

- 1) Wie können Sie eine Methode zur Detektion einer Pathologie (Klassifikation eines Datensatzes) validieren? Geben sie zumindest ein Maß für Validierung unter Verwendung von Ground-truth und zumindest ein Maß ohne Notwendigkeit von Ground-truth an? 344-347

Man kann Methoden in erster Linie natürlich anhand einer Ground-truth validieren. Hierbei wird ein Similaritätsmaß angewendet. Dieses kann sein:

mit Ground-truth:

- **SSD** (Sum of squared differences)
- **SAD** (Sum of absolute differences)
- **CC** (Cross-correlation)

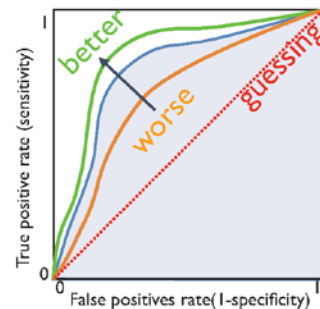
ohne Ground-truth:

Ohne Ground kann man mit einem Standard of Reference validieren, bzw. stehen immer folgende Maße zur Verfügung:

- Es müssen **Sensitivity** und **Specificity** angegeben sein, sonst hat es keine Aussage!

		Pathology / condition	
		True	False
Test outcome	Positive	True positive (TP)	False positive (FP)
	Negative	False negative (FN)	True negative (TN)

- False – Negative – Rate = $1 - \text{Sensitivity}$
False – Positive – Rate = $1 - \text{Specificity}$
- $\frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FN} + \text{FP} + \text{TN}}$
- Die Fläche unter der ROC- Kurve: Area under curve (**AUC**) ist ein Maß dafür, wie gut ein Parameter zwischen zwei Diagnosegruppen (krank/normal) unterscheidet.



Je größer die Fläche desto präziser ist die Methode!

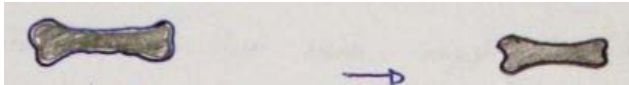
- 2) (a) Was sind die Auswirkungen der beiden Terme in der Energiefunktion für explizite Snakes auf den resultierenden Verlauf? (b) Sie müssen die schwarzen Strukturen in nebenstehendem Bild segmentieren, welche Snakeformulierung verwenden Sie? Warum?



(a) Die beiden Terme der Energiefunktion:

- **Explicit**

- > image properties (journey along low gradient paths are being penalized)
- > If the explicit term is not as small as it can be, then the path doesn't describe the shape of the segmented object very accurately but is probably still "a little too far out"



Bad, term not minimal

Good, term minimal

- **Implicit**

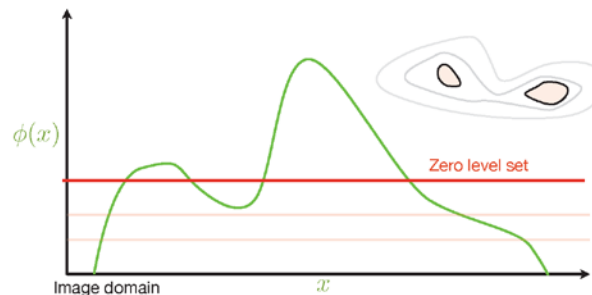
- > Contour properties (elasticity and rigidity (i.e. first and second derivatives) of the path are being penalized)
- > If the implicit term is not minimal, the path is not "smooth, but rather ragged and might not represent the true, (if physiological usually smooth) contour of object



Bad, term not minimal

Good, term minimal

- (b) I would use the explicit snake (i.e. active contours) because the object exhailes high contrast to the texture of the surrounding area so there is a high gradient to be found and the snake is not likely to form ragged (unsmooth) paths. However, this bears the disadvantage that my topology and resolution is fixed, so I think I do go for the implicit snake. There, a zero level set is made, resulting in a non-resolution dependent a non-topology depended function (snake). This can be done because, again, the contrast is very high and should yield a very accurate result.



- 3) Welche Vorbereitung ist notwendig um eine modellbasierte Suche nach einer anatomischen Struktur in Bild oder Volumsdaten durchzuführen? Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Active Shape Models und Active Appearance Models (geben Sie zumindest einen Punkt bzgl. des Models, und einen Punkt bzgl. Des Trainings an)

I need sample images of the object that i want to model, plus a doctor and some of his time to manually segment a number of those images. The resulting model is tested on all sample images. An important step is to train the model to make up for rotation, translation, shear and scale (=normalization). In AAM's this is done by either of these two methods:

- **Regression matrix** fitting: a known error (displacement) is induced, and the difference image (to the correct image) is stored in the regression matrix. A linear relationship between displacement and correctional parameter is established. Later, during the search, the difference image directly relates to the necessary shift for perfect alignment.
- **CCA** (Canonical correlation analysis): the correlation between two signal spaces by neglecting low correlation components such as noise.

