

Vorlesung DBV I

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte ...

Informationsgehalt eines Bildes in einem Standardformat der Bildverarbeitung:

$640 \times 480 \times 8 = 3.481.600$ Informationseinheiten (Bit),

Bei einem **Farbbild** ist es das **dreifache!**

Zum Vergleich:

Eine einfache Lichtschranke liefert eine Information mit einem Gehalt von 1 Bit !

Organisatorisches

Vorlesung

Mo. 17.00 Uhr (SW 1-15)

Praktikum

ab SW 5 bzw. 7, siehe Stundenplan

Prüfung

im Prüfungszeitraum (für Studiengänge ET/IT und ME)

Termine / Uhrzeit:

bei Ausfall operative Festlegung von
Nachholterminen, kurzfristige Verhinderungen:
Bekanntgabe über Veränderungsplan
Stundenplan unter Endter/Schroeter!

Lehrunterlagen / Skripte: email

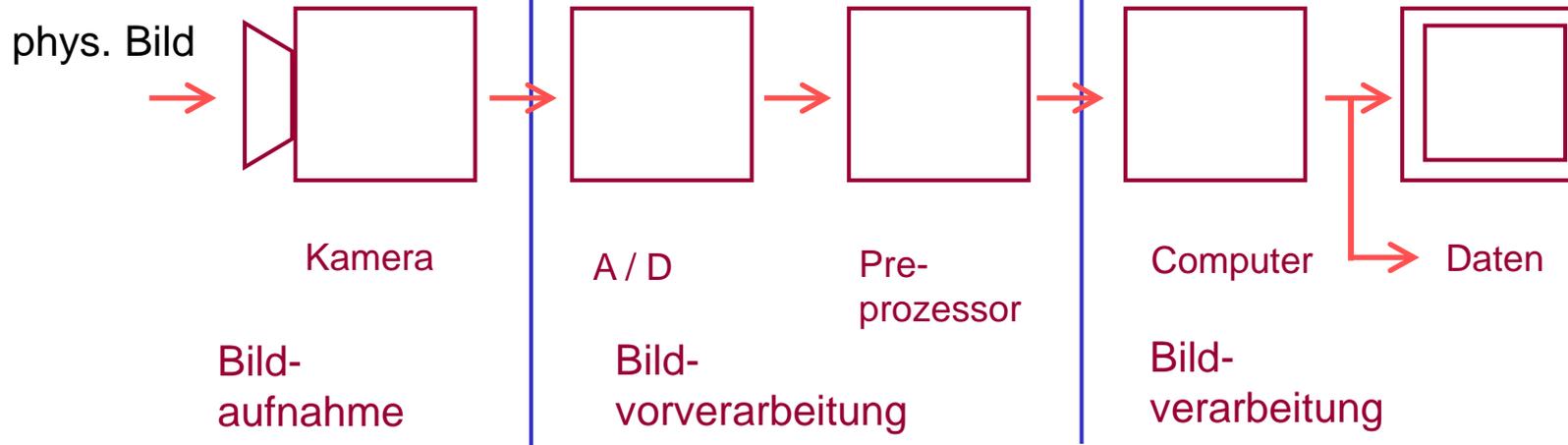
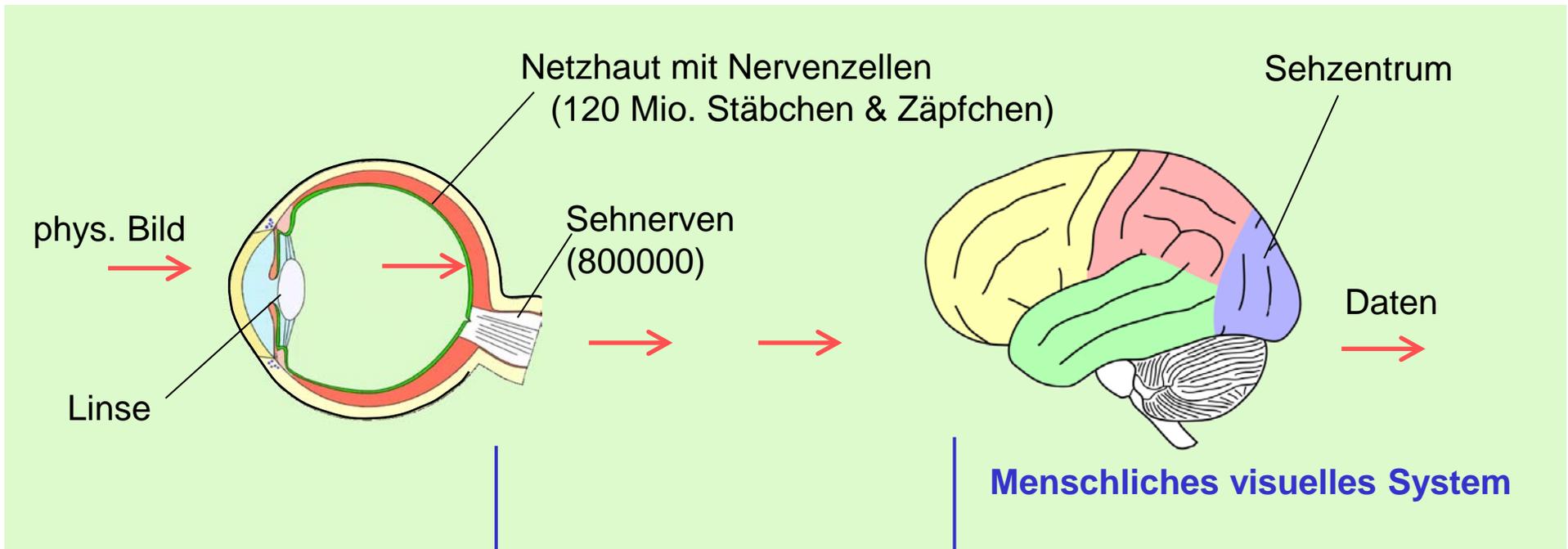
Vorlesung Digitale Bildverarbeitung (DBV)

Inhalt

1. Einführung / Begriffsklärungen
2. Bildabtastung und Digitalisierung
3. Grauwertstatistik
4. Punktoperatoren
5. Lokale Operatoren
6. Globale Operatoren
7. Merkmalsextraktion
8. Klassifikation
9. Codierung
10. Grundlagen Technische Optik / Technische Komponenten

Einführung / Begriffsklärungen

1. Organisatorisches
2. Das menschliche Sehen als Vorbild für die künstliche Bildverarbeitung
3. Bildverarbeitung: Historisches
4. Bildverarbeitung anschaulich
5. Vergleich von STS (Systeme des technischen Sehens) mit dem System Auge - Gehirn
6. Definitionen: Bild, Bildbearbeitung, Bildverarbeitung
7. Bildverarbeitung: Realisierungsvarianten, Varianten der Integration in andere Systeme
8. 2D- und 3D-Bildverarbeitung
9. Bildverarbeitung: physikalische Grundlagen
10. Bildverarbeitung: angewendete sowie angrenzende Wissenschaften und technische Disziplinen
11. Erforderliche Grundlagenkenntnisse zur erfolgreichen Teilnahme an der Lehrveranstaltung BV
12. Bildverarbeitung und digitale Videotechnik: Anwendungen
13. Bildverarbeitung: Anwendungsbeispiele
14. Bildverarbeitung: Wertschöpfungsketten
15. Bearbeiten von Kundenaufträgen (vorwiegend aus der Industrie): Abläufe, Organisation, inhaltliche Bearbeitung



Systeme des techn. Sehens (STS)

