

Westfälische Wilhelms - Universität Münster
Seminar: Unterstützung von Landminendetektion durch Bildauswertungsverfahren
und Robotereinsatz (WS 03/04)
Dozent: Dr. Dietmar Lammers, Steffen Wachenfeld
Bearbeiter: David Kropmanns

2D Bilddatenübertragung

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	BILDKOMPRESSION	2
2.1	Farbraumumwandlung	3
2.2	Entropykodierung	3
2.2.1	Huffman Kodierung	4
2.2.2	Lempel Ziv Welch Kodierung	4
2.3	Quantisierung	5
2.4	Transformationskodierung	5
2.4.1	Diskrete Kosinustransformation	7
3	VIDEOKOMPRESSION	8
3.1	Framedifferenzierung	9
3.2	Bewegungskompensation	9
4	ERROR CORRECTION UND ERROR CONCEALMENT	10
4.1	Senderbasierte Methoden (Error Correction)	10
4.1.1	ARQ	11
4.1.2	Interleaving	11
4.1.3	FEC	12
4.2	Empfängerbasierte Methoden (Error Concealment)	14
5	JITTER	15
6	QUELLENANGABEN	15

Abbildungen

ABBILDUNG 1: NETZWERKE UND VIDEOSTANDARDS (QUELLE: SCHMALOHR 2001, SEITE 5)	1
ABBILDUNG 2 BEISPIEL LZW KODIERUNG (QUELLE: JIANG 2003, SEITE 137)	5
ABBILDUNG 3: PUNKTWOLKE VOR DER ROTATION (QUELLE: SOLOMON 2003, ABBILDUNG 3.17A)	6
ABBILDUNG 4: PUNKTWOLKE NACH DER ROTATION (QUELLE: SOLOMON 2003, ABBILDUNG 3.17B)	7
ABBILDUNG 5: DARSTELLUNG EINES PIXELVEKTORS DURCH BASISVEKTOREN (QUELLE: SOLOMON 2003, ABBILDUNG 3.22)	8
ABBILDUNG 6: BASISVEKTOREN FÜR ZWEIDIMENSIONALE DCT (QUELLE: SOLOMON 2003, ABBILDUNG 3.26)	8
ABBILDUNG 7: BEWEGUNGSKOMPENSATION (QUELLE: LEYMANN 1996, ABBILDUNG 12)	10
ABBILDUNG 8: BLOCKSUCHE IM REFERENZFRAME (QUELLE: SOLOMON 2003, ABBILDUNG 5.3)	10
ABBILDUNG 9: INTERLEAVING (QUELLE: SUCHANEK 2000, SEITE 31)	12
ABBILDUNG 10: BITORIENTIERTE FEC (QUELLE: SUCHANEK 2000, SEITE 34)	13
ABBILDUNG 11: INHALTSORIENTIERTE FEC (QUELLE: SUCHANEK 2000, SEITE 37)	14
ABBILDUNG 12: OPTIMIERUNGSPROBLEM DES ABSPIELZEITPUNKTS BEIM STREAMING (QUELLE: GRIMM 2003, TEIL4 SEITE 27)	15

1 Einleitung

Die Übertragung von Bilddaten in Echtzeit, stellt hohe Anforderungen an das Übertragungssystem. Vor allem die benötigte Bandbreite von unkomprimierten Videoströmen, die bei einem Standardvideosignal bei 20 MB/sek. liegt, kann von den gängigen Netzwerktechnologien in Weitverkehrsnetzen wie z.B. ISDN oder ADSL nicht erbracht werden. (siehe Abbildung 1) Um eine Videoübertragung dennoch zu ermöglichen werden die Daten mit unterschiedlichen Verfahren komprimiert. Die Fehlerwahrscheinlichkeit des Übertragungsmedium ist ein weiteres Merkmal, das durch Fehlerkorrekturverfahren (Error Correction, Error Concealment) verbessert wird, da besonders bereits komprimierte Videodaten sehr hohe Anforderungen an die Bitfehlerrate des Übertragungsmediums stellen. Anfällig reagieren Videoströme auch auf den Jitter bei der Übertragung. Sowohl bei komprimierten, als auch bei nicht komprimierten Videodaten liegt das Anforderungsprofil bei wenigen Millisekunden. Um größere Schwankungen zu kompensieren bedient man sich der Streamingtechnologie, die durch einen Pufferspeicher die Verzögerungsschwankungen ausgleicht.

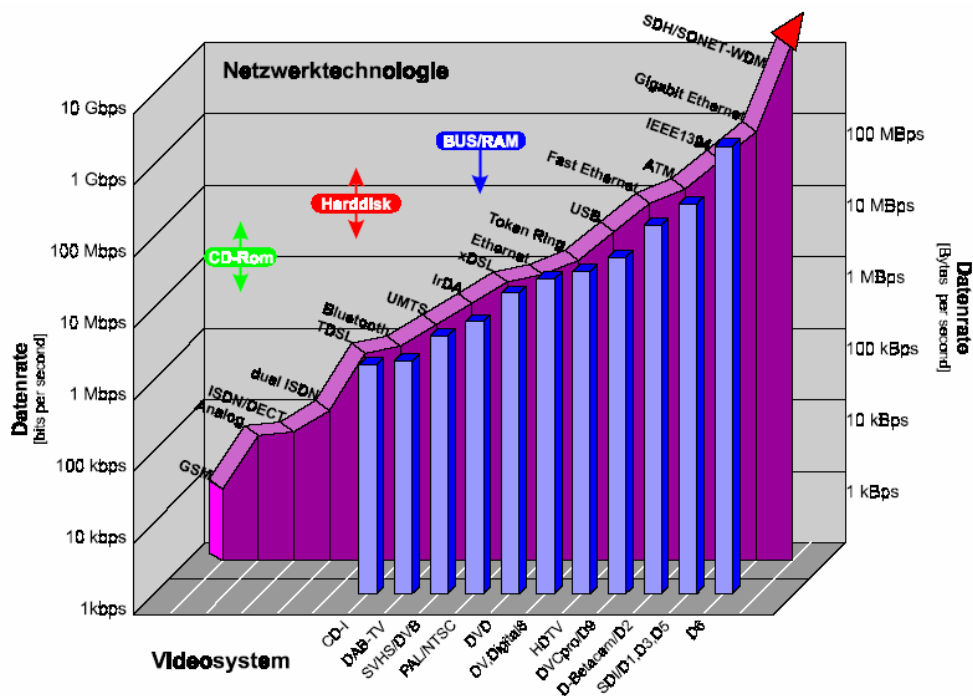


Abbildung 1: Netzwerke und Videostandards (Quelle: Schmalohr 2001, Seite 5)

2 Bildkompression

Ein Video ist eine Aneinanderreihung von Bildern. Bei ca. 20 Bildern/sek. nimmt das menschliche Auge die Einzelbilder als Bewegungsablauf wahr. Um eine Videosequenz zu komprimieren werden die verwendeten Einzelbilder komprimiert. Die Komprimierungen können auf verschiedenste Weise klassifiziert werden, z.B.: verlustbehaftet – verlustfrei, symmetrisch – asymmetrisch, progressiv – sequentiell, etc. .

