



Nutzung der digitalen Kamera als Leuchtdichtemessgerät

15. Mai 2009

Die Messung der Leuchtdichte ist sehr komplex. Häufig wird die Leuchtdichteverteilung des ganzen Bildwinkels und somit viele Messpunkte vorausgesetzt. Konventionelle Luminanzmeter unterstützen lediglich punktuell Abtasten, wodurch Messungen sehr aufwändig und zeitintensiv werden können. Messungen kleiner Details sind aufgrund des festen und nicht ausreichend kleinen Messwinkels oft nicht möglich.

VORTEILE

Vorteile der Leuchtdichtemessung mit einer digitalen Kamera gegenüber der Messung mit einem Luminanzmeter:

- Informationen über die Leuchtdichte in einer Szene können mit nur einem Bild festgehalten werden
- Zeitersparnis: alle Messpunkte können mit nur einer Aufnahme festgehalten werden
- Konstante Leuchtdichte: Messpunkte werden zum selben Zeitpunkt festgehalten
- Reproduzierbarkeit: das gemessene Bild kann gespeichert werden und die die Auswertung zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen

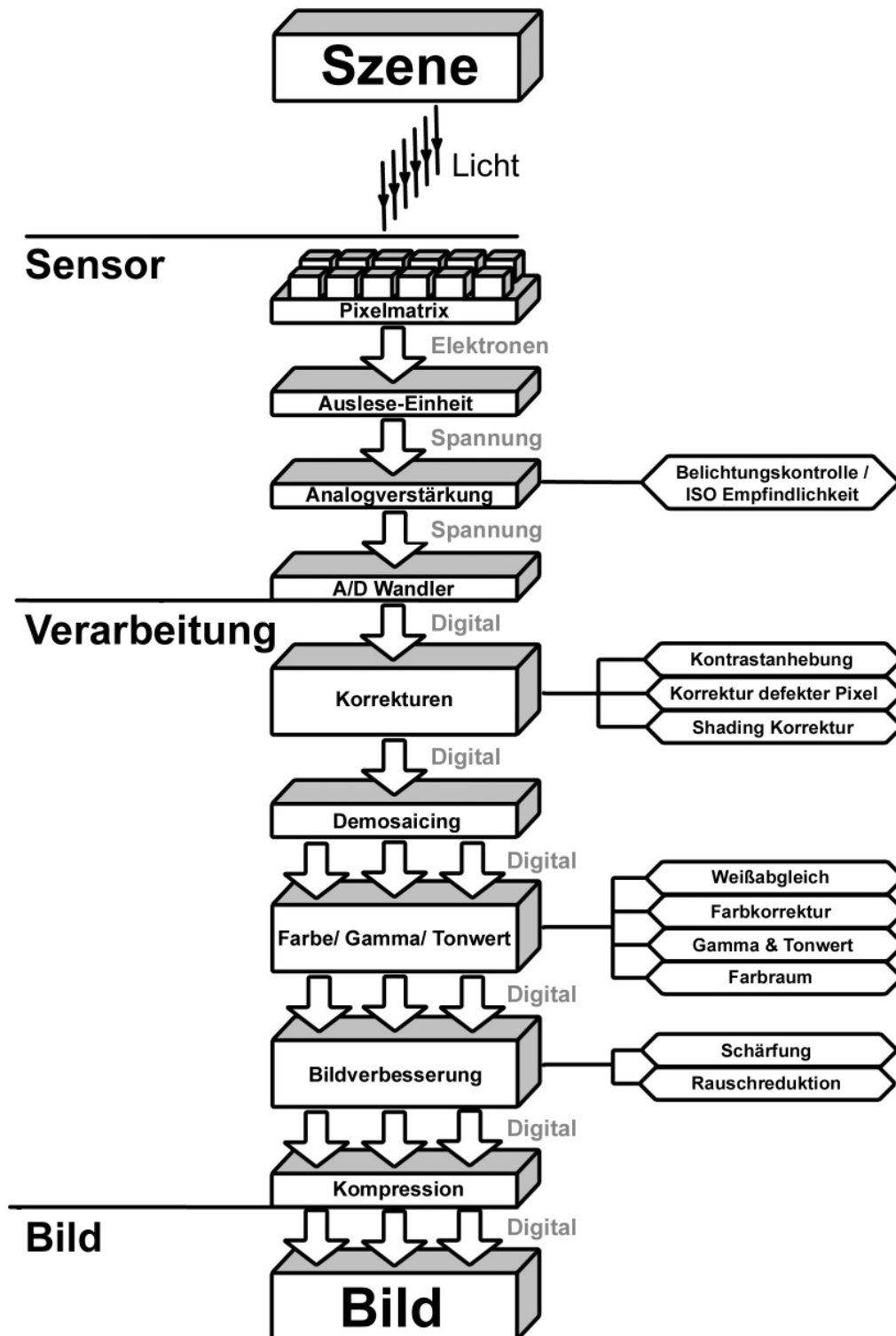
EINSATZBEREICHE

Die Leuchtdichtemessung mit Hilfe digitaler Kameras ist weniger präzise als die mit speziellen Messgeräten. Bei einigen Einsatzgebieten ist eine exakte Messung jedoch nicht erforderlich:

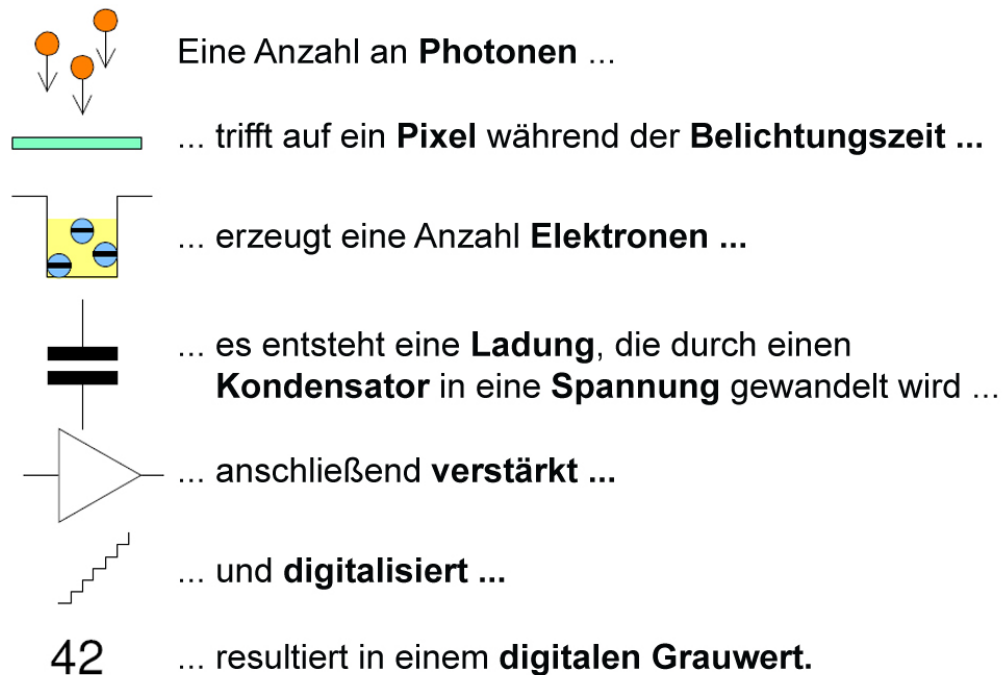
- Messung der Arbeitsplatzbeleuchtung nach DIN 5035
- Messung der Außenbeleuchtung von Gebäuden
- Messung der Leuchtdichte für Straßen und Tunneln gemäß DIN 5044 und DIN 50724
- Prüfung von Fluchtwegen und Notausgängen
- Auswertung der Sichtverhältnisse während der Überprüfung eines Unfalls
- Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte auf Displays

VON DER SZENE ZUM BILD

Digitalkameras verwenden als Aufnahme­medium an­statt eines Films, einen elektronischen Bildwandler und ein digitales Speicher­medium. Das fotografische Bild entsteht in einer Digitalkamera in folgenden Schritten:



Eine weitere – verkürzte – Darstellung:



Licht gelangt durch eine Linse und wirft das Bild auf den Sensor im Kameragehäuse. Vor dem Sensor sind in der Regel Infrarot-, Tiefpass- und Farbfilter angebracht. Zusätzlich werden meist Mikrolinsen verwendet, die das Licht bündeln und auf die empfindlichen Bereiche des nachfolgenden Bildwandlers fokussieren. Bei diesen ersten Schritten handelt es sich um eine vollständig analoge Signalverarbeitung.

