

**Entwicklung eines automatisierten, ontologiegestützten Wissensmanagementmodells
für Produktionsanläufe in der Automobilindustrie**

**Von der Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen
der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus – Senftenberg zur Erlangung
des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation**

vorgelegt von

Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Juzek, M. Eng.

**geboren am 17.01.1983
in Ostercappeln, Deutschland**

Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. Dieter Specht
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Berger
Gutachter:	Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Horst Wildemann
Tag der mündlichen Prüfung:	03.04.2014

Kurzfassung: „Entwicklung eines automatisierten, ontologiegestützten Wissensmanagementmodells für Produktionsanläufe in der Automobilindustrie“

Die Automobilindustrie als eine der umsatzstärksten Branchen in der Bundesrepublik Deutschland muss sich aktuell und in der Zukunft auf neue Herausforderungen einstellen. Beispielsweise wird ein vermehrter Einsatz von neuen Technologien im Produkt und im Produktionsprozess stattfinden. Hierzu gehören zum einen neue Fertigungsverfahren (wie z.B. Aluminium-Schweißen) oder der Einsatz von Mischbaukomponenten. Außerdem wird auch der weltweite Gesamtfahrzeugmarkt in den nächsten Jahren weiter stark wachsen. Dieser Einsatz an neuen Technologien und der weltweite Wachstum führt dazu, dass ebenfalls der Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern steigt. Dieser Bedarf zeichnet sich besonders deutlich an neuen Fertigungsstandorten in den Wachstumsregionen ab. (wie z.B. Volksrepublik China).

Damit ein Automobilunternehmen am starken Wachstum teilhaben kann, müssen erhöhte Kundenanforderungen, die u.a. zu Komplexitätssteigerungen führen, befriedigt werden. Hierzu gehören neue Modelle, Derivate sowie eine höhere Anzahl an Produktvarianten und verkürzte Produktlebenszyklen. Insbesondere der letzte Punkt verdeutlicht die hohe Relevanz des Produktanlaufmanagements in Unternehmen. Damit Produktionsanläufe hinsichtlich Qualitäts-, Kosten- und Terminzielen erfolgreich und effizient umgesetzt werden können, werden stabile Prozesse und qualifizierte Mitarbeiter benötigt. Speziell an neuen Fertigungsstandorten spielen diese Aspekte eine besondere Rolle, da erfahrene Experten nicht ausreichend zur Verfügung stehen. Dieses Problem spiegelt sich vor allem in einer nicht ausreichenden Problemlösekompetenz der Mitarbeiter wider, die dazu führt, dass Problemstellungen im Anlauf nur langsam gelöst werden und somit das Erreichen der geforderten Sollstückzahl („Kammlinie“) verzögert wird. Damit trotz des Mangels an qualifizierten Mitarbeitern erfolgreiche Produktionsanläufe realisiert werden können, ist ein effizientes Wissensmanagement erforderlich. Erfahrungen zeigen, dass die Problemstellungen in Anlaufprojekten zwar nicht identisch aber durchaus ähnlich sind. Somit kann mit Hilfe eines systematischen Wissenstransfers zwischen Produktwechselprojekten die Problemlösekompetenz der Mitarbeiter verbessert werden.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte *automatisierte, ontologiegestützte Wissensmanagementmodell für Produktionsanläufe in der Automobilindustrie* verfolgt folgende Zielsetzungen:

- Beschleunigung der Problemlöseprozesse im Produktionsanlauf
- Aufbau eines softwarebasierten Wissensmanagementsystems zur Speicherung und Nutzung von Erfahrungswissen

Das Wissensmanagementmodell basiert zum einen auf wissenschaftlichen Untersuchungen und zum anderen auf den Ergebnissen eines Industrieprojekts bei einem weltweit operierenden Automobilkonzern (OEM). Insgesamt besteht das Modell aus drei Bausteinen:

- Fallbasiertes Schließen (Case-based Reasoning, CBR) zur Nutzung und Speicherung von Expertenwissen
- Delphi-Expertenbefragung zur Identifikation und Konsolidierung von Expertenwissen
- Ontologien zur Wissensstrukturierung

Kern des Modells bildet das fallbasierte Schließen (CBR). Mit Hilfe dieser Methode kann ein Problemlöseprozess beschleunigt werden, indem ähnliche Problemstellungen aus vergangenen Produktionsanläufen für akute Problemstellungen genutzt werden. Dazu werden die Daten des aktuellen Problemfalls mit denen aus der Falldatenbank des CBR-Systems mittels definierter

