

Schattenentfernung unter Verwendung des Retinex-Algorithmus

13. Workshop Farbbildverarbeitung 2007, Koblenz

Sarah Steinmetz, Dietrich Paulus, Wolfram Hans

`sarah.steinmetz,paulus,hans@uni-koblenz.de`

Institut für Computervisualistik
Universität Koblenz-Landau

05. Oktober 2007

Überblick

Einleitung

Schattendetektion

- Beleuchtungsinvariante Darstellung

- Kamerakalibrierung mit künstlichen Lichtquellen

- Berechnung des Schattenkantenbilds

Schattenentfernung mit Retinex

- Pfadbasierter Retinex-Algorithmus

- Schattenentfernung

Quantitative Bewertung

Experimente

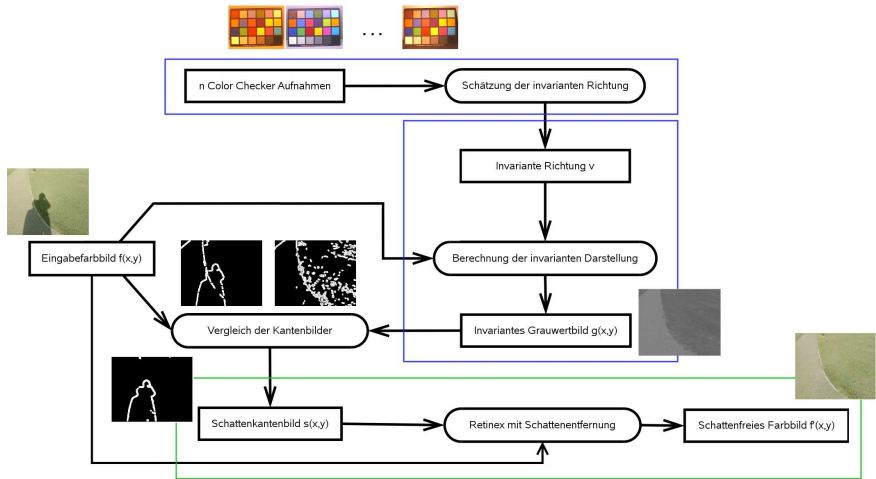
Zusammenfassung

Motivation

Die Entfernung von Schatten ist für verschiedene Bereiche der Bildverarbeitung interessant, z.B.:

- ▶ Segmentierung
- ▶ Tracking
- ▶ Objekterkennung
- ▶ Bildverbesserung

Überblick über das Verfahren [FHD02b]



Beleuchtungsinvariante Darstellung [FH01]

Annahmen

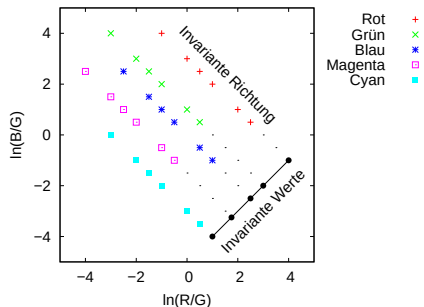
- Vereinfachtes Modell der Bildentstehung:

$$f^{(k)}(\mathbf{x}) = E(\lambda_k, \mathbf{x}^w) \rho(\lambda_k, \mathbf{x}^w)$$

- ▶ Lambert'sche Flächen
- ▶ Linearität
- ▶ Sensorempfindlichkeitskurven perfekt schmalbandig
- ▶ Beleuchtung kann als *Planck'scher Strahler* approximiert werden

→ Logarithmische Chromatizitätswerte, die Oberflächenpunkte der selben Reflektanz unter verschiedener Beleuchtung darstellen, liegen im Log-Chromatizitäts-Raum auf einer Linie

