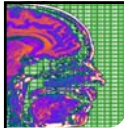


Digitale Bilder

FH OÖ Studiengänge • Hagenberg • Linz • Steyr • Wels



Klassisches Photo



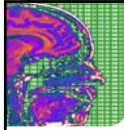
- keine einzelnen Bildpunkte erkennbar
- kontinuierliche Verläufe
- „scheinbar“ unendliche Auflösung



FH-Campus Hagenberg

Werner Backfrieder

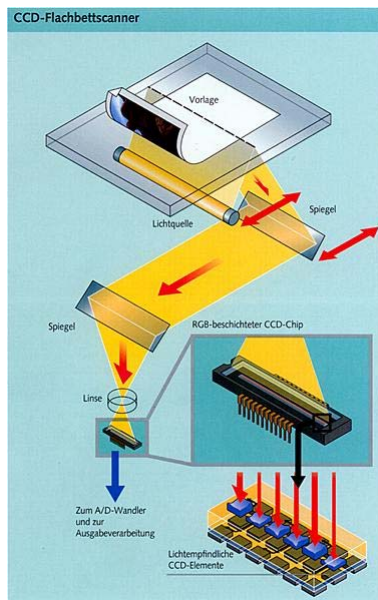
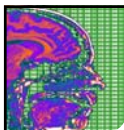
Folie 2



Grauwertbilder: Modell



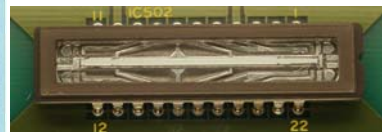
- physikalisches Modell
 - Objektpunkte reflektieren **Lichtquanten (-wellen)**
 - Reflexion ist materialabhängig
 - Intensität der Lichtwellen wird als Helligkeit wahrgenommen
 - Die Helligkeit impliziert ein Grauwertspektrum: **von schwarz über Graustufen bis weiß.**
- technische Implementierung: Flachbettscanner
 - Leuchtballen belichtet Dokument auf der Glasfläche
 - reflektiertes Licht durch optisches System auf eine Detektorzeile projiziert
 - Zeilendetektor wandelt Licht in proportionales, **analoges** elektrisches Signal um
 - Signalstärke entspricht dem Grauwert
 - Digitalisierung durch Analog-Digital-Wandler (A/D-Wandler)



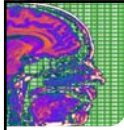
Flachbett-scanner



Mechanik-Flachbettscanner



CCD-Zeilensarray



Grauwertbild: Modell

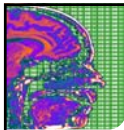


■ mathematische Formulierung

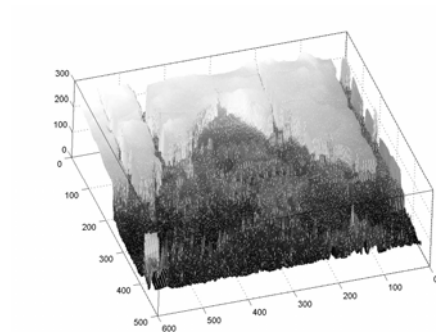
- jedem Punkt (x,y) wird ein Grauwert zugeordnet
- skalare Funktion in zwei Variablen (Koordinaten)

$$f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}, \quad z = f(x, y)$$

- z ... Grauwert (Skalar)
- (x,y) Koordinaten des Punktes
 - $x \in [0,B], y \in [0,H], B$...Breite, H ...Höhe
- Koordinatensysteme:
 - Ursprung LO Bildschirmkoordinaten
 - Ursprung LU mathematische Koordinaten

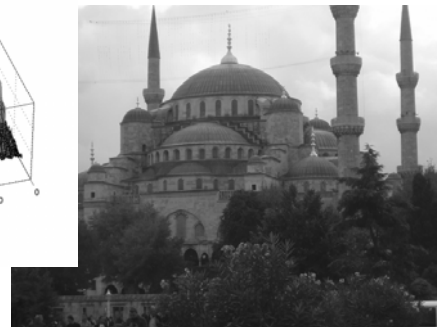


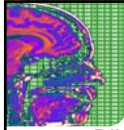
Darstellung skalarer Funktionen (Grauwertbilder)



Reliefdarstellung

Grauwert- oder Falschfarbendarstellung

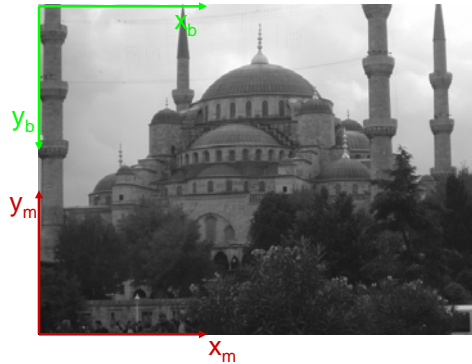




Koordinatensysteme



Bildschirmkoordinaten (x_b, y_b) , Ursprung links oben (LO), wird auch für Matrizenspeicherung in Zeilen und Spalten verwendet.



