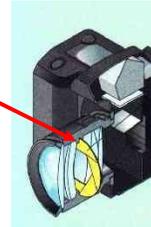


Kameraobjektive

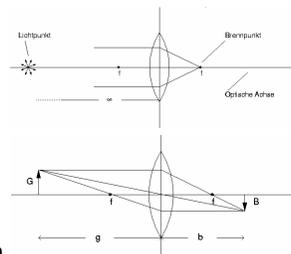
- Ein Kameraobjektiv besteht aus
 - einem **Linsensystem** und
 - einer oder mehreren **Blenden**



- Wichtige Parameter eines Objektivs sind
 - die **Brennweite f** , die Vergrößerung m und die Brechkraft D
 - die **minimale Objektdistanz MOD**
 - Einstellbare **Blendenzahl k**
 - der **Bildwinkel** und der **Bildausschnitt**
 - die **Schärftiefe** und die **hyperfokale Distanz**

Optische Grundlagen

- Das Abbildungsprinzip einer dünnen Linse
 - Lichtstrahlen aus dem Unendlichen fokussieren im **Brennpunkt**
 - Abstand zwischen Linsenmitte und Brennpunkt ist **Brennweite f**
 - Lichtstrahlen durch die Linsenmitte werden nicht abgelenkt
 - Ein scharfes Bild entsteht dort, wo sich die Strahlen eines Objektpunktes schneiden
 - Je kleiner die **Gegenstandsweite g** , desto größer muss die **Bildweite b** sein.
 - Exakter Zusammenhang: **Descartes Linsengleichung**
 - Der **Vergrößerungsfaktor m** ist das Verhältnis von **Bildhöhe B** und **Gegenstandshöhe G** . Dies ist gleich dem Verhältnis von Bildweite und Gegenstandsweite
 - Die **Brechkraft D** (Einheit **Dioptrie**) ist der Kehrwert der Brennweite:
- Näherungsweise Gültigkeit bei dicken Linsen und Linsensystemen



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

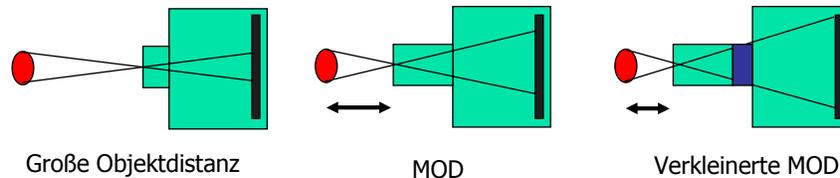
$$m = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

$$D = 1/f$$

Optische Grundlagen

■ Die Minimale Objektdistanz MOD

- Fokussierung bedeutet nichts anderes als die Veränderung des Abstandes zwischen Objektiv und CCD-Chip
- Offensichtlich sind der Veränderung mechanische Grenzen gesetzt.
- Gewöhnlich erlaubt ein Objektiv die Fokussierung vom Unendlichen bis zur sogenannten **Minimalen Objektdistanz**
- Die MOD ist mit Hilfe von Zwischenringen verkleinerbar, indem der Abstand zwischen Linse und Chip vergrößert wird



25.10.2005

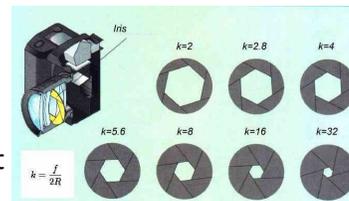
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

37

Optische Grundlagen

■ Die Rolle der Blende

- Sie legt den Lichteinfall fest.
- Die auf den Sensor fallende Lichtmenge ist proportional zu Blendenöffnung und Belichtungszeit



■ Die Blendenzahl k

- Sie ist proportional zur **Brennweite f** und umgekehrt proportional zum **Blendenradius R**.
- Bei handelsüblichen Spiegelreflexkameras kann sie in Abstufungen von der Wurzel aus 2 eingestellt werden:
 $k = 0.71, 1, 1.4, 2.0, 2.8, 4, 5.6, \text{ usw.}$
- Eine **kleine Blende** impliziert eine große Schärfentiefe, zieht aber unerwünschte Beugungserscheinungen nach sich.
- Eine **große Blende** führt zu unscharfen Bildern wenn das aufgenommene Objekt Unebenheiten aufweist.
- Vergrößert man die Blendenzahl um den Faktor 2, so verkleinert sich die Lichtmenge um den Faktor 4.

