

# **Kompakte Einführung in die Astrofotografie**

Martin Elsässer, Markus Bentz  
Volkssternwarte München

# Präambel

- Ein weites Feld
- “Pretty Pictures”
- Nicht trivial, erfordert Zeit und Geduld
- Nutzen Sie die Möglichkeiten an der VSW!
- Finanzielles...
- Alleine ist es NICHT einfacher!

# Gaaanz grob:

1. Die Sterne leuchten
2. Optik konzentriert das Licht auf den Sensor
3. Sensor sammelt das Licht während der Belichtungszeit
4. Lichtmenge (Helligkeit) wird pro Pixel gemessen
5. Helligkeitswerte werden als Bild gespeichert
6. Wir nutzen „Geeignete Aufnahmetechniken“
7. Optimierte Bildbearbeitung macht was tolles draus
8. Applaus des Publikums

# Pretty pictures

# Herausforderungen

- Allgemeine Motivwahl und Bildgestaltung
- Wetter
- Bewegung des Motivs durch Erddrehung und ggf. zusätzliche Eigenbewegung
- Lichtschwache Motive
- Kleine Motive
- Motive mit großen Helligkeitsunterschieden
- Zeitaufwand

# Fototheorie

# Der Optikdurchmesser

- Der freie Optikdurchmesser bestimmt wieviel Licht gesammelt wird.
- Je mehr Licht, desto besser.
- Durch eine eingebaute Blende kann die Öffnung ggf. verkleinert werden

# Die Brennweite

- Die Brennweite der Optik bestimmt den **Bildmaßstab** auf dem Sensor
- Sensorabmessungen und Brennweite bestimmen den Ausschnitt am Himmel

# Aufnahmeparameter

- Qualität: maximal, RAW-Modus
- Belichtungszeit
- Blende
- ISO-Einstellung (Gain), falls vorhanden
- (Anzahl der Einzelbilder)

# Die Belichtungszeit

- Je länger belichtet wird, desto mehr Licht wird gesammelt, desto lichtschwächere Objekte werden sichtbar
- Zu viel gesammeltes Licht kann Teile des Bildes zerstören
- Lange Belichtungszeiten bringen technische Probleme mit sich
- Oftmals werden lange Belichtungszeiten durch Kombination von Bildserien erreicht







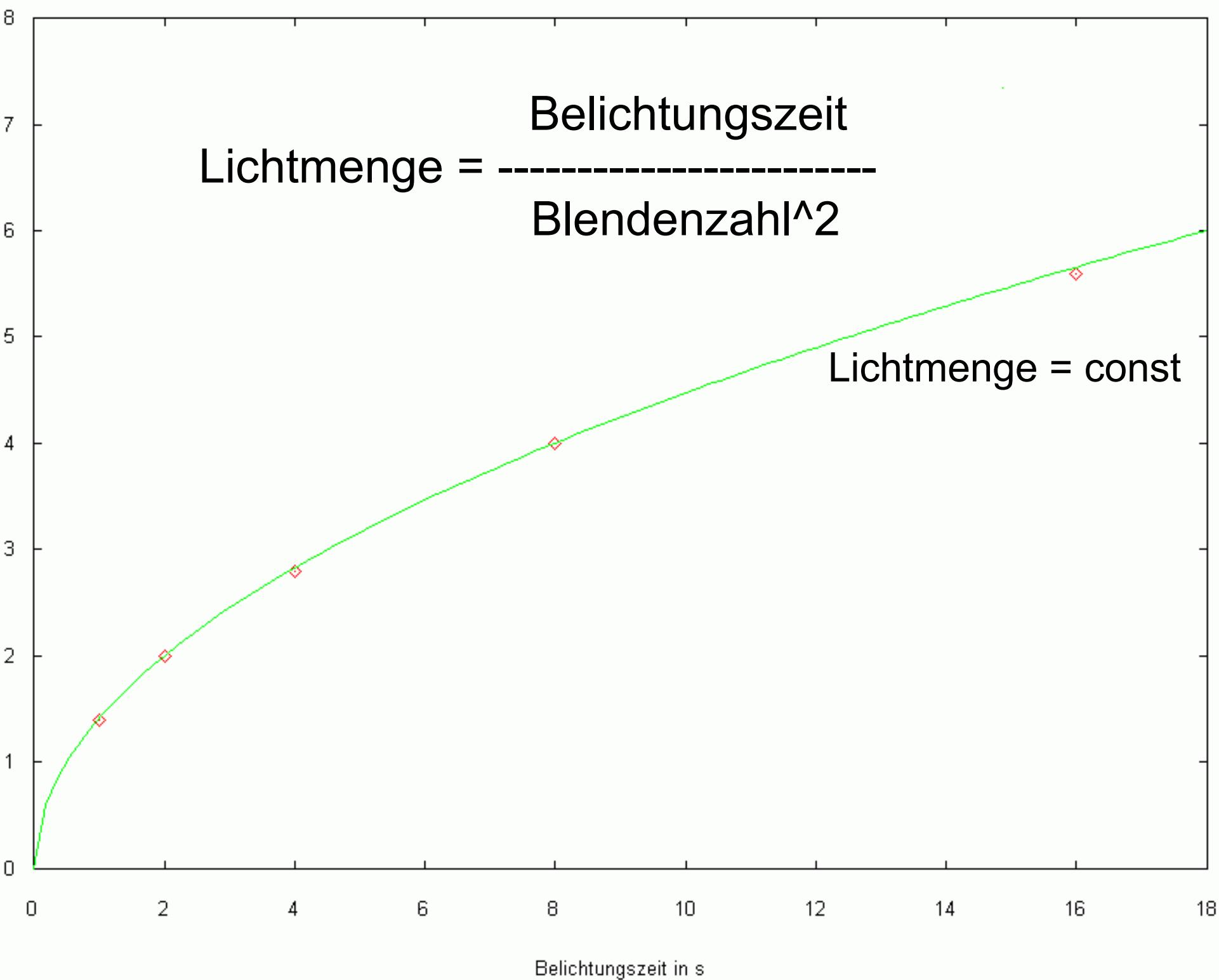
# Die (mechanische) Blende

- Die Blendenzahl (Symbol N) bestimmt die Größe der Eintrittsöffnung für das Licht, im Verhältnis zur Brennweite
- Je „größer die Blende“, desto heller wird das Bild flächiger Objekte, unabhängig von f
- Je größer die Blendenöffnung, desto schwächeren Sterne werden erkennbar
- „Kleine“ Blenden (große N) erzeugen meist schärfere und gleichmäßige Bilder

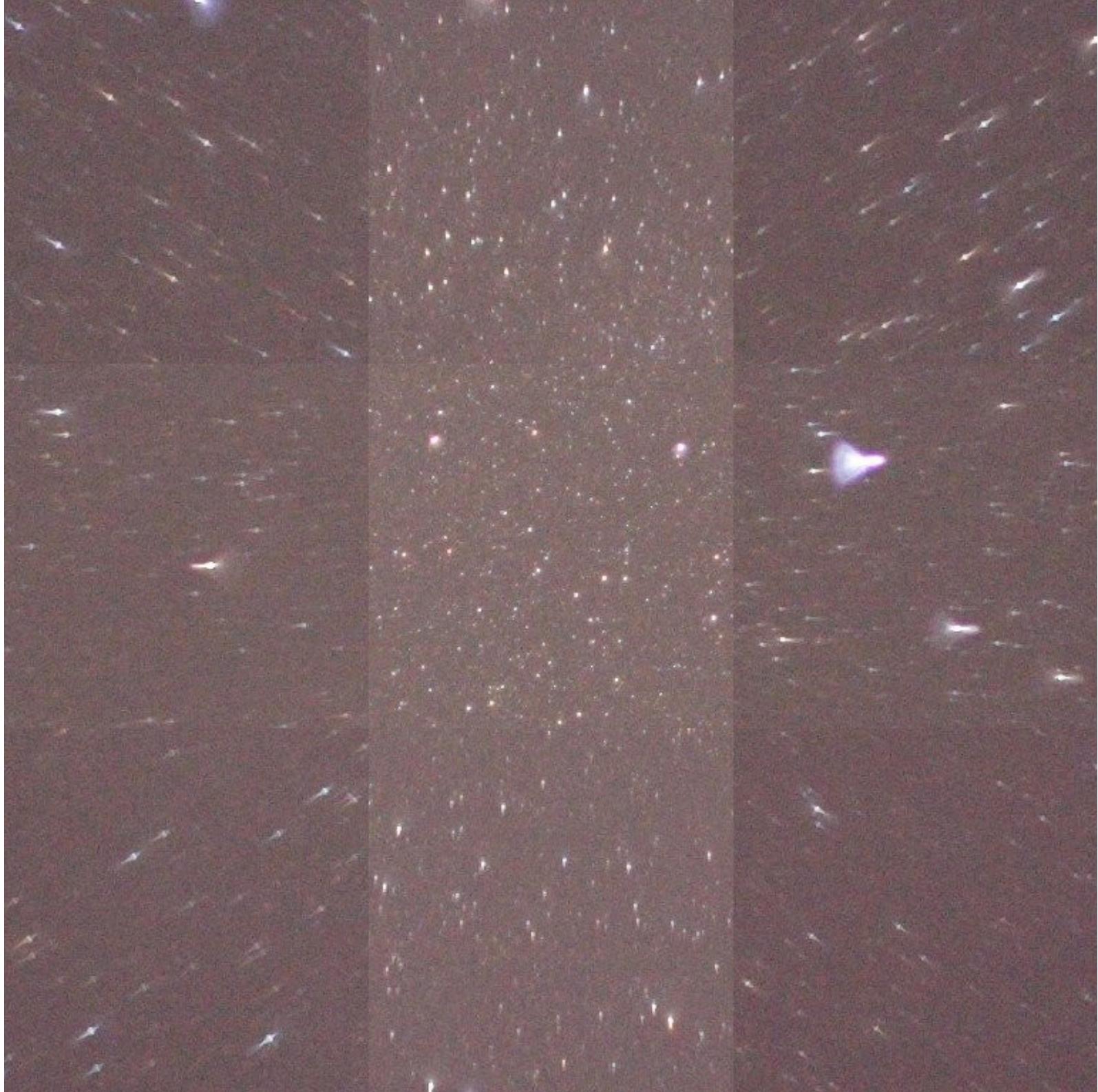
Belichtungszeit  
Lichtmenge = -----  
Blendenzahl^2

