

Sensornetzbasiertes Supply Chain Event Management zur Optimierung des innerbetrieblichen Asset Managements am Fraunhofer IIS

Sebastian Lempert

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS,
Abteilung Supply Chain Technologies, Zentrum für Intelligente Objekte ZIO,
Dr. Mack-Str. 81, 90762 Fürth,
sebastian.lempert@iis.fraunhofer.de

Alexander Pflaum

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS,
Abteilung Supply Chain Technologies, Zentrum für Intelligente Objekte ZIO,
Dr. Mack-Str. 81, 90762 Fürth,
alexander.pflaum@iis.fraunhofer.de

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt ein internes Projekt des Fraunhofer IIS vor, in welchem der bestehende innerbetriebliche Asset Management Prozess von hochpreisigen Mess- und Prüfgeräten durch den Einsatz eines sensornetzbasierten Supply Chain Event Managements (SCEM) optimiert wird. Zu diesem Zweck werden Empfehlungen für die informationstechnische Umsetzung eines SCEM-Systems erarbeitet. Weiterhin wird ein strukturiertes Vorgehensmodell für die Entwicklung und Einführung eines SCEM-Systems vorgestellt. Zudem werden die bisher erreichten Ergebnisse bei der Entwicklung und Einführung eines sensornetzbasierten SCEM-Systems am Fraunhofer IIS aufgezeigt.

1 Einleitung und Motivation

1.1 *Intransparente und manuell ablaufende Asset Management Prozesse wirken sich negativ auf nachfolgende Wertschöpfungsaktivitäten aus*

Gegenstände wie bspw. Maschinen werden als Asset bezeichnet, wenn sie einen Wert für das Unternehmen darstellen. Das Asset Management umfasst dabei alle Aktivitäten, die für eine optimale und nachhaltige Verwaltung und Nutzung dieser Wertgegenstände während ihres Lebenszyklus nötig sind (vgl. Abb. 1).¹

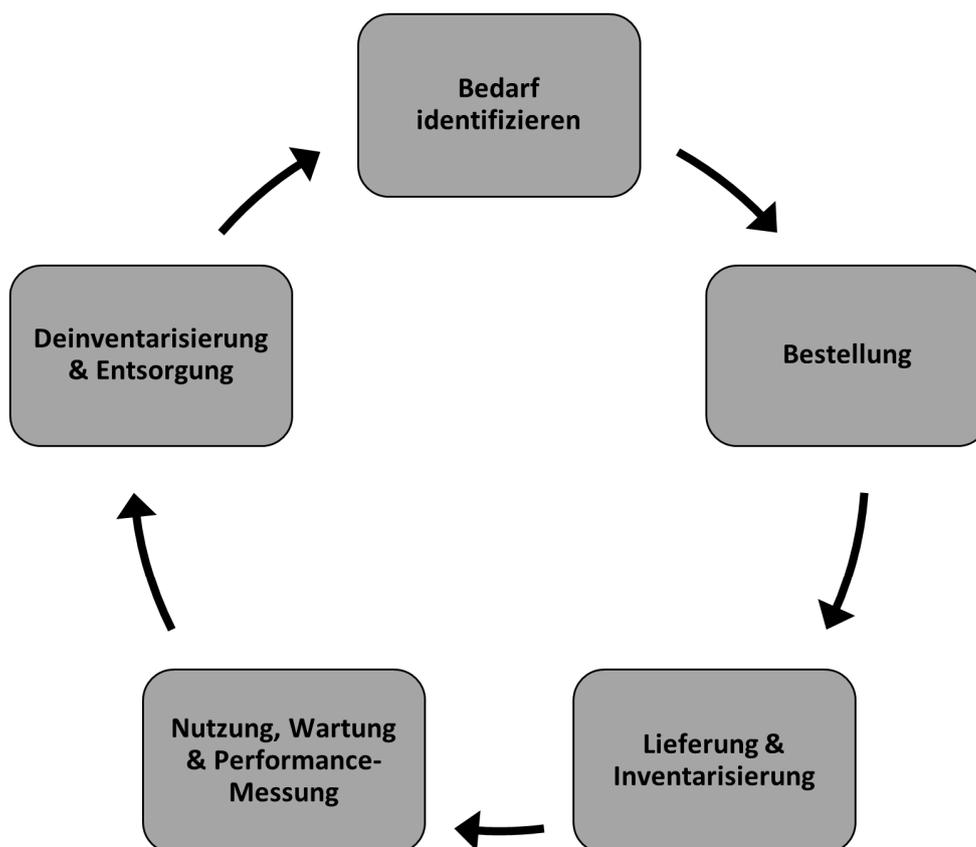


Abb. 1: Aufgaben des innerbetrieblichen Asset Managements

Dabei können sich intransparente und manuell ablaufende Prozesse im innerbetrieblichen Asset Management auf unterschiedliche Art und Weise folgenswer im Unternehmen bemerkbar machen. Zum Beispiel kann ein zwingend benötigtes Asset, welches aufgrund von mangelnder Transparenz aufwändig auf einem großen Betriebsgelände gesucht werden muss, die Ausführung eines anderen Geschäftsprozesses verzögern und damit erhebliche Kosten auslösen. Mangelnde Transparenz kann aber auch bei Assets, die eine gemeinsam genutzte Ressource in einem Ressourcenpool darstellen zu einem Problem werden, wenn nicht überprüft werden kann, ob Kapital durch

¹ Eigene Darstellung in Anlehnung an die Definition des Asset Management Life Cycles in Publicly Available Specification PAS 55-1:2008, S. 3 und Publicly Available Specification PAS 55-2:2008, S. 11 und S. 14

Überbestände von nicht mehr benötigten Assets unnötig gebunden wird, oder ob Unterbestände bei bestimmten Assets immer wieder zu Wartezeiten auf das nächste freie Asset und damit zu Verzögerungen in abhängigen Geschäftsprozessen führen.

1.2 Supply Chain Event Management führt zu Prozesstransparenz und hilft negative Auswirkungen auf nachfolgende Wertschöpfungsaktivitäten frühzeitig zu erkennen

Supply Chain Management (SCM) wird oft als unternehmensübergreifendes Konzept zur Koordination und Optimierung der Material-, Informations- und Geldflüsse innerhalb der Versorgungskette verstanden.² Gleichzeitig können diese Ziele auch auf den unternehmensinternen Teil der Versorgungskette beschränkt werden, d.h. SCM kann auch als unternehmensinternes Konzept verstanden werden.³ Unabhängig davon lassen sich auf Basis von zeitlichen und inhaltlichen Gesichtspunkten mit Supply Chain Design, Supply Chain Planning und Supply Chain Execution drei Planungsebenen des SCM unterscheiden.⁴ Diesen Planungsebenen lassen sich diverse Aufgaben zuordnen, wobei das Supply Chain Event Management zwischen den Ebenen Supply Chain Planning und Supply Chain Execution angesiedelt wird (vgl. Abb. 2).⁵

Dabei kann das Supply Chain Event Management (SCEM) als ein proaktives, kurzfristiges Planungs- und Steuerungskonzept bezeichnet werden, welches Geschäftsprozesse in Echtzeit überwacht, um frühzeitig diejenigen Abweichungen zwischen dem geplanten Soll-Zustand und dem tatsächlichen Ist-Zustand zu erkennen, welche spürbare negative oder positive Folgen für die Planung und Ausführung nachfolgender Wertschöpfungsaktivitäten haben können.⁶ Die frühzeitige Erkennung derartiger Ereignisse zielt zum einen auf den Gewinn von Reaktionszeit und damit auf eine Reduktion möglicher Folgekosten ab. Zum anderen zielt das SCEM darauf ab, die Eintrittswahrscheinlichkeit kritischer Ereignisse zu minimieren und negative Auswirkungen durch vorgedachte Reaktionsmuster zu begrenzen.⁷ Weiterhin kann SCEM analog zum SCM gleichermaßen als unternehmensübergreifendes, als auch als unternehmensinternes Konzept verstanden werden.⁸

1.3 Optimierung des innerbetrieblichen Asset Managements am Fraunhofer IIS durch Einsatz eines sensornetzbasierten Supply Chain Event Managements

Am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS kommen hochpreisige Mess- und Prüfgeräte mit einem Wert zwischen 1.000€ und 100.000€ zum Einsatz, die von unterschiedlichen Organisationseinheiten im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten verwendet werden.

