

B.N.4.2.1.1

Analoge und digitale Verfahren II: Video

Teil 7

Fernseh-Farbsignalmodulation

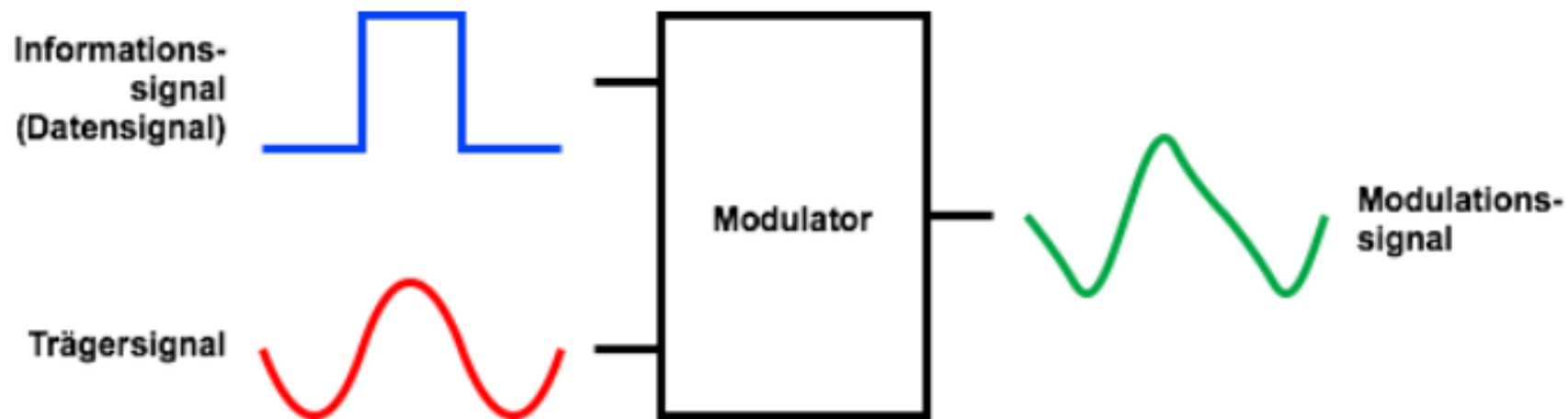
Farbfernsehsysteme:

NTSC, PAL, SECAM

Nadja Wallaszkovits

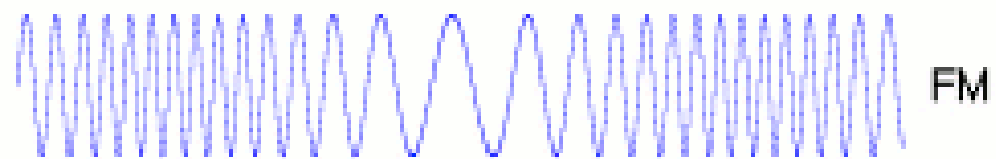
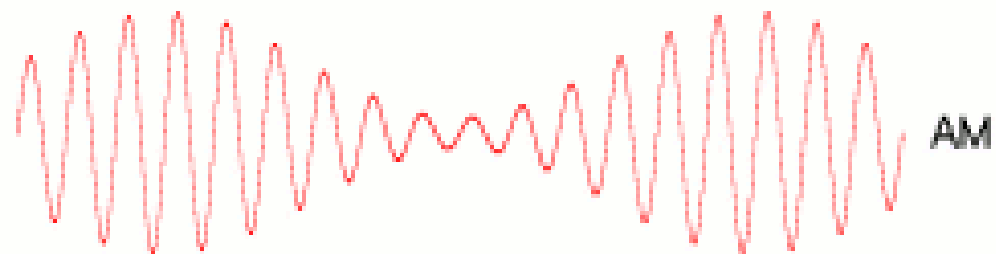
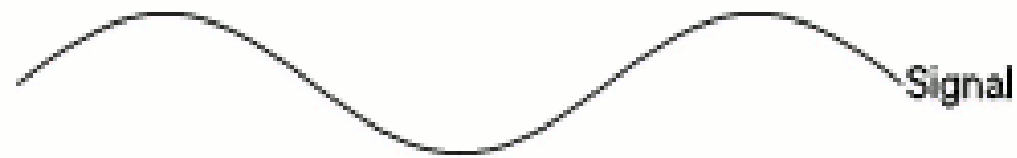
Wie funktioniert Modulation?

