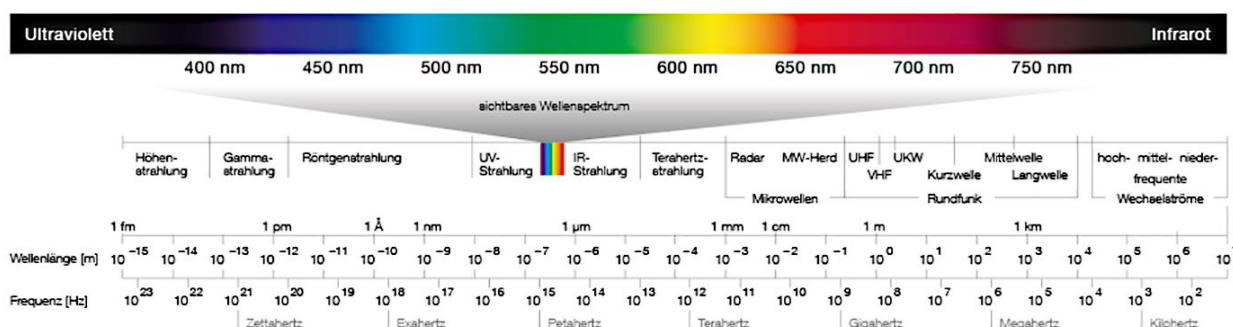




C_BILDER_CODIEREN

Wie kommt Farbe in unsere Welt?

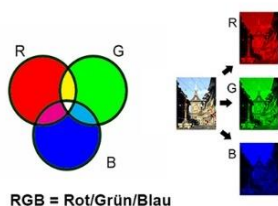
- Elektromagnetische Wellen werden mit der Wellenlänge oder der Frequenz angegeben.
- Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen.
- Nur ein Teil der Frequenzen des Lichts sind für das menschliche Auge sichtbar.



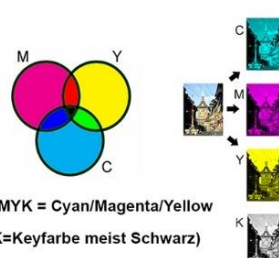
Trifft Licht auf einen Gegenstand, so werden gewisse Frequenzen absorbiert (aufgenommen) und andere reflektiert (zurückgeworfen): Wir sehen eine bestimmte Farbe.
Schwarz absorbiert alle Frequenzen. Weiss reflektiert alle Frequenzen. Rot zum Beispiel entsteht, indem die roten Anteile reflektiert und der Rest absorbiert werden.

Farbmodelle

Additives Farbsystem

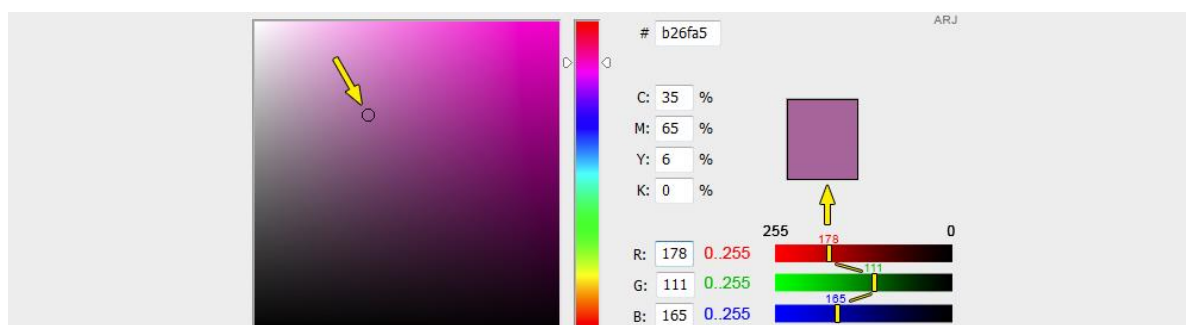


Subtraktives Farbsystem



Farbcodierung RGB/CMYK

Jedes Pixel setzt sich aus drei Subpixel RGB zusammen. Das Subpixel wird normalerweise mit 8 Bit aufgelöst. Bsp.: JPG, TIF





Hier folgen Aufgaben zum Thema. Siehe separates Aufgabenblatt.

Alphakanal - Ein zusätzlicher Kanal zur Bildmaskierung

Will man Bildkompositionen erstellen, braucht es eine Transparenzinformation zwischen den sich überlagernden Bildern. Unter einer Bildkomposition versteht man zum Beispiel ein rundes Firmenlogo auf einem tapetenartigen Hintergrund. Die Transparenzinformation liefert dabei z.B. ein sogenannter Alphakanal.

Falls in der Bilddatei ein solcher Alphakanal existiert, finden sich dort wie bereits erwähnt, eine zusätzliche Information, nämlich die der Transparenz. Der Alphakanal ist neben den drei Farbkanälen Rot/Grün/Blau also ein weiterer Kanal in Form eines Graustufenbildes, der in Rastergrafiken die Durchsichtigkeit der einzelnen Pixel (Bildpunkte) bestimmt.

