

WHITEPAPER

Juni 2025

Inhalt

1	Einführung	3
2	Hintergrund: SD-Speicherkarten	3
2.1	P/E-Zyklen	3
2.2	Verschiedene NAND-Technologien	3
2.3	Schreibverstärkungsfaktor	4
3	Axis Surveillance Cards	5
3.1	Anwendungsbeispiele	5
3.1.1	Primärer Speicher	5
3.1.2	Redundanter Speicher	5
3.1.3	Hybridlösung	6
3.1.4	Analyse	6
3.2	Haltbarkeit	6
3.3	Video-Speicherdauer	7
3.4	Statusüberwachung	7
3.5	Dateisystem für geringeres Risiko von Datenverlusten	8
3.6	Verschlüsselung	8
3.7	Gewährleistung	8

1 Einführung

Axis Überwachungskarten sind hochwertige SD-Karten, speziell für die optimale Leistung von Videosicherheitsanwendungen konzipiert. Im Vergleich zu herkömmlichen SD-Speicherkarten für Verbraucheranwendungen bieten SD-Karten für die Überwachung eine viel längere Nutzungsdauer, außerdem eignen sie sich ideal für die fortlaufende Speicherung. Die Überwachungskarten von Axis wurden auf ihre Tauglichkeit für Videosicherheitsanwendungen geprüft und mit Statusüberwachungsfunktionen von Axis ausgestattet. Darüber hinaus können sie innerhalb der Gewährleistungsfrist unter Einhaltung der geltenden Bedingungen kostenlos zurückgegeben werden.

Dieses Whitepaper fasst die Vorteile und typischen Einsatzbereiche der Überwachungskarten von Axis zusammen. Außerdem wird der technische Hintergrund für ihre Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz erläutert.

2 Hintergrund: SD-Speicherkarten

SD-Speicherkarten (einschließlich SD/SDHC/SDXC) sind nichtflüchtige Flash-Speichergeräte, die auf der NAND-Technologie basieren und als Speicher mit hoher Kapazität für tragbare Geräte konzipiert wurden. Die Lebensdauer einer SD-Speicherkarte hängt von vielen Faktoren ab, darunter:

- NAND-Technologie (Anzahl der garantierten P/E-Zyklen)
- Speichergröße der Karte
- Aufzeichnungseinstellungen und Kodiereffizienz des Geräts
- Schreibverstärkungsfaktor

2.1 P/E-Zyklen

SD-Speicherkarten organisieren Daten in Blöcken, die jeweils in kleinere Abschnitte, so genannte Seiten, unterteilt sind. Ein Speicher-Controller schreibt und liest seitenweise, kann aber nur ganze Blöcke löschen. Wenn Sie eine SD-Speicherkarte zum ersten Mal benutzen, lassen sich die Daten schnell und einfach speichern, da noch alle Seiten leer sind.

Füllt sich die Karte jedoch mit der Zeit, muss der Controller die Daten umschichten und ganze Blöcke löschen, um Platz für neue Informationen zu schaffen. Dieser Vorgang des Schreibens und Löschens von Daten wird als P/E-Zyklus (Program/Erase – Programmieren/Löschen) bezeichnet. Jeder Zyklus verursacht eine leichte physische Beschädigung der Datenzellen auf der Karte, was im Laufe der Zeit zu Fehlern führen und schließlich einen Block unbrauchbar machen kann.

Die Haltbarkeit einer SD-Speicherkarte, also ihre Lebensdauer bzw. die Anzahl der P/E-Zyklen, die sie verkraften kann, bevor sie ausfällt, hängt von der Art der verwendeten Speicherzellen, ihrer Größe und der Anzahl der Bits in jeder Zelle ab. Karten, die mehr Bits pro Zelle speichern, bieten im Allgemeinen weniger P/E-Zyklen.

Die Wahl einer SD-Speicherkarte mit einer höheren Speicherkapazität kann die Nachteile der geringeren Anzahl von P/E-Zyklen ausgleichen. Denn mit mehr Speicherplatz dauert jeder Zyklus länger, wodurch sich die Lebensdauer der Karte verlängert.

2.2 Verschiedene NAND-Technologien

Die NAND-Technologie ist eine Art nichtflüchtiger Speicher, der in vielen Flash-Speichergeräten verwendet wird. Der Name leitet sich vom NOT-AND-Logikgatter (NICHT UND) ab, einer Grundfunktion der digitalen Elektronik.

