Übungen

Stand: 14. Januar 2020

Jörg Cassens

Medieninformatik
WS 2019/2020

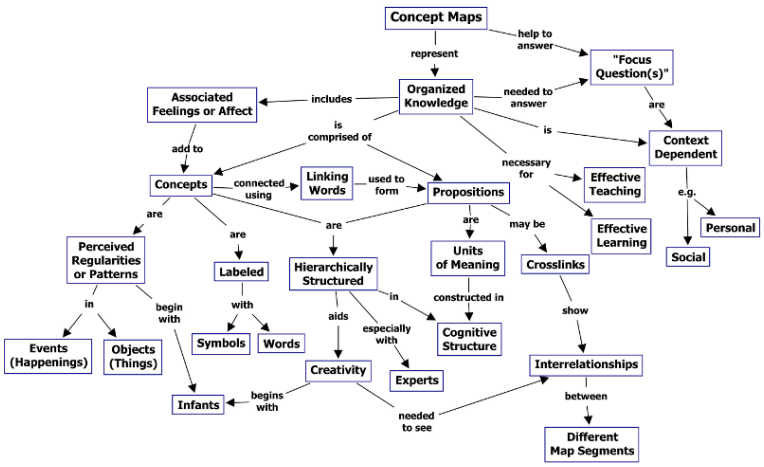
Universität Hildesheim
medieninformatik
IMAI – Institut für Mathematik und Angewandte Informatik

1 Allgemein

Übung 1.1: Modellierung der Vorlesungsinhalte

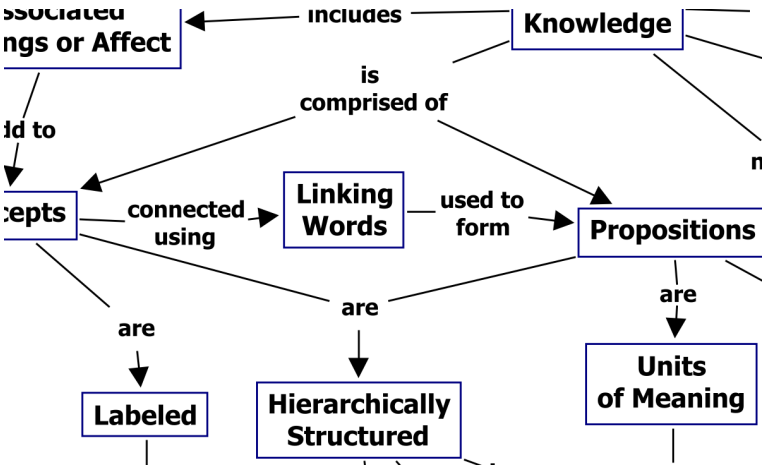
- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- Modellieren Sie Ihr Verständnis der Inhalte dieser Vorlesung
- Benutzen Sie dafür z.B.:
  - Concept Maps
  - Mindmaps
    - Andere (Graph-) Repräsentationen: Semantic Networks, Topic Maps, ...
  - Affinity Diagrams
  - Wiki im Learnweb
- Stellen Sie Ihr Ergebnis vor
- Gelingt es uns, eine gemeinsame Modellierung zu finden?

Concept Maps



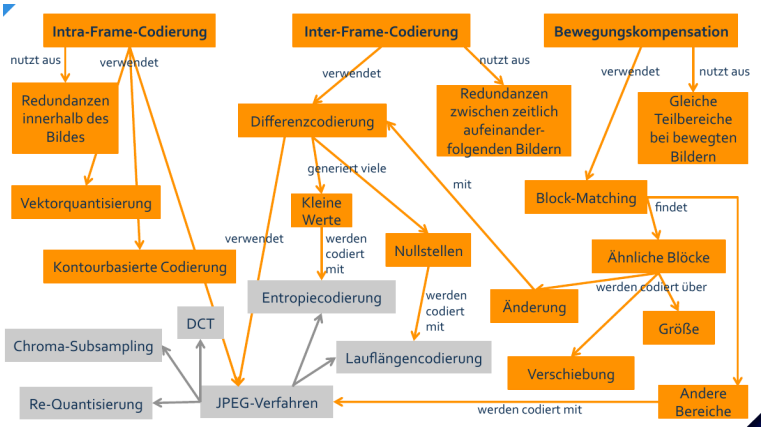
☞ Novak & Cañas: IHMC CmapTools

Concept Maps (Detail)