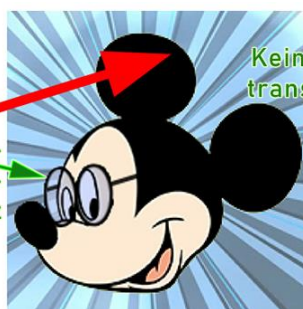


Transparenzfarbe für die Bildmaskierung bei GIF

Eine Alternative stellt das GIF-Format dar. Dort existiert zwar kein eigentlicher Alphakanal, man kann aber eine Farbe definieren, die transparent wirkt und z.B. auf Webseiten Grafiken mit geschwungenen oder runden Formen zulässt. Da aber nur zwei Zustände, nämlich Durchlässig oder Blockierend, werden schräge, nicht orthogonal angelegte Kanten treppenartig ausgeschnitten, was zu unschönen Rändern führt.



ARJ



TIF mit Alphakanal



GIF mit Transparenzfarbe

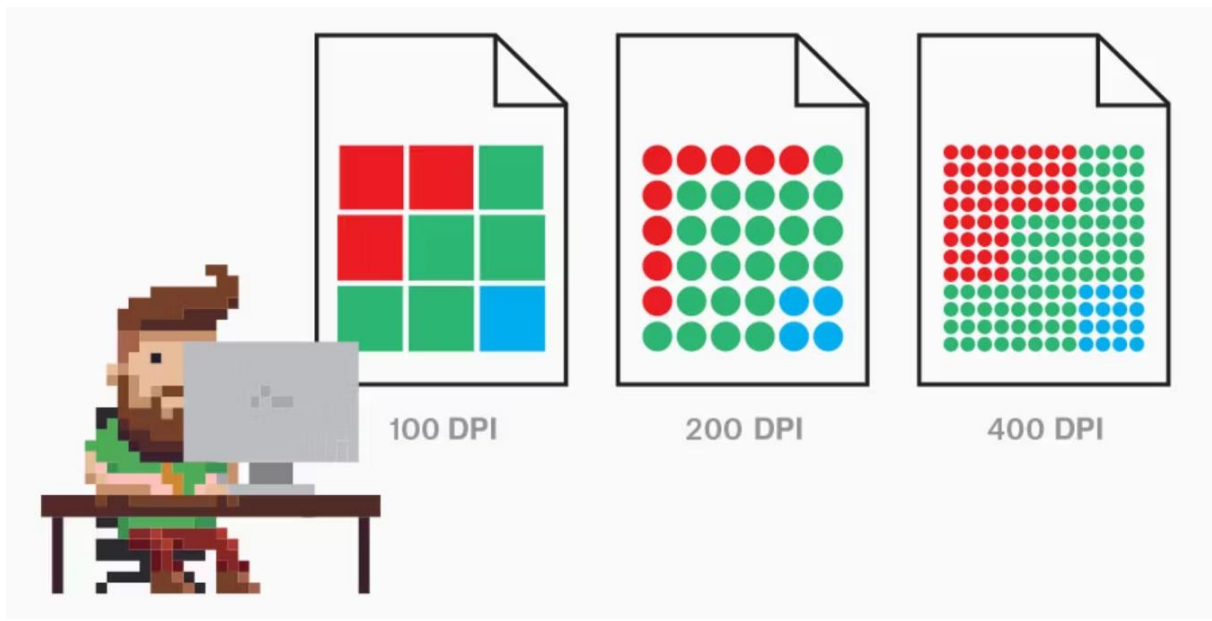


Bemerkung zu GIF: GIF und JPG waren anno 1987 die Pioniere in der Webgrafikwelt, weil sie ab der ersten Stunde von allen Webbrowsern unterstützt wurden. Die Transparenzfarbe beim GIF bot die Möglichkeit, Grafiken jenseits der Rechtwinkligkeit in Webseiten-hintergründe zu integrieren. Dieses Feature machte ihm im Jahr 1996 aber PNG mit seinem echten Alphakanal streitig. Und auch das letzte Alleinstellungsmerkmal, die Animation (Animated GIF), ging ab dem Jahr 2008 mit der Einführung von APNG (Animated Portable Network Graphic) verloren. APNG wird aber nur von aktuellen Webbrowsern unterstützt.



DPI und PPI

- Mit **dpi (Dots per Inch)** meint man die Punktedichte bzw. Auflösung bei Druckern: Anzahl Farbpunkte pro Inch. (1 inch entspricht 2.54 cm). Zoll ist übrigens die deutsche Übersetzung für Inch. Gängige Druckerauflösungen starten bei 300dpi und gehen bis zu ca. 4000dpi. Die richtige Wahl der dpi's ist abhängig von der gewählten Papiergrösse und dem Verwendungszweck.
- Mit **ppi (Pixel per Inch)** meint man die Pixeldichte bei Displays. Ein modernes Apple iPad besitzt bis zu ca. 260 ppi. Es stellt sich die Frage, ob das menschliche Auge in der Lage ist, mit seiner max. Winkelauflösung von einer Bogenminute eine solch hohe Auflösung bei kleinem Abstand zum Display auch aufzulösen. PC-Monitore werden üblicherweise nicht in ppi angegeben, sondern in Anzahl Pixel horizontal bzw. vertikal zusammen mit der Displaydiagonalen in Zoll oder Zentimeter

