Whitepaper

Empolis Service Diagnostics®

Version 1.1

Von
Dr. Mario Lenz
Empolis Information Management GmbH
Europaallee 10
67657 Kaiserslautern

Ihr Ansprechpartner bei Empolis:
Eddie Mönch
Telefon: +49 (631) 68037-334
E-Mail: eddie.moench@empolis.com

Kaiserslautern, 22.02.2016

Haftungsausschluss

Änderungen der Produktnamen, Produktspezifikationen und Produktfunktionen vorbehalten. Die Verwendung der Software von Empolis Information Management GmbH erfolgt unter Lizenz. Alle Rechte vorbehalten. Andere Marken sind eingetragene Warenzeichen und das Eigentum der jeweiligen Eigentümer.

Änderungen am vorliegenden Dokument vorbehalten. Das vorliegende Dokument darf weder ganz noch teilweise vervielfältigt, in einem Datenabfragesystem gespeichert oder anderweitig auf elektronische oder mechanische Weise oder per Fotokopie, Aufnahme, Scannen oder Ähnliches übertragen werden.

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte info@empolis.com.

Empolis Information Management GmbH
Europaallee 10
67657 Kaiserslautern
Deutschland

Telefon: +49 (631) 68037-0
Fax: +49 (631) 68037-77
E-Mail: info@empolis.com
Web: www.empolis.com

Inhaltsverzeichnis

1 Management Summary

Empolis Service Diagnostics® unterstützt Kunden beim optimierten Einsatz ihrer Maschinen und kom-plexen Anlagen, indem vitale Maschinendaten im Betrieb erfasst und analysiert werden, um Unregel-mäßigkeiten vorausschauend zu erkennen und mittels geeigneter Maßnahmen reagieren zu können.

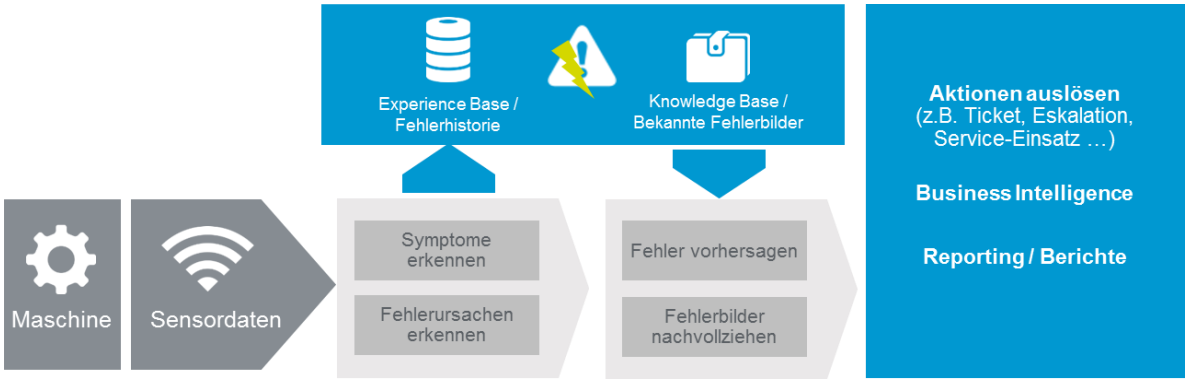

Abbildung 1: Allgemeine Zielsetzung von Empolis Service Diagnostics®

Eingehende Sensordaten werden mittels statistischer Verfahren, semantischer Regeln und im Kontext von Erfahrungsfällen und gespeicherten Fehlerbildern analysiert, um nicht nur den aktuellen Zustand zu erkennen, sondern Vorhersagen zu treffen und daraus unmittelbar Maßnahmen abzuleiten, wie etwa den Einsatz von Service-Technikern zu steuern.

Um die Vielzahl der Anforderungen bei der Verarbeitung von Sensordaten zu erfüllen, kombiniert Empolis Service Diagnostics® eine Reihe von innovativen Technologien und bewährten Verfahren:

- Technologische Basis ist das **Empolis IAS**, welches in bewährter Art Skalierung, Datendurch-satz und Hochverfügbarkeit im Sinne von Big-Data-Anwendungen ermöglicht.
- Spezifische Module ermöglichen die Verarbeitung von Maschinendaten, welche sowohl als kontinuierliche Datenströme als auch in Form von LOG-Dateien vorliegen können. Im Rahmen des **ETL[1]-Prozesses** werden diese Daten nicht nur normiert, sondern es werden auch rele-vante Ereignisse herausgefiltert.
- Mittels semantischer und **domänen-spezifischer Regeln** kann beschrieben werden, wie komplexe Zusammenhänge, etwa Fehlerbilder, aus einer Vielzahl von Einzelbeobachtungen abgeleitet werden können.
- Analytische und statistische Verfahren erlauben **Vorhersagen und Prognosen** insbesondere bei Zeitreihendaten.
- Case-Based Reasoning erlaubt die Nutzung vorhandener **Referenzfälle** unter anderem für die Diagnose auf Basis historischer Daten.
- Die **Verarbeitungslogik** kann auf Basis des Industrie-Standards BPEL angepasst werden, um somit spezifische Szenarien zu realisieren. Ebenso ist es möglich, vorhandene Bausteine und Algorithmen in die Plattform zu integrieren.

[1] Extract-Transform-Load, siehe http://de.wikipedia.org/wiki/ETL-Prozess

- Ein **interaktives Dashboard** dient als zentraler Zugang und ermöglicht sowohl die Überwachung aller angeschlossenen Maschinen als auch die Konfiguration und Parametrisierung des Systems.
- Ergänzend kann eine **Kopplung mit anderen Systemen** erfolgen, etwa mit Ticket-Systemen, welche im Falle von relevanten Ereignissen die weitere Bearbeitung, Nachverfolgung und Eskalation übernehmen.

2 Service im Zeitalter von Industrie 4.0

Im Folgenden werden aktuelle Trends und Entwicklungen skizziert und deren Bedeutung insbesondere für den Service aufgezeigt.

2.1 Herausforderungen an den Kundenservice

Angesichts der Dynamik und wachsenden Komplexität der globalen Märkte stehen Unternehmen heute vor großen Herausforderungen im Service-Bereich, was vor allem mit den gestiegenen Kundenerwartungen zusammenhängt:

- Die zu verarbeitenden **Datenmengen** sind enorm und wachsen weiter. Sowohl aus der Interaktion mit Kunden als auch aus der Vernetzung von Systemen und Maschinen (Stichwort *Internet of Things*) resultieren Datenströme, die gemeinhin als Big Data bezeichnet werden.
- Ebenso nimmt die **Komplexität** der Daten zu. Strukturierte, poly-strukturierte und unstrukturierte Daten müssen analysiert und kombiniert werden, um Erkenntnisse ableiten zu können.
- Sehr oft liegen relevante **Informationen in Silos** vor, müssen jedoch systematisch verbunden und integriert werden, um Erkenntnisse abzuleiten. Die bestehenden IT-Systeme selbst sollten hierbei möglichst nicht verändert werden.

Generell besteht das Ziel darin, Service nicht mehr als bloße Reaktion auf Fehlerzustände zu betrachten, sondern zunehmend Vorhersagen und Vorkehrungen treffen zu können, damit ebensolche Situationen gar nicht erst eintreten oder, falls doch, unmittelbar behoben werden:

Abbildung 2: Vom reaktiven zum autonomen Service

2.2 Service als Differenzierungsmerkmal

Service ist aber auch zu einem strategischen Ziel geworden: Er bietet die Möglichkeit, sich vom Wettbewerb zu differenzieren – meist mehr als über die Produkte selbst. Dienstleistungen und Serviceleistungen haben beträchtlichen Einfluss auf Umsatz und Cash-Flow. Das erfordert Effizienz sowie höchste Qualität und bringt dabei viele bisherige Service-Systeme – gerade bei komplexen Kundenanfragen – an ihre Grenzen.

Besonders deutlich wird das anhand des Paradigmen-Wechsels zum Betreiber-Modell, der in zahlreichen Branchen zu beobachten ist: Anstatt eine Maschine oder eine komplexe Anlage an den Kunden zu verkaufen, übernehmen immer mehr Hersteller auch den Betrieb der Anlage und bieten so dem Kunden die Nutzung der Maschine als Dienstleistung an. Nicht der Besitz der Anlage ist entscheidend, sondern deren Nutzung, etwa wenn manche Hersteller von Konsumgütern nicht mehr die Produktionsmaschinen kaufen, sondern deren Hersteller gemäß der darauf produzierten Teile bezahlen:

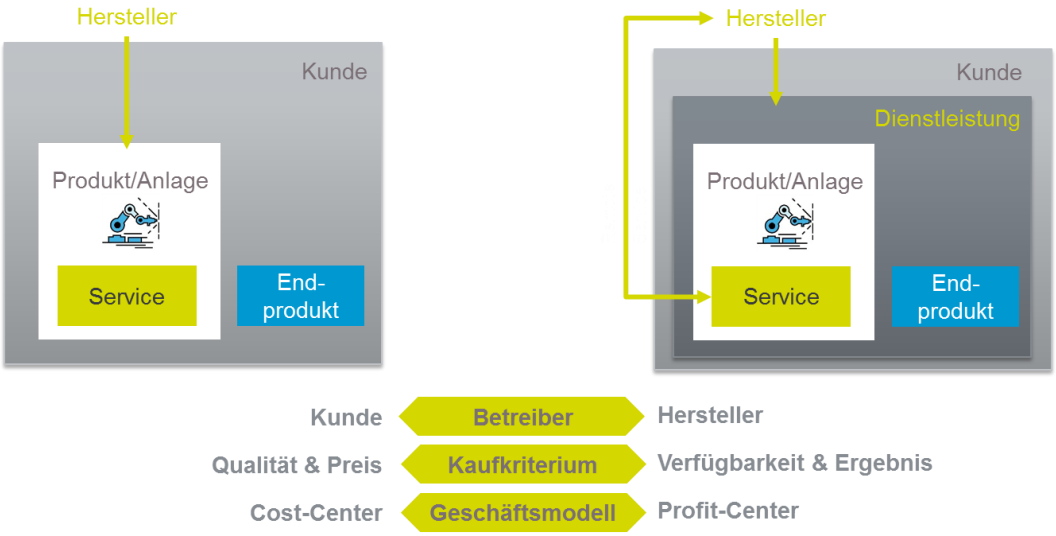

Abbildung 3: Betreiber-Modell im Service

In einem derartigen Betreiber-Modell kommt einem exzellenten Service eine außerordentliche Bedeutung zu, da ein Stillstand unmittelbare Konsequenzen für Leistung und somit Ertrag hat. Gleiches gilt jedoch auch in klassischen Geschäftsmodellen, wenn auch weniger ausgeprägt.

2.3 Empolis Smart Service® als ganzheitliche Lösungs-Plattform

Empolis Smart Service® kombiniert in einzigartiger Weise die verschiedenen Varianten im Service:

- Mit **Empolis Service Resolution Management**[2] (SRM) steht ein System zur Verfügung, welches sich an Service-Mitarbeiter im Contact Center oder im Field Service richtet, die mit Dokumenten im weitesten Sinne arbeiten: Handbücher, Tickets im Call Center, Produkt-Dokumentationen etc. All diese Inhalte können mittels semantischer Technologien ausgewertet werden, um so je nach Kontext und aktueller Problemstellung die relevanten Informationen bereitzustellen.
- Empolis **Service Diagnostics**® fokussiert hingegen auf die Verarbeitung von Maschinen- und Sensordaten und stellt hierfür spezifische Funktionen und Verfahren bereit, die im vorliegenden Dokument detailliert beschrieben werden.