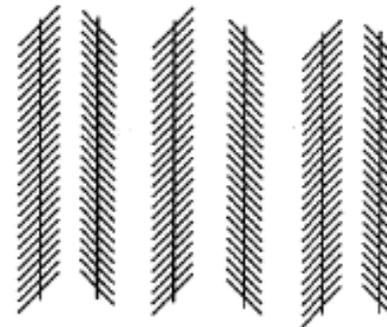
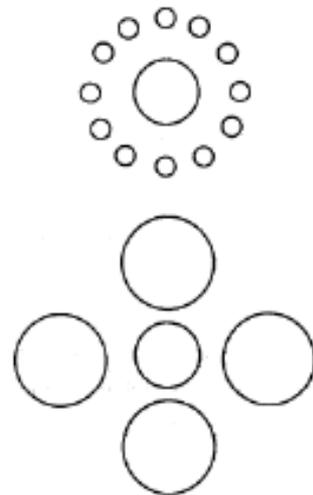
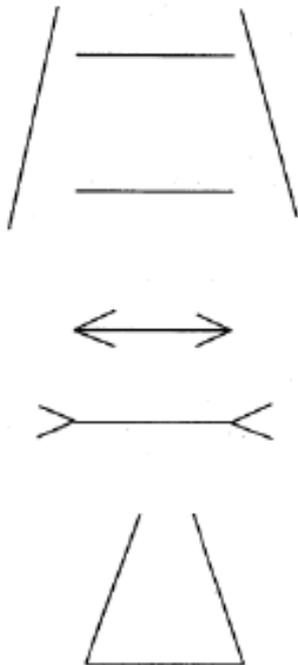
Was macht das menschliche Sehen so leistungsfähig

- ständige Weiterentwicklung und Anpassung über Millionen von Jahren in der Evolution
- massive Parallelverarbeitung im Gehirn
- Lernfähigkeit mit „Anlernphase“ über mehrere Jahre in der Kindheit
- hohe Ortsauflösung
- hohe Flexibilität der optischen Abbildung und der spektralen Empfindlichkeit (Nah- und Weitsehen, Adaption Hell-Dunkel, Anpassung der Auflösung)

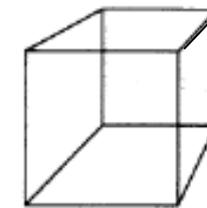
Es gibt auch Nachteile gegenüber technischen Lösungen

- Ermüdung ...
- subjektive Faktoren
- Geschwindigkeit (für bestimmte Anwendungen)
- Adaptionszeiten (Hell-Dunkel, Nah-fern)
- Ortsauflösung
- Dynamikumfang (kleinster wahrnehmbarer Helligkeitsunterschied)
- Das Auge kann ohne zusätzliche Hilfsmittel (Maßstab, Lineal usw.) nicht “messen”

Durch die Evolution geschaffene Bildverarbeitungs-Mechanismen führen auch zu Fehlinterpretationen bzw. Täuschungen:



Optische Täuschungen

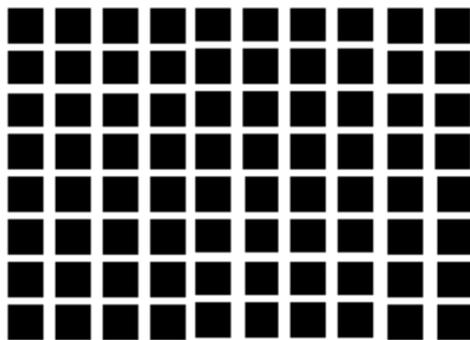


Ponzofigur
Müller Lyer Figur
Bewußtseinsumspringen

Durch die Evolution geschaffene Bildverarbeitungs-Mechanismen führen auch zu Fehlinterpretationen bzw. Täuschungen:



Mach'sche Bänder



Ein mit dem Auge fixierter Kreuzungspunkt erscheint weiß, die Kreuzungspunkte am Rande des Gesichtsfeldes dagegen grau.

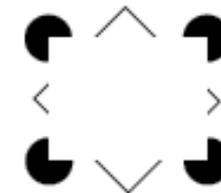


Rubinscher Pokal

Abb. 7

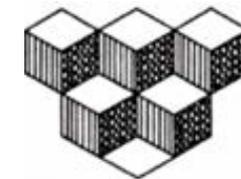
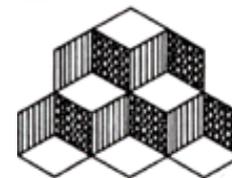


Junge oder alte Frau?



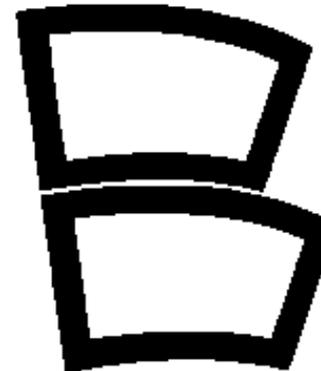
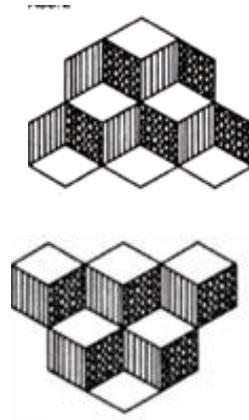
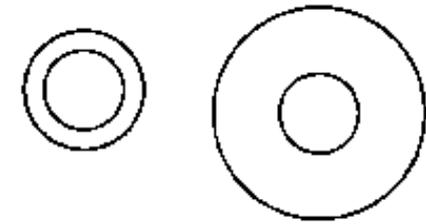
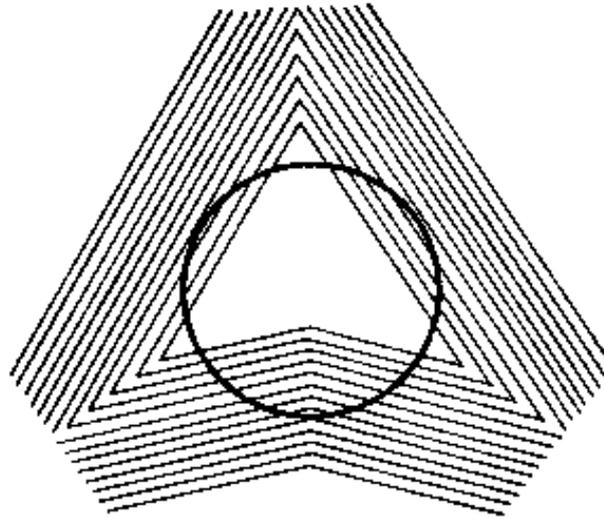
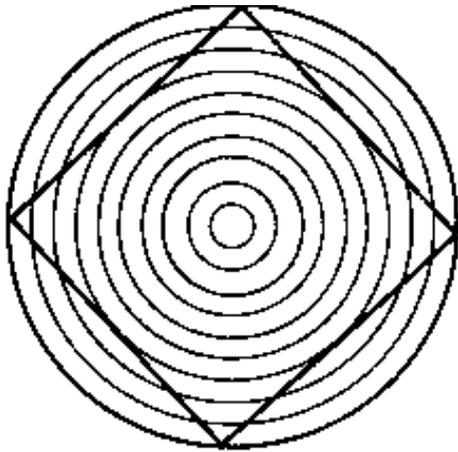
Durch die besond. Form der schwarzen Objekte erkennt man ein weißes Rechteck (obwohl dieses nicht vorhanden ist)

Was wir wahrnehmen, muss nicht unbedingt mit dem Bild auf der Netzhaut übereinstimmen