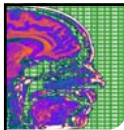
Relationen :

$$x_m = x_b$$

$$y_m = H - y_b$$

H ... Bildhöhe

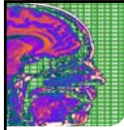
Mathematisches Koordinatensystem (x_m, y_m) , Ursprung linke untere Ecke (LU)



Problem



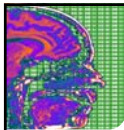
- mathematische Formulierung $f(x,y)$ besitzt „unendlich“ viele Bildpunkte
- Graustufen kontinuierlich => „unendlich“ viele Graustufen
- => computergestützte Verarbeitung benötigt bestimmte Digitalisierung (Quantisierung) der Bildinhalte
- => digitale Bilder



Sampling



- Digitalisierung
- örtliche Digitalisierung
 - Bildwerte werden auf (un)regelmäßigem Gitter gespeichert (örtliche Auflösung)
- quantitative Digitalisierung
 - Bildwert wird quantisiert, d.h. Speichertiefe wird festgelegt
 - 8 Bit Grauwert, 24 Bit Farbe, ...



Sampling



- Digitalisierung: kontinuierliches -> diskretes Modell
- Örtliche Digitalisierung
 - Funktionswerte f werden nur an bestimmten Positionen (x_i, y_j) berücksichtigt.
 - Bild B wird durch Menge von 3-fach Tupel beschrieben

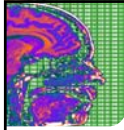
$$B = \{(f_n, x_n, y_n) \mid f_n = f(x_n, y_n), x_n \in [0, x_{\max}], y_n \in [0, y_{\max}], n \in [1, N]\}$$

- Bildwerte werden üblicherweise in einem regelmäßigen Gitter G strukturiert

$$X = \{x_i \mid x_i = i \cdot \Delta x, i \in [0, I - 1]\}$$

$$Y = \{y_j \mid y_j = j \cdot \Delta y, j \in [0, J - 1]\}$$

$$G = X \times Y$$

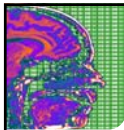


Wie oft abtasten ?

Nyquist'sches Sampling Theorem:

Um ein Bild ohne Informationsverlust zu digitalisieren, muß die Abtastfrequenz doppelt so hoch wie die Grenzfrequenz gewählt werden.

- Information zwischen den Abtastpunkten geht verloren.
- Kann durch Vergrößern (Interpolieren) nicht wieder hergestellt werden.
- Abtastintervall muß an die kleinste aufzulösende Struktur angepaßt werden.



Beispiel Schachbrett

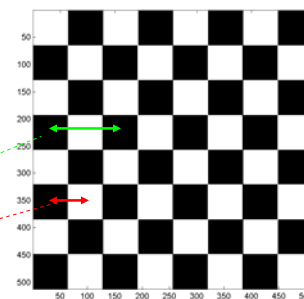
Frage: *Wie groß muß das Abtastintervall gewählt werden, um die Information „Schachbrett“ zu erfassen?*

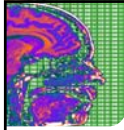
- Zusammenhang Periode-Frequenz $f=1/T$

- f ... Frequenz
- T ... Periodendauer (Abtastintervall)

kleinste Periode

Abtastintervall





Digitalisierung/2



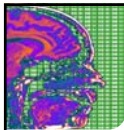
■ Quantisierung (Werte-Digitalisierung)

- zB. Stromstärke der Photodiode wird im AD-Wandler in einen digitalen Wert umgeformt
- kontinuierlicher Wert auf einen Wertebereich der Basis 2 abgebildet.

