

# 9. Digitale Wasserzeichen

## 9.1 Sicherheitsaspekte

## 9.2 Wasserzeichen: Historie, Arten und Anwendungen

## 9.3 Robuste Wasserzeichen

## 9.4 Offene Probleme

## 9.5 Fragile Wasserzeichen

Der Foliensatz zu diesem Kapitel beruht auf einem Vortrag von Frau Dr. Jana Dittmann, FhG IPSI, bei der ich mich für die Überlassung der Unterlagen vielmals bedanke.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-1
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# 9.1 Sicherheitsaspekte

## **Security**

Maßnahmen, die beabsichtigte Angriffe auf Rechner, gespeicherte und übertragene Daten sowie Kommunikationsbeziehungen verhindern

## **Safety**

Maßnahmen, die die Auswirkungen unbeabsichtigter Ereignisse, die zu einem Ausfall oder Beschädigung von Rechnern, gespeicherten oder übertragenen Daten und Kommunikationsbeziehungen führen, vermindern

## **Datenschutz (privacy)**

Schutz von personenbezogenen Daten vor unberechtigtem Zugriff

## **Datensicherheit**

Sicherung von Daten vor Verlust (zum Beispiel durch Sicherungskopien)

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-2
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# Beispiel-Szenario

Ein Fotograf findet seine Fotos in einer digitalen Bilddatenbank im Internet, wo sie zum Verkauf angeboten werden. Er ist nicht in der Lage, seine Urheberschaft zu beweisen und Lizenzrechte durchzusetzen, da das digitale Bildmaterial keinen Hinweis auf ihn als Urheber enthält.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-3
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# Sicherheitsaspekt: Digitale Wasserzeichen

Sicherheitsaspekt	Kurzbeschreibung
Zugriffsschutz	Kontrolle des Systemzuganges und Zugriffsbeschränkungen auf Systemfunktionen und Datenbestände
Authentizität	Nachweis der Identität des Urhebers/Autors und des Datenmaterials. Es wird eine Authentifizierung vorgenommen und die Authentizität bestätigt.
Vertraulichkeit	Verhindert, dass unberechtigte Dritte auf Daten zugreifen können
Integrität	Erbringt den Nachweis, dass die Daten unverändert vorliegen
Nachweisbarkeit	Prüfung der Authentizität und Integrität der Daten auch von berechtigten Dritten, so dass die Verbindlichkeit der Kommunikation gewährleistet wird

# Urheberrecht (Copyright)

## Gegenstand

Werke der Literatur, Wissenschaft und Kunst

## Schutz des geistigen Eigentums und der Art und Weise der Gestaltung, vor

- unbefugter wirtschaftlicher Verwertung des Werkes
- Verletzung der ideellen Interessen am Werk.

## Rechte

- Urheberpersönlichkeitsrecht (Nennung, Authentizität)
- Verwertungsrechte (Vervielfältigungs-, Verbreitungs- und Senderechte -> Verfolgbarkeit)
- Schranken des Urheberrechts: Allgemeininteresse

Schutz durch das Urheberrecht (copyright) trifft auch auf Computerprogramme und technische Dokumentationen zu.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-5
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# 9.2 Wasserzeichen: Historie, Arten und Anwendungen

## 9.2.1 Historie

Wasserzeichen sind fest verbunden mit dem Datenmaterial.

Geschichte: Wasserzeichen in Papier, Teppichen, Geldscheinen ...

Digitale Wasserzeichen: steganographische Verfahren

- sichtbare, unsichtbar-robuste oder unsichtbar-fragile Markierungen
- Ziele
  - **Authentizität:** Urheberschutz (copyright protection)
  - **Integrität:** Nachweis, dass das Dokument nicht manipuliert wurde

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-6
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

## 9.2.2 Arten von Wasserzeichen

- Sichtbare Wasserzeichen zum Urheberschutz oder zur Annotation von Dokumenten mit Meta-Daten
- Unsichtbar-robuste Wasserzeichen
  - Einbringung von versteckten Botschaften
  - Einbringung von Copyright-Informationen, Authentizität (“Copy Control Watermark“)
  - Einbringung von Metainformationen
- Unsichtbar-fragile Wasserzeichen zum Integritätsnachweis (Nachweis, dass nichts gefälscht wurde)

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-7
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# Steganographie

**Steganographie:** Verwendung unsichtbarer  
“Wasserzeichen“ für geheime Nachrichten

## Idee

Geheime Nachrichten in harmlosen Nachrichten so verbergen, dass ein Dritter nicht erkennt, dass eine geheime Nachricht vorhanden ist.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-8
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----



# Beispiel für eine steganographische Nachricht

Ein einfaches Prinzip am Beispiel eines Urlaubsgrußes:

Liebe Kolleginnen! Wir genießen nun endlich unsere Ferien auf dieser Insel vor Spanien. Wetter gut, Unterkunft auch, ebenso das Essen. Toll!  
Gruß, J. D.

