

B.N.4.2.1.1

Analoge und digitale Verfahren II: Video

Teil 8

Vollbildverfahren

Zeilensprungartefakte

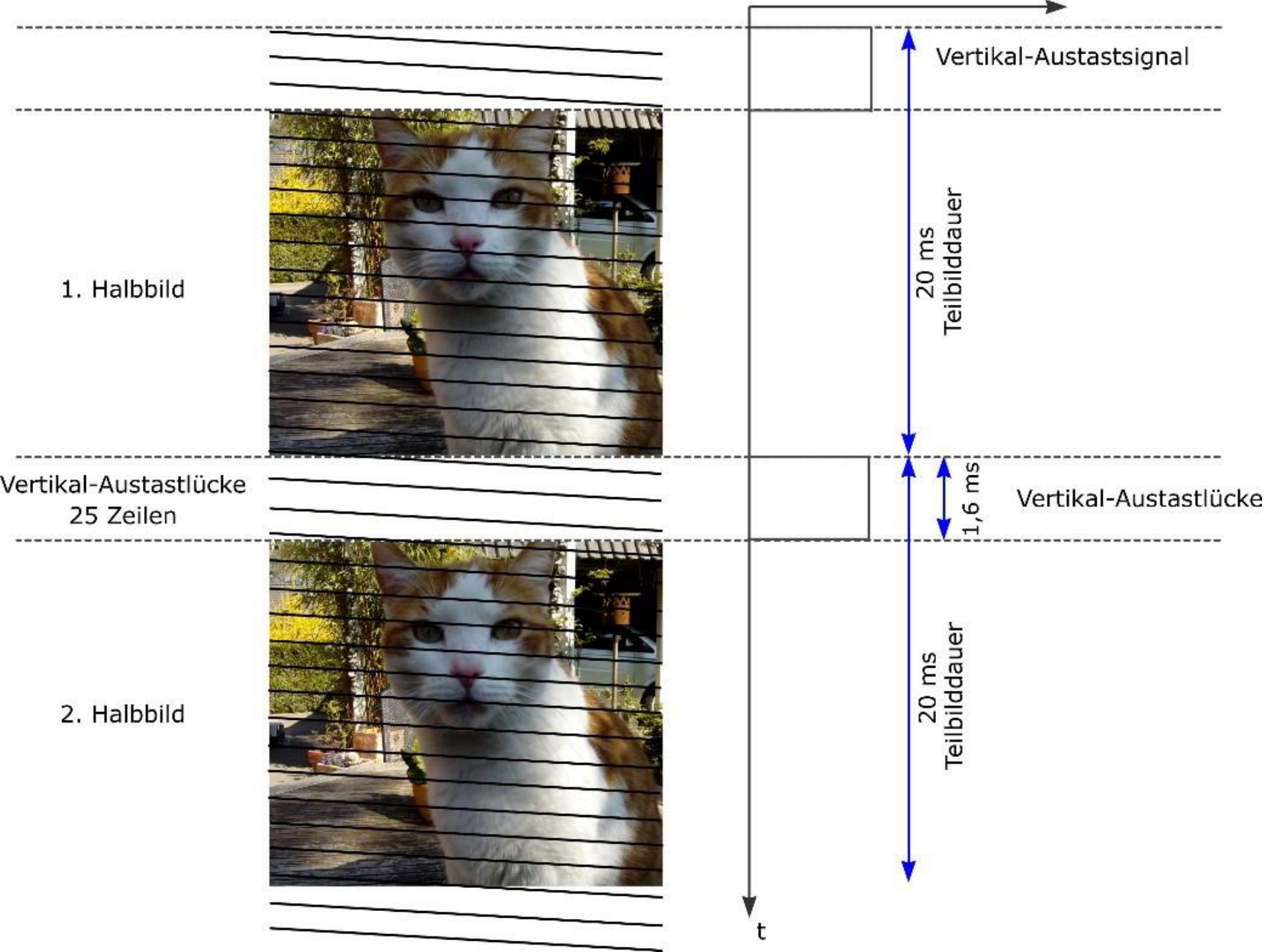
Interlacing

De-Interlacing

Nadja Wallaszkovits

abk—

Staatliche Akademie
der Bildenden Künste
Stuttgart



Zeilensprungartefakte

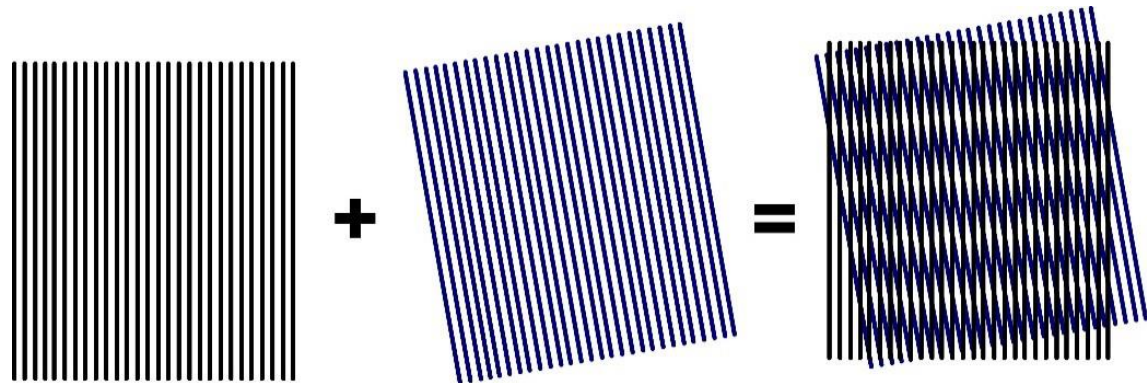
- Bei der Kombination verschiedener Abtasttechniken kommt es zu Artefakten
- Werden Filme, die im Zeilensprungverfahren generiert wurden, auf Computerbildschirmen oder Fernsehgeräten mit progressiver Abtastung dargestellt, entstehen Fehldarstellungen
- umgekehrt trifft dies ebenfalls zu: horizontale Kanten tanzen scheinbar auf und ab, einst homogene Flächen werden streifig dargestellt
- Wenn man mit einem digitalen ultrahochauflösenden Bildschirm mit Vollbildfahren einst analog und im Halbbildverfahren hergestellte Filme in bester Qualität sehen will, ist das Resultat daher enttäuschend

Zeilensprungartefakte

- Bildkomprimierung in digitalen Displays ist ebenso für Mängel in der Wiedergabe verantwortlich – es kommt zu Verzerrungen
