

WHITEPAPER

Technologischer Hintergrund und Leistungsaspekte

Juli 2026

Zusammenfassung

Auch wenn Radar auf einer nicht visuellen Technologie basiert, ist es dennoch in Sicherheitsanwendungen vielseitig einsetzbar. Radar funktioniert in vielen Situationen gut, in denen andere Sicherheitstechnologien keine oder falsche Alarmer auslösen könnten, z. B. bei schlechten Lichtverhältnissen, Dunkelheit und Nebel oder wenn sich Schatten oder Lichter in einer Szene bewegen. Radar sorgt auch für die Wahrung der Privatsphäre, da aus den Radardaten keine Personen identifiziert werden können.

Die Verfolgung und Klassifizierung von Objekten ist in die Axis Radare integriert. Ein Deep-Learning-Klassifizierungsalgorithmus ermöglicht die Unterscheidung erfasster Objekte wie z. B. von Personen oder Fahrzeugen. Das Radar kann so eingestellt werden, dass es je nach Erfassungsergebnis verschiedene Aktionen auslöst.

Radargeräte können als alleinige Option eingesetzt werden, beispielsweise in Umgebungen, in denen Kameras aus Datenschutzgründen nicht zulässig sind. Doch oft wird Radar in ein Sicherheitssystem mit Video- und Audiogeräten integriert.

Typische Installationen sind z. B.:

- Radargeräte in Kombination mit visuellen Kameras – zur Identifizierung von per Radar erfassten Personen. Dies ist besonders effektiv bei PTZ-Kameras (Pan-Tilt-Zoom – Schwenken/Neigen/Zoomen), mit denen Personen oder Fahrzeuge anhand ihrer vom Radar ermittelten genauen geografischen Position verfolgt und identifiziert werden können.
- Radargeräte in Kombination mit Wärmebildkameras – der breite Erfassungsbereich eines Radars ergänzt den schmalen, aber langen Erfassungsbereich einer Wärmebildkamera.
- Radargeräte in Kombination mit Audiogeräten – wo eine visuelle Identifizierung entweder nicht erlaubt oder unerheblich ist. Ein abschreckender Audioalarm kann unbefugte Personen, die vom Radar erfasst werden, wirksam stoppen.
- Radar für Verkehrserfassung oder Fahrgeschwindigkeitsanzeige – ein Radar kann zur Zählung von Fahrzeugen oder zur Erkennung von Geschwindigkeitsüberschreitungen eingesetzt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Radar mit einer digitalen Geschwindigkeitsanzeige zu koppeln, um Fahrern ihre Geschwindigkeit anzuzeigen.

Axis bietet auch eine Radar-Video Fusion Camera an, die Radar und Kamera in einem Gerät kombiniert.

Die Axis Radare arbeiten innerhalb der Sicherheitsgrenzen für die Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern. Die Emissionen liegen im normalen Betrieb deutlich unter den empfohlenen Referenzwerten. Das erlaubt den sicheren Einsatz mehrerer Radargeräte am selben Standort, ohne dass Bedenken hinsichtlich der Strahlungssicherheit bestehen.

Inhalt

1	Einführung	4
2	Was ist Radar?	4
2.1	So funktioniert es:	4
2.2	RCS (Radarquerschnitt)	5
3	Warum Radar zur Überwachung einsetzen?	5
3.1	Zuverlässig bei schlechten Sichtverhältnissen	5
3.2	Niedrige Rate falscher Alarme	5
3.3	Integrierte Analyse	6
3.4	Überwachung mit Privatsphäre	6
4	Axis Radargeräte	6
4.1	Allgemeine Merkmale und Funktionen	6
4.2	Anwendungsbeispiele	7
4.3	Flächen- und Straßenüberwachung.	8
4.4	Szenarien und Ausschlussbereiche	8
4.4.1	Umgang mit unerwünschten Reflexionen mit Ausschlusszonen	8
4.5	Erfassungsbereich und Einsatz mehrerer Radargeräte	9
4.6	Verfolgung und Klassifizierung	9
4.7	Kriterien	10
4.8	EMF-Sicherheit	10
5	Überwachungstechnologien im Vergleich	11

1 Einführung

Radar ist eine etablierte Erfassungstechnologie, die auf Funkwellen basiert. Radar wurde um die 1940er-Jahre für militärische Zwecke entwickelt und fand bald Eingang in andere Märkte. Seine Verwendung wird ständig weiterentwickelt, und gängige Anwendungen umfassen heute Wettervorhersagen, Straßenverkehrsüberwachung und Kollisionsverhütung in der Luftfahrt und in der Schifffahrt. Dank der modernen Halbleitertechnologie können Radarsysteme mit bequemer Größe auf dem Chip zunehmend in Autos und kleinen Konsumgütern eingesetzt werden. Auf dem zivilen Sicherheitsmarkt können Radargeräte Videokameras und andere Technologien ergänzen, um Überwachungssysteme zu erweitern und zu verbessern.

