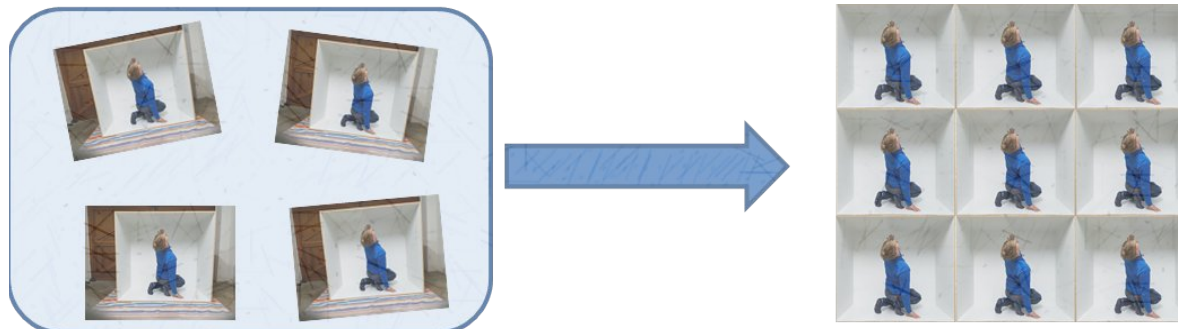


Digitale Bildverarbeitung 1

Einführung in die digitale Bilderverarbeitung
für Informatikstudierende im Bachelor

Vorlesung: Michael Möller – michael.moeller@uni-siegen.de

Übungen: Hannah Dröge – hannah.droege@uni-siegen.de



Bislang:

- Nahezu alle Algorithmen auf Graubildern
- Aussage: Rauschmodelle nur „auf Rohdaten“ realistisch

Nächstes Ziel:

- Wie entstehen die Bilder mit denen wir im Computer arbeiten (was sind Rohdaten)
- Wie kann man Algorithmen auf Farbbilder erweitern?