Lichtmenge = const

Blendenzahl N



$N = 1.4$   
 $t = 1s$



$N = 2.8$   
 $t = 4s$



$N = 5.6$   
 $t = 16s$



# ISO Einstellung / Gain

- ISO Einstellung = Verstärkung der Kamera bei der Umwandlung der Lichtmenge in das digitale Signal
- Verstärkung von Helligkeit UND störenden Effekten in der Kamera (z.B. Rauschen)
- Gute Kameras haben auch bei hohen ISO Werten relativ wenig Rauschen

**Digitale Helligkeit = ISO x Belichtungszeit**

ISO Wert

1800

1600

1400

1200

1000

800

600

400

200

0

Belichtungszeit in s

**Helligkeit = const**

0

2

4

6

8

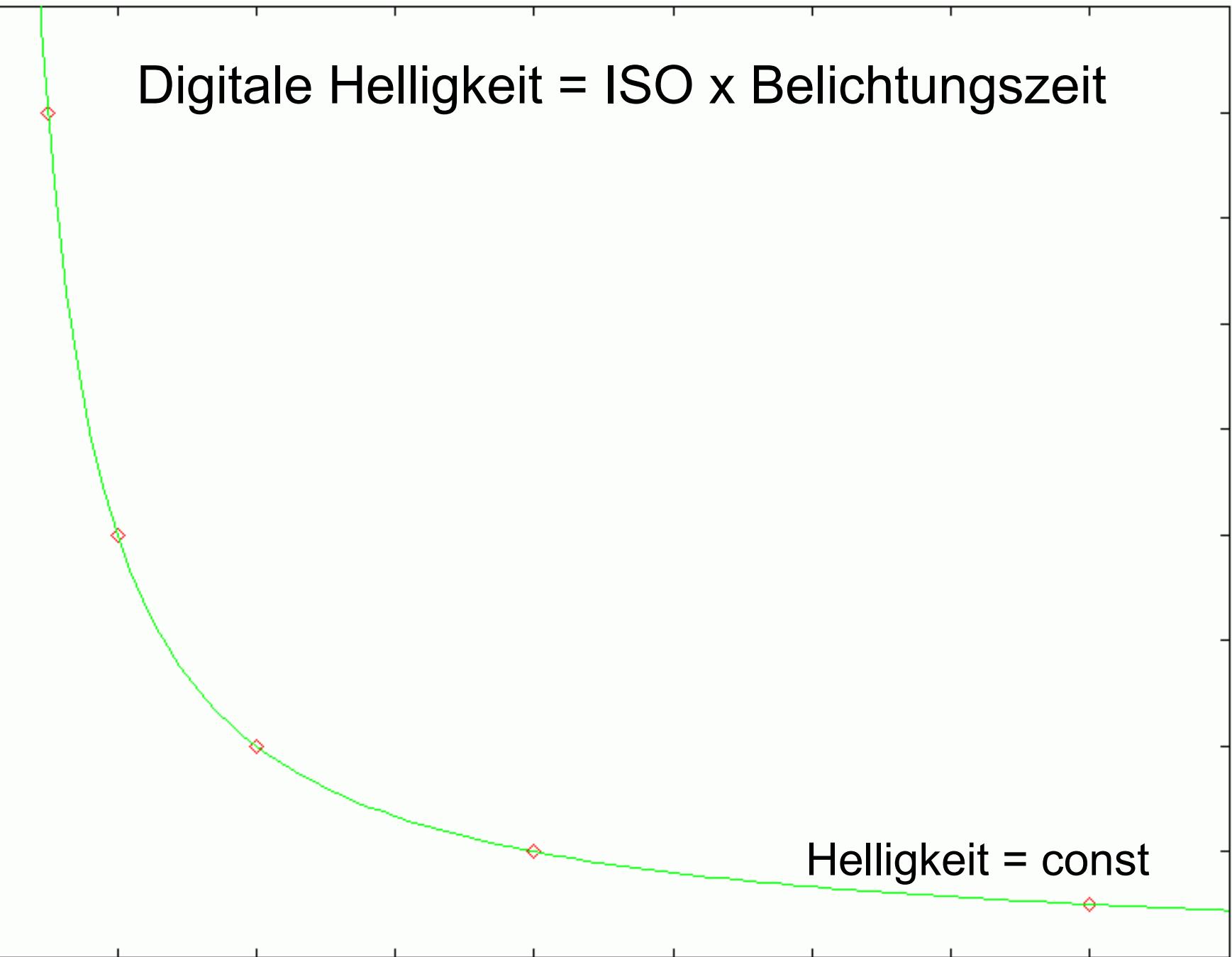
10

12

14

16

18



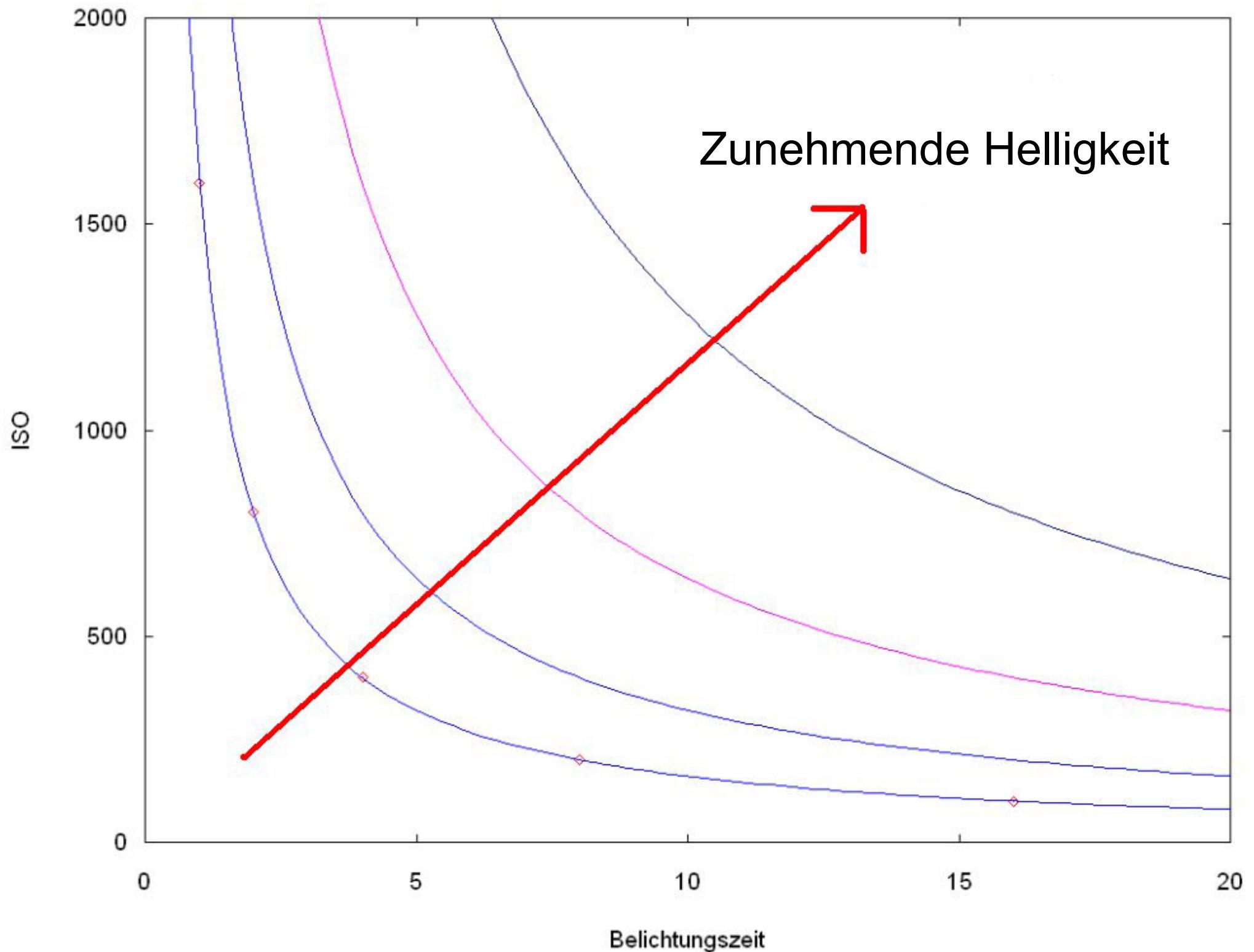


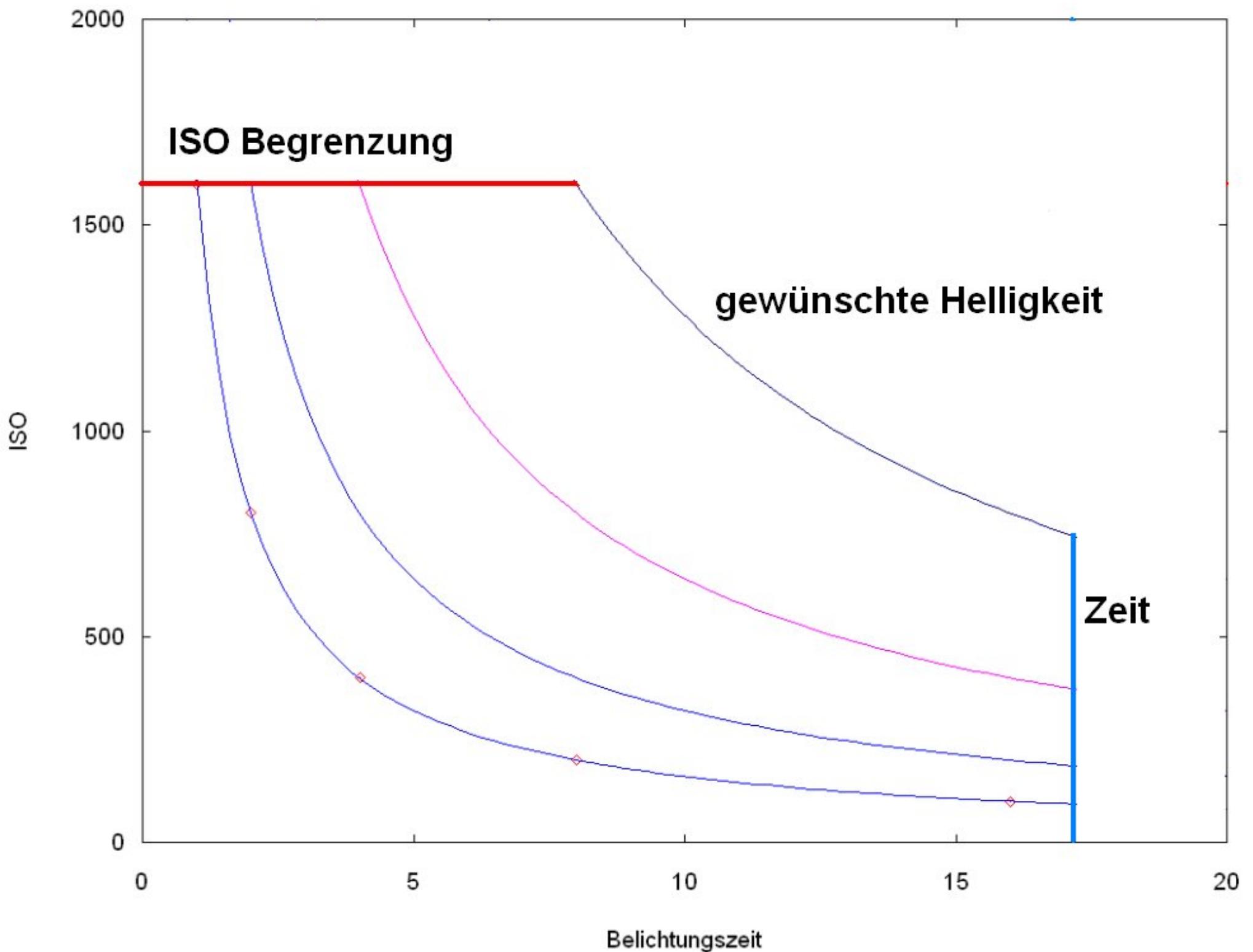


# Gesamthelligkeit

Blende & Belichtungszeit => Lichtmenge  
Lichtmenge & ISO => digitale Helligkeit

- Abwägung zwischen Belichtungszeit, Blende und ISO Einstellung, für ein ausreichend helles, scharfes und rauscharmes Einzelbild
- Technische Begrenzungen bei allen drei Parametern