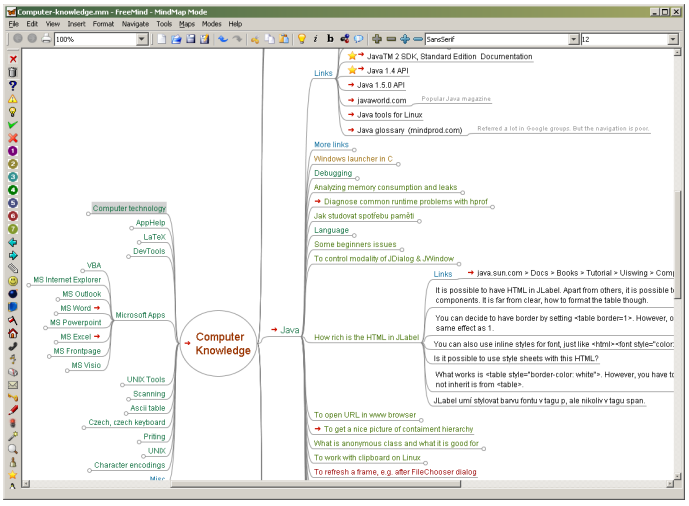
☞ Novak & Cañas: IHMC CmapTools

Concept Maps



Mögliche Concept Map für den Bereich Videokompression

Mindmaps



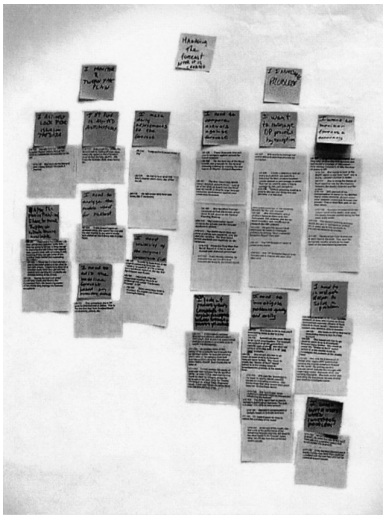
☞ FreeMind Mindmap-Tool

Affinitätsdiagramm

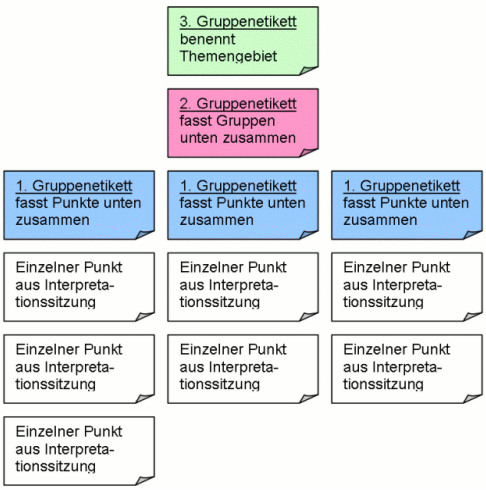
- Herausarbeiten von Affinitäten im Affinitätsdiagramm
- wandgroßes, hierarchisches Diagramm

- bringt Themen und Einsichten zusammen:
  - Gemeinsamkeiten
  - Unterschiede
  - Muster
- Grundlage für Verständnis der Daten
  - Walk the data

Affinitätsdiagramm – Beispiel



Affinitätsdiagramm – Struktur

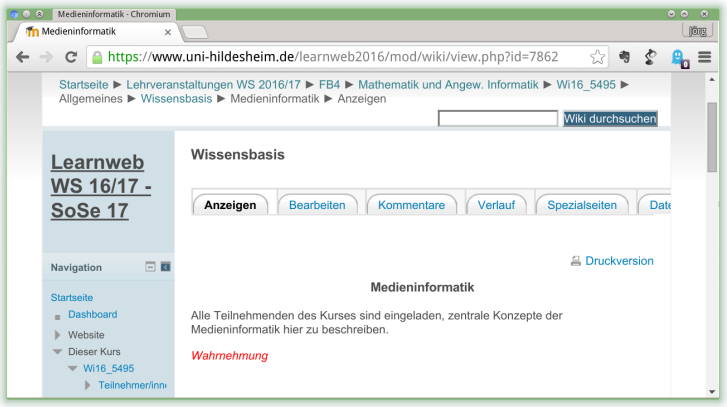


Struktur eines Affinitätsdiagramms (Ausschnitt)

Methode

1. Stichworte aus der Vorlesung auf Post-its
2. Eins nach dem anderen an die Tafel bringen
3. Gleichartige gruppieren
4. Wenn die Gruppen zu groß werden (ab ca. 4) unter einem blauen Post-It zusammenfassen
5. Weitere Ebenen in rosa und grün, um Gruppen zu sortieren

Learnweb Wiki



☞ Learnweb Wiki

Übung 1.2: Prüfungsfragen

- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- Überlegen Sie sich mögliche Fragen für eine Prüfung in Medieninformatik
- Begründen Sie Ihre Auswahl an Fragen

