

Algorithmen für die Farbbildverarbeitung

PD Dr. Marc Ebner, Universität Würzburg und Universität Tübingen

Abstract

Die von einem Sensor gemessene Farbe variiert mit der Farbe der Lichtquelle. Durch moderne Farbbildverarbeitung ist es möglich, einen farbkonstanten Deskriptor zu berechnen, der annähernd unabhängig von der Farbe der Lichtquelle ist und z.B. für die farbbasierte Objekterkennung genutzt werden kann. In der aktuellen Forschung liegt ein besonderer Fokus hierbei auf der Berechnung farbkonstanter Deskriptoren bei Beleuchtungsvariationen innerhalb eines Bildes.

1 Motivation

Digitale Kameras sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie werden auf vielfältige Art und Weise genutzt. Digitale Kameras sind heutzutage standardmäßig in Mobiltelefone und Laptops integriert. In Verbindung mit Internet-Telefonie können sie z.B. für Video-Konferenzen genutzt werden. Digitale Kameras werden zudem zur Zugangskontrolle bzw. zur Überwachung von Plätzen eingesetzt. In der Industrie kommen sie z.B. bei der automatischen Prüfung von Produkten zum Einsatz. Auch in Verbindung mit autonomen Robotern werden Sie vielfach genutzt. Profis und Amateurfotografen nutzen sie gleichermaßen.

Während es früher relativ aufwändig war, Bilder im Bereich der maschinellen Bildverarbeitung zu bearbeiten, ist dies durch den Einzug der Digitaltechnik wesentlich einfacher geworden. Viele Kameras führen bereits eine umfassende Bildverarbeitung durch, noch bevor die Bilder auf einer Speicherkarte abgelegt werden. Einige Digitalkameras sind z.B. in der Lage, Gesichter im Bild zu erkennen. Somit weiß die Kamera, welche Punkte des Bildes der Anwender evtl. fokussieren möchte. Auch für eine korrekte Farbwiedergabe wird der Bildinhalt eingehend analysiert. Hierbei kommen spezielle Algorithmen zur Farbkonstanz (im Bereich der Fotografie auch als automatischer Weißabgleich bekannt) zum Einsatz [2]. Derartige Algorithmen werden benötigt, da das von den Objekten reflektierte Licht mit der Farbe der Lichtquelle variiert.

Nehmen wir an, daß wir eine Lichtquelle zur Beleuchtung einer Szene einsetzen, die das Licht hauptsächlich im roten und grünen Bereich des sichtbaren Spektrums abstrahlt. Die Lichtquelle hat also einen stark gelblichen Ton. Das von der Lichtquelle ausgestrahlte Licht, fällt auf die Oberfläche eines Objekts. Ein Teil des Lichts wird absorbiert, der Rest wird reflektiert und kann schließlich vom Sensor der Kamera gemessen werden. Der in der Kamera enthaltene Sensor ist nur in der Lage, das reflektierte Licht zu messen. Wenn wir also mit einer gelblichen Lichtquelle arbeiten, so bekommt das Foto einen starken Gelbstich. Würden wir mit einer bläulichen Lichtquelle arbeiten, hätte das aufgenommene Foto einen starken Blaustich. Algorithmen zur Farbkonstanz versuchen, ein Bild zu berechnen, das von der Art der Lichtquelle unabhängig ist. Genauso wie ein menschlicher Betrachter mit normaler Sicht die Farbe von Objekten als weitgehend konstant und annähernd unabhängig von der Beleuchtung wahrnimmt [8].

In der Praxis sind oft unterschiedliche Lichtquellen vorhanden. So ist z.B. ein Raum teilweise noch durch Tageslicht beleuchtet, während gleichzeitig ein Kunstlicht beliebiger Farbe angeschaltet sein kann. Auch die Farbtemperatur des Tageslichts variiert im Verlauf des Tages. Für die maschinelle Bildverarbeitung wie auch für den Bereich der Digital-Fotografie ist die Nachbildung einer farbkonstanten Wahrnehmung daher von großer Bedeutung.

2 Farbbildverarbeitung und Farbkonstanz

Bei der Digital-Fotografie möchte man erreichen, daß das entstandene Bild, wenn es am Monitor oder auf einem Abzug betrachtet wird, genau so aussieht, wie der Fotograf die Szene empfunden hat, als er die Aufnahme machte. Hier soll also die menschliche Farbwahrnehmung möglichst genau modelliert werden. Für die maschinelle Bildverarbeitung dagegen ist es wichtig, die Reflektanz der einzelnen Bildpunkte zu bestimmen oder aber einen Wert für jeden Bildpunkt zu berechnen, der lediglich von der Reflektanz nicht aber von dem abgestrahlten Spektrum der Lichtquelle abhängt. So können wir z.B. Objekte nur dann anhand ihrer Farbe sicher erkennen, wenn wir mit Hilfe der maschinellen Bildverarbeitung in der Lage sind, einen farbkonstanten Deskriptor zu berechnen [7]. Hierbei kommen z.B. mehrdimensionale Histogramme zum Einsatz [6].

