

# No Martini, no Party

## Grundlagen der Bildverarbeitung: Beleuchtung

Das erste Jahrzehnt im 21. Jahrhundert, dem „Jahrhundert des Photons“, liegt nahezu hinter uns. Die industrielle Bildverarbeitung hat sich in jedem relevanten Fertigungsbereich etabliert, und darüber hinaus in vielen Anwendungen im Außenraum. Aber wo sind die bahnbrechenden Innovationen, die spektakulären Neuentwicklungen, die atemberaubenden Vorstöße in neue, bisher unbekannte Regionen? Das Äquivalent zum Flug über den Atlantik oder zur Landung auf dem Mond haben wir nicht gesehen, und auch der Laser wurde bereits vor 50 Jahren erfunden. In diesem Artikel schauen wir stattdessen auf eine kontinuierliche Entwicklung der letzten 10 Jahre, die auf den ersten Blick wenig spektakulär erscheint: das wachsende Bewusstsein über die grundlegende Bedeutung der Beleuchtung für die Bildverarbeitung.



© marakech99/Flickr.com

### Keine Beleuchtung, keine Bildverarbeitung

Ein Bildverarbeitungssystem kann nur das verarbeiten, was in einer Szene beleuchtet wird oder was selbst leuchtet. Diese Erkenntnis erscheint selbstverständlich und ist keineswegs neu. Neu ist, dass mittlerweile jeder, der auf diesem Gebiet arbeitet, mit dieser Einsicht konfrontiert wird. Schon 1991 behandelt Hartmut Ernst in seinem exzellenten Lehrbuch [1] das Thema Beleuchtungsmethoden in einem eigenen Kapitel, wenn auch nur auf zwei von insgesamt ca. 300 Seiten, und schreibt: „Eine wesentliche Komponente für die Bildverarbeitung ist eine dem Problem angepasste Beleuchtung. Eine gute Beleuchtung der zu erfassenden Szene erlaubt oft die Verwendung einfacherer und damit schnellerer Algorithmen zur Bildauswertung. Generell wird man die Beleuchtung so einrichten, dass sich ein hoher Kontrast ergibt. In der Regel fordert man auch eine Minimierung von Reflex- und Schattenbildung.“ Das ist heute noch genauso richtig und wichtig wie damals. Die Beleuchtung

dient dazu, Merkmale herauszuarbeiten und störende Strukturen zu unterdrücken. Sie ist in diesem Sinne notwendiger und höchst effizienter Bestandteil der Bildverarbeitungskette. Heute wird man das natürliche Umgebungslicht nur dann als Beleuchtung in Kauf nehmen, wenn es dazu keine akzeptable Alternative gibt.

### Die weitere Entwicklung

Über Jahrzehnte wurde die Bildverarbeitung in Lehrbüchern in der Breite primär als „digital image processing“ verstanden, also als algorithmische Behandlung der Bilddatei. Filteroperationen, Grauwerttransformationen und morphologische Verfahren wurden in epischer Breite dargestellt. Noch im Jahr 2005 wurde in einem ansonsten ausgezeichneten einführenden Lehrbuch [2] das Thema Beleuchtung in einem einzigen Satz abgehandelt: „Der eigentliche Prozess der Entstehung von Bildern ist oft kompliziert und meistens für die Bildverarbeitung auch unwesentlich.“ Schon im selben Jahr kann man jedoch in der 6. Auflage eines bekannten Lehrbuchs [3] bereits 35 (von 600) Seiten lesen, auf