2 Überblick

Übung 2.1: Wahrnehmung

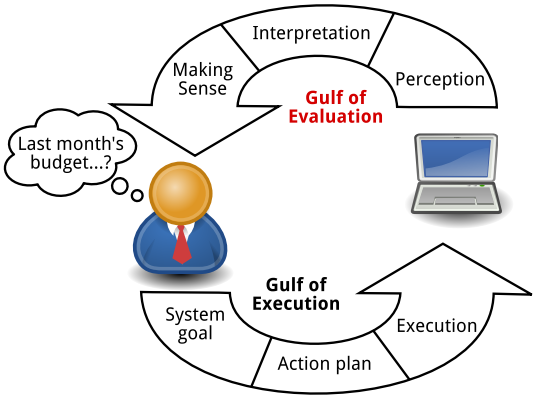
- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- Suchen Sie Beispiele an denen deutlich wird, warum die menschliche Wahrnehmung für die Beschäftigung mit (digitalen) Medien wichtig ist
- Suchen Sie Beispiele für Software, bei deren Benutzungsschnittstelle die Gestaltgesetze eine Rolle spielen
- Stellen Sie Ihre Erkentnisse im Kurs vor

Übung 2.2: Medientheorie

- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- McLuhan: “The medium is the message”
- Diskutieren Sie am Beispiel der wikipedia, was McLuhan mit diesem Satz gemeint hat
- Ist vor diesem Hintergrund wikipedia mit einem normalen Lexikon vergleichbar?
- Stellen Sie Ihre Erkentnisse im Kurs vor

Übung 2.3: Normans Gulfs

- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- Finden Sie Beispiele für Fehler, die in den jeweils drei Schritten der beiden Klüfte auftauchen können?
- Kann man die Probleme minimieren?
- Stellen Sie Ihre Erkentnisse im Kurs vor



3 Geschichte

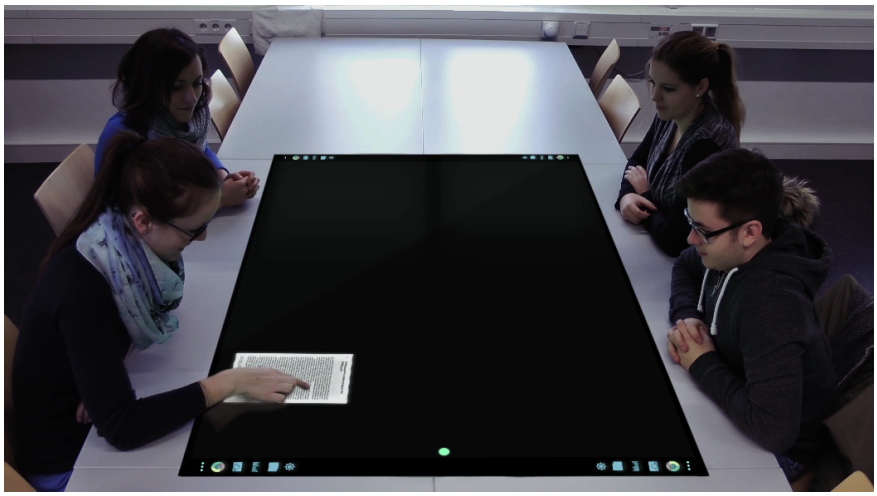
Übung 3.1: Anwendungsidee

- Bilden Sie Gruppen von 3-6 Personen
- Skizzieren Sie eine Anwendungsidee, die vorgestellte Technologien aus dem Themenbereich Geschichte aufgreift
- Mögliches Anwendungsgebiet:
  - Universität 2029
- Mögliche Technologien:
  - Tangible Systems
  - Large Multitouch Displays
  - Virtual und Augmented Reality
  - Ubiquitous Systems
  - Natürlichsprachliche Systeme
- Stellen Sie Ihre Anwendungsidee im Kurs vor

Übung 3.1: Anwendungsidee

- Virtual Reality für Lehre (z.B. Google Cardboard in Geschichte)
- Tangibles für Experimente (z.B. Molekularbiologie, Maschinenbau)
- Multitouch-Displays statt analoger Whiteboards
- Intelligenter Assistent für organisatorische Aufgaben
- Natürlichsprachliche Assistenten für Prüfungssimulation (und -durchführung?)
- Ubiquitous Computing im Hörsaal, automatische Konfiguration für Lehrende
- Digitale Folien im flipped (inverted) classroom
- VR-chats für distance learning
- VR für Sport-Training mentaler Fertigkeiten

Video 3.10: Universität 2025



☞ Where VR in 2025 (6:45)

4 Kognition

Übung 4.1: Maintenance

Maintenance Rehearsal

Interference

Teil 1

Nehmen Sie sich 1 Minute Zeit, um sich folgenden Zahlenkette zu merken:

1927543608

Mögliche Strategien:

- Einteilung in für sinnvolle Einheiten
- 19 27 54 36 08
- 0: Spiegel, 1: Schuh, 2: Sonne, 3: Tür, 4: Baum, 5: Wein, 6: Hund, 7: Himmel, 8: Buch, 9: Mädchen

Welche Strategie(n) haben Sie angewendet? Kennen Sie weitere Strategien?

Teil 2

Die gleiche Aufgabe für Paare, wobei eine Person die andere stören darf:

6810647304

Wie haben Sie gestört? War die Störung erfolgreich?