Im folgenden arbeiten wir mit Bildkoordinaten (x, y) . Die Reflektanz $R(x, y, \lambda)$ für den Bildpunkt (x, y) ist definiert, als der Anteil des Lichts, der für die Wellenlänge λ von der Oberfläche des Objektes, das auf den Bildpunkt (x, y) abgebildet wird, reflektiert wird. Die Irradianz, die auf diesen Objektpunkt fällt sei durch $L(x, y, \lambda)$ gegeben. Die Antwort des Sensors $c(x, y)$ ergibt sich dann näherungsweise als

$$c(x, y) = G(x, y) \int \mathbf{S}(\lambda) \cdot R(x, y, \lambda) \cdot L(x, y, \lambda) d\lambda \quad (1)$$

wobei $G(x, y)$ ein Faktor ist, der die Objektgeometrie am Punkt (x, y) berücksichtigt und $\mathbf{S}(\lambda)$ die Absorptionscharakteristika der einzelnen Sensoren beschreibt. Meist wird mit drei Sensoren gearbeitet, die auf das Licht im roten, grünen und blauen Bereich des Spektrums ansprechen. Wenn wir davon ausgehen, daß die Sensoren sehr schmalbandig sind, so erhalten wir für die Antwort des i -ten Sensors mit $i \in \{r, g, b\}$

$$c_i(x, y) = G(x, y) \cdot R_i(x, y) \cdot L_i(x, y) \quad (2)$$

wobei $R_i(x, y)$ die Reflektanz und $L_i(x, y)$ die Irradianz für die Wellenlänge λ_i darstellen.

Die Beleuchtung der Szene kann lokal variieren. Daher müssen wir die Farbe der Lichtquelle für jeden einzelnen Bildpunkt bestimmen. Einfache Farbkonstanzverfahren, wie Sie z.B. in Fotokameras eingesetzt werden, gehen davon aus, daß die Farbe der Lichtquelle über die gesamte Szene gleichmäßig ist. Diese einschränkende Annahme soll hier nicht gemacht werden. Ein einfaches aber zugleich sehr effektives Verfahren zur Bestimmung der lokalen Farbe der Beleuchtung ist die Berechnung der durchschnittlichen lokalen Farbe der Bildpunkte [3]. Die durchschnittliche lokale Farbe der Bildpunkte kann über eine Faltung mit Hilfe eines Glättungskerns berechnet werden. Zur Berechnung kann auch ein Widerstandsgitter eingesetzt werden. In diesem Fall werden benachbarte Punkte des Gitters mit einem Widerstand verbunden. Die gemessene Farbe wird an jedem Punkt über einen Eingangswiderstand eingespeist. Die Berechnung der durchschnittlichen lokalen Farbe erfolgt somit analog. Damit läßt sich das Verfahren direkt in Bildaufnahme-Chips integrieren.

Es sei $a_i(x, y)$ die durchschnittliche lokale Farbe der Bildpunkte für den Farbkanal i innerhalb eines Bereiches um den Bildpunkt an der Position (x, y) . Die durchschnittliche lokale Farbe der Bildpunkte liefert uns mit Hilfe der Graue-Welt-Hypothese von Buchsbaum [1] einen Schätzwert für die Farbe der Lichtquelle.

$$L_i(x, y) \approx 2a_i(x, y) \quad (3)$$

Somit können wir ein Bild berechnen, das von der Farbe der Lichtquelle unabhängig ist, wenn wir die gemessene Farbe c_i durch die durchschnittliche lokale Farbe dividieren.

$$\frac{c_i(x, y)}{2a_i(x, y)} \approx \frac{G(x, y)R_i(x, y)L_i(x, y)}{L_i(x, y)} = G(x, y)R_i(x, y) \quad (4)$$

So ein Bild erscheint, als wäre es mit einer annähernd weißen Lichtquelle aufgenommen worden. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse, die mit diesem Verfahren erreicht wurden.