Dieses Whitepaper bietet einen kurzen Überblick über die Funktionsweise der Radartechnologie und Einzelheiten darüber, wie sie für Sicherheit und Überwachung eingesetzt werden kann. Wir besprechen, welche Faktoren Sie berücksichtigen sollten, bevor Sie ein Radargerät installieren, und wie sich diese Faktoren auf die Erfassungseffizienz auswirken. Wir zeigen die Vor- und Nachteile von Radar im Vergleich zu anderen Sicherheitstechnologien wie Videoanalyse und Wärmebildkameras auf und zeigen, wie die verschiedenen Technologien für eine optimale Überwachung kombiniert werden können.

2 Was ist Radar?

Der Terminus Radar war ursprünglich ein Akronym für die bessere Beschreibung *Radio Detection and Ranging* (funkgestützte Ortung und Entfernungsmessung). Radar ist eine Technologie zur Erfassung und Entfernungsmessung von Objekten mithilfe von Funkwellen.

2.1 So funktioniert es:

Ein Radargerät sendet Signale aus elektromagnetischen Wellen im Hochfrequenzspektrum (kurz Radiowellen) aus. Wenn ein Radarsignal auf ein Objekt trifft, wird das Signal normalerweise in viele Richtungen reflektiert und gestreut. Ein kleiner Teil des Signals wird zurück zum Radargerät reflektiert, wo es vom Radarempfänger erfasst wird. Das erfasste Signal liefert Informationen, die zur Bestimmung von Ort, Größe und Geschwindigkeit des getroffenen Objekts verwendet werden können.

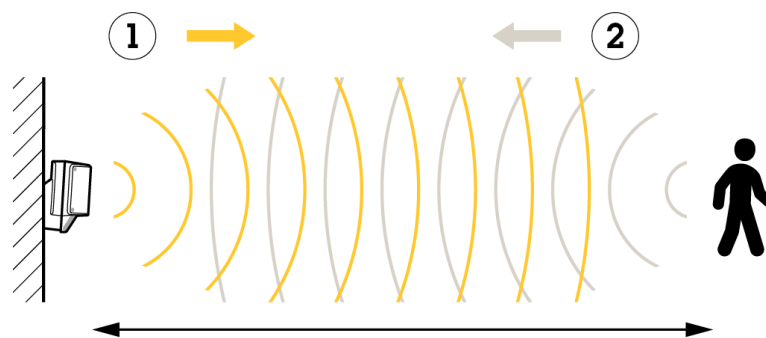


Abbildung 2.1 Das allgemeine Prinzip von Radar: Ein vom Radargerät ausgesendetes Signal (1) wird beim Auftreffen auf ein Objekt reflektiert (2).

Unter Verwendung des gleichen allgemeinen Prinzips können Radargeräte so konstruiert werden, dass sie entweder mit kurzen Funkimpulsen oder mit kontinuierlichen Signalen arbeiten. Ihre zugrunde liegende Technologie kann auf Messungen entweder der Laufzeit des reflektierten Signals oder seiner Frequenzverschiebung basieren. Radargeräte können je nach Bauart entweder die Entfernung zu einem erfassten Objekt oder die Geschwindigkeit dieses Objekts messen. Durch eine erweiterte Signalverarbeitung lässt sich das Messverfahren weiter verfeinern. Axis Radare sind frequenzmodulierte Dauerstrichradare (frequency-modulated continuous wave, FMCW), eine Art Radar, die sowohl Entfernung als auch Geschwindigkeit ermitteln kann. Sie messen Radialgeschwindigkeiten (die Geschwindigkeitskomponente des Objekts in Richtung Radargerät oder von ihm weg) und berechnen daraus die tatsächlichen Geschwindigkeiten.

2.2 RCS (Radarquerschnitt)

Die Radarsichtbarkeit eines Objekts wird durch seinen Radarquerschnitt (RCS) bestimmt. Dies ist ein numerischer Wert, der aus Informationen über Größe, Form und Material des Objekts berechnet werden kann und letztendlich bestimmt, wie groß das Objekt einem Radar erscheint. Das RCS für einen Menschen variiert typischerweise zwischen $0,1 \text{ m}^2$ und 1 m^2 – dies ist jedoch auch das typische RCS einer zerkleinerten Dose, die physikalisch viel kleiner, aber für ein Radar besser sichtbar ist. Beachten Sie, dass RCS zwar in m^2 gemessen wird, es aber keiner echten Fläche entspricht und nur ein hypothetisches Äquivalent ist.

Tabelle 2.1 *Typische Radarquerschnitte.*

OBJEKT	Radarquerschnitt
Insekt	0.00001 m^2
Vogel	0.01 m^2
Mensch	$0.1 - 1 \text{ m}^2$
Zerkleinerte Metalldose	$0.1 - 1 \text{ m}^2$

3 Warum Radar zur Überwachung einsetzen?

Radare bieten Sicherheit auf der Grundlage einer völlig anderen Technologie als beispielsweise visuelle Kameras. Sie können in Sicherheitssysteme mit visuellen Kameras, Wärmebildkameras, Netzwerk-Lautsprechern und PIR-Bewegungsmeldern (passives Infrarot) integriert oder eigenständig verwendet werden. Sowohl beim eigenständigen Einsatz als auch in Verbindung mit Audiogeräten ist eine nicht visuelle Überwachung möglich, bei der die Privatsphäre gewahrt bleibt.