Beide Lösungen können nahtlos integriert und kombiniert werden, so dass ein ganzheitlicher Ansatz für einen umfassenden Service ermöglicht wird, welcher alle KPIs der Teilbereiche betrachtet:

[2] http://www.empolis.com/smart-information-management/loesungen/service-resolution-management.html

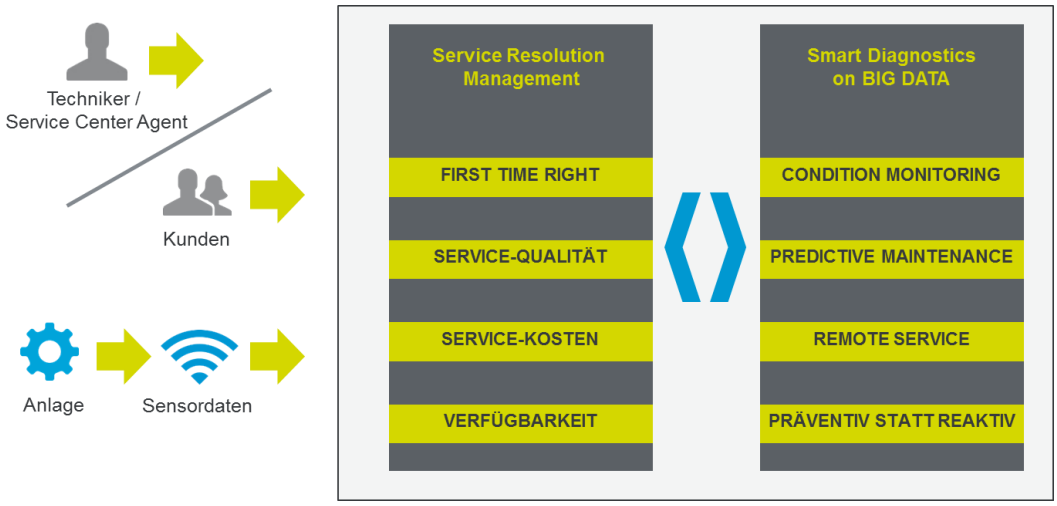

Abbildung 4: Empolis Smart Service® als ganzheitlicher Ansatz

2.4 Machine-to-Machine, Industrie 4.0 und Big Data

„Industrie 4.0 meint im Kern die technische Integration von Cyber Physical Systems in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen“[3]. Es wird also sehr stark auf die zunehmende Vernetzung von Geräten und Anlagen fokussiert, aus der sich einerseits technologische Herausforderungen – etwa beim Umgang mit den enormen Datenmengen – ergeben, andererseits aber auch Chancen für neuartige Geschäftsmodelle.

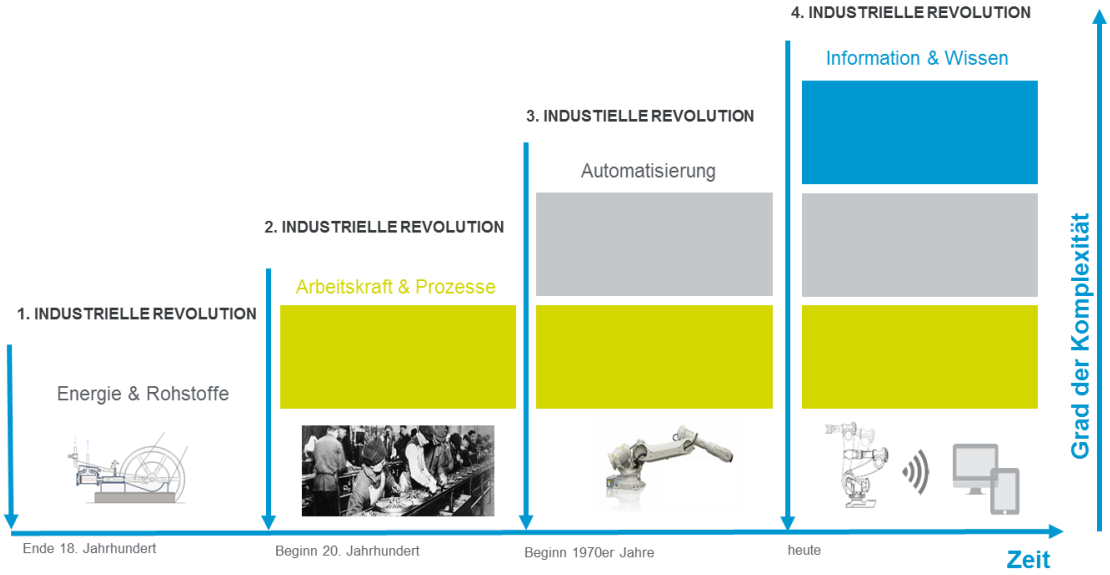

Abbildung 5: An der Schwelle zu Industrie 4.0

Aufgrund der Vielfalt an Sensordaten über Zustand und Verhalten komplexer Anlagen, welche in vernetzten Systemen ausgetauscht werden, ergibt sich ein enormes Datenwachstum vor allem im Bereich der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M) – oft auch als Internet der Dinge (IoT =

[3] Quelle: „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“, Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft (http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Abschlussbericht_Industrie4%200_barrierefrei.pdf)

Internet of Things) bezeichnet. Hierbei stellen sich eine Reihe spezieller Herausforderungen, welche in ihrer Gesamtheit die vier typischen Kriterien für Big Data bilden:

- Die **Datenmengen** sind enorm. Moderne Anlagen bestehen aus Hunderten komplexer Maschinen, von denen jede einzelne über einige Dutzend Sensoren verfügt, die wiederum im Abstand von Sekundenbruchteilen Daten liefern.
- Die **Struktur der Daten** ist heterogen. Zwar handelt es sich um Maschinendaten, so dass eine gewisse einheitliche Struktur angenommen sowie sprachliche Variationen etc. ausgeschlossen werden können. Jedoch gibt es eine Vielzahl verschiedener Formate, die teils sogar Branchen- oder Unternehmens-spezifisch sind.
- Die **Geschwindigkeit**, mit der Daten anfallen und bearbeitet werden müssen, ist sehr hoch. Die Anzahl der direkt vernetzten Geräte nimmt stetig zu, so dass eine Verarbeitung nahezu in Echtzeit („*near real time*“) erforderlich wird.
- Die **Korrektheit** der Daten ist nicht immer gegeben. Zwar können durch Menschen verursachte Fehler meist ausgeschlossen werden, jedoch weisen auch Maschinendaten Störungen auf, weil zum Beispiel Messfehler auftreten oder Sensoren zeitlich nicht synchron sind.

Gleichzeitig jedoch bieten M2M und IoT enorme Chancen, da es mittels Big-Data-Technologien möglich ist, komplexe Anlagen in Echtzeit zu überwachen, die daraus resultierenden Datenmengen zu verarbeiten und mittels intelligenter Analysen die Instandhaltung industrieller Anlagen zu optimieren – um etwa den Ertrag von Maschinen zu steigern oder neuartige Geschäftsmodelle auf Basis eines erfolgsbasierten Service aufzubauen.

3 Diagnose-Szenarien im Überblick

In diesem Kapitel werden die wichtigsten fachlichen Anwendungsszenarien von Empolis Service Diagnostics® beschrieben, ohne dass zunächst auf deren technische Umsetzungsdetails eingegangen wird.

3.1 Überwachung: Signal Monitoring

Als einfachster Anwendungsfall können mittels Empolis Service Diagnostics® einkommende Signale überwacht werden, wobei diese zunächst isoliert voneinander betrachtet werden. Aus den eingehenden Datenströmen und LOG-Daten werden die relevanten Informationen extrahiert, Werte transformiert und ggf. auf Konsistenz geprüft – und dann in einer Art „Fieberkurve“ visualisiert, um zum Beispiel in einer Monitoring-Umgebung die Überwachung dieser Daten zu ermöglichen. Meist werden hierbei auch Schwellenwerte angegeben, bei deren Überschreiten spezifische Aktionen, etwa ein Alarm, ausgelöst werden sollen.

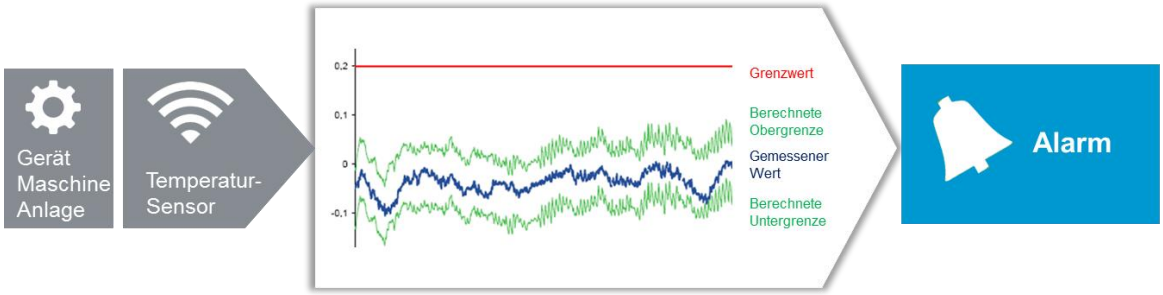

Abbildung 6: Use Case Signal Monitoring

Hiermit können je nach Sensorik sehr einfach physikalische Messgrößen – wie etwa Temperatur, Druck oder Erschütterungen – überwacht werden, aber auch andere abgeleitete Kennzahlen, zum Beispiel der Durchsatz an produzierten Teilen auf einer Anlage.

3.2 Vorhersage: Signal Prediction

Als Erweiterung des Signal Monitoring können mathematische Verfahren genutzt werden, die eine Vorhersage ermöglichen und somit ein frühzeitiges Eingreifen zur Vermeidung von Störungen erlauben. Konfigurierbare Schwellenwerte dienen als Indikator für das Erreichen von kritischen Werten und lösen somit die prädiktiven Verfahren aus, welche dann wiederum vorhersagen, wann voraussichtlich ein kritischer Grenzwert erreicht wird. Diese Information kann dann unmittelbar an einen Techniker oder ein anderes System weitergeleitet werden.

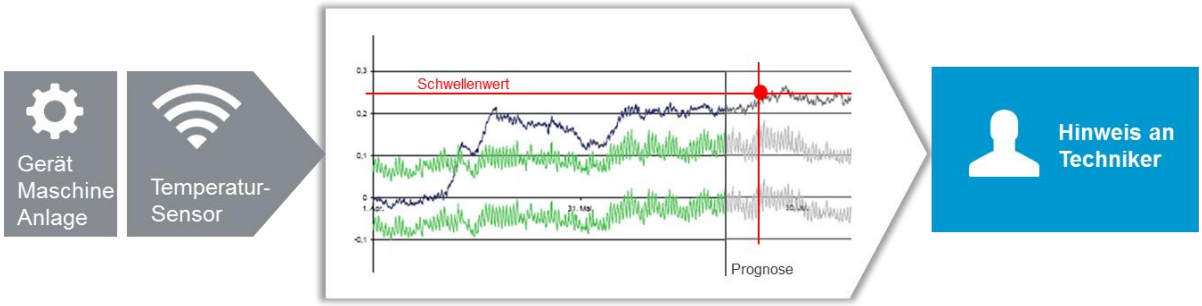

Abbildung 7: Use Case Signal Prediction

3.3 Condition Monitoring

Ein kritischer Systemzustand ist nicht anhand eines einzelnen Sensorwertes zu erkennen, sondern leitet sich vielmehr aus dem Zusammenspiel von mehreren Messwerten ab. Hierzu müssen zunächst die relevanten Sensordaten erfasst, bereinigt, normiert und synchronisiert werden, insbesondere wenn sie aus verschiedenen Quellen und Datenströmen stammen. Zum Beispiel kann in der Praxis nicht zwingend davon ausgegangen werden, dass zeitliche Informationen aus verschiedenen Systemen unmittelbar synchron sind.

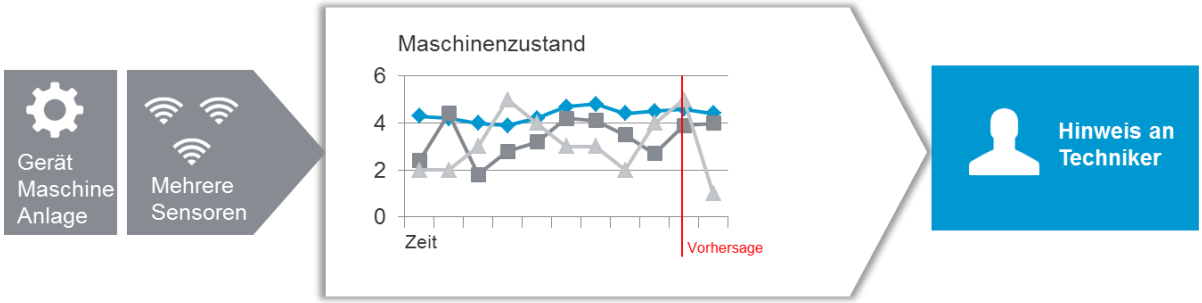

Abbildung 8: Use Case Condition Monitoring

3.4 Complex Event Processing

Complex Event Processing (CEP) ist „*… ein Sammelbegriff für Methoden, Techniken und Werkzeuge, um Ereignisse zu verarbeiten, während sie passieren, also kontinuierlich und zeitnah. CEP leitet aus Ereignissen höheres, wertvolles Wissen in Form von sogenannten komplexen Ereignissen ab, d. h. Situationen, die sich nur als Kombination mehrerer Ereignisse erkennen lassen.*“[4]

Im Sinne dieser Definition der Gesellschaft für Informatik zielt CEP also darauf ab, aus einer Vielzahl von Einzelsignalen sinnvolle Zusammenhänge zu extrahieren und daraus wiederum höherwertige Informationen in Form von Symptomen und Fehlerbildern zu ermitteln. Konkret bedeutet dies:

- Ähnlich wie bereits im Falle des Condition Monitoring müssen mehrere Ereignisse betrachtet werden, wobei die Rohdaten normiert und synchronisiert werden müssen.
- Die Reihenfolge dieser Ereignisse ist oft entscheidend dafür, ob ein Symptom detektiert werden soll.

