

## **Diagnose linearer Systeme mittels Zustandsmengenbeobachtung**

von Philippe Planchon

Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Prozessinformatik

Ruhr-Universität Bochum

Die wachsende Abhängigkeit des Menschen von Maschinen jeder Art hat zur Folge, dass deren Ausfälle mit immer mehr Probleme verbunden sind. Diese Probleme beinhalten sowohl Sicherheitsaspekte, zum Beispiel in einer Chemiefabrik, wo unzulässige Prozessabläufe nicht wie erfordert verhindert werden, als auch Kundenzufriedenheit, zum Beispiel in einem Fahrzeug, dessen Elektronik eine gewünschte Funktion nicht mehr ordnungsgemäß durchführt.

Die Prozessdiagnose befasst sich mit der Identifikation der Ausfallursache, damit dieser möglichst schnell, präzise und kostengünstig entgegengewirkt werden kann. Heutzutage findet eine Diagnose in den meisten Fällen modellgestützt statt, da eine komplexe Analyse der gesamten Wirkungskette von der Fehlerursache bis zu deren messbaren Folgen notwendig ist. Die vorgestellte Methode ermöglicht eine derartige Analyse anhand der gemessenen Ein- und Ausgangssignale des Prozesses und verschiedenen Modellen seines dynamischen Verhaltens in den zu untersuchenden Fehlerfällen.

Die methodische Zielstellung der vorliegenden Arbeit besteht darin, ein systematisches Diagnoseverfahren zu entwickeln, das eine Liste an Fehler bestimmt – die Fehlerkandidaten –, die stets den tatsächlichen eingetretenen Fehler beinhaltet. Die Diagnoseaufgabe wird dadurch erschwert, dass einerseits fehlerbehaftete Messungen und andererseits Ungenauigkeiten in den verwendeten Modellen vorliegen. In der Arbeit werden systematische Messfehler betrachtet, das heißt Messfehler, die eine bekannte Amplitudebeschränkung jedoch keine stochastischen Eigenschaften aufweisen (z.B. ein Sensoroffset). Des Weiteren liegen die Modelle der Fehlerfälle als lineare Zustandsraummodelle mit Parameterunsicherheiten vor.

Ein Verfahren aus der Klasse der beobachtergestützten Methoden wurde erweitert, um die beschriebenen Randbedingungen zu erfüllen. Im regelungstechnischen Sinn schätzt ein Beobachter den inneren Prozesszustand anhand eines Prozessmodells und der gemessenen Ein- und Ausgangssignale. Aufgrund der Modellungenauigkeiten und Messfehler ist jedoch lediglich die Rekonstruktion einer Menge von Zuständen möglich, in welcher sich der Prozess befinden muss. Aus Sicht der Diagnose sind so viele Zustandsmengen zu rekonstruieren, wie Modelle vorhanden sind. Unter Beachtung von konsistenzbasierten Prinzipien, ermöglichen diese Zustandsmengen eine Diagnoseaussage, weil Modelle, die zu einer leeren Menge führen, den tatsächlichen Fehlerfall garantiert nicht darstellen. Diese werden daher als inkonsistent bezeichnet und von der Fehlerkandidatenliste ausgeschlossen.

Die vorgestellte Methode wurde in Matlab<sup>TM</sup> implementiert und sowohl auf ein zweidimensionales Motormodell als auch im Rahmen einer komplexen Studie zur Fehlererkennung einer industriellen Kaltwalzanlage angewendet. Die daraus erhaltenen Ergebnisse veranschaulichen die Robustheit der Diagnosemethode gegenüber Messfehlern und Parameterunsicherheiten der Modelle. Zusätzlich weist das vorgestellte Diagnoseverfahren eine leichtere Justierbarkeit der Diagnoseempfindlichkeit im Vergleich zu anderen Verfahren.