

Herausragende Leistung bei schlechten Lichtverhältnissen

Juli 2026

Zusammenfassung

Die Axis Lightfinder-Technologie verleiht einer Netzwerk-Kamera extreme Lichtempfindlichkeit. Bei sehr schlechtem Licht, wenn andere Kameras in den Nacht-Modus und zu Graustufen-Video umschalten, bleiben Kameras mit Lightfinder weiterhin im Tag-Modus und können farbige Bilder liefern. In Sicherheitsanwendungen kann Farbe den entscheidenden Unterschied ausmachen, um eine Person, ein Objekt oder ein Fahrzeug identifizieren zu können.

Lightfinder bietet nicht nur in den dunkelsten Szenen, sondern überall dort einen Mehrwert, wo die Lichtstärke unter der typischen Innenbeleuchtung liegt. Da sie weniger Licht benötigt, um ein gutes Bild zu erstellen, kann eine Kamera mit Lightfinder beispielsweise kürzere Belichtungszeiten nutzen, wodurch Unschärfe und Rauschen auf ein Minimum reduziert werden.

Die Lightfinder-Technologie nutzt eine sorgfältig abgestimmte Kombination hochwertiger optischer Komponenten und unseres firmeneigenen System-on-Chip mit hochentwickelten integrierten Algorithmen zur digitalen Bildverarbeitung. Alle diese Bausteine von Lightfinder werden regelmäßig verbessert, und auch Lightfinder wird ständig weiterentwickelt. Das Konzept von Lightfinder 2.0 ist die nächste Stufe der Entwicklung – mit erhöhter Lichtempfindlichkeit, einer sehr lebensechten Farbwiedergabe und individueller Feinabstimmung für erfahrene Benutzer.

Axis Lightfinder basiert auf umfassendem Know-how in den Bereichen Farbverarbeitung, -filterung und -abstimmung. Die Lightfinder- und Zipstream-Technologie von Axis sorgen zusammen für eine besonders sorgfältige Komprimierung. Bilddetails bleiben erhalten, aber das entstandene Video hat eine niedrige durchschnittliche Bitrate und benötigt weniger Speicher.

Inhalt

1	Einführung	4
2	Es werde Licht - Hintergrund	4
2.1	Lichterfassung	4
2.2	Lichtstärke in Lux	5
2.3	Als Mindestlichtintensität definierte Lichtempfindlichkeit	6
3	Wichtigste Elemente von Lightfinder	6
4	Erkennung bei schwachem Licht	7
4.1	Die Effekte einer kürzeren Belichtungszeit	8
4.2	Effekte einer größeren Blendenöffnung	8
5	Farberkennung bei schwachem Licht	8
5.1	Beispiele bei verschiedenen Lichtstärken	8
5.1.1	Lightfinder bei 1–1,6 Lux	8
5.1.2	Lightfinder bei 0,11–0,17 Lux	9
6	Erfassung von Bewegungen	10
7	Reduzierung von Speicher- und Strombedarf	10
8	Lightfinder 2.0	11

1 Einführung

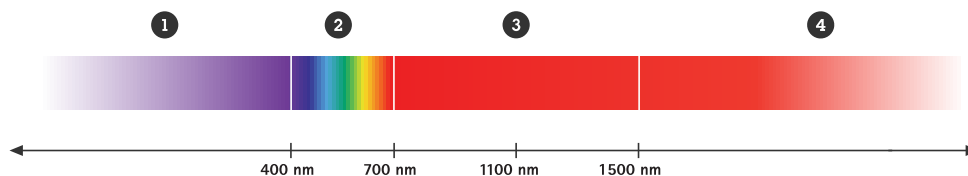
Lightfinder ist eine Technologie von Axis, die es einer Kamera ermöglicht, auch bei dunklen Lichtbedingungen hochwertige Videos mit geringem Rauschen und minimaler Bewegungsunschärfe zu liefern. Die extreme Lichtempfindlichkeit ermöglicht sogar Farbvideoaufnahmen bei den geringsten Lichtstärken. Die Technologie ist das Ergebnis einer einzigartigen Kombination des richtigen Sensors mit dem richtigen Objektiv, zusammen mit optimierten Bildverarbeitungsalgorithmen auf einem hochmodernen Chip.