Es gibt verschiedene NAND-Technologien, die in SD-Speicherkarten genutzt werden und sich hinsichtlich ihrer Kosten, Kapazität und Haltbarkeit unterscheiden. Die Unterschiede hängen weitgehend davon ab, wie viele Bits an Informationen jede Zelle speichern kann. Zu den gängigen NAND-Technologien gehören SLC, MLC, TLC und QLC.

- **SLC-NAND** (single-level cell – Einzel-Ebenen-Zelle) speichert nur ein Bit pro Zelle, entweder eine 0 oder eine 1. Diese Einfachheit ermöglicht das schnelle Schreiben und Lesen von Daten und bietet die beste Leistung

und die höchste Haltbarkeit von etwa 100.000 P/E-Zyklen. Da jedoch nur wenige Daten pro Zelle gespeichert werden können, ist er teuer, wenn viel Speicherkapazität benötigt wird.

- **MLC-NAND** (multi-level cell – Mehr-Ebenen-Zelle) kann 2 Bits pro Zelle speichern. Diese höhere Kapazität ermöglicht es, im Vergleich zu SLC große Speicher zu erschwinglicheren Preisen anzubieten. Doch leider ist MLC anfälliger für Datenfehler und hat nur eine geringere Haltbarkeit von etwa 10.000 P/E-Zyklen.
- **TLC-NAND** (triple-level cell – Drei-Ebenen-Zelle) speichert 3 Bits pro Zelle, wodurch die Speicherkapazität erhöht und die Kosten im Vergleich zum MLC noch weiter gesenkt werden können. Wird aufgrund des ausgewogenen Verhältnisses zwischen Kosten und Kapazität häufig eingesetzt und verfügt über eine Lebensdauer von etwa 3.000 P/E-Zyklen.
- **QLC-NAND** (quad-level cell – Vier-Ebenen-Zelle) speichert 4 Bits pro Zelle, wodurch die Kapazität steigt. Da jedoch in jeder Zelle mehr Bits gespeichert werden, ist QLC anfälliger für Datenfehler und bietet eine geringere Haltbarkeit von etwa 1.000 P/E-Zyklen.

Bei jeder NAND-Technologie setzt sich das Verhältnis von Kosten, Kapazität und Haltbarkeit anders zusammen. Die Wahl der Technologie hängt davon ab, welches Verhältnis für Ihren spezifischen Speicherbedarf am besten geeignet ist.

2.3 Schreibverstärkungsfaktor

Der Schreibverstärkungsfaktor (write amplification factor, WAF) ist eine Kennzahl, die die Schreibeffizienz von Computerspeichersystemen beziffert. Er gibt das Verhältnis der in den Speicher geschriebenen Datenmenge zu der Datenmenge an, die ein Hostsystem zu schreiben beabsichtigte.

Im Idealfall sollte der Schreibverstärkungsfaktor so nahe wie möglich bei 1 liegen, was bedeutet, dass das Flash-Speichergerät nur die Daten schreibt, die das Hostsystem angefordert hat, ohne zusätzlichen Overhead. In der Praxis liegen die WAF-Werte jedoch in der Regel über 1, was auf verschiedene Faktoren zurückzuführen ist, die mit der Verwaltung und Optimierung des Flash-Speichers zusammenhängen, wie z. B. Garbage Collection (Speicherbereinigung), Wear Leveling (Verschleißausgleich) und Over-Provisioning (Überprovisionierung). Da der Speicher erst gelöscht werden muss, bevor er neu beschrieben werden kann, führt das Neuschreiben von Daten dazu, dass die Daten mehr als einmal verschoben werden. Aufgrund der Funktionsweise von Flash müssen viel größere Teile gelöscht und neu beschrieben werden, als es die Menge der neuen Daten eigentlich erfordert. Durch diesen Multiplikationseffekt erhöht sich die Anzahl der erforderlichen Schreibvorgänge während der Lebensdauer des Flash-Speichergeräts, was die Zeit verkürzt, in der es zuverlässig genutzt werden kann.

Eine hohe Schreibverstärkung kann sich negativ auf die Leistung und Lebensdauer von Flash-Speichergeräten auswirken, da sie die Anzahl der Schreibvorgänge erhöht und den Verschleiß der NAND-Flash-Speicherzellen beschleunigt. Daher ist die Minimierung der Schreibverstärkung eine wichtige Überlegung bei der Projektierung und Nutzung von Flash-Speichergeräten.