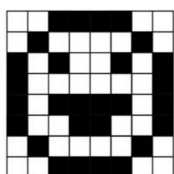


Rastergrafik / Vektorgrafik: Unterschiede und Einsatzgebiete

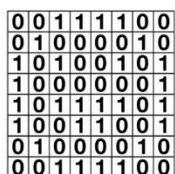
Rastergrafik oder Bitmap



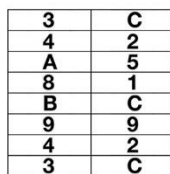
Originalbild



Bitmapbild



Bitmap Binär



Bitmap Hex

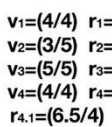
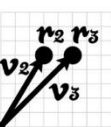
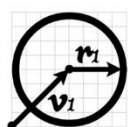
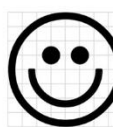


250x250Pixel

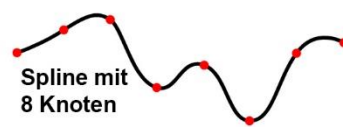


25x25Pixel

Vektorgrafik



$v_1=(4/4)$ $r_1=4$
 $v_2=(3/5)$ $r_2=0.5$
 $v_3=(5/5)$ $r_3=0.5$
 $v_4=(4/4)$ $r_4=2.5$
 $r_{4,1}=(6.5/4)$ $r_{4,2}=(1.5/4)$



Typische Anwendung von Vektorgrafiken → Schriftzeichen (Font)



Geometrische
Beschreibung
des Buchstaben
(Vektorgrafik)



So sähe es aus,
wenn der Buchstabe als
Rastergrafik abgerufen
und anschliessend stark
vergrössert würde:
Es entstehen
Treppenartefakte.

- **Rastergrafik, Bitmap oder Pixelmap:** Durch z.B. ein Foto-Objektiv auf einen CCD-Sensor (CCD = Charge Coupled Device) oder CMOS-Sensor (z.B. als APS = Active Pixel Sensor) eingefangene Bildpunkte. (CMOS ist übrigens die Bezeichnung für spezielle und nicht nur lichtfassende Halbleiterbauelemente = Complementary Metal Oxide Semiconductor)
- **Vektorgrafik:** Eine Vektorgrafik wird aus grafischen Primitiven wie Linien, Kreisen, Polygonen oder allgemeinen Kurven (Splines) beschrieben. Da die Vektorgrafik verlustlos skalierbar ist, kann sie im Gegensatz zur Rastergrafik ohne entstehende Artefakte beliebig vergrössert werden. Bei Schrift-Fonts (z.B. TTF = TrueType Font) handelt es sich übrigens um Vektorgrafiken. Die Vektorgrafik beschreibt ein Bild mathematisch und muss bei jeder Ausgabe auf einen Bildschirm oder einen Matrixdrucker wie Inkjet- oder Laserprinter Pixel für Pixel in eine Rastergrafik der gewünschten Auflösung (Breite x Höhe) umgerechnet (gerendert) werden. Anders sieht das beim Ausgabegerät Stiftplotter aus, wo ein in einer Ebene aufgehängter und in x-Achse und y-Achse verschiebbarer Zeichenstift die Grafik zu Papier bringt: Dieser versteht prinzipbedingt direkt Vektordaten.
 - **TTF:** TrueType-Fontformat (.tff)
 - **PostScript-Fontformate:** Type-1-Schriften (.pfm)
 - **OpenType:** TrueType- oder PostScript-flavoured (.tff oder .otf)
 - **Fontsätze:** ARIAL, COURIER NEW, COMIC SANS MS, FUTURA, FRUTIGER, HELVETICA etc. (Nicht alle Fontsätze beinhalten den kompletten ASCII- und schon gar nicht den vollständigen UTF8-Zeichensatz. Gewisse Fancy-Schriftsätze beschränken sich auf die Zeichen A-Z, 0-9, inklusive dem Bindestrich -)



Die Speicherbelegung von Bildern

Im Folgenden eine Übersicht über den Speicherbedarf für eine 1000 Pixel x 1000 Pixel Rastergrafik:



- Theoretische Speichergrösse: $1000 \times 1000 = 1'000'000$ Bildpunkte. Das bedeutet pro Pixel (3 Byte): $1'000'000 \times 3 = 3'000'000$ Byte.
- GIF-Datei: 71'903 Byte (Artefakte deutlich sichtbar, wegen Beschränkung auf 256 unterschiedliche Farben. Das Alleinstellungsmerkmal von GIF ist übrigens: Animated GIF)
- PNG: 356'476 Byte (keine sichtbaren Artefakte)
- TIF: 3'021'496 Byte (kein Informationsverlust. Das Archivformat schlechthin)
- TIF mit LZW-Komprimierung: 507'660 Byte (kein Informationsverlust)
- JPG mit tiefster Kompressionsrate: 271'201 Byte (keine sichtbaren Artefakte)
- JPG mit hoher Kompressionsrate: 32'810 Byte (Blockartefakte deutlich sichtbar)

Diese sechs Bilddateien können als ZIP-Datei hier heruntergeladen werden:

<https://www.juergarnold.ch/Videotechnik/Samples.zip>



Hier folgen Aufgaben zum Thema. Siehe separates Aufgabenblatt.