² Vgl. Scholz-Reiter/Jakobza (1999), S. 8; Klaus (2002), S. 22; Okhrin (2008)

³ Vgl. Stevens (1989), S. 7; Richert (2006), S. 21; Arnold et al. (2008), S. 21

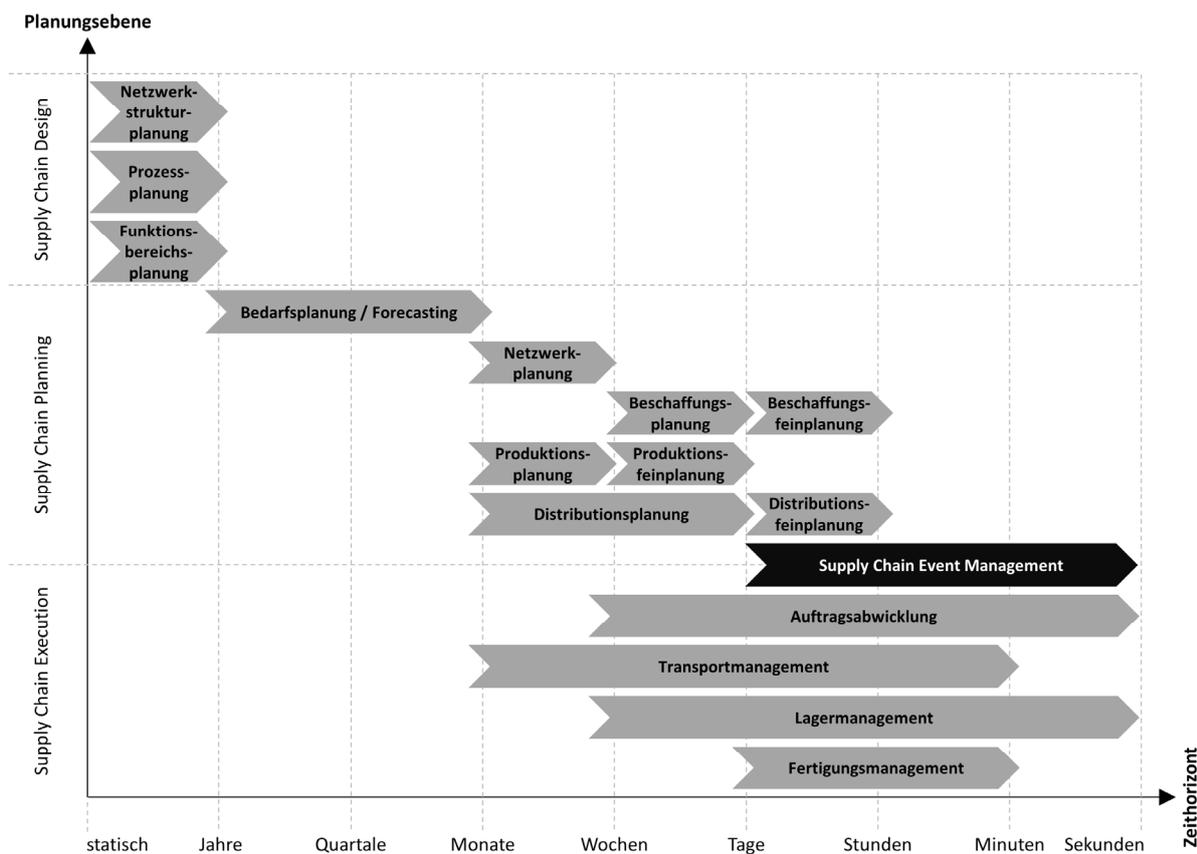
⁴ Vgl. Sucky (2004), S. 25–31; Arnold et al. (2008), S. 462–463

⁵ Vgl. Wieser/Lauterbach (2001); Bretzke et al. (2002), S. 29; Arnold et al. (2008), S. 484

⁶ Vgl. Steven/Krüger (2004), S. 181

⁷ Vgl. Bretzke et al. (2002), S. 37

⁸ Vgl. Nissen (2002), S. 477

Abb. 2: Einordnung des SCEM in die drei Planungsebenen des SCM⁹

Ein einzelner Messgeräteaufbau, welcher aus einer Vielzahl von Messgeräten bestehen kann, kann dabei bis zu 1.000.000€ Wert sein.

Da die eingangs erwähnten Probleme in dem zugehörigen innerbetrieblichen Asset Management Prozess des Fraunhofer IIS anzutreffen sind und das Konzept des Supply Chain Event Managements operativ zur Optimierung des Asset Managements genutzt werden kann, untersucht der vorliegende Beitrag die folgenden Fragen:¹⁰

- Wie kann ein SCEM-System technisch umgesetzt werden?
- Wie sieht ein Vorgehensmodell aus, welches die strukturierte und zielgerichtete Entwicklung und Einführung eines derartigen SCEM-Systems ermöglicht?

Der weitere Aufbau dieses Beitrags gestaltet sich wie folgt: zunächst widmet sich Abschnitt 2 dem fachlichen Umfeld. Dabei werden die Konzepte und Ergebnisse von bereits existierenden Arbeiten, die mit dieser Arbeit verwandt sind, vorgestellt.

Danach werden in Abschnitt 3 Empfehlungen für die informationstechnische Umsetzung eines SCEM-Systems erarbeitet. Dabei werden zunächst Smart Object Technologien, welche in Echtzeit Statusinformationen über logistische Objekte liefern, als Grundvoraussetzung für das SCEM vorgestellt. Darauf aufbauend wird erläutert, wie

⁹ Erweiterung der Darstellung von Bittner (2000), S. 5 um das Supply Chain Design auf Basis des Aufgabenmodells von Hompel/Hellingrath (2007), S. 285–304

¹⁰ Vgl. Nissen (2002), S. 479–480

die Umwandlung von Statusinformationen in Ereignisse des SCEM auf Basis von Geschäftsregeln und Kennzahlen unter Verwendung von Rule Engines erfolgen kann.

In Abschnitt 4 wird ein strukturiertes Vorgehensmodell für die Entwicklung und Einführung eines SCEM-Systems vorgestellt, welches sich insbesondere auf die Auswahl der am besten geeigneten Smart Object Technologie, auf die Ermittlung besonders aussagekräftiger Kennzahlen sowie auf die Ableitung zugehöriger Geschäftsregeln konzentriert.

Darauf aufbauend widmet sich Abschnitt 5 dem sensornetzbasierten SCEM-System zur Optimierung des Asset Managements für hochpreisige Mess- und Prüfgeräte am Fraunhofer IIS.

Abschnitt schließt 6 diesen Beitrag ab, indem zuerst eine rückblickende Zusammenfassung und darauf aufbauend ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und den Fortgang dieser Arbeit gegeben wird.

2 Stand der Wissenschaft und verwandte Arbeiten

2.1 Grundsätzliche Funktionen eines SCEM-Systems

Der Begriff Supply Chain Event Management (SCEM) wurde entscheidend in dem Forschungsbericht von BITTNER (2000) durch die Definition der folgenden fünf SCEM-Grundfunktionen geprägt, welche in der Literatur weitestgehend anerkannt sind:¹¹

- *Überwachen (Monitor)*: Durch Technologieeinsatz werden Statusinformationen über die zu überwachenden Objekte innerhalb relevanter Prozesse der Supply Chain erfasst.
- *Melden (Notify)*: Statusmeldungen aus den Prozessen werden auf Basis von Soll-Ist-Vergleichen eines Regelwerkes in Ereignisse übersetzt, welche in Echtzeit an den Prozessverantwortlichen gemeldet werden.
- *Simulieren (Simulate)*: Bei dem Eintreten eines Ereignisses werden mögliche Auswirkungen auf Folgeprozesse mit dem Ziel simuliert, Handlungsoptionen und -empfehlungen zu berechnen (Entscheidungsunterstützung).
- *Steuern (Control)*: Die Prozesssteuerung wird bei der Auswahl der am besten geeigneten Handlungsempfehlung unterstützt, um einer erkannten Soll-Ist-Abweichung entgegenzuwirken.
- *Messen (Measure)*: Die Prozesskontrolle wird durch die Berechnung von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen bzw. von Key Performance Indicators (KPIs) unterstützt, welche den früheren oder gegenwärtigen Erfüllungsgrad von zugehörigen Prozesszielen widerspiegeln und den zu überwachenden Prozess messbar machen.

