

# Quellencodierung

Gelenktes Entdeckendes Lernen

Peter Maluck, Jürg Scheidegger

**Inhalt:**

Die Studierenden lernen die wichtigsten Funktionen der Quellencodierung. Sie erarbeiten die Unterscheidung von Redundanz und Irrelevanz. Weiter bekommen sie ein Gefühl für gängige Methoden der Redundanzreduktion.

**Unterrichtsmethode:** Leitprogramm

**Fachliches Review:**

Prof. Dr. M. Meyer, Leiter SG Elektrotechnik FH Nordwestschweiz

**Fachdidaktisches Review:**

Prof. Dr. A. Glattfelder, ETH Zürich

**Publiziert auf EducETH:**

24. August 2009

**Rechtliches:**

Die vorliegende Unterrichtseinheit darf ohne Einschränkung heruntergeladen und für Unterrichtszwecke kostenlos verwendet werden. Dabei sind auch Änderungen und Anpassungen erlaubt. Der Hinweis auf die Herkunft der Materialien (ETH Zürich, EducETH) sowie die Angabe der Autorinnen und Autoren darf aber nicht entfernt werden.

**Publizieren auf EducETH?**

Möchten Sie eine eigene Unterrichtseinheit auf EducETH publizieren? Auf folgender Seite finden Sie alle wichtigen Informationen: <http://www.educeth.ch/autoren>

**Weitere Informationen:**

Weitere Informationen zu dieser Unterrichtseinheit und zu EducETH finden Sie im Internet unter <http://www.educ.ethz.ch> oder unter <http://www.educeth.ch>.

Fach-Didaktik

Informationstechnologie und Elektrotechnik

# Quellencodierung

Gelenktes Entdeckendes Lernen

Fach

Schultyp

Voraussetzungen

Bearbeitungsdauer

Autoren

Betreuer

Fassung

Unterrichtserprobung

Kommunikationstechnik

Technische Hochschule

Übertragungssysteme, Strahlenoptik

3 Unterrichtslektionen (ca. 140 Minuten)

Peter Maluck, Jürg Scheidegger

Prof. Martin Meyer, Windisch

September 04, (EDUCETH 2009)

erprobt



Institut für Verhaltenswissenschaft  
Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik

Gelenktes Entdeckendes Lernen zum Thema:

# Quellencodierung



Fach:	Kommunikationstechnik
Schultyp:	Fachhochschule
Schulstufe:	ab 3. Semester
Vorkenntnisse:	Übertragungssystem, Strahlenoptik
Informationsangebot:	Grundlagen zur Quellencodierung
Entdeckungsmöglichkeiten:	Anwendungen zur Redundanz- und Irrelevanzreduktion
Gesamtdauer:	3 Lektionen à 45 Minuten inklusive Präsentation
Dauer des Entdeckens:	ca. 60 Minuten
Autor:	Peter Maluck / Jürg Scheidegger
Betreuer:	Prof. Dr. Martin Meyer, FH Aargau
Fassung vom:	30.09.2004
Schulerprobung:	steht noch aus

**Inhalt**

Einleitung .....	1
A. Aufgabenstellung der Semesterarbeit.....	1
B. Motivation für Lehrpersonen .....	1
Warum „Gelenktes Entdeckendes Lernen“? .....	1
Was kann die Lehrperson hiermit erreichen? .....	1
Was muss die Lehrperson vorbereiten? .....	1
Teil 1: Material für die Lernenden .....	2
A. Was sollen Sie tun? .....	2
Organisation .....	2
Das Ziel .....	2
Hinweise zum Vorgehen .....	2
Erinnerung .....	2
B. Hinweis auf Prüfung, Bewertung oder Beurteilung.....	2
Gibt es Noten? .....	2
Massstab .....	3
C. Entdeckungsreise zur Quellencodierung.....	3
Beschreibung der vier Ausflüge .....	3
Quellencodierung .....	3
Redundanz und Irrelevanz .....	4
Redundanz .....	4
Irrelevanz.....	4
Wie reduziert man Redundanz?.....	5
Wie reduziert man Irrelevanz? .....	7
D. Ihre Reiseunterlagen.....	7
Das Auge .....	7
Dateiformate für Bilder .....	10
Bewegte Bilder.....	12
WinZip .....	15
E. Glossar – Fachwörter .....	16
Teil 2: Dokumente für die Lehrperson.....	17
A. Erforderliches Vorwissen, benötigtes Material.....	17
Vorwissen.....	17
Organisation .....	17
Das Ziel .....	17
Ablauf.....	18
B. Simulation möglicher Ergebnisse.....	18
Das Auge .....	18
Dateiformate für Bilder .....	21
Bewegte Bilder.....	22
WinZip .....	23
C. Prüfung, Bewertung der Präsentation oder Poster .....	25
Mögliche Bewertung .....	25
Literatur.....	25
Anhang .....	26
A. Beiliegende CD .....	26
B. Bilddateien .....	26
Bitmap .....	26
TIFF.....	26

# Einleitung

## A. Aufgabenstellung der Semesterarbeit

Das Thema der Semesterarbeiten in den Jahren 2004 und 2005 ist „Gelenktes Entdeckendes Lernen“. Die Aufgabenstellung lautet in Stichworten:

- Sammeln von Informationen, mit denen die Lernenden auf Entdeckungsreise gehen können.
- Eine „Lenkung“ formulieren, welche mögliche Suchrichtungen zeigt.
- Simulieren möglicher Entdeckungswege und Funde. Was könnte passieren?
- Ablauf der Lektionen konzipieren. Dazu gehört ein Anfang und ein Ende, ohne das Entdecken durch eine Lösung des Lehrers zu zerstören.

## B. Motivation für Lehrpersonen

### Warum „Gelenktes Entdeckendes Lernen“?

Entdeckendes Lernen hat eine hohe Effektstärke. Das heisst, die Schüler lernen deutlich mehr als in herkömmlichem Unterricht, weil sie selber arbeiten.

Gelenktes Entdeckendes Lernen ist hauptsächlich für Themen geeignet, auf denen später nicht unbedingt aufgebaut werden soll. Die Schüler lernen mit dieser Methode, selber sich ein Thema zu erschliessen ohne anschliessend ein Feedback vom Lehrer zu erhalten. Dies ist eine der Fertigkeiten, die im Berufsalltag eines Ingenieurs gefragt sind. Der Schüler erarbeitet sich die Fähigkeit, Wissenslücken selbstständig zu schliessen. Also, keine Angst, wenn das Thema nicht wirklich lateral ist, d.h. falls später doch auf diesem Wissen aufgebaut werden muss.

### Was kann die Lehrperson hiermit erreichen?

Die vorliegende Arbeit kann Ihnen einerseits als Beispiel dienen, andererseits können Sie diese 1:1 durchspielen. Damit machen Sie sich mit der Methode vertraut und sparen zudem Vorbereitungszeit. Die Autoren haben diese Anleitung zwar noch nicht mit einer Klasse erprobt, aber alles mit viel Phantasie mehrmals selber durchgespielt und sich mögliche Resultate ausgedacht. Sie finden sie in [Teil 2, Absatz B](#).

Die Studierenden lernen die wichtigsten Funktionen der Quellencodierung. Sie erarbeiten die Unterscheidung von Redundanz und Irrelevanz. Weiter bekommen sie ein Gefühl für gängige Methoden der Redundanzreduktion.

### Was muss die Lehrperson vorbereiten?

Die ganze Vorbereitung ist in dieser Arbeit schon erledigt. Alle erforderlichen Unterlagen sind im Teil 1: Material für die Lernenden enthalten. Es bleibt Ihnen noch zu entscheiden, wie Sie am Schluss die Arbeit der Studierenden bewerten wollen. Dazu finden Sie einen Vorschlag in [Teil 2, Absatz C](#). Hinweise zur Organisation und erforderliches Material finden Sie auch im [Teil 2](#).

## Teil 1: Material für die Lernenden

### A. Was sollen Sie tun?

#### Organisation

Sie arbeiten alleine und haben zwei Lektionen Zeit. Führen Sie so viel durch, wie sie in dieser Zeit schaffen. Fassen Sie Ihre Ideen auf mindestens einem Plakat zusammen. Stellen Sie sich vor, dass Sie Ihre Resultate an einer Messe einem Kunden präsentieren sollen. In der dritten Lektion werden einige der Vorschläge von ihren Erfindern präsentiert.

#### Das Ziel

Sie sollen ein Gefühl dafür bekommen, welche Arten von Quellencodierung heute gebräuchlich sind. Gleichzeitig lernen Sie, Redundanz von Irrelevanz zu unterscheiden. Dabei finden Sie heraus, wo welches Wissen benötigt wird, wenn Redundanz oder Irrelevanz entfernt werden soll. Vielleicht entwickeln Sie die Idee zu einem neuen Codierverfahren, um Daten vor einer Übertragung noch besser zu komprimieren.

#### Hinweise zum Vorgehen

Hier sind vier Teilbereiche vorbereitet.

- Auflösungsvermögen des Auges
- Dateiformat für Bilder
- Bewegte Bilder
- WinZip

Lesen Sie zuerst bis zum Ende von Kapitel C durch. Dann entscheiden Sie, welche Reisen Sie buchen wollen (mindestens 3). Entscheiden Sie, was Sie in welcher Reihenfolge durchführen möchten. Beachten Sie aber den Zeitrahmen! Vergessen Sie während der Durchführung nicht, dass Sie Ihre Erkenntnisse am Schluss präsentieren werden. Ihre Lehrperson wird die Plakate kurz durchsehen. Anhand der Plakate soll man Ihre Arbeit bewerten können.

Die eingerahmten Abschnitte sind eine Aufforderung an Sie, dass Sie eigene Überlegungen anstellen und die Resultate auf Ihrem Plakat festhalten. Worauf es dabei ankommt, können Sie unten im Abschnitt Masstab sehen.

#### Erinnerung

Sie kennen den prinzipiellen Aufbau eines Übertragungssystems. Einer der Funktionsblöcke davon enthält die Quellencodierung. In der Einführung unten finden Sie eine kurze Auffrischung der Theorie.

### B. Hinweis auf Prüfung, Bewertung oder Beurteilung

#### Gibt es Noten?

Ihre Arbeit kann bewertet werden. Die Entscheidung ob und wie liegt bei Ihrer Lehrperson. Bewertet wird, was und wie viel Sie selber erarbeitet und für die Präsentation aufbereitet haben.

## Masstab

Sie werden nur an dem Stoff gemessen, den Sie hier erhalten haben. Wenn Sie irgend eine Zahl errechnet haben, wird Ihr Resultat in einem gewissen Bereich als richtig akzeptiert. Wenn Sie darauf aufbauend weiter rechnen, wird dies berücksichtigt. Es geht also um den Lösungsweg, die Plausibilität und die selber gefundene Methode. Ihre Leistung belegen Sie mit den Plakaten, die Sie ausgearbeitet haben. An folgenden Punkten können Ihre Leistungen gemessen werden:

- Haben Sie Plakate ausgearbeitet?
- Haben Sie sinnvolle, plausible Lösungen gefunden?
- Unterscheiden Sie korrekt zwischen Redundanz und Irrelevanz?
- Haben Sie eigene Ideen produziert?

