

Sichere Evakuierung und Orientierung: Eignung eines optischen Leitsystems für das private Wohnumfeld

Safe evacuation and orientation: Suitability of an optical guidance system for the private living environment

Kristin Gabel, M.Eng., Fachhochschule Bielefeld, 33619 Bielefeld, Deutschland,
kristin.gabel@fh-bielefeld.de

Prof. Dr.-Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp, Fachhochschule Bielefeld, 33619 Bielefeld, Deutschland,
eva.schwenzfeier-hellkamp@fh-bielefeld.de

Dr. Mihaela Neculau, HANNING & KAHL GmbH & Co KG, 33813 Oerlinghausen, Deutschland,
mihaela.neculau@hanning-kahl.com

Kurzfassung

Die Gestaltung und Beleuchtung von privaten Wohnbereichen ist ein wichtiger Aspekt für das Wohlbefinden und Sicherheitsgefühl der dort lebenden Personen. Dies ist eine individuelle Aufgabe, die nicht durch Normen zu beschreiben ist. Um bereits als Kind und bis ins hohe Alter möglichst selbstständig leben zu können, stellen Assistenzsysteme im Wohnumfeld eine mögliche Unterstützung dar.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts „Vernetztes Wohnen – Die mitdenkende Wohnung (KogniHome)“ wurde an der Fachhochschule Bielefeld mit Unterstützung des Unternehmens HANNING & KAHL GmbH & Co KG aus Oerlinghausen die Eignung eines optischen Sicherheitsleitsystems, das derzeit im öffentlichen Raum zum Einsatz kommt, für das private Wohnumfeld durch lichttechnische Messungen und Simulationen anhand von geeigneten Szenarien untersucht.

Abstract

The design and lighting of private living area is an important aspect for human's well-being and sense of security. That is an individual task which cannot be described by norms. Assistance systems for the living environment may be a possible support to be able to live independently even as a child and up to old age.

Within the project “Networked Living – The Smart Apartment (KogniHome)” which is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) an optical safety guidance system was tested by the FH Bielefeld University of Applied Sciences with the support of HANNING & KAHL GmbH & Co KG, a company from Oerlinghausen, Germany. It is a system which is currently used in public spaces and may be transferable to the living environment. Therefore photometric measurements and lighting simulations with appropriate scenarios were analysed.

1 Konzept

1.1 Problemstellung

In Gefahrensituationen ist eine sichere und klare Orientierung wichtig. Ausreichende Beleuchtung spielt dabei eine große Rolle. Daher benötigen u.a. Rettungswege in öffentlichen oder gewerblichen Gebäuden eine Sicherheitsbeleuchtung. Sie ermöglicht das gefahrlose Verlassen eines Gebäudes. Eine Notsituation kann bspw. bei einem Brand entstehen. Die Sicht in einem Gebäude wird oftmals durch den sich entwickelnden Rauch eingeschränkt. Optische Sicherheitsleitsysteme können in so einem Fall die Orientierung unterstützen. Da sie nied-

rig montiert werden, sind sie im Fall von aufsteigendem Rauch in Bodennähe weiterhin erkennbar. In öffentlichen Gebäuden können sie als Ergänzung zur Sicherheitsbeleuchtung zum Einsatz kommen [1].

Ein intelligentes Lichtleitsystem, das eine schnelle und gute Orientierung bietet sowie in Gefahrensituationen die Evakuierung unterstützt, hat das mittelständische Unternehmen HANNING & KAHL aus Oerlinghausen in seinem Produktportfolio. Das Sicherheitsleitsystem mit dem Namen „GuideLight“ ist eine optische Leitmarkierung, die elektrisch betrieben wird und auf LED-Technologie basiert. Die Integration des Systems erfolgt im Boden [2]. Es kann im Bedarfsfall mittels Lauflicht-

funktion eine Richtung anzeigen und Personen so den kürzesten Fluchtweg weisen.