- Bei zeilensprungfähigen Monitoren oder Fernsehern sind diese kaum erkennbar, die neueren Geräte arbeiten allerdings zumeist mit progressiver Abtastung, bei der die Bildzeilen fortlaufend aufgebaut werden.
- Hier sind die Artefakte sichtbar und werden unter anderem als „Zacken“ wahrgenommen, die ursprünglich durch kurze Verzögerungen bei der Aktualisierung der geraden und ungeraden Zeilen entstanden sind. Denn ursprünglich stellte nur die eine Hälfte der Zeilen im Bild jeweils eine Bewegung dar, während die andere Hälfte aktualisiert wurde.

Zeilensprungartefakte

- Standbilder von Videos, die ursprünglich im Zeilensprungverfahren erzeugt wurden, neigen bei Geräten mit progressiver Abtastung besonders zu Fehldarstellungen
- Werden diese **Standbilder von einem Halbbild** gemacht, reduziert sich die vertikale Auflösung (**Interlace-Faktor**, ca 30%)
- Bei einem **Vollbild** weisen vor allem bewegte Bildelemente kammartige Doppelstrukturen auf und es kommt zu einer unschönen Zackenbildung. So entsteht der sogenannte **Moiré-Effekt** = falsche Überlagerung der Halbbilder



Vollbildverfahren (progressive Scan)