Anschließend erfolgt eine Analog-Digital-Wandlung (A/D Wandlung), bestehend aus Diskretisierung und Quantisierung.

Diskretisierung: Bilderzerlegung in diskrete, also nicht-kontinuierliche Einheiten

Quantisierung: die Signalstärke wird durch eine natürliche Zahl repräsentiert

Nach der A/D Wandlung findet bei Kameras, die den RGB-Farbraum verwenden, eine Farbbinterpolation statt (Bayer Pattern), da pro Pixel drei Farbwerte gespeichert werden müssen. Die zwei nicht registrierten Farbwerte werden aus den Werten der umliegenden Zellen interpoliert.

Nach der Korrektur von Abbildungsfehlern und Bildverbesserung erfolgt in der Regel die Kompression zur Reduktion des Datenvolumens.

DURCHFÜHRUNG DER LEUCHTDICHTEMESSUNG

Die Bestimmung der Leuchtdichte einer Szene erfolgt in drei Schritten:

- I Kalibrierung der digitalen Kamera**
- II Aufnahme der zu analysierenden Szene**
- III Auswertung und Bestimmung der Leuchtdichte mit Hilfe der Excel Tabelle**

I Kalibrierung

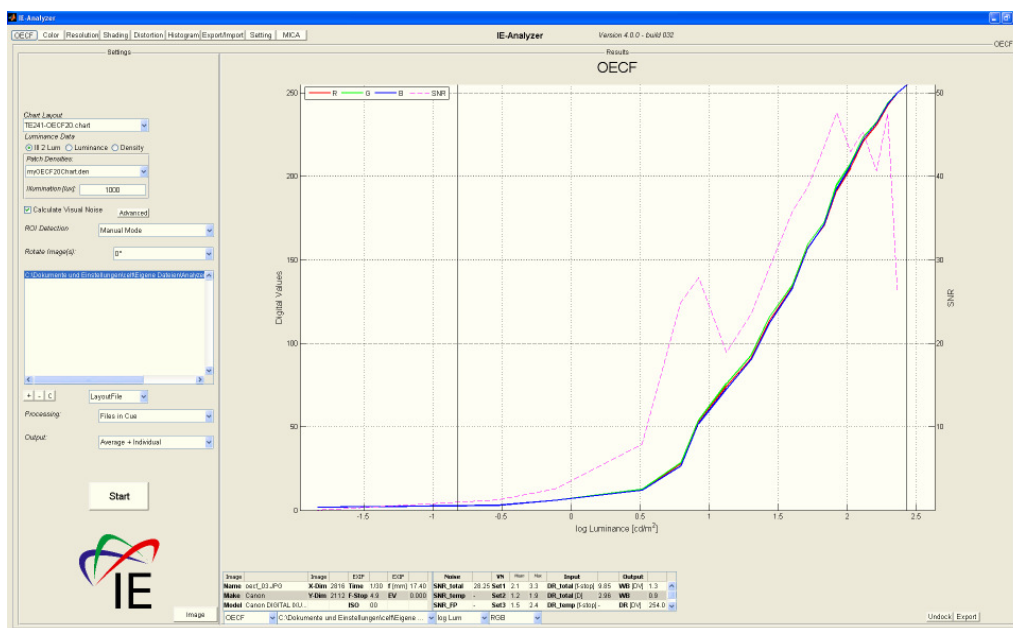
Vor der eigentlichen Bestimmung der Leuchtdichte ist eine Kalibrierung der digitalen Kamera notwendig. Durch die Kalibrierung wird die charakteristische Eigenschaft digitaler Kameras, Helligkeiten in digitale Werte umzusetzen, bestimmt. Diese Beziehung wird als OECF – opto electronic conversion function – bezeichnet. Die Messmethode und Analyse sind in der ISO Norm 14524 definiert. Das Testchart besteht aus 20 kreisförmig angeordneten Graustufenfeldern. Das aufgenommene Bild wird mit Hilfe der Software IE Analyzer analysiert, die OECF bestimmt und die digitalen Helligkeitswerte gegen die Leuchtdichte im Objekt aufgetragen. (logarithmisch oder linear).