Die Einsatzmöglichkeiten und Vorgaben für derartige Leitsysteme beziehen sich gegenwärtig auf den öffentlichen Raum. Die Nutzung des GuideLight-Systems für private Anwendungen im Wohnumfeld ist jedoch vorgesehen.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung ist es, am Beispiel des Systems GuideLight von HANNING & KAHL, die Eignung eines für den öffentlichen Raum konzipierten dynamischen Sicherheitsleitsystems für den privaten Wohnungsbau zu analysieren. Im privaten Wohnumfeld sind verschiedene Einsatzszenarien denkbar, die der Orientierung und Sicherheit dienen. Dabei kann das System sowohl im Alltag als auch im Evakuierungsfall unterstützend wirken.

HANNING & KAHL ist eines der Partnerunternehmen der FH Bielefeld im Innovationscluster „KogniHome“. An diesem Verbundprojekt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bis 2017 gefördert wird, sind 14 wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen aus Ostwestfalen-Lippe beteiligt.

1.3 Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden an der Fachhochschule Bielefeld am Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Mathematik (Forschungsschwerpunkt ITES) durchgeführt. Zur Analyse der Ausgangssituation sind verschiedene LED-Muster des GuideLight-Systems lichttechnisch vermessen worden. Besonderes Augenmerk lag hierbei auf der Lichtverteilung des LED-Leitsystems. Die aufgenommenen Messdaten wurden mithilfe der Simulationssoftware DIALux anhand von fünf ausgewählten Szenarien dargestellt. Als Einsatzbeispiel im privaten Umfeld dient die „KogniHome“-Forschungswohnung, die in der Simulation nachgebildet wurde. Bei dieser Wohnung handelt es sich um eine Bestandswohnung in Bielefeld Bethel, die zu Forschungszwecken entsprechend umgebaut wird. Zur Bewertung der Ergebnisse sind geeignete Kriterien und Annahmen aufgestellt worden.

2 Untersuchung

2.1 Messungen

Drei LED-Musterstücke des GuideLight-Systems in den Lichtfarben Amber, Grün und Rot mit einer Länge von jeweils 1 m sind im Labor an der Fachhochschule Bielefeld lichttechnisch vermessen worden. **Bild 1** zeigt exemplarisch das grüne LED-Muster. Es ist in einer U-Schiene untergebracht, entsprechend der Verlegungsrandbedingungen im Boden. Die Lichtaustrittsfläche befindet sich somit an der oberen Kante (in Bild 1 mit rotem Pfeil gekennzeichnet).



Bild 1: Grünes LED-Muster [Eigene Aufnahme]

Zur Betrachtung der Lichtverteilung des Leitsystems wurde ein Nahfeld-Goniophotometer verwendet. Dieses Messsystem nimmt die Leuchtdichte einer Lichtquelle auf. Aus den gewonnenen photometrischen Daten, in Abhängigkeit von ihrem Winkel, berechnet die Software des Messsystems die Lichtstärkeverteilungskurve und überführt sie in ein Standarddateiformat.

Für die Messungen ist ein Dunkelraum notwendig, um Reflexionen und Störlicht zu vermeiden. Bei dem Messsystem müssen die Halterung zur Aufnahme der Lichtquelle (siehe **Bild 2**) und der Arbeitsabstand an die LED-Muster angepasst werden.

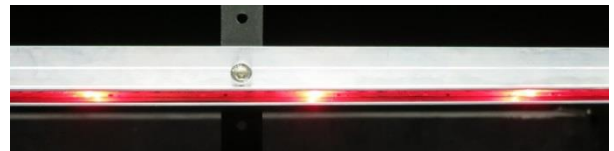


Bild 2: Rotes LED-Muster in angepasster Halterung [Eigene Aufnahme]

Anschließend werden weitere Parameter am Messsystem und in der Software für die jeweilige Messung eingestellt. Die Umgebungstemperatur und die elektrischen Kenngrößen wie Spannung, Strom und Leistung werden vorab überprüft. Die Aufnahme der Lichtverteilung erfolgt im Anschluss automatisch durch das Messsystem.

