

Wie ein Expertensystem den Service eines Roboterherstellers evolutioniert

-

von Hans-Peter Schnurr
Geschäftsführer der ontoprise GmbH
info@ontoprise.de
<http://www.ontoprise.de>

Das im Folgenden dargestellte Beispiel zeigt den Einsatz eines semantischen Ratbersystems zur Unterstützung des Kundendienstes eines Roboterherstellers. Die Optimierung von Kundendienstesätzen ist für viele Hersteller von komplexen Investitionsgütern ein essentieller Prozess. Semantische Technologien können hier helfen, die Fehlerdiagnose am Telefon durch Rückfragen vom System zu verbessern oder den Fehler ganz zu beseitigen, Servicetechniker einzuarbeiten, sie besser auf ihren Einsatz vorzubereiten und sie vor Ort bei der Lösung von Problemen zu unterstützen.

Ratbersystem für den Kundenservice

Anhand einer konkreten Anwendung sollen im folgenden Beitrag die Einsatzmöglichkeiten semantischer Technologien aufgezeigt werden. Die allgemeinen Einsatzbereiche semantischer Technologien umfassen semantische Suchsysteme, die das Auffinden von Dokumenten und Datenbank-Informationen unterstützen, Lösungen zur semantischen Integration von verteilten Datenquellen bis hin zu semantischen Ratgeberlösungen. Anhand eines Praxisbeispiels aus der Industrie werden die eingesetzten Technologien veranschaulicht. Das hier vorgestellte Projekt zeigt den Einsatz eines semantischen Ratbersystems zur Unterstützung des Kundenservice bei einem Roboterhersteller. Hierbei wird neben dem verwendeten Problemlösungsverfahren auch die Integration von strukturierten Quellen aufgezeigt. Semantische Technologien werden mittlerweile nutzenstiftend in Industrieprojekten eingesetzt und sind längst nicht mehr auf Forschungslabore begrenzt. Erweitert wird diese zentrale Aussage des Beitrages durch vertiefte Erläuterungen der eingesetzten Methoden und Darstellungen der verwendeten Werkzeuge.

Einleitung

Heutige IT-Systeme müssen immer flexibler werden, um den Anforderungen der Anwender genügen zu können. Anwender müssen schneller und besser unterstützt werden, damit sie sich in der viel zu großen Menge an Informationen zurechtfinden. Dabei macht es keinen Unterschied ob eine Fachkraft sich den ständig ändernden Anforderungen stellen oder ob ein Geschäftsführer dem Wettbewerb standhalten muss. Wichtig für den Anwender ist der adäquate Zugriff auf aktuelle und relevante Informationen damit die rasch wachsende Anzahl an Entscheidungen in immer kürzeren Zyklen bewältigt werden kann. Semantische Technologien ermöglichen einen einfachen und breiten Zugang zu der komplexen und stetig steigenden Menge an Wissen und machen relevante Informationen für jedermann einfach nutzbar.

Unternehmen aller Branchen können durch den Einsatz dieser Technologie dabei unterstützt werden Entwicklungs-, Service- und Vertriebsprozesse so zu gestalten, dass dadurch die Effizienz gesteigert und die Qualität erhöht werden kann. Unsere Kundenprojekte in der Automobilindustrie, im Maschinenbau, im öffentlichen Sektor und in der Telekommunikationsindustrie zeigen uns klar auf, welches Automatisierungs-Potenzial für die Wirtschaft in semantischen Technologien steckt: Um wettbewerbsfähig zu sein, müssen Unternehmen ständig schneller und günstiger entwickeln, die Qualität in der Entwicklung und im Service erhöhen sowie die Effizienz im Vertrieb steigern. Ontologien als Ausprägung semantischer Beschreibungssprachen sind auf dem Weg, die Geschäftssprache der Zukunft zu werden. Sie schlagen eine Brücke zwischen Menschen und Computern, zwischen Prozessen und Wissen sowie zwischen IT-Experten und Fachabteilungen und ermöglichen dadurch die gewünschten Synergie-Effekte.

Im Folgenden wird ein Best Practice der Anwendung semantischer Technologien dargestellt. Das Beispiel erläutert die Wirkungsweise eines semantischen Ratbersystems im Einsatz beim Kundendienst eines Roboterherstellers. Abschließend wird die aktuelle und zukünftige Bandbreite der Einsatzgebiete semantischer Technologien kurz zusammengefasst.

