

## Der moderne Brandschutz – Fluchtwege der Zukunft

Andreas Sawatzki<sup>1</sup> Uwe Sedlak<sup>1</sup> Oliver Wetter<sup>1</sup> Uwe Weitkemper<sup>1</sup> Martin Hoffmann<sup>1</sup>

### Abstract:

Unter dem Begriff moderner Brandschutz versteht der Forschungsschwerpunkt „Gebäudetechnologien unter einem Dach“ (kurz: InteG-F) der Fachhochschule Bielefeld eine Koppelung des Brandschutzes mit der Gebäudeautomation, um die Vorteile beider Bereiche zu vereinen und das Potential des Brandschutzes zu maximieren. Daher wurde in einem interdisziplinären Team ein Modellhaus entwickelt, das genau diesem Zweck dienen soll und Forschungen an der Kombination der beiden Themen zu ermöglichen. Ein erster Ansatz ist die Implementierung von Fluchtwegen, die im Brandfall aktiviert werden und die Menschen sicher zum nächsten Notausgang leiten. Dazu werden Information über Ort des Brandes und Anzahl der Personen berücksichtigt und von der Gebäudeautomation bereitgestellt. In diesem Bericht wird das Modellhaus und seine Funktionen dokumentiert und ein erster Einblick in den modernen Brandschutz gezeigt. Zudem werden nach einer Betrachtung des Stands der Technik zukünftige Forschungsfragen aufgeworfen.

**Keywords:** Brandschutz, Gebäudeautomation, InteG-F, Fluchtwege

## 1 Einleitung

Das Modellhaus des Campus Minden der Fachhochschule Bielefeld, demonstriert zukünftige Entwicklungen im Bereich des Brandschutzes in intelligenten Gebäuden. Anlagen des technischen Brandschutzes wie beispielsweise Rauchmelder und Leuchtschilder sind bereits seit Jahrzehnten in zahlreichen Gebäuden vorgeschrieben. Um zukünftigen Anforderungen an Energieeffizienz und Komfort entsprechen zu können, werden immer mehr Neubauten mit Technik zur Gebäudeautomation ausgestattet. Diese Anlagen regeln die z.B. Beleuchtung und das Klima im Gebäude in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung und Außentemperaturen. Es wird erwartet, dass diese technischen Systeme des Brandschutzes und der Gebäudeautomation zukünftig zusammenwachsen und gemeinsame Schnittstellen benötigen. Bisher bestehen keine standardisierten Schnittstellen. Dies hat zur Folge, dass für jedes neu errichtete Gebäude die Schnittstelle zwischen Gebäudeautomation und technischem Brandschutz von der Feuerwehr abgenommen werden. Dieser Prozess ist kostenintensiv und für Bauvorhaben ein Risiko. Das Modellhaus der Fachhochschule Bielefeld veranschaulicht eine mögliche Umsetzung dieser Schnittstellen, die als Basis für zukünftige Standards dienen soll. Anhand realistischer Szenarien, die aus einem Brandschutzkonzept abgeleitet wurden, steuert die Gebäudeautomation (über KNX-Bus) eine Fluchtweganzeige. Im Gebäude sind Rauch- und Präsenzmelder verbaut. Im Brandfall

---

<sup>1</sup>Fachhochschule Bielefeld, Fachbereich Campus Minden, Ringstraße 94, 32427 Minden,  
andreas.sawatzki@fh-bielefeld.de, uwe.sedlak@fh-bielefeld.de, oliver.wetter@fh-bielefeld.de,  
uwe.weitkemper@fh-bielefeld.de, martin.hoffmann@fh-bielefeld.de

kann diese Information verwendet werden, um das Gebäude besonders effizient zu evakuieren. Das System wurde im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts unter Beteiligung von Bauingenieuren, Architekten, Informatikern und Elektrotechnikern entwickelt. Es basiert auf realistischen Annahmen bezüglich der rechtlichen Anforderungen an den Brandschutz und verbindet diese mit aktueller Technologie der Gebäudeautomation.