denen wesentliche Aspekte der Wechselwirkung zwischen Beleuchtung und Objekt behandelt werden. Ein Lehrbuch aus dem Jahr 2008 [4] stellt die Bedeutung der Beleuchtung als Systemkomponente für die Bildverarbeitung ausdrücklich heraus und widmet dem Thema auf 12 von ca. 300 Seiten ein eigenes Kapitel mit praktischen Hinweisen und Beispielen. Und in diesem Jahr spendiert ein bedeutendes Vertriebshaus für Bildverarbeitungs-komponenten in seinem ca. 300 Seiten umfassenden Katalog [5] für das Thema „Beleuchtungs-Technologie“ bereits 20 Seiten mit Basisinformationen im Stil eines Applikationsratgebers und präsentiert weitere 40 Seiten Produktinformationen zu diesem Thema, also etwa 20% des Gesamtumfangs. Dort findet sich der bemerkenswerte Hinweis: „Die Auswahl der geeigneten Beleuchtung ist ausschlaggebend für die Qualität der Bildaufnahme und kann die anschließende Bildauswertung stark vereinfachen. Meist wird jedoch die Bedeutung der richtigen Lichtquelle für ein Bildverarbeitungs-System unterschätzt. Die passende Beleuchtung zu finden ist eine anspruchsvolle Aufgabe.“

## Was ist daran schwierig?

Beleuchtung – was soll denn daran schwierig sein? Licht ist ein Konzept der menschlichen Wahrnehmung. Elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen zwischen etwa 400 nm und etwa 700 nm empfinden wir mit Augen und Gehirn als Sinnesreiz. Dass wir im Tageslicht der Sonne die Helligkeit und die Farbigkeit unserer natürlichen Umwelt über unsere Augen wahrnehmen können, erscheint uns als Selbstverständlichkeit. In einer ansonsten dunklen Nacht können wir im Licht des Vollmondes Zeitung lesen, obwohl die Beleuchtungsstärke um mehrere Größenordnungen geringer ist als gegen Mittag an einem klaren Sommertag. Bei noch geringerer Helligkeit können wir uns immer noch orientieren und Objekte erkennen, und vielen von uns ist gar nicht bewusst, dass dabei unsere Farbwahrnehmung verschwindet und alle Katzen plötzlich nur noch grau aussehen. Selbst massive Inhomogenitäten der Beleuchtung nehmen wir bewusst gar nicht wahr, und auch Schatten stören uns kaum bei der Interpretation der Szenen aus unserer natürlichen Umgebung. Sogar die erhebliche Variation der spektralen Verteilung des Sonnenlichts im Lauf eines Tages fällt uns kaum auf, und wir sehen die weiß verputzte Fassade eines Hauses als weiße Fläche, gleichgültig ob sie in das Rot eines Sonnenuntergangs getaucht ist oder vom weißen Mittagslicht beleuchtet wird. Dass diese Erkennungsleistungen des menschlichen visuellen Systems schier atemberaubend sind, kann man Außenstehenden kaum verständlich machen. Nur wenige Berufsgruppen, etwa Fotografen oder Innenarchitekten, haben eine professionelle Sensibilität für diese Problematik. Selbst erfahrene Bildverarbeitungsingenieure sind erstaunt, wenn ihnen diese Zusammenhänge erstmals bewusst werden. Wir unterschätzen die Bedeutung der

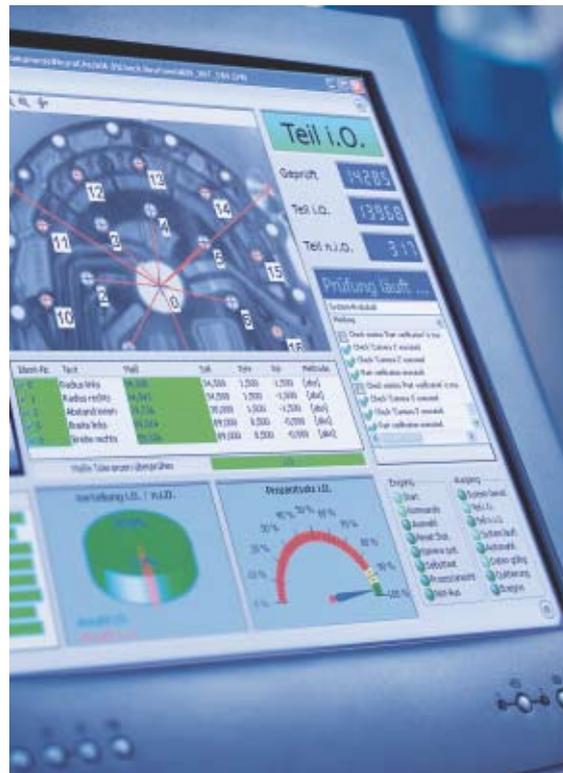
Beleuchtung für eine Bildverarbeitungslösung, weil uns die Erkennungsleistung unseres menschlichen visuellen Systems so trivial erscheint, dass wir von einem technischen System instinktiv vergleichbare Fähigkeiten erwarten.

