

**SLG** 

Schweizer Licht Gesellschaft  
Association Suisse pour l'éclairage  
Associazione Svizzera per la luce

**sens)))NORM**

Ein Projekt der SLG Projects GmbH

# Leitfaden für den Einsatz von **Sensorik in Lichtanwendungen**

Mit Unterstützung von



**energie schweiz**  
Unser Engagement: unsere Zukunft.



## Impressum

Im Rahmen des Programms Energy4Light möchte die Schweizer Licht Gesellschaft SLG in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Energie BFE den Einsatz von Sensoren in der Schweiz fördern.

Ein Element in diesem Programm ist die Aufbereitung des entsprechenden Wissens.

Dieses Dokument dient als Basis für die Ausbildung und Schulung der Fachleute in der Schweiz. Darauf aufbauend werden Seminare, Ausbildungen und weitergehende Dokumente erstellt und angeboten.

Die Schweizer Licht Gesellschaft SLG dankt den untenstehenden Firmen für die Unterstützung bei der Erstellung dieses Leitfadens.



Erarbeitet durch sensNORM und SLG 20.08.2020

Revision 6

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorwort: Energy4Light .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Sensoren in der Beleuchtung .....</b>	<b>7</b>
	2.1 Beitrag zur Energieeffizienz und Energiesparpotenzial.....	7
	2.2 Sinnvolle Einsatzorte .....	8
	2.3 Akzeptanz der Benutzer .....	8
<b>3</b>	<b>Einführung in die Sensorik.....</b>	<b>10</b>
	3.1 Aufgaben von Sensoren in der Beleuchtung.....	10
	3.2 Präsenzmelder und Bewegungsmelder.....	10
	3.2.1 Bewegungsmelder .....	10
	3.2.2 Präsenzmelder.....	11
	3.3 Sensorleuchten und intelligente, vernetzte Leuchten .....	12
	3.3.1 Sensorleuchten .....	12
	3.3.2 Intelligente, vernetzte Leuchten .....	12
	3.4 Definition verschiedener Begriffe .....	15
	3.4.1 Erfassungsbereich .....	15
	3.4.2 Tageslicht, Kunstlicht und Mischlicht .....	15
	3.4.3 Einstellungen und Funktionen 16	
<b>4</b>	<b>Lichtmessung.....</b>	<b>18</b>
	4.1 Helligkeitsmessung .....	18
	4.2 Abgleich Helligkeitsmessung .....	18
	4.3 Lichtmessung im Detail.....	19
<b>5</b>	<b>Funktionsweise und Grenzen der Sensortechnologien.....</b>	<b>21</b>
	5.1 Übersicht der Sensortechnologien...	21
	5.2 Passiv-Infrarot (PIR) .....	21
	5.3 Hochfrequenz (HF).....	23
	5.4 TruePresence® .....	25
	5.5 Ultraschall (US).....	26
	5.6 Bild-Sensorik .....	26
	5.7 Kombination von Sensortechnologien 27	
	5.8 Vor- und Nachteile der Sensortechnologien .....	28
<b>6</b>	<b>Auswahl des Sensors.....</b>	<b>30</b>
	6.1 Einsatzbereich .....	30
	6.2 Erfassungsbereich.....	32
	6.3 Empfindlichkeit .....	34
	6.4 Bauformen und Montagearten .....	35
	6.4.1 Deckenmelder .....	36
	6.4.2 Wandmelder .....	37
	6.4.3 Einbaumelder .....	38
	6.5 Schutzart IP und IK .....	38
	6.6 Schutzart IK nach EN 50102 .....	41
<b>7</b>	<b>Technische Spezifikationen von Sensoren .....</b>	<b>43</b>
	7.1 Standby Verbrauch.....	43
	7.2 Steuerausgänge der Sensoren.....	43
	7.3 Schalten von Licht.....	43

7.4 Schalten von HLK.....	44	<b>9 Planungsbeispiele .....</b>	<b>60</b>
7.5 DIM 1-10V.....	45	<b>10 Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>61</b>
7.6 Ausgänge mit Kommunikation .....	45	<b>11 Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>62</b>
7.6.1 DALI .....	45		
7.6.2 KNX.....	47		
7.6.3 IP.....	48		
7.6.4 BACnet.....	48		
7.6.5 Funkschnittstellen .....	49		
<b>8 Planung mit Sensoren .....</b>	<b>50</b>		
8.1 Planungsgrundlagen .....	50		
8.1.1 Planung der Beleuchtungssteuerung.....	50		
8.1.2 Bestimmung des richtigen Montageortes oder Auswahl der Charakteristik.....	51		
8.1.3 Installation gemäss Planung 52			
8.1.4 Inbetriebnahme entsprechend der Planung .....	53		
8.1.5 Zweckgerechter Betrieb .....	53		
8.2 Planungssicherheit durch sensNORM 53			
8.3 Daten für die Planungssoftware RELUX .....	55		
8.4 Tipps & Tricks rund um Lichtsteuerungen mit Sensoren.....	57		
8.4.1 Fehlerquellen auf Grund der Erfassung.....	57		
8.4.2 Fehler auf Grund der Lichtmessung .....	58		
8.4.3 Fehler in der Installation ....	59		

## 1 Vorwort: Energy4Light

Im Rahmen von diversen Projekten, welche die Schweizer Licht Gesellschaft (SLG) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Energie (BFE) realisiert hat, wurde erkannt, dass bei den Beleuchtungsanlagen in der Schweiz noch ein erhebliches Energie-Einsparungspotential vorhanden ist.

Es zeigt sich, dass deutlich mehr als 50% der Energie nutzlos verbraucht wird, indem Licht erzeugt wird, das nicht nötig ist, weil keine Personen anwesend sind oder genügend Tageslicht vorhanden ist.

In der Schweiz werden rund 13% der verbrauchten Energie für Beleuchtungszwecke eingesetzt. Im Rahmen der Vereinbarung von Davos hat sich die Beleuchtungsbranche der Schweiz verpflichtet, den Anteil der Energie für die Beleuchtung auf die Hälfte zu reduzieren.

Dieses ambitionierte Ziel wird nur erreichbar sein, wenn die gewerblichen Beleuchtungsanlagen mit dem Einbezug von Sensoren automatisiert werden. Damit soll sichergestellt werden, dass das Licht automatisch ausgeschaltet wird, wenn keine Personen anwesend sind oder das Licht gedimmt wird, falls Tageslicht vorhanden ist.

Der Einsatz von Sensoren wird von Fachleuten teilweise mit Zurückhaltung umgesetzt. Dies, weil in der Vergangenheit die Sensoren immer wieder falsch eingeplant wurden

oder nach der Installation nicht korrekt eingestellt wurden und somit Probleme bei den Benutzern verursachten. Die SLG und das BFE möchten deshalb mit Hilfe von umfassenden Informationen, Ausbildungen und Hilfestellungen sicherstellen, dass die richtigen Sensoren am richtigen Ort eingesetzt werden und auch korrekt parametrisiert sind. Damit soll das Vertrauen in die Technologie gestärkt werden und die Akzeptanz bei den Benutzern sichergestellt werden.

## 2 Sensoren in der Beleuchtung

### 2.1 Beitrag zur Energieeffizienz und Energiesparpotenzial

Licht ist Energie. Eingeschaltetes, aber nicht benötigtes Licht ist Energieverschwendung, egal wie effizient das Licht erzeugt wird. Sensoren können in verschiedensten Einsatzorten helfen, nicht genutztes Licht einzusparen. Eine gute Planung erhöht zudem den Komfort und die Sicherheit.

Weltweit den hohen Energieverbrauch zu senken gehört zu den grössten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In der Schweiz beträgt der Anteil des Lichtes am elektrischen Stromverbrauch rund 13%. Bei gewerblich genutzten Gebäuden ist der Anteil der Stromkosten, die für Licht aufgewendet werden müssen, mit einem Anteil von bis zu 55% sogar oft noch höher. Der Einsatz von Sensorik in der Beleuchtung

leistet einen aktiven Beitrag zur Reduzierung des globalen Schadstoffausstosses und hilft dabei, die Ressourcen unseres Planeten zu schonen. Licht nur dann, wenn es gebraucht wird, so viel und solange wie nötig. Sensor-Technologien schalten das Licht automatisch an, wenn eine Person sich nähert oder sich in einem mit Bewegungs- oder Präsenzmeldern ausgestatteten Raum aufhält. Für die Energieeffizienz von Lichtlösungen mit Sensoren sorgt vor allem der Effekt, das Licht bei Abwesenheit automatisch wieder auszuschalten. Je besser der Sensor, desto kürzer kann die Nachlaufzeit gesetzt werden. Der zweite Effekt ist die Einbeziehung des Tageslichts. Das natürliche Licht wird bis zum Erreichen der normativ geforderten Beleuchtungsstärke mit Kunstlicht „aufgefüllt“ - dies regelt der Präsenzmelder mit Konstantlichtregelung.

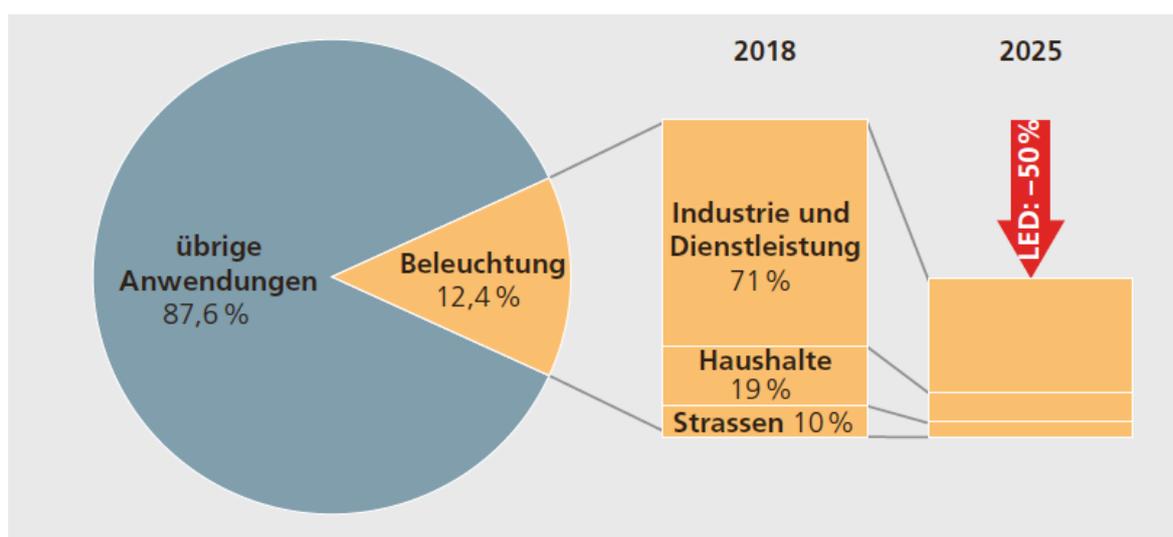


Abbildung 1: Der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz. Anteile der Verbraucherkategorien am gesamten Verbrauch für die Beleuchtung respektive am gesamten Stromverbrauch von 58 TWh (2017). Der Verbrauch hat Kosten von 10 Mrd. Fr. zur Folge.

Der Einsatz von innovativer LED-Technologie in Verbindung mit Sensortechnik generiert zusätzliche Energiesparpotenziale. Der Einsatz dieser beiden Effekte in einer Lichtlösung kann bis zu 90% Strom einsparen. Insbesondere bei der Lichtplanung von Bürogebäuden, Hotels, öffentlichen Gebäuden, Klassen- und Konferenzsälen, Treppenhäusern, Korridoren, Parkhäusern, öffentlichen WCs und Bädern, Betriebsgeländen, Aussenanlagen und mehr.

### 2.2 Sinnvolle Einsatzorte

Der Einsatz von Sensorik macht vor allem an Orten Sinn, an denen für die Menschen keine eigene, besondere Veranlassung besteht, Energie zu sparen. Dies ist z.B. in nicht privaten Gebäuden der Fall. In ihrem eigenen Haus achten die meisten Menschen darauf, möglichst wenig Strom zu verbrauchen. An Orten, an denen die Menschen nicht selbst für den verbrauchten Strom aufkommen müssen, geniessen sie gerne den „Luxus“ und lassen das Licht brennen. Zudem macht der Einsatz von Sensoren aber auch im und um das private Haus Sinn, aus Sicherheits- und vor allem aus Komfortgründen.

Für die Anwendung in nicht dauerhaft genutzten Räumen bietet sich ein An- und Ausschalten des Lichts über Sensoren an. In Räumen, in denen dauerhafte Tätigkeiten ausgeführt werden und eine Fensterfront

vorhanden ist, kommen neben dem An- und Ausschalten des Lichts weitere Funktionen hinzu. Hierzu zählt z.B. das Daylighting und die Konstantlichtregelung, also das Nutzen des vorhandenen Tageslichtes und entsprechendes Anpassen des Kunstlichtes, so dass nur so viel Licht im Raum vorhanden ist, wie wirklich benötigt wird.

### 2.3 Akzeptanz der Benutzer

Ein Sensor funktioniert dann richtig gut, wenn er für den Anwender kaum oder nicht spürbar ist und bietet bei korrekter Installation und Inbetriebnahme nur Vorteile. Zudem bieten die meisten Modelle weiterhin die Option, eine gewohnte Betätigung über einen Taster einzubinden, sodass auf Wunsch der Sensor, die Sensorleuchte oder das Lichtmanagementsystem manuell übersteuert werden können.

Einige Hersteller bieten auch Sensoren für die Wandmontage an, welche bereits über einen integrierten Taster verfügen, wodurch sich die Installation besonders einfach gestaltet. Die Sensoren werden immer kleiner und unauffälliger und sind bei Sensorleuchten teilweise unsichtbar in die Leuchte integriert. So steigt auch die ästhetische Akzeptanz von Sensoren. Somit sollten Hemmnisse gegenüber dem Einsatz von Sensorik nur entstehen, wenn ein Sensor nicht gut im gewählten Einsatzort funktioniert oder falsche Einstellungen vorgenommen wurden.

Wenn der Sensor mit der passenden Technologie ausgewählt wird und dieser am korrekten Montageort installiert und mit anwendungsspezifischen Einstellungen in Betrieb genommen wird, wird die Akzeptanz der Benutzer garantiert sein.

### **3 Einführung in die Sensorik**

#### **3.1 Aufgaben von Sensoren in der Beleuchtung**

So wie Menschen über ihre Sinne die Umgebung wahrnehmen, sei es über das Sehen, die Anwesenheit einer Person oder die Helligkeit in einem Raum, so sollen Sensoren diese Informationen mittels ihrer Technologie auch erfassen und dem entsprechend die Beleuchtung steuern.

Sensoren haben in Lichtenwendungen primär die Aufgabe Licht zu schalten, wenn es benötigt wird, und nur in dem Mass zu beleuchten, wie es gefordert ist. Also wenn Personen anwesend sind und das Tageslicht nicht ausreicht.

Neben den typischen Funktionen der Bewegungserkennung und Lichtmessung, kommen weitere, immer mehr neue relevante Messwerte hinzu. Hierzu zählen unter anderem Temperatur und Luftfeuchte. So bieten Sensoren die Chance, Gebäude zu unserem Nutzen intelligent zu machen und bedarfsgerechte Energieeinsparungen zu ermöglichen, auch über die Beleuchtung hinaus.

#### **3.2 Präsenzmelder und Bewegungsmelder**

In der Beleuchtungssteuerung sind hauptsächlich zwei verschiedene Sensortypen anzutreffen. Bewegungs- und Präsenzmel-

der schalten das Licht, wenn Bewegung oder Präsenz vorhanden ist.

##### **3.2.1 Bewegungsmelder**

Bewegungsmelder gibt es sowohl für Anwendungsgebiete in Innenbereichen, als auch für die Installation in Aussenbereichen.

Die Hauptaufgabe eines Bewegungsmelders besteht darin, gehende Bewegungen von Menschen zu erkennen, um das Licht effizient zu steuern. Die Detektionsempfindlichkeit ist optimiert für gehende Bewegungen mit der Zielgrösse eines Menschen als Erfassungsfläche. Generell bieten sich Bewegungsmelder in Durchgangsbereichen oder in Räumen mit kurzen Anwesenheitszeiten an, wie z.B. in Korridoren, Treppenhäusern, Garagen, Lagerräumen, Kellerräumen und WCs oder Eingangsbereichen von Gebäuden und Wegen rund um Gebäude.

Der Bewegungsmelder berücksichtigt beim Einschalten die vorhandene Lichtmenge. Er schaltet nur ein, wenn neben der Bewegung auch zu wenig Licht vorhanden ist. Ausschalten wird er erst dann, wenn keine Bewegung mehr vorhanden ist - unabhängig von der Lichtmenge. Daher kann der Bewegungsmelder auch parallelgeschaltet werden. Herstellerspezifisch gibt es auch Bewegungsmelder, bei denen die Lichtmessung wie bei den Präsenzmeldern

dauerhaft aktiv bleibt. So ist ein helligkeitsabhängiges Ausschalten der Beleuchtung trotz vorhandener Bewegung möglich.

### 3.2.2 Präsenzmelder

Präsenzmelder dienen dem Zweck, die Anwesenheit von Menschen im Raum auch bei sitzenden Tätigkeiten zu erkennen. Bei den Präsenzmeldern handelt es sich meist um hochauflösende Bewegungsmelder, die in der Lage sind, kleinere Bewegungen zu detektieren. Die Detektionsempfindlichkeit ist für kleinere, sitzende Bewegungen optimiert, sodass die Zielgrößen bei der Erfassung eines Präsenzmelders die Bewegungen von Hand und Unterarm eines Menschen sind. So können typische Arm- und Handbewegungen am Schreibtisch, wie das Führen einer Maus oder das Schreiben auf einer Tastatur ausreichend gut erfasst werden. Eine Nachlaufzeit von z.B. 5 Minuten stellt bei Präsenzmeldern sicher, dass das Licht nicht abgeschaltet wird, wenn keine Bewegung detektiert wird, aber vielleicht doch noch jemand im Raum ist. Speziell in Büros, Klassenräumen, Konferenzräumen oder Besprechungsräumen bieten sich somit Präsenzmelder mit ihrer höheren Erfassungsempfindlichkeit an.

Die Lichtmessung beim Präsenzmelder bleibt immer aktiv. Somit wird trotz der Anwesenheit von Personen das Licht ausgeschaltet, falls genügend Tageslicht vorhanden ist.