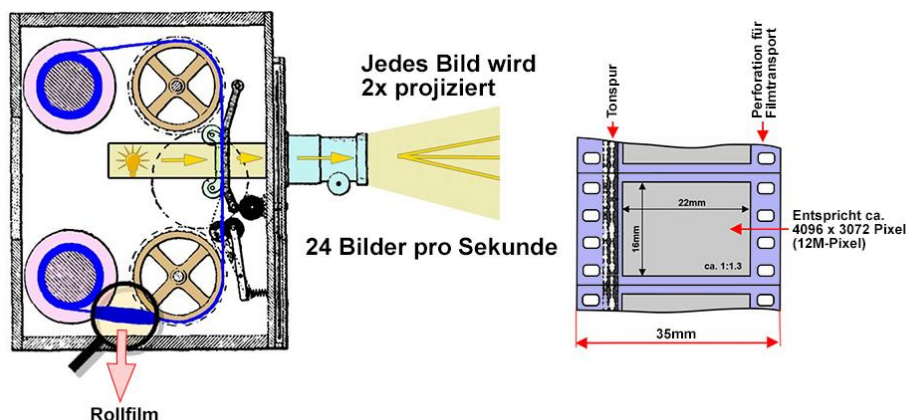
Bis jetzt haben wir immer nur Einzelbilder betrachtet. Mehrere Einzelbilder aneinandergereiht um in regelmässigen Abständen angezeigt zu werden, nennt man Film oder Video. Damit wird sich der folgende Text auseinandersetzen.



Bewegtbild: Vom KinoGÄNGER zum FernSEHER

Kino:

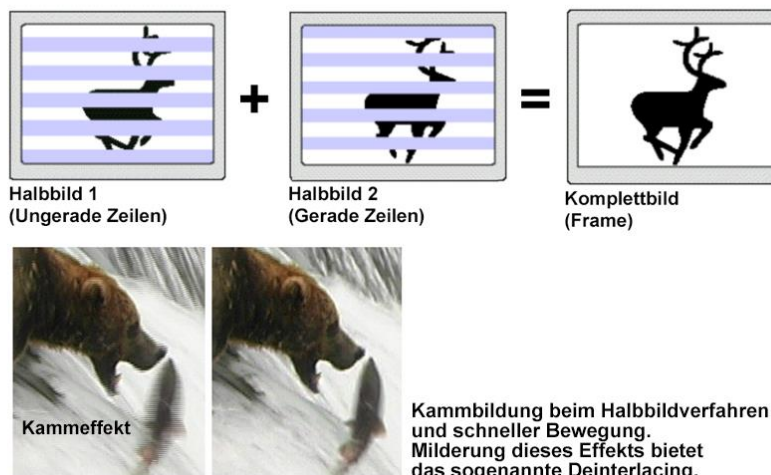
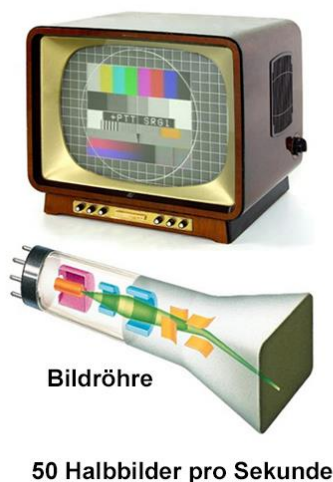
Den Kinofilm gibt es seit ca. 1894. Man hat sich beim klassischen Kino weltweit auf eine Bildwiederholfrequenz von 24 Vollbilder/sec. geeinigt. Auch die Digitalisierung hat beim Kinofilm Einzug gehalten. Heutige Filme werden komplett digital produziert und in den Kinos auch digital auf Beamern vorgeführt.



Fernsehen:

Television oder auf Deutsch Fernsehen gibt es in der Schwarzweissversion seit ca. 1929 und in der Farbversion ab ca. 1967. Fernsehen wurde erst durch die Massentauglichkeit von Elektronenstrahlröhren bzw. Bildröhren möglich. Um das Bildflimmern auf ein erträgliches Mass zu reduzieren, müssen wie beim Kinofilm 50 Bilder pro Sekunde angezeigt werden. Dies war mit der damaligen Technik allerdings nicht möglich, weil die erforderlichen Bandbreiten fehlten und man mit vernünftigen Aufwand auch keine Bilder zwischenspeichern konnte. Darum bediente man sich eines Tricks: Man lieferte 50 halbe Bilder pro Sekunde und zwar einmal alle ungeraden Zeilen, gefolgt von den geraden Zeilen.

Interlaced / Halbbildverfahren:





- **Interlaced Mode:** Es Halbbilder nacheinander (ungerade/gerade Zeile) gesendet und im Fernseher infolge der Trägheit der Bildröhren als Komplettbild wahrgenommen. Der Vorteil besteht darin, dass weniger Bandbreite erforderlich ist. Dem gegenüber steht der Nachteil des sogenannten Kammeffekts bei schnell bewegten Bildern, weil diese zeilenweise nacheinander aufgezeichnet werden.
- **Progressive Mode:** Es werden komplette Bilder nacheinander empfangen. Vorteil dabei, man erhält immer ein komplettes Bild. Nachteil: Mehr Bandbreite erforderlich.

