Fotografische Aspekte

Fotografische Aspekte

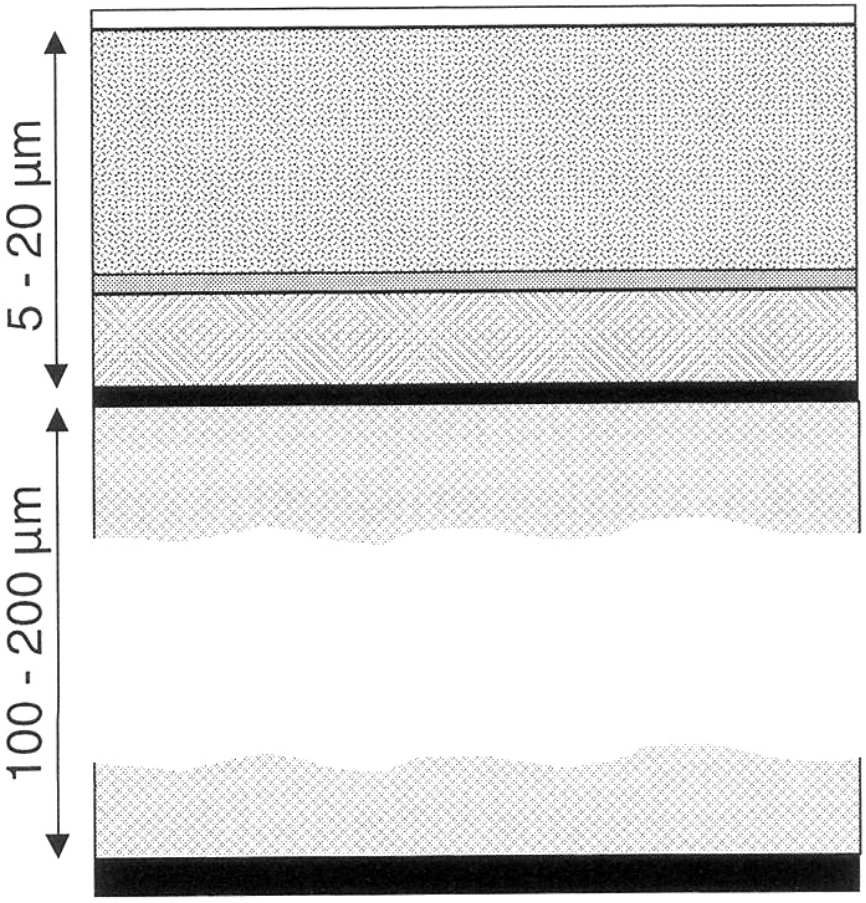
- Die lichtempfindliche fotografische Emulsion ist ein äußerst leistungsfähiges Medium zur Aufzeichnung der in der Bildebene einer Kamera ankommenden Photonen.
- Das aufgezeichnete (latente) Bild wird nach der Belichtung
  - entwickelt
  - fixiert
  - gewässert
  - getrocknet

  und eingelagert.

Aufbau eines Films

- Auf einem Kunststoff-Trägermaterial (ca. 100-200 µm dick) befinden sich eine oder mehrere lichtempfindliche Emulionsschichten, die aus lichtempfindlichen Silberbromsubstanzen bestehen (ca. 5-20 µm).
- Die Silberbrom-Partikel weisen eine Größe von ca. 0.2-2 µm auf.
- Die Lichtempfindlichkeit ist proportional zum Volumen der Partikel, d. h. mit der Größe der Körnigkeit wächst die Lichtempfindlichkeit.

Schematischer Aufbau eines s/w-Filmes



Schutzschicht

Emulsion 1 (niedrigempfindlich)

Zwischenschicht

Emulsion 2 (höherempfindlich)

Schichtträger

Lichthofschutzschicht

Farbfilm

- Farbfilme besitzen 3 übereinander liegende Emulsionsschichten, die für jeweils eine der 3 additiven Grundfarben (rot – grün – blau) des sichtbaren Lichtes sensibilisiert sind.
- Sie besitzen neben den Silberbromidkörnern so genannte Farbkuppler.