- Beim Vollbildverfahren (auch englisch Progressive Scan, für „fortschreitend durchgeführte Abtastung“) erfolgt der Bildaufbau nicht durch zeilenverschränkte Halbbilder, sondern durch Speisung mit echten Vollbildern (Monitore, Beamer)
- Schärferes Bild, kein Zeilenflimmern
- Fernsehgeräte benötigen für die Übertragung dieses Signals entweder einen analogen VGA- oder YPbPr-Eingang (Component Video) oder einen digitalen DVI-, DisplayPort- oder HDMI-Anschluss

Vollbildverfahren (progressive Scan)

- Die progressive Abtastung wurde ursprünglich in CCD- und CMOS-Sensoren und heute überwiegend in der Bildübertragung verwendet
- Es werden Vollbilder dargestellt, die sich kontinuierlich Zeile um Zeile von oben nach unten aufbauen. Die Darstellung der einzelnen Zeilen eines Progressive-Scan-Bildes erfolgt fortlaufend (= progressiv): zuerst Zeile 1, dann Zeile 2, dann 3, 4, 5, etc
- Im Computerbereich war von jeher die progressive Abtastung üblich. Videokameras der Neuzeit, Flachbildschirme auf Plasma- oder LCD-Technologie sowie Displays und Monitore im Allgemeinen arbeiten heute generell „progressive“. Hierfür steht das „p“ in den Bildratenangaben von Videoformaten (z. B. 24p oder 25p).

De-Interlacing

- Technisches Verfahren, um quasi das einst historisch produzierte Filmmaterial für die Neuzeit bestmöglich aufzubereiten – also Halb- in Vollbilder zu konvertieren
- Moderne Fernsehgeräte sowie DVB-Empfänger, Blu-ray-Player oder Computer verfügen über einen integrierten De-Interlacer, der die Bildfrequenz zumeist automatisch anpasst.
- Jedoch basieren sowohl DVD- als auch antennenbasierte TV-Tunersignale (DVB-T) nach wie vor auf den Standards des Halbbildverfahrens. Insofern bleibt auch zukünftig ein exaktes De-Interlacing äußerst wichtig

De-Interlacing

- Das meiste Videomaterial (z.B. von einer Kamera) besteht aus Halbbildern, genannt "Fields" (Ganzbilder heißen "Frames").
- PAL-TV-Norm : 50 Halbbilder/s
- NTSC -TV Norm: 59,94 Halbbilder/s
- Es gibt fünf De-Interlacing-Mechanismen: Weave, Bob, Skip Field Video, Average und adaptives De-Interlacing

De-Interlacing: Weave

- Annahme PAL – Norm (*NTSC-De-interlacing funktioniert nach dem gleichen Prinzip, nur mit weniger Bildzeilen und mit höherer Geschwindigkeit*)
- Das erste Halbbild enthält "Odd Fields" (ungerade Halbzeilen 1,3,5,7,...575), das zweite Halbbild enthält "Even Fields" (gerade Halbzeilen 2,4,6,8,...576)



- **Weave:** Odd und Even Fields werden gleichzeitig angezeigt. Funktioniert bei Filmmaterial, wenn beide Fields vom selben Zeitpunkt stammen - hier verschränken sich die Halbbilder ohne Auffälligkeiten
- Bei Videomaterial kommt dagegen dies dabei heraus:



Per Weave ineinander verschränkte Fields, jeweils zweimal angezeigt

De-Interlacing: Weave

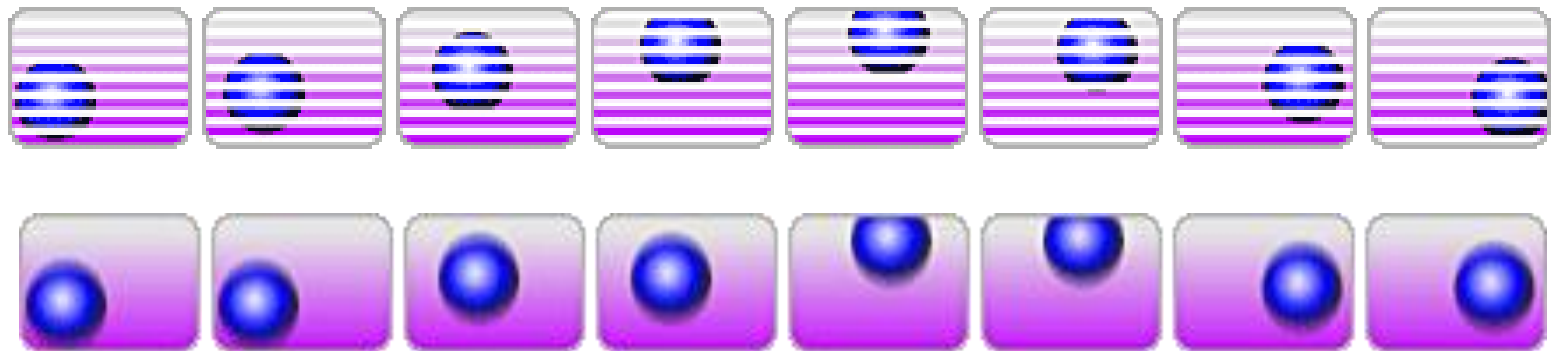
- Die Halbbilder stammen von unterschiedlichen Zeitpunkten, daher passen die Inhalte nicht zusammen
- Bei Bildern mit geringer Bewegung fällt das weniger auf
- Bei Bewegung entstehen Kammartefakte (Weaves)
- Streng genommen handelt es sich bei Weave um gar kein De-Interlacing, da hier nur Halbbilder ohne Aufwand zusammengemischt werden
- Da Weave die Bildwiederholrate halbiert (aus zwei mach eins), wird jedes zusammengemischte Bild zweimal angezeigt

De-Interlacing: Skip Field Video

- Vermeidung von Kammartefakten: die fehlenden Zeilen jedes Halbbilds werden per Interpolation aus den vorhandenen umliegenden Zeilen berechnet.
- Einfachste Interpolationsmöglichkeit ist, die fehlende Zeile aus den zwei umfassenden Zeilen zu gewinnen
- Bessere De-Interlacer berücksichtigen bis zu sechs Zeilen
- Zeigt man die interpolierten Bilder aber nacheinander an, wackelt das Bild merkbar vertikal, weil sich die De-Interlacer damit schwertun, die jeweils erste oder letzte im Halbbild fehlende Zeile zu interpolieren
- Dieses Flackern fällt auch bei horizontalen Linien auf, am schlimmsten bei Jalousien oder ähnlich filigranen Strukturen und bei Texteinblendungen.

De-Interlacing: Skip Field Video

- Die einfachste Methode das Flackern zu vermeiden:
- jedes zweite Halbbild wird einfach weggelassen (daher Skip-Field) und die fehlenden Zeilen der verbleibenden Halbbilder werden interpoliert



Vier per Interpolation ergänzte Fields, jeweils zweimal angezeigt

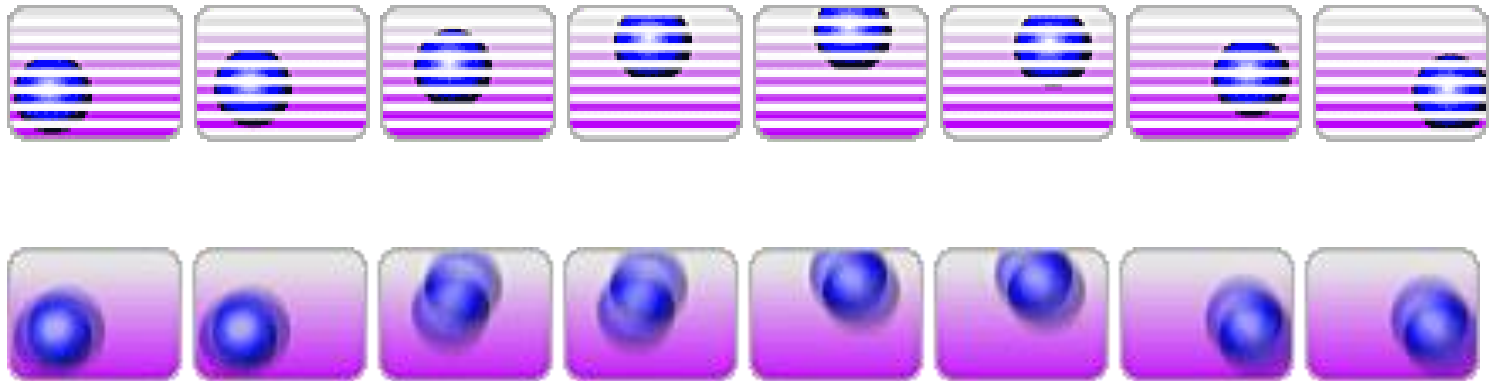
- Nachteil: Bewegungen wirken deutlich abgehackt. Alles, was nur in den Even Fields angezeigt wird, geht ganz verloren
- Die Bildwiederholrate wird halbiert, daher werden die ungeraden interpolierten Bilder jeweils zweimal angezeigt