## Algorithmus

- Buchstaben bis zum nächsten Leerzeichen zählen
- Anzahl ungerade ergibt eine binäre 0, Anzahl gerade ergibt eine binäre 1.
- Entstehende Binärzahlen in Gruppen zu acht Bits als ASCII-Zeichen interpretieren.

## Ergebnis

- erste 8 Wörter 01010011, ASCII 'S'
- nächste 8 Wörter ergeben 01001111, ASCII 'O'
- letzte 8 Wörter wieder 01010011, ASCII 'S'

Der Urlaubsgruß verbirgt den versteckten Hilferuf **“SOS“**.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-9
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	-----

# Steganographie-Techniken

## Substitutionale Steganographie

Ersetzen einer verrauschten oder für das Auge oder Ohr nicht wahr zu nehmenden Komponente der digitalen Nachricht durch eine geheime Nachricht.

## Konstruktive Steganographie

Nachbildung von Geräuschsignalen basierend auf dem Modell des Originalgeräuschs.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-10
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Digitale Wasserzeichen

Zusätzliche Informationen in einem digitalen Dokument zum Nachweis der Urheberschaft, zur Verfolgung von einzelnen Kundenkopien oder zur Integration von Metadaten in Bild, Video, Audio, 3D-Modell oder Software.

## Technische Herausforderungen

- Entwicklung von Markierungsverfahren
- Durchführung von Robustheitstests
- Entwicklung von Watermarking-Tools für die verschiedenen Dokumententypen

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-11
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Anforderungen an Wasserzeichen

- **Transparenz:** Verhinderung von Qualitätsverlust im Original-Dokument
- **Robustheit** gegen Transformationen und Angriffe (Entfernen, Ersetzen durch ein fremdes Wasserzeichen)

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-12
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

## 9.3 Robuste Wasserzeichen

### 9.3.1 Bild

#### Verfahren

- Bildbereich: Veränderungen an einzelnen Bildpunkten, z. B. Amplituden-Modulation im Blaukanal
- Frequenzbereich: Veränderungen der DCT-Koeffizienten, Wavelet-basierte Verfahren

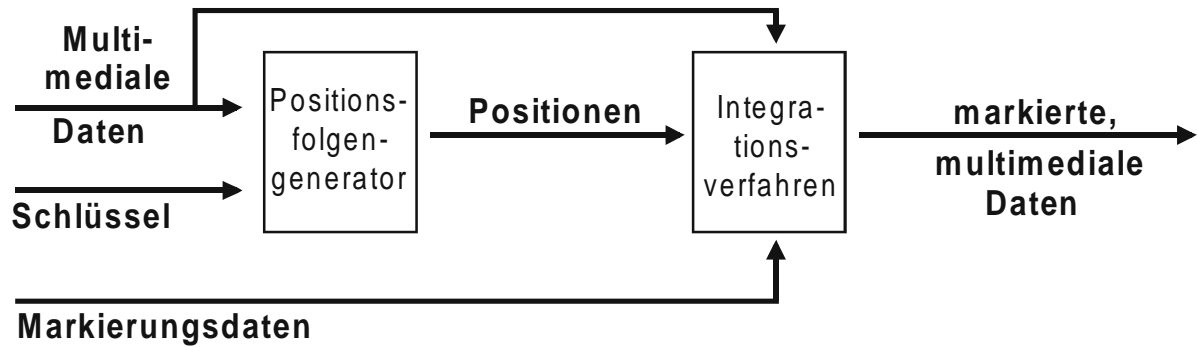
#### Kommerzielle Produkte

- z. B. Signum Technologies, Digimark Technologies (Adobe Photoshop)