Ratbersystem für den Kundenservice

Das im Folgenden dargestellte Beispiel zeigt den Einsatz eines semantischen Ratbersystems zur Unterstützung des Kundendienstes eines Roboterherstellers. Die Optimierung von Kundendienstesätzen ist für viele Hersteller von komplexen Investitionsgütern ein essentieller Prozess. Semantische Technologien können hier helfen, die Fehlerdiagnose am Telefon durch Rückfragen vom System zu verbessern oder den Fehler ganz zu beseitigen, Servicetechniker einzuarbeiten, sie besser auf ihren Einsatz vorzubereiten und sie vor Ort bei der Lösung von Problemen zu unterstützen. Für Roboter, die z.B. bei der Produktion von Automobilen eingesetzt werden, muss eine extrem hohe Verfügbarkeit gewährleistet werden. Dies wurde beim betreffenden Roboterhersteller bislang nur unzureichend durch sehr einfache Methoden wie Kommunikation über E-Mail, durch die Pflege einer einfachen Fehlerdatenbank u. ä. gelöst. Dies reichte allerdings durch das starke Wachstum des Unternehmens, durch die hohe Innovationsgeschwindigkeit, durch die zunehmende Breite der Kundenbasis und durch die Vielfalt

der unterschiedlichen Anwendungen nicht mehr aus. Die Anwendungen reichen dabei von Punktschweißen im Automobilbau, über Schutzgasschweißen bis hin zum Warten von Achterbahnen in Vergnügungsparks. Diese breite Produktpalette führte zu einer hohen Zahl möglicher Fehlervarianten und potentiellen Lösungswegen. Gleichzeitig wuchs durch das starke Kundenwachstum bedingt auch die Anzahl der Servicetechniker sehr stark und als Folge davon sank das verfügbare Erfahrungswissen zur Lösung von Problemen.

Technologische Basis des eingeführten Systems sind Ontologien zur Abbildung der komplexen Zusammenhänge zwischen Roboterkomponenten und deren Anwendungen, zum Zugriff und zur Integration vorhandener Informationsquellen, zur Dokumentensuche und zur Fehlerbewertung. Zudem wird die Methode zur Suche nach Problemlösungen selbst durch eine Ontologie beschrieben. Die konkrete Anwendung ist webbasiert und setzt auf die semantische Ebene auf. Somit ergeben sich drei Ebenen in der Systemarchitektur: bestehende Informationsquellen, semantische Ebene mit Ontologien für das Anwendungsgebiet und schließlich die User-Interface Ebene. Im Folgenden werden diese unterschiedlichen Teile und die Verbindungen dazwischen detaillierter beschrieben.

Domänenwissen

Zu Beginn des Projektes wurde in enger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Roboterherstellers eine Ontologie erstellt, die die Konzepte aus dem Bereich der Robotertechnologie und Wirkzusammenhänge bei Störmeldungen abbildet. Wichtig war hierbei eine für die Mitarbeiter verständliche Terminologie und Strukturierung zu erreichen, um eine eigenständige Wartbarkeit nach Projektabschluss zu gewährleisten. Die Basismodellierung erfolgte aufgrund von Kompetenzfragen und verschiedenen Workshops mit erfahrenen Service-Technikern, die später das System im operativen Einsatz als Redakteure betreuen sollen. In den anfänglichen Kompetenzfragen haben die Mitarbeiter gezielt Fragen formuliert, die das System später beantworten können musste. Für die anschließende Basismodellierung wurden die wichtigsten Konzepte identifiziert und deren Zusammenhänge beschrieben. Außerdem wurden beispielhaft einige Instanzen dieser Konzepte modelliert.



Fig. 1. Domänenontologie

Fig. 6 zeigt eine webbasierte Visualisierung der taxonomischen Hierarchie der Ontologie. Die C-Label bezeichnen Konzepte. Einrückungen sind dann jeweils Unterkonzepte. Somit gibt es für Roboter die Spezialisierungen „Hohe Traglast“, „Mittlere Traglast“, „Niedrige Traglast“, „Schwerlast“ und „Sonderbauformen“. Die K-Label bezeichnen Unterteile eines Bauteils. So ist die „Achse 1“ ein

Unterteil des „Hohe Traglast“-Roboters. V-Label sind Relationen und bedeuten „verbunden mit“. Die „Achse 1“ ist verbunden mit dem „Grundgestell“.