Teil 3

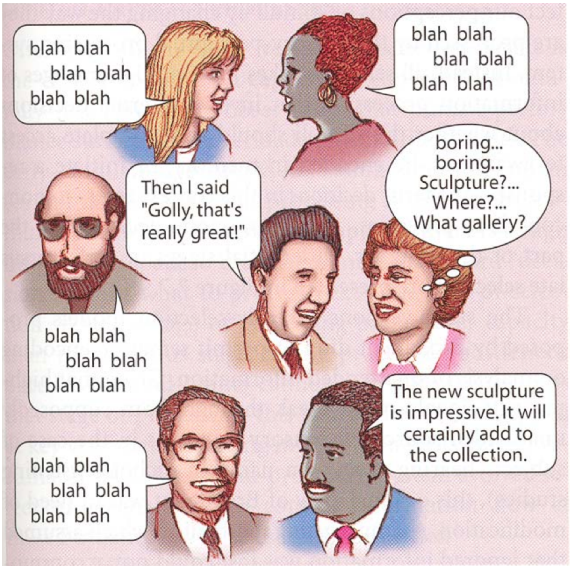
Die gleiche Aufgabe für Paare, wobei eine Person die andere stören darf:

9342597465

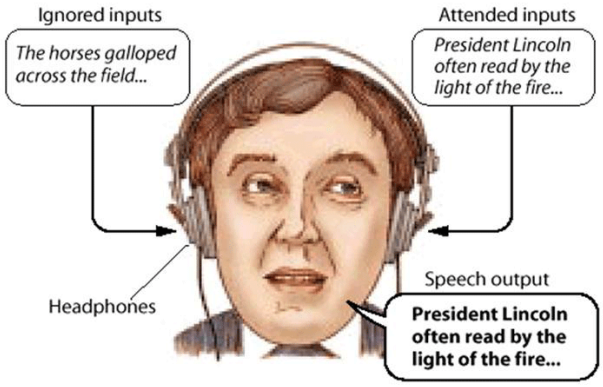
Wie haben Sie gestört? War die Störung erfolgreich?

Übung 4.2: Dichotisches Hören

- Spotlight metaphor: You can focus your attention (and your perceptual processor) on only one input channel in your environment at a time.
- Beispiel: Cocktailparty-Effekt (Cherry, 1953)



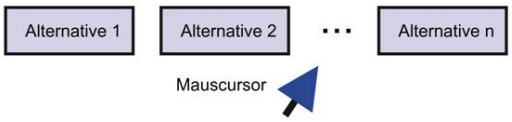
Dichotic Listening Task



Übung 4.2: Dichotisches Hören

- Dichotisches Hören: gleichzeitige Darbietung von unterschiedlichen akustischen Signalen
- Auf beiden Ohren hören Probanden simultan zwei verschiedene Informationen und sollen dann eine der Informationen ausblenden (Shadowing)
- Führen Sie in Ihrer Gruppe ein Experiment durch, in dem Sie überprüfen, ob Sie in der Lage sind, einzelne akustische Informationen auszublenden.
- Achten Sie dabei insbesondere auf den Einfluß verschiedener Parameter, z.B.:
  - Anzahl der gleichzeitig dargestellten Stimuli
  - physikalische Merkmale der Stimuli, z.B. Stimmlage, Lautstärke etc.
  - semantische Merkmale der Informationen, etc.
- Geben Sie ihre Ergebnisse schriftlich im Learnweb ab oder stellen sie diese in der Übung vor

Übung 4.3: Hick's verallgemeinert



- Total reaction and movement time $TT = MT + RT$
- Zeiten bei gleich wahrscheinlichen Optionen:
  - $MT = a + b * log_2(A/W + 1)$
  - $RT = b * log_2(N + 1)$
  - $TT = (a + b * log_2(A/W + 1)) + b * log_2(N + 1)$
- Reaktionszeit allgemein:
  - $RT = a + b * Sum(p(i) * log_2(1/p(i) + 1))$
  - $p(i)$ Wahrscheinlichkeit der Option i
- Wann und wie müßte die Motorzeit MT an unterschiedlich wahrscheinliche Optionen angepaßt werden?

5 Medien, Kanäle, Codecs

LZW

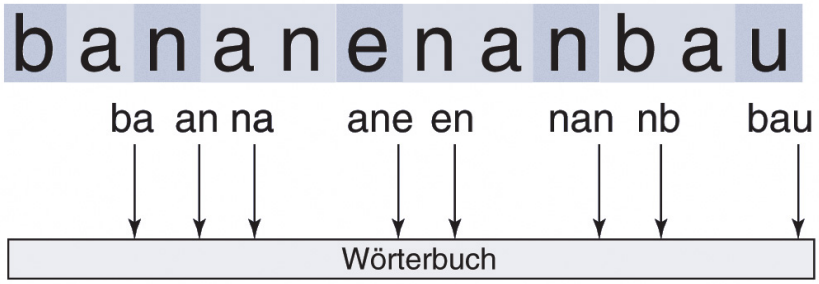


Abbildung 2.9: Ablauf des LZW-Algorithmus an einem Beispiel

Übung 5.1: LZW
Warum reicht es, zur Dekomprimierung nur das initiale Wörterbuch zu übertragen?

