

1.12 Bildqualitätsanalyse

Ausstrahlende Programme dürfen nur überhalb eines festzulegenden Bildqualitätsbereichs die Produktion verlassen. Der Zuschauer am heimischen Fernsehgerät soll ja immer mit einer Mindestbildqualität versorgt sein, die vom Programmanbieter vorgegeben wird. Deshalb ist neben dem MPEG2 Protokoll, das mit DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER oder mit DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR überwacht wird, auch die MPEG2 Kodierqualität am Studioausgang zu vermessen.

In ITU-R BT. 500 werden zwei Methoden beschrieben, die zur subjektiven Bildqualitätsbeurteilung führen.

Die erste nutzt ein Referenzbild um im direkten Vergleich die Qualität des zu beurteilenden weiterverarbeiteten Bildes mit guter Genauigkeit zu ermitteln. Diese Methode ist DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) genannt und liefert für "off line" Betrieb, also nicht während des laufenden Programms, sehr gute Werte.

Die zweite Methode versucht direkt anhand des zu beurteilenden schon weiterverarbeiteten Bildes die Qualität während des laufenden Programmes zu bestimmen. Ein Referenzbild wird nicht benötigt. Diese Methode ist SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) genannt und ist für Überwachungszwecke am z.B. am Studioausgang optimal geeignet. Hier ist ja nur das bereits MPEG2 kodierte Bild in TS Paketen verpackt vorhanden, ein Referenzbild fehlt.

Die Skala zur Beurteilung der Bildqualität hat nach ITU-R BT.500 fünf Stufen:

Excellent, Good, Fair, Poor und Bad. Die fünf Qualitätsstufen sind auch auf eine numerische Skala von 100 bis 0 projiziert.

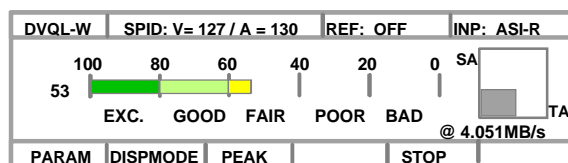


Bild 1.18 Die Qualitätsskala nach ITU-R BT.500

Es ist also ein Verfahren zu finden, das aus den dekodierten MPEG2 Daten mit Hilfe einer Bewertungsgleichung, die die Eigenschaften des durchschnittlichen menschlichen Auges und die entsprechende Verarbeitung der Sehnervinformationen im Gehirn, nachbildet. Mit Hilfe dieser Gleichung wird die objektive Bildqualität berechnet.

Wichtige Parameter in dieser Gleichung sind auch:

TA Temporal Activity und
SA Spatial Activity

TA beschreibt die momentane Bewegung (Änderung des Bildinhaltes über der Zeit) des zu messenden dekodierten Bildes, während SA die Komplexität des Bildaufbaues wiedergibt. Beide Parameter beeinflussen die Bildqualität nach der MPEG2 Kodierung.

Die Eigenschaften des durchschnittlichen menschlichen Auges und der entsprechenden Verarbeitung der Sehnervinformationen im Gehirn verdecken meistens Kodierfehler bei schnellen Bewegungen (d.h. bei hoher TA). Obwohl zum Beispiel bei stark bewegtem, spritzendem Wasser, das vom Bildinhalt her sehr nahe an weißem Rauschen liegt (d.h. bei hoher SA), objektiv ein hohes Maß an Blockingeffekten meßbar ist, wird die bewertete Bildqualität trotzdem nicht sehr niedrig sein. Ist allerdings wie in Bild 1.20 die TA so hoch, daß die MPEG2 Kodierung von Vollbild zu Vollbild, wie in der Praxis üblich, fast keine Korrelation mehr findet, wird auch die Bildqualität zu solchen Zeitpunkten niedrig sein.

Im DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER ist ein patentiertes Verfahren zur Bildqualitätsbewertung eingesetzt. Es basiert auf objektiv meßbaren MPEG2 Artefakten, die nach Kodierung und Dekodierung entstehen. Man kann nachweisen, daß die Amplitudendifferenzen benachbarter Pixel innerhalb von Pixelblocks kleiner sind und in einem engen Toleranz-schlauch liegen, setzt man sie in Vergleich zu Pixeldifferenzen, die an Pixelblockgrenzen liegen.