$$[f(x_i, y_j)] \rightarrow \sum_{k=0}^{K-1} a_k \cdot 2^k$$

- [z] größte ganze Zahl < z
- K Anzahl der Bits
- K=1 binäres Bild 2 Werte {0,1} oder SW
- K=8 8 Bit Grauwerte [0,255]
- K=16 16 Bit Grauwerte [0,65535]

- Farbbild Vektor mit 3 Farbkanälen (R,G,B) mit 8 Bit/Kanal

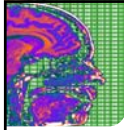


Datenstrukturen



- Aufgrund der Anordnung auf einem regelmäßigen Gitter ist die Position eines Bildpunktes definiert durch:
 - Ausdehnung des Bildelements ($\Delta x, \Delta y$)
 - Anzahl der Bildelemente in horizontaler (**Breite**) und vertikaler Richtung (**Höhe**)
 - **Index** bei zeilen- oder spaltenweiser Anordnung
 - => Positionsdaten redundant
- Mindestanforderung für Persistierung
 - Header-Information: Pixeldimension, Höhe, Breite, Speichertiefe
 - Raw-Data: Pixelstream

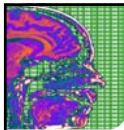
Bildelement = Picture Element = Pixel



Operatoren auf Bilder

Durch die Digitalisierung wird ein Bild als eine Menge (Matrix) einzelner Bildpunkte erfaßt. Die Konsequenz daraus ist, daß das Bild elementweise oder als ganzes mathematischen Operationen unterworfen werden kann.

- Definition: p ist ein beliebiges Pixel aus dem Bild P .
 q ist entweder ein *Skalar* oder das entsprechende Pixel in einem Bild Q .
- arithmetisch: $p+q$, $p-q$, $p*q$, p/q
- logisch: p **AND** q , p **OR** q , **NOT** q , p **XOR** q

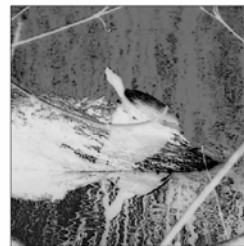


Beispiel 1

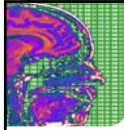
Kontrastinversion durch Subtraktion von einem Skalar



A



$$A1 = (\max(A) - A)$$



Beispiel 2



Bildaufhellung durch Multiplikation mit einem Skalar.
Untenstehende Grauwerteskala stellt die Pixelwerte
aus dem Bereich 0 bis 64 linear dar.

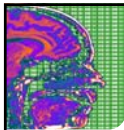


A



$A1=A*1.5$

Folie 19



Beispiel 3



Überblenden durch Addition



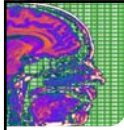
A



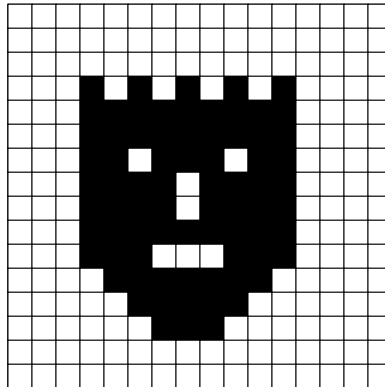
B



$C=A+B$



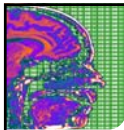
Beispiel 4



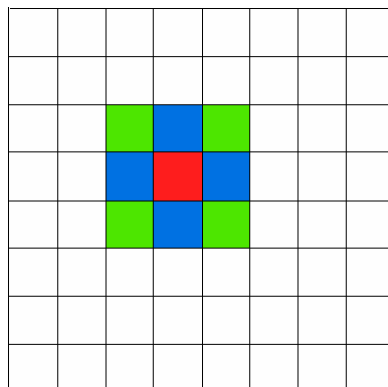
Markieren und entfernen durch XOR

Wahrheitstabelle

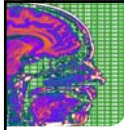
A	B	AxorB
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0



Nachbarschaftsrelationen



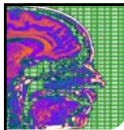
Pixel q
Vierer-Nachbar N_4
Diagonaler-Nachbar N_D
 $N_8 = N_4 + N_D$



