

ERKENNUNG VON BEWEGUNGSPROFILIEN IM GEBÄUDEMANAGEMENT MITHILFE VON COMPLEX EVENT PROCESSING

Ralf Vandenhouten, Ralph Holland-Moritz

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert einen Lösungsvorschlag zur Erkennung von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen anhand von Sensordaten im Gebäudemanagement. Dazu wird zunächst ein Szenario definiert, auf dessen Basis ein Ansatz vorgestellt wird, der auf der Integration von Ereignissen über der Zeit und dem Ort basiert. Anschließend wird auf Informationen eingegangen, welche für eine Auswertung bereit stehen müssen. Zum Schluss wird die umgesetzte Lösung zur Implementierung des Ansatzes auf Basis des Complex Event Processing vorgestellt.

Abstract

This article presents a solution for detecting movement and spreading profiles by analyzing sensor data in the facility management. First of all, a scenario is defined and described. On the basis of this scenario an approach is made using integration of events over time and location. For making the integration possible, the required information, which the data objects have to provide, is identified. At the end, a solution is presented using Complex Event Processing to implement the integration of events.

» I. EINLEITUNG

Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Forschungsprojektes InSeM sollte ein Sicherheits- und Informationssystem um eine intelligente Komponente erweitert werden, um komplexe Signalmuster zu erkennen und eine Früherkennung von Gefahrenpotentialen zu ermöglichen. Dabei sollte unter anderem die Alarmsicherheit erhöht und Entscheidungsprozesse unterstützt werden.

Als Basis für den hier vorgestellten Lösungsvorschlag dient ein Sicherheits- und Informationssystem, welches über eine plugin-orientierte Architektur unterschiedlich geartete Sensoren des Gebäudemanagements anbinden, die Sensordaten erfassen und in einer grafischen Oberfläche darstellen kann. Vor dem Einsatz dieses Sicherheits- und Informationssystems an einem konkreten Einsatzort, muss es zunächst an die örtlichen Gegebenheiten angepasst bzw. konfiguriert werden. Dazu werden unter anderem Lagepläne der Örtlichkeit erstellt und die Module für die unterschiedlich angebotenen Gerätschaften konfiguriert. Im Rahmen dieses Lösungsvorschlages wird ein fiktives

Szenario definiert, welches in Abbildung 1 dargestellt ist.

Bei diesem fiktiven Szenario handelt es sich um ein beispielhaftes Gebäude, welches aus vier Räumen besteht. Diese vier Räume sind jeweils paarweise anliegend und durch eine Tür miteinander verbunden. Daneben besitzt jeder

Raum eine Außentür und jeweils zwei Fenster.

Jeder Raum des Szenarios ist mit mehreren, unterschiedlich gearteten Sensoren ausgestattet. Zu den eingesetzten Sensoren gehören Glasbruch-, Kontakt- sowie Brand- und Rauchmeldesensoren.