LZW: Algorithmus Codieren

```
initialize TABLE[0 to 255] \
    = code for individual bytes
STRING = get input symbol
while there are still input symbols:
    SYMBOL = get input symbol
    if STRING + SYMBOL is in TABLE:
       STRING = STRING + SYMBOL
    else:
       output the code for STRING
       add STRING + SYMBOL to TABLE
       STRING = SYMBOL
output the code for STRING
```

LZW: Codieren 1

Input	Current String	Seen this Before?	Encoded Output	New Dictionary Entry/Index
b	b	yes	nothing	none
ba	ba	no	1	ba / 5
ban	an	no	1,0	an / 6
bana	na	no	1,0,3	na / 7
banan	an	yes	no change	none
banana	ana	no	1,0,3,6	ana / 8
banana_	a_	no	1,0,3,6,0	a_ / 9
banana_b	_b	no	1,0,3,6,0,4	_b / 10
banana_ba	ba	yes	no change	none
banana_ban	ban	no	1,0,3,6,0,4,5	ban / 11
banana_band	nd	no	1,0,3,6,0,4,5,3	nd / 12
banana_banda	da	no	1,0,3,6,0,4,5,3,2	da / 13
banana_bandan	an	yes	no change	none
banana_bandana	ana	yes	1,0,3,6,0,4,5,3,2,8	none

LZW: Codieren 2

Input	Current String	Seen this Before?	Encoded Output	New Dictionary Entry/Index
a	a	yes	nothing	none
ab	ab	no	0	ab / 2
aba	ba	no	0,1	ba / 3
abab	ab	yes	no change	none
ababa	aba	no	0,1,2	aba / 4
ababab	ab	yes	no change	none
abababa	aba	yes	no change	none
abababab	abab	no	0,1,2,4	abab / 5
...	...	...	...	...

Übung 5.2: LZW Kompression

- Initiales Wörterbuch:
  - 0:a, 1:b
- Kodiere:
  - abababab

Algorithmus Decodieren I

```
initialize TABLE[0 to 255] = \
    code for individual bytes
CODE = read next code from encoder
STRING = TABLE[CODE]
output STRING
while there are still codes to receive:
    CODE = read next code from encoder
    ENTRY = TABLE[CODE]
    output ENTRY
    add STRING+ENTRY[0] to TABLE
    STRING = ENTRY
```

LZW: Decodieren

Encoded Input	Dictionary Translation	Decoded Output	Current String	New Dictionary Entry / Index
0	0 = a	a	none	none
0,1	1 = b	ab	a	ab / 2
0,1,2	2 = ab	abab	b	ba / 3
0,1,2,4	4 = ???	abab???	ab	???

Algorithmus Decodieren II

```
initialize TABLE[0 to 255] = \
    code for individual bytes
CODE = read next code from encoder
STRING = TABLE[CODE]
output STRING
while there are still codes to receive:
    CODE = read next code from encoder
    if TABLE[CODE] is not defined:
        ENTRY = STRING + STRING[0]
        // because sometimes decoder may not yet have entry
    else:
        ENTRY = TABLE[CODE]
    output ENTRY
    add STRING+ENTRY[0] to TABLE
    STRING = ENTRY
```

LZW: (De-) codieren

Input	Current String	Seen this Before?	Encoded Output	New Dictionary Entry/Index
a	a	yes	nothing	none
ab	ab	no	0	ab / 2
aba	ba	no	0,1	ba / 3
abab	ab	yes	no change	none
ababa	aba	no	0,1,2	aba / 4
ababab	ab	yes	no change	none
abababa	aba	yes	no change	none
abababab	abab	no	0,1,2,4	abab / 5
...	...	...	...	...

Encoded Input	Dictionary Translation	Decoded Output	Current String	New Dictionary Entry / Index
0	0 = a	a	none	none
0,1	1 = b	ab	a	ab / 2
0,1,2	2 = ab	abab	b	ba / 3
0,1,2,4	4 = ???	abab???	ab	???

Übung 5.3: LZW Dekomprimierung

- Consider the LZW compression and decompression algorithms as described in this chapter. Assume that the scheme has an initial table with code words 0 through 255 corresponding to the 8-bit ASCII characters; character "a" is 97 and "b" is 98. The receiver gets the following sequence of code words, each of which is 10 bits long:
- 97 97 98 98 257 256
  1. What was the original message sent by the sender?
  2. By how many bits is the compressed message shorter than the original message (each character in the original message is 8 bits long)?
  3. What is the first string of length 3 added to the compression table? (If there's no such string, your answer should be "None".)