[4] http://www.gi.de/service/informatiklexikon/detailansicht/article/complex-event-processing-cep.html

- Mehr noch, der zeitliche Bezug der einzelnen Ereignisse dient als Indikator dafür, ob sich ein System normal verhält oder nicht.

Empolis Service Diagnostics® bietet für CEP verschiedene Verfahren, die im Folgenden kurz skizziert werden.

3.4.1 Regelbasiertes CEP

Sehr oft sind Experten und Techniker in der Lage, Zusammenhänge in Form von Regeln zu beschreiben. Zum Beispiel kann ein erwartetes Verhalten eines Systems darin bestehen, dass Schalter aktiviert werden, was innerhalb einer gewissen Zeitspanne zum Öffnen und anschließendem Schließen von Ventilen o.ä. führt – eine derartige Abfolge kann präzise beschrieben und auch mit zeitlichen Rahmenbedingungen versehen werden, so dass eine Regel aktiviert wird, sobald eine Folge von Ereignissen anzeigt, dass eben dieses erwartete Verhalten nicht eingetreten ist.

Um auf Basis dieses Wissens Symptome und Fehlerbilder ableiten zu können, bietet Empolis Service Diagnostics® eine integrierte Regel-Komponente, die es ermöglicht, aus einer Menge von Ereignissen komplexere Zusammenhänge zu detektieren, wobei ggf. das gemeinsames Auftreten, bestimmte Reihenfolgen oder temporale Zusammenhänge berücksichtigt werden.

Abbildung 9: CEP auf Basis semantischer Regeln

Für die Erstellung derartiger Regeln bietet Empolis Service Diagnostics® grafische Editoren, die sich an den typischen Werkzeugen der Zielgruppe orientieren, also zum Beispiel die Erstellung von Regeln ähnlich der Leittechnik ermöglichen.

3.4.2 Fallbasiertes CEP

Mit der Technologie des fallbasierten Schließens, engl. Case-Based Reasoning (CBR), nutzt Empolis ein Konzept, das von den Menschen bereits seit jeher erfolgreich genutzt wird: Um ein neues Problem zu lösen, erinnern wir uns an ein ähnliches früheres Problem und wenden dessen Lösung an. Das dabei neu gewonnene Wissen erweitert unseren Erfahrungsschatz. Dieses Grundprinzip des Lernens ist auch für Wissens- und Servicesysteme möglich und dank neuester CBR-Technologien auch ohne zusätzlichen Modellierungsaufwand anwendbar.

Für die Diagnose komplexer Anlagen lässt sich CBR hervorragend nutzen, indem aus einer Vielzahl an Sensordaten eine Art „Signatur“ des derzeitigen Zustands der Maschine abgeleitet wird, welche dann wiederum mit einer Vielzahl an Referenzfällen aus historischen Daten abgeglichen wird, wie in Abbildung 10 dargestellt:

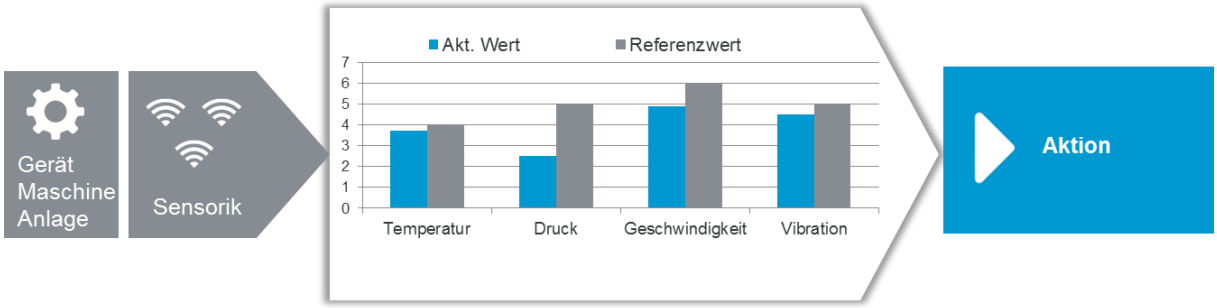

Abbildung 10: CEP auf Basis Case-Based Reasoning

Somit können zum Beispiel kritische Situationen frühzeitig detektiert werden, so dass eine genauere Betrachtung der Situation eingeleitet werden kann, auch wenn der kausale Zusammenhang zunächst noch unbekannt ist. Insbesondere kann mittels CBR eine permanente Überwachung von technischen Anlagen realisiert werden, indem kontinuierlich der Systemzustand erfasst und mit historischen Referenzfällen verglichen wird:

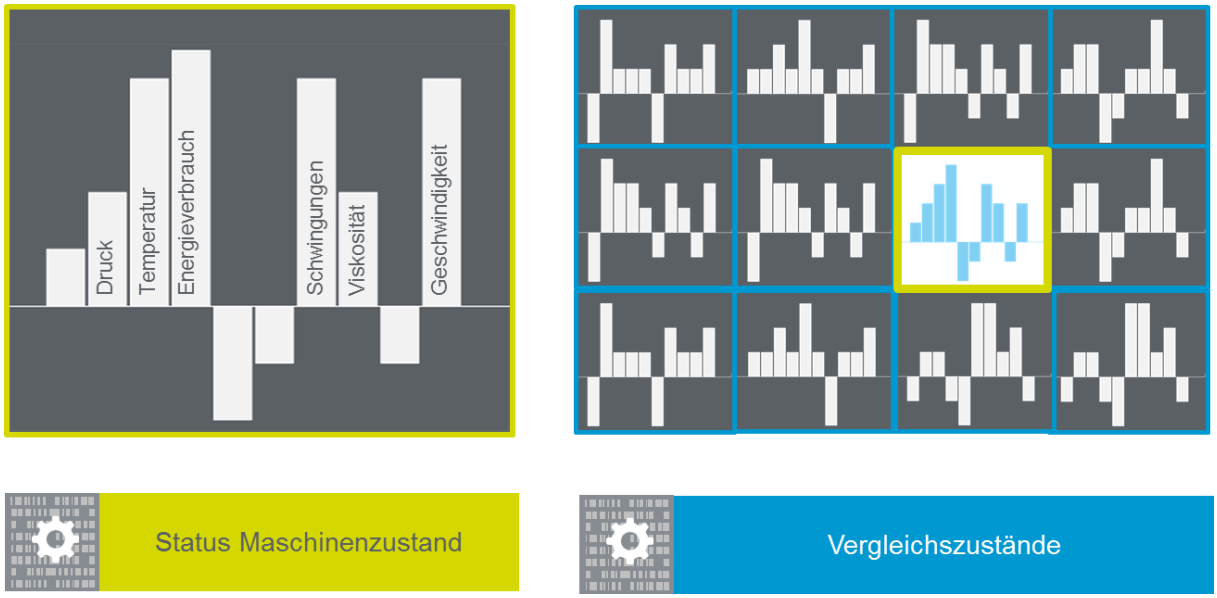

Abbildung 11: Vergleich von Sensordaten mittels Case-Based Reasoning

3.4.3 Entscheidungsbäume für CEP

Manchmal lässt sich nicht ad hoc anhand einer Menge von Signalen entscheiden, ob ein Fehlverhalten vorliegt. Vielmehr ist in gewisser Weise ein definierter Prozess notwendig, in dessen Folge weitere Daten erhoben, Messwerte geprüft und Zusammenhänge abgeleitet werden. Ein Beispiel hierzu ist das Hochfahren einer Anlage. Während dieser Phase verhält sich die Anlage anders als im Normalbetrieb. Erst am Ende dieses Prozesses ist dann eine Klassifikation als Fehlverhalten und daraus abgeleitet eine Entscheidung über das weitere Vorgehen möglich.

Hierfür bietet Empolis Service Diagnostics® das Modul der Entscheidungsbäume, mittels derer derartige Bedeutungen von Anlagen- und Maschinenzuständen sowie Abfolgen beschrieben werden können.

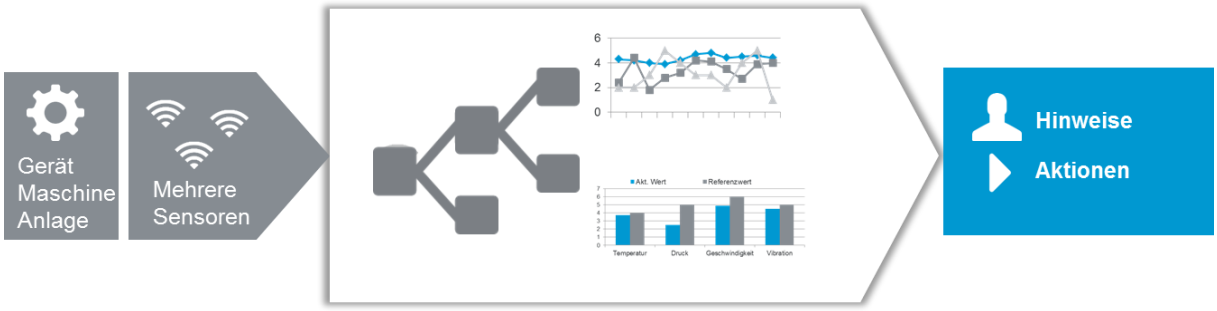

Abbildung 12: CEP mit Entscheidungsbäumen

Typischerweise kommen Entscheidungsbäume nicht isoliert zum Einsatz, sondern

- steuern das Zusammenspiel anderer Verfahren,
- sorgen dafür, dass bei Bedarf weitere Daten analysiert werden,
- erfassen Zusatzinformationen bei Drittsystemen
- oder interagieren mit dem Benutzer.

3.5 Fehler-Ursachen-Analyse

Die Fehler-Ursachen-Analyse (engl. *Root Cause Analysis*) hat als Ziel, nicht nur einen Fehlerzustand zu erkennen und darauf zu reagieren, sondern die Ursache dieses Fehlers zu ermitteln, um so zukünftige Fehlersituationen zu vermeiden.

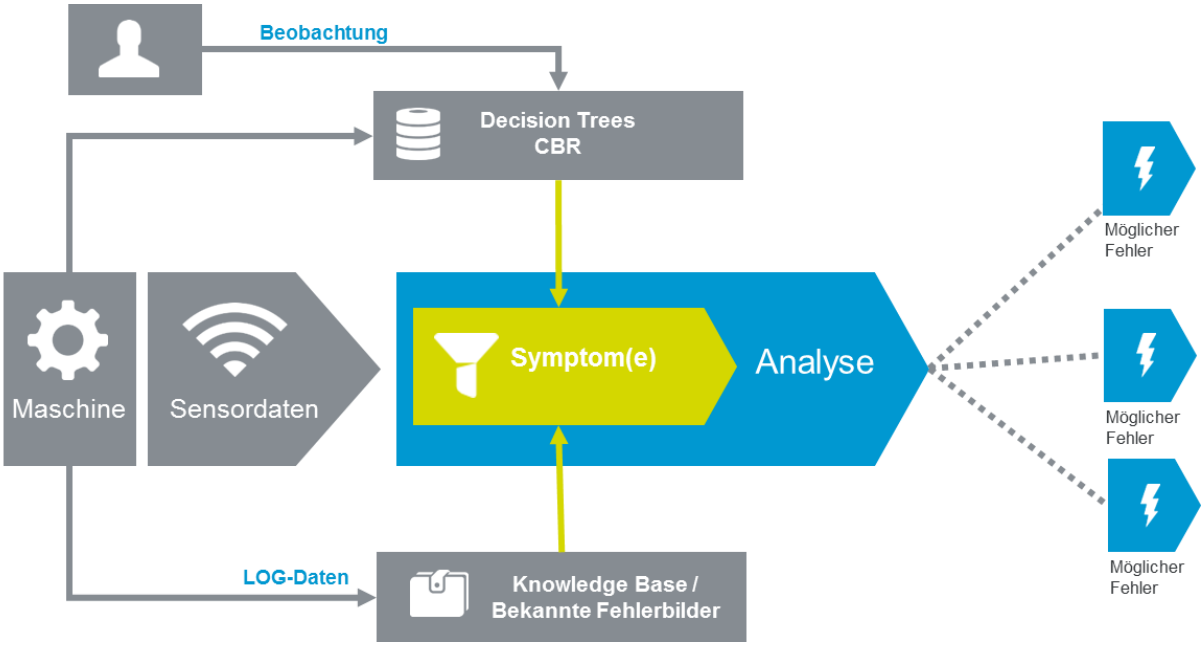

Abbildung 13: Use Case Root Cause Analysis

In den meisten Fällen müssen hierfür spezifische Informationsquellen angebunden, Daten ausgewertet und auf Erfahrungswissen zurückgegriffen werden. Daher ist eine standardisierte Umsetzung im Sinne einer *out-of-the-box* Komponente nicht möglich. Jedoch bietet Empolis Service Diagnostics® eine

Vielzahl von Methoden, Funktionen und Komponenten, die projektspezifisch adaptiert und eingesetzt werden können.