2.2 Simulationen

Der vom Nahfeld-Goniophotometersystem erzeugte Datensatz für die Lichtverteilung des Lichtleitsystems kann mit dem Lichtplanungsprogramm DIALux abgebildet werden. Als Testumgebung wurde dafür die geplante Forschungswohnung in Bielefeld Bethel aus dem KogniHome-Projekt gewählt. Mithilfe des vorhandenen Grundrisses (Stand März 2015) wurde die Wohnung in der Simulationssoftware abgebildet und mit einer möglichen Einrichtung aus diversen Möbelstücken versehen, wie **Bild 3** zeigt. Die Wohnung besteht aus einem Schlafzimmer, Badezimmer, Büro, Flur, einer Küche und einem weiteren großen Raum. Dieser dient als eine Kombination aus Wohn- und Esszimmer. Im Fokus stehen vor allem das Schlaf-, Wohn- und Badezimmer sowie der Flur. Des Weiteren verfügt die Wohnung über eine Loggia. In verschiedenen betrachteten Szenarien ist vor allem der Weg zwischen diesen Räumen von Interesse. Dabei kann sich es sowohl um eine Alltags- als auch um eine Gefahrensituation handeln, in der ein sicheres Verlassen der Wohnung notwendig ist.

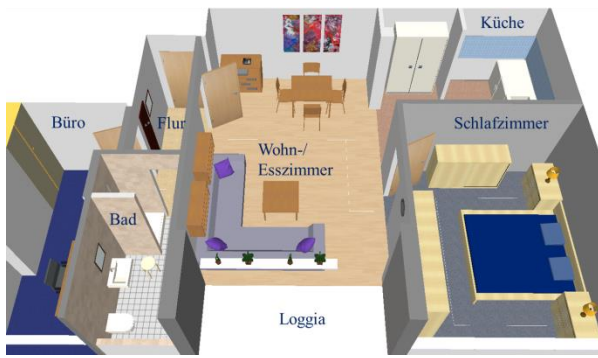


Bild 3: Forschungswohnung abgebildet in DIALux
[Eigene Darstellung in DIALux]

Um die möglichen Funktionen des Lichtleitsystems hinreichend abzubilden, werden mithilfe von DIALux folgende fünf Szenarien dargestellt:

Lichtfarbe Amber:

1. Grundbeleuchtung bei Nacht → alle LED-Elemente eingeschaltet
2. Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt

Lichtfarbe Grün:

3. Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt
4. Weg zur Wohnungstür, Durchgang durch die Wohnungstür erlaubt, als 1. Fluchtmöglichkeit

Lichtfarbe Grün/Rot:

5. Weg zur Loggia, Durchgang durch die Wohnungstür verboten, als 2. Fluchtmöglichkeit

Bei dem ersten Szenario handelt es sich um die Lichtfarbe Amber mit der Funktion „Grundbeleuchtung bei Nacht“, d.h. alle LED-Elemente sind aktiviert. Sie soll bei Bedarf nachts durchgängig eingeschaltet sein und als eine Art „Nachtlit“ dienen. Diese Funktion kann vor allem für Kinder oder ältere Personen von Interesse sein, um das Wohlbefinden und Sicherheitsgefühl in der Nacht zu stärken. Diese Grundbeleuchtung kann die Orientierung in der Wohnung verbessern und die Angst, im Dunkeln zu schlafen, nehmen.

Das zweite zu untersuchende Szenario ist der beleuchtete „Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt“, der ebenfalls mit der Lichtfarbe Amber gewiesen wird. Das Leitsystem ist im Boden verlegt und zeigt einen festen Weg von A nach B. Für diesen Fall sind nur die benötigten LED-Elemente eingeschaltet, um eine eindeutige Richtung vorzugeben. Es ist vorgesehen, dass das Lichtleitsystem in der Nacht älteren Personen oder Kindern das Finden des Wegs vom Schlaf- zum Badezimmer erleichtert. Dies kann mittels Dauerbeleuchtung geschehen oder Lauflicht, um die Richtung eindeutig zu weisen.