Ähnlichkeitskriterien verglichen und ähnliche Fälle identifiziert. Diese Fälle nutzt der Anwender für die Ableitung einer neuen eigenen Lösung. Anschließend wird die neue Lösung in der Praxis getestet und das Ergebnis als neuer Fall in der Fallbasis des CBR-Systems gespeichert. Das System entwickelt sich folglich kontinuierlich weiter („Künstliche Intelligenz“). Voraussetzung für ein CBR-System, das hilfreiche Ergebnisse liefern soll, ist eine hinreichend repräsentative Fallbasis. Das heißt, dass ausreichend qualitativ hochwertige Fälle in der Falldatenbank enthalten sein müssen. Damit diese Voraussetzung erfüllt werden kann, erfolgt die Anwendung des zweiten Bausteins. Mit Hilfe der Delphi-Expertenbefragung ist es möglich, implizites Erfahrungswissen zu identifizieren und explizit zu formulieren (Fälle). Des Weiteren ermöglicht die Methode eine anonyme Bewertung der dokumentierten Fälle durch Experten. Auf Basis dieser Bewertungen erfolgt eine qualitative Korrektur. Schließlich werden die konsolidierten Fälle in die CBR-Falldatenbank integriert. Der dritte Baustein, die Ontologie, beschreibt die notwendige einheitliche Basis des Modells. Mit Hilfe von Ontologien werden Wissensdomänen, wie z.B. das Anlaufmanagement, maschinenlesbar strukturiert. Infolgedessen wird sowohl die Delphi-Befragung als auch das CBR-System analog der Ontologie aufgebaut. Dieser Schritt ermöglicht es, die identifizierten Fälle aus der Delphi-Befragung entsprechend der Struktur der Ontologie zu speichern. Da der fallbasierte Ähnlichkeitsvergleich des CBR-Systems ebenfalls analog der Ontologiestruktur erfolgt, ist eine Kompatibilität aller Bausteine gewährleistet.

Damit das hier vorgestellte Modell in der betrieblichen Praxis getestet werden kann, wurde ein technischer Demonstrator aufgebaut, der die drei Bausteine in einer prototypischen Software-Applikation vereint. Anhand einer ausgewählten Wissensdomäne (Verschraubungen) wurde die Applikation durch Experten aus der Automobilindustrie getestet und bewertet. Im Fokus der Tests stand ein mitarbeiterorientierter Ansatz. Das heißt, dass insbesondere die Praxistauglichkeit und die Ergebnisgüte bewertet wurden. Erstere wurde durch die Rückmeldungen der Experten bestätigt, welche der Applikation eine hohe Nutzerfreundlichkeit bescheinigten. Ferner konnten sowohl die Delphi-Befragung als auch der entwickelte Ähnlichkeitsalgorithmus des CBR-Systems qualitativ hochwertige und nützliche Ergebnisse liefern, die es ermöglichen Problemlöseprozesse im Produktionsanlauf zu beschleunigen.

Die positiven Resultate der Fallbeispiele bekräftigen einen unternehmensweiten Einsatz des Software-Prototyps in der betrieblichen Praxis. Dazu muss der Prototyp in die bestehende Unternehmens-IT integriert werden. Anschließend sollten sukzessive weitere Wissensdomänen hinzugefügt werden, damit die Informationsgüte und damit der Nutzen der Ergebnisse weiter gesteigert werden kann. Aufgrund des flexiblen Aufbaus der Wissensmanagement-Applikation ist ein Einsatz auch in produktionsfremden Geschäftsbereichen, wie z.B. der Entwicklung, denkbar. Darüber hinaus eröffnen sich weitere Anwendungsmöglichkeiten durch den kontinuierlichen weltweiten Einsatz der Applikation. Beispielsweise lassen sich auf Basis der Nutzerdaten Schwerpunktthemen in den Produktionsanläufen identifizieren und geografisch sowie zeitlich eingrenzen. Durch diese Auswertungsmöglichkeiten können Unternehmen frühzeitig auf Problemstellungen reagieren und bspw. notwendige Produkt- oder Prozessanpassungen vornehmen.