Darüber hinaus wurden von den Redakteuren die Fehler, deren Folgefehler und mögliche Lösungen modelliert. Regeln in der Ontologie beschreiben z.B. wann bestimmte Fehler ein- bzw. ausgeschlossen werden können:

Wenn ein Fehler X an einem bestimmten Bauteil auftritt und der aktuelle Roboter dieses Bauteil nicht besitzt kann der Fehler und damit alle Folgefehler ausgeschlossen werden, wenn die Folgefehler nicht auch noch andere Ursachen haben.

Wenn ein Fehler X einen bestimmten Softwarestand betrifft und der aktuelle Roboter mit dem neueren Softwarestand läuft, dann kann der Fehler X und alle Folgefehler ausgeschlossen werden.

Problemlösungswissen

Um das System möglichst generisch und damit adaptierbar an andere Domänen zu konzipieren, wurde die Methode zur Suche einer geeigneten Lösung unabhängig vom Domänenwissen modelliert. Hierbei war insbesondere die Anforderung wichtig, dass nach dem Vorschlag einer Menge möglicher Lösungen, das System differenzierende Fragen stellen kann, um die Lösungsmenge weiter einzuschränken. Vorlagen bildeten dabei generische Problemlösungsmethoden, wie sie in der Forschung in den 90er Jahren intensiv diskutiert wurden [Marcus 88]. In unserem Falle wurde eine vereinfachte Variante der Problemlösungsmethode Cover-and-Differentiate [Eshelman 88] modelliert, weil sie für das vorliegende Problem und die vorliegenden Anforderungen am meisten geeignet war. Cover-and-Differentiate ist die Problemlösungsmethode, die im Expertensystem Mole [Eshelman and McDermott 1986] angewandt wurde. Cover-and-Differentiate ist geeignet für überdeckende Klassifikationsprobleme, deren Lösung eine Untermenge aus einer Menge vordefinierter Lösungen ist.

Diese Methode stellt ein Suchverfahren in einem gerichteten azyklischen Graphen dar. Die Knoten des Graphen sind die Zustände. Eine Kante von dem Zustand s_1 zum Zustand s_2 beschreibt, dass s_2 eine Ursache für den Zustand s_1 ist. Zusätzliches Wissen, sog. Differenzierendes Wissen erlaubt Zustände zu qualifizieren bzw. zu disqualifizieren und damit zwischen verschiedenen Lösungen zu differenzieren. Zwei wesentliche Grundprinzipien werden durch diese Problemlösungsmethode realisiert:

- Das Exhaustivitätsprinzip besagt, dass jedes auftretende Symptom wenigstens durch eine Ursache abgedeckt sein muss. Deshalb darf ein Zustand nicht aus der weiteren Betrachtung entfernt werden, wenn er die einzige Ursache für ein beobachtetes Symptom darstellt.
- Das Exklusivitätsprinzip bedeutet, dass für ein beobachtetes Symptom nur eine Ursache verantwortlich sein kann (single fault hypothesis).

Das qualifizierende Wissen wurde verwendet um mögliche Lösungen auszuschließen. Dabei kann solch qualifizierendes Wissen sich auf die Zustände oder auch auf die Kanten beziehen. Für einen Zustand bzw. eine Kante in dem Graph kann solch zusätzliches Wissen definiert sein. In unserem System wurde dieses Wissen dazu verwendet gezielte Fragen zu stellen. So bewirkt z.B. in unserem Zustandsgraph das Zusatzwissen „grünes Öl“, dass bestimmte Zustände disqualifiziert werden und damit in diesem Fall von drei Lösungen nur noch zwei Lösungen verbleiben.