Active Appearance Models:

AAM's take into account the shape and the texture living within the shape. There are landmarks around and in the objects, connected in a way to form triangles. Each triangle contains a certain mean grey value. In training, they have to be normalized and warped, so that all landmarks are in the same position and the grey value is updated. Training uses the methods above.

Active Shape Models:

ASM's take only shape into account. The model search is an iterative fit between texture of the instance and model shape until last convergence is found. There, the grey values along the orthogonal texture at each landmark are brought to alignment (finding minimal Mahalanobis distance)

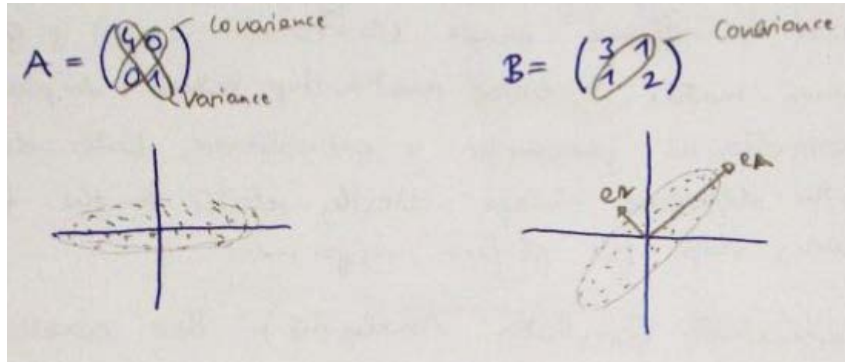
- 4) Was wird bei fMRI gemessen, und über was gibt es Auskunft? S. 243 ff

fMRI measures the BOLD signal (= Blood oxygen level dependent). The blood oxygen level of a brain region is indirectly related to the activity in this very region since it will consume more energy and hence needs more oxygen. The normal MRI signal is measured, however setting T_1 and T_2 so that the oxygen is best visible. So the fMRI is a method to find neural activities.

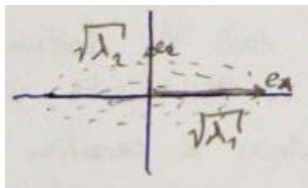
- 5) (a) Skizzieren Sie die beiden Verteilungen von Punktemengen A bzw. B in einem 2-dimensionalen Raum. Die beiden Verteilungen haben die folgenden Kovarianz Matrizen. (b) Auf welchem der beiden Datensätze macht PCA Sinn (d.h. auf welcher der beiden würde PCA das Koordinatensystem verändern)?

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

(a)



- (b) Bei b macht eine PCA mehr Sinn, da die Kovarianz Matrix $\neq 0$ ist. Nach der PCA erhält man eine Darstellung, wo die Korrelation entlang der Hauptachsen dargestellt sind (Dimensionalität wurde reduziert)



- 6) Was ist der Unterschied zwischen General Linear Model und Multi Voxel Pattern Analysis) (geben Sie 2 Punkte an). Sie untersuchen fMRI Daten, und möchten die Hypothese überprüfen, dass während des Tasks, den die Person im fMRI Scanner durchführt in erster Linie Synchronisierungsmuster zwischen Hirnregionen auftreten. Welche der beiden Methoden ist für diese Fragestellung relevant? Warum? S. 252, 268,

GLM is an univariate approach looking for correlation between a task and the BOLD signal at one position in the brain.

MVPA (also called "Brain reading") is a multivariate approach looking for correlation between a task and the BOLD signal at multiple places (=multiple voxels) in the brain.

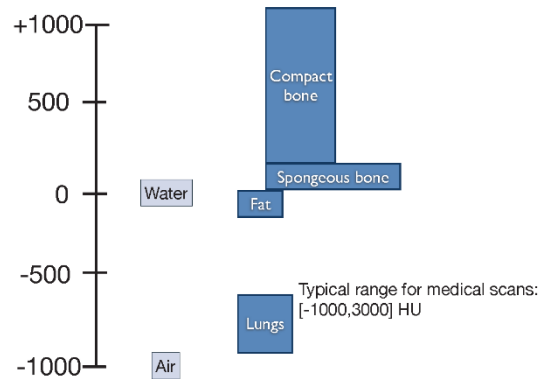
Therefore, a MVPA also takes higher order processes (such as respiration or other potentially appearing signal components) into account.

In this example I would use the MVPA to get rid of potential "noise" and see the synchronization between the regions -> I need to map more regions so GLM wouldn't be sufficient.

- 7) (a) Welche Materialeigenschaft wird mit CT gemessen, in welcher Einheit? (b) Welche Modalität können Sie verwenden um Nervenfasern abzubilden? S. 104-105, 291

(a) **Hounsfield Unit:**

$$HU = 1000 \frac{\mu(x, y, z) - \mu_{Water}}{\mu_{Water}}$$



The characteristic measured in CT is the absorption of each tissue.