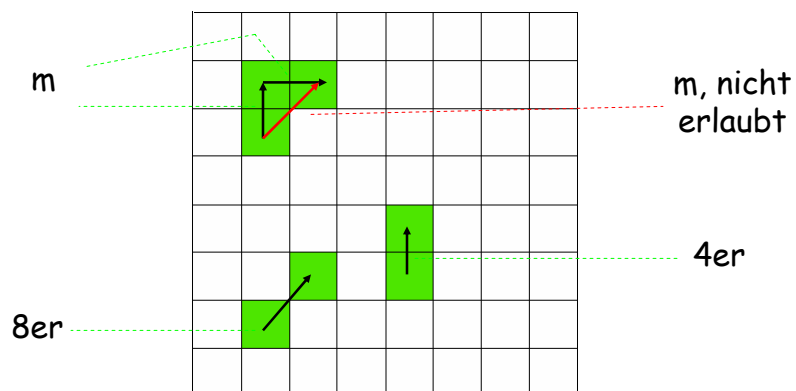
Connectivity

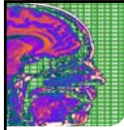


- **4er**
 - p, q in V und q ist 4er Nachbar von p
- **8er**
 - p, q in V und q ist 8er Nachbar von p
- **mixed**
 - p, q in V , q in $N_4(p)$ oder q in $N_D(p)$ sowie $N_4(p)$ und $N_4(q)$ schneiden sich nicht

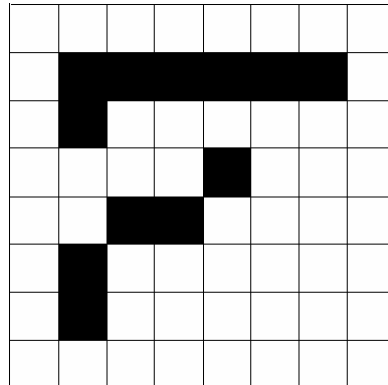


Connectivity

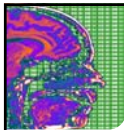




Pfade



Zwischen zwei beliebigen Pixeln p und q existiert ein Pfad, wenn eine Folge von verbundenen Pixeln existiert, die bei vorgegebener Verbindungsvorschrift, eine Verbindung zwischen p und q herstellt.

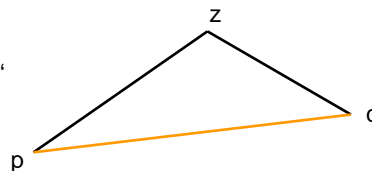


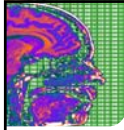
Abstand-Bedingungen



Der Abstand ist im alltäglichen Leben die Distanz zwischen zwei Orten. Es können einige allgemeingültige Eigenschaften für Abstände aufgestellt werden.

- Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, um einen Abstand d zwischen den Pixeln p und q zu definieren:
- $d(p,q) \geq 0$; falls $p \neq q$
- $d(p,q) = d(q,p)$
- $d(p,q) \leq d(p,z) + d(z,q)$
 - „Dreiecksungleichung“



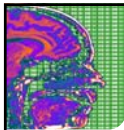


Abstands-Normen



Definitionen für Abstände zwischen den Punkten (x_1, y_1) und (x_2, y_2)

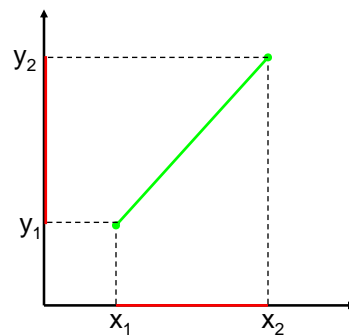
- Euklid
 $d = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2)^{1/2}$
- Manhattan
 $d = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$
- Schachbrett
 $d = \max(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|)$

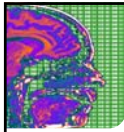


Abstands-Normen

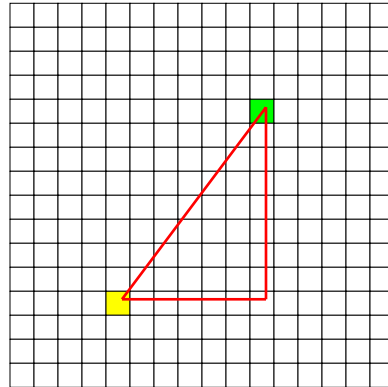


- Euklid
 $d = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)^{1/2}$
- Manhattan
 $d = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1|$
- Schachbrett
 $d = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|)$