Neben der Lichtsteuerung werden Präsenzmelder häufig auch für die Ansteuerung von Heizungs-/Lüftungsanlagen genutzt. Mit einem zusätzlichen Schaltausgang, mit separat einstellbarer Zeitverzögerung und Nachlaufzeit, wird die Information in die HLK-Steuerung weitergegeben.

Durch die Kombination mehrerer Sensoren (Master-Slave Installation) lässt sich der überwachte Bereich vergrößern. Dabei übernimmt der Master die Lichtmessung und die Slaves erfassen nur die Bewegung. Je nach Aufbau des Sensors wird der Erfassungsbereich rund oder rechteckig begrenzt.

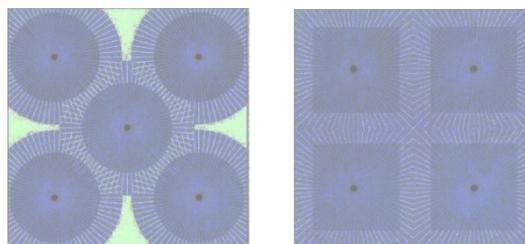


Abbildung 2: Es gibt Bewegungs- und Präsenzmelder mit quadratischen und runden Erfassungsbereichen

Der Erfassungsbereich wird bei Sensoren, welche nach der aktuell gültigen IEC-Norm von sensNORM vermessen wurden in einer Rasterdarstellung angegeben. (siehe Abschnitt 8.2).

### 3.3 Sensorleuchten und intelligente, vernetzte Leuchten

#### 3.3.1 Sensorleuchten

Sensorleuchten haben bereits Bewegungs- und Lichtsensoren integriert, sodass automatisches Licht besonders schnell und einfach zu installieren ist. Besonders im Fall einer Renovierung sind alte Leuchten schnell und einfach durch Sensorleuchten ersetzt, ohne dass eine Neuverkabelung nötig ist. Wenn für den Anwendungsfall das einzelne Schalten einer Leuchte ausreichend ist, sind Sensorleuchten eine gute Lösung. Darüber hinaus gibt es komfortable und intelligente Funktionen, welche an der Leuchte aktiviert werden können. Eine Grundlichtfunktion kann von der Sensorleuchte für die gesamte Nacht eingeschaltet werden, oder lediglich als Vorwarnung des anstehenden Ausschaltens aus Sicherheits- und Komfortgründen. Beispielsweise in Parkhäusern kann ein Grundlicht über die ganze Nacht aus Sicherheitsgründen sinnvoll sein, damit die Parkhausbenutzer nicht in einen dunklen Bereich eintreten.

- Sensorleuchten können genauso wie Sensoren mehrere Leuchten gemeinsam steuern. Kabelgebunden oder auch als Funklösung, können so zum Beispiel mehrere Leuchten im Treppenhaus auf einer Ebene oder einem ganzen Korridor angesteuert werden

- Zusätzlich kann mit Sensorleuchten auch mitlaufendes Licht erstellt werden, so dass in einem Treppenhaus immer die benachbarten Ebenen mit einschalten

#### 3.3.2 Intelligente, vernetzte Leuchten

Seit die LED sich in der Masse der Anwendungen durchgesetzt hat, kommt einer Steuerung, welche alle Möglichkeiten der Lichttechnik nutzt, noch grössere Bedeutung zu. So können je nach Anwendung allein durch die Steuerung 30% bis 80% der Volllaststunden eingespart werden. Eine zentrale Bedeutung zum Erreichen dieser Ersparnis, kommt der präzisen Erfassung der Anwesenheit von Personen, des Tageslichteinflusses und einer der Anwendung entsprechend optimierten Einjustierung zu. Weiter ist für eine effiziente Lichtsteuerung wichtig, dass die Lichtgruppen möglichst klein sind. Dadurch erhöht sich die Effizienz des gesamten Systems.

Alle diese Anforderungen können Lichtmanagementsysteme (LMS) erfüllen. Die Planung, Installation und Inbetriebnahme ist bei solchen Lösungen durch die meist zentrale Struktur der Steuerung und die vielen Möglichkeiten der Ausgestaltung aber komplex und aufwendig.

Intelligente, vernetzte Leuchten verfolgen einen organischeren Ansatz: Das Konzept

vereint Leuchten, Sensoren und das Lichtmanagementsystem zu einer Komplettlösung. Jede Leuchte verfügt über eine Intelligenz für Tageslicht-, Präsenz-, Ereignis- und Logik gesteuertes Licht, eine Notlichtfunktion und zwei Eingängen für externe Steuersignale. Dies erleichtert die Planung und Inbetriebnahme bedeutend, da die Installation jederzeit ergänzt, reduziert oder einzelne Leuchten ausgetauscht werden können. Die Leuchten lassen sich wahlweise per Funk oder Datendraht miteinander verbinden und sind somit für Neubauten und Renovationen geeignet. Die Schwarmfunktion ist ein essenzieller Bestandteil von TRIVALITE: mit- und vorrauslaufendes Licht durch vernetzte Leuchtengruppen, eine auf Bewegung ausgerichtete, dynamische Beleuchtung, die den Austausch von Anwesenheits- und Tageslichtinformationen für ein optimales Lichtmanagement nutzt. Dabei sind die kommunizierenden Leuchtengruppen zu einer kompletten Lichtmanagemeinheit zusammengeschlossen. Durch die Gruppierung von Duzenden von Leuchten kann deren Verhalten minutiös definiert werden.

Vorinstallierte Steuerprogramme mit vordefinierten Beleuchtungsszenarien ermöglichen individuelle Gruppenfunktionen für jeden Einsatzbereich, die überdies individuell angepasst werden können. So wird beim Betreten eines Treppenhauses nicht nur die

jeweilige Etage ausgeleuchtet, sondern auch die angrenzenden Etagen erhellt. Gleiches gilt für Tiefgaragen, andere Verkehrszonen oder Büros, wo der Lichtschwarm sich mit der Person vom Start bis zum Ziel bewegt. Die angrenzenden Leuchten arbeiten mit reduzierter Helligkeit und tragen so zur verbesserten Raum-orientierung und einem erhöhten Sicherheitsgefühl bei. Intelligente Leuchten unterscheiden sich in dieser Hinsicht von Sensorleuchten mit einfacher tageslichtabhängiger Ein-Aus-Schaltung, denen jede zusätzliche und vernetzte Intelligenz fehlt.

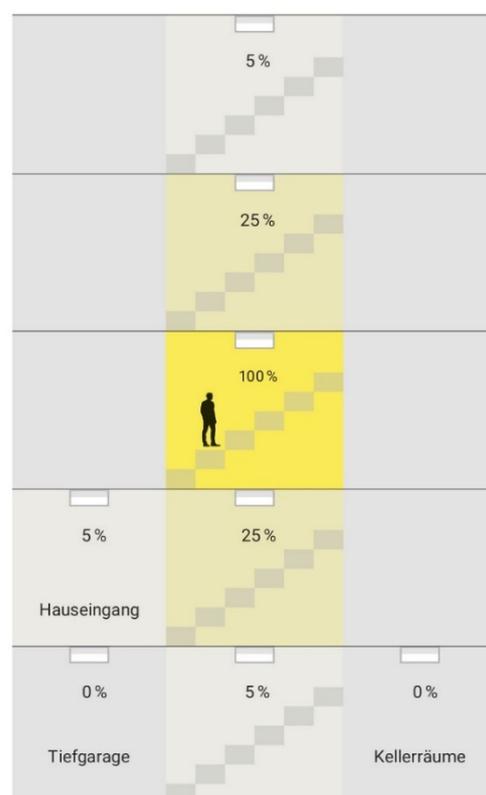


Abbildung 3: vernetzte Leuchten steuern das Licht bedarfsabhängig und ermöglichen auf einfachste Art und Weise eine energie- und anwendungsoptimierte Lichtlösung

Mit intelligenten Leuchten spart der Betreiber dank geringen Energiekosten langfristig. Weil Intelligente Leuchten All-in-One Lösungen sind, reduziert sich der Aufwand bei der Planung, Montage und Inbetriebnahme.

Die Reduktion der Brenndauer einer Beleuchtung durch die Steuerung allein zeigt sich an folgendem Beispiel (Abbildung 4): In einem Treppenhaus eines Geschäftshauses in Bern wurden die Volllaststunden vor und nach der Umrüstung auf intelligente, vernetzte Leuchten, aufgezeichnet. Es zeigt sich, dass die Beleuchtungsdauer um knapp 60% reduziert werden konnte und dank mit- und vorrauslaufendem Licht der

Komfort erhöht und die Sicherheit optimal gewährleistet wird. Dies zeigt eindrücklich, was eine zeitgemässe Lichtsteuerung bewirkt.

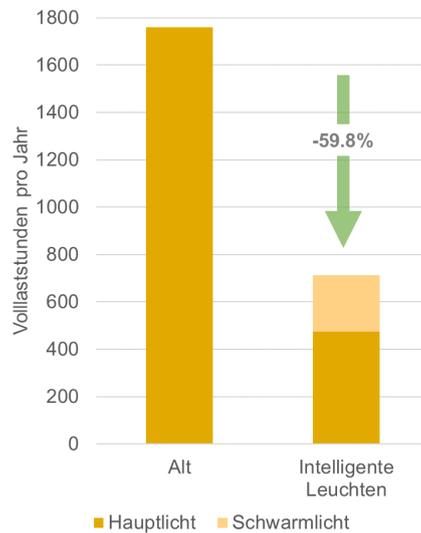


Abbildung 4: Reduktion der Brenndauer durch eine moderne Lichtsteuerung

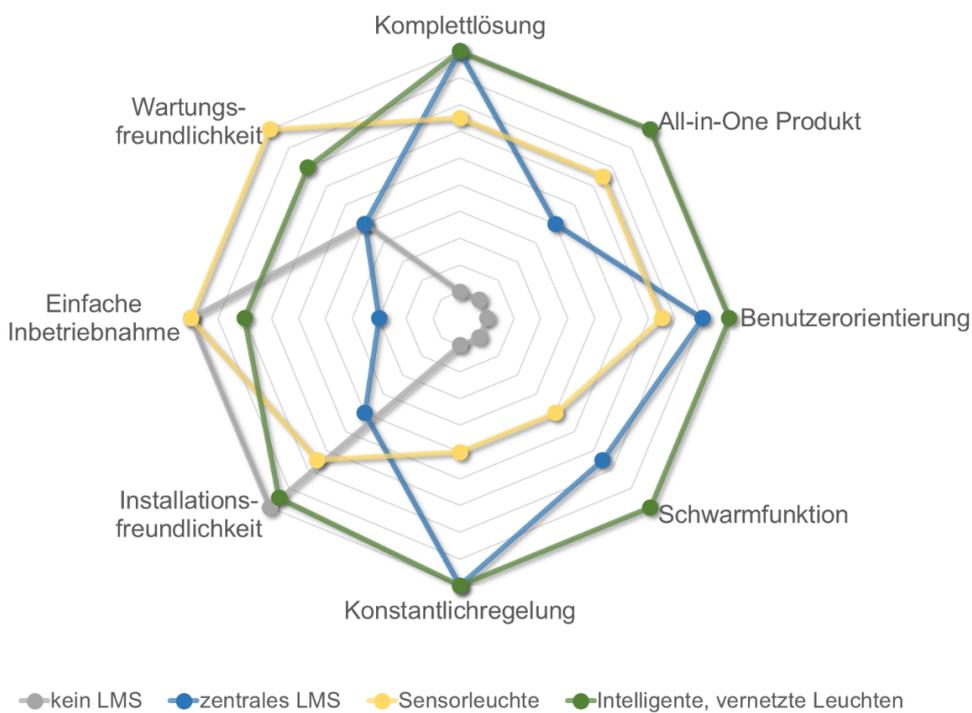


Abbildung 5: Im Vergleich lassen sich die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lichtsteuerungsarten gegeneinander abwägen

### 3.4 Definition verschiedener Begriffe

#### 3.4.1 Erfassungsbereich

Der Erfassungsbereich eines Sensors beschreibt den Bereich, in welchem dieser Bewegung detektieren kann.

##### 3.4.1.1 PIR-Sensoren

Besonders bei Passiv-Infrarot-Sensoren (PIR) ist es sehr wichtig, zwischen der radialen und tangentialen Erfassung zu unterscheiden.

Man spricht von **tangentialer Erfassung**, wenn sich eine Person quer, bzw. parallel zum Sensor bewegt und von **radialer Erfassung**, wenn sich eine Person direkt auf den Sensor zu bewegt, also auf einer Linie vom Rande des Erfassungsbereiches zum Sensor hin.



Abbildung 6: Visualisierung der tangentialen und radialen Erfassung eines PIR-Sensors

Bei tangentialer Bewegung werden von PIR-Sensoren grosse Reichweiten erzielt, bei radialer Bewegung jedoch deutlich geringere Reichweiten. Bei PIR-Sensoren kann man also festhalten, dass die radiale

Reichweite die sichere Erfassungsreichweite und tangential die maximale Reichweite darstellt. Bei Präsenzmeldern wird zusätzlich ein **Präsenzbereich** ausgewiesen. Der Präsenzbereich beschreibt den Teil der Erfassungsfläche, in welchem Präsenz erfasst wird, im Sinne von Arm- oder Handbewegungen.

##### 3.4.1.2 Hochfrequenz oder Ultraschall-Sensoren

Bei Hochfrequenz oder Ultraschall-Sensoren ist die Erfassung im Regelfall sowohl radial als auch tangential nahezu identisch.

##### 3.4.1.3 Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeit von Sensoren unterscheidet sich je nach Technologie und Modell und kann manuell verändert werden. Durch elektronische Anpassungen der Schwellenwert kann die Empfindlichkeit von Sensoren erhöht oder gemindert werden.

#### 3.4.2 Tageslicht, Kunstlicht und Mischlicht

Der Begriff Licht kann im Zusammenhang mit Sensoren in drei verschiedene Arten unterteilt werden. Das Tageslicht, erzeugt von der Sonne, wird als natürliches Licht bezeichnet. In Gebäuden findet man natürliches Licht typischerweise einfallend durch Fenster, Oberlichter oder Türen. Jede Art von Licht, welche elektrisch erzeugt wird, ist Kunstlicht. Hierzu zählt typischerweise

von Leuchten erzeugtes Licht.

Das sogenannte Mischlicht ergibt sich aus der Summe des natürlichen Lichts und des Kunstlichts. Solche Situationen ergeben sich in Räumen, in denen Tageslicht z.B. durch Fenster einfällt und zusätzlich die Beleuchtung im Raum eingeschaltet ist.

Bewegungs- und Präsenzmelder haben in der Regel einen integrierten Lichtsensor, über welchen die Lichtmessung direkt in der Schaltung berücksichtigt wird ist.

### **3.4.3 Einstellungen und Funktionen**

#### **3.4.3.1 Helligkeitswert**

Der Helligkeitswert in Lux gibt an, ab welcher Lichtintensität der Sensor die Beleuchtung zu- oder abschaltet. Dadurch wird das Kunstlicht nur dann zugeschaltet, wenn nicht ausreichend Tageslicht vorhanden ist.

#### **3.4.3.2 Nachlaufzeit**

Nach der letzten erkannten Bewegung bleibt das Licht für die Dauer der eingestellten Nachlaufzeit eingeschaltet und löscht anschliessend automatisch. Die Zeit ist individuell einstellbar. Je kürzer die Nachlaufzeit ist, umso grösser ist die Energieeinsparung. Allerdings eignen sich kurze Nachlaufzeiten auf Grund von möglichen Fehlschaltungen nicht in allen Anwendungen.

#### **3.4.3.3 Grund- oder Orientierungslicht**

Das Grund- oder Orientierungslicht ermöglicht eine variabel einstellbare permanente oder zeitlich festgelegte Grundhelligkeit der gesteuerten Beleuchtung. Bei Bewegung schaltet die Beleuchtung auf volle Leistung. Dies dient der Orientierung aus der Ferne und erzeugt ein Sicherheitsgefühl, damit man nicht in komplett unbeleuchtete Bereiche eintritt. Voraussetzung für diese Funktion ist eine dimmbare Beleuchtung.

#### **3.4.3.4 Konstantlichtregelung**

Der Sensor misst den Anteil des vorhandenen Tageslichts und fügt diesem entweder Kunstlicht hinzu, oder regelt das Kunstlicht zurück. Über dieses Beimischen von Kunstlicht regelt der Sensor über den Tagesverlauf auf den voreingestellten Lichtwert. Es wird demnach also nur so viel Kunstlicht hinzugefügt, wie benötigt wird.

#### **3.4.3.5 Soft-Up und Soft-Down**

Dimmt die Beleuchtung langsam und elegant auf 100% Leistung hoch und wieder herunter. Voraussetzung für diese Funktion ist eine dimmbare Beleuchtung.

#### **3.4.3.6 Dauerlicht**

Verschiedene Sensoren und Sensorleuchten bieten speziell im Aussenbereich die Option, bei einsetzender Dämmerung, ein Dauerlicht für mehrere Stunden einzuschalten. Anschliessend geht die Beleuchtung wieder zurück in den bewegungs-gesteuerten Modus.

#### **3.4.3.7 Testbetrieb**

Der Testbetrieb eines Sensors bietet die Möglichkeit, für kurze Zeit einen helligkeitsunabhängigen Reichweitentest durchzuführen. So kann getestet werden, ob die für die Anwendung relevanten Bereiche gut erfasst werden.

#### **3.4.3.8 Voll- und Halbaomatik**

Im Vollautomatik-Modus schaltet der Sensor komplett automatisch ein und aus. Die Halbaomatik bietet die Option, den Sensor manuell per Taster einzuschalten und automatisch wieder ausschalten zu lassen (Auto-Off). Dadurch ist die Halbaomatik noch energiesparender, da Licht wirklich nur eingeschaltet wird, wenn es gewünscht wird.

#### **3.4.3.9 Öko-Aus**

Die Öko-Aus Funktion ermöglicht über einen eingebauten oder externen Taster (vor Ablauf der Nachlaufzeit) manuell auszuschalten.

## 4 Lichtmessung

Jeder Sensor hat regulär einen integrierten Lichtsensor, über welchen die Lichtmessung direkt am Sensor stattfindet. Es wird also nicht die Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsfläche gemessen, sondern das reflektierte Licht, welches an der Sensorposition ankommt.