3.6 Suche

Insbesondere bei unerwarteten, noch nie da gewesenen Störungen – also im Falle von Situationen, die durch obige Szenarien nicht abgedeckt sind – ist ein unmittelbarer Zugriff auf die Daten und eine effiziente Suche darin notwendig. Zum Beispiel bei einem Systemausfall oder Überschreiten eines kritischen Messwertes muss der Techniker in der Lage sein, die Signale, Ereignisse sowie daraus abgeleitete Symptome explorativ zu analysieren. Hierfür dient die in Empolis Service Diagnostics® verfügbare Suche, welche dediziert auf den einzelnen Datenmengen operiert.

3.6.1 Explorative Suche innerhalb der Rohdaten

Mit Mitteln der Volltext-Suche ermöglicht Empolis Service Diagnostics® eine explorative Suche innerhalb der Rohdaten der Signale. Dies ist insbesondere dann hilfreich, wenn zum Beispiel eine unerwartete Situation beobachtet wurde und retrospektiv geprüft werden soll, anhand welcher Ereignisse diese Situation vorhersagbar gewesen wäre, um somit die Konfiguration des Systems zu erweitern.

Hierfür kommen verschiedene Realisierungsmöglichkeiten in Frage, die sich vor allem nach der Art und Weise der Speicherung der Signaldaten richten. In jedem Fall bedarf es einer Persistenz der Daten, was je nach Umfang und betrachtetem Zeitraum erhöhte Anforderungen an die notwendigen IT-Ressourcen stellt.

3.6.2 Ad-hoc Suche in der Historie der Ereignisse

Nachdem aus den Datenströmen relevante Ereignisse extrahiert wurden (vgl. Abschnitt 4.3), können diese optional indexiert und somit für eine spätere interaktive Suche verfügbar gemacht werden. Diese Suche unterstützt sowohl strukturierte Elemente (wie etwa das Filtern nach Zeitpunkt oder Ereignis-Typ) wie auch unstrukturierte Inhalte (z.B. Suche innerhalb von Meldungstexten).

3.6.3 Ad-hoc Suche in der Symptomhistorie

Ebenso wie die Ereignisse können auch Symptome und Fehlerbilder, die mittels der verschiedenen Verfahren aus den Originaldaten abgeleitet wurden, indexiert und durchsucht werden. Es stehen prinzipiell die gleichen Technologien und Suchverfahren wie oben zur Verfügung, jedoch operiert man nun mit einem anderen Datenbestand und anderen Datenstrukturen.

4 Funktionsüberblick

In diesem Kapitel werden die einzelnen Komponenten und Funktionen von Empolis Smart Diagnostics® aus technischer Sicht im Detail beschrieben.

4.1 Der Diagnose-Prozess von Empolis Service Diagnostics®

Empolis Service Diagnostics® operiert entlang eines mehrstufigen Prozesses, mittels dessen aus den Originaldaten Erkenntnisse abgeleitet und adäquate Reaktionen angestoßen werden. Basierend auf einer Standard-Big-Data-Architektur[5] stellt dieser Prozess insofern eine spezielle Ausprägung einer typischen Big-Data-Pipeline[6] dar, welche insbesondere für die Verarbeitung von Maschinendaten angepasst wurde:

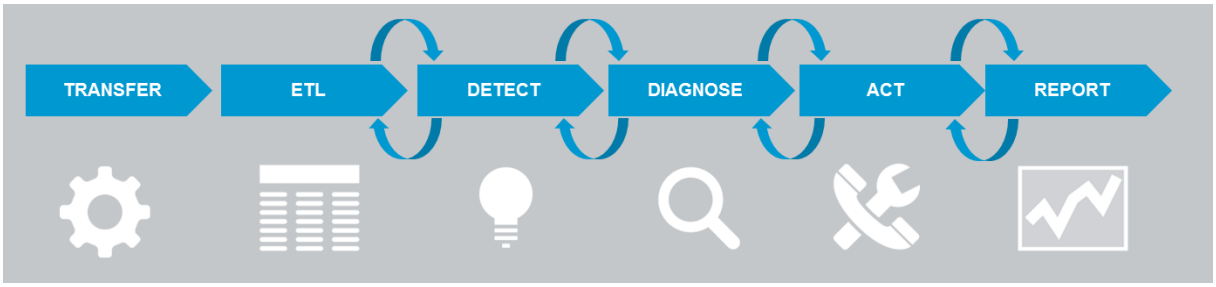

Abbildung 14: Prozess-Sicht von Empolis Service Diagnostics®

[5] Siehe BITKOM-Leitfaden „Management von Big-Data-Projekten“: http://www.bitkom.org/files/documents/LF_big_data2013_web.pdf

[6] Vgl. Prof. Sabine Jeschke, RWTH Aachen: http://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation_Medien/Vortraege/download//eHumanities_9April2014.pdf

Phase	Inhalt
Transfer	Anbindung von Datenquellen, Übernahme der Maschinen- und LOG-Daten an eine zentrale Stelle zur weiteren Analyse und Verarbeitung
ETL	Überführen der (proprietären) Maschinendaten in ein normiertes, für die weiteren Verarbeitungsschritte optimiertes Format, Speichern von Signalen
Detect	Betrachtung von Ereignissen und deren Zusammenhängen, Ableitung von Symptomen als Indikatoren für Fehlverhalten
Diagnose	Betrachtung von Symptomen und Abgleich mit Informationen aus anderen Quellen zur Identifikation von Fehlerbildern und Ableitung von Handlungsempfehlungen
Act	Einleiten von Reaktionen auf erkannte Fehlerbilder bzw. Übergabe der Informationen an nachgelagerte Prozesse und Systeme
Report	Auswertungen über die Wirksamkeit des Prozesses (KPI-Erfüllung) und Optimierungspotenzialen

Tabelle 1: Phasen des Diagnose-Prozesses

Betrachtet man den Prozess im Detail auf der Datenebene, so ergibt sich in erster Näherung das Bild gemäß Abbildung 15, aus welchem auch die unterschiedlichen Begrifflichkeiten deutlich werden:

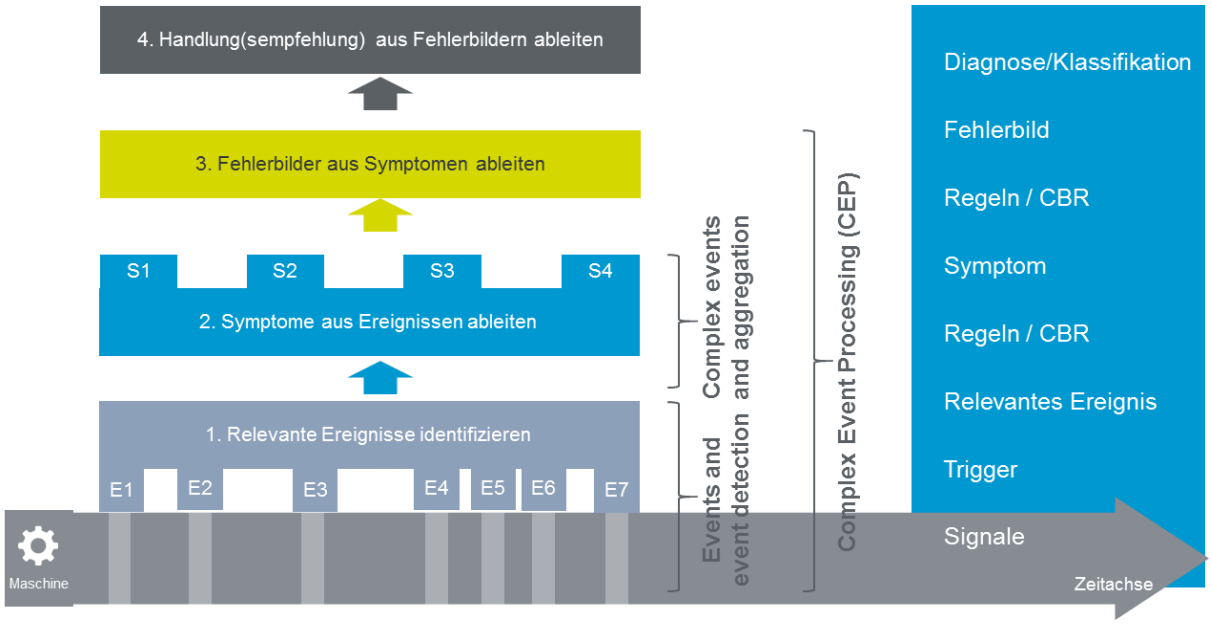

Abbildung 15: Von Signalen zu Handlungsempfehlungen

Aus einer Menge von **Signalen** werden zunächst über spezifische Trigger **relevante Ereignisse** extrahiert. Mittels verschiedener Methoden des CEP, wie semantische Regeln und Case-Based Reasoning, werden aus Ereignissen **Symptome** abgeleitet sowie auf der nächsthöheren Ebene aus

Symptomen **Fehlerbilder**. Daraus schließlich leiten sich Aktionen und **Handlungsempfehlungen** zur Behebung der Störung ab.

Diesem Prozess-Leitbild folgt die Erläuterung der Funktionen und Komponenten in den folgenden Abschnitten.

4.2 Daten-Übernahme (Transfer)

Der Zugriff auf die Maschinen- und Sensordaten ist typischerweise von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich. In manchen Fällen können Sensordaten direkt und in Echtzeit an der Maschine erfasst werden, in anderen Fällen erfolgt eine Anlieferung in Form von Dateien im 24-Stunden-Rhythmus. Standard-Konnektoren und etablierte Vorgehensweisen existieren derzeit nicht und werden vermutlich aufgrund der Individualität der Anlagen und der Heterogenität der Szenarien auf absehbare Zeit nicht zur Verfügung stehen.

Daher bietet Empolis Service Diagnostics® einerseits ein standardisiertes API, über das Daten ins System gebracht werden können, andererseits eine Reihe von Standard-Bausteinen, welche im spezifischen Projektkontext genutzt und angepasst werden können.

Um insbesondere Szenarien wie Remote Service zu unterstützen, ist es ebenso möglich, Daten unmittelbar an den Standorten der jeweiligen Anlagen zu erfassen, dort aufzubereiten und zu filtern und dann alle Daten der ggf. weltweit verteilten Anlagen an einer zentralen Stelle zusammenzuführen und dort im Detail auszuwerten:

Abbildung 16: Unterstützung für Remote Service

4.3 Von Signalen zu Ereignissen (ETL)

Abbildung 17 veranschaulicht das Ziel der ETL-Phase, das darin besteht, aus einem Strom an mehr oder minder strukturierten Signalen konkrete Ereignisse zu extrahieren und diese in einer semi-strukturierten Form für die weiteren Verarbeitungsschritte verfügbar zu machen.