Kameras mit Lightfinder sind für alle anspruchsvollen Videosicherheitsanwendungen bei schwachem Licht wie beispielsweise auf Parkplätzen, in Städten, auf Hochschulgeländen und Baustellen von Vorteil, wo die Klarheit und Farbe des Videos die Möglichkeit zur Identifizierung von Personen, Fahrzeugen oder Ereignissen deutlich verbessern kann.

In diesem White Paper sind die Grundlagen und die wichtigsten Vorteile der Lightfinder-Technologie beschrieben. Die Bildqualität wird anhand von Lightfinder-Videoschnappschüssen aus einer Szene mit schlechten Lichtverhältnissen bei gesteuerter Lichtstärke veranschaulicht. Als Einleitung beginnen wir jedoch zum besseren Verständnis der Technik mit den Grundlagen von Licht, Lichterfassung und Lichtmessung.

2 Es werde Licht - Hintergrund

Licht besteht aus diskreten Energiequanten, so genannten Photonen. Diese haben unterschiedliche Energiepegel oder Wellenlängen. Innerhalb des sichtbaren Lichtenergieintervalls repräsentieren verschiedene Wellenlängen Licht unterschiedlicher Farben.



Teile des elektromagnetischen Spektrums: UV-Licht (1), sichtbares Licht (2), Nah-Infrarotlicht (NIR) (3) und Infrarotlicht (IR) (4).

2.1 Lichterfassung

Das menschliche Auge kann Licht (Photonen) einer Wellenlänge von etwa 400 nm bis 700 nm erkennen (das sichtbare Spektrum). Das Auge hat zwei Arten von Lichtdetektoren: Stäbchen und Zapfen, die zur Messung von Licht unterschiedlicher Stärken und Wellenlängen optimiert sind. Die Zapfen ermöglichen die Farbwahrnehmung, benötigen aber eine relativ hohe Lichtstärke (ausreichend viele Photonen), um etwas zu erkennen. Die Stäbchen allerdings können sehr geringe Lichtstärken erfassen (nur wenige Photonen genügen); da sie jedoch nicht zwischen Wellenlängen unterscheiden können, liefern sie keine Farbinformation. Deshalb kann das menschliche Auge Farben bei abnehmendem Licht immer schlechter sehen: Die Zapfen nehmen nichts mehr auf, sondern nur noch die Stäbchen.

Eine Digitalkamera enthält statt der Stäbchen und Zapfen des Auges Millionen lichtempfindlicher Punkte (Pixel) auf einem Bildsensor. Neben der Erfassung von Photonen des sichtbaren Lichts bietet der Sensor einer Digitalkamera den zusätzlichen Vorteil, auch Photonen mit etwas größeren Wellenlängen (700–1000 nm) im Nah-Infrarotbereich (NIR) des Spektrums erfassen zu können. NIR-Licht ist normalerweise sowohl im Spektrum von Sonnenlicht als auch von künstlichem Licht enthalten.

Bei sehr geringer Lichtstärke kann eine Digitalkamera (eine Tag-und-Nacht-Kamera mit schwenkbarem Infrarot-Sperrfilter) immer noch das verfügbare NIR-Licht nutzen, um Bilder zu produzieren. Dieses Licht enthält allerdings keine Farbinformationen, weshalb bei sehr geringer Lichtstärke sowohl das menschliche Auge als auch eine typische Tag-und-Nacht-Kamera nur Bilder in Graustufen liefern können. Mehr lesen über IR-Technologie und Tag-und-Nacht-Kameras können Sie im Whitepaper *Videosicherheit mit Infrarot*.

Eine Kamera mit Lightfinder hingegen kann weiterhin Farben erkennen und liefert farbige Bilder auch bei einer Lichtstärke weit unter der Erkennbarkeitsschwelle des menschliche Auges Farbbilder.