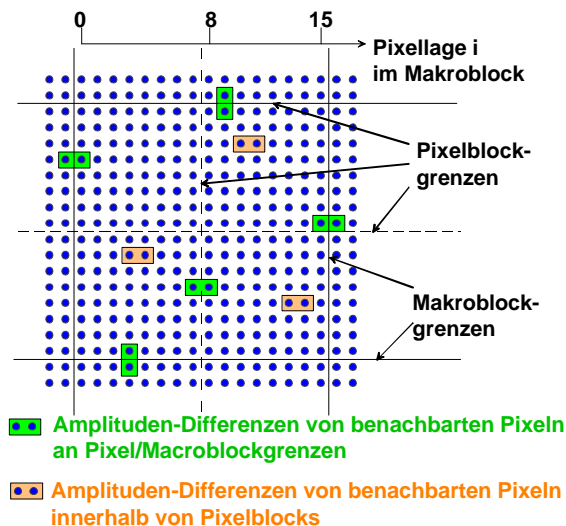


Bild 1.19 Berechnung der Pixelblockdifferenzen

Dies liegt in der Quantisierung der DC-Koeffizienten bei der MPEG2 Kodierung begründet. Sind die Differenzen an den Blockgrenzen zu groß, so macht sich dies als "Blocking" bemerkbar, was die Bildqualität entscheidend beeinflusst.

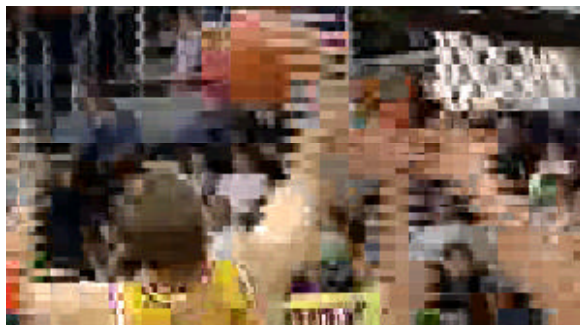


Bild 1.20 Starke "Blocking" Effekte

Mit dem DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER sind solche schlechten Kodierungsergebnisse leicht aufzuspüren. Dem Zuschauer zu Hause kann immer ein Mindestmaß an Bildqualität garantiert werden, weil der DVQ beim Unterschreiten einer Toleranzgrenze Qualitätsalarm auslöst.

DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER



Kurzdaten

Signaleingänge	ASI, SPI ITU-R BT.601 und AES/EBU
Kodierungsformate Video	MPEG2 MP@ML, MPEG2 4:2:2P@ML
Audio	MPEG1 Layer 1 und 2 Dolby® AC-3
Ereignisse im REPORT (Anzeige mit LEDs)	Bildausfall Bildstillstand Qualitätstoleranz unterschritten Tonausfall links Tonausfall rechts
Messwerte	TA (Temporal Activity) zeitliche Bildaktivität SA (Spatial Activity) Komplexität des Bildaufbaus Bildqualität unbewertet Bildqualität bewertet
Alarmausgänge	12 erdfreie Relaiskontakte
Decoderausgänge Video	1x FBAS 1x ITU-R BT. 601,
Audio	2x analog Audio R/L 1x AES/EBU
Schnittstellen	RS 232-C Ethernet 10 Base T

1.12.1 Messungen mit DVQ und DVQM

Mit der SCAN Funktion des DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER ist es möglich alle im TS enthaltenen Programme nacheinander auf die Qualitätsparameter hin zu untersuchen. Solange nur zwei bis drei Programme zu überwachen sind, ist diese Monitoringmethode sinnvoll. Mit einer Meßzeit von knapp 10s pro Programm ist ein Meßzyklus nach wenig mehr als 20s abgeschlossen. Müssen aber mehr Programme vermessen werden, sind für eine Meßschleife schnell bis zu 2 Minuten anzusetzen, was nicht mehr als Monitoring bezeichnet werden kann. Für diesen Anwendungsfall ist die parallele Überwachung aller Programme eines TS dringend nötig.