Es zählt also nur das, was Sie schriftlich festgehalten haben. Sie werden nicht alle Teile abschliessend bearbeiten können, schreiben Sie deshalb laufend an Ihrem Plakat. Am Schluss fehlt Ihnen sonst die Zeit und Sie gehen leer aus.

## C. Entdeckungsreise zur Quellencodierung

Sie unternehmen eine Rundreise zu verschiedenen Aspekten der Quellencodierung. Dabei kommen Sie an verschiedenen Stationen vorbei (Auge, Dateiformate für Bilder, Bewegte Bilder, Winzip). Als Vorbereitung für die Reise müssen Sie allerdings zuerst einige theoretische Grundlagen zu Quellencodierung, Redundanz und Irrelevanz aufarbeiten.

### Beschreibung der vier Ausflüge

#### 1. Auge – Entdecken unseres Sehsinnes

Ermitteln Sie das Auflösungsvermögen Ihres Auges für schwarz-weiße und farbige Bilder.

#### 2. Dateiformate für Bilder – Codieren aber wie?

Bitmap, TIFF und JPEG sind gebräuchliche Formate zum Speichern von Bildern. Finden Sie heraus, wie Bilder gespeichert werden und wozu welches Format besser geeignet ist.

#### 3. Bewegte Bilder – Wenig Platz für viele Bilder

Filme bestehen aus grossen Mengen von Daten. Sie ermitteln, wie weit Sie eine Datenreduktion akzeptabel finden.

#### 4. Winzip – Kann man mehrfach komprimieren?

Welche Bildformate lassen sich mit dem ZIP-Algorithmus wie stark komprimieren? Zippen Sie ZIP-Dateien. Bringt das etwas? Wenn ja, wie viel? – Wenn nein, wieso nicht?

Entscheiden Sie, welche Ausflüge Sie „buchen“ wollen. Für alle wird die Zeit kaum reichen. Doch bevor Sie die Reiseunterlagen im Kapitel D zur Hand nehmen, brauchen Sie noch das folgende Kapitel für Ihr Reisegepäck.

## Quellencodierung

Wir wollen hier der Einfachheit halber voraussetzen, dass die Signale bereits in digitaler Form vorliegen.

Digitale Signale durchlaufen bei einer Übertragung normalerweise mehrere Codierungs- und Decodierungsschritte. Die Quellencodierung bewirkt eine Datenreduktion mit dem Ziel, Bandbreite, Übertragungszeit oder auch Speicherplatz einzusparen. Die Quellencodierung hängt



von den Eigenschaften der Quelle und Senke ab. Es wird z. B. bewusst Entbehrliches aus den Daten entfernt.

### Redundanz und Irrelevanz

Trotz immer billiger werdenden Speichermedien und Übertragungskanälen macht es keinen Sinn, überflüssige Informationen zu speichern, zu verarbeiten oder zu übermitteln. „Überflüssig“ ist allerdings eine etwas pauschale Beschreibung. Man kann eine präzisere Unterscheidung machen, indem man die beiden Begriffe

- Redundanz
- Irrelevanz

eingeführt. Der Duden definiert die beiden Begriffe folgendermassen:

**Redundanz:** Überladung, Überfluss; (EDV nicht notwendiger Teil einer Information) (Duden 1996, 611)

**irrelevant:** unerheblich, gering, bedeutungslos (Duden 1996, 379 und 773)

In der Umgangssprache mögen die beiden Begriffe in ähnlichen Zusammenhängen verwendet werden und man wird vielleicht keine genaue Trennlinie ziehen. Dadurch kann es leicht zu Unschärfen oder sogar Verwechslungen kommen.

Aus der Sichtweise eines Elektroingenieurs zeigt die untenstehende Tabelle präziser, worauf wir hier zielen.

<b>Redundanz</b>	<b>Irrelevanz</b>
Redundanz ist überflüssige Information, die nicht übertragen werden muss.	Irrelevanz ist überflüssige Information, die der Empfänger gar nicht wahrnehmen kann.
<b>Beispiele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine weisse Zeile in einem Telefax muss nicht Punkt für Punkt übertragen werden.</li> <li>• Die Benutzung eines Alphabets das alle Zeichen mit gleich vielen Bit codiert, obwohl die Zeichen mit unterschiedlicher Häufigkeit vorkommen, ist nicht optimal.</li> </ul>	<b>Beispiele:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilder mit einer Auflösung, die feiner ist als das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges nützen nichts.</li> <li>• Töne mit einer Frequenz von über 20kHz kann kaum jemand hören.</li> <li>• Filme mit über 25 Bildern pro Sekunde bieten dem Menschen keinen Nutzen.</li> </ul>
<b>Anwendungen:</b> Die verschiedenen Datenkomprimierungs-Programme der PCs.	<b>Anwendungen:</b> JPEG-Kompression für Bilder.
<b>Weitere Merkmale:</b> Redundanz ist durch die Eigenschaften der Quelle gegeben.	<b>Weitere Merkmale:</b> Irrelevanz ist durch die Bedürfnisse der Senke gegeben.
Beseitigung von Redundanz ist ein verlustloser, reversibler Prozess.	Beseitigung von Irrelevanz ist ein verlustbehafteter, irreversibler Prozess.
Algorithmische Kompression	Entropiereduktion

Information lässt sich nach folgendem Schema klassifizieren:

<b>Irrelevant</b> (nicht zur Sache gehörend)	Ist für die Senke nicht interessant und ausserdem schon bekannt.	Ist für die Senke nicht interessant
	Ist der Senke schon bekannt	<b>Interessanter Teil der Nachricht</b>
<b>Relevant</b> (zur Sache gehörend)	<b>Redundant</b> (bekannt)	<b>Nicht redundant</b> (unbekannt)

**Bild 1 Klassierung der Information (Meyer 2002, 28)**

Die beiden Mechanismen schliessen einander keineswegs aus. Man wird immer versuchen, die beiden Möglichkeiten miteinander zu kombinieren um eine maximale Datenreduktion zu erreichen.

Hier werden Sie das Thema Redundanzreduktion vor allem anhand des Speicherplatzbedarfs verschiedener Grafiken betrachten und die Irrelevanzreduktion anhand der Fähigkeiten des menschlichen Auges.

Selbstverständlich gibt es zur Redundanzreduktion ausgeklügeltere Verfahren, als wir sie heute kennen lernen werden. Es liessen sich auch interessante Versuche zu den Grenzen des Gehörs machen. Der Aufwand hierfür würde allerdings den Umfang der geplanten drei Lektionen übersteigen.

Trotzdem seien als aktuelle Beispiele für Quellencodierung von Musiksignalen die beiden Algorithmen MP3 und AAC+ erwähnt. Sie sind vom Fraunhofer Institut entwickelt worden.

### Wie reduziert man Redundanz?

Die Überlegungen in diesem Abschnitt sollen auf digitale oder digitalisierte Signale beschränkt bleiben. Diese lassen sich als Zahlen- oder Symbolfolgen darstellen. Texte (Buchstabenfolgen) fallen ebenfalls in diese Kategorie.

Redundanz hängt von der Quelle ab.

Heute wird auf einem PC beispielsweise jeder einzelne Buchstabe in einem 8 Bit Code gespeichert. Mit diesem 8 Bit Alphabet kann man  $2^8=256$  verschiedene Zeichen darstellen. Wenn man voraussetzt, dass eine Nachricht aus gewöhnlichem Schreibmaschinentext besteht, könnte man mit weniger Zeichen auskommen. Es gibt 26 kleine, plus 26 grosse Buchstaben sowie einige Sonderzeichen. Man könnte also mit 64 verschiedenen Zeichen auskommen und damit einen Schreibmaschinentext auch mit 6 Bit pro Buchstaben darstellen.

Man könnte sogar auf die Gross- und Kleinschreibung verzichten, da diese keine zusätzliche Information trägt. Mit den fixen und bekannten orthographischen Regeln kann man am Empfangsort die ursprüngliche Gross- und Kleinschreibung wieder regenerieren. Damit kann man einen Text mit nur 5 Bit pro Buchstabe darstellen.

### Beispiel Telex

Ein Beispiel dafür ist der 5 Bit Baudot-Code, der seine Hauptanwendung beim (heute bei uns beinahe ausgestorbenen) Telex (Fernschreiber) hatte. Der Baudot-Code verwendete übrigens

einen Trick, um das Alphabet um zusätzliche Zeichen zu erweitern: Man benutzte zwei spezielle Zeichen: „Shift Out“ um anzukündigen, dass jetzt Sonderzeichen oder Zahlen folgen und „Shift In“ um wieder Buchstabenfolgen zu melden. Ähnlich wird am PC mit der Shift-Taste auf Grossbuchstaben oder Sonderzeichen wie „&“ umgestellt. Das hat zwar den Nachteil, dass man für einzelne Sonderzeichen doppelt so viele Bit zur Darstellung braucht. Da dieser Fall aber relativ selten vorkommt ist es immer noch ökonomischer in seltenen Fällen die Anzahl der Bit zu vervielfachen, statt in jedem Fall zwei oder drei zusätzliche Bit zu übertragen.

### Beispiel Morsecode

Man kann noch weiter gehen und die Häufigkeiten der verschiedenen Buchstaben erfassen. Der Buchstabe „e“ kommt häufiger vor als der Buchstabe „x“. Diese Aussage gilt zumindest für deutsche oder englische Texte, in anderen Sprachen gelten vielleicht andere Verteilungen.

Mit diesem Wissen kann man für den Buchstaben „e“ ein relativ kurzes Codewort wählen, für den Buchstaben „x“ ein längeres und für seltene Sonderzeichen sogar noch längere Codeworte verwenden. Dieser Mechanismus wurde schon vor langer Zeit beim Morsecode verwendet.

Das häufige „e“ wird als ● mit einem Zeichen dargestellt.

Das seltenere „x“ wird als — ● ● — mit vier Zeichen dargestellt.

Ein Fragezeichen „?“ braucht mit der Darstellung ● ● — — ● ● sechs Zeichen.

Beachten Sie, dass man beim Morsecode nicht von Bit sprechen darf, da dieser Code – entgegen der vielleicht ersten Annahme – nicht aus zwei Zeichen ● und — besteht, sondern effektiv aus drei Zeichen, da die Pause zwischen zwei Buchstaben auch wie ein Zeichen behandelt werden muss. Der Morsecode ist damit nicht zweiwertig, sondern dreiwertig.

### Beispiel Delta-Modulation

Bei anderen zu übertragenden Daten kann man ähnlich vorgehen, indem man Vorwissen ausnutzt.

- Bei einer Temperaturreihe ist es wahrscheinlich, dass zwei aufeinander folgende Messwerte relativ nahe beieinander liegen.
- Bei Bildern ist es wahrscheinlich, dass benachbarte Bildpunkte eine ähnliche Helligkeit oder Farbe haben.
- Bei einem akustischen Signal darf man davon ausgehen, dass die Signalkomponenten mit hohen Frequenzen eine tiefe Amplitude haben. Somit ist es unwahrscheinlich, dass sich benachbarte Abtastpunkte um grosse Amplitudendifferenzen unterscheiden.

