

Bewegungs- und Präsenzerkennung in der Gebäudeautomation

1 Motivation

Das Erkennen von Bewegung und Präsenz ist eine Grundlage für die bedarfsgerechte Lüftungs- und Klimasteuerung sowie der gesamten Gebäudeautomation. Dabei kommen unterschiedliche Messverfahren und Prinzipien zum Einsatz.



Wandbewegungsmelder



Deckenbewegungsmelder

2 Physikalische Messverfahren

Verschiedene physikalische Messverfahren sind geeignet um Bewegung zu erkennen.

- Hochfrequenztechnik (Radar)
- Ultraschall
- Infrarot (IR)
- Optisch

Im Folgenden wird ausschließlich das passive Infrarotprinzip (PIR) zur Bewegungserkennung in Gebäuden näher betrachtet. Es orientiert sich dabei an Produkten der Thermokon Sensortechnik GmbH. Produkte anderer Hersteller die ebenfalls mit PIR-Sensoren arbeiten, funktionieren prinzipiell gleich und unterscheiden sich in der optischen Auflösung und der thermischen Auflösung.

3 Bewegungs- vs. Präsenzmelder

Die Begriffe Präsenz und Bewegung spiegeln unterschiedliche Sichtweisen auf ein und denselben Sachverhalt wider. In beiden Fällen soll erkannt werden, ob sich eine Person im Erfassungsbereich befindet oder bewegt.

Physikalische Sicht	Technische Sicht	Sicht der Gebäudeautomation
Infrarotquellen detektieren	Erkennen von <i>Bewegung</i> im Erfassungsbereich	Erkennen von <i>Präsenz</i> (<i>Raumbelegung</i>)

Daher spiegeln die unterschiedlichen Bezeichnungen Bewegungs- und Präsenzmelder lediglich unterschiedliche Sichtweisen auf ein und dasselbe Produkt wider. Die Begriffe Präsenz- und Bewegungssensor werden synonym verwendet und nicht unterschieden. Einzig die technischen Eigenschaften des Produktes bestimmen über die Qualität der Bewegungs- oder Präsenzerkennung.

PIR- Bewegungs- und Präsenzmelder benötigen stets ein Mindestmaß an Bewegung um zuverlässig zu funktionieren. Das bloße Erkennen der Raumbelegung (Präsenz) ist ohne eine Bewegung nicht möglich, selbst wenn das Gerät den Namen Präsenzmelder trägt.

4 Infrarotstrahlung

PIR-Sensoren detektieren Infrarotstrahlung bzw. Wärmestrahlung. Diese Strahlung ist Energie, die von jeder physikalischen Masse, deren Temperatur über dem absoluten Nullpunkt von 0°K (-273°C) liegt, abgestrahlt wird.

PIR Sensoren arbeiten passiv. D.h. sie selbst geben keine Infrarotstrahlung ab, sondern detektieren lediglich auftreffende Infrarotstrahlung. Dabei ist IR-Strahlung gleichzusetzen mit der Oberflächentemperatur eines Gegenstandes. D.h. ein Gegenstand der eine Oberflächentemperatur von 25°C hat, gibt eine äquivalente IR-Strahlung ab.

