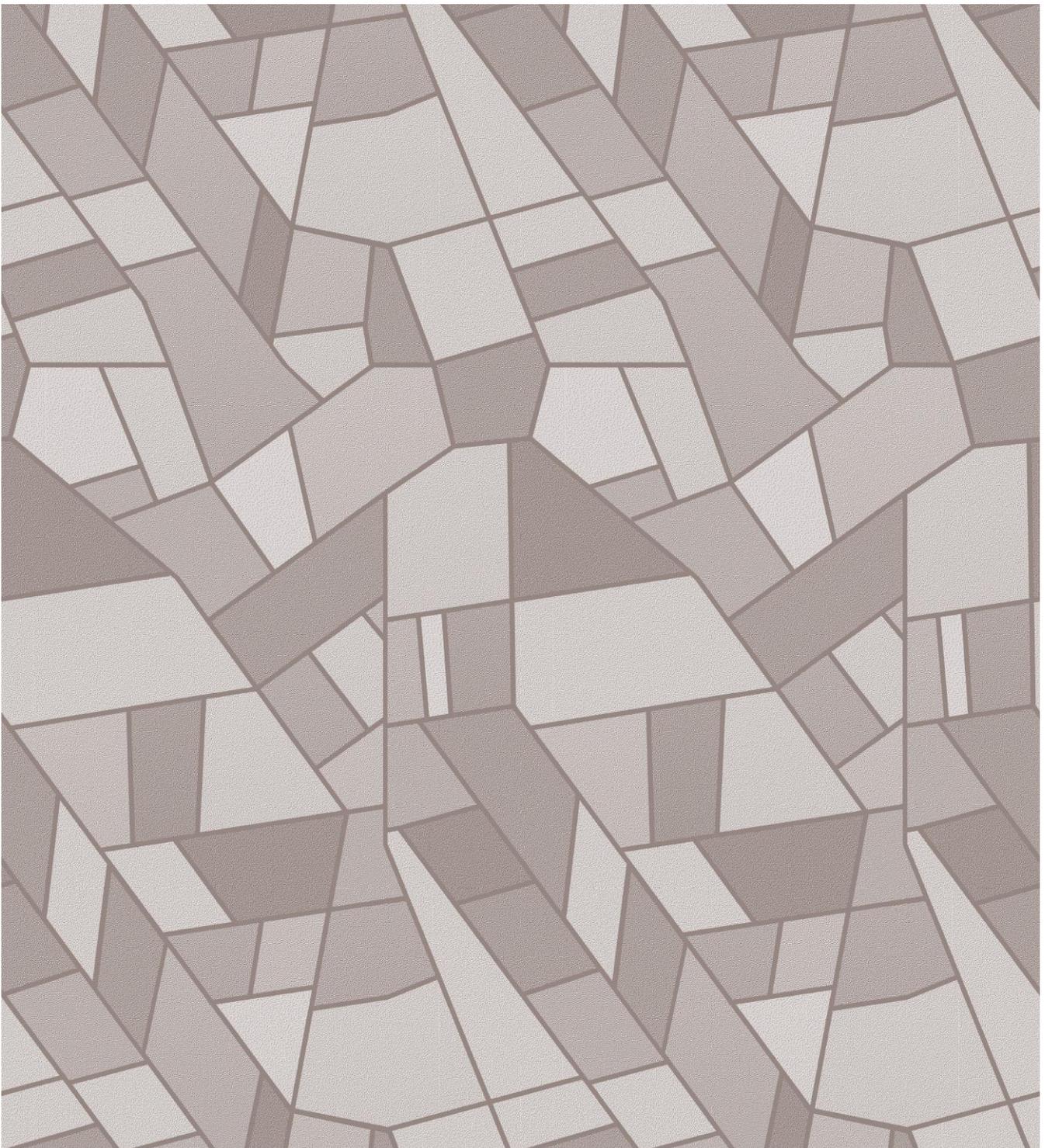


Kurzrecherche Videoüberwachungen und Lichtemissionen

Literaturrecherche und Empfehlung zu Anforderungen an Beleuchtungs- und Videoüberwachungsanlagen



Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärm und NIS, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer: EBP Schweiz AG