In diesen Fällen kann es sinnvoll sein, dass man nicht die absoluten Werte überträgt, sondern nur die Differenz zum vorhergehenden Wert. Die Differenzen sind in der Regel kleiner als die absoluten Werte und lassen sich deshalb mit weniger Bit darstellen. Der Extremfall sind lange Reihen identischer Werte. Diese lassen sich zusammenfassen, indem man einmal den Wert zusammen mit der Anzahl der Wiederholungen überträgt. Aber man muss immer davon ausgehen, dass grosse Sprünge zugelassen sind und man diese auch übertragen muss. Wenn sie selten genug sind, kommt es trotzdem zu einer Einsparung.

### Was haben diese Beispiele gemeinsam?

Alle Beispiele benutzen einen der beiden Mechanismen:

- Häufig vorkommende Ereignisse werden mit kurzen Codes dargestellt, seltene mit langen. Dadurch kommt man im Durchschnitt mit wenigen Zeichen aus.
- Benachbarte Signalwerte unterscheiden sich wenig in ihrer Grösse. An Stelle der absoluten Werte wird nur die Änderung übertragen.

## Wie reduziert man Irrelevanz?

Bei der Reduktion von Irrelevanz kommt eine gewisse Subjektivität ins Spiel. Hier hängt unser Handlungsspielraum von der Senke ab. Wenn diese Senke ein Rechner ist, der Buchhaltungsdaten empfängt, dann ist der Spielraum wahrscheinlich nicht besonders gross. Buchhalter sind ein heikles Volk, wenn es um die Position eines Kommas geht.

Bei einer Zeitung wird ein Leser vielleicht den Sportteil, ein anderer Leser den Wirtschaftsteil ungelesen entsorgen und beide sind trotzdem überzeugt, dass sie alle relevanten Informationen der Zeitung gelesen haben. Bei Inhalten kann man sich beliebig lange streiten, wo die Grenze zwischen Relevanz und Irrelevanz zu ziehen ist.

Etwas präziser wird die Angelegenheit, wenn man beispielsweise das menschliche Auge oder das Ohr als Senke betrachtet. Hier kann man mit Versuchen mit einer genügenden Anzahl Teilnehmern recht genau feststellen, was der Mensch wahrnehmen kann und was nicht.

Wir wollen hier primär die Fähigkeiten des menschlichen Auges betrachten. Da bewegte Bilder als Datenstrom die grösste Bandbreite erfordern, liegt hier sicher auch das wichtigste Einsparungspotential. Die zweitwichtigste Senke ist sicher das Ohr. Die Suche nach weiteren möglichen „menschlichen“ Senken ist wahrscheinlich nicht mehr besonders ergiebig, da die anderen Sinne eher selten zur Kommunikation verwendet werden.

Damit ist Ihr Reisegepäck bereit. Gehen Sie jetzt zu den gebuchten „Ausflügen“.

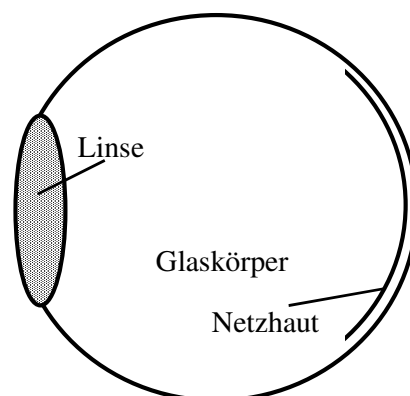
## D. Ihre Reiseunterlagen

Hinweis: Dies ist keine Aufgabenreihe! Gehen Sie gleich zu dem Kapitel, das Sie „als Ausflug“ gebucht haben. Sollten Sie schnell damit durch sein, können Sie weitere „Ausflüge“ buchen. Am Ende der beiden Lektionen sollen Sie mindestens ein Plakat für eine Präsentation haben.

### Das Auge

In unseren Betrachtungen bildet das menschliche Auge die Senke des Kommunikationskanals. Hier können Sie ein paar Überlegungen und Versuche machen über die Fähigkeiten und Grenzen des menschlichen Auges.

Als einfaches optisches Instrument dargestellt sieht das Auge ungefähr folgendermassen aus:



**Bild 2 Das Auge (optisches Prinzip)**

Die (verstellbare) Linse fokussiert die einfallenden Lichtstrahlen auf der Netzhaut. Die optischen Sensoren befinden sich in der Netzhaut. Dabei verfügt das Auge über verschiedene Sensortypen.

- Die sogenannten Stäbchen können nur Hell/Dunkel-Unterschiede erkennen. Sie produzieren damit ein Schwarz-Weiss-Bild. Ihre Dichte ist über die gesamte Netzhaut ungleichmässig. Insgesamt verfügt ein Auge über ungefähr 120 Millionen Stäbchen.
- Die sogenannten Zapfen sind für die Erkennung von Farben verantwortlich. Es gibt drei verschiedene Zapfentypen, die je in einem Farbbereich am empfindlichsten sind, solche für Blau-Violett, für Grün und für Rot. In der Region des optimalen Sehens, dem gelben Fleck, befinden sich ungefähr 250'000 Zapfen/mm<sup>2</sup> aber keine Stäbchen. Total hat ein Auge nur ungefähr 6 Mio. Zapfen.

Für die später folgenden Überlegungen zu den optischen Eigenschaften des Auges kann man den Durchmesser (also den Abstand zwischen Linse und Netzhaut) mit 20 mm annehmen und den Brechungsindex des Glaskörpers mit dem Brechungsindex von Luft gleichsetzen.

Bei sehr vielen Übertragungen bildet das menschliche Auge die Senke. Briefe, grafische Darstellungen auf den PC-Bildschirm, Fernsehbilder und viele andere Informationen werden über das Auge aufgenommen. Als angehende Elektroingenieure werden Sie sich wahrscheinlich noch öfter mit der Übermittlung von Signalen beschäftigen, die an das Auge gerichtet sind. In diesem Zusammenhang ist es sicher interessant, wenn man sich einige Gedanken darüber macht, was das Auge eigentlich aufnehmen kann und was es ignoriert. Wir können uns die Übertragung von Bildinhalten sparen, die das Auge gar nicht sehen kann, weil sie beispielsweise zu fein aufgelöst sind, zu schnell sind oder zu wenig Helligkeits- oder Farbkontrast haben.

In den folgenden Abschnitten werden Sie diese Grenzen genauer untersuchen.

#### **Auflösungsvermögen schwarz / weiss**

Wenn Sie wissen wollen, wo für Ihr Auge die Grenze zur Irrelevanz liegt, können Sie das Auflösungsvermögen des Auges bestimmen. Wir wollen uns dabei bewusst auf denjenigen Bereich beschränken, wo das Auflösungsvermögen maximal ist. Bestimmen Sie Ihr persönliches Auflösungsvermögen mit den hier zur Verfügung gestellten Hilfsmitteln oder durch eigene Methoden.

Im Anhang finden Sie eine Vorlage, ähnlich wie sie wahrscheinlich bei vielen Ärzten an der Wand hängt. Sie können die Muster entweder ausdrucken oder auch auf dem Bildschirm darstellen. Je nach Bildschirmgrösse oder Vergrösserungsfaktor haben die „E“ eine unterschiedliche Grösse.

Selbstverständlich können Sie an Stelle dieser Muster auch ein selbst konzipiertes Verfahren benutzen. Entscheidend ist einzig, dass Sie am Schluss eine Aussage machen können, wie nahe beisammen zwei Punkte sein dürfen, dass sie gerade noch unterschieden werden können (bei normalem Leseabstand und ohne Hilfsmittel wie Lupen).

Verifizieren Sie die gefundenen Resultate mit den Informationen über die Eigenschaften des Auges und ihren Kenntnissen über Strahlenoptik.

Fassen Sie in ein paar Stichworten für die Plakate zusammen, was dieses Resultat für die Auflösung bei Druckern, Bildschirmen, Telefax usw. bedeutet.

#### **Auflösungsvermögen farbig**

Die gleichen Überlegungen können Sie jetzt noch mit der farbigen Vorlage durchführen.

**Hinweise** Wenn Sie Brillenträger sind, führen Sie die Tests mit Ihrer „Lesebrille“ durch.

Wenn Sie farbenblind sind, können Sie den Test mit den Farbkontrasten überspringen – nehmen Sie aber das Wissen mit, dass Farbinformation (mindestens teilweise) für Sie irrelevant ist.

Beide Vorlagen sind vom Aufbau her identisch. Beachten Sie, dass je nach Einstellung des Bildschirms oder Farbdruckers nicht nur ein Farbkontrast, sondern auch ein Helligkeitsunterschied wahrnehmbar sein könnte, welcher die Resultate verfälschen würde. Sie müssen wahrscheinlich die Farbeinstellungen justieren.

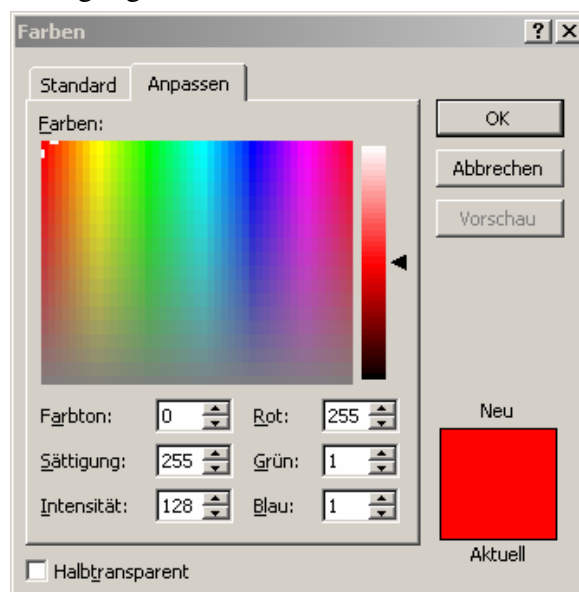
Die Beleuchtung soll etwa gleich sein, wie beim schwarz/weiss Test. Wenn Sie den Test mit dem Monitor durchführen, achten Sie auf optimale Helligkeit. Schliesslich geht es darum, nicht auf Grund von Helligkeitsunterschieden die Zeichen zu erkennen, sondern nur auf Grund des Farbunterschieds. Die Vorlage ist so erstellt, dass die Farben ungefähr gleiche Helligkeitswerte aufweisen.

Reagiert Ihr Auge auf Farben anders? Wieso haben Farbdrucker eine höhere Auflösung (z. B. 1200 dpi) als schwarz/weiss Drucker? Sehen Sie einen Widerspruch?

Wie oben beschrieben, verfügt das Auge über drei Typen von Zapfen für die Farberkennung. Sie sind durch die Nerven in Gruppen zusammengeschaltet. Es gibt zwei Typen von Gruppen für die Unterscheidung Rot/Grün bzw. Blau/Gelb. Es wird behauptet, Frauen seien in der Lage, viel feinere Farbunterschiede zu erkennen als Männer.

Jeder moderne PC ist in der Lage im „True Color Mode“ feinste Farbabstufungen darzustellen. Die Darstellung erfolgt meist mit 24 Bit. Dabei entfallen auf die Grundfarben Rot, Grün und Blau je 8 Bit. Wir können also  $2^{24} = 16'777'216$  verschiedene Farbtöne darstellen. Natürlich hängt die Auflösung stark von Grafikkarte und Monitor ab. Dies soll Sie aber nicht beeinflussen. Experimentieren Sie einfach mit den Mitteln, die Ihnen zur Verfügung stehen. Am Ende stellen wir uns nur die Frage, ob es Sinn macht, so viele Farben dem Auge anzubieten.