## 2 Aufbau des Modellhauses

Bei dem Demonstrator handelt es sich um ein Modell eines intelligenten Multifunktionsgebäudes im Maßstab 1:15. Einzelnen Etagen werden verschiedene Funktionen zugewiesen. So gibt es im Erdgeschoss einen Empfangsbereich mit Sitzmöglichkeiten sowie eine Cafeteria. Das erste Obergeschoss bietet eine offene Bibliothek, ein Archiv und den unteren Teil eines zweigeschossigen Audimax. Der obere Teil des Audimax befindet sich im zweiten Obergeschoss sowie diverse Arbeitstische. Auf dem letzten Obergeschoss ist eine Büroebene abgebildet. Dort sind zahlreiche Einzel- und Gruppenbüros platziert.

Wichtige Aktoren des Systems des Modellhauses sind Taster, Schaltaktoren und Rauchwarnmelder. Mittels Taster können bestimmte Szenen aktiviert werden (wie etwa Normalbetrieb oder die Simulation eines Brandes). Letzteres ist wichtig, da vermieden werden soll, dass das Modellhaus einem echten Brand ausgesetzt wird. Der Schaltaktor besitzt potentialfreie Kontakte, die als Identifikation der Szene genutzt werden. Die Konfiguration des Schaltaktors wird binär interpretiert und aktuell werden vier dieser Kontakte verwendet um bis zu  $2^4$  verschiedene Szenen zu verwalten.

Das Modell selbst ist modular aufgebaut. Grundsätzlich besteht das Haus aus zwei Hälften. Zudem ist es möglich, jede Ebene zu Demonstrationszwecken einzeln herauszunehmen und bei Bedarf auszutauschen. Außerdem besitzt jede Etage eine eigene Steuereinheit für die Kernlogik der Fluchtwegleitung (im Folgenden „Smart Escape Route Assistance“ oder SERA s. Abs 5). Zwischen der Decke einer Ebene und dem Boden einer anderen ist jeweils Raum für Verkabelungen sowie die Allgemeinbeleuchtung der darunterliegenden Ebene. In den Boden der Etagen sind RGB-LEDs eingearbeitet (siehe Abbildung 1). Diese visualisieren die Fluchtwege und leiten im Brandfall zum nächsten Notausgang. Eine weitere modulare Eigenschaft des Modells ist die Tatsache, dass die Etagen mit nur zwei Steckern verbunden werden, dazu gehören die Spannungsversorgung sowie die Datenleitung. Über diese werden die Informationen vom KNX-Bus an die Fluchtwegleitung weitergeleitet.

## 3 Funktionen

Das Modellhaus befindet sich in einem frühen Ausbaustadium. Das heißt, aktuell wurde neben dem Konzept und Bau des Hauses nur eine wichtige Funktion implementiert: Die integrierten LED-Streifen auf allen Etagen des Modells dienen einer sicheren Navigation zum nächsten Notausgang im Brandfall und sind eine verbesserte optische Alarmierung für beispielsweise gehörlose oder nicht ortskundige Personen. Um diese Funktion zu gewährleisten, wurde SERA entwickelt, welches die Verwaltung der LEDs übernimmt

