

Spektrale Eigenschaften einer HDR-Kamera

Wolfram Hans, Florian Bäckermann,
Stefan Müller, Dietrich Paulus

`{hans, bakerman, stefanm, paulus}@uni-koblenz.de`

Institut für Computervisualistik
Universität Koblenz-Landau

04. Oktober 2007

Einleitung

Motivation

Rahmenbedingungen

Versuchsreihen

Spektrallampen

Vollständiges Spektrum

Monochromator

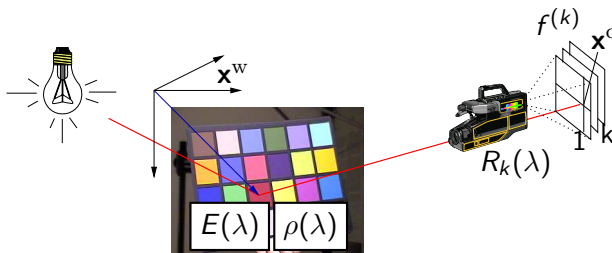
Auswertung

Spektralfarben

Lineare Approximation

Ausblick und Zusammenfassung

Bildentstehungsmodell



$$f(k) = \int_{\lambda} E^{\text{konstant}}(\lambda, dA_e) \cdot \rho(\lambda, dA_e) \cdot R_k(\lambda, E(\lambda)) \cdot d\lambda$$

Rahmenbedingungen

Bestimmung der Sensorempfindlichkeit einer HDR-Kamera

- ▶ Aufgabenstellung in einer Diplomarbeit
- ▶ Nutzung vorhandene Ausstattung des Instituts
- ▶ Unterstützung durch Lehrmittel der Physik

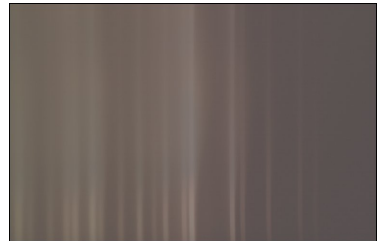
Verwendung von Spektralfarben wegen maximaler Sättigung

Versuch mit Spektrallampen

Erzeugung bekannter Wellenlängen durch diskretes Spektrum chemischer Elemente



- + Bekannte Spektrallinien
- Unterschiedliche Intensität
- Niedrige Strahlungsleistung



Versuch mit vollständigem Spektrum

Erhöhung der Bestrahlungsstärke durch vollständiges Spektrum mit stärkeren Lichtquellen



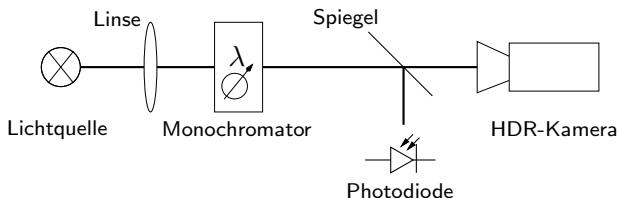
- + Gleiche Intensität
- + Höhere Strahlungsleistung
- Unbekannte Wellenlänge

Versuchsaufbau mit Monochromator

Spektrale Filterung mit Monochromator

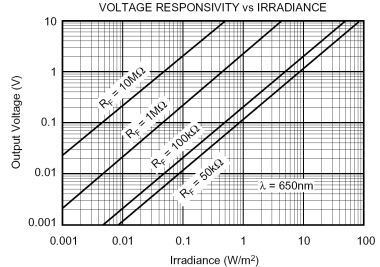
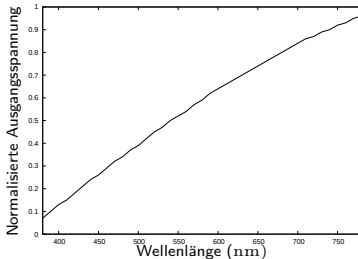
++ Bekannte Wellenlänge

— Geringe Strahldichte (Damage Threshold $100\text{W}/\text{cm}^2$)



Versuchsdurchführung

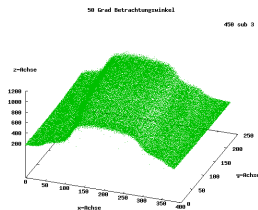
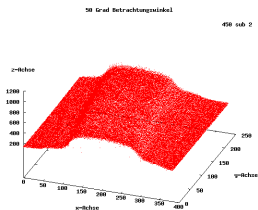
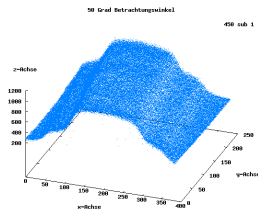
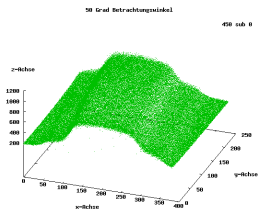
- ▶ Einsatz der HDR-Kamera *GEVILUX CAM1xCL*
- ▶ Verwendung einer hellen Kohlebogenlampe
- ▶ Abgleich der Bestrahlungsstärke über Kennlinie
- ▶ Datenaufnahme für 5, 10, 15 und 20mW/m²
- ▶ Durchstimmen des Monochromators in 10nm-Schritten



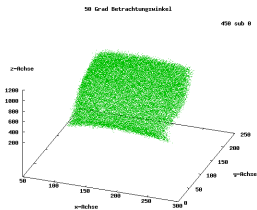
Quelle: Datenblatt des OPT101

Versuchsreihen

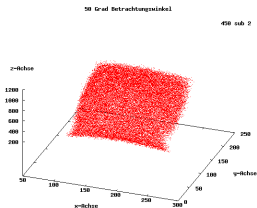
Daten des Sensors bei $20\text{mW}/\text{m}^2$ und 450nm



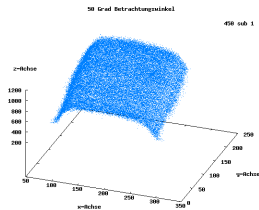
Versuchsauswertung



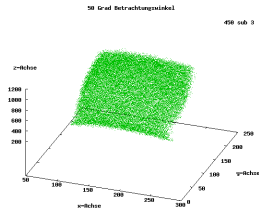
1. Grün-Kanal → 936



Rot-Kanal → 665

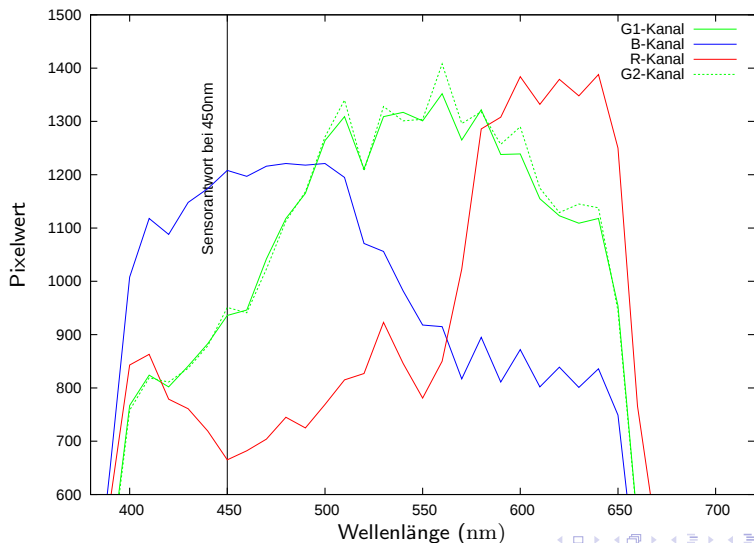


Blau-Kanal → 1208

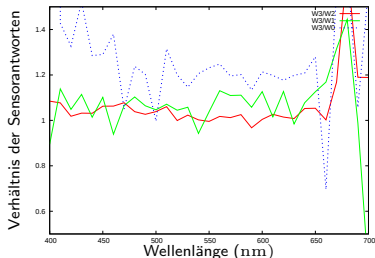


2. Grün-Kanal → 951

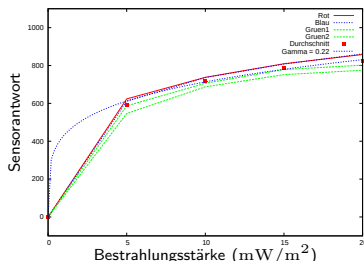
Sensorantwort $R_k(\lambda)$



Versuchsergebnisse



Verhältnis der Sensorantwort bei unterschiedlichen Bestrahlungsstärken ist wellenlängenunabhängig.

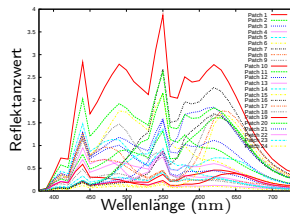
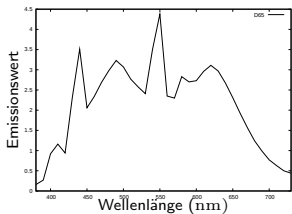


Zusammenhang zwischen Bestrahlungsstärke und Sensorantwort ist nichtlinear.

Alternatives Verfahren

Stützen der Ergebnisse durch ein weiteres Kalibrierverfahren

- + Lineare Annäherung der Sensorantwort
- Keine direkte Zuordnung zur Wellenlänge möglich, Berechnung über Farbprüfmuster
- Aufwendige Photospektrometrische Messungen von Lichtquelle und Oberflächenreflektivität



Lineare Schätzung der Sensorantwort

Diskretisierung des Bildentstehungsmodells

$$f^{(k)} = \sum_{\lambda=1}^N L_{o,\lambda} \cdot R_{k,\lambda} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{f} = \mathbf{L}\mathbf{R}$$

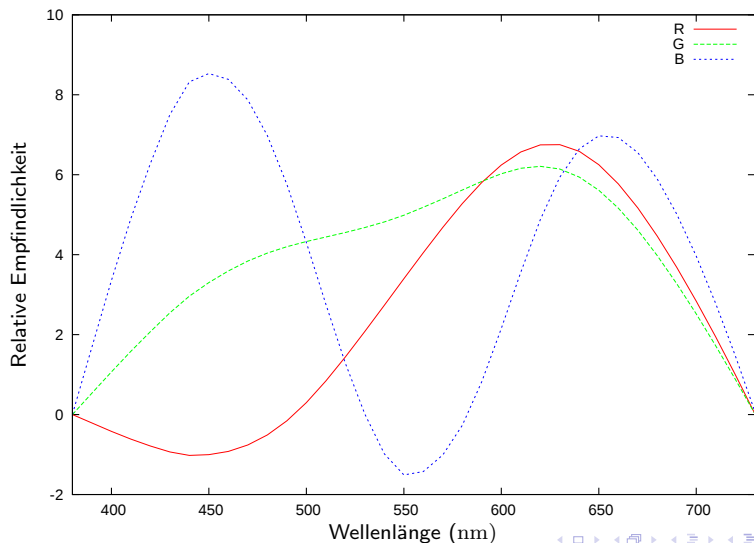
Bekannt sind Kameraantwort $\mathbf{f}$ und Strahldichte $\mathbf{L}$
Lösen der unterbestimmten Gleichung

$$\| \mathbf{L}\mathbf{R} - \mathbf{f} \|^2 \rightarrow \min$$

nur unter weiteren Randbedingungen möglich:

- ▶ Positivität
- ▶ Glattheit
- ▶ Unimodalität

Näherung der Sensorantwort $R_k(\lambda)$



Ausblick

- ▶ Beurteilung des Gamut bei extremen Lichtsituationen
- ▶ Einfluss von Automatikfunktionen der Kamera
- ▶ Verwendung mehrerer Lichtquellen zu Vergrößerung der Messwertmatrix
- ▶ Ausnutzen des gesamten HDR-Dynamikumfangs

Zusammenfassung

- ▶ Ermitteln der spektralen Sensorempfindlichkeit
- ▶ bei konstanten und unterschiedlichen Bestrahlungsstärken
- ▶ Individuelle Auswertung des Bayer-Pattern
- ▶ Vergleich zweier Kalibrierverfahren



Quelle:

http://www.sternwarte-recklinghausen.de/verein/assets/images/db_images/db_ek_regenbogen221842_mezk.jpg