

---

# **Methoden des automatischen Weißabgleichs und ihr Bezug zur Farbkonstanz**

**R. Jahn, K.-H. Franke**

---

# Inhalt

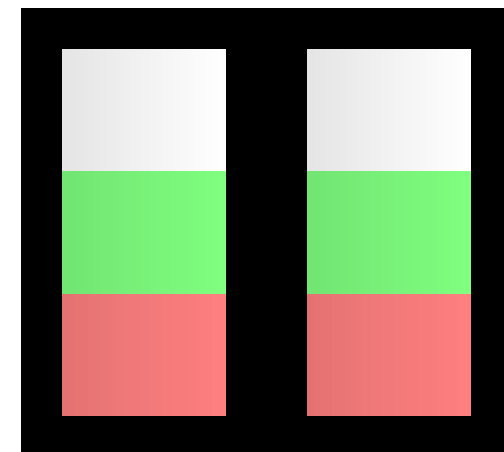
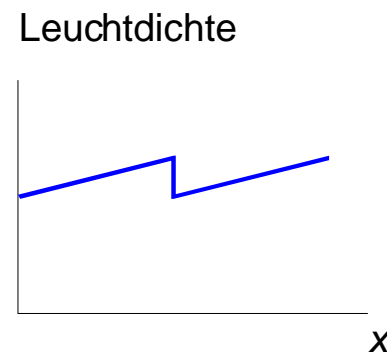
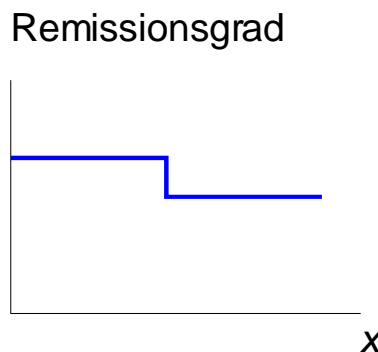
- ▶ **Farbkonstanz, Metamerie**
- ▶ **Automatischer Weißabgleich (AWB) im Überblick**
- ▶ **Ausgewählte AWB-Verfahren nach dem Stand der Technik**
- ▶ **Eigene Ergebnisse**

# Farbkonstanz

Unter „Farbkonstanz“ versteht man die Fähigkeit, Objekte unabhängig von den Beleuchtungsbedingungen nach ihrer Farbe klassifizieren zu können.

## Erfahrungen

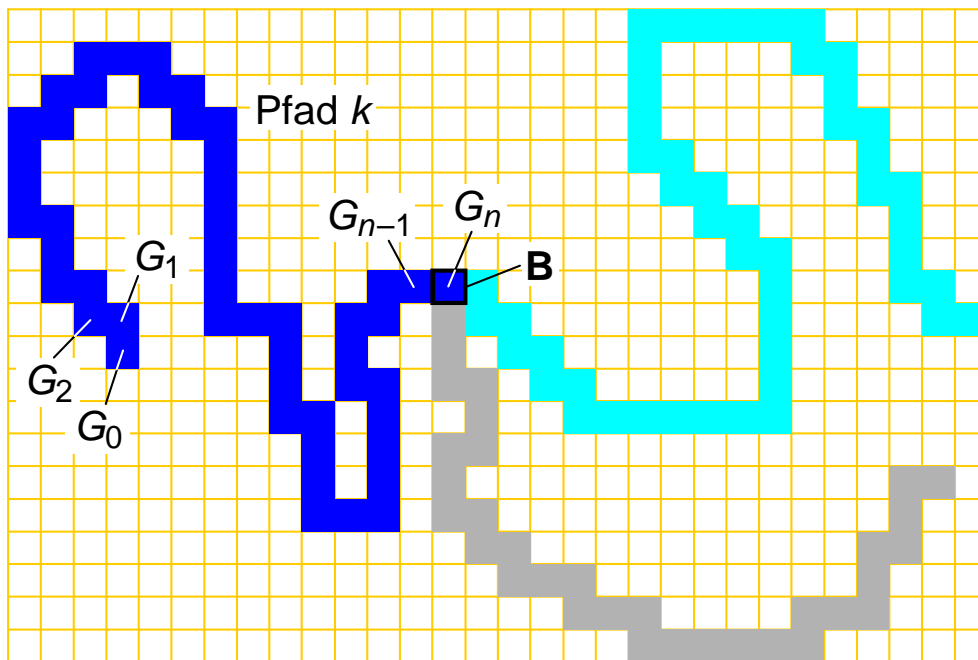
- Die wahrgenommene Farbe hängt nur vom spektralen Remissionsgrad des Objekts ab, nicht von der Beleuchtung.
- Die wahrgenommene Farbe hängt nicht davon ab, ob das Auge auf das Umgebungslicht adaptiert ist.
- Farbunterschiede sind vor allem an Kanten sichtbar.



## Retinex-Theorie (E. Land u. a. 1971)

- Die Farbempfindung wird von den relativen Helligkeiten in den 3 visuellen Kanälen bestimmt.
- Die relative Helligkeit ergibt sich aus den Verhältnissen sensorischer Reizantworten entlang zufälliger Pfade.

Relative Helligkeit  $R$  in einem Punkt **B**:



$$G_3 := 1$$

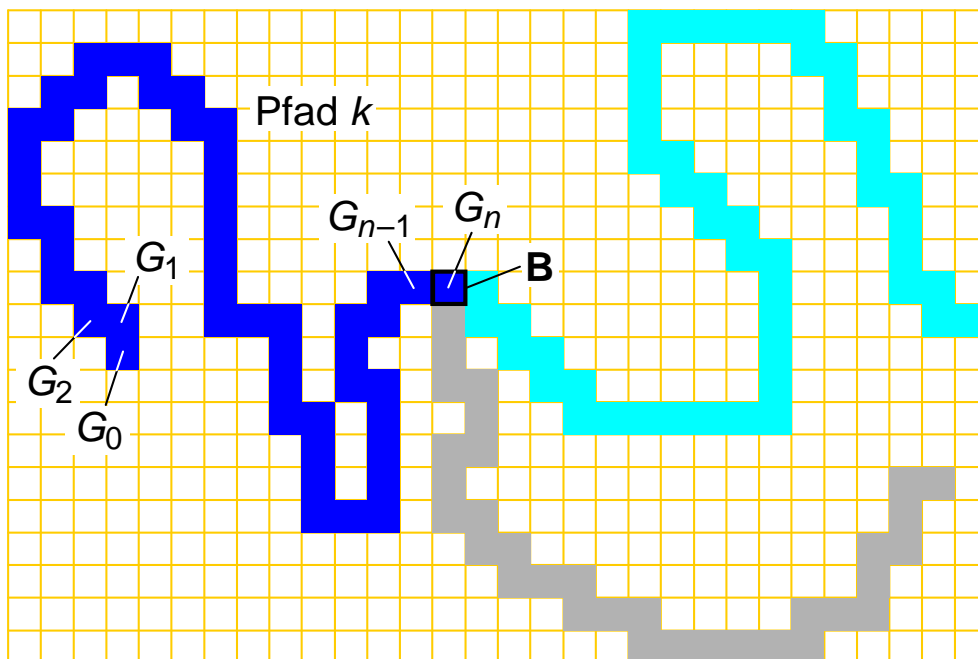
$$\frac{\cancel{G_4}}{\cancel{G_3}} \cdot \frac{G_5}{G_4} \cdot \frac{\cancel{G_6}}{\cancel{G_5}} \cdots \frac{G_n}{G_{n-1}} = R$$