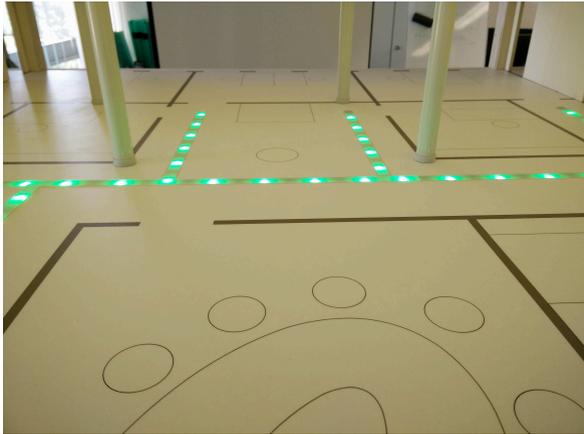


Abb. 1: LED-Streifen für Visualisierung der Fluchtwege

(s. Abbildung 2). Diese erhalten ein statisches Signal von dem KNX-Schaltaktor, interpretieren es und veranlassen die LEDs anschließend das entsprechende Muster darzustellen. Dabei sind die Platinen in Reihe geschaltet und die Signale der Sensoren werden von Ebene zu Ebene weitergereicht. Bei dem Signal handelt es sich um potentialfreie Kontakte, die entweder offen oder geschlossen sind. Somit können  $2^4$  verschiedene Kombinationen erreicht werden, da SERA aktuell vier Anschlüsse verwaltet. Durch diese Konstruktion ist die Fluchtwegeleitung völlig von dem Rest des Systems losgelöst und autark. Es muss lediglich die Schnittstelle definiert werden, um die anliegenden Signale korrekt interpretieren zu können. Somit ist sichergestellt, dass SERA unabhängig von der Gebäudeautomation funktioniert, solange die eingehenden Signale definiert sind. Zukünftig ist eine andere Vernetzung von SERA denkbar.

Eine weitere Funktion, die aktuell bearbeitet wird, ist die Anbindung an bestehende Brandmeldeanlagen und die Implementierung des Kommunikationsstandards (nach VdS 2496). Dabei werden ebenfalls potentialfreie Kontakte verwendet, um sowohl Lösch- und Störungssignale der BMA zu kommunizieren als auch wechselwirkend Informationen von SERA zur Brandmeldeanlage zu übermitteln. Dadurch ist es möglich, meldegruppen- oder gar meldegenau zu bestimmen, wo ein Brand erkannt wurde und diese Informationen für die Visualisierung der Fluchtwege zu verwenden.

## 4 Stand der Technik

Im Falle eines Brandes ist es in erster Linie wichtig, die Personen sicher zum nächsten Notausgang zu leiten. Aber auch eine Aufteilung von großen Menschenmengen könnte im Extremfall ebenfalls lebenswichtig sein. Dazu muss das System allerdings wissen, wo sich die Personen befinden und wie viele Menschen sich dort aufhalten, um die Menge gegebenenfalls zu trennen und schneller zu evakuieren. Im Folgenden werden bekannte Methoden

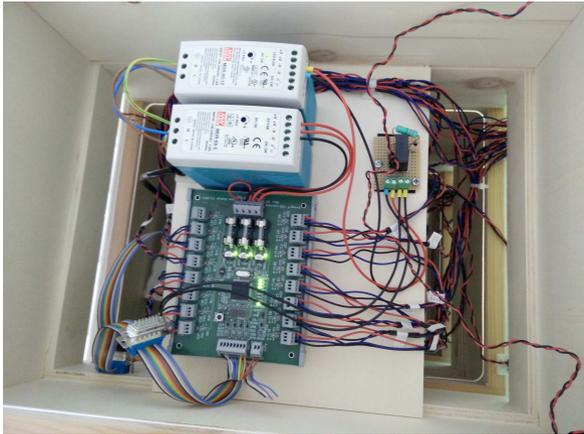


Abb. 2: Smart Escape Route Assistance – SERA

und Techniken aufgeführt, die sich zum Einen mit Brandschutz und zum Anderen mit der Personenzählung befassen.

#### 4.1 Fluchtweglenkung

Der Brandschutz sieht vor, Fluchtwege in öffentlichen Gebäuden zu kennzeichnen. Dazu müssen Wegweiser an Decken und Wänden montiert werden sowie Fluchtwegpläne ausgehängt werden. Hinzu kommt, dass Notausgänge kenntlich gemacht werden und jeder Zeit passierbar sein müssen. Abbildung 3 zeigt ein Fluchtwegschild, wie es zum Beispiel in Hotels verwendet wird. Diese und weitere Schilder sollen die Menschen im Brandfall aus dem Gebäude leiten. Aufgrund der Tatsache, dass die Piktogramme gut sichtbar an Decken und Wänden montiert werden müssen, kann es vorkommen, dass sie bei starker Rauchbildung innerhalb großer Nutzungseinheiten oder in Bereichen öffentlicher Verkehrsanlagen nicht mehr gesehen werden können.