Im Office Paket von Microsoft verwenden alle Programme die gleiche Farbdarstellung. Sie können gleichzeitig in zwei Farbmodellen Einstellungen vornehmen. Das eine ist RGB (Rot, Grün, Blau), das andere ist HSB (Hue, Saturation, Brightness). Die beiden Modelle werden automatisch umgerechnet. Das RGB Modell teilt jeder Grundfarbe 8 Bit zu. Somit stehen je die Werte 0 bis 255 zur Verfügung.



**Bild 3 Farben in MS-Office (Kopiert aus Microsoft® PowerPoint® 2000, Menüpunkt: Format – Folienfarbskala – Anpassen – Farbe ändern - Anpassen)**

Im HSB Modell beschreibt der Farbton (H) die Farbart oder Wellenlänge. In Bild 3 verschiebt sich das Fadenkreuz horizontal. Die Sättigung (S) beschreibt die Leuchtkraft einer Farbe und wird in 0 bis 100% angegeben. Diese Einstellung verschiebt in Bild 3 das Fadenkreuz vertikal. Die Helligkeit (B) beschreibt den Weiss-Anteil der Farbe mit 0 bis 100%. Dies bewegt in Bild 3 den Schieber, der rechts von den Farben dargestellt ist.

### Wie viele verschiedenen Farben erkennen Sie?

Ihre Versuche könnten Sie zum Beispiel mit PowerPoint durchführen. Selbstverständlich sind auch andere Programme geeignet. Zeichnen Sie zwei Rechtecke, die Sie mit ähnlichen Farben füllen. Die Rechtecke sollten keine Randlinie haben. Wie klein kann der Farbunterschied sein, dass Sie ihn noch erkennen? Erkennen Sie feinere Unterschiede, wenn sich die Rechtecke berühren?

Sie können sich zum Beispiel folgende Fragen stellen:

- Welche Farbtöne (Hue) kann das Auge unterscheiden? Ist die Abstufung bei allen Farben gleich gut?
- Wie viele Graustufen kann das Auge unterscheiden?
- Kann das Auge gleich viele Helligkeitsstufen (Brightness/Intensität) bei Farben unterscheiden wie bei den Graustufen?
- Ist die Unterscheidung der Helligkeitsstufen bei allen Farben gleich?
- Wie fein unterscheidet das Auge die Änderungen der Sättigung (Saturation)?

Was haben Sie bei Ihren Experimenten herausgefunden? Wie viele Farben müsste Ihre Grafikkarte darstellen können? Macht es Sinn, in allen Dimensionen des HSB Farbmodells 256 Stufen zu verwenden?

Hiermit sind Sie vom Ausflug „Fähigkeiten des Auges“ zurückgekehrt.

### Dateiformate für Bilder

Zur Speicherung von Bildern und Grafiken gibt es eine Vielzahl verschiedener Formate. Wir wollen hier anhand von Beispielen einige davon etwas genauer untersuchen. Da diese Untersuchungen unter dem Haupttitel „Quellencodierung“ stehen, wollen wir vor allen die Effizienz der Codierung betrachten. In den ersten beiden Abschnitten geht es um die Beantwortung der Frage: „Wie gut wird die Redundanz entfernt?“ Im Abschnitt JPEG untersuchen Sie, wie viel Irrelevanz entfernt werden darf.

#### Bitmap-Format

Bitmap ist das einfachste Verfahren um Bilder zu speichern. Die Dateien tragen typischerweise die Endung .BMP.

Bitmap ordnet jedem Punkt eines Bildes einen Farbwert zu. Je nach Anzahl der möglichen Farben werden für jeden Bildpunkt mehrere Byte benötigt. Bei Bildern, Texten und Grafiken, die nur Schwarz und Weiss ohne Graustufen kennen, wird für jeden Bildpunkt ein Bit benötigt.

Neben den Bildpunkten wird noch weitere Information gespeichert. Diese macht aber einen relativ kleinen Anteil des gesamten Dateiumfangs aus.

Im Anhang finden Sie einige Dateien mit Grafiken im Bitmap Format. Sie haben zu Vergleichszwecken eine einheitliche Grösse von 400 x 400 Bildpunkten.

Die Datei „leer\_400x400.bmp“ besteht aus 400 x 400 weissen Bildpunkten und enthält eigentlich keine Information. Trotzdem ist sie 20'862 Byte gross. Verlassen sie sich bitte

nicht einfach auf die grobe Grössenangabe von 21KB, die Ihnen der File Manager anzeigt, sondern schauen Sie sich unter „Eigenschaften“ die exakte Dateigrösse an.

Auch alle anderen Bitmap-Dateien enthalten Bilder mit 400 x 400 Punkten. Sie sind alle genau gleich gross, obwohl sie unterschiedliche Mengen an Information enthalten.

400 x 400 Bildpunkte ergeben 160'000 Punkte, respektive Bit, wenn die Punkte nur die Werte schwarz oder weiss respektive 0 oder 1 annehmen können. Fasst man 8 Bit zu einem Byte zusammen, erhält man eine Dateigrösse von 20'000 Byte. Die 862 Byte Differenz zur effektiven Dateigrösse kann man mit dem Overhead erklären.

Wenn Sie über einen Hex-Editor verfügen, schauen Sie sich diese Dateien einmal im Hexadezimal-Format an. Sonst können Sie die Datei auch mit dem Windows-Notepad öffnen. Wenn Sie den Zeilenumbruch einschalten (unter Ansicht – Optionen – Text), können Sie aus dem dargestellten Text sogar die grobe Struktur der Grafiken erkennen. Bitmap ist also schön einfach aufgebaut, nimmt aber keinerlei Optimierungen vor und enthält daher meistens Unmengen an Redundanz.

### **TIFF-Format (Tagged Image File Format)**

Dateien im TIFF Format tragen die Datei-Endung .TIF. Der „Tag“, also die Etikette einer TIFF Datei, enthält verschiedene Informationen über die Eigenschaften der Bilddatei. Eine dieser Informationen ist die Art der Datenkompression. Ein häufig verwendeter Kompressionsalgorithmus ist der Typ „CCITT Group 3“, der auch in Telefaxgeräten verwendet wird.

Bei einem Telefax (Gruppe 3) wird eine A4 Seite (210 x 297 mm) mit ungefähr 2 Millionen Bildpunkten dargestellt. (Horizontalauflösung = 1728 Pixel, Vertikalauflösung = 3.85 Linien/mm (Ericsson 2003, Chapter B.2.4.2). Im sogenannten „Fine Resolution Mode“ wird die Vertikalauflösung verdoppelt und damit an die Horizontalauflösung angeglichen. Damit verdoppelt sich auch die Anzahl Bildpunkte.

#### **Auflösung Telefax**

Sie kennen das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges. Überlegen Sie sich, ob die Auflösung einer Standard-Telefaxseite ausreicht, damit das Auge eine Rasterung nicht mehr wahrnehmen kann. Was sind die Konsequenzen?

Das TIFF-Format ist in der Lage, überflüssige Information aus den Bilddateien herauszunehmen. Wir haben es hier also mit einer reinen Redundanzreduktion zu tun. Die volle Bildinformation bleibt hier nämlich (im Gegensatz zu anderen Formaten wie beispielsweise JPEG) erhalten.

#### **TIFF Komprimierung**

Überlegen Sie sich anhand der Beispiele im Anhang, mit welchen „Tricks“ die TIFF Datenkomprimierung arbeitet, um die Grösse der Dateien zu reduzieren. Einige dieser Beispiele sind bewusst so gewählt worden, dass die typischen Algorithmen besonders effizient oder auch relativ ineffizient sind. Daraus sollten Sie Schlüsse ziehen können, welche Algorithmen in unserer Kompression zur Anwendung kommen. Wenn Sie glauben, Sie wissen wie der Mechanismus funktioniert, versuchen sie ihn zu überlisten indem Sie eine schwarz/ weisse Bitmap von 400x400 Pixel erzeugen, die als TIFF am grössten wird. Bitte beachten Sie, dass Sie mit dem Format „CCITT Group 3“ vergleichen müssen. Zum Umwandeln können Sie z. B. das Programm „Imaging for Windows“ (Windows NT & 2000: Start – Ausführen... „kodaking“) oder Visio (Microsoft Office 97 bis 2003) verwenden.

Wir haben unsere TIFF-Beispieldateien folgendermassen erzeugt:

1. Bitmap Datei mit dem Programm „Imaging for Windows“ laden.



2. Datei wieder abspeichern (Datei – Speichern unter, wählen Sie den Dateityp \*.tif), sie erhalten automatisch eine Datei im Format CCITT Group 3.

Wenn Sie diese TIFF-Datei übrigens nochmals mit Imaging for Windows öffnen, dann bekommen Sie eine grössere Auswahl an Komprimierungsarten wie z.B. CCITT Group 4. Auch wenn Sie mit anderer Software arbeiten, werden Sie wahrscheinlich eine grössere Auswahl erhalten. Achten Sie also darauf, hier mit CCITT Group 3 zu arbeiten.

## JPEG

JPEG ist ein Bildformat, das für die Speicherung von Fotos schon fast zu einem Standard geworden ist. Die genauen Mechanismen wollen wir hier nicht näher untersuchen, da sie später noch im Rahmen des Unterrichtes Kommunikationstechnik behandelt werden. Wir wollen für unsere Überlegungen zur Quellencodierung vor allem herausfinden, was man mit dem JPEG Format alles erreichen kann.

Wir haben für Sie ein Bild in verschiedenen Qualitätsstufen abgespeichert. Bitte beachten Sie, dass bereits das "Original" eine komprimierte Datei ist.

Für die hier beschriebenen Bildvergleiche können Sie unsere Vorlage benutzen. Wenn Sie allerdings auf ihrem PC ein eigenes Bild "herumliegen" haben, dann arbeiten Sie doch mit ihren eigenen Daten. Laden Sie das Bild und speichern Sie es gleich wieder im JPEG Format ab. In den meisten Programmen könne Sie mit einem Schieberegler die Bildqualität wählen. In unserer Vorlage haben wir die Stufen 100%, 80%, 60%, 40%, 20% und 1% gewählt.

Das Original hat eine Grösse von 3600 x 2400 Punkten mit einer Farbtiefe von 24Bit. Schauen Sie mit einem Bildbetrachtungsprogramm (wie z. B. IrfanView, als Freeware erhältlich bei <http://www.irfanview.com/>) die Bildeigenschaften an. Dabei sehen Sie, dass das Bild im RAM 25MB belegt, bei einer Dateigrösse von ca. 2.5MB. Die Dateigrösse wurde somit schon um 90% reduziert, ohne dass man eine Verschlechterung erkennen würde.

### Unterschiedliche JPEG-Komprimierung

Öffnen Sie mehrere der Bilddateien gleichzeitig und vergleichen Sie einzelne Bildausschnitte. Achten Sie besonders auf den Farbverlauf im Himmel und auf das Geländer. Benutzen Sie extreme Vergrösserungen, um die Details zu vergleichen. Überlegen Sie sich, welche "Tricks" der JPEG Algorithmus verwenden könnte um die Dateien zu verkleinern. Probieren Sie dazu auch aus, wie die einfachen Bitmap Grafiken die JPEG Komprimierung überstehen.