$< \delta$        $< \delta$

## Retinex-Theorie (E. Land u. a. 1971)

- Die Farbempfindung wird von den relativen Helligkeiten in den 3 visuellen Kanälen bestimmt.
- Die relative Helligkeit ergibt sich aus den Verhältnissen sensorischer Reizantworten entlang zufälliger Pfade.

Relative Helligkeit  $R$  in einem Punkt  $B$ :



$$\log R = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N r_k \quad (N \text{ Pfade})$$

$$r_k = \sum_{j=1}^n \delta \cdot \left| \log \frac{G_j}{G_{j-1}} \right|, \quad \delta = \begin{cases} 1 & \text{wenn } \left| \log \frac{G_j}{G_{j-1}} \right| > \gamma \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

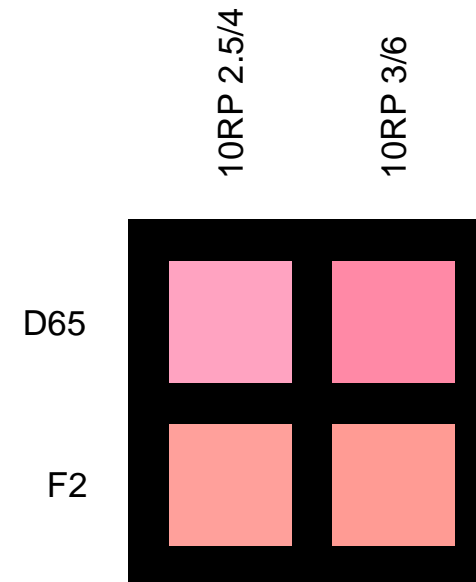
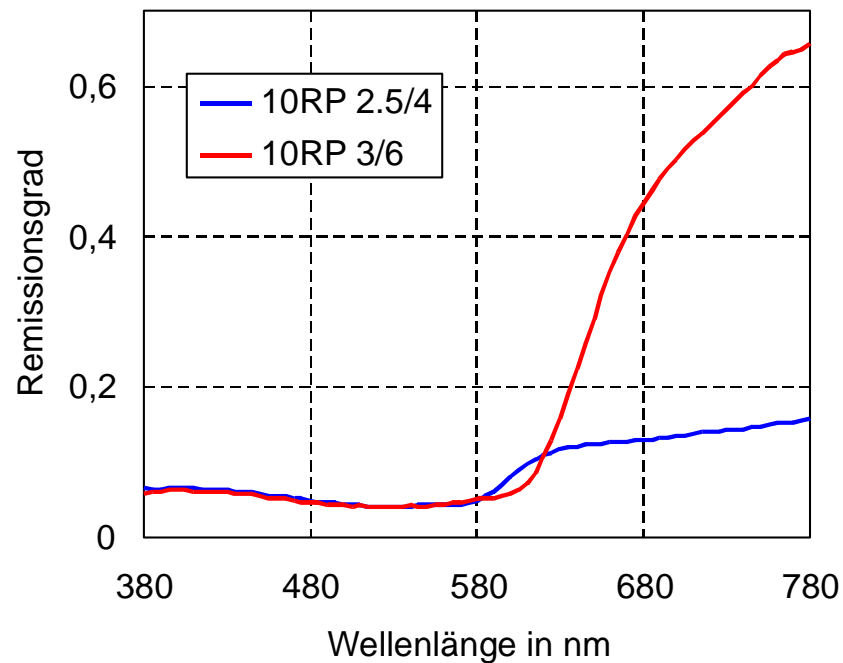
$$\text{Korrektur der Teilsummen } r_{k,m} = \sum_{j=1}^m \delta \cdot \left| \log \frac{G_j}{G_{j-1}} \right|:$$

Wenn ein  $r_{k,m} > 1$  ist, wird  $r_{k,m} = 1$  gesetzt und der Anfang des Pfades verworfen.