Autor/Autorin: Luca Bronzini, Oliver Blank, Laurence Duc

Begleitung BAFU: Alexander Reichenbach

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Zusammenfassung

Um dem Vandalismus zu begegnen, setzen immer mehr Eigentümer auf Videoüberwachung, wie zum Beispiel im Bereich von Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel. Gleichzeitig wird die Beleuchtung mit dem Argument der Qualität der per Video gewonnenen Bilder erhöht. Der Einsatz von Überwachungskameras und die damit verbundene Zunahme der Beleuchtung stehen im Widerspruch zum Ziel der Reduzierung von Lichtemissionen. Die vorliegende Kurzrecherche analysiert deshalb die im Wandel befindlichen Beleuchtungsanforderungen dieser Kameras und die dadurch entstehenden neuen Möglichkeiten. So wurden im Rahmen der Erhebungen zum vorliegenden Bericht mittels Literaturanalyse abgeklärt, welche Studien, Erfahrungen und Empfehlungen diesbezüglich bereits existieren. Weiter wurde der heutige Stand der Technik mittels einer Technologierecherche erfasst und beschrieben. Die Ergebnisse wurden durch gezielte Interviews mit Kameraherstellern bzw. deren Schweizer Branchenvertretern anhand eines kompakten Leitfadens überprüft und verifiziert. Die Ergebnisse zeigen auf, wie stark die Beleuchtungsanforderungen für die Videoüberwachung sich innerhalb der letzten Jahre reduziert haben. Auslöser sind die kombinierten Verbesserungen von mehreren technischen Parametern (hauptsächlich Lichtempfindlichkeit, Kontrastverhalten, Bildauflösung) der heute angebotenen Produkte. Obwohl auch heute noch je nach Verwendungszweck unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden, konnte mittels der getätigten Untersuchungen und Interviews dargelegt werden, dass ein grosses Potenzial zur Reduktion der Lichtemissionen bei gleichzeitiger Befriedigung der Ansprüche nach Videoüberwachung besteht. Die von den Beleuchtungsnormen vorgesehene mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von 10 Lux für kleine Haltestellen mit geringem Personenaufkommen in ländlich geprägten Gebieten können auf jeden Fall eingehalten werden. Diese Synthese-Ergebnisse führten zur Auflistung von Empfehlungen mit Bezug zur besseren Ausnutzung des bereits heute existierenden Potenzials für geringe Beleuchtungsstärke. Damit kann diese Studie zur künftigen Reduktion von Lichtemissionen beitragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	5
2.	Methodik	5
2.1	Literaturanalyse	5
2.2	Technologierecherche	5
2.3	Interviews mit Branchenvertretern	6
3.	Ergebnisse	6
3.1	Literaturanalyse	6
3.2	Technologierecherche	8
3.3	Interviews mit Branchenvertretern	10
3.4	Anforderungen an die Beleuchtung	11
3.5	Anforderungen an die Überwachungsanlagen nach Verwendungszweck	12
3.6	Zukünftige Entwicklung	13
3.7	Untersuchungsbedarf	14
4.	Fazit und Empfehlungen	15

Anhang

A1	Literaturverzeichnis	16
A1.1	Wissenschaftliche Artikel	16
A1.2	Internetrecherche	16

1. Ausgangslage

Um Sachbeschädigung und Vandalismus zu begegnen, setzen schweizweit immer mehr Eigentümer auf Videoüberwachung. Ein Beispiel dafür ist die Überwachung im Bereich von Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel. Dabei wird oft die Beleuchtung erhöht - mit dem Argument der Qualität der per Videoaufnahme gewonnenen Bilder. Der Einsatz von Überwachungskameras und die damit verbundene Zunahme der Beleuchtung stehen im Widerspruch zum Ziel der Reduzierung von Lichtemissionen (im Sinne der Begrenzung von Strahlung nach Umweltschutzgesetz USG). Einerseits umreißt der vorliegende Bericht den heutigen Stand der Beleuchtungsanforderungen für Videoüberwachungen und die dadurch bestehenden Möglichkeiten zur Reduktion der Lichtemissionen. Andererseits wurden im Rahmen des vorliegenden Berichts und dessen Erhebung abgeklärt, welche Studien, Erfahrungen und Empfehlungen mit Bezug auf oben genannten Widerspruch bereits existieren.

Der Abschnitt 2 zeichnet die dazu genutzte Methodik nach - namentlich eine Auslegeordnung der vorhandenen Literatur im Zusammenhang mit Beleuchtung und Videoüberwachungen im Aussenraum sowie Interviews mit Vertreibern und Herstellern der entsprechenden Technologien - während Abschnitt 3 daraus abgeleitet eine Übersicht zum Stand der Videoüberwachungstechnologien und deren Beleuchtungsanforderungen je nach Verwendungszweck wiedergibt. Im selben Abschnitt werden diese Ergebnisse mittels der Antworten aus den Herstellerinterviews validiert. Die Quellenangaben zur Recherche (Abschnitt 3) sind wichtiger Teil des vorliegenden Berichts, weshalb diese in Abschnitt A1 der Übersicht halber thematisch sortiert dargestellt wird.

2. Methodik

2.1 Literaturanalyse

In der durchgeführten Literaturanalyse wurden in einem ersten Schritt nach wissenschaftlichen Artikeln gesucht, welche sich mit den Lichtanforderungen von Überwachungskameras und deren laufender Weiterentwicklung befassen. Ebenso wurde nach Artikeln und Empfehlungen an der Schnittstelle zur Reduktion von Lichtemissionen gesucht. In einem zweiten Schritt wurden mittels Onlinerecherche nicht reviewte Artikel und Onlinebeiträge gesucht.

2.2 Technologierecherche

Um einen Überblick über die heute verfügbaren Produkte zur Videoüberwachung zu gewinnen, wurde mittels Onlinerecherche nach Herstellern und deren Produkten gesucht, um diese im Anschluss anhand ihrer technischen Angaben zu beurteilen und zu selektieren.

2.3 Interviews mit Branchenvertretern

Mittels einer Online-Marktrecherche wurden die auf dem europäischen und dem Schweizer Markt bekanntesten Hersteller von professionellen Überwachungskameras, folgend Hersteller A, B und C genannt, identifiziert. Um die Erkenntnisse aus der Literaturanalyse und der Technologierecherche bezogen auf das Schweizer Umfeld zu validieren, wurden die Schweizer Vertriebspartner von Herstellern A und B, sowie ein grosser Schweizer Systemintegrator im Sicherheitsbereich interviewt. Die Interviews sollen dazu dienen, die technischen Angaben zu den verfügbaren Kameras einzuordnen und deren Performanz im Kontext von konkreten Überwachungssituationen abzuklären. Zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit der geführten Interviews wurde ein kurzer Interviewleitfaden entwickelt. Dieser ist im Folgenden aufgelistet:

1. Wie plausibel sind die sehr tiefen Empfindlichkeitsangaben der Hersteller?
 - a. Entstehen mit diesen Systemen brauchbare und gerichtsverwertbare Bilder?
 - b. Gelten die angegebenen Empfindlichkeitswerte nur unter speziellen Bedingungen?
 - c. Sind auch mit diesen Produkten zusätzliche Lichtquellen erforderlich?
2. Ist eine Limitierung der Beleuchtungsstärke auf 10 Lux im öffentlichen Raum realistisch, oder würde sich die Sicherheitsbranche wehren?