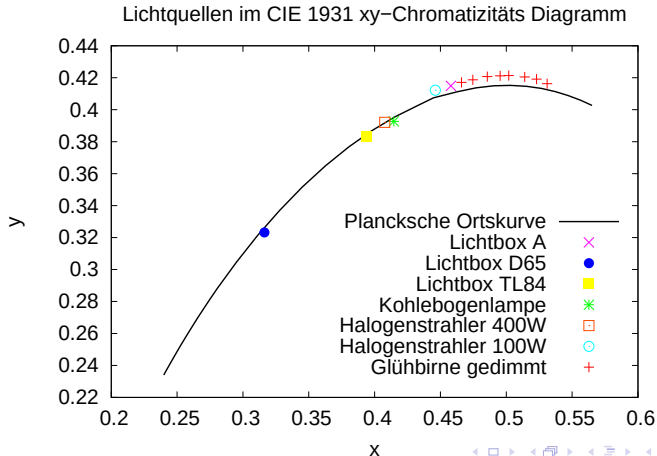
- ▶ Ort: bestimmt durch die Reflektanz des Oberflächenpunkts
- ▶ Position auf der Linie: abhängig von der Farbtemperatur
- ▶ *Beleuchtungsinvariante Richtung*: abhängig von den spektralen Eigenschaften der Kamera



Beleuchtungsinvariante Darstellung: Projektion entlang der invarianten Richtung

Kamerakalibrierung mit künstlichen Lichtquellen

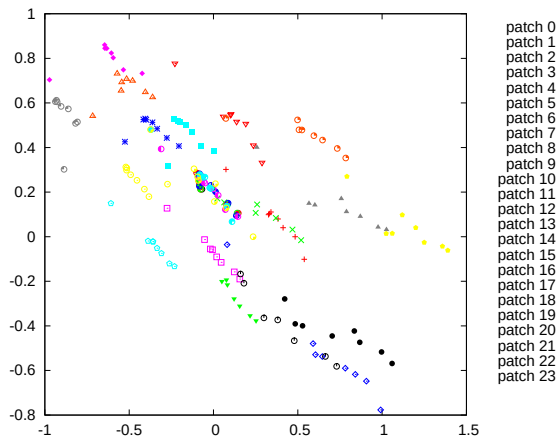
Benötigt: Mehrere Aufnahmen des Macbeth Color Checker bei jeweils verschiedener Planck'scher Beleuchtung



Ergebnisse

CCD Firewire Kamera, keine Nachbearbeitung der Sensordaten

Lichtquellen: 400W Halogenstrahler, 6 Dimmstufen, A



Berechnung des Schattenkantenbilds

Schattenkantenpixel: Kantenpixel im Farbbild, aber nicht im invarianten Bild [FHD02a]

- ▶ Wenn Farbwerte benachbarter Flächen auf ähnliche invariante Werte abgebildet werden:
Fehlklassifikation von Materialkanten als Schattenkante

Anpassung

- ▶ Annahme: Kanten mit großer Änderung des Hue-Werts stellen Materialkanten, keine Schattenkanten dar
- ▶ Detektierte Schattenkantenpixel, an deren Stelle sich im Hue-Kantenbild eine starke Kante befindet, werden verworfen
- ▶ Voraussetzung: Farben der Lichtquellen in der Szene unterscheiden sich nicht stark

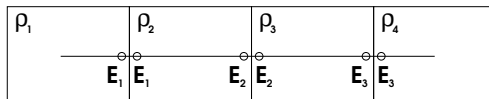
Pfadbasierter Retinex-Algorithmus

Theorie der menschl. Farbwahrnehmung nach Edwin Land [LM71]

Farbkonstanzalgorithmus bei nicht uniformer Beleuchtung

Farbwahrnehmung durch 3 unabhängige Retinex-Prozesse:

- ▶ *Lightness* eines Punktes wird bestimmt durch Mittelung der *relativen Reflektanzen* zu anderen Punkten im Sichtfeld
- ▶ Relative Reflektanz $\approx$ Produkt der Intensitätsverhältnisse entlang eines Verbindungspfades



$$\frac{E_1 \rho_2}{E_1 \rho_1} \cdot \frac{E_2 \rho_3}{E_2 \rho_2} \cdot \frac{E_3 \rho_4}{E_3 \rho_3} = \frac{\rho_4}{\rho_1}$$