## Metamerie

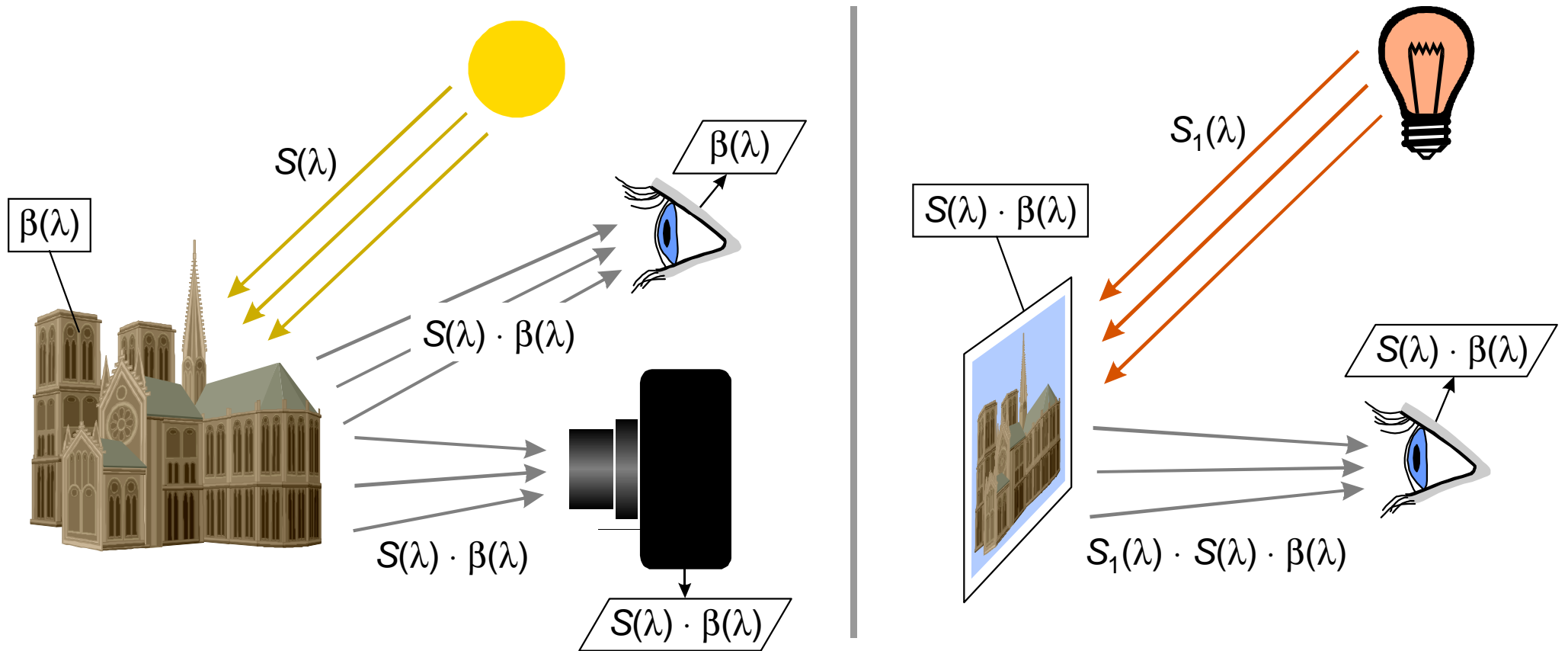
- Farbkonstanz steht im Widerspruch zur Existenz bedingt-gleicher Farben.
- Bei extremer Beleuchtungsänderung werden kleine Farbabweichungen beobachtet (Land u. a.).
- Im Alltag ist der Metamerie-Effekt vernachlässigbar.

Probenpaar aus dem Munsell-Farbkatalog mit dem größten Metamerie-Effekt:



# Automatischer Weißabgleich (AWB) im Überblick

## Zur Notwendigkeit des Weißabgleichs

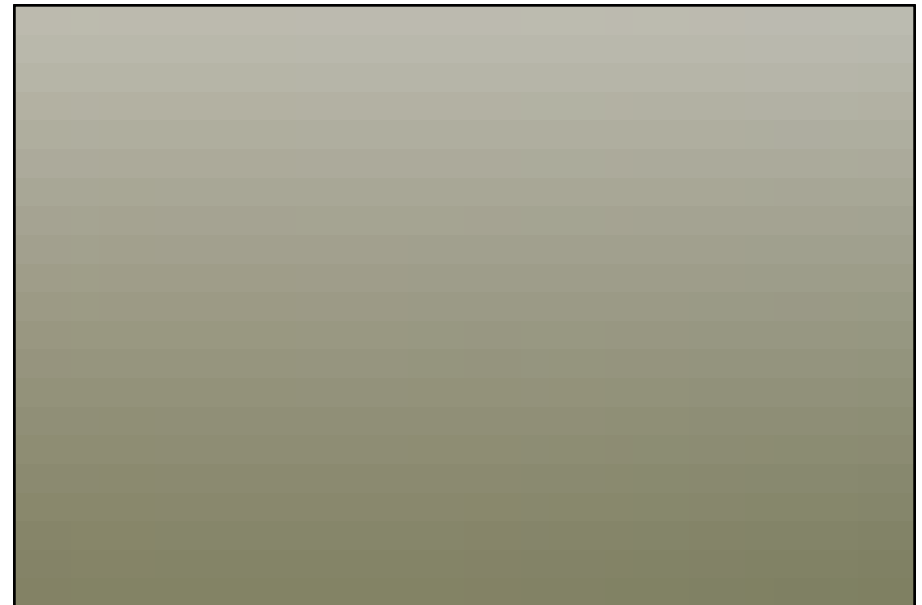


Kamera ohne Weißabgleich

## Annahmen und Prinzipien des AWB

- **Graue-Welt-Hypothese**

Die beobachtete Szene erscheint im Mittel unbunt.