Deshalb beschäftigen sich Unternehmen wie beispielsweise Hanning & Kahl [HA15b] mit intelligenten Leitsystemen. Hanning & Kahl entwickelt „GuideLight“ [HA15a], welche eine intelligente Lösung für Leitsysteme und Informationssysteme im öffentlichen Personen Nahverkehr (ÖPNV) darstellt. „GuideLight“ kann analog zu SERA Menschen im Notfall zum nächsten Notausgang leiten. Zudem soll es Informationen vermitteln, wie etwa genaue Haltebereich von Zügen, bestimmte Abschnitte (z.B. Mehrzweckabteil) kenntlich machen oder durch blinkende Lichtelemente vor vorbeifahrenden Zügen warnen.

#### 4.2 Personenzählung

Eine nützliche Information für den Brandschutz ist das Wissen über Anzahl und Position aller Personen im Gebäude. Kameras sind eine Möglichkeit, um Personen zu detektie-



Abb. 3: Fluchtwegschild  
aus: [Bo15]

ren. Es gibt verschiedene Techniken, um Menschenmengen zu erfassen und messen. Dazu gehören Standardkameras, Infrarotkameras und Wärmesensorkameras.

Am Markt existieren bereits einige Lösungen zur Personenzählung in Kaufhäusern und im ÖPNV, jedoch nicht für den Brandschutz. Diese werden aktuell von spezialisierten Firmen verwendet, um dieser Aufgabe nachzukommen. Standardkameras werden zum Beispiel von den Firmen Visapix [VI15] und Cognimatics [Co15] vertrieben und zählen Menschen in Kaufhäusern bzw. im ÖPNV. Beide Firmen benutzen normale Kameras in kleinen Netzwerken und sammeln die Informationen der ausgewerteten Bilder auf Serversystemen. Die zweite Kameraart sind Wärmekameras, wie sie von der Firma LASE [LA15] verkauft werden. Bei diesen beiden Kameraarten werden Methoden und Techniken der Bildverarbeitung und Mustererkennung eingesetzt, um die aufgezeichneten Bilder zu analysieren.

Eine weitere Möglichkeit, um Menschen zu zählen, sind Infrarotkameras. In der Industrie werden diese unter anderen von den Firmen DILAX [DI15], Iris [In15] und MG [MG15] vertrieben. Diese Kameraart unterscheidet sich von den Standardkameras, da nicht die Personen in den Bildern gezählt werden, sondern die Bewegungsrichtung in beispielsweise Türen erfasst wird. Passiert ein Mensch eine Tür, in der eine Infrarotkamera verbaut ist, nimmt die Kamera eine Bewegung wahr und ermittelt anschließend die Richtung. Somit weiß das System, ob die Person den Raum betritt oder ihn verlässt.

Neben den Kameras können die Personen dem System auch selbst mitteilen, wo sie sich gerade befinden. Dazu besteht entweder die Möglichkeit, drahtlose Funktechnik wie RFID, NFC oder Bluetooth zu verwenden. Bei der drahtlosen Funktechnik ist es erforderlich, dass an diversen Stellen eines Gebäudes entsprechende Lesegeräte installiert werden (z.B. an Türen oder in Räumen). Die Reichweiten der Lesegeräte sind abhängig von der verwendeten Technik. So können NFC-Lesegeräte Sender bis zu zehn Zentimetern erfasst werden [WE15], Bluetooth und RFID hingegen kommen auf bis zu 100 Meter Reichweite [RF15, B115].

Alternativ besteht die Möglichkeit die Distanz zu WLAN Access Points (WAP) zu berechnen und diese Informationen an die Gebäudeautomation zu senden. Diese Methode setzt voraus, dass in dem Gebäude diverse WAPs montiert sind. In dem Fall können die WAPs abgefragt werden, wie viele Personen sich speziell an einzelnen Access Points angemeldet haben und somit eine konkrete Anzahl von Personen in einem Bereich bestimmt werden.