Die verlustfreie Kompression ermöglicht es, im Gegensatz zur Verlustbehafteten, das Bild bei der Dekomprimierung exakt wieder herzustellen. Die Symmetrie bzw. die Asymmetrie bezieht sich auf den Kodierungs- Dekodierungsaufwand. Bei symmetrischen Komprimierungsverfahren ist der Aufwand bei beiden Vorgängen gleich groß. Die progressive Kodierung bezieht sich auf unterschiedliche Merkmale eines Bildes, wie z.B. Farbe oder Auflösung. Bei der Dekodierung kann dabei das komplette Bild (z.B. in einer geringeren Auflösung) schnell dargestellt werden im Gegensatz zur sequentiellen Kodierung.

In der Datenkompression werden irrelevante und redundante, also unwichtige und bereits bekannte Informationen aus dem Informationsfluss reduziert. Bei der Redundanzreduktion wird im Gegensatz zur Irrelevanzreduktion keine Information komprimiert. Die Komprimierung erfolgt durch Reduzierung statistischer Redundanzen (z.B. Auftrittshäufigkeit eines Farbwertes) und räumlicher Korrelationen. (Ähnlichkeit benachbarter Farbwerte) Die Irrelevanzreduktion komprimiert die Information die in einem Bild enthalten ist, wobei man zwischen nicht wahrnehmbarer und wahrnehmbarer Irrelevanzreduktion unterscheiden kann. Die nicht wahrnehmbare Irrelevanzreduktion bezeichnet die Kompression von Informationen, die nachweislich nicht vom Menschen wahrgenommen werden können. Das Farbspektrum des menschlichen Auges reicht z.B. von ca. 400 nm bis 750 nm. In diesem Bereich kann es zwischen 50.000 und 300.000 verschiedene Farben wahrnehmen. Eine höhere Farbauflösung kann für den Menschen nicht wahrnehmbar komprimiert werden. Die wahrnehmbare Irrelevanzreduktion kann in eine Natürliche und eine Unnatürliche unterteilt werden. Die natürliche Irrelevanzreduktion bezeichnet Kompressionen bei denen Veränderungen am Bild zwar wahrnehmbar sind, diese allerdings im Rahmen von psychooptischen

Eigenschaften nicht unbedingt störend wirken. Das menschliche Auge ist z.B. an Störungen wie Regen, Schnee oder Nebel gewöhnt. Eine Kompression die einen solchen Effekt produziert ist eine natürlich wahrnehmbare Irrelevanzreduktionen. Bei einer unnatürlichen Irrelevanzreduktion liegt der Kompressionsfaktor unter einer bestimmten Qualitätsschwelle. Nach der Kompression sind Objekte entstanden die die Erkennung der ursprünglichen Szene merklich stören.

2.1 Farbraumumwandlung

Die Kodierung der Farben eines Bildes kann unterschiedlich erfolgen. Die gängigste Art ist die Darstellung im RGB Farbraum. Hierbei werden die Farben durch eine Additive Überlagerung der Grundfarben Rot, Grün und Blau dargestellt. Diese Art der Farbdarstellung hat keine Kompression zur Folge. Es ist lediglich eine Informationstrennung und somit keine Option zur Datenreduzierung. Die Datenreduktion wird durch eine Umwandlung des RGB Farbraumes in den YUV Farbraum ermöglicht, wobei in der Y-Komponente der Helligkeitswert gespeichert wird und in den beiden Komponenten U und V die Farbinformation gespeichert wird. Da das menschliche Auge Helligkeitsunterschiede besser unterscheiden kann als Farbunterschiede, werden die beiden Farbkomponenten stärker komprimiert als die Helligkeitskomponente. Dieses so genannte Subsampling wird z.B. in den Verhältnissen 4:2:2 oder 4:1:1 durchgeführt. Dies bedeutet dass für jeden Pixel eines Bildes der Helligkeitswert gespeichert wird, für zwei bzw. vier Pixel aber derselbe Farbwert gespeichert wird.

2.2 Entropykodierung

Die Entropy ist ein Kennwert für den mittleren Informationsgehalt eines Bildes. Für

ein Graustufenbild z.B. ist sie definiert durch: $-\sum_{k=0}^{255} p(k) * \log_2(p(k))$, wobei $p(k)$ die

Wahrscheinlichkeit ist, mit der der jeweilige Grauwert im Bild vorkommt. Das Resultat ist die minimale Anzahl von Bits die zur Speicherung eines Pixels erforderlich sind und damit eine Vergleichswert für die Ergebnisse der Komprimierung. Entropykodierungen wie Huffman oder Lempel Ziv Welch werden in allen Bereichen der Datenkompression angewandt.

2.2.1 Huffman Kodierung

Die Huffman Kodierung generiert Kodewörter variabler Länge. Im Kode häufig vorkommenden Zeichen eines Alphabetes werden kurze Kodewörter zugewiesen indem rekursiv die beiden Zeichen mit der geringsten Auftretswahrscheinlichkeit zu zusammengefasst werden, und im nächsten Rekursionsschritt als ein Zeichen mit den summierten Auftretswahrscheinlichkeiten behandelt werden bis die letzten beiden Zeichen zusammengefasst sind. Das Resultat ist nicht immer eindeutig und kann als Binärbaum dargestellt werden. Den Ästen jeder Verzweigung werden die Werte 0 und 1 zugeordnet wodurch sich die Kodewörter aus dem Weg von der Wurzel zu den Blättern des Baumes ergeben. Die Auftretswahrscheinlichkeit der Zeichen muss entweder vorher bekannt sein, oder in einem ersten Schritt errechnet werden. Die Tabelle mit den Kodewort-Zeichen Paaren muss entweder festgelegt sein, oder bei der Übertragung mit gesendet werden. In der Bildkompression wird die Huffman Kodierung häufig nach einer Transformationskodierung angewandt.