3.1 Zuverlässig bei schlechten Sichtverhältnissen

Radar ist blind für visuelle Eindrücke und nicht von sichtbeeinträchtigenden Wetterphänomenen wie Nebel betroffen. Radar funktioniert auch gut bei schwierigem oder schwachem Licht, wie intensiver Hintergrundbeleuchtung oder sogar völliger Dunkelheit. Unter solchen Bedingungen kann Radar eine wertvolle Ergänzung zur Videosicherheit darstellen. Während Wärmebildkameras mit Analyse ebenfalls die Aufgabe übernehmen würden, liefert Radar mehr Objektinformationen zu geringeren Kosten und ermöglicht die Erfassung in einem größeren Bereich.

3.2 Niedrige Rate falscher Alarme

Bei der Überwachung ist es wichtig, die Anzahl der falschen Alarme zu begrenzen, ohne echte Ereignisse zu verpassen. Bei einem direkten Alarm an einen Sicherheitsbeamten ist es beispielsweise wichtig, eine sehr geringe Rate an falschen Alarmen zu haben. Wenn zu viele falsche Alarme vorliegen, verliert der Wachmann möglicherweise das Vertrauen in das System und verwirft einen echten Alarm.

Alarme von verschiedenen Arten von Bewegungsmeldern oder Videoanalysen werden häufig eingerichtet, um Videoaufzeichnungen auszulösen, aufgezeichnete Audio-Nachrichten auszulösen, um unerwünschte Aktivitäten zu verhindern oder einen Kontrollraumbetreiber direkt zu alarmieren. Mit einer hohen Rate an falschen Alarmen für die Videoaufzeichnung wird viel Video aufgezeichnet. Das kann zu einem Problem werden, wenn der Speicherplatz nicht für alle Aufzeichnungen ausreicht oder wenn das Durchsuchen aller aufgrund eines Alarms ausgelösten Aufzeichnungen zu viele Ressourcen erfordert. Wird aufgrund von falschen Erkennungen zu oft der gleiche Audioalarm ausgegeben, kann dies die Abschreckungswirkung deutlich abschwächen.

Ein Radar kann je nach Ursache Falschalarme beseitigen oder minimieren:

- **Visuelle Effekte.** Video-Bewegungsmelder registrieren Bewegungen basierend auf einer festgelegten Anzahl von Pixeländerungen in der Überwachungsszene. Wenn eine ausreichend hohe Anzahl von Pixeln anders aussieht als zuvor, interpretiert der Melder dies als Bewegung. Wenn Sie jedoch nur Pixeländerungen betrachten, erhalten Sie viele Alarme, die durch rein visuelle Phänomene verursacht werden. Typische

Beispiele sind bewegte Schatten oder Lichtstrahlen. Ein Radar ignoriert visuelle Effekte ohne Radarquerschnitt und erfasst nur Bewegungen physischer Objekte.

- **Schlechtes Wetter.** Regen und Schnee können die Sicht eines Melders auf Videobasis ernsthaft beeinträchtigen, während Radarsignale weniger betroffen sind.
- **Insekten oder Regentropfen.** Bei der Videobewegungserkennung können winzige Objekte in direkter Nähe zur Kamera Fehlalarme auslösen. Regentropfen und Insekten auf dem Kameraobjektiv sind typische Beispiele. Insekten können vor allem dann ein Problem darstellen, wenn die Videoüberwachung mit IR-Beleuchtung für die Nachtsicht kombiniert wird, da Insekten vom Licht angezogen werden. Radargeräte können so konzipiert werden, dass sie Objekte ignorieren, die sich sehr nahe am Gerät befinden, wodurch diese Quelle von Fehlalarmen beseitigt wird. Bei Videos gibt es keine solche Möglichkeit.

3.3 Integrierte Analyse

Bei Axis Radaren sind keine zusätzlichen Analysen erforderlich. Die Erfassung, Verfolgung und Klassifizierung von Objekten ist in das Radargerät integriert.

3.4 Überwachung mit Privatsphäre

Sicherheitskameras können als Eingriff in die Privatsphäre empfunden werden. Für ihre Installation benötigen Sie daher unter Umständen behördliche Genehmigungen oder die persönliche Zustimmung aller auf dem Video festgehaltenen Personen. An manchen Standorten ist eine nicht visuelle Radarerfassung die bessere Wahl. Zur Erhöhung des Schutzes können Sie Radar z. B. mit einem Netzwerklautsprecher kombinieren, der bei Auslösung durch das Radargerät einen abschreckenden Audioalarm ausgibt.

4 Axis Radargeräte

Axis Radare können als eigenständige Melder eingesetzt werden, erlauben aber auch die Kombination mit einer Kamera für eine visuelle Darstellung der Szene. Axis Radare werden in Außenanlagen empfohlen, wo sie die Erkennung unter schwierigen Bedingungen verbessern und Falschalarme minimieren können. Aufgrund ihrer hochentwickelten Verfolgungsalgorithmen und der von ihnen bereitgestellten Positions- und Geschwindigkeitsinformationen können Radargeräte ein Sicherheitssystem um neue Funktionen erweitern.