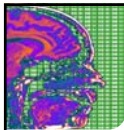
Beispiel: Abstandsnormen



Euklid=10pix

Manhattan=14pix

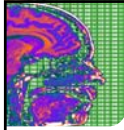
Checkerboard=8pix



Tiff



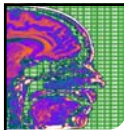
- Tagged Image File Format
 - Interchange of raster-images
- Erste Version von Adobe™ 1986
 - startet mit Version 3, vorherige Drafts wurden als Version definiert
 - algorithmische Verarbeitung, automatisiert



Scope



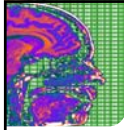
- Bilder von Scannern, Frame-Grabbern, Software
- **keine** Drucker- oder Page Description Language
- große und flexible Anzahl von Parametern
- **jedoch** geringe Anzahl von notwendigen Parametern
- offen für neue Entwicklungen



Features

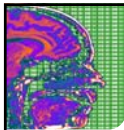


- Binär, Grauwerte, Indexed Color, Full Color
- große Anzahl von Kompressionsverfahren
- Imaging-Hardwareunabhängig
- Plattformunabhängig
- Private Tags (>32768)
 - reusable space (65000-65535)

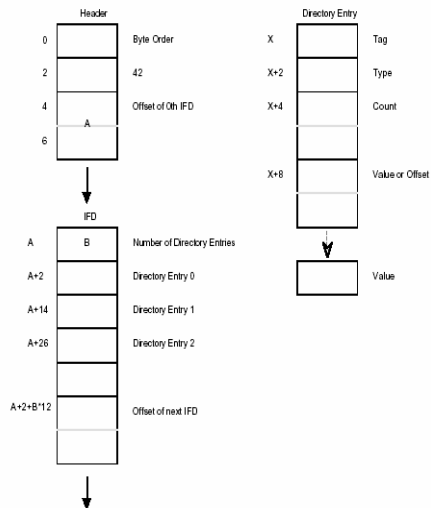


Baseline Tiff

- Kern von Tiff
- maximale Filegröße 2^{32} Bytes
- 8 Byte Header
 - zeigt auf Image File Directory (IFD)
- IFD
 - image file directory
 - Informationen über das Bild
 - Zeiger auf Pixel-Daten



Structure of TIFF



Byte Order

0x4949 little endian
 0x4D4D big endian

42

magic number for TIFF

Offset to IFD

(word boundary)

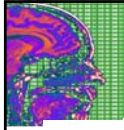
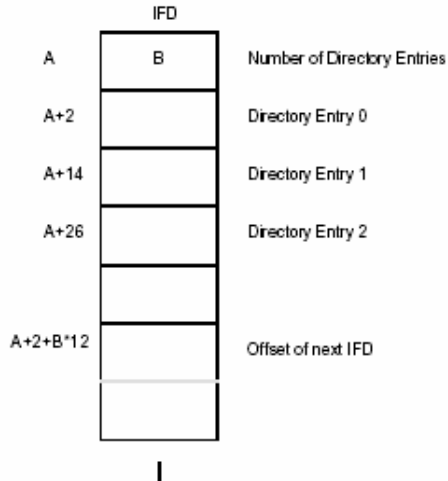
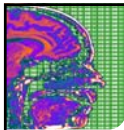


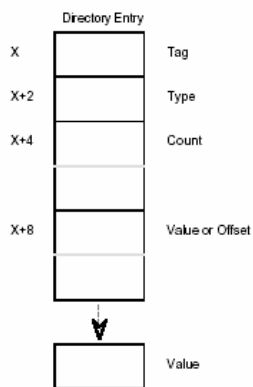
Image File Directory



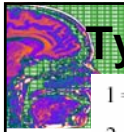
- Der erste Eintrag ist 2 Bytes lang und gibt die Anzahl der Directory-Einträge an.
- Die weiteren Einträge sind jeweils 12 Bytes lang.
- Der letzte Eintrag gibt den offset zum nächsten IFD an.
- Es muß mindestens 1 IFD pro File existieren.**



Directory Eintrag



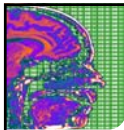
Bytes	Bedeutung
0-1	tag
2-3	typ
4-7	count
8-11	value/offset