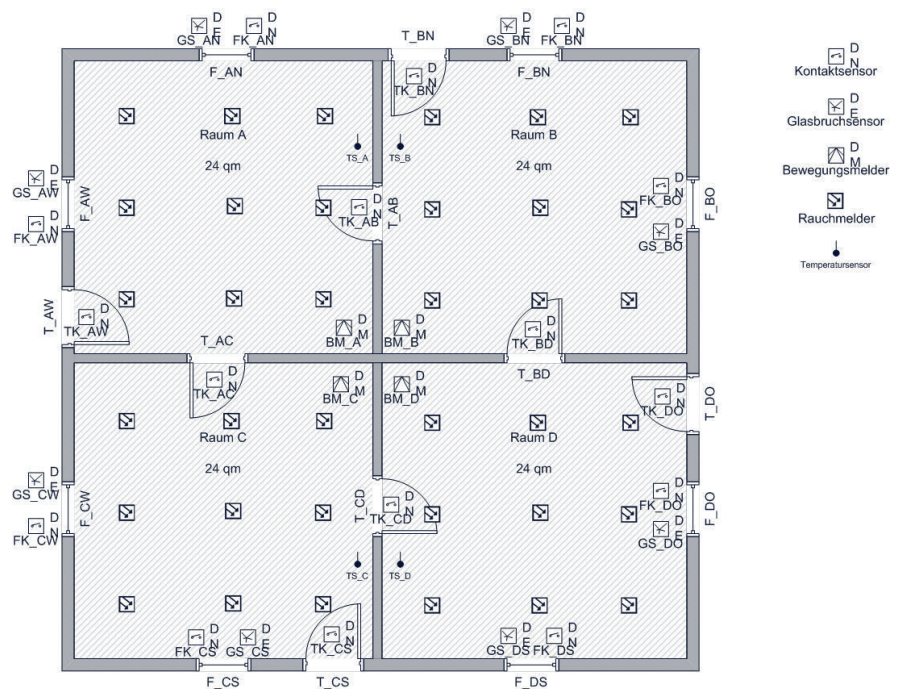


Abb. 1) Fiktiver Grundriss

Jedes Fenster besitzt einen Glasbruchsensor, um ein mögliches gewaltsames Eindringen zu detektieren. Sowohl die Türen als auch die Fenster sind mit Schließ- bzw. Öffnungskontakten ausgestattet, aus denen abzuleiten ist, ob eine Tür oder ein Fenster offen oder geschlossen ist.

Um mögliche Brände in den Räumen zu erkennen, sind diese mit unterschiedlichen Brandsensoren ausgestattet. Zum Erkennen von Rauch existieren in den Räumen jeweils neun Rauchmelder. Die Rauchmelder sind in einem 3x3-Muster angeordnet. Zur Unterstützung der Branderkennung ist in den Räumen jeweils ein Temperatursensor verbaut, der die Temperatur des jeweiligen Raumes misst.

Ziel des Lösungsansatzes ist die Erhöhung der Alarmsicherheit und die Erkennung von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen. Die Erhöhung der Alarmsicherheit wird hauptsächlich durch die Verringerung von Falschmeldungen bzw. Fehlalarmen erreicht. Dabei muss beachtet werden, dass bei zu starker Desensibilisierung, also Absenken der Schwelle, nicht alarmrelevante Sensoreignisse übersehen werden können. Die Erhöhung der Alarmsicherheit kann erreicht werden, indem die Detektionswahrscheinlichkeit erhöht und die Falschmeldungswahrscheinlichkeit verringert wird. Bei der Erkennung räumlicher Ausmaße in Form von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen soll erkannt werden, wie sich ein Brand räumlich ausbreitet, und nachvollziehen lassen, wie sich ein Einbrecher im Gebäude bewegt.

» II. ANSATZ

Zur Erhöhung der Alarmsicherheit und zur Erkennung von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen bieten sich unterschiedliche Verfahren an, die sich mit der Sensorintegration und der Sensorfusion beschäftigen. Neben der Erhöhung der Alarmsicherheit im Speziellen, bietet die Integration und Fusion von Messwerten unterschiedlicher Sensoren genauere Informationen in Bezug auf die zu erkennenden Eigenschaften innerhalb einer geringeren Zeit bei geringeren Kosten. Hierbei werden redundante Informationen von einer

Gruppe von Sensoren genutzt, welche sich auf die gleiche Eigenschaft in der Umgebung beziehen. Statt einer Gruppe von Sensoren kann auch ein einzelner Sensor über die Zeit betrachtet werden, um eine Redundanz zu erzeugen (Luo et al. 1989). In dem hier präsentierten Lösungsansatz wird die Redundanz durch die Verfahren der Integration über der Zeit und der Integration über dem Ort erreicht.

Bei der Integration der Messgröße über der Zeit wird für einen Sensor angenommen, dass eine gemessene Größe bei den zu erkennenden Gefahren wie Bränden oder Eindringlingen über eine gewisse Zeitspanne vorhanden ist. Im Gegensatz dazu geht man bei einer Störgröße, die einen Fehlalarm auslösen würde, davon aus, dass diese nur innerhalb einer kurzen Zeitspanne auftritt. Bei Sensoren, welche eine Messgröße kontinuierlich messen, kann der Mittelwert über eine definierte Zeit ermittelt und beim Überschreiten dieses Mittelwertes ein realer Alarm ausgelöst werden (Tränkler et al. 1998).