3. Ergebnisse

3.1 Literaturanalyse

Wie oben erläutert wurde in einem ersten Schritt der Literaturanalyse nach wissenschaftlichen Artikeln gesucht, welche sich mit den Lichtanforderungen von Überwachungskameras und deren laufender Weiterentwicklung befassen. Danach wurde nach Artikeln und Empfehlungen an der Schnittstelle zur Reduktion von Lichtemissionen gesucht. Während zu ersteren einige Literatur gefunden werden konnten, konnten zu zweiterem keine relevanten Artikel und Beiträge aus der bestehenden Literatur identifiziert werden.

Bzgl. der allgemeinen Entwicklung der Videoüberwachung konnten mit der Literaturanalyse die folgenden relevanten Erkenntnisse festgestellt werden:

- Die heutigen Überwachungssysteme und deren Stand sowie zukünftige Entwicklungen sind je länger je mehr mit Informatik-Technologien verknüpft. So ergeben sich heute zunehmend Analysemethoden aus der Erforschung der Künstlichen Intelligenz und aus Deep-Learning-Algorithmen. Diese werden zur Optimierung der Videoüberwachung in Hinblick auf unterschiedliche Verwendungszwecke angewandt werden.¹

¹ V. Tsakanikas, T. Dagiuklas, 2018, Video surveillance systems-current status and future trends, Computers and Electrical Engineering, vol. 70 pp 736-753.

- Ein Review aus 220 wissenschaftlichen Publikationen zum Thema «Trends, Techniken, Rahmenbedingungen und Datensätze im Bereich der intelligenten Videoüberwachung» zeigt auf, dass sich Möglichkeiten und Herausforderungen im Zusammenhang mit Forschungen im Bereich der Videoüberwachungssysteme bereits heute anstelle einer verbesserten Lichtempfindlichkeit mit neuen Zielen befasst, namentlich im Bereich automatisierter komplexer Ereignisdetektionen (Künstliche Intelligenz KI). Dies lässt darauf schließen, dass die in den letzten Jahren deutlich verbesserte Lichtempfindlichkeit der Kameras bereits heute den hohen Ansprüchen eines humanen Anwenders genügt. Weitere Verbesserungen z.B. der Lichtempfindlichkeit werden künftig vermehrt von den Anforderungen an die komplexeren KI-Funktionalitäten getrieben, und weniger hinsichtlich visueller Bildauswertung durch den humanen Anwender.²
- Auch der jährlich erscheinende Bericht zur Überwachungstechnologie stellte für das Jahr 2020 oben erwähnte Themen – zuzüglich der Cyber-Sicherheit – in den Fokus, während die weitere Erhöhung der Videoqualität in Weniglichtverhältnissen nicht thematisiert wird.³
- Es werden laufend neue Technologien entwickelt mit dem Ziel der nachträglichen Verbesserung der Bildqualität von Aufnahmen in Weniglichtverhältnissen. D.h. Bilder, welche in Weniglichtverhältnissen aufgenommen werden, können wo überhaupt noch nötig je länger je besser nachbereitet werden, um die Verwertbarkeit sicherzustellen, ohne zwangsläufig die Lichtempfindlichkeit der Kamera weiter verbessern zu müssen.⁴

Im zweiten Schritt wurden mittels Onlinerecherche nicht reviewte Artikel und Onlinebeiträge gesucht. Die umfangreichen Ergebnisse aus diesen Quellen sind vielzählig und aussagekräftig. Deutlich kann dabei eine Veränderung über die Zeit festgestellt werden. D.h. gleichzeitig zur technologischen Entwicklung der Überwachungssysteme haben sich die online publizierten Artikel und deren Fokus verändert. Die Lichtanforderungen für Überwachungskameras bei gleichbleibender oder sogar verbesserter Bildqualität haben sich innerhalb der letzten zehn Jahre stark reduziert, indem neue Modelle und Technologien entwickelt worden sind. Ebenso ist eine laufende preisliche Reduktion der verfügbaren Modelle zu erkennen.

Aufgrund von Blogbeiträgen und Online-Erlebnisberichten von Endnutzern sind moderne Kameras in der Lage, brauchbare Farbbilder sogar bei Nacht und ohne zusätzliche Leuchtmittel zu liefern.⁵ Dieser Trend lässt sich nicht nur bei den namhaften teureren Herstellern beobachten. Kameras, welche bei einem Umgebungslicht von lediglich 0.0005 Lux Farbbilder produzieren können, sind keine Seltenheit mehr, dann allerdings mit Abstrichen betreffend sichtbarem Bildrauschen und reduzierter Bildschärfe. Aus diesem Grund verfügen Kameras in vielen Fällen über einen Infrarotmodus, welcher

2 G. F. Shidik, E. Noersasongko, A. Nugraha, P. N. Andono, J. Jumanto and E. J. Kusuma, 2019, A Systematic Review of Intelligence Video Surveillance: Trends, Techniques, Frameworks, and Datasets, vol. 7, pp. 170457-170473.