Die Problemlösungsmethode wurde selbst wieder als Ontologie modelliert (vgl. Fig. 7). Alle Zustände werden durch das Konzept *state* repräsentiert. Ein Zustand wird durch einen Namen näher bezeichnet. Mögliche Ursachen für einen Zustand sind durch die Relation *hasCause* beschrieben. Die in der konkreten Problemlösung auftretende Ursache ist über die Relation *isEdge* mit dem Zustand verbunden. Das Konzept *EventQualifier* bezeichnet qualifizierendes Wissen für Zustände. Ein Element dieser Klasse ist über die Relation *forState* einem konkreten Zustand zugeordnet. Ein *ConnectionQualifier* qualifiziert in gleicher Weise die Ursachenbeziehung zwischen zwei Zuständen. Die Klasse *ObservedState* enthält die tatsächlich beobachteten Symptome wie z.B. „Öl im Arm“ und *FinalState* bezeichnet die endgültigen Ursachen. Diese sind dann auch mit den Lösungsvorschlägen über eine Relation *hasSolution* verbunden.

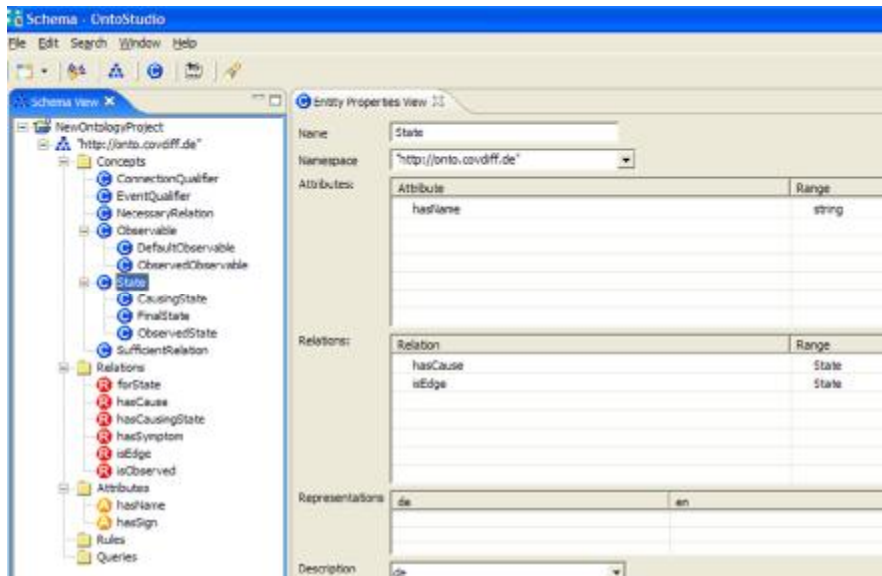


Fig. 2. Ontologie der Problemlösungsmethode Cover-and-Differentiate in OntoStudio®

Regeln beschreiben nun die o. g. Prinzipien. Andere Regeln definieren die Pfade von den beobachteten Symptomen zu den endgültigen Lösungen. Mit Regeln wird der Einfluss des qualifizierenden Wissens auf die Zustände und die Kanten im Graphen beschrieben. Exemplarisch sei hier die Regel beschrieben, die die Pfade und auch den Einfluss der *EventQualifier* definiert:

Falls für einen ObservedState oder einen State X die Ursache Y ist und weder die Kante (X,Y) über einen ConnectionQualifier ausgeschlossen ist, noch der Zustand Y oder der Zustand X über einen EventQualifier ausgeschlossen ist, dann ist die Kante (X,Y) eine Kante hin zu einer endgültigen Ursache.

Falls ein Pfad von einem ObservedState X zu einem State Y über die Relation hasCause führt, dann ist Y eine mögliche Ursache. Eine der Stärken von solchen Problemlösungsmethoden sind neben der allgemeinen Gültigkeit auch die wohldefinierten Vorgaben, die sie an das notwendige Wissen der Domäne stellt. So ist z.B. nach Auswahl von Cover-and-Differentiate klar, dass es Fehlerbeschreibungen, Fehler-Ursachen Beziehungen und qualifizierendes Wissen geben muss. Somit beeinflusst die Wahl einer solchen Problemlösungsmethode natürlich auch die Strukturierung des Wissens der Anwendungsdomäne. Während die Terminologie und Strukturierung für die Problemlösungsmethode unabhängig von der Anwendungsdomäne und damit spezifisch für die Methode ist, ist die Terminologie und Strukturierung der Anwendungsdomäne spezifisch für diese. Um beide Modelle zusammenzubringen und damit ein ausführbares Modell zu erhalten, muss zwischen beiden Modellen eine geeignete Zuordnung erfolgen. In Fig. 8 ist eine solche Zuordnung mit dem Werkzeug OntoMap® graphisch erstellt worden.