Demnach können bei gleichem Lichtoutput bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen verschiedene Werte bei der Lichtmessung des Sensors gemessen werden. Diese Bedingungen können sich durch direkte Sonneneinstrahlung, allgemeine Reflexion und auch durch das Material und die Farbe des Mobiliars im Raum verändern. Auf Grund dieser Einflüsse auf die Lichtmessung, wirkt sich jeder Raum individuell auf das Schaltverhalten eines Sensors aus.

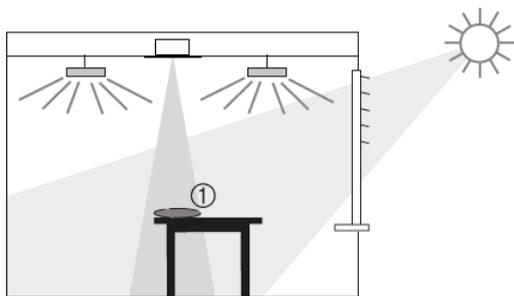


Abbildung 7: Die Lichtmessung erfolgt im Sensor an der Decke. Durch die Reflexionen des Tages- und Kunstlichtes sind die Lichtverhältnisse am Sensor nicht die gleichen wie auf dem Boden oder einem Tisch.

### 4.1 Helligkeitsmessung

Der Präsenzmelder misst Tages- oder Mischlicht, welches unterhalb des Melders reflektiert wird. Der Montageort wird zur Referenz des Beleuchtungsniveaus. Direkte Lichteinstrahlung, beispielsweise durch eine Leuchte, beeinflusst die Lichtmessung. Die Platzierung von Stehleuchten oder abgehängter Beleuchtung direkt unter dem Sensor muss vermieden werden. Wird die Helligkeitsmessung deaktiviert, schaltet der Melder das Licht nur in Abhängigkeit der Präsenz.

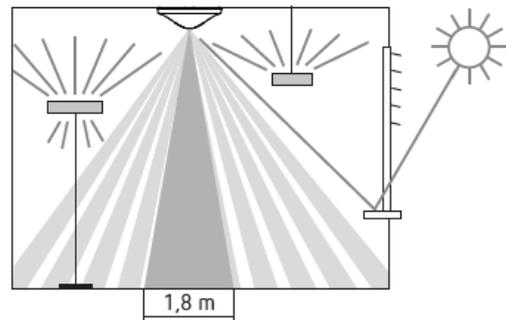


Abbildung 8: Der Raum-Korrekturfaktor bildet das Verhältnis des Lichtes an der Decke zum Licht auf der Arbeitsfläche ab.

### 4.2 Abgleich Helligkeitsmessung

Der Helligkeits-Messwert an der Decke wird durch den Montageort, den Lichteinfall, die Wetterverhältnisse, den Reflexionseigenschaften des Raumes und der Möbel beeinflusst. Mit dem Raumkorrekturfaktor

$$\text{Raumkorrekturfaktor} = \frac{\text{Helligkeit an der Decke}}{\text{Helligkeit auf der Nutzfläche}}$$

wird der Helligkeits-Messwert des Lichtkanals an die Verhältnisse im Raum angepasst und kann so an den gemessenen Luxwert auf der Fläche unterhalb des Präsenzmelders angeglichen werden.

### 4.3 Lichtmessung im Detail

Die Beleuchtungssteuerung mit Präsenzmeldern basiert zum einen auf den registrierten Bewegungen, zum anderen auf der Lichtmessung. Präsenzmelder messen permanent die Helligkeit im Raum. Durch diese permanente Lichtmessung ist der Präsenzmelder in der Lage, nicht nur Kunstlicht bei ungenügendem Tageslicht ein, sondern auch wieder auszuschalten. Das klingt zwar einfach, in der Tat muss der Präsenzmelder aber bei eingeschaltetem Kunstlicht beurteilen, ob nach dem Ausschalten noch genügend Tageslicht vorhanden ist

Beim Schaltbetrieb misst der Präsenzmelder das Mischlicht, die Summe des Kunstlichts und Tageslichts. Um das Kunstlicht bei zunehmendem Tageslicht im richtigen Moment auszuschalten, muss der Präsenzmelder den Anteil des Kunstlichts kennen. Diesen Wert lernt er selbstständig, indem er sämtliche Schaltvorgänge der Beleuch-

tung im Raum fortlaufend analysiert. (Abbildung 9) Somit kann er aus der gemessenen Gesamthelligkeit jederzeit die aktuelle Tageslichtstärke berechnen. Der Vorteil der Mischlichtmessung besteht darin, dass sie mit jeder Lichtquelle arbeitet - seien es LEDs, Halogen- oder Fluoreszenzlampen. Die Mischlicht-erkennung ist Grundlage für die Konstantlichtregelung.

Bei der Konstantlichtregelung misst der Präsenzmelder permanent die Summe aus Tageslicht und Kunstlicht. Den gewünschten Helligkeitswert ermittelt er aus diesen beiden Lichtquellen. An einem nebeligen oder regnerischen Morgen ist der Tageslichteinfall geringer. Dann erhöht der Präsenzmelder den Anteil an Kunstlicht, um die gewünschte Helligkeit im Raum zu erreichen (Abbildung 10). Zieht die Sonne im Laufe des Vormittags auf, sodass mehr Licht durch die Fenster einfällt, reduziert der Präsenzmelder den Anteil an Kunstlicht. Die Helligkeit im Raum bleibt also unabhängig vom Einfall des Tageslichtes immer konstant. Typische Anwendungsfelder: Produktionsgebäude, in denen eine gewisse Helligkeit gesetzlich vorgeschrieben ist oder Büros und Schulzimmer.

## Leitfaden für den Einsatz von Sensorik in Lichtenwendungen

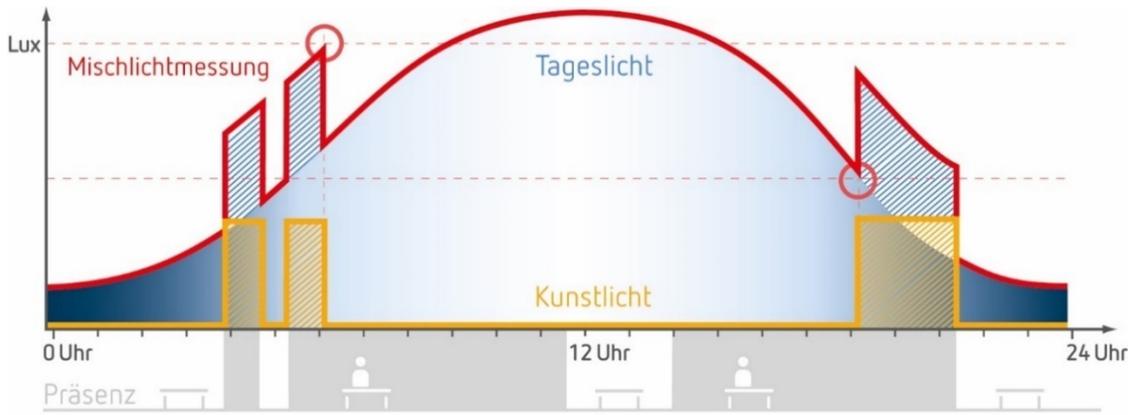


Abbildung 9: Mischlichtmessung: Der Präsenzmelder misst die Summe aus Kunst- und Tageslicht und schaltet entsprechend das Kunstlicht "EIN" bzw. "AUS".

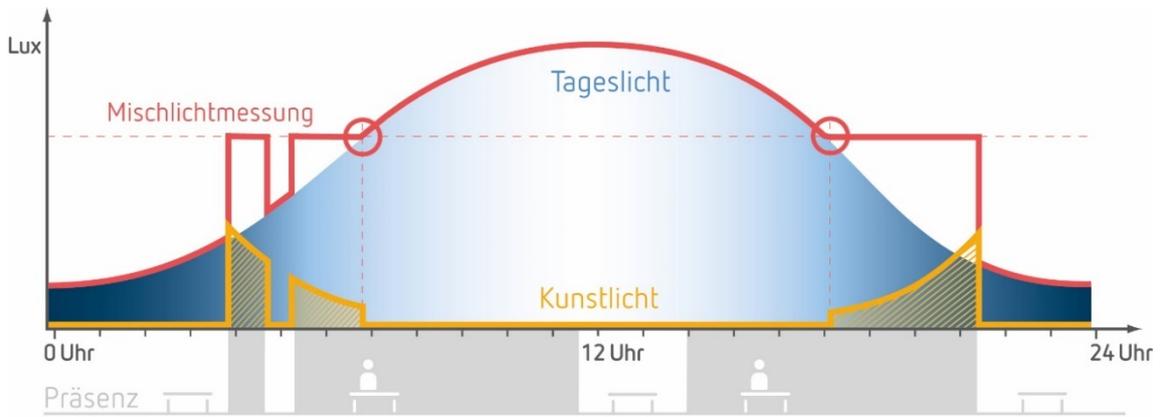


Abbildung 10: Konstantlichtregelung: Es wird nur so viel Kunstlicht wie benötigt zugeschaltet und stufenlos angepasst

## 5 Funktionsweise und Grenzen der Sensortechnologien

### 5.1 Übersicht der Sensortechnologien

Es gibt verschiedene Technologien, die für die Bewegungs- und Präsenzmelder genutzt werden. Jede Technologie bringt verschiedene Erfassungsweisen und Besonderheiten mit sich, weshalb sie für bestimmte Einsatzorte unterschiedlich gut geeignet sind.

### 5.2 Passiv-Infrarot (PIR)

Infrarotsensoren reagieren auf die Wärmestrahlung sich bewegender Lebewesen und schalten die Beleuchtung ein und nach einer eingestellten Zeit wieder aus.



Abbildung 11: Erfassungsschema Passiv-Infrarot-Sensor (PIR)

Das Herzstück der Passiv-Infrarot-Sensortechnik ist ein so genannter Pyrosensor. Dieses elektronische Bauelement reagiert, wenn sich die Infrarot-Wärmestrahlung innerhalb seines Erfassungsbereiches rasch verändert. Da jeder Mensch aufgrund seiner Körperwärme Infrarotstrahlung abgibt, verändert er das vom Sensor erfasste Wärmebild beim Eintritt in den Sichtbereich, was der Sensor registriert.

Tabelle 1: Übersicht über die Sensortechnologien

Passiv-Infrarot (PIR)	Reagiert auf sich bewegende Wärmequellen, insbesondere Menschen.
Hochfrequenz (HF)	Reagiert auf sich bewegende Objekte. Sieht sogar durch dünne Wände und Glas hindurch.  Der TruePresence® Sensor ist ebenfalls ein HF-Sensor. Er erfasst die Präsenz von Menschen jedoch durch die Detektion der Vitalfunktionen (insbesondere Atmung) und nicht nur durch grössere Bewegungen.
Ultraschall (US)	Reagiert auf sich bewegende Objekte.  Füllt den ganzen Raum aus und erfasst auch um Objekte herum
Bild Sensorik	Erfasst optisch nur Menschen und kann diese z.B. auch zählen.

Eine sichere Anwesenheitserkennung hängt massgeblich von der Anzahl, Beschaffenheit und Anordnung der Linsenelemente ab. Um auf Bewegungen innerhalb des Erfassungsbereichs reagieren zu können, sind die Sensorsysteme mit einer Segmentlinse ausgestattet. Sie unterteilt das Sichtfeld des Pyrodetektors in aktive (für den Sensor sichtbar) und passive (für den Sensor nicht sichtbare) Zonen. Wechselt eine Person von einer aktiven in eine passive Zone oder umgekehrt, ändert sich für den Sensor die empfangene PIR-Strahlung und er gibt ein Signal ab.

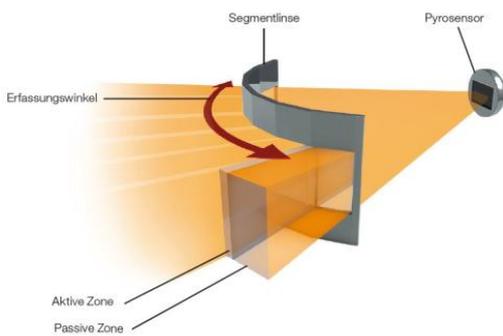


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Erfassung eines Infrarot-Sensors

Da der Melder den Erfassungsbereich in verschiedene Sektoren unterteilt, spielt die Positionierung und Ausrichtung des Sensors eine grosse Rolle. Dabei sollte der Bewegungsmelder so angebracht werden, dass bei typischen Bewegungen in der entsprechenden Anwendung möglichst viele Zonen durchschritten werden, um optimale Funktionalität zu erreichen. Die zu erfassende Bewegung sollte also tangential zum

Sensor verlaufen.

Im Fall der radialen Bewegung zum Sensor werden die Erfassungszonen spät gekreuzt, sodass die Reichweiten deutlich geringer ausfallen. Zusätzlich spielt auch die Montagehöhe eine Rolle: je höher der Bewegungsmelder montiert wird, desto grösser wird der Erfassungsbereich.

Da die passiven und aktiven Bereiche des Sensors mit zunehmender Höhe und Entfernung grösser werden, nimmt die Empfindlichkeit jedoch ab.

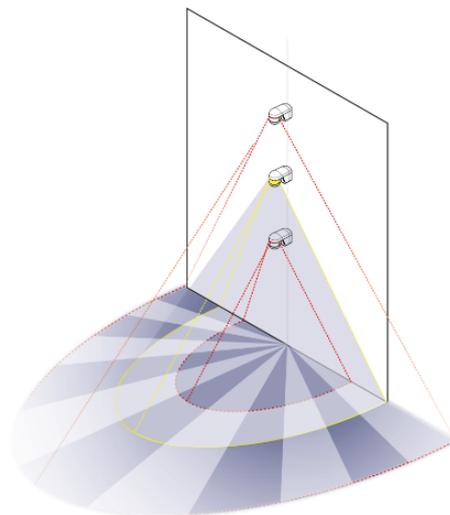


Abbildung 13: Mit zunehmender Höhe wird der Erfassungsbereich grösser und die Empfindlichkeit geringer

Für besonders grosse Erfassungsbereiche werden innerhalb des Melders mehrere Pyrosensoren in einem speziellen Winkel so zueinander angeordnet, dass sich ihre Erfassungsbereiche addieren (Abbildung 14).



Abbildung 14: Einblick in einen PIR-Melder: sichtbar sind vier Pyrosensoren und die typische Linsestruktur

Die Funktionsweise von PIR-Sensoren kann bei hohen Temperaturen beeinträchtigt sein. Wenn sich die Oberflächentemperatur der Person und die Umgebungstemperatur sehr ähnlich sind, sinkt die Detektionsfähigkeit des Sensors, da der Temperaturunterschied kleiner wird.

Bei sehr niedrigen Temperaturen hingegen, können Infrarot-Sensoren Reichweiten erzielen, die um einige Meter über den deklarierten Erfassungsbereich hinausgehen. Moderne Bewegungsmelder für den Außenbereich blenden diese Effekte weitestgehend durch ihre Temperaturkompensation aus.

Die folgenden Eigenschaften der PIR-Melder führen dazu, dass diese sehr oft sowohl im Innen- als auch im Außenbereich zum Einsatz kommen:

- Höchst zuverlässige Erfassung innerhalb des deklarierten Erfassungsbereiches.
- Der PIR-Melder erfasst nicht durch

Wände, Glas oder andere Materialien hindurch. Dadurch werden Fehlschaltungen durch Bewegungen ausserhalb des Raumes ausgeschlossen.

- Der Erfassungsbereich kann durch Richten und Abdecken der Optik zuverlässig eingegrenzt werden.

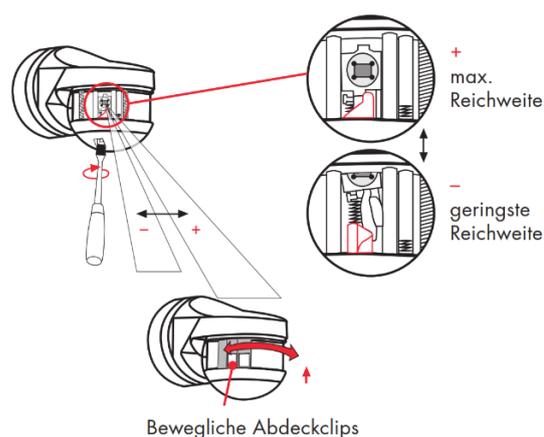


Abbildung 15: Einstellung des Erfassungsbereiches durch Drehschrauben und Abdeckclips.

### 5.3 Hochfrequenz (HF)

Hochfrequenz-Sensoren erkennen Bewegungen unabhängig von der Körpertemperatur und der Bewegungsrichtung. Sie können von aussen unsichtbar in eine Leuchte integriert werden, was besonders ein attraktives Erscheinungsbild, speziell für Innenbereiche, ermöglicht. Die Hochfrequenz-Sensortechnologie arbeitet im Gegensatz zu passiven Infrarot-Detektoren aktiv: Die Sensoren senden Signale mit der Frequenz zwischen 5 - 60 GHz aus, die problemlos durch Glas, Holz- und Leichtbauwände dringen können.

Die Sendeleistung von HF-Sensoren liegt mit  $<1\text{mW}$  bei ca. 1/1.000stel eines Mobiltelefons, womit sichergestellt ist, dass die Strahlung für Menschen ungefährlich ist.

Die Signale werden nach dem Doppler-Radar-Prinzip als Echo an den Sensor zurückgeschickt.



Abbildung 16: Ein HF-Sensor, welcher für die Erfassung im Gang optimiert ist

Verändert sich dieses Echobild nun durch eine Bewegung innerhalb des Erfassungsbereichs, erkennt das der Sensor und schaltet das Licht. Die HF-Sensoren überzeugen durch die folgenden Eigenschaften:

- Hochfrequenz bietet die Möglichkeit, komplexe Anwendungsbereiche ohne tote Winkel zu erfassen.
- Es kann durch Wärmequellen nicht zu ungewollten Schaltungen kommen.
- Hochfrequenz-Sensoren können unsichtbar hinter dünnen Materialien angebracht werden. Dieser Punkt bietet besonders für den Einsatz in Sensorleuchten optimale Möglichkeiten für die Ästhetik.
- Beim Einsatz in Korridoren besteht im

Vergleich zu PIR-Sensoren kein Unterschied zwischen der radialen und der tangentialen Reichweite. Auch für WC-Bereiche bieten sich HF-Sensoren ideal an, da diese durch die Trennwände hindurch erfassen, sodass nicht in jeder Kabine ein Sensor benötigt wird.