TE 241 OECF/Noise Chart bestehend aus 20 Graufeldern, Kontrast 10.000:1 (ISO 14524, ISO 15739)



Das OECF Chart wird mit Hilfe einer Ulbrichtkugel beleuchtet und mit der digitalen Kamera aufgenommen.



Das aufgenommene Bild des OECF Charts wird mit Hilfe des IE Analyzers ausgewertet

Die Kameraeinstellungen während der Kalibrierung müssen auch bei den späteren Aufnahmen vorgenommen werden und sind daher in der Excel Auswertungstabelle festzuhalten.

ISO Einstellung

Die Kamera wird bei der *geringsten Empfindlichkeit* kalibriert. Die Überprüfung der linearen Signalverstärkung bei höherer ISO Einstellung erfolgt mit der maximalen Empfindlichkeit. Der prozentuale Messfehler bei Messungen mit der zur Kalibrierung eingestellten Empfindlichkeit als auch der Messfehler bei höher eingestellten Empfindlichkeit wird errechnet und in der Excel Tabelle grafisch dargestellt (‚Genauigkeit‘).

Weißabgleich

Der Weißabgleich sorgt für die richtige Wiedergabe der Farben im Bild. Die Signalverarbeitung der Kamera wird dabei auf die spektrale Zusammensetzung bzw. auf die Farbtemperatur der Lichtquelle angepasst. Die Kalibrierung wird mit *automatischem Weißabgleich* durchgeführt, bei dem mit verschiedenen Algorithmen aus den Bilddaten die spektralen Eigenschaften der Lichtquelle ermittelt werden.

Kameraspezifische Einstellungen

Sämtliche kameraspezifischen und für die korrekte Messung relevanten Einstellungen (Bildoptimierung, Schärfe, Kontrast, Farbsättigung etc.) werden in der Excel Tabelle festgehalten (‚Kameraeinstellungen‘). Auch diese müssen bei der späteren Aufnahme identisch mit den Einstellungen der Kalibrierung sein.

Keinen Einfluss auf die Kalibrierung haben:

- Belichtungszeit
- Blende
- Auflösung
- JPEG-Komprimierung

II Aufnahme der zu analysierenden Szene

Prinzipiell muss das zur Messung herangezogene Objekt korrekt belichtet sein. Das bedeutet, dass keine Über- und keine Unterbelichtung vorhanden sein dürfen. Die digitalen Werte im Bild sollten unter 255 und über den in der Excel Tabelle im Blatt ‚Eingaben_Ausgaben‘ für jeden Farbwert separat angegebenen Minimalwerte liegen. In der Regel erreicht man die optimale Belichtung durch die Belichtungsmessung auf die relevante Objektstelle. Sollen zwei verschiedene, in ihrer Helligkeit deutlich differierende Objekte vermessen werden, kann es vorkommen, dass sich eine Unterbelichtung des einen oder eine Überbelichtung des anderen Objektes innerhalb einer Aufnahme nicht vermeiden lässt. In diesem Fall empfiehlt es sich, zwei Bilder aufzunehmen, bei denen die Belichtungsmessung einmal auf das hellere und das andere mal auf das dunklere Objekt vorgenommen wird.

Beim Fotografieren von flackernden Lichtquellen, z.B. netzfrequenzabhängiges Flimmern von Leuchtstoffröhren sollte auf eine genügend lange Belichtungszeit geachtet werden.

Jedes abbildende System erzeugt einen Anteil an Streulicht, z.B. durch Lichtstreuung an Linsenfassungen oder Objektivtuben. Streulicht kann das Leuchtdichteergebnis verfälschen. Deshalb sollte möglichst eine Sonnenblende verwendet werden oder der Standpunkt so gewählt werden, dass so wenig wie möglich störendes Licht seitlich in das Objektiv einfällt.