¹¹ Vgl. Bittner (2000), S. 7

WIESER/LAUTERBACH (2001) setzen auf der o.g. SCEM-Definition auf und beschreiben, wie bestehende SCM-Lösungen zu einer SCEM-Lösung erweitert werden können.¹²

Eine andere Sichtweise auf den Begriff SCEM wird in OTTO (2003) vorgestellt, wobei SCEM als Management-Konzept, als Software-Lösung und als Software-Komponente angesehen werden kann und diese drei Perspektiven aufgrund diverser Abhängigkeiten untereinander nicht losgelöst voneinander betrachtet werden können. Des Weiteren gehen auf OTTO (2003) die vier grundlegenden Reaktionsmöglichkeiten zur Ereignisbehandlung zurück, welche sich aufgrund ihres Grads der Einflussnahme auf den zugehörigen Prozess unterscheiden:¹³

- *Repair*: Der durch das Ereignis betroffene Prozess kann noch unmittelbar beeinflusst werden.
- *Re-Schedule*: Zeitliche Anpassung bei der Planung der Folgeprozesse
- *Re-Plan*: Grundlegende Neuplanung des Prozesses
- *Learn*: Lernen für die Zukunft

Zuletzt zeichnet sich die Arbeit von BENSEL ET AL. (2008) dadurch aus, dass die fünf SCEM-Grundfunktionen von BITTNER (2000) und die vier grundlegenden Reaktionsmöglichkeiten zur Ereignisbehandlung von OTTO (2003) miteinander in Beziehung gesetzt und zusammengeführt werden.

2.2 Ereignisse als zentraler Bestandteil eines SCEM-Systems

Ein zentraler Bestandteil des SCEM sind Ereignisse, welche als diejenigen Abweichungen zwischen dem geplanten Soll-Zustand und dem tatsächlichen Ist-Zustand definiert werden können, welche spürbare negative oder positive Folgen für die Planung und Ausführung nachfolgender Wertschöpfungsaktivitäten haben können.¹⁴ Daher ist es wichtig, abhängig von den Reaktionsmöglichkeiten unterschiedliche Ereigniskategorien unterscheiden zu können. BENSEL ET AL. (2008) untersuchen vor diesem Hintergrund den Begriff des Ereignisses im Detail und leiten sinnvolle allgemeine Ereigniskategorien ab, welche die Einführung eines SCEM-Systems erleichtern:¹⁵

- *Alarmierende Ereignisse mit Handlungszwang*: Eine Soll-Ist-Abweichung wird als kritisch eingestuft
- *Alarmierende Ereignisse mit Handlungsoption*: Eine Soll-Ist-Abweichung wird als unkritisch eingestuft
- *Konfirmatorische Ereignisse*: Der Soll-Zustand entspricht dem Ist-Zustand

¹² Vgl. Wieser/Lauterbach (2001)

¹³ Vgl. Otto (2003), S. 1 und S. 3

¹⁴ Vgl. Steven/Krüger (2004), S. 181

¹⁵ Vgl. Bensel et al. (2008), S. 8–12

2.3 Existierende Vorgehensmodelle für die Einführung eines SCEM-Systems

In der umfangreichen Studie von BRETZKE ET AL. (2002) wird eine Vorgehensweise für die Einführung eines innerbetrieblichen SCEM-Systems beschrieben, welche aus den folgenden vier Schritten besteht:¹⁶

- *Ist-Prozess-Analyse*: Prozessbeschreibung auf unterschiedlichen Prozessebenen unter Verwendung des SCOR-Modells und des ARIS Toolsets.¹⁷ Aktivitäten stellen die höchste Detaillierungsstufe dar und werden als Entstehungsort von Ereignissen verstanden.
- *Soll-Prozess-Definition*: Soll-Größen festlegen und Ereignisse ableiten, welche durch das SCEM theoretisch erkannt und gemeldet werden könnten. Zu diesem Zweck werden Messpunkte (welche Informationen, werden wann, wo und wie oft gemessen und übermittelt?) definiert und zugehörige Kennzahlen unter Verwendung des SCOR-Modells abgeleitet.
- *Gap-Analyse*: Auflistung von möglichen Fehlerquellen im Prozess und Bewertung der Fehlerquellen in Abhängigkeit der Fehlerwahrscheinlichkeit und der Folgekosten.
- *Festlegung der SCEM-Ereignisse*: Geschäftsregeln definieren und Maßnahmen für den Eintritt definierter Ereignisse festlegen. Ziel ist die Reduzierung von Folgekosten durch die frühzeitige Erkennung von Ereignissen und die Begrenzung negativer Auswirkungen durch vorgedachte Reaktionsmuster. Zu diesem Zweck werden Geschäftsregeln definiert, welche Ereignisse erkennen und diesen bei Eintritt entsprechende Maßnahmen zuordnen. Dabei gilt es nur diejenigen Ereignisse im SCEM umzusetzen, deren Kostenvorteile im Verhältnis zum Modellierungsaufwand überwiegen.

Eine ähnliche Vorgehensweise für die Einführung eines unternehmensübergreifenden SCEM-Systems, welche aus den folgenden fünf Schritten besteht, wird in der Arbeit von STEVEN/KRÜGER (2004) beschrieben:¹⁸

- *Ist-Prozess-Analyse*: Prozessbeschreibung auf unterschiedlichen Prozessebenen mit dem Ziel der Identifikation der kritischen und zu überwachenden Aktivitäten. Ein weiteres Ziel ist die Identifikation möglicher Statusabweichungen und Folgen sowie die Beschreibung zugehöriger Fehlerszenarien.
- *Auswahl der zu überwachenden logistischen Objekte*: Identifikation von realen und abstrakten logistischen Objekten, die durch das SCEM überwacht werden sollen.
- *Festlegung von Statusmeldungen*: Definition von aussagekräftigen Statusmeldungen, die den räumlichen, zeitlichen und sachlichen Zustand eines logistischen Objektes beschreiben. Festlegung, welche Informationen, wann, wo und wie oft gemessen und übermittelt werden vor dem Hintergrund, dass mobile Datenübertragungen ein wichtiger Kostenfaktor sein können.

¹⁶ Vgl. Bretzke et al. (2002), S. 34–38

¹⁷ Vgl. Mayer et al. (2010); Seidlmeier (2010), S. 31

¹⁸ Vgl. Steven/Krüger (2004), S. 186–188

- *Festlegung der SCEM-Ereignisse*: Ziel ist es, Statusmeldungen in Ereignisse überführen zu können. Zu diesem Zweck wird der Soll-Prozess definiert, in welchem Soll-Größen und Toleranzbereiche, aus denen hervorgeht, ab wann eine Soll-Ist-Abweichung kritisch ist, festgelegt werden.
- *Festlegung von Geschäftsregeln*: Geschäftsregeln definieren und Maßnahmen für den Eintritt definierter Ereignisse festlegen. Zu diesem Zweck werden Fehlerszenarien hinsichtlich ihrer Folgen bewertet und zugehörige Ereignisse entsprechend priorisiert. Zudem wird abhängig von den Ereignisprioritäten festgelegt, welche Stakeholder informiert werden sollen, wenn ein entsprechendes Ereignis erkannt wurde.