Ganzes und Teil

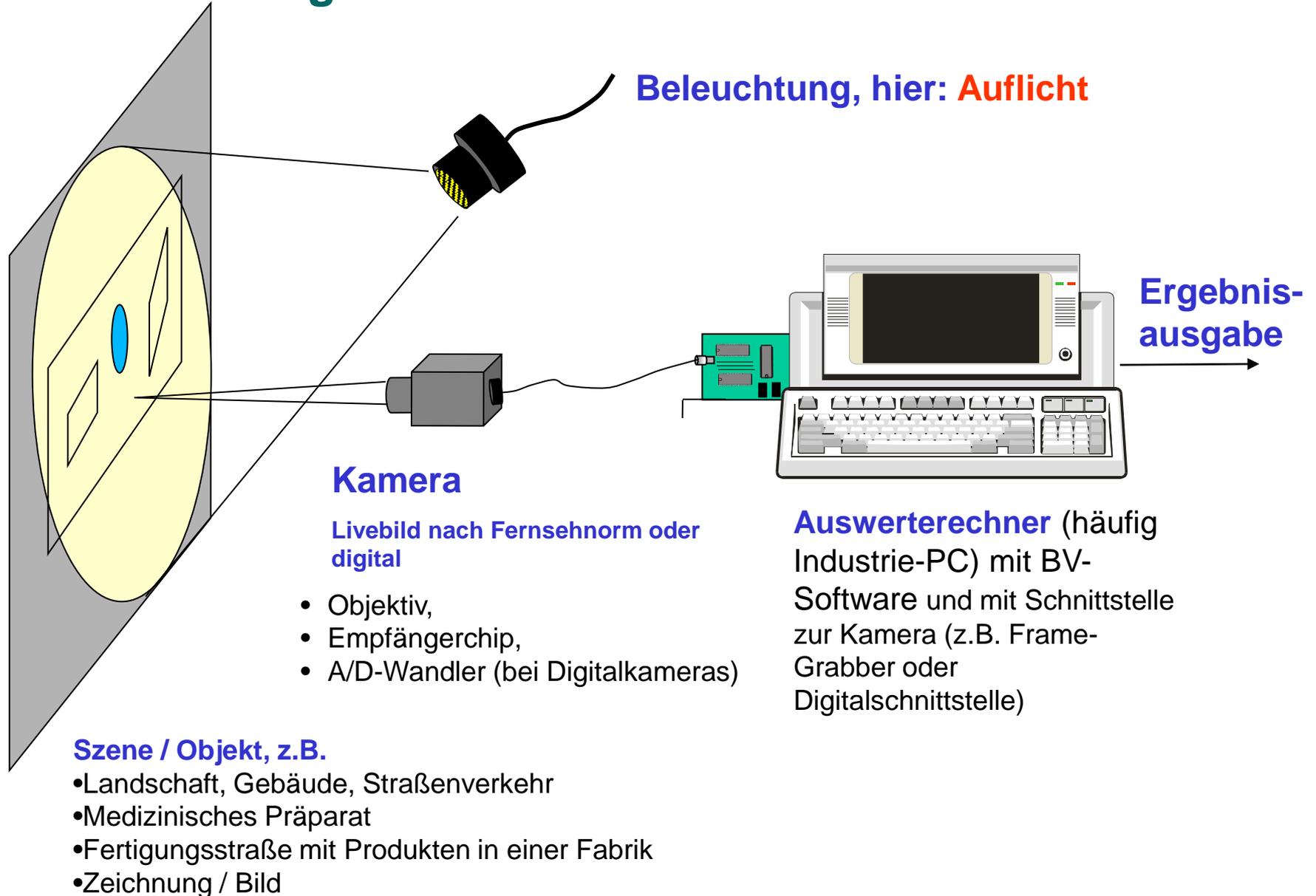
Das menschliches Auge kann nicht messen, sondern nur vergleichen, vergleicht intuitiv nahe beieinander liegende Merkmale



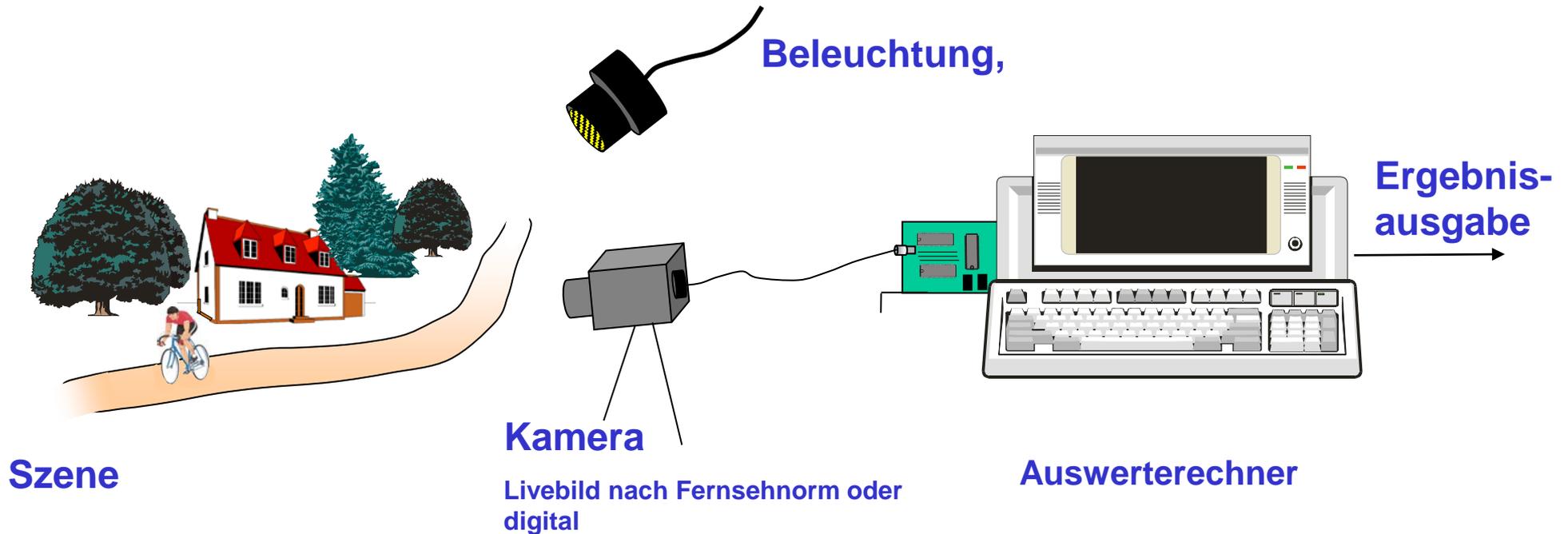
Bildverarbeitung: Historisches

- **seit ca. 1900** Fotogrammetrie oder Bildmessung für Spezialanwendungen (z. B. in der Geodäsie, Fernerkundung usw.); zunächst mit Fotoplatten später mit Filmen;
- **seit den 1980er** Jahren Halbleiterkameras (CCD, CID); in Verbindung der Computertechnik entwickelt sich die digitale Bildverarbeitung
- **seit Mitte / Ende der 80er** Jahre Verfügbarkeit aufeinander abgestimmter Systeme von Kameras / Frame “Grabbern” und Softwarepaketen (vorwiegend für PC’s) zur Entwicklung professioneller Bildverarbeitungslösungen für die Industrie
- **seit Mitte der 90er** Jahre Entwicklung von “Smart“-Kameras bzw. “Intelligenten” Kameras mit integrierter Auswerte-Hardware (und Software)
- **seit ca. 2000** zunehmende Verfügbarkeit von Digitalkameras