2.2.2 Lempel Ziv Welch Kodierung

Die Lempel Ziv Welch Kodierung basiert nicht auf den Auftretswahrscheinlichkeiten der Zeichen eines Alphabetes. Sie legt eine Kodierungstabellen an, welche aus Index-Zeichen/Zeichenkette Paaren besteht. Eine Folge von Indizes der Tabelle repräsentiert nach der Anwendung der LZW Kodierung die komprimierten Daten. Die Tabelle wird folgendermaßen erstellt (siehe auch Abbildung 2):

1. Die ersten Einträge der Kodierungstabelle werden mit den Zeichen des Alphabetes initialisiert
2. Die längste Sequenz w von Zeichen, die in der Tabelle gespeichert ist wird durch den entsprechenden Index kodiert. (beim ersten Durchlauf wird am Anfang der Eingabe begonnen und die Sequenz ist natürlich nur ein Zeichen lang, da nur die Zeichen des Alphabetes in der Kodierungstabelle vorhanden sind)
3. Am Ende der Tabelle wird ein neuer Eintrag ws hinzugefügt, wobei s das Eingabesymbol hinter w ist
4. Wiederhole 2. und 3. ab s bis alle Eingabesymbole kodiert sind

Alphabet $\{s_1, s_2, s_3, s_4\}$

Kodierungsprozess für $s_1s_2s_1s_2s_3s_2s_1s_2$

w	Code	ws	Index	Eintrag
			1	s_1
			2	s_2
			3	s_3
			4	s_4
s_1	1	s_1s_2	5	s_1s_2
s_2	2	s_2s_1	6	s_2s_1
s_1s_2	5	$s_1s_2s_3$	7	$s_1s_2s_3$
s_3	3	s_3s_2	8	s_3s_2
s_2s_1	6	$s_2s_1s_2$	9	$s_2s_1s_2$
s_2	2			

Abbildung 2 Beispiel LZW Kodierung (Quelle: Jiang 2003, Seite 137)

Die LZW Kodierung wird häufig zusammen mit der Huffman Kodierung angewandt, da sie lange Folgen von gleichen Zeichen, die von der Huffman Kodierung erzeugt werden können, stark komprimieren kann.

2.3 Quantisierung

Der Begriff Quantisierung bezeichnet in der Datenkompression das Umwandeln von Fließkommazahlen in Ganzzahlen bzw. das Verkleinern von Integerwerten. (vergl. Solomon 2002, Kapitel 3.4.2) In der Bildkompression wird neben dieser skalaren Quantisierung auch eine Vektorquantisierung durchgeführt. Hierbei wird das Bild in gleichgroße Vektoren oder Blöcke von Pixeln unterteilt, die durch generische, vorher festgelegte Vektoren oder Blöcke derselben Größe repräsentiert werden. Je nach Anzahl der generischen Repräsentanten kann die Stärke der Quantisierung variiert werden. In Verbindung mit einer Transformation wird die Quantisierung angewendet um den Kompressionsgrad zu verändern. Sie ist immer Verlustbehaftet.

2.4 Transformationskodierung

Transformationskodierung bezeichnet Verfahren, bei dem Bilder mittels umkehrbarer mathematischer Transformationen in eine andere Darstellung überführt werden, in der die räumlichen Redundanzen der Pixel minimiert werden, und der Informationsgehalt auf wenige Werte konzentriert wird. Der Grad der

Komprimierung richtet sich nach der Stärke der darauffolgenden Quantisierung. Die mathematische Grundlage sind orthogonale Matrizen, die angewandt auf Pixelvektoren als Rotation, angewandt auf Pixelblöcke als Doppelrotation interpretiert werden können. Die Dekodierung wird mit der invertierten Rotationsmatrix erreicht. In den Abbildungen 3 und 4 wird die zugrunde liegende Idee anhand eines einfachen Beispiels dargestellt. Die Abbildung 4 zeigt die zu Tupeln zusammengefassten benachbarten Pixel eines Bildes, dargestellt als Punkte in einem zweidimensionalen Koordinatensystem. Da die Werte der benachbarten Pixel stark miteinander korrelieren, befindet sich die Punktwolke in der Nähe der Gerade durch den Ursprung mit der Steigung eins. Die x- und y-Komponenten bewegen sich beide im gesamten Wertebereich von 0 bis 255. Die Abbildung 5 zeigt die gleiche Punktwolke nach einer Drehung um den Ursprung um 45° im Uhrzeigersinn durch die Multiplikation mit der orthogonalen Matrix:

$$\begin{pmatrix} \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ \\ \sin 45^\circ & \cos 45^\circ \end{pmatrix}$$

Die Rotation hat zur Folge, dass die y-Komponente jetzt ausschließlich kleine Werte annimmt und die räumliche Korrelation der beiden Pixel stark reduziert ist. Der Informationsgehalt ist größtenteils in der x-Komponente enthalten. Die Kompression kann durch eine separate Quantisierung der beiden Komponenten erhöht werden. Die Rotation kann auf beliebige Dimensionen angewendet werden, wobei Pixel erfahrungsgemäß bis zu einem Abstand von 8 korrelieren.