3 Empfehlungen für die informationstechnische Umsetzung eines Supply Chain Event Management Systems

3.1 Smart Object Technologien liefern Statusinformationen über logistische Objekte in Echtzeit und sind eine Grundvoraussetzung für das SCEM

Die Einführung eines Supply Chain Event Managements setzt die Definition von Soll-Werten und zugehörigen Toleranzbereichen voraus, die den Ist-Werten gegenübergestellt werden.¹⁹ Um im Rahmen des SCEM einen Abgleich zwischen dem geplanten Soll-Zustand und dem tatsächlichen Ist-Zustand eines logistischen Objektes durchführen zu können, ist es zunächst notwendig, den Ist-Zustand des logistischen Objektes informationstechnisch erfassen zu können.²⁰ Zu diesem Zweck können so genannte Smart Object Technologien (SOT) wie Radio Frequency Identification (RFID), Real-Time Locating Systems (RTLS) und Wireless Sensor Networks (WSN) an die logistischen Objekte angebracht werden, welche die benötigten Informationen zeitnah liefern.²¹

Ein mit einer SOT ausgerüstetes Objekt wird daher auch als intelligentes Objekt (Smart Object) bezeichnet, da diesem durch den Technologieeinsatz eine gewisse Intelligenz zugesprochen werden kann: im Idealfall kann ein intelligentes Objekt eindeutig identifiziert werden, Informationen speichern und verarbeiten, seine Umgebung durch Sensoren überwachen und über Aktoren mit dieser interagieren, mit seiner Umgebung drahtlos kommunizieren sowie alleine oder mit Hilfe zusätzlicher Infrastruktur seine Position im zwei- oder dreidimensionalen Raum ermitteln.²²

3.2 Umwandlung von Statusinformationen in Ereignisse auf Basis von Geschäftsregeln und Kennzahlen unter Verwendung von Rule Engines

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht können Geschäftsregeln als „Formulierungen von Vereinbarungen und Restriktionen, die im Rahmen der Bearbeitung einer betrieblichen

¹⁹ Vgl. Bretzke et al. (2002), S. 2; Steven/Krüger (2004), S. 193–194; Bensel et al. (2008), S. 5–6

²⁰ Vgl. Bretzke et al. (2002), S. 25

²¹ Vgl. Finkenzeller (2008) für RFID, Malik (2009) für RTLS und Karl/Willig (2007) für WSN

²² Vgl. Sánchez López et al. (2009), S. 5; Vasseur/Dunkels (2010), S. 3

Aufgabe erfüllt sein müssen“ bezeichnet werden.²³ Dagegen können Geschäftsregeln aus Sicht der Informatik allgemein als Wissen verstanden werden, welches sich durch formale Wenn-Dann-Konstrukte mit mehreren Prämissen (Wenn) und definierten Reaktionen (Dann) ausdrücken lässt.²⁴

Zur effizienten Auswertung derartiger formaler Geschäftsregeln, welche auch als Produktionsregeln (Production Rules) oder als Schlussregeln (Inference Rules) bezeichnet werden, haben sich in der Informatik insbesondere Business Rule Engines (BRE) und Complex Event Processing (CEP) Rule Engines herausgebildet.²⁵ Da im Wenn-Teil einer solchen Regel beliebige Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt werden können, liegt es nahe, dass ein SCEM-System auf Basis einer Rule Engine effizient umgesetzt werden kann, indem Statusmeldungen aus Prozessen auf Basis hinterlegter Geschäftsregeln in Echtzeit in Ereignisse umgewandelt und damit vorgedachte Reaktionsmuster angestoßen werden.²⁶ Zudem erlaubt der Einsatz einer Rule Engine bei Verwendung eines mit allen Stakeholdern abgestimmten Glossars in Verbindung mit einer Domain Specific Language (DSL) die natürlichsprachliche Definition von Geschäftsregeln, welche auch Nicht-IT-Fachleute verstehen und nachvollziehen können.²⁷ In diesem Zusammenhang stellen die technischen Berichte von HOLLOWAY (2009) und GUALTIERI ET AL. (2009) sehr gute Marktübersichten über kommerzielle und frei verfügbare BRE- und CEP-Lösungen dar.²⁸

SCHEER/WERTH (2005) weisen darauf hin, dass Geschäftsregeln mit Kennzahlen bzw. mit Kennzahlensystemen gekoppelt werden können und dass auf dieser Basis „eine Soll-Ist-Analyse aller erfolgskritischen Kennzahlen selbst bei dynamisch eintretenden Veränderungen in Echtzeit möglich“ ist.²⁹ Nach FRANCESCHINI ET AL. (2007), ARNOLD ET AL. (2008) und HOMPEL/HEIDENBLUT (2008) lassen sich Kennzahlen, Schlüsselkennzahlen und Kennzahlensysteme wie folgt beschreiben: Kennzahlen sind im „Controlling von Logistiksystemen [...] verwendete Zahlen, die einen signifikanten Sachverhalt repräsentieren“, in komprimierter Form über Prozesse informieren und deren Kontrolle und Steuerung dienen.³⁰ Dabei unterstützen Kennzahlen die Kontrolle durch die Beurteilung der Leistung eines Prozesses, die Steuerung durch die Identifikation von Abweichungen und Problemen innerhalb eines Prozesses sowie die vereinfachte Kommunikation der Leistungsergebnisse an interne und externe Stakeholder durch die zweckmäßige Verdichtung von Informationen für einen schnellen Überblick.³¹ Dabei werden besonders stark aggregierte Kennzahlen mit hoher Aussagekraft

²³ Vgl. Endl (2004), S. 17

²⁴ Vgl. Wunderlich (2006), S. 45; Browne (2009), S. 13

²⁵ Vgl. Holloway (2009), S. 5–6

²⁶ Vgl. Stork (2002), S. 57

²⁷ Vgl. Lempert et al. (2010), S. 238

²⁸ Vgl. Holloway (2009); Gualtieri et al. (2009)

²⁹ Vgl. Scheer/Werth (2005), S. 10–11

³⁰ Vgl. Hompel/Heidenblut (2008), S. 138

³¹ Vgl. Franceschini et al. (2007), S. 10–11; Arnold et al. (2008), S. 397

als Schlüsselkennzahlen (Key Performance Indicators, KPIs) bezeichnet. Für die Ableitung von KPIs werden zumeist anwendungsspezifische Kennzahlensysteme verwendet, welche über mehrere Hierarchieebenen hinweg jeweils eine Reihe zusammengehöriger Einzelkennzahlen derselben Hierarchieebene zu einer aussagekräftigeren Kennzahl auf einer höheren Hierarchieebene zusammenfassen.³² Vor diesem Hintergrund wird klar, dass Kennzahlen zur Ableitung von Soll-Werten für Geschäftsregeln herangezogen werden können.

Abb. 3 fasst die in diesem Abschnitt diskutierten Konzepte zusammen und stellt anschaulich dar, wie Statusinformationen auf Basis von Geschäftsregeln und Kennzahlen unter Verwendung von Rule Engines in Ereignisse umgewandelt werden können.