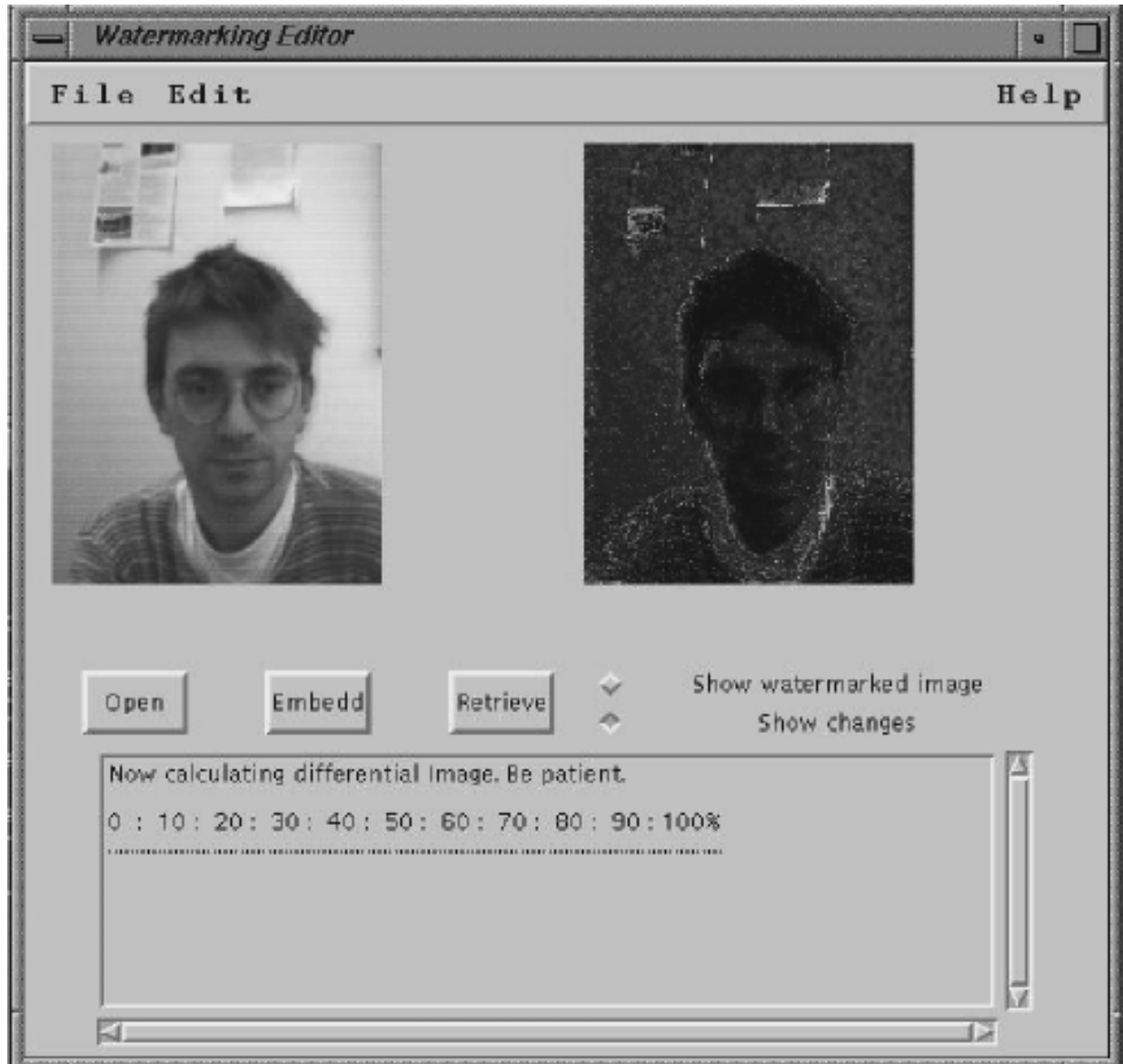
Integration von Text oder Binärfolgen in einem Bild als genau spezifiziertem Rauschmuster.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-13
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Einfügen von digitalen Wasserzeichen