Rohdaten einer Kamera direkt angezeigt

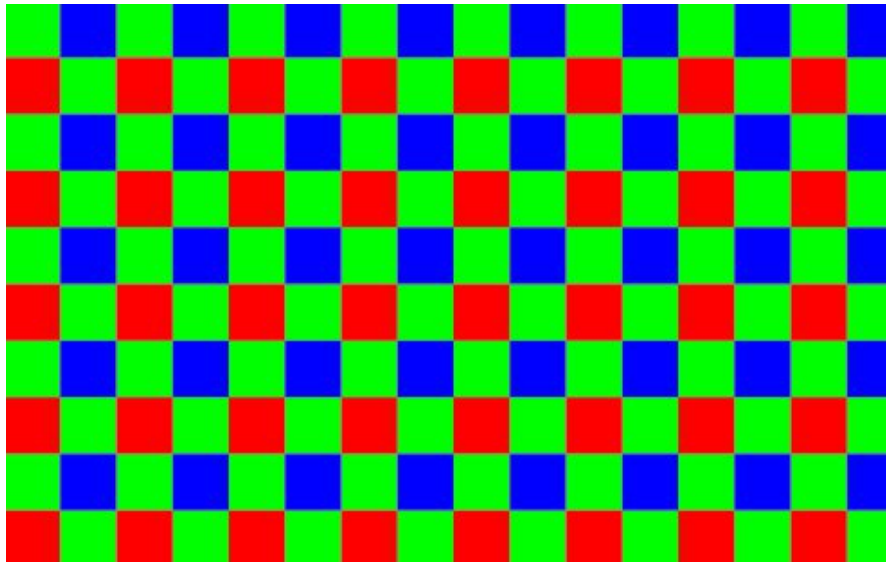


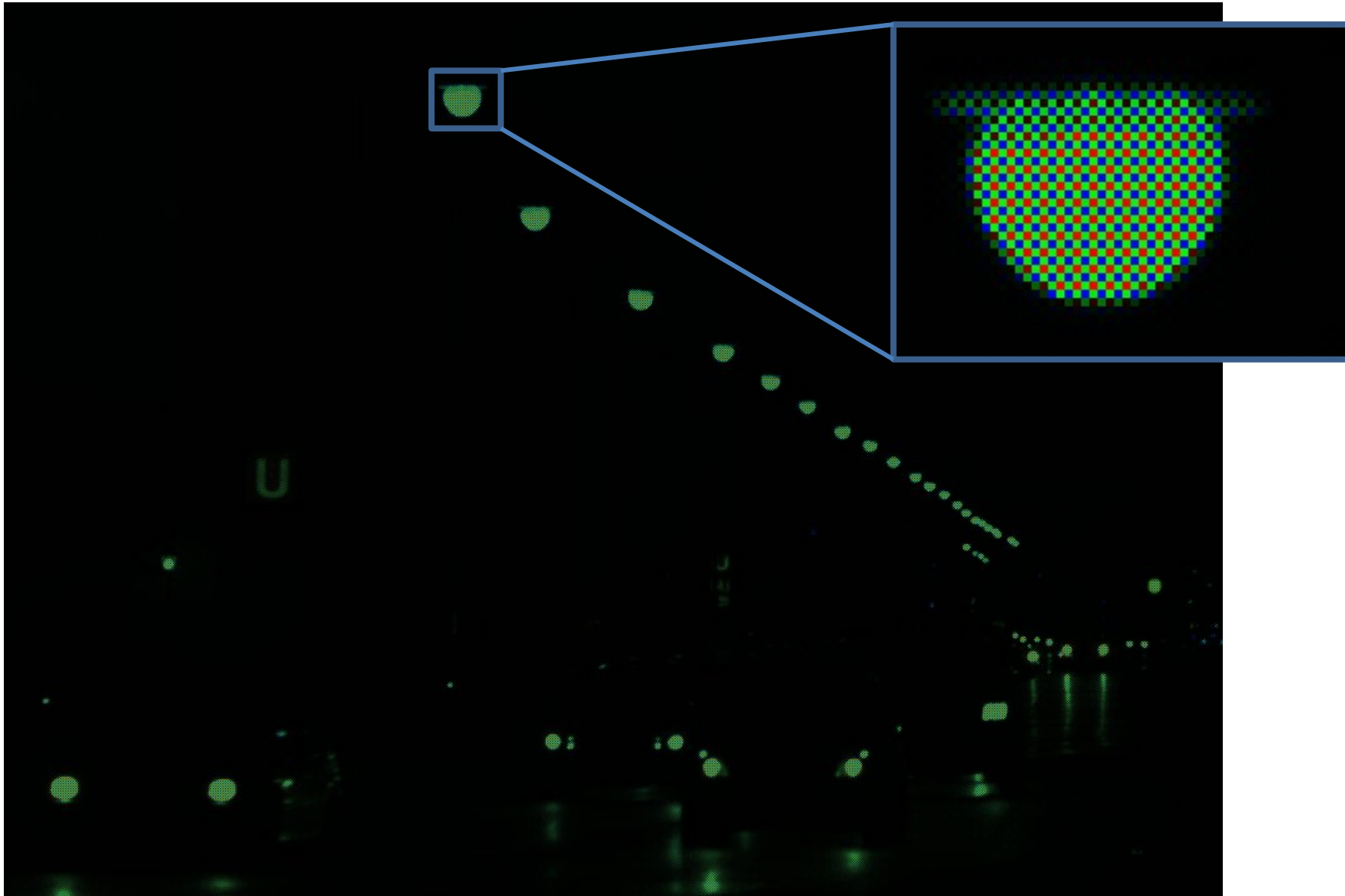
Nur ein Kanal: Graubild

Und: Lichtintensität (vom Sensor aufgezeichnet) entspricht offensichtlich nicht der menschlichen Wahrnehmung

Zunächst: Warum sehen wir ein Graubild?

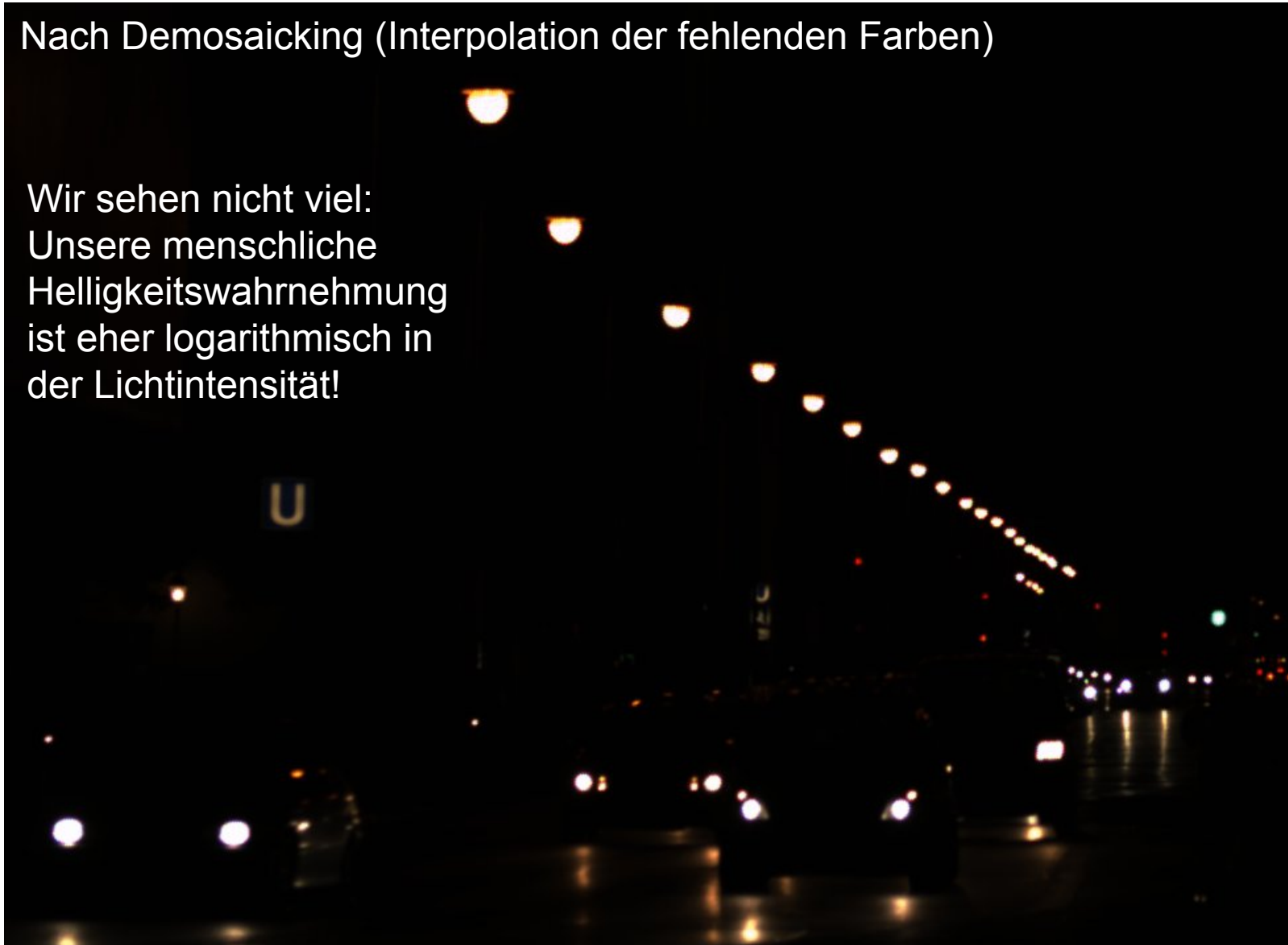
- Die meisten Kameras; Nur eine Farbe pro Pixel!
- Farbfilter vor den Sensoren lassen nur bestimmte Wellenlängen durch
- Häufigstes Layout: Bayer Pattern





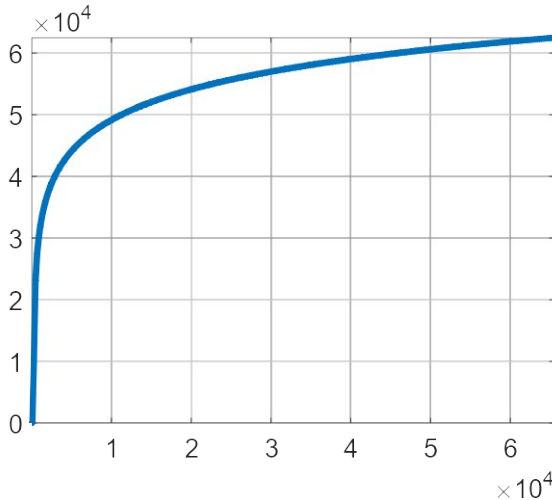
Nach Demosaicking (Interpolation der fehlenden Farben)

Wir sehen nicht viel:
Unsere menschliche
Helligkeitswahrnehmung
ist eher logarithmisch in
der Lichtintensität!