Typ-Feld



1 = BYTE	8-bit unsigned integer.
2 = ASCII	8-bit byte that contains a 7-bit ASCII code; the last byte must be NUL (binary zero).
3 = SHORT	16-bit (2-byte) unsigned integer.
4 = LONG	32-bit (4-byte) unsigned integer.
5 = RATIONAL	Two LONGs: the first represents the numerator of a fraction; the second, the denominator.
6 = SBYTE	An 8-bit signed (twos-complement) integer.
7 = UNDEFINED	An 8-bit byte that may contain anything, depending on the definition of the field.
8 = SSHORT	A 16-bit (2-byte) signed (twos-complement) integer.
9 = SLONG	A 32-bit (4-byte) signed (twos-complement) integer.
10 = SRATIONAL	Two SLONG's: the first represents the numerator of a fraction, the second the denominator.
11 = FLOAT	Single precision (4-byte) IEEE format.
12 = DOUBLE	Double precision (8-byte) IEEE format.



Spezielle Tags



ImageLength

Tag = 257 (101.H)
Type = SHORT or LONG

The number of rows (sometimes described as *scanlines*) in the image.

ImageWidth

Tag = 256 (100.H)
Type = SHORT or LONG

The number of columns in the image, i.e., the number of pixels per scanline.

RowsPerStrip

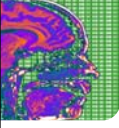
Tag = 278 (116.H)
Type = SHORT or LONG

StripOffsets

Tag = 273 (111.H)
Type = SHORT or LONG
For each strip, the byte offset of that strip.


StripByteCounts

Tag = 279 (117.H)
Type = SHORT or LONG
For each strip, the number of bytes in that strip *after any compression*.

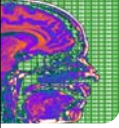


Beispiel

Offset (hex)	Description	Value
<i>Header:</i>		
0000	Byte Order	4D4D
0002	42	002A
0004	1st IFD offset	00000014
<i>IFD:</i>		
0014	Number of Directory Entries	000C
0016	NewSubFileType	00FE 0004 00000001 00000000
0022	ImageWidth	0100 0004 00000001 000007D0
002E	ImageLength	0101 0004 00000001 00000BB8
003A	Compression	0103 0003 00000001 8005 0000
0046	PhotometricInterpretation	0106 0003 00000001 0001 0000
0052	StripOffsets	0111 0004 000000BC 000000B6
005E	RowsPerStrip	0116 0004 00000001 00000010
006A	StripByteCounts	0117 0003 000000BC 000003A6
0076	XResolution	011A 0005 00000001 00000696
0082	YResolution	011B 0005 00000001 0000069E
008E	Software	0131 0002 0000000E 000006A6
009A	DateTime	0132 0002 00000014 000006B6
00A6	Next IFD offset	00000000
<i>Values longer than 4 bytes:</i>		
00B6	StripOffsets	Offset0, Offset1, ... Offset187
03A6	StripByteCounts	Count0, Count1, ... Count187
0696	XResolution	0000012C 00000001
069E	YResolution	0000012C 00000001
06A6	Software	"PageMaker 4.0"
06B6	DateTime	"1988:02:18 13:59:59"
<i>Image Data:</i>		
00000700		Compressed data for strip 10
xxxxxxx		Compressed data for strip 179
xxxxxxx		Compressed data for strip 53
xxxxxxx		Compressed data for strip 160




FH-Campus Hagenberg
Werner Backfrieder
Folie 39

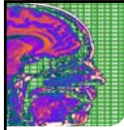


Required Tags

TagName	Decimal	Hex	Type	Value
ImageWidth	256	100	SHORT or LONG	
ImageLength	257	101	SHORT or LONG	
Compression	259	103	SHORT	1, 2 or 32773
PhotometricInterpretation	262	106	SHORT	0 or 1
StripOffsets	273	111	SHORT or LONG	
RowsPerStrip	278	116	SHORT or LONG	
StripByteCounts	279	117	LONG or SHORT	
XResolution	282	11A	RATIONAL	
YResolution	283	11B	RATIONAL	
ResolutionUnit	296	128	SHORT	1, 2 or 3



FH-Campus Hagenberg
Werner Backfrieder
Folie 40



Matlab-File Handling



```
> fid=fopen('Name','ro');  
> a=fread(fid,1,'short');  
> b=fread(fid,12,'uchar');  
> fseek(fid,100,'bof');  
> fread(fid,1,'long');  
> fclose(fid)
```

Typ	Länge/bit
char	8
short	16
int	32
long	32
ushort	16
uint	32
ulong	32
float	32