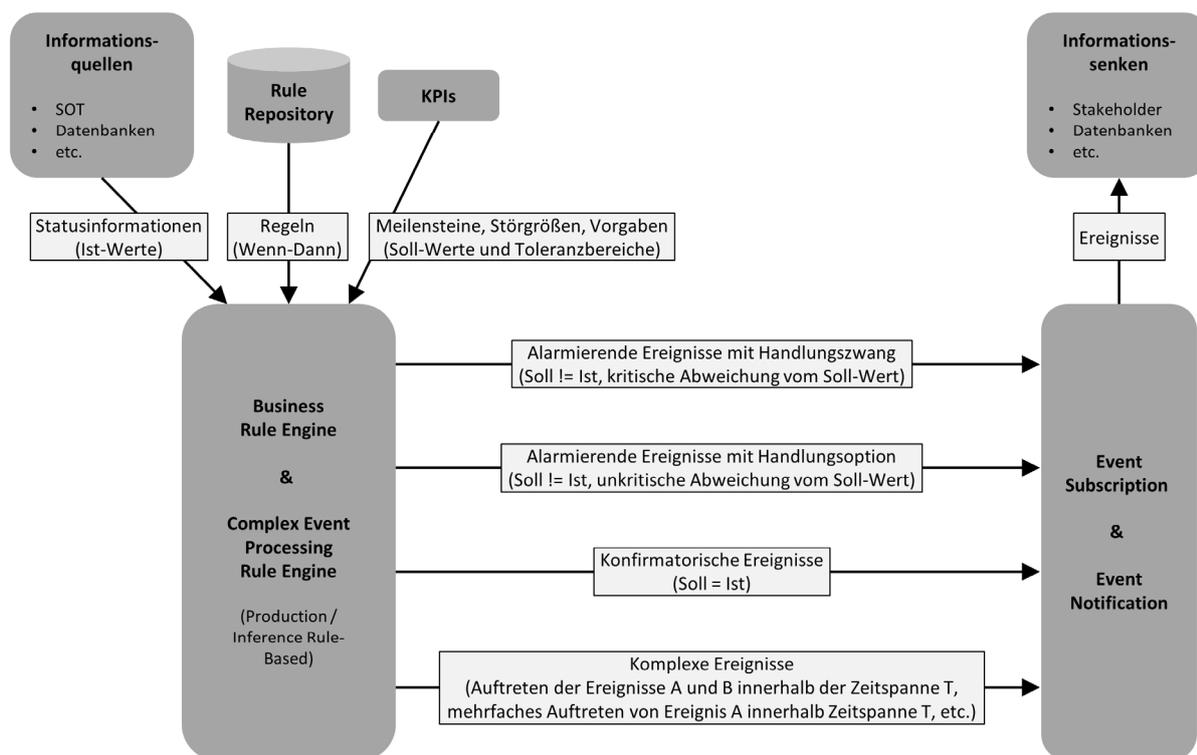


Abb. 3: Umwandlung von Statusinformationen in Ereignisse auf Basis von Geschäftsregeln und Kennzahlen unter Verwendung von Rule Engines³³

4 Darstellung eines strukturierten Vorgehensmodells für die Entwicklung und Einführung eines SCEM-Systems

4.1 Übersicht

Die Einführung eines SCEM-Systems sollte sich an einer strukturierten Vorgehensweise orientieren, um am Ende zu dem gewünschten Ergebnis zu führen. Da sich ein Smart Object-basiertes SCEM-System zielführend und effizient auf der Basis sinnvoller Kennzahlen und Geschäftsregeln umsetzen lässt (vgl. Kapitel 2), ist die hier vorge-

³² Vgl. Arnold et al. (2008), S. 399; Hompel/Heidenblut (2008), S. 139

³³ Eigene Darstellung unter Verwendung der Ereigniskategorien von Bensel et al. (2008), S. 12

stellte Vorgehensweise insbesondere auf die Auswahl der am besten geeigneten Smart Object Technologie, auf die Ermittlung besonders aussagekräftiger Kennzahlen sowie auf die Ableitung zugehöriger Geschäftsregeln ausgelegt. Insgesamt gliedert sich das hier vorgestellte Vorgehensmodell in die in Abb. 4 dargestellten fünf Schritte, welche nachfolgend näher erläutert werden.

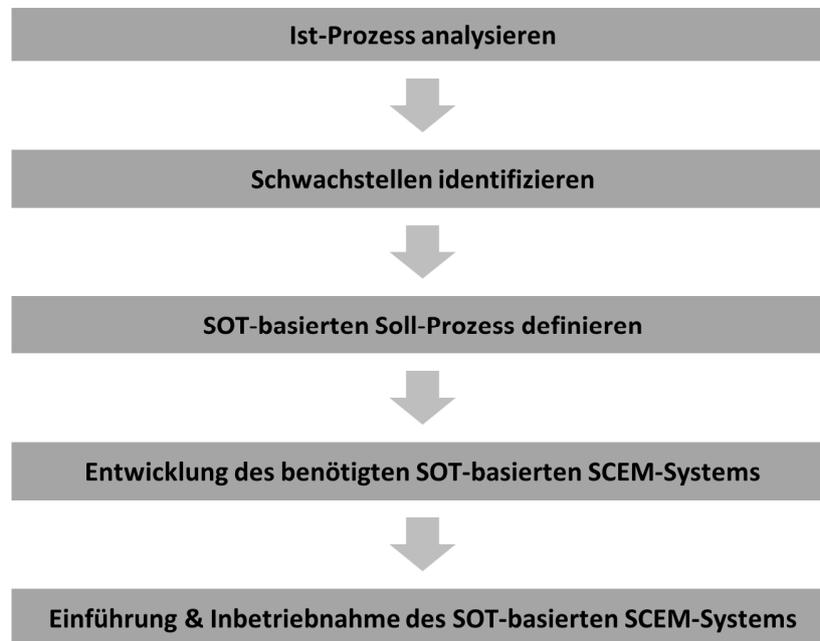


Abb. 4: Strukturiertes Vorgehensmodell zur Entwicklung und Einführung eines SCEM-Systems auf Basis von Smart Object Technologien (SOT), Kennzahlen und Geschäftsregeln

4.2 *Ist-Prozess analysieren*

Um herauszufinden, wo Optimierungspunkte bestehen, muss zunächst eine detaillierte Ist-Prozess-Analyse durchgeführt werden. Zu diesem Zweck muss der fragliche Prozess zunächst modelliert werden. Dabei empfiehlt es sich, die Modellierung auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen unter Einsatz geeigneter Modellierungstechniken wie Wertschöpfungsdiagrammen und ereignisgesteuerten Prozessketten durchzuführen.³⁴ ausgehend vom Gesamtprozess sollten zugehörige Teilprozesse und schließlich Aktivitäten modelliert werden, bis ein geeigneter Detaillierungsgrad erreicht ist. Danach gilt es die maßgeblichen Größen zu ermitteln, welche auf einen Teilprozess und dessen Aktivitäten einwirken und somit die Prozessqualität bestimmen. Zu diesem Zweck empfiehlt sich die Durchführung eines so genannten Process-Mappings wie es bspw. in ALDINGER (2007) beschrieben wird: hierbei gilt es gewünschte Prozessziele zu ermitteln, die tatsächlichen Prozesseingänge (Inputs) und Prozessergebnisse (Outputs) zu dokumentieren und herauszufinden, welche Einflussfaktoren (Meilensteine, Störgrößen, Vorgaben) auf den Prozess in welchem Maße einwirken.³⁵

³⁴ Vgl. Seidlmeier (2010), S. 21–24

³⁵ Vgl. Aldinger (2007)

4.3 Schwachstellen identifizieren

Die Identifikation existierender Schwachstellen sollte, wie bspw. in BAKER (2002) und PARMENTER (2010) beschrieben, mit der Ableitung der kritischen Erfolgsfaktoren (KEF) aus den in der Ist-Prozess-Analyse identifizierten Einflussfaktoren beginnen, da diese erste Anhaltspunkte für mögliche Schwachstellen und zu optimierende Teilprozesse liefern. Danach gilt es, Kennzahlen zur Messung der KEF abzuleiten, Soll-Werte und Toleranzbereiche für die Kennzahlen zu definieren und diese Kennzahlen zu wenigen relevanten Key Performance Indicators (KPIs) zu verdichten.³⁶

4.4 SOT-basierten Soll-Prozess definieren

Um einen auf einer Smart Object Technologie (SOT) basierenden Soll-Prozess definieren zu können, gilt es zunächst, die durch die SOT zu überwachenden logistischen Bezugsobjekte (bspw. Assets) auszuwählen. Sind diese bekannt, dann wird vor dem Hintergrund der technischen Machbarkeit die Liste aller verfügbaren SOT auf eine Auswahl geeigneter SOT eingeschränkt. Im Anschluss wird der erzielbare Zusatznutzen der einsetzbaren SOT mit dem Ziel bestimmt, die SOT mit dem größtem Zusatznutzen auszuwählen. Weiterhin gilt es zu dokumentieren, welche weiteren Informationsquellen neben der gewählten SOT für das SCEM herangezogen werden können (bspw. existierende Datenbanken und Anwendungen in einem Unternehmen).

Mit dem Wissen über die verfügbaren Informationsquellen und den in der Ist-Analyse ermittelten Einflussfaktoren (Meilensteine, Störgrößen, Vorgaben) können dann die Ereignisse abgeleitet werden, welche durch das SCEM theoretisch erkannt und gemeldet werden könnten. Analog zu der Verdichtung von einer Vielzahl von Kennzahlen zu wenigen Aussagekräftigen KPIs sollten jedoch im Anschluss die gefundenen Ereignisse hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Folgeprozesse bewertet und priorisiert werden. An dieser Stelle können dann Regeln zur Umwandlung von Statusinformationen in Ereignisse abgeleitet sowie Reaktionen und Maßnahmen zur Ereignisbehandlung festgelegt werden.