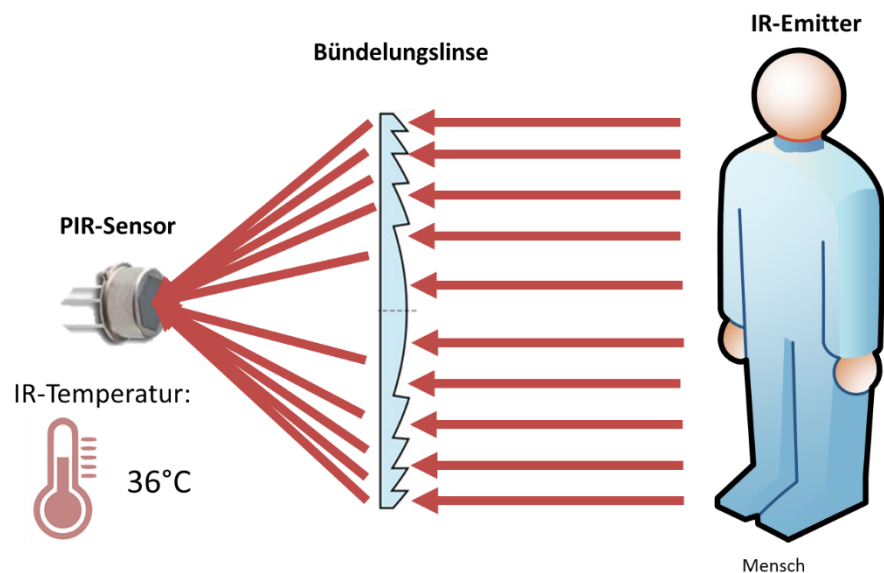


Aufgrund der relativ hohen Körpertemperatur des Menschen, eignet sich ein PIR-Sensor sehr gut, um Bewegung von Personen zu detektieren. Die Oberflächentemperatur eines Menschen ist meist deutlich höher als die Temperatur seiner Umgebung.

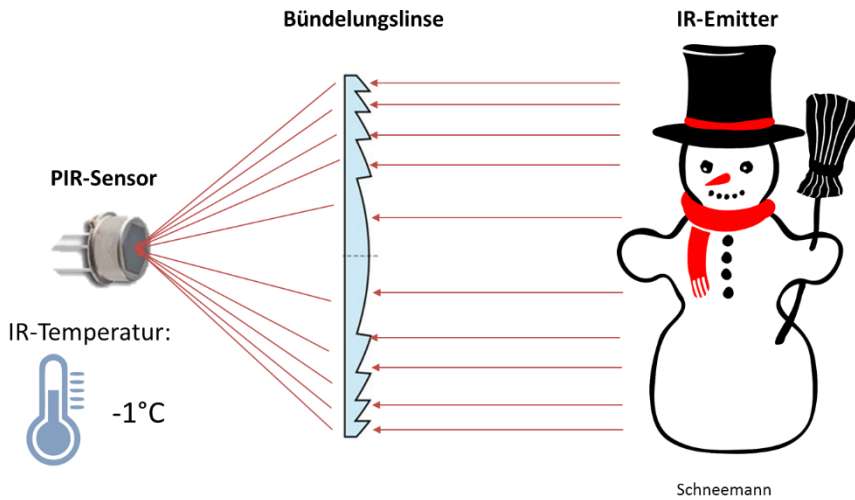
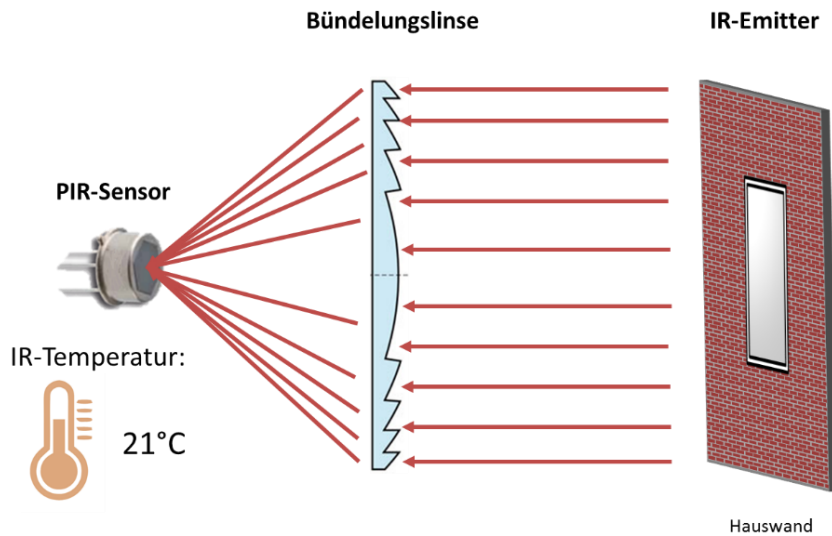
5 Messprinzip

