

# HDR Measurement and analysis of the straylight point spread function

Julian Achatzi,<sup>1</sup> Gregor Fischer,<sup>1</sup> Volker Zimmer,<sup>2</sup>  
Dietrich Paulus,<sup>3</sup> Gerhard Bonnet<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Cologne University of Applied Sciences, Germany

<sup>2</sup>Leica Camera AG, Wetzlar, Germany

<sup>3</sup>University Koblenz Landau, Germany

<sup>4</sup>SPHERON-VR AG, Waldfishbach-Burgalben, Germany

25. September 2014

## 1 Einleitung

- State of the Art

## 2 Unsere Methode

- Messung
- Theoretisch erreichbarer Dynamikumfang
- Anwendungen
  - Streulicht Maß
  - Auflösungs-Messung
- Nachteile

## 3 Zusammenfassung



- Unerwünschtes Licht (z.B. durch Fresnel Reflektionen, Staub, Streuung am Gehäuse)[Wei and Cao, 2009]
- Verringert den Dynamikumfang von HDR-Kameras[McCann and Rizzi, 2007]
- Fehler in Farbmessungen[Jansson et al., 1998, Zong et al., 2005, Feinholz et al., 2012]



## DIN 58186 [DIN, 1982], ISO 9358:1994[ISO, 1994]

- Target: Gleichmäßig weiße Fläche mit Lichtfalle
- Maß: Verhältnis der Intensität im Bild der Lichtfalle zur selbigen in der Umgebung

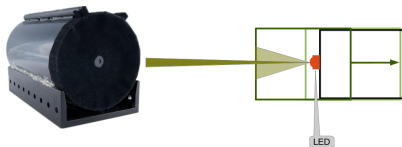


Talvala et al., 2007 [Talvala et al., 2007]

- HDR-Bilder einer weißen LED aus Belichtungsreihe
- Fusionierungs Algorithmus von Debevec und Malik [Debevec and Malik, 1998]



- Streulichtarmer Raum
- LED in Aluminium-Gehäuse mit kleiner Blende
- Kamera auf pan/tilt-Kopf



## HDR-Problem

Eine normale Belichtungsreihe führt zu starken Rauschen in den Schatten.

Die Verwendung einer helleren LED führt zu clipping.

## Lösung I

Zusätzliche Bilder mit variiertes Intensität der LED



## Einfache Lösung

Netzteil mit über USB steuerbarer Spannung.

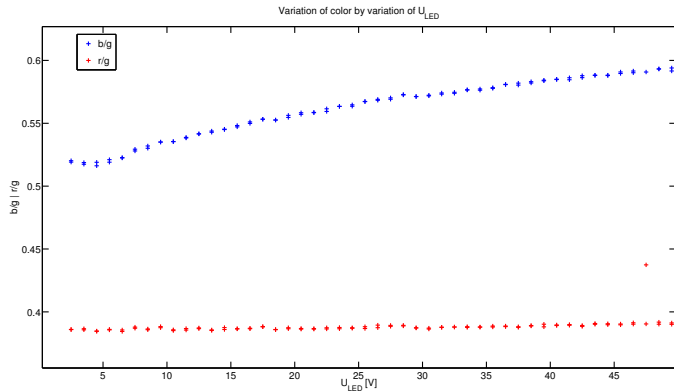
## Problem

Zusammehang zwischen Spannung und Intensität ist nichtlinear  
Das Emmisionsspektrum der LED hängt von der Temperatur und vom Strom ab [Senawiratne et al., 2010, Chhaged et al., 2005, Keppens et al., 2010]



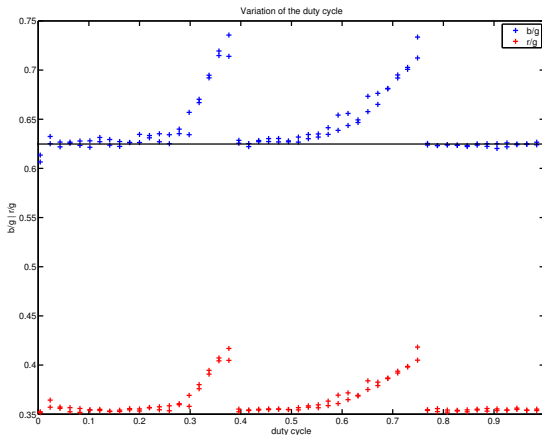


# LED Steuerung



# LED Steuerung - bessere Lösung

- Stromquelle mit Pulsweitenmodulation (PWM)
- PWM  $\Rightarrow$  virtuell kürzere Belichtungszeiten