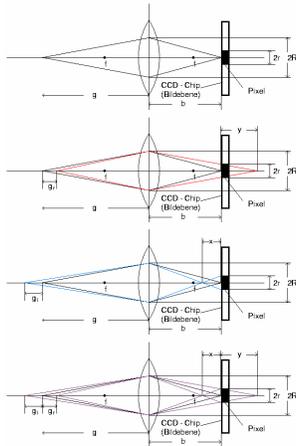
25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

38

Optische Grundlagen

Die Schärfentiefe



- Ein Lichtpunkt, der bei g liegt, ergebe ein scharfes Bild
- Wird der Lichtpunkt um den Betrag gr nach rechts verschoben, so verschiebt sich das Bild um den Betrag y nach rechts.
- Wird der Lichtpunkt um den Betrag gl nach links verschoben, so verschiebt sich das Bild um den Betrag x nach links.
- Die Anzahl der Photonen, die während der Integrationszeit auf das Pixel fällt, ist die gleiche in allen drei Fällen, der registrierte Wert im Pixel ist also identisch.
- Die linksseitige Schärfentiefe gl und die rechtsseitige Schärfentiefe gr ergeben zusammen die Schärfentiefe.
- Die Schärfentiefe ist abhängig von Blendenzahl k, Brennweite f, Gegenstandsweite g und Pixelbreite 2r
- Beachten Sie, dass der linke und der rechte Anteil der Schärfentiefe nicht gleich sind.

$$g_l = \frac{2rk g(g-f)}{f^2 - 2rk(g-f)} \quad g_r = \frac{2rk g(g-f)}{f^2 - 2rk(g-f)}$$

25.10.2005

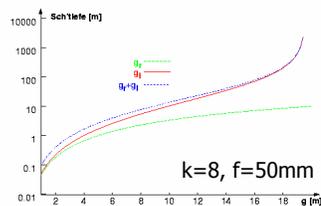
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

39

Optische Grundlagen

Die hyperfokale Distanz

- Je weiter das Objekt entfernt ist, desto größer ist die Schärfentiefe
- Ab einer gewissen Entfernung, der hyperfokalen Distanz, wird die Schärfentiefe unendlich groß.
- Die Schärfentiefe für verschiedene Gegenstandsweiten g:



Blendenzahl k=8
Brennweite f=50mm

scharf eingestellt wurde das Püppchen mit dem grünen Rock.



25.10.2005

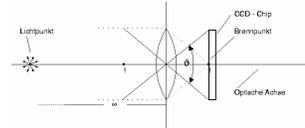
B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

40

Optische Grundlagen

- Der Bildwinkel θ und der Bildausschnitt

- Sind abhängig von der Brennweite des Objektivs und den Abmessungen des Films oder des CCD-Chips.
- Bildausschnitt und Bildwinkel zu verschiedenen Brennweiten bei einem Kleinbildfilm (36 x 24 mm).



- Bildausschnitte für verschiedene CCD - Formate ($f = 70\text{mm}$)



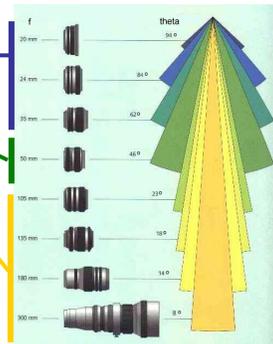
Kleinbildformat $\theta = 34.4^\circ$ 1" CCD Chip $\theta = 12.9^\circ$ 1/2" CCD Chip $\theta = 6.5^\circ$ 1/4" CCD Chip $\theta = 3.3^\circ$

Objektivarten

- Weitwinkel-, Normal- und Teleobjektive

- Namensgebung ist historisch bedingt, bezieht sich auf eine Bildgröße von 24x36mm (Kleinbildfilm)
- Einteilung nach Brennweite
 - Weitwinkel: f kleiner als 50mm
 - Normal: f ist 50mm
 - Tele: f größer als 50mm