Emittierte Infrarotstrahlung wird durch die Linse des Bewegungsmelders auf ein PIR-Sensorelement gebündelt. Die Intensität oder Menge der Infrarotstrahlung wird in diesem Element in ein Spannungssignal umgewandelt. Dementsprechend ändert sich mit der gebündelten Infrarotstrahlung, auch das erzeugte Spannungssignal. Diese Änderung wird von der Auswertelektronik des Bewegungsmelders ausgewertet und als Schaltsignal ausgegeben.

Die emittierte Infrarotstrahlung eines Menschen ist äquivalent zu dessen Oberflächentemperatur von ca. 36°C.



Eine Hauswand mit einer niedrigeren Oberflächentemperatur von 21°C strahlt weniger als ein Mensch.



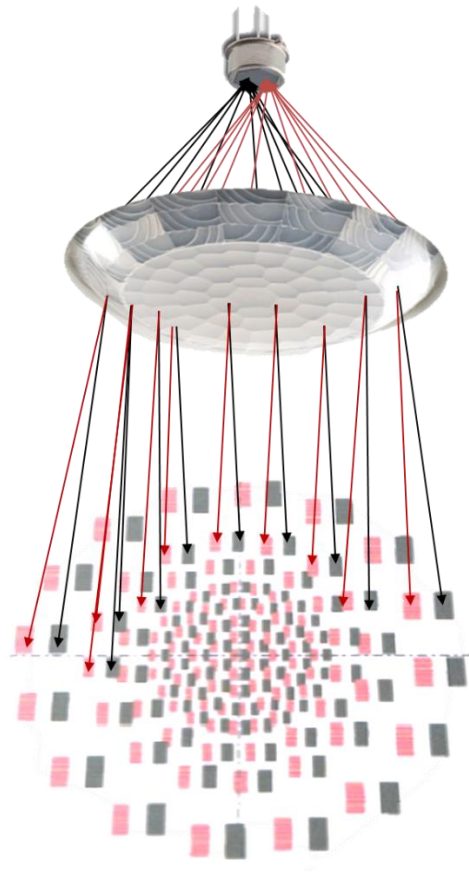
Selbst Schnee mit einer Oberflächentemperatur von -1°C gibt noch Infrarotstrahlung ab. Erst beim absoluten Nullpunkt von 0°K (-273°C) ist dies nicht mehr der Fall.

6 Erfassungsbereich

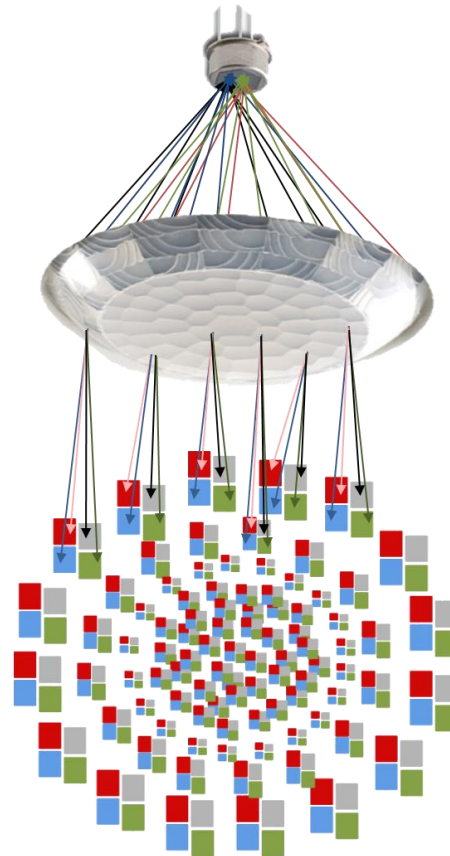
Zur Bewegungserkennung werden meist 1-fach, 2-fach oder 4-fach PIR-Sensorelemente verbaut. Wie in Absatz 5 gezeigt sitzt dieses PIR-Sensorelement hinter der Linse, welche aus vielen einzelnen Linsensegmenten besteht.