Vignettierung

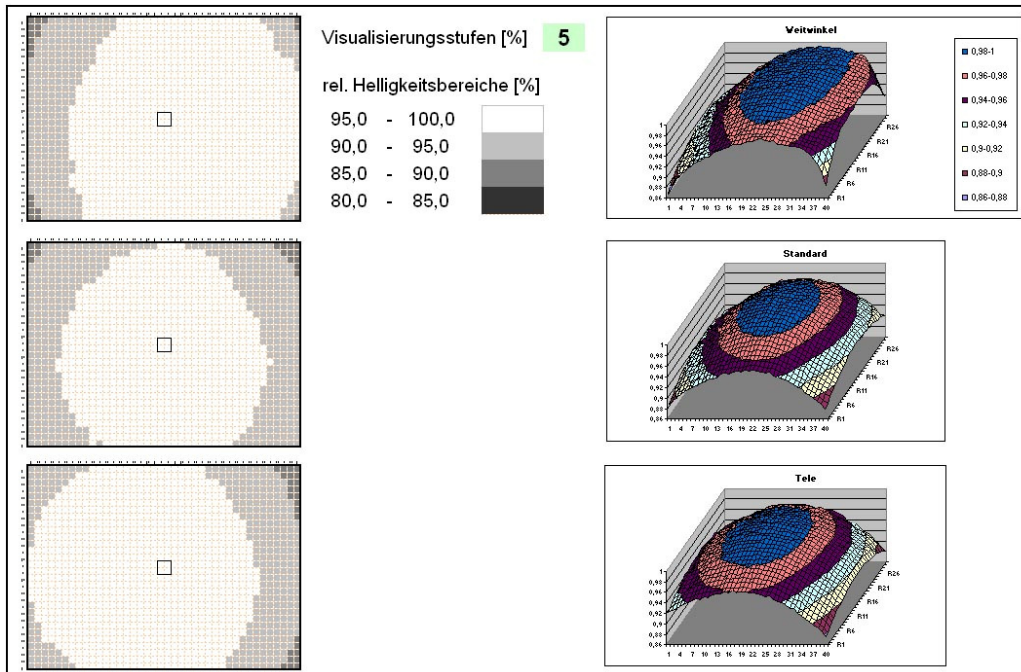
Die optische Vignettierung führt zu einer stetigen Verdunkelung des Bildes zu den Bildecken hin. Insbesondere Weitwinkelobjektive haben mit diesem Problem zu kämpfen, Teleobjektive sind weniger betroffen. Diese Abdunkelung in den Bildecken ist abhängig von der eingestellten Blende. Bei weit geöffneter Blende ist sie am stärksten ausgeprägt und kann durch Abblenden eliminiert werden.

Die mechanische Vignettierung führt ebenfalls zu einer Verdunkelung der Bildecken, ist jedoch im Vergleich zur optischen Vignettierung stärker sichtbar. Sie wird hervorgerufen durch Blockade des Strahlengangs durch z. B. falsch gewählte Gegenlichtblenden.

Die Vignettierung wird messtechnischer bei Festbrennweiten für ‚Offenblende‘ und für zwei Stufen abgeblendet ermittelt. Bei Zoomobjektiven wird bei ‚Offenblende‘ die längste und kürzeste Brennweitereinstellung vermessen. Die Ergebnisse werden in der Excel Tabelle visualisiert (Vignettierung‘).

Je nach Stärke der Vignettierung sollte vermieden werden, Leuchtdichtewerte in den Bildecken zu ermitteln.

Der durch die Vignettierung hervorgerufene Lichtabfall zum Rand wird zwei- und dreidimensional dargestellt (relative Helligkeiten, unterteilt in Bereiche und gemessenen Werte als relative Helligkeitsverteilung über das gesamte Bildfeld).



Zwei- und dreidimensionale Darstellung der Vignettierung

Um in Anschluss an die Kalibrierung Leuchtdichten aus Aufnahmen zu ermitteln, müssen lediglich EXIF Daten und aus dem Bild ausgelesene RGB Daten in die Excel Tabelle eingetragen werden.