Bei simplen Meldern, welche eine Messgröße intern bearbeiten, eine Gefahr melden und anschließend im Alarmzustand verbleiben, kann die Generierung mehrerer Alarme über kurze Zeit dadurch produziert werden, indem diese nach Auslösung durch ein zentrales System zurückgesetzt werden. Wird hierbei eine bestimmte Anzahl aufeinanderfolgender simpler Alarme überschritten, so kann von einem realen Alarm ausgegangen werden.

Bei dem Verfahren der Integration des Ereignisses über dem Ort werden mehrere Sensoren betrachtet, deren Position zueinander bekannt ist und deren Überwachungsbereiche sich überlappen. Bei zu detektierbaren Ereignissen, die über eine größere Fläche oder Volumen messbar sind, wird hierbei davon ausgegangen, dass benachbarte oder gruppierte Sensoren nahezu gleichzeitig ein und dieselbe Gefahr messen (Tränkler et al. 1998).

Durch die Kombination der Integration der Messgröße über der Zeit und dem Ort wird eine orts- und zeitabhängige Erkennung von Ereignissen möglich, welche die Basis zur Erkennung von

Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen darstellt.

Um die vorgestellten Verfahren anwenden zu können, müssen über die Sensoren bestimmte Informationen vorliegen. Für die Integration über dem Ort werden für einen Sensor Ortsinformationen benötigt. Für die Erkennung von benachbarten Auslösungen reicht jedoch eine einfache Positionsinformation des Sensors in Form einer Koordinatenangabe nicht aus. Daher wird für den Sensor die Information über seine Abdeckung als Eigenschaft festgelegt. Diese definiert sich als Bereich über den der Sensor die entsprechende Messgröße erfasst. Um zu unterscheiden, welche Gefahrenart, wie z. B. ein Einbruch oder ein Brand, durch die Messung eines Sensors erkannt werden kann, wird für den Sensor ein Sensortyp als Eigenschaft definiert. Somit definiert sich ein Sensor wie in Abbildung 2 zu sehen.

Sensor
Typ
Abdeckung

Abb. 2) Sensoreigenschaften

Der Zustand eines Sensors bzw. der aktuelle Messwert wird in Form eines Sensorzustandereignisses abgebildet. Liegt für einen Sensor eine neue Zustandsinformation vor, so wird ein neues Sensorzustandereignis generiert. Um die Integration über der Zeit zu ermöglichen, wird für ein auftretendes Ereignis eine Zeitinformation benötigt. Um zu wissen, für welchen Sensor das Ereignis generiert wurde und um auf die Informationen des Sensors zurückgreifen zu können, wird ein Bezug auf den auslösenden Sensor benötigt. Um den konkreten Sensorzustand zu einem definierten Zeitpunkt abzubilden, wird die Eigenschaft Zustand definiert. Dieser kann je nach Art des Sensors unterschiedlich geartete Zustände darstellen, von kontinuierlichen Zuständen wie einer Temperatur bis zu abstrakten Zuständen wie „Ruhe“ oder „Alarm“. Ein Sensorzustandereignis definiert sich somit wie in Abbildung 3 zu sehen.

Sensorzustandsereignis
Zeitstempel
Sensor
Zustand

Abb. 3) Eigenschaften des Sensorzustandsereignisses

Die eingesetzten Brand- bzw. Rauchmelder sind über eine Brandmeldeanlage an das System angeschlossen und verharren im regulären Auslösefall so lange im Zustand „ausgelöst“, bis diese manuell zurückgesetzt werden. Das bedeutet, dass nur eine einmalige Generierung eines Sensorereignisses auftritt. Um jedoch eine mehrfache Auslösung innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu erreichen und somit die Integration der Messgröße über der Zeit zu ermöglichen, bedarf es eines Mechanismus, welcher die Melder nach der Auslösung direkt wieder zurücksetzt. Dies kann mithilfe der nachfolgend beschriebenen CEP-Engine erreicht werden, indem beim Auftreten eines Sensorzustandsereignisses mit dem Zustand „ausgelöst“ eine Aktion im Management System ausgelöst wird, um den entsprechenden Melder unmittelbar in den Zustand „Ruhe“ zurückzusetzen. Alternativ kann der Effekt über interne Mechanismen des Management Systems erreicht werden. Als Ergebnis erhält man beim Vorliegen einer wirklichen Gefahr eine mehrfache Auslösung der Melder über einen längeren Zeitraum.