3 IFSEC Global, Video Surveillance 2020 Report – Analytics, cyber security and COVID-19, 2020, <https://www.ifsecglobal.com> (Besucht am 23.09.2021)

4 Akshay Patil, Tejas Chaudhari, Ketan Deo, Kalpesh Sonawane, Rupali Bora, 2020, Low Light Image Enhancement for Dark Images. International Journal of Data Science and Analysis. Vol. 6, No. 4, 2020, pp. 99-104.

5 <https://www.hikvision.com/en/newsroom/blog/top-10-security-industry-trends-in-2021/> (Besucht 23.09.2021)

bei Dunkelheit (0.00001 Lux) und IR-Beleuchtung immer noch verwendbare Bewegtbilder liefert, jedoch in Schwarzweiss.⁶

3.2 Technologierecherche

Zur Lichtempfindlichkeit von Überwachungskameras und deren laufender Weiterentwicklung ergaben sich zwar wenig Erkenntnisse aus der bestehenden wissenschaftlichen Literatur jedoch zahlreiche Erkenntnisse aus der Technologierecherche.

Kameratechnologie

Neue Fortschritte und Technologien, insbesondere die Digitaltechnologie von Bildsensoren, haben den Lichtbedarf einer modernen Videoüberwachung in den letzten Jahren deutlich gesenkt. Um dies zu verdeutlichen, können unterschiedliche Beispiele herangezogen werden. Viele aktuelle Kameras liefern bei einem Umgebungslicht von 0.0005 Lux Bilder mit einer Auflösung von 4 Mio. Bildpunkten (4 Megapixel MP) in Farbe, was die zuverlässige Erkennung von Personen und Fahrzeugen ermöglicht. Die Anschaffung dieses Modells kostet rund 200-300CHF. Dieses Beispiel zeigt den klaren Fortschritt in Bezug auf Lichtempfindlichkeit und Auflösungsvermögen moderner Kameras.

Im Jahr 2019 wurde die Situation durch einen Branchenexperten wie folgt zusammengefasst:

«Mehr denn je haben die Endnutzer die Möglichkeit, Bilder fast wie bei Tageslicht oder viel heller als in der Realität aufzunehmen, und können Low-Light-Kameras verwenden, ohne zusätzliche IR- oder LED-Beleuchtung zu benötigen. Eine externe Beleuchtung gehört damit fast der Vergangenheit an. Natürlich gibt es Situationen oder Anwendungsfälle, in denen IR-, Farb- oder Weisslicht-LEDs wichtig sind, aber diese werden immer mehr zu einem Sicherheitsnetz für den Fall, dass man [auf zusätzliche Beleuchtung] umschalten muss, um etwas zu erfassen, und sind nicht mehr der erste Schritt.»⁷

Eine Vielzahl von Herstellern bieten Produkte zur Videoüberwachung in verschiedenen Preisklassen an.⁸ Für die vertieften Untersuchungen wurden drei der auf dem europäischen Markt am stärksten verbreiteten Hersteller professioneller Überwachungskameras selektioniert. Dabei wurde bewusst entschieden, sich an den Markenherstellern zu orientieren, da diese bezüglich Stands der Technik, Professionalität und Zuverlässigkeit als Referenz betrachtet werden können. Die Modelle der Hersteller A, B und C wurden im Anschluss genauer untersucht.

Die Produkte dieser Anbieter nutzen fortschrittliche Technologien, um bei sehr tiefem oder fehlendem Licht gute Ergebnisse zu erzielen. Dabei ver-

⁶ <http://blog.securitycamexpert.com/2018/01/low-light-security-cameras/> (Besucht 23.09.2021)

⁷ <https://www.sdmmag.com/articles/97103-low-light-camera-performance-continues-its-rapid-rise> (Besucht 23.09.2021)

⁸ <https://www.vmkulti.com/emerging-trends-in-cctv-technology-surveillance-systems-2021/> (Besucht 23.09.2021)

wenden die Hersteller ähnliche Funktionsprinzipien, welche aus Marketinggründen mit herstellereigenen, wohlklingenden Bezeichnungen versehen sind. Die Produkte unterscheiden sich nur durch die Grösse des Sensors und die Art der automatischen Bildnachbearbeitung. Prominent in der Branche sind u. A. die folgenden Technologiebezeichnungen:

- **Lightfinder** → für verbesserte Lichtempfindlichkeit
- **Starlight Technology** → für verbesserte Lichtempfindlichkeit
- **Darkfighter Technology** → für verbesserte Lichtempfindlichkeit
- **Forensic WDR** → für verbessertes Kontrastverhalten in Gegenlichtsituationen dank Wide Dynamik Range (breiter Dynamikumfang)
- **ColorVu** → für verbessertes Farbverhalten auch bei sehr schwachem Licht
- **OptimizedIR** → für integrierte IR-Lichtquelle mit variabler Lichtkegel-Reichweite

Entsprechend zielen die oben aufgeführten Technologien nebst höherer Bildauflösung hauptsächlich auf die folgenden, in den letzten Jahren stark verbesserten Kamera-Eigenschaften und -Funktionen ab:

- **Lichtempfindlichkeit** → reduzierte minimale Beleuchtungsstärke und verbesserte Farbwiedergabe (Farbbilder) auch nahezu bei Dunkelheit
- **Dynamikumfang** → verbessertes Kontrastverhalten in Gegenlichtsituationen (Sichtbarkeit der Bildbereiche, die im Schatten liegen)
- **Integrierte IR-Beleuchtung** → automatischer Nachtmodus (Schwarzweiss-Bilder) bei kompletter Dunkelheit