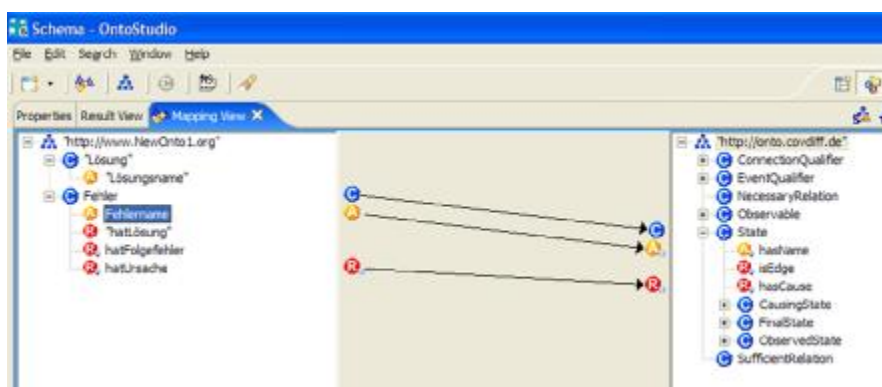


Fig. 3. Mapping zwischen Domänenontologie und Problemlösungsmethode mit OntoMap

Integration unterschiedlicher Datenquellen

Die Ontologie über die Anwendungsdomäne, d.h. in unserem Fall über Roboter, deren Anwendungen, deren Fehler und mögliche Problemlösungen dient auf der einen Seite zur Repräsentation dieses überaus komplexen und vernetzten Wissens. Auf der anderen Seite dient diese Ontologie aber auch zum Zugriff und zur Integration von vorhandenen Informationsquellen. In unserem Falle handelte es sich um zwei vorhandene Datenbanken der Entwicklung sowie um mehrere Textquellen von Arbeitsanweisungen über Qualitätsmanagement-Hinweise hin zu technischen Servicenachrichten im E-Mail-Format. Die Integration der strukturierten Informationen konnte mit der Datenbank der Steuerungsfehlermeldungen (Onlinehilfe der PC-Steuerung) und der Entwicklungsfehlerdatenbank durchgeführt werden. Beide Datenbanken beschreiben eine ähnliche Struktur wie die modellierten Fehler aus der Ontologie. Ein Fehler hat eine oder mehrere Lösungen und kann außerdem einen Folgefehler haben. Die Ontologie dient dabei zur Re-Interpretation dieser Informationsquellen in einer einheitlichen und allgemein verständlichen Terminologie und Strukturierung. Dazu werden wiederum in Hilfe von OntoMap die Informationsquellen an die Ontologie „angehängt“ (vgl. Fig. 9). Bei einer Anfrage an die Ontologie werden dann zur Laufzeit entsprechende Anfragen an die Informationsquellen generiert und damit die darin abgelegten aktuellen Informationen abgefragt.