- ▶ Verfolgen mehrerer Pfade zu einem Punkt, Mittelung der Pfadprodukte
- ▶ Annahme der maximalen Reflektanz für den Startpunkt: Initialisierung des Pfadprodukts mit 1
- ▶ Entlang des Pfades: Multiplikation mit Verhältnis des aktuellen Pixelwerts zum vorigen Pixelwert
- ▶ Pfadprodukt > 1 : Reflektanz des aktuellen Punkts größer als die des Startpunkts
→ *Reset*: Neustart der Berechnung des Pfadprodukts
- ▶ *Schwellwertfunktion* zur Eliminierung nicht uniformer Beleuchtung: Verhältnis benachbarter Pixelwerte, das annähernd Eins ergibt, wird auf Eins gesetzt

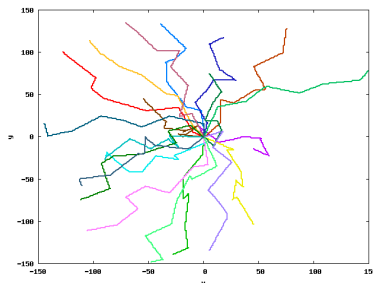
Schattenentfernung

Idee [FHD02b]: Anpassung der Schwellwertfunktion:

- ▶ Annahme: Binäres Schattenkantenbild gegeben
- ▶ An Schattenkante: Verhältnis aufeinander folgender Pixel wird auf Eins gesetzt

Umsetzung [FHD02b]

Erzeugung der Pfade nur an Position (0,0)



An jeder Pixelposition

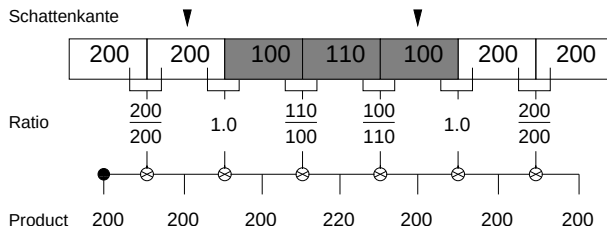
- ▶ Pfadpunkte um aktuellen Vektor verschieben
- ▶ Verfolgen der Pfade von Endpunkten zum aktuellen Pixel
- ▶ Mittelung der Pfadprodukte

Anpassungen

Bessere Mittelung: Jedes Pixel entlang des Pfades wird aktualisiert

Keine Farbkorrektur:

- Pfadprodukt mit dem Wert des Startpixels initialisieren



- Reset: Wenn Pfadprodukt größer als Maximalwert
- Mehrere Pfade nötig um Fehler abzuschwächen

Einschränkungen

Lokale Fehler an der Schattenkante wirken sich global aus, da sie entlang der Pfade propagiert werden, z.B.

- ▶ Falsch klassifizierte Schattenkanten
- ▶ Schattenkantenbild unvollständig
- ▶ Start des Pfades im Schatten

Ansatz zur quantitativen Bewertung

Anforderungen an Schattenentfernung

- ▶ Der Schatten wird entfernt
- ▶ Keine Erzeugung von Artefakten außerhalb des Schattens
- ▶ Keine Erzeugung von Artefakten innerhalb des Schattens
- ▶ Erhaltung der Struktur im Bereich der Schattenkante

Ground Truth: Gradientenbild des Bilds der Szene ohne Schatten

Bewertungsmaße

Mittlerer euklidischer Abstand der Gradienten der GT-Aufnahme f und des schattenentfernten Bilds f' in 3 Bereichen:

- ▶ $d_e(f, f')$: im Bereich der Schattenkanten
- ▶ $d_i(f, f')$: innerhalb der Schattengrenzen
- ▶ $d_o(f, f')$: außerhalb der Schattenregionen

Diese 3 Werte sollen möglichst klein sein

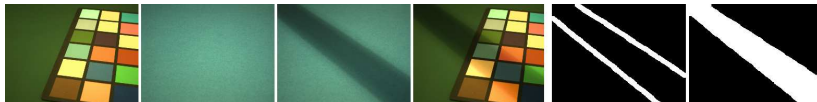
Benötigte Ground Truth Daten

- ▶ Aufnahme der Szene ohne Schatten
- ▶ Binäres Schattenkantenbild
- ▶ Binäres Schattenregionenbild

