

# Prüfung: Medizinische Bildverarbeitung

**MedBV (WS 2008)      10.03.2008**

<b>Name</b> (bitte in Blockschrift)	
<b>Matrikelnummer</b>	
<b>Unterschrift</b>	

**Hinweise:**

- Überprüfen Sie Ihr Klausur-Exemplar bitte vor Beginn der Klausur auf Vollständigkeit.
- Bitte halten Sie Ihren Lichtbildausweis sowie den Studentenausweis zur Kontrolle bereit.
- Dauer der Klausur (insgesamt): 120 min.
- maximal erreichbare Punktzahl: 200
- Bitte füllen Sie das Deckblatt vollständig aus, beschriften jedes Blatt mit Ihrer Matrikelnummer und unterschreiben Sie dieses Klausur-Exemplar.
- Jedes Verlassen des Prüfungsraums muss ausdrücklich mit der Aufsicht vereinbart werden.
- Zugelassene Hilfsmittel sind ausschließlich Schreibutensilien, nicht-programmierbare Taschenrechner und das eigene(!) Gedächtnis.
- Bitte vermeiden Sie die Verwendung von roter Farbe.
  
- Die nach jeder Frage eingeklammerte Zahl ist die bei dieser Frage maximal erreichbare Punktzahl.
- Beachten Sie die in vielen Fragen enthaltenen Teilfragen!
- Falls der Platz für die Beantwortung einer Frage nicht ausreichen sollte, verwenden Sie bitte die Rückseite.
- Nutzen Sie im Falle von Unklarheiten hinsichtlich der Fragestellung die Möglichkeit zu Rückfragen!

**Viel Erfolg!**

Punkte	
1. Prüfer .....	..... Note
2. Prüfer .....	

---

**– Prüfungsfragen –**

---

1. Nennen Sie (mindestens) drei Wellenlängenbereiche (grob), in denen mit elektromagnetischen Wellen medizinisch relevante Bilddaten gewonnen werden können und beschreiben Sie kurz die jeweilige Art der Abbildung. (9)

- $< 10$  nm --> Röntgen, Helligkeitsunterscheidung nach opt. Dichte (z.B. Knochen) (3)
- 380-750 (ca. 400-800) nm --> sichtbares Licht, farbige Abbildungen nach Reflektion (z.B. Mikroskopie, Optical Imaging) (3)
- (zwei Fenster im ein- bis zweistelligen)  $\mu$ m-Bereich --> Thermografie, Helligkeits- od. Falschfarbdarstellung von Wärmestrahlung (3)
- (ein- bis zweistelliger) m-Bereich --> Kernspin-Resonanz (NMR), Unterscheidung von Gewebetypen anhand d Verhaltens angeregter Atomkerne im Magnetfeld (3)

2. Was sind „weiche“ Röntgenstrahlen und warum werden sie z.B. in der Mammographie verwendet? (5)

- Weiche Röntgenstrahlen sind relativ langwellig (ca. 10 nm) und somit energiearm. (2) Im Gegensatz zu kürzerwelligen Strahlen werden sie auch von Weichgewebe messbar beeinflusst (2) und können so Verhärtungen in der weiblichen Brust abbilden. (1)

3. Erläutern Sie das Prinzip der Gewinnung und Rekonstruktion von CT-Bilddaten zu 3D-Modellen. (9)

- Ein rotierender Röntgenstrahl tastet den Körper in 2D-Ebenen (Schichten) ab. (3)
- Aus den Transmissionskoeffizienten (als Maß der Transmissionsintensität) werden mithilfe von mathematischen Methoden (invertierte Radon-Transformation) 2D-Schichtbilder in Graustufen rekonstruiert. (3)
- Korrekt in Reihenfolge und Abstand angeordnet, entsteht aus den Schichtbildern ein Modell des Körpers, wobei Bildpunkte und Schichtabstände Volumenelemente (Voxel) bilden, innerhalb derer Zwischenwerte zu einem raumerfüllenden Modell interpoliert werden. (3)

4. Was und wie misst man mit der Positronen-Emissions-Tomographie (PET)? Warum wird dieses Verfahren als „minimal invasiv“ bezeichnet? (9)

- Über Ort und Intensität von Annihilationsereignissen durch eingebrachte radioaktiv strahlende Substanzen (Tracer) (1) erzeugter Positronen (1) in einem ringförmigen Szintillator (1) wird die Verteilung der markierten Substanzen auf verschiedene Organe (1) und damit die Aktivität dieser Organe (3) gemessen.
- Minimal invasiv ist die Methode durch das Einbringen von Tracer-Substanzen in geringen Mengen in den Körper. (2)