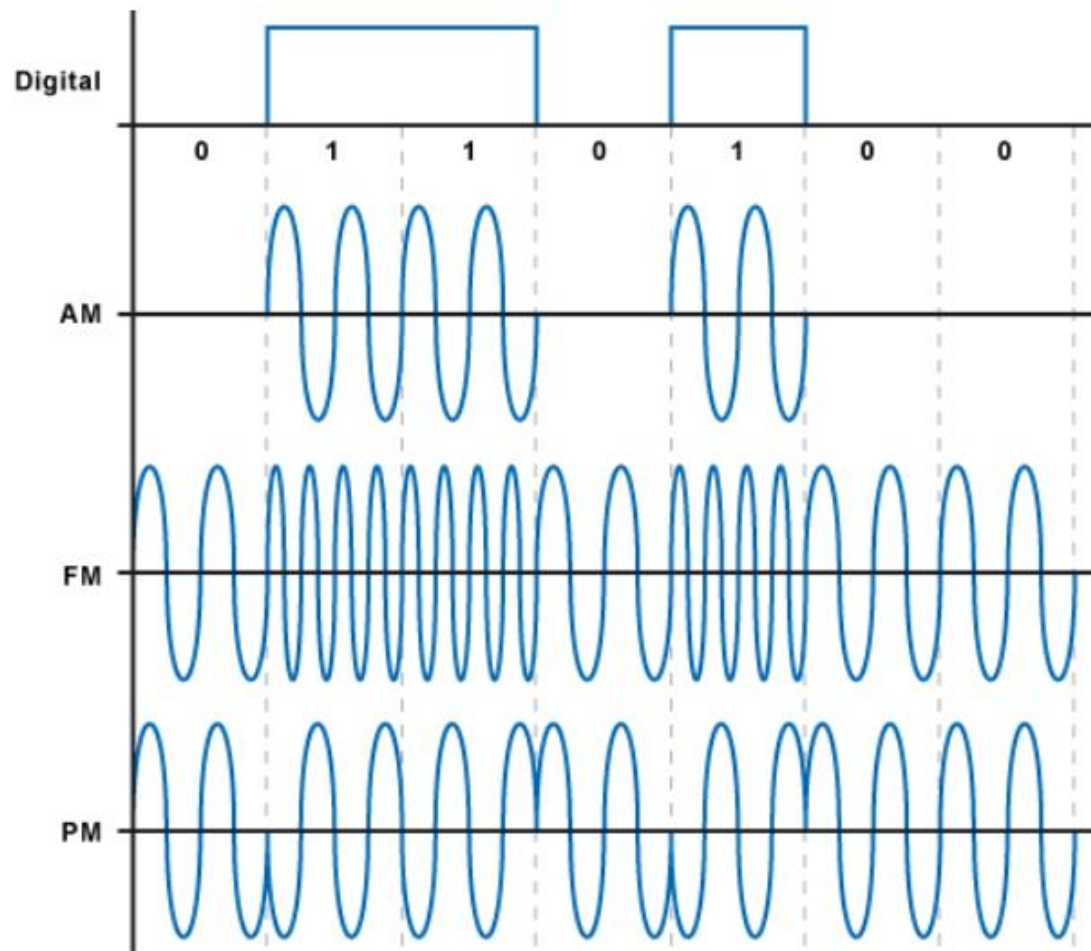
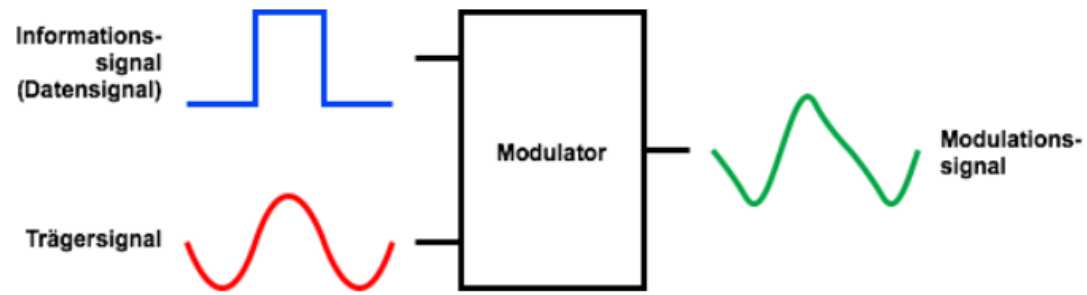
- Mathematisch gesehen ist die Modulation eine **Multiplikation von Träger- und Informationssignal**. Die Funktion wird von einem **Modulator**, der auch als Mischer (engl. Mixer) bezeichnet wird, vorgenommen. Den Modulator gibt es als Funktion, Bauteil oder diskrete Schaltung.
- Um Träger- und Informationssignal zusammenzuführen, werden die Signale schaltungstechnisch addiert.
- Dann wird dieses Signal (lineare Frequenz) in ein Signal mit einer nichtlinearen Frequenz umgewandelt. Im einfachsten Fall wird das von der Basis-Emitter-Strecke eines Transistors erledigt. Da diese Diodenstrecke nichtlinear ist (Diodenkennlinie), entsteht ein modulierte Signal, das weitere Frequenzen enthält, die im Ursprungssignal nicht enthalten sind.