Format	36x24mm	1"	2/3"	1/2"	1/3"	1/4"
Diagonale [mm]	43.3	15.9	11.0	8.0	6.0	4.0
$f=20\text{mm}$	56°	43°	31°	23°	17°	11°
$f=24\text{mm}$	64°	37°	26°	19°	14°	10°
$f=35\text{mm}$	63°	26°	18°	13°	10°	7°
$f=50\text{mm}$ (Normal)	47°	18°	13°	9°	7°	5°
$f=105\text{mm}$	23°	9°	6°	4°	3°	2°
$f=135\text{mm}$	18°	7°	5°	3°	3°	2°
$f=180\text{mm}$	14°	5°	4°	3°	2°	1°
$f=300\text{mm}$	8°	3°	2°	2°	1°	1°

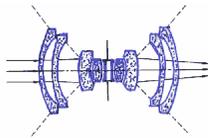


- Für kleine CCD-Chips sind die Begriffe irreführend, da die Bildwinkel kleiner sind
- Namensgebung müsste eigentlich mit jedem neuen, noch kleineren CCD-Chip wieder modifiziert werden.

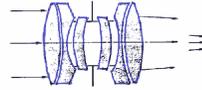
Objektivarten

■ Beispiele von Objektiven mit Linsensystemen [49]

■ Weitwinkel-Objektive:

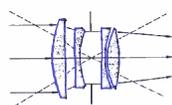


Wild-Aviogon-Objektiv

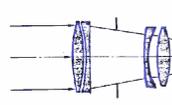


Zeiss Orthogometer-Objektiv

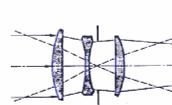
■ Normal-Objektive:



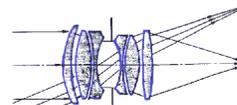
Tessar – Objektiv



Petzval - Objektiv

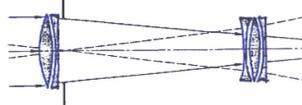


Cooke-(Taylor)-Triplet



Doppelobjektiv des Gauß-Typs (Biotar)

■ Tele-Objektiv: Magnar-Objektiv



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

43

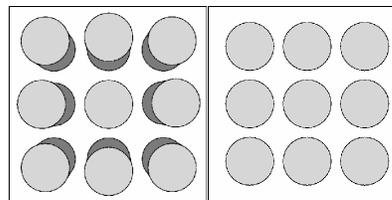
Objektivarten

■ Makro-Objektive

- Anwendung bei **sehr kleinem Abstand zwischen Kamera und Objekt**
- Abbildungsmaßstäbe zwischen 0.1 und 10
- Sehr präzise und robust
- In konsequentester Form verfügen sie weder über eine einstellbare Blende noch über einen einstellbaren Fokus
- Im Gegensatz zu normalen Objektiven ist das typische Kennzeichen eines Makroobjektivs der Abbildungsmaßstab statt Brennweite

■ Telezentrische Objektive

- Anwendung, **falls perspektivische 3D-Darstellung von Objekten nicht erwünscht** ist.
- Idee: direkt im Brennpunkt wird eine Blende positioniert, so daß nur zur optischen Achse (nahezu) parallele Strahlen auf den CCD-Chip auftreffen.
- Nachteil: nur relativ weit entfernte oder kleine (bzgl Linsendurchmesser) Gegenstände oder Flächen können abgebildet werden



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

44

Objektivarten

- C-Mount und CS-Mount Objektive
 - werden auf das Kameragehäuse aufgeschraubt
 - C-Mount bzw. CS-Mount unterscheiden sich lediglich durch den Abstand zwischen dem Ende des Objektivgewindes und der Brennebene, welches 12.5 mm bzw. 17.5 mm beträgt.
 - Der Ursprung der C-Mount- und der CS-Mount-Objektivformate liegt wieder in der Zeit der Röhrenkameras. Die üblichen Größen sind auch hier 1/3 Zoll, 1/2 Zoll, 2/3 Zoll und 1 Zoll.
 - Generell muss das Objektivformat größer oder gleich dem Chipformat sein, damit Verzeichnissfehler des Objektivs, die hauptsächlich am Linsenrand auftreten, nicht auf dem CCD-Chip abgebildet werden.
- Zoomobjektive
 - Manuelle und motorische Verstellbarkeit der Brennweite
- Videosignalgesteuerte Blende und Fokus
 - Automatische Anpassung der Blendenzahl und Bildweite an die Szene
- Fotografie und Mikroskopie-Objektive
 - Können durch Adapter für CCD-Kameras verwendet werden