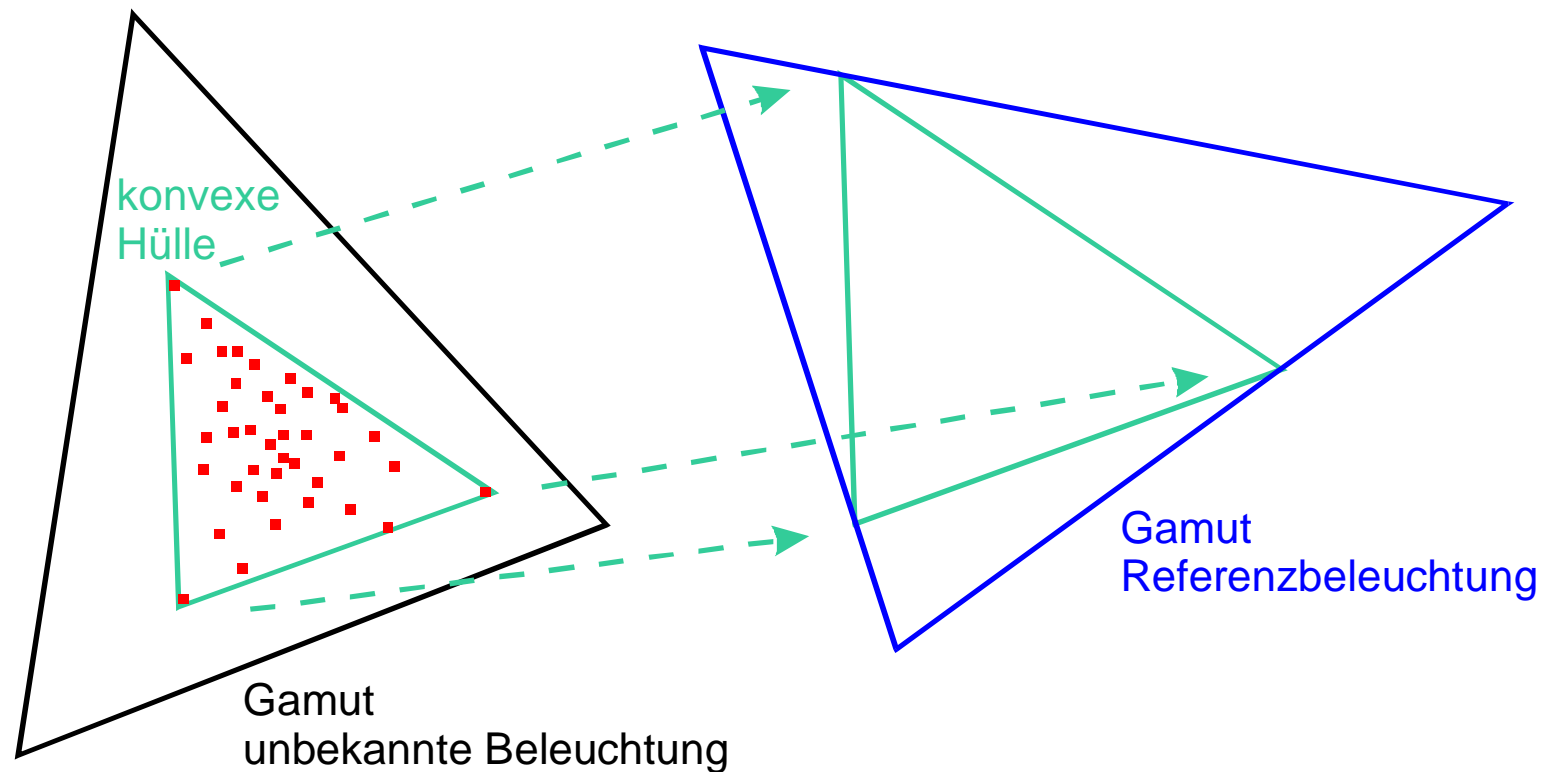
- **Existenz idealer Reflektoren**

Die hellsten und am wenigsten gesättigten Bildbereiche verhalten sich wie wellenlängen-neutrale Reflektoren.



- **Gamut-Mapping**

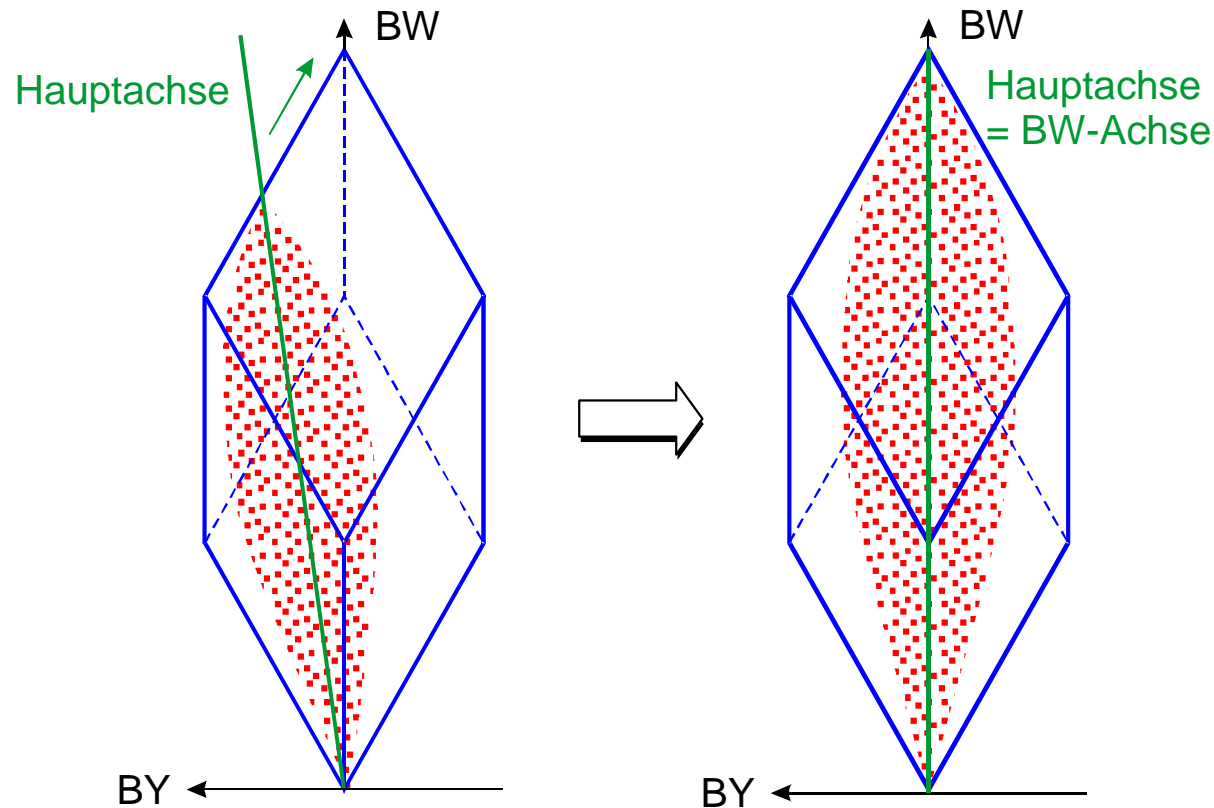
- Gamut = Menge aller Körperfarben bei einer bestimmten Beleuchtung (Farbkörper).
- Einpassen der aufgenommenen Menge von Farbpunkten in den Gamut für die Referenzbeleuchtung (z. B. durch lineare Transformation).



- **Physiologische Aspekte**

Beispiel: Methode nach Pomierski u. a.

1. Lineare Abbildung der RGB-Punkt看ke in den physiologischen Farbraum RG-BY-BW.
2. Lineare Abbildung der Punkt看ke innerhalb RG-BY-BW, so dass die Richtung der ersten Hauptkomponente nach der Abbildung mit der BW-Achse zusammenfällt.
3. Rücktransformation RG-BY-BW  $\rightarrow$  RGB.