## 5 Ziele

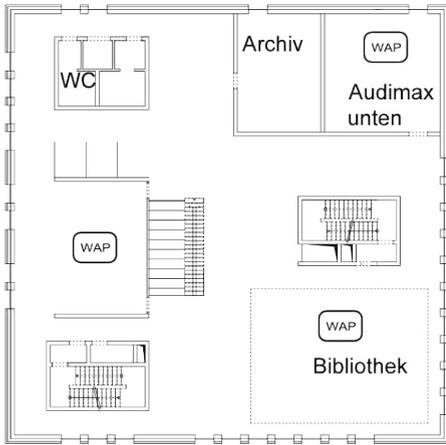
Die primären Ziele, die mit Hilfe des Modellhauses erreicht werden sollen, sind solche, die den Menschen im Brandfall unterstützen. Vor allem assistierende Funktionen werden entwickelt und am Modell veranschaulicht. So soll zum Beispiel eine intelligentere Lösung für die Generierung der Fluchtwege implementiert werden. Diese sollen in Zukunft dynamisch berechnet werden, indem Informationen wie Brand- und Personenpositionen berücksichtigt werden. Sollte ein Brand direkt zwischen einem Notausgang und der Position einer oder mehrerer Personen entstehen, würde das aktuelle System den kürzesten, jedoch nicht zwingend den sichersten Weg dorthin darstellen. Die Fluchtwege werden momentan genau so visualisiert, wie die statischen Fluchtwegpläne aus Hotels und anderen öffentlichen Gebäuden. Dieses Problem soll umgangen werden, indem die Position des Feuers erkannt und ein alternativer Weg ermittelt wird, auch wenn dieser womöglich länger ist.

Ebenfalls denkbar ist eine direkte Kommunikation mit Aufzügen. Fahrstühle sind in der Regel so konfiguriert, dass sie im Brandfall ins Erdgeschoss fahren und dort mit geöffneten Türen verbleiben, bis der Brand gelöscht ist und sie wieder freigegeben werden. Falls ein Feuer allerdings im Erdgeschoss entsteht, wäre es fatal, wenn der Aufzug dort zum Stehen kommt, wenn sich noch Fahrgäste im Lift befinden. Eine mögliche Alternative könnte zum Beispiel sein, dass dem Aufzug mitgeteilt wird, wo sich das Feuer befindet und demnach eine andere Etage angesteuert wird.

Ein weiteres Ziel liegt im Bereich der Personendetektion, um große Personenmassen zu trennen und mögliche Personenstaus zu verhindern. Dies kann vor allem in Bestandsbauten wichtig sein, weil die vorhandenen Fluchtwegbreiten zu klein sein können und der Fluchtweg damit ggf. nicht ausreichend ist. Für getrennte Personenströme reicht ein Fluchtweg möglicherweise eher aus. Deshalb sollte bei der Entwicklung von SERA die mögliche Personenanzahl pro Fluchtwegabschnitt als Parameter definiert werden. Als weiterer Parameter sollte die „Qualität“ des Fluchtweg beurteilt werden. Dazu gehören Kriterien wie Brandlasten im Fluchtweg, Übersichtlichkeit des Fluchtwegs oder Stolperstellen im Fluchtweg. Diese könnten durch eine Checkliste oder ein kleines Tool aufgefasst und bewertet werden.

Der erste Ansatz zur Personendetektion bezieht sich auf die Verwendung von Wireless Access Points. Abbildung 4 zeigt die Grundrisse des ersten und zweiten Obergeschosses sowie eine mögliche Verteilung der WAPs. Die Wahl der Positionen für die WAPs wird in künftigen Untersuchungen evaluiert und möglicherweise optimiert, sodass eine bessere und genauere Bestimmung der Position möglich ist.