Szenario 3 zeigt ebenfalls den „Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt“, allerdings mit grüner Lichtfarbe.

Das vierte Szenario zeigt den „Weg zur Wohnungstür als 1. Fluchtmöglichkeit“. Hierbei handelt es sich um eine Gefahrensituation, in der das Leitsystem einen sicheren Weg aus der Wohnung weisen soll. Es kann sich z.B. um einen Brand und somit um einen Evakuierungsfall handeln. Das Leitsystem würde in der Wohnung von jedem Raum aus mit der Lauflichtfunktion und in grüner Lichtfarbe die Richtung zu einer sicheren Fluchttür weisen.

Neben der Wohnungstür als Fluchtweg nach draußen besteht die Möglichkeit, auf die Loggia zu gehen. Sie kann als 2. Fluchtmöglichkeit dienen, wenn z.B. ein Brand im Treppenhaus den sicheren Weg aus dem Wohnhaus versperrt. Auf der Loggia können die Bewohner warten, bis Hilfe durch die Feuerwehr eintrifft. Der sichere Fluchtweg wird in diesem Fall mit der grünen Lichtfarbe gewiesen. Die gesperrte Wohnungstür wird mit roten LEDs gekennzeichnet.

Bei diesen Szenarien ist es besonders wichtig, Objekte in den Räumen zu platzieren, da das Lichtleitsystem im Boden verlegt wird. Das erzeugte Licht wird demnach vertikal von unten nach oben abgestrahlt. Es muss auf beliebigen Gegenständen auftreffen, damit das jeweilige Szenario realitätsnah sowie die Lichtverteilung in der Simulation gut darstellbar ist. In einem leeren Raum wäre die Lichtverteilung nicht ausreichend sichtbar. Die Simulationen sollen u.a. zeigen, wie hoch die Beleuchtungsstärkewerte in unmittelbarer Nähe des Leitsystems in etwa sind. Aus diesen Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse ziehen, ob sich Personen in einem Raum bei fehlender anderer künstlicher Beleuchtung, d.h. nur mithilfe des LED-Leitsystems, orientieren können.

Möbel und Objekte, die sich in einer Wohnung befinden, stellen potenzielle Hindernisse auf dem Weg einer Person von einem Raum zum anderen dar. Sie müssen in der Nähe des Leitsystems, das den Weg weist, ausreichend wahrnehmbar sein. Darüber hinaus wird das Sicherheitsgefühl durch das Erkennen von Objekten im Raum gesteigert. Die Person kann sich an ihnen orientieren und daraus schließen, in welchem Raum und an welcher Stelle sie sich befindet.

Bild 4 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus dem 2. Szenario. Zusehen ist das Leitsystem mit der Lichtfarbe Amber, welches den Weg vom Schlaf- ins Badezimmer bzw. umgekehrt weist.

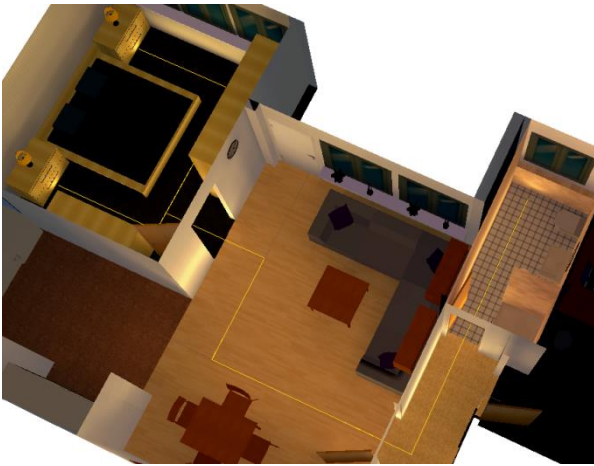


Bild 4: Wohnung mit Leitsystem in der Lichtfarbe Amber (Szenario 2) [Eigene Darstellung in DIALux]

Das Leitsystem mit den Lichtfarben Grün und Rot (Szenario 5) ist in **Bild 5** zu sehen. Es demonstriert eine Gefahrensituation, in der die Wohnungstür gesperrt ist und zur Evakuierung der Weg durch die Wohnung auf die Loggia als Fluchtmöglichkeit gewiesen wird.



