



ZUSAMMENFASSUNG:

Meine Doktorarbeit wurde innerhalb der ENSAM Metz im *Laboratoire de Conception, Fabrication et Commande* unter der Leitung von Prof. Patrick Martin und Prof. Wolfgang Seemann, Leiter des Instituts für technische Mechanik an der Universität Karlsruhe, durchgeführt. Die Promotion hat am 1. Dezember 2006 begonnen und wurde am 25. November 2009 abgeschlossen mit der Auszeichnung „Sehr Gut“. Die Forschungsarbeiten wurden größtenteils von der Firma Siemens (division automotive in Karlsruhe) finanziert, und von der Region Lorraine und der Deutsch-Französischen Universität unterstützt.

Das Promotionsprojekt wurde im Rahmen der Kontinuität meines deutsch-französischem Studiums in den oben genannten zwei Hochschulen ausgeführt. Die Forschungsarbeiten erstrecken sich über das Ingenieurwesen der wissensbasierten Systeme angewendet für die Diagnose komplexer mechatroniker Systeme und insbesondere für die Fahrzeugdiagnose. Die Untersuchungen umfassen Produkt SIDIS Enterprise, Durchführung von Simulationen genutzt wurde, basiert auf dem kommerziellen Produkt SIDIS Enterprise, entwickelt von der Siemens AG, die eine komplette IT-Lösung für after-sales Netzwerke von Fahrzeugherstellern darstellt. Zur erfolgreichen Vermarktung von Fahrzeugdiagnose- Lösung gehören außer wirtschaftlichen Faktoren von neuen Technologien noch kritische Umsetzungsfaktoren zur Anpassung an die Prozesse der Hersteller. Ein wesentlicher Aspekt der Forschungsarbeit beruht auf der Berücksichtigung der industrienahen Bedingungen in dem Entwurf neuer Diagnosestrategien mit dem Leitmotiv den Übergang zu ermöglichen. Die erarbeiteten Methodologien mussten die Variantenvielfalt der Hersteller berücksichtigen, sowie die Wechselwirkungen zwischen allen physikalischen Domänen, die qualitative Symptombeschreibung, die limitierten Messwerte, die Zeit einer Diagnosesitzung und nicht zuletzt die Kosten zur Editierung der Fahrzeugdaten.

Als Lösung wurde ein funktionorientiertes modulares System entwickelt, das die erwähnten unterschiedlichen Aspekte behandelt. Ein prototypische Realisierung und eine Testphase von drei Fahrzeugmodellen wurden zur Validierung durchgeführt. Das erste Modul erzielt die Interpretation der Wahrnehmungssymptome der Kunden im Original-Ton in natürlicher Sprache wie z.B. „der Motor ruckelt in der Warmlaufphase im Winter“. Diese Information wurde durch ein künstliches neuronales Netzwerk interpretiert um die entsprechenden Symptome zur Beginn der Diagnosesitzung der Datenbanken zu aktivieren. Diese Modul unterstützt 3 Sprachen (deutsch, französisch, englisch) und erreichte eine Ersparnis von 1,4 test pro Diagnosesitzung, was für einen Hersteller durchschnittlich 28 Stunden/Tag in einem deutschen After-sales Netzwerk entspricht. Das zweite Modul erzielte die automatische Bearbeitung der Fahrzeugfunktionen aus den Steuergerätebeschreibungen. Durch den massiven Einsatz von Elektronik und Innovationen ermöglicht diese Modul eine Ersparnis von 37,5% Zeit zur Datenbefüllung für ein modernes Fahrzeug. Das grundlegende Prinzip zur Analyse und Bewertung der Diagnosefunktionen beruht auf einem Multi-Agenten System, das eine absteigende Untersuchung der Funktion-Namen, Parameter, Einheit und deren Ergebnis mit bestehenden Daten mittels einer abstrakten nativen Sprache, was wiederum die Testerfassung vereinfacht (weil die Datenmanipulation auf Funktionsaufrufen statt hexadezimalen Kommunikationstickets beruht).

Der Kern der Forschungsarbeit besteht aus den zwei letzten Modulen, die eine Migration der aktuellen heuristischen Diagnose zu einer kombinierten wissensbasierten Diagnose ermöglichen, deren Ressourcen auf Expertenwissen, kausalen Modellen zur Approximation des multi-kriterium optimierten Diagnoseweges. Die zweite beruht auf einer horizontalen Integration der unterschiedlichen Wissensdaten gewichtet mittels Informationsinhalt oder Entropie. Die zweite

Methode, kombiniert mit dem Feedback Evaluierungsmodul, kann Ersparnisse im industriellen Umfeld bis 14 tausend Stunden / Tag aufweisen.

Der Erfolg dieses modularen Systems zur Fahrzeugdiagnose besteht einerseits aus der Leistung des Einsatzes neuer Technologien, andererseits aus einem hohen Grad der Integration der neuen Methodologien im industriellen Umfeld. So ist es für ein Hersteller möglich die Migration leicht zu realisieren ohne für übergreifende radikale Prozessänderungen zu sorgen und auf Dauer die Diagnose im ganzen Informationsfluss der Automobilwertschöpfungskette über einen Lebenszyklus zu begleiten von der Konzeption (modellbasiertes Wissen), Postproduktion (Test im Werk), Inbetriebnahme (Kunde), Erfahrungswissen (Protokoll der Werkstatt). Der Erfolg dieser Forschungsarbeit profitierte von der Erfahrung in *virtual engineering* und Informationsmanagement der Universität Karlsruhe und des Wissens im Bereich Automatisierungstechnik und Signlaverarbeitung der ENSAM und von zwei betreuten Diplomarbeiten von deutsch-französischen Studenten. Darüber hinaus wurde die Arbeit im internationalen Umfeld vorgetragen mittels 5 Fachvorträgen und insgesamt 10 Veröffentlichungen.