Aktuelle Videonormen (Auswahl)

Norm	Auflösung	Progressiv	Interlaced	Format	Bitrate
NTSC-SD	640 x 480		60 fps	4:3	
PAL-SD	768 x 576		50 fps	4:3	
ATSC-HD-720p60	1280 x 720	60 fps		16:9	19 Mb/s
ATSC-HD-720i60	1280 x 720		60 fps	16:9	
EBU-HD-720p50	1280 x 720	50 fps			
ATSC-HD-1080p60	1920 x 1080	60 fps		16:9	25Mb/s
ATSC-HD-1080i60	1920 x 1080		60 fps	16:9	
EBU-HD-1080p50	1920 x 1080	50 fps		16:9	
EBU-HD-1080i50	1920 x 1080		50 fps	16:9	25Mb/s
UHD-1 (4k)	3840 x 2160	≤ 120 fps			10.2Gb/s
UHD-2 (8k)	7680 x 4320	≤ 120 fps			24 Gb/s

SD=Standard Definition / **HD**=High Definition / **NTSC**=National Television System Committee / **PAL** Phase Alternating Line / **ATSC**=Advanced Television System Committee / **EBU**=European Broadcasting Union / **UHD**=Ultra High Definition

Fassungsvermögen und Datenrate von optischen Datenträgern: (Auswahl)

- CD 1.4Mb/s (650 ... 900 MB)
- DVD 10Mb/s (4.7GB pro Layer bei max. 2 Layer pro Seite)
- BluRay 432Mb/s (25GB pro Layer bei max. 2 Layer pro Seite)

Datenrate von Schnittstellen: (Auswahl)

- Mobile 5G ≤10Gb/s
- USB-C 20Gb/s
- HDMI 2.1 42.7Gb/s
- SAS-5 45Gb/s
- DisplayPort 2.0 77.37Gb/s



Codecs und Containerformate:

- **CODEC:** Das Kofferwort "CoDec" bestehend aus Coder und Decoder bezeichnet ein Verfahren, das Daten oder Signale digital kodiert und dekodiert. Meist werden beim Kodiervorgang die analogen Signale nicht verlustlos digitalisiert, sondern es wird eine Dynamikreduktion des analogen Signals sowie eine Datenkompression des digitalen Signals vorgenommen, die je nach Ausmass und Verfahren zu Qualitätsverlusten bei der Rückwandlung des digitalen Datenstroms in die analogen Signale führt. Bild und Ton können betroffen sein aber auch die Kontinuität der Wiedergabe.

Beispiele:

- **Video-Codecs:** MPEG-2, MPEG-4, AVCHD, H.261, H.263, H.264, H.265
Windows Media Video wmv und weitere.
- **Audio-Codecs:** MPEG1 Layer 2, MPEG1 Layer3 → MP3, Windows Media Audio wma, aac Advanced Audio Coding und weitere.
- **CONTAINER:** Container sind Behälter, der unterschiedliche Dateitypen enthalten kann. Mit dem Format wird die Art und Weise beschrieben, wie die Datenformate innerhalb des Containers angeordnet sind (innere Struktur). Audio/Videocontainerformate können zumindest einen Audio- und einen Videostream enthalten. Einige Formate ermöglichen zusätzlich die Einbettung von Untertiteln und Menüstrukturen oder anderen Inhalten.

Beispiele:

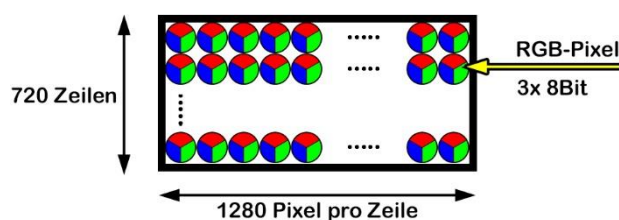
- **Container:** Microsoft AVI → Audio-Video Interleave, Apple Quicktime mov, DVD, MPEG-2 Stream, Blu-ray Disc und weitere.
Mögliche Video-Codecs für den BluRay-Container: H.264/MPEG4, AVC, VC-1, MPEG2
Mögliche Audio-Codecs für den BluRay-Container: Dolby-Digital, DTS (Digital Theater System High Definition), PCM (Pulse Code Modulation)

Musterberechnung: Benötigter Speicherplatz für einen Spielfilm

Die Aufgabe besteht darin, den Speicherbedarf eines **unkomprimierten HD720i50-**Videos mit einer normalen Spielfilmlänge von **90 Minuten** zu berechnen. Der Audioanteil soll hier nicht berücksichtigt werden.