Neben den gewöhnlichen HF-Sensoren gibt es auf dem Markt bereits speziell für Aussenbereiche entwickelte Sensoren mit Hochfrequenztechnik. Diese nehmen z.B. keine kleinen Tiere und keine bewegten Äste wahr, sodass Fehlschaltungen wegen kleinster Bewegungen vermieden werden. So können HF-Sensoren auch in Aussenleuchten verbaut werden.



Abbildung 17: Hochfrequenz erfasst sogar durch dünne Wände hindurch

Die Hochfrequenz-Technologie bringt folgende Eigenschaften mit sich:

- Bei Hochfrequenz-Sensoren kann es in Montageumgebungen mit viel metallischem Material wie bspw. in Schiffskabinen zu starken Reflexionen der Signale kommen. Dies kann die Planbarkeit erschweren.
- Die Hochfrequenz durchdringt auch

Wände und kann so ungewollt Licht einschalten

- Im Vergleich zu den PIR-Sensoren haben diese HF-Sensoren eine etwas geringere Empfindlichkeit
- Die Begrenzung des Erfassungsbereiches ist schwierig

#### 5.4 TruePresence®

So gut wie jeder wird sich an eine Situation erinnern, in der das sensorgesteuerte Licht ungewünschter Weise trotz minimaler Bewegung ausgeschaltet hat. Das typische Winken mit den Armen ist dann häufig die erste Reaktion, um den Sensor wieder Bewegung erfassen zu lassen.

Gängige Präsenzmelder sind eigentlich „nur“ hochauflösende Bewegungsmelder. Wirkliche Präsenz bedeutet, dass ein Mensch anwesend ist, auch wenn er sich nicht offensichtlich bewegt. True Presence® ist die neueste Technologieentwicklung bei Präsenzmeldern und zeichnet sich durch die erste tatsächliche Präsenzmelder-Technologie aus.



Abbildung 18: Der wahre Präsenzmelder - True Presence® von Steinel

Sie basiert auf der HF-Technologie und besitzt eine spezielle Software für die Erkennung

von kleinsten Bewegungen. Damit erkennt sie zuverlässig die Anwesenheit eines Menschen, egal ob dieser geht, steht, sitzt, liest, ruht oder schläft. Er meldet zuverlässig, ob sich Menschen im Raum befinden oder nicht. Dadurch ist auch eine sichere Abwesenheitserkennung möglich. Mit diesen Informationen kann man zuverlässig, ohne Nachlaufzeiten, Licht und weitere Gebäudetechnik schalten und steuern und unnötige Stromkosten vermeiden.

Durch die Erkennung von Mikrobewegungen der Vitalfunktionen eines Menschen (insbesondere des dreidimensionalen Atemmusters) wird Anwesenheit detektiert. Allein die Bewegungen des Brustkorbs bzw. der Schultern beim Atmen reichen zur sicheren Erfassung aus, da die Software die typischen Atemsignaturen erkennen kann. Zusätzlich kann auch die Distanz der Person zum Sensor sowie die Bewegungsrichtung festgestellt werden.

Sein Wissen über wahre An- oder Abwesenheit bietet darüber hinaus viele weitere Anwendungen, die für das Gebäudemanagement von grösstem Wert sind. Auch wenn die Technologie bereits marktreif ist, sind längst nicht alle Einsatzmöglichkeiten entdeckt. Kombiniert man True Presence® mit der Erfassung von Temperatur, Luftfeuchte, Luftqualität, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Helligkeit, werden Sensoren zu echten Sinnesorganen

des Gebäudes und geben die notwendigen Informationen für echte „Building Intelligence“.

### 5.5 Ultraschall (US)

Ultraschallsensoren zählen in den USA zum Standard in der Anwesenheitserkennung, finden aber auch in vielen weiteren Ländern mehr und mehr Anwendung. Die Ultraschallwellen (32-40kHz) werden vom Sensor aktiv ausgesendet und breiten sich im Raum vollständig aus. Sie füllen den Raum bis in den letzten Winkel und umschliessen dabei Objekte, die sich im Raum befinden. Der Sensor erkennt eine Bewegung im Raum, auch wenn kein Sichtkontakt vom Sensor zur Person besteht. Das Signal wird gemäss dem Doppler-Prinzip ausgewertet, wie es auch bei der Hochfrequenz-Technologie der Fall ist.

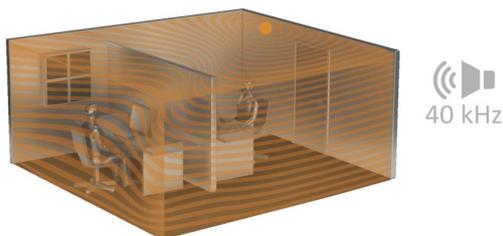


Abbildung 19: Ultraschall füllt den ganzen Raum aus und erfasst auch um Objekte herum

Der Sensor gibt Ultraschallwellen ab, welche beim Auftreffen auf eine Fläche reflektiert werden. Bei einer unbeweglichen Fläche wie einer Wand oder eines festen Mobiliars bleibt das an den Sensor zurückgeworfene Signal unverändert. Wenn aber Bewegung im Raum vorhanden ist, ändert

sich das Signal.



Abbildung 20: Sensor mit Öffnungen zum Austritt der Ultraschall-Signale

Im Gegensatz zu der Hochfrequenz-Technologie kann Ultraschall nicht durch Materialien hindurch erfassen und ist dabei hochsensibel. Deshalb sind Ultraschallsensoren für Grossraumbüros, in denen sitzende Tätigkeiten ausgeführt werden, besonders zu empfehlen. Die durch den Ultraschall-Sensor ausgesendeten Ultraschallwellen haben die Fähigkeit, Objekte komplett zu umschliessen. So kann der komplette Raum - unabhängig von Trennwänden oder anderen Hindernissen - erfasst werden.

### 5.6 Bild-Sensorik

Mit den immer mehr vernetzten und automatisierten Gebäuden kommen auch neue Sensortechnologien hinzu, welche weitaus mehr Möglichkeiten bieten, als nur Bewegung zu detektieren. Eine hiervon ist die Bild-Sensorik. Ein Infrarotbild wird aufgenommen und im Sensor digital analysiert.



Abbildung 21: Ein Bildsensor erfasst das Infrarotbild des Raumes und analysiert dieses.

Neben der Wahrnehmung von echter Präsenz eines Menschen bietet der Bildsensor die Möglichkeit, Personen zu zählen. Der Personensensor basiert auf einer innovativen Technologie mit einem hochempfindlichen, optischen System, das mit einem neuronalen Netzwerk die menschliche Silhouette sicher erkennt. Zu keinem Zeitpunkt werden die Bilder intern gespeichert, nur die Anzahl, nicht die Identität der anwesenden Personen wird als Information ausgegeben. So ist es möglich, die Anzahl der Personen zu ermitteln, die sich im Sichtbereich und den definierten Zonen des Sensors befinden.

Zusätzlich kann er über integrierte Temperatur- und Luftfeuchtesensoren verfügen und erschliesst damit für die Gebäudeautomation vollkommen neue Möglichkeiten. Licht, Heizung und Klima, gemessen an der Zahl der in einem Raum präsenten Perso-

nen, können ausserdem bedarfsgerecht gesteuert werden.

Nicht nur das Zusammenspiel von Gebäudetechnik, auch die Verbesserung der Organisation und die Optimierung von Prozessen benötigen die richtigen Informationen.

Energie sparen, Kosten optimieren, Atmosphäre schaffen, Gesundheit erhalten, Motivation fördern, Abläufe verbessern, Zufriedenheit erhöhen, Fehlentwicklungen analysieren, Ressourcen schonen und viele weitere Vorteile können so genutzt werden.



Abbildung 22: Bildsensoren bieten die Möglichkeit, Menschen zu zählen.

## 5.7 Kombination von Sensortechnologien

Neben den einzelnen Sensortechnologien gibt es auch Sensoren, in welchen mehrere Technologien parallel zum Einsatz kommen.

Bekannt ist z.B. die Kombination der PIR-Technologie mit der Ultraschall-Technologie. Der PIR-Sensor wird zum Einschalten des Lichts beim Betreten des Raumes und der US-Sensor zum Halten der Anwesenheit im Raum genutzt.

Die Kombination mehrerer Technologien

bietet den Vorteil, die Stärken beider Technologien für die optimale Erfassungssituation zu Nutzen und somit die Schwächen der einzelnen Technologie in dem aktuellen Anwendungsgebiet zu kompensieren.

### **5.8 Vor- und Nachteile der Sensortechnologien**

Den Technologien eindeutige und absolute Vor- und Nachteile zuzuordnen, ist nicht sinnvoll. Was sich bei der einen Anwendung

als Nachteil einer Technologie herausstellt, kann sich als Vorteil in einem anderen Anwendungsfall erweisen.

Dennoch folgt eine kurze Übersicht (Tabelle 2) der wichtigsten Merkmale der unterschiedlichen Technologien. Beabsichtigter Weise sind einige Punkte sowohl als möglicher Vorteil als auch als Nachteil eingeordnet.

**Tabelle 2: Vor- und Nachteile der Sensortechnologien**

<b>Technologie</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
Passiv-Infrarot (PIR)	<p>Gute, exakte Abgrenzung des Erfassungsbereichs</p> <p>Sowohl für Innen- als auch Aussenbereiche geeignet</p> <p>Geeignet für grosse Montagehöhen</p>	<p>Sensitivität ist temperaturabhängig</p> <p>Unterschied der radialen und tangentialen Erfassung</p> <p>Direkter Sichtkontakt nötig</p>
Hochfrequenz (HF)	<p>Erfasst durch dünne Wände/Materialien hindurch</p> <p>Nimmt auch kleinere Bewegungen wahr</p> <p>Können unsichtbar hinter dünnen Materialien installiert werden (z.B. Leuchten Abdeckung)</p>	<p>Erfasst durch dünne Wände/Materialien hindurch</p> <p>Nur spezielle HF Sensoren sind für den Aussenbereich geeignet</p> <p>Nur spezielle HF Sensoren sind für grosse Montagehöhen geeignet</p> <p>Reflexionen des Signals bei Räumen mit vielen metallenen Objekten</p> <p>Eingrenzung des Erfassungsbereiches ist nur bedingt möglich</p>
Ultraschall (US)	<p>Erfasst um Gegenstände herum</p> <p>Erfasst nicht durch dünne Materialien hindurch</p>	<p>Nicht für den Aussenbereich geeignet</p> <p>Erfasst nicht durch dünne Materialien hindurch</p> <p>Nicht für grosse Montagehöhen geeignet</p>
Bild Sensorik	<p>Erfasst nur Bewegung von Menschen</p> <p>Gute Abgrenzung des Erfassungsbereichs</p> <p>Neue Sensorikdaten (z.B. das Zählen von Personen)</p>	<p>Direkter Sichtkontakt nötig</p> <p>Grösse des Sensors</p> <p>Hoher Standby Verbrauch</p>

## 6 Auswahl des Sensors

### 6.1 Einsatzbereich

Nicht jeder Sensortyp ist für jeden Einsatzbereich geeignet. Im Allgemeinen empfiehlt sich der Einsatz eines Bewegungsmelders in Aussenbereichen (Einfahrten, Eingangsbereiche, Parkplätze, Carports, Gebäudefronten) zur Erfassung bewegter Objekte oder in Durchgangs-Innenbereichen (Garagen, Korridore, Lagerräume) wo kein Tageslicht vorhanden ist. Die Kategorie der Präsenzmelder bietet sich für den Einsatz in Räumen mit dauerhafter Anwesenheit an, wie es in Klassenräumen, Büro- oder Konferenzräumen üblich ist.

Die PIR-Technologie ist grundlegend sowohl in Aussen- als auch Innenbereichen einsetzbar. Die normale Hochfrequenz und Ultraschall-Technologie ist hingegen nur für den Einsatz in geschlossenen Räumen zu empfehlen. Nur spezielle Hochfrequenz-Sensoren sind nur für den Aussenbereich geeignet. Grund dafür ist, dass die HF-Technologie auch wärmeunabhängig nicht-menschliche Bewegungen erfasst, weshalb

der Sensor bei jeder wahrgenommenen Bewegung schalten würde.

Auch bei dem Einsatz in Innenbereichen gibt es verschiedene Raumgegebenheiten, für welche die eine Technologie besser geeignet ist als eine andere.

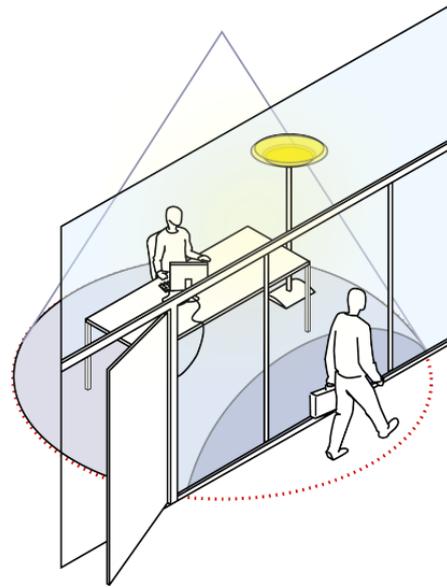


Abbildung 23: Der PIR Melder erfasst nicht durch Glaswände hindurch. Daher eignet dieser sich ausgesprochen gut für Büros mit Verglasungen.

Wenn in einem Raum freie Sicht auf die zu erfassende Bewegung besteht, ist immer ein PIR-Sensor zu empfehlen. Ebenso ist PIR die Sensortechnologie, die gewählt werden sollte, wenn eine exakte Eingren-



zung des Erfassungsbereiches auf beispielsweise eine Tischgruppe in einem Grossraumbüro realisiert werden soll. Falls der Raum z.B. durch halbhohe Abtrennwände geteilt ist und keine freie Sicht auf die zu erfassende Bewegung vorhanden ist, sind US- und HF-Sensoren gut einsetzbar. Wenn durch dünne, nicht metallene Wände und Materialien hindurch erfasst werden soll, empfiehlt es sich Hochfrequenz-Sensoren einzusetzen. Wenn um beliebige Hindernisse herum erfasst werden soll, dann sind Ultraschall Sensoren eine gute Wahl. Hochfrequenz-Sensoren bieten die Option, aus ästhetischen Gründen oder aus Schutz vor Vandalismus hinter abgehängten Decken installiert zu werden.

Bei Montagehöhen von über 4m empfiehlt es sich ebenfalls einen PIR-Sensor zu verwenden und nicht auf einen HF- oder US-Melder zurückzugreifen. Grund dafür ist, dass die gesamte Signalstärke erhöht werden müsste, um ein ausreichendes Signal auf der Höhe der Bewegung zu erhalten. So würde es vermehrt zu Fehlschaltungen kommen, da z.B. auch hinter dünnen, nicht metallenen Wänden das durchgedrungene Signal stärker wäre. Für die Anwendungsfälle mit sehr hohen Decken, wie es in Lager- und Industriehallen typisch ist, gibt es spezielle Highbay-Sensoren.



Abbildung 24: Beispiel eines Melders für Montagehöhen bis 16 m mit Lichtsensorik für optimale Helligkeitsmessung.

Im Anwendungsfall eines Korridors oder Durchgangsbereiches hat die HF- oder US-Technologie Vorteile. Durch die Charakteristik der PIR-Technologie ist die Erfassung einer radialen Bewegung in einem Gang auf den Sensor zu nicht so gut wie beim HF Sensor. Hingegen ist beim PIR-Melder die Begrenzung des Erfassungsbereiches auf den Raum wieder ein Vorteil. In der Tabelle 3 werden den verschiedenen Anwendungsbereichen die geeigneten Sensortechnologien zugeordnet.

Tabelle 3: Anwendungsbereiche der verschiedenen Technologien

Anwendung	Passivinfrarot (PIR)	Hochfrequenz (HF)	Ultraschall (US)	Bild-Sensorik
Korridore/ Gänge	X	X	X	
Treppenhäuser	X	X		
WC	X	X		
Büros, Schulen	X	X	X	X
Tiefgarage, Parkhaus	X	X		
Aussenbereich	X			
Hochregallager	X			
Nebenraum	X	X		

## 6.2 Erfassungsbereich

Der Erfassungsbereich eines Sensors beschreibt den Bereich, in welchem dieser Personen erfassen kann. Je nach Technologie und Sensorsystem (Pyrosensoren, Linsen, Antenne, Signalstärke) unterscheiden sich auch die Erfassungsbereiche von Sensoren.

Bei einem Ultraschall- und Hochfrequenz Sensor ist der Erfassungsbereich lediglich von der Stärke und Reichweite des Signals und einer Begrenzung des Raumes festgelegt. Bei der Kamera-Sensorik ist das eingestellte Sichtfeld der Kamera entscheidend. Der Erfassungsbereich von PIR-

Sensoren ist stark abhängig von der Stärke der Infrarot-Quelle und den Temperaturbedingungen.

Für die Erfassungsbereiche der verschiedenen Technologien gelten allgemein folgende Beschreibungen:

- Der Erfassungsbereich ergibt sich aus dem Erfassungswinkel, dem Öffnungswinkel und der Richtcharakteristik des Sensors. Bei HF- und US-Sensoren können diese durch Reflexionen ggf. verändert sein.
- Der Erfassungsbereich unterscheidet sich je nach Montageart. Bei der De-

ckenmontage haben die meisten Sensoren einen Erfassungswinkel von 360°. Die Reichweite wird eingeschränkt von dem Boden oder ggf. dem Mobiliar und variiert je nach Montagehöhe und Öffnungswinkel.

- Bei Montage an der Wand ist ein maximaler Erfassungswinkel von 180° möglich, bei Montage an Aussenecken ggf. auch grösser. Die Reichweite bei der Wandmontage wird zudem von dem Winkel beeinflusst, in welchem der Sensor zu Wand und Boden eingestellt ist.
- Die Montagehöhe an der Wand beeinflusst die Reichweite und die Empfindlichkeit:
  - mit zunehmender Höhe zunehmende Reichweite
  - mit zunehmender Höhe abnehmende Empfindlichkeit

Es gibt verschiedene Sensoren auf dem Markt, welche sich durch dreh- bzw. schwenkbare Linsen exakt an die örtlichen Gegebenheiten anpassen.