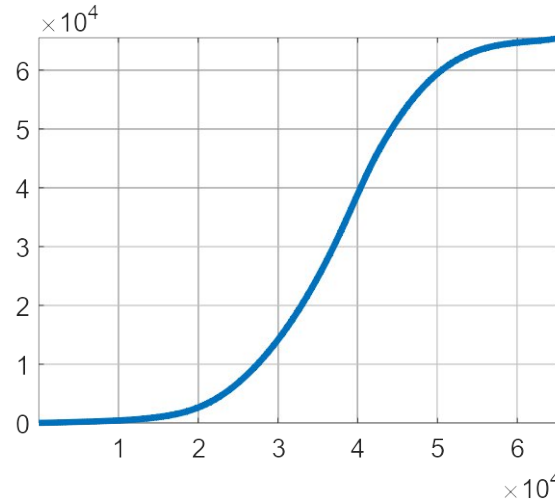


Nach Logarithmischer Transformation

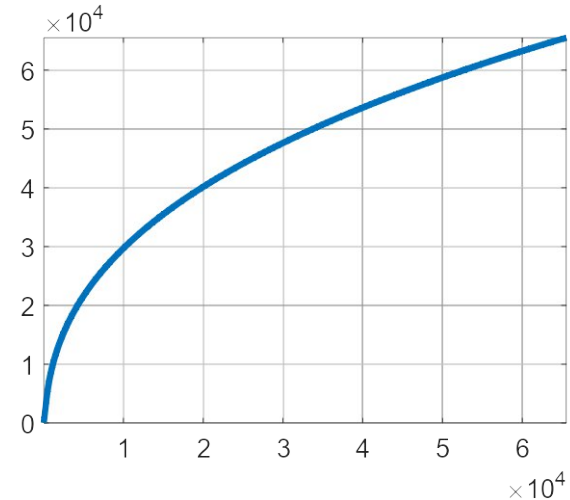




Logarithmische Transformation

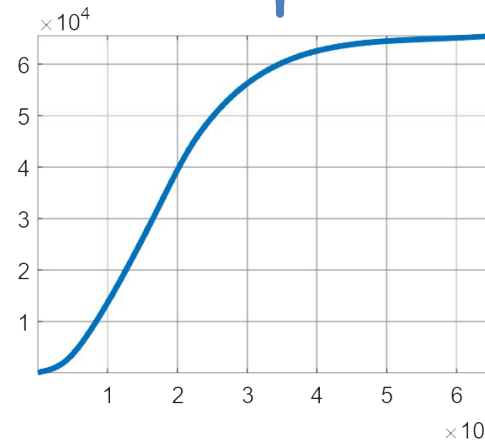


Tonemapping



Gamma Korrektur

Transformationen um das Bild interessant und realistisch zu machen. Insbesondere wird so die menschliche Helligkeitsempfindung besser reproduziert.