Ein Schnappschuss einer Kamera mit Lightfinder-Technologie, die das vorhandene Licht bei Nacht optimal nutzt.

Kameras mit Lightfinder können außerdem mit Infrarot-Strahlern ausgestattet werden und stattdessen den Nacht-Modus der Kamera nutzen. Die IR-Graustufenbilder im Nacht-Modus können extrem hilfreich sein, zum Beispiel bei der Videoanalyse. In vielen Anwendungsfällen liefern jedoch Videos im Tag-Modus mit ihren Farben und ihrem natürlichen Erscheinungsbild mehr forensische Informationen.

2.2 Lichtstärke in Lux

Die Lichtstärke lässt sich photometrisch als Lichtintensität oder Lichtstrom pro Flächeneinheit quantifizieren. Die Belichtung beruht auf der absoluten, radiometrischen Intensität (Bestrahlungsstärke gemessen in W/m^2) des Lichts. Allerdings umfasst die Lichtintensität auch eine Gewichtung entsprechend der Empfindlichkeit des menschlichen Auges, ein standardisiertes Modell menschlicher visueller Helligkeitswahrnehmung verschiedener Wellenlängen. Das bedeutet, dass Lichtintensität der Lichtstärke entspricht, die das menschliche Auge wahrnimmt. Die Lichtintensität wird in Lux (lx) gemessen, wobei ein Lux einem Lumen pro Quadratmeter entspricht.

Die Ausleuchtung natürlicher Szenen ist oft komplex, denn Licht und Schatten führen zu unterschiedlichen Lux-Werten in verschiedenen Teilen der Szene. Ein Lux-Wert sagt nichts über die Lichtverhältnisse der gesamten Szene oder über die Richtung des Lichts aus. Dennoch stellen Messungen der Lichtstärke ein wertvolles Tool zur Beurteilung der Lichtverhältnisse und zum Vergleich verschiedener Szenen dar. Die Tabelle enthält typische Lux-Werte für verschiedene Lichtverhältnisse.

Tabelle 2.1 *Typische Lux-Werte für verschiedene Lichtverhältnisse.*

Lichtintensität	Lichtbedingung
0,05 – 0,3 Lux	Klare Vollmondnacht
1 Lux	Kerzenlicht bei Entfernung von 1 m
80 Lux	Gang eines Bürogebäudes

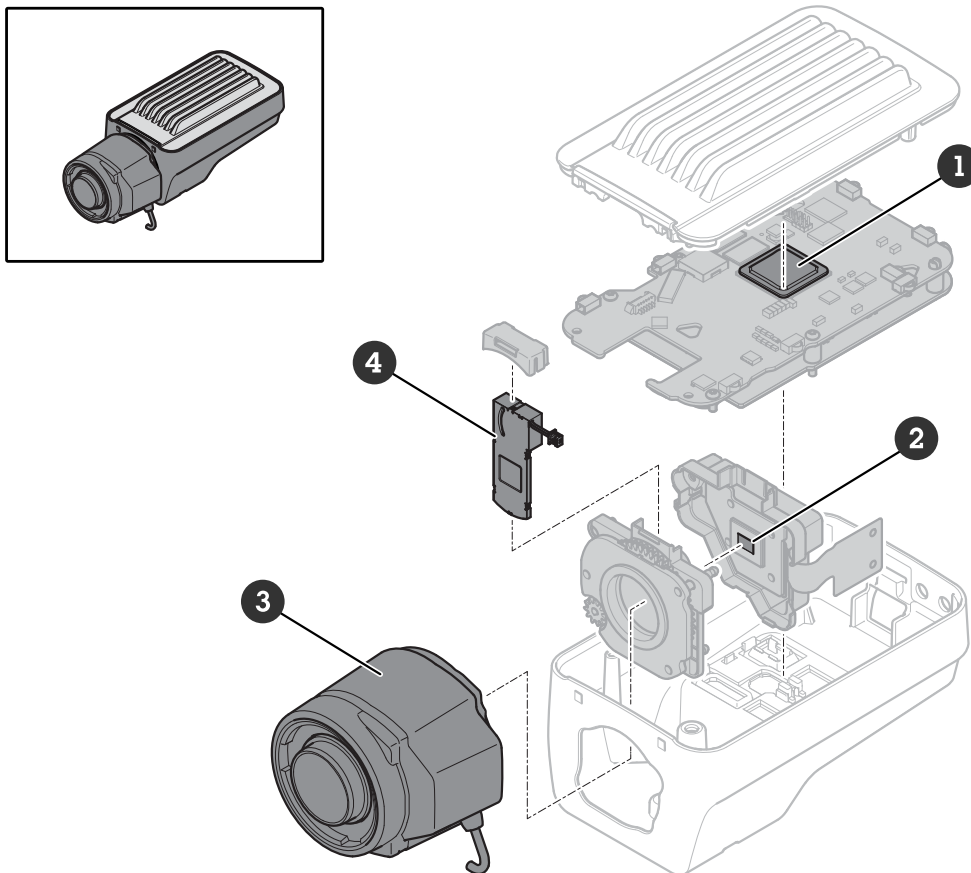
500 Lux	Bürobeleuchtung
10.000 Lux	Helles Tageslicht
100.000 Lux	Starkes Sonnenlicht