Jedes dieser einzelnen Linsensegmente bündelt die Infrarotstrahlung eines bestimmten Bereiches auf das PIR-Sensorelement. In Verbindung mit der Linsengeometrie (Erfassungswinkel, etc.) ergeben sich verschiedene Erfassungssektionen innerhalb des Erfassungsbereichs des Bewegungsmelders.



Mehrfachlinse mit 2-fach PIR-Sensor

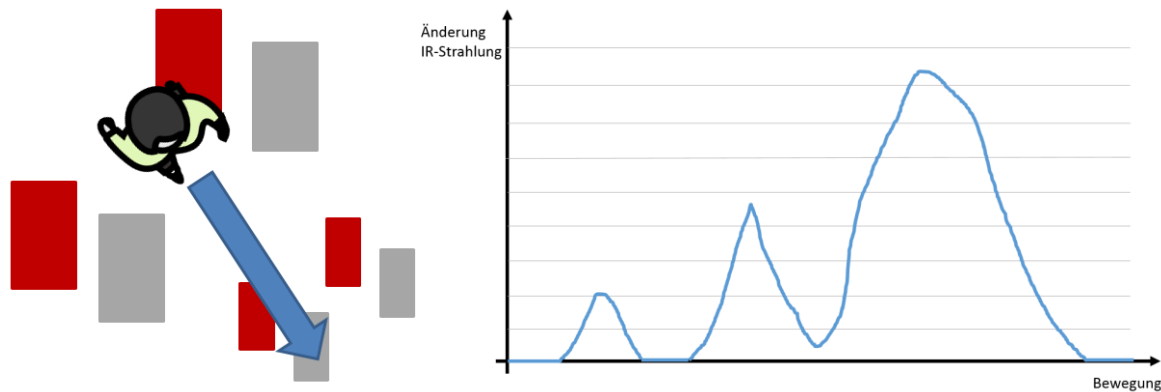


Mehrfachlinse mit 4-fach PIR-Sensor

Anzahl Linsenelemente	PIR-Sensor	Anzahl Erfassungssektionen
55	2-fach	110
111	4-fach	444

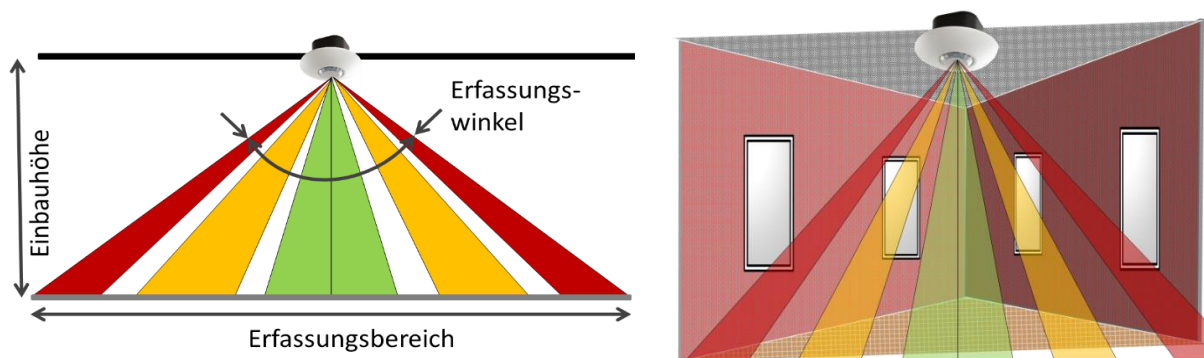
Bei gleicher Linse hat ein Bewegungsmelder mit 4-fach PIR-Sensor doppelt so viele Erfassungssektionen wie ein Bewegungsmelder mit einem 2-fach PIR-Sensor. Die räumliche Ausdehnung des Erfassungsbereichs ist jedoch nicht vom Sensorelement, sondern der Linse abhängig. Der Erfassungsbereich wird von einer größeren Anzahl Erfassungssektionen abgedeckt. Je mehr Erfassungssektionen über den Erfassungsbereich verteilt sind, desto besser können auch kleine Bewegungen erfasst werden.