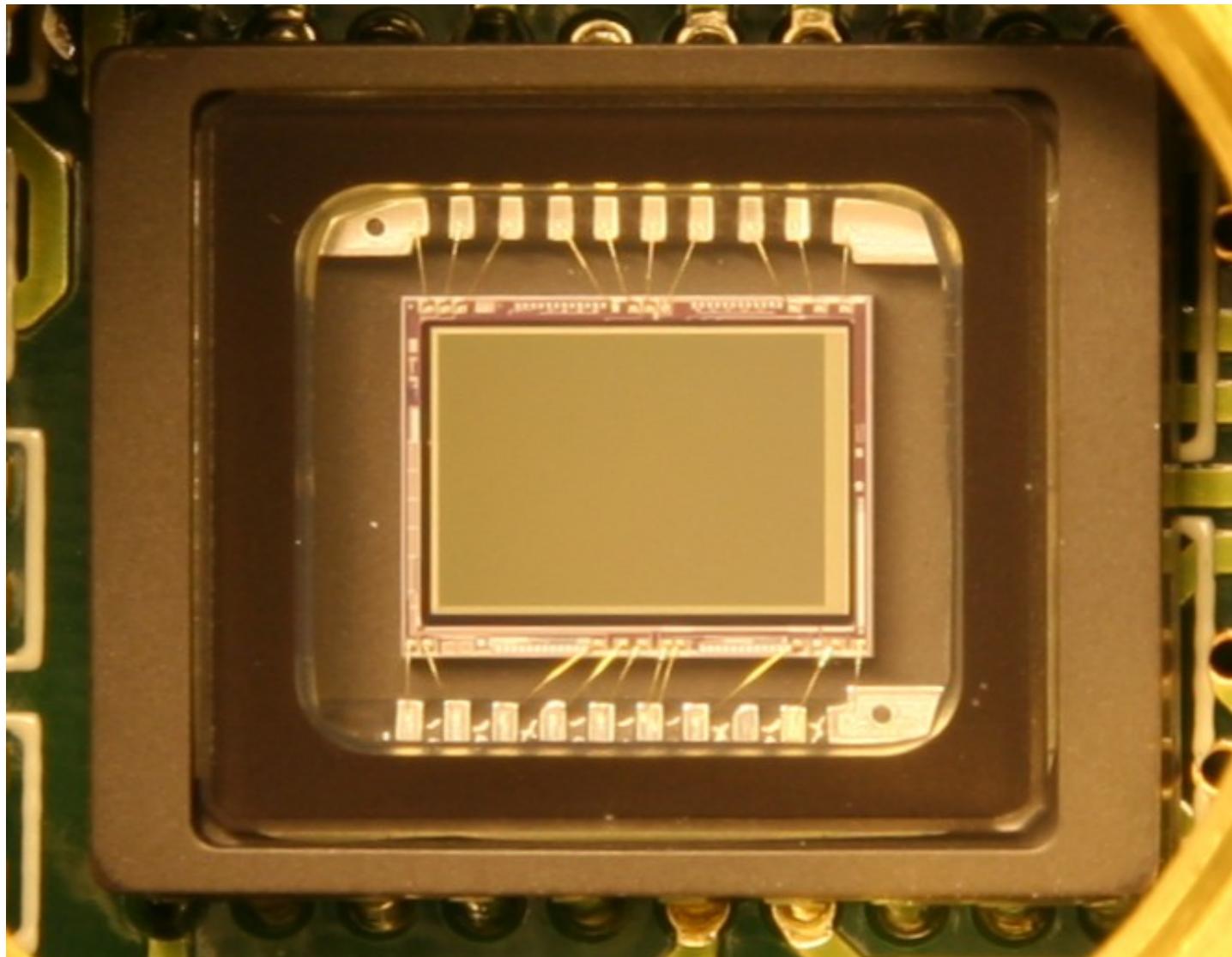




# Fragen?

# Der Bildsensor

Der Bildsensor besteht aus einzelnen Sensorelementen in regelmäßiger Anordnung



# Bildsensor und Digitales



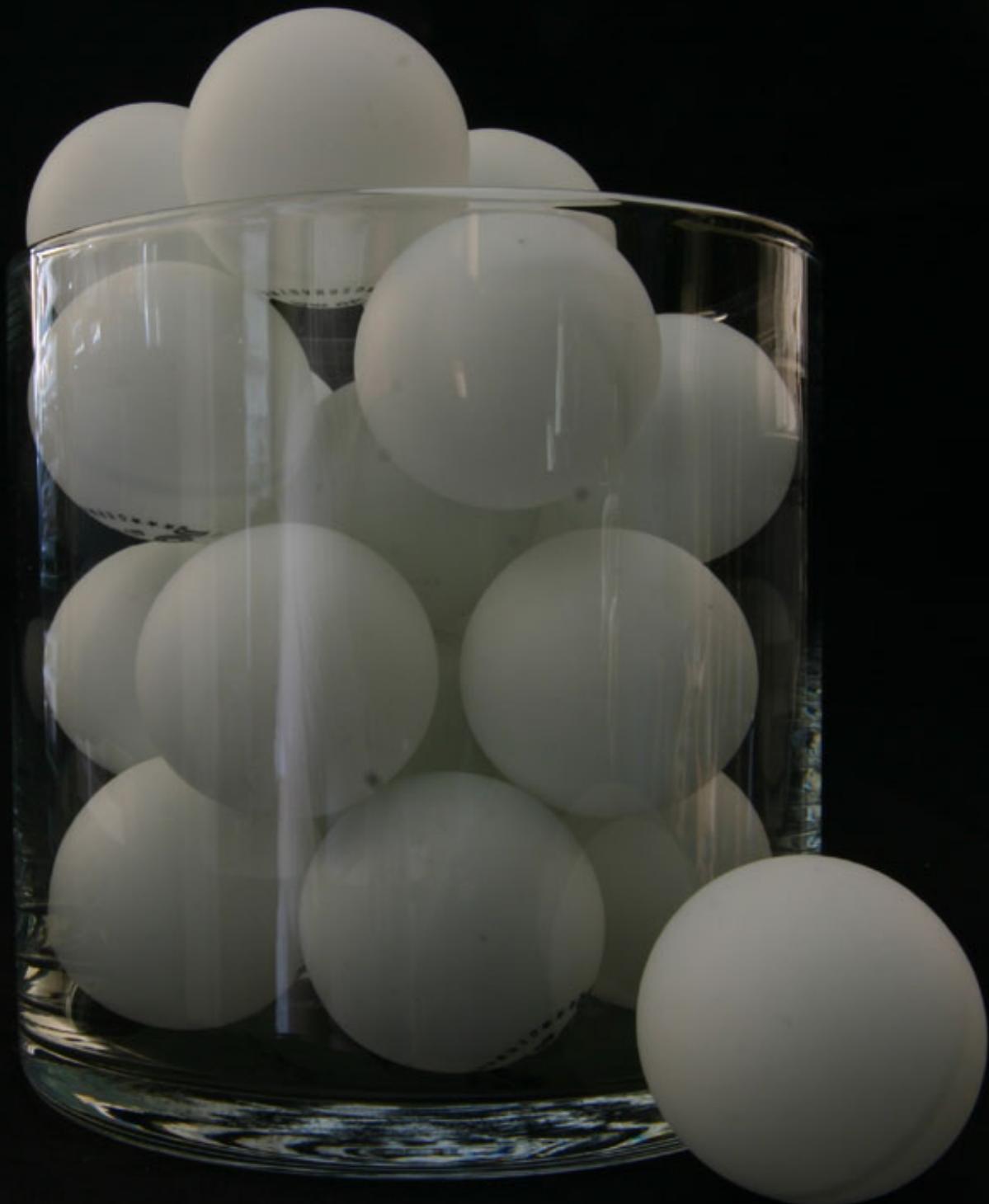
# Das einzelne Sensorelement

- Jedes Sensorelement wandelt die auftreffenden Lichtteilchen in Elektronen um und speichert diese während der Belichtung
- Modell “Ladungseimer”
- Die “Anzahl” der Elektronen wird ausgelesen und als digitaler Wert gemessen