» III. LÖSUNG

Zur softwaretechnischen Umsetzung der Integration über der Zeit und dem Ort wird bedingt, dass Aussagen bzw. Regeln mit temporalen Regeln aufgestellt werden können. Neben anderen softwaretechnischen Lösungen bietet sich hier das Complex Event Processing an. Bei der komplexen Ereignisbewertung stehen Ereignisse und das Erkennen von bekannten Mustern im Mittelpunkt. Hierbei wird versucht, das Auftreten voneinander abhängiger Ereignisse zu erkennen und somit abstrakte Aussagen mithilfe komplexer Ereignisse zu treffen (Luckham 2002). Für die Verarbeitung der Ereignisse

kommen Ereignisanfragesprachen zum Einsatz (Eckert et al. 2009). Mithilfe dieser Ereignisanfragesprachen lassen sich komplexe Bedingungen definieren, welche die Beziehungen zwischen Ereignissen darstellen. Ein spezieller Typ von Ereignisanfragesprachen sind die Datenstrom-Anfragesprachen, welche auf den Anfragesprachen von relationalen Datenbanken (SQL – Structured Query Language) basieren (Burger et al. 2010). In der nachfolgenden Lösungsbeschreibung werden die Beispiele in Form der „Event Processing Language“, der Anfragesprache der CEP-Lösung Esper (Esper 2012), dargestellt.

Zur Umsetzung der Szenarien mithilfe des Complex Event Processing kommt eine mehrstufige Auswertung zum Einsatz. Dabei befinden sich auf der untersten Ebene die elementaren Ereignisse, welche direkt die Sensormessungen repräsentieren. Auf der nächsthöheren Ebene findet eine Vorverarbeitung statt, die anhand der Sensorwerte ermittelt, ob es sich um einen alarmrelevanten Zustand handelt. Hier werden im Falle eines relevanten Ereignisses entsprechende Alarmereignisse generiert. In der höchsten, abstraktesten Ebene findet die Auswertung von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen statt. Die Auswertungsstufen sind in Abbildung 4 dargestellt.



Abb. 4) Auswertungsstufen zur Erkennung von Profilen

» IV. INTEGRATION DER MESSGRÖÖE ÜBER DER ZEIT

Um zu validieren, ob ein Melder im System fälschlicherweise ausgelöst wurde und dadurch einen Fehlalarm generiert, werden in der CEP-Engine die elementaren Sensorereignisse ausgewertet und auf bestimmte Kriterien hin gefiltert. Hierbei wird eine Klasse an der CEP-Engine registriert, welche dann informiert wird, wenn innerhalb von zehn Sekunden zwei Sensorereignisse des gleichen Sensors mit dem Zustand „ausgelöst“ auftreten. Dies geschieht über die Registrierung des folgenden Statements:

```
every (a=SensorStateEvent(state=TRIGGERED) -> SensorStateEvent(sensor=a.sensor,state=TRIGGERED) where timer:within(10 sec))
```

Die Klasse wird somit immer dann informiert, wenn zwei aufeinanderfolgende Objekte vom Typ „SensorStateEvent“ mit Bezug auf denselben Sensor