Elektromagnetisches Spektrum

Art der Strahlung	Wellenlänge nm=10^{-9} m	Frequenz Ghz=10^9 Hz Mhz=10^6 Hz Khz=10^3 Hz	Bereich	Verwendung	Detektor
sichtbares Licht	380-780nm	$3.8*10^{14}$Hz - $7.9*10^{14}$Hz	gut durch Atmosphäre	passive Fernerkundung, Sicht	Photographie, Photodiode
Infrarot, nah	780nm-1µm	$3.0*10^{14}$Hz - $3.8*10^{16}$Hz	gut durch Atmosphäre	passive Fernerkundung	Photographie, Photodiode
Infrarot, mittel	1µm-8µm	$3.7*10^{13}$Hz - $3.0*10^{14}$Hz	in Fenstern durch Atmosphäre	passive Fernerkundung	Quatumdetektor
Infrarot, thermal	8µm-1mm	$3*10^{11}$Hz - $3.7*10^{13}$Hz	in Fenstern durch Atmosphäre Tag und Nacht	passive Fernerkundung	Quantumdetektor
Mikrowellen	1mm-1m	300*MHz - 300GHz	Tag und Nacht durch Wolken hindurch	aktive Fernerkundung	Antenne

Additive Grundfarben

- Das sichtbare Licht kann in eine große Anzahl monochromatischer Spektralbereiche zerlegt werden (gesättigte Spektralfarben).
- Fasst man diese in Gruppen einer Bandbreite von ca. 100 nm zusammen, so entstehen die Mischfarben
  - Rot
  - Grün
  - Blau
- Diese werden als additive Grundfarben bezeichnet.

Additive Grundfarben

- Durch Addition verschiedener Anteile der Grundfarben können neue Farben gemischt werden.
- Bei gleichanteiliger Mischung der Grundfarben entsteht WEISS.
- Die Mischung von je 2 additiven Grundfarben ergibt die subtraktiven Grundfarben
  - Cyan
  - Magenta
  - Gelb.

Drucker-Patronen

omischung

	Additiv	Subtraktiv
Cyan =	Blau + Grün =	Weiß - Rot
Gelb =	Grün + Rot =	Weiß - Blau
Magenta =	Rot + Blau =	Weiß - Grün

Filter

- Vorsatzfilter helfen bei der praktischen Fotografie unerwünschtes Licht vom Film abzuhalten, z. B.
  - UV-Sperrfilter im Hochgebirge
  - Gelbfilter bei diesigem Wetter
  - Infrarotfilter bei s/w-Infrarotaufnahmen, die das ganze sichtbare Licht wegfiltern.
- Filter trennen nicht hundertprozentig, ein Grünfilter z. B. nur zu 80%.
- Die Qualität eines Filters ist u. a. über eine „steile“ Filterkante definiert.

Allgemeine Empfindlichkeit

- Die Empfindlichkeit S (sensivity, speed) einer fotografischen Emulsion wird für
  - eine bestimmte Strahlung und
  - genau festgelegte Aufnahme- und Entwicklungs-bedingungen
- Sie wird als Kehrwert jener Belichtung $H_{\Delta D}$ definiert, mit der eine bestimmte Dichtedifferenz ΔD über dem Grauschleier erzielt wird.
- Angaben in Deutschland nach DIN, in USA nach ASA. Nach ISO-Norm sind beide Angaben notwendig.

Fotografische Aspekte

DIN	ASA
1	1
15	25
18	50
21	100
27	400

Fotochemischer Prozess: Positivfarbinfrarotfilm

- Der Farbinfrarotfilm (CIR – colour infrared film) hat statt für die Farben

  ⇒ Blau, Grün und Rot

  sensibilisierte Schichten für

  ⇒ Infrarot, Rot und Grün,

  die mit den Farben

  ⇒ Cyan, Gelb und Magenta

  gekoppelt sind, so dass im weißen Durchlicht

  ⇒ Rot, Grün und Blau erscheinen,

  was jedoch nicht den natürlichen Farben entspricht.