μ ... Absorption coefficient

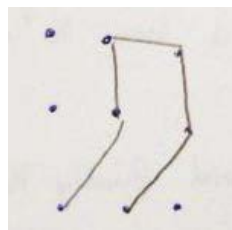
$\mu(x, y, z)$... $\mu_{Material}$

- (b) MRI, I do diffusion tensor imaging (**DTI**). The diffusion of water is biggest between vessels and nerves. Different gradients are applied to find the directions of diffusion. Then, every voxel is pictured with its diffusion tensor.

- 8) In welcher Weise unterscheiden sich Graph Cuts von Snakes, was haben sie gemeinsam?

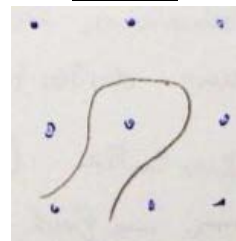
Snakes and Graph cuts **both** are non-model-based Segmentation methods.

Snakes are segment along the pixels/voxels whereas **graph cuts** cut between them.



Snakes

Are limited in resolution and topology



Graph Cuts

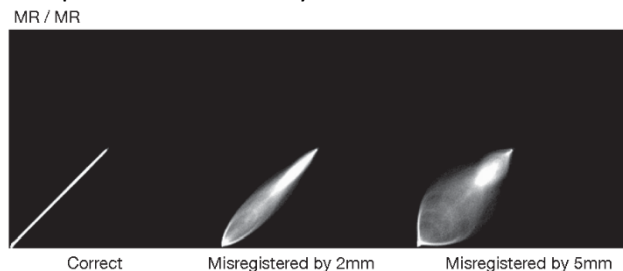
continuous function .

- 9) (a) Ausgehend von einer korrekten Registrierung zweier Datensätze wird ein Datensatz verschoben d.h. ein künstlicher Fehler erzeugt. Wie wirkt sich das auf das Maß bzw. die zugrundeliegende joint probability distribution der Voxelwerte aus? (b) Sie müssen einen CT Datensatz mit einem PET Datensatz registrieren. Beide Datensätze zeigen das Gehirn derselben Person. Welches Similaritätsmaß wenden Sie an um den Unterschied zwischen registriertem und fixem Bild zu berechnen? Welche Optimierung ist für die Registrierung geeignet? Welche Defomierungsart ist einsetzbar? Begründen Sie jeweils Ihre Wahl. S.215, 225

- (a) The joint probability distribution describes the probability of a pixel having value a in Image X and value b in Image Y .

The smaller the “cloud” in the descriptive histogram (or Parzen windowing), the better aligned they are!

Example of same modality:



The JPD is a similarity measure useful also in multi-modality registration.

(b)

- Deformation: non-rigid (= affine + Free Form Deformation or Thin Plate Splines)

Affine:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Ax} + \mathbf{b}$$

Position in source
Position in target

\mathbf{A} ... Translation, Rotation, Shear

\mathbf{b} ... Shift

Since different modalities have different geometric imaging behaviors, we might have to make up for non-linear distortion.

- Optimization: Multi-Resolution (to avoid finding the wrong “local” maximum -> find global maximum instead!)
- Similarity:
 - > Could be **geometrical feature-based (gradient correlation**, extracting the high gradient features of whatever modality) or
 - > **Voxel feature based**
 - JPD (see Question 9(a))
 - Joint entropy (the better aligned, the smaller joint entropy – sum of single entropies)

10) Welche der beiden Modalitäten hat eine höhere zeitliche Auflösung: MEG oder fMRI? Welche hat höhere räumliche Auflösung? Was wird mit MEG gemessen?

MEG (=Magneto encephalogram graphy)

It directly measures brain activity – neuronal activity. The signals emitted are very small and the device has to be perfectly shielded to detect those small fields. It is a special form of MRI however, no high frequency field is induced. Only the PRESENT signal is measured non-invasively!

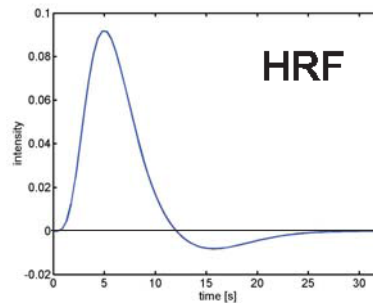
Zeitliche Auflösung: MEG ~ msec
fMRI ~ 1 sec (due to relaxation time)

Räumliche Auflösung: MEG ~ 4 mm
fMRI ~ 5 mm -> roughly the same

fMRI S.237- <http://mindhive.mit.edu/book/export/html/72>

11) Wie sieht HRF aus/Skizzieren Sie die HRF-Funktion! S. 255

Haemodynamic Response Function



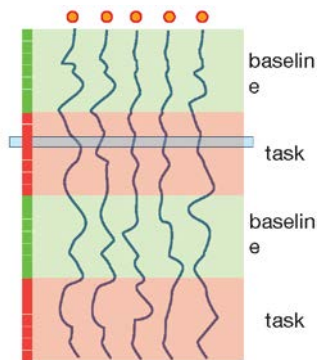
12) Was muss man mit der Indikatormatrix und der HRF-Funktion machen, damit man die Designmatrix erhält?/Wie wird die Designmatrix erstellt? S.255

Design Matrix X: Information about experiment configuration.