[Granados et al., 2010]

$$y_i = t_i g(Xa + dc) + n_r$$

$$\hat{x}_i = \frac{y_i - d_i}{t_i g a}$$

$$\hat{X} = \frac{\sum_{i \in NC} \hat{x}_i w_i}{\sum_i w_i}, \text{ mit } NC = \{i \mid y_i < y_{clip}\}$$

$$w_i = \frac{1}{\sigma_{\hat{x}_i}^2} = \frac{t_i^2 g^2 a^2}{g^2 t_i (Xa + 2dc) + 2\sigma_r^2} = \frac{t_i^2 g^2 a^2}{\sigma_{y_i}^2 + \sigma_{d_i}^2}$$



# HDR-Fusionierung mit PWM

$$y_i = t_i g(c_i X a + d c) + n_r$$

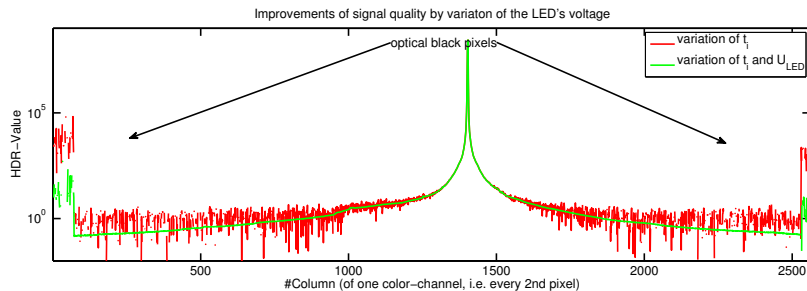
$$\hat{x}_i = \frac{y_i - d_i}{t_i g a c_i}$$

$$\hat{X} = \frac{\sum_{i \in NC} \hat{x}_i w_i}{\sum_i w_i}$$

$$w_i = \frac{1}{\sigma_{\hat{x}_i}^2} = \frac{c_i^2 t_i^2 g^2 a^2}{g^2 t_i (c_i X a + 2 d c) + 2 \sigma_r^2} = \frac{c_i^2 t_i^2 g^2 a^2}{\sigma_{y_i}^2 + \sigma_{d_i}^2}$$



# Verbesserung der Signalqualität



$$DR = \frac{X_{max}}{X_{NEE}}, \text{ width: } X_{NEE} \mid SNR_{\hat{X}}(X_{NEE}) = 1$$



# Maximaler Wert von $X$

$X_{max} \Rightarrow v_{max} = v_{clip} - \sigma_{v_{max}}^2$  im Bild mit der kürzesten  $t_j c_j$

$$X_{max} = \frac{\frac{v_{clip} - \sigma_r^2 - \mu_r}{g t_{min}(g+1)} - d}{a c_{min}}$$



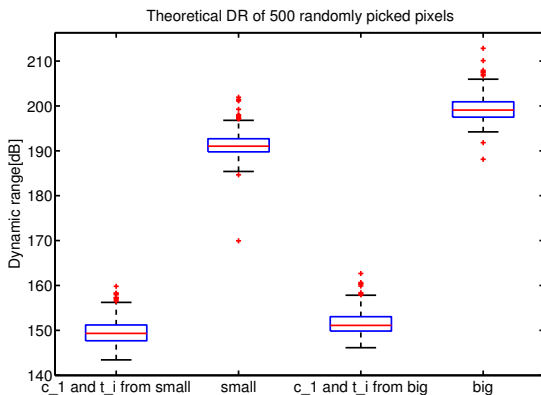
# SNR von $\hat{X}$

$$\sigma_{\hat{X}}^2 = \frac{1}{\sum_{i \in NC} \frac{1}{\sigma_{\hat{x}_i}^2}} = \frac{1}{\sum_{i \in NC} \frac{t_i^2 g^2 a^2 c_i^2}{g^2 t_i (a c_i X + 2d) + 2\sigma_r^2}}$$
$$SNR_{\hat{X}}(X) = \frac{X}{\sigma_{\hat{X}}} = X \sqrt{\sum_{i \in NC} \frac{t_i^2 g^2 a^2 c_i^2}{g^2 t_i (a c_i X + 2d) + 2\sigma_r^2}}$$