Wie funktioniert Modulation?

- Jedes elektrische Signal hat drei Merkmale (Signalparameter):
 - Amplitude**
 - Frequenz**
 - Phase (Polung)**
- Bei der Modulation wird einer oder mehrere dieser Signalparameter des Trägersignals durch das Informationssignal verändert bzw. moduliert
- Das Informationssignal, das auch als Modulationssignal bezeichnet wird, wird dem Trägersignal aufgedrückt. Dabei verändert sich die Signalform





Wie funktioniert Modulation?

- Einfache Modulationsverfahren verändern den Signalparameter nur einmal pro Übertragungsschritt. Bei digitalen Informationssignalen pendelt das Signal im einfachsten Fall nur zwischen zwei Zuständen. Dabei wird pro Übertragungsschritt (Symbol) ein Bit übertragen.
- Komplexere Modulationsverfahren ändern die Signalmerkmale mehrmals pro Schritt (Symbol). Dabei wird pro Symbol mehr als ein Bit übertragen.
- Um die Wirksamkeit und Effizienz zu erhöhen, werden Modulationsverfahren miteinander kombiniert. Die Modulationsdichte steigt. Dadurch können pro Übertragungsschritt mehr Daten übertragen werden.

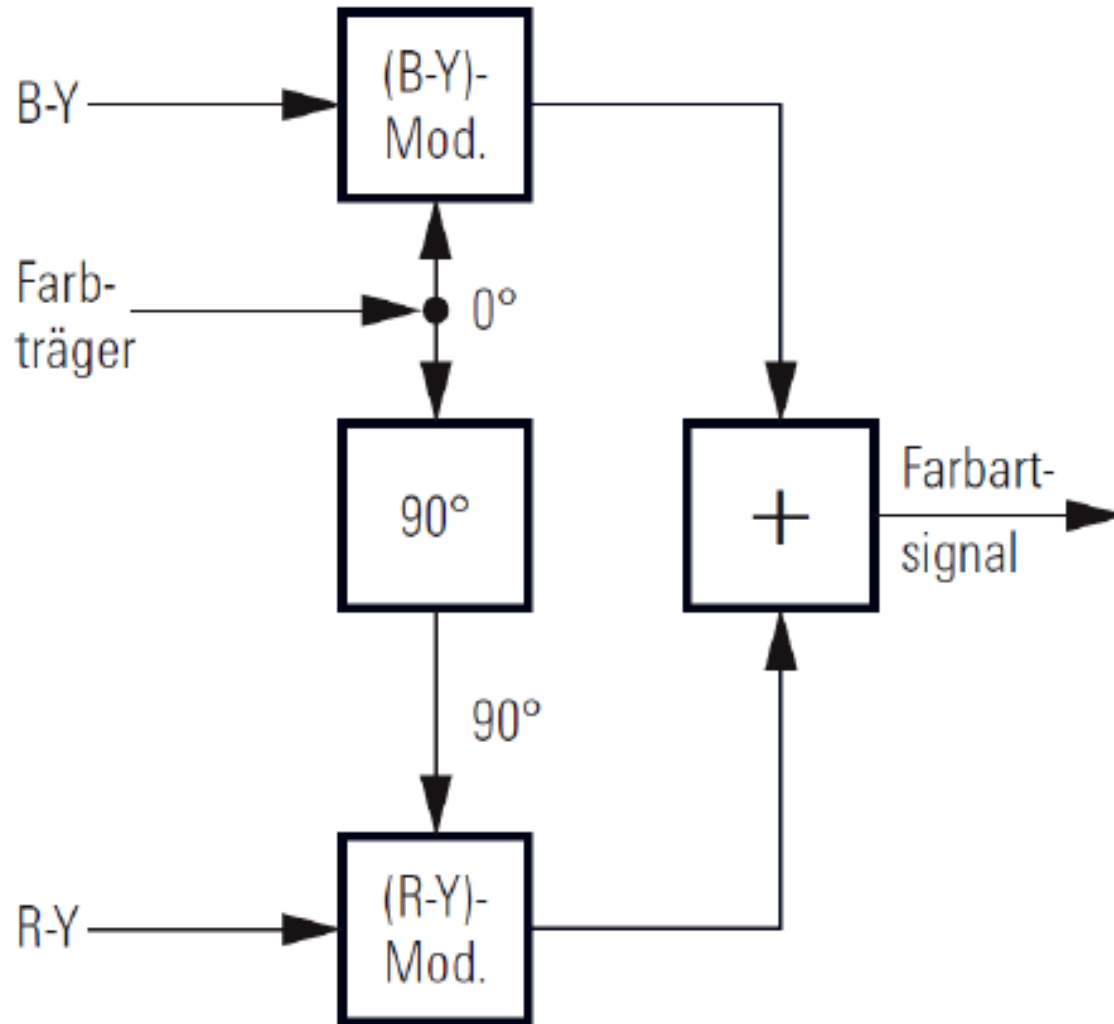