The very simplest design matrix for a given experiment would simply represent the presence of a given condition with 1's and its absence with 0's in a that condition's column. That matrix would model a signal that was instantly present at its peak level at the onset of a condition and instantly offset back to baseline with the offset of a trial.

It's possible this may be a good model of neuronal activity, but since fMRI measures BOLD signal rather than neuronal activity directly, it's clearly not that good a model of the hemodynamic response that BOLD signal represents.

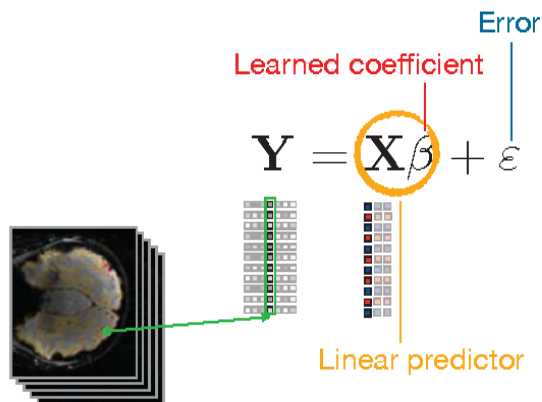
13) Zeichnen Sie das Signal, das man erhält, wenn man die Rest/Task-Spalte der Indikatormatrix (gegebene Rechtecksfunktion) mit der HRF-Funktion faltet! S. 279



14) Welche Bedeutung haben die Betakoeffizienten in einem GLM? S.271

Betacoefficient: ~ local effect size for each voxel (learned coefficient)

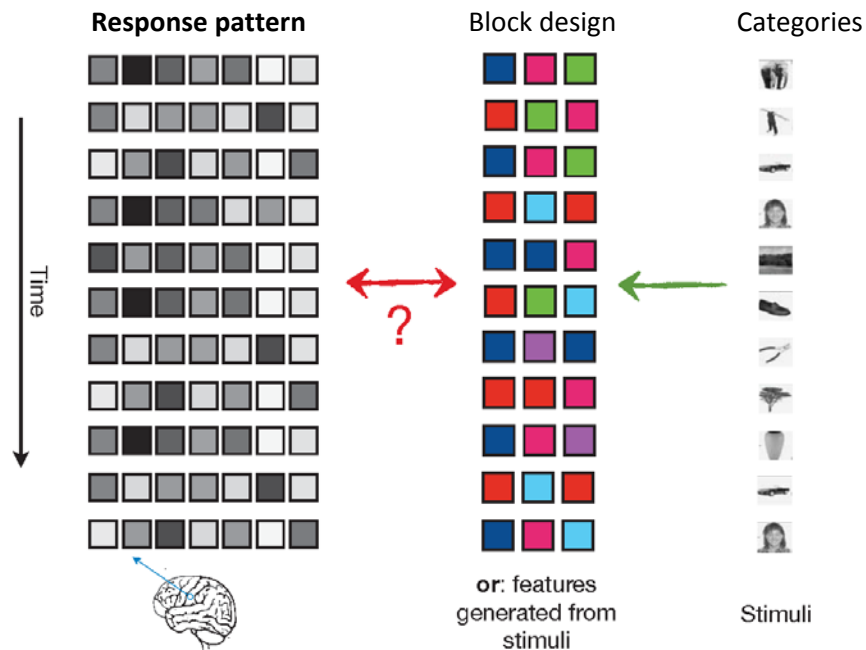
15) Welche Rolle spielen die einzelnen Terme im Ausdruck $Y = G * b + r$? S. 271



16) Welche beiden Werte werden für die Berechnung der Signifikanz benötigt? S. 272

Predicted response and observed response are needed in a cross validation scheme

17) Welche Faktoren, außer Rest/Task, kann man noch in der Designmatrix darstellen? S. 267, 270

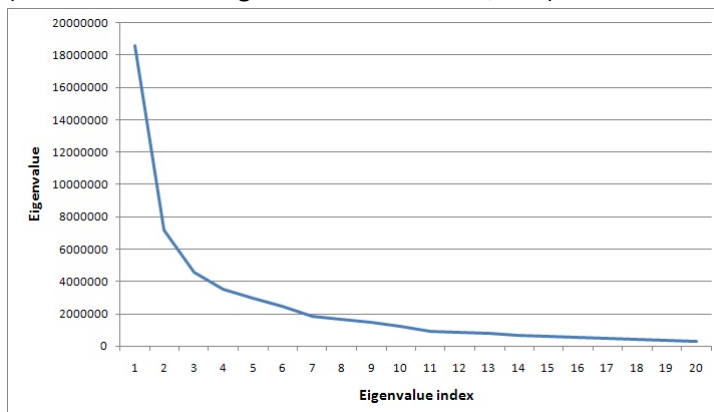


18) Zwei Diagramme, in denen man den Verlauf von Eigenwerten/Anzahl von Eigenvektoren einzeichnen sollte mit (a) 2x800 Samples und (b) 100x8 Samples.