Bild 5: Wohnung mit Leitsystem in den Lichtfarben Grün/Rot (Szenario 5) [Eigene Darstellung in DIALux]

2.3 Vorgehensweise zur Auswertung der Szenarien

Die Beleuchtungsstärke soll als lichttechnische Größe zur Bewertung der Szenarien herangezogen werden. In der Norm DIN EN 1838 „Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung“, die für öffentliche oder gewerbliche Räume vorgesehen ist, wird für bis zu 2 m breite Rettungswege auf eine Beleuchtungsstärke von mindestens 1 lx entlang der Mittellinie auf dem Boden hingewiesen. Jeweils 0,5 m rechts und links von dieser Mittellinie muss die Beleuchtungsstärke noch 50 %, also 0,5 lx betragen. Für Antipanikbeleuchtung ist ebenfalls ein Wert von mindestens 0,5 lx für freie Bodenflächen vorgesehen [3]. Da das Lichtleitsystem zur Orientierung und in Gefahrensituationen auch zur Evakuierung dient, können diese Werte aus der DIN EN 1838 als Bewertungs-

kriterien herangezogen werden. Hierbei erfolgt eine Übertragung auf das private Umfeld. Die im Boden verlegten Elemente des Leitsystems entsprechen bei dieser Betrachtung der Mittellinie eines Rettungsweges. Da das System selbst als Lichtquelle dient, ist es nicht sinnvoll direkt auf dieser Mittellinie die Werte für die Beleuchtungsstärke zu bestimmen. Es werden daher die Bereiche in unmittelbarer Nähe rechts und links des Systems betrachtet und mit den Anforderungen aus der Norm verglichen. Diese Bereiche werden als Laufwege einer Person durch die Wohnung angenommen und die zu erwartende Beleuchtungsstärke dort überprüft. Mithilfe von DIALux kann simuliert werden, welche Beleuchtungsstärken auf dem Boden zu erwarten sind und z.B. mittels Falschfarbendarstellung veranschaulicht werden, wie **Bild 6** exemplarisch für Szenario 1 zeigt. Anhand der Skala können die Farben den entsprechenden Beleuchtungsstärkewerten zugeordnet werden.

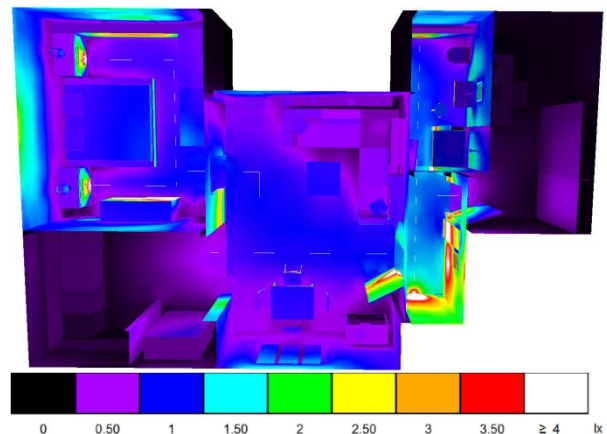


Bild 6: Falschfarbendarstellung „Grundbeleuchtung bei Nacht“ Lichtfarbe Amber [Eigene Darstellung in DIALux]

Der in Bild 6 gezeigten Simulation kann entnommen werden, dass in den Bereichen um das Leitsystem herum (mit der Lichtfarbe Amber) Werte zwischen 0,5 lx und 1 lx für die Beleuchtungsstärke auftreten.