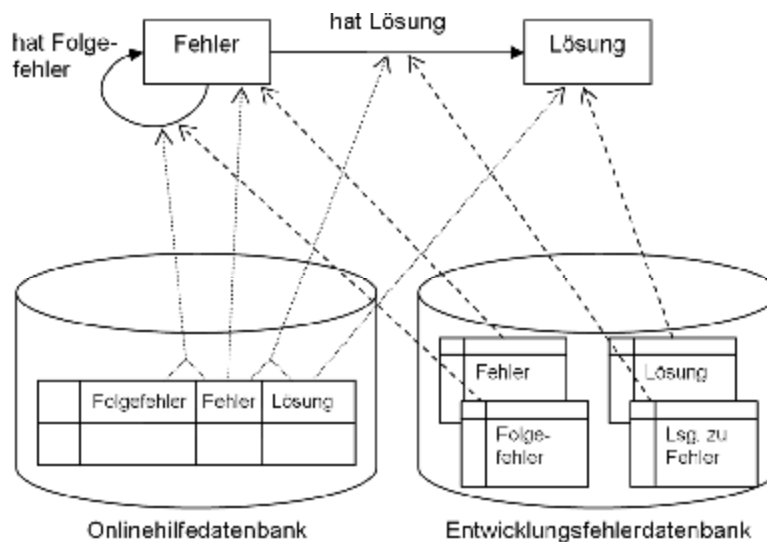


Fig. 4. Integration bestehender Informationsquellen in der Ontologie

Dies ermöglicht die gewohnte weitere Pflege dieser Informationsquellen über bestehende Zugriffssysteme und den gleichzeitigen Zugriff auf aktuelle Informationen durch das Ratgebersystem. Die Integration der unstrukturierten Informationen in Textform, also der Arbeitsanweisungen, der Qualitätsmanagement Hinweise, der technischen Servicenachrichten und der Handbücher, wurde mittels der semantischen Suchtechnologie SemanticMiner® umgesetzt. Die Funktionsweise ist im Abschnitt Praxisbeispiel SemanticMiner beschrieben.

SemanticGuide®

Das System zur Lösung von Fehlerfällen SemanticGuide ist beim Kunden vollständig in die bereits bestehende IT-Landschaft integriert worden. Der Support-Bereich verwendet für die Erfassung, Abwicklung und Fakturierung der Support-Einsätze das SAP Modul Customer Service (CS). Ergänzt wird das Modul CS durch SAP Mobile Asset Management (MAM), das die Service-Techniker für die Bearbeitung der Service-Aufträge verwenden. Ein Service-Auftrag beginnt durch einen Kundenanruf im Call-Center. Dort wird durch einen Mitarbeiter des Telefon-Support in CS ein neuer Auftrag erstellt, der möglichst genaue Angaben zum aufgetretenen Problem und zum betroffenen Roboter enthält. Anschließend wird in CS der Service-Auftrag durch einen Einsatzplaner an einen Service-Techniker übertragen. Über GPRS empfängt der Service-Techniker diesen Auftrag mit allen notwendigen Informationen in der lokalen MAM auf seinem

Notebook. Nach Bearbeitung des Auftrages werden die benötigten Ersatzteile und die Arbeitsstunden erfasst und der Auftrag aus der MAM wieder zurück in CS synchronisiert.

SemanticGuide wurde sowohl in die SAP CS- als auch in die SAP MAM-Umgebung integriert (vgl. Fig. 10). Der Mitarbeiter im Call-Center wird bereits beim Anlegen des Auftrages durch SemanticGuide unterstützt. Nach der Eingabe des Fehlerfalles werden vom System eingrenzende Fragen zur Feststellung der Fehlerursache gestellt. Dabei werden bereits Lösungen vorgeschlagen, die der Kunde selbst durchführen kann. So kann u. U. der Einsatz eines Service-Technikers eingespart werden, in jedem Fall ist durch die beantworteten Fragen eine genauere Problemeingrenzung möglich. Diese gesammelten Informationen werden vom SemanticGuide an CS übergeben. Nach Übertragung des Auftrages an einen Service-Techniker sind diese Informationen auch in der MAM vorhanden. SemanticGuide befindet sich beim Aufruf aus der MAM an genau der Stelle, an der im Call-Center die Lösungssuche unterbrochen wurde (vgl. Fig. 10).