Modulation und Synchronisation

- Ähnlich wie bei der Synchronisation des BAS-Signals muss es beim Farbvideosignal (FBAS) gelingen, im Fernsehempfänger die für die Übertragung zusammengefassten Farbdifferenzsignale beziehungsweise die addierten Y- und C-Amplitudenwerte wieder getrennt zu gewinnen
- Dafür wird sowohl beim NTSC- als auch beim PAL-Verfahren eine sogenannte Doppel-Amplitudenmodulation oder auch **Quadraturamplitudenmodulation** (QAM) verwendet
- Dabei handelt es sich um eine **kombinierte Amplituden- und Phasenmodulation**.

Quadraturamplitudenmodulation

- Im Prinzip werden die Signale jeweils per Amplitudenmodulation auf einen Träger gleicher Frequenz, jedoch mit um 90° verschobener Phase, moduliert. Anschließend werden die beiden derart modulierten Trägerschwingungen addiert.
- Zur Demodulation ist – im Unterschied zu z. B. der beim Rundfunk auch benutzten Amplitudenmodulation (AM) – das Trägersignal in gleicher Phase wie beim Sender vonnöten; es muss also aus dem Empfangssignal rekonstruierbar sein – was bei der Kodierung der übertragenen Signale berücksichtigt werden muss.