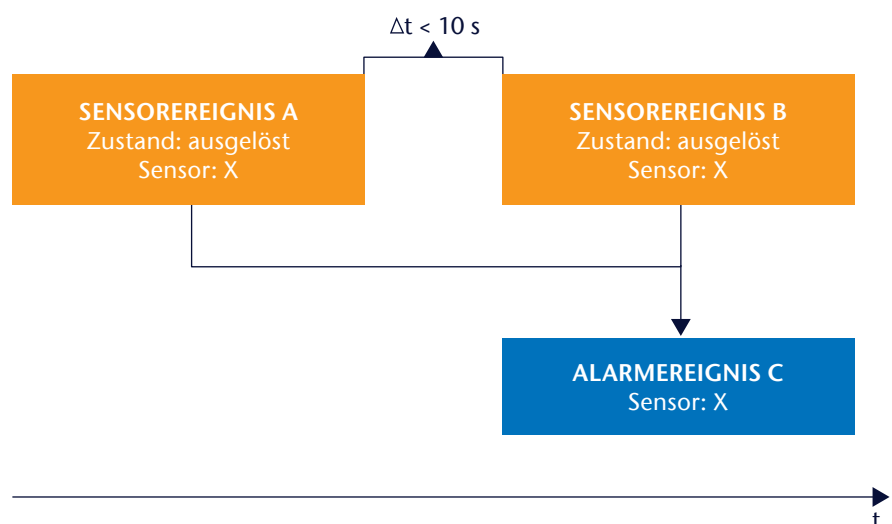


Abb. 5) Zusammenhang zwischen Sensorereignis und Alarmereignis

(„sensor=a.sensor“) und dem Status „ausgelöst“ („state=TRIGGERED“) innerhalb von zehn Sekunden („timer:within(10 sec)“) auftreten, wie in Abbildung 5 dargestellt. Anschließend wird ein Alarmereignis erstellt, welches auf den auslösenden Melder verweist, und an die CEP-Engine übergeben.

» V. INTEGRATION ÜBER DEM ORT

Für die Integration von Sensorereignissen über dem Ort wird die Information über die räumliche Abdeckung eines Sensors genutzt. Dazu wurde eine Klasse implementiert, welche die räumliche Abdeckung eines Sensors repräsentiert. Diese besitzt eine Funktion, die es ermöglicht, Überschneidungen mit anderen Sensoren zu ermitteln. Um nun die Sensorereignisse über den Ort zu integrieren, wird eine Klasse registriert, die dann informiert wird, wenn innerhalb einer definierten Zeitspanne zwei Ereignisse auftreten, deren verknüpfte Sensoren des gleichen Sensortyps sich überschneidende Abdeckungen besitzen. Dies erfolgt mit dem folgenden Statement:

```
every (a=AlarmEvent ->
b=AlarmEvent(sensor.covers(a.
sensor),sensor.type=a.sensor.type)
where timer:within(10 sec))
```

Dieses Statement tritt genau dann ein, wenn zwei Alarmereignisse des gleichen Alarmtyps („sensor.type = a.sensor.type“) innerhalb von zehn Sekunden („timer:within(10 sec)“) auftreten und die jeweils referenzierten Sensoren mit dem gleichen Sensortyp sich überlappende Abdeckungen („sensor.covers(a.sensor)“) besitzen.

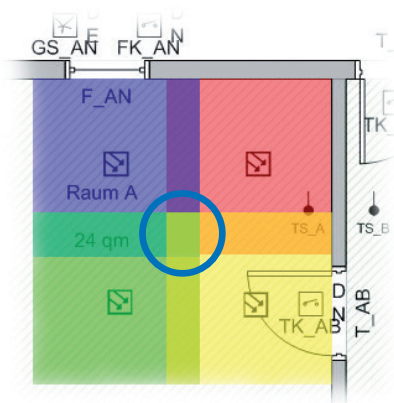


Abb. 6) Überlappende Erfassungsbereiche

Damit die Integration über dem Ort funktioniert, müssen die zugrunde liegenden Sensoren, welche im zu überwachten Gebäude angebracht sind, redundant ausgelegt sein. Das bedeutet, dass sich der Erfassungsbereich eines Sensors mit einem konkreten Sensortyp mit anderen Sensoren des gleichen Sensortyps überschneidet, so wie in Abbildung 6 beispielhaft dargestellt.

» VI. ERKENNUNG RÄUMLICHER AUSMAßE

Die Erkennung räumlicher Ausmaße basiert auf der Information der räumlichen Abdeckung der Sensoren. Hierbei werden Ereignisse beobachtet, welche sowohl im örtlichen als auch im zeitlichen Zusammenhang stehen. Es werden hier zwei Fälle unterschieden, die erkannt werden sollen.