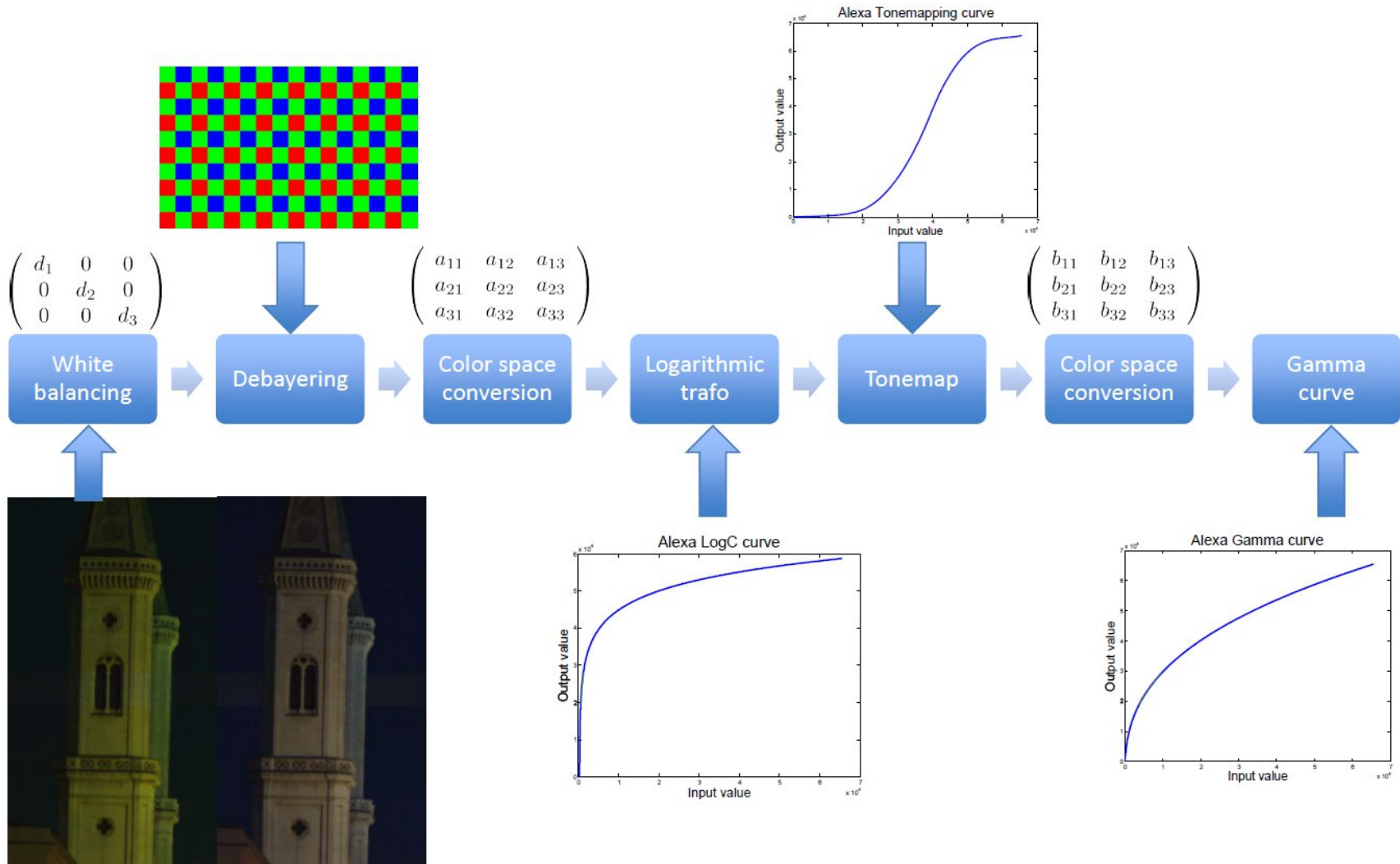


Bilder und Transformationen von Andriani et al., "Beyond the Kodak image set: A new reference set of color image sequences", 2013.

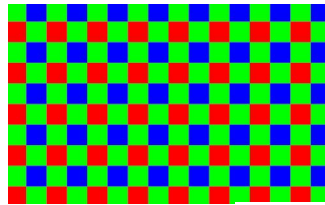
Fertig prozessiertes Bild



Tatsächlich geschieht sogar noch mehr: Die **Farben** müssen „umgerechnet“ werden