Durchquert eine Infrarotquelle eine Erfassungssektion ändert sich die Infrarotstrahlung, welche von der Linse auf das PIR-Element gebündelt wird. Wird eine Erfassungssektion nur gestreift, ist diese Änderung gering. Wird die Sektion je doch in vollen Umfang durchquert, ist die Änderung dementsprechend groß.



Das PIR-Sensorelement erzeugt dann ein analoges Spannungssignal, welches äquivalent zur Strahlungsänderung in einer Erfassungssektion ist. Dieses analoge Signal wird ausgewertet und in ein Schaltsignal zur Weiterverarbeitung in einer Regelung oder Steuerung umgewandelt.

Die räumliche Ausbreitung des Erfassungsbereichs wird durch den Erfassungswinkel der Linse, der Art des Bewegungsmelders und der Einbauhöhe bestimmt. Diese Daten sind in der technischen Dokumentation der jeweiligen Geräte angegeben.



Aufgrund der Geometrie ist die Menge der Erfassungssektionen bei einem Deckenbewegungsmelder in der Mitte größer als am Rand des Erfassungsbereichs.

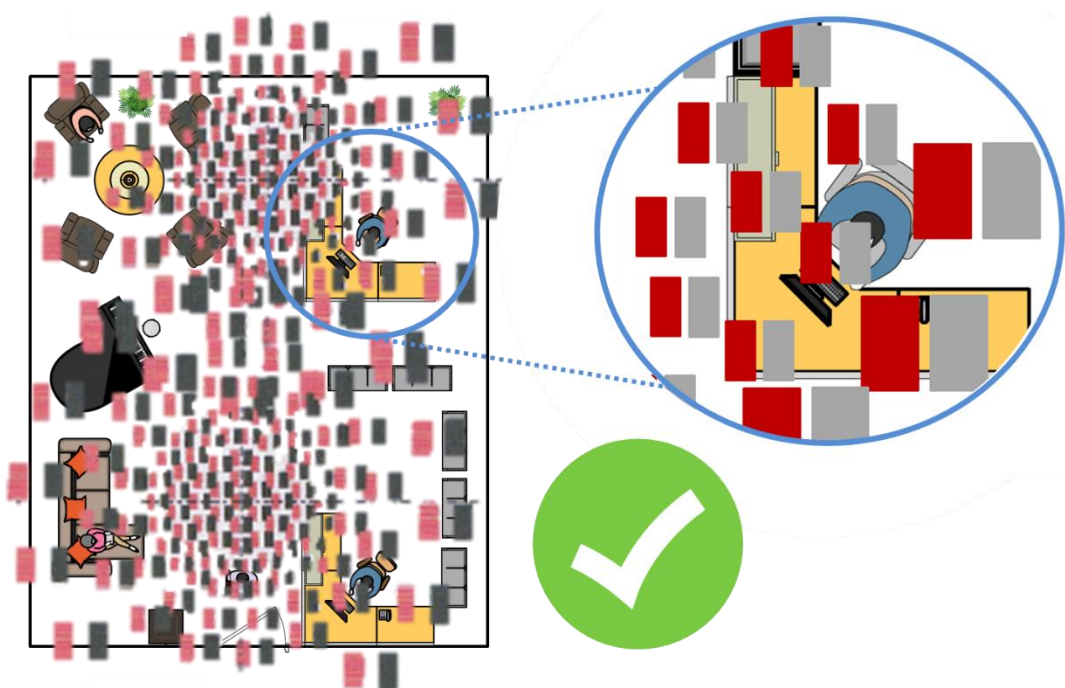
Grün (Mitte)	Gelb (Randbereich)	Rot (Außen)
Hohe Dichte; Sehr viele Erfassungssektionen	Mittlere Dichte; Viele Erfassungssektionen	Geringe Dichte; Wenige Erfassungssektionen