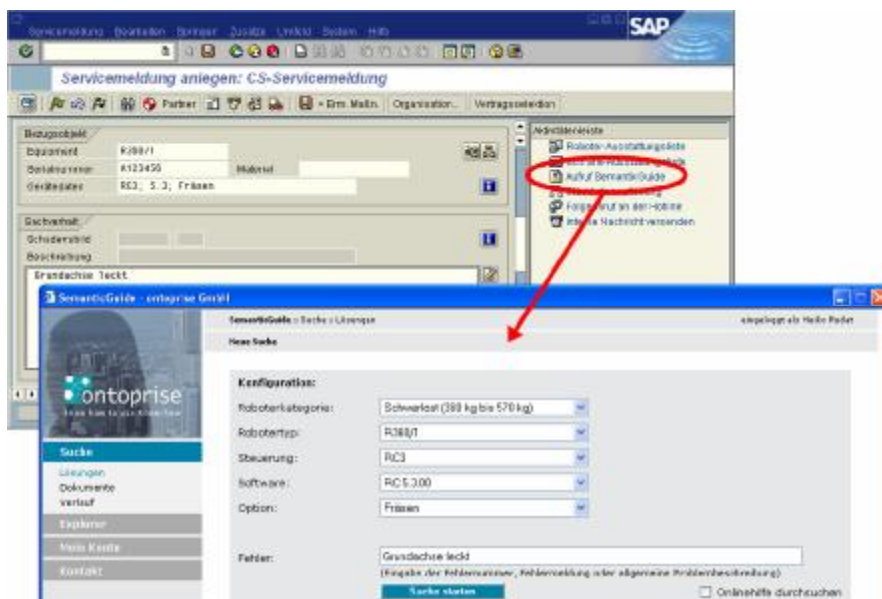


Fig. 5. Integration des SAP CS und MAM Moduls in SemanticGuide

Systemseitig findet nach der Auswahl des Fehlers ein Abgleich statt, der dem temporären Kontext des Benutzerprofils (z.B. SessionID12345[ausgewählterRob->Robot123; ausgewählteSteuerung->ST1234;...]) nicht entsprechen. An diesem Prozess sind sehr viele Regeln beteiligt, denn die Lösungen sind in der Regel nur an Teilen festgemacht und über diese wird dann der Roboter oder die Steuerung usw. ermittelt (über Relationen wie „istTeilVon“ oder „istVerbundenMit“).

Anschließend werden die Ergebnisse nach einem speziellen Verfahren gerankt: max(Nutzen) unter der Nebenbedingung min(Kosten/Zeit) denn die Techniker haben meist keine Ersatzteile vor Ort dabei und zusätzlich sollten natürlich möglichst keine Kosten entstehen

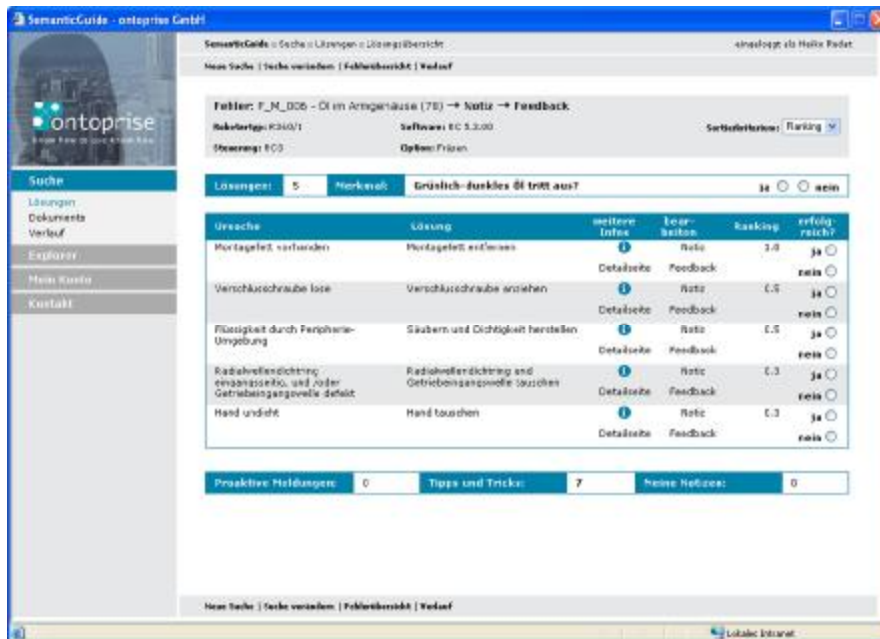


Fig. 6. Lösungsermittlung zu einem Fehler inkl. Rückfrage vom System

Zur Ermittlung der eingrenzenden (Rück-)Fragen wird die Menge aller Attribute von den übrig gebliebenen Lösungen, die zum Fehler gehören berechnet. (in Fig. 11. [„grünlich-dunkles Öl tritt aus“ in 2 Lösungen; „läuft Motor X“ in 5 Lösungen; ...]). Anhand der Menge der Attribute wird nun dasjenige Attribut ausgewählt, das am häufigsten vorhanden ist (hier „grünlich-dunkles Öl tritt aus“) und dazu die Frage generiert: „Merkmal: grünlich-dunkles Öl tritt aus?“ Je nachdem wie die Frage beantwortet wird, können somit viele der anderen Lösungen entfallen bzw. gefiltert werden, da sie dieses Attribut mit einer Ja-oder-Nein-Belegung besitzen.