De-Interlacing: Averaging

- Microsoft hat Skip Field Video als nicht akzeptierbar klassifiziert und gibt keinem DVD-Decoder sein WHQL-Siegel (es gibt trotzdem Player, die Skip Field Video machen...)
- Folglich mussten sich die DVD-Player-Hersteller etwas anderes ausdenken
- Das Ergebnis ist auch nur ein Kompromiss, wird aber von den meisten DVD-Playern verwendet
- Bei jedem der beiden Halbbilder mit Odd und Even Fields werden die fehlenden Zeilen interpoliert, danach werden die beiden Halbbilder gleichberechtigt zusammengemischt, um Flackern zu vermeiden

De-Interlacing: Averaging

- Nachteil: Bewegte Elemente verwischen deutlich
- Auch Averaging halbiert die Bildwiederholrate und zeigt jedes der zusammengematschten Bilder zweimal an



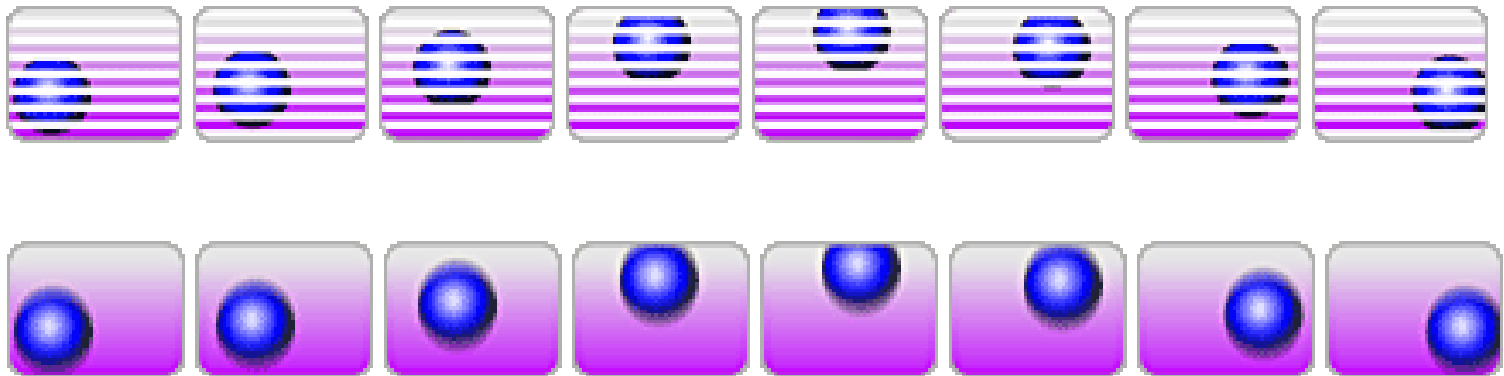
Acht interpolierte und miteinander vermischte Fields, jeweils zweimal angezeigt

De-Interlacing: Bobbing

- Problem mit der Methode, für jedes Halbbild die fehlenden Zeilen zu interpolieren und diese Bilder dann bei voller Bildwiederholrate auszugeben: horizontale Strukturen
- Die Ergebnisse eines Interpolationsalgorithmus, dessen Wirkung sich auf das gerade aktuelle Bild beschränkt, bleiben prinzipbedingt immer geringfügig hinter der Qualität echter Vollbilder zurück
- Die fehlenden Zeilen werden "hinzugedichtet"
- Besonders unangenehm fällt dies in der ersten und letzten Zeile des Bildes auf - bei deren Berechnung kann die Interpolation nur noch raten
- Horizontale Strukturen und eingblendete Schriftzüge zeigen immer ein leichtes auf und ab - daher heißt das Verfahren "bobbing" (to bob = wackeln).