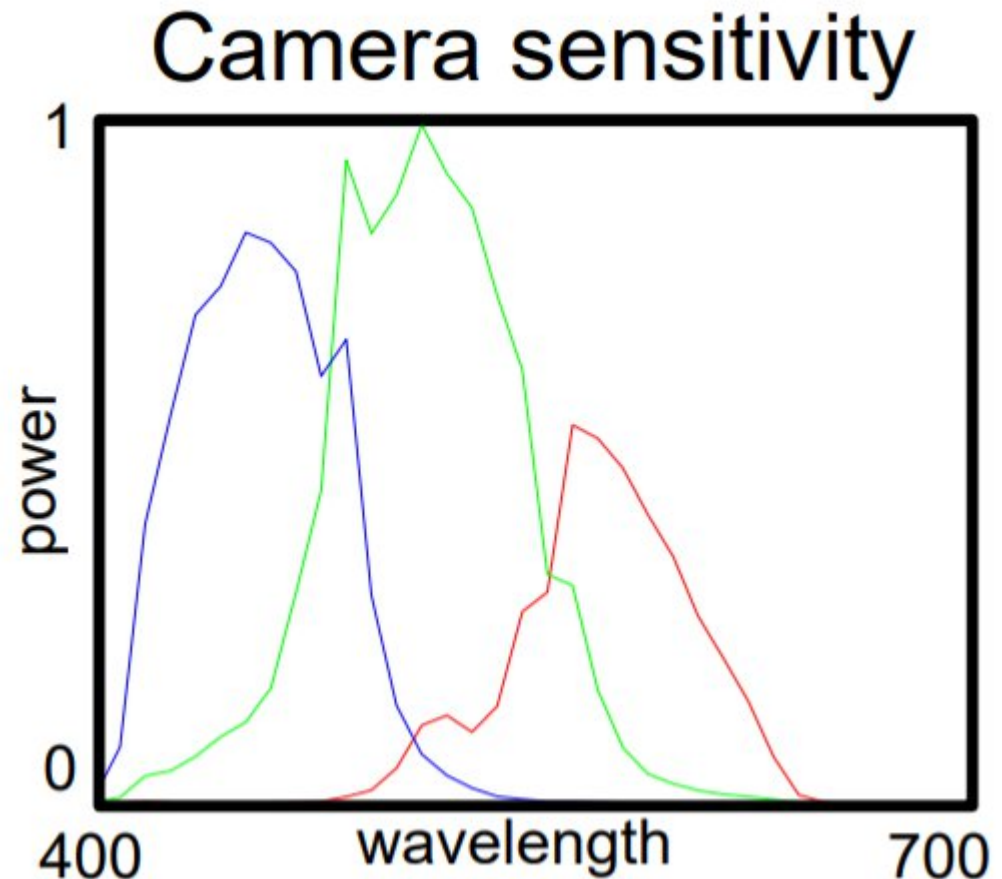


Was verbirgt sich hinter



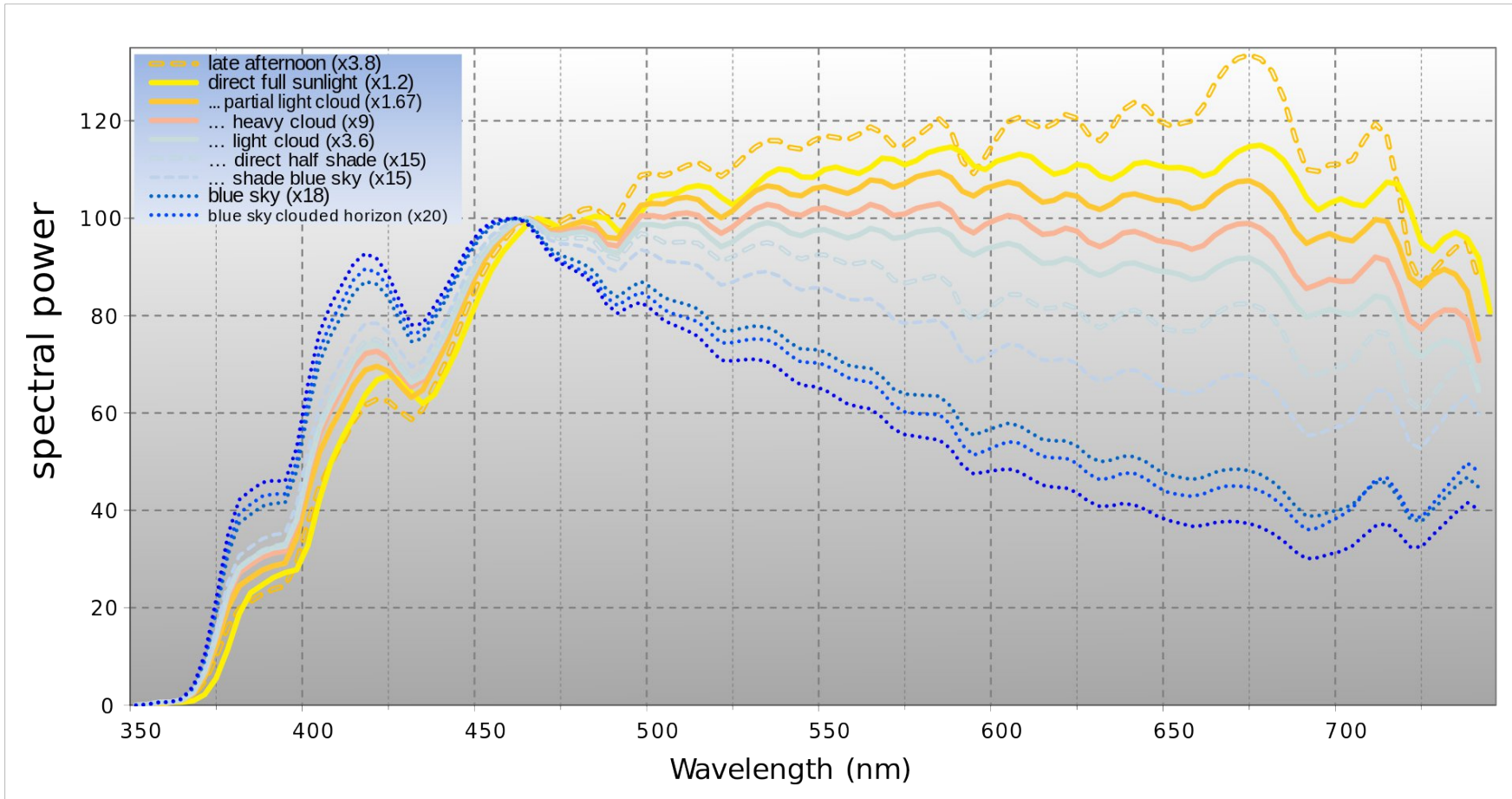
?

Licht bestimmter Wellenlängen wird
von der Kamera unterschiedlich
stark wahrgenommen:



From: Karaimer and Brown, "Improving Color Reproduction Accuracy on Cameras", 2018

Was für Licht trifft auf die Kamera?



<https://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>

Was für Licht trifft auf die Kamera?



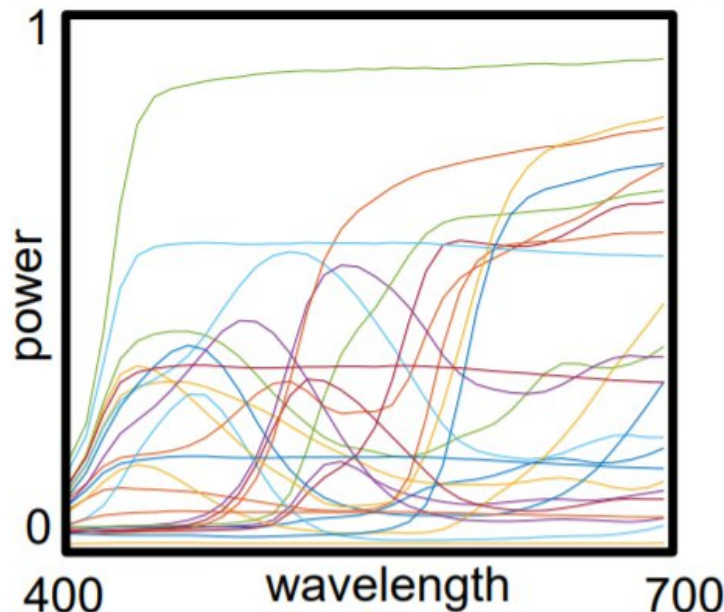
Free, Printable Munsell ColorChecker Chart



Corresponding RGB number is in each box, source <https://en.wikipedia.org/wiki/ColorChecker>

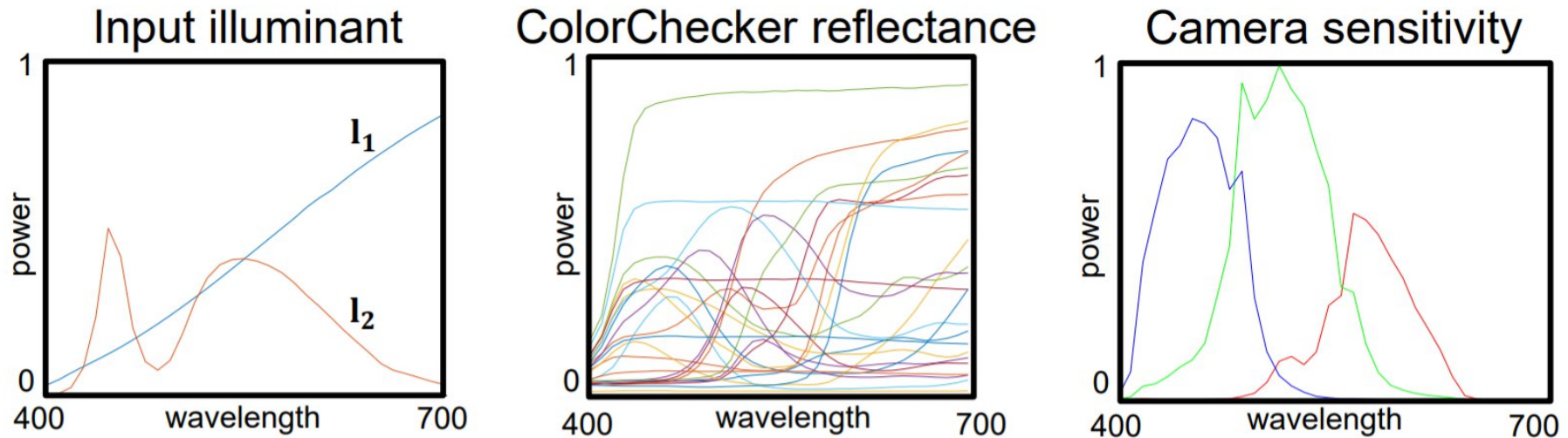
<https://en.wikipedia.org/wiki/ColorChecker>

ColorChecker reflectance



From: Karaimer and Brown, "Improving Color Reproduction Accuracy on Cameras", 2018

Die Integration über das Produkt von Beleuchtung, Reflektanz des Objektes und der Empfindlichkeitskurve der Kamera, führt zum Farbwert am jeweiligen Pixel.