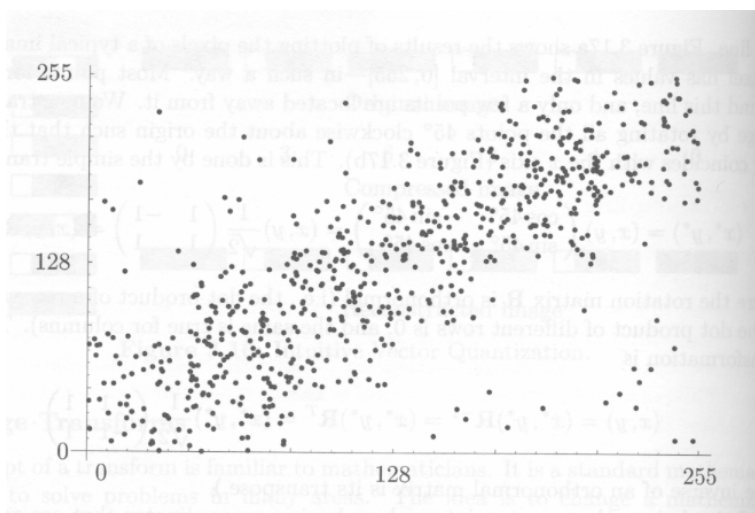


Abbildung 3: Punktwolke vor der Rotation (Quelle: Solomon 2003, Abbildung 3.17a)

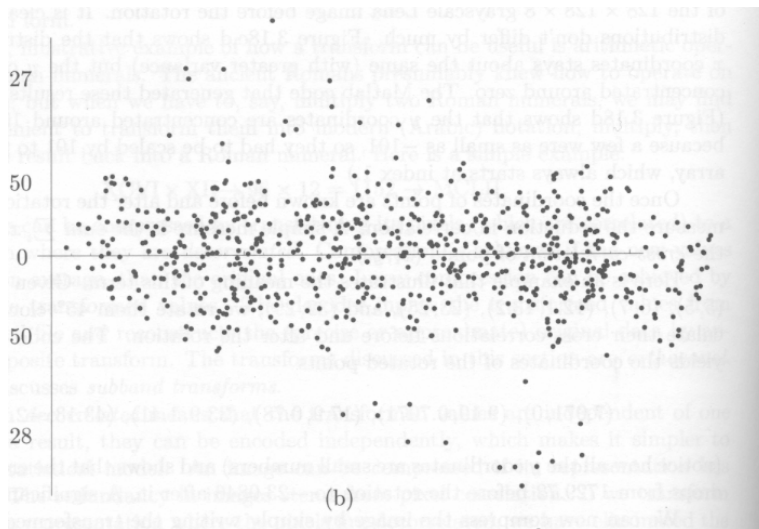


Abbildung 4: Punktwolke nach der Rotation (Quelle: Solomon 2003, Abbildung 3.17b)

Eine oft benutzte Transformationskodierung ist die diskrete Kosinustransformation, welche das Bild in den Frequenzbereich transformiert.

2.4.1 Diskrete Kosinustransformation

Die Diskrete Kosinustransformation stellt das Bild in Form von Koeffizienten von Kosinusfunktionen mit unterschiedlichen Frequenzen dar. Die Teile des Bildes mit großen regelmäßigen Farbflächen werden dabei durch niedrigere Frequenzanteile, feine Details eines Bildes durch hohe Frequenzanteile dargestellt. Da der Informationsgehalt größtenteils im Bereich niedriger Frequenzen liegt, können die hohen Frequenzanteile stärker quantisiert werden, und damit eine höhere Kompression bei geringem Informationsverlust erreicht werden. Die Matrix einer DCT ist eine orthonormale Rotationsmatrix. Somit kann sie auch als eine Rotation bzw. Doppelrotation (bei Anwendung auf Pixelblöcke) interpretiert werden. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen eine andere Interpretationsmöglichkeit. Die Zeilen v_i der orthonormalen DCT Matrix können als Basis eines Vektorraumes interpretiert werden. Jeder Vektor p dieses Raumes kann als Linearkombination aus den Basisvektoren dargestellt werden. Die Gewichte w_i können durch Lösen des entstandenen linearen Gleichungssystems bestimmt werden, wobei der Wert der Gewichte mit steigender Frequenz abnehmen. ($p = \sum_i w_i * v_i$) (vergl. Solomon 2003, Kapitel 3.5.3)

Die zweidimensionale DCT hat als Resultat eine Matrix, deren Werte von der linken oberen Ecke an abnehmend sind. Der Durchlauf durch die Diagonalen der Matrix ergibt eine Folge von der Größe nach geordneten Werten, die der Gewichtung der Frequenzen in der Spektraldarstellung des Bildes entspricht. Diese Zahlenfolge wird dann, mit den bereits erwähnten Entropykodierungen kodiert.

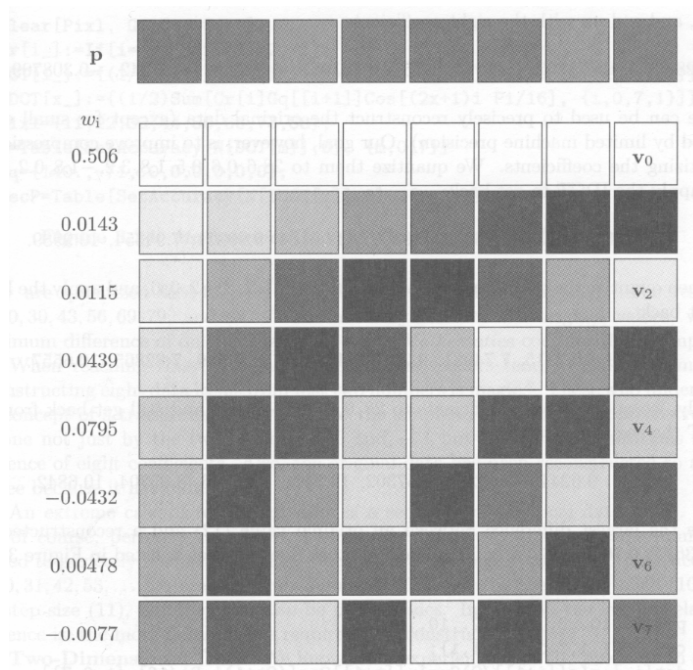


Abbildung 5: Darstellung eines Pixelvektors durch Basisvektoren (Quelle: Solomon 2003, Abbildung 3.22)