Die Axis Radare dienen zur Überwachung offener Bereiche. Dies können in der Regel eingezäunte Bereiche wie Industrieimmobilien oder Dächer oder Parkplätze sein, auf denen nach Stunden keine Aktivität zu erwarten ist.

4.1 Allgemeine Merkmale und Funktionen

Die Axis Radare teilen viele Funktionen mit Kameras von Axis. Beispielsweise kann ein Radargerät im Sicherheitssystem wie eine Kamera behandelt werden. Es ist kompatibel mit den wichtigsten Videoverwaltungssystemen (VMS) und gängigen Video-Hosting-Systemen. Genau wie Axis Kameras unterstützen Axis Radare die offene VAPIX®-Schnittstelle von Axis zur Integration auf verschiedenen Plattformen.

Ebenso wie Axis Kameras lassen sich Axis Radare so einstellen, dass sie bei Erkennung unterschiedliche Aktionen auslösen. Zu Abschreckungszwecken können sie beispielsweise über das integrierte Relais LED-Scheinwerfer einschalten, Audio über einen Netzwerk-Lautsprecher wiedergeben oder eine Videoaufzeichnung starten und Warnungen an das Sicherheitspersonal senden. Die Klassifizierungsfunktion kann sicherstellen, dass diese Regel nur angewendet wird, wenn ein erfasstes Objekt beispielsweise als Mensch oder Fahrzeug kategorisiert wurde.

Um die Bewegungsrichtung der Objekte leichter einordnen zu können, kann eine Referenzkarte hochgeladen werden. Denkbar sind hier zum Beispiel eine Planzeichnung oder ein Luftbild des vom Radar abgedeckten Bereichs.

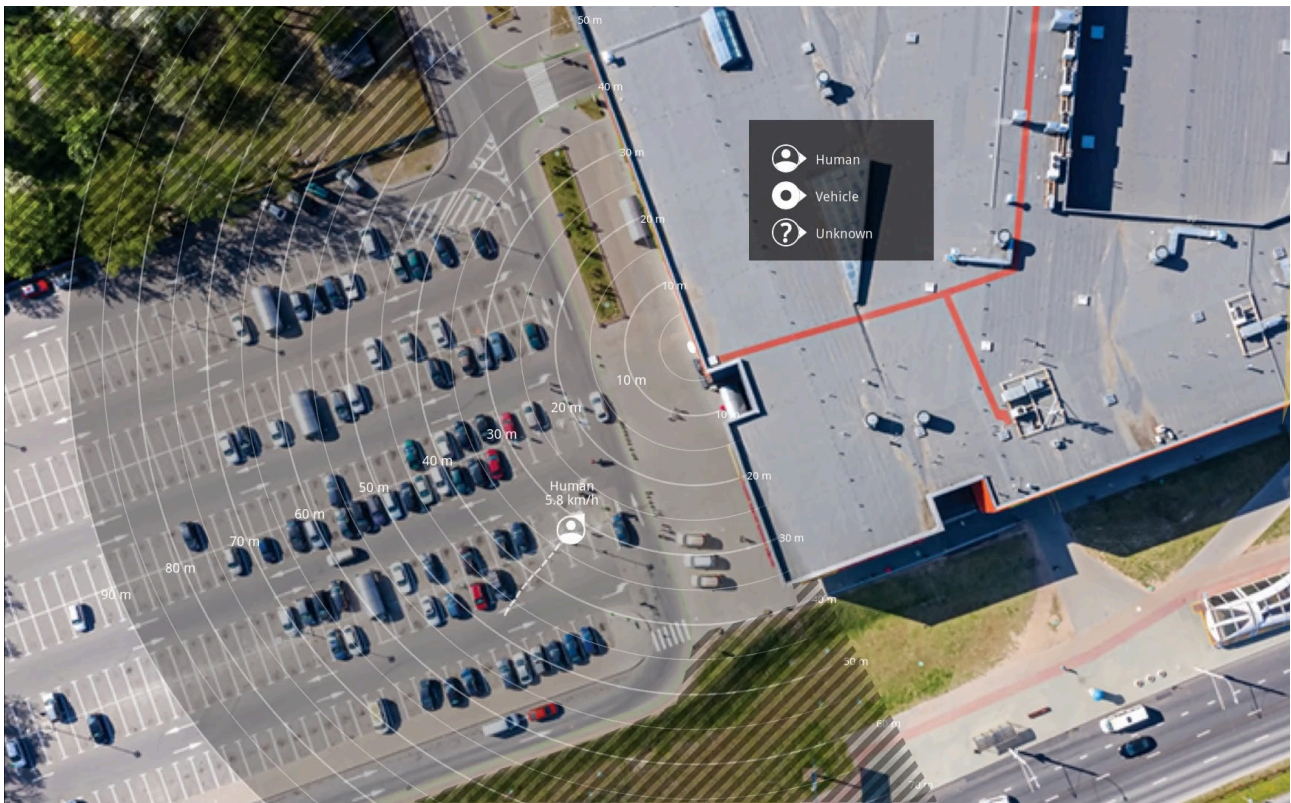


Abbildung 4.1 Screenshot der Axis Radar-Benutzeroberfläche mit Referenzbild einer Szene.