5. Vergleichen Sie Vor- und Nachteile der beiden verschiedenen Ansätze beim Optical (Molecular) Imaging? (10)

- Fluoreszenz-OI erfordert äußere Beleuchtung fluoreszierender Substanzen (1) und ist unabhängig von der Verfügbarkeit biologischer Substrate (2), zugleich aber störanfällig für Autofluoreszenz (2).
- Biolumineszenz durch Einbringen eines Luziferasegens (1) liefert klare Bilder wegen fehlender Hintergrundsignale (bei Säugern) (2) und ist über die Genexpression regulierbar (2), dabei aber abhängig von Reaktionspartnern (z.B. O<sub>2</sub>, ATP) (2).

6. Auf welchem physikalischen Prinzip beruhen sonografische Verfahren? (5)

Akustische Signale verändern sich durch Absorption, Streuung, Reflexion und Brechung beim Wechsel zwischen verschiedenen Trägermedien. Verzögerung und Amplitude reflektierter Ultraschalltöne liefern ein Graustufenbild. (5)

7. Unterscheiden Sie Physik, Physiologie und Psychologie der Farbwahrnehmung. (3)

Elektromagnetische Wellen verschiedener Wellenlänge (Physik) (1), lösen durch Reizung bestimmter Sehzellen (Zapfen) Nervensignale aus (Physiologie) (1), die entsprechend der dominanten Wellenlänge als Farbe empfunden werden (Psychologie) (1).

8. Erläutern Sie anhand eines konkreten Beispiels die Problematik von optischen Täuschungen in der medizinischen Bildauswertung und schlagen Sie eine Möglichkeit zur Abschwächung des beschriebenen Problems mit Mitteln der Bildverarbeitung vor. (15)

z.B.:

*Problematik (5)*: Mit technischen Hilfsmitteln erzeugte Bilder werden leicht intuitiv analog zur täglichen Erfahrungswelt interpretiert, wodurch Artefakte als signifikant oder wichtige Bildelemente als unbedeutend bewertet werden können.

*Beispiel (5)*: Kontrastarmut auf Röntgenbildern und/oder technische Artefakte (z.B. Linsenaberrationen oder inhomogene Ausleuchtung).

*Lösungsvorschlag (5)*: Kontrastverstärkung, ggf. durch Falschfarben (bei Graustufenbildern); Kantendetektion und -verstärkung, morphologische Filter zur Zusammenfassung oder Trennung von relevanten Bildbereichen, etc.

9. Welchen Abstand (in Pixel) hat der äußerst diagonal rechts oberhalb gelegene Nachbar-Bildpunkt in einer 24er-Nachbarschaft gemäß euklidischer Metrik, Citiblock-Metrik und Schachbrettmatrix (Begründung, mit Skizze zumindest der 24er-Nachbarschaft)? (10)

Fraktale Bildkompression:

- Euklidische Metrik:  $\sqrt{8} = 2\sqrt{2} \approx 2.8\dots$  (3)

$$d_e = \sqrt{(x^2 + y^2)} = \sqrt{(2^2 + 2^2)} = \sqrt{8}$$

- Citiblock-Metrik: 4 (3)

$$d_c = \text{Summe der Schrittlängen x-Kanten} + \text{y-Kanten} = 2+2$$

- Schachbrett-Metrik: 2 (3)

$$d_s = \text{Summe der Schrittlängen über benachbarte Pixel} = 1+1$$

```

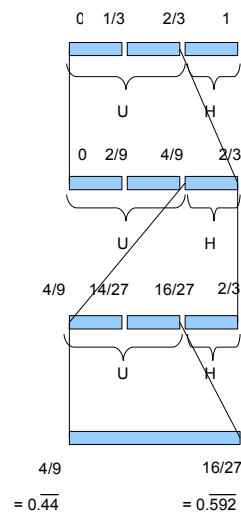
OOOOb
OOOOO
OOAOO
OOOOO
OOOOO
OOOOO

```

(1)

10. Aus welchem Intervall kann eine Zahl zur Repräsentation der Zeichenfolge UHU bei arithmetischer Codierung gewählt werden (Begründung bzw. Herleitung, ggf. mit Skizze)? Um unnötige Rechnungen zu vermeiden, ist die Angabe von Bruchzahlen erlaubt. (15)