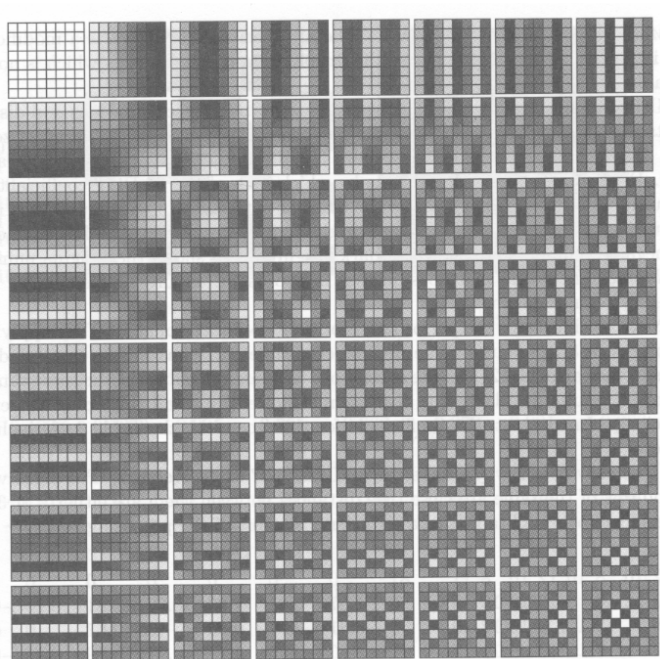


Abbildung 6: Basisvektoren für zweidimensionale DCT (Quelle: Solomon 2003, Abbildung 3.26)

3 Videokompression

Ein Video ist eine Aneinanderreihung von Bildern. Die zeitliche Korrelation der aufeinander folgenden Bilder wird dabei ausgenutzt um den Datenstrom zusätzlich zu komprimieren. Die beiden Verfahren Framedifferenzierung und Bewegungskompensation sind Standards im Bereich der Videokompression.

3.1 Framedifferenzierung

Die Framedifferenzierung nützt die Tatsache aus, dass sich in Videosequenzen von Frame zu Frame nur relativ wenige Veränderungen ergeben. Die vollständige Kodierung jedes Frames führt durch die geringen Veränderungen im Bild zu Redundanzen. Diese zeitlichen Redundanzen werden reduziert indem lediglich die Veränderungen von einem zum anderen Frame kodiert werden und nicht der gesamte Frame. Dabei werden die Koordinaten des geänderten Pixels und die Differenz bzgl. des Referenzframes gespeichert. Der Nachteil dieser Kompressionsmethode ist die Fehlerfortpflanzung. Falls der Referenzframe fehlerhaft kodiert ist wird dieser Fehler mitgeschleppt, da ja lediglich die Veränderungen kodiert werden. Das Aufsuchen bestimmter Passagen oder Bilder in der Videosequenz ist ebenfalls nicht möglich. Durch die regelmäßige Kodierung von gesamten Frames werden diese beiden Nachteile weitestgehend entkräftet.

3.2 Bewegungskompensation

Die Bewegungskompensation basiert auf den Blockorientierten Erkennen von Objekten und deren Bewegung. Für die Veränderung im Bild durch die Bewegung eines Objektes wird lediglich ein Bewegungsvektor für den jeweiligen Pixelblock gespeichert. Die Bewegungskompensation erreicht höhere Kompressionsraten als die Framedifferenzierung, sie ist allerdings auch rechenintensiver. In der Abbildung 7 muss z.B. erkannt werden, dass die Sonne und Wolke nicht etwa ein, sondern zwei verschiedene Objekte sind, wovon sich eines bewegt. Die Bewegungen sind auf Translationen beschränkt, d.h. das Rotationen und Skalierung nicht auf diese Weise kodiert werden können, da sich das Objekt zu stark verändert. Der Ablauf der Bewegungskompensation ist wie folgt:

1. Aufteilung des aktuellen Frames in Blöcke gleicher Größe (Anzahl bestimmt Menge der Bewegungsvektoren)
2. Vergleich der Blöcke mit dem entsprechenden Block im Referenzframe
3. Blocksuche in einem bestimmten Bereich im Referenzframe (siehe Abbildung 8)

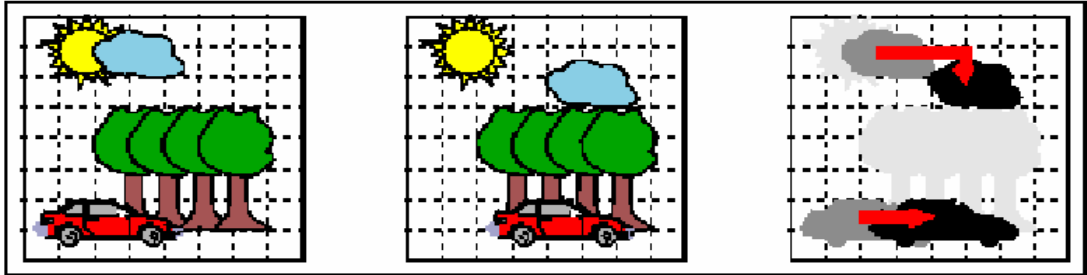


Abbildung 7: Bewegungs kompensierung (Quelle: Leymann 1996, Abbildung 12)

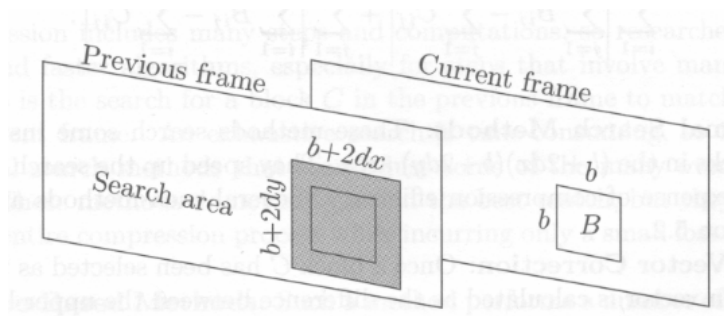


Abbildung 8: Blocksuche im Referenzframe (Quelle: Solomon 2003, Abbildung 5.3)

4 Error correction und Error concealment

Videodaten stellen, wie bereits erwähnt, neben der Bandbreite auch Anforderungen an die Fehlerrate des Übertragungsmediums. Vor allem in Echtzeitanwendungen bei denen die Daten innerhalb festgelegter Zeitgrenzen zugestellt werden müssen spielen Fehlerkorrekturmethode aufgrund dieser Anforderungen eine große Rolle. Diese Methoden zur Kompensierung der Fehlerrate können in Senderbasierte und Empfängerbasierte unterteilt werden.

4.1 Senderbasierte Methoden (Error Correction)

Senderbasierte Methoden werden unterteilt in aktive, wie z.B. ARQ und passive Methoden, wie z.B. Interleaving und FEC. Ziel ist die korrekte Wiederherstellung fehlerhafter Daten.