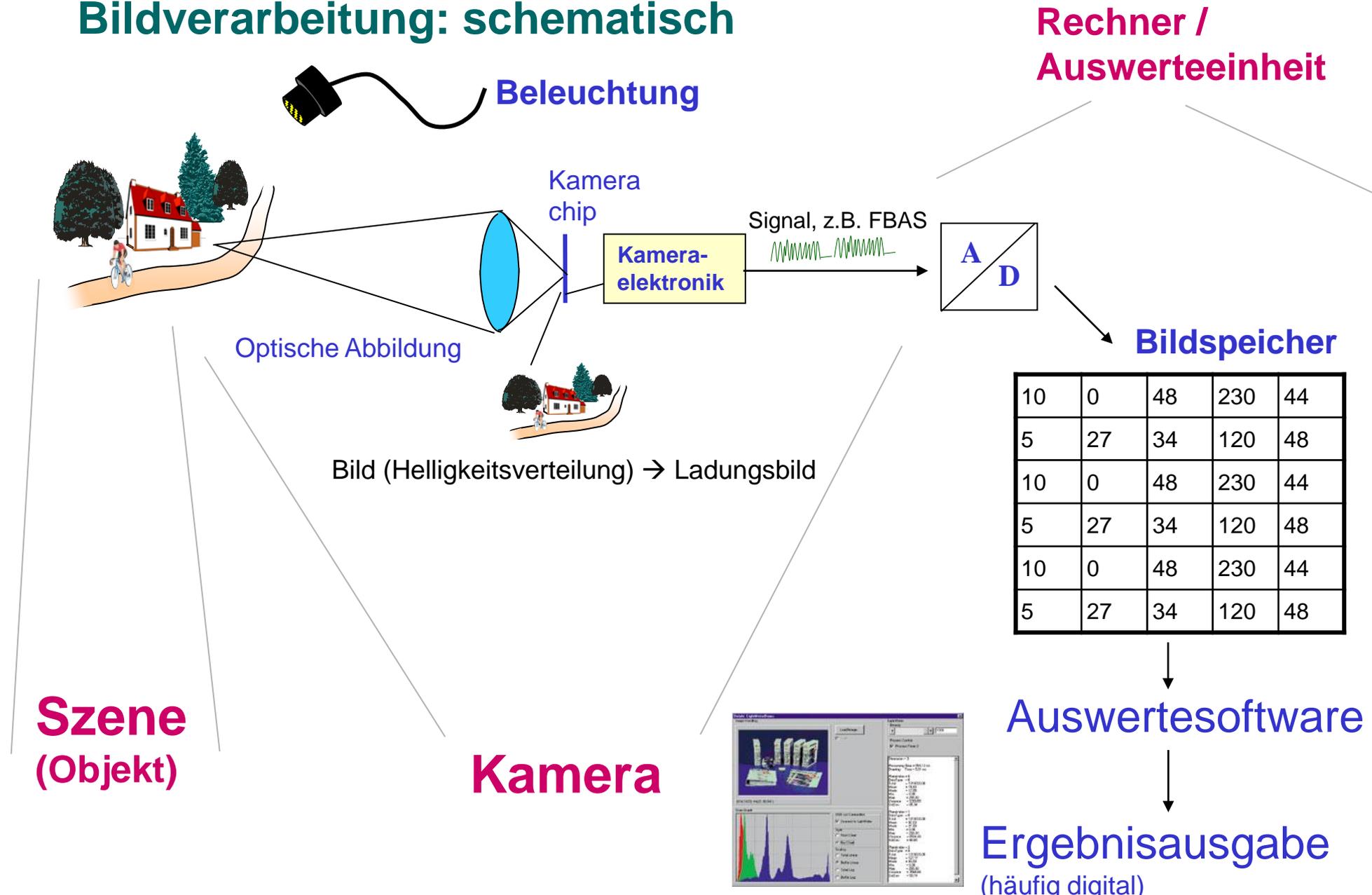
Bildverarbeitung anschaulich



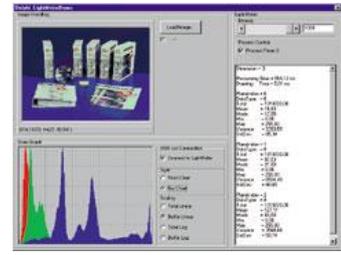
Nachahmung des menschlichen Sehens mit technischen Mitteln – STS, Bildverarbeitung anschaulich



Bildverarbeitung: schematisch

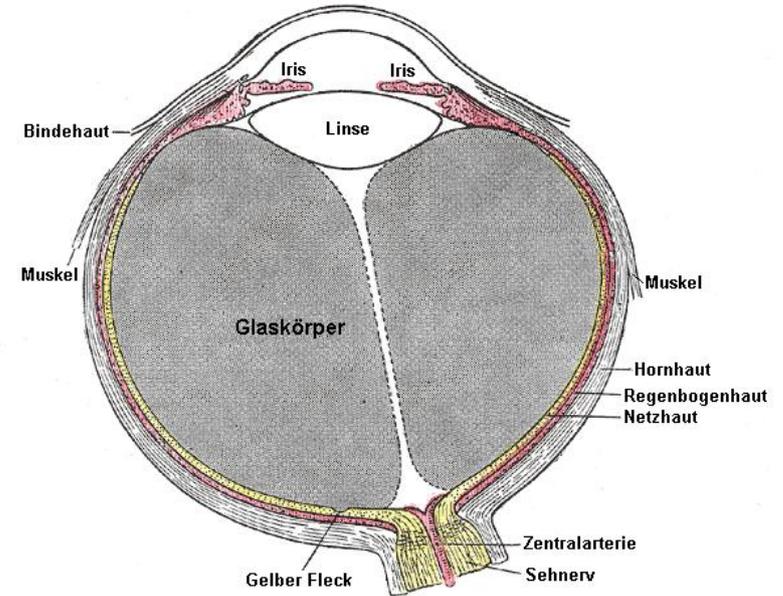


10	0	48	230	44
5	27	34	120	48
10	0	48	230	44
5	27	34	120	48
10	0	48	230	44
5	27	34	120	48



Bildverarbeitung: Vergleich Auge/Gehirn - STS

	Auge	STS
Ermüdungserscheinungen	ja	nein
Spektralbereich	ca. 400 – 700 nm	ca. 300 – 1100 nm (NIR) Spez. Sensoren: Infrarotbereich ... 6000 nm!



	Auge	STS
Ermüdungserscheinungen	ja	nein
Spektralbereich	ca. 400 – 700 nm	ca. 300 – 1100 nm (NIR) Spez. Sensoren: Infrarotbereich ... 6000 nm!
geometrischer Auflösungsbereich	hängt vom Bildfeldbereich und der Objektentfernung ab (Maximum im Bereich des gelben Flecks: 1/60°; ca. 30 µm im Nahsichtbereich)	STS: 20 – 1 µm per Software: ! 50 nm (Genauigkeit Subpixelbereich, Kantenfunktion)
Skript zur Vorlesung Bildverarbeitung	56 2011 36 – 50 Stufen	300 – 1000

Bildverarbeitung: Vergleich Auge/Gehirn – STS / Forts.