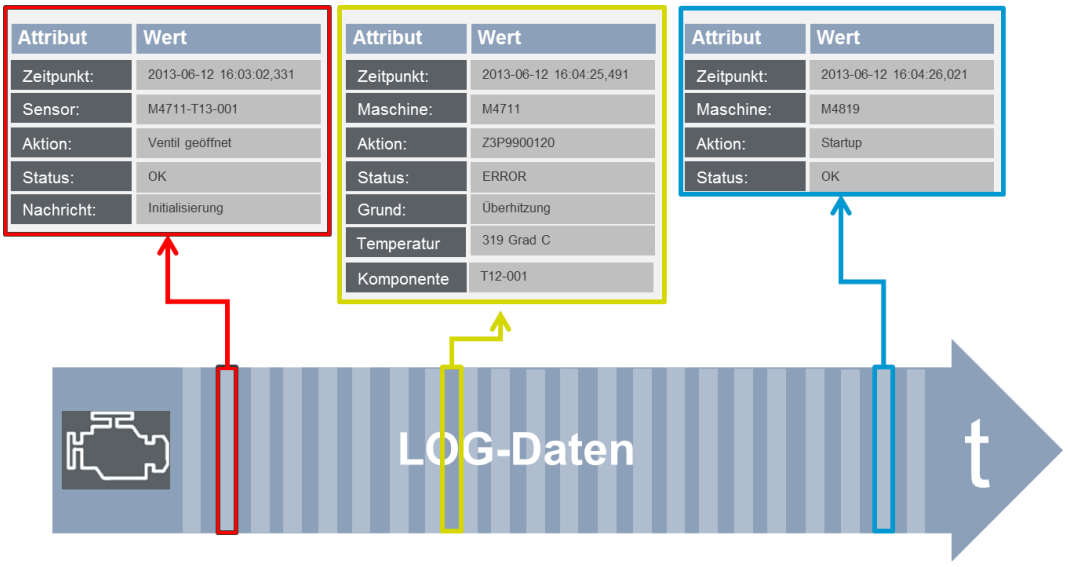

Abbildung 17: Von Signalen zu Ereignissen

Hierfür kommt eine Reihe von Verarbeitungsschritten zur Anwendung:

- Stammen die unterschiedlichen Signale von verschiedenen Sensoren, so kommt es häufig vor, dass diese nicht nur in unterschiedlichen Dateien und Formaten vorliegen, sondern auch nicht exakt zeitlich synchron sind. Daher ist es zunächst möglich, verschiedene Datenströme zu **aggregieren** und falls notwendig zu **synchronisieren**.
- Primäres Ziel ist natürlich das **Filtern** relevanter Signale bzw. vor allem das Ausfiltern irrelevanter Signale im Datenstrom sowie deren **Extraktion** in Form von semi-strukturierten Ereignissen. Hierfür steht eine spezifische Komponente zur Verfügung, welche auf Basis konfigurierbarer Patterns typische LOG-Dateien analysiert und die besprochene Konvertierung erlaubt, siehe hierzu Abbildung 18.
- Schließlich werden die so extrahierten Ereignisse für die nachfolgenden Analyse- und Verarbeitungsschritte persistiert.

```
input {
 file {
  path => "/var/log/http.log"
  type => "examplehttp"
 }
}
filter {
 grok {
  type => "examplehttp"
  pattern => "%{IP:client} %{WORD:method} %{URIPATHPARAM:request}
        %{NUMBER:bytes} %{NUMBER:duration}"
 }
}
```

Abbildung 18: Extraktion von Ereignissen auf Basis konfigurierbarer Patterns

Im Beispiel von Abbildung 18 wird ein Datenstrom aus einer gewählten Datenquelle (gemäß den Angaben unter `file`) auf typische Meldungen eines Web-Servers hin analysiert. Insbesondere verbergen sich hinter `IP`, `WORD`, `URIPATHPARAM` und `NUMBER` spezifische Muster, die als eine Art Makro

genutzt werden, um die entsprechenden Angaben nicht nur zu erkennen, sondern auch zu extrahieren. Zum Beispiel wird ein adäquates Muster für `IP` hinterlegt, welches dann auf Datenströme wie `127.0.0.1` matcht und den so extrahierten Wert über die Variable `client` verfügbar macht, um diese weiter bearbeiten zu können, beispielsweise für die Nutzung in Regeln oder für den Vergleich mittels Case-Based Reasoning.

4.4 Erkennung von Zusammenhängen und Symptomen (Detect)

4.4.1 Symptome aus Regeln

Für die Detektion von Symptomen aus Ereignissen steht unter anderem eine grafisch konfigurierbare Regel-Engine auf Basis von Drools Fusion[7] zur Verfügung. Somit ist es möglich, technisches Expertenwissen mittels Regeln zu erfassen und zu beschreiben, so dass nachfolgende Anomalien anhand der beobachteten Datenströme detektiert werden können.

Diese Regel-Komponente

- nutzt eine Semantic Rule Language
- operiert auf Basis der zuvor extrahierten Ereignissen
- ermöglicht die Beschreibung einer Reihenfolge von Ereignissen, die für ein spezifisches Symptom ggf. notwendig ist
- erlaubt darüber hinaus temporale Aussagen in Bezug auf Dauer oder zeitlichen Abstand von Ereignissen
- und bietet die Möglichkeit zur Definition von Zeitfenstern, wenn etwa bestimmte Zusammenhänge innerhalb eines variablen Zeitraumes detektiert werden sollen.

Wie beschrieben können Regeln grafisch bearbeitet werden, wofür verschiedene Werkzeuge zur Verfügung stehen. Abbildung 19 zeigt eines dieser Werkzeuge für einen zugegebenermaßen sehr einfachen Anwendungsfall.

Abbildung 19: Grafische Erstellung von Regeln

[7] http://www.jboss.org/drools/drools-fusion.html

4.4.2 Symptome auf Basis von Referenzfällen

Liegen Referenzfälle vor – hat man also historische Daten – welche dokumentieren, in welchen Situationen zu einem früheren Zeitpunkt spezifische Folgen von Ereignissen zu einem Fehlverhalten geführt haben, so bietet sich die Nutzung von Case-Based Reasoning (CBR) an. Wie in Abbildung 10 bereits dargestellt, werden aus den Datenströmen extrahierte Messwerte sowie andere Ereignisse wie beispielsweise die Einträge im CRM oder in Serviceberichten mit den Einträgen in der Fallbasis verglichen, um so eine Klassifikation der aktuellen Situation sowie daraus abgeleitet eine Zuweisung von Symptomen zu erreichen.

Für die Erstellung, Sichtung und Bearbeitung der Referenzfälle stehen entsprechende Werkzeuge zur Verfügung, ebenso für das Bearbeiten und Prüfen des Ähnlichkeitsmodells als Grundlage für den CBR-Prozess, siehe Abbildung 20.

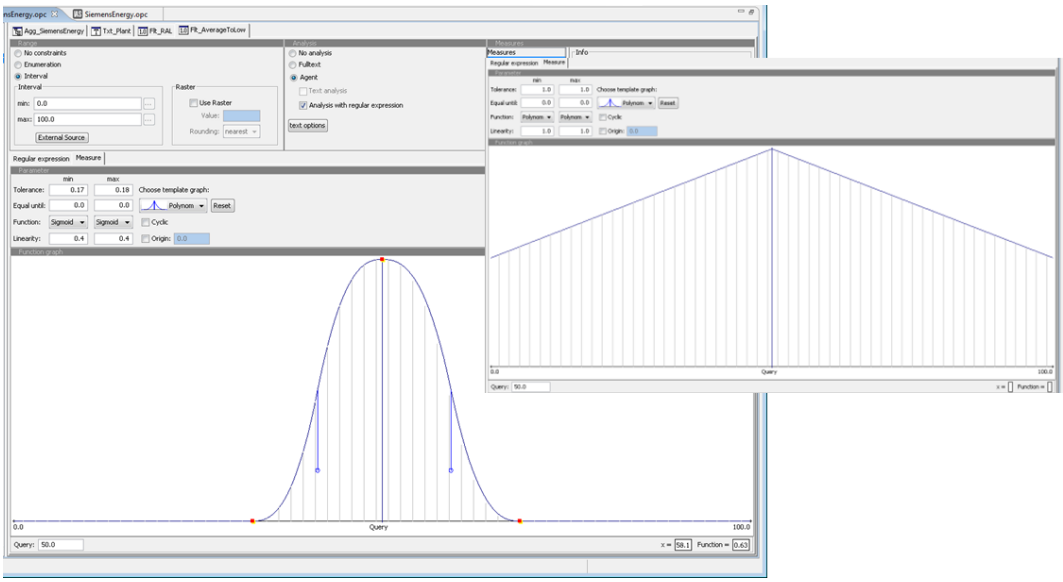

Abbildung 20: Beispiel für die grafische Konfiguration von Ähnlichkeitsmaßen

Idealerweise wird dabei das Gesamtsystem so aufgesetzt, dass auch die derzeit betrachtete Situation nach Bestätigung der Diagnose als neuer Referenzfall aufgenommen wird, so dass das System selbständig und automatisiert lernt.

4.5 Ableitung von Fehlerbildern und deren Ursachen (Diagnose)

Die Ableitung von Fehlerbildern und das Erkennen von deren Ursachen sind die originären Ziele des Complex Event Processing (vgl. Abschnitt 3.4). Hierfür kommen in Empolis Service Diagnostics® prinzi-piell die gleichen Techniken zum Einsatz wie in Abschnitt 4.4 beschrieben, nur dass die hierfür benö-tigten Komponenten in dieser Phase mit anderen Daten operieren.

Ergänzend kommt jedoch hinzu, dass an dieser Stelle weitere Informationen genutzt und zusätzliche Datenquellen einbezogen werden können. So können die Regeln gemäß Abschnitt 4.4.1 zum Beispiel auf Messdaten aus weiteren Systemen zugreifen, welche über geeignete Schnittstellen zugänglich gemacht werden. Ebenso können in den CBR-Prozess gemäß Abschnitt 4.4.2 Informationen aus CRM- oder DMS-Systemen einbezogen werden, etwa um erkannte Fehlercodes mit der Dokumentati-

on abzugleichen oder auf Basis der gemäß CRM beim Kunden installierten Geräte unmögliche Diagnosen auszuschließen.

4.6 Einleitung von Maßnahmen (Act)

Die konkrete Durchführung und Nachverfolgung von Maßnahmen zur Fehlerbehebung und -vermeidung liegt außerhalb des Fokus von Empolis Service Diagnostics®. Vielmehr wird davon ausge-gangen, dass hierfür geeignete Systeme, Tracking Tools etc. zur Verfügung stehen. Empolis Service Diagnostics® bietet daher Schnittstellen zu diesen Systemen:

- Über verfügbare APIs kann ein Alarm in anderen Systemen ausgelöst werden.
- Idealerweise erfolgt die Anbindung an ein dediziertes Ticket System, in der Art, dass Empolis Smart Diagnostics® alle relevanten Informationen an dieses System übergibt, die weitere Nachverfolgung, Eskalation etc. dann jedoch im Ticket System vorgenommen wird.
- Selbstverständlich bietet das System einfache Möglichkeiten direkt an, etwa das Versenden von E-Mails im Falle von relevanten Ereignissen.

4.7 Vordefinierte Templates

Sehr oft ähneln sich Analyse-Prozesse für verschiedene Anlagen, Maschinen, Komponenten oder Messwerte und unterscheiden sich nur im Detail, etwa in Bezug auf Parameter, Schwellenwerte etc. So ist es leicht vorstellbar, dass

- Signale für Temperatur, Druck oder Leistungsaufnahme einer Anlage analog überwacht werden – wobei jeweils andere Muster bzw. Parameter für die Erkennung der Daten und spezifische Schwellenwerte zum Tragen kommen;
- für zwei Anlagen der gleichen Baureihe die gleichen Überwachungs- und Diagnose-Prozesse angewandt werden, wobei jeweils spezifische Regeln für die Detektion abnormen Verhaltens aktiviert werden.

Um derartige Situationen zu unterstützen, bietet Empolis Service Diagnostics® sogenannte **Templates**, die eine allgemeine Beschreibung der Muster, Parameter, Schwellenwerte und Regeln für den gesam-ten Prozess ermöglichen, dann jedoch je nach Sensorwert, Maschine und Einsatz-Szenario ange-passt („überschrieben“) werden können.

4.8 Erweiterung und Integration spezieller Verfahren

Auf Basis der offenen System-Architektur (vgl. Kapitel 5) ist es ohne weiteres möglich, die Techniken, Komponenten und Verfahren zu erweitern, etwa um spezifische Diagnose-Prozesse zu implementieren oder bereits realisierte Funktionen zu integrieren (siehe Abschnitt 5.2).