4.1.1 ARQ

ARQ (Automatic Repeat on Request) gehört zu den aktiven Verfahren, da der Sender erst nach Anfrage des Empfängers aktiv wird. Er wiederholt auf Nachricht des Empfängers eine verloren gegangene Sendung. Durch den Einsatz bestimmter Indikatoren, wie z.B. Round-Trip-Time und Vorabschätzung empfängerseitiger Fehlerbehebung, kann eine Verbesserung der Dienstgüte bei Realzeitorientierten Verbindungen über unzuverlässige Kanäle erreicht werden. Für diese Technik muss ein Rückkanal vom Empfänger zum Sender vorhanden sein um Empfangsbestätigungen bzw. die Nachricht über verloren gegangene Sendungen übermitteln zu können. Ein großer Vorteil dieser Technik ist die Möglichkeit, spezielle Informationen anfordern zu können, z.B. einen bestimmten Koeffizienten innerhalb eines Pixelblocks. Die Nachteile sind erhöhte Netzbelastung im Bedarfsfall und generell eine zusätzliche Senderbelastung durch das Vorhalten von Informationen und das Bearbeiten von Anfragen. Besonders Realzeitorientierte Anwendungen benötigen weitere Techniken zur Fehlerkorrektur.

4.1.2 Interleaving

Das Interleaving Verfahren sortiert einen Datenstrom so um, dass aufeinander folgende Einheiten nicht im selben Paket transportiert werden. (siehe Abbildung 9) Bei Verlust des Paketes wird so eine große Lücke im Datenstrom vermieden. Die Anzahl der Einheiten pro Paket kann vom Benutzer eingestellt oder aufgrund von Messungen in Sender und Empfänger festgelegt werden. Die eventuell durch Verlust entstandenen kleinen Lücken können entweder vernachlässigt werden oder mit Empfängerbasierten Verfahren, welche besonders gut für kleine Fehler geeignet sind, behandelt werden. Das Interleaving bewirkt zwar keine zusätzliche Netzlast, dafür entsteht durch das Umsortieren in Sender und Empfänger eine Verzögerung bei der Übertragung.

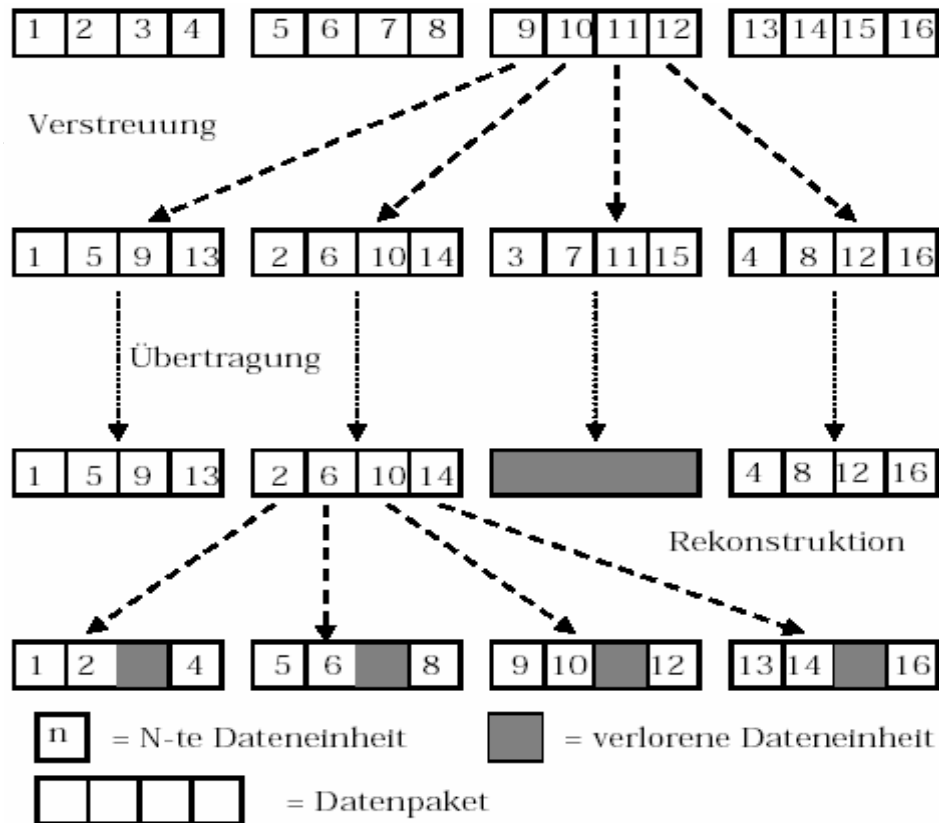


Abbildung 9: Interleaving (Quelle: Suchanek 2000, Seite 31)

4.1.3 FEC

FEC (Forward Error Correction) basiert auf dem gezielten Hinzufügen redundanter Informationen zur Fehlererkennung und Behebung. Ursprünglich ist diese Technik entwickelt worden, um Bitfehler in einem binären Kodewort zu erkennen und zu korrigieren. Das Verfahren kann auch auf ganze Blöcke von Rohdaten angewendet werden. Die Methode kann noch mal in Bitorientierte und Inhaltsorientierte FEC unterteilt werden.

In der Bitorientierten Methode wird mittels der XOR Verknüpfung des i -ten Bits jedes Pakets das i -te Bit des Redundanzpakets erzeugt. (siehe Abbildung 10) Neben dieser Paritätskodierung wird die Reed-Solomon Kodierungen für Bitorientierte FEC genutzt, der eine sehr komplexe Mathematik zugrunde liegt. Die Vorteile der Bitorientierten FEC Methode sind die Unabhängigkeit vom Inhalt der Daten und die exakte Wiederherstellung bei Verlust. Nachteilig wirken sich die asymmetrische Verzögerung (beim Empfänger) und die zusätzliche Netzlast aus. Weiterhin ist nicht garantiert, dass alle Fehler entdeckt werden und korrigiert werden können. Die Daten werden entweder exakt wiederhergestellt oder ein Totalverlust tritt ein.