- Da alle 3 Schichten auch blauempfindlich sind, muss mit Gelbfilter aufgenommen werden.

Spektrale Empfindlichkeit

- Die Schichten der s/w- und Farbfilme werden durch Beimengen von Chemikalien für Licht bestimmter Wellenlänge sensibilisiert.
- Orthochromatische Filme sind empfindlich für Blau und Grün. Sie können bei Gelb- oder Rotlicht entwickelt werden (improvisierte Dunkelkammer); für terrestrische Aufnah-men.
- Panchromatische Filme geben alle Spektralbereiche des für uns sichtbaren Lichtes mit ihren natürlichen Grauwerten wieder. Entwicklung bei völliger Dunkelheit.

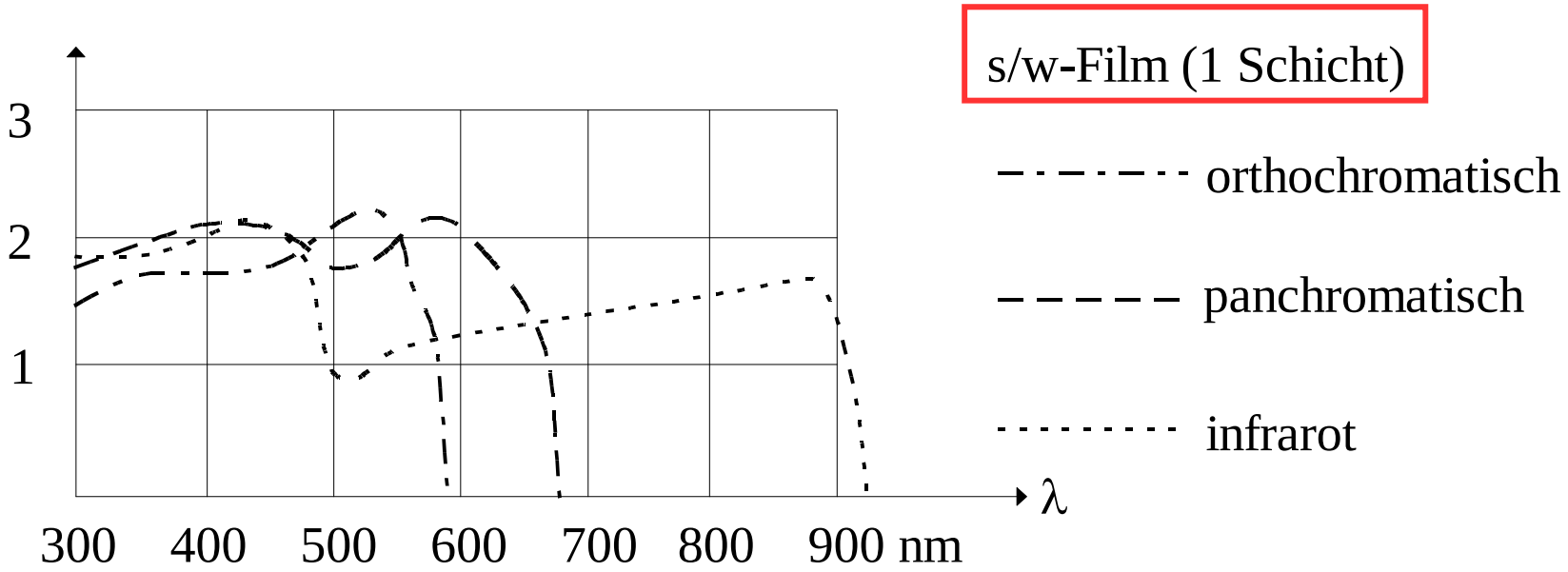
Spektrale Empfindlichkeit

- Die Schichten der s/w- und Farbfilme werden durch Beimengen von Chemikalien für Licht bestimmter Wellenlänge sensibilisiert.
- Schwarz/weiß infrarot (IR-) Filme sind auch für blau bis gelb empfindlich und müssen mit IR-Filtern belichtet werden, wenn nur das IR aufgenommen werden soll. Entwicklung bei völliger Dunkelheit.