From: Karaimer and Brown, "Improving Color Reproduction Accuracy on Cameras", 2018

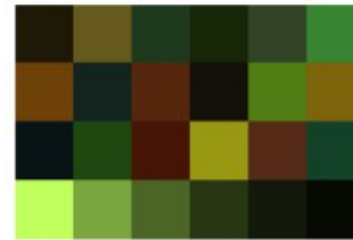
$$X \propto \int I_{illu}(\lambda) I_{reflect}(\lambda) I_{cam}^R(\lambda) d\lambda$$

$$Y \propto \int I_{illu}(\lambda) I_{reflect}(\lambda) I_{cam}^G(\lambda) d\lambda$$

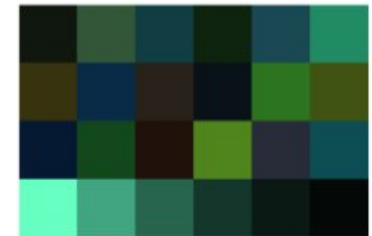
$$Z \propto \int I_{illu}(\lambda) I_{reflect}(\lambda) I_{cam}^B(\lambda) d\lambda$$

Sich daraus ergebendes Problem:

Farbwerte ändern sich massiv mit dem Illuminant! Viel mehr als in der menschlichen Wahrnehmung!



2500°K



6500°K

Daher ist der erste Schritt in der Prozesskette einer Kamera oft das White-Balancing, eine Anpassung der Farben.

Technisch ist dies eine Multiplikation jedes XYZ-Wertes mit einer Diagonalmatrix

$$X \leftarrow c_r X$$

$$Y \leftarrow c_g Y$$

$$Z \leftarrow c_b Z$$

Umsetzung in der Photographie: Graukarte, die das Licht gleichmäßig reflektiert.

Automatische Algorithmen: Bestimmte Annahmen an das Bild, z.B. der Mittelwert ist Grau.

Demo: Webcam dieses Computers!

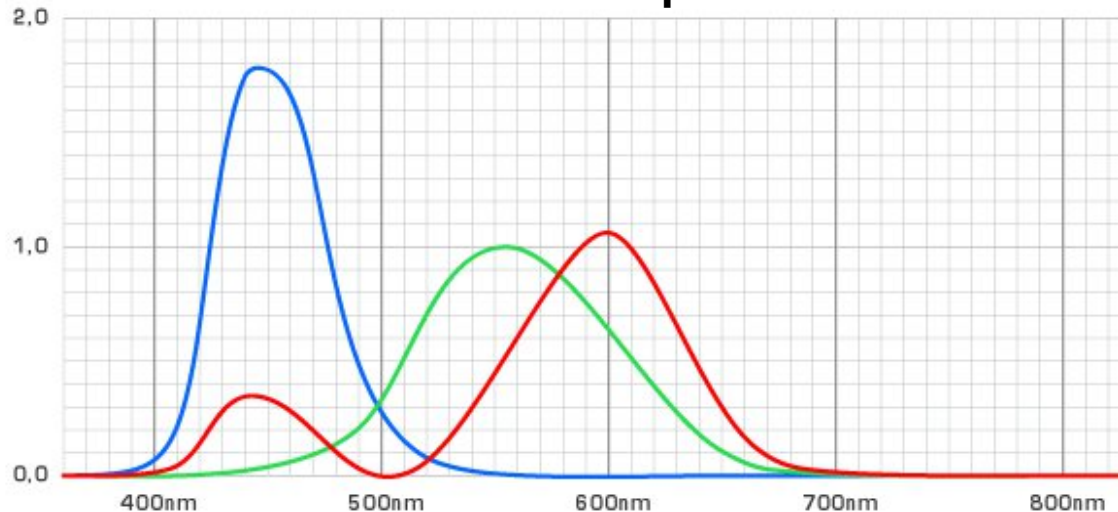


<https://de.wikipedia.org/wiki/Graukarte>

Zweites Problem: Die Empfindlichkeiten der Kamera können die menschlichen Empfindlichkeiten nicht genau repräsentieren.

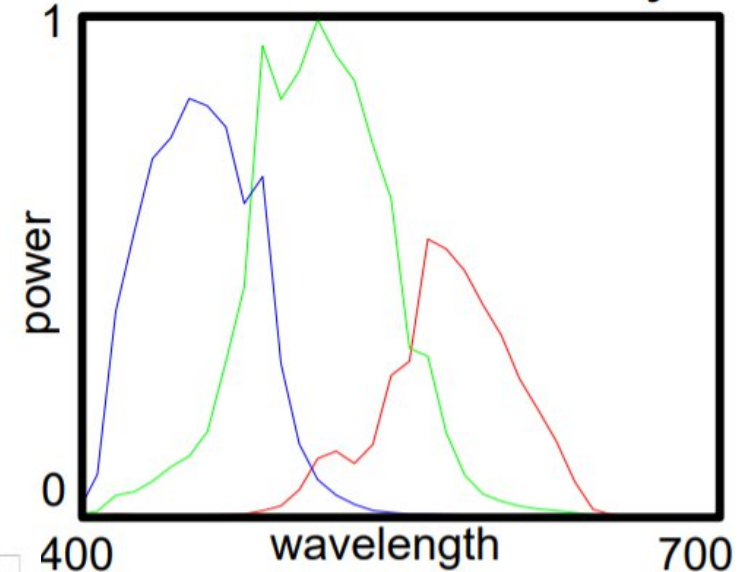
Hier muss man mit einer approximativen Korrektur Vorlieb nehmen.