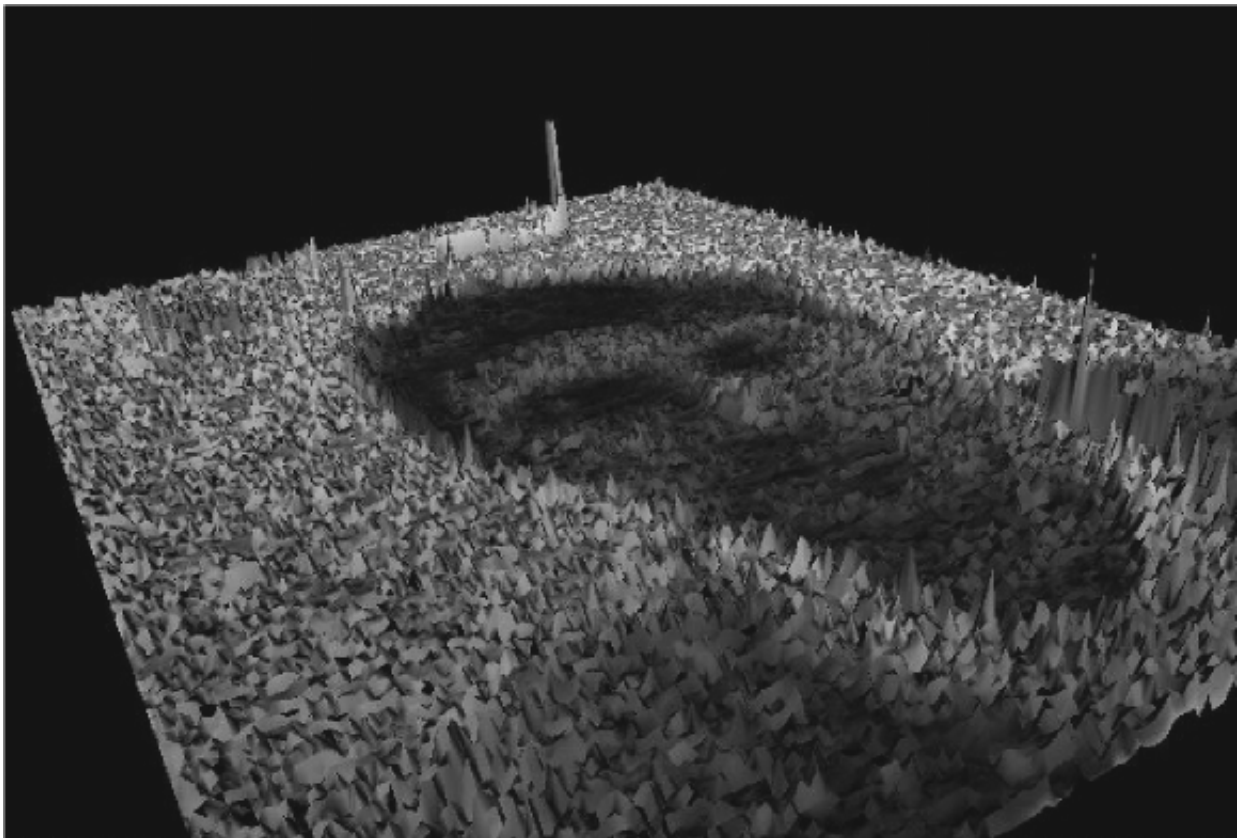
# Verfahren im Blaukanal (1)



# Verfahren im Blaukanal (2)

## 3D-Watermark

Ein bei FhG/IPSI in Darmstadt entwickeltes Verfahren zur Analyse von Wasserzeichenverfahren für Bilddaten.





# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (1)

## Einbetten der Informationen

- Bitfolge  $c_i$ ,  $i=1, \dots, n$  soll in ein Bild eingebettet werden
- Bit  $c_i$  wird durch ein **Verhältnis** zwischen drei Frequenzkoeffizienten im mittleren Bereich eines DCT-Blockes dargestellt
- Es werden acht Positionen im DCT-Block für das Verfahren verwendet, auf denen die Varianz der Graustufen-Werte erfahrungsgemäß nicht allzu groß ist.

				l					
		0	1	2	3	4	5	6	7
0				2	3				
1			9	10	11				
2		16	17	18					
k	3								
4									
5									
6									
7									

# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (2)