Bei der Erkennung von Brandausbreitungen wird davon ausgegangen, dass sich der Brand von einem Ausgangspunkt wolkenartig ausbreitet. Das bedeutet, dass für das Brandprofil alle Alarmereignisse herangezogen werden, die sich in zeitlicher und räumlicher Nähe zu vorhergehenden Brandereignissen befinden. Alle Brandereignisse zusammen bilden die aktuelle Brandausbreitung. Ein Brandausbreitungsprofil wird dann erstellt, wenn mindestens zwei Brandereignisse in räumlicher und zeitlicher Nähe auftreten. Ein Brandereignis wird dann aktualisiert, wenn ein neues Brandereignis innerhalb einer definierten Zeitspanne durch einen Sensor ausgelöst wird, der sich nicht im Bereich der aktuellen Brandausbreitung, jedoch in räumlicher Nähe eines zur Brandausbreitung gehörenden Sensors befindet. Um zu ermitteln, ob sich ein Alarmereignis in der Nähe des Brandprofils befindet, besitzt die Klasse, welche das Brandprofil repräsentiert, eine Methode „borders(AlarmEvent)“, die zum übergebenen Alarmereignis zurückgibt, ob der zugrunde liegende Sensor sich in der Nähe der Sensoren des Brandprofils befindet. Zum Aktualisieren und Erstellen von Brandausbreitungsprofilen kommt folgendes Muster zum Einsatz:

```
every ((ae=AlarmEvent or
fpe=FireProfileEvent) ->
(ae2=AlarmEvent(sensor.
type=FIRE,sensor.covers(ae.
sensor)) or ae2=AlarmEvent(fpe.
borders(ae2),sensor.type=FIRE)) where
timer:within(10 min))
```

Hierbei wird zunächst nach dem Brandprofil („FireProfileEvent“) gesucht, auf welches innerhalb von zehn Minuten („timer:within(10 min)“) ein Brandereignis folgt, das in örtlicher Nähe („fpe.borders(ae2)“) zum Brandprofil liegt. Wird ein entsprechendes Brandprofil gefunden, so wird das neue Alarmereignis dem Brandprofil hinzugefügt und das aktualisierte Brandprofil der CEP-Engine als neues Ereignis übergeben, so dass es für eine erneute Prüfung des Musters herangezogen wird. Existiert kein Brandprofil, in dessen Nähe sich das Brandereignis („ae2“) befindet, aber dafür ein vorhergehendes Brandereignis („ae“), welches sich in der Nähe befindet, so wird aus den beiden Brandereignissen ein neues Brandprofil erstellt und als Ereignis der CEP-Engine übergeben.

Zur Festlegung der Zeitspanne zwischen zwei Ereignissen wird von einer minimalen Brandgeschwindigkeit von 0,15 m/min laut DIN 18232 ausgegangen. Hierbei benötigt ein Feuer ungefähr 7 Minuten, um sich einen Meter auszubreiten. Bei einem Erfassungsbereich der Sensoren von 2 Metern und einer Überlappung von 0,5 Metern vergehen ungefähr zehn Minuten zwischen den einzelnen Sensorauslösungen.

Bei der Erkennung von Bewegungsprofilen eines Einbrechers geht es darum, ausgehend von einem Ausgangseinbruchereignis, nachfolgende Einbruchereignisse, einem Bewegungsprofil zuzuordnen. Dieses Bewegungsprofil besitzt Informationen zum Ausgangsereignis, dem Endereignis und den Zwischenereignissen als Ereigniskette. Es handelt sich somit um einen spezialisierten Fall einer Brandausbreitung, da jede neue Bewegung von dem zuletzt ausgelösten Sensor zu einem benachbarten Sensor mit überlappendem

Erfassungsbereich erfolgen kann. Da der Einbrecher einen Sensor mehrfach passieren kann, wenn er zum Beispiel im Kreis läuft, kann die Ereigniskette im Gegensatz zu einer Brandausbreitung mehrfach Ereignisse aufweisen, die sich auf denselben Sensor beziehen. Um ein Bewegungsprofil zu erstellen, werden zwei benachbarte Sensorauslösungen gesucht, die innerhalb einer gewissen Zeitspanne nacheinander auftreten. Das Bewegungsprofil wird dann aktualisiert, wenn ein Alarmereignis im zeitlichen und örtlichen Zusammenhang zum letzten Ereignis der Ereigniskette des Bewegungsprofils auftritt. Die Zeitspanne ist hierbei davon abhängig, nach welcher Zeit eine erneute Sensorauslösung erfolgt bzw. wie schnell der Einbrecher sich von einem Sensor zum nächsten bewegt.