## Praktische Durchführung des AWB

### Digitale Verarbeitung des Rohdatenbildes

$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$
$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$
$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$
$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$
$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$	$G'_0$	$R_0$
$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$	$B_0$	$G''_0$

Farbvalenz des Rohdatenbildes:  $\underline{F}_0 = \begin{pmatrix} R_0 \\ (G'_0 + G''_0)/2 \\ B_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_0 \\ G_0 \\ B_0 \end{pmatrix}$

Farbvalenz des Zielbildes:  $\underline{F}_1 = \begin{pmatrix} R_1 \\ G_1 \\ B_1 \end{pmatrix}$

Lineare Transformation:  $\underline{F}_1 = \underline{\underline{M}} \cdot \underline{F}_0$

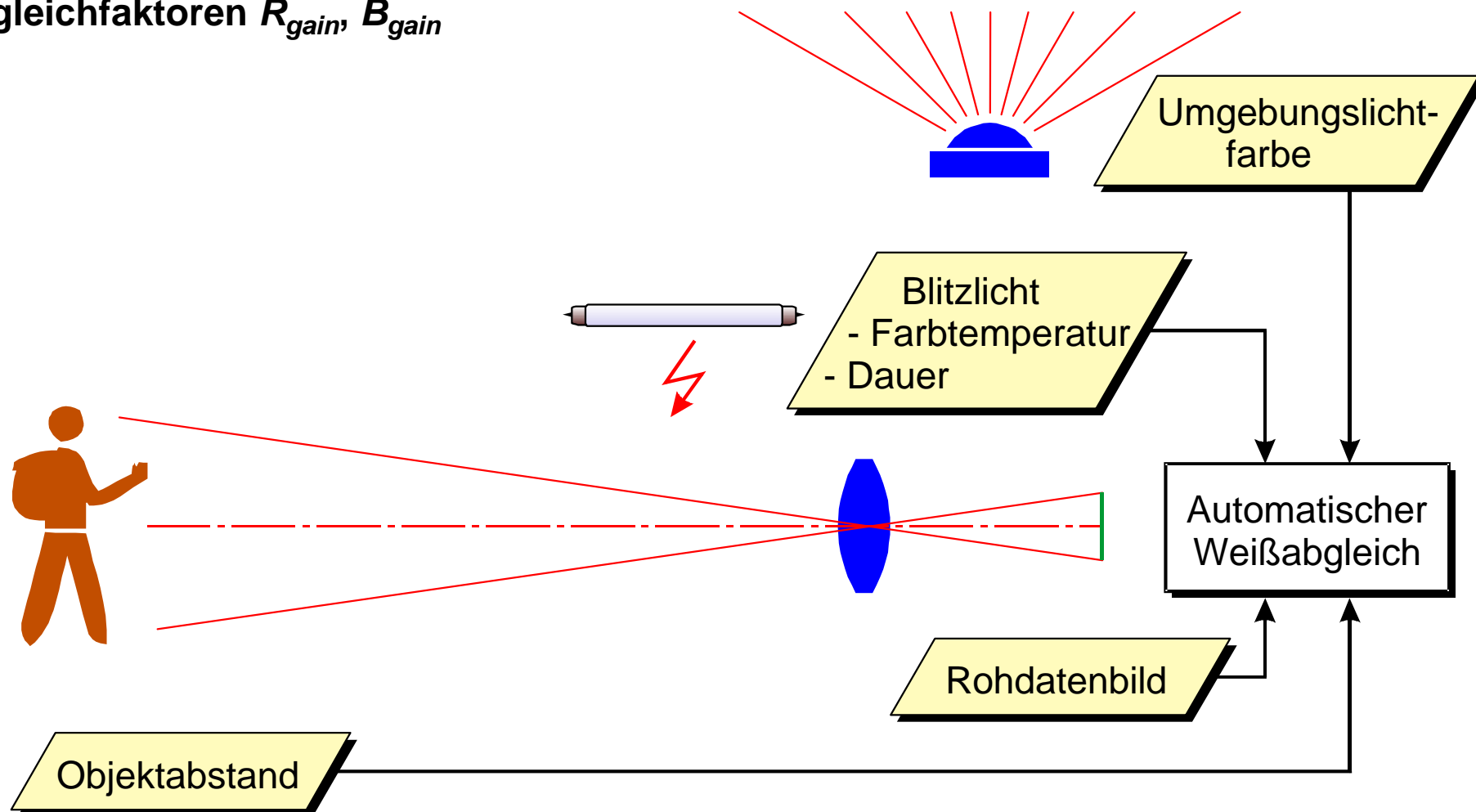
Üblich ist reine Skalierung:

$$\underline{\underline{M}} = \begin{pmatrix} R_{gain} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & B_{gain} \end{pmatrix}$$