Wie kann ich mir denn das vorstellen? Bzw. auf was soll das abzielen lösungsmäßig?
 Jede Dimension bedeutet ja einen Eigenvektor inklusive Eigenwert oder? Heißt das also eine Art Histogramm und je größer die Dimension umso kleiner die Eigenwerte?
 Und vor allem sowas wie 90% der Eigenwerte in den ersten drei Eigenvektoren wenn wir viele haben? Ist das die Lösung?

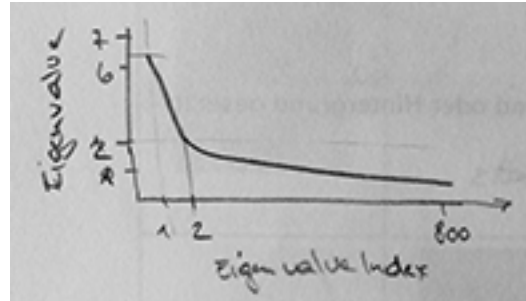
Öhm es steht sowieso dabei "der absteigend sortierten Eigenwerte" (sorry, hab ich vergessen zu schreiben VoWi).

Bei dem Diagramm mit der hohen Dimension, hab ich sowas hingezeichnet in der Richtung (Achsenbeschriftungen sind aber andere, etc.):

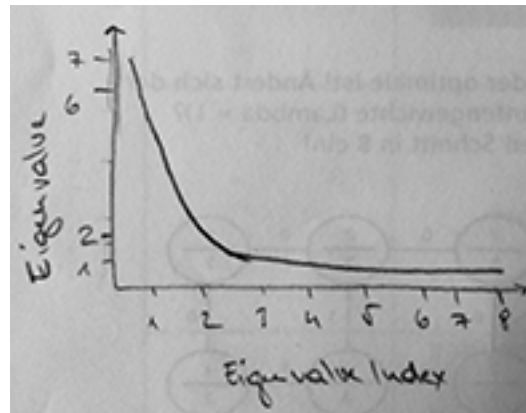


Bei dem Diagramm mit den 2Dim-Samples hab ich einfach nur zwei Eigenwerte eingezeichnet, also den ersten größer und den anderen halt um einiges kleiner.
Aber keine Ahnung, kann auch falsch sein, vielleicht hab ich auch die Angabe verdreht - du kannst es ja morgen korrigieren. Und ich glaub er hat den Kopf geschüttelt, als er meine Lösung gesehen hat, also kann durchaus falsch sein 🤔🤔🤔

2x800



100x8



19) 6 grafische Darstellungen von Shapes waren gegeben und man musste zuordnen ob es sich um 1. Mode, 2. Mode, 3. Mode, Rotation, Skalierung oder x-Translation handelt.