Zur Erinnerung: Die Datenraten bei DVCB-C im UHF 8 MHz Kanal und bei DVB-S im 33 (36) MHz Transponder liegen bei ca. 38 Mbit/s, was etwa 7 bis 10 Programmen im TS entspricht.

Die Lösung heißt dann DVQM MULTI CHANNEL QUALITY ANALYZER, mit dem bis zu 12 Programme eines Transportstroms parallel überwacht werden können. Die Meßplatine eines DVQ ist in einem 19" Gestell bis zu 12 mal eingesteckt. Sind verschlüsselte Programme im TS enthalten, so können diese mit Hilfe der "Descrambling Optionen" entschlüsselt und vermessen werden. Die Anzahl der überwachbaren verschlüsselten Programme pro DVQM verringert sich dadurch auf 6 (siehe auch Kurzdaten DVQM)

Die DVQM Frontplattensignalisierung ist für alle 12 Programme in einem LED Feld an der Frontplatte zusammengefaßt. Mit Hilfe der zum Lieferumfang gehörenden Software DTV NETVIEW sind alle Qualitätsparameter (der Parameter DVQL optional) auch fernbedient abzufragen.

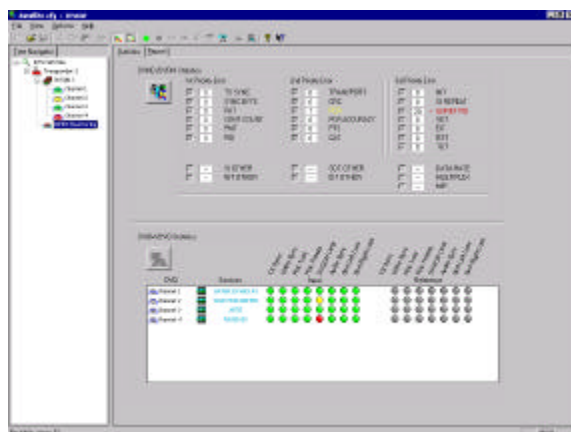


Bild 1.21 DTV NETVIEW Menue zur simultanen Kanalüberwachung

Zusätzlich ist mit dem QUALITY MONITOR (freie über die Homepage von R&S ladbare Software zum DVQ und DVQM) die Langzeitüberwachung von

DVQL-W Bildqualität (optional bei DVQM)
(Digital Video Quality Level Weighted)

TA (Temporal Activity) zeitliche Bildaktivität

SA (Spatial Activity) Komplexität des Bildaufbaus und die

Bitrate

für alle Programme durchführbar, egal ob der TS mit CBR (Constant Bit Rate) oder mit VBR

(Variable Bit Rate) im Statistical Multiplex kodiert ist.

Quality Monitor bei CBR

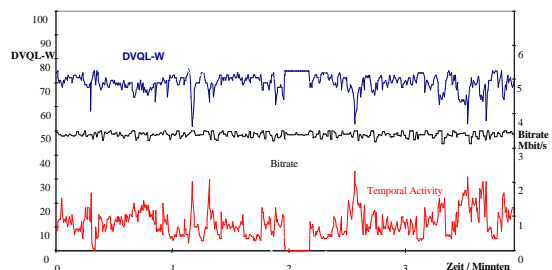


Bild 1.22 Beispiel zum QUALITY MONITOR mit CBR

Auffällig ist hier der Zusammenhang von kurzzeitiger Spitzen-TA verbunden mit kurzzeitiger niedriger Bildqualität, wie es bei harten Szenenwechseln auftritt. Ein weiterer bemerkenswerter Punkt ist bei TA = 0 (bei 2 min) bei dem sich die maximale Bildqualität bei der vorgegebenen konstanten Datenrate einstellt.