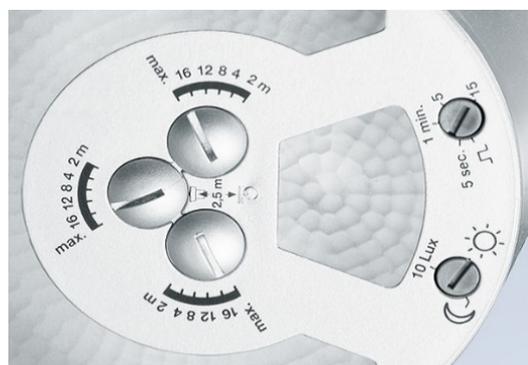


Abbildung 25: Reichweitereinstellung der Pyrosensoren durch Potentiometer

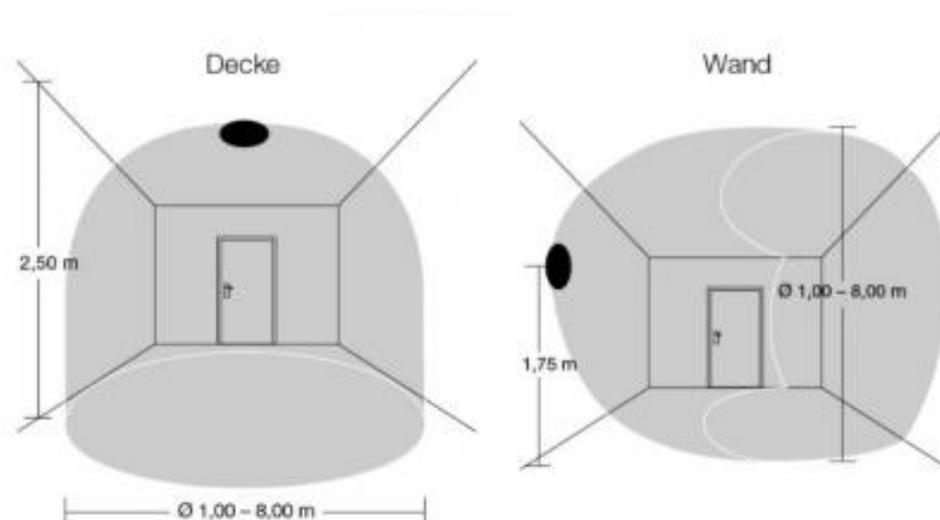
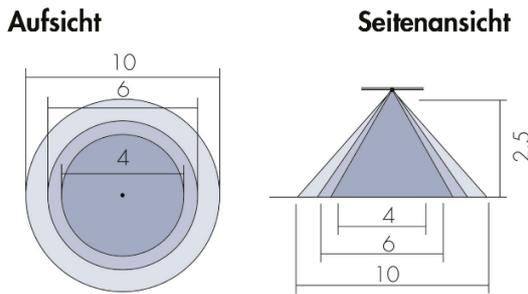


Abbildung 26: Beispieldarstellung der Erfassungsbereiche der HF-Technologie bei Wand- und Deckenmontage



- Reichweite bei seitlichem Vorbeigehen (tangentielle Bewegung)
- ▒ Reichweite bei direktem Draufzugehen (radiale Bewegung)
- Reichweite für sitzende Tätigkeiten (Präsenzbereich)

Abbildung 27: Erfassungsdiagramm eines 360° Präsenzmelders

Die Reichweite eines Sensors wird mit Hilfe eines Erfassungsdiagramms dargestellt. Dabei wird die in der Anwendung nutzbare Reichweite bei einer bestimmten Montagehöhe angegeben. So wird für die Erfassung von Gehbewegungen die Distanz angegeben, bei welcher eine sich bewegende Person erkannt wird. Bei Präsenzmeldern wird die Reichweite angegeben, auf welcher der Sensor Armbewegungen auf Schreibtischhöhe detektieren kann.

Bei einigen Sensoren besteht die Möglichkeit, die Erfassungsbereiche manuell auf bestimmte Bereiche zu begrenzen. Dadurch können Erfassungsbereiche speziell an Grundstücksgrenzen oder Raumabschnitte angepasst werden. Dies funktioniert besonders bei der Passiv-Infrarot-Technologie sehr gut und wird durch mechanische Einstellungen der Sensoren (Abbildung 29) oder durch zuschneidbare Abdeckkappen (Abbildung 28) gemacht. Es

gibt zudem Sensormodelle, bei denen die Reichweite und somit der Erfassungsbereich durch Softwareeinstellungen begrenzt wird. Damit können Fehlschaltungen vermieden werden.

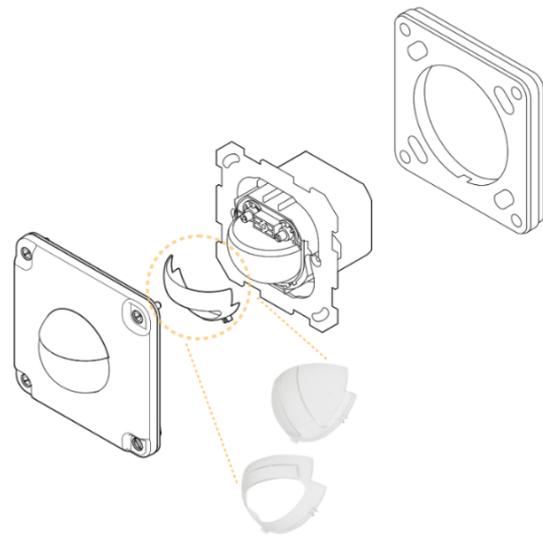


Abbildung 28: Abdeckclips ermöglichen die Begrenzung des Erfassungsbereichs eines PIR-Sensors.

### 6.3 Empfindlichkeit

Präsenzmelder sind grundsätzlich empfindlicher als Bewegungsmelder und sind auf unterschiedliche Zielgrößen der Erfassungsfläche ausgelegt. Es bestehen je nach Technologie verschiedene Möglichkeiten, die Empfindlichkeit von Sensoren anzupassen.

Bei allen Technologien wird über die elektronische Anpassung der Empfindlichkeit die Mindestsignalstärke verändert. Der Sensor kann allerdings nicht unterscheiden, ob diese Grenze von einer kleinen, nahen Bewegung überschritten wurde, oder

von einer grossen, weit entfernten Bewegung. Dadurch kann es vorkommen, dass kleine Armbewegungen in 2m Entfernung nicht mehr wahrgenommen werden, eine sich nähernde Person in einer Entfernung von 10m hingegen schon.

- Bei Hochfrequenzsensoren gibt es nur die Möglichkeit der elektrischen Reichweitereinstellung, um die Sensibilität des Sensors zu reduzieren.
- Bei Sensorleuchten kann zudem ein Blech zum Abschirmen des Erfassungsbereichs genutzt werden, wenn der HF-Sensor unerwünschter Weise durch eine Wand hindurch erfasst.

Bei PIR-Sensoren besteht als Alternative die Möglichkeit, die Reichweite durch Kunststoff- oder Plastikkappen zu beeinflussen.

#### 6.4 Bauformen und Montagearten

Abhängig von der Anwendung und der Sensortechnik sind verschiedene Bauformen auf dem Markt erhältlich. Es kann grundsätzlich zwischen Decken-, Wand- und Einbaumeldern unterschieden werden. Zudem wird abhängig von der Anwendung der geforderte IP-Schutz gewählt. Von jeder Bauform gibt es zudem verschiedenste elektrotechnische Varianten (siehe Abschnitt 7).

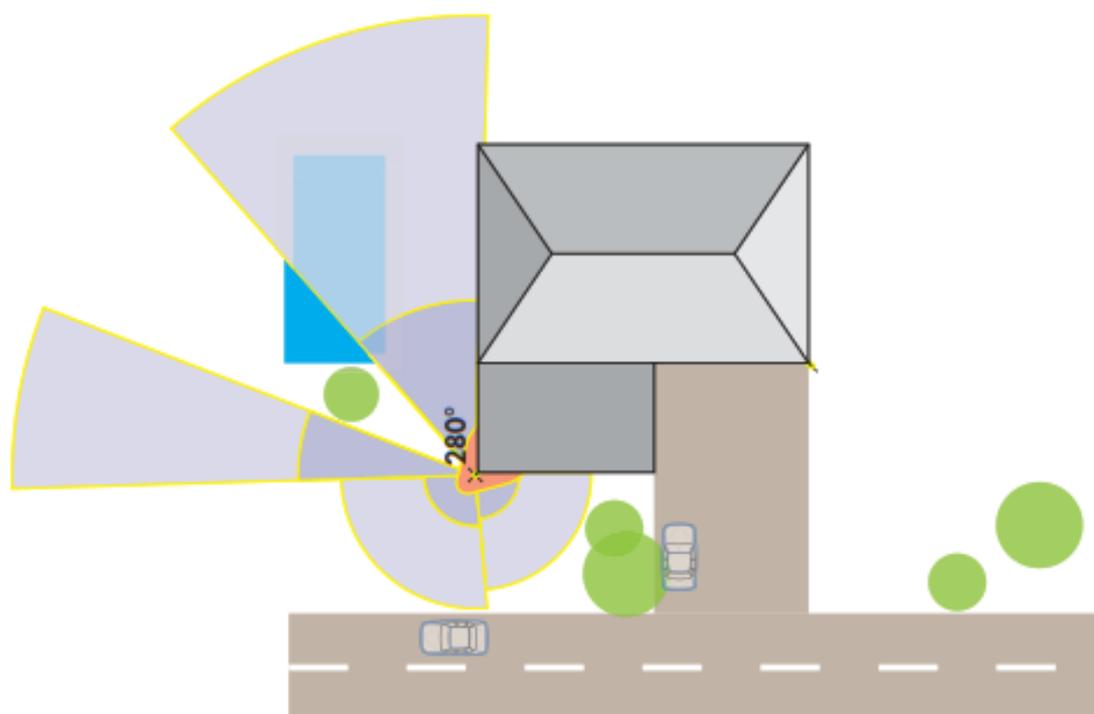


Abbildung 29: Bewegungsmelder wie hier der B.E.G. Luxomat RC-plus 280 verfügen über mehrere Sektoren, welche einzeln in der Reichweite justiert werden können. Zudem können mit Hilfe von Abdeckclips Störquellen wie Bäume oder Büsche ausgeblendet werden.

### 6.4.1 Deckenmelder

Der häufigste Montageort für Präsenz- und Bewegungsmelder ist die Decke. Für diesen Einsatz sind Melder als Aufputz-, Unterputz- oder Deckeneinbau-Varianten erhältlich. Die Deckenmelder haben einen Erfassungswinkel von 360°,

der Öffnungswinkel variiert von Melder zu Melder. Es gibt auch Deckenmelder, welche keine symmetrische Erfassung haben, da diese z.B. zur Korridor-Erfassung optimiert ist. Verschiedene Hersteller bieten auch Melder mit farbigen Frontabdeckungen an.

Tabelle 4: Bauformen von Deckensensoren

Bauform	Anwendung	Aufputz	Unterputz	Decken- einbau
PIR-Deckenmelder, mit kleinem rundem Erfassungsbereich	Treppenhäuser, WC, Nebenräume, kleine Büros			
PIR-Deckenmelder, mit grossem rundem Erfassungsbereich	Schulzimmer, Grossraumbüros, Sporthallen, Industrie, Tiefgaragen			
PIR-Deckenmelder, mit grossen quadratischem Erfassungsbereich	Treppenhäuser, WC, Nebenräume, kleine Büros			
HF-Deckenmelder	Korridore, WC			-
PIR-Korridormelder	Korridore, Lager			
PIR-Melder für grosse Höhen	Hochregallager, Industriehallen			-

### 6.4.2 Wandmelder

Neben den Deckenmeldern bietet der Markt auch Bewegungs- und Präsenzmelder für die Wandmontage. Häufig finden Wandmelder in Aussenbereichen Anwendung. Es gibt diese sowohl als Aufputz- als auch als Unterputz-Varianten. Je nach Montageort haben die Melder einen Erfassungswinkel zwischen 140° bis 280°.

Eine Erfassung über 180° ist nur bei einer Eckmontage möglich, hier wird ggf. ein Eckwandhalter als Zubehör benötigt. Einige Wandmelder verfügen über integrierte Taster, sodass sie als Automatikschalter funktionieren. Die Farbauswahl ist bei solchen Sensorschaltern oft vielfältiger, da diese zum passenden Schalterdesign passen müssen.

**Tabelle 5: Bauformen von Wandmeldern**

Bauform	Anwendung	Aufputz	Unterputz
PIR-Wandmelder IP20	Korridore, WC, Nebenräume		
PIR-Wandmelder IP54	Nassräume, Aussenbereich		
Automatikschalter IP20	Bäder im Wohnbereich, Kellerräume, Bastelräume		
Aussenmelder mit Kugelkopf IP54 (mit verschiedenen Erfassungswinkeln)	Aussenbeleuchtung rund um das Gebäude		

### 6.4.3 Einbaumelder

Melder für den Einbau werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Eine besondere Variante stellen die Melder dar, welche für den Einbau in Leuchten geeignet sind.

Neben dem Einbau in Leuchten gibt es ebenso Melder die, z.B. in Hohldecken oder Designelemente eingebaut werden können. Standardmäßig und je nach Einbauart bieten die Melder eine Erfassung von 360°.

Tabelle 6: Bauformen von Einbaumeldern

Bauform	Anwendung	IP20	IP54/IP64
PIR-Einbaumelder	Einbau in Leuchten, Hohldecken etc.		
HF-Einbaumelder	Einbau in Leuchten, Hohldecken etc.		-

### 6.5 Schutzart IP und IK

IP (Ingress Protection) kennzeichnet den Schutzgrad von Gehäusen und Abdeckungen, die zum Schutz elektrischer Einrichtungen dienen. Der IP-Code ist gemäss IEC 529, EN 60529, DIN VDE 0470-1 und NF C 20-010 festgelegt. Die Schutzarten werden durch das Kurzzeichen IP und zwei nachfolgenden Kennziffern für Schutzgrade definiert. Der vollständige Begriff Schutzart besteht somit aus den Kennbuchstaben und den Schutzgrad-Kennziffern.

**1. Kennziffer:** Schutz des Betriebsmittels

gegen das Eindringen von festen Fremdkörpern und zugleich Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen.

**2. Kennziffer:** Schutz des Betriebsmittels gegen das Eindringen von Wasser mit schädlicher Wirkung.

Die IP Schutzart spielt bei der Sensorauswahl vor allem eine Rolle bei der Frage, ob ein Sensor in Innen- oder Aussenbereichen oder ggf. Feuchträumen installiert werden soll. Die meisten Sensoren für Innenbereiche haben eine Schutzart von IP 20. Sensoren für Feuchträume haben oft eine Schutzart von IP 44, für Aussenbereiche von bis zu

IP 54, manchmal sogar IP 65.  
 Falls eine Kennziffer nicht angegeben ist,  
 weil sie für die jeweilige Betrachtung

unbedeutend ist, wird anstelle dieser Kenn-  
 ziffer der Buchstabe X gesetzt, z.B. IP X4 o-  
 der IP 6X.

**Tabelle 7: Definition 1. Kennziffer**

1. Kennziffer	Fremdkörperschutz	Berührungsschutz/Anwendung
0	Kein Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen von festen Fremdkörpern.	Kein besonderer Schutz von Personen gegen zufälliges Berühren unter Spannung stehender und/oder sich bewegender Teile. In Gehäusen ohne Zugang.
1	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern $\varnothing > 50\text{mm}$ .	Schutz gegen zufälliges, grossflächiges Berühren (Handrücken) unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile. Geschlossene Bereiche, nur durch befugtes und ausgebildetes Personal zugänglich.
2	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern $\varnothing > 12,5\text{mm}$ .	Schutz gegen Berühren mit dem Finger unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile. Speziell zugängliche Bereiche.
3	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern $\varnothing > 2,5\text{mm}$ .	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke $>2,5\text{mm}$ . Allgemein zugängliche Bereiche.
4	Schutz gegen Eindringen von festen Fremdkörpern $\varnothing > 1\text{mm}$ .	Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichem von einer Dicke $>1\text{mm}$ . Allgemein zugängliche Bereiche.
5	Schutz gegen schädliche Staubablagerungen im Inneren. Das Eindringen von Staub ist nicht vollkommen verhindert. Die Ein-	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile.  Kurzfristig staubintensive Bereiche.

	dringmenge darf die Arbeitsweise nicht beeinträchtigen (staubgeschützt).	
6	Schutz gegen Eindringen von Staub (staubdicht).	Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender und/oder innerer sich bewegender Teile. Allgemein zugängliche Bereiche.

Tabelle 8: Definition 2. Kennziffer

2. Kennziffer	Wasserschutz	Anwendung
0	Kein besonderer Schutz.	In Trockenbereichen
1	Schutz gegen senkrecht fallendes, tropfendes Wasser (Tropfwasserschutz). Es darf keine schädliche Wirkung haben.	In Feuchtbereichen mit vorbestimmter senkrechter Position der Komponente (z.B. bei Kondenswasser).
2	Schutz gegen senkrecht fallendes, tropfendes Wasser (Tropfwasserschutz). Es darf bei einem bis zu 15° gegenüber seiner normalen Lage gekippten Betriebsmittel (Gehäuse) keine schädliche Wirkung haben (schrägfallendes Tropfwasser).	In Feuchtbereichen mit Komponente in nicht einwandfreier senkrechter Position (z.B. bei Kondenswasser).
3	Schutz gegen Wasser, das in einem beliebigen Winkel bis zu 60° zur Senkrechten fällt. Es darf keine schädliche Wirkung haben (Sprühwasserschutz).	Dem Regen und nicht dem Spritzwasser ausgesetzte Bereiche.
4	Schutz gegen Wasser das aus allen Richtungen gegen das Betriebsmittel (Gehäuse) spritzt. Es darf keine schädliche Wirkung haben (Sprühwasserschutz).	Dem Regen und dem Spritzwasser ausgesetzte Bereiche (z.B. Bereiche mit vorbeifahrenden Fahrzeugen).
5	Schutz gegen Wasserstrahl aus einer Düse das aus allen Richtungen gegen das Betriebsmittel (Gehäuse) gerichtet wird. Es darf	Bereiche mit Spülung durch Wasserstrahlen mit mittlerer Stärke.

	keine schädliche Wirkung haben (Strahlwasserschutz).	
6	Schutz gegen schwere See oder starken Wasserstrahl. Wasser darf nicht in schädlichen Mengen in das Betriebsmittel (Gehäuse) eindringen (Flutwasserschutz).	Bereiche mit starker Spülung und Flutwasser (z.B. Hafendämme).
7	Schutz gegen Wasser, wenn das Betriebsmittel (Gehäuse) unter festgelegtem Druck- und Zeitbedingungen in Wasser getaucht wird. Wasser darf nicht in schädlichen Mengen eindringen (Eintauchen).	Bereiche mit zeitweiliger Überspülung oder Schneebedeckung über einen längeren Zeitraum.
8	Das Betriebsmittel (Gehäuse) ist geeignet zu dauerndem Untertauchen in Wasser bei Bedingungen, die durch den Hersteller zu beschreiben sind (Untertauchen). Die Bedingungen müssen jedoch schwieriger sein als für die Kennziffer 7.	In Unterwasserfunktion.