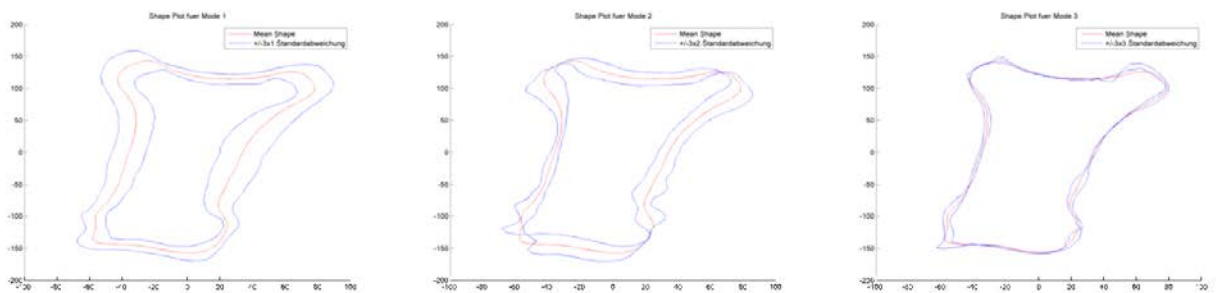
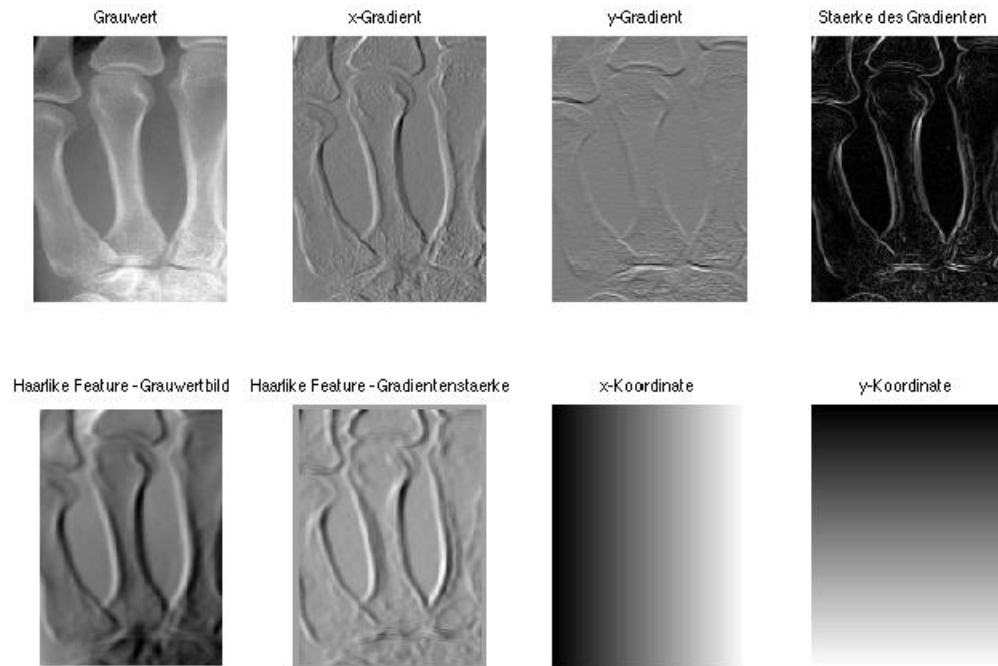


Abb. 6: Shape Mode 1, Shape Mode 2, Shape Mode 3 (von links)

20) 8 Bilder waren gegeben und man musste zuordnen: Grauwert, Gradient (x,y), Gradient Magnitude, Koordinaten (x,y) und Haar-like-features (x,y).



- 21) Suchen Sie in der folgenden Verteilung 2 beliebige Punkte und projizieren Sie sie auf denjenigen Eigenvektor, der der Richtung der Hauptvarianz entspricht (Eigenvektoren, ausgewählte Punkte und Projektion einzeichnen). Geben Sie die ungefähren Koordinaten der projizierten Punkte in der neuen Basis an. (Es muss keine PCA berechnet werden)
- 22) Zeichnen Sie in den folgenden Grafiken den Mittelpunkt und die Eigenvektoren ein. Die relative Länge der Vektoren zueinander soll die Relation der Varianzen widerspiegeln. Tragen sie für A & B die Gaußverteilung ca. die Linie ein, die der 1. Standardabweichung entspricht.