7 Platzierung

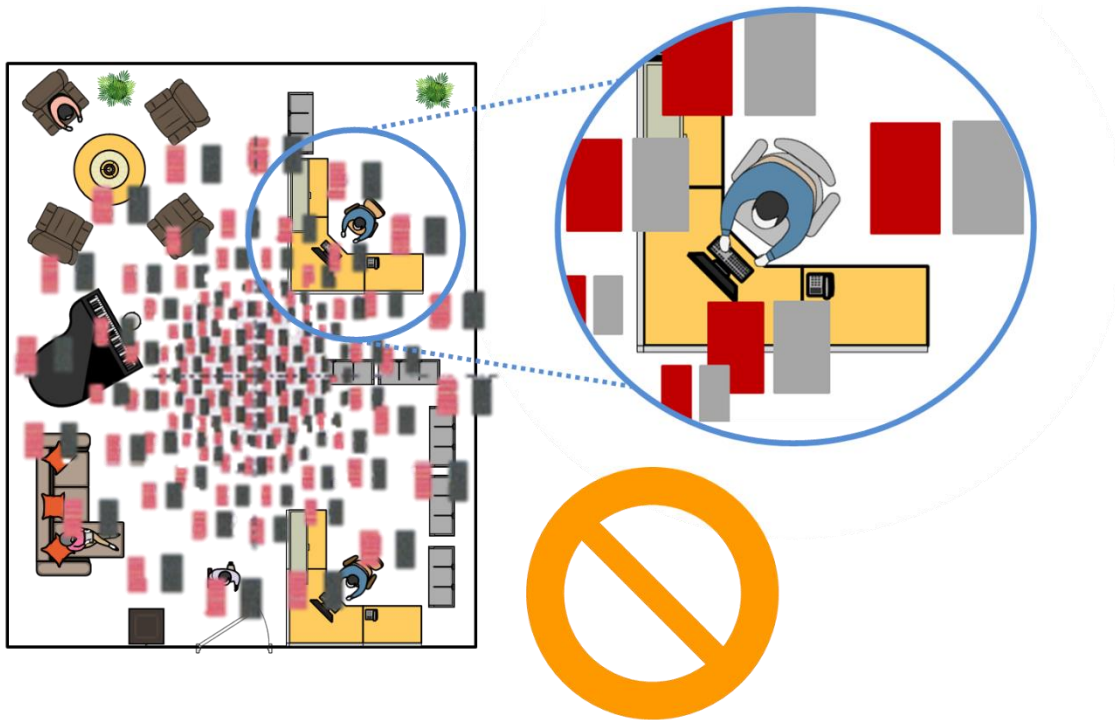
Eine richtige Platzierung des Bewegungsmelders ist unabdingbar für eine zuverlässige Bewegungserkennung. Darüber hinaus ist es wichtig, den passenden Bewegungsmelder für den jeweiligen Anwendungsfall zu verwenden.

Anhand eines PIR-Deckenbewegungsmelders und dessen technischen Eigenschaften wird in folgendem Beispiel die Wahl des richtigen Montageortes veranschaulicht. Das Prinzip lässt sich auf alle Arten von PIR-Bewegungsmeldern anwenden.

Bewegungsart	Notwendige Erfassungssektionen	Grund
Sitzen (Schreibtisch)	Innere Sektionen	Kleine Bewegungen werden durch hohe Dichte der Erfassungssektionen erfasst
Gehen (Korridor)	Äußere Sektionen	Große Bewegungen benötigen weniger Erfassungssektionen, um erkannt zu werden.



Der Raum wird von zwei Bewegungsmeldern abgedeckt. Dabei wird der Arbeitsplatz von vielen kleineren Erfassungssektionen erfasst. Damit führen auch kleine Bewegungen der Person (Drehen des Oberkörpers) zu einer Änderung der Infrarotstrahlung in einer der Erfassungssektionen und lösen den Bewegungsmelder aus.