HD720i50:

- **HD** bedeutet High Definition im Format 16:9
- **720** gibt die Anzahl Bildzeilen an. Daraus ergibt sich gemäss dem Format 16:9 die Anzahl Bildpunkte (Pixel) pro Zeile: $720/9 \cdot 16 = 1280$
- **i50** bedeutet 50 Halbbilder pro Sekunde. Dies entspricht 25 vollen Bildern pro Sekunde.
- Jeder Pixel hat **drei Subpixel** Rot/Grün/Blau, wobei jedes Subpixel eine Farbtiefe von 8Bit aufweist. Der Einfachheit halber rechnen wir mit 3Byte pro Pixel anstatt den $3 \cdot 8 \text{Bit} = 24 \text{Bit}$. Dies hat vorerst mal einen praktischen Hintergrund: Die Zahlen werden damit etwas kleiner.

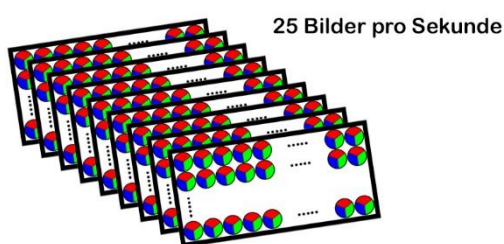


Der Speicherbedarf **eines einzelnen Bildes** berechnet sich wie folgt:

$$S_1 = 720 * 1280 * 3\text{Byte}$$

$$S_1 = \mathbf{2'764'800 \text{ Byte}}$$
 (Dies entspricht 22'118'400 Bit)

Der Film besteht aber aus mehreren Bilder. Darum geht die Rechnung so weiter:



Eine Sekunde Film ergibt den folgenden Speicherbedarf:

$$S_2 = 2'764'800 \text{ Byte} * 25$$

$$S_2 = \mathbf{69'120'000 \text{ Byte}}$$
 (Dies entspricht 552'960'000 Bit)

Da der Film aber nicht nur eine Sekunde, sondern ganze 90 Minuten dauert, braucht es noch etwas mehr:

$$S_3 = 90 \text{ Minuten} * 60 * 69'120'000 \text{ Byte}$$

$$S_3 = \mathbf{373'248'000'000 \text{ Byte}}$$
 (Dies entspricht 2'985'984'000'000 Bit)

Exakt für solche grossen zahlen haben wir die Massvorsätze kennengelernt.

Aus 373'248'000'000 Byte werden also:

$$\mathbf{S_3 = 347.6 \text{ GiB}}$$
 (Achtung: IEC-Präfix weil Grössenangabe eines Speichers)

Welches Speichermedium wäre dazu geeignet?

Es ist noch nicht lange her, da erwarb man seine HD-Filme auf optischen Speichern, den BluRays. Diese «Scheiben» sind in der Lage, pro Layer 25GB zu speichern.

Theoretisch sind **2 Seiten zu je 2 Layer** möglich, was eine maximale Speicherkapazität von **100GB pro BluRay** bedeutet. Wir bräuchten für unseren Film also **vier ganze BluRays**. Wie wir wissen, sind auch heute noch Spielfilme auf BluRays erhältlich, und zwar auch solche, die wesentlich höhere Bildauflösungen bieten. Und der Film sollte auch auf nur einem einzelnen BluRay-Disc Platz haben. Unser Film muss demnach noch ganz kräftig komprimiert werden, bevor er auf eine BluRay passt. Dieser Komprimierung widmen wir uns in einem nächsten Kapitel.



Und als Videostream?

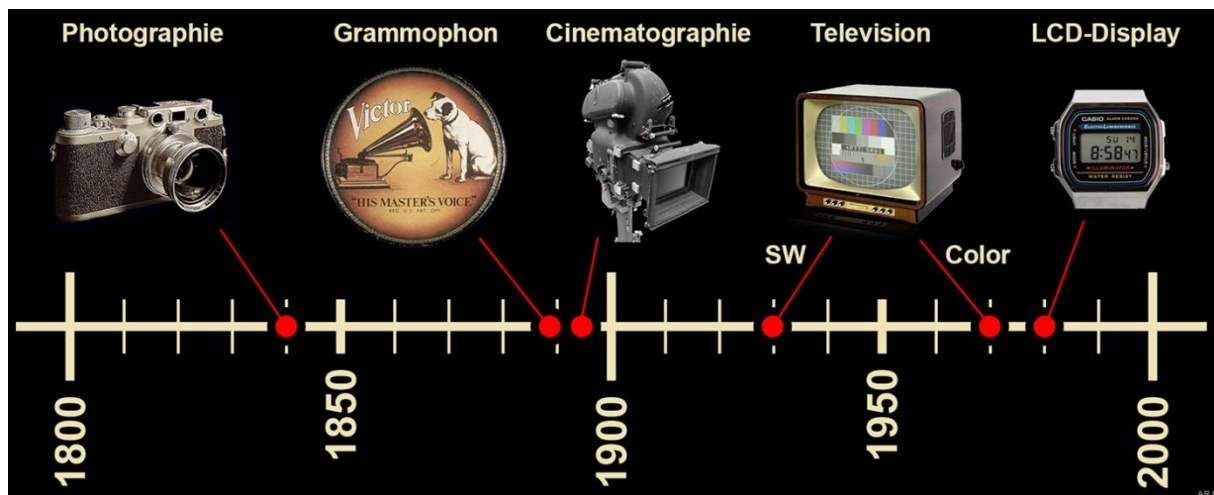
Möchte man diesen Film als Videostream über eine Netzwerkverbindung beziehen, würde dies einen Netzwerkanschluss erfordern, der 552'960'000 Bit pro Sekunde bzw. rund **553 Mbit/Sekunde** liefern kann.