De-Interlacing: Bobbing

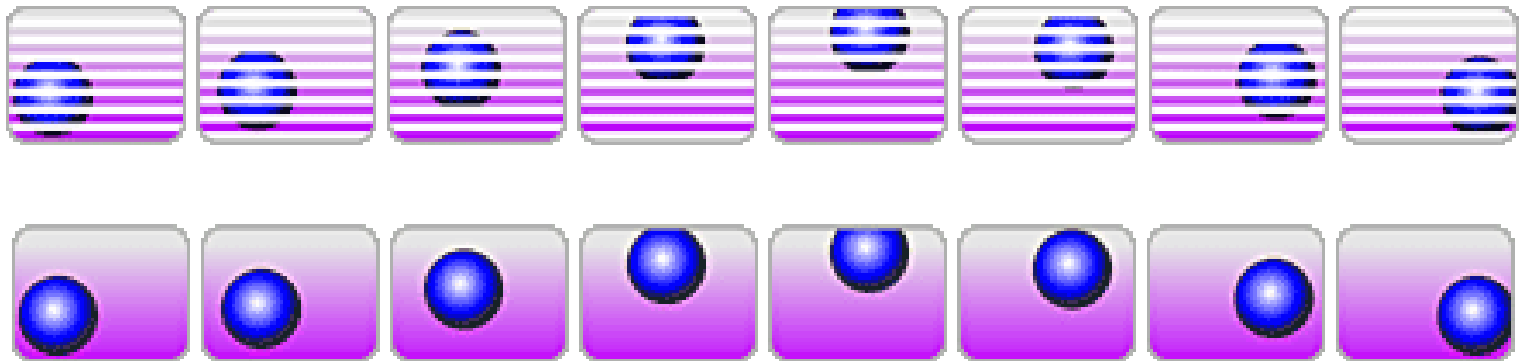
- Bobbing erhält die Bildwiederholrate des Originalmaterials
- Viele Hardware-Deinterlacer arbeiten mit Bobbing



Acht interpolierte Fields, nacheinander angezeigt

Adaptives De-Interlacing

- Ein adaptiver De-interlacer berücksichtigt bei der Ergänzung der fehlenden Zeilen nicht nur die vorhandenen Zeilen des aktuellen Halbbilds, sondern auch die Zeilen der umliegenden Halbbilder
- Der Algorithmus vergleicht die Inhalte des aktuellen Halbbilds mit denen der umliegenden Fields und ergänzt die Bereiche, für die er dort Entsprechungen findet, mit den gefundenen Informationen. Bereiche, für die der adaptive Deinterlacer keine Gegenstücke findet, werden per Interpolation ergänzt



Acht mittels adaptivem De-interlacing vervollständigte Fields, nacheinander angezeigt

Adaptives De-Interlacing

- Im Idealzustand können alle fehlenden Bereiche aus den umliegenden Fields ergänzt werden
- Das Ergebnis ist dann scharf und weist dieselbe Bildwiederholrate auf wie das Originalmaterial
- Einige Grafikkarten arbeiten mit adaptivem De-interlacing, berücksichtigen dabei aber oft nur die beiden Halbbilder aus der unmittelbaren Umgebung
- Gute Adaptive De-interlacer arbeiten mit prädiktiven Modellen bis zu fünf Bilder in die Zukunft und in die Vergangenheit
- Aber: Je mehr Bilder der Algorithmus berücksichtigt, desto mehr verzögert sich die Ausgabe. Wenn der DVD-Player die Tonausgabe nicht entsprechend verzögert, kann es zu merklichen Verschiebungen kommen.