Das Radar liefert ständig aktualisierte Positionsinformationen. Dies erfolgt durch einen offenen Metadatenstrom gemäß den ONVIF-Spezifikationen, wenn radarspezifische Informationen wie beispielsweise Position und Geschwindigkeit als Erweiterung hinzugefügt werden. Fremdentwickler können diese Informationen nutzen, um ihre eigenen Anwendungen beispielsweise für einen virtuellen Stolperdraht oder zur Geschwindigkeitsüberwachung zu erstellen. Es ist auch möglich, die Geolokalisierung und Peilung des Radargeräts zusätzlich zu nutzen, um die Erkennungen in Echtzeit in einem Übersichtsbild oder einer Karte zu visualisieren.

Weil Radar Informationen über Geschwindigkeit und Entfernung liefert, bietet es die Möglichkeit, Filter auf Basis der Geschwindigkeit und der Art, wie ein Objekt ein Gebiet durchquert, anzuwenden.

4.2 Anwendungsbeispiele

Radare werden oft mit anderen Geräten kombiniert, um eine maximale Erfassung oder Abschreckung zu erzielen. Typische Anwendungen für Radare sind z. B.:

- **Erfassung und visuelle Überprüfung mit Radar und Kamera.** Um die Ursache eines Alarms effizient zu identifizieren oder die Identifizierung von Personen zu ermöglichen, kann die Szene auch von einer Videokamera überwacht werden.
- **PTZ Autotracking.** Axis Radare können für die PTZ-Objektverfolgung (Pan-Tilt-Zoom (Schwenken-Neigen-Zoomen)) verwendet werden. Die Erfassung durch das Radar löst dann automatisch eine angeschlossene PTZ-Kamera aus, um das erfasste Objekt zu lokalisieren und zu verfolgen und visuelle Details bereitzustellen. Die Objektverfolgungsfunktion ist möglich, da Radar den genauen geografischen Standort eines Objekts ausgibt. Axis bietet sowohl dezentrale als auch serverbasierte Objektverfolgung. Mit der serverbasierten Funktion können Sie mehrere PTZ-Kameras und Radare an verschiedenen Orten kombinieren.
- **Perimeterschutz mit Radar und Wärmebildkamera.** Den wirksamen Schutz einer Sperrzone gewährleisten Wärmebildkameras entlang der Umgrenzung, die mit Radaren ergänzt werden, um unbefugte Personen innerhalb der Sperrzone zu verfolgen. Diese Konfiguration ergibt eine kostengünstige Kombination aus dem schmalen, aber langen Erfassungsbereich einer Wärmebildkamera und dem breiten Erfassungsbereich eines Radars.

- **Erfassung und Abschreckung unter Wahrung der Privatsphäre.** In einer Installation mit einem Radar und einem Netzwerklautsprecher können unbefugte Personen, die vom Radar erfasst wurden, durch einen Audioalarm wirksam abgeschreckt werden.
- **Fahrgeschwindigkeit und Anzeige für Autofahrer.** Mit einem Radar lassen sich zu schnell fahrende Fahrzeuge erfassen. Informationen zur Konfiguration und zur maximalen Geschwindigkeit sind dem Benutzerhandbuch zu entnehmen. Sie können ein Radargerät mit einer digitalen Geschwindigkeitsanzeige koppeln, um die Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge anzuzeigen. Diese Anzeigen geben Fahrern eine Rückmeldung zu ihrer Fahrgeschwindigkeit und sind sehr wirksam, wenn es darum geht, sie zum Langsamerefahren zu bewegen.
- **Verkehrserhebung.** Ein Radar kann Fahrzeuge zählen und erlaubt die Erhebung von Geschwindigkeits- und Fahrtrichtungsdaten. Mit dem AXIS Speed Monitor können Sie die Statistiken visualisieren, um sich einen Überblick über die Bedingungen und die Sicherheit auf der überwachten Straße zu verschaffen.

4.3 Flächen- und Straßenüberwachung.

Die Axis Radare dienen zur Überwachung offener Bereiche. Mit Axis Radaren lassen sich Flächen oder Straßen überwachen. Sie verfügen über zwei Profile, damit beide Szenarien optimal unterstützt werden.

Das **Flächenüberwachungsprofil** ist für Objekte optimiert, die sich nur langsam bewegen. Mit diesem Profil können Sie erkennen, ob es sich bei einem Objekt um einen Menschen, ein Fahrzeug oder ein unbekanntes Objekt handelt. Sie können eine Regel festlegen, die Aktionen auslöst, wenn eines dieser Objekte erfasst wird.

Das **Straßenüberwachungsprofil** ist für die Verfolgung von schnellen Fahrzeugen auf Straßen und Autobahnen optimiert.

Einzelheiten zu den Profilen und den jeweiligen Geschwindigkeitsspezifikationen sind dem Benutzerhandbuch des jeweiligen Radars zu entnehmen.