Einige der recherchierten Beiträge zu den Technologien dieser Hersteller heben hervor, dass heute weniger die technischen Möglichkeiten limitierend sind als mehr die richtige Auswahl des Produkts für eine spezifische Installations-Situation. Es wird deshalb empfohlen, vor der Installation immer einen Praxistest durchzuführen, um optimale Aufnahmen zu erreichen.⁹ Diese Abwägung zwischen den vorhandenen Produkten für den Weniglichtbereich und deren Parameter kann wie folgt zusammengefasst werden:

«Je lichtempfindlicher eine Kamera ist, desto bessere Ergebnisse erzielt sie bei sehr wenig Licht. Qualität ist aber nicht allein an den niedrigen Lux-Werten der Mindestbeleuchtung festzumachen. Es kommt darauf an, dass die Bilder auch bei Dunkelheit qualitativ hochwertig sind und nicht rauschen.»¹⁰

⁹ <https://www.sdmmag.com/articles/97103-low-light-camera-performance-continues-its-rapid-rise> (Besucht 23.09.2021)

¹⁰ <https://cambuy.de/magazin/was-sagt-die-lichtempfindlichkeit-einer-ueberwachungskamera-aus/> (Besucht 23.09.2021)

Die Kameras von Markenherstellern können diesen Anforderungen anhand einer sorgfältigen Bedarfsplanung sowohl bei extremer Dunkelheit als auch bei Gegenlichtsituationen befriedigende Ergebnisse genügen.¹¹

Beleuchtungstechnologien

Eine parallel betriebene Recherche zu den angebotenen Beleuchtungstechnologien für Videoüberwachungs-Systeme sollte eine weitere Perspektive auf das Thema erlauben. So konnten die beleuchtungstechnischen Angaben zu den analysierten Kamera-Produkten teilweise verifiziert werden. Dennoch zeigte sich eine bedeutende Diskrepanz zwischen den durch die Beleuchtungsindustrie empfohlenen Beleuchtungsstärken (in Lux) und denjenigen, welche als Mindestbeleuchtungsstärken für die Kamera-Produkte angegeben werden. Dieser Widerspruch kann anhand folgenden Vergleiches verdeutlicht werden:

Während Beleuchtungsanbieter Beleuchtungsstärken von 30 Lux für eine optimale Performanz angeben¹², führt beispielsweise Hersteller B eine benötigte Beleuchtungsstärke von 0.0005 Lux an. Dieser Wert ergibt sich aus der bei Markenprodukten üblichen Kombination von IR-Technologie (Sensor und Leuchte) zur Sicherstellung der Bildschärfe und einem Farbsensor zur Sicherstellung der Farbwiedergabe¹³.

Mit anderen Worten: Die Lichtempfindlichkeit von Überwachungskameras namhafter Hersteller übertrifft inzwischen die Empfehlungen aus der Beleuchtungsindustrie deutlich.

3.3 Interviews mit Branchenvertretern

Um Antworten auf die in Abschnitt 2.3 formulierten Leitfragen zu erhalten und die technischen Angaben zu den verfügbaren Kameras einzuordnen sowie deren Performanz im Kontext von konkreten Überwachungssituationen abzuklären, wurden telefonische Interviews mit Vertriebspartnern der Hersteller A, B und C durchgeführt. Ein Augenmerk lag dabei auch auf der in Abschnitt 3.2 beschriebene Diskrepanz zwischen den technischen Angaben von Kamera- und Beleuchtungsherstellern. Aufgrund weitgehend gleicher bzw. sehr ähnlicher Antworten der Vertriebspartner wurde auf weitere Interviews verzichtet.

Die Antworten zu oben beschriebenen Interviewfragen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Empfindlichkeitsangaben der Hersteller (weit unter 1 Lux) sind plausible Werte.
 - a. Es entstehen je nach Verwendungszweck verwertbare Bilder. Speziell zu erwähnen ist, dass für eine gerichtliche Verwertbarkeit der juristi-

11 <https://cambuy.de/magazin/was-sagt-die-lichtempfindlichkeit-einer-ueberwachungskamera-aus/> (Besucht 23.09.2021)

12 <https://www.dwwindsor.com/articles/knowledge/how-to-light-for-cctv-and-facial-recognition/> (Besucht 23.09.2021)

13 <https://www.hikvision.com/en/newsroom/blog/see-in-the-dark-with-varied-imaging-technologies/> (Besucht 23.09.2021)

- schen Anforderung 'Erkennen' (Gestalt erkennen) eine Farbwiedergabe nicht zwingend ist, oft jedoch für die Anforderung 'Identifizieren' (Gesichtserkennung durch den Betrachter). Deshalb wurde in den Antworten darauf verwiesen, dass die neuen Kameramodelle in der Regel mit einer integrierten IR Beleuchtung arbeiten, welche entweder hochwertige schwarz-weiss Bilder liefert ('Erkennen') oder aber mit einer Kombination von Sensoren die Reproduktion von scharfen Farbbildern ermöglicht ('Identifizieren').
- b. Sie beziehen sich auf aktuelle Markenprodukte und werden dann erreicht, wenn die Positionierung der Kameras auf die Aufnahmesituation optimiert wird. Diese Angaben beziehen sich zudem lediglich auf die Lichtempfindlichkeit, welche nur einer von einer Vielzahl an Parametern ist, welcher zu einer genügenden und verwertbaren Bildqualität führt.
 - c. Oft sind in den Modellen mit hoher Lichtempfindlichkeit bereits Lichtquellen im IR-Spektrum verbaut. Diese sind jedoch für das menschliche Auge nicht sichtbar. Zusätzliche Lichtquellen sind dann erforderlich, wenn sehr hohe Anforderungen an die Bildqualität gestellt werden, welche unter allen Wetterverhältnissen eingehalten werden, und die juristische Anforderung 'Identifizieren' erfüllen müssen.
2. Bereits heute wird in öffentlichen Ausschreibungen für Projekte der Videoüberwachung regelmässig eine Limitierung der Beleuchtungsstärke auf 5 Lux gefordert. Eine Limitierung auf eine Beleuchtungsstärke von 10 Lux im öffentlichen Raum ist folglich erwiesenermassen realistisch. Es wurden keine Hinweise genannt, dass sich die Sicherheitsbranche bei solchen Vorgaben zur Wehr setzen würde.