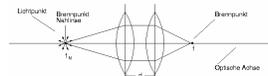
25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

45

Kamera-Zubehör

- Nahlinsen/Makrovorsatzlinsen
 - Werden auf der Kameraabgewandten Seite des Objektivs aufgeschraubt
 - Zweck ist Verringerung der MOD
 - Entfernungsangaben müssen korrigiert werden!
- Zwischenringe
 - zwischen Objektiv und Kamera eingeschraubt
 - Zweck ist ebenfalls Verringerung der MOD durch Vergrößern der Bildweite
 - Dicke Zwischenringe ähneln eher Röhren und heißen Verlängerungstubus
- Polarisationsfilter
 - Werden auf der Kameraabgewandten Seite des Objektivs aufgeschraubt
 - Sinnvoll, um Spiegelungen und Reflexe im Bild zu verhindern
 - Von einer Fläche reflektierte Lichtstrahlen sind weitgehend in eine bestimmte Richtung polarisiert, ein Polarisationsfilter kann so gedreht werden, dass es diese Schwingungsrichtung absorbiert.
- Farb- und Effektfiler



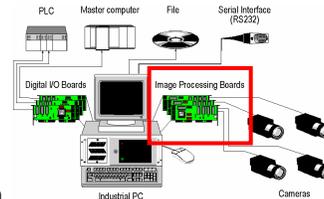
25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

46

Die Bildverarbeitungskarte

- Die **Framegrabber-Karte** oder **Bildaufnahmekarte**
 - Ist keine Grafikkarte!
 - Interface zwischen Kamera(s) und Computer
- Die Anforderungen
 - Daten von **unterschiedlichen Bildgebern**
 - Daten **schnell** verwertbar ablegen
 - Benutzerorientierte und interaktive **Oberfläche**
 - **Anpassbarkeit** für spezielle Einsatzumgebungen
 - **Programmbibliotheken** für direkten Hardware-Zugriff
- Die Relevanz nimmt ab
 - Ist im Moment noch die zentrale Einheit eines Bildverarbeitungssystems, besonders bei zeitkritischen Anwendungen und vielen Datenquellen.
 - Jedoch werden mit zunehmender Verfügbarkeit von **CMOS-Bildsensoren** Bildverarbeitungsrouitinen mehr und mehr direkt in die Kamera verlegt
 - Mit **steigender Leistungsfähigkeit von PCs**, deren Schnittstellen (USB 2.0, Firewire) und günstigen Speicherbausteinen werden spezielle BV-Kartenzunehmend überflüssig



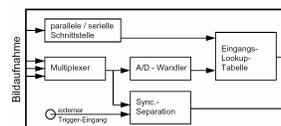
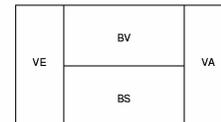
25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

47

Die Bildverarbeitungskarte

- Modularer Aufbau, um vielfältigen Aufgaben gerecht zu werden
- Konfiguration der Komponenten durch Benutzer
- Die Komponenten
 - das **Videoeingangsteil (VE)**
 - der **Bild - Speicher (BS)**
 - der **Bildverarbeitungsprozessor (BV)**
 - das **Videoausgangsteil (VA)**
- Videoeingangsteil
 - Ist die Schnittstelle Bildgeber/Bildspeicher
 - Multiplexer: Kann aus einer Vielzahl von analogen/digitalen Bildquellen selektieren
 - A/D-Wandler: Digitalisieren von analogen Signalen
 - Sync-Separation: Entfernen von Sync-Signalen aus Quelle, Synchronisieren von Bildgebern
 - Vorverarbeitung: frei programmierbare Eingangs-Lookup-Tabelle



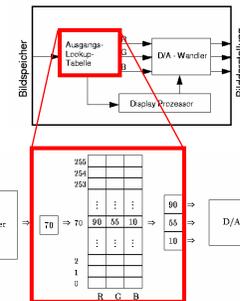
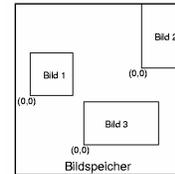
25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

