

# Farbnormierung auf langen Bildfolgen

Detlev Droege, Vinh Hong, Dietrich Paulus

Arbeitsgruppe Aktives Sehen, Universität Koblenz-Landau  
Universitätsstr. 1, 56070 Koblenz

{droege,hong,paulus}@uni-koblenz.de

August 2003

## Zusammenfassung

Zu Dokumentationszwecken über Jahre hinweg aufgenommene Folgen von Außen-aufnahmen unterliegen der gesamten Palette von Einflüssen, die mittels Bildvorverarbeitung ausgeglichen werden (Beleuchtungsänderung durch Wettereinflüsse und Sonnenstand, Schattenwurf). Zum Zwecke von Imagewarping, zur Erhöhung der Auflösung der Bilder durch Interpolation, zur Registrierung und zur Rekonstruktion ist es erforderlich, die Bilder der Sequenzen farblich zu normieren. Im vorliegenden Beitrag werden verschiedene Farbnormierungsverfahren vorgestellt, die am konkreten Beispiel miteinander verglichen werden. Erste Ergebnisse werden vorgestellt. Eine Bildregistrierung unter Verwendung der Kreuzkorrelation im Farbbild wird untersucht.

## 1 Einleitung

Der Bau des neuen Universitäts-Campus in Koblenz in den Jahren 1999 bis 2002 wurde rund um die Uhr mit einer stationären Web-Kamera aufgezeichnet, die auf einem Schwenk-Neige-Kopf montiert ist. Auch nach Fertigstellung wurden minütlich Bilder in unterschiedlichen Positionen aufgezeichnet. Es ergeben sich daraus mehrere hunderttausend Bilder, die den Campus in verschiedenen Bau-Stadien, Tageszeiten, Wetterbedingungen und Jahreszeiten unter den unterschiedlichsten Bedingungen darstellen. Aus der Vielzahl dieser Aufnahmen soll eine virtuelle Darstellung rekonstruiert werden, die eine Reise durch den Campus in Raum und Zeit gestattet. Somit kann unter anderem die Entstehung des neuen Standorts visualisiert und nachvollzogen werden.

Hierzu muss zunächst die genaue Position jeder Aufnahme ermittelt werden, die aufgrund der mechanischen Eigenschaften des Aufnahmesystems erheblichen Schwankungen unterliegt. Die geringe Qualität der Aufnahmen und starke Änderungen der Aufnahmesituation durch Umgebungseinflüsse erschweren dies (Bild 1). Durch Farbnormalisierung können diese Einflüsse nennenswert reduziert werden.

Im Folgenden werden die eingesetzten Farbnormierungsverfahren kurz erläutert. Anschließend wird die Vorgehensweise bei der Positionsbestimmung dargelegt. Schließlich wird an einer exemplarischen Testreihe der Einfluss der Farbnormierungsverfahren auf die Positionsbestimmung untersucht.



Bild 1: Wechselnde Lichtverhältnisse und Bildinformationen an aufeinanderfolgenden Tagen

## 2 Verfahren

Zahlreiche Verfahren werden in der Literatur vorgestellt, mit denen sich Farben normieren lassen. Im Folgenden wird eine Auswahl vorgestellt und getestet.

### 2.1 Farbnormierungsverfahren

**Comprehensive Color Normalization (CCN)** Die CCN wurde in [FSC98] vorgestellt. Sie kombiniert in einem iterativen Prozess abwechselnd die Intensitätsnormierung der einzelnen Pixel und die globale Normierung der einzelnen Farbkanäle. Die Iteration stoppt sobald keine Änderungen mehr auftreten. Experimente belegen die theoretischen Werte zur Konvergenz, die bereits nach sehr wenigen Durchläufen vorliegt.

**Modifizierte Comprehensive Color Normalization** In [CPAH98] wurde die CCN geringfügig erweitert. Hierbei wird die Luminanz des Ausgangsbildes, nach einer Histogramm-Linearisierung, in das durch CCN farbnormalisierte Bild wieder hineingerechnet. Die Ergebnisse sind visuell ansprechender als bei dem ursprünglichen Verfahren, dessen Ergebnis sich durch eine einfache Rücktransformation wiedererlangen lässt.

**Whitening** Die statistische Whitening-Transformation wird in [Fuk90] dargestellt. Sie entspricht in der Bildverarbeitung einer Hauptachsentransformation und lässt sich zur Farbnormierung verwenden [CPAH98]. Zahlreiche andere Autoren verwenden ebenfalls eine Hauptachsentransformation in Farbräumen.

**Rotation im RGB** Bei diesem Verfahren aus [Pau01] wird der aus den vorkommenden Farbwerten entstehende Cluster im RGB-Farbraum als Ellipsoid aufgefasst und dessen Hauptachse auf die Unbuntachse transformiert. Außerdem wird der Cluster so skaliert, dass er den Farbraum bestmöglich ausnutzt. Die Ergebnisse entsprechen in hohem Maße der „Gray World Assumption“, entfernen also insbesondere Farbstiche.

**Rotation in andern Farbräumen** Ebenfalls aus [Pau01] stammt der Vorschlag, anstelle der Rotation im RGB eine Rotation auf die Unbuntachse im XYZ durchzuführen. Die Idee der Farbrotation stammt aus [PG95], der in einem Farbdifferenzraum arbeitet. Wegen der Linearität der

Farbraumtransformationen und der Rotationsoperation sind – abgesehen von Clipping-Effekten – in diesen drei Farbräumen keine großen Unterschiede zu erwarten.

**Luminanz (Graubild) und Chrominanz** Die Normierung der Helligkeit wird im Folgenden ebenfalls untersucht. Dies ist kein Farbnormierungsverfahren im eigentlichen Sinne, da es lediglich auf einer Extraktion der entsprechenden Komponente des Bildsignals beruht.

## 2.2 Positionsnormierung

Die Positionsnormierung erfolgt anhand ausgewählter Referenzblöcke in einem Referenzbild. Mittels Blockvergleich eines  $15 \times 15$  Blocks wird die Verschiebung zwischen untersuchtem Bild und dem Referenzbild für mehrere Referenzblöcke in einer Umgebung von  $\pm 10$  Pixeln ermittelt. Hierbei wird zur Bewertung der Güte die normalisierte Kreuzkorrelation eingesetzt um die Korrespondenz zwischen zwei Blöcken  $a$  und  $b$  zu bestimmen.

$$nccf = \frac{\sum(a_{ij} \cdot b_{ij})}{\sqrt{\sum(a_{ij})^2} \cdot \sqrt{\sum(b_{ij})^2}}$$

Zur Behandlung von Farbbildern wird diese gleichzeitig auf die jeweils korrespondierenden Werte der einzelnen Farbkanäle angewandt. Dies entspricht einer simultanen Berechnung der Korrelation der „nebeneinandergelegten“ Farbauszüge.

$$nccf_{RGB} = \frac{\sum((a_{ij} \cdot R \cdot b_{ij} \cdot R) + (a_{ij} \cdot G \cdot b_{ij} \cdot G) + (a_{ij} \cdot B \cdot b_{ij} \cdot B))}{\sqrt{\sum(a_{ij} \cdot R)^2 + \sum(a_{ij} \cdot G)^2 + \sum(a_{ij} \cdot B)^2} \cdot \sqrt{\sum(b_{ij} \cdot R)^2 + \sum(b_{ij} \cdot G)^2 + \sum(b_{ij} \cdot B)^2}}$$

Da jeweils mehrere Blöcke verglichen werden lässt sich als einfaches Kriterium für eine „gute“ Positionsbestimmung festlegen, dass alle für ein Bild ermittelten Verschiebungen um höchstens 1 Pixel je Richtung voneinander abweichen dürfen. Da die Schwankungen in einem Bereich von weniger als  $\pm 1$  Grad liegen können die Veränderungen in der Abbildungsgeometrie vernachlässigt werden.

## 3 Experimente



Bild 2: Blickbereich der Kamera (ca. 270 Grad)

Das Ausgangsmaterial sind Bilder einer „Webcam“ in relativ geringer Qualität und Auflösung (AXIS 200+, 352×288 Pixel, JPEG-komprimiert). Diese ist in einem schwenk-neigbaren Außengehäuse an einer der renovierten Altbauten in ca. 9 Meter Höhe montiert. Zum einen nimmt die Kamera jede Minute ein Bild aus geringfügig zum vorangehenden Bild geänderter Position auf („Schwenks“), zum anderen wird täglich eine „Panorama“-Aufnahme erzeugt, bei der insgesamt 52 Aufnahmen aus festgelegten Positionen getätigt werden. Letztere lassen sich zu 270 Grad-Panoramen wie in Bild 2 zusammenfassen.

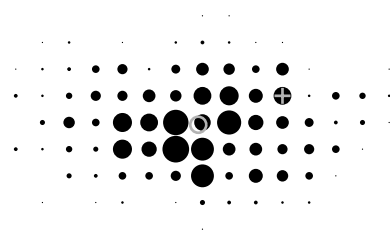


Bild 3: Streuung der Positionierungsfehler, in ganzen Pixeln

Die vergleichsweise ungenaue Mechanik des Schwenk-Neige-Systems führt zu deutlichen Positionsschwankungen in Bildserien, die von der selben Position aufgenommen werden sollten. Die Abweichungen liegen im Bereich von  $\pm 7$  Pixel in horizontaler und  $\pm 4$  Pixel in vertikaler Richtung. Eine Positionsnormierung ist daher unerlässlich um akzeptable Bildfolgen für z. B. Zeitrafferfilme zu erhalten. Bild 3 zeigt die Streuung der Positionsfehler in ganzen Pixeln (Häufigkeit durch Punktgröße dargestellt, das graue Kreuz kennzeichnet die Lage des Referenzbilds, der graue Kreis den gewichteten Mittelwert).



Bild 4: Referenzblöcke

Für diese Untersuchung wurden aus einem Referenzbild gezielt zwei Blöcke ausgewählt, die sich durch ihre Farbigkeit auszeichnen (Bild 4). Sie wurden auch gewählt, weil sie im Vergleich zu vielen der struktureicheren Regionen des Bildes kaum von Verdeckungen betroffen sind.

Dies ist für viele andere Bildbereiche, die auf den ersten Blick günstiger erscheinen mögen, oft nicht der Fall. Dies zeigt sich z. B. in Bild 1 an den Jalousien.

Filter	$\neg$ gut	gut	Korr. alle	Korr. gut	Korr. $\neg$ gut
MCCN	27	553	0.967	0.969	0.921
ROTA	62	518	0.989	0.990	0.976
ORIG	66	514	0.989	0.990	0.976
XYZR	70	510	0.991	0.992	0.978
GRAY	82	498	0.994	0.995	0.991
WHIT	97	483	0.941	0.954	0.874
OCCN	289	291	0.995	0.996	0.994
CHRO	552	28	0.994	0.996	0.994

Tabelle 1: Einfluss verschiedener Normalisierungen auf das Blockmatching

In Tabelle 1 finden sich die Ergebnisse für einen Datensatz von 580 Bildern (entsprechend ca. 19 Monaten). Angegeben sind für die verschiedenen Algorithmen die Anzahl der guten und der nicht guten Resultate. Zudem die durchschnittlichen Werte der normalisierten Kreuzkorrelation der beiden Güteklassen.

Erkennbar die besten Ergebnisse liefert die modifizierte Comprehensive Color Normalization (MCCN). Die Rotation des Farbraumes im RGB (ROTA) liefert bei den Testdaten auch noch geringfügig bessere Ergebnisse als die unbehandelten Originalbilder (ORIG). Alle weiteren getesteten Verfahren<sup>1</sup> bieten keine Verbesserung gegenüber den Originalbildern.

In der Tabelle werden zusätzlich die mittleren Werte der normalisierten Kreuzkorrelation angegeben. Es ist deutlich zu erkennen, dass die ermittelten Werte in erster Linie durch die verwendete Farbnormalisierung beeinflusst werden, weniger durch die Qualität der Übereinstimmung. Dieser Wert eignet sich offensichtlich nur als relatives Kriterium bei der Auswahl des besten Blocks, nicht aber als Entscheidungshilfe zur Klassifizierung der Ergebnisse des Blockmatchings.

### 3.1 Visualisierung

Für die Darstellung werden die Originalbilder entsprechend des ermittelten Versatzes verschoben und zu einem Zeitrafferfilm zusammengefasst.

Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufnahmen sind jedoch häufig große Unterschiede in den Lichtverhältnissen (siehe Bild 1) vorhanden, die trotz der geometrischen Korrektur den Film sehr unruhig wirken lassen.

Eine Nachbearbeitung mittels der Rotation im RGB reduziert diese Schwankungen erheblich (Bild 5). Dennoch ist diese Nachbearbeitung noch nicht alleine ausreichend um eine visuell vollständig befriedigende Darstellung zu erzielen.

<sup>1</sup>XYZR = Rotation im XYZ, GRAY = Grauwertbild, WHIT = Whitening, OCCN = originale CCN, CHRO = Chromazität



Bild 5: Bilder aus Bild 1, normalisiert mittels Rotation im RGB

## 4 Ausblick

Eine weitere Verbesserung der Registrierung auf sub-pixelgenaue Positionen, eine Kalibrierung der Kamera und eine Fusion mit Bildern aus benachbarten Positionen verspricht eine Auflösungserhöhung und Qualitätsverbesserung der Bilder. Die so ermittelten Einzelbilder werden nach der Farbnormierung zeitlich gemittelt.

Ein weiteres Problem stellen Fahrzeuge dar, die in einzelnen Bildern sichtbar sind. Ziel ist es, diese Störobjekte automatisch zu erkennen und durch die Bildinformation in zeitlich benachbarten Bildern der Sequenz zu ersetzen. Untersucht wird, ob eine Farbnormierung *nach* der Elimination zu einer weiteren Verbesserung der Bildqualität führt.

## Literatur

- [CPAH98] L. Csink, D. Paulus, U. Ahlrichs, and B. Heigl. Color Normalization and Object Localization. In V. Rehrmann, editor, *Vierter Workshop Farbbildverarbeitung*, pages 49–55, Koblenz, 1998. Fölbach.
- [FSC98] Graham D. Finlayson, Bernt Schiele, and James L. Crowley. Comprehensive colour image normalization. *Lecture Notes in Computer Science*, 1406:475–490, 1998.
- [Fuk90] K. Fukunaga. *Introduction to Statistical Pattern Recognition*. Academic Press, Boston, 1990.
- [Pau01] Dietrich Paulus. *Aktives Bildverstehen*. Der andere Verlag, Osnabrück, 2001. Habilitationsschrift in der Praktischen Informatik, Universität Erlangen-Nürnberg, Mai 2000.
- [PG95] T. Pomierski and H.M. Groß. Verfahren zur empfindungsgemäßen Farbumstimmung. In G. Sagerer, S. Posch, and F. Kummert, editors, *Mustererkennung 1995*, pages 473–480, Berlin, September 1995. Springer.