Experimente

Erzeugung von Testdaten im Labor

Berechnung der zugehörigen GT-Schattenbilder



Erzeugung von Referenzwerten

- ▶ Für jedes Schattenbild: Mittlere Gradientenabstände zwischen Schattenbild und GT-Bild der Szene
- ▶ Mittelung über alle Aufnahmen: Gemittelte mittlere Gradientenabstände $d_{\text{e_ref}}$, $d_{\text{i_ref}}$, $d_{\text{o_ref}}$ als Referenzwerte

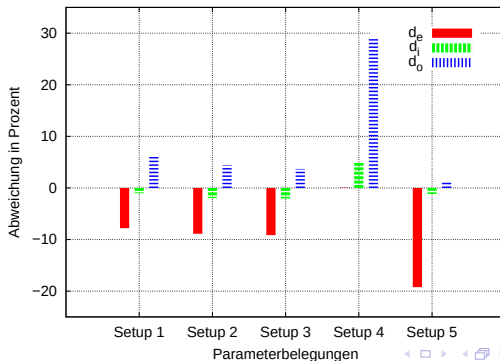
Vergleich verschiedener Parametereinstellungen

- ▶ Setup 1: 5 Pfade pro Pixel beim Retinex
- ▶ Setup 2: 20 Pfade
- ▶ Setup 3: 50 Pfade
- ▶ Setup 4: wie Setup 2, keine Berücksichtigung der Hue-Information bei der Schattenkantendetektion
- ▶ Setup 5: wie Setup 2, Verwendung einer GT Schattenkante

Prozentuale Abweichung von den Referenzwerten zeigt, um wieviel Prozent die Gradientenabstände erniedrigt oder erhöht wurden

Tabelle: Prozentuale Abweichung von den Referenzwerten

	Setup 1	Setup 2	Setup 3	Setup 4	Setup 5
d_e	-7.79754	-8.88230	-9.13976	0.07119	-19.22858
d_i	-1.02827	-1.97263	-2.04209	5.02562	-1.17247
d_o	6.15882	4.38410	3.68278	28.84424	1.19270



Ergebnisse für 5, 20 und 50 Pfade beim Retinex



Ergebnisse ohne und mit GT Schattenkante



Ergebnisse ohne und mit Berücksichtigung der Hue Information



- ▶ Kamerakalibrierung mit künstlichen Lichtquellen möglich
- ▶ Invariante Bilder: zeigen teilweise noch Schattenkanten, Materialkanten teilweise schwach
- ▶ Einbeziehen der Hue Information verringert Fehlklassifikationen
- ▶ Retinex kann auch bei korrekter Schattenkanteninformation Schatten nicht vollständig entfernen
- ▶ Quantitative Maße zur Bewertung von Schattenentfernung und Erzeugung von Artefakten
- ▶ GT-Daten können im Labor erzeugt werden
- ▶ Teilweise Zuordnung nicht eindeutig, da Artefakte auch im Schatten
- ▶ Vergleich von Ergebnissen anhand der Maße ist möglich



FINLAYSON, Graham D. ; HORDLEY, Steven:

Color constancy at a pixel.

In: *Optical Society of America Journal A* 18 (2001), 2,
253-264.

http://www2.cmp.uea.ac.uk/~pm/cp_web/253.pdf



FINLAYSON, Graham D. ; HORDLEY, Steven ; DREW,
Mark S.:

Removing shadows from images.

In: *European Conference on Computer Vision (ECCV 2002)*.
Copenhagen, 2002, IV 823-836. –

Lecture Notes in Computer Science Vol. 2353



FINLAYSON, Graham D. ; HORDLEY, Steven ; DREW, Mark S.:

Removing Shadows From Images using Retinex.

In: *Color Imaging Conference*.

Scottsdale, Arizona, 11 2002, 73-79



LAND, E.H. ; McCANN, J.J.:

Lightness and Retinex Theory.

In: *Journal of the Optical Society of America* 61 (1971), 1, Nr. 1, S. 1-11