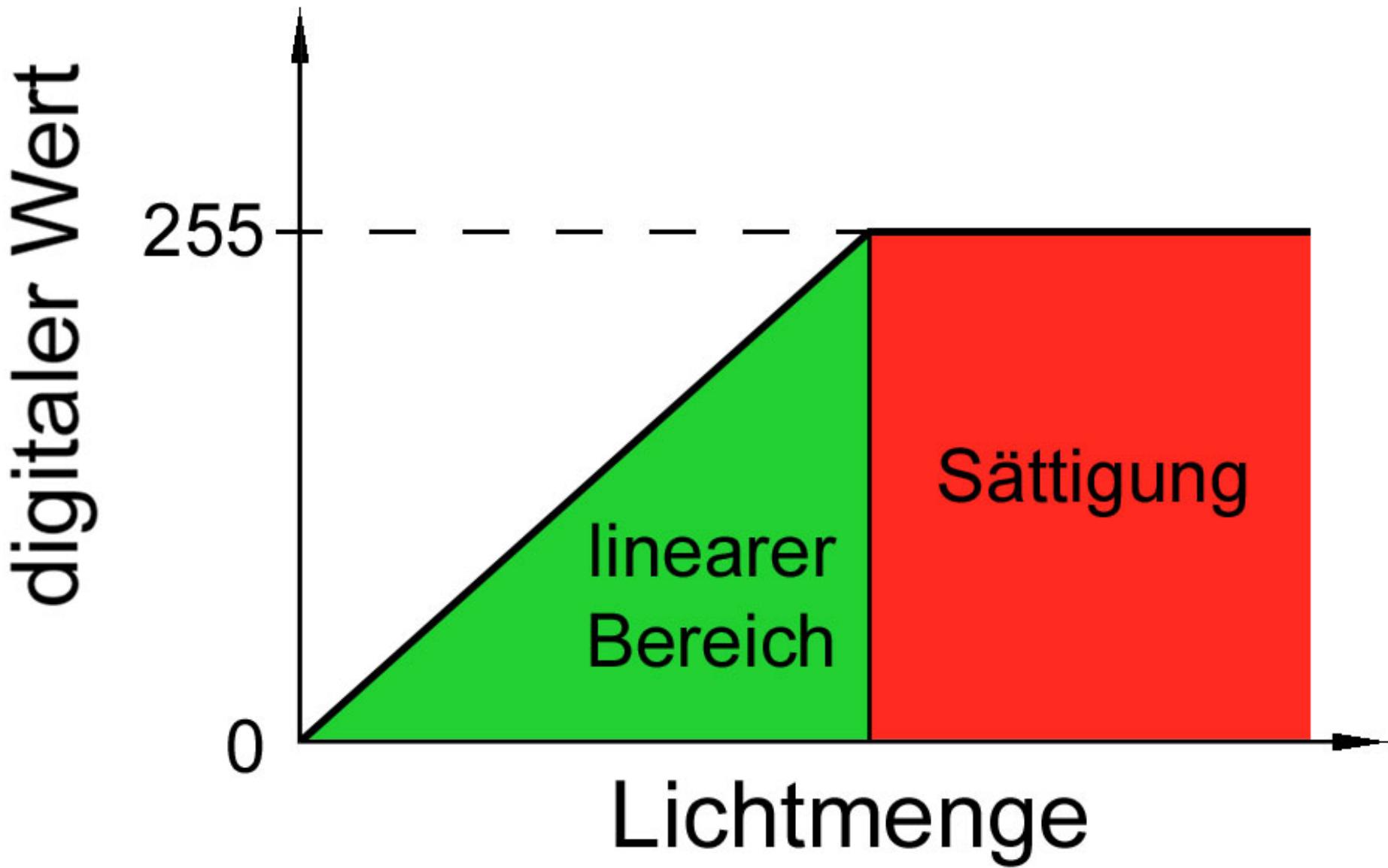




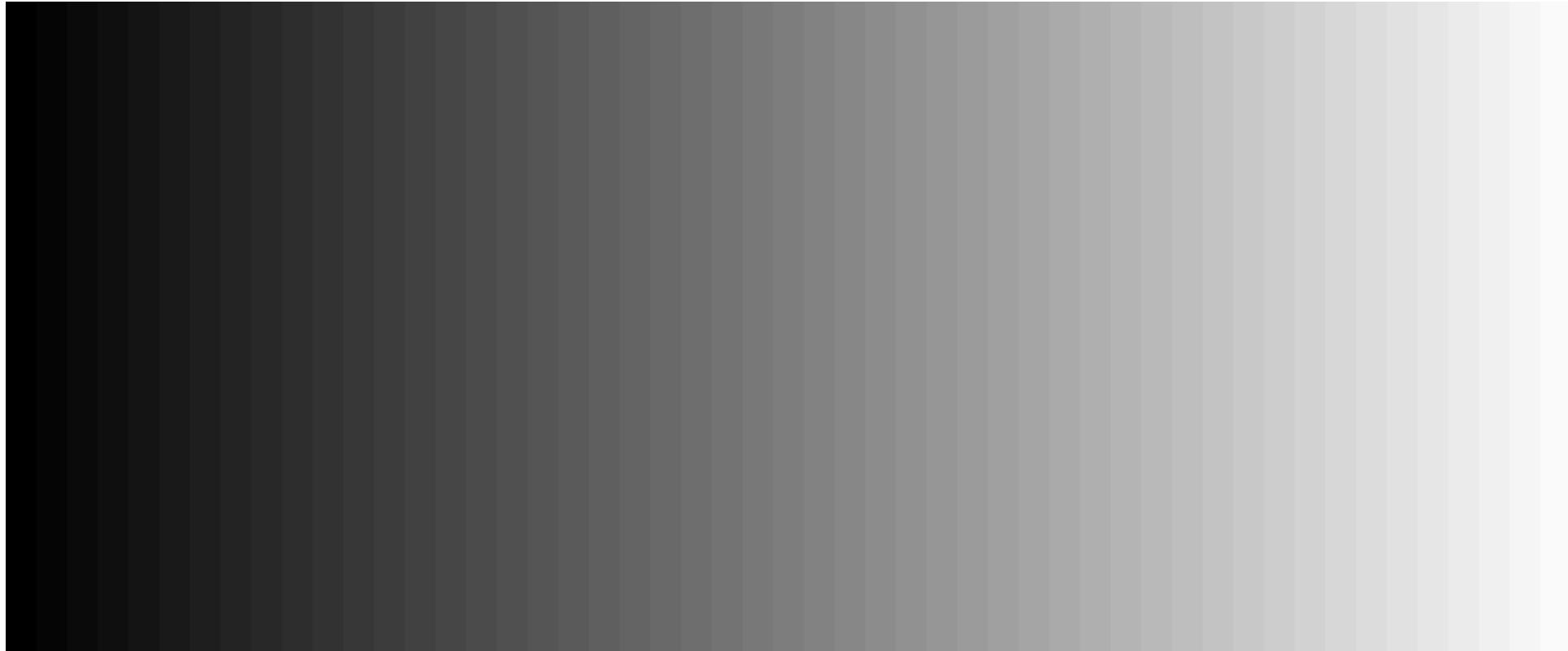




# Sensorkennlinie



# Digitaler Grauwert



0

255

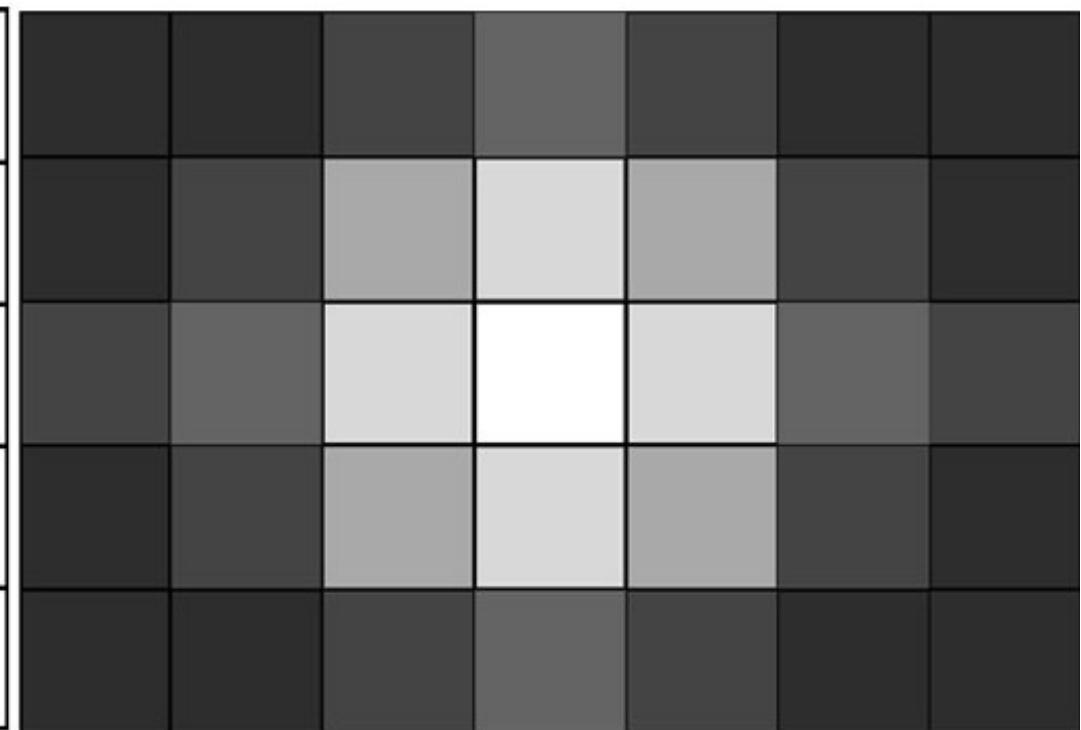


# Sensor-Matrix



# Helligkeitswerte      Graustufen

1	1	5	6	5	1	1
1	5	11	12	11	5	1
5	6	12	17	12	6	5
1	5	11	12	11	5	1
1	1	5	6	5	1	1



# Das digitale Bild

- Alle digitalen Helligkeitswerte werden zusammen als Bilddatei gespeichert
- Das "Bild" besteht also aus einer Matrix von Zahlen, die in einem rechteckigen Feld die jeweiligen Helligkeiten auf dem Bildsensor angeben
- Begriffe: Pixel, Auflösung, X-"Megapixel"
- Die Helligkeiten der Punkte des Motivs sind damit Zahlen, mit denen wir rechnen können

# Graustufenauflösung, Bittiefe

- Die Helligkeits-Information pro Pixel kann mit unterschiedlicher Genauigkeit erfaßt werden
- 8 Bit: “Voller Eimer” bekommt Wert 255
- 16 Bit: “Voller Eimer” bekommt Wert 65535
- 8 Bit ergeben 1 Byte, 1000er Vielfache sind dann KiloByte, MegaByte, GigaByte...
- Die höhere Genauigkeit ist sinnvoll und notwendig, um die Helligkeitsunterschiede voll zu erfassen

# Dateiformate

- Dateiformate für Bilder unterscheiden sich in ihrer Bittiefe und der Art der Kompression
- Kompression der Bilddaten dient zur Verkleinerung der Dateien
- Kompressionsverfahren mit oder ohne Veränderung des Bildes werden benutzt
- Häufige Dateiformate für Bilder und digitale Astrofotos: BMP, JPEG, "RAW", FITS

# Eigenschaften der Dateiformate

Dateiformat	BMP	JPEG	RAW	FITS
Eigenschaft				
Kompression		X	X	
Veränderung		X		
> 8 Bit Auflösung			X	X
Standardformat	X	X		X





# Probleme des JPEG Formats

- JPEG ist das häufigste Format für digitale Farbbilder
- Der Grad der Kompression ist wählbar
- ABER: Die spezielle Kompression der Bilddaten verändert & beschädigt das Bild
- Für kritische Anwendungen NICHT zu empfehlen