Nach erfolgreicher Reparatur des betroffenen Roboters werden die durchgeführten Schritte, die SemanticGuide vorgeschlagen hat, in Form einer Suchhistorie abgespeichert. Nach dem Eintrag der Arbeitsstunden durch den Service-Techniker werden diese Informationen wieder an CS synchronisiert und liegen als Grundlage für die Rechnungsstellung vor.

Fazit

Semantische Technologien unterstützen den Wissensarbeiter im Unternehmen bei zentralen Arbeitsprozessen. Die Suche nach Informationen, seien es unterstützende Dokumente für den Vertriebsprozess oder konkrete Entscheidungsunterstützungen bei der Wartung eines Roboters, kann durch den Einsatz von Ontologien, die vor allem auch Regeln beinhalten deutlich verbessert werden. Dabei ist bemerkenswert, dass der aktuelle Stand der Umsetzung von semantischen Technologien in Industrieprojekten beachtlich weit fortgeschritten ist. Die beschriebenen Anwendungen werden bereits jeweils von hunderten von Nutzern eingesetzt. Die „Forschungsecke“ wurde deutlich verlassen - der Kundennutzen steht klar im Vordergrund! Die aktuellen Trends liegen insbesondere im Bereich der Verknüpfung von IT Architektur-Themen. Hier werden Service-orientierte Architekturen (SOA), Web-Services und Grid-Technologien in Verbindung mit SemanticWeb Themen gebracht. In zahlreichen Forschungsprojekten (SIMDAT, XMEDIA, NEON) aber auch bereits in Industrieprojekten werden hier interessante Ansatzpunkte bearbeitet. Ebenso arbeitet das W3C an Standards, die eine umfassende Nutzung der Technologien ermöglicht (RDF, OWL, Rules).

Die beschriebenen Best Practices verdeutlichen, welche Möglichkeiten heute bereits genutzt werden können - die aktuellen Trends zeigen klar die zukünftige beschleunigte Verbreitung der semantischen Technologien im industriellen Umfeld.

Referenzen

- [Belkin 1980] N.J. Belkin. *Anomalous states of knowledge as a basis for information retrieval*. The Canadian Journal of Information Science, 5:133--143, 1980.
- [Chapman 2005] Sam Chapman. SimMetrics: An open source extensible library of Similarity and Distance Metrics. <http://www.dcs.shef.ac.uk/~sam/simmetrics.html>. 2005.
- [Cohen et al. 2003] W.W. Cohen, P. Ravikumar, and S. E. Fienberg. *A comparison of string distance metrics for name-matching tasks*. In Proceedings of the IJCAI-2003 Workshop on Information Integration on the Web, 2003.
- [Eshelman and McDermott 1986] Eshelman, L; McDermott, J.: MOLE: A Knowledge Acquisition Tool That Uses Its Head. In Boose, J.H.; Gaines, B. (Eds.): AAAI-Workshop: Knowledge-Acquisition for Knowledge Based Systems, Banff, Kanada, 1986.
- [Eshelman 1988] Eshelman, L: Mole: A Knowledge-Acquisition Tool for Cover-and-Differentiate Systems. In [Marcus 1988], 1988, p. 37-80.
- [Marcus 88] S.Marcus (Ed.): *Automating Knowledge Acquisition for Experts Systems*. Kluwer Academic Publisher, Boston, 1988.
- [Moench et al. 2003] Eddie Moench, Mike Ullrich, Hans-Peter Schnurr, Juergen Angele: *SemanticMiner - Ontology-Based Knowledge Retrieval*. In: Special Issue of selected papers of the WM2003 in the Journal of Universal Computer Science (J.UCS).
- [Jaro 1989] M. A. Jaro. *Advances in record-linkage methodology as applied to matching the 1985 census of Tampa, Florida*. Journal of the American Statistical Association 84:414–420, 1989.
- [Jaro 1995] M.A. Jaro. *Probabilistic linkage of large public health data files (disc: P687-689)*. Statistics in Medicine 14:491–498, 1995.
- [Taylor 1968] R.S. Taylor. *Question-negotiation and information seeking in libraries*. College and Research Libraries, 29, 178-194, 1968.