Lösung LZW Dekomprimierung

1. What was the original message sent by the sender?
   - aabbabaa
2. By how many bits is the compressed message shorter than the original message (each character in the original message is 8 bits long)?
   - $8 * 8\text{Bit} - 6 * 10\text{Bit} = 4\text{Bit}$
3. What is the first string of length 3 added to the compression table? (If there's no such string, your answer should be "None".)
   - aba

Übung 5.4: Modalitäten

Entwerfen Sie ein multimediales System, welches andere als die klassischen Modalitäten (visuell, auditiv) für die Ein-/ und Ausgabe verwendet.

Übung 5.5: Codalität, Modalität, Medialität

- Wie ordnen Sie die folgenden Medienprodukte bezüglich der verwendeten Codierung und Modalität ein?
  - Bilderbuch für Kinder
  - Video mit fremdsprachigen Untertiteln (O.m.U.)
  - Hörbuch

Übung 5.6: Scanner
Sie wollen eine Zeichnung einscannen, auf der feine Schraffurlinien mit einem Abstand von einem Milimeter vorhanden sind. Welche Auflösung muß der Scanner mindestens verwenden, damit die Linien gut auf dem abgetasteten (also gescannten) Bild zu sehen sind?

Übung 5.7: Digitale Projektion
Welche Arten von Verbesserungen kann man erwarten, wenn ein Kino auf "digitale Projektion", also Wiedergabe des Films von einem digitalen Speicher, umstellt?

Übung 5.8: Lauflängencodierung
Komprimieren Sie folgende Nachricht mit einer Lauflängencodierung:
GGGA 0000 AAAB B444 4445 55AA AA12 BBBB CCCE 1111 1111
Welcher Prozentanteil an Zeichen wird dabei eingespart?

6 Audio

Übung 6.1: MP3

- Die MP3-Kompression (MPEG-1 Audio Layer III) ist ein verlustbehaftetes Kompressionsverfahren und basiert auf einem psychoakustischen Modell der Tonwahrnehmung.
  - Welche wesentlichen Effekte beschreibt dieses Modell und wie werden diese beim Kompressionsvorgang ausgenutzt?
  - Fassen sie die einzelnen Schritte der MP3-Komprimierung stichpunktartig zusammen.

Übung 6.2: Loudness Wars

- Hören Sie sich den ☞ YouTube-Beitrag zu "The Loudness War" von Matt Mayfield Music an. Welche Dynamikanpassungen werden in modernen Pop-Mischungen vorgenommen?
- Erläutern Sie, was bei der Dynamikkompression mit den im Originalsignal vorkommenden leisen Hintergrundgeräuschen (z.B. Rauschen, Brummen, Hall) passiert.
- Geben Sie ein passendes Anwendungsbeispiel für die Dynamikexpansion an.

Übung 6.3: Audacity



- Installieren Sie den freien Audio-Editor ☞ Audacity
- Machen Sie sich mit den grundlegenden Controls vertraut
  - Auswahl
  - Hüllkurven
  - Zeichnen
  - Vergrößern
  - Verschieben
  - Multifunktion

Maskierung, Lautstärke

- Audio Demo-Dateien: ☞ mi.kriwi.de/mi/demo_audio
- **Maskierung**
  - Hören Sie sich die Hörbeispiele zu Maskierungseffekten an.
- **Lautstärke**
  - Hören Sie sich das Hörbeispiel zur wahrgenommenen Lautstärke an.
- Importieren Sie die Beispiele in Audacity und diskutieren sie die angezeigten Signale.

Interferenz

- Erstellen Sie eine Tonspur (Spuren → neue Spur erzeugen → Mono)
- Erzeugen Sie eine Sinuswelle (Erzeugen → Tongenerator (1) → Amplitude: 1)
- Die Welle ist nun je nach gewählter Frequenz mehr oder weniger gut erkennbar. Vergrößern Sie die Darstellung, so daß Sie die Wellenform gut erkennen können (Lupe +)
- Mit einem Doppelklick auf die Spur markieren Sie diese
- Kopieren Sie die markierte Spur in eine neue Spur (Bearbeiten → In neue Tonspur kopieren)
- Verschieben Sie die zweite Spur mit dem Verschiebewerkzeug so, daß eine destruktive Interferenz entsteht
  - Vor dem Verschieben darauf achten, daß keine Spur mehr markiert ist
  - Als Alternative zum Verschiebewerkzeug können Sie auch Effekte → Invertieren wählen
- Vereinen Sie die beiden Spuren (Beide Spuren markieren, Spuren → Spuren zusammenführen)
- Was ist das Ergebnis? Was passiert mit dem Sinus-Ton?
- Machen Sie den Schritt rückgängig (Bearbeiten → Rückgängig)
- Verschieben Sie nun die zweite Spur so, daß eine konstruktive Interferenz entsteht. Vereinen Sie die beiden Spuren.
- Was ist das Ergebnis? Was passiert mit dem Sinus-Ton?