Als Download komplett von einem Medienserver im Internet beziehen:

Geht man davon aus, dass ein durchschnittlicher Internetzugang heutzutage (Stand 2023) einer maximale Download-Rate (Best-Effort, Brutto-Datenrate) von **1Gbit/Sekunde** bietet und man somit mit einer **Nettodatenrate** von **900Mb/s** rechnen kann, dann würde der Download von 2'985'984'000'000 Bit exakt 3'317.76 Sekunden oder rund **55.3 Minuten** dauern.



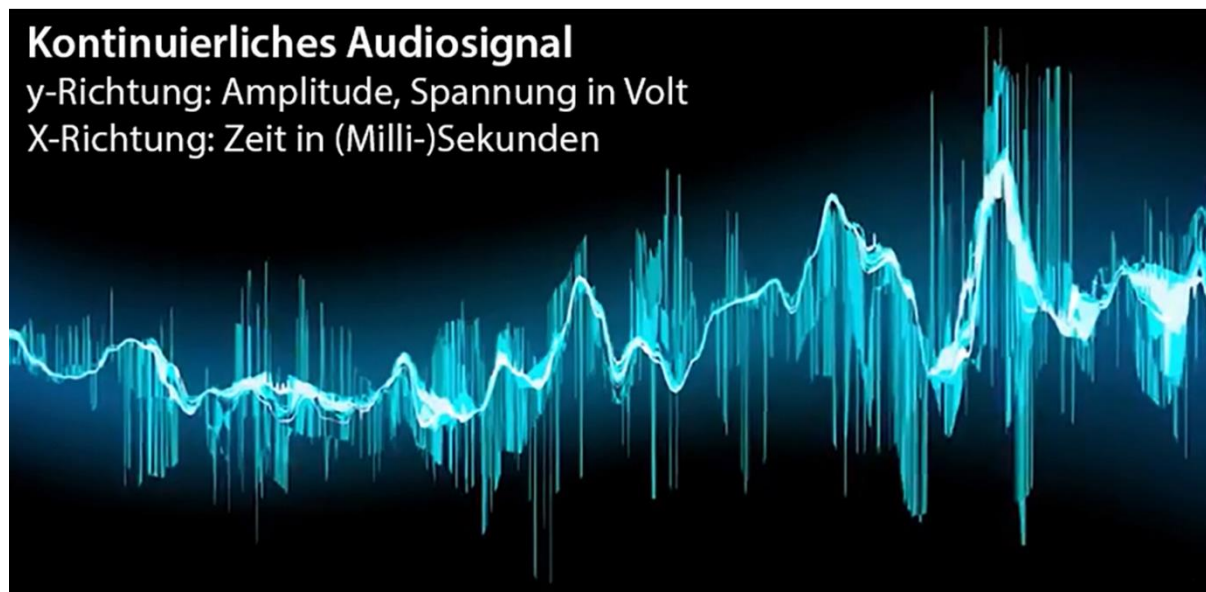
Hier folgen Aufgaben zum Thema. Siehe separates Aufgabenblatt.





Analoges Audiosignal und A/D-Wandlung

Obwohl mit Bildern nicht wirklich verwandt, möchten wir uns kurz dem Thema «Audio» widmen. So sieht z.B. Musik aus, wenn man die Schallwellen graphisch sichtbar macht:



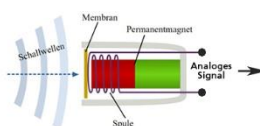
Früher wurde dieser «Verlauf/Kurve» z.B. in eine Vinyl-Scheibe eingraviert und man konnte das so konservierte auf einem Grammophon abspielen.



Die Schallwellen werden dabei von Mikrofonen erfasst und von Lautsprechern wiedergegeben.

Mikrofon

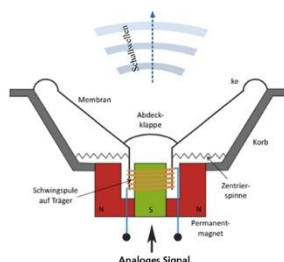
Für die digitale Verarbeitung ist eine A/D-Wandlung erforderlich.



Lautsprecher

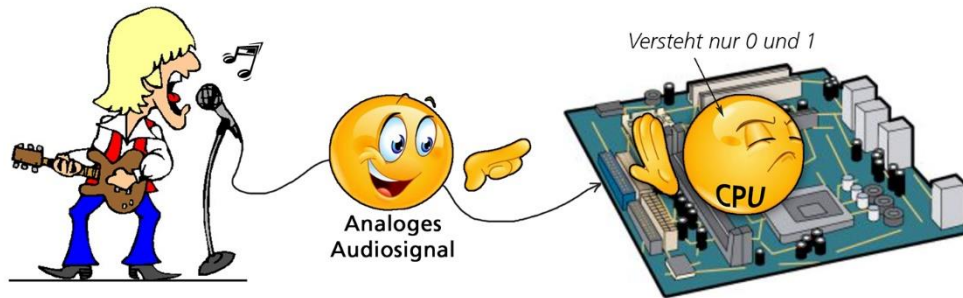
Für die analoge Ausgabe ist eine D/A-Wandlung erforderlich.