Schema Quadraturamplitudenmodulation



https://www.elektroniktutor.de/signalkunde/qam_ana.html

Farbfernsehsysteme

- Technisch gesehen unterscheiden sich die Verfahren zur Farbfernsehübertragung (NTSC, PAL, SECAM) vor allem hinsichtlich der Modulation des Farbträgers.
- Allerdings weist das PAL-Verfahren gegenüber NTSC eine wesentlich geringere Störanfälligkeit sowohl im Bereich der statischen als auch differentiellen Phasenfehler auf

Farbfernsehsysteme: NTSC-Verfahren

- Zu Beginn der 1950er Jahre wurde in den USA das erste Farbfernsehsystem standardisiert, das NTSC-Verfahren (National Television Systems Committee)
- Allerdings musste diese Farbe seinerzeit von Hand eingestellt werden, und zwar mehrfach während einer Sendung (!) Ein zentrales Problem von NTSC, das erst im Laufe der Jahre verbessert werden konnte (Instabilität der Farbe)
- Da es ebenfalls noch keine Fernbedienung gab, mussten die Zuschauer an den Geräten immer wieder aufstehen, was den NTSC-Empfängern auch die scherzhafte Bezeichnung „slimming machines“ einbrachte
- NTSC scherzhaft „Never The Same Color“

Farbfernsehsysteme: NTSC-Verfahren

- NTSC beziehungsweise die FCC-M-Norm ist in den USA bis heute gültig. Mit einer Videobandbreite von 4,2 MHz und einem Bild-Tonträger-Abstand von 4,5 MHz basiert diese Norm auf dem Zeilensprungverfahren, bei dem 60 (eigentlich nur 59,94) Halbbilder pro Sekunde und 525 Zeilen pro Vollbild übertragen werden
- Da die Videobandbreite oder auch maximale Frequenz 4,2 MHz beträgt, wurde für die Farbhilfsträger-Frequenz ein optimaler Wert von 3,6 MHz festgelegt. Die Bildwechselfrequenz wurde gegenüber dem Schwarz-Weiß-Fernsehen von 30 Hz auf 29,97 Hz reduziert.
- Grund dafür waren Kompatibilitätsgründe und die Vermeidung beziehungsweise Minimierung von Interferenzen zwischen den Ton- und Farbhilfsträger-Frequenzen (Abstand: 4,5 MHz). Denn die Tonträger-Frequenz sollte genau das 286-fache der Zeilenfrequenz betragen.

Farbfernsehsysteme: PAL-Verfahren

- Über zehn Jahre später (Mitte der 1960er Jahre) eingeführt, verfügte dieses System über eine deutlich bessere Farbtondarstellung
- Die Farbe musste nicht per Hand justiert werden
- Ein Grund für die bessere Farbqualität war die Erfindung des Fernsehponiers Walter Brauch, der seinerzeit das PAL-System entwickelte. Anders als beim NTSC addiert PAL zu einer Farbtonabweichung deren negative Kopie. Somit kompensiert das System auftretende Farbfehler. Durch diese Drehung beziehungsweise Spiegelung der Farbinformation um 180 Grad bei der Übertragung erhielt das System auch seinen Namen: Phase Alternating Line

Farbfernsehsysteme: PAL-Verfahren

- Bei PAL wird eine **Verzögerung des Farbartsignals** um die Dauer einer Zeile ($64\ \mu\text{s}$) vorgenommen, die sogenannte **PAL-Umschaltung**.
- Anschließend werden das verzögerte und das unverzögerte Signal addiert, sodass jeweils zwei entgegengesetzt gerichtete Phasenfehler zeitlich zusammenfallen, die sich gegeneinander aufheben.
- Nach Reduzierung auf den halben Amplitudenwert resultiert daraus ein sogenanntes „Signal Fres“, dessen Phasenwinkel mit dem des gesendeten Farbartsignals identisch ist. Damit bleibt der ursprüngliche Farbton grundsätzlich erhalten, weist aber eine geringere Entsättigung auf. Deshalb kann es zu Verfälschungen des Farbübergangs kommen, da hier davon ausgegangen wird, dass sich die Farbart in zwei aufeinanderfolgend übertragenen Zeilen nicht verändert. Jedoch nimmt das menschliche Auge bei horizontal verlaufenden Farbkanten verfälschte Farbübergänge nicht wahr.