Steht die Menge an Ereignissen, die durch das SCEM erkannt werden sollen, fest, so gilt es festzulegen, an welchen Punkten im Prozess die SOT wann und wie oft Messungen durchführen und Statusinformationen übermitteln soll. Auf dieser Basis lässt sich dann der Soll-Prozess analog zu dem Ist-Prozess auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen modellieren.

Auf Grundlage des Soll-Prozesses können dann die Anforderungen an das benötigte IT-System ermittelt werden. Darauf aufbauend können dann die Systemarchitektur des benötigten IT-Systems sowie ein Konzept für die Integration in die bestehende IT-Landschaft entworfen werden.

Zuletzt sollte eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden, um zu entscheiden, ob sich die Einführung eines SOT-basierten SCEM lohnt.

³⁶ Vgl. Baker (2002); Parmenter (2010)

4.5 *Entwicklung des benötigten SOT-basierten SCEM-Systems*

Die tatsächliche Systementwicklung beginnt mit der Implementierung der Systemarchitektur des benötigten IT-Systems. Ziel ist es, die gewählte SOT an die bestehende IT-Landschaft anzubinden, die zu erkennenden Ereignisse und Geschäftsregeln informationstechnisch abzubilden und ggf. weitere notwendige Software zu entwickeln. An dieser Stelle sollte eine Integrationsplattform für unterschiedliche SOT zum Einsatz kommen, wie sie von LEMPERT/PFLAUM (2011) beschrieben wird.³⁷ Während der Entwicklung sollten Prototypen und Pilotsysteme erstellt und vorgeführt werden, um am Ende das gewünschte Resultat vorlegen zu können. Nach erfolgreichem Systemtest, der Übergabe des Systems und einem erfolgreichen Abnahmetest ist die Entwicklungsphase beendet.

4.6 *Einführung und Inbetriebnahme des SOT-basierten SCEM-Systems*

Abschließend gilt es das SOT-basierte SCEM-System in der geplanten Zielumgebung zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Spätestens zu diesem Zeitpunkt sollten alle beteiligten Stakeholder im Umgang mit dem System geschult werden.

5 Bisher erreichte Ergebnisse bei der Entwicklung und Einführung eines sensornetzbasierten SCEM-Systems zur Optimierung des innerbetrieblichen Asset Management Prozesses für Mess- und Prüfgeräte am Fraunhofer IIS

5.1 *Einleitung*

Die Entwicklung und Einführung des sensornetzbasierten SCEM-Systems zur Optimierung des innerbetrieblichen Asset Management Prozesses für Mess- und Prüfgeräte am Fraunhofer IIS orientiert sich an den Empfehlungen zur technischen Umsetzung aus Abschnitt 3 und an der Vorgehensweise zur Einführung und Entwicklung eines derartigen Systems aus Abschnitt 4. Jedoch werden an dieser Stelle aus Platzgründen lediglich die wichtigsten bisher erreichten Ergebnisse verkürzt wiedergegeben.

5.2 *Schwachstellen im Ist-Prozess und zugehörige Kennzahlen*

Im Zuge der Identifikation von Schwachstellen im Ist-Prozess wurden kritischer Erfolgsfaktoren (KEF) des innerbetrieblichen Asset Management Prozesses identifiziert, zugehörige Kennzahlen zur Messung der KEF abgeleitet und zu wenigen aussagekräftigen Key Performance Indicators (KPIs) verdichtet. Eine Auswahl der gefundenen KEF und der zugehörigen KPIs ist in Tab. 1 aufgeführt.

³⁷ Vgl. Lempert/Pflaum (2011)

Kritischer Erfolgsfaktor	Key Performance Indicator
Schnelle Benutzbarkeit von Messgeräten	Mittlere Zeit bis zur Gerätenutzung
Reduktion überflüssiger Lagerbestände	Mittlere Zeit zwischen zwei Nutzungen (Time Between Use)
Verwaltungsaufwand für Messgeräte	Durchschnittliche Inventurzeit eines Messgerätes pro Messauftrag

Tab. 1: Auswahl kritischer Erfolgsfaktoren des innerbetrieblichen Asset Management Prozesses für Mess- und Prüfgeräte und zugehörige Key Performance Indicators³⁸

5.3 Erfassung von Mess- und Prüfgeräten durch Sensorknoten



Abb. 5: Messgerät, welches im Rahmen des Supply Chain Event Managements für das innerbetriebliche Asset Management durch einen s-net Sensorknoten des Fraunhofer IIS überwacht wird

Im Rahmen der Definition des SOT-basierten Soll-Prozesses wurden unterschiedliche Smart Object Technologien wie RFID, RTLS und WSN hinsichtlich ihrer technischen Eignung und des erzielbaren Zusatznutzens bewertet. Dabei wurden Sensorknoten, welche über eine Ortungsfunktion verfügen, vor dem Hintergrund folgender erzielbarer Nutzenpotenziale am höchsten bewertet:

- Einsparungen durch die Vermeidung von Suchprozessen
- Erkennen von Beschädigungen
- Reduzierung von Out-of-Stock-Situationen
- Reduzierung des Anlagenbestandes
- Höhere Effizienz bei Inventurprozessen
- Reduktion von Verlusten durch Verstapelung und Diebstahl

Da Sensorknoten batteriebetrieben sind, würde ein häufiger Batteriewechsel bei einer Vielzahl von Geräten schnell die Wirtschaftlichkeit einer sensornetzbasierter Lösung in Frage stellen. In der Folge wurden die vom Fraunhofer IIS entwickelten besonders

³⁸ Details, weitere KEF, zugehörige Kennzahlen und KPIs können in Förder (2010), S. 56–74 nachgelesen werden

energieeffizienten s-net Sensorknoten für die Erfassung der Ist-Zustände ausgewählt (vgl. Abb. 5).³⁹

5.4 Implementierung des SCEM-Systems auf Basis der Integrations- und Anwendungsplattform für unterschiedliche Smart Object Technologien

Die Umsetzung des SCEM-Systems erfolgt auf Basis einer am Fraunhofer IIS entwickelten Integrations- und Anwendungsplattform für unterschiedliche Smart Object Technologien, deren abstrakte Systemarchitektur in LEMPERT/PFLAUM (2011) nachgelesen werden kann.⁴⁰ Das SCEM wird dabei auf Basis der Event Management Services der Plattform realisiert, wobei in der konkreten Implementierung JBoss Drools Expert als Business Rule Engine und JBoss Drools Fusion als Complex Event Processing Rule Engine zum Einsatz kommen.⁴¹ Weiterhin stellt die Plattform grundlegende Asset Management Services zur Verfügung auf dessen Basis eine umfangreichere Asset Management Anwendung entwickelt wurde (vgl. Abb. 6 bis Abb. 8).⁴²



Abb. 6: Übersicht über die unterschiedlichen Funktionen des entwickelten Asset Management Systems

³⁹ Vgl. Fraunhofer IIS (2010)

⁴⁰ Vgl. Lempert/Pflaum (2011)