3 Axis Surveillance Cards



Die Überwachungskarten von Axis sind extrem haltbare microSDXC™-Speicherkarten, die speziell für das typische Speicherschreibverhalten von Sicherheitskameras ausgelegt sind. Sie können viel öfter be- und überschrieben werden als SD-Speicherkarten für Verbraucheranwendungen. So kann dieselbe Karte länger in der Kamera bleiben, ohne zu verschleifen. Die Überwachungskarten von Axis bieten eine 5-jährige Gewährleistung, wobei die Praxis gezeigt hat, dass die Varianten mit einem Speicher von 256 GB und mehr in der Regel weit länger als 10 Jahre oder sogar über die gesamte typische Nutzungsdauer Ihrer Kamera halten.

Die Überwachungskarten von Axis sind in Industriequalität ausgeführt und unterstützen extreme Temperaturen und Umgebungen. Die höheren Anschaffungskosten der Überwachungskarten werden durch die Tatsache aufgewogen, dass sie eine kosteneffiziente Aufzeichnungslösung mit geringeren Wartungskosten und überlegener Verschleißfestigkeit und Langlebigkeit darstellen.

3.1 Anwendungsbeispiele

3.1.1 Primärer Speicher

Mit den Überwachungskarten von Axis können Sie lokale Speicher (Edge Storage) als primäre Speicher nutzen und hochauflösendes Videomaterial direkt auf der Karte aufzeichnen. So reduzieren Sie den Bedarf an zusätzlichen Servern und Aufzeichnungsgeräten und senken die Gesamtbetriebskosten des Sicherheitssystems.

Wenn Sie Videomaterial mit hoher Bildrate über einen sehr langen Zeitraum speichern müssen, z. B. für die Untersuchung von Vorfällen oder aufgrund gesetzlicher Vorschriften, müssen Sie die Daten möglicherweise auf einen serverbasierten oder cloudbasierten Speicher übertragen oder auslagern.

3.1.2 Redundanter Speicher

Sie können die Überwachungskarten von Axis als redundanten Speicher für hochauflösende Videos verwenden. Lokaler Speicher (Edge Storage) zur redundanten Speicherung ergänzt die zentrale Speicherung. Er kann Video lokal aufzeichnen, wenn das Zentralsystem nicht verfügbar ist, oder parallel zur VMS (Video Management Software) Video kontinuierlich aufzeichnen.

Mit Edge Storage ist ausfallsichere Aufzeichnung möglich, was bedeutet, dass Videodaten vorübergehend auf der Karte gespeichert werden können, wenn es zu Netzwerkstörungen kommt oder eine Systemwartung erfolgt.

Wenn die Netzwerkverbindung wiederhergestellt ist und das System in den Normalbetrieb zurückkehrt, kann die zentrale VMS automatisch fehlende Videoclips aus der Kamera abrufen und nahtlos in die übrigen Videoaufzeichnungen einfügen. Auf diese Weise erhalten Sie ununterbrochene Videoaufzeichnungen, selbst wenn die Netzwerkverbindung ausfällt. Die Systemzuverlässigkeit wird erhöht und der Systembetrieb gesichert.

3.1.3 Hybridlösung

Sie können eine Hybridlösung nutzen, bei der der Speicher der Überwachungskarte als Ergänzung zum Speicher in der Cloud oder auf dem Server dient. Das empfiehlt sich besonders für Installationen mit begrenzter oder fehlender Netzwerkbandbreite z. B. in Zügen und Bussen. Videos können während der Fahrt auf der Karte gespeichert und dann einfach an das Zentralsystem übertragen werden, wenn das Fahrzeug im Depot steht. Eine Hybridlösung kann hier Flexibilität und Kosteneffizienz bieten, da der Speicher zwischen Überwachungskarten, Servern und Cloud aufgeteilt wird. Außerdem lassen sich Analysen in der Cloud ausführen, während das Video lokal auf der Karte gespeichert wird.

3.1.4 Analyse

Edge Storage auf Basis von Überwachungskarten ist vor allem für Analysefunktionen von Vorteil. Lokal ausgeführte Analysefunktionen nutzen unkomprimierte Videodaten, sodass bei der Komprimierung oder Übertragung keine Informationen verloren gehen. Dadurch erhalten Sie genauere Analyseergebnisse.

Wenn eine schnelle Reaktion auf Analyseergebnisse erforderlich ist, ist eine lokale Lösung besser als herkömmliche Server vor Ort oder cloudbasierte Lösungen. Die lokale Verarbeitung (Edge Computing) verringert die Gefahr von Verzögerungen, die bei zentralisierten Systemen besteht, und ermöglicht zeitnahe Entscheidungen und Aktionen.

Die Implementierung von lokal ausgeführten Analysefunktionen ermöglicht die bedingte Videoübertragung bei bestimmten Ereignissen und spart so Bandbreite. Diese effiziente Nutzung der Bandbreite ist besonders dort nützlich, wo Bandbreite begrenzt oder teuer ist.