## Mögliche Dreierkombinationen

Set No.	$(k_1, l_1)$	$(k_2, l_2)$	$(k_3, l_3)$
1	2 (0,2)	9 (1,1)	10 (1,2)
2	9 (1,1)	2 (0,2)	10 (1,2)
3	3 (0,3)	10 (1,2)	11 (1,3)
4	10 (1,2)	3 (0,3)	11 (1,3)
5	9 (1,1)	2 (0,2)	10 (1,2)
6	2 (0,2)	9 (1,1)	10 (1,2)
7	9 (1,1)	16 (2,0)	2 (0,2)
8	16 (2,0)	9 (1,1)	2 (0,2)
9	2 (0,2)	9 (1,1)	16 (2,0)
10	9 (1,1)	2 (0,2)	16 (2,0)
11	10 (1,2)	17 (2,1)	3 (0,3)
12	17 (2,1)	10 (1,2)	3 (0,3)
13	10 (1,2)	3 (0,3)	17 (2,1)
14	3 (0,3)	10 (1,2)	17 (2,1)
15	9 (1,1)	16 (2,0)	17 (2,1)
16	16 (2,0)	9 (1,1)	17 (2,1)
17	10 (1,2)	17 (2,1)	18 (2,2)
18	17 (2,1)	10 (1,2)	18 (2,2)

# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (3)

## Einbetten der Informationen

- Pseudo-zufällige Auswahl einer Dreierkombination aus den acht Frequenzen (Auswahl von  $Y_A$ ,  $Y_B$ ,  $Y_C$ )
- Vergleich mit der maximal änderbaren Distanz  $D$ ; wenn überschritten: kennzeichnen als "invalid"
- ansonsten Einbringen des Frequenzmusters ( $Y_A$ ,  $Y_B$ ,  $Y_C$ ) für 0 oder 1 in die Positionen in der Matrix.

Bit	1	1	1	1	0	0	0	0	In	va	lid
$Y_A$	H	H	M	M	L	L	M	M	H	L	M
$Y_B$	H	M	H	M	L	M	L	M	L	H	M
$Y_C$	L	L	L	L	H	H	H	H	M	M	M

152	0	4	0	0	0	0	0	0
0	0	23	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (4)

## Einbetten der Bits in die drei Koeffizienten:

- Wenn  $c_i=1$ : ändere  $(Y_A, Y_B, Y_C)$  so ab, dass  $Y_A > Y_C + D$  und  $Y_B > Y_C + D$ .
- Wenn  $c_i=0$ : ändere  $(Y_A, Y_B, Y_C)$  so ab, dass  $Y_A + D < Y_C$  und  $Y_B + D < Y_C$ .

Je höher D ist, desto zuverlässiger ist das eingebettete Bit, aber auch desto sichtbarer!

Bit	1	1	1	1	0	0	0	0	In	va	lid
$Y_A$	H	H	M	M	L	L	M	M	H	L	M
$Y_B$	H	M	H	M	L	M	L	M	L	H	M
$Y_C$	L	L	L	L	H	H	H	H	M	M	M

152	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0	0
0	0	<b>23</b>	0	0	0	0	0	0
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (5)

## Auslesen der Information

- pseudo-zufällige Auswahl der n Blöcke aus dem Bild und Koeffizientenkombinationen in den Blöcken
- Lese  $Y_A$ ,  $Y_B$  und  $Y_C$  aus
- Prüfe auf "invalid"
- Wenn  $Y_A \geq Y_C$  und  $Y_B \geq Y_C$  return  $c_i = 1$
- Wenn  $Y_A \leq Y_C$  und  $Y_B \leq Y_C$  return  $c_i = 0$

<b>Bit</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>In</b>	<b>va</b>	<b>lid</b>
$Y_A$	H	H	M	M	L	L	M	M	H	L	M
$Y_B$	H	M	H	M	L	M	L	M	L	H	M
$Y_C$	L	L	L	L	H	H	H	H	M	M	M

152	0	<b>4</b>	0	0	0	0	0
0	0	<b>23</b>	0	0	0	0	0
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

# Frequenzraumverfahren von Zhao/Koch (6)

## Verfahrens-Vorteile

- visuelle Abschätzung durch "invalid"
- Parameter D bestimmt die Robustheit
- kompressionsrobust (mittlere Koeffizienten)

## Verfahrens-Nachteile

- Verschieben von Blöcken zerstört das Wasserzeichen
- Skalierung des Bildes zerstört das Wasserzeichen, da im Original-Algorithmus die Pseudo-Zufallsfolge von der Größe des Bildes (x- und y-Dimension) abhängt
- Sichtbarkeitsparameter (Parameter D) nicht adaptiv an den Bildinhalt (Kanten!)
- Empfindlich gegen Ausschnittbildung
- Empfindlich gegenüber geometrischen Transformationen: Skalierung, Rotation, ...
- Kopieren des Wasserzeichens möglich

## Referenz

Jian Zhao and Eckhard Koch: *Embedding robust labels into images for copyright protection*. In: Proc. of the International Congress on Intellectual Property Rights for Specialized Information, Knowledge and New Technologies. Vienna, Austria, August 1995.

