

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Kapitel werden letztlich die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen zusammengefasst und es werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, mit denen die Sensoren in Zukunft sinnvoll eingesetzt werden können.

Der Auswertecode konnte mit den zuletzt in Kapitel 4.2.1 verwendeten Parametern sehr gute Ergebnisse bei fast allen untersuchten Testszenarien erzielen. Am sichersten gelingt dabei die Detektion von Personen, welche mit dem Gesicht in Richtung des Sensors blicken. Sogar in drei Metern Entfernung vom Sensor wird eine frontal vor dem Sensor stehende Person in 88 % der Messungen erkannt. Steht die Person seitlich oder mit dem Rücken zum Sensor, so sinkt die Detektionsquote in drei Metern Entfernung deutlich auf unter 40 %. Eine sinnvolle Option zur Verbesserung des Detektionsverhaltens bei diesen Szenarien wäre der Einsatz eines zweiten Sensors. Wird dieser mit einer um 90° gedrehten Blickrichtung montiert, so kann eine Person nie gleichzeitig seitlich zu beiden Sensoren ausgerichtet sein. Durch die Kopplung der beiden Sensoren würde die Verlässlichkeit der Detektion erhöht werden, allerdings steigt dadurch ebenfalls der Energiebedarf des Gesamtsystems. Die größte Rolle bei der zuverlässigen Personendetektion spielt jedoch die Entfernung vom Sensor. Während in drei Metern Entfernung deutliche Unterschiede im Detektionsverhalten ausgemacht werden können, so erkennt der Sensor bei einer Entfernung von 1,5 Metern eine Person jeglicher Ausrichtung stets fehlerfrei. Die größte Schwierigkeit stellen für den D6T bewegte Personen dar. Läuft eine Person in einem Meter Entfernung am Sensor vorbei, so erkennt der Auswertecode diese nur in 45 % der Frames. In zwei oder drei Metern Entfernung sinkt die Quote gar auf unter 10 %, was eine sichere Detektion im Grunde unmöglich macht.

Bei der Untersuchung von Störquellen im FOV des D6T ist der größte Unterschied, ob sie bereits bei der Montage des Sensors vorhanden sind. Ist das der Fall, so können sie effektiv durch die Anpassung des Parameters Bereich1 des Auswertecodes eliminiert werden. Dabei muss jedoch darauf geachtet werden, dass sich die Störquelle nicht in dem Bereich des FOV befindet, in welchem sich auch der Kopf von anwesenden Personen sich befinden würde. Ansonsten gelingt eine Abschaltung der Störquelle nur auf Kosten der zuverlässigen Personendetektion. Des Weiteren ist zu sagen, dass eine Störquelle für die Personendetektion durch die Integration des Parameters T2\_Max nur dann eine Relevanz besitzt, wenn sich ihre Oberflächentemperatur exakt im Bereich der menschlichen Hauttemperatur befindet. Die untersuchten zufällig auftretenden Störquellen, wie die nachgeahmte Kaffeetasse oder der PC-Bildschirm, stellen nur für kurze Zeit ein Problem für die Personendetektion dar, denn sie kühlen sich mit zunehmender Zeit wieder vollständig auf Raumtemperatur ab.

Wie gezeigt wurde liegt die Detektionsquote in allen Testszenarien, bis auf Laufen\_2m und Laufen\_3m, über 33,3 %, was einer Detektion in einem von drei Frames entsprechen würde. Dazu kommt eine Fehldetektionsquote von 0 %, wenn keine Person anwesend ist und normale

Raumtemperatur herrscht. Da während des Testszenarios Laufen\_u\_Stehen\_1m eine extrem hohe Raumtemperatur herrschte, ist hier die Fehldetektionsquote von 2 % ebenfalls als positiv zu bewerten. Somit kann, wie bereits erwähnt, die zuverlässige Erkennung einer anwesenden Person schon durch wenige Detektionen durch den Auswertecode in einem vorgegebenen Zeitintervall sichergestellt werden.

Eine Möglichkeit die Detektionsquoten des D6T noch weiter zu verbessern wäre der Ersatz des händisch erstellten Auswertecodes durch einen KI-Algorithmus. Eine Herausforderung wäre dabei allerdings die Aufnahme von ausreichend Trainingsdaten, da die im Verlauf dieser Arbeit aufgenommenen Messreihen dafür vermutlich nicht ausreichen würden.

Für die Detektion mithilfe des PIR-Sensors stellt den größten Unterschied die Art des Testszenarios dar. Stillstehende Personen können mit diesem Sensor nicht detektiert werden, was sich jedoch schlicht durch sein Sensorprinzip begründen lässt. Bewegte Personen erkennt der Sensor hingegen sehr zuverlässig, wobei dennoch ab und zu kurze Unterbrechungen im Signal zu erkennen sind. Die Anzahl dieser Aussetzer nimmt mit steigender Entfernung der bewegten Person vom Sensor ebenfalls zu. Sollen lediglich bewegte Personen detektiert werden, bzw. wird davon ausgegangen, dass sich die Person im FOV des Sensors in regelmäßigen Abständen bewegen wird, so eignet sich der PIR-Sensor gut für die Personendetektion, wenn bereits wenige Ausschläge in einem vorgegebenen Zeitintervall zur Anwesenheitserkennung einer Person führen. Dieser Umstand wurde bereits in der Diplomarbeit von Schaller [4] unter Beweis gestellt.

Die untersuchten Störquellen stellen für den PIR-Sensor dagegen kein Problem dar, da sie alle ohne anwesende Person nicht bewegt werden können, und somit auch keine Änderung der Infrarotstrahlung im FOV des Sensors hervorrufen können.

Eine weitere Möglichkeit zur fehlerfreien Personendetektion ist, beide Sensoren gekoppelt zu betreiben. Durch den Anschluss sowohl des D6T, als auch des PIR-Sensors am selben  $\mu\text{C}$ , liegen auf diesem zu jedem Zeitpunkt jeweils eine Ausgangsvariable von beiden Sensoren vor. Diese lassen sich beispielsweise so kombinieren, dass sobald ein Sensor über einem vordefinierten Zeitraum mehrere Ausschläge liefert, eine Person detektiert wird. So können sowohl stillstehende Personen vom D6T, als auch bewegte Personen in größerer Entfernung vom PIR-Sensor erkannt werden. Dies geschieht jedoch auf Kosten eines erhöhten Energieverbrauchs durch das Ansteuern von zwei Sensoren in einer Messung.