4.4 Szenarien und Ausschlussbereiche

Um festzulegen, wo Bewegung erkannt werden soll, können Sie mehrere Bereiche konfigurieren. In unterschiedlichen Bereichen können Sie unterschiedliche Aktionen auslösen lassen. Es gibt zwei Arten von Bereichen:

Ein **Szenario** (bisher „Einschlussbereich“) ist ein Bereich, in dem sich bewegende Objekte Regeln auslösen. Das Standardszenario entspricht dem gesamten vom Radar abgedeckten Bereich. Sie können Szenarien hinzufügen, um für unterschiedliche Teile der Szene verschiedene Regeln zu erstellen. Wenn Sie ein Szenario hinzufügen, können Sie als Auslöser für eine Aktion Objekte wählen, die sich in einem Bereich bewegen oder die eine bzw. zwei Linien überqueren.

Ein **Ausschlussbereich** ist ein Bereich, in dem sich bewegende Objekte ignoriert werden. Verwenden Sie Ausschlussbereiche, wenn bestimmte Bereiche innerhalb eines Szenarios häufig Fehlalarme auslösen.

4.4.1 Umgang mit unerwünschten Reflexionen mit Ausschlusszonen

Objekte aus reflektierenden Materialien wie Metall können die Leistung des Radars beeinträchtigen. Die Reflexionen führen unter Umständen zu falschen Erfassungen, die nur schwer von tatsächlichen Erfassungen zu unterscheiden sind.

Zu unerwünschten Erfassungen kann es auch in Bereichen mit vielen sich bewegenden Objekten kommen, z. B. auf belebten Straßen oder in Bereichen mit Bäumen oder Büschen, die sich im Wind wiegen.

Sie können unerwünschte Detektionen vermeiden, indem Sie in der Weboberfläche des Radars Ausschlussbereiche festlegen. Dann ignoriert das Radargerät alle sich bewegenden Objekte innerhalb des definierten Ausschlussbereichs.

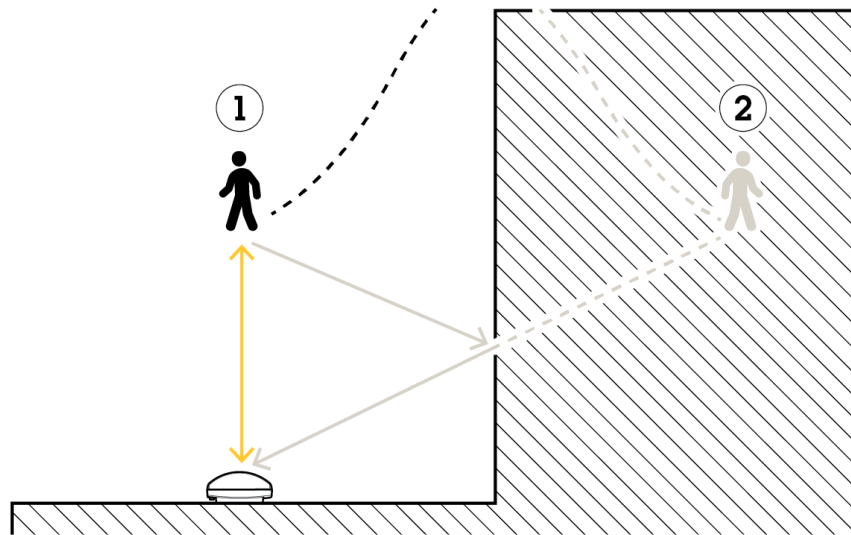


Abbildung 4.2 Bei Wänden oder ähnlichen Objekten in Reichweite des Radars kann es schwierig sein, durch Reflexionen verursachte Falscherfassungen (2) von tatsächlichen Erfassungen (1) zu trennen. In diesem Beispiel könnten Sie das Problem minimieren, indem Sie einen Ausschlussbereich um die Wand herum einrichten.

4.5 Erfassungsbereich und Einsatz mehrerer Radargeräte

Der Erfassungsbereich hängt von der Art des zu erfassenden Objekts ab. Außerdem wird er durch die Topografie der Szene sowie die Montagehöhe und Neigung des Radargeräts beeinflusst. Sie können mehrere Radargeräte installieren, um Bereiche abzudecken, die größer sind als der angegebene Erfassungsbereich eines einzelnen Radargeräts.

Um elektromagnetische Störungen zu vermeiden, sollten Sie die maximal zulässige Anzahl benachbarter Radargeräte innerhalb desselben Koexistenzbereichs nicht überschreiten. Interferenzen können die Radarleistung beeinträchtigen. Sie nehmen mit der Anzahl der Radargeräte im selben Koexistenzbereich zu, hängen jedoch auch von der Umgebung und der Ausrichtung der Radargeräte auf Zäune, Gebäude oder benachbarte Radargeräte ab. Wenn Sie die maximal zulässige Anzahl benachbarter Radargeräte innerhalb desselben Koexistenzbereichs überschreiten, sollten Sie benachbarte Radargeräte voneinander weg richten. Die Axis Radare bieten auch eine Koexistenzoption, die Sie aktivieren können, um Störungen zu minimieren.