Pulldown

- Möchte man einen Kinofilm (24 Vollbilder) für PAL (50 Halbbilder) optimieren, ist dies nicht ganz so einfach zu realisieren
- Der Trick besteht darin, dass bei einer PAL-DVD anstatt der 24 Bilder im Original 25 überspielt werden (2:2-Pulldown)
- Mit dem 2:2-Pull-down ist es möglich, diese Verschiebung wieder zu korrigieren und somit wieder ein progressives Bildmaterial zu erhalten
- Ein Kinofilm auf einer DVD läuft also minimal schneller
- Die Laufzeit verkürzt sich um ca. vier Prozent
- Das 2:2-Pull-down ist bei TFT- und Plasma-Fernsehern von großer Bedeutung, da diese Bildschirme nur Vollbilder darstellen können

PAL

- 576 Bildzeilen mit 720 Pixel Länge
- Bildwiederholrate: 50 Hz (50 Halbbilder pro Sekunde)
- PC-DVD-Player zeigen 4:3-im Fenstermodus meist als 720x576.
- PC-DVD-Player zerren 16:9-Bilder im Fenstermodus meist auf 1024x576 Pixel.
- Für PAL-Transfers wird das Bild um vier Prozent beschleunigt (von 24 fps auf 25fps). Dadurch laufen die Filme 1,04-mal schneller und sind dementsprechend um 4 % kürzer
- Die beschleunigten Bilder werden beim Encoding in Halbbilder zerlegt und lassen sich von einem Progressive DVD Player ohne Judder wieder zusammenfügen

Pulldown

- 3:2-Pull-down ist ein Verfahren zur Umwandlung eines Filmsignals in ein NTSC-Fernsehsignal
- NTSC-Standard: 29,97 fps, Kinofilme 24 fps
- Umwandlung eines Filmsignals in ein NTSC-Fernsehsignal in zwei Schritten
- Filmsignal wird um etwa 0,1 % verlangsamt
- je 1001 Sekunden werden 1000 Sekunden des originalen Filmmaterials abgespielt. Dieser Unterschied ist so gering, dass er für einen Zuschauer nicht bemerkbar ist.
- Filmsignal hat nun eine Geschwindigkeit von 23,976 fps, somit stehen 4 Einzelbilder im Filmsignal 5 Einzelbildern im NTSC-Signal gegenüber

$$\frac{23,976}{29,97} = \frac{4}{5}$$

Pulldown

- Die vier Einzelbilder werden im zweiten Schritt unter Zuhilfenahme des Zeilensprungverfahrens auf fünf Bilder gestreckt:
- Ein Vollbild wird dabei in Halbbilder zerlegt. Aus jedem Kinobild werden abwechselnd zwei oder drei Halbbilder erzeugt: Das erste Vollbild wird zwei Halbbilder lang gezeigt, das zweite Vollbild drei Halbbilder lang, das dritte Vollbild wieder zwei Halbbilder lang usw.
- Dadurch ergeben sich die gewünschten 59,94 Halbbilder (=29,97 Bilder) pro Sekunde für NTSC
- Bei Einstellungen mit feststehender Kamera oder bei schnellen Schwenks ist dies so gut wie nicht erkennbar, bei langsamen Kameranachschwenks ergibt sich allerdings ein merkliches Ruckeln im Bewegungsablauf

NTSC

- 480 Bildzeilen mit 720 Pixel Länge
- Bildwiederholrate: 60 Hz (genau: 59,94 Halbbilder pro Sekunde)
- PC-DVD-Player stauchen 4:3-Bilder im Fenstermodus meist auf 640x480.
- PC-DVD-Player zerren 16:9-Bilder im Fenstermodus meist auf 853x480 Pixel.
- Zum Transfer von Filmen (24 fps) nach NTSC wird das Bild geringfügig verlangsamt und mit 3:2-Pulldown auf DVD gebannt.
- Aus vier Filmbildern (1,2,3,4) werden zehn Halbbilder gewonnen (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b), die ein PC-Player wieder zu vier Ganzbildern zusammenflickt (1ab, 2ab, 3ab, 4ab) und unterschiedlich oft ausgibt (1, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4). Dabei entsteht ein leichtes Ruckeln ("Judder")