Das Muster zum Erstellen und zum Aktualisieren des Bewegungsprofils sieht dabei folgendermaßen aus:

```
every ((me=MovementEvent
or ae=AlarmEvent) ->
(ae2=AlarmEvent(sensor.covers(ae.sensor),
sensor.type=HOUSEBREAKING) or
ae2=AlarmEvent(sensor.covers(me.last.sensor),
sensor.type=HOUSEBREAKING))
where timer:within(30 sec))
```

Hierbei wird primär nach einem Bewegungsprofil („MovementEvent“) gesucht, dem ein Einbruchalarm innerhalb von 30 Sekunden („timer:within(30 sec)“) durch einen Sensor folgt, der sich in der Nähe des Sensors befindet („sensor.covers(me.last.sensor“), der das letzte Alarmereignis in der Ereigniskette des Bewegungsprofils ausgelöst hat. Gibt es ein entsprechendes Bewegungsprofil, so wird das gefundene Alarmereignis dem Bewegungsprofil als letztes Ereignis in der Ereigniskette hinzugefügt, wie in Abbildung 7 zu sehen ist. Anschließend wird das aktualisierte Bewegungsprofil an die CEP-Engine als neues Ereignis übergeben, so dass das Muster erneut für ein folgendes Alarmereignis zutreffen kann. Wurde kein entsprechendes Bewegungsprofil gefunden, so wird nach zwei aufeinanderfolgenden Alarmereignissen gesucht, die innerhalb von 30 Sekunden in unmittelbarer Nähe auftreten. In diesem alternativen Fall wird ein neues Bewegungsprofil

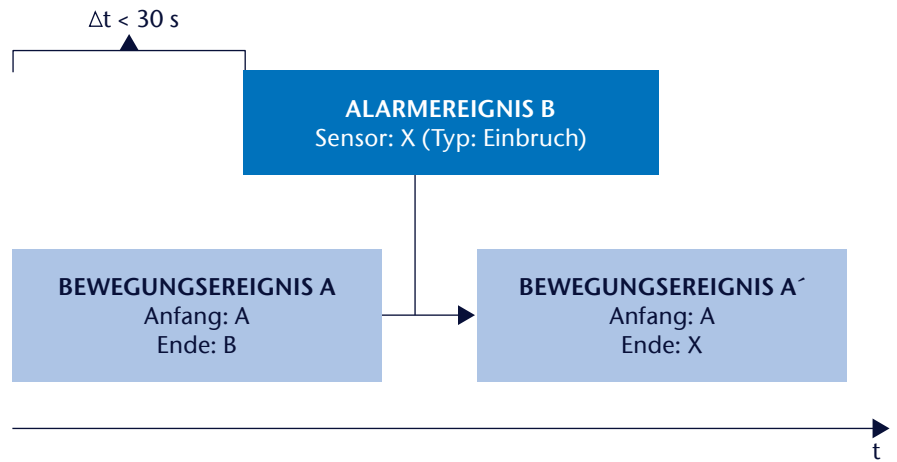


Abb. 7) Aktualisierung eines Bewegungsprofils

mit den beiden Alarmereignissen als Anfang und Ende erstellt und als Ereignis der CEP-Engine übergeben.

Anhand des Bewegungsprofils kann nachvollzogen werden, an welchem Punkt der Einbrecher eingedrungen ist, welchen Weg er durch das Gebäude genommen hat und über welchen Punkt er das Gebäude wieder verlassen hat. Da das Bewegungsprofil in Abhängigkeit der gewählten Parameter echtzeitnah aktualisiert wird, können die Informationen des Bewegungsprofils dazu genutzt werden, das Stellen des Einbrechers zu unterstützen.

In der Abbildung 8 ist beispielhaft die Entwicklung eines Bewegungsprofils zu sehen, bei dem der Einbrecher sich über das Nordfenster des Raumes A über Raum A nach Raum B bewegt. Im rechten unteren Konsolenfenster

sind die Erstellung eines neuen Bewegungsprofils und das Hinzufügen des neuen Ereignisses zum zuvor erstellten Bewegungsprofil zu erkennen.