Hiermit sind Sie vom Ausflug „Dateiformate für Bilder“ zurückgekehrt.

## Bewegte Bilder

Bis jetzt haben wir nur Standbilder betrachtet. Bei bewegten Bildern haben wir es noch einmal mit einer Vervielfachung des Datenvolumens zu tun. Fernsehbilder haben hierzulande eine Wiederholungsrate von 25 Bildern pro Sekunde. In der Filmindustrie haben sich 24 Bilder/s eingebürgert und in verschiedenen Regionen der Welt (z.B. USA) ist der Standard sogar 30 Bilder/s.

Wir wollen nun untersuchen, ob diese aus den Anfängen des Fernsehens stammenden Werte effektiv Sinn machen. Vielleicht ist hier ein Potential zur Irrelevanzreduktion vorhanden oder das Gegenteil ist der Fall und man sollte mit noch höheren Raten arbeiten (Stichwort 100 Hz Fernseher).

### Zwischenbemerkung über das menschliche Auge:

In den Bereichen, in denen wir scharf sehen, ist das Auge relativ unempfindlich auf flimmernde Bilder. Wenn Sie an ihrem Bildschirm die Bildfrequenz relativ niedrig einstellen, (z. B. 60 Hz) dann wird der Bildschirm zur „Flimmerkiste“. Wenn Sie direkt

auf den Bildschirm schauen, dann werden Sie wahrscheinlich ein leichtes Flimmern wahrnehmen. Wenn Sie aber am Bildschirm vorbei sehen und das Bild nur am Rand des Sehbereichs wahrnehmen, dann wird der Flimmereffekt viel deutlicher.

Wir haben für Sie im Anhang eine Videodatei in verschiedenen Versionen bereitgestellt. Alle Filmsequenzen liegen im Verzeichnis „23\_Bewegte Bilder“ (je nach Thema in einem anderen Unterverzeichnis). Wenn Sie wollen, können Sie auch mit einem eigenen Film arbeiten. Sie müssen aber sicherstellen, dass Sie dessen Eigenschaften genau kennen und die Datei darf nicht schon komprimiert sein.

Der Film „Trampolin“ hat in seiner Ausgangsfassung folgende Eigenschaften:

Anzahl Bildpunkte	320 x 240
Farbformat	R-G-B
Farbtiefe	8 Bit/Farbe → 3 Byte/Pixel
Framerate	25 Frame/s
Dauer	20 s oder 500 Frame

Daraus ergibt sich folgende Dateigrösse:

Bildpunkte x Byte/Pixel x Frames

$$320 \times 240 \times 3 \times 500 = 115'200'000 \text{ Byte}$$

Die effektive Dateigrösse ist 115'451'904 Byte, es hat also neben den eigentlichen Daten noch ca. 250kByte Overhead. Wir sehen aber, dass die Datei (wie beim Bitmap-Format) nicht komprimiert wurde. Wenn wir dieses Format auf einen einstündigen Film mit der Auflösung eines Fernsehbildes (ca. 800 x 600 Pixel) hochrechnen, so bekämen wir eine Dateigrösse von:

Bildpunkte x Byte/Pixel x Frames

$$600 \times 800 \times 3 \times 25 \times 3600 = 129'600'000'000 \text{ Byte, also weit über 100 GByte.}$$

Wir wissen, dass auf DVDs mit Kapazitäten in der Grössenordnung um 10 GByte Filme mit weit über einer Stunde Dauer in einer besseren Qualität als „nur“ 800 x 600 Pixel Platz finden. Wir wollen nun nach Möglichkeiten suchen, wie man diese Datenreduktion bewerkstelligen kann.

Sie haben den Film „Trampolin“ in verschiedenen Ausführungen zur Verfügung. Sie finden fünf verschiedene Versionen im Unterverzeichnis „231\_Framerate“. Sie unterscheiden sich nur in der Wiederholrate der Bilder. Die Filmsequenz dauert immer gleich lang, nämlich 20 Sekunden, aber sie besteht aus unterschiedlich vielen Bildern.

Dateiname	Anzahl Frames	Bildwiederholrate	Dateigrösse
T_F1_25fps.avi	500	25 Frame/s	115'451'904 Byte
T_F2_20fps.avi	400	20 Frame/s	92'178'432 Byte
T_F3_15fps.avi	300	15 Frame/s	69'136'384 Byte
T_F4_10fps.avi	200	10 Frame/s	46'094'336 Byte
T_F5_05fps.avi	100	5 Frame/s	23'052'288 Byte

Bitte beachten Sie, dass beim Abspielen der Datei direkt ab CD-Laufwerk, insbesondere bei den sehr grossen Dateien, Ihr PC und/oder das CD-Laufwerk an seine Grenzen stossen kann.

Der Film läuft ruckartig, obwohl Sie eigentlich eine schnelle Bildwiederholrate gewählt haben. Sie können dies umgehen, indem Sie den Film auf der schnelleren Festplatte zwischenspeichern. In einzelnen Playern können Sie die effektiv dargestellte Bildwiederholrate kontrollieren.

**Vorschlag: Weniger Bilder**

Finden Sie heraus, wie gross für Sie persönlich die Bildwiederholrate sein muss, damit Sie diese gerade noch für akzeptabel halten.

Ein einzelnes Bild besteht aus  $320 \times 240 = 76'800$  Bildpunkten. Man könnte versuchen hier anzusetzen und die Zahl der Punkte zu reduzieren. An dieser Stelle ist anzumerken, dass  $320 \times 240$  Punkte keine besonders grosse Auflösung ist. Ein normales Fernsehbild hat schliesslich mit 625 Zeilen und über 800 Punkten pro Zeile (wobei nicht alle sichtbar sind) eine Auflösung von ungefähr 500'000 Bildpunkten.

Auch hier haben Sie den Film „Trampolin“ in verschiedenen Ausführungen im Unterverzeichnis „232\_Bildpunkte“ zur Verfügung. Die Varianten unterscheiden sich nur in der Anzahl Bildpunkte. Übrigens ist die Datei T\_B1\_320x240.avi identisch mit der Datei T\_F1\_25fps.avi aus dem oben stehenden Beispiel.

Dateiname	Anzahl Bildpunkte	Dateigrösse
T_B1_320x240.avi	320 x 240	115'451'904 Byte
T_B2_256x192.avi	256 x 192	73'895'936 Byte
T_B3_192x144.avi	192 x 144	41'576'448 Byte
T_B4_128x96.avi	128 x 96	18'489'344 Byte

**Vorschlag: Weniger Punkte pro Bild**

Finden Sie heraus, wie gross für Sie persönlich die Anzahl der Bildpunkte sein muss, die Sie gerade noch für akzeptabel halten. Achten Sie dabei darauf, dass Sie immer ungefähr gleich grosse Darstellungen auf dem Bildschirm vergleichen.

In unserem Beispiel verwenden wir 3Byte pro Bildpunkt. Möglicherweise muss die Auflösung für die Farbinformation nicht so gut sein, wie für die Helligkeitsinformation.

**Vorschlag: Farbformat/Farbtiefe optimieren**

Überlegen Sie sich, wie Sie diese Tatsache ausnutzen könnten und wie gross die Einsparung wäre.

Richtig interessant wird es allerdings erst, wenn Sie mehrere Methoden gleichzeitig anwenden. Aber auch dann kommen wir noch nicht an die Kompressionsraten spezialisierter Programme heran.

Sie finden auf der CD noch eine weitere Gruppe der „Trampolin“ Filme im Unterverzeichnis „233\_Indeo“. Diese wurden mit einem sogenannten Codec (Coder/Decoder) komprimiert. Hierbei wurde mit dem Produkt Indeo bewusst nicht ein speziell neuer und guter Codec gewählt. Indeo ist eine weit verbreitete Variante, die sich fast überall abspielen lässt. Dieser Codec war früher ein Produkt der Firma Intel, gehört heute aber Ligos. Mehr Informationen finden Sie bei Bedarf unter [www.ligos.com](http://www.ligos.com).

Beim Codieren kann man verschiedene Qualitätsstufen wählen. Der Benutzer erfährt aber nicht, welches die effektiven Unterschiede sind. Zusätzlich kann man auch eine Übertragungsrate wählen, wenn die Datei z. B. über eine Internet-Verbindung übertragen werden

soll. Die unten stehende Tabelle zeigt die verschiedenen Dateinamen, ihre Qualitätsstufe und ihre Grösse.

Dateiname	Qualitätsstufe	Dateigrösse
T_I1_100pct.avi	100%	10'985'472 Byte
T_I2_080pct.avi	80%	4'366'336 Byte
T_I3_060pct.avi	60%	2'527'232 Byte
T_I4_040pct.avi	40%	1'812'480 Byte
T_I5_020pct.avi	20%	1'472'512 Byte
T_I6_000pct.avi	0%	1'030'144 Byte

### **Vorschlag: Codec untersuchen**

Schauen Sie sich die verschiedenen Dateien an. Beobachten Sie dabei nicht nur die hüpfenden Kinder, sondern auch auf das Netz auf der rechten Seite oder andere Bildteile, die sich nicht bewegen. Beachten Sie, dass auch die Datei der Qualitätsstufe 100% über 90% kleiner ist als die unkomprimierte Ausgangsdatei. Welche „Tricks“ vermuten Sie hinter den Algorithmen, die eine Videodatei um Faktoren zwischen 10 und 100 verkleinern.

Hiermit sind Sie vom Ausflug „bewegte Bilder“ zurückgekehrt.

### **WinZip**

Mit einer Komprimierungs-Software wie Winzip können Sie Dateigrössen reduzieren. Was entfernen Sie dabei? Redundanz oder Irrelevanz? Warum funktioniert das bei einzelnen Dateien besser und bei anderen Dateien schlechter?

### **Vorschlag: Film zippen**

Versuchen Sie, die grosse Filmdatei T\_F1\_25fps.avi mit einem Programm wie z. B. Winzip zu komprimieren. Wieviel bringt dies?

### **Vorschlag: Mehrfach komprimieren**

Versuchen Sie eine der Bitmap- oder TIFF-Dateien aus dem Anhang zu komprimieren. „Zippen“ Sie eine ZIP-Datei nochmals um die Veränderung beim zweiten Durchlauf auszuwerten. Welche Veränderung ergibt ein dritter Durchgang?

### **Vorschlag: Textdateien komprimieren**

Wenn Sie irgend ein Word-Dokument als Textdatei speichern, wird alle Formatierungsinformation entfernt. Warum ist jetzt die eine Datei kleiner als die andere?

Machen Sie sich Gedanken, was passieren wird, wenn Sie anschliessend beide Dateien zippen.

Hiermit sind Sie vom Ausflug „WinZip“ zurückgekehrt.

## E. Glossar – Fachwörter

**Bitmap:** Aus einzelnen Punkten bestehendes gerastertes Bild (im Gegensatz zur Vektorgrafik).

**Brightness:** Helligkeit

**CCITT :** Abkürzung für Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique. Heisst heute ITU-T. UNO-Organisation für die Normierung im Bereich der Daten- und Telekommunikation.