Durch den Einsatz von lokalen Videoanalysefunktionen können auch ausschließlich anonymisierte Daten oder Warnmeldungen über das Netzwerk gesendet werden. Das hilft bei der Einhaltung strenger Datenschutzbestimmungen und räumt Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes aus.

3.2 Haltbarkeit

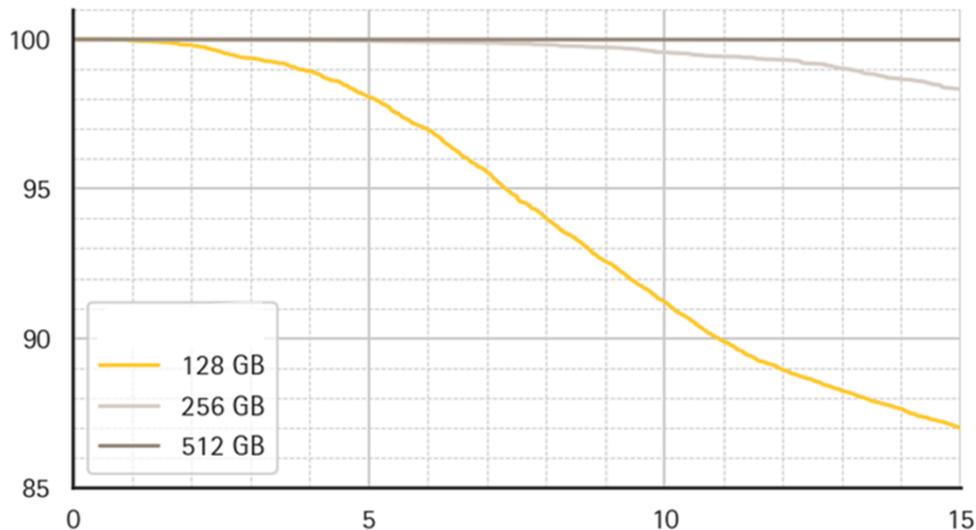
Die Überwachungskarten von Axis sind für eine jahrelange kontinuierliche Aufzeichnung ausgelegt. Sie basieren auf der TLC- und QLC-NAND-Technologie. Dank ihres niedrigen WAF (write amplification factor – Schreibverstärkungsfaktor) wird die Anzahl abgeschlossener P/E-Zyklen gering gehalten.

Je nach der Menge der aufgezeichneten Daten (abhängig von Auflösung und Bitrate) und der Größe des Speichers kann eine Karte 5 bis 10 Jahre oder länger halten. Das bedeutet, dass Sie in der Regel nur eine Karte über die gesamte Lebensdauer einer Kamera benötigen. Die nachstehende Tabelle zeigt Annäherungswerte für die simulierte erwartete Lebensdauer der Karten.

Tabelle 3.1 *Lebensdauer von Axis Überwachungskarten in Axis Kameras in Abhängigkeit von der Auflösung und Bitrate der Aufzeichnung, basierend auf Simulationen.*

Größe der Karte	Auflösung, Bitrate		
	2 MP, 2,5 Mb/s	5 MP, 3,5 Mb/s	8 MP, 4,5 Mb/s
128 GB	~10 Jahre	~7 Jahre	~5 Jahre
256 GB	~20 Jahre	~14 Jahre	~11 Jahre
512 GB	~26 Jahre	~19 Jahre	~15 Jahre
1 TB	~53 Jahre	~38 Jahre	~29 Jahre

Tatsächliche Gerätedaten auf der Grundlage von Milliarden von Betriebsstunden bestätigen die Langlebigkeit der Überwachungskarten von Axis. Das Diagramm enthält kumulative Perzentilcurven für die Lebensdauer auf Grundlage von realen Daten und dem erwarteten Verhalten der Benutzer. Es zeigt, dass die große Mehrheit der Überwachungskarten von Axis (98,0 % der 128-GB-Karten, 99,9 % der 256-GB-Karten und >99,9 % der 512-GB-Karten) auch nach fünf Jahren noch einwandfrei funktioniert. Mehr als 90 % der Karten sind selbst nach 10 Jahren noch funktionsfähig.



Kumulatives Perzentildiagramm für die Lebensdauer von Überwachungskarten, das zeigt, welcher Prozentsatz der Karten nach 0 bis 15 Jahren noch funktionsfähig ist. Simulation auf der Grundlage realer Daten und Schätzungen.