(Audioverstärker gibt es auch in „digitaler“ Form (Class-D). Ein digitales Audiosignal wird mittels eines geeigneten Verfahrens, beispielsweise durch Pulsweitenmodulation (PWM), in eine Folge von Pulsen gebracht. Dadurch kann der Verstärker im Schaltbetrieb gefahren werden, wodurch die Schaltelemente (Transistoren) entweder maximal leitend oder maximal isolierend sind und somit nur zwei Zustände kennen. Somit kann auf eine D/A-Wandlung verzichtet werden.)

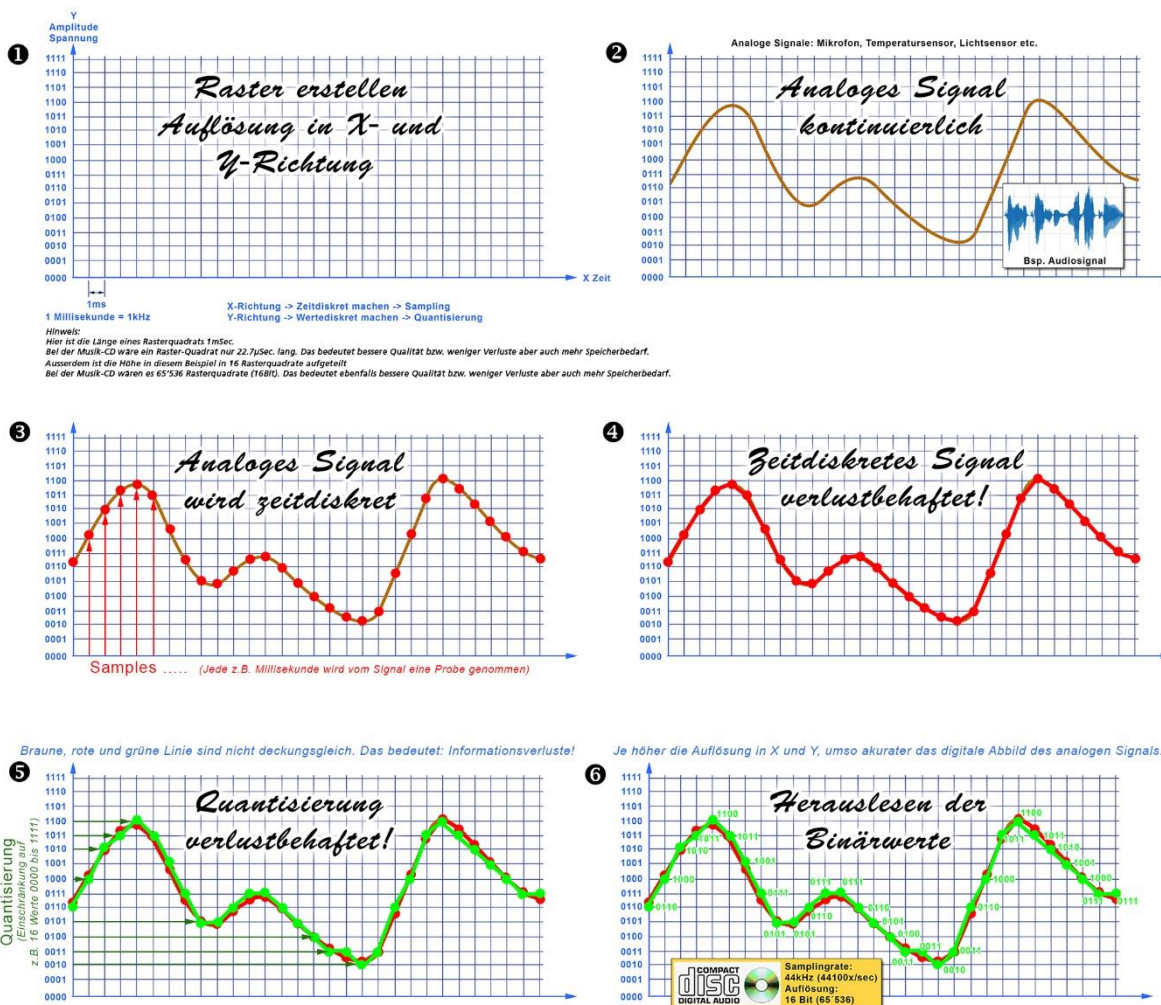




Heute ist aber alles Digital. Der Computer, der unter vielem anderen auch an die Stelle des Grammophons getreten ist, versteht direkt kein «Analog».



Somit muss das analoge Audiosignal zuerst digitalisiert werden. Dies erledigen sogenannte Analog-Digital-Wandler (DAC). Und das geht so:



Hier folgen Aufgaben zum Thema. Siehe separates Aufgabenblatt.