$R_{gain}$  = Rotverstärkung

$B_{gain}$  = Blauverstärkung

## Quellen zur Bestimmung der Abgleichfaktoren $R_{gain}$ , $B_{gain}$



## Definition der Rot- und Blauverstärkung für beliebige Farbvalenzen

$$R_{gain} = \frac{G_0}{R_0} \quad B_{gain} = \frac{G_0}{B_0}$$

Verstärkungswerte-Ebene

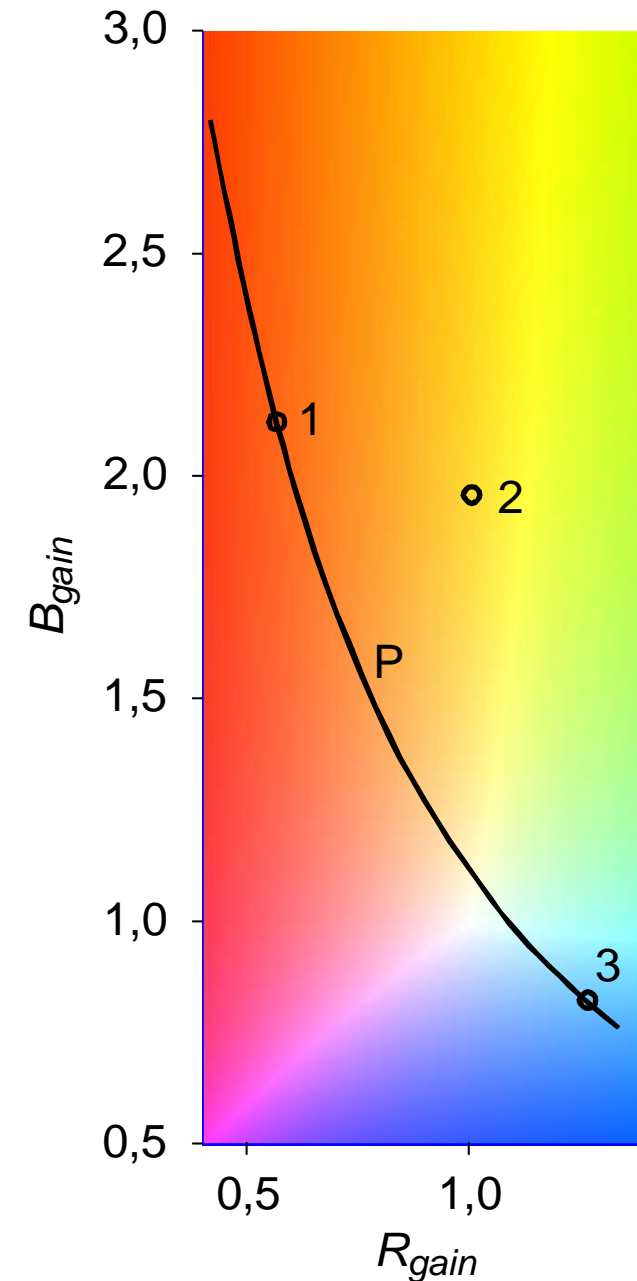
Berechnet für Kodak-Sensor KAF-10010CE

P – Ortskurve der Schwarzen Strahler  
für 2000...10000 K

1 – Glühlampe

2 – Leuchtstofflampe

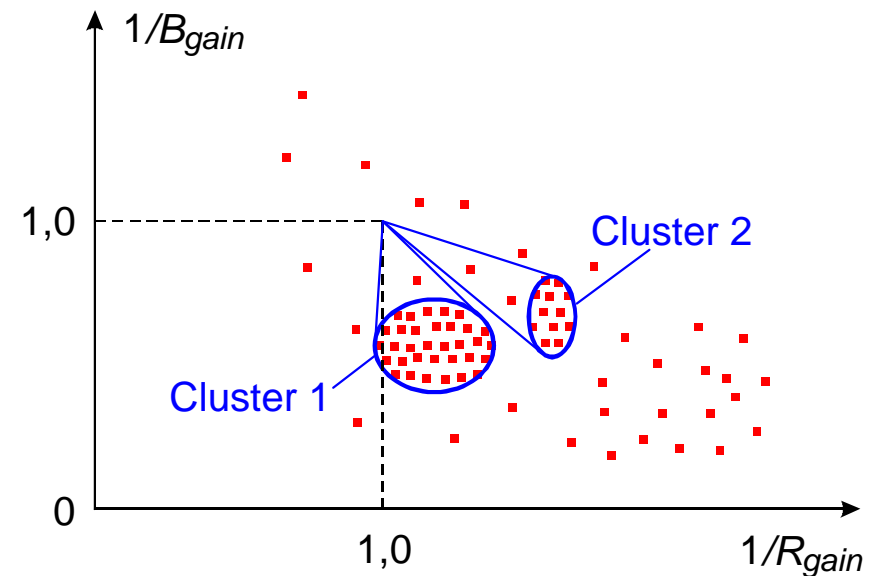
3 – Tageslicht bei Sonnenschein



# Ausgewählte AWB-Verfahren

## Cluster-Verfahren (US 2004212691)

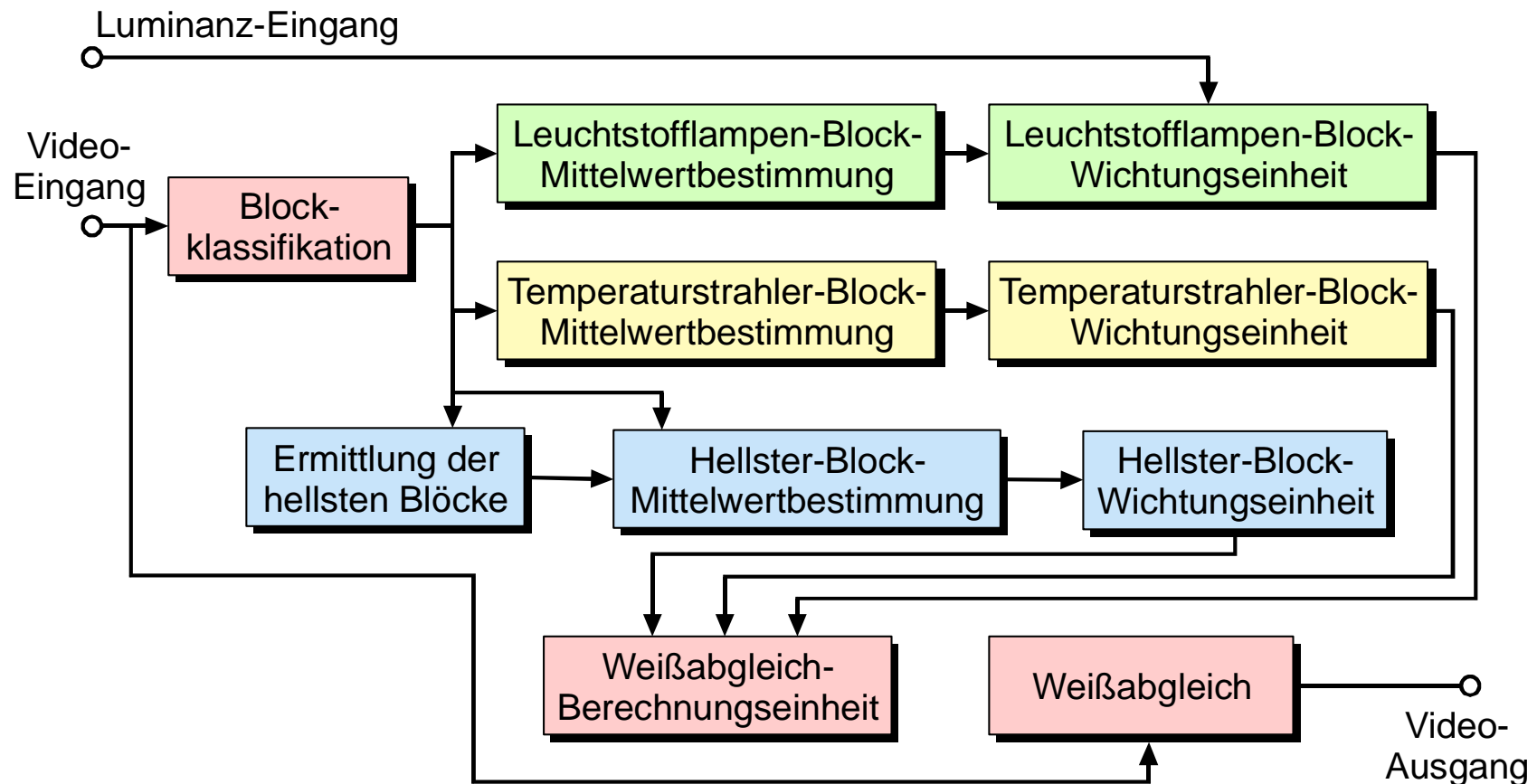
1. Unterteilung des Rohdatenbildes in Blöcke (z. B. 16x16).
2. Mittlere Verstärkungswerte der Blöcke als Punkte im  $(1/R_{gain}, 1/B_{gain})$ -Diagramm auffassen.
3. Abstand der Punkte paarweise berechnen.
4. Punkte, deren Abstand kleiner als ein Schwellwert ist, werden zu Clustern zusammengefasst. Cluster mit wenigen Elementen werden verworfen.
5. „Mittelpunkte“ der verbliebenen Cluster bestimmen.
6. Gewichtetes Mittel der „Mittelpunkte“ definiert Skalierungsfaktoren für AWB.