Quality Monitor bei VBR

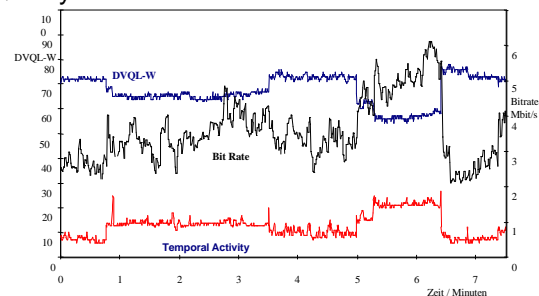


Bild 1.23 Beispiel zum QUALITY MONITOR mit VBR (Statistical Multiplex)

Bei niedriger TA ist die Bildqualität hoch. Steigt die TA verringert sich die Bildqualität (Intervalle von 40 s bis 3 min 30 s und 5 min bis 6 min 30 s), die über steigende Datenrate im "Statistical Multiplex" wieder angehoben werden soll, was in diesem Beispiel nicht gelingt.

Die Datenrate ändert sich dabei von ca 2 Mbit/s nach 6 Mbit/s.

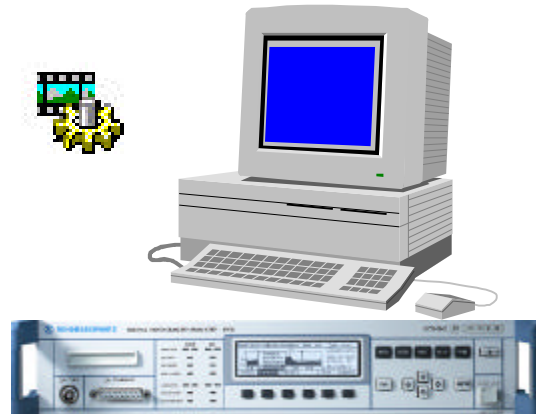


DVQM MULTI CHANNEL QUALITY ANALYZER

Kurzdaten DVQM

Signaleingänge Signalausgänge Kodierungsformate usw.	wie DVQ
Messwerte	wie DVQ
Signalverarbeitung	optional: Bildqualitätsbewertung für DVB und ATSC Norm
Descrambler System (optional)	Conax, NagraVision oder Viaccess Irdeto Mediaguard
Decoderausgänge Video	1x FBAS 1x ITU-R BT. 601,
Audio	2x analog Audio R/L 1x AES/EBU
Schnittstellen	RS 232-C Ethernet 10 Base T SNMP

1.12.2 DVQ B1 QUALITY EXPLORER^â



Die freie Software **QUALITY MONITOR** überwacht die nach der MPEG2 Kodierung erreichte Bildqualität zusammen mit der Datenrate und der Änderungsgeschwindigkeit des Bildinhaltes (= Temporal Activity TA) und der Komplexität des Bildaufbaus (= Spatial Activity SA). Sie ist über die Homepage von R&S ladbar. Wie aber der Aufbau von Sequenzen, GOPs und Macroblocks gestaltet ist bzw. welche Header diesen Bildteilen zugeordnet sind, ist mit dem **QUALITY EXPLORER[®]**, der den **ELEMENTARY STREAM ANALYZER ESA** beinhaltet, analysierbar.

Dazu speichert der DVQ eine einstellbare Anzahl von TS Paketen z. B. 4000. Diese TS Pakete werden danach über die RS 232 C Schnittstelle oder über Ethernet in den angeschlossenen PC übertragen und dort ausgewertet. Im folgenden Beispiel stehen bei 4000 TS Paketen etwas mehr als 3 Sequenzen (GOP's) mit 12 Bildern Länge zur Auswertung im Speicher des PC bereit.

Im folgenden Schritt können die Header von Sequenzen, GOP's und I-,P- oder B-Bilder aus dem im DVG oder DVRG abgelegten Transportstrom "Diver" aufgerufen werden.

Das erste Bild zeigt den interpretierten Header einer "Sequence".