3.3 Video-Speicherdauer

Die Speicherdauer einer SD-Speicherkarte ist definiert als die Anzahl der Tage, die die Karte Daten im Speicher hält, bevor sie beginnt, sie zu löschen und zu überschreiben. In einigen Regionen müssen Daten, die als Beweismittel verwendet werden, zwischen 30 und 180 Tagen gespeichert werden. Dementsprechend ist die maximale Speicherdauer ein wichtiger Faktor bei der Wahl einer Aufzeichnungslösung.

Die Überwachungskarten von Axis bieten eine lange Speicherdauer selbst bei hohen Bildraten und Auflösungen, ohne dass die Aufzeichnungsqualität darunter leidet. Die maximale Speicherdauer hängt von der Aufzeichnungsprogrammierung der Kamera ab. Ausschlaggebende Faktoren hierbei sind unterschiedliche Bildraten und Auflösungen abhängig von Bewegungserkennung, Alarmereignissen und Tageszeit.

So kann die maximale Speicherdauer einer Überwachungskarte von Axis mit einer Speichergöße von 128 GB abhängig von Konfiguration der Kamera und der erforderlichen Auflösung beispielsweise zwischen 20 und mehr als 215 Tagen variieren. Bei größeren Karten, z. B. 256 GB und mehr fällt die maximale Speicherdauer natürlich erheblich höher aus.

Sie können die benötigte Speicherdauer in der Weboberfläche der Kamera festlegen. Wenn Sie z. B. eine Speicherdauer von einer Woche wählen, entfernt ein Bereinigungsverfahren alle Aufzeichnungen, die älter als 7 Tage sind. Dies erfolgt einmal alle 60 Minuten. Außerdem prüft ein automatischer Bereinigungsverfahren fortlaufend, ob auf der Karte genug Platz für die Aufzeichnung vorhanden ist.

3.4 Statusüberwachung

Die Überwachungskarten von Axis sind mit einem datengesteuerten Dienst ausgestattet, der die Abnutzung der Karte verfolgt. Dank dieser ausgeklügelten Überwachung der Kartennutzung können Sie schon Monate im Voraus benachrichtigt werden, falls der Austausch der Karte erforderlich ist.

3.5 Dateisystem für geringeres Risiko von Datenverlusten

Axis empfiehlt für Überwachungskarten die Verwendung des Dateisystems ext4. Dabei handelt es sich um ein Journaling-Dateisystem, das ein Journal (eine bestimmte Art von Datenstruktur) verwendet, um Änderungen aufzuzeichnen, sobald sie geschehen. Bei einem Systemabsturz oder einem Stromausfall kann diese Art von Dateisystem schneller wiederhergestellt werden und ist weniger anfällig für Beschädigungen, wodurch die Gefahr eines Datenverlusts verringert wird. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig in Umgebungen, in denen die Stromversorgung manchmal ausfällt, zum Beispiel bei Geräten, die in Bussen oder Zügen installiert sind, aber auch bei Geräten in Regionen mit unzuverlässiger Stromversorgung.

3.6 Verschlüsselung

Der Schutz gespeicherter Daten vor unbefugtem Zugriff ist entscheidend für die Aufrechterhaltung der Datensicherheit und den Schutz sensibler Informationen. Axis Kameras bieten eine Verschlüsselungsfunktion, die Sie für die Überwachungskarte im Gerät aktivieren können. Bei angewandter Verschlüsselung können unbefugte Personen nach Entnahme der Überwachungskarte nicht auf die gespeicherten Daten zugreifen.

Die Verschlüsselungsfunktion unterstützt die folgenden Verschlüsselungsarten:

- AES-CBC 128 Bit bei allen Geräten mit AXIS OS 5.80.1 oder höher
- AES-CBC 256 Bit bei allen Geräten mit AXIS OS 8.40.1 oder höher
- AES-XTS-Plain64 (AES-XTS-512 256 Bit) bei neueren Geräten mit AXIS OS 8.30.1

3.7 Gewährleistung

In manchen Fällen schließen die Gewährleistungsbedingungen für SD-Speicherkarten den Einsatz in Sicherheitsanwendungen aus. Die Überwachungskarten von Axis werden jedoch speziell für Sicherheitsanwendungen hergestellt und unter entsprechenden Einsatzbedingungen geprüft. Sie verfügen über eine 5-jährige Gewährleistung einschließlich des kostenfreien Kundendiensts, der Reparatur und des Austauschs (RMA) defekter Geräte für diesen Zeitraum.

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 MitarbeiterInnen in über 50 Ländern und bietet mit Technologie- und Systemintegrationspartnern auf der ganzen Welt kundenspezifische Lösungen an. Der Hauptsitz ist in Lund, Schweden.