2.3 Als Mindestlichtintensität definierte Lichtempfindlichkeit

Viele Hersteller spezifizieren die Lichtempfindlichkeit einer Netzwerk-Kamera als die zur Produktion eines annehmbaren Bilds benötigte Mindestlichtstärke. Diese Spezifikationen sind zwar hilfreich, um die Lichtempfindlichkeit von Kameras eines Herstellers zu vergleichen, aber bei entsprechenden Vergleichen von Kameras unterschiedlicher Hersteller ist Vorsicht geboten. Da es keinen globalen Standard für die Messung der Mindestlichtstärke gibt, verwenden die verschiedenen Hersteller unterschiedliche Verfahren und haben unterschiedliche Kriterien dafür, was ein akzeptables Bild ausmacht.

3 Wichtigste Elemente von Lightfinder

Die Lightfinder-Technologie kombiniert erfolgreich fein abgestimmte, hochwertige optische Komponenten mit moderner Bildverarbeitung in einem speziell auf die Videosicherheit ausgelegten System-on-Chip. Da diese Bausteine immer weiter verbessert werden, entwickelt sich auch die Lightfinder-Technologie ständig weiter.



Explosionsansicht einer Kamera von Axis. Die hervorgehobenen Komponenten sind die, die mit der Lightfinder-Technologie optimiert wurden.

- 1 System-on-Chip mit integriertem ISP-Modul (ISP: image signal processor – Bildsignalprozessor)
- 2 Bildsensor
- 3 Objektiv
- 4 Filter

Nach dem Sammeln und Fokussieren des Lichts durch ein hochwertiges Objektiv erreicht es den Bildsensor, der ein wesentlicher Teil jeder Digitalkamera ist. Der Sensor ist eine elektrooptische Komponente und besteht aus einem Feld lichtempfindlicher Photonendetektoren, die Licht in elektrische Signale umwandeln. Alle Lightfinder-Produkte sind mit einem speziell ausgewählten, hochempfindlichen CMOS-Sensor (CMOS: complementary metal-oxide semiconductor – Komplementär-Metalloxid-Halbleiter) ausgestattet, dessen Merkmale genau auf Videosicherheitszwecke abgestimmt sind.