4.9 Messung von KPIs (Report)

Auf Basis des Job Management des Empolis IAS bietet Empolis Service Diagnostics® die Möglichkeit, die internen Prozesse und deren Ausführung zu überwachen, um zu prüfen, ob alle Verarbeitungs-

schritte erfolgreich abgeschlossen wurden, wo es ggf. Probleme gibt, wie lange die einzelnen Prozesse dauern etc.

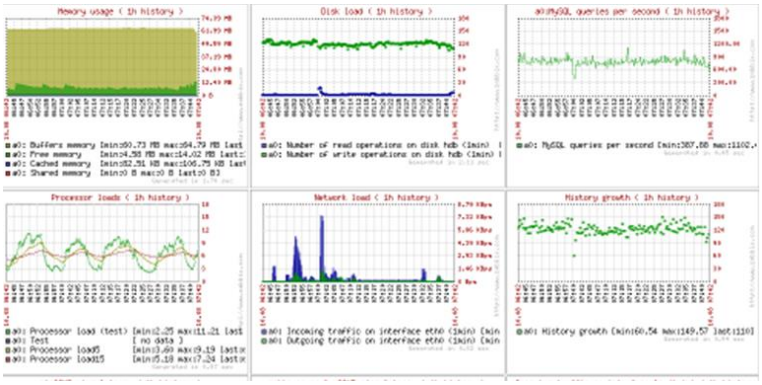

Abbildung 21: Monitoring von Empolis Service Diagnostics®

5 System- und Lösungsarchitektur

In diesem Kapitel werden die Aspekte von Empolis Service Diagnostics® betrachtet, welche für die Umsetzung von konkreten Projekten, die Anpassung und Konfiguration des Systems relevant sind.

5.1 Service Diagnostics auf Basis des Empolis IAS

5.1.1 Empolis IAS in Kürze

Das Empolis IAS ist die semantische Plattform für wertschöpfende Wissensmanagement-Lösungen. Mit IAS-basierten Lösungen werden wissensintensive Geschäftsprozesse schneller, zuverlässiger und profitabler. Das IAS „versteht“ unstrukturierte Daten, wie z.B. Text, und transformiert diese in sogenannte „Smart Information“, die mit semantischen Auszeichnungen versehen ist. Auf diese Weise erfolgen Analysen anhand von tatsächlichen Sinnzusammenhängen und es wird möglich, Verknüpfungen mit strukturierten Daten herzustellen. Beim Informationszugriff deckt das IAS als einziges System die ganze Bandbreite an bewährten Verfahren ab: Von Keyword-basierten Verfahren über assoziativ/statistische und semantische Verfahren bis hin zu adaptiven Entscheidungsbäumen.

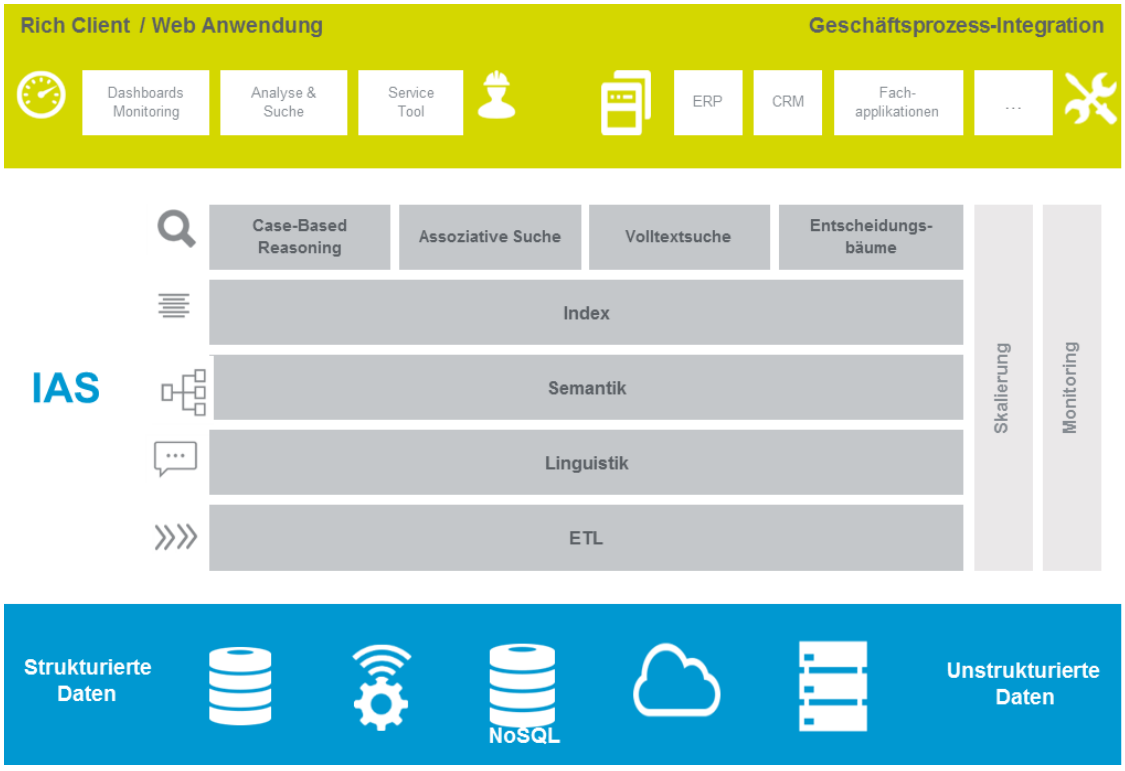

Abbildung 22: Übersicht des Empolis IAS

5.1.2 Nutzung der Funktionen des Empolis IAS

Wenngleich einige der Funktionen für die Auswertung von Sensor- und Maschinendaten zunächst weniger relevant sind, so dient das Empolis IAS dennoch als hervorragende Plattform für Service Diagnostics:

- Indexierung und Suche können unmittelbar genutzt werden, um die Funktionen gemäß Abschnitt 3.6 bereitzustellen.
- Das konfigurierbare und erweiterbare Pipeline-Framework auf Basis BPEL ermöglicht eine Umsetzung der Verarbeitungsprozesse wie sie in Abschnitt 4.1 erläutert wurde. Darüber hinaus können projektspezifische Änderungen und Erweiterungen auf dieser Basis sehr leicht vorgenommen werden.

Details hierzu finden sich im „IAS Technical White Paper“.

5.1.3 Erweiterter Funktionsumfang

Empolis Service Diagnostics® erweitert das Empolis IAS um eine Reihe von Funktionen, welche spezifisch für den Anwendungsfall Complex Event Processing bzw. Monitoring sind. Hierzu gehören die Verarbeitungsschritte während des ETL-Prozesses (vgl. Abschnitt 4.3) ebenso wie die speziell auf Sensordaten ausgerichtete Regel-Engine (vgl. Abschnitt 4.4.1) sowie die Bereitstellung diagnostischer Templates (vgl. Abschnitt 4.7).

5.2 Anpassungen und Konfiguration

Wie bereits erwähnt, nutzt Empolis Service Diagnostics® das Empolis IAS als Plattform und kann sich daher die gleichen Verfahren zunutze machen, um projektspezifische Anpassungen und Konfigurationen zu ermöglichen.

- So ist es möglich, die Verarbeitungs-Pipelines je nach Bedarf anzupassen, wobei dies mittels eines grafischen BPEL-Editors möglich ist.
- Ebenso können projektspezifische Funktionen oder bereits vorhandene Komponenten in das Framework integriert werden.
- Dies bedeutet insbesondere, dass Funktionen oder Komponenten, welche bereits realisiert wurden und sich bewährt haben, problemlos in das Framework integriert werden können, beispielsweise wenn es sich hier um spezialisierte Algorithmen zu bestimmten Anlagen oder Datentypen handelt.
- Besonders interessant ist an dieser Stelle sicherlich die Möglichkeit, verschiedene Datenströme mittels unterschiedlicher Pipelines zu verarbeiten, diese ggf. parallel und unabhängig voneinander zu betrachten oder aber auch zusammenzuführen wie in Abbildung 23 skizziert.

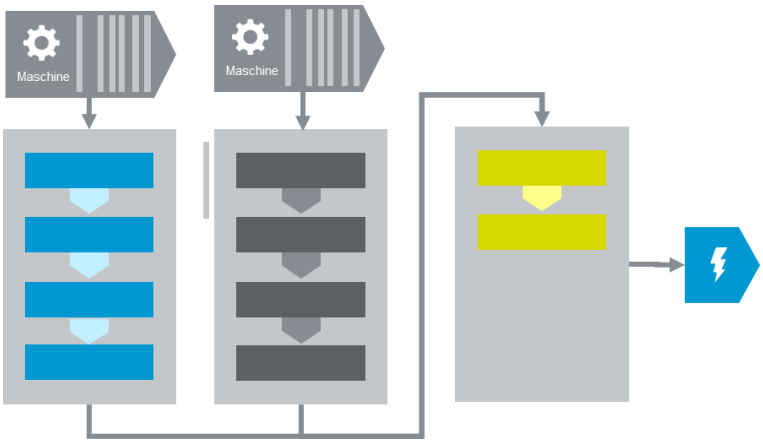

Abbildung 23: Nutzung des Pipeline-Konzeptes für die Integration verschiedener Datenströme

5.3 Integration in die eigene Prozess-Landschaft

Empolis Service Diagnostics® bietet offene Schnittstellen und APIs auf Basis REST/JSON, welche eine einfache Integration in bestehende Prozess-Ketten sowie Interaktion mit anderen Werkzeugen ermög-lichen. Insbesondere können über eine tiefe Prozess-Integration externe Drittsysteme angesprochen werden, etwa um

- während des Analyse-Prozesses auf weiterführende Informationen aus externen Systemen oder Datenquellen zuzugreifen oder
- bei erkannten Fehlersituationen unmittelbar Aktionen in Drittsystemen anzustoßen, etwa Tickets und Arbeitsaufträge für Service-Techniker zu generieren.

6 Betrieb

Im folgenden Kapitel werden kurz die betrieblichen Aspekte des Systems beschrieben.

6.1 Installation

Installation und ggf. spätere Updates basieren im Wesentlichen auf den Funktionen des Empolis IAS, d.h. mittels eines sogenannten Copy Deployments kann die Lösung in einem Cluster verteilt werden, wobei die eigentliche Verteilung und Konfiguration der einzelnen Knoten im Cluster automatisch durch das System erfolgt (vgl. „IAS Technical White Paper“).

6.2 Skalierung und Ausfallsicherheit

Wie bereits in Abschnitt 5.1 dargestellt, basiert Empolis Service Diagnostics® auf dem bewährten Empo-lis IAS. Neben den funktionalen Aspekten profitiert das System daher auch von allen Eigenschaften des Empolis IAS als Big-Data-Plattform:

- Auf Basis einer Cluster-fähigen Shared-Nothing-Architektur ist ein Höchstmaß an **Skalierbarkeit** gegeben, d.h. für höhere Anforderungen, die aus gesteigertem Datenvolumen oder höherer Last resultieren, skaliert das System linear in Bezug auf die verfügbare Hardware.
- Ebenso bietet das Empolis IAS die Basis für hohe **Ausfallsicherheit** durch eine Replikation von Daten im zur Verfügung stehenden Cluster.
- Schließlich profitiert Empolis Service Diagnostics® unmittelbar von weitergehenden Funktionen, wie etwa der Möglichkeit zu einem 2-Cluster-Betrieb an verschiedenen geographischen Standorten.

6.3 Monitoring

Auf Basis des Empolis IAS kann auch die Service Diagnostics Lösung sicher in Szenarien mit hohen Anforderungen an Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit betrieben werden. Hierzu stehen eine Reihe von Werkzeugen und APIs zu Verfügung; etwa APIs um den Zustand der einzelnen Knoten im Cluster sowie die Dienste auf den Knoten zu überwachen, ebenso die Laufzeit einzelner Anfragen und Verarbeitungsschritte.

Als einfaches Werkzeug zur Überwachung auf Basis dieser APIs steht der IAS Administrator Client zur Verfügung, typischerweise jedoch werden über diese APIs und Standards wie JMX spezialisierte Monitoring- bzw. Service-Management-Werkzeuge, wie etwa Nagios[8], Zabbix[9] oder auch IBM Tivoli bedient.