## 6.6 Schutzart IK nach EN 50102

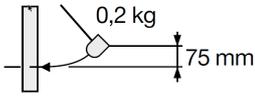
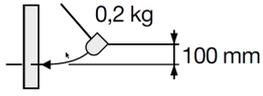
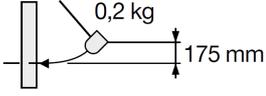
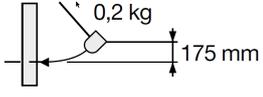
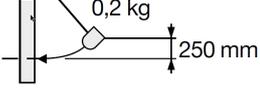
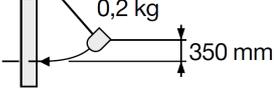
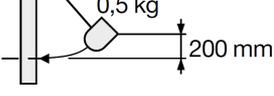
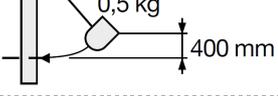
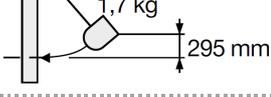
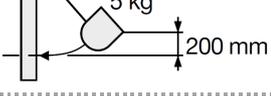
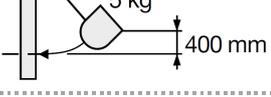
Der durch ein Gehäuse für elektrische Betriebsmittel realisierte Schutzgrad gegen äussere mechanische Beanspruchung wird durch den IK Code gemäss Norm EN 50102 - VDE 0470 Teil 100 und EN 62262 festgelegt.

IK = Code Buchstaben (internationaler mechanischer Schutz)

0X = IK Beanspruchungsklasse (von 00 bis 10)

Bei Sensoren ist die IK-Schutzart regulär nicht relevant, bei Sensorleuchten hingegen ist diese durchaus wichtig, um bspw. Anti-Vandalismus Leuchten zu klassifizieren.

Tabelle 9: Definition IK Schutzart

IK-Code	Test	Energie in Joule
IK 00		0
IK 01		0,15
IK 02		0,2
IK 03		0,35
IK 04		0,5
IK 05		0,7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

## 7 Technische Spezifikationen von Sensoren

### 7.1 Standby Verbrauch

Ein Sensor benötigt Strom, um betrieben zu werden. Auch wenn keine Erfassung detektiert wird, hat der Sensor einen Eigenverbrauch. Einmal zur Überwachung des Erfassungsbereichs und im Falle der Bewegungsdetektion zum Schalten. Typischerweise wird der Standby Verbrauch in Watt angegeben. Üblich ist ein Standby Verbrauch von 0.2-1 Watt pro Sensor. Besonders tiefe Standby-Werte erreichen Sensoren mit einem Schaltnetzteil. Diese liegen typisch bei 0.1 Watt.

### 7.2 Steuerausgänge der Sensoren

Verschiedene Schaltausgänge und Schnittstellen zwischen Sensor und Leuchte ermöglichen unterschiedliche Funktionen und Einstellmöglichkeiten. Die Kombination von Sensor und Vorschaltgerät der Leuchte kann nicht beliebig erfolgen. Ausgehend von den Funktionsanforderungen müssen Sensoren und Vorschaltgeräte gewählt werden, welche beide die gleichen Schnittstellen besitzen. Wenn beispielsweise eine Konstantlichtregelung gefordert ist, müssen Vorschaltgerät und Sensor beide die Funktion der Konstantlichtregelung bieten, wie es DIM 1-10V oder eine DALI-Schnittstellen vorweisen.

Die Schnittstellen reichen von einfachen

Relais, welche das Licht nur schalten, über DALI-vernetzte, dimmbare Leuchten bis hin zu KNX und IP, wodurch die gesamte Gebäudeautomation realisiert werden kann. Zudem muss unterschieden werden, ob der Sensor die Beleuchtung direkt steuert oder ob dieser nur die Information über Bewegung und Helligkeit an ein Bussystem oder an einen Controller weitergibt.

Im Folgenden werden die gebräuchlichsten Steuerausgänge und Schnittstellen von Sensoren erläutern.

### 7.3 Schalten von Licht

Die bis heute am häufigsten eingesetzten Sensoren schalten das Licht mit Hilfe eines Relais ein und aus. Gerade in Treppenhäusern, Korridoren und Nebenräumen bewirkt dies bereits eine grosse Energieeinsparung und bringt Komfort und Sicherheit. Dabei wird abhängig von der Umgebungshelligkeit und Präsenz das Licht ein, wenn es benötigt wird und aus, wenn es nicht mehr benötigt wird.

#### Helligkeitswert Ausgang Licht

Bei Unterschreitung des voreingestellten Helligkeitswertes schaltet der Melder bei Anwesenheit das Kunstlicht ein. Der Helligkeitswert wird auf einer Skala eingestellt, diese Werte spiegeln typische Raumsituationen wieder. Alternativ kann Tag- oder Nachtbetrieb ausgewählt werden. Falls eine Teach-Funktion vorhanden ist, kann

der aktuelle Helligkeitswert als Schwellenschwelle festgelegt werden.

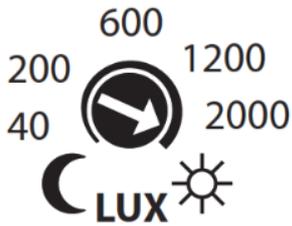


Abbildung 30: Die Einstellung des Helligkeitswertes erfolgt z.B. über Potentiometer

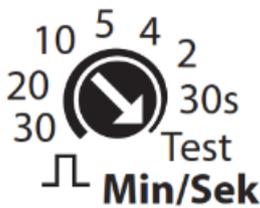


Abbildung 31: Potentiometer zur Einstellung der Nachlaufzeit

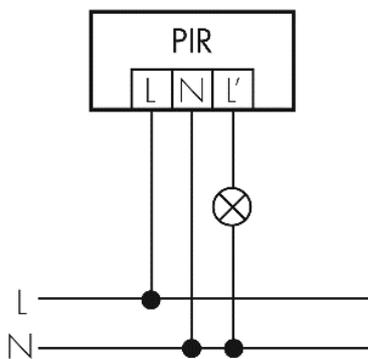


Abbildung 32: Schaltbild eines Bewegungsmelders mit einem Relaisausgang

### Nachlaufzeit Ausgang Licht

Die Nachlaufzeit des Ausgangs Licht gibt die Zeit bis zum Ausschalten des Lichts nach der letzten erkannten Bewegung an.

Als Sonderfunktionen stehen ggf. ein Impulsmodus zur Ansteuerung eines Treppenhausautomaten und eine automatische Anpassung der Nachlaufzeit an Raum- und Nutzungssituation zur Verfügung.

Die Schaltlast liegt regulär bei 10 bis 16 A. Bei kapazitiven Lasten ist es wichtig, auf den Einschaltspitzenstrom zu achten. Bei grösseren Schaltleistungen ist ein Relais oder Schütz vorzuschalten.

### 7.4 Schalten von HLK

Zusätzlich zum Ausgang für die Beleuchtungssteuerung gibt es Sensoren, die ein weiteres, meist potentialfreies Relais (R2 in Abbildung 33), zum Steuern von HLK haben. Dieses schaltet nur in Abhängigkeit von Präsenz, da auch bei ausreichend Tageslicht die Heizung, Lüftung und Klimatisierung zur Verfügung stehen sollen. Wird der Raum nicht mehr genutzt, können auch Heizung, Lüftung und Klimatisierung energie- und kostensparend ausgeschaltet werden.

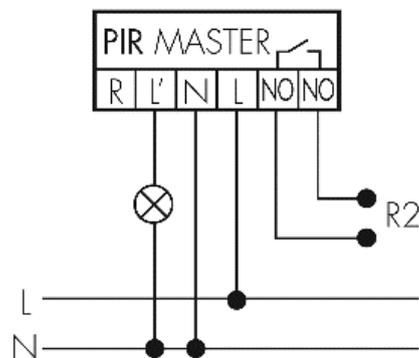


Abbildung 33: für die Ansteuerung von HLK steht ein potentialfreies Relais zur Verfügung

Die Nachlaufzeit für den HLK Ausgang kann meist separat eingestellt werden.

Bei einigen Sensortypen, ist es zudem möglich, eine verzögerte Einschaltung zu aktivieren. Der Kontakt wird erst nach Ablauf der Zeitverzögerung von z.B. 10 Minuten eingeschaltet. Oder aber der Sensor analysiert mit Hilfe eines Algorithmus, ob der Raum tatsächlich genutzt wird und schaltet den HLK Verbraucher nur dann zu. So wird nicht schon bei kurzem Hineinschauen in einen Raum geschaltet.

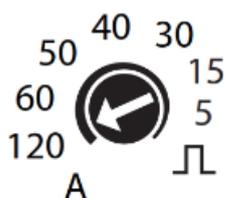


Abbildung 34: Einstellung der HLK Nachlaufzeit, ab 30min mit Einschalt-verzögerung

## 7.5 DIM 1-10V

Als Vorgänger der DALI-Schnittstelle ist der Einsatz der 1 - 10V sowie der reinen DIM Schnittstelle stark rückläufig. Sie ermöglicht im Vergleich zum Schaltrelais auch stufenloses regeln von Licht, sodass eine Beleuchtungssteuerung über Konstantlichtregelung sowie eine eingeschaltete Grundhelligkeit gewählt werden kann. (Siehe auch Abschnitt 3.4.3.3.) Die Einstellung der Werte für Helligkeit und Nachlaufzeit werden wie beim Schaltrelais in Kapitel 7.3 beschrieben vorgenommen.

Die Funktion Grund- oder Orientierungslicht ermöglicht bei Unterschreitung des eingestellten Helligkeitswertes eine Grundbeleuchtung für die eingestellte Nachlaufzeit. Sie ist auf z.B. ca. 10% der maximalen Lichtstärke gedimmt. Bei Anwesenheit regelt der Melder auf den voreingestellten Helligkeitswert. Wird keine Bewegung mehr erkannt, dimmt der Melder nach Ablauf der Nachlaufzeit auf Grundhelligkeit zurück. Diese wird ausgeschaltet, wenn ihre Nachlaufzeit abgelaufen ist oder der Helligkeitswert durch ausreichend Tageslichtanteil überschritten wird. Je nach Einstellung, schaltet der Melder die Grundhelligkeit direkt bei Unterschreiten des Helligkeitswertes ein und aus.

## 7.6 Ausgänge mit Kommunikation

### 7.6.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) bietet viele Möglichkeiten und hat sich als Standard zur Steuerung von Licht durchgesetzt. Lichtsteuerung, Sensoren, elektronische Betriebsgeräte und Leuchten arbeiten mit dem Schnittstellenstandard optimal zusammen. Sie kommunizieren miteinander und reagieren aufeinander. Die Beleuchtungssteuerung über die digitale DALI-Schnittstelle durch einen DALI-Präsenzmelder ermöglicht es, die Beleuchtung über eine Konstantlichtregelung zu steuern, sowie eine Grundhelligkeit eingeschalt-

tet zu lassen, z.B. in Korridoren oder Treppenhäusern.

Helligkeitswert und Nachlaufzeit sind über den Ausgang Licht wie beim Schaltrelais (Kapitel 7.3) und der DIM sowie DIM 1-10V (Kapitel 7.5) auch bei DALI vorhanden.

Der DALI-Standard ist in einer Norm festgelegt. Damit ist langfristig Kompatibilität unter den Herstellern und Zukunftssicherheit garantiert. Seit 2017 wird der DALI 2 Standard schrittweise eingeführt. Dabei wird, im Gegensatz zum DALI 1 auch die Schnittstellenseite der Controller und Sensoren normiert.

Der DALI-Standard kann in drei verschiedenen Grundvarianten genutzt werden. Diese werden nachfolgend beschrieben.

### **7.6.1.1 Application Controller Broadcast**

Die am häufigsten genutzte Steuerungsart mit DALI-Sensoren ist die "Application Controller Broadcast" Variante. Die Gruppierung der Leuchten wird ausschliesslich über die Verdrahtung festgelegt. Die Bus-Speisung für die Leuchten wird durch den Sensor zur Verfügung gestellt. Die Befehle werden als Broadcast-Befehle an alle Leuchten im DALI-Bus gesandt. Daher ist keine Adressierung notwendig. Je nach Hersteller und Sensor sind einer oder mehrere Lichtausgänge möglich. Es muss dabei

jeder Kanal zu den jeweiligen Leuchten verdrahtet werden.

### **7.6.1.2 Application Controller**

Bei der Variante des "Applikation Controller" werden die Leuchten alle auf dem gleichen DALI-Bus verdrahtet. Es können bis zu 64 Teilnehmer/Leuchten beliebig in bis zu 16 Gruppen eingeteilt werden. Dabei gibt es zwei Untervarianten. Bei der "Single-Master" Variante steuert ein DALI-Master alle Lichtgruppen. Dieser bringt in der Regel auch die DALI-Bus-Speisung. Bei der "Multi-Master" Variante können mehrere Sensoren den verschiedenen Lichtgruppen zugeteilt werden und übernehmen gemeinsam die Steuerungsaufgabe. Die Bus-Speisung ist in der Regel separat.

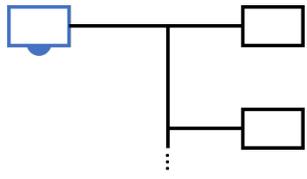
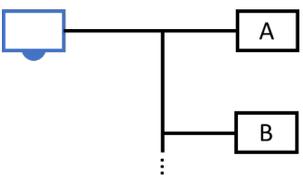
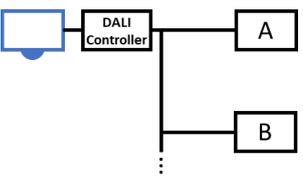
### **7.6.1.3 Input Devices**

Bei der "Input-Device" Variante werden die Sensoren, wie alle anderen Bus-Teilnehmer auch, von einer DALI-Speisung versorgt und stellen die erfassten Daten über Anwesenheit und ggf. auch über die Helligkeit einer zentralen Steuerungseinheit zur Verfügung.

### **7.6.1.4 Gegenüberstellung DALI Varianten**

Die folgende Aufzählung (Tabelle 10) stellt die wichtigsten Eigenschaften der Varianten noch einmal einander gegenüber.

Tabelle 10: Die verschiedenen Steuerungsvarianten mit DALI

	Application Controller Broadcast	Application Controller	Input Devices
Bus-Struktur	Keine Adressierung der Leuchten notwendig Befehle via Broadcast	bis zu 64 Teilnehmer (Leuchten/Sensoren) in bis zu 16 Gruppen	bis zu 64 Teilnehmer (Leuchten/Sensoren) in bis zu 16 Gruppen
Bus-Speisung	Sensor versorgt den DALI-Bus mit Busspannung	DALI-Bus mit Busspannung durch Sensor oder separate Speisung	DALI-Bus mit Busspannung durch separate Speisung
Steuerungslogik	Sensor hat eigene Steuerlogik	Sensor hat eigene Steuerlogik (Single Master) oder mehrere Sensoren steuern die Beleuchtung (Multi-Master)	Sensor sendet Daten an zentrale Steuereinheit
Typische Anwendung	Einzelraum	Einzelraum kleine Zweckbauten	Mittlere bis grosse Zweckbauten
Funktionschema			

### 7.6.2 KNX

KNX ist ein Bussystem für die Gebäudeautomation. Bei KNX geht es nicht nur um die Steuerung der Beleuchtung, sondern vielmehr um die gesamte Automation von Gebäuden. Ein grosser Vorteil des KNX-Standards liegt darin, dass KNX-Geräte herstellerübergreifend miteinander kompatibel sind. In einem KNX-Netzwerk können bis zu 65.000 KNX-Geräte als Teilnehmer agieren.

Für die Funktionen von KNX-Sensoren ist

die herstellereigene KNX-Applikation ausschlaggebend. Es gibt schmal gehaltene aber auch sehr breit aufgestellte Applikationen.

Die Ausgabewerte der Geräte können einzeln abgerufen und ausgewertet werden. Einstellungen werden über die ETS-Software (Engineering-Tool-Software) oder auch per Fernbedienung vorgenommen.

Zudem gibt es neben der Standard-KNX-Variante mit Twisted-Pair (Zweidraht)-Verdrahtung noch KNX-IP, KNX-Powerline und

KNX-RF als Funkversion. Die standardmäßige Versorgungsspannung findet über die KNX-Busspannung mit 29V statt.

### 7.6.3 IP

IP steht für „Internet Protokoll“ und stellt allgemein gefasst das grundlegende Netzwerkprotokoll des Internets da. Es bietet angewandt auf die Gebäudeautomation die Möglichkeit, Daten aus z.B. einem Sensor direkt und ohne Umwege in eine Cloud oder auch einen lokalen Server zu bringen. Es ist eine direkte Ansprache möglich, ohne dass Gateways benötigt werden. Die Stromversorgung erfolgt über PoE (Power over Ethernet), wird also über das Ethernet-Kabel gespeist.

Jedes IP-Gerät oder jede Gerätegruppe besitzt eine eigene IP-Adresse, sodass eine eindeutige Adressierung im Netzwerk möglich ist. Bekannte Kommunikationsprotokolle von IP sind ReST API, MQTT und BACnet.

Hauptziel ist es, die erfassten Daten des Sensors zeitnah analysieren zu können um durch eine Auswertung Optimierungspotentiale direkt zu verarbeiten. IP bietet sich besonders in Bürogebäuden an, da die benötigte Infrastruktur mit Anschlüssen im Regelfall bereits gegeben ist.

### 7.6.4 BACnet

BACnet steht für „Building Automation and Control Network“ und hat sich als ein Standard für ein übergeordnetes Managementsystem der Gebäudeautomation etabliert. Ursprünglich wurde BACnet entwickelt, um besonders im Bereich der HLK-Steuerung das Energiemanagement eines Gebäudes zu ermöglichen.

Es ist ein Protokoll, welches die Kompatibilität unter verschiedenen Automatisierungsgeräten unterschiedlicher Hersteller ermöglicht. Somit bietet BACnet besonders in grossen Projekten den Vorteil, eine vereinheitlichte Überwachung und Einstellbarkeit über verschiedene Protokolle hinweg zu ermöglichen.