Während es für die farbbasierte Objekterkennung sehr wichtig ist, einen mindestens dreidimensionalen Deskriptor zu berechnen ist dies nicht für alle Bereiche der maschinellen Bildverarbeitung unbedingt erforderlich. So kann es z.B. ausreichen ein Grauwertbild zu berechnen, das nur von der Reflektanz nicht aber von der Farbe der Lichtquelle abhängt. Ein solches Verfahren wurde von Finlayson et al. [4] vorgeschlagen. Bei diesem Verfahren werden zunächst die RGB Bilddaten in einen anderen Farbraum transformiert,



Figure 1: Farbkorrektur mit Hilfe der durchschnittlichen lokalen Farbe

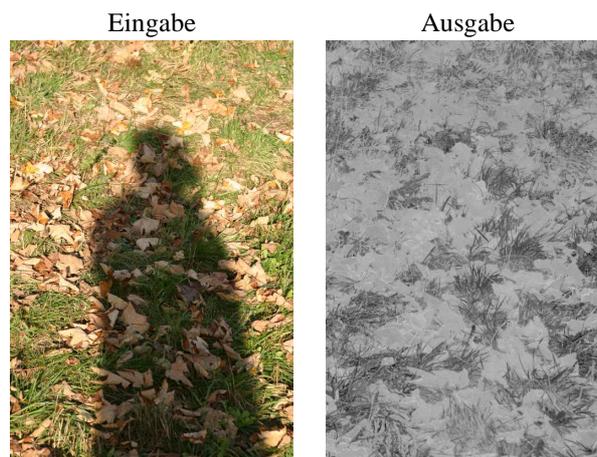


Figure 2: Berechnung eines intrinsischen Bildes nach Finlayson et al. [4].

bei dem die Farben bei unterschiedlicher, natürlicher Beleuchtung entlang einer Linie aufgereiht sind. Anschließend erfolgt eine Projektion der Farbwerte entlang dieser Linie. Somit erhält man einen farbkonstanten Deskriptor, der nicht von der Farbe der Lichtquelle abhängt. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist, daß hierbei Schatten aus dem Bild verschwinden. Die Ausgabe dieses Verfahrens ist in Abb. 2 dargestellt.

3 Ausblick

Moderne Farbbildverarbeitung erfordert die Berechnung eines farbkonstanten Deskriptors bevor die Daten weiterverarbeitet werden können. Algorithmen zur Farbkonstanz können in verschiedenen Bereichen von der Photographie bis hin zur Muster- bzw. Objekterkennung (z.B. zur Erkennung von Verkehrsschildern [5]) eingesetzt werden. Im Bereich der Photographie wird versucht, ein Bild zu berechnen, das der menschlichen Farbwahrnehmung entspricht, während bei der farbbasierten Objekterkennung versucht wird, die Reflektanz der Objekte zu bestimmen und somit Verfahren unabhängig von der Lichtquelle zu machen.

Anschrift:
PD Dr. Marc Ebner
Eberhard-Karls-Universität Tübingen
Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik
Abt. Rechnerarchitektur, Sand 1, 72076 Tübingen
marc.ebner@wsii.uni-tuebingen.de
www.ra.cs.uni-tuebingen.de/mitarb/ebner/welcome.html

References

- [1] G. Buchsbaum. A spatial processor model for object colour perception. *Journal of the Franklin Institute*, 310(1):337–350, July 1980.
- [2] Marc Ebner. *Color Constancy*. John Wiley & Sons, England, 2007.
- [3] Marc Ebner. Lokale Beleuchtungsschätzung und Farbkorrektur bei ungleichmäßiger Beleuchtung. *Künstliche Intelligenz*, pages 46–52, 2008.
- [4] Graham D. Finlayson, Mark S. Drew, and Cheng Lu. Intrinsic images by entropy minimization. In Tomáš Pajdla and Jiří Matas, editors, *Proceedings of the 8th European Conference on Computer Vision, Part III, Prague, Czech Republic, May, 2004*, pages 582–595, Berlin, 2004. Springer-Verlag.
- [5] Hasan Fleyeh. Traffic signs color detection and segmentation in poor light conditions. In *Proceedings of the IAPR Conference on Machine Vision Applications, Tsukuba Science City, Japan, Mai 16-18*, pages 306–309, 2005.
- [6] Bernt Schiele and James L. Crowley. Recognition without correspondence using multidimensional receptive field histograms. *International Journal of Computer Vision*, 36(1):31–52, 2000.
- [7] Michael J. Swain and Dana H. Ballard. Color indexing. *International Journal of Computer Vision*, 7:11–32, 1991.
- [8] Semir Zeki. *A Vision of the Brain*. Blackwell Science, Oxford, 1993.