Reichweitenspezifikationen und Installationshinweise zum Erreichen der maximalen Abdeckung bei minimaler Störung der einzelnen Radargeräte sind der jeweiligen Installationsanleitung und dem Benutzerhandbuch zu entnehmen. Außerdem können Sie die Installationspunkte und Erfassungsbereiche von Radargeräten mit AXIS Site projektieren.

4.6 Verfolgung und Klassifizierung

Die Erkennung, Verfolgung und Klassifizierung von Objekten ist in das Radargerät integriert, womit zusätzliche Analyseanwendungen entfallen. Durch Messen der Phasenverschiebung und Frequenzverschiebung der reflektierten Signale ermitteln die Axis Radare Daten über den Ort, die Geschwindigkeit, die Richtung und die Größe eines sich bewegenden Objekts.

Daraufhin werden die Daten von den fortschrittlichen Signalverarbeitungsalgorithmen des Radars verarbeitet, die die erkannten Objekte verfolgen und klassifizieren. Das System gruppiert die Reflexionsdaten in Clustern, um jedes Objekt darzustellen, und sammelt Informationen darüber, wie sich die Cluster über aufeinanderfolgende Zeitrahmen bewegen, um Spuren zu bilden. Nach der Anwendung eines mathematischen Modells von Bewegungsmustern, dem "Filtern" der Daten, kann der Algorithmus bestimmen, zu welcher Kategorie das Objekt gehört, beispielsweise Mensch oder Fahrzeug. Der Klassifizierungsalgorithmus, der traditionelles maschinelles Lernen mit Deep-Learning-Methoden kombiniert, wurde an einem umfangreichen Datensatz von Radarsignaturen von Menschen, Fahrzeugen und verschiedenen Tieren trainiert. Der Benutzer benötigt keine weiteren Schulungen.

Das angewandte mathematische Modell kann bei Bedarf auch den Objektort vorhersagen, beispielsweise, wenn das Radar einen Rahmen verfehlen sollte oder wenn das Objekt für einen kurzen Zeitraum verdeckt ist. Der Verfolgungsalgorithmus macht das Radargerät dadurch robuster gegen Rauschen und fehlerhafte Messungen.

4.7 Kriterien

Wie alle Erkennungstechnologien können auch Axis Radare unter bestimmten Umständen suboptimale Ergebnisse liefern. Viele Probleme lassen sich durch die Aktivierung verschiedener Filter im Radar abschwächen oder beheben, wie zum Beispiel den Filter für schaukelnde Objekte oder für Kleintiere. Außerdem können Sie Ihr Szenario so anpassen, dass nur kurz erscheinende Objekte ignoriert werden oder zwei Linien überschritten werden müssen, bevor ein Alarm ausgelöst wird. Bestehen die Probleme auch dann noch, sollten Sie eventuell die Platzierung des Radars überdenken oder gegebenenfalls prüfen, ob für diesen Anwendungsfall eine andere Technologie besser geeignet ist.

Bekannte Umstände sind:

- **Fehlerfassungen aufgrund schaukelnder unbeweglicher Objekte.** Obwohl ein Radar normalerweise Bäume, Büsche und Flaggen herausfiltern kann, die im Wind schwanken, kann der Filteralgorithmus bei sehr windigem Wetter oder plötzlichen Windböen manchmal nicht ausreichen. Sollte dies ein Problem darstellen, können Sie den Erfassungsbereich ändern oder stattdessen ganze Bereiche ausschließen.
- **Begrenzte Erfassung von sich sehr langsam bewegenden Objekten.** Über einen bestimmten Bereich und bei einer bestimmten Geschwindigkeit kann das Radargerät unter Umständen nur ein Objekt erfassen. So könnte eine Gruppe von langsam in einer Richtung im Wind schwankenden Bäumen in z. B. 50 m Entfernung die Erfassung einer sich in einer anderen Richtung langsam bewegenden Person in 50 m Entfernung blockieren.
- **Fehlerfassungen aufgrund einer belebten Umgebung.** In Szenen mit einer Vielzahl von reflektierenden Objekten wie Fahrzeugen und Gebäuden können die Mehrfachreflexionen des Radarsignals zu falschen Erfassungen führen.
- **Zwei (oder mehrere) sich bewegende Personen oder Objekte können fälschlicherweise als eine Person oder ein Objekt klassifiziert werden.** Bei Radar müssen Objekte normalerweise mindestens 3 m (10 ft) voneinander entfernt sein, um als separate Objekte unterschieden werden zu können.
- **Überprüfen Sie beim Einsatz zur Verkehrsüberwachung das Geschwindigkeitslimit des Geräts und das verwendete Profil.** Die Verfolgungsalgorithmen sind für Geschwindigkeiten unterhalb der im Datenblatt angegebenen Höchstgeschwindigkeiten ausgelegt. Objekte, die sich schneller bewegen, werden möglicherweise übersehen oder im falschen Winkel erfasst.