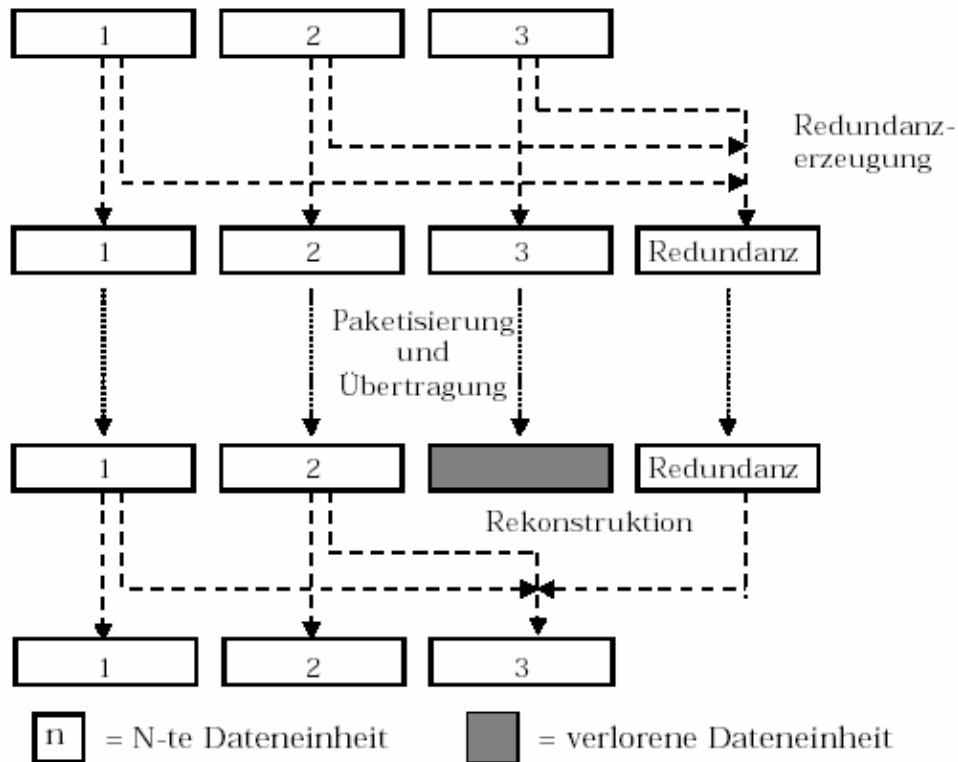


Abbildung 10: Bitorientierte FEC (Quelle: Suchanek 2000, Seite 34)

Die Inhaltsorientierte FEC nutzt Wissen über die Art der zu übertragenden Rohdaten aus. Die Daten werden einmal primär kodiert und einmal sekundär. (z.B. mit niedrigerer Auflösung oder höherer Quantisierung) Bei Fehlern innerhalb eines Datenpakets wird die in einem anderen Paket mit gesendete Sekundärkodierung des Paketes genutzt, um den Verlust zu kompensieren. (siehe Abbildung 11) Im Gegensatz zur Bitorientierten Variante ist die Inhaltsorientierte besser Echtzeit geeignet aufgrund von geringerem Rechenaufwand. Ein Nachteil dieser FEC Methode ist die lediglich approximative Wiederherstellung fehlerhafter bzw. verlorener Daten.

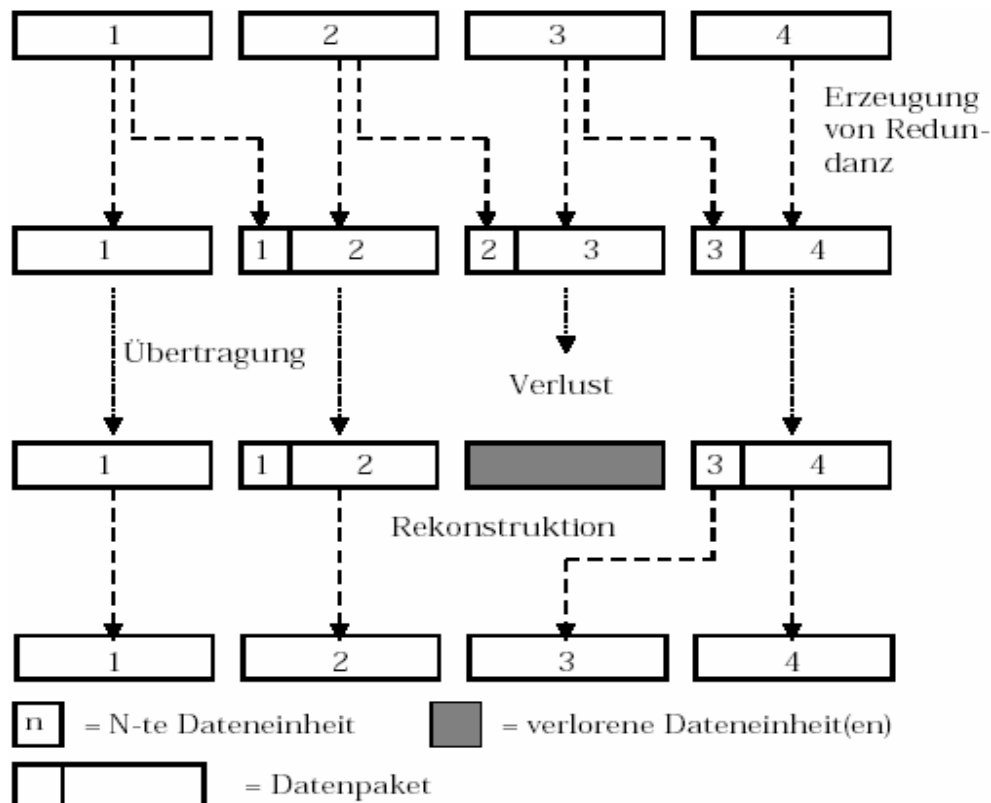


Abbildung 11: Inhaltsorientierte FEC (Quelle: Suchanek 2000, Seite 37)