	Auge	STS
Verarbeitungsgeschwindigkeit	“vergleichsweise” hoch, einfache Bildverarbeitungs-aufgaben im 1/10s-Bereich (Klassifizierung von Teilen usw.	bei bestimmten Aufgaben schneller als das Auge
Adaptionszeiten	hell - dunkel: 5 ... 20 Minuten; dunkel - hell 1 ... 5 Minuten	keine
Lebensdauer	maximal entsprechend Lebensalter	praktisch keine Begrenzung
Optische Täuschungen	ja	nein
Durchführung von Messungen	Mit dem Auge nicht möglich, es kann nur prüfen bzw. vergleichen	Halbleiterbildsensoren sind gleichzeitig Längenmaßstäbe, also kann mit ihnen auch gemessen werden
Kosten	Lohn	Anschaffung, wartungsarm

Definition Bild (im engeren Sinne der Bildverarbeitung)

- **Bild in der Ebene des Kamerachips:** maßstäbliche Abbildung einer Szene (einer Helligkeitsverteilung)
- **Ladungsbild:** innerhalb eines Halbleiterbildsensors erzeugte Ladungsverteilung, welche der Helligkeitsverteilung in der Bildebene (nahezu) proportional ist
- **Digital gewandeltes Bild / digitales Bild:** in einem Rechner Speicher bzw. dem Speicher einer digitalen Auswerteeinheit abgelegtes 2-dimensionales Feld (Werteumfang meist 0..255 entsprechend 8 Bit), die Werte sind der Helligkeitsverteilung (bis auf den Quantisierungsfehler) proportional

Digitale Bildverarbeitung im engeren Sinne:

Berechnung von Parametern (Merkmale, Klassifikationen, Abstände, Oberflächenparameter, Anzahl von Objekten ...) aus dem digital gewandelten Bild mit anschließender Ausgabe des Ergebnisses an eine externe Schnittstelle

Bildverarbeitung im weiteren Sinne

umfasst neben der Bildverarbeitung im engeren Sinne noch die Komponenten und die Prozesse der Bildgewinnung aus der realen Umwelt (Kameratechnik, Beleuchtung, mechanische Halterungen usw.)

Vergleich Bildverarbeitung und Bildbearbeitung

Bildbearbeitung: Veränderung des Bildes z.B.

- **unter ästhetischen Gesichtspunkten (Farbkorrektur)**
- **zur Hervorhebung von Merkmalen (z.B. Kanten hervorhebung, Falschfarbendarstellung)**
- **Zur Hervorhebung von Details**
- **Anwendungsbeispiel: Kontrastverstärkung dunkler Bereiche von medizinischen Röntgenaufnahmen**

Das Bild steht anschließend in veränderter Form zur weiteren Bildverarbeitung oder Betrachtung wieder zur Verfügung.

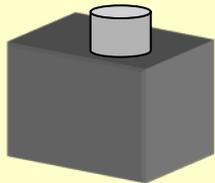
Die Veränderung des Bildinhaltes ist reversibel oder irreversibel möglich.

Vergleich Bildverarbeitung und Bildbearbeitung

Bildverarbeitung:

Berechnung bzw. Ermittlung einiger weniger Parameter / Merkmale aus den Daten des Bildes; die Bildinformation wird nicht notwendigerweise verändert;

Bildbearbeitungsoperationen können Bestandteil der Bild(vor)verarbeitung sein.



Anwendungsbeispiel:

Überprüfung des Zylinderaufsatzes an einem Kleinteil auf Vorhandensein und richtige Position, das Ergebnis der Bildverarbeitung sind zwei binäre Signale:

- Aufsatz vorhanden / nicht vorhanden
- Aufsatz in der richtigen Position / Aufsatz in der falschen Position

Bildverarbeitung:

Realisierungsvarianten / Integration in Systeme / Umgebungen

Als Einzelprüf(mess)platz ohne Prozessanbindung mit geringem Integrationsgrad (Komponentenaufbau), nicht für 100%-Prüfungen, vorwiegend

- **in Forschungslaboren (medizinische, naturwissenschaftliche, materialwissenschaftliche oder technische Labore)**
- **in speziellen Mess- und Prüfräumen für die Qualitätssicherung und Stichprobenprüfungen der Industrie,**
- **in Laboren zur Entwicklung von BV-Systemen und BV-Applikationen (Entwicklerarbeitsplätze)**

Merkmale: diese Bildverarbeitungssysteme besitzen meist einen geringen Spezialisierungsgrad (austauschbare/einstellbare Optiken) sowie umfangreiche und flexible Softwareausstattungen

Bildverarbeitung: Realisierungsvarianten in Industrie und Wissenschaft

Bildverarbeitung / Einzelarbeitsplatz für Offlinebetrieb im Labor / Messlabor

(Medizin, Materialwissenschaft, Applikationsentwicklung BV, Stichprobenprüfungen in der Produktion usw.), teilweise mit Mikroskop
(Mikroskopbildverarbeitung)

Bildverarbeitung:

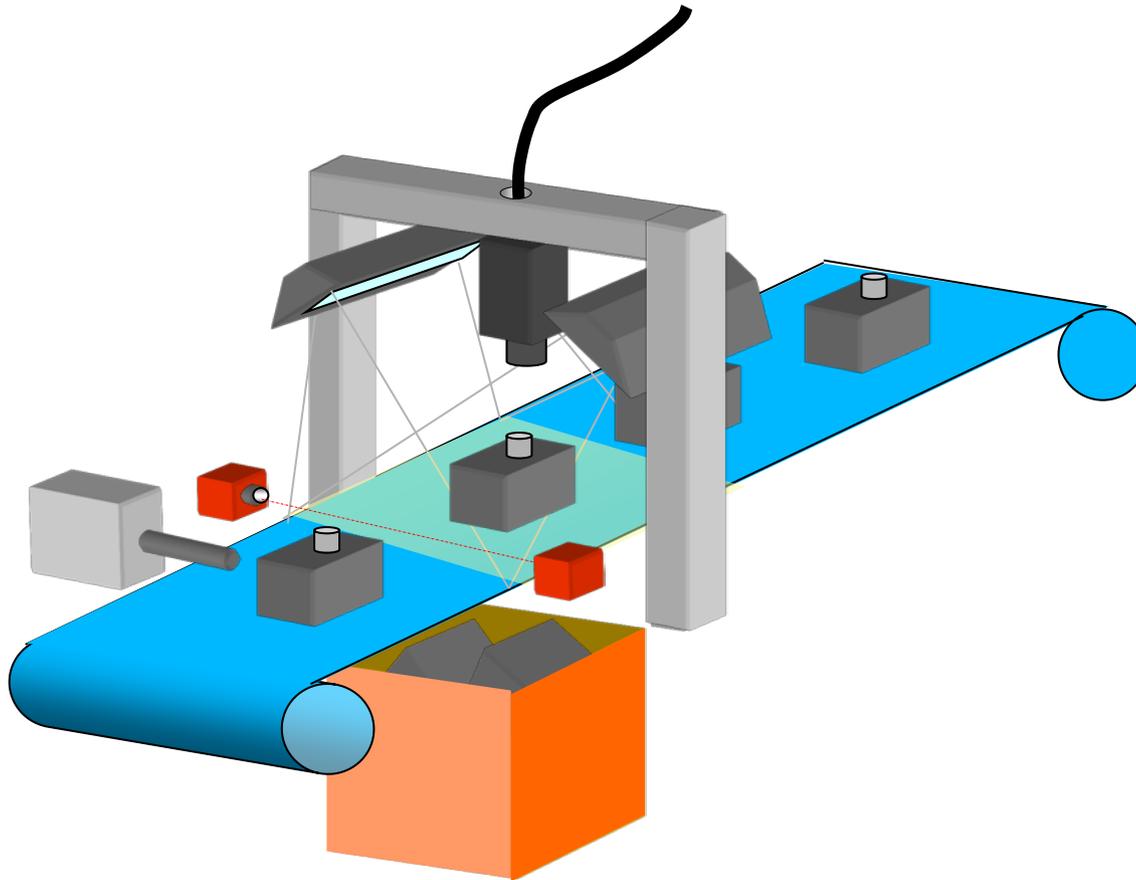
Realisierungsvarianten / Integration in Systeme / Umgebungen

Als Prüfmaschine für bestimmte Teile; neben der Bildverarbeitung übernimmt die Maschine die Zuführung, das Handling und das Aussortieren fehlerhafter Teile, weiterhin Sortiermaschinen