Über Gateways kann auch die Beleuchtungssteuerung in das System eingebunden werden, bspw. über DALI. Durch BACnet können noch einmal deutlich mehr Teilnehmer eingebunden werden, als es bei KNX der Fall ist.

### 7.6.5 Funkschnittstellen

Neben den analogen und digitalen kabelgebundenen Schnittstellen haben sich drei Funkschnittstellen in der Beleuchtungsbranche etabliert: **Bluetooth, ZigBee** und **Z-Wave**.

Die Ansteuerung der Leuchten erfolgt entweder über eine integrierte Funkschnittstelle oder über ein Gateway, welches dann z.B. über DALI an die Leuchte kommuniziert. Da die Funkprotokolle bidirektional ausgelegt sind, können sowohl Daten an die Leuchte gesendet als auch Daten von der Leuchte empfangen und ausgelesen werden.

Die Frequenz von Z-Wave liegt bei 868MHz und erzielt allerdings geringere Reichweiten als die anderen beiden Funkprotokolle. Die Anzahl an bereits erhältlichen Z-Wave Produkten liegt bei 2.000 Varianten.

Bluetooth und ZigBee kommunizieren auf 2,4GHz. Es gibt ca. 2.000 zertifizierte ZigBee-Produkte, welche je nach Gebäudegegebenheit zwischen zehn und 75m abdecken können.

Während Bluetooth eine direkte Kommunikation von Smartphone oder Tablet zum Gerät zulässt, wird bei den anderen beiden eine Zentrale in Form einer Bridge oder eines Controllers benötigt, welche die Kommunikation zum Gerät abwickelt. Alle drei Funkschnittstellen funktionieren als Mesh-Netzwerke und ermöglichen so die Vernetzung mehrerer Geräte und die Weitergabe

des Funksignals über die Geräte im Netzwerk.

Die Funkschnittstellen bieten sich besonders im Renovierungsfall an, da sie mit wenig Aufwand in vorhandene Gebäude integriert werden können, ohne dass aufwändige Kabel verlegt werden müssen.

## 8 Planung mit Sensoren

### 8.1 Planungsgrundlagen

Der Einsatz von Sensoren in der Beleuchtung bietet vielfältige Mehrwerte in den Bereichen Effizienz, Sicherheit, Betriebskosten und Komfort. Damit diese Vorteile für die Nutzer und Betreiber des Gebäudes erschlossen werden können, ist im Projektablauf eines Baus auf die nachfolgenden Punkte zu achten:

- Fachmännische Planung der Beleuchtungssteuerung
- Installation gemäss Planung
- Vollständige Inbetriebnahme entsprechend der Planung
- Betrieb und Wartung entsprechend den Planungsvorgaben

#### 8.1.1 Planung der Beleuchtungssteuerung

Um eine Beleuchtungssteuerung hinsichtlich Energieeffizienz, Sicherheit und Komfort möglichst nutzbringend zu realisieren, müssen in der Planung verschiedene Aspekte auf einander abgestimmt werden. Um dies zu realisieren, hilft es, sich am Planungsmodell «Licht im Haus» (Abbildung 35) mit den drei Säulen Tageslicht, Leuchten und Steuerung zu orientieren. Dabei bilden die Anforderungen, welche aus der Nutzung und dem Betrieb erwachsen die Grundlage. Mit einer abgestimmten Planung der Tageslichtnutzung, der Leuchten-

und der Lichtsteuerungsplanung wird die gewünschte Zufriedenheit beim Nutzer und Betreiber erreicht. Um die Lichtsteuerung auf den gewünschten Nutzen hin zu planen, werden die nachfolgenden Punkte berücksichtigt.

#### 8.1.1.1 Anforderungen aus Nutzung und Betrieb

Jeder Beleuchtungsplanung muss die Definition der Raumnutzung und der Anforderungen an dessen Betrieb vorausgehen. So sind für die Beleuchtung in einem Schulzimmer andere Aspekte zentral als für den Betrieb eines Hochregallagers. Aus diesen Aspekten können die Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung abgeleitet werden.

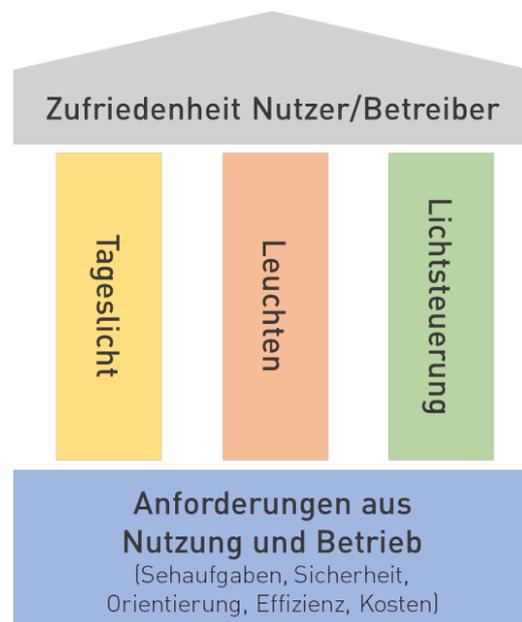


Abbildung 35: Das Planungsmodell «Licht im Haus» erfüllt die aus Nutzung und Betrieb resultierenden Anforderungen mit den drei Säulen Tageslicht, Leuchten und Lichtsteuerung. Dies führt zum gewünschten Nutzen hinsichtlich der Sehaufgabe, der Sicherheit, Effizienz und der Kosten.

Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass in Schulzimmern die Nutzerzufriedenheit bedeutend steigt, wenn in die automatische Lichtregelung manuell eingegriffen werden kann. So empfiehlt es sich in Schulzimmern stets einen Taster zur manuellen Übersteuerung einzuplanen. Was dies in typischen Anwendungen konkret bedeutet ist im Kapitel 9 ausgeführt.

#### **8.1.1.2 Tageslicht Nutzung**

Der zentrale Aspekt für Komfort und Effizienz ist eine möglichst optimale Nutzung des vorhandenen Tageslichtes. Damit die Sensoren der Lichtsteuerung das Tageslicht einwandfrei nutzen können, muss der Ort der Lichtmessung korrekt sein und die Steuerungslogik (Dimmen/Schalten, Helligkeitswert) auf die Anwendung angepasst sein. Welche Aspekte in den verschiedenen typischen Anwendungen berücksichtigt werden müssen, sind im Kapitel 9 ausgeführt.

#### **8.1.1.3 Leuchten und Lichtgruppen**

Die anwendungsgerechte Planung der Leuchten und eine der Nutzung entsprechende Einteilung der Lichtgruppen, ist eine wichtige Voraussetzung um die Lichtsteuerung zu spezifizieren. So ist beispielsweise auch bei der Lichtplanung entscheidend, dass die Lichtgruppen so eingeteilt werden, dass die Tageslichtnutzung sinnvoll möglich ist. So werden typischerweise

die Leuchten in Fensternähe in eigenen Lichtgruppen zusammengefasst, um diese nur dann einzuschalten oder anzusteuern, wenn nicht ausreichend Tageslicht vorhanden ist. Auch hier sind die typischen Anwendungsfälle im Kapitel 9 skizziert.

#### **8.1.1.4 Definition Parameter der Lichtsteuerung**

Aus den Anforderungen der Nutzung und des Betriebs leiten sich nach der Planung der Leuchten und der Steuerung auch die Parameter der Lichtsteuerung ab. So kann sich die Wirkung einer Konstantlichtregelung nicht einstellen, wenn der Helligkeitsschwellwert falsch gesetzt wird. Die typischen Einstellungsparameter finden sich im Kapitel 9 pro Anwendung beschrieben.

#### **8.1.2 Bestimmung des richtigen Montageortes oder Auswahl der Charakteristik**

Bei der Installation von Sensoren spielt der richtige Montageort für die einwandfreie Funktion eine entscheidende Rolle. Dabei empfiehlt es sich, die Planung der Sensorik softwareunterstützt vorzunehmen. (siehe Abschnitt 8.3)

Abhängig von den anwendungs-spezifischen Anforderungen müssen typische Bewegungsarten und besondere Umgebungsbedingungen mitberücksichtigt werden. Hierzu zählen z.B. die Beschaffenheit der Wände und Materialien des Mobiliars oder

anderer Gegenstände. Auch typische Störfaktoren wie Lüftungsöffnungen oder gar Ventilatoren sollten bei der Planung berücksichtigt werden.

Für die folgenden Technologien sollten bei der Planung besonders folgende Punkte beachtet werden:

**Tabelle 11: Wichtige Punkte für die Planung**

Passiv-Infrarot (PIR)	zu erfassende Bewegungen sollten tangential zum Sensor verlaufen Objekte, die sich im Wind bewegen, sollten vor der Montage beachtet werden Wärmequellen, wie z.B. Heizungen oder Klimaanlage, Leuchten sollten vermieden werden
Hochfrequenz (HF)	sollten im Raum möglichst mittig zu den Wänden angebracht werden metallene Wände oder metallenes Mobiliar kann die HF-Strahlen stark reflektieren Glas und dünne Wände werden durchdrungen
Ultraschall (US)	müssen nicht zwingend zentral im Raum positioniert werden sollten in ausreichendem Abstand zu Lüftungen oder offenen Fenstern montiert werden

Zudem spielt die gewünschte Montageart und die ggf. festgelegte Montagehöhe eine grosse Rolle. Grundlegend gilt für alle Sensor-Technologien, dass die vom Hersteller empfohlenen Montagehöhen eingehalten werden sollten, um die angegebenen Reichweiten zu erhalten. Sensoren, welche für die Deckenmontage ausgelegt sind, sollten auch nur an einer solchen montiert werden.

### 8.1.3 Installation gemäss Planung

Im Ablauf des Bauprojektes kommt es immer wieder zu Änderungen im Vergleich zur

Planung. Dabei ist es wichtig, dass die in der Planung definierten Anforderungen auch durch die Installation erfüllt werden. So ist es von grosser Wichtigkeit, dass die Qualität und die technischen Spezifikationen der gewählten Sensoren die Anforderungen des Projektes vollumfänglich erfüllen. Eine Planung mit Präsenzmeldern nützt beispielsweise nichts, wenn anschliessend aus Kostengründen Bewegungsmelder eingesetzt werden. Oder wenn Sensoren mit einem Erfassungsbereich gewählt werden, welcher nicht den Planungsvorgaben entspricht.

Weiteres zum Thema Planungssicherheit siehe Abschnitt 8.2.

#### 8.1.4 Inbetriebnahme entsprechend der Planung

Erst eine vollständige Inbetriebnahme entsprechend den Planungsvorgaben stellt sicher, dass die Anforderungen des Projektes erfüllt werden können. Dabei ist darauf zu achten, dass die drei Säulen Tageslicht, Leuchten und Lichtsteuerung aufeinander abgestimmt funktionieren.

#### 8.1.5 Zweckgerechter Betrieb

Eine Beleuchtungsanlage bewährt sich dann im Alltag, wenn diese auch ihrem geplanten Zweck entsprechend genutzt wird. Dabei hilft es, wenn die jeweiligen Nutzer beispielsweise die Steuerungslogik der Lichtsteuerung verstehen. Dies führt zur grösseren Akzeptanz, gerade dort wo Energie eingespart wird. So hat ein Lehrer in seinem Schulzimmer mehr Verständnis für das Abschalten der Beleuchtung und wird nur dann manuell wieder einschalten, wenn er wirklich mehr Licht benötigt.

Wird ein Raum für einen anderen Zweck genutzt als ursprünglich geplant, so macht es Sinn die neuen Anforderungen, welche aus der Umnutzung entstehen, zu prüfen und gegebenenfalls eine Anpassung der Parameter der Lichtsteuerung oder auch eine Neueinteilung der Lichtgruppen vorzunehmen.

## 8.2 Planungssicherheit durch sensNORM

SensNORM ist ein Zusammenschluss aller namhaften Hersteller von Bewegungs- und Präsenzmeldern. Ziel dieser Organisation ist es, Verfahren für die Normung und Standardisierung von Sensoren für die Gebäudetechnik zu entwickeln und zu etablieren. Gemeinsam wurden Verfahren festgelegt, wie Sensoren sehr genau und nachprüfbar vermessen werden können. Da die Sensoren alle in denselben Umgebungsbedingungen und mit denselben Messverfahren geprüft werden, entsteht eine sichere Vergleichbarkeit untereinander für die Planer und eine genaue Planbarkeit in den Gebäuden.



Abbildung 36: Logo sensNORM

Aktuell können schon PIR-Sensoren vermessen werden, zukünftig wird die Messung auch mit Ultraschall- und Hochfrequenz-Sensoren möglich sein. Von der Raumtemperatur über die Luftfeuchte, die Montagehöhe bis hin zur allgemeinen Beschaffenheit des Messraumes sind alle Umgebungsbedingungen standardisiert. Zudem sind auch die Testobjekte normiert, welche den Menschen simulieren und erfasst werden sollen.

Durch einen einheitlichen Modellarm und

einen Modellmenschen mit durchschnittlichen Abmessungen, Temperaturen und Geschwindigkeiten sind auch von der Seite des Bewegungsobjektes standardisierte Ergebnisse gesichert.

Doch wie ist das Vorgehen im sensNORM Messraum? Bei der Messung der tangentialen und radialen Erfassung kommt ein auf Schienen installierter Dummy zum Einsatz (Abbildung 37). Er simuliert den menschlichen Körper mit einer Temperatur von 35 °C am Kopf und 28 °C am Körper und den Beinen. Mit definierter Geschwindigkeit bewegt sich der Dummy auf den Sensor zu. Bei jeder neuen Messung wird der Sensor ein Stückchen gedreht. Als Ergebnis erhält man hierbei ein Polardiagramm (Abbildung 38).

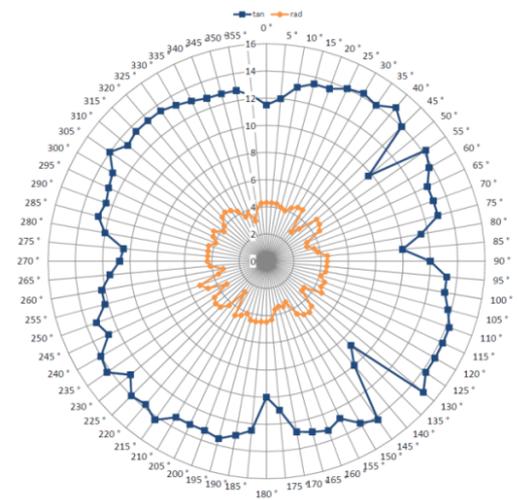


Abbildung 38: Das Polardiagramm bildet die Messergebnisse der tangentialen (blau) und radialen (orange) Erfassung eines Deckenmelders ab

Bei der Präsenzmessung wiederum fahren die Sensoren auf einen beweglichen Dummy-Arm zu. Mit einer Temperatur von 35 °C stellt er den Unterarm einer anwesenden Person dar. Die Sensoren drehen sich auch hier von Messung zu Messung ein Stück weiter. An jeder Position wird der Mo-

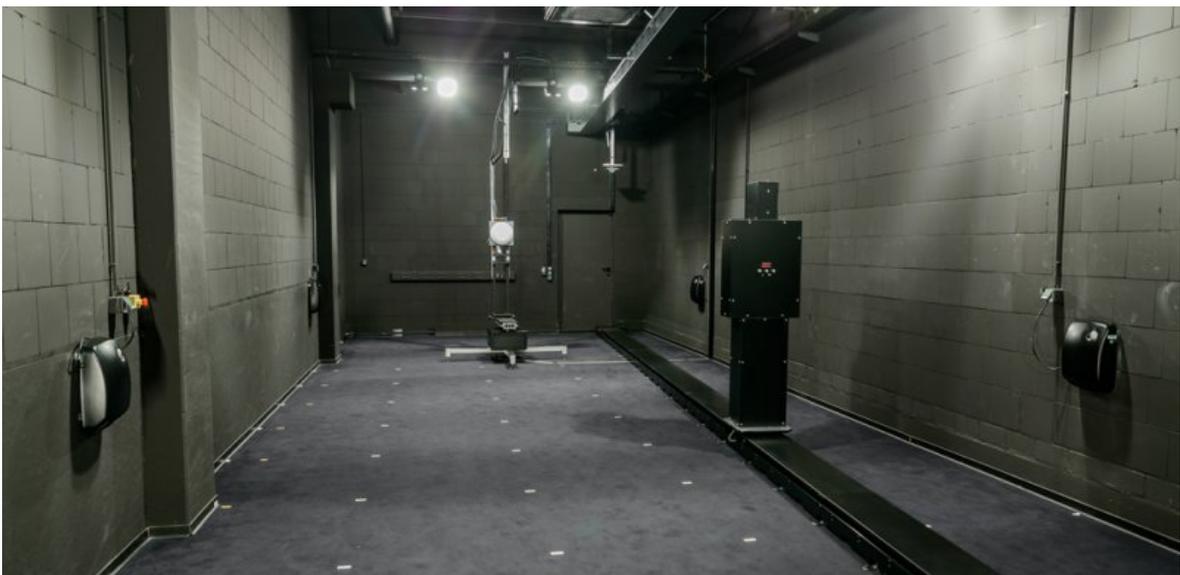


Abbildung 37: im Messraum wird mit einem normierten Dummy der Erfassungsbereich eines Sensors vermessen.

dellarm 90° nach oben und wieder hinunterbewegt. Das Resultat ist eine Rasterdarstellung, die den Präsenzbereich exakt abbildet (Abbildung 40). Die grünen mit einer „1“ versehenen Felder zeigen die Erfassung der Präsenz, die roten mit einer „0“ versehenen Felder die Positionen, an denen keine oder keine eindeutige Präsenz erfasst wurde.

Durch diese Vereinheitlichung der Tests erhöht sich vor allem die Planungssicherheit bei dem Einsatz von Sensoren. Die durch sensNORM gemessenen Daten bieten also eine ideale Grundlage für die Verwendung in Kombination mit einer Planungssoftware.