⁴¹ Vgl. Lempert/Pflaum (2011), S. 5–6; Bali (2009), S. 14

⁴² Vgl. Lempert/Pflaum (2011), S. 6

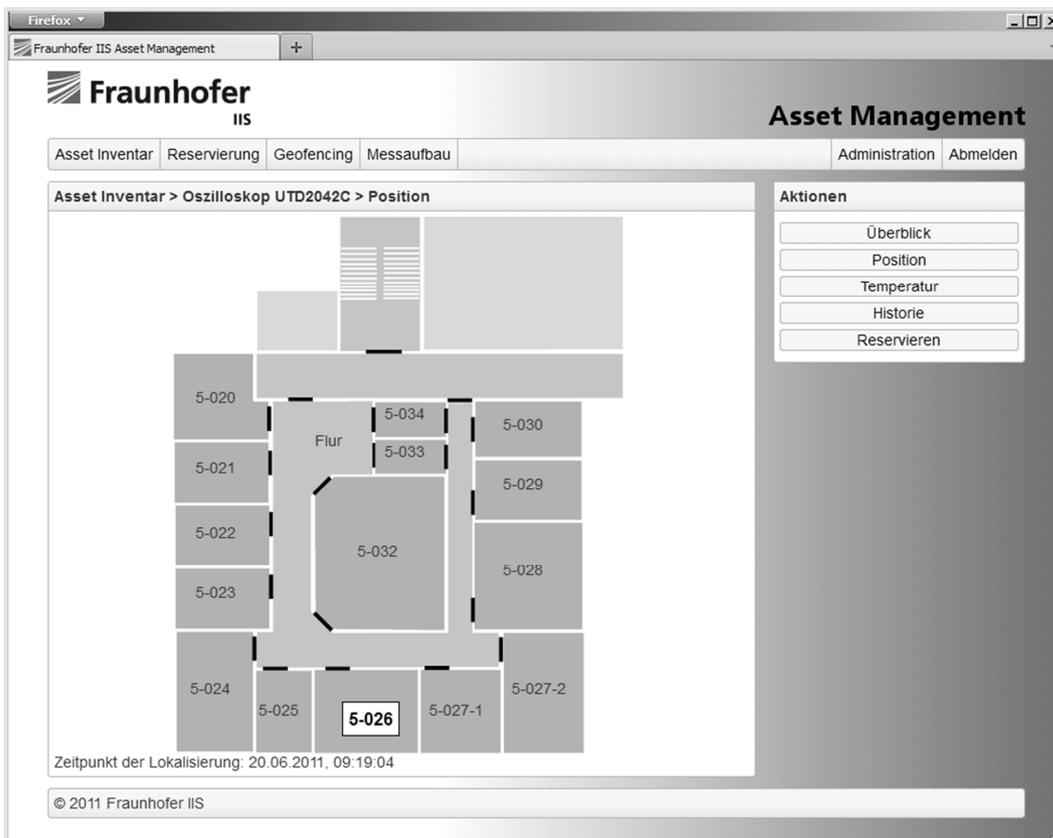


Abb. 7: Darstellung der letzten bekannten Position eines Assets

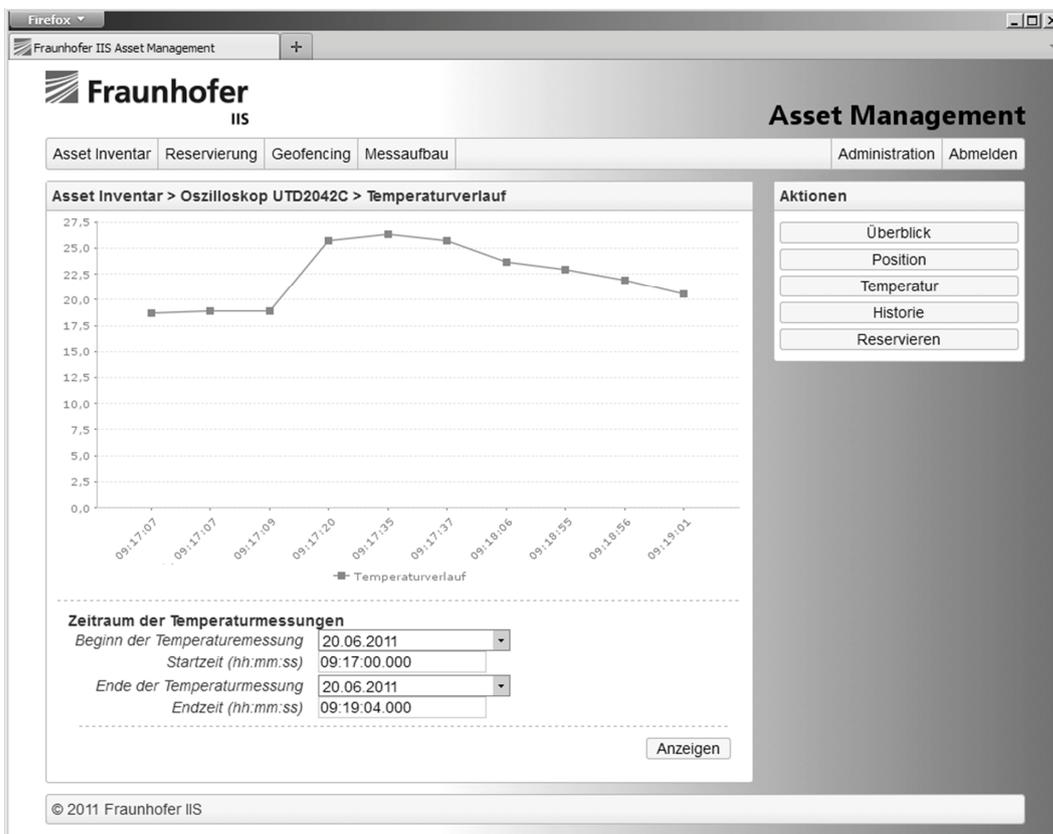


Abb. 8: Darstellung des Temperaturverlaufs eines Assets

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung des Beitrags und der Ergebnisse

In dem vorliegenden Beitrag wurde zunächst motiviert, dass sich intransparente und manuell ablaufende Asset Management Prozesse negativ auf nachfolgende Wertschöpfungsaktivitäten auswirken können. Weiterhin wurde aufgezeigt, dass sich das Supply Chain Event Management diesem Problem annimmt, indem es zu Prozesstransparenz führt und hilft, negative Auswirkungen auf nachfolgende Wertschöpfungsaktivitäten frühzeitig zu erkennen. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, wie sich das innerbetriebliche Asset Management am Fraunhofer IIS durch den Einsatz eines sensornetzbasierten Supply Chain Event Managements optimieren lässt. Zu diesem Zweck wurden Empfehlungen für die informationstechnische Umsetzung eines SCEM-Systems erarbeitet. Weiterhin wurde ein strukturiertes Vorgehensmodell für die Entwicklung und Einführung eines SCEM-Systems vorgestellt. Zudem wurden die bisher erreichten Ergebnisse bei der Entwicklung und Einführung eines sensornetzbasierten SCEM-Systems zur Optimierung des innerbetrieblichen Asset Management Prozesses für Mess- und Prüfgeräte am Fraunhofer IIS aufgezeigt.

6.2 Ausblick auf zukünftige Entwicklungen

Bisher werden noch nicht alle identifizierten KPIs, Ereignisse und Geschäftsregeln über das realisierte SCEM-System abgebildet. So gibt es am Fraunhofer IIS zusätzliche Datenbanken und Informationssysteme, welche neben den bereits angebundenen Sensorknoten als zusätzliche Informationsquellen für das SCEM dienen könnten. Zukünftige Ausbaustufen des SCEM-Systems werden entsprechend erweitert. Des Weiteren wird die darauf aufbauende Asset Management Anwendung gleichermaßen erweitert. So wird sich in einer zukünftigen Ausbaustufe der Asset Management Anwendung beispielsweise ein Dashboard zur Visualisierung der KPIs finden.

6.3 Forschungshintergrund und Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde am Zentrum für Intelligente Objekte ZIO erstellt und durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie gefördert.

Für die Förderung der Forschungsaktivitäten am ZIO sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Unser Dank gilt außerdem den im ZIO engagierten Firmen für die Unterstützung der Arbeiten.