<http://www.mediasec.com/know/papers.html>

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-22
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Visuelle Wahrnehmung

## Idee

Einfügen des Wasserzeichens in Bildbereiche, in denen das menschliche Wahrnehmungssystem die Modifikation möglichst wenig bemerkt. Hier: im weißen Hintergrund des rechten Bildes.



## 9.3.2 Ton

### Ziele

- Verfolgung illegaler Kopien
- Feststellung des rechtmäßigen Urhebers bzw. Kundens

### Methoden

- Lautstärken-Modulation
- Modulation des Rauschsignals
- Gefahr: Kompression erfasst und verdirbt die Wasserzeicheninformation (z. B. bei Ausnutzung des Verdeckungseffekts in MP3)

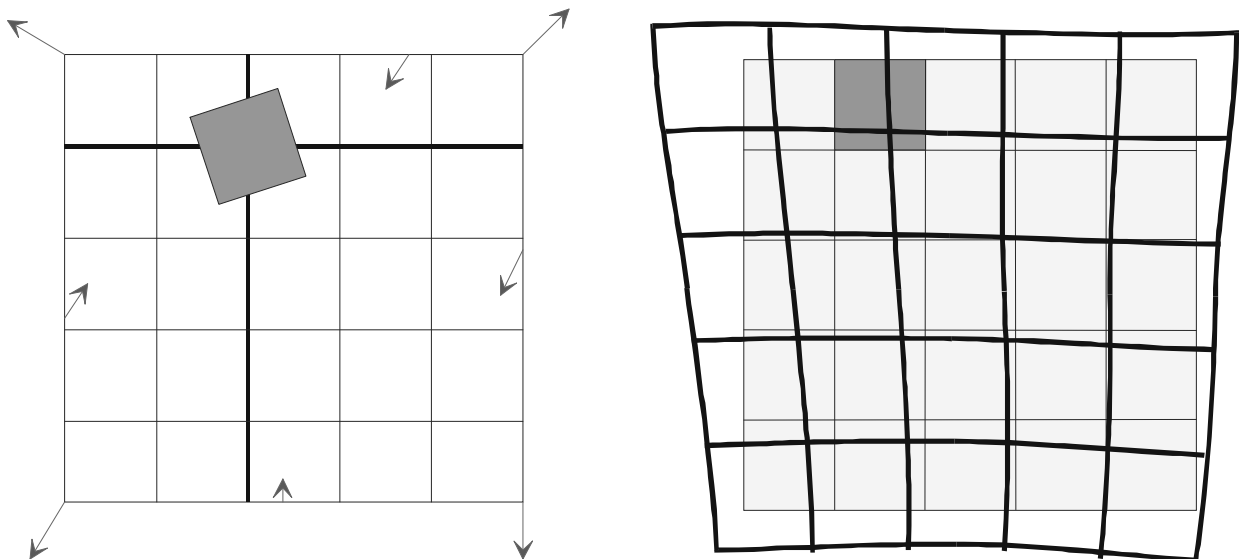
A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-24
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------