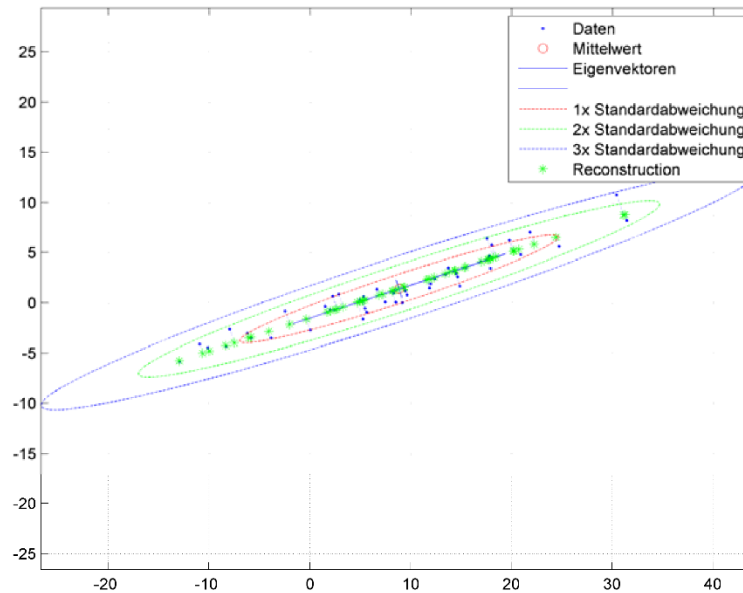
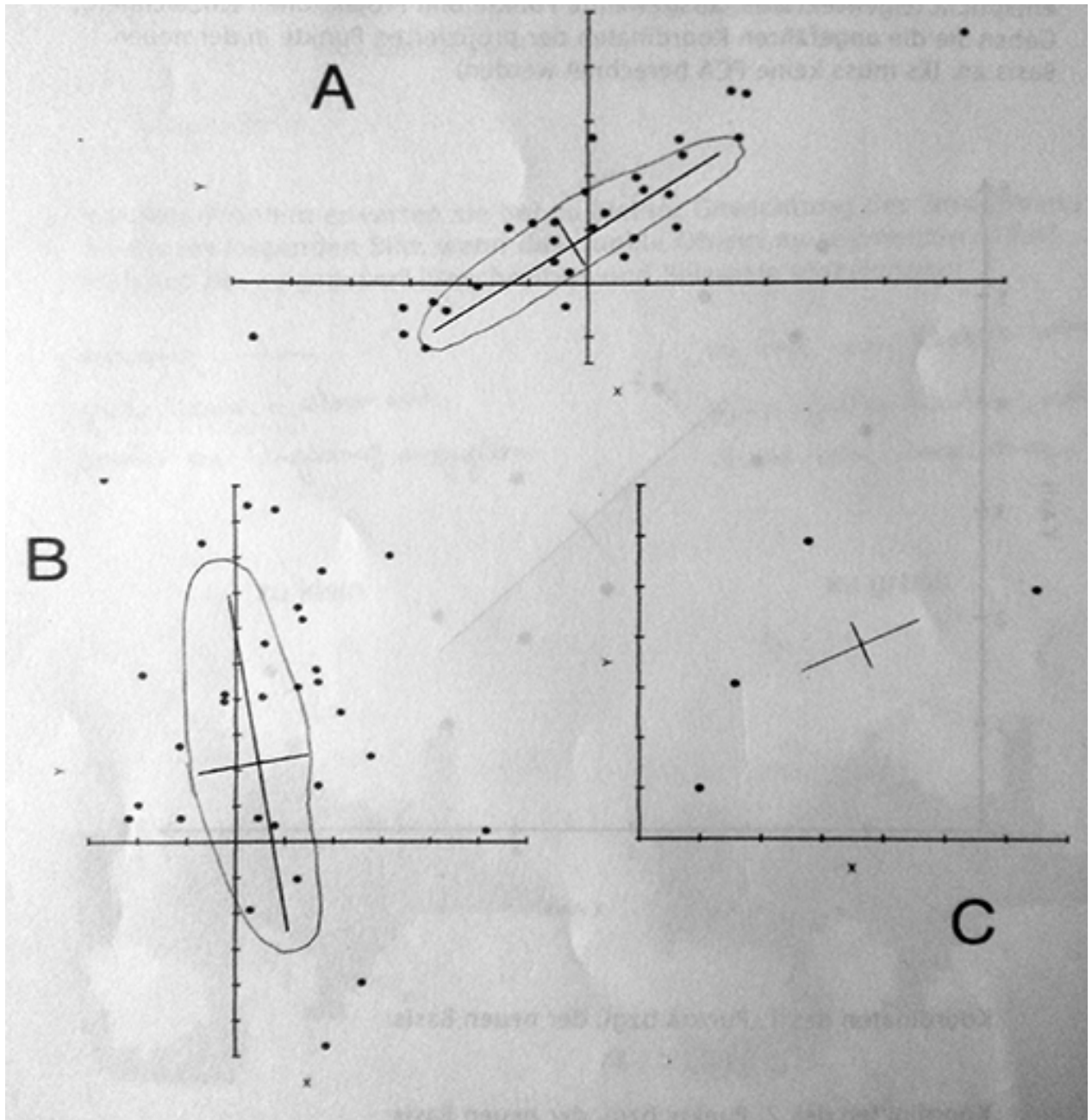
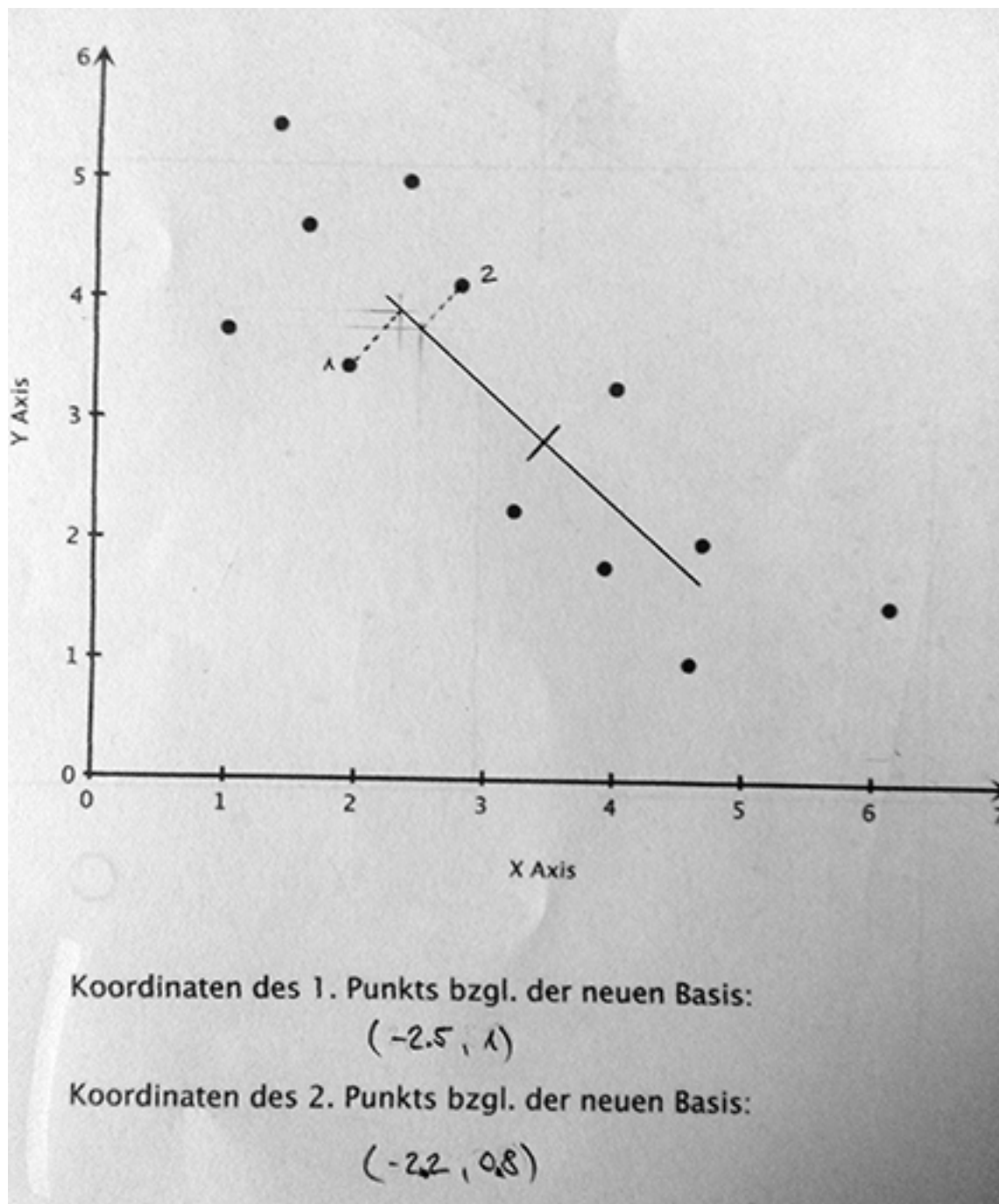