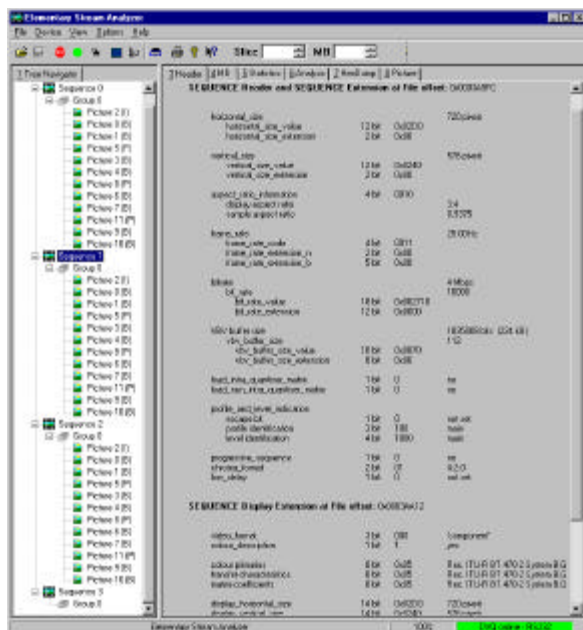


Bild 1.24 Der Header einer Sequenz.

Das zweite Bild zeigt den interpretierten Header einer "Group of Pictures".



Bild 1.25 Der Header einer "GOP"

Das dritte Bild zeigt den interpretierten Header eines "intra" codierten Bildes

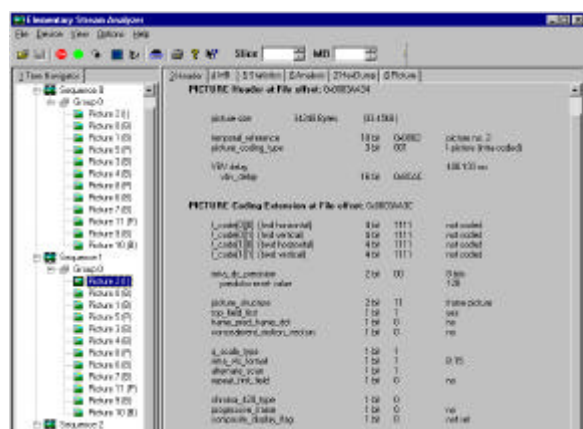


Bild 1.26 Der Header eines "intra" codierten Bildes

Ein weiteres Display zeigt den Aufbau der Bilder innerhalb der GOP's mit der Klassifizierung der Macroblocks des Test-TS "Flowergarden".

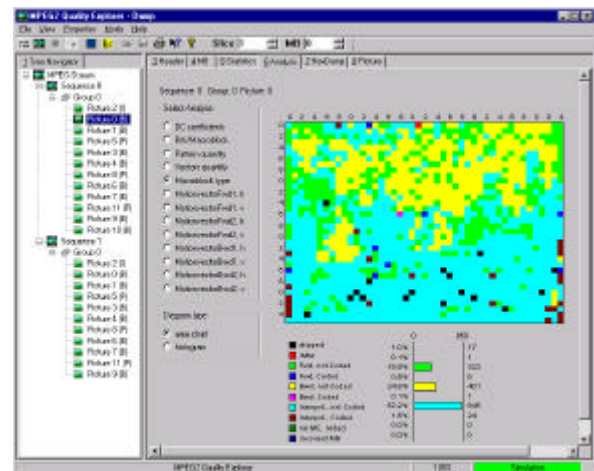


Bild 1.27 Aufbau einer GOP und Analyse der Macroblocks in einem B-Bild
(GOP = Group Of Pictures, B-Bild = bidirektional prädiziertes Bild)

In dieser Darstellung ist deutlich zu sehen, daß nicht alle Macroblocks im B-Bild wirklich bidirektional kodiert sind. P und I Kodierung erscheinen ebenfalls. Auch sind einige Macroblocks nicht vorhanden (skipped), weil deren Information schon vorhanden bzw. komplett errechnet werden kann.

Nicht nur der Macroblocktyp ist interessant, sondern auch die Verteilung der numerischen Werte der DCT Koeffizienten in den Macroblocks.