Farbfernsehsysteme: SECAM-Verfahren

- Séquentiel Couleur à Mémoire (SECAM)
- man könnte schließen, dass dieses Verfahren in Frankreich entwickelt wurde, obwohl dort ursprünglich PAL zur Anwendung kam. SECAM wurde insbesondere im sogenannten Ostblock (außer Rumänien) sowie in Griechenland und – jedenfalls anfänglich – im französischsprachigen Teil Belgiens verwendet.
- Auch das SECAM-Verfahren geht wie PAL von der Annahme aus, dass das menschliche Auge eine verringerte Farbauflösung nicht wahrnimmt oder zumindest nicht als störend empfindet. Da sich auch hier die Farbinformation nicht wesentlich von Zeile zu Zeile ändern, müssen die Farbdifferenzsignale ($B - Y$) und ($R - Y$) auch nicht gleichzeitig, sondern vielmehr aufeinanderfolgend (pro Zeile) übertragen werden.

Farbfernsehsysteme: SECAM-Verfahren

- Das Signal einer Zeile wird somit im Empfänger für die Dauer einer Zeile ($64 \mu\text{s}$) gespeichert und anschließend gemeinsam mit dem Signal der folgenden Zeile verarbeitet. In diesem Zusammenhang spricht man von einer sogenannten **Verzögerungsleitung**.
- SECAM = „fortlaufendes Verfahren mit Speicher“
- Aufgrund der getrennten Übertragung der Farbdifferenzsignale ist es möglich, die Modulationsart frei zu wählen. SECAM arbeitet mit der **Frequenzmodulation**, was dieses Verfahren weniger störanfällig macht. Dies begründet sich unter anderem in der Tatsache, dass nicht über die Phasenlage des Farbsignals die Farbinformationen übertragen werden, sondern über die Frequenz des Farbsignals, die wesentlich weniger von den Ausbreitungsbedingungen beeinflusst wird. Deshalb muss auch keine Farbkorrektur vorgenommen werden.

Farbfernsehsysteme: SECAM-Verfahren

- SECAM-Verfahren: systembedingte Schwächen
- Frequenzmodulation trifft an ihre physikalische Grenzen
- So muss die Bezugsfrequenz des Demodulators äußerst konstant gehalten werden, damit es zu keiner Verfälschung der demodulierten Farbdifferenzsignale kommt.
- Dies ist mit einem höheren Aufwand verbunden. Denn der Farbträger wird im SECAM-Verfahren nicht unterdrückt, was bedeutet, dass vor allem wenig gesättigte Farben in einem Schwarzweiß-Empfänger (trotz Farbträgeroffset) ein Störmuster (Rauschstörungen) hervorrufen. Um solche Störungen zu verhindern, erfolgt sendeseitig eine Absenkung des Farbträgers (Preemphasis) und im Empfänger eine anschließende Anhebung (Deemphasis). Gerade in diesem Zusammenhang wurde das SECAM-Verfahren weiterentwickelt.

Farbfernsehsysteme: Zusammenfassung

- Bildfrequenz (Halbbilder/sec):

NTSC: 59,94

PAL / SECAM: 50

- Zeilenanzahl:

NTSC: 525 Zeilen

PAL / SECAM: 625 Zeilen

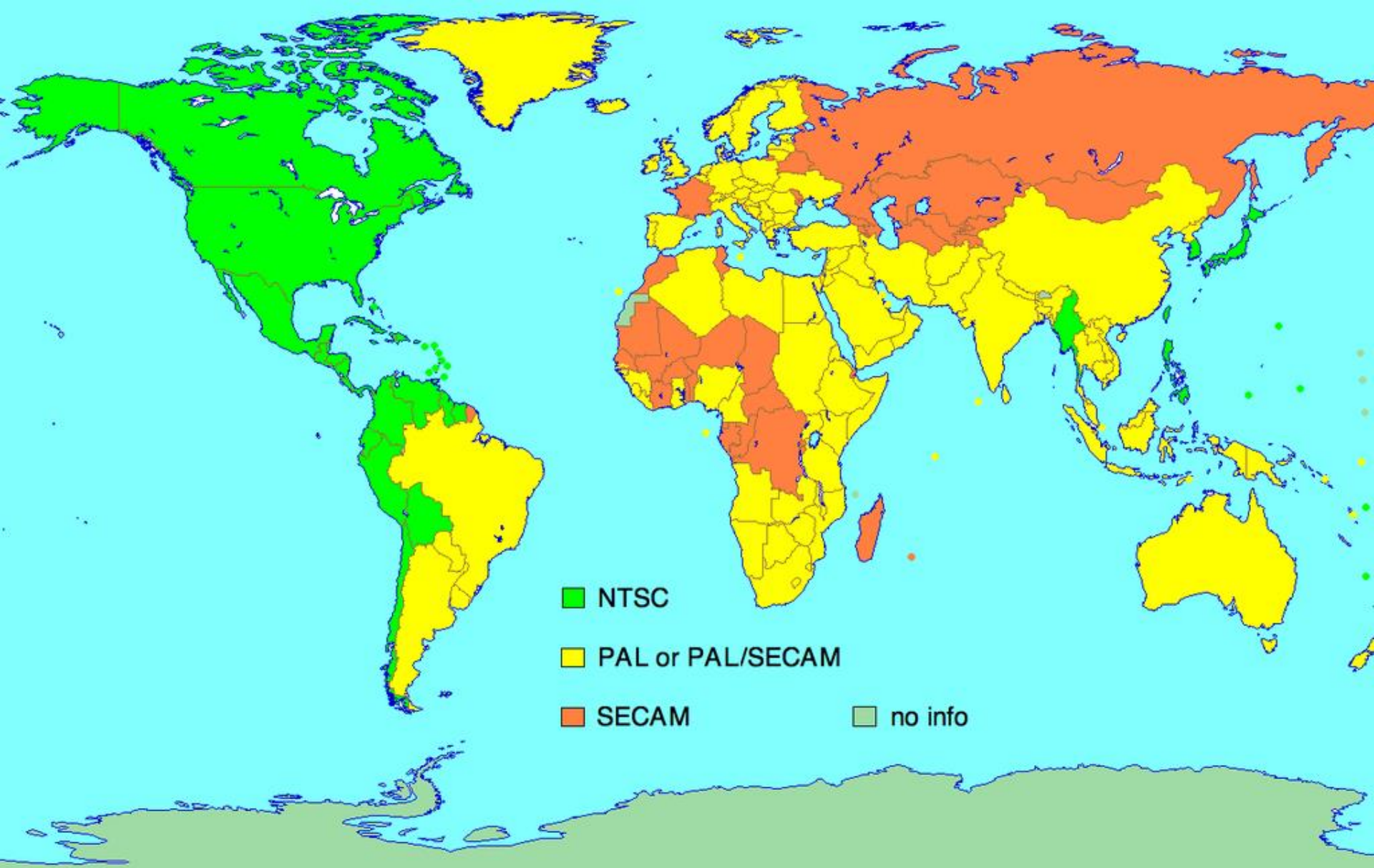
NTSC benötigt eine Farbsteuerung, während PAL und SECAM nicht

NTSC und PAL verwenden QAM, während SECAM FM

NTSC und PAL senden die roten und blauen Farben zusammen, während
SECAM sie abwechselnd

DIE WICHTIGSTEN FERNSEH-NORMEN IM ÜBERBLICK

	PAL	NTSC	PAL60	NTSC4.43
Zeilen gesamt	625	525	525	525
Zeilen sichtbar	576	480	480	480
Halbbilder/Sekunde	50	59,94	59,94	59,94
Farbträger [MHz]	4,43	3,58	4,43	4,43



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=81685>