Nach Aufteilung des Intervalls von 0 bis 1 in Anteile von  $\frac{2}{3}$  (U) zu  $\frac{1}{3}$  (H) gemäß der Häufigkeitsverteilung (5) wird die Zeichenfolge in 3 Iterationsschritten codiert, indem jeweils das dem betreffenden Zeichen entsprechende Intervall ausgewählt und für den nächsten Schritt auf 100% skaliert wird (5). Am Ende bleibt das Intervall von  $\frac{4}{9} = \frac{12}{27}$  bis  $\frac{16}{27}$  - oder bei umgekehrter Aufteilung von  $\frac{11}{27}$  bis  $\frac{15}{27}$ . (5)



11. Wofür steht der Begriff DICOM? Erläutern Sie die charakteristischen Eigenschaften und nennen Sie typische Anwendungsgebiete. (12)

**DICOM = Digital Imaging and Communications in Medicine (1)**

- standardisierte Schnittstelle für medizinische bildgebende Geräte --> Interoperabilität, offener Standard seit 1983 (3)
- verlustfreie Bildkompression nach verschiedenen Methoden (Container) + Metadaten (3)
- Filesets mit direkter Referenz auf Datenträger (ursprünglich) oder Dateiformate (.ima, .img, .dcm) (3)

Anwendungsgebiete: z.B. Austausch von Röntgenbildern. (3)

12. Welche Möglichkeiten zur Randbehandlung bei Bildtransformationen im Ortsraum (z.B. mit Faltungsfiltern) kennen Sie (jeweils kurze Beschreibung)? (12)

- Abschneiden: Randbereiche, für welche die Faltungsmaske nicht vollständig definiert ist, werden entfernt (d.h. die Bilder können kleiner werden). (3)
- Nullen auffüllen: Die undefinierten Randbereiche werden wie schwarze Rahmen behandelt. (3)
- Spiegelung: Undefinierte Randbereiche werden durch Spiegelung an der Kante aufgefüllt. (3)
- Wrap-around: Die Kanten werden wie eine geschlossene Oberfläche behandelt, die sich auf der jeweils gegenüber liegenden Seite fortsetzt. (3)

13. Nennen Sie zwei morphologische Operatoren und beschreiben Sie deren Funktionsweise (ggf. anhand eines Beispiels). Worin besteht eine Voraussetzung für alle morphologische Operatoren? (12)

- morphologische Operatoren: Erosion, Dilatation, Öffnen, Schließen, Verdünnen, Verdicken. Allen gemeinsam ist, dass sie ausschließlich auf Binärbilder anwendbar sind. (2)

Beispiele:

- Erosion (2): Nur solche Pixel bleiben gesetzt, die dem Suchmuster vollständig entsprechen. (3)
- Öffnen (2): Sequenz von Erosion + Dilatation (D.: Setzen aller Pixel, bei denen zumindest ein Pixel dem zugeordneten Pixel im Suchmuster entspricht). (3)

14. Was ist eine „Gauß-Pyramide“? (5)

Eine Gauß-Pyramide ist eine Folge von rekursiven Verkleinerungen, gekoppelt mit Gauß-Filterung, eines Bildes, wobei sich von jeder Stufe zur nächsten die Auflösung (und Größe) des Bildes um einen bestimmten Faktor verringert. (5)

15. Erläutern Sie die vier Stufen des Canny-Kantendetektors: Glättung – Gradientenberechnung – Unterdrückung von Nicht-Maxima – Hysterese. (20)

- Glättung: Durch Gauß-Filterung (gewichteter Mittelwertfilter) werden Feinstrukturen, Texturen und Rauschen entfernt. (5)
- Gradientenberechnung: Mithilfe eines einfachen Kantentilters (z.B. Sobel) werden Gradienten (hohe Werte der Ortsableitung) berechnet. Zusätzlich zur Stärke wird die Richtung des Gradienten (in abgestuften Winkelbereichen) über das Verhältnis der x- und y-Gradienten bestimmt. (5)
- Nicht-Maximum-Unterdrückung: Um feinere Kanten zu erhalten werden entlang der Gradientenrichtung alle Pixel, die nicht den maximalen Gradientenwert haben, als nicht der Kante zugehörig eingestuft. (5)
- Hysterese: Um Unterbrechungen in durchgehenden Kanten zu schließen, werden die Bilder sowohl mit hohem als auch mit niedrigem Schwellenwert gefiltert und solche Bildpunkte, die nur mit niedrigem Schwellenwert als Kanten identifiziert wurden, dann übernommen, wenn sie mit anderen Bildpunkten verbunden sind, die auch bei hohem Schwellenwert als Kanten gelten und in Kantenrichtung liegen. (5)