## Bewertung nach mehreren Lichtquellen (EP 738085)

Bild wird in Blöcke unterteilt, 3 Blockmengen werden getrennt behandelt:

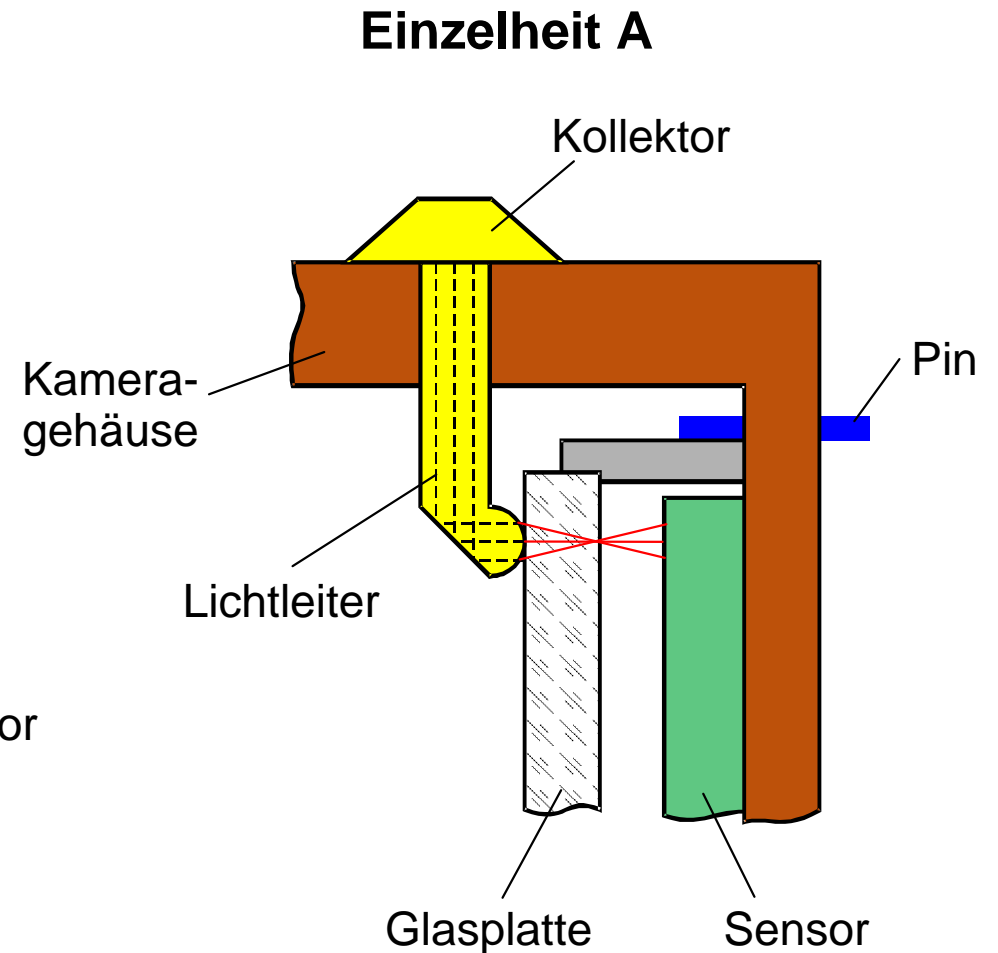
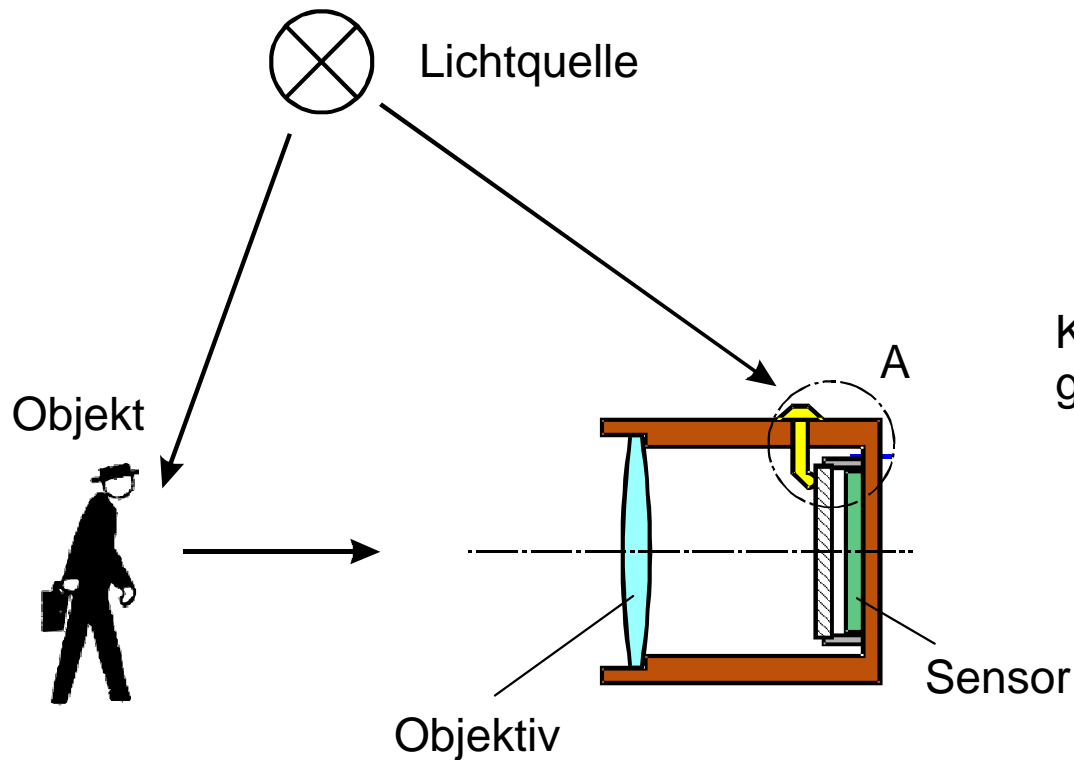
- Menge der hellsten Blöcke
- Menge aller Blöcke, die dem Farbton von Leuchtstoffröhren entsprechen
- Menge aller Blöcke, die dem Farbton von Temperaturstrahlern entsprechen