3.4 Anforderungen an die Beleuchtung

Die in Abschnitt 3.2 hervorgehobene Empfehlung von 30 Lux für eine befriedigende Performanz muss aufgrund der erwähnten Recherchen sowie vor dem Hintergrund der Herstellerinterviews für aktuelle Kameras relativiert werden. Die Angabe bezieht sich demnach entweder nicht auf moderne Kamertechnologien, sondern eher auf alte analoge Kameras mit geringer Auflösung und langsamer Bildfrequenz, oder aber auf ältere digitale Kameras mit geringer Auflösung. Bei diesen Kameras, die vielerorts noch im Einsatz sind, kommt es in der Folge bei schlechten Lichtverhältnissen zu einer Überlagerung von mehreren negativen Effekten:

- Zu geringe Kamera- und Bildschirmauflösung für das Identifizieren von Personen.
- Bildrauschen wegen mangelhafter Lichtempfindlichkeit.
- Unschärfe (verschmierte) Bilder wegen langsamer Bildfrequenz (Bewegungsunschärfe).
- Schwarze Silhouetten in Gegenlichtsituationen wegen mangelhaftem Kontrastverhalten

Zudem kann man davon ausgehen, dass die Beleuchtungsindustrie verhindern möchte, Marktanteile zu verlieren.

Die neuen Kameramodelle von Markenherstellern haben eine wesentlich höhere Bildauflösung (HD bis 4K). Das bedeutet, dass eine zu identifizierende Person wesentlich kleiner im Bild erscheinen kann, um trotzdem noch identifiziert werden zu können. Zudem tragen auch die Fortschritte bezüglich Lichtempfindlichkeit, Bildfrequenz und Dynamikumfang zur geringeren Beleuchtungsanforderungen bei.

Beleuchtungsstärke

Für den Einsatz von Überwachungskameras gemäss aktuellem Stand der Technik sind daher Kamera-Empfindlichkeitsanforderungen von 10 Lux und darunter durchaus realistisch, so wie es bereits bei öffentlichen Ausschreibungen teilweise gefordert wird.

Leuchtmittel

Für eine zufriedenstellende Farbwiedergabe ist auch das Leuchtmittel entscheidend. Optimal sind dabei LED-Leuchtmittel (warmweisses Farbspektrum), wie sie im öffentlichen Raum zunehmend anzutreffen sind. Hingegen sind die herkömmlichen orange-gelben Natriumdampf-Hochdrucklampen schlecht geeignet. Das Orange-Gelbe Licht dominiert das Farbspektrum derart, dass auch Farbkameras faktisch monochrome (schwarz-orange) Bilder liefern. Daher ist eine derartige Beleuchtungsart auch bei hoher Beleuchtungsstärke suboptimal. Die Natriumdampf-Hochdrucklampen werden jedoch in Zukunft sukzessive durch die warmweisse LED-Technologie abgelöst, welche die Lichtverschmutzung deutlich senkt, bei gleichzeitiger Verbesserung des Lichtspektrums (für das Farbempfinden des menschlichen Auges sowie für die Farbwiedergabeeigenschaften der Kamera).

Positionierung

Die Positionierung der Lichtquellen und Kameras muss ebenfalls sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, um optimale Resultate in Bezug auf den Bildkontrast zu erzielen. So sollten die (vorhandenen) Leuchtmittel nach Möglichkeit ausserhalb des Bildbereiches liegen und den Überwachungsbereich möglichst homogen ausleuchten.

3.5 Anforderungen an die Überwachungsanlagen nach Verwendungszweck

Basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche, der Technologierecherche und der Herstellerinterviews werden im Folgenden die Anforderungen an die Videoüberwachungsanlagen je nach Verwendungszweck formuliert. Diese zeigen auf, bis zu welchen Minimalwerten der Lichtbedarf und damit die Lichtemissionen reduziert werden können.

Die genannten Anforderungen sind mit aktueller, dem Stand der Technik entsprechender Kameratechnologie durchaus erfüllbar.

— Gerichtliche Verwertbarkeit ('Erkennen'): Wichtigste Aspekte sind die Bildauflösung mit einhergehender Bildschärfe, welche gut mit kombinierten Sensoren (inkl. IR-Technologie) erreicht werden kann, und einen breiten Dynamikumfang.

→ Grössenordnung der Beleuchtungsanforderung: **0.1 Lux**

- Gesichtserkennung ('Identifizieren'): Hierfür ist eine hohe Bildauflösung und Bildschärfe für nachträgliche digitale Bildausschnitt-Vergrößerungen von grosser Bedeutung. Zudem muss die Lichtempfindlichkeit der Kamera für Farbwiedergabe ausreichen.
 - Grössenordnung der Beleuchtungsanforderung: **1 - 5 Lux** (Farbbilder brauchen mehr Licht)
- Ereigniserkennung: Um unter allen Umständen Ereignisse als solche zu erkennen eignen sich Modelle mit IR-Technologie, welche auch bei schlechter Witterung/Niederschlag/Nebel zuverlässig funktioniert.
 - Grössenordnung der Beleuchtungsanforderung: **0.1 Lux**

3.6 Zukünftige Entwicklung

Die Videoüberwachungstechnologie hat sich in den letzten Jahren schnell entwickelt, und die Anforderungen an die Beleuchtung sind erheblich gesunken. Die Aufnahme von Bildern in Weniglichtverhältnissen in guter Qualität ist jetzt möglich, und es werden primär keine weiteren Entwicklungen bei der Lichtempfindlichkeit von Videokameras erwartet.