**CCITT Group 3:** Norm für das Datenformat beim Telefax.

**Codec:** Kombination der Worte **C**oder und **D**ecoder. Hier eine Software, die Videodateien codiert und wieder decodiert.

**dot per inch (dpi):** Punkte pro Zoll. Bei Druckern häufig verwendetes Mass für die Auflösung. 600 dpi entsprechen ungefähr 24 Punkten pro Millimeter. (1 inch = 25.4mm)

**Entropie:** Mass für die Unordnung oder Zufälligkeit eines Systems. Der Begriff stammt aus der Thermodynamik. Je kleiner die Entropie ist, um so besser ist ein System geordnet. In der Informationstheorie ist die Entropie ein Mass für den Informationsgehalt.

**Fokussieren:** In der Optik: Scharfstellen. Stammt ab von Fokus = Brennpunkt.

**Hex Editor:** Programm um den Inhalt von Dateien im Hexadezimalformat (also auf der Ebene der Bit und Byte) anzusehen und zu bearbeiten.

**Hue:** Farbton, bezeichnet die Wellenlänge der Farbe.

**ITU:** International Telecommunication Union mit Sitz in Genf. UNO-Organisation für die Normierung im Bereich der Daten- und Telekommunikation.

**JPEG:** Abkürzung für Joint Photographic Experts Group. Dies ist eine Untergruppe der ITU. Bezeichnet auch das von dieser Gruppe definierte Kompressionsverfahren für digitale Bilder.

**Pixel:** Bildpunkt oder Bildelement. Es ist die kleinste Einheit einer digitalen Rastergrafik. Abkürzung von **P**icture **E**lement.

**Saturation:** Sättigung. Hier in der Bedeutung von Farbsättigung.

**TIFF:** Abkürzung für Tagged Image File Format. Ein Dateiformat zur Speicherung von Bilddaten.

**WinZip:** Kommerzielle Software für die Komprimierung von Dateien. Das ZIP-Dateiformat ist allerdings Public Domain und darf von allen Softwareanbietern verwendet werden.

**Zippen:** Umgangssprachlicher Ausdruck für die Komprimierung ins ZIP-Format.

## Teil 2: Dokumente für die Lehrperson

Sie setzen dieses Unterrichtsmodul ein, nachdem Sie grob die Blöcke erklärt haben, aus welchen sich ein Übertragungssystem zusammensetzt. Diese Vorlage orientiert sich zwar an der „Kommunikationstechnik“ (Meyer 2002) von Martin Meyer (siehe Literaturverzeichnis), jedoch kann dieses Modul fast zu einem beliebigen Zeitpunkt verwendet werden. Sie müssen nur beachten, dass die Studierenden über das geforderte Vorwissen verfügen. Dieses vermitteln Sie, falls nötig, kurz im Vorspann.

### A. Erforderliches Vorwissen, benötigtes Material

#### Vorwissen

Die Studierenden müssen über Kenntnisse der Strahlenoptik verfügen. Falls dieses fehlt, können Sie es anhand von Bild 4 im Abschnitt Auflösung des Auges / Strahlenoptik unten kurz einführen.

#### Organisation

Bitte organisieren Sie **Zeichenmaterial** für die „Poster“. Statt Flip-Chart-Papier können Sie auch Folien für den Hellraumprojektor anbieten. In beiden Fällen müssen Sie die passenden Filzstifte bereitstellen.

Wir setzen voraus, dass die Studierenden über einen **PC** verfügen. (Dies ist heute an Fachhochschulen in der Regel der Fall). Wir haben vorgesehen, dass die Studierenden einzeln arbeiten.

Einige Dateien basieren auf Software, die als Teil von Windows Betriebssystemen geliefert wird, aber nicht in jedem Fall installiert wird. So werden beispielsweise die Programme „Paint“ von Microsoft (Start – Ausführen... „mspaint“) und „Imaging for Windows“ von Kodak verwendet (Windows NT & 2000: Start – Ausführen... „kodaking“). Alternativ kann Visio aus dem MS Office Paket benutzt werden. Für einige Schritte in dieser Unterrichtseinheit können diese Anwendungen hilfreich sein. Sie sind aber nicht absolut zwingend notwendig.

Im Modul zum Farbsehen haben wir Programme aus dem MS Office Paket verwendet. Grundsätzlich kann ein beliebiges Graphikprogramm eingesetzt werden.

Weiter wird WinZip oder ein entsprechendes Komprimierungsprogramm verwendet.

Für die Bearbeitung der Video-Sequenzen haben wir das Programm VirtualDub benutzt. Dies ist ein Freeware Programm. Es kann im Internet unter [www.virtualdub.org](http://www.virtualdub.org) gefunden werden. Die Studierenden können bei Bedarf damit eigene Filmdateien bearbeiten.

#### Das Ziel

Die Studierenden sollen ihre persönliche Grenze zwischen relevant und irrelevant finden. Wichtig ist, dass es eine Grenze gibt. Unwichtig ist, wo diese genau liegt.

Die Studierenden sollen verstehen, dass Daten Redundanz enthalten können und dass man diese (verlustlos) entfernen kann. Man kann die Redundanz aber nur einmal entfernen.

Die Studierenden sollen ein klares Bild zur Unterscheidung von Redundanz und Irrelevanz haben und die Bezüge

Redundanz → Quellenbezogen

Irrelevanz → Senkenbezogen herstellen können.

## Ablauf

Nach Ihrer kurzen Einführung können die Studierenden loslegen. Zuerst sollen sie das Kapitel C „Entdeckungsreise zur Quellencodierung“ durchlesen. Anschliessend werden sie das ausgewählte Kapitel lesen und durcharbeiten. Für das Kapitel „Das Auge“ braucht es ungefähr 30 Minuten, für den Abschnitt „TIFF-Format (Tagged Image File Format)“ ca. 30 Minuten, den Abschnitt „JPEG“ ca. 20 Minuten, für „Bewegte Bilder“ ca. 15 Minuten und für den Abschnitt „WinZip“ ca. 15 Minuten. Dies wären Total 110 Minuten. Bitte weisen Sie darauf hin, dass die Bearbeitung aller Abschnitte nicht erwartet wird. Resultate aus 3 der oben erwähnten Abschnitte sollten im Durchschnitt vorliegen.

## B. Simulation möglicher Ergebnisse

Die unten eingefügten Rahmen enthalten simulierte Ergebnisse von Studierenden.

### Das Auge

#### Auflösung des Auges / Strahlenoptik

Die Literatur ist sich nicht einig, welche physikalischen Grenzen dem menschlichen Auge gesetzt sind. Die Dichte der Zapfen im gelben Fleck wird je nach Quelle mit 96'900-281'000 Zapfen /  $\text{mm}^2$  angegeben.

Weitere Grenzwerte nennt Thorsten Hansen auf dem Internet (Hansen 2004, 7):

- bis zu 7 Millionen Farbvalenzen können unterschieden werden
- über 200 Farbtöne (hue)
- über 20 Sättigungsstufen (saturation)
- über 500 Helligkeitswerte (brightness)

#### Wir treffen folgende Annahmen:

Der normale Bildbetrachtungsabstand (Leseabstand) sei 40 cm = 400 mm.

Der Abstand zwischen Linse und Netzhaut sei 20 mm.

Für die Dichte der Sensoren auf der Netzhaut setzen wir 250'000 Sensoren/ $\text{mm}^2$  ein. Damit haben die einzelnen Sensoren einen Abstand von 1/500 mm.

Es ergibt sich folgendes Bild

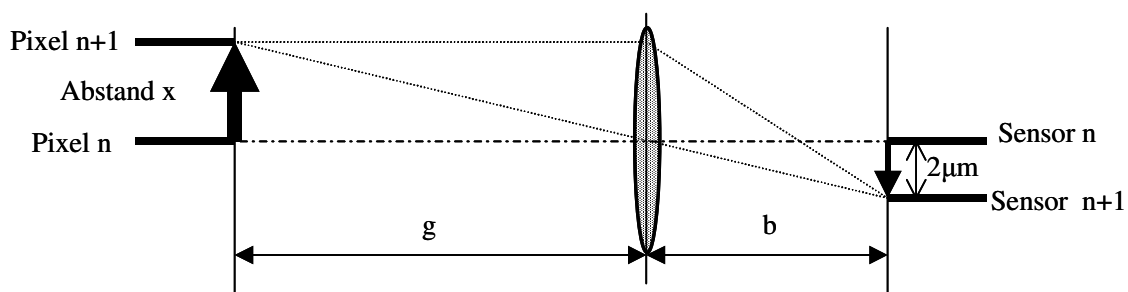


Bild 4 Strahlensatz für das Auge

**Auflösungsvermögen schwarz / weiss**

Der Abstand  $x$  zweier gerade noch unterscheidbarer Punkte beträgt:

$$x = 2 \mu\text{m} * g / b = 40 \mu\text{m} \quad (g=400 \text{ mm}, b=20 \text{ mm})$$

Dies entspricht 25 Punkte/mm oder in der für Auflösung von Druckern häufig verwendeten Einheit ca. 600 dpi (dots per inch).

Diese Werte stimmen einigermassen mit der in der Literatur häufig erwähnten Winkelauflösung von einer Bogenminute überein. Es ist zu beachten, dass diese Werte nur in einem eng begrenzten Bereich des Sehfeldes gelten.

**Auflösungsvermögen farbig**

Im gelben Fleck (Fovea centralis) sind nur Zapfen vorhanden. Somit sollte sich kein Unterschied gegen den Sehtest schwarz / weiss ergeben. Für Blau ist jedoch die Auflösung kleiner, da im gelben Fleck fast keine blauempfindlichen Zapfen sind.

Wieso haben Farbdrucker eine Auflösung von 1200 dpi? Diese setzt sich zusammen aus den vier Druckfarben (siehe unten) zu je 300 dpi. Mehr kann das Auge ja nicht unterscheiden.

Auf dem PC sind drei Farbmodelle im Gebrauch. Sie heissen RGB (Red, Green, Blue), HSB (Hue, Saturation, Brightness) und CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black).

Das **RGB Modell** beschreibt die Helligkeit der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau für den Monitor mit je 8 Bit. Die Farben werden dabei additiv gemischt. Monitore stellen allerdings drei Pixel in den Grundfarben nahe beieinander dar. Gemischt werden sie in der unscharfen Abbildung auf der Netzhaut.

Im **HSB Modell** beschreibt der Farbton (H) die Farbart oder Wellenlänge. Er wird in Grad von 0 bis 359 gemessen. Die Sättigung (S) beschreibt die Leuchtkraft einer Farbe und wird in 0 bis 100% angegeben. Die Helligkeit (B) beschreibt den Weiss-Anteil der Farbe mit 0 bis 100%. Die Anzeige dieser Werte ist in Grafikprogrammen unterschiedlich. Z. B. MS Office skaliert auf die Bereiche 0 bis 255.

Das **CMYK Modell** wird im Druckgewerbe verwendet. Wir wollen hier nicht näher darauf eingehen. CMY steht für Cyan, Magenta und Yellow. Diese Grundfarben werden für die subtraktive Farbmischung benutzt. Auf diesem Prinzip beruhen Tintenstrahl- und Farblaserdrucker (Überdeckungen). Das RGB-System dagegen ist angepasst auf die additive Farbmischung, wie sie bei den Monitoren und Beamern auftritt. Da die Grauwertdarstellung bei subtraktiver Mischung schwierig ist, verfügen die Drucker noch über eine vierte Farbe – black.