Abb. 3: PCA data3 Hauptvektor Projektion/Rekonstruktion

Nö, eigentlich das gleiche wie bei dem Assignment. Mittelwert einzeichnen, dann ne Linie in die Punktwolke einzeichnen die durch den Mittelpunkt verläuft und annähernd die Daten gut beschreibt und dann noch zwei Punkte auf diese Linie projizieren. Projizierte Koordinaten der neuen Punkte wären dann z.B. (1/0), (2.5/0) im neuen Koordinatensystem. Ich hab dann zusätzlich auch noch die Koordinaten der Punkte im "globalen" Koordinatensystem angegeben - das wären dann die Koordinaten, wenn du die Punkte anhand von der Hauptkomponente der PCA rekonstruierst. Ist denke ich aber nicht notwendig bzw. musst du es halt genau dazuschreiben, falls du das machst.



Frage 22



Frage 21

23) Gegeben sind (a) 10 Punkte in 2 Dimensionen (b) 8 Punkte in 3 Dimensionen. Wie viele Eigenvektoren/-werte mit welchen Dimensionen gibt es jeweils?

- (a) 2 Eigenwerte mit je 2 Eigenvektoren
- (b) 3 Eigenwerte mit je 3 Eigenvektoren

Graph-Cuts

24) Wie heißen die 2 Terme, mittels denen Sie Ihre Information über das zu lösende Problem kodieren?

Knotengewichte & Kantengewichte

25) Was regelt der Parameter Lambda?

Zusammenhalt (= coherence Parameter)

26) Welches Problem erwarten Sie bei zu kleiner Gewichtung des Smoothness-Terms im folgenden Bild, wenn das dunkle Objekt zu segmentieren ist? Welches bei zu großer? (Beschreiben und Beispiele einzeichnen)

Zu klein: zu wenig vom dunklen Objekt behalten, **glatte Kontur** aber evtl. zu viel an Umgebung abgegeben.

Zu groß: zu viel von dunklem Objekt behalten, **keine glatten Kanten**, evtl. auch etwas von Umgebung behalten

27) Was ist das Ergebnis eines Graph Cuts? Welche Eigenschaften hat dieses Ergebnis? (allgemein, d.h. nicht auf Bildsegmentierung bezogen)

Graph entlang von Kanten & Knoten mit minimalen Kosten

28) Wie heißen die Pixel, die fix auf Vordergrund (=Source) oder Hintergrund (= Sink) gesetzt werden? Warum wird das gemacht?

Seed Lines: zur Korrektur des Resultats