2.4 Ergebnisse

Die fünf ausgewählten Szenarien wurden mithilfe des Lichtberechnungsprogramms DIALux dargestellt und ausgewertet. Dazu dient die DIN EN 1838 „Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung“ [3] als Grundlage, um die Anforderungen für die Ausleuchtung eines Rettungsweges als Vergleichswerte für den Einsatz des Lichtleitsystems in einer Wohnung festzulegen. Es wurden Annahmen getroffen, die den spezifischen Anforderungen des privaten Wohnumfeldes gerecht werden. Daraus wurden Kriterien zur Bewertung des Sicherheitsleitsystems im privaten Wohnumfeld abgeleitet. Sie beziehen sich auf die angrenzenden Bereiche im Boden neben dem Leitsystem, diese entsprechen den Laufwegen einer Person durch die Wohnung. Das Sicherheits-

leitsystem wurde in fünf möglichen Szenarien dargestellt und anhand der abgeleiteten Kriterien bewertet. **Tabelle 1** zeigt eine Übersicht der ausgewerteten Szenarien des im Boden verlegten Leitsystems. Die Szenarien 1 bis 3 stellen Funktionen dar, die die Orientierung von Personen in Alltagssituationen unterstützen können. Szenario 4 und 5 hingegen dienen dem sicheren Verlassen der Wohnung durch die Wahl des ungefährlichsten Fluchtweges bspw. im Falle eines Brandes.

Tabelle 1: Übersicht der ausgewerteten Szenarien

Szenario	Funktion	Lichtfarbe	Kriterien erfüllt
1.	Grundbeleuchtung bei Nacht	Amber	Ja
2.	Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt	Amber	Ja
3.	Weg vom Schlaf- zum Badezimmer bzw. umgekehrt	Grün	Ja
4.	Weg zur Wohnungstür als 1. Fluchtmöglichkeit	Grün	Ja
5.	Wohnungstür gesperrt, Weg zur Loggia als 2. Fluchtmöglichkeit	Grün/Rot	Ja

Bei den Szenarien 1 bis 5 werden die von der Norm DIN EN 1838 geforderten Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke in den Bereichen der Laufwege von 0,5 lx erreicht bzw. übertroffen. Diese Ergebnisse gehen aus der zunächst gemessenen Lichtverteilung und anschließenden Berechnung mit DIALux hervor. Somit kann angenommen werden, dass das Lichtleitsystem in den beschriebenen Alltags- bzw. Gefahrensituationen bei der vorhandenen Geometrie der Wohnung eine ausreichende Orientierung bieten kann.

2.5 Ausblick

Im Laufe des „KogniHome“-Projekts wird die betrachtete Forschungswohnung umgebaut. Durch die erforderlichen Maßnahmen ergeben sich teilweise veränderte Randbedingungen für das untersuchte Lichtleitsystem. Die neuen Daten des erweiterten Planungsstands der Wohnung, wie aktualisierte Angaben zum Grundriss, können genutzt werden, um die durchgeführten Untersuchungen, insbesondere die lichttechnischen Simulationen, anzupassen. Eine besondere Herausforderung stellt die Integration des Lichtleitsystems in den Boden einer Bestandswohnung dar, bei der sich Veränderungen des Systems ergeben können.

In einer späteren Phase des Projekts, nach Einbau des Lichtleitsystems in die Wohnung, ist eine messtechnische Überprüfung der durch die Simulation berechneten

Werte für die Beleuchtungsstärke in ausgewählten Bereichen der „KogniHome“-Forschungswohnung denkbar. Des Weiteren sind Nutzerstudien mit dem Leitsystem in der Forschungswohnung geplant. Zielgruppen können dabei bspw. Senioren, junge Erwachsene oder Kinder sein.

3 Literatur

- [1] licht.de - Fördergemeinschaft Gutes Licht: Optische Sicherheitsleitsysteme, http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/LF_57_Leitsysteme_WEB.pdf; letzter Zugriff am 23.02.2016
- [2] HANNING & KAHL GmbH & Co KG: GuideLight - Das Intelligente Leitsystem als Sicherheitsleitsystem, http://www.hanning-kahl.de/fileadmin/huk/Inhalte/Downloads/Produkte_Service/Bahntechnik/GuideLight/GuideLight_Sicher.pdf; letzter Zugriff am 23.02.2016
- [3] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN 1838: Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2013