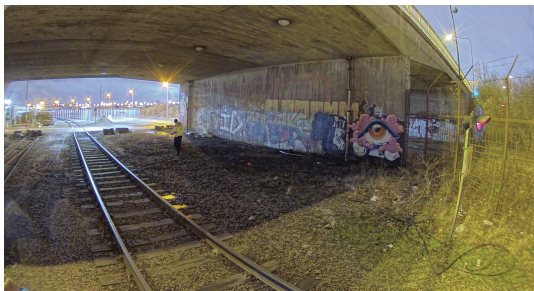
Genauso wichtig wie der Bildsensor sind die eingebetteten Algorithmen zur digitalen Bildverarbeitung im ISP-Modul des System-on-Chip. Der Chip wurde speziell für die Videosicherheit entwickelt und nutzt die neueste verfügbare ASIC-Technologie, so dass die maximale Anzahl digitaler Bausteine sichergestellt ist. In Echtzeit entfernen die Algorithmen Rauschen, frischen Farben auf und klären jedes Bild, um selbst aus dem kleinsten Sensorsignal ein optimal benutzbares Video zu produzieren. Allerdings hat die Erhaltung des Bildinhalts immer Priorität gegenüber übermäßiger Filterung, bei der entscheidende Details entfernt werden könnten. In der Videosicherheit ist es besonders wichtig, dass Bildalgorithmen die forensisch verwertbaren Informationen in der Szene nicht vernichten. Die Algorithmen müssen zuverlässig und berechenbar sein und dürfen niemals zusätzliche Informationen in das Bild einbringen, damit es „besser aussieht“.

Durch sorgfältige Auswertung jedes Aspekts auf dem Lichtweg und optimale Abstimmung aller digitalen Algorithmen lässt sich bei den meisten Lichtverhältnissen eine herausragende Kameraleistung erzielen, wobei schwaches Licht die größte Herausforderung darstellt. Bei Lightfinder-Produkten werden Objektiv und Sensor mit anderen optischen Komponenten, typischer Weise Objektivfilter, abgestimmt, um Lichtempfindlichkeit und Auflösung zu maximieren und gleichzeitig Artefakte zu vermeiden. Die Axis Technologien Lightfinder und Zipstream sind zusammen für eine besonders sorgfältige Komprimierung ausgelegt. Bilddetails bleiben erhalten und es entsteht Video mit niedriger durchschnittlicher Bitrate und geringeren Speicherkosten.

4 Erkennung bei schwachem Licht

Die extreme Lichtempfindlichkeit einer Kamera mit Lightfinder ist nicht nur in besonders dunklen Szenen nützlich, sondern in jeder Szene mit Lichtstärken, die unter der eines typischen Innenraums liegen. Da sie für ein gutes Bild weniger Licht benötigt, eröffnet eine Kamera mit Lightfinder durch die Möglichkeit einer kürzeren Belichtungszeit oder einer kleineren Blendenöffnung weitere Vorteile. Dazu gehört Folgendes:

- Sie können Teleobjektive mit einer größeren Brennweite verwenden. Diese brauchen üblicherweise eine kurze Belichtungszeit, um Bewegungsunschärfe und Verwacklungen zu vermeiden.
- Sie können selbst bei dunklen Lichtbedingungen hochauflösende Kameras einsetzen. Lightfinder erlaubt eine kürzere Belichtungszeit, ohne dass das Bild dabei verrauht oder aufgrund von Bewegungen unscharf wird.
- Die Schärfentiefe steigt, sodass ein größerer Bereich der Szene scharf abgebildet wird. Dazu ist eine kleinere Blendenöffnung erforderlich.
- Die WDR-Leistung wird verbessert, was das Bildrauschen in dunklen Bereichen der Szene reduziert.
- Das Bildrauschen wird reduziert, da eine geringere digitale Verstärkung benötigt wird.

	
Lightfinder 2.0	Menschliches Auge

Vergleich von Videoschnappschüssen einer Szene, die mit einer Kamera mit Lightfinder 2.0 aufgenommen wurde, und einer bearbeiteten Ansicht, die zeigt, was das menschliche Auge wahrgenommen hat. Die Person unter der Brücke misst eine Lichtstärke von 0,05 Lux.

4.1 Die Effekte einer kürzeren Belichtungszeit

Die Belichtungszeit ist der Zeitraum, in dem der Kamerasensor Photonen einfängt. Sie werden in Elektronen umgewandelt und die Anzahl der eingefangenen Elektronen für die einzelnen Pixel wird dann gemessen, um daraus ein Bild zu erzeugen. Anschließend werden die Elektronen für alle Sensorpixel gelöscht und erneut Photonen eingefangen. Aufnahmen bei dunklen Lichtbedingungen erfordern in der Regel längere Belichtungszeiten, damit der Sensor eine ausreichende Anzahl von Photonen zur Erzeugung eines brauchbaren Bilds einfangen kann. Lightfinder ermöglicht jedoch eine kürzere Belichtungszeit. Wenn bei einer zu kurzen Belichtungszeit das Bild zu dunkel wird, kann es digital aufgehellt werden, was jedoch das Bildrauschen verstärkt.