Den Studierenden steht für die Experimente ein beliebiger Monitor zur Verfügung. Damit können sie rein qualitativ testen, wo die Grenzen ihrer Wahrnehmung liegen. In der Regel sind Unterschiede um eine Stufe einer Grundfarbe im RGB Modell nicht sichtbar.

Ausgehend von der Überlegung, dass das Auge über Felder für Rot/Grün und Gelb/Blau verfügt, haben wir Verläufe hergestellt und daraus sichtbare Stufen ausgewählt. Sie sind unten abgebildet. Die Zahlen in eckigen Klammern bezeichnen die RGB Werte.



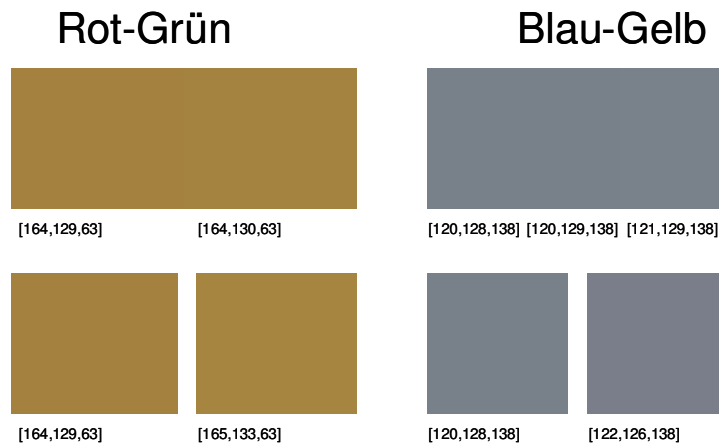


Bild 5 Ausschnitt aus den Farbverläufen

Aus dem **Rot – Grün Verlauf** kann man die Änderung um eine Stufe erkennen, sofern sich die Flächen berühren. Sobald die farbigen Flächen sich nicht mehr berühren, konnten wir erst eine Änderung um zwei Stufen im Farbton erkennen.

Im dem **Blau – Gelb Verlauf** ist die Empfindlichkeit des Auges deutlich schlechter. Die beiden linken Flächen in Bild 5 oben rechts erscheinen identisch. Erst zur rechten Fläche [121,129,138] ist eine Änderung erkennbar. Mit einem weissen Zwischenraum ist erst eine Änderung im Farbton (Hue) um sechs Stufen zu unterscheiden (in Bild 5 unten rechts). Dieser Effekt rührt daher, dass das Auge für blaue Farben viel weniger empfindlich ist. In der HSB Darstellung erscheinen die Schritte gross bei den Farben, die sich berühren. Die Grenze setzt aber hier die Grafikkarte, die diesen Schritt als nur eine einzige Stufe in RGB Darstellung ausgeben kann.

Die Farben der oben untersuchten Verläufe sind alle relativ dunkel. Deshalb haben wir dasselbe mit satten Farben überprüft.

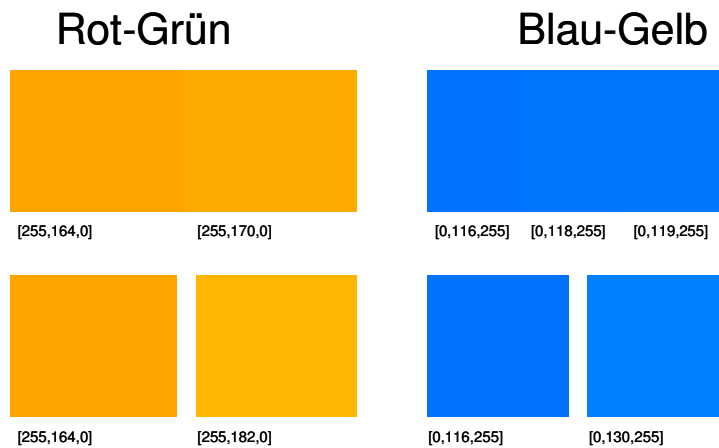


Bild 6 Satte Farben

Das Resultat ist gleich, da unser Auge knapp weniger wahrnehmen kann, als der PC liefert. Die Studierenden sollten also zum Schluss kommen, dass die meisten Menschen weniger erkennen können, als was auf dem Monitor dargestellt wird. Für Grafiker ist die Auflösung des PCs nicht ganz ausreichend. Zur Darstellung von Fotos für den Heimgebrauch ist selbst eine noch niedrigere Auflösung weitaus genügend.

**Wie viele verschiedene Farben erkennen Sie?**

Falls die Studierenden farbige Flächen ausdrucken, wie wir sie oben dargestellt haben, muss der Unterschied von Bildschirm und Ausdruck beachtet werden. Selbst bei der Demonstration mit einem Beamer treten augenfällige Darstellungsfehler auf.

- Theoretisch können wir mehr als 200 Farbtöne unterscheiden. (Hansen 2004, 7) Vielleicht entdecken einige Gruppen die schwache Empfindlichkeit für Blau (siehe oben).
- Graustufen: Die Studierenden werden nicht mehr als 255 Graustufen darstellen können. Das Auge kann aber (theoretisch) 500 Stufen unterscheiden.
- Helligkeitsstufen: Es gelten dieselben 500 Stufen auch bei Farbe.
- Für alle Farben: Die 500 Stufen sind bei allen Wellenlängen unterscheidbar.
- Sättigung: Das Auge kann nur 20 Stufen unterscheiden. Hier sollten die Studierenden darauf kommen, dass Irrelevanz entfernt werden kann.

In den zusammenfassenden Fragen wird erwartet: Die Grafikkarte kann genügend Farben darstellen. Eventuell finden die Studierenden heraus, dass mehr Graustufen erkennbar sind, als die Grafikkarte unterstützt. Im HSB Modell könnte die Sättigung auf 20 Stufen reduziert werden.

**Dateiformate für Bilder****Bitmap-Format**

Im Anhang sind Bitmap Beispiele mit 400x400 Bildpunkten beigefügt. Diese sind interessant, wenn Sie ins TIFF Format umgewandelt werden und dabei Redundanz entfernt wird. Dieser Abschnitt enthält Grundlagen.

**TIFF-Format (Tagged Image File Format) – Telefax****Auflösung Telefax**

Die in der Aufgabe über das Auflösungsvermögen des Auges bestimmten 25 Punkte/mm sind deutlich mehr, als die ungefähr 4 Punkte/mm eines Telefax. Somit kann das Auge die Rasterung sehr wohl wahrnehmen.

Damit das Auge keine Rasterung mehr erkennt, braucht es bei einer A4-Seite (210 x 297 mm)  $5'250 \times 7'425 = 38'981'250$  Bildpunkte. Das ist ungefähr ein Faktor 10 mehr als beim realen Telefax. (im Fine-Resolution-Mode)

Vorsicht: Je nach den Resultaten bei der Bestimmung der Auflösung des Auges, wo eine Abweichung um einen Faktor von 2 absolut tolerierbar ist, können die Resultate der Studierenden hier um einen Faktor von 4 abweichen, da wir hier zwei Dimensionen betrachten und sich der „Fehler“ damit quadriert.

Resultate zwischen 10 Mio. und 160 Mio. Bildpunkten sind durchaus als korrekt anzusehen.

**TIFF Komprimierung**

Vermutlich funktioniert die Komprimierung „CCITT Gruppe 3“ nur eindimensional Zeilenweise, so wie die Daten übertragen werden. Unsere TIFF Dateien wurden umso grösser, je mehr Schwarz-Weiss-Wechsel die Zeilen enthalten. Im Anhang ist unser „Rekord“ enthalten. Die Datei „50%-vert\_400x400.tif“ ist 91'724 Byte gross. Das heisst, mehr als 4 mal so gross, wie die Bitmap.

Wir haben unsere TIFF-Beispieldateien folgendermassen erzeugt:

1. Bitmap Datei mit dem Programm Imaging for Windows laden.
2. Datei wieder abspeichern (Datei – Speichern unter, wählen Sie den Dateityp \*.tif), sie erhalten automatisch eine Datei im Format CCITT Group 3.

Wenn Sie diese TIFF-Datei übrigens nochmals mit Imaging for Windows öffnen, dann bekommen Sie eine grössere Auswahl an Komprimierungsarten wie z. B. CCITT Group 4. Auch wenn Sie mit anderer Software arbeiten, werden Sie wahrscheinlich eine grössere Auswahl erhalten. Achten Sie also darauf, hier mit CCITT Group 3 zu arbeiten.

Wenn die Studierenden mit Windows XP Resultate liefern, die alle unter 1000 Byte liegen, haben sie vermutlich nicht in „CCITT Gruppe 3“ umgewandelt. Die Bildvorschau und mspaint.exe unter Windows XP liefern stark komprimierte TIFF Dateien. In beiden Programmen kann beim Speichern keine Komprimierung ausgewählt werden.

### JPEG

Wir dürfen nicht erwarten, dass die Studierenden von sich aus die mathematischen Hintergründe der JPEG Komprimierung herausfinden. Wenn es einer trotzdem täte, dann engagieren Sie ihn sofort als Mathematiklehrer an Ihrer Schule.

#### Unterschiedliche JPEG-Komprimierung

Die Studierenden können aber herausfinden, dass die Anzahl der Farben reduziert wird. Das 100%-Bild hat über 300'000 Farben während das 1% Bild weniger als 5000 Farben hat. Die Auflösung wird massiv verringert und es werden Details (wie z. B. die vertikalen Stangen des Geländers) "unterschlagen". Trotzdem ist das Bild in der Qualitätsstufe 20% eigentlich noch akzeptabel. Man kann den Speicherbedarf für Bilder, ohne auf einem Bildschirm wirklich sichtbare Qualitätseinbusse, massiv reduzieren.

Die Studierenden sollen erleben, dass JPEG verlustbehaftet ist. Wir haben es also mit Irrelevanzreduktion zu tun. Jeder wird dabei seine eigene Grenze haben, was noch akzeptabel ist und was nicht.

Falls die Studierenden eine Bitmap Grafik extrem mit JPEG komprimieren, werden sie ein schlechtes Resultat erhalten. Bei der Grafik mit horizontalen Linien entstehen beispielsweise "Schatten". Die Dateigrösse ist nicht wesentlich anders als beim TIFF-Format.

### Bewegte Bilder

Für unser Auge ist ein flimmerndes Bild unangenehm. Auf dem PC-Monitor lässt sich die Bildrate unabhängig vom Flimmern untersuchen, da die Bildfrequenz des Monitors konstant und hoch bleibt.

#### Vorschlag: Weniger Bilder

Zwischen 15 und 20 Bilder/s sollten eigentlich ausreichen, um als akzeptabel zu gelten. Bei kleinen „Bildschirmen“ reichen eventuell noch weniger Bilder pro Sekunde. Die zusätzlichen Bilder sind irrelevant. Man kann sie einsparen, was eine Datenreduktion in der Grössenordnung von 20-40% ergibt.