## Professionalisierung

Noch vor 10 Jahren gab es nur wenige Firmen, die spezielle Beleuchtungseinrichtungen für die Bildverarbeitung

gebaut haben. Mittlerweile wird man auf jeder einschlägigen Messe mehrere Firmen finden, die sich auf diesen Sektor spezialisiert haben. Interessant ist, dass darunter auch renommierte Hersteller von hochwertigen Abbildungsoptiken sind, die ihr Produktspektrum um LED-Beleuchtungen ergänzen und dabei ihre Optik-Kompetenz einbringen. Beleuchtung wird mittlerweile als lukrativer Teil des Bildverarbeitungsmarktes wahrgenom-

men und als anspruchsvolle Ingenieurdisziplin begriffen. Tatsächlich hat die entscheidende Entwicklung in den letzten 10 Jahren also in den Köpfen stattgefunden, indem „... die Bedeutung der Beleuchtung ins Bewusstsein innovativer Hersteller von Systemen zur industriellen Bildverarbeitung ... gedrungen ist ...“ [6]. Es ist kein Zufall, dass parallel die Berechnung von nicht-abbildenden Optiken Eingang in die professionellen Werk-



## Die Erfahrung aus weltweit über 8000 Applikationen.

NeuroCheck ist die universelle Lösungsplattform für alle Anwendungsbereiche der Bildverarbeitung in der Fertigung und Qualitätskontrolle. Mehr als 1000 Bibliotheksfunktionen lassen sich per Mausklick beliebig kombinieren. In kürzester Zeit entstehen so effiziente und sichere Lösungen für die gesamte Bandbreite industrieller Sichtprüfungsaufgaben. Ihr Vorteil: Kürzere Realisierungszeiten, unternehmensweite Standardisierung und mehr Sicherheit gegenüber herkömmlicher Programmierung. Hinter NeuroCheck steht ein durchgängig integriertes Konzept, von der Software bis zur kompletten Applikation mit allen Komponenten. **PLUG & WORK!**

Mehr Informationen: [www.neurocheck.com](http://www.neurocheck.com)

NeuroCheck GmbH  
Software Design & Training Center : D-70174 Stuttgart : Tel. +49 711 229 646-30  
Engineering Center : D-71686 Remseck : Tel. +49 7146 8956-0  
E-Mail: [info@neurocheck.com](mailto:info@neurocheck.com)



Nürnberg, Germany  
28. – 30.9.2010



# FachPack 2010

Fachmesse für Verpackungslösungen

Im Verbund mit



PrintPack 2010



LogIntern 2010

## Das sind die Fakten der FachPack. Jetzt fehlen nur noch Sie!

- 1.338 Aussteller
- 10 Messehallen
- 97 % der Besucher waren mit den Informations- und Kontaktmöglichkeiten an den Messeständen zufrieden

(Zahlen der FachPack/PrintPack/LogIntern 2009)

Gesucht? Gefunden!

[www.ask-FachPack.de](http://www.ask-FachPack.de)

Hier finden Sie alle Aussteller und Produkte!