# So genau wie möglich!

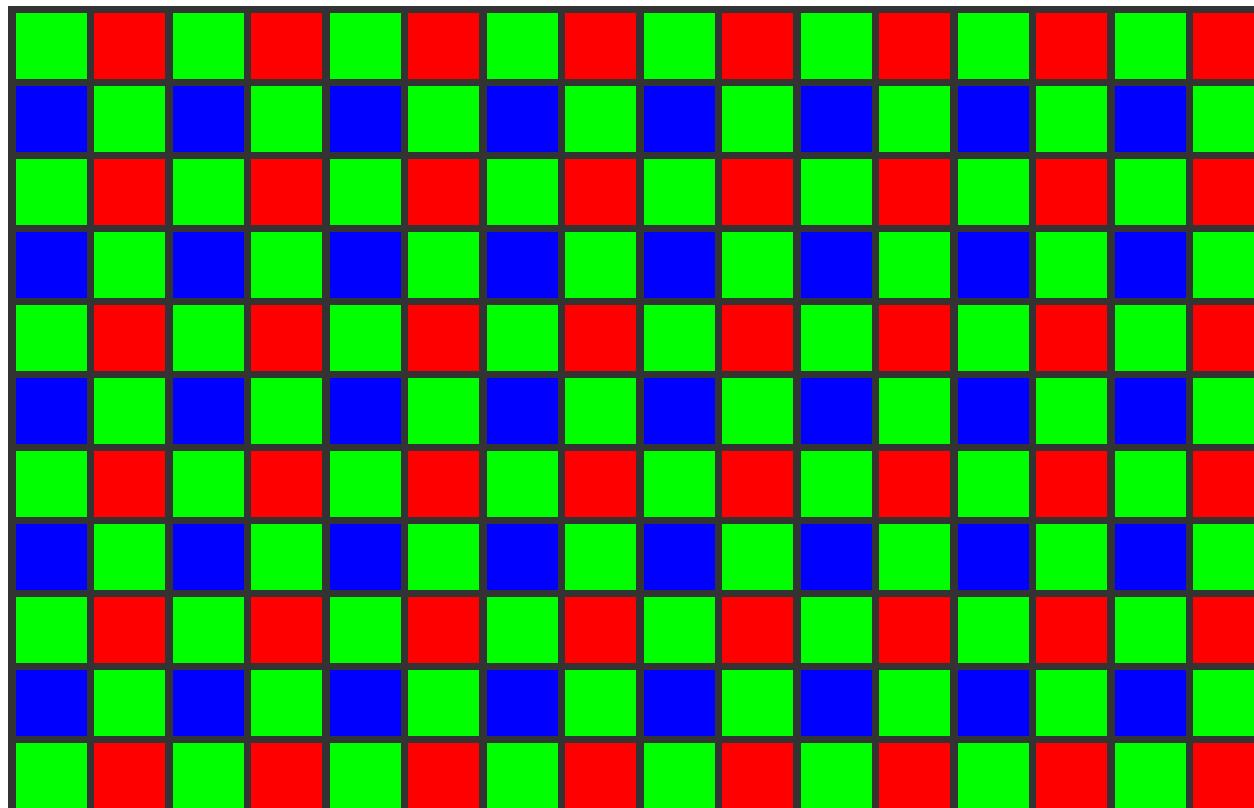
- Was an Information einmal verloren ist, kommt nicht wieder
- Die Bilddaten **so genau wie möglich** speichern
- Digitalkameras: im jeweiligen RAW-Format
- Astrokameras: im FITS Format

# Farbe

- Die "Farbe" eines Bildpunkts wird durch drei einzelne Farbkomponentenwerte beschrieben (Additive Farbmischung mit den Grundfarben Rot, Grün und Blau)
- In der Bilddatei werden also *pro Pixel* drei Helligkeitswerte (Rot, Grün, Blau) gespeichert
- Andere, gleichwertige Farbbeschreibungen können in RGB Werte umgerechnet werden

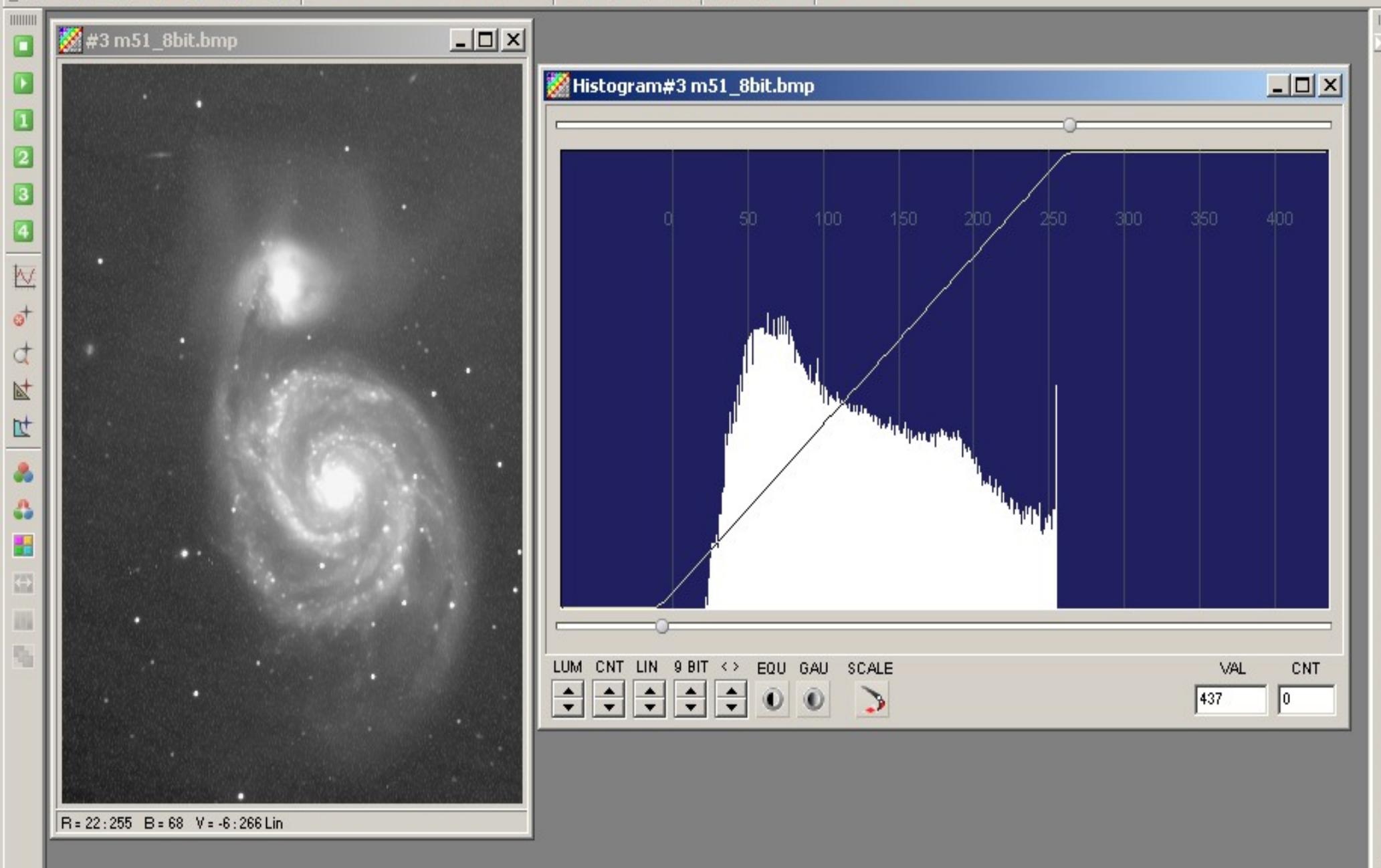
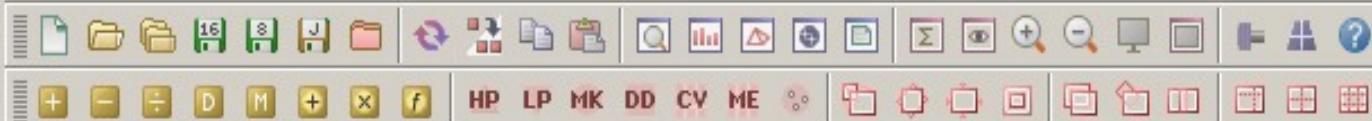
# Farbsensor, Bayer Pattern

- Vor den einzelnen Pixeln des Sensors sind rote, grüne oder blaue Filter fest angebracht
- Aus den Helligkeitswerten dieser Grundfarben werden die “echten” Farben der Pixel bestimmt



