechend können vorbeugende Wartungsmaßnahmen ergriffen werden.

Demo: predictive analytics

Copyright (C) 2019 Otmar Mak, Keutschach am See,
Austria. All rights reserved.

Das Konvertieren in andere Datenformate,
Integration in andere Dokumente,
Zerlegung des Dokuments in Teile,
Extraktion von Teilen, z.B. von Grafiken, ist nicht gestattet.
Siehe [Nutzungsbedingungen](#) online.