Bearbeitung

- **Frequenzraum**
  - Erzeugen Sie einen Sinuston mit Audacity (Erzeugen → Tongenerator (1))
  - Betrachten Sie das Signal im Frequenzraum (Analyse → Frequenzanalyse…)
- **Equalizer**
  - Erlaubt einzelne Bereiche des Frequenzspektrums gezielt lauter oder leiser zu machen.
    - Erstellen Sie 2 Spuren. Eine sollen einen tiefen und eine einen hohen Sinuston enthalten.
    - Fügen Sie beide Spuren zusammen.
    - Betrachten Sie das Signal im Frequenzraum.
    - Entfernen Sie danach den tiefen Ton mit dem Equalizer (Effekte → Equalization…).

Übung 6.4: Reparatur

- Öffnen Sie folgende Datei in Audacity: ☞ mi.kriwi.de/mi/vorlagen_audio/conversation_noise.wav
- Verringern Sie mit geeigneten Werkzeugen die Störgeräusche
  - Knistern, Hintergrundton
- Zur Wahl stehen z.B. die Filter oder der Equalizer
- Bringen Sie die gesprochenen Anteile auf eine gleichmäßige Lautstärke
- Schneiden Sie die Sprecherin oder den Sprecher heraus
- Schieben Sie die Spuren (falls nicht automatisch passiert) mit dem Verschiebewerkzeug wieder zusammen, sodaß die Schnitte nicht mehr zu hören sind.
- Speichern Sie die Tonspur als Wav-Datei ab (Datei → Exportieren → WAV einstellen → Namen und Speicherort eingeben → Speichern)
- Geben Sie ihre (Zwischen-) Ergebnisse im Learnweb ab oder stellen sie diese in der Übung vor

7 Bilder

Übung 7.1: Farbeindruck

Warum ist es ausreichend, daß ein Monitor einen beliebigen Farbeindruck durch Mischen der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau erzeugt, obwohl die tatsächlichen Farben in der Natur alle möglichen Wellenlängen vermischen?

Übung 7.2: YCbCr-RGB-Umrechnung

- Zeigen Sie für das YCbCr-Modell, daß die Eckpunkte des RGB-Kubus innerhalb des YCbCr-Kubus liegen.
- Berechnen Sie die inverse Abbildung, also RGB aus YCbCr. Zeigen Sie auch hier, daß die YCbCr-Punkte bei der Transformation nach RGB den RGB-Kubus nicht verlassen.
- Warum können trotzdem Verluste bei der Umwandlung RGB $\rightarrow$ YCbCr $\rightarrow$ RGB auftreten?

$$f_{YCbCr} = \begin{pmatrix} f_Y \\ f_{Cb} \\ f_{Cr} \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168736 & -0.331264 & 0.5 \\ 0.5 & -0.418688 & -0.081312 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_R \\ f_G \\ f_B \end{pmatrix}$$

Übung 7.3: JPEG DC

Zeigen Sie, daß $F(0,0)$ den Mittelwert eines Bildblocks berechnet.

$$F(u,v) = \frac{1}{4} c_u c_v \sum_{x=0}^{7} \sum_{y=0}^{7} f(x,y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{16}$$

$$c_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{falls } k = 0 \\ 1, & \text{sonst} \end{cases}$$

Übung 7.4: JPEG Subsampling

Um welchen Faktor kann im JPEG-Format ein Bild durch Subsampling komprimiert werden?

Übung 7.5: JPEG Quantisierung

Quantisierung bei JPEG

1. Wie würde eine Quantisierungsmatrix für maximale (sinnvolle) Kompression aussehen?
2. Welchen Kompressionsfaktor würde man dadurch erreichen?

Übung 7.6: JPEG Artefakte

- Untersuchen Sie JPEG-Kompressionsartefakte.
- Komprimieren Sie dazu ein Bild mit hoher Kompression und führen Sie die beobachteten Fehler auf die einzelnen Schritte des Verfahrens zurück.
- Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit dem in der Vorlesung vorgestellten Beispiel

Übung 7.7: Bildbearbeitung

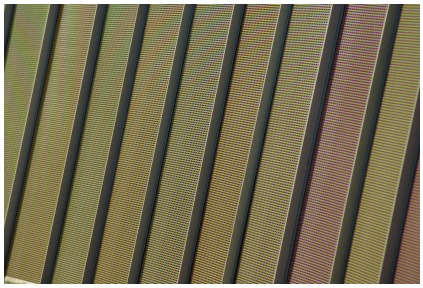
- Wir stellen Ihnen einige Bilder zur Verfügung, mit denen Sie grundlegende Funktionen der Bildbearbeitung erkunden können.
- Sie können diese Bearbeitungsschritte mit einem Graphikprogramm Ihrer Wahl durchführen.
- Wir empfehlen hierzu das Programm ☞ Gimp (gimp.org) (Free and Open Source Software).
- Falls Sie das Programm noch nicht kennen, sollten Sie zuerst das ☞ einleitende Tutorium durcharbeiten.
- Speichern Sie bearbeiteten Bilder jeweils ab
- Geben Sie ihre (Zwischen-) Ergebnisse im Learnweb ab oder stellen sie diese in der Übung vor

Histogrammausgleich



- **Vorlage:** ☞ bahnhof-grey-restricted.png
- **Aufgabe:** Spreizen sie das Histogramm so, daß die Bildkontraste ausgewogen erscheinen.