# Das Histogramm

File Edit View Image Filters Arithmetic Color Tools Plug-in Window Help

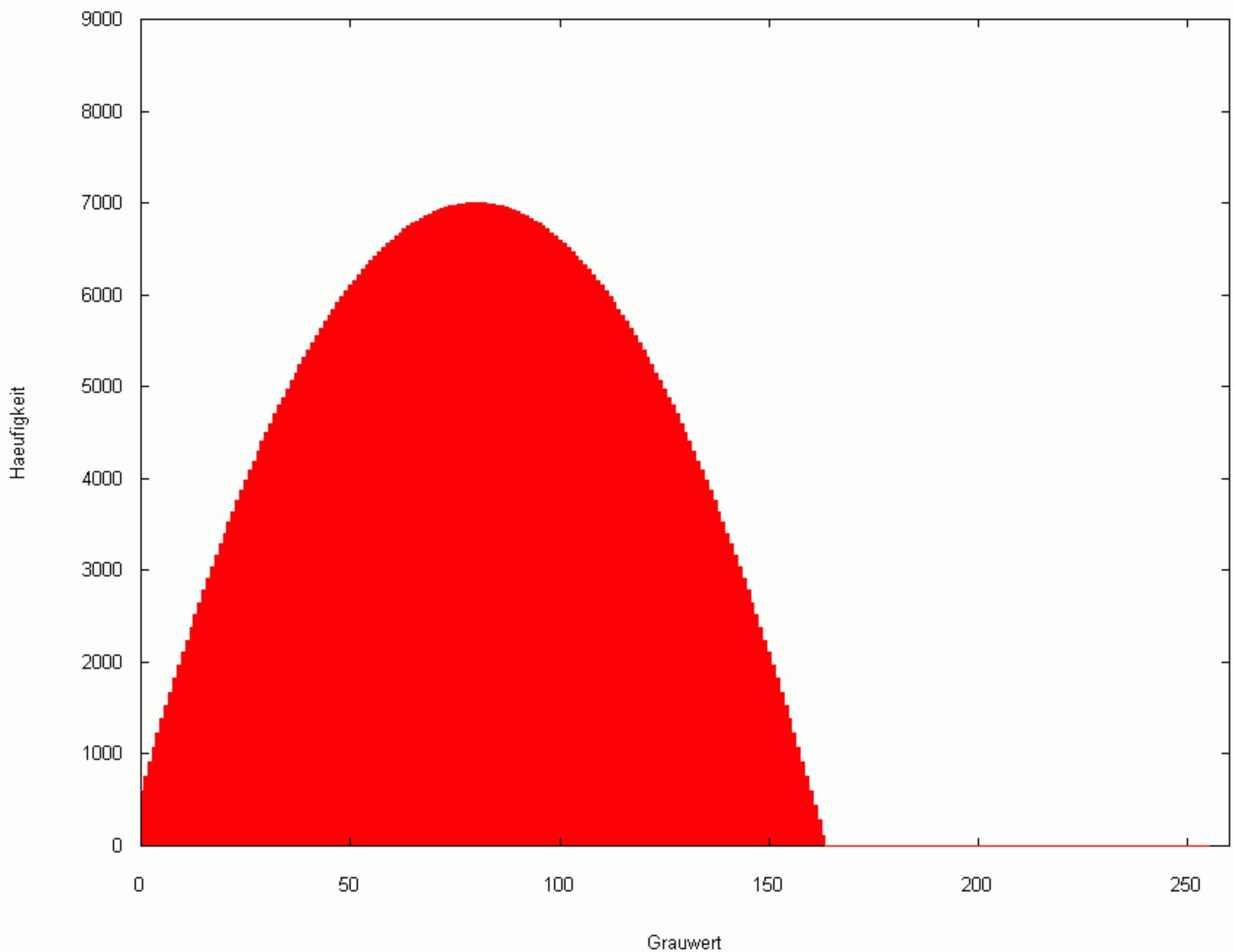


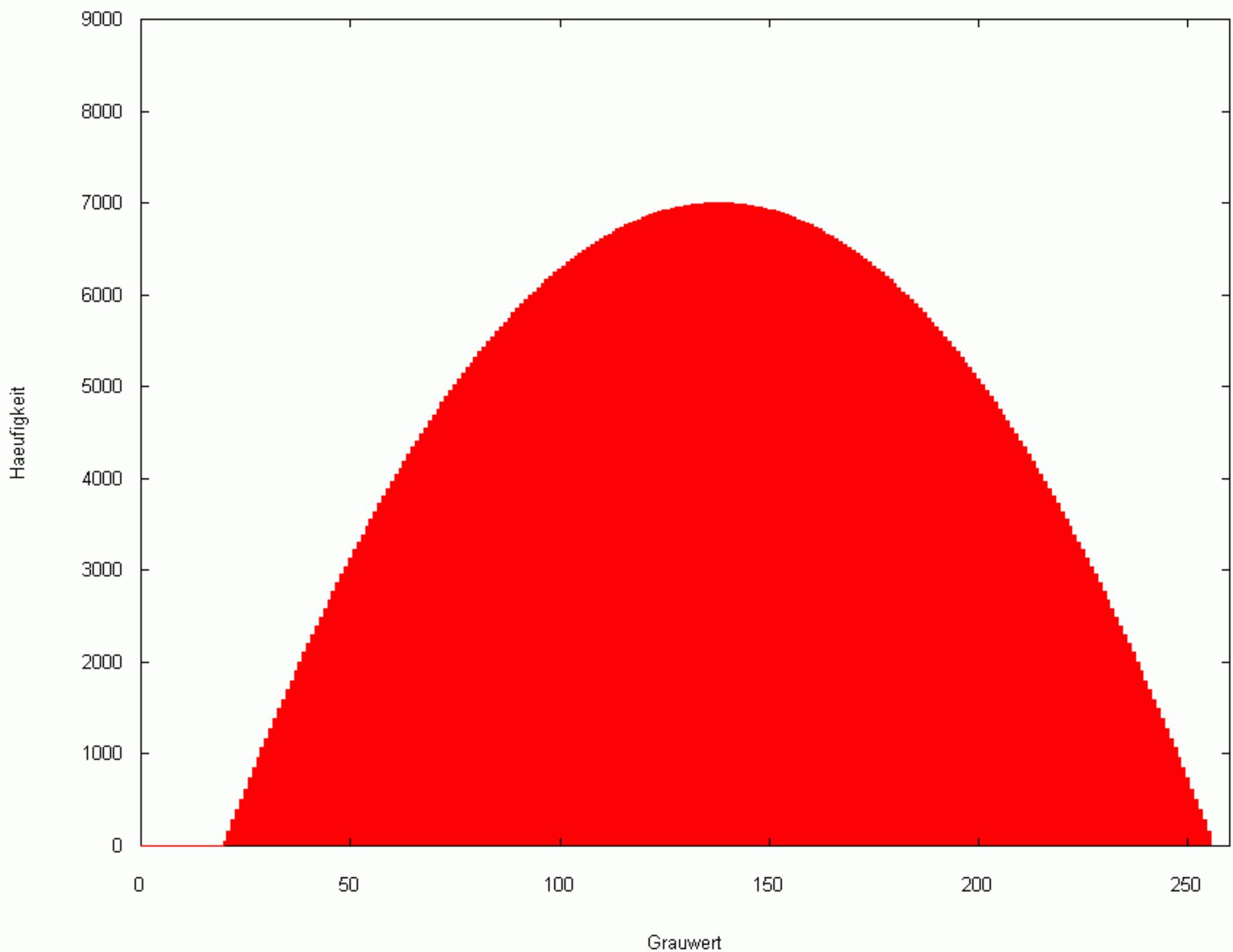
# Das Histogramm

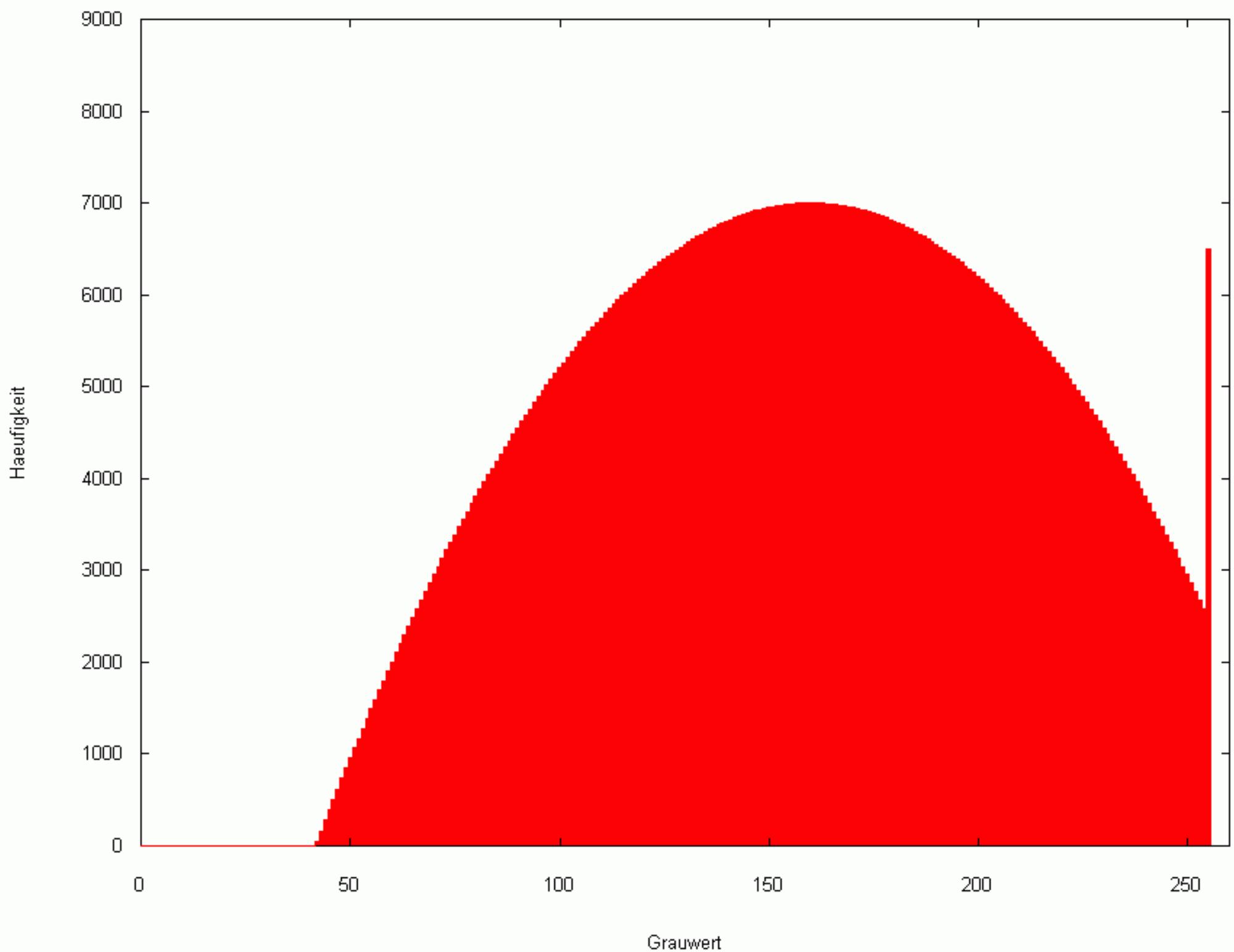
- Das Histogramm stellt die Helligkeitsstatistik des Bildes grafisch dar (bei Farbbildern pro Grundfarbe)
- Die Anzahl der Pixel mit einer bestimmten Helligkeit wird gezählt und über der Helligkeit als Diagramm aufgetragen

# Infos aus dem Histogramm

- Sind Bereiche des Bildes über- oder unterbelichtet?
- Ist der Wertebereich des Sensors gut ausgenutzt?
- Wie ist die Helligkeitsverteilung des Motivs?  
Brauche ich besondere Aufnahmetechniken?
- Welche Bereiche der Verteilung werde ich für die Darstellung betonen?







# Optimierung für die Darstellung

- Nur ein kleiner Teil des Helligkeitsumfangs des Motivs kann an Monitor/Beamer/Drucker ausgegeben werden
- Anpassung des Bildes für die Anzeige
  - Helligkeit
  - Kontrast
  - Kennlinie

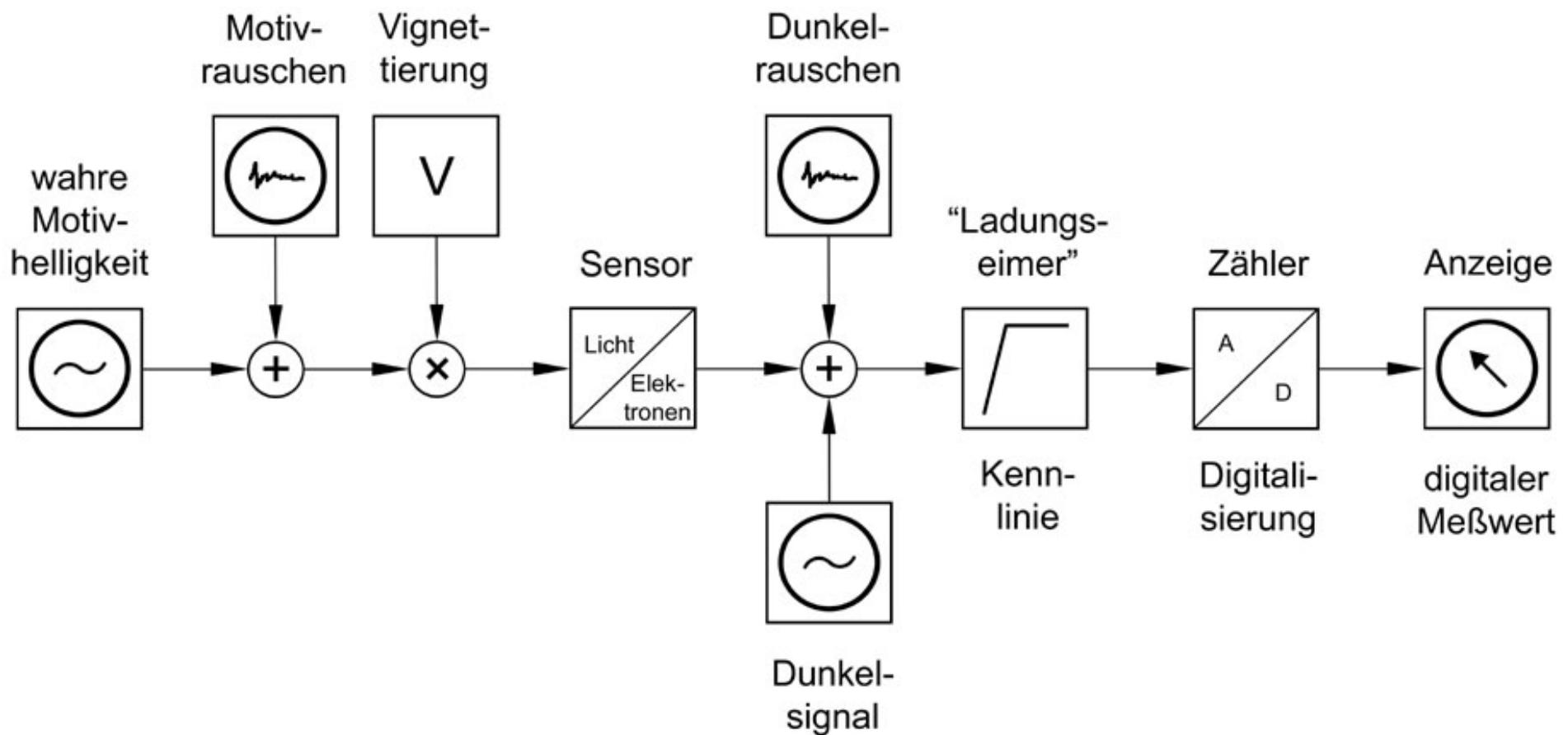
# AA Demo an M51

## Helligkeit, Kontrast, Kennlinienform

# Fragen?

Die traurige, elektronische  