# 1. OG



# 2. OG

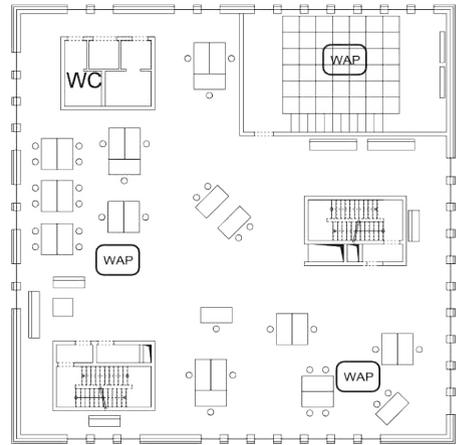
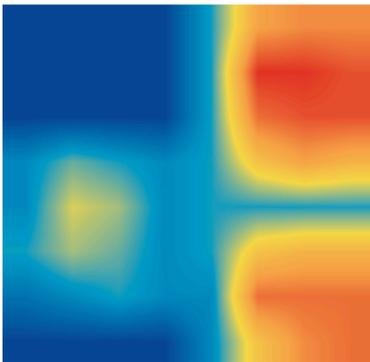
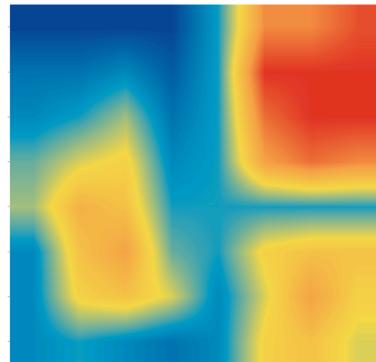


Abb. 4: Grundrisse und mögliche WAP-Verteilung

Um dieses Feature zu realisieren, muss eine Softwarekomponente entwickelt werden, welche die Informationen der WAPs auswertet und ein Gesamtbild über die Verteilung der anwesenden Personen erstellt. Abb. 5a und 5b zeigen eine mögliche Darstellung in Form einer Heatmap. Rote Bereiche repräsentieren viele Menschen und blaue hingegen bedeuten, dass sich keine Personen an diesem WAP angemeldet haben. In Abbildung 5a halten sich sehr viele Menschen im Audimax und in der Bibliothek auf, wohingegen im Bereich der Treppe im linken Teil vereinzelt Personen gezählt wurden. Anders ist es in Abbildung 5b: Hier befinden sich zwei gleich große Menschenmengen bei den Tischen und Sitzmöglichkeiten sowie eine sehr groß Menge im oberen Teil des Audimax.



(a) Heatmap OG1



(b) Heatmap OG2

Abb. 5: Darstellung der gezählten Personen

Abbildung 6 zeigt den Entwurf eines Komponentendiagramms für die Anwendung (Dynamic Escape Route Guidance“ oder DERG genannt). Hierbei ist zu beachten, dass die Software unabhängig von der zugrundeliegenden Gebäudeautomation arbeiten kann. Es soll möglich sein sowohl Rauch- und Präsenzmelder über den KNX-Bus auszulesen als auch die Informationen einer Brandmeldeanlage zu verwenden. Die Daten der Personendetektion gehen über den Knoten „Human Detection“ in die Software ein und werden von dem „Input Layer“ für weitere Berechnungen vorbereitet. Diese könnten auf vorherige Analysen zurückgreifen und neue Daten in Datenbanken oder ähnlichem speichern („Persistent“ im Diagramm). Ein weiterer modularer Aufbau ist die Verwendung eines Datenmodells. In diesem werden technische Informationen über die verwendeten LED-Streifen abgebildet und der Fluchtwegplan modelliert. Diese Modularität sorgt dafür, dass die DERG an jedes Gebäude angepasst werden kann, indem lediglich das Datenmodell aktualisiert wird.