Bilder verkleinern



- **Vorlage:** ☞ lochmuster.png
- **Aufgabe:** Skalieren Sie das Bild von einer Breite von 3872 Pixel auf 500 Pixel. Benutzen Sie dabei einen Operator **ohne** Interpolation. Beachten Sie den dabei auftretenden Moiré-Effekt. Versuchen Sie, dieses Artefakt zu minimieren.

Bilder vergrößern



- **Vorlage:** ☞ oper.png
- **Aufgabe:** Skalieren Sie das Bild von einer Breite von 500px auf 3872 Pixel. Benutzen Sie dabei einen Operator ohne Interpolation. Versuchen Sie, auftretende Artefakte (Treppen) zu minimieren.

Farbverfälschungen korrigieren



- **Vorlage:** ☞ strassenbahn-rotstich.png
- **Aufgabe:** Entfernen Sie den Rotstich des Bildes.

JPEG-Artefakte



- **Vorlage:** ☞ oper-boote.png
- **Aufgabe:** Sichern Sie das Bild in einem "möglichst kleinen" JPEG

8 Video

Übung 8.1: Eigener Film

1. Erstellen Sie einen eigenen Film und planen Sie Vorproduktion, Produktion und Postproduktion
2. Erstellen Sie ein eigenes Storyboard.
   - Welche Teile werden in den Plot aufgenommen?
   - Welche Teile werden weggelassen?

- Mögliches Thema: Eine kurze Szene aus dem Leben von Studierenden im Jahr 2030

Übung 8.2: Codierungsartefakte

Codierungsartefakte: Codieren Sie einen Film mit hoher Kompression und beschreiben Sie das Resultat.

- Welche Codierungsartefakte lassen sich auf welche Kompressionsverfahren zurückführen?
- Ist eine Struktur mit I-, P- und B-Frames erkennbar?

9 2D-Graphik

Übung 9.1: Transformationen

1. Zeichnen Sie ein Quadrat der Seitenlänge 2 mit seinem Mittelpunkt an der Position (4,4)
2. Wenden Sie darauf eine Rotation um 90 Grad im Uhrzeigersinn, eine Translation um (2,2) und eine Skalierung um den Faktor 0,5 an.
3. An welcher Position befindet sich das Quadrat nun?
4. Permutieren Sie die Reihenfolge von Rotation, Translation und Skalierung.
5. Welche Position ergibt sich für alle möglichen Permutationen?

Übung 9.2: Homogene Koordinaten 2D

- Durch die Verwendung homogener Koordinaten reduziert sich der Rechenaufwand bei langen Ketten aufeinanderfolgender Transformationen. Dafür muß nun statt mit 2x2-Matritzen mit 3x3-Matritzen gerechnet werden.
- Nehmen wir an, Sie müssen auf 1000 Punkte jeweils 10 Transformation anwenden.
- Wie viele Multiplikation und Additionen erfordert dies in herkömmlichen 2D-Koordinaten und wie viele in homogenen Koordinaten?
- Wie verhält sich der Effizienzgewinn zur Zahl der Punkte und der Matritzen?

Übung 9.3: Keyframe-Animation

- Was versteht man unter einer *Keyframe-Animation*?
- Kennen Sie eine Codierung (ein Bildformat), in dem Keyframe-Animationen spezifiziert sind?
- Um welches Format handelt es sich dabei?
- Können Sie kurz andere Methoden der Animation nennen?

Übung 9.4: SVG-Modellierung

1. Modellieren Sie ein von der Seite gesehenes Auto in SVG, dessen Räder ein erkennbare Struktur haben (z.B. Speichen) und die sich beim Fahren drehen.
2. Nun lassen Sie das Auto in verschiedene Richtungen über den Bildschirm fahren.
3. Entwerfen Sie zuerst eine Transformationshierarchie.
4. Welche Objekte müssen wie gruppiert und animiert werden, damit sich die Räder samt Speichen um ihre Mittelachse drehen, das Auto nicht ohne seine Räder losfährt und die Fahrtanimation nur einmal geschrieben werden muß?

- Geben Sie ihre (Zwischen-) Ergebnisse im Learnweb ab oder stellen sie diese in der Übung vor
  - Vereinfachungen möglich