4.2 Effekte einer größeren Blendenöffnung

Bei dunklen Lichtbedingungen benötigen Sie normalerweise eine größere Blendenöffnung, um während der Belichtung ausreichend Licht einfangen zu können. Aufgrund der Funktionsweise der Optik und der Strahlverfolgung bedeutet eine größere Blendenöffnung gleichzeitig aber auch, dass die Schärfentiefe sinkt und damit nur der nähergelegene Teil einer Szene scharf abgebildet werden kann. Die erhöhte Lichtempfindlichkeit mit Lightfinder unterstützt jedoch eine kleinere Blendenöffnung, was eine größere Schärfentiefe ohne allzu starkes Bildrauschen ermöglicht.

5 Farberkennung bei schwachem Licht

Bei sehr schlechtem Licht, wenn andere Tag-und-Nacht-Kameras in den Nacht-Modus und zu Graustufen-Video umschalten, bleiben Kameras mit Lightfinder im Tag-Modus und liefern weiterhin ununterbrochen Farbvideo. Farbdetails können bei der Videosicherheit von entscheidender Bedeutung sein. Indem Lightfinder die Angabe von Einzelheiten wie der Farbe eines Fahrzeugs oder eines Kleidungsstücks ermöglicht, verkürzt die Funktion Reaktionszeiten und erlaubt eine zuverlässigere Identifizierung.

5.1 Beispiele bei verschiedenen Lichtstärken

Dieser Abschnitt belegt die Fähigkeit zur Farbwiedergabe bei dunklen Lichtbedingungen anhand von Videobildern, die von Kameras mit Lightfinder in einem Studio unter äußerst genau kontrollierten Lichtverhältnissen aufgenommen wurden.

Verglichen wurden drei Kameras:

- eine Kamera mit Lightfinder 2.0 (AXIS Q1726 mit F1.1-Objektiv)
- eine Kamera mit Lightfinder (AXIS M2035 mit F1.4-Objektiv)
- eine dritte Kamera mit einer Einstellung, die nachempfand, wie dunkel das menschliche Auge die Szene wahrnehmen würde

Die Kameras wurden in einem Abstand von 2–3 m zu einem Aufbau aus Schaufensterpuppen und bunten Objekten positioniert.

Hinweis: Idealerweise sollte die Lichtempfindlichkeit einer Kamera bei Bewegungen in einer Szene beurteilt werden; dies ist hier jedoch nicht der Fall, da zur Veranschaulichung des Unterschieds Standbilder verwendet werden. Die Bilder wurden verkleinert. Außerdem kann der zur Anzeige verwendete Monitor bzw. die Druckqualität eines Ausdrucks die Wahrnehmung der Bilder beeinflussen.

5.1.1 Lightfinder bei 1–1,6 Lux

Die Lichtstärke in dieser Szene lag zwischen 1 Lux (im Bereich des Dreirads) und 1,6 Lux (auf Höhe der Taille der Schaufensterpuppe).



Lightfinder 2.0



Lightfinder



Menschliches Auge

- Die Kamera mit Lightfinder 2.0 lieferte klare Farben und ein helles Bild.
- Die Kamera mit Lightfinder lieferte erkennbare Farben mit einem körnigen Bild in einigen Bereichen.
- Das menschliche Auge nahm die Szene als sehr dunkel wahr.