Merkmale:

komplexe Maschinen (Stand alone oder integriert in Fertigungsstraßen), teilweise flexibel an unterschiedliche Anwendungen anpassfähig, in der Endausbaustufe bzgl. der Prüflinge, der Software usw. meist hochspezialisiert

Bildverarbeitung: Realisierungsvarianten in der Industrie



**Bildverarbeitung, integriert in eine Fertigungsstraße / Förderstrecke (Inline-
Qualitätskontrolle, Echtzeitbildverarbeitung)**

Bildverarbeitung:

Realisierungsvarianten / Integration in Systeme / Umgebungen

“Embedded”-Lösungen mit kompletter Integration in Produkte und Systeme

Beispiele:

- **BV-Systeme in Straßenfahrzeugen zur Erkennung anderer Fahrzeuge / von Hindernissen usw.**
- **Handhabungsroboter mit BV-unterstützten Positionier- und Bewegungsmechanismen**

Bildverarbeitung:

Weitere Realisierungs- und Integrationsvariantenvarianten

- **Einzelplatzlösungen für die Medizin mit anspruchsvoller Hardware (Computertomografie, Magnetresonanztomografie)**
- **Einzelplatzlösungen zur Personenkontrolle / Terrorbekämpfung**
- **Erfassung von Fingerabdrücken und weiteren biometrischen Daten, Kopf-scan**
- **Textilien, Lifestyle: Body-Scansysteme**
- **Logistik, Verkehr: Mautkontrolle**

2D- und 3D-Bildverarbeitung

2D-Bildverarbeitung

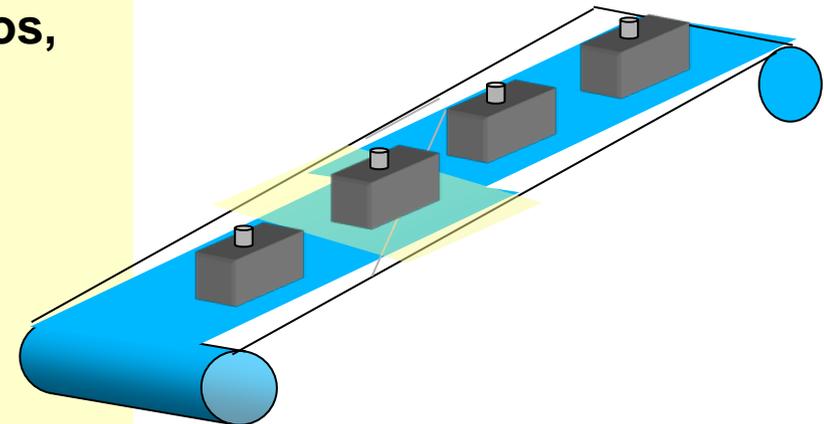
Abbildung 2- und 3 dimensionaler Objekte / Szenen auf eine Kamera ohne zusätzliche Informationsgewinnung zur 3. Dimension

Objektdimensionen der 2D - Bildverarbeitung

2-dimensional bzw. "quasi"-zweidimensional: Fotos, technische Zeichnungen, Gemälde, Stanzteile, medizinische Präparate

Objekte der 2D-Bildverarbeitung sind häufig dreidimensional, z. B. Karosserieteile

Übergang zur 3D-Bildverarbeitung durch Berücksichtigung bekannter Parameter (Messpunkte) im Bild



Quasi-3D-Bildverarbeitung, 2 1/2D-Bildverarbeitung

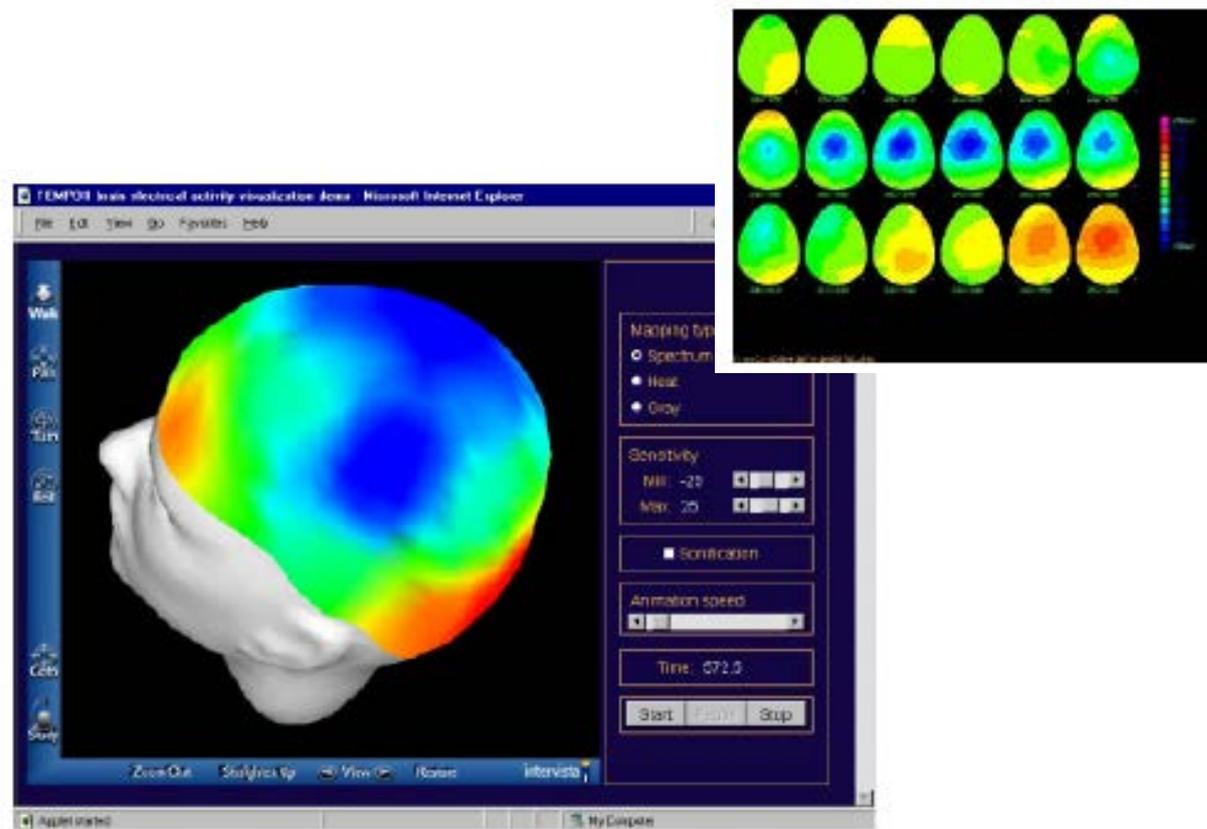
Abbildung 3-dimensionaler Objekte auf eine Kamera mit zusätzlicher Informationsgewinnung über die 3. Dimension: Streifenprojektion, Stereoprojektion (2 Kameras)

Warum keine „echte“ 3D-Bildverarbeitung ?