Neben einigen wichtigen Informationen zum Macroblockaufbau sind die DCT Koeffizienten in verschiedenen Modi ablesbar:

- | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| QFS (n) | Darstellung der DCT Koeffizienten nach der ZigZag Abtastung |
| QF (v)(u) | Darstellung der DCT Koeffizienten vor der ZigZag Abtastung |
| F (v)(u) | Darstellung der DCT Koeffizienten nach der Quantisierung und vor ZigZag Abtastung |

Auch die Werte der dekodierten Pixelwerte im Pixelblock sind dargestellt:

f(y)(x) Darstellung der Pixel im Ortsbereich

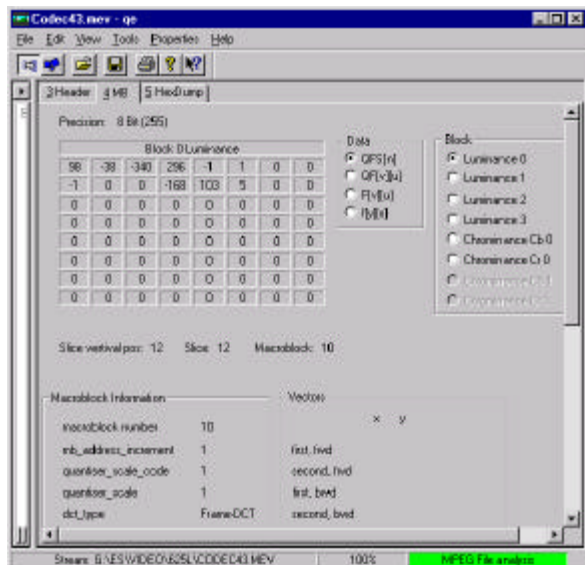


Bild 1.28 Macroblockanalyse

Ein wichtiger Beitrag zur Bewertung der Bildqualität liefern die DC Koeffizienten der Macroblocks in ihrer Verteilung in "Intra" kodierten Bildern (I-Bilder) z.B. Test TS "Codec 4:3".

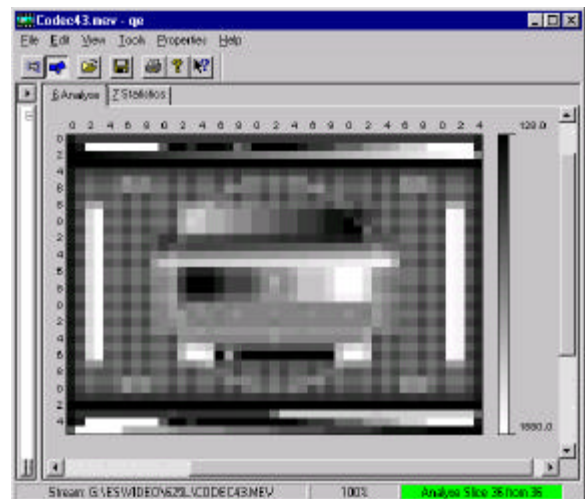


Bild 1.29 DC Koeffizienten im I-Bild

Ebenfalls wichtig für die Beurteilung der Bildqualität sind die unterschiedlichen Macroblocktypen in P (P-Bild = Prädiktion vorwärts nur von einer Richtung) und B Bilder.

Der vorherrschende Typ (gelb, backwards, not coded) kann wie beispielhaft in Bild 1.27 sichtbar im unteren Bildbereich nicht verwendet werden, weil keinerlei Korrelation zwischen aufeinander folgenden Bildern besteht (braun, interpolated, coded).

In diesem Bildbereich des im DVG/DVRG gespeicherten MPEG2 Test TS "DVTs" liegt weisses Rauschen.