Wahrheit (aber nicht die ganze)

# Pro Pixel



# Alles nicht so einfach...

- Im erfassten Meßwert einer Pixel-”Helligkeit” steckt leider nicht nur die Helligkeit des Motivs an dieser Stelle
- Mehrere Effekte verfälschen die Messung der Helligkeit
- Pixel können sich gegenseitig beeinflussen



# Rauschen

- Das Bildsignal selber ist ein statistisches Signal, es werden einzelne Lichtteilchen erfasst
- Kurze Belichtung => wenige Lichtteilchen => echte Helligkeit ist nur ungenau bekannt
- Zusätzliche Rauschquellen in der Kamera kommen noch hinzu
- => möglichst lange belichten, um möglichst “rauscharme” Helligkeitswerte zu erhalten

# Fragen?

# Allgemeine Hinweise

- Gute Rohdaten sind entscheidend
- Aus schlechten Rohdaten wird auch mit viel Computer kein perfektes Bild
- Fokussierung (immer wieder)
- Nachführung (regeln)
- Ausreichend gute Optik
- Standort und Wetter
- Übung! (=> Ausdauer, Spieltrieb)

# Kettenglieder

- Standort / Aufnahmezeitpunkt
- Wetter
- Aufstellung / Nachführung
- Optik / Objektive
- Kamera / Sensortechnik
- Computer / Software
- Übung / Erfahrung / Dokumentation / Logbuch / Austausch...