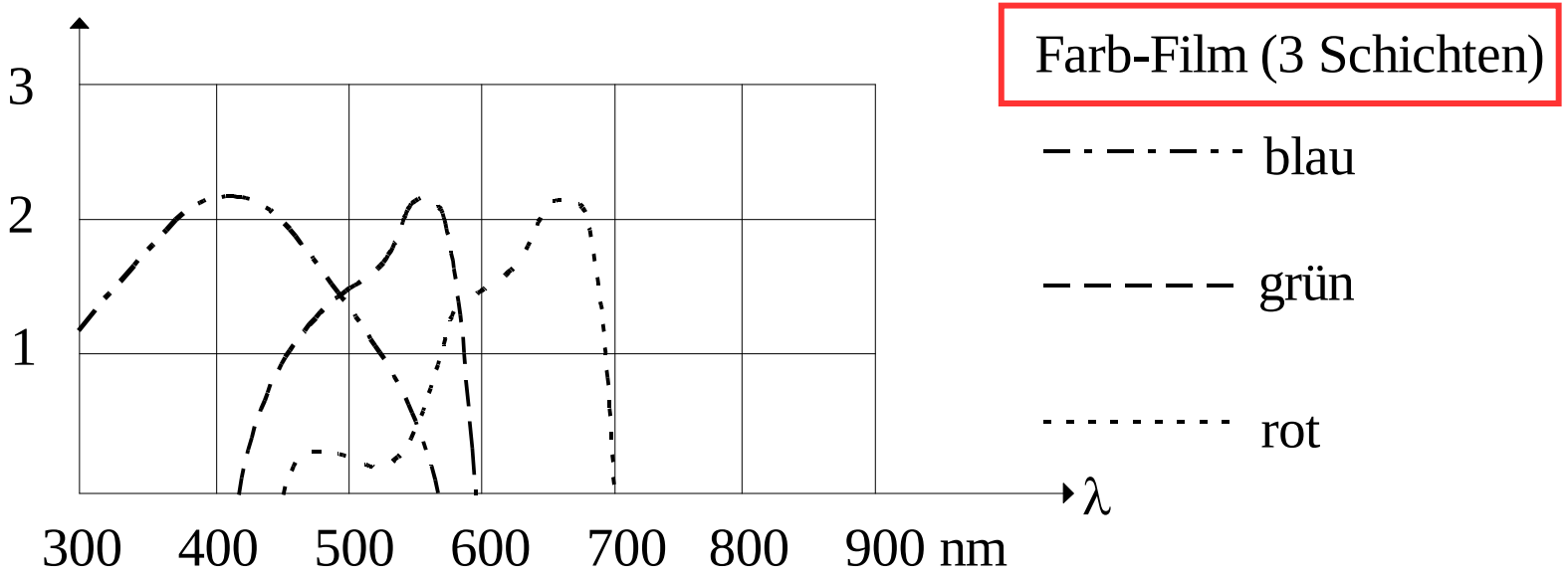
Spektrale Empfindlichkeit

- Das photographische Infrarot ist von größter praktischer Bedeutung, da dort gesunde Vegetation, anders als im Rotbereich, sehr stark reflektiert (Anstieg von 10% auf 50% Reflektion).
- **Mit Wärme hat das photographische IR nichts zu tun !!!**

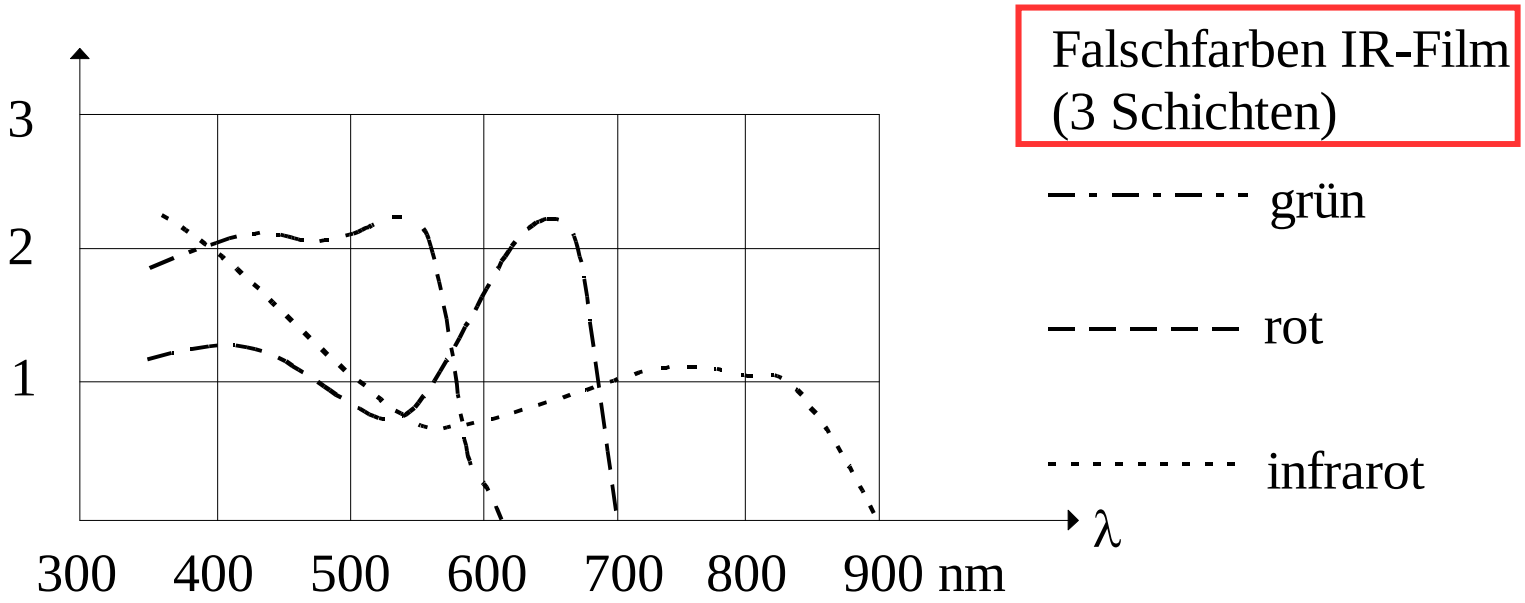
Spektrale Empfindlichkeit



Spektrale Empfindlichkeit



Spektrale Empfindlichkeit



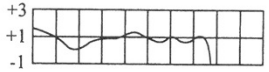
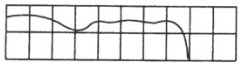
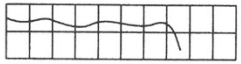
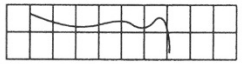
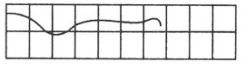
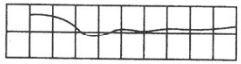
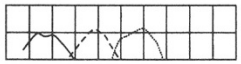
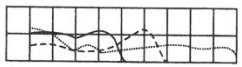
Luftbild

Farb-Positiv
Film

SW-Negativ
Film

Farbinfrarot-
Positiv Film

Luftbildfilme

Hersteller	Produktbezeichnung und Schichtträgerart	Typ	Spektrale Empfindlichkeit λ= 400 600 800 nm	Schichtträger Dicke [mm]	Allgemeinempfindlichkeit DIN	AFS EAFS x	Empfohlener Entwickler	Photographisches Auflösungsvermögen [Lp/mm] für Objektkontrast K 1000:1	1.6:1	Gradation	Körnigkeit (RMSG)
Agfa	Aviphot Pan 80 PE Polyester	Pan +		0.10	18-22	50-150 x	G 74 c	143	45	1.3-2.1	25
Agfa	Aviphot Pan 200 PE Polyester	Pan +		0.10	20-25	160-500 x	G 74 c	100	50	0.9-1.9	28
Kodak	Plus-X-Aerographic 2402 Estar	Pan +		0.10		200 125-400 x	Versamat 885	130	55	1.3 0.8-2.0	20
Kodak	Panatomic-X Aerographic II 2412 Estar	Pan +		0.10		40 32 - 64 x	Versamat 885	400	125	1.2-2.1	9
Kodak	High Definition Aerial 3414 Estar Thin Base	Pan +		0.06		8 4 - 16 x	Versamat 885	800	250	1.6-2.5	8
Kodak	Infrared Aerographic 2424 Estar	IR		0.10		400 x 200-800 x	D-19 Versamat 885	80	40	2.3 1.0-2.1	30
Agfa	Aviphot Color X100 PE1	Color Neg.		0.10	21-23	100-160x	Agfa Color AP70 Process	150	55		6
Kodak	Aerochrome II MS 2448 Estar	Color Pos.		0.10		32 x	AR-5	80	40	2.0	12
Kodak	Aerochrome III Infrared 1443 Estar	Color IR-Pos.		0.10		40 x	AR-5	100	63		23

Geometrisches Auflösungsvermögen

- Das geometrische Auflösungsvermögen (AV) eines Films (Aufnahmesystems) beschreibt die Fähigkeit, eine Anzahl gegebener schwarzer und weißer Linien mit gleichem Abstand, gleicher Dicke und konstantem Kontrast voneinander getrennt abzubilden.
- Das AV wird visuell gemessen und in
  - Anzahl Linien pro Millimeter (L/mm) bzw.
  - Anzahl Linienpaare pro Millimeter (Lp/mm) oder
  - dots per inch (dpi) angegeben.

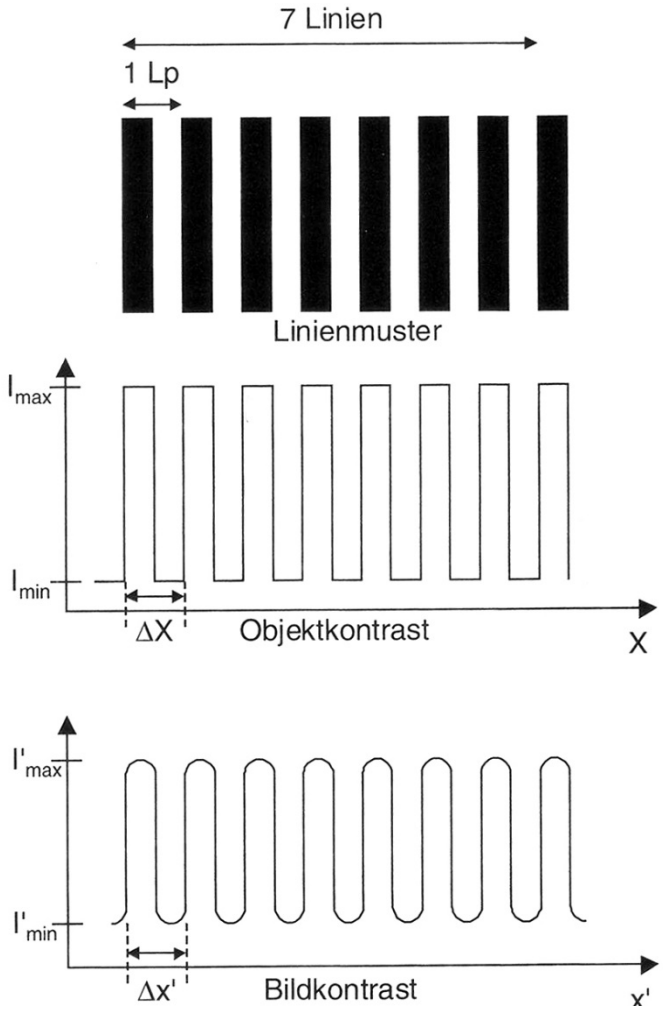
Geometrisches Auflösungsvermögen

- Das AV beschreibt die Fähigkeit der Detailwiedergabe eines Sensors bzw. die maximale Ortsfrequenz.

$$F = \frac{1}{\Delta X} \qquad f = \frac{1}{\Delta x'}$$

- Die Ortsfrequenzen F (im Objektraum) bzw. f (im Bildraum) sind die Kehrwerte der entsprechenden Linienabstände ΔX bzw. Δx‘.

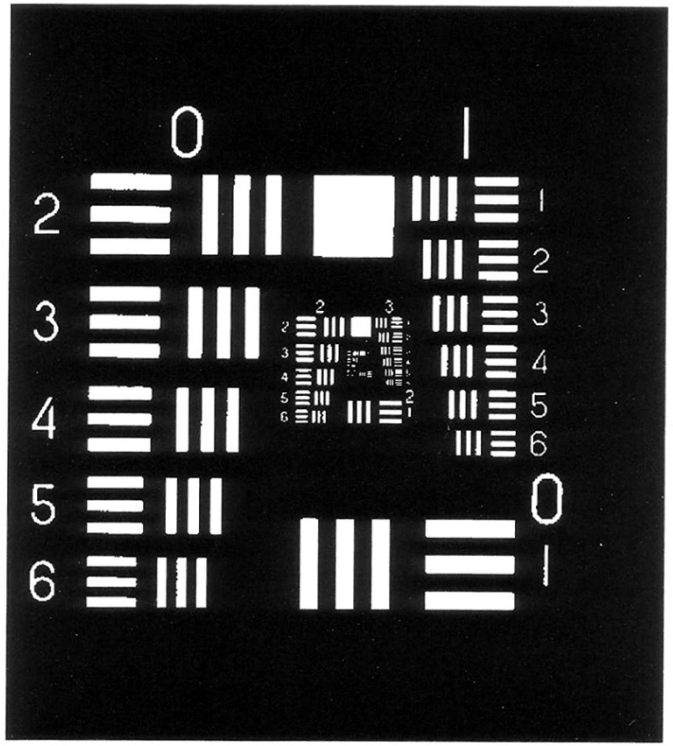
Geometrisches Auflösungsvermögen



Linienmuster und Kontrastübertragung

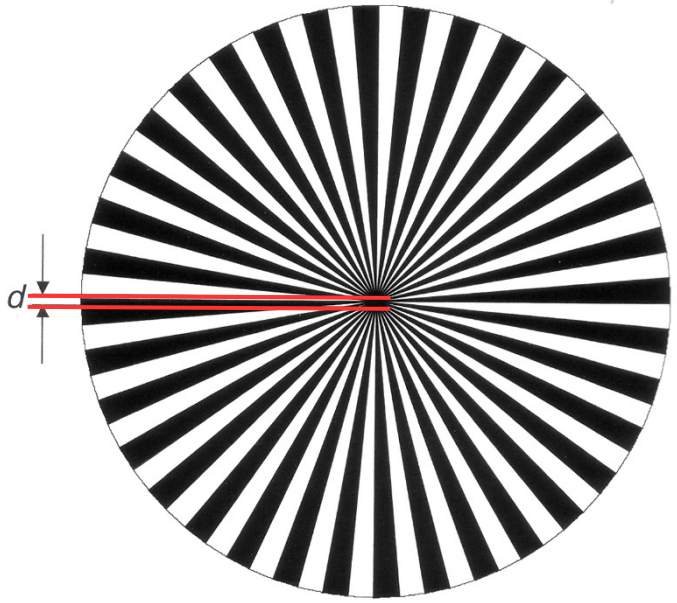
Geometrisches Auflösungsvermögen

- Die Messung des AV erfolgt über die Abbildung eines Testmusters (Balkenmuster), dessen verschiedene Ortfrequenzen bekannt sind.



Geometrisches Auflösungsvermögen

- Im abgebildeten Siemensstern mit 72 Sektoren (36 Sektorpaare) ergibt sich das maximale AV in L/mm aus der Anzahl der Sektoren bezogen auf den Umfang des inneren, nicht mehr aufgelösten Unschärfekreises.



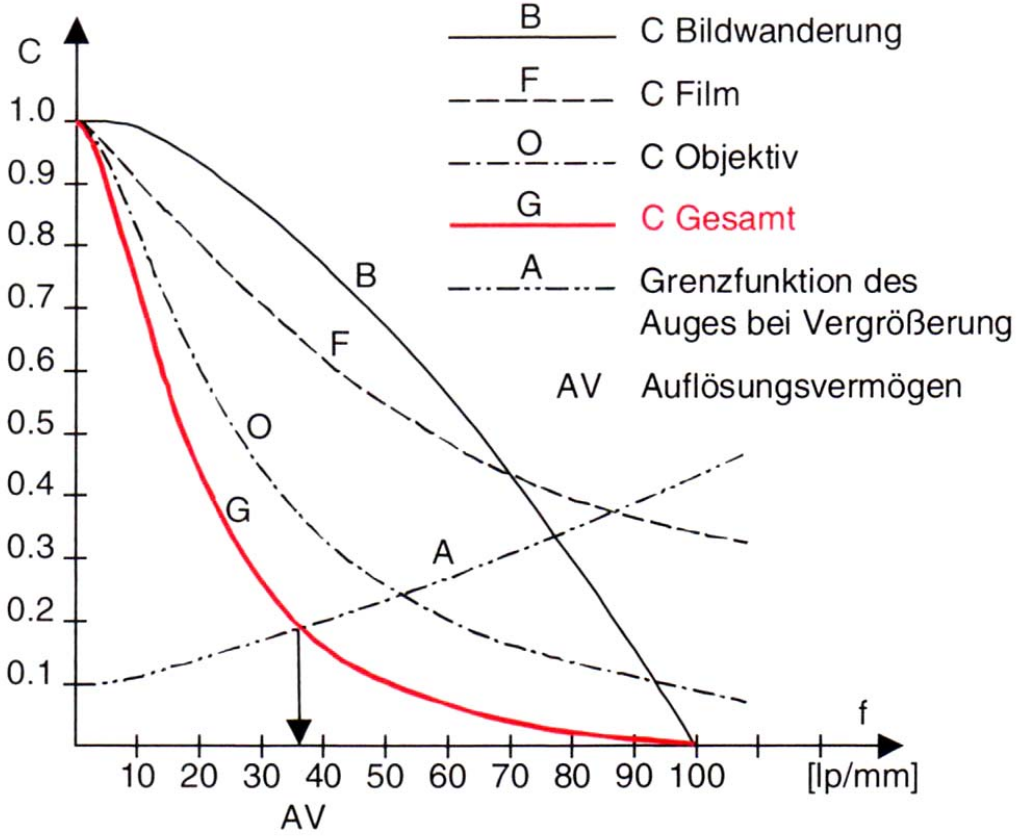
$$AV = \frac{36}{\pi * d}$$

Geometrisches Auflösungsvermögen

- Moderne Filme haben bei geringem Objektkontrast ein Auflösungsvermögen zwischen 40 und 250 Lp/mm.
- Bei hohem Objektkontrast ist das Auflösungsvermögen um das 2- bis 3-fache höher.

- Mit abnehmendem Kontrast verringert sich die Fähigkeit Signale zu übertragen.

Modulationsübertragungsfunktion



Resultierende Gesamt-MTF