4.2 Empfängerbasierte Methoden (Error Concealment)

Die Empfängerbasierten Methoden werden angewandt, nachdem die Senderbasierten Techniken ausgeschöpft oder nicht anwendbar sind. Sie sind alle als passiv einzustufen, da der Empfänger nicht mit dem Sender kommuniziert. Die Verfahren gehen vom einfachen Einfügen (z.B. Wiederholung vorangegangener Daten) über geglättetes Einfügen (z.B. Zeitstreckung) bis hin zu Rekonstruktionen mittels Modellbasierten Schätzungen. Der Rechenaufwand der genannten Verfahren steigt vom ersten bis zum letztgenannten an. Die Wiederholung vorangegangener Daten hat zur Folge, dass das gesamte Bild oder Bildteile einfrieren. Sie ist gut für gering bewegte Szenen, allerdings schlecht für den Kamerafokus. Die Zeitstreckung ist bei Verlust von ganzen Bildern innerhalb eines Videodatenstroms ohne großen Rechenaufwand realisierbar. Es wird einfach die Zeit die ein Bild normalerweise angezeigt wird verlängert. Diese Technik ist nicht anwendbar auf Bilder mit festem Präsentationszeitpunkt, z.B. wegen der Synchronisation mit einer Audiospur. Deshalb kann sie auch nicht auf Bildteile angewandt werden, da ein Bild das zeitliche Verhalten aller untergeordneten Ebenen vorgibt. Die Modellbasierte Schätzung ist sehr schwer auf Videosequenzen anzuwenden, da das statistische

Modell (meist in Form einer partiellen Differenzialgleichung) durch die zusätzliche zeitliche Dimension sehr komplex und rechenintensiv wird.

5 Jitter

Videodaten in Echtzeitanwendungen sind sehr empfindlich gegenüber Schwankungen der Netzwerkverzögerung, dem so genannten Jitter. Diese Schwankungen werden im Rahmen der Streamingtechnologie durch einen Pufferspeicher kompensiert. Die Größe des Puffers wird durch die maximale Verzögerungsschwankung des Netzwerkes bestimmt und von der Art der Daten die übertragen wird. Die Dekodierung und Darstellung des Videostroms beginnt beim Streaming bevor die vollständige Sequenz übertragen wurde. Gespeicherte Videodaten, live Videodaten und interaktive Übertragung von Videodaten können mit der Streamingtechnologie durchgeführt werden, wobei bei live Videodaten im Gegensatz zu Gespeicherten kein zweiter Kodierdurchlauf durchgeführt werden kann. (geringere Kompression) Interaktive Übertragungen dürfen keine lange Vorlaufzeit haben, d.h. der Einsatz des Pufferspeichers ist begrenzt durch den Anspruch auf Interaktivität, wodurch die Verzögerung des Abspielzeitpunktes beim Empfänger im Rahmen einer konstanten Verzögerung ebenfalls begrenzt ist.

erstes Paket trifft zum Zeitpunkt r beim Empfänger ein

Fall 1: erstes Paket wird zum Zeitpunkt p auf Empfänger ausgespielt

Fall 2: erstes Paket wird zum Zeitpunkt p' auf Empfänger ausgespielt

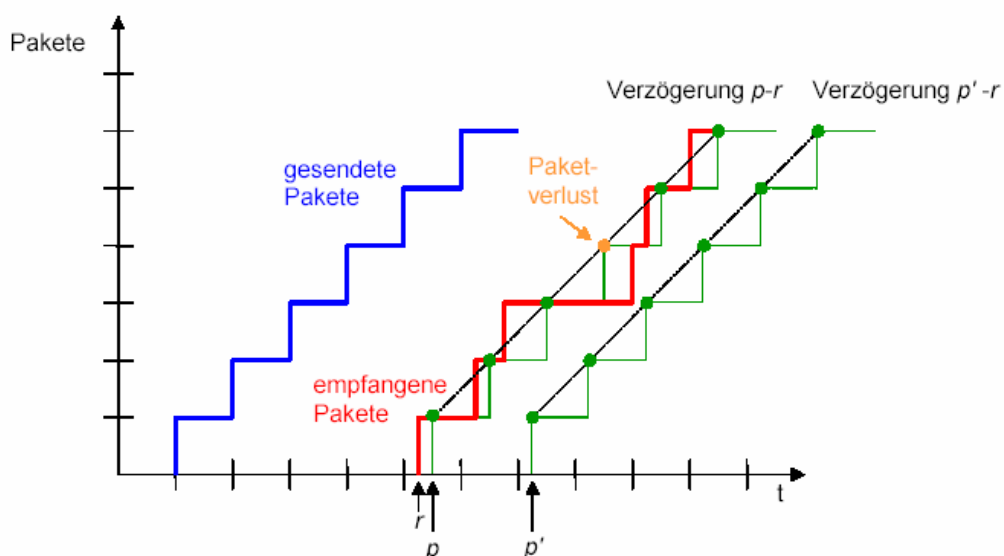


Abbildung 12: Optimierungsproblem des Abspielzeitpunkts beim Streaming
(Quelle: Grimm 2003, Teil4 Seite 27)

6 Quellenangaben

Grimm, C. (2003): Rechnernetze und verteilte Systeme I. Hannover. (Vorlesungsskript am Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik an der Universität Hannover) Online unter: http://www.rvs.uni-hannover.de/lehre/Rechnernetze-I-WS0304/Rechnernetze_I_4_WS0304.pdf (abgerufen am 15.12.2003)

Jiang, X (2003): Bildverarbeitung. Münster. (Vorlesungsskript am Fachbereich Informatik an der Universität Münster) Online unter: <http://wwwmath.uni-muenster.de/u/xjiang/lectures/SS03/SS03-BV.html> (abgerufen am 14.10.2003)

Leymann, N. (1996): Eine Videokomponente für das Videokonferenzsystem Multimedia Collaboration. Berlin. (Diplomarbeit am Fachbereich Informatik an der TU Berlin) Online unter: <http://130.149.232.81/docs/Publications/TUB-PRZ-W-1243> (abgerufen am 15.12.2003)

Schmalohr, M. (2001): Untersuchungen zur Qualität, Komplexität und Eignung moderner Videokompressionsverfahren für Video@Internet. München (Diplomarbeit am Fachbereich Elektrotechnik Datentechnik an der Fachhochschule München)

Solomon, D. (2002): A Guide to Data Compression Methods. New York, Berlin, Heidelberg, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Singapore, Tokyo

Suchanek, T. (2000): Untersuchungen von Fehlertoleranztechniken zur Realzeitorientierten Videokommunikation. Hamburg. (Studienarbeit am Fachbereich Informatik an der Universität Hamburg) Online unter: <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TKRN/world/students/ts/4suchane.sa.20000117.pdf> (abgerufen am 15.12.2003)