[8] http://www.nagios.org/
[9] http://www.zabbix.org

7 Reifegrad und ROI-Betrachtung

Die Voraussetzungen für die Einführung einer Lösung auf Basis Empolis Service Diagnostics® können je nach den örtlichen Gegebenheiten, den etablierten Prozessen im Unternehmen und bereits imple-mentierten IT-Systemen variieren – und damit auch die zu erzielenden Verbesserungen hinsichtlich der Optimierung des Betriebs. Um dennoch die Vorteile der Einführung von Empolis Smart Diagnos-tics® bewerten zu können, beschreiben wir im Folgenden ein Stufenmodell in Bezug auf die Reifegra-de und erläutern dann, welche KPIs in welcher Phase messbar sind.

7.1 Stufenmodell basierend auf der Integrationstiefe

Folgende Abbildung verdeutlicht den Reifegrad und die verschiedenen Ausbaustufen von Maschinen ohne jegliche Sensorik bis hin zu Cloud-basierten Plattformen:

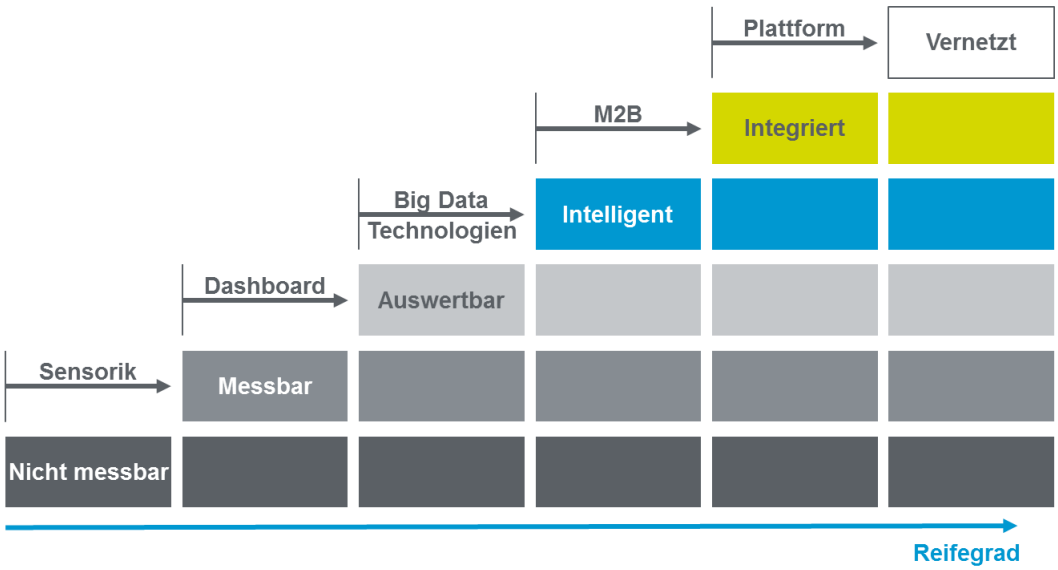

Abbildung 24: Reifegrad-Stufen einer Service Diagnostics-Lösung

Im Detail bedeutet dies:

Reifegrad	Beschreibung
Nicht messbar	Die Maschinen verfügen über keinerlei Sensorik, anhand derer der Zustand erfasst werden könnte. Eine Auswertung ist daher nicht möglich. Allerdings können in vielen Fällen Senso-ren leicht nachgerüstet werden, etwa in Form von intelligenten Steckverbindungen oder anderen Systemen.
Messbar	Sind die Maschinen und Anlagen dagegen mit Sensorik ausgestattet, so ist deren Zustand zumindest prinzipiell messbar, wenngleich ohne eine dedizierte Auswertung noch kein Business Value erzeugt werden kann.

Reifegrad	Beschreibung
Auswertbar	Erfasst man alle Sensordaten an zentraler Stelle und führt diese zusammen, so sind Auswertungen möglich, aus denen einfache Erkenntnisse über deren Zustand abgeleitet und zum Beispiel per Dashboard visualisiert werden können.
Intelligent	Aufgrund des Datenvolumens werden Technologien aus den Bereichen Big Data und Semantic Web benötigt, um eine echte inhaltliche Auswertung der Daten vornehmen und daraus komplexe Zusammenhänge sowie Prognosen ableiten zu können.
Integriert	Idealerweise ergibt die Auswertung nicht nur Handlungsempfehlungen, sondern es erfolgt eine direkte Interaktion mit Produktions- und Geschäftsprozessen, so dass basierend auf den Daten unmittelbar in die Steuerung der Anlagen eingegriffen oder die Entsendung von Service-Technikern veranlasst werden kann.
Vernetzt	In der Endausbaustufe profitieren alle Teilnehmer davon, dass ihre Daten an zentraler Stelle, zum Beispiel auf Basis einer Cloud-Plattform, zusammengeführt werden, so dass Erkenntnisse aus größeren, übergreifenden Datenbeständen abgeleitet werden können, die allein aus der Beobachtung einer einzelnen Anlage nicht hervorgehen. Dies bietet sich insbesondere für kleine und mittlere Installationen an, die in sehr ähnlichem Maße von verschiedenen Kunden betrieben werden (man denke an Auto-Waschstraßen oder PV-Anlagen).

Tabelle 2: Stufen des Reifegrad-Modells

7.2 ROI-Kriterien basierend auf dem Reifegrad

Für die oben eingeführten Stufen bzw. Phasen bei der Implementierung einer Lösung gelten unterschiedliche Kennziffern für den ROI, die wir im Folgenden kurz skizzieren, wobei Empolis Service Diagnostics® erst ab der dritten Stufe einsetzbar ist:

Reifegrad	Reduzierte Kosten	Erhöhte Umsätze
Nicht messbar	n.a.	n.a.
Messbar	n.a.	n.a.

Reifegrad	Reduzierte Kosten	Erhöhte Umsätze
Auswertbar	• Verringerung notwendiger Einsätze von Service-Technikern für Reparaturen durch Erkennung der Fehlersituation • Erhöhung der First Fix Rate durch Erkennung der genauen Fehlerursachen, bevor der Service-Techniker aktiv wird • Verkürzung der Anrufdauer für Fehlerbehebung	• Erhöhte Kundenzufriedenheit durch besseren Service
Intelligent	• Verringerung notwendiger Wartungs-Einsätze durch vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) • Verringerung von Retouren durch genaue Analyse der Anlagen	• Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlagen
Integriert	• Verringerung von Garantiefällen durch Prüfung unsachgemäßen Gebrauchs • Bessere Steuerung von Rückrufen durch enge Überwachung der Maschinen und Anlagen	• Neue Vertriebs- und Geschäftsmodelle, etwa Pay-per-Use auf Basis der erhobenen Daten • Up-Selling etwa von Zubehör und Verbrauchsmaterialien gemäß Nutzung der Anlagen
Vernetzt	• Reduzierung der Service-Kosten durch web-basierten Self Service	• Mehrwert durch Integration weiterer Dienstleistungen und Partner • Neue Geschäftsmodelle, z.B. Data-as-a-Service

Tabelle 3: Kriterien für den ROI je nach Reifegrad

Gemäß diesen Kriterien ist es möglich, die Wirtschaftlichkeit einer Lösung auf Basis von Empolis Service Diagnostics® präzise nachzuweisen.

8 Ein Beispiel-Szenario

Um die Funktionsweise von Empolis Service Diagnostics® zu veranschaulichen, beschreiben wir im Folgenden eine kleine industrielle Anlage, welche mittels LEGO® Mindstorms® zu Demonstrationszwecken realisiert wurde: Die Anlage bestehend aus einem Fließband, einem Bagger mit Greifarm sowie einem Kipp-Laster transportiert Materialien (primär Kugeln verschiedener Farbe) und ist dabei sowohl äußeren Einflüssen, wie Hindernissen, als auch internem Verschleiß, etwa Batterieverbrauch, ausgesetzt.

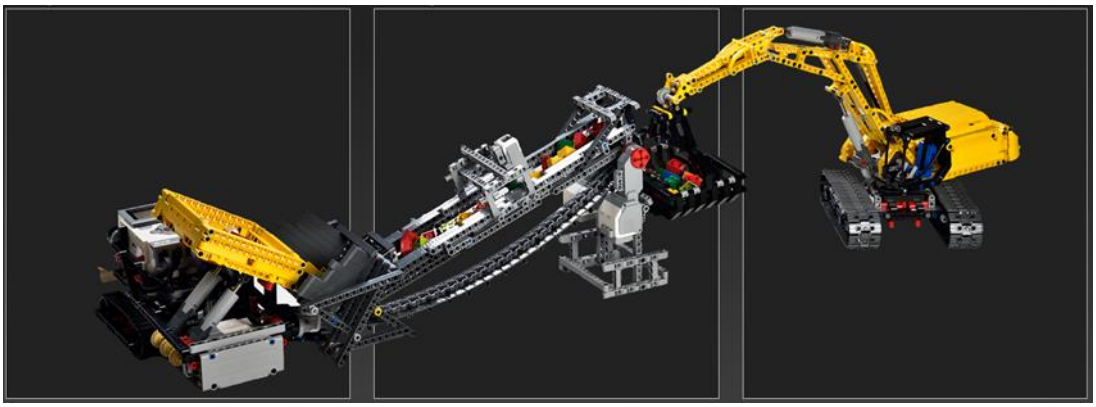

Abbildung 25: Empolis Service Diagnostics® am Beispiel eines LEGO®-Roboters

Auch wenn diese Lösung primär Demonstrations-Charakter hat, so weist sie dennoch realistische Merkmale auf:

- Alle drei Komponenten agieren autark in einem Gesamtsystem und liefern über verschiedene Sensoren Zustandsinformationen.
- Insgesamt erzeugen alle Sensoren der Anlage bis zu 960.000 Datenpunkte pro Minute und ermöglichen somit ein realistisches Szenario.
- Es gibt eine Vielzahl möglicher Störungen, die zu Demonstrationszwecken auch spontan provoziert werden können.
- Die unmittelbare Integration der aufgebauten „Plasticware“ mit Empolis Service Diagnostics® ermöglicht eine Reaktion in Echtzeit.
- Für die Behandlung der Störungen kommen die verschiedenen Verfahren gemäß Kapitel 4 zum Einsatz, d.h. durch eine Nutzung analytischer Verfahren, semantischer Regeln und auch Case-Based Reasoning werden die jeweiligen Situationen analysiert und daraus Folge-Aktionen in Form von „Tickets“ an einen Service-Mitarbeiter abgeleitet.

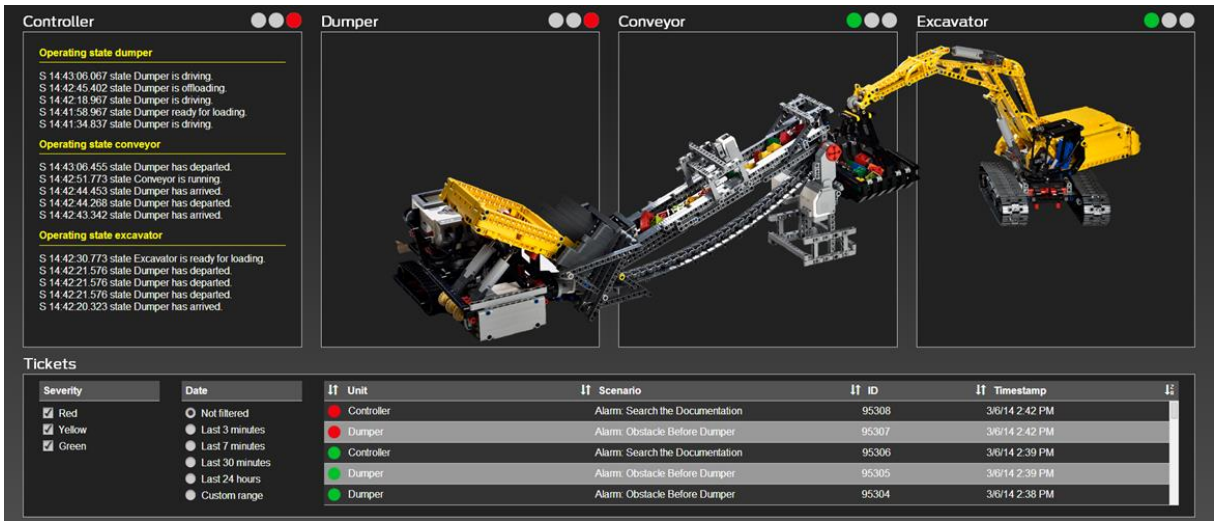

Abbildung 26: Dashboard für die LEGO®-Anlage

Im Ergebnis der Sensorik und der Analyse-Prozesse wird in einem sogenannten Dashboard gemäß Abbildung 26 der aktuelle Zustand des Gesamtsystems dargestellt:

- Die **Liste aller Events** auf allen beteiligten Komponenten wird permanent aktualisiert und zeigt, welche Informationen gerade von der Sensorik bereitgestellt werden (siehe *Controller* links oben in Abbildung 26).
- **Ampelsignale** geben unmittelbare Information zum aktuellen Zustand der einzelnen Komponenten.
- Ebenso erfolgt eine Darstellung der jeweils erzeugten **Tickets** mit den zugehörigen Details.