» VII. FAZIT

Es wurde ein Lösungsvorschlag zur Erkennung von Bewegungs- und Ausbreitungsprofilen anhand von Sensordaten im Gebäudemanagement vorgestellt. Dieser wurde genutzt und prototypisch umgesetzt, um im Forschungsprojekt InSeM Bewegungsprofile zu erkennen. Dieser Lösungsvorschlag eignet sich aufgrund gleicher Ansätze optimal, um in ein intelligentes Management-System auf Basis des Software-Architekturvorschlages aus (Vandenhouten 2012) nahtlos integriert zu werden.

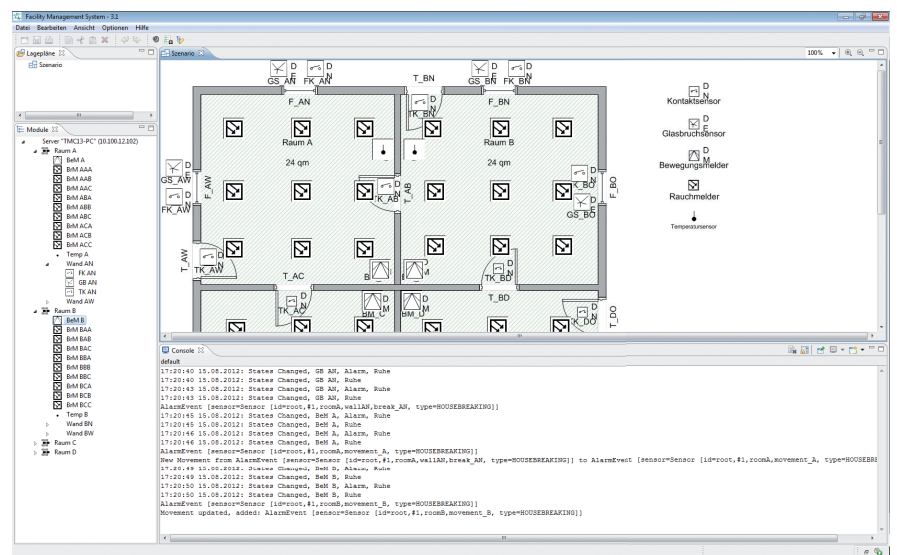


Abb. 8) Bewegungsprofil eines Einbrechers

Mithilfe der zusätzlich gewonnenen Informationen über die Ausbreitung von Bränden und die Bewegung von Einbrechern kann dem Sicherheitspersonal unterstützend geholfen werden, die aktuelle Lage besser einzuschätzen und notwendige Maßnahmen einzuleiten. Durch die Reduzierung von Fehlalarmen kann der Desensibilisierung des Personals entgegengewirkt werden, was zur Steigerung der Sicherheit im Gebäudemanagement führt.

QUELLEN

Burger, F., Debicki, P., Kötter, F. (2010): Vergleich von Complex Event Processing-Ansätzen für Business Activity Monitoring. http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2010/5258/pdf/FACH_0112.pdf

Eckert, M., Bry, F. (2009): Complex Event Processing (CEP). Springer, Informatik Spektrum

Esper (2012): Esper: Event processing for java. <http://www.espertech.com/products/esper.php>, Zugriff: 15.09.2012

Luckham, D. (2002): The Power of Events: An Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems. Addison-Wesley, Amsterdam

Luo, R. C., Kay, M. G. (1989): Multisensor Integration and Fusion in Intelligent Systems. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 19, No. 5, 901–931

Tränkle, H. R., Obermeier, E. (1998): Sensortechnik: Handbuch für Praxis und Wissenschaft. Springer, Berlin, Heidelberg, New York

Vandenhouten, R., Holland-Moritz, R. (2012): A software architecture for intelligent facility management based on complex event processing. Wissenschaftliche Beiträge 2012, Wildau, 63–69

AUTOREN

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Vandenhouten
Fachgebiet Telematik
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
TH Wildau [FH]
ralf.vandenhouten@th-wildau.de

Ralph Holland-Moritz, M. Eng.
Fachgebiet Telematik
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
TH Wildau [FH]
ralph.holland-moritz@th-wildau.de