Neben den im vorliegenden Bericht beschriebenen Technologien für die Verbesserung der reinen Bildqualität von Überwachungskameras, enthalten moderne Kameras auch weitere Funktionalitäten, die jedoch nicht direkt im Zusammenhang mit reduzierten Beleuchtungsanforderungen stehen. Sie seien hier aber der Vollständigkeit halber erwähnt, um einen Ausblick auf künftige technische Entwicklungen zu gewähren.

Es handelt sich dabei um Bildanalysefunktionen zur automatischen Erkennung von Ereignissen, Objekten, Personen (Gesichtern), Fahrzeugen, Kennzeichen usw., je nach Anwendungsgebiet der Überwachungsanlage. Dabei kommen Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz zum Einsatz, welche ihrerseits möglichst einwandfreies Bildmaterial benötigen. Künftige Verbesserungen der Bildqualität werden daher vermehrt durch diese Zusatzfunktionen getrieben, und weniger durch eine verbesserte visuelle Bildanalyse.

Im Folgenden sind einige Zitate aus der Literaturrecherche aufgeführt, die die technologische Entwicklung der Videoüberwachung in den letzten Jahren gut zusammenfassen:

2011: *"Tagsüber stellt die Beleuchtung bei einer Videoüberwachungsanlage (VÜA) keine grosse Herausforderung dar. Erst nachts, wenn alle überwachten Bereiche effektiv ausgeleuchtet werden sollen, ist eine spezielle Beleuchtungsanlage nötig. Derzeit erobern farbtaugliche Videosysteme den Markt. Eine gut geplante Lichtquelle ist auch hier für die Farbwiedergabe unerlässlich."*¹⁴

2014: *"Low-light is always a challenge in the security industry, especially for high-resolution megapixel cameras. It's simple physics — you're trying*

¹⁴ https://www.santec-video.com/ger/content/download/314738/9516007/file/BHE_Beleuchtung_2011_DE.pdf
(Besucht 23.09.2021)

to capture light on very small pixels,” says Brad Donaldson, director of product management for Glendale, Calif.-based Arecont Vision.¹⁵

2016: *“The quality of optics being used in the truly exceptional, highest graded systems allow for video capture and reproduction of images in environments with very low to nearly no backlighting. In the not too distant future, we can expect this technology to find its way to the general commercial consumer.”¹⁶*

2019: *“Fortunately, low-light technology has greatly improved in recent years, with some notable achievements just in the past year,” he says. “For example, cameras can now provide color images in low-light — an important new tool for a security director.”*
“Low-light technology has moved a long way from just a few years ago, and the technologies that drive vendors’ offerings will continue to change in the coming months and years.”¹⁷

2020: *“Seven key trends for the security industry in 2020: Visibility, Any Time and Any Condition. Most security incidents happen at night, but images and footage from conventional security cameras may easily lose colors and critical details in ultra-low light environments. Low light imaging technologies have become more and more popular in the security industry, enhancing the visibility of objects for identifying details at any time and in any condition. Another important innovation is thermal imaging, which can detect the heat information of any object with a temperature above absolute zero. Taking advantage of heat zone imaging, thermal imaging technology allows cameras to “see” in low-visibility conditions, such as fog, smog, rain, and snow – even at night. And thermal cameras have huge potentials in various applications, like perimeter defense, fire detection and temperature measurement.”¹⁸*

3.7 Untersuchungsbedarf

Die Technologierecherche hat ergeben, dass heute für beinahe alle Ansprüche von Endnutzern die entsprechenden Produkte für Anwendungen im Ausenbereich und bei Nacht in einem bezahlbaren Preisrahmen verfügbar sind. Untersuchungsbedarf gibt es in dem Sinn nicht. Dennoch zeigt sich, dass diese neue Entwicklung noch keinen Eingang in die Empfehlungen und den Vollzug zur Reduktion von übermässigen Lichtemissionen gefunden hat. Die

¹⁵ <https://www.sdmmag.com/articles/90525-evaluating-camera-performance-in-challenging-lighting-situations> (Besucht 23.09.2021)

¹⁶ <https://www.securitymagazine.com/articles/87506-utilizing-lighting-and-analytics-for-improved-surveillance-retrofits> (Besucht 23.09.2021)

¹⁷ <https://www.sdmmag.com/articles/97103-low-light-camera-performance-continues-its-rapid-rise> (Besucht 23.09.2021)

¹⁸ <https://www.hikvision.com/en/newsroom/blog/seven-key-trends-for-the-security-industry-in-2020/> (Besucht 23.09.2021)

bestehende Literatur befasst sich weiterhin mit der Optimierung der Überwachungsperformanz und mit Sicherheitsfragen, während Literatur im Bereich der Reduktion der Lichtemissionen weitgehend fehlt.