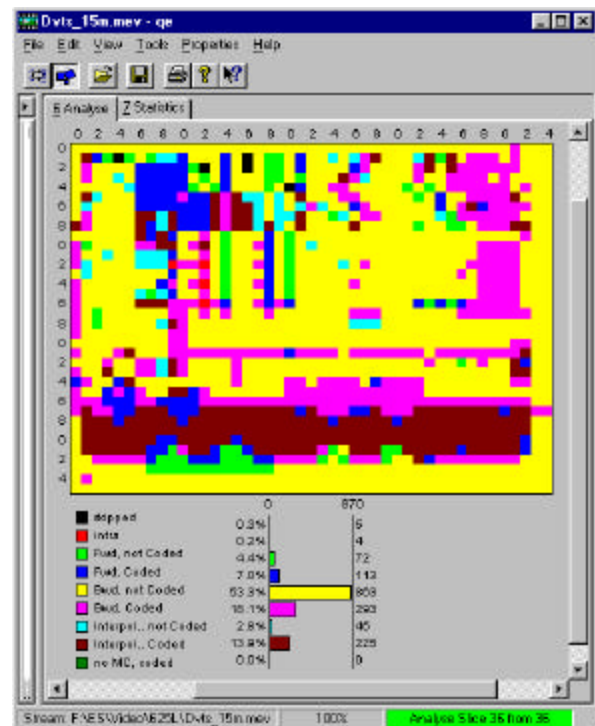


Bild 1.30 Macroblocktypen in B Bildern

Aufschluß über die Datenmenge in den Macroblocks bekommt man in der Anzeige des "HEX DUMP". In Bild 1.31 sind der "Picture Header" des ersten P-Bildes der "Sequence 1" und der Inhalt des Macroblocks 35 in "Slice 4" dargestellt.

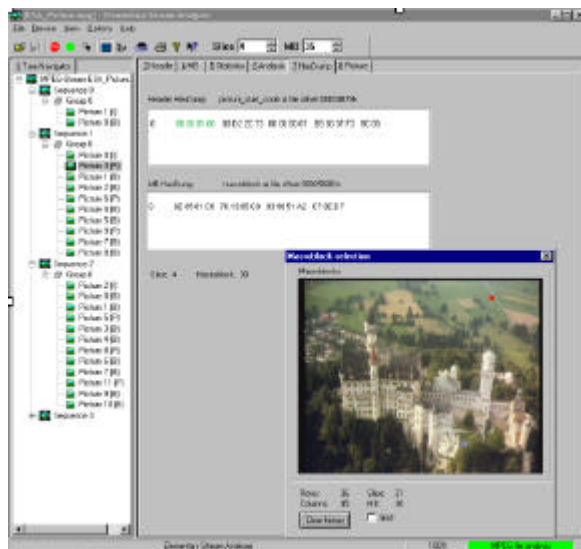


Bild 1.31 Die Daten innerhalb des rot markierten Macroblocks als Hex Dump

Der QUALITY EXPLORER® erlaubt die detaillierte Untersuchung aller Elementarströme nach Protokoll, Inhalt auf der Ebene der Macroblocks mit Auswertung der DCT Koeffizienten und zusätzlich eine Darstellung der dekodierten Pixelblocks. Er ist ein ideales Mittel um die Funktion eines MPEG2 Encoders zu überprüfen.

Im "Picture Mode" zeigt der Elementary Stream Analyzer ESA das dekodierte angewählte Bild innerhalb der gespeicherten Sequenzen. Diese Darstellung ermöglicht die genaueste Untersuchung von Bildfehlern, die bei der MPEG2 Kodierung und anschließender Dekodierung entstehen, z.B. ausgeprägte Blockingeffekte im mittleren Bildbereich in der Sequenz "Squirrel".

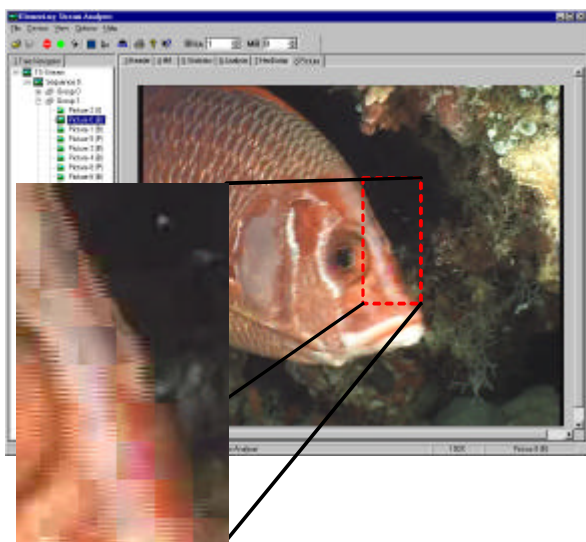


Bild 1.32 B-Bild aus der "Squirrel" Sequenz mit starkem Blocking