Abstract: "Development of an automated, ontology-based knowledge management model for production ramp-ups in the automotive industries"

The automotive industry, one of the most powerful drivers of the German economy, is facing current and future challenges, such as the increased use of new technologies in the production process and innovations in the product itself. Examples include new manufacturing processes (e.g. aluminum welding and use of mixed materials). Furthermore, the global vehicle market is expected to maintain its strong growth in the years ahead. Technological innovations and global growth lead to an increase in the demand for qualified staff. This rise in demand is particularly pronounced at new production sites in emerging regions (e.g. the People's Republic of China).

In order for an automotive company to participate in strong market growth, it needs to meet greater customer demands, which lead, among other things, to an increase in complexity, for instance new models, new derivatives, a larger product variety, and shorter product life cycles. The last point in particular is indicative of how important proper product launch management is for businesses. Stable processes and qualified staff are needed for quality, cost, and schedule targets to be met successfully and efficiently during product launches. These aspects play a crucial role at especially new production sites, where skilled experts are in short supply. Specifically, as a consequence of the employees' lack of problem-solving skills, too much time is spent dealing with issues which arise during the ramp-up, causing delays in reaching the target production rate (maximum capacity). Efficient knowledge management is required to ensure successful product launches despite shortages of qualified workers. Experience has shown that the problems which come up during product launches, though not identical, are certainly similar in nature. Ensuring a systematic knowledge transfer between product change projects can help improve the workers' problem-solving skills.

The *automated, ontology-based knowledge management model for production ramp-ups in the automotive industry* developed in this paper pursues the following objectives:

- To speed up the problem-solving processes during production ramp-ups
- To establish a software-based knowledge management system for storing and providing access to expert knowledge

The knowledge management model is based on scientific investigations as well as the results from an industrial project for a global automotive group (OEM). The model is made up of three main components:

- Case-based reasoning (CBR) for applying and storing practical knowledge
- Delphi method for identifying and consolidating practical knowledge
- Ontologies for knowledge structuring

Case-based reasoning is the core of the model. It allows the user to speed up a problem-solving process by analyzing similar problem scenarios from previous production ramp-ups to find viable solutions for a current issue. Similar cases are identified by comparing data concerning the issue at hand with those of previous cases stored in the CBR database, based on certain match criteria. The user then evaluates the previous cases in order to develop a new solution. This new solution is then applied and the result is stored as a new case in the CBR database. The system is therefore constantly evolving ("artificial intelligence"). For the CBR system to deliver useful results, it requires a representative set of data to rely on. This means that the database must be filled with sufficient high-quality data. This goal is achieved with the help of the second component of the model. The Delphi survey allows the user to identify tacit knowledge and to express it explicitly within the framework of the cases mentioned above. This method also allows for the documented

cases to be anonymously evaluated by experts. The evaluations are then used to adjust the data for quality. The updated cases are then entered into the CBR database. The third component, ontology, describes the way in which all the data used in the model are standardized. Ontologies allow knowledge areas, e.g. ramp-up management, to be expressed as machine-readable information. Consequently, the Delphi survey and the CBR system are both developed according to the ontology, in order to allow cases identified in the Delphi survey to be stored using the structure provided by the ontology. The case comparison in the CBR system is also carried out in accordance with the ontology, thus ensuring compatibility of all the components.

In order to test the model presented here under realistic conditions, a technical demonstrator system was devised, combining the three components in a prototypical software application. Automotive industry experts tested and evaluated the application based on a select area of knowledge. The tests were designed to take a human-oriented approach, which means that during assessment, special emphasis was placed on usability and the quality of the results. The former was confirmed by the experts, who stated that the application is very user friendly. Furthermore, both the Delphi survey as well as the CBR system's comparison algorithm returned useful, high-quality results which have the potential to speed up problem-solving processes during the production ramp-up phase.

The positive case study results support a practical implementation of the software prototype throughout the company. To that end, the prototype must be integrated into the existing corporate IT infrastructure. Subsequently, additional knowledge areas should gradually be added in order to further enhance the quality of the information and therefore the usefulness of the results. Due to its flexible design, this knowledge management software could also be used in non-manufacturing departments, such as research and development. Global and continuous use of the software opens up further application possibilities, such as collecting user data to identify key issues in production ramp-ups and classify them according to time and location. This enables companies to react to problems sooner and, for instance, to make adjustments to the product or processes.