5.1.2 Lightfinder bei 0,11–0,17 Lux

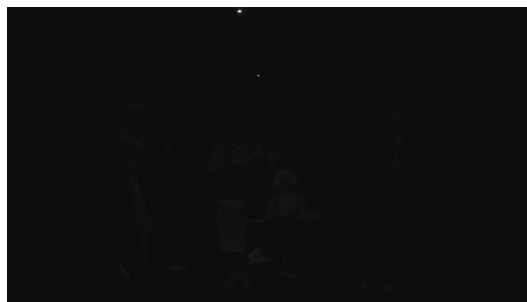
Die Lichtstärke in dieser Szene lag zwischen 0,11 Lux (im Bereich des Dreirads) und 0,17 Lux (auf Höhe der Taille der Schaufensterpuppe).



Lightfinder 2.0



Lightfinder



- Die Kamera mit Lightfinder 2.0 lieferte gedämpfte Farben. Alle Objekte sind weiterhin zu sehen, selbst im Hintergrund.
- Die Kamera mit Lightfinder lieferte ein schattenhaftes, körniges Farbbild. Die Objekte im Vordergrund sind zu erkennen.
- Das menschliche Auge nahm die Szene als vollkommen dunkel ohne erkennbare Objekte wahr.

6 Erfassung von Bewegungen

Bewegungsunschärfe ist ein häufiges Problem in Szenen mit wenig Licht, die in der Regel eine lange Belichtungszeit erfordern. Das Phänomen tritt auf, wenn die Verschlusszeit zu lang ist, um die Standaufnahme eines sich bewegenden Objekts zu erlauben, wodurch sich dessen Bild während der Belichtungszeit auf mehrere Pixel verteilt. Sofern es die Szene zulässt, können Sie Bewegungsunschärfe verringern, indem Sie die Kamera weiter vom sich bewegenden Objekt entfernt platzieren oder ein Weitwinkel-Objektiv verwenden. Dadurch erreichen Sie, dass sich das Objekt auf dem Bildsensor um eine geringere Anzahl von Pixeln bewegt.

Lightfinder reduziert Bewegungsunschärfe, indem es kürzere Belichtungszeiten ermöglicht. Damit können Sie Standbilder mit äußerst geringer Unschärfe anzeigen, was die Identifizierung von Personen oder Fahrzeugen sowie die Beurteilung von Vorfällen erleichtert.



Lange Belichtungszeit kann sichtbare Bewegungsunschärfe hervorrufen. Bei diesem Schnappschuss wäre das Fahrzeugkennzeichen bei einer kürzeren Belichtungszeit möglicherweise lesbar gewesen.

7 Reduzierung von Speicher- und Strombedarf

Lightfinder liefert zuverlässig klare Farbbilder ohne externe LEDs oder eine zusätzliche Beleuchtung. In Kombination mit anderen lichtoptimierenden Technologien von Axis kann Lightfinder Ihnen dabei helfen, Energie zu sparen und die Lichtverschmutzung zu verringern.

Axis Lightfinder und Axis Zipstream Technology wurden speziell darauf ausgelegt, Bilddaten gemeinsam so zu komprimieren, dass wichtige Details bei gleichzeitiger Reduzierung der durchschnittlichen Übertragungsraten erhalten bleiben. Das senkt Ihre Speicherkosten und macht Ihre Videosicherheitslösung nachhaltiger.

8 Lightfinder 2.0

Immer mehr Kameras von Axis nutzen Lightfinder 2.0. Diese Weiterentwicklung von Lightfinder ist bei den meisten Kameras mit unserem eigenen System-on-Chip ARTPEC-7 und späteren ARTPEC-Versionen verfügbar.

Dank eines umfassenden Neudesigns der Bildverarbeitungskette liefert Lightfinder 2.0 noch schärfere Bilder mit weniger Artefakten. Neben der Verbesserung der allgemeinen Lichtempfindlichkeit der Kamera ermöglicht es eine noch präzisere Farbwiedergabe und einen besseren Weißabgleich. Darüber hinaus gibt es mehr Möglichkeiten zur Reduzierung von Schatten und dunklen Objekten. Außerdem umfasst Lightfinder 2.0 neue Einstellungen für die zeitliche und räumliche Filterung. Das ist besonders für erfahrene Benutzer wertvoll, die das Bild für spezielle Videoanalysefunktionen optimieren müssen.

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.