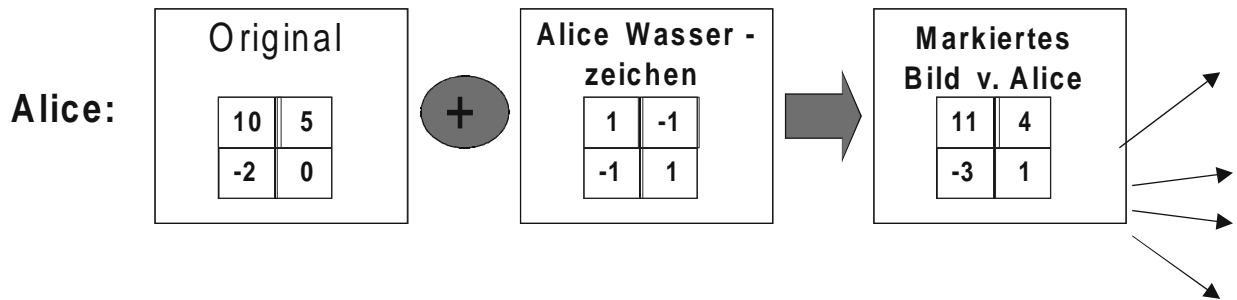
## 9.4 Offene Probleme

**StirMark** ist ein Verfahren zum Löschen von Wasserzeichen in Dokumenten. Es simuliert sogenannte Resampling-Prozesse, ähnlich wie Ausdrucken und erneutes Einscannen. Es werden kleine, zufällig ausgewählte, geometrische Operationen ausgeführt, wie Verzerren, Skalieren, Rotieren oder Resampling mit Interpolation.

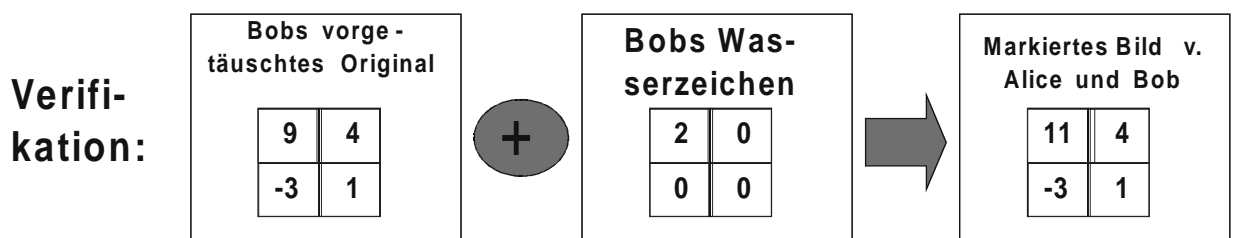
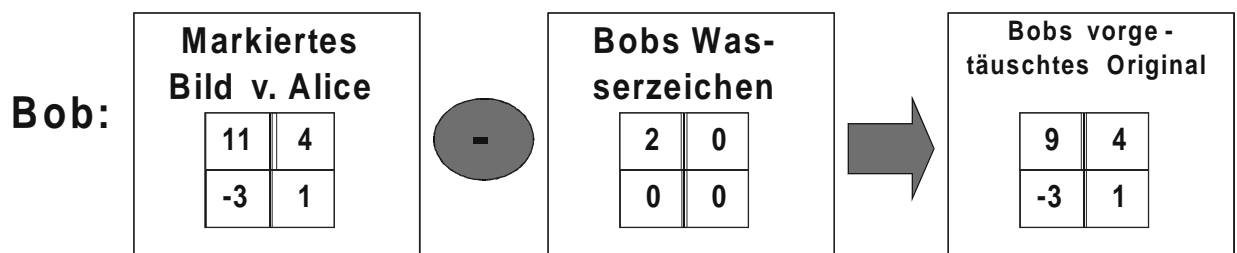
**StirMark** löscht fast alle Wasserzeichen der ersten Generation, ohne die Dokumente sichtbar sehr zu verfälschen.



# Mehrfachmarkierung



Man betrachte den Angriff: **Mehrfachmarkierung**  
(Multiple Ownership Attack)



# Digital Fingerprinting

## Idee

Einbringen von kundenspezifischen Informationen in jedes ausgelieferte Exemplar des Dokuments.

- Verfolgung kundenspezifischer Kopien
- Erkennen illegaler Weiterverbreitung

**Problem** mit herkömmlichen Wasserzeichen-  
Algorithmen:

- Da unterschiedliche Informationen eingebracht werden, entstehen unterschiedliche Kopien
- Verfahren skaliert nicht gut für große Kundenzahlen
- Kunden können zusammenarbeiten und Wasserzeichen durch Differenzbildung angreifen: "Koalitionsangriff"

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-27
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# 9.5 Fragile Wasserzeichen

## Ziel

Schutz von Dokumenten vor unerkannten inhaltlichen Veränderungen. Dazu dienen “zerbrechliche“ (content-fragile watermarks“)

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-28
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Beispiel



## 3. Attacks

A Graduate Course on  
Multimedia Technology

© Wolfgang Effelsberg,  
Ralf Steinmetz

9. Digitale Wasserzeichen