Zuletzt sei Herrn Sebastian Förder für die Anfertigung seiner hervorragenden Diplomarbeit gedankt, in welcher viele Grundlagen für den vorliegenden Beitrag erarbeitet wurden.⁴³

⁴³ Vgl. Förder (2010)

7 Literaturverzeichnis

- Aldinger, L. (2007): Six Sigma in der Logistik. In: Gienke, H; Kämpf, R. (Hg.): Handbuch Produktion. Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling. München: Hanser, S. 1193–1218.
- Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hg.) (2008): Handbuch Logistik. 3., neu bearb. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (VDI-Buch).
- Baker, T. (2002): Key Performance Indicators Manual. A Practical Guide for the Best Practice Development, Implementation and Use of KPIs. Crows Nest, N.S.W, Australien: Allen & Unwin.
- Bali, M. (2009): Drools JBoss Rules 5.0 Developer's Guide. Develop rules-based business logic using the Drools platform. Birmingham, UK: Packt Publ.
- Bensel, P.; Fürstenberg, F.; Vogeler, S. (2008): Supply Chain Event Management. Entwicklung eines SCEM-Frameworks. Berlin, Germany: Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin (Digitale Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin).
- Bittner, M. (2000): E-Business Requires Supply Chain Event Management. The AMR Research Report on Supply Chain Management for November 2000. Research Report. AMR Research. Boston, MA, USA.
- Bretzke, W.; Stölzle, W.; Karrer, M.; Ploenes, P. (2002): Vom Tracking & Tracing zum Supply Chain Event Management. aktueller Stand und Trends. Studie. KPMG Consulting AG. Berlin, Germany.
- Browne, P. (2009): JBoss Drools Business Rules. Capture, automate, and reuse your business processes in a clear English language that your computer can understand. Birmingham, UK: Packt Publ.
- Endl, R. (2004): Regelbasierte Entwicklung betrieblicher Informationssysteme. Gestaltung flexibler Informationssysteme durch explizite Modellierung der Geschäftslogik. Dissertation. Lohmar-Köln: Josef Eul Verlag 2004 (Wirtschaftsinformatik, 45).
- Finkenzeller, K. (2008): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. 5., aktualisierte und erw. Aufl. Munich, Germany: Hanser.
- Förder, S. (2010): Einführung eines Supply Chain Event Managements für das Asset Management des Fraunhofer IIS auf Basis von Sensornetzen. Diplomarbeit. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Nürnberg. Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik.
- Franceschini, F.; Galetto, M.; Maisano, D. (2007): Management by Measurement. Designing Key Indicators and Performance Measurement Systems. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Fraunhofer IIS (Hg.) (2010): Wireless Sensor Networks. Firmenschrift. Fraunhofer IIS. Online verfügbar unter http://www.iis.fraunhofer.de/en/Images/Wireless_Sensor_Networks_tcm183-84849.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2011.
- Gualtieri, M.; Rymer, J. R.; Heffner, R.; Yu, W. (2009): The Forrester Wave: Complex Event Processing (CEP) Platforms, Q3 2009. Technical Report. Forrester Research Inc. Cambridge, MA, USA.
- Holloway, S. (2009): Business Rules Management. Managing business rules of an organisation. Technical Report. Bloor Research. London, UK.
- Hompel, M.; Heidenblut, V. (2008): Taschenlexikon Logistik. Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hompel, M.; Hellingrath, B. (2007): IT & Forecasting in Industrie und Handel. In: Wimmer, T; Bobel, T. (Hg.): 24. Deutscher Logistik-Kongress. Effizienz, Verantwortung, Erfolg. Kongressband, Berlin, 17.-19.10.2007. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, S. 282–310.
- Karl, H.; Willig, A. (2007): Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. 2007 John Wiley & Sons Ltd. pbk. ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Klaus, P. (2002): Logistik - Flow Management. Brevier und Glossar. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg (Nürnberger Logistik-Arbeitspapier, 8).

- Lempert, S.; Harrer, M.; Krupp, M.; Pflaum, A. (2010): Transparente und effiziente Prozesse im Erd-
bau durch ereignisgesteuertes Stoffstrommanagement auf Basis von Smart Objects und Business
Rule Management. In: Fähnrich, K, Franczyk, B. (Hg.): INFORMATIK 2010. Bonn: Gesellschaft
für Informatik e.V. (GI) (LNI - Proceedings, P-175), S. 233–244.
- Lempert, S.; Pflaum, A. (2011): Towards a Reference Architecture for an Integration Platform for
Diverse Smart Object Technologies. In: Höpfner, H; Specht, G.; Ritz, T.; Bunse, C. (Hg.): MMS
2011. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) (LNI - Proceedings, P-185), S. 53–66.
- Malik, A. (2009): RTLS for Dummies. 1st ed. Indianapolis, IN, USA: Wiley Pub. Inc.
- Mayer, P.; Reiner, A.; Wittkowsky, D.; Kästle, G. (2010): Mit ARIS Express zum SCOR-
Referenzmodell. How To Use The Approach - Consultant Paper. Studiengang
Wirtschaftsinformatik, DHBW Ravensburg. Ravensburg (Arbeitsberichte zur
Wirtschaftsinformatik, 01/2010).
- Nissen, V. (2002): Supply Chain Event Management. In: WI 44 (5), S. 477–480.
- Okhrin, I. (2008): Supply Chain Management. In: Kurbel, K.; Becker, J.; Gronau, N.; Sinz, E.; Suhl,
L. (Hg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon. Vierte Auflage. München :
Oldenbourg, 24.9.2008. Online verfügbar unter [http://www.enzyklopaedie-der-
wirtschaftsinformatik.de](http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de), zuletzt aktualisiert am 17.09.2008, zuletzt geprüft am 11.02.2011.
- Otto, A. (2003): Supply Chain Event Management. Three Perspectives. In: IJLM 14 (2), S. 1–13.
Online verfügbar unter doi:10.1108/09574090310806567, zuletzt geprüft am 10.02.2011.
- Parmenter, D. (2010): Key Performance Indicators. Developing, Implementing, and Using Winning
KPIs. 2. Aufl. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons.
- Publicly Available Specification PAS 55-1:2008 (2008): Asset Management. Part 1: Specification for
the optimized management of physical assets.
- Publicly Available Specification PAS 55-2:2008 (2008): Asset Management. Part 2: Guidelines for the
application of PAS 55-1.
- Richert, J. (2006): Performance Measurement in Supply Chains. Balanced Scorecard in Wertschöp-
fungsnetzwerken. Wiesbaden: Gabler.
- Sánchez López, T.; Ranasinghe, D. C.; Patkai, B.; McFarlane, D. (2009): Taxonomy, technology and
applications of smart objects. In: ISF (Online First). Online verfügbar unter doi:10.1007/s10796-
009-9218-4, zuletzt geprüft am 15.10.2010.
- Scheer, A.; Werth, D. (2005): Geschäftsprozessmanagement und Geschäftsregeln. Institut für
Wirtschaftsinformatik (IW) im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI).
Saarbrücken (IW-Heft, 183).
- Scholz-Reiter, B.; Jakobza, J. (1999): Supply Chain Management. Überblick und Konzeption. In:
HMD 36 (3), S. 7–15.
- Seidlmeier, H. (2010): Prozessmodellierung mit ARIS. Eine beispielorientierte Einführung für Studi-
um und Praxis. 3., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Steven, M.; Krüger, R. (2004): Supply Chain Event Management für globale Logistikprozesse.
Charakteristika, konzeptionelle Bestandteile und deren Umsetzung in Informationssysteme. In:
Spengler, T.; Voss, S.; Kopfer, H. (Hg.): LM 2003. Heidelberg: Physica-Verlag Berlin Heidel-
berg, S. 179–196.
- Stevens, G. C. (1989): Integrating the Supply Chain. In: IJPD & LM 19 (8), S. 3–8. Online verfügbar
unter doi:10.1108/EUM0000000000329, zuletzt geprüft am 10.03.2011.
- Stork, F. (2002): Supply Chain Event Management. Dynamisches Prozessmanagement in Echtzeit mit
Geschäftsregeln. In: Industrie Management 18 (6), S. 57–60.
- Sucky, E. (2004): Koordination in Supply Chains. Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung in-
tegrierter Bestell- und Produktionspolitiken. Dissertation. 1. Aufl. Wiesbaden, Frankfurt am Main:
Dt. Univ.-Verl.
- Vasseur, J.; Dunkels, A. (2010): Interconnecting smart objects with IP. The next Internet. Burlington,
MA, USA: Morgan Kaufmann/Elsevier.

Wieser, O.; Lauterbach, B. (2001): Supply Chain Event Management mit mySAP SCM (Supply Chain Management). In: HMD 38 (3), S. 65–71.

Wunderlich, L. (2006): Java Rules Engines. Entwicklung von regelbasierten Systemen. 1. Aufl. s.l.: entwickler.press.