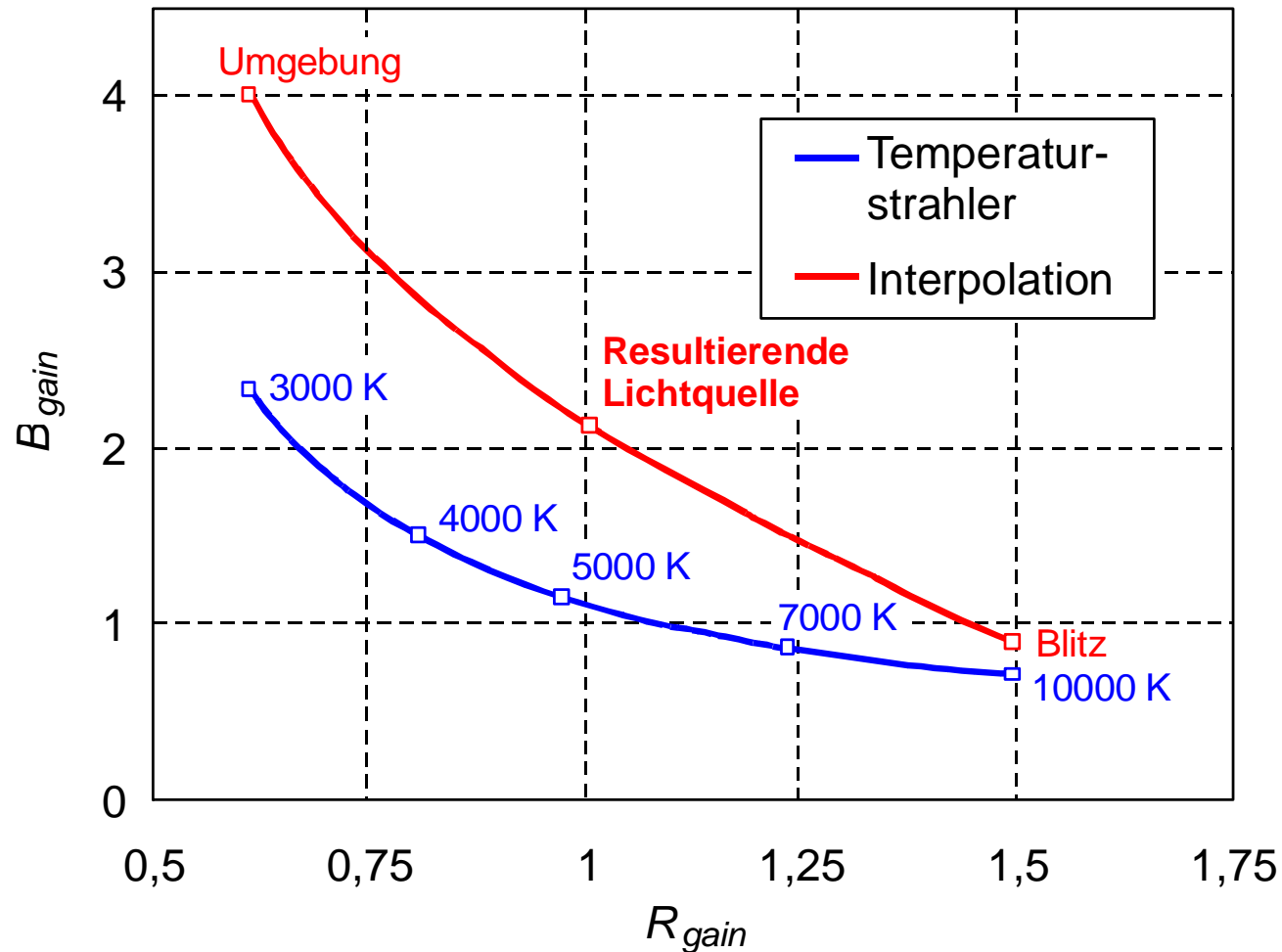
## Aufnahme des Umgebungslichts (DE 19514629)

- Auf einen kleinen Teil des Sensors (Ecke oder Kante) wird diffuses Umgebungslicht mittels Lichtleiter gelenkt.
- Dieser Teil wird nicht zur Abbildung benutzt.



## Interpolation zwischen Blitz- und Umgebungslicht (US 2003030730)

- Blitzlichtanteil folgt aus der Luminanz des Bildes vor dem Blitzen und einer Erfahrungs-LUT.
- Interpolation bezüglich Differenzen zur Ortskurve der Schwarzen Strahler.



---

## Eigene Ergebnisse

- ▶ Ein kombiniertes Verfahren für hochwertige Digitalkameras wurde am ZBS entwickelt.
- ▶ Der Kern-Algorithmus basiert auf der Graue-Welt-Hypothese.
- ▶ Keine Verwendung von Zusatzinformationen.
- ▶ Heuristische Behandlung von Pflanzenfarben („Grün-Abgleich“).

## Bildmotiv „Putzwagen“

manuell



AWB - ZBS



AWB - Referenz 1



AWB - Referenz 2



# Bildmotiv „Testbox“

manuell



AWB - ZBS



AWB - Referenz 1



AWB - Referenz 2