Durch Auswahl eines Tickets wechselt man in eine Detail-Ansicht, die weiterführende Informationen zur betreffenden Situation gibt, inklusive dem beobachteten Systemverhalten unmittelbar vor und nach dem (hier gelb markierten) Ereignis:

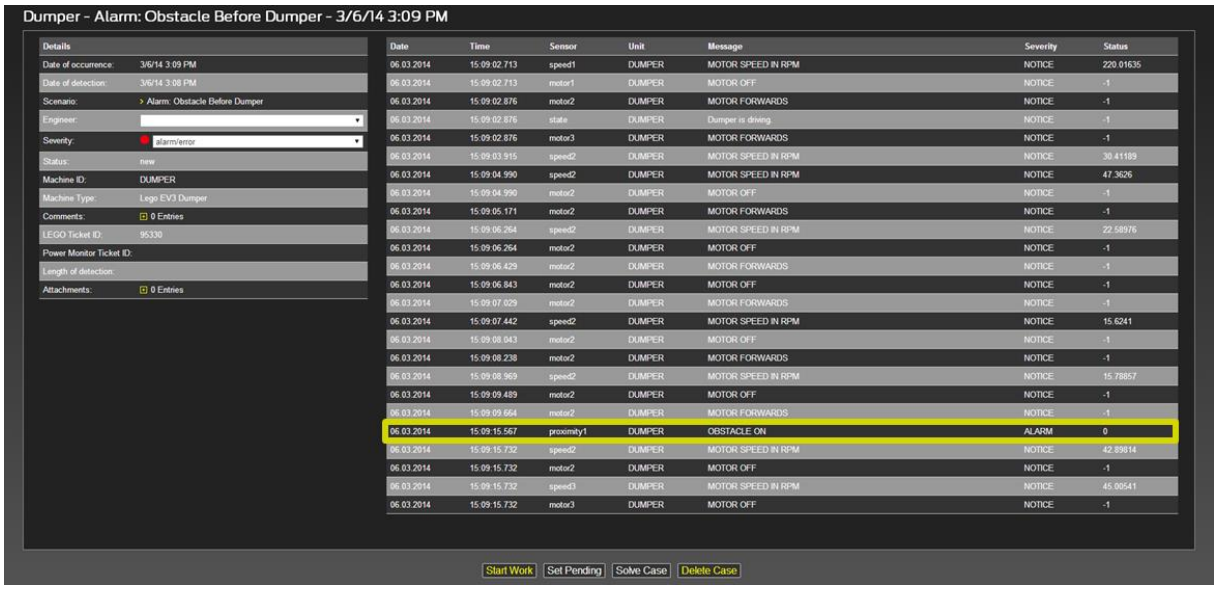

Abbildung 27: Ticket-Ansicht in der LEGO®-Anlage

Auf diese Art und Weise können verschiedene Fehler-Szenarien überwacht werden, etwa Hindernisse vor dem Bagger, fehlende Kugeln oder auch falsche Gegenstände auf dem Fließband.

Ebenso wird permanent der Gesamtzustand des Systems in Form einer Auswahl an KPIs überwacht und diese „Signatur“ der Sensorik mit bekannten Fehlerzuständen aus der Vergangenheit abgeglichen, um somit frühzeitig Indikatoren über mögliche Probleme zu erhalten:

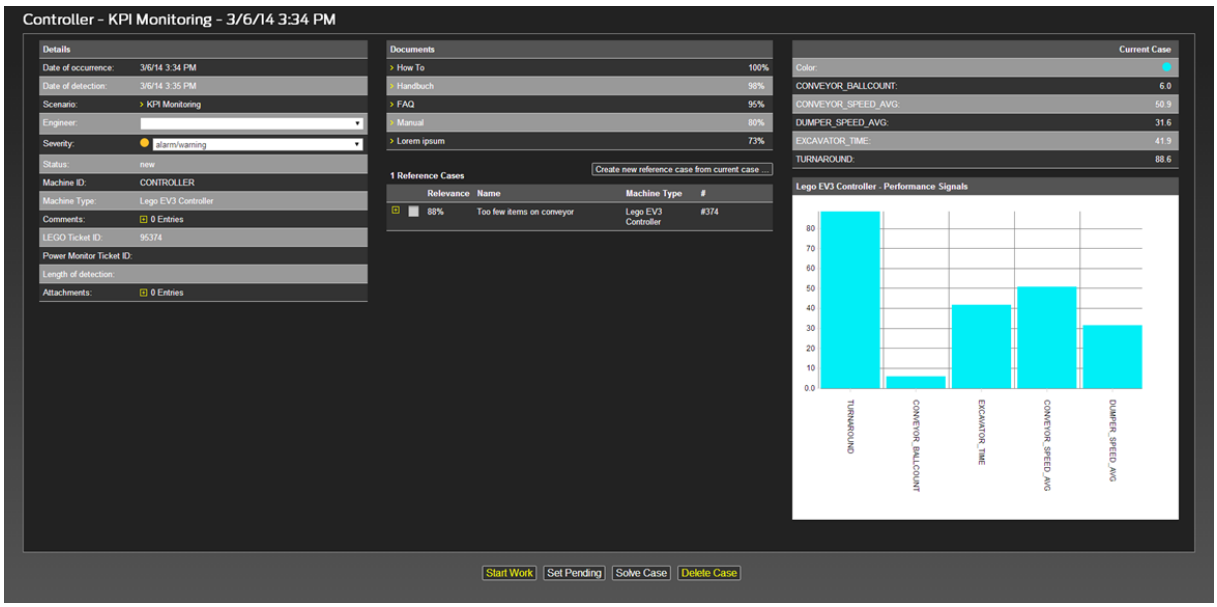

Abbildung 28: Überwachung von KPIs der LEGO® Anlage

Wird schließlich ein konkretes Problem detektiert, so kann unmittelbar auf zugehörige Service-Dokumentation und weitere Informationen zugegriffen werden. Auf Basis der Zustands- und Fehlerinformationen wird eine Suche ausgelöst, welche im Dokumentenbestand und weiteren Datenquellen nach weiterführenden Informationen sucht:

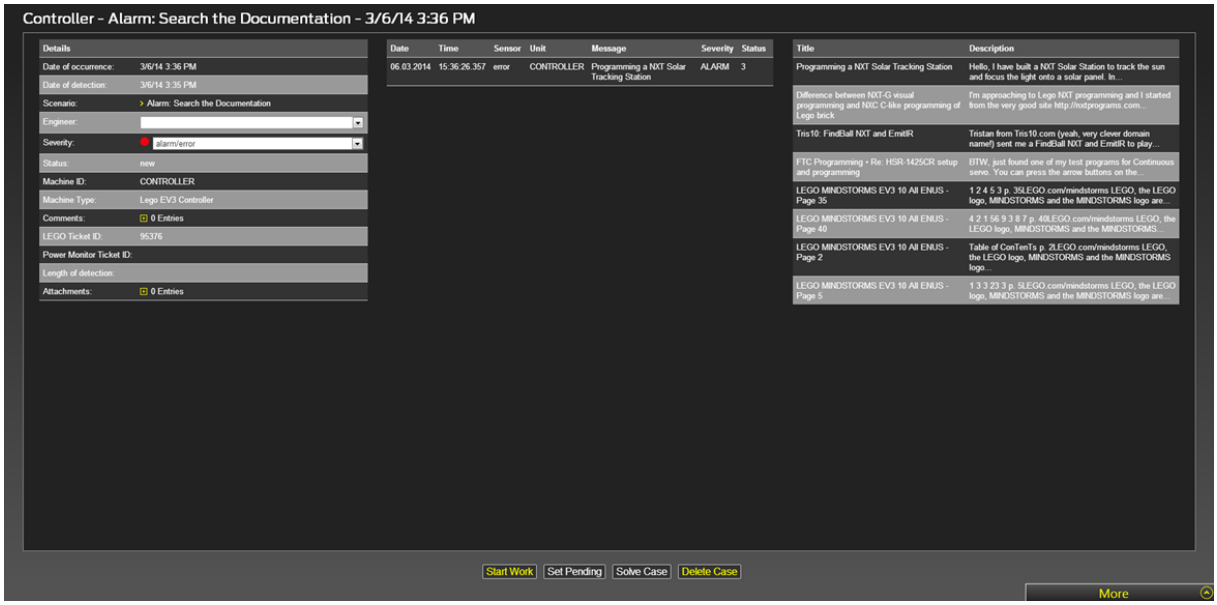

Abbildung 29: Suche auf Basis der Status-Informationen der LEGO®-Anlage

9 Glossar

Begriff	Erläuterung
BPEL	Business Process Execution Language[10]
CEP	Complex Event Processing[11], ein Bereich der IT, der sich insbesondere mit der Erkennung, Analyse, Gruppierung und Verarbeitung voneinander abhängiger (maschineller) Ereignisse, deren Zusammenspiel sowie dem Ableiten von Erkenntnissen daraus befasst
Datenpunkt	Einzelnes Element eines Signals zu einem konkreten Zeitpunkt
Diagnose	Ergebnis der Analyse, insbesondere verschiedener Methoden des CEP, in Form einer höherwertigen, abstrakten Beschreibung der Ursachen einer Fehlersituation, z.B. indem auf Basis verschiedener Symptome ein Verschleiß eines konkreten Bauteils abgeleitet wird
Ereignis	Aus Signalen gefilterte und als relevant betrachtete Beobachtung, inklusive der Extraktion von Attributen wie Zeitstempel, Messwerten, Fehler-Codes etc. in Form semi-strukturierter Daten
Fehlerbild	Bestätigte Symptomatik einer konkreten Fehlerursituation meist bestehend aus einer typischen Kombination von Ereignissen und Symptomen
Kanal	Bezeichnung eines anliegenden Signals, zum Beispiel in Form einer Identifikation des betrachteten Sensors einer Anlage
Meldung	Siehe Nachricht
Nachricht	Analog zu einem Datenpunkt ein einzelnes Element eines Signals, wobei typischerweise der textuelle Anteil höher ist, zum Beispiel in Form von begleitenden Fehler-Meldungen, zum Beispiel eine einzelne Zeile in einer LOG-Datei
Signal	Kontinuierlicher Datenstrom, der von einer technischen Anlage ausgesandt wird und in dem relevante Informationen über deren Zustand enthalten sind (siehe auch: Signale in der Nachrichtentechnik[12])

[10] http://de.wikipedia.org/wiki/WS-Business_Process_Execution_Language
[11] http://de.wikipedia.org/wiki/Complex_Event_Processing
[12] http://de.wikipedia.org/wiki/Signal#Signal_in_der_Nachrichtentechnik

Störung	Ein beobachtetes Verhalten einer Anlage, das nicht dem standardmäßigen und erwarteten Verhalten der Anlage entspricht und das tatsächlich oder potenziell eine Unterbrechung oder eine Minderung der vereinbarten Qualität verursacht
Symptom	Aus einer Folge von Ereignissen sowie deren zeitlichem Zusammenspiel abgeleiteter Indikator für eine mögliche Fehlersituation bzw. ein unerwartetes Verhalten
Szenario	Zusammenfassung aller Konfigurationsdaten zu einem spezifischen Anwendungsfall bzw. Phänomen von den Details der zu untersuchenden Daten über die Verarbeitungslogik, Regeln und CBR bis zur Darstellung geeigneter Reports; primär genutzt, um die Konfiguration zu vereinfachen und Teil-Konfigurationen in verschiedenen Szenarien wiederzuverwenden
Template	Strukturierungselement, um häufig wiederkehrende bzw. ähnliche Analyseprozesse auf einem generalisierten Level zu verwalten
Unit	Einzelne Maschine oder Komponente einer Maschine, die aus Sicht von Empolis Smart Diagnostics® als in sich eigenständig betrachtet wird
Zeitreihendaten	Spezielle Bezeichnung für ein Signal

Tabelle 4: Glossar

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis