



Torsten Anstädt, Ivo Keller und Harald Lutz

Intelligente Videoanalyse

Handbuch für die Praxis



**WILEY-
VCH**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

This page intentionally left blank

*Torsten Anstädt, Ivo Keller
und Harald Lutz*
Intelligente Videoanalyse

Weitere interessante Titel zu diesem Thema

Steger, C., Ulrich, M., Wiedemann, Ch.

Machine Vision Algorithms and Applications

2008

ISBN: 978-3-527-40734-7

Schreer, O., Kauff, P., Sikora, T. (Hrsg.)

3D Videocommunication

Algorithms, concepts and real-time systems in human centred communication

2005

E-Book

ISBN: 978-0-470-02272-6

Florczyk, S.

Robot Vision

Video-based Indoor Exploration with Autonomous and Mobile Robots

2005

ISBN: 978-3-527-40544-2

Torsten Anstädt, Ivo Keller und Harald Lutz

Intelligente Videoanalyse

Handbuch für die Praxis



**WILEY-
VCH**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Autoren

Torsten Anstädt

Wiesbaden, Deutschland
anstaedt@web.de

Dr. Ivo Keller

Potsdam, Deutschland
Ivo.keller@gmx.net

Dipl.-Ing. Harald Lutz

Worfelden, Deutschland
hlutz@worfelden.de

Titelbild

Great Hall in the British Museum
Video by AxxonSoft GmbH

1. Auflage 2010

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Satz K+V Fotosatz GmbH, Beerfelden

Druck und Bindung Strauss GmbH, Mörlenbach

Umschlaggestaltung Schulz Grafik Design, Fußgönheim

Printed in the Federal Republic of Germany

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 978-3-527-40976-1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort IX

1	Historie und wissenschaftliche Perspektive	1
2	Algorithmen der intelligenten Videoanalyse	3
2.1	Klassische Bewegungserkennung – Motion Detection	3
2.2	Personenmodelle	5
2.3	Vordergrund-/Hintergrundanalyse	7
2.4	Maschinelles Lernen	9
2.5	Mustererkennung	10
2.6	Zweidimensionale Abbildung einer dreidimensionalen Welt	12
2.6.1	Erkennung von 3D-Objekten	13
2.6.2	Lokalisierung im Grundriss	13
2.6.3	Szeneninterpretation im Grundriss	15
2.7	Objektracking	20
2.8	Szeneninterpretation	22
2.8.1	Mustererkennung im Grundriss	23
2.8.2	Personen mit stereotypen Verhalten	24
3	Einsatzgebiete der Videoanalyse	29
3.1	Intelligente Kamera versus PC-gestützte Auswertung	29
3.1.1	Die Rechenleistung	31
3.1.2	Die Anlagengröße	32
3.1.3	Zukunftssicherheit	32
3.1.4	Handhabung	33
3.1.5	Fazit	34
3.2	Infrarot-Licht, atmosphärische Fenster, Eigenstrahlung – Sehen in dunklen Welten	34
3.2.1	Auslesen	37
3.2.2	Interlacing	37
3.3	Terahertz-Wellen – Sehen zwischen Licht und Radar	38
3.4	Motion Tracking	39
3.4.1	Allgemeine Bewegungsdetektion	39

3.4.2	Erweiterte Bewegungsdetektion	40
3.4.3	Motion Tracking für allgemeine Aufgaben	40
3.4.4	Perspektivisch arbeitendes Motion Tracking	40
3.4.5	Motion Tracking mit verschiedenen Kamerawinkeln	42
3.4.6	Derzeitige Grenzen und Weiterentwicklung	43
3.5	Klassifikation	44
3.5.1	Objektklassifikation	44
3.5.2	Klassifikation von Fahrzeugen	46
3.5.3	Klassifikation von Lebewesen	46
3.6	Perimeterschutz	48
3.6.1	Einteilung der Schutzzonen	48
3.6.2	Motion Tracking mit verschiedenen Kamerawinkeln	50
3.6.3	Werkzeuge zur Alarmauslösung	50
3.6.4	Regeln und Makros	52
3.7	Gesichtsdetektion – auf die richtige Größe kommt es an	53
3.8	Gesichtserkennung – Auflösung ist alles	53
3.9	Branderkennung – Kontrast muss sein	53
3.10	Zählung	55
3.10.1	Gründe für das Zählen	55
3.10.2	Personenzählung	55
3.10.3	Sonstige Zählungen	57
4	Praxisbeispiele aus vier Anwendungsbereichen	59
	Was will der Kunde wirklich erreichen?	59
	Alternative Sensoren als sinnvolle Ergänzung	60
4.1	Der Bahnhof	60
4.1.1	Bahnhofsvorplatz	60
4.1.2	Reisezentrum	62
4.1.3	Shoppingcenter	62
4.1.4	Bahnsteig und Schienen	64
4.1.5	Schließfächer	66
4.1.6	Tunnels	67
4.1.7	Diebstahl aus den Dieseltanks	67
4.1.8	Graffiti-Malen, Kofferbomben, Schlägereien – Wünsche und Grenzen der Analysemöglichkeiten	68
4.2	Flughäfen	69
4.2.1	Parkplätze und Parkhäuser	69
4.2.2	Check-In	71
4.2.3	Passkontrolle und Selbstkontrolle als Pilotprojekt	73
4.2.4	Security Check	74
4.2.5	Gepäckverladung	76
4.2.6	Gates	77
4.2.7	Flughafenvorfeld	78
4.2.8	Gesundheits-Check	80
4.2.9	Gebäudemanagement	81

- 4.3 Einzelhandel – Retail 82
- 4.3.1 Parkplatz 83
- 4.3.2 Gebäudesicherung 84
- 4.3.3 Warensicherung von der Anlieferung bis zum Verkauf 85
- 4.3.4 Erpressung 86
- 4.3.5 Kasse oder Geldautomat 86
- 4.3.6 Personalmanagement 87
- 4.3.7 Marketing Analyse 90
- 4.4 Banken 96
- 4.4.1 Gebäudeschutz Tag und Nacht 96
- 4.4.2 Geldautomaten im 24-Stundenbereich 97
- 4.4.3 Filialenschutz 99
- 4.4.4 Geldzählkontrolle 100
- 4.4.5 Marketing-Analysen und Werbewirksamkeitskontrolle 100
- 4.5 Autobahn- und Stadtverkehr 101
- 4.5.1 Geschwindigkeit 101
- 4.5.2 Kennzeichenerkennung 101
- 4.5.3 Zählen, Prognosen, Verkehrsautomation 103
- 4.5.4 Klassifizierung von Fahrzeugen und mehr 103
- 4.5.5 Staus und Geisterfahrer 104
- 4.5.6 Unfälle 105
- 4.5.7 Gegenstände 106
- 4.5.8 Seitenstreifen: Parken oder Panne 108
- 4.5.9 Brücken: Herausforderung und Grenzen 108
- 4.5.10 Tunnels 111
- 4.6 Grenzen und Hürden 112
- 5 Installations- und Planungshilfe 113**
- 5.1 Technische Vorbemerkungen 113
- 5.1.1 IT und IP 113
- 5.1.2 Firmware 115
- 5.1.3 MPEG-4/h.264 115
- 5.1.4 ONVIF 116
- 5.1.5 Schnittstellen 116
- 5.1.6 SDK 117
- 5.2 Historische Betrachtungsweisen –
Zukünftige Herausforderungen 117
- 5.2.1 Einfachheit beschränkt – Komplexität kann Probleme lösen 117
- 5.3 Praktische Installations- und Planungshilfe 119
- 5.4 Analysefunktionen: Kamerafunktion stetig überprüfen 119
- 5.4.1 Kameramanipulation 120
- 5.4.2 Allgemeine Bewegungsdetektion 120
- 5.4.3 Fortgeschrittene Bewegungsdetektion –
perspektivisch arbeitende Algorithmen 121
- 5.4.4 Algorithmen, die statische Veränderungen melden 122

5.4.5	Algorithmen für statistische Angaben	123
5.4.6	Algorithmen zur Gesichts- und Zeichenerkennung	124
6	Videüberwachung und Datenschutz	127
6.1	Videüberwachung durch Unternehmen	128
6.1.1	Schutzwürdige Interessen auf beiden Seiten	128
6.1.2	Waren darf man schützen!	128
6.1.3	Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung	128
6.2	Zulässige Videüberwachung auf öffentlich zugänglichen Flächen	129
6.2.1	Innen- und Außenbereiche	130
6.2.2	Umgang mit Videodaten	131
6.2.3	Auftragsvergabe an Dritte	131
6.3	Pflicht zur Videüberwachung	131
6.4	Nicht öffentlich zugängliche Bereiche und Überwachung am Arbeitsplatz	132
6.4.1	Der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit	132
6.4.2	Heimliche Videüberwachung	133
6.4.3	Heimliche Videüberwachung bei konkreten Verdachtsfällen	133
6.4.4	Der Betriebsrat muss zustimmen	134
6.5	Beweisverwertungsverbot bei Regelverstoß?	135
6.5.1	Verhältnismäßigkeit durch Technik	135
6.5.2	Diebstahlprävention und Marketing-Analysen	136
6.5.3	Zertifizierung von Videoprodukten	137
6.6	Videüberwachung durch den Staat	138
6.7	Ermächtigungsgrundlagen in den Polizeigesetzen	138
6.7.1	Öffentliche Veranstaltungen und kriminalitätsbelastete Orte	139
6.7.2	Personenfeststellung und Gewahrsam	139
6.7.3	Regeln für die Beobachtung und Aufzeichnung	139
6.8	Videüberwachung auf öffentlichen Plätzen	139
6.9	Kfz-Kennzeichen-Scanning	140
7	Illusionen und Mythen	141
7.1	Der geheimnisvolle Gang des Menschen	141
7.2	Bin Laden unter 6 Milliarden Menschen	141
7.3	Tracken in der Schrägperspektive	142
7.4	Laufen Bombenleger anders?	143
7.5	Der Schatten des Hooligan	143
7.6	Der böse Blick	143
7.7	Diebe sind schnell	144
Schlusswort		145
Sachverzeichnis		147

Vorwort

Die kleinen und großen Sicherheitszentralen dieser Welt sind verbunden mit Hunderten oder gar Tausenden von Kameras. Diese werden meist von Dutzenden von Monitoren oder durch ganze Videowände visualisiert. Davor sitzen Beobachter, die die Sicherheit von Flughäfen, Bahnhöfen oder öffentlichen Gebäuden und Plätzen gewährleisten sollen. Wissenschaftliche Untersuchungen haben die physischen und psychischen Grenzen der Aufmerksamkeit analysiert und gezeigt, dass der Mensch nach 15 Minuten nur noch 40 bis 50% des zu beobachtenden Geschehens wahrnimmt. Die Frage ist sicherlich gerechtfertigt, wie Sicherheit über Video überhaupt zu gewährleisten ist: Nach 20 bis 30 Minuten ist es nur noch Glücksache, ob ein Beobachter von Sicherheitsmonitoren eine außergewöhnliche oder gar bedrohliche Situation erkennt und auf sie reagiert.

Das Zauberwort ist „Intelligente Videoanalyse“. Nur diese kann Tausende von Videokanälen in Echtzeit „sicher“ und dauerhaft überwachen! Der Mensch bleibt hierbei freilich auch weiterhin eine sehr wichtige Instanz: Er kann sich dabei allerdings auf seine Stärken konzentrieren: Er prüft, entscheidet und koordiniert.

Hat man sich entschieden, ein Intelligentes Analysesystem einzusetzen, ist es von elementarer Wichtigkeit, für die benötigten Anforderungen das richtige System auszuwählen! Der Markt der Videoüberwachungsanlagen (englisch: Closed Circuit Television, CCTV) ist sehr innovativ. Die rasante Entwicklung von Software und Hardware ist aber auch irritierend und verursacht eine massive Verwirrung bei Planern, Errichtern und vor allem beim Endanwender, der es kaum noch schafft, auf dem neusten Stand der Technik zu sein. Und das ist ihm auch nicht zu verdenken, da es mangels langjähriger Erfahrungen keinerlei Standards oder Orientierungsmaßstäbe gibt.

Innovationen kommen von allen Seiten: von etablierten CCTV-Marktteilnehmern ebenso wie von Technologiequereinsteigern, aus der Wissenschaft und der IT-Welt. Sie alle werfen uns die verschiedensten Fachbegriffe um die Ohren. Dass man hier als Nichtprogrammierer kaum noch folgen kann, ist verständlich.

Da wir alle nur Menschen sind, brauchen wir Zeit, um uns in dieser neuen Softwareanalyse-Welt einzufinden. Schon die Flut von Namenskreationen wie

„Intelligent IP“, „Intelligent Video“, IVS-, IVA-, CAS- und VCA-System verwirrt. Dabei meinen sie alle dasselbe: „Intelligente Videoanalyse“. Selbst so klare und schon oft gehörte Begriffe wie „Tracking“ bergen bei näherem Hinsehen mehr Unklarheiten als man meinen könnte: Sie zeigen sich bereits, wenn man einmal detaillierter nachfragt, was genau eigentlich getrackt werden kann. Fragt man weiter, welchen Nutzen dieses Tracking in der täglichen Arbeit bringt, werden die Antworten noch spärlicher.

Um eben diese Feinheiten und Fachtermini, um die Unterschiede bezüglich der Qualitäts- und Leistungsmerkmale von Analysesoftware, geht es in diesem Buch, aber genauso um die Grenzen, die Mythen und Sagen der Intelligenen Videoanalyse, die mindestens genauso wichtig sind. Die Materie lässt sich für den Nichtspezialisten kaum auf den ersten Blick durchschauen. Wir vermitteln dieses Wissen mit Theorie, aber in erster Linie anhand von Beispielen aus der Praxis, um Ihnen das nötige Grundwissen mit auf den Weg zu geben. So können Sie sich auf solider Grundlage für Ihr passendes Intelligentes Analysesystem entscheiden. Dazu bringen wir Ihnen auch die Grundregeln der Planung Intelligenter Analysesoftware nahe, geben Ihnen Kriterien zur Auswahl und Positionierung von Kameras an die Hand und vieles mehr.

Darüber hinaus möchten wir Ihnen zwei für Ihre Entscheidungen wichtige Trends aufzeigen, die den Markt aus unserer Sicht in Zukunft prägen werden. Der erste Trend betrifft die hohe Wirtschaftlichkeit der Intelligenen Videoanalyse: Sie hat nicht nur Auswirkungen auf die Entwicklung der traditionellen Sicherheitsmärkte. Schritt für Schritt werden auch andere Märkte – z. B. Einzelhandel (Retail), Banking, Telekommunikation, Logistik und Verkehr, Medizin, Marketing etc. – die Intelligente Videoanalyse für sich entdecken und sie nicht mehr als Kostenfaktor begreifen, sondern als profitablen Geschäftsbereich unter dem Namen „Business Intelligence“ entwickeln. Hierzu können Sie in den Anwendungsbeispielen im Kapitel 4 mehr erfahren.

Der zweite Trend betrifft den Wandel in der Entscheiderebene von Unternehmen. Der Sicherheitsmanager, der heute über das zu integrierende Sicherheitssystem entscheidet, wird mehr und mehr Kompetenzen und Entscheidungen dem IT-Manager überlassen und lediglich als Berater mitwirken. Das liegt daran, dass im Zuge des Technologiewandels die Kameras und Sicherheitssysteme in die Unternehmensnetze eingebunden werden und somit in das Hoheitsgebiet der IT-Welt wandern. Dies birgt neue Chancen und Potentiale von erheblichem Ausmaß sowohl für die klassischen Sicherheitsunternehmen als auch für den IT-Spezialisten.

Dieses Nachschlagewerk soll dazu dienen, Transparenz zu schaffen, den Umgang mit Intelligenen Videoanalysesystemen zu erleichtern, die neuen Möglichkeiten, aber auch die vorläufigen Grenzen aufzuweisen und der neuen Generation von Videoanalyse positiv entgegenzusehen. Wir wünschen Ihnen hierbei viel Erfolg.

Wir danken recht herzlich für die Unterstützung

Unseren Familien, Axis Communications, AxxonSoft, Bosch Sicherheitssysteme, Brijot Imaging Systems Inc., Dallmeier Electronics, Matthias Erler, Flir, Fraport AG, Geutebrück, Netavis, Mathias Nolte, Klaus Schweizer, TU Berlin, TU Graz, ARS (Wien), Vis-à-pix, Verkehrszentrale Hessen, Wikipedia, Object Video, Fastcom, Franco Baroni und Thomas Bückmann.

Wiesbaden, Januar 2010

Torsten Anstädt, Ivo Keller und Harald Lutz

This page intentionally left blank

1

Historie und wissenschaftliche Perspektive

Wie alles begann: Die Gratwanderung zwischen Möglichkeiten und Nutzen

Um die Gegenwart zu verstehen, ist es meist interessant und auch hilfreich, auf den Ursprung zurückzublicken. Vorab zu bemerken ist, dass es die Entwicklung und die Akzeptanz der Intelligenten Videoanalyse im Gegensatz zu anderen wissenschaftlichen Zweigen immer etwas schwerer hatten. Dies liegt unter anderem an der verbreiteten Angst davor, dass Maschinen (KI-Rechner, KI: künstliche Intelligenz) irgendwann so intelligent wie Menschen sein könnten. Andererseits wurde immer wieder an der Leistungsfähigkeit dieser Technologie gezweifelt – zunächst seitens der Wissenschaft selbst, später auch von der Industrie. Beides basiert allerdings in erster Linie auf Unwissenheit!

Seit mehr als 50 Jahren ist die KI-Technologie in vielen Industriezweigen etabliert und nicht mehr wegzudenken, so zum Beispiel in der LCD- oder TFT-Produktion. Dort würde der Wegfall Intelligenter Analyse eine wirtschaftliche Katastrophe bedeuten. Das Gleiche wird man in wenigen Jahren auch von der Sicherheits- und Marketing-Branche behaupten können.

Es begann alles mit Alan Mathison Turing, der 1912 in London geboren wurde und ein britischer Logiker, Mathematiker, Kryptoanalytiker sowie Grundsteinleger der künstlichen Intelligenz war. Turing gilt heute auch als einer der einflussreichsten Theoretiker der frühen Computerentwicklung und Informatik. Das von ihm entwickelte „Berechenbarkeitsmodell der Turing-Maschine“ bildet eines der Fundamente der theoretischen Informatik. Während des Zweiten Weltkrieges war er maßgeblich an der Entzifferung deutscher Funksprüche beteiligt, die mit der Chiffriermaschine „Enigma“ verschlüsselt worden waren. Der Großteil seiner Arbeiten blieb nach Kriegsende jedoch unter Verschluss. Er entwickelte 1953 eines der ersten Schachprogramme, dessen Berechnungen er selbst durchführte – und zwar wegen mangelnder Hardware-Kapazitäten. Dies ist noch heute ein bekanntes Problem für KI-Entwickler. Nach ihm benannt sind der Turing-Preis, die bedeutendste Auszeichnung in der Informatik, sowie der Turing-Test zum Nachweis künstlicher Intelligenz.

1943 veröffentlichten Warren McCulloch und Walter Pitts im *Bulletin of Mathematical Biophysics* ihren Aufsatz „A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity“. In ihm entwarfen sie die Idee eines Rechenwerkes auf der

Basis von Neuronen und Feedback-Schleifen. Es sollte wie eine Turing-Maschine arbeiten und wurde von Alan Turing erstmals im Jahre 1936 beschrieben. 1951 bauten Marvin Minsky und Dean Edmonds den SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator), einen neuronalen Netzcomputer, der das Verhalten einer Maus in einem Labyrinth simulierte. Etwas ähnliches versuchte Claude „Entropy“ Shannon 1952 mit seiner Maschinenmaus Theseus zu programmieren.

Der Begriff künstliche Intelligenz (englisch: Artificial Intelligence, AI) tauchte erstmals 1955 auf. Geprägt hat ihn John McCarthy in einem Förderantrag an die Rockefeller Foundation für einen 2-monatigen Workshop zu diesem Thema. Er organisierte am 13. Juli 1956 die berühmte Dartmouth Conference am Dartmouth College, die erste Konferenz überhaupt, die sich dem Thema künstliche Intelligenz widmete. Was auf der Dartmouth-Konferenz entdeckt wurde, war die schlichte Tatsache, dass Computer mehr können als nur komplizierte Ballistik-Formeln zu berechnen. Es war die Entdeckung, dass Computer auch mit Symbolen und Begriffen umgehen können. Das Logical-Theorist-Programm, entwickelt vom späteren Nobelpreisträger Herbert Simon und Allen Newell, war erstmals dazu in der Lage, eine Menge von logischen Theoremen zu beweisen. Konkret führte der Logical Theorist den Beweis von 38 Theoremen aus der *Principia Mathematica* von Bertrand Russell und Alfred North Whitehead. Dieses Ergebnis war ein Meilenstein der künstlichen Intelligenz, da gezeigt wurde, dass Programme zu Aktionen fähig sind, für die ein Mensch Intelligenz braucht.

Herbert Simon prognostizierte 1957 unter anderem, dass innerhalb der nächsten zehn Jahre ein Computer Schachweltmeister werden sowie einen wichtigen mathematischen Satz entdecken und beweisen würde. Beides waren Prognosen, die nicht eintrafen und die Simon 1990, diesmal allerdings ohne Zeitangabe, wiederholte. Immerhin gelang es 1997 dem von IBM entwickelten System „Deep Blue“, den Schach-Weltmeister Garry Kasparov in sechs Partien zu schlagen. Unter den zehn ersten Teilnehmern an der Dartmouth-Konferenz, die die KI-Forschung in den nächsten 20 Jahren prägen sollten, gehörten unter anderem Herbert Simon, Marvin Minsky und John McCarthy. Sie gründeten das AI-Lab am Massachusetts Institute of Technology (MIT), aus dem in den folgenden Jahren und Jahrzehnten eine ganze Reihe bahnbrechender Entwicklungen hervorging.

Ray Solomonoff entwickelte die algorithmische Informationstheorie. Oliver Selfridge legte mit seinem Pandemonium-Modell zur automatischen Mustererkennung die Grundlagen zur aspektorientierten Programmierung. Trenchard More entwickelte eine Array-Theorie für die Programmiersprache APL und Arthur Samuel wurde mit seinem selbstlernenden Dame-Spielprogramm bekannt. Sie alle wurden mit ihren Forschungen, Konzepten und Entwicklungen zu Pionieren im Bereich der künstlichen Intelligenz.