4. Fazit und Empfehlungen

Die Ergebnisse der Kurzrecherche zeigen auf, wie stark die Beleuchtungsanforderungen für die Videoüberwachung sich innerhalb der letzten Jahre reduziert haben. Auslöser sind die kombinierten Verbesserungen von mehreren technischen Parametern (hauptsächlich Lichtempfindlichkeit, Kontrastverhalten, Bildauflösung) der heute angebotenen Produkte. Obwohl heute noch je nach Verwendungszweck unterschiedliche Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden, konnte mittels der getätigten Untersuchungen und Interviews dargelegt werden, dass ein grosses Potenzial zur Reduktion der Lichtemissionen bei gleichzeitiger Befriedigung der Ansprüche nach Videoüberwachung besteht. Die von der Beleuchtungsnormen vorgesehene mittlere horizontale Beleuchtungsstärke von 10 Lux für kleine Haltestellen mit geringem Personenaufkommen (beispielsweise in ländlich geprägten Gebieten) können auf jedem Fall eingehalten werden.

Da die Lichtverschmutzung beim Einsatz von Videoüberwachung weder von der Beleuchtungs- noch von der Videokamerabranche thematisiert wird, wäre es sinnvoll, Empfehlungen zur Produktauswahl sowie zur Installation von situationsgerechter Beleuchtung im Rahmen von Videoüberwachung im Aussenbereich in einem Merkblatt zusammenzustellen und zu veröffentlichen.

Im Prinzip sind geeignete Produkte und das entsprechende Wissen, um Lichtemissionen zu reduzieren, vorhanden. Sie müssen nun bekannt gemacht werden.

A1 Literaturverzeichnis

A1.1 Wissenschaftliche Artikel

- V. Tsakanikas, T. Dagiuklas, 2018, Video surveillance systems-current status and future trends, Computers and Electrical Engineering, vol. 70 pp 736-753.
- G. F. Shidik, E. Noersasongko, A. Nugraha, P. N. Andono, J. Jumanto and E. J. Kusuma, 2019, A Systematic Review of Intelligence Video Surveillance: Trends, Techniques, Frameworks, and Datasets, vol. 7, pp. 170457-170473.
- IFSEC Global, Video Surveillance 2020 Report – Analytics, cyber security and COVID-19, 2020, <https://www.ifsecglobal.com> (Besucht am 23.09.2021)
- Akshay Patil, Tejas Chaudhari, Ketan Deo, Kalpesh Sonawane, Rupali Bora, 2020, Low Light Image Enhancement for Dark Images. International Journal of Data Science and Analysis. Vol. 6, No. 4, 2020, pp. 99-104.

A1.2 Internetrecherche

Analysen

- Derek Rice, Evaluating Camera Performance in Challenging Lighting Situations, 2014, SDM Magazine
- Derek Rice, Low Light Camera Performance Continues Its Rapid Rise, 2019, SDM Magazine
- Transparency Market Research, Low-Light Security Cameras - Surveillance Camera Systems, 2021
- Petra Bennermark, Retaining forensic detail in challenging light conditions - Secure Insights, 2018, Axis Secure Insight
- Frank Zhan, Seven key trends for the security industry in 2020, 2020
- VMukti, Emerging Trends in CCTV Technology Surveillance Systems 2021, 2021
- Frank Zhang, Top 10 Security Industry Trends in 2021, 2021
- Parker Li, See in the dark with varied imaging technologies, 2020
- CambuyMAGAZIN, Lichtempfindlichkeit einer IP Überwachungskamera, 2020
- IFSEC Global, The Video Surveillance Report 2020, 2020
- Uri Gutermann, The mainstreaming of low-light surveillance cameras, 2019

Technologie

- Hikvision, ColorVu | Low Light Imaging, 2021
- Bosch Security and Safety Systems, Highest image quality of relevant images, 2021
- AXIS Communications, Lightfinder True Colors in Low Light, 2021

- Rutland Julian, Low light surveillance camera technology explained, Source Security, 2021
- Romanowich John, Smart thermal cameras emerging as cost-effective outdoor security solution, 2021
- Max Fang, No light, no problem, with Hikvision's DarkFighterX cameras, 2021, Hikvision
- Andes Vigren, Top 3 technologies that can "see" in the dark, 2019, Secure Insight AXIS Communications

Markt

- Data Bridge, Low-Light Imaging Market 2020 Industry Analysis, History Overviews, Trends and Forecast 2027, 2021, The Manoment Current

Beleuchtung

- Gemma Snelling, How To Light For CCTV And Facial Recognition, 2019, DW Windsor
- Starbeam LIGHTNING SOLUTIONS, Using Security Lighting in Conjunction with Surveillance Cameras, 2020
- Hikvision, Continuous Lights | Smart Surveillance Systems, 2021
- Source Security, Bosch CCTV Camera Lighting Products, 2021, Security Camera Lighting Catalog

Kameramodelle

- AXIS Communications, AXIS P1455-LE Network Camera | Axis Communications, 2021
- Tyco, Cameras - Illustra, 2021
- Tyco, Essentials Gen4 2MP Outdoor Mini-Dome, 2021
- a-direct, HIKVISION IP Überwachungskameras, 2021
- AXIS Communications, Product list, 2021
- AXIS Communications, Netzwerk-Kameras, 2021

Parameter

- AXIS Communications, WDR - Dynamic contrast, 2021
- AXIS Communications, What is wide dynamic range?, 2021
- AXIS Communications, Wide Dynamic Range – WDR, 2021

Literaturlieferung

Die gesamte in Literatur, welche im Lauftext des vorliegenden Berichts referenziert wird, liegt dem Bericht als Beilage bei (ZIP-Datei). Grund dafür ist die nicht gesicherte Verfügbarkeit im Internet. Die Quellen wurden am 23. September 2021 besucht und als PDF exportiert.