→ $z = f(x,y)$

→ Es wird nicht der gesamte 3-dimensionale Raum innerhalb eines Gebietes / Volumens erfasst, sondern nur ein Höhen- bzw. Oberflächenprofil

3D-Bildverarbeitung: Computertomografie



Bildpunkt in 2D-Bild: Pixel
Bildpunkt in 3D-Bild: Voxel

Man erhält und wertet aus: $A = f(x,y,z)$

Überwiegend nur mit nichtoptischer Strahlung (Röntgen, Magnetresonanz usw.) realisierbar

1D-Bildverarbeitung: mit Zeilensensoren bzw. Zeilenkameras

Anwendungen

- Längenmessung
- Scanner
- Kopierer
- Bahnkontrolle

Durch die Bewegung quer zum Zeilensensor handelt es sich bei einigen Anwendungen wieder um 2D-Bilderfassung bzw. Bildbearbeitung

Bildverarbeitung: physikalische Grundlagen

Energieträger der Information (bei ca. 70..80% aller Anwendungen):

Elektromagnetische Strahlung im optischen Wellenlängenbereich von 400 .. 700 nm (sichtbares Licht),

weitere Wellenlängenbereiche und bildgebende Verfahren:

- IR, UV
- Röntgen
- Magnetresonanztomografie (kein Wellencharakter)

Bildverarbeitung: angewendete sowie angrenzende Wissenschaften und technische Disziplinen:

- Physik (Optik, Technische Optik, Abbildung, Lichttechnik ..., Halbleiterphysik)
- Mathematik / Informatik (Algorithmen, Softwareentwicklung)
- Analoge und Digitale Schaltungstechnik (Kamerahardware, Auswerterechner bzw. spezielle Auswertehardware, Schnittstellenhardware (A/D-Wandlung, Frame Grabber))
- Siliziumtechnologie / Mikrotechnik / Aufbau- und Verbindungstechnik (Bildsensor),
- Mechanische Konstruktion (Kamera, mechanische Adaption der Bildverarbeitungs-komponenten an Messsysteme, Anlagen und Ausrüstungen)

Bildverarbeitung: angewendete sowie angrenzende Wissenschaften, technische Disziplinen und erforderliche Kompetenzen (Forts.)

- **Applikationswissen: Umsetzung einer Aufgabe der Bildverarbeitung in eine konkrete technische Lösung, d. h. Auswahl und Anpassung von Hard- und Software, mechanische und elektrische / informationstechnische Adaption an die Gegebenheiten vor Ort, Inbetriebnahme, Tests usw,**
- **Anwendungswissen zum jeweiligen Einsatzgebiet (Automatisierungstechnik, Qualitätskontrolle, Medizin, Materialkunde usw.)**

Bildverarbeitung ist interdisziplinär !

Erforderliche Kenntnisse zur erfolgreichen Teilnahme an der Lehrveranstaltung DBV I

- Mathematik: Differential- Integralrechnung (Mehrfachintegrale !), Fouriertransformation (DFT, FFT), Summen, Statistik (Mittelwerte, Verteilungen, Histogramme)
- Physik: Optik (optische Abbildung, geometrische Optik), Lichttechnik (physiologische und strahlungsphysikalische Größen), ein wenig Wellenoptik, Farbräume
- Elektronik, Signalverarbeitung: analoge und digitale Schaltungstechnik (ein wenig), A/D-Wandlung, Abtasttheorem, einige wenige Grundkenntnisse der Halbleiterphysik
- Informatik / Programmierung: PAP's, Grundlagenkenntnisse in C: Variablendeklarationen, Wertzuweisungen, Schleifen, Arrays (2-dim.), evtl. Funktionen (keine dynamischen Variablen, OOP usw.)

Bildverarbeitung und digitale Videotechnik: Anwendungen

Naturwissenschaften

- Materialwissenschaften, Chemie (Gefügeuntersuchungen)
- Wettervorhersage
- Fernerkundung (dig. Geländemodelle, Bodenschätze, Baumbestände, Erosionen)

Industrie

- Prüfung von Werkstücken auf Maßhaltigkeit (messende Bildverarbeitung), Vollständigkeit, eventuelle Beschädigungen
- Prüfung von Oberflächen auf Fehler, Abplatzungen usw., Rauigkeit, Lackqualität, Prüfung von Glasoberflächen (Optik !)
- Klarschrift- und Codelesung (Barcode, Matrixcode)
- Bestückungskontrolle von Leiterplatten
- Steuerung und Überwachung von Materialflüssen (Logistik)
- Visualisierung von Prozeßabläufen in einer Leitstelle

Medizin, Mikroskopie

- Mikroskopbildanalyse
- Röntgenbildauswertung
- Bilddatenbanken
- Augendiagnose
- Endoskopie etc.

Bildverarbeitung und digitale Videotechnik: Anwendungen

Sicherheitstechnik

- Komprimierung und Aufzeichnung von Bildsequenzen in Banken, Tankstellen
- Auswertung von Objekten im Bild (Videosensorik)
- Infrarot-Kameratechnologie
- Aufzeichnung von Vorgängen am Bankautomaten

Logistik / Verkehr

- Überwachung, Zählung und Steuerung von Verkehrsflüssen
- Parkhausgebührenabrechnung über Kennzeichen-OCR
- Kameras im Kfz : Abstandsmess., elektr. Rückspieg., Verkehrszeichenerfass.
- Überwachung/Überprüfung von gefährdeten Elementen (Flugzeugturbinen)