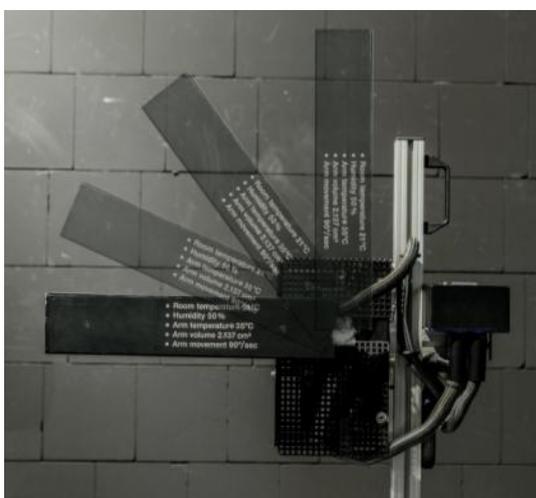


Abbildung 39: Modellarm für die Vermessung des Präsenzbereiches

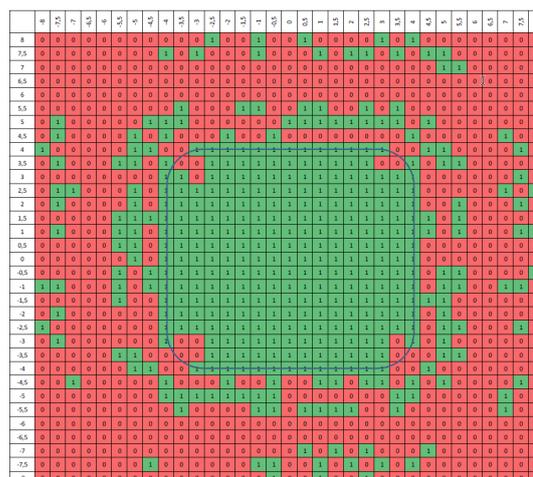


Abbildung 40: Auswertung in Rasterdarstellung einer Präsenzmessung eines Deckenmelders. Die grünen Flächen stellen die Erfassung von Präsenz dar, bei den roten Flächen gab es keine Präsenzerkennung.

### 8.3 Daten für die Planungssoftware RELUX

Auf dem Markt existiert unterschiedliche Software für die Planung von Leuchten. Für die Planung von Sensoren bietet sich besonders die Software RELUX an. Im Vergleich zu der Planungssoftware DIALux bietet RELUX die Möglichkeit, neben Leuchten auch mit Sensoren zu planen. Gängige Dateiformate sind rlx (Relux), rfa (Revit), dwg (AutoCAD), ldt (Eulum) und ies (IES).<sup>1</sup>

Über die Online-Plattform ReluxNet® bieten viele Hersteller eine grosse Auswahl an Produkt- und Messdaten zum Download an. Durch herstellereigene Plugins für die Software wird die Sensorauswahl zusätz-

<sup>1</sup> <https://relux.com/de/>

lich unterstützt. Es ist auch ersichtlich, welche Daten nach den sensNORM Regeln ermittelt sind und sich damit perfekt für die Planung eignen.

Sogenannte Revit Family Dateien (rfa) ermöglichen die Einbindung in Building-Information-Modeling-Systeme (BIM). Somit ergeben sich neben der einheitlichen Gebäudeplanung auch Möglichkeiten zur langfristigen, ganzheitlichen Verwaltung der Gebäudeinfrastruktur.

Die Verwendung von offiziellen Sensordaten bei der Planung von sensorgesteuertem Licht bietet eine hohe Planungssicherheit und erleichtert die Auswahl des richtigen Sensors.

In Abbildung 42 ist ein PIR-Sensor in der Mitte eines Raumes an der Decke platziert. Die gelbe Fläche stellt den tangentialen, die grüne Fläche den radialen Erfassungsbereich und die kleinste, dunkelblaue Fläche

zeigt den Präsenzbereich des Sensors für die Erfassung von sogar sitzenden Tätigkeiten.

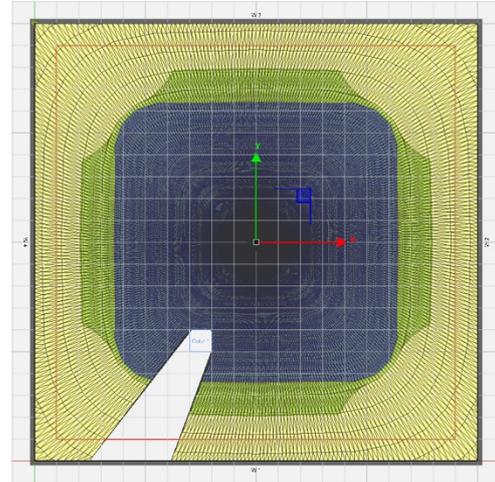


Abbildung 42: Beispiel einer Planung in RELUX mit dem IR Quattro HD von STEINEL (Aufsicht)

Die Abbildung 41 macht deutlich, wie der Sichtbereich des Sensors von dem Pfeiler abgeschirmt wird, sodass der Sensor von seiner Position aus hinter dem Pfeiler keine Erfassung mehr hat.

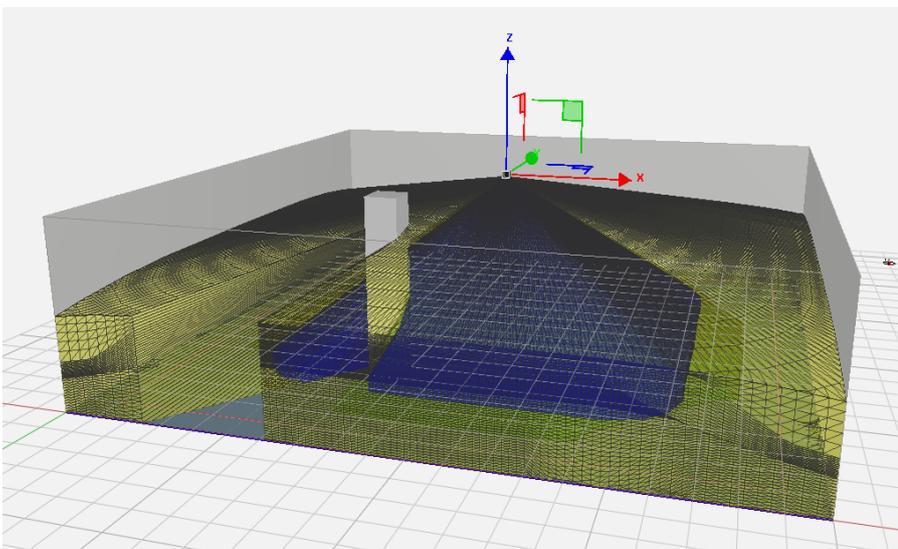


Abbildung 41: Beispiel einer Planung in RELUX mit dem IR Quattro HD von STEINEL (Seitenansicht)

## 8.4 Tipps & Tricks rund um Lichtsteuerungen mit Sensoren

Nebst dem gezielten Vorgehen in der Planung, Installation und Inbetriebnahme wie

unter 8.1 beschrieben, gibt es einige Tipps und Tricks, welche in der Praxis Mehraufwände verhindern und unerwünschte Effekte vermindern.

### 8.4.1 Fehlerquellen auf Grund der Erfassung

#### Sensor erfasst zu spät

Begrenzung des Erfassungsbereiches durch: Fenster, Glaswände, Mobiliar, abgehängte Leuchten, Deckeninstallationen wie Sanitärrohre

Melder oder Mobiliar umplatzieren oder zusätzlichen Melder installieren

Nicht-Berücksichtigung der Melder-Charakteristik

Der gewählte Melder deckt den gewünschten Bereich nicht ab

PIR-Melder: zu erfassende Bewegungen sollten tangential zum Sensor verlaufen

#### Unerwünschte Schaltungen

Aussenbereich durch Pflanzen, Autos etc.

Objekte, die sich im Wind bewegen und Bereiche, welche nicht erfasst werden sollen können durch die Platzierung des Melders oder durch Richten und Abdecken des Sensorkopfes ausgeblendet werden.

Innenbereich PIR-Melder

Wärmequellen, wie z.B. Heizungen oder Klimaanlage, Leuchten sollten sich nicht im Erfassungsbereich des Sensors befinden.

PIR-Melder zu nah an Leuchte

Durch die Änderung der Wärmeabstrahlung der Leuchte kann es zu Fehlschaltungen (Wiedereinschaltung nach Abschaltung) kommen. Durch Eingrenzen des Erfassungsbereiches oder durch Umplatzierung der Leuchte/ des Sensors kann dies behoben werden.

Innenbereich HF-Sensor

Erfasst unerwünschte Bewegungen z.B. im Nachbarraum. Durch Eingrenzung der Erfassung oder Reduzierung der Empfindlichkeit kann dies behoben werden.

## 8.4.2 Fehler auf Grund der Lichtmessung

<b>Sensor schaltet/ regelt nicht korrekt</b>	
Sensor schaltet bei der gewünschten Helligkeit nicht aus/ ein	Als erstes muss der eingestellte Helligkeitswert überprüft werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Sensor an seinem Montageort die Lichtmessung vornimmt und somit dort der Lichteinfall nicht der gleiche ist, wie auf der Arbeitsfläche oder dem Boden. (siehe 4.2)
Er hat vom Sensor unabhängig gesteuerte Lichtgruppen in der Nähe	Vom Melder unabhängig geschaltetes Kunstlicht beeinflusst die Lichtmessung des Sensors. Je näher dieses ist, um so grösser ist der Einfluss auf die Lichtmessung beim Sensor. Um eine korrekte Lichtmessung durchführen zu können, muss der Sensor so im Raum platziert sein, dass er das vorhandene Tageslicht gut erfasst und das selbstgesteuerte Licht ebenfalls gut ermitteln kann. (siehe 4.3) Ein Abstand von 0.5 bis 1 Meter erweist sich meist als gut.
Der Abstand der gesteuerten Leuchte zum Sensor ist sehr klein	Ist der Einfluss des Eigenlichts auf den Sensor zu gross, verzerrt dies die Lichtmessung. Daher ist der Sensor nicht in der Lage, die Lichtmessung adäquat zu machen. Durch eine Umplatzierung des Sensors kann dies behoben werden.
Es sind mehrere Präsenzmelder parallelgeschaltet	Wie unter 3.2.2 beschrieben, wird bei den Präsenzmeldern die Lichtmessung durch die Mastergeräte vorgenommen. Werden nun zwei Master parallelgeschaltet, so können diese die Lichtmessung nicht mehr korrekt durchführen. Pro Lichtgruppe darf nur ein Master eingesetzt werden. Zur Erweiterung des Erfassungsbereiches müssen Slaves an den Master angeschlossen werden.

### 8.4.3 Fehler in der Installation

<p>Bei Installation eines Sensors mit zusätzlichem Taster brennt das Licht dauerhaft</p>	<p>Beleuchtete Taster ohne Neutralleiteranschluss können zur "Betätigung" des Tastereingangs des Bewegungsmelders führen. Wenn beleuchtete Taster verwendet werden, sollten Taster mit Neutralleiteranschluss verwendet werden.</p>
<p>Bei Installation eines Sensors mit zusätzlichem Taster schaltet das Licht nicht automatisch ein</p>	<p>Präsenzmelder können im Voll- oder Halbautomatik Modus betrieben werden. Im Halbautomatik Modus muss das Licht manuell eingeschaltet werden und schaltet dann automatisch ab. Ist jedoch eine automatische Einschaltung durch Bewegung erwünscht, so muss der Melder im Vollautomatik Modus betrieben werden. Der Taster dient dann zur manuellen Übersteuerung.</p>
<p>Bei Master-Slave Installation brennt das Licht dauerhaft</p>	<p>Dies Slave-Geräte geben bei einer erkannten Bewegung ein Signal an den Master weiter. Ein Fehlsignal zwischen Master und Slave (z.B. durch einen defekten Slave-Melder) kann zu Dauerlicht führen. Hier muss der Ursprung des Fehlsignals ermittelt werden.</p>

## **9 Planungsbeispiele**

Ein ergänzendes Kapitel mit ausführlichen Planungsbeispielen in verschiedenen Anwendungsgebieten ist geplant und wird als Kapitel in einer neuen Version des Leitfadens ergänzt.

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Sensortechnologien .....	21
Tabelle 2: Vor- und Nachteile der Sensortechnologien .....	29
Tabelle 3: Anwendungsbereiche der verschiedenen Technologien .....	32
Tabelle 4: Bauformen von Deckensensoren .....	36
Tabelle 5: Bauformen von Wandmeldern	37
Tabelle 6: Bauformen von Einbaumeldern .....	38
Tabelle 7: Definition 1. Kennziffer .....	39
Tabelle 8: Definition 2. Kennziffer .....	40
Tabelle 9: Definition IK Schutzart.....	42
Tabelle 10: Die verschiedenen Steuerungsvarianten mit DALI .....	47
Tabelle 11: Wichtige Punkte für die Planung .....	52

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz. Anteile der Verbrauchergruppen am gesamten Verbrauch für die Beleuchtung respektive am gesamten Stromverbrauch von 58 TWh (2017). Der Verbrauch hat Kosten von 10 Mrd. Fr. zur Folge.....	7	bildet das Verhältnis des Lichtes an der Decke zum Licht auf der Arbeitsfläche ab. ....	18
Abbildung 2: Es gibt Bewegungs- und Präsenzmelder mit quadratischen und runden Erfassungsbereichen .....	11	Abbildung 9: Mischlichtmessung: Der Präsenzmelder misst die Summe aus Kunst- und Tageslicht und schaltet entsprechend das Kunstlicht "EIN" bzw. "AUS".....	20
Abbildung 3: vernetzte Leuchten steuern das Licht bedarfsabhängig und ermöglichen auf einfachste Art und Weise eine energie- und anwendungsoptimierte Lichtlösung. ....	13	Abbildung 10: Konstantlichtregelung: Es wird nur so viel Kunstlicht wie benötigt zugeschaltet und stufenlos angepasst .....	20
Abbildung 4: Reduktion der Brenndauer durch eine moderne Lichtsteuerung .....	14	Abbildung 11: Erfassungsschema Passiv-Infrarot-Sensor (PIR).....	21
Abbildung 5: Im Vergleich lassen sich die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lichtsteuerungsarten gegeneinander abwägen .....	14	Abbildung 12: Schematische Darstellung der Erfassung eines Infrarot-Sensors .....	22
Abbildung 6: Visualisierung der tangentialen und radialen Erfassung eines PIR-Sensors .....	15	Abbildung 13: Mit zunehmender Höhe wird der Erfassungsbereich grösser und die Empfindlichkeit geringer.....	22
Abbildung 7: Die Lichtmessung erfolgt im Sensor an der Decke. Durch die Reflexionen des Tages- und Kunstlichtes sind die Lichtverhältnisse am Sensor nicht die gleichen wie auf dem Boden oder einem Tisch. ....	18	Abbildung 14: Einblick in einen PIR-Melder: sichtbar sind vier Pyrosensoren und die typische Linsenstruktur .....	23
Abbildung 8: Der Raum-Korrekturfaktor		Abbildung 15: Einstellung des Erfassungsbereiches durch Drehschrauben und Abdeckclips. ....	23
		Abbildung 16: Ein HF-Sensor, welcher für die Erfassung im Gang optimiert ist ..	24
		Abbildung 17: Hochfrequenz erfasst sogar durch dünne Wände hindurch.....	24
		Abbildung 18: Der wahre Präsenzmelder - True Presence® von Steinel.....	25
		Abbildung 19: Ultraschall füllt den ganzen	

Raum aus und erfasst auch um Objekte herum.....	26	können mit Hilfe von Abdeckclips Störquellen wie Bäume oder Büsche ausgeblendet werden.....	35
Abbildung 20: Sensor mit Öffnungen zum Austritt der Ultraschall-Signale .....	26	Abbildung 30: Die Einstellung des Helligkeitswertes erfolgt z.B. über Potentiometer.....	44
Abbildung 21: Ein Bildsensor erfasst das Infrarotbild des Raumes und analysiert dieses. ....	27	Abbildung 31: Potentiometer zur Einstellung der Nachlaufzeit.....	44
Abbildung 22: Bildsensoren bieten die Möglichkeit, Menschen zu zählen.....	27	Abbildung 32: Schaltbild eines Bewegungsmelders mit einem Relaisausgang .....	44
Abbildung 23: Der PIR Melder erfasst nicht durch Glaswände hindurch. Daher eignet dieser sich ausgesprochen gut für Büros mit Verglasungen. ....	30	Abbildung 33: für die Ansteuerung von HLK steht ein potentialfreies Relais zur Verfügung .....	44
Abbildung 24: Beispiel eines Melders für Montagehöhen bis 16 m mit Lichtsensorik für optimale Helligkeitsmessung. ....	31	Abbildung 34: Einstellung der HLK Nachlaufzeit, ab 30min mit Einschalt- verzögerung.....	45
Abbildung 25: Reichweiteinstellung der Pyrosensoren durch Potentiometer .	33	Abbildung 35: Das Planungsmodell «Licht im Haus» erfüllt die aus Nutzung und Betrieb resultierenden Anforderungen mit den drei Säulen Tageslicht, Leuchten und Lichtsteuerung. Dies führt zum gewünschten Nutzen hinsichtlich der Sehaufgabe, der Sicherheit, Effizienz und der Kosten.	50
Abbildung 26: Beispieldarstellung der Erfassungsbereiche der HF- Technologie bei Wand- und Deckenmontage .....	33	Abbildung 36: Logo sensNORM .....	53
Abbildung 27: Erfassungsdiagramm eines 360° Präsenzmelders .....	34	Abbildung 37: im Messraum wird mit einem normierten Dummy der Erfassungsbereich eines Sensors vermessen. ....	54
Abbildung 28: Abdeckclips ermöglichen die Begrenzung des Erfassungsbereichs eines PIR-Sensors. ....	34	Abbildung 38: Das Polardiagramm bildet die Messergebnisse der tangentialen (blau) und radialen (orange) Erfassung	
Abbildung 29: Bewegungsmelder wie hier der B.E.G. Luxomat RC-plus 280 verfügen über mehrere Sektoren, welche einzeln in der Reichweite justiert werden können. Zudem			

eines Deckenmelders ab .....	54
Abbildung 39: Modellarm für die Vermessung des Präsenzbereiches .....	55
Abbildung 40: Auswertung in Rasterdarstellung einer Präsenzmessung eines Deckenmelders. Die grünen Flächen stellen die Erfassung von Präsenz dar, bei den roten Flächen gab es keine Präsenzerkennung .....	55
Abbildung 41: Beispiel einer Planung in RELUX mit dem IR Quattro HD von STEINEL (Seitenansicht) .....	56
Abbildung 42: Beispiel einer Planung in RELUX mit dem IR Quattro HD von STEINEL (Aufsicht) .....	56