Menschliche Farbempfindlichkeiten



<https://de.wikipedia.org/wiki/CIE-Normvalenzsystem>

Camera sensitivity



Korrekturmöglichkeiten sind lineare Abbildungen, oder Erweiterungen, z.B. root polynomials, siehe

Finlayson et al, "Color Correction Using Root-Polynomial Regression", 2015

Dritte Schwierigkeit: Die Abbildung der menschlich wahrnehmbaren Farben durch den Computerbildschirm.

Jeder Bildpunkt des Bildschirms zeigt eine Farbe, die als Mischung dreier Beleuchtungen in Rot, Grün und Blau gebildet wird.

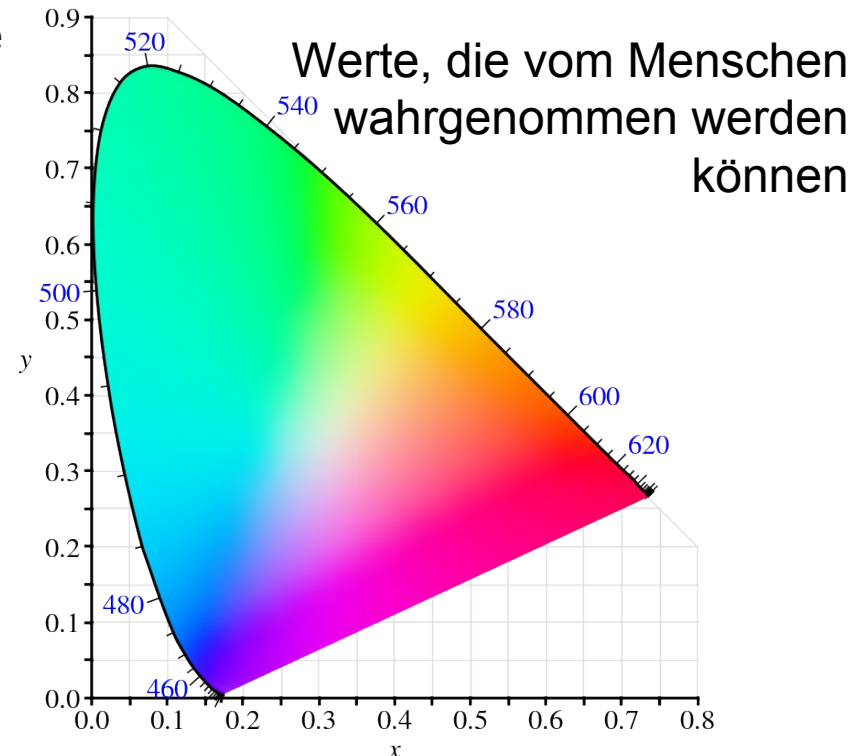
Konsequenz: Nicht jeder Farbreiz kann vom Computer generiert werden.

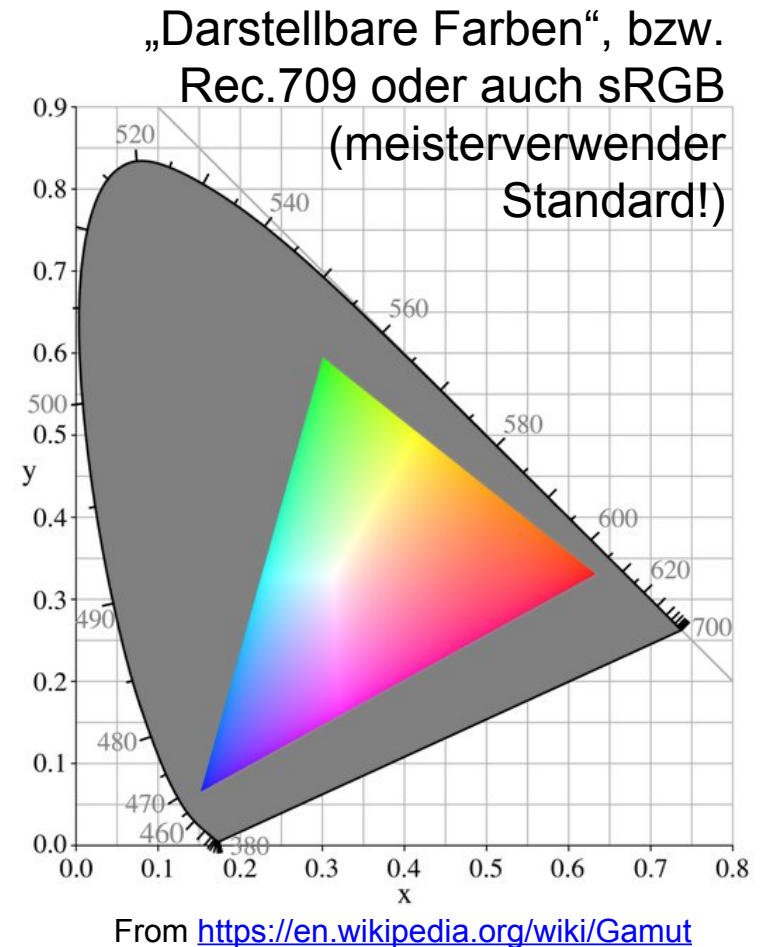
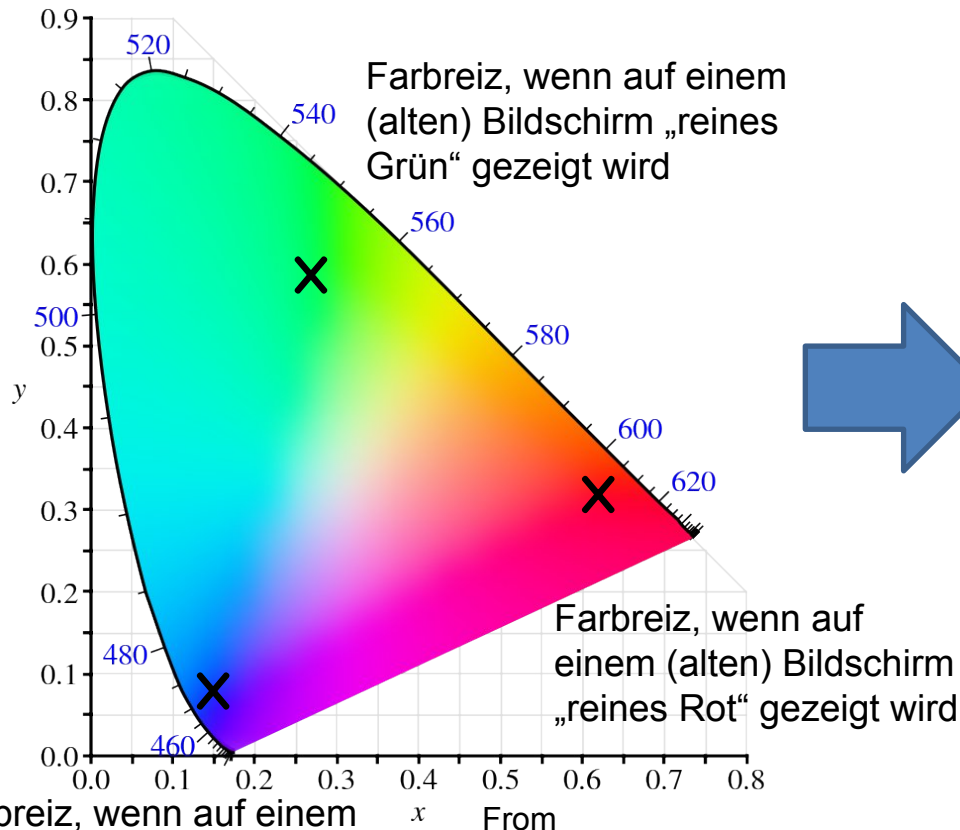
Um über Farben zu sprechen, macht man die X, Y, Z Werte zunächst einmal Intensitätsunabhängig:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