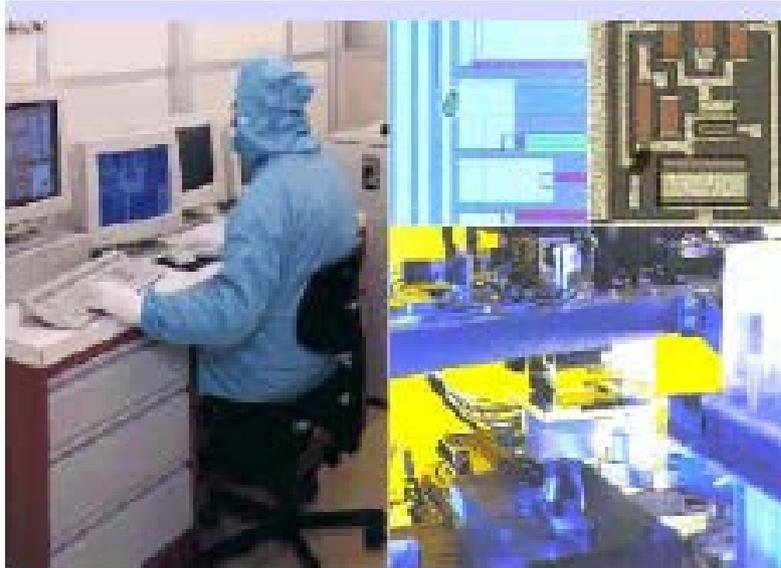
Fernsehen

- Digitales Fernsehen
- Spezialeffekte
- Videokonferenzen
- Bildcodierung

Luft- und Raumfahrt, Militär

Zielerfassung, Zielverfolgung, Satellitenbildauswertung

Bildverarbeitung: Anwendungen



Fehlerdetektion auf Halbleiterwafern
Jenoptik GmbH Jena

Bildverarbeitung: Anwendungen



Oberflächeninspektion / Lunkererkennung
in langen Bohrungen
ZBS Ilmenau

Bildverarbeitung: Anwendungen



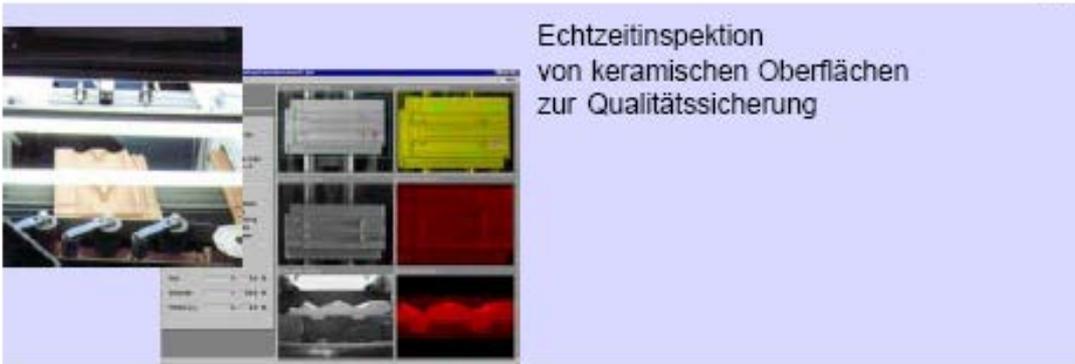
Holzinspektion / ZBS Ilmenau

Bildverarbeitung: Anwendungen



Kernspin(resonanz)tomographie (MRT)
Früherkennung von Tumoren

Bildverarbeitung: Anwendungen

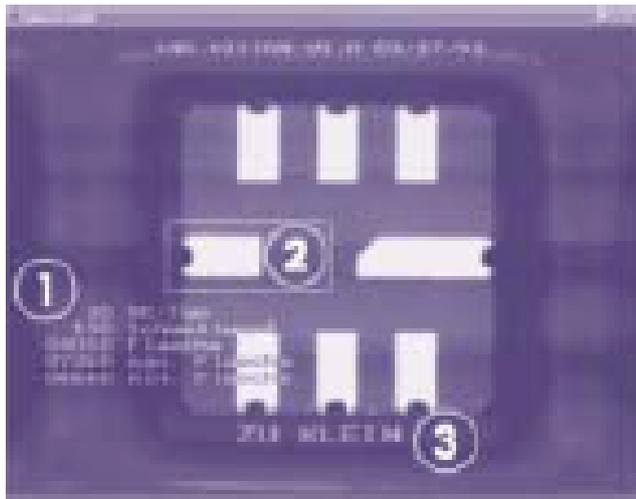


Bildverarbeitung: Anwendungen



Klarschriftlesung (OCR) z.B. in der Pharmaindustrie, Automobilindustrie, Stahlbranche usw.

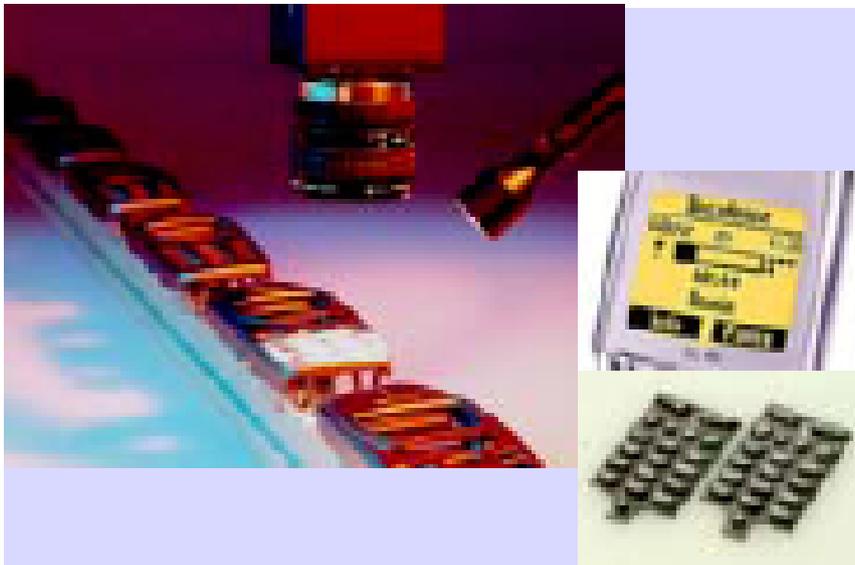
Bildverarbeitung: Anwendungen



Bilverarbeitungssystem SMD-Vision
SMD-PIN-Lagekontrolle
BIBER Bild-Erkennungssysteme GmbH
Berlin

- 1 Bauteildaten
- 2 ROI (Region of Interest)
- 3 Ergebnisausgabe

Bildverarbeitung: Anwendungen



HandyMontageInspektion

- 1 Gehäuseprüfung
 - Spritzgußfehler
 - Aufdruckkontrolle Firmenlogo
- 2 KeypadInspektion
 - Ländertyp, Farbe, Vollständigkeit

Weitere industrielle Anwendungen (Auswahl)

- **Prüfung von Glasbehältern,**
z. B. Maßhaltigkeit, Kontur / Form, Fehler im Glas und auf der Oberfläche (Lunker, Einschlüsse, Kratzer, Schlieren, Grauschleier ...), Füllstand, ordnungsgemäßer Verschluss
- **Prüfung von Dialysatoren**
- **Prüfung von Kanülen**
z.B.: Oberfläche, Länge, Form,
- **Ringprüfung von Ampullen (Pharmaindustrie)**
z. B. Farbprüfung, Reihenfolge der Farben, Prüfung auf vollständigen Farbauftrag innerhalb der Ringe
- **Messende Bildverarbeitung**
hochgenaue 3-D Vermessung von Teilen auf optischen Koordinatenmessmaschinen

Wertschöpfungskette / Akteure in der Bildverarbeitung

- Hardware-, Komponentenhersteller (Kameras, Beleuchtungsmodule, Schnittstellenhardware, Auswerterechner)
- Systemanbieter (Komplettsysteme aus aufeinander abgestimmten Komponenten einschließlich Software), in Dtl. einige Dutzend Unternehmen: Vitronic, Basler, ...
- Applikationsorientierte Unternehmen der Bildverarbeitung: Entwicklung anwendungsspezifischer Kundenlösungen einschließlich Installation, Inbetriebnahme und Tests bei Anlagenherstellern und Endkunden
- Hersteller von Anlagen und Ausrüstungen
- Endanwender (Maschinenbau, Feinwerktechnik, Halbleiterherstellung, Pharmazeutische Industrie, Glasindustrie, ...)

Empfohlene Literatur zum Lehrgebiet DBV I

/1/ Jähne, B.: Digitale Bildverarbeitung Verlag: Springer, Berlin; Auflage: 6., überarb. u. erw. Aufl. (7. April 2005)
ISBN-10: 3540249990
ISBN-13: 978-3540249993

Anm.: Auch frühere Ausgaben sind zu empfehlen.

/2/ Weißler, G.: Einführung in die industrielle Bildverarbeitung
Verlag: Franzis; Auflage: 1 (29. November 2006)
ISBN-10: 3772340288
ISBN-13: 978-3772340284

/3/ Bässmann, H.; Kreys, J.: Bildverarbeitung Ad Oculos. Verlag: Springer, Berlin; Auflage: 4. Auflage (11. März 2004)
Sprache: Deutsch
ISBN-10: 3540210296
ISBN-13: 978-3540210290

/4/ Erhardt, A.: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung: Grundlagen, Systeme und Anwendungen. Verlag: Vieweg+Teubner; Auflage: 1 (Juni 2008)
ISBN-10: 351900478X
ISBN-13: 978-3519004783

/5/ Schmidt, Ulrich: Digitale Videotechnik. Verlag: Franzis Verlag GmbH (1996)
ISBN-10: 3772353223
ISBN-13: 978-3772353222

/6/ Haberäcker, P.: Digitale Bildverarbeitung: Grundlagen und Anwendungen,
Verlag: Hanser München, Wien, 4. Auflage 1919
ISBN 3-446-16339-5

Auch neuere Ausgaben, Lit.-Stelle /5/ wird insbes. zum Thema Codierung empfohlen

Anbieter von Komponenten und Systemen (Auswahl)

Systeme / Flächen- und Zeilenkameras / sonst. Komponenten

www.stemmer-imaging.de

www.baslerweb.com

www.svs-vistek.de

www.kappa.de

Kundenspezifische Lösungen

www.otto-jena.de

www.vitronic.de

www.baslerweb.de

Kameras

www.jai.com/EN/CameraSolutions/Pages/Home.aspx

Frame Grabber

www.data-translation.eu

Objektive, Beleuchtungen

www.security-systems.pentax.de/ssd_products_image_processing.php

www.zeiss.de/mikro