In diesem Fall wird in dem Raum nur ein Bewegungsmelder montiert. Der Arbeitsplatz wird daher nur von wenigen großen Erfassungssektionen abgedeckt. Bei kleinen Bewegung (Drehen des Oberkörpers) wird ggf. keine Erfassungssektion gestreift und damit keine Bewegung erkannt. Dies geschieht erst bei einer größeren Bewegung wie z.B. dem Aufstehen und Entfernen vom Arbeitsplatz.

Um diesen Problem vorzubeugen, empfiehlt es sich die Platzierung der Bewegungsmelder den zu detektierenden Bewegungsarten anzupassen. Ggf. empfiehlt es sich weitere Bewegungsmelder zu installieren um eine zuverlässige Bewegungserkennung zu garantieren. Soll die Bewegung in einem Durchgang erfasst werden, stellen wenige große Erfassungssektionen kein Problem dar, da die Bewegungen hier in der Regel deutlich größer ausfallen.

Wird eine Bewegung sehr spät oder gar nicht erkannt, stellt dies also nicht zwangsweise eine Fehlfunktion des Bewegungsmelders dar.

8 Unterscheidungsmerkmale

PIR-Bewegungsmelder unterscheiden sich in folgenden Punkten:

- Art des PIR-Sensorelements (1-fach, 2-fach,...)
- Anzahl und Geometrie der Linsensegmente (Erfassungswinkel, Anzahl Segmente,...)
- Art des Bewegungsmelders (Decke, Wand,...)
- Auslegung der Auswerteelektronik

Die PIR-Sensorelemente von Bewegungsmeldern detektieren ausschließlich zeitliche schnelle Änderungen der Infrarotstrahlung und nicht deren generellen Anstieg wie z.B. den Anstieg der Raumtemperatur.

Ab wann eine Änderung der Infrarotstrahlung als Bewegung erkannt wird, hängt maßgeblich von der Dimensionierung der Auswerteelektronik ab.

- Temperaturänderung ΔT

Die Höhe der Temperaturänderung ΔT gibt an, um wie viel °K sich das zu erkennende Objekt von der Umgebungstemperatur unterscheiden muss, damit der Bewegungsmelder eine Bewegung erkennt. Bei Raumtemperatur ist ΔT groß genug, um eine zuverlässige Bewegungserkennung zu gewährleisten.

$$36^{\circ}\text{C Körpertemperatur} - 20^{\circ}\text{C Raumtemperatur} = 16^{\circ}\text{C } \Delta T$$

Bei hohen Umgebungstemperaturen (Hochsommer o.ä.) ist ΔT zwischen Mensch und Umgebungstemperatur geringer.

$$36^{\circ}\text{C Körpertemperatur} - 33^{\circ}\text{C Umgebungstemperatur} = 3^{\circ}\text{C } \Delta T$$

Wenn der Bewegungsmelder ein Mindest- ΔT von 4°C fordert, kann in diesem Fall die zuverlässige Funktion beeinträchtigt werden. Wenn die Umgebungstemperatur und die Temperatur des eintretenden Objektes nahezu identisch sind, ändert sich die IR-Strahlung innerhalb einer Erfassungssektion nicht. Der PIR-Sensor detektiert dann keine Änderung der IR-Strahlung und erzeugt kein Schaltsignal.

- Bewegungsgeschwindigkeit

Dieser Parameter gibt an, mit welcher Mindestgeschwindigkeit ein Objekt in den Erfassungsbereich eintritt oder diesen verlassen muss, um zuverlässig erkannt werden. Wenn eine Person sich sehr langsam in den Erfassungsbereich begibt, wird diese Bewegung ggf. nicht erkannt.

Diese Funktionalität verhindert, dass eine langsame Erwärmung des Erfassungsbereiches (durch Fußbodenheizung oder Sonneneinstrahlung) fälschlicherweise als Bewegung interpretiert wird.