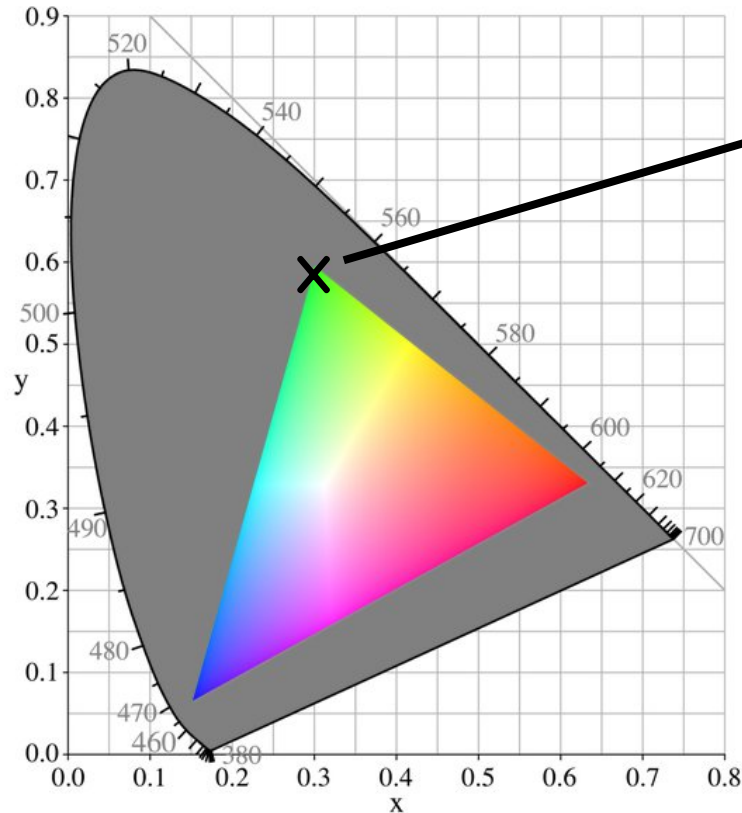
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y$$





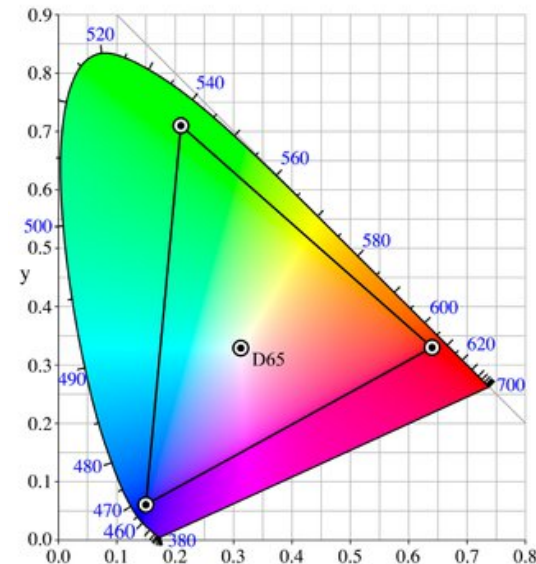
Schöne kurze Zusammenfassung: <https://help.ubuntu.com/stable/ubuntu-help/color-whatisspace.html.en>



From <https://en.wikipedia.org/wiki/Gamut>

Dies ist auch heute noch der Farbreiz, den ein Computer versucht zu generieren, wenn wir $[0,1,0]$ (bzw. $[0,255,0]$) kodieren.

Jenseits dessen müssen wir den Farbraum wechseln/erweitern, z.B. zu AdobeRGB and ProPhotoRGB.



From: <https://de.wikipedia.org/wiki/Adobe-RGB-Farbraum>

Was sind übliche Strategien, um Algorithmen (z.B. Entrauschen, Kompression, Schärfen, etc.) auf Farbbildern auszuführen?

Einfachste Möglichkeit: Auf jedem Kanal einzeln

Andernfalls: Umrechnung in einen anderen Farbraum, z.B.

$$\begin{pmatrix} Y \\ Pb \\ Pr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.1687 & 0.3313 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

(nach Offset und Quantisierung das, was das JPG Format verwendet), oder

$$\begin{pmatrix} v \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{2} & 0 & -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{6} & -2/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

(wird z.B. im Denoising Paper verwendet, welches wir nachimplementiert haben)

Nächstes Übung:

Wir verwenden

$$\begin{pmatrix} v \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{2} & 0 & -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{6} & -2/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Und probieren einmal aus, wie sich unsere bekannten Filter in diesen anderen Farbräumen auswirken, insbesondere bzgl. Ihres Effekts auf den unterschiedlichen Kanälen.