16. Unterscheiden Sie Segmentierung und Klassifizierung von Bildern. (6)

- Segmentierung: Aufteilung von Bildern in zusammenhängende Bereiche gemäß bestimmter Homogenitätskriterien, ohne Berücksichtigung von Semantik. (3)
- Klassifizierung: Einteilung von Bildsegmenten in bestimmte Kategorien gemäß vergleichbaren Eigenschaften hinsichtlich vorgegebener Erwartungswertebereiche. (3)

17. Beschreiben Sie das K-Means Clusterverfahren. (14)

K-Means: Zusammenfassung von Werte-Tupeln/Objekten (Bildpunkten) (2) in einem iterativen Verfahren anhand eines Abstandskriteriums in einem Parameterraum (2) (Parameter: z.B. Bildhelligkeit) in einer a priori festgelegten Anzahl (k) (2) von Clustern.

1. zufällige Aufteilung der Objekte auf k Cluster (2)
2. Berechnung eines gemittelten Expressionsvektors für jeden Cluster und Berechnung der Abstände zwischen den Expressionsvektoren (2)
3. iterative Zuordnung aller Objekte zum nächstgelegenen Cluster (gemäß Expressionsvektor als Clusterzentrum) und Neuberechnung der Expressionsvektoren (2)
4. Abbruch: Verschiebung der Clusterzentren zwischen zwei Iterationen unterhalb eines Schwellenwerts (2)

Ziel: Minimierung von Abständen innerhalb der Cluster und Maximierung der Abstände zwischen Clustern (2)

18. Wie ließe sich auf der Basis von Hounsfield-Einheiten eine linguistische Variable für die unscharfe Klassifizierung von Gewebetypen in CT-Schnitten definieren? Verdeutlichen Sie Ihr Konzept ggf. durch eine (qualitative) Skizze. (10)

- zunehmende Hounsfield-Werte als Basisvariable „optische Dichte“ (3)
- Kategorien (Fuzzy sets): z.B. Luft - Wasser - Fett - Muskel - Knochen (4)
- Zugehörigkeitsfunktionen entsprechend Sicherheit der Zuordnung von Hounsfield-Werten zu den jeweiligen Kategorien, ggf. überlappend (3)
- Skizze ...

19. Wieviele (qualitativ welche) Co-occurrence Matrizen welcher Größe entstehen für einen 3x3-Bildausschnitt mit einer Grauwerttiefe von 2 bit unter Berücksichtigung der 4er-Nachbarschaften (ohne besondere Randbehandlung)? Definieren und erstellen Sie eine dieser Matrizen für den folgend dargestellten Bildausschnitt. (9)

```
0 1 1
1 1 2
3 1 2
```

- 4 Co-occurrence Matrizen (4x4) (1):  
rechter, linker, oberer, unterer Nachbar (4)
- z.B. rechter Nachbar (Spalten):  

0	1	2	3	
0	0	1	0	0
1	0	2	2	0
2	0	0	0	0
3	0	1	0	0

  
(4)

20. Beschreiben Sie das Grundprinzip des *Marching Cubes* Verfahrens zur Volumenvisualisierung. Unter welchen Umständen kann es nach der ursprünglichen Definition zu lückenhaften Ergebnissen kommen und wie lässt sich dem abhelfen? (10)

- **Marching Cubes:** unabhängige Triangulierung von regulären (kubischen) 3D-Gittern durch (15 rotations- und spiegelsymmetrische) vordefinierte Muster, wobei jeweils Dreiecke so festgelegt sind, dass sie die Würfel-Eckpunkte diesseits und jenseits eines vorgegebenen Schwellenwertes (innerhalb des Würfels) voneinander trennen. Die Dreiecke benachbarter Würfel bilden automatisch eine geschlossene Oberfläche. (5)
- **Problem:** Bei einigen der 15 Basismuster trennen die Dreiecke nicht nur Punkte auf verschiedenen Seiten des Schwellenwerts, sondern auch gleichartige. In diesen Fällen sind die Basismuster nicht mehr spiegelsymmetrisch. (3)
- **Lösung:** Universelle (ggf. komplexere) Dreiecksmuster mit eindeutiger „Clusterung“ gleichartiger Eckpunkte oder alternative Dreiecksmuster mit Unterscheidung von Eckpunkten oberhalb und unterhalb des Schwellenwertes. (2)

Punkte	/100
--------	------

---

**Viel Erfolg!**