4.8 EMF-Sicherheit

Hersteller von Funkanlagen, die elektromagnetische Felder (EMF) abstrahlen, müssen strenge internationale Normen und Vorschriften einhalten, um die Sicherheit ihrer Produkte zu gewährleisten. Dazu zählen auch die Radare von Axis, die in den Frequenzbändern 24 GHz oder 60 GHz betrieben werden. Für Geräte, die in diesen Frequenzbändern betrieben werden, ist zwar keine Lizenz erforderlich. Axis lässt diese Geräte jedoch von unabhängigen Test- und Zertifizierungsdienstleistern bewerten, um sicherzustellen, dass sie die lokalen und internationalen Vorschriften hinsichtlich der Exposition von Menschen gegenüber elektromagnetischen Feldern erfüllen.

Expositionsgrenzwerte für elektromagnetische Felder werden auf der Grundlage umfassender medizinischer Forschung festgelegt, um den sicheren Betrieb von EMF-emittierenden Geräten zu gewährleisten. Viele Länder orientieren sich an den Richtlinien der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)¹, in den USA werden ähnliche, von der Federal Communications Commission (FCC)² vorgegebene Grenzwerte angewendet. Diese Grenzwerte wurden konservativ mit einer großen Sicherheitsmarge angesetzt und liegen deutlich unter den Werten, bei denen negative Auswirkungen auf die Gesundheit beobachtet wurden.

Die Axis Radare arbeiten innerhalb dieser Sicherheitsgrenzwerte. Die Emissionen liegen im normalen Betrieb deutlich unter den vorgeschriebenen Referenzwerten, so dass der sichere Einsatz mehrerer Radargeräte am selben Standort möglich ist, ohne dass Bedenken hinsichtlich der Strahlungssicherheit bestehen.

Die Strahlungsleistung der Axis Radare liegt ein gutes Stück unter 100 mW und ist mit der Ausgangsleistung eines herkömmlichen Wi-Fi®-Routers vergleichbar. Die Leistungsdichte folgt dem Abstandsgesetz, d.h. sie nimmt mit zunehmendem Abstand von der Quelle schnell ab. Dementsprechend erreicht die Leistungsdichte eines Axis Radars bereits in einem geringen Abstand von wenigen Zentimetern einen Wert weit unterhalb der Grenzwerte für die EMF-Exposition.

Axis empfiehlt, einen Sicherheitsabstand von mindestens 20 cm (ca.7,9 Zoll) zum Radar einzuhalten. Bei dieser Entfernung beträgt die Leistungsdichte nur 0,2 W/m², was deutlich unter dem festgelegten Grenzwert der ICNIRP und der FCC für die Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern 10 W/m² liegt. Die Beachtung dieser Empfehlung stellt die Sicherheit der Personen in der Nähe des Radars sicher.

¹ Richtlinien zur Begrenzung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern der ICNIRP(100 kHz bis 300 GHz), <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>

² Richtlinien für die Bewertung der Umweltauswirkungen hochfrequenter Strahlung der FCC, <https://www.fcc.gov/document/guidelines-evaluating-environmental-effects-radiofrequency>

5 Überwachungstechnologien im Vergleich

Es gibt keine einzelne Technologie, die ideal für alle Installationen geeignet wäre. Die Tabelle bietet einen Vergleich zwischen Überwachungstechnologien, einschließlich Radar, unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren.

Tabelle 5.1 *Produktvergleich im Bereich Erfassung und Flächenschutz.*

	Axis Radar	Sicherheitskamera mit Bewegungserkennung	Wärmebildkamera mit Analytik
Reichweite/Fläche	Mittel/breit	Kurz/weit	Lang/schmal
Benötigt Beleuchtung	Nein	Ja	Nein
Rate falscher Alarme	Niedrig	Hoch	Niedrig
Kosten	Mittel	Niedrig	Hoch
Objektinformationen	Erfassung, Position, GPS-Koordinaten, Geschwindigkeit, Entfernung, Bewegungswinkel	Erkennung, Identifizierung	Erfassung, Erkennung

Wie der Vergleich zeigt, bietet die Radarüberwachung im Vergleich zu den anderen Technologien eine andere Art von Objektinformationen, einschließlich Position und Geschwindigkeit. Für eine optimale Überwachung wird jedoch empfohlen, mehr als eine Technologie zu kombinieren und sich gegenseitig ergänzen zu lassen, da alle Technologien ihre einzigartigen Stärken und Grenzen haben.

Über Axis Communications

Axis ermöglicht eine smartere und sichere Welt durch die Verbesserung von Sicherheit, Schutz, betrieblicher Effizienz und Geschäftsanalytik. Als Technologieführer im Bereich Netzwerk-Video bietet Axis Videosicherheits-, Zutrittskontroll-, Intercom- und Audiolösungen. Die branchenweit anerkannten Schulungen der Axis Communications Academy vermitteln fundiertes Expertenwissen zu den neuesten Technologien.

Das 1984 gegründete schwedische Unternehmen beschäftigt etwa 5.000 engagierte Mitarbeiter in über 50 Ländern und bietet mit Technologie- und Systemintegrationspartnern auf der ganzen Welt kundenspezifische Lösungen an. Der Hauptsitz ist in Lund, Schweden.