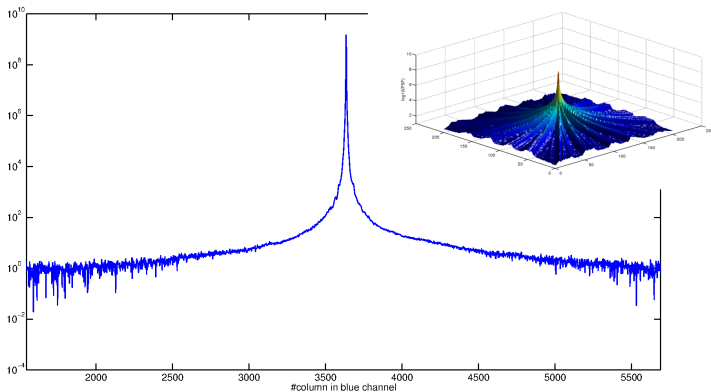


# Theoretischer Dynamikumfang



Kamera: Leica S2, small:  $N = 18$ , 8  $c_i$  and 11  $t_i$ , big:  $N = 30$ , 14  $c_i$  and 16  $t_i$

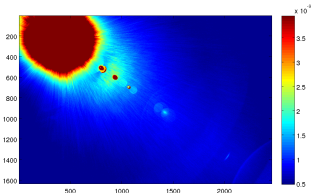
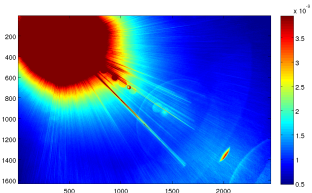
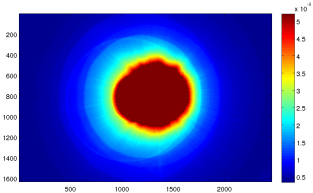
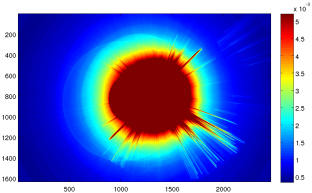
# Beispiele



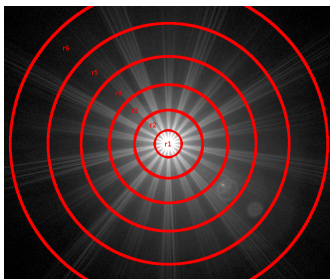
Kamera: Leica S2, Objektiv: Leica Summarit-S 1:2.5/35 ASPH.



# Beispiele



# Ein Streulicht Maß



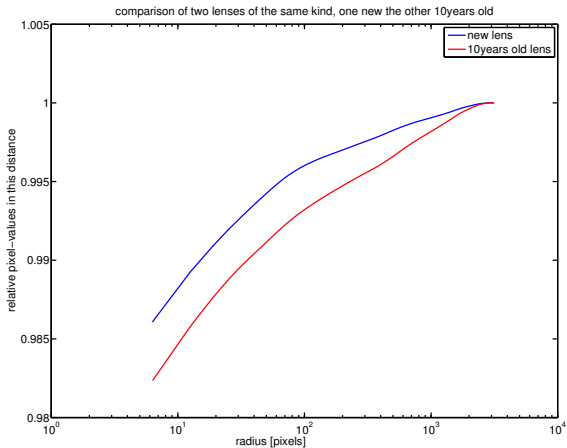
$$s_{(x_L, y_L)}(r) = \frac{\sum_{D(r_i)} \text{psf}(x, y)}{\sum \text{psf}(x, y)}$$