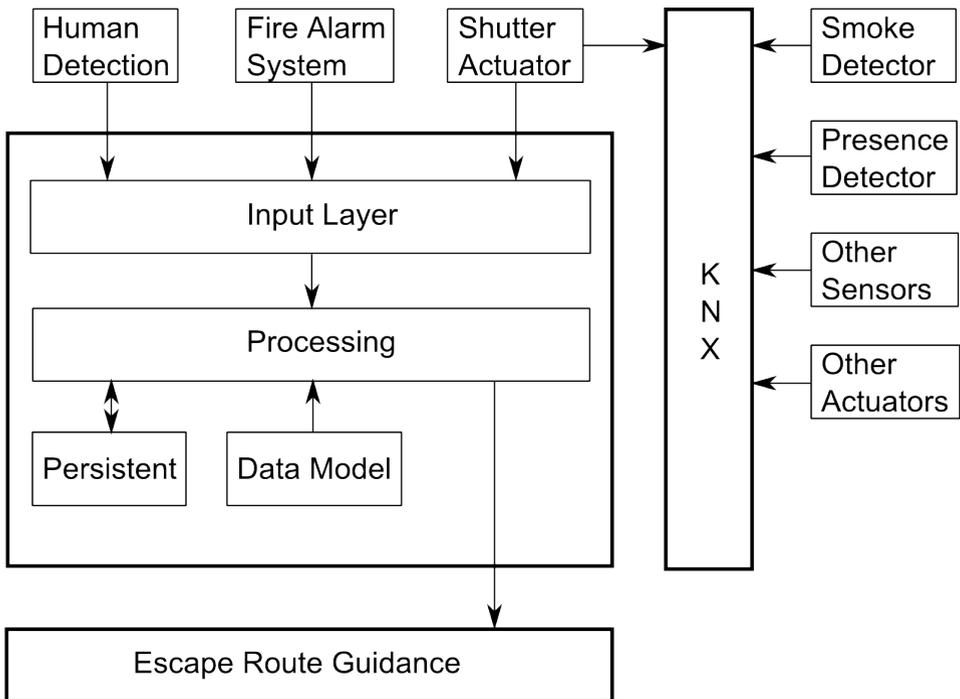


Abb. 6: Dynamic Escape Route Guidance (DERG)

Das Modellhaus ist ein erster Schritt für den modernen Brandschutz und wird Wege erforschen, um den Brandschutz mit Gebäudeautomation zu vereinen. Eine dynamische Generierung der Daten für die LED-Streifen sowie die Erkennung von Menschenmengen und die anschließende Leitung sollen dazu beitragen, dass die Personen sicherer und schneller aus einem brennenden Gebäude evakuiert werden.

## Literaturverzeichnis

[B115] Bluetooth Basics, <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>, Stand: Mai 2015.

- [Bo15] Rettungszeichen: Rettungsweg rechts (BGV A8 E 13), <http://www.fluchtschilder.com/rettungszeichen/nach-BGV-A8-VGB-125/171/Rettungsweg-rechts-BGV-A8-E-13>, Stand: Mai 2015.
- [Co15] TrueView People Counter, <http://www.cognimatics.com/Products/TrueView-People-Counter-the-leading-embedded-people-counter>, Stand: Mai 2015.
- [DI15] Automatische Fahrgastzählung, <https://www.dilax.com/de/public-transport/automatische-fahrgastzaehlung/>, Stand: Mai 2015.
- [HA15a] Intelligente Leitsysteme, <http://www.hanning-kahl.de/produkte-services/intelligentes-leitsystem.html>, Stand: Mai 2015.
- [HA15b] Vorwärts denken, <http://www.hanning-kahl.de/startseite.html>, Stand: Mai 2015.
- [In15] Produkte — Infrarot-Messtechnik, <http://www.iris-gmbh.com/infrarot-messtechnik/>, Stand: Mai 2015.
- [LA15] PeCo TC / TC high, <http://www.peoplecounter.de/hardware/personenzaehlung/peco-tc-tc-high.html>, Stand: Mai 2015.
- [MG15] Personenzählung Systemübersicht, <http://www.mg-industrieelektronik.de/produkte/eyeone/proeye.php>, Stand: Mai 2015.
- [RF15] RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com/faq/show?139>, Stand: Mai 2015.
- [VI15] Kundenfrequenzanalyse, <http://www.visapix.de/loesungen/maximierung-der-kundenanzahl.php>, Stand: Mai 2015.
- [WE15] Die NFC-Technik erklärt, <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/nfc-sicherheit-reichweite-technik-1472160.html>, Stand: Mai 2015.