[www.fachpack.de](http://www.fachpack.de)

BesucherService  
Tel +49 (0) 9 11. 86 06-49 79  
Fax +49 (0) 9 11. 86 06-49 78  
[besucherservice@nuernbergmesse.de](mailto:besucherservice@nuernbergmesse.de)

NÜRNBERG MESSE

zeuge des „optical design“ gefunden hat. Beleuchtungskonzepte für Fußballstadien oder moderne Autoscheinwerfer werden heute mit Optik-CAD-Programmen gerechnet und optimiert. Diese Methoden lassen sich zwanglos auf Beleuchtungen für die Bildverarbeitung übertragen. Beispielsweise erzeugen Mikrooptik-Vorsätze für Diodenlaser strukturierte Beleuchtungen mit definierten Kreis-, Punkt- oder Linienmustern. LEDs mit ihrer kompakten Bauform und der Kompatibilität zu Standard-Elektroniken eröffnen völlig neue Möglichkeiten für Beleuchtungskonzepte, die erst mit Optik-Design-Programmen ausgeschöpft werden können. Beispielsweise gibt es LED-Linien-Beleuchtungen mit programmierbarem Intensitätsprofil für Anwendungen mit Zeilenkameras. Gleichzeitig sind die lange Lebensdauer und das definierte Pulsverhalten von LEDs sehr vorteilhaft für industrielle Anwendungen. Selbst UV-Beleuchtungen sind mittlerweile mit LEDs realisierbar. Die wichtigste technische Entwicklung der letzten 10 Jahre in diesem Bereich ist jedoch die allgemeine Verfügbarkeit von hinreichend hellen weißen LEDs. Deren Erfinder, Shuji Nakamura, wurde im Jahr 2006 mit dem Millennium Technology Prize ausgezeichnet [7].

### Die Zukunft

Während Licht streng genommen auf den Wahrnehmungsbereich des Menschen begrenzt ist, sind die Silizium- und InGaAs-Detektoren unserer Standardkameras bis in den nahen IR-Bereich hinein empfindlich. In den nächsten Jahren werden voraussichtlich die spektrale Zusammensetzung der Beleuchtung

und die Ausweitung auf den Strahlungsbereich außerhalb des Sichtbaren weiter in den Mittelpunkt des Interesses rücken. Farbbildverarbeiter schauen bereits auf den Farbwiedergabeindex von LED-Beleuchtungen, und der IR-Bereich, der mit Silizium-Detektoren abtastbar ist, wird schon in vielen Anwendungen genutzt. Schon jetzt kann man spektral programmierbare Lichtquellen kaufen, und es wird langsam deutlich, dass eine spektrale Diskriminierung nicht zwingend auf der Empfängerseite erfolgen muss, sondern auch durch die Beleuchtung bewerkstelligt werden kann. Spektakuläre Technologiesprünge sind jedoch nicht zu erwarten. Innovation ist ein langsamer Prozess und findet in erster Linie in den Köpfen statt. Gelegentlich auch als Erleuchtung.

### Literatur

- [1] H. Ernst, „Einführung in die digitale Bildverarbeitung, Grundlagen und industrieller Einsatz mit zahlreichen Beispielen“, Franzis-Verlag, München 1991
- [2] W. Burger, M. J. Burge, „Digitale Bildverarbeitung“, Springer 2005
- [3] B. Jähne, „Digitale Bildverarbeitung“, Springer 2005, Kapitel 6, „Quantitative Visualisierung“, und Kapitel 7.5, „Radiometrie der Abbildung“
- [4] C. Steger, M. Ulrich, C. Wiedemann, „Machine Vision Algorithms and Applications“, Wiley-VCH, Weinheim 2008
- [5] Stemmer Imaging, „Handbuch der Bildverarbeitung“, Puchheim 2010
- [6] Schott Info 100/2002, S. 21 ff.
- [7] Der Millennium Technology Prize ist eine renommierte Auszeichnung für technische Erfindungen, s. [www.millenniumprize.fi](http://www.millenniumprize.fi)

### ► Kontakt

Prof. Dr. Christoph Heckenkamp  
Hochschule Darmstadt  
Studiengang Optotechnik und Bildverarbeitung  
[heckenkamp@h-da.de](mailto:heckenkamp@h-da.de)  
[www.fbmn.h-da.de](http://www.fbmn.h-da.de)