#### Vorschlag: Weniger Punkte pro Bild

Für eine Darstellung im Vollbildmodus (ganzer Bildschirm) sind 320 x 240 Punkte schon an der untersten Grenze. Für kleinere Darstellungen z. B. auf portablen Geräten kommt man mit weniger Punkten aus. Auf einem Handy-Display reichen 128 x 96 in den meisten Fällen aus.

**Vorschlag: Farbformat/Farbtiefe optimieren**

Man könnte beispielsweise zuerst die Helligkeitsinformation und die Farbinformation trennen.

Man bekäme einerseits die Helligkeitsinformation und andererseits zwei Farbinformationswerte pro Bildpunkt. Eine genauere Beschreibung finden Sie im Buch „Kommunikationstechnik“ (Meyer 2002, 322).

Die Helligkeitsinformation belässt man unverändert. Man speichert 8 Bit pro Bildpunkt.

Bei den beiden Farbinformationen speichert man die Mittelwerte von vier nebeneinander liegenden Bildpunkten. Man speichert also 2 x 8 Bit pro vier Bildpunkte.

Daraus ergibt sich für vier Bildpunkte:

4 Punkte x 8 Bit Helligkeitsinformation = 32 Bit

4 Punkte x 2 Farbwerte x 8 Bit Farbinformation = 16 Bit

Total für 4 Punkte = 48 Bit

Oder 12 Bit pro Punkt, was gegenüber den ursprünglichen 3 x 8 = 24 Bit einer Einsparung von 50% entspricht.

**Vorschlag: Codec untersuchen**

Die Komprimierung basiert auf der Kombination von Verfahren, wie wir sie in den oben stehenden Beispielen gesehen haben. Wenn man drei Verfahren anwendet, die jeweils eine Reduktion um 50% bringen, bringt die Kombination eine Verringerung der Dateigrösse auf 12.5%.

Bei Filmen haben wir eine dritte Dimension, nämlich die Zeitachse. Zwei aufeinanderfolgende Bilder unterscheiden sich normalerweise (ausser bei Szenenwechseln) nicht sehr stark. Man kann also davon ausgehen, dass Bild n+1 nur sehr wenige Unterschiede zu Bild n hat und dass es sich lohnen könnte, dass nicht die ganzen Bilder sondern nur die Differenzen zum vorhergehenden Bild übertragen werden.

**WinZip****Vorschlag: Film zippen**

Mit Winzip ergibt sich bei „normaler“ Kompression ein Gewinn von ca. 10%. Das heisst, dass die Datei immer noch 90% ihrer Grösse hat. Dies ist keine sinnvolle Variante.

Winzip arbeitet verlustfrei. Das heisst, es entfernt nur Redundanz, erkennt aber keine Irrelevanz. Das Programm sieht die Datei als einen Haufen von Nullen und Einsen an und „weiss“ nicht, dass es sich um einen Film handelt.

**Vorschlag: Mehrfach komprimieren**

Es kann erwartet werden, dass sich eine Bitmap-Datei stark komprimieren lässt und bei einer TIFF Datei weniger herauszuholen ist. Das ist eigentlich ganz logisch da verlustloses Komprimieren bedeutet, dass Redundanz eliminiert wird. Wo mehr Redundanz vorhanden ist, kann auch mehr entfernt werden. Dies bestätigt das Resultat der Datei [BMP\\_TIFF.zip](#) hier als Tabelle dargestellt.

Name	Grösse [Byte]	Komprimiert [Byte]	Komprimierung in %
leer_400x400.bmp	20'862	119	99%
leer_400x400.tif	2'348	436	82%
linie_1_hor.bmp	20'862	131	99%
linie_1_hor.tif	2'387	450	81%
linie_1_vert.bmp	20'862	123	99%
linie_1_vert.tif	3'184	445	86%
linie_n_hor.bmp	20'862	156	99%
linie_n_hor.tif	2'426	456	81%
linie_n_vert.bmp	20'862	149	99%
linie_n_vert.tif	11'985	521	96%
linie_n_zufall.bmp	20'862	3'513	83%
linie_n_zufall.tif	5'413	4'369	19%
Text.bmp	20'862	565	97%
Text.tif	13'084	1'047	92%
zufallspunkte.bmp	20'862	15'585	25%
zufallspunkte.tif	23'556	20'702	12%

Da eine „gezippte“ Datei keine Redundanz mehr enthalten sollte, bringt theoretisch ein zweiter Durchlauf nichts mehr. Im Gegenteil, da beim komprimieren in einem Header Zusatzinformation (z. B. über die verwendeten Algorithmen) hinzugefügt wird, kann es gut sein, dass nach dem zweiten Durchlauf die Datei grösser wird.

Im Anhang [24 WinZip](#) finden Sie eine ZIP-Datei mit allen Dateien aus dem Anhang [22 Dateiformate fuer Bilder](#). Sie ist 50'409 Byte gross. Nach einem zweiten Durchgang verkleinert sich das Archiv auf 48'468 Byte. Dies rührt daher, dass bei den Dateinamen und Header noch Redundanz entfernt werden konnte. Nach dem dritten Durchgang entsteht eine Datei von 48'608 Byte. Offensichtlich wird ein zusätzlicher Header von 140 Byte erzeugt.

### Vorschlag: Textdateien komprimieren

Die Studierenden wurden aufgefordert, irgend ein Word-Dokument als Textdatei zu speichern. Bei der Umwandlung ins Textformat wird Irrelevanz entfernt. Es bleibt die reine Textinformation erhalten. Die Formatierung ist eigentlich irrelevant. Deshalb sollte die Textdatei deutlich kleiner sein. In unserem Beispiel ist die Word-Datei 27'648 Byte und die Textdatei 3'660 Byte gross.

Werden beide Dateien komprimiert, wird die Redundanz entfernt. Beide Dokumente müssen kleiner werden. Für Word-Dateien wird prozentual stärker komprimiert (79%) als die zugehörige Textdatei (54%).

Die Beispieldateien im Anhang heissen Textbeispiel.doc, .txt und .zip.

### C. Prüfung, Bewertung der Präsentation oder Poster

Sie entscheiden als Lehrperson, ob sie für die Leistung Noten geben wollen. Sie können eine Prüfung mit Noten folgen lassen, oder eine Beurteilung der Lernaktivitäten anhand der Poster oder Präsentationen vornehmen. Dabei gelten folgende Regeln der Fairness:

- Sie erfassen und beurteilen nur, was die Entdeckungsreise zur Quellencodierung und vor allem die Lenkung (unter dem Titel D „Ihre Reiseunterlagen“) hergeben.
- Sie sollten sich an den oben festgelegten Massstab (Teil 1, Abschnitt B) halten. Die Studierenden haben ihr Entdecken nämlich darauf konzentriert.

#### Mögliche Bewertung

- Gibt es Plakate (wenn ja, wie viele)?
- Haben die Studierenden vernünftige Lösungen gefunden (keine zu extremen Abweichungen von den Resultaten in den Musterlösungen)? Seien Sie aber tolerant, vielleicht haben die Studierenden ja wirklich ein viel besseres Sehvermögen als Sie!
- Unterscheiden die Studierenden korrekt zwischen Redundanz und Irrelevanz?
- Haben die Studierenden eigene Ideen produziert?

### Literatur

Duden – Drosdowski G. et al.: Duden, Rechtschreibung der deutschen Sprache. Mannheim / Leipzig / Wien / Zürich 1996, 21. Auflage (Dudenverlag).

Ericsson AB: Understanding Telecommunications. Available at <http://www.ericsson.com/support/telecom/part-b/b-2-4.shtml>, 10.9.2003 (cited 14.08.2004).

Hansen T.: Wahrnehmung und Sinnesphysiologie, Farbwahrnehmung. Available at <http://www.allpsych.uni-giessen.de/karl/teach/Wahrnehmung/Wahr-05-farbe-1.pdf>, 28.5.2004 (cited 11.08.2004).

Meyer M.: Kommunikationstechnik. Braunschweig / Wiesbaden 2002, 2. Auflage (Vieweg).

Strutz T.: Bilddatenkompression. Braunschweig / Wiesbaden 2000, 1. Auflage (Vieweg). – (Ein Buch mit vielen Informationen über optische Wahrnehmung und Farbenlehre.)

## Anhang

### A. Beiliegende CD

Dieser Arbeit liegt eine CD bei, die alle Dateien enthält. Sie hat folgende Struktur:

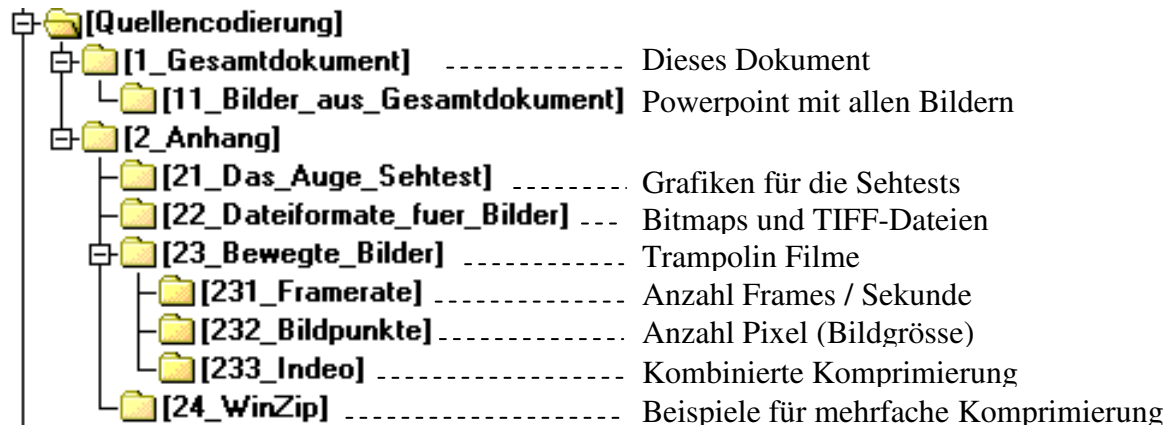


Bild 7 Struktur der CD

Für die Arbeit der Studierenden soll nur das Verzeichnis [2 Anhang](#) verteilt werden. Im Gesamtdokument sind die simulierten möglichen Lösungen enthalten. Diese sind nicht zu verteilen, damit der Lerneffekt nicht verloren geht.

### B. Bilddateien

Das Urheberrecht an allem hier verwendeten Bildmaterial liegt bei den Autoren, wo nicht anders vermerkt (Zeichnungen etc.). Der Film „Trampolin“ stammt von Peter Maluck, die Fotografie „Pool“ von Jürg Scheidegger. Sie dürfen im Rahmen dieser Arbeit kopiert und weiter verwendet werden.

#### Bitmap

Die hier angefügten Bilddateien wurden im Programm „Paint“ erzeugt. Zur besseren Vergleichbarkeit ist die Bildgrösse mit 400 x 400 Pixel willkürlich festgelegt worden.

Die Dateien wurden im Format „Monochrom-Bitmap“ gespeichert.

#### TIFF

Die Bitmap-Dateien wurden mit „Imaging for Windows“ geladen und anschliessend gleich wieder im .TIF Format gespeichert. Dabei kommt als Default die Kompression „CCITT Gruppe 3 Fax“ zur Anwendung.