48

Die Bildverarbeitungskarte

- **Bildspeicher**
 - Frei konfigurierbar: Pixeltiefe, Bildformate
 - Wahlfreier Speicherzugriff über Programmbibliothek
 - Zeilen-, Spaltenweise
 - Rechteckbereiche, Bitebenen
- **Bildverarbeitungsprozessor**
 - Grundlegende Bildverarbeitungsoperationen:
 - Faltung, Filterung
 - Transformationen, Kompression
- **Videoausgangsteil**
 - Signalvorbereitung für analoge Bilddarstellung
 - D/A-Wandlung und Display-Prozessor
 - Ausgangslookup-Tabelle für Einzelkomponenten: ermöglicht z.B. Falschfarben-Darstellung



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

49

Digitalisierung von Bildern

- **Digitalisierung**
 - bezeichnet die Einschränkung einer kontinuierlichen (analogen) Größe auf eine endliche (diskrete) Menge von Werten
- Ist in zweifacher Form im BV-System realisiert:



1. Digitalisierung des **Ortes: Abtasten**
 - Der CCD-Chip liefert kein Intensitätssignal, welches kontinuierlich im Raum ist, sondern Werte für endlich viele Positionen, den Mittelpunkten der CCD-Pixeln.
 - Dies wird „Rastern“, „Abtasten“, „Sampling“ genannt
2. Digitalisierung der **Intensität: Quantisieren**
 - Der A/D-Wandler liefert keine kontinuierlichen Intensitätswerte pro Pixel, sondern eine endliche Menge von Graustufen
 - Dies wird „Quantisierung“ genannt, der Extremfall ist „Binarisierung“ bei lediglich zwei Intensitätswerten

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

50

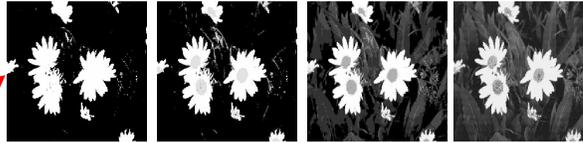
Digitalisierung von Bildern

- Quantisierung

- Beispiel
400x400
Pixel Bild



Grauwert-Quantisierung mit 1,3,4,6 Bit:



Quantisierung mit 1,2,3,4 Bit pro RGB-Farbkanal:



60000 120000 180000 240000 Byte

- Der Mensch ist nicht sehr empfindlich für grobe Quantisierung
- Auflösung ist im wesentlichen durch den Speicher begrenzt
- Typische Auflösungen sind 24 Bit (8 Bit pro Farbe) pro Pixel

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

51

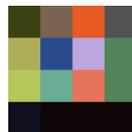
Digitalisierung von Bildern

- Abtastung

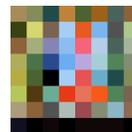
- Beispiel:
Farbbild
24 Bit
pro Pixel



2x2 Pixel
12 Byte



4x4 Pixel
48 Byte



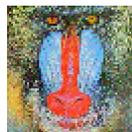
8x8 Pixel
192 Byte



16x16 Pixel
768 Byte



32x32 Pixel
3072 Byte



64x64 Pixel
12288 Byte



128² Pixel
49152 Byte



256² Pixel
196608 Byte



512² Pixel
786432 Byte

- Der Mensch ist relativ empfindlich für Unterabtastung
- Auflösung ist durch den CCD-Chip begrenzt
- Überabtastung verbessert nicht den Bildeindruck
- Speicherbedarf steigt quadratisch mit der Abtastrate

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

52

Digitalisierung von Bildern

- Falsche Wahl der Diskretisierungsaufösung kann also
 - zu großem Informationsverlust oder
 - zu großem Speicherverbrauch führen.
- Was ist die Richtige Wahl der Quantisierungsaufösung?
 - Die CCD-Pixel-Intensitäten schwanken durch Photonen-Rauschen, es macht keinen Sinn, die Schrittweiten der Graustufen unterhalb der Rausch-Amplitude zu wählen
- Was ist die richtige Wahl der Abtast-Rate?
 - Shannon's Abtast-Theorem:
 - Bei bandbegrenzten Bildern kann die Abtastung durchgeführt werden, so dass KEIN Informationsverlust entsteht.
 - Hierzu muss die Abtast-Rate kleiner als die doppelte Grenzfrequenz gewählt werden: $\Delta x \leq \frac{1}{2f_0}$

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

53

Zusammenfassung

- Eine Bildverarbeitungsanlage besteht aus:
 - einer Beleuchtungsanlage
 - einer Sensoreinheit, beispielsweise einer CCD –Kamera
 - Einem zugehörigen Objektiv (Format größer/gleich Chip)
 - einer Bildverarbeitungskarte bei zeitkritischen Aufgaben
 - Rechner zur weiteren Verarbeitung, Weiterleitung der Resultate
 - geeigneter Peripherie zur Ausgabe der Ergebnisse
- Alle Komponenten sowie die Optik müssen optimal aneinander und dem Ziel angepasst werden.
- Die Entwicklung geht in Richtung von
 - „Intelligenten Kameras“, die komplette BV-Systeme darstellen
 - BV-Systemen unter Verwendung von herkömmlichen PCs
- Beim Digitalisieren von Bildern
 - erfolgt eine Diskretisierung in Ort und Intensität
 - Die Auflösung muss der Aufgabe angepasst sein, um relevante Information zu erhalten, aber Speicher-Verschwendung zu vermeiden

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

54

Aufgaben Teil 2



- 1. Grösser-Kleiner-Quiz:
 - Je größer der Blendenradius, desto ... die Blendenzahl
 - Je größer die Blendenzahl, desto ... der Lichteinfall
 - Je kürzer die Bildweite, desto ... die Objektweite
 - Je größer die Bildweite, desto ... der Vergrößerungsfaktor
 - Je schmaler die Kamera, desto ... die MOD
 - Je weiter der Brennpunkt von der Linse, desto ... die Brechkraft
 - Je mehr Dioptrien eine Linse, desto ... die Brennweite
 - Je größer die Brennweite, desto ... der Bildausschnitt
 - Je größer der CCD-Chip, desto ... Theta
 - Ein Teleobjektiv hat eine ... Brennweite als ein Normalobjektiv



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

55

Aufgaben Teil 2



- 2. Finden Sie eine Erklärung, warum es sinnvoll ist, die Blendenzahl einer Kamera in „Stufen von Wurzel 2“ einstellen zu können.
- 3. Erläutern Sie wie man mit den Erkenntnissen aus diesem Abschnitt ein CS-Mount Objektiv als C-Mount-Objektiv verwenden kann
- 4. Gegeben sei eine Kamera mit einem Normalobjektiv mit 50mm Brennweite. Die Kamera sei derart fokussiert, dass die Bildweite 60mm beträgt. Auf welche Gegenstandsweite ist die Kamera hiermit scharf eingestellt? Was ist der Vergrößerungsfaktor?
- 5. Welche der vorgestellten Beleuchtungsarten sind in der rechten Szene realisiert?



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

56

Happy Halloween



25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

57

Bild-Referenzen

Die Bilder stammen aus dem WBT/Skript von Frau Prof. Erhardt oder aus den angegebenen bzw. folgenden Quellen (identische bzw. fortgesetzte Nummerierung wie im Skript):

[39] NeuroCheck, http://www.neurocheck.com/index_e.html

[40] Staatliche Bibliothek von Queensland, <http://map.siq.qld.gov.au/map-construction.mpg>

[41] Wikipedia

- http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gluehlampe_01_KM1.jpg,
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Leuchtstofflampen-ctaube050409.jpg/800px-Leuchtstofflampen-ctaube050409.jpg>
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Ledmrp.jpg>

[42] Polytec GmbH, <http://www.polytec.com>

[43] Schott-Fostec GmbH, <http://www.us.schott.com/fiberoptics/english/>

[44] <http://www.baertierchen.de/okt2004.html>

[45] AG Keramik, D. Edelhoff, <http://www.ag-keramik.de/news20edelhoff.htm>

[46] O. Ronneberger, E. Schultz, and H. Burkhardt. Automated Pollen Recognition using 3D Volume Images from Fluorescence Microscopy. *Aerobiologia*, 18, pages 107-115, 2002.

[47] Medical and Scientific Photography, http://msp.rmit.edu.au/Article_03/02b.html

[48] Optronics GmbH, <http://www.optronics.com/>

[49] Prof. Dr. M. Wülker, FH-Offenburg, <http://mv-sirius.m.fh-offenburg.de/wuelker/mwuelker.htm>

25.10.2005

B. Haasdonk, Digitale Bildverarbeitung, FH Offenburg WS 05/06

58