$$\text{mit } D(r_i) = \{(x, y) \mid L(x, y) \leq r_i\}$$

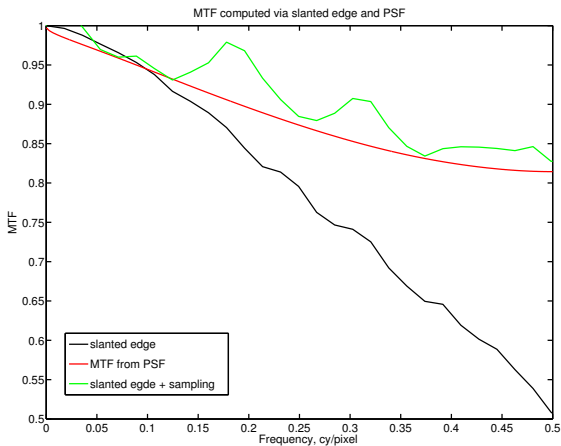
$$L(x, y) = \sqrt{(x - x_L)^2 + (y - y_L)^2}$$



# Ein Streulicht Maß



# MTF-Messung



- LED (plus Apertur des Gehäuses) ist keine reale Punktlichtquelle
  - ⇒ Die gemessene PSF ist tiefpaßgefiltert
- Objektive/Kameras ohne Steuermöglichkeit für die Fokuseinstellung



## Unsere Methode

- Ermöglicht die Messung von PSFs mit sehr hohem Dynamikumfang
- Durch Verwendung von PWM um den Belichtungsbereich der Kamera zu erweitern
- Dadurch auch Messung hochqualitativer Systeme möglich





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Referenzen:

- Chhajed, S., Xi, Y., Li, Y.-L., Gessmann, T., and Schubert, E. (2005). Influence of junction temperature on chromaticity and color-rendering properties of trichromatic white-light sources based on light-emitting diodes. [Journal of Applied Physics](#), 97(5):054506.
- Debevec, P. and Malik, J. (1998). Recovering high dynamic range radiance maps from photographs. In [Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques \(SIGGRAPH '97\)](#), pages 369–378. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- DIN (1982). DIN 58186 Qualitätsbewertung optischer Systeme - Bestimmung des Falschlichts.
- Feinholz, M. E., Flora, S. J., Brown, S. W., Zong, Y., Lykke, K. R., Yarbrough, M. a., Johnson, B. C., and Clark, D. K. (2012). Stray light correction algorithm for multichannel hyperspectral spectrographs. [Applied optics](#), 51(16):3631–41.
- Granados, M., Ajdin, B., Wand, M., Theobalt, C., Seidel, H.-P., and Lensch, H. P. a. (2010). Optimal HDR reconstruction with linear digital cameras. [2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition](#), 1(1):215–222.
- ISO (1994). ISO 9358:1994 Optics and optical instruments — Veiling glare of image forming systems — Definitions and methods of measurement.
- Jansson, P. A., Company, D., and Breault, R. P. (1998). Correcting Color-Measurement Error Caused by Stray Light in Image Scanners. [Color and Imaging Conference](#), 6(4):69–73.
- Keppens, A., Ryckaert, W., Deconinck, G., and Hanselaer, P. (2010). Modeling high power light-emitting diode spectra and their variation with junction temperature. [Journal of Applied Physics](#), 108(4):043104.
- McCann, J. and Rizzi, A. (2007). Veiling glare: the dynamic range limit of HDR images. B. Rogowitz, T. Pappas, S. Daly, [Proc. SPIE](#), ...
- Senawiratne, J., Chatterjee, A., Detchprohm, T., Zhao, W., Li, Y., Zhu, M., Xia, Y., Li, X., Plawsky, J., and Wetzel, C. (2010). Junction temperature, spectral shift, and efficiency in gain-based blue and green light emitting diodes. [Thin Solid Films](#), 518(6):1732–1736.
- Talvala, E.-V., Adams, A., Horowitz, M., and Levoy, M. (2007). Veiling glare in high dynamic range imaging. In [ACM Transactions on Graphics \(TOG\)](#), volume 26, page 37. ACM.
- Wei, J. and Cao, G. (2009). Fast space-varying convolution and its application in stray light reduction. [IS&T/SPIE](#), ... , 7246:72460B–72460B–11.
- Zong, Y., Brown, S. W., Johnson, B. C., Lykke, K. R., and Ohno, Y. (2005). A Simple Stray-light Correction Matrix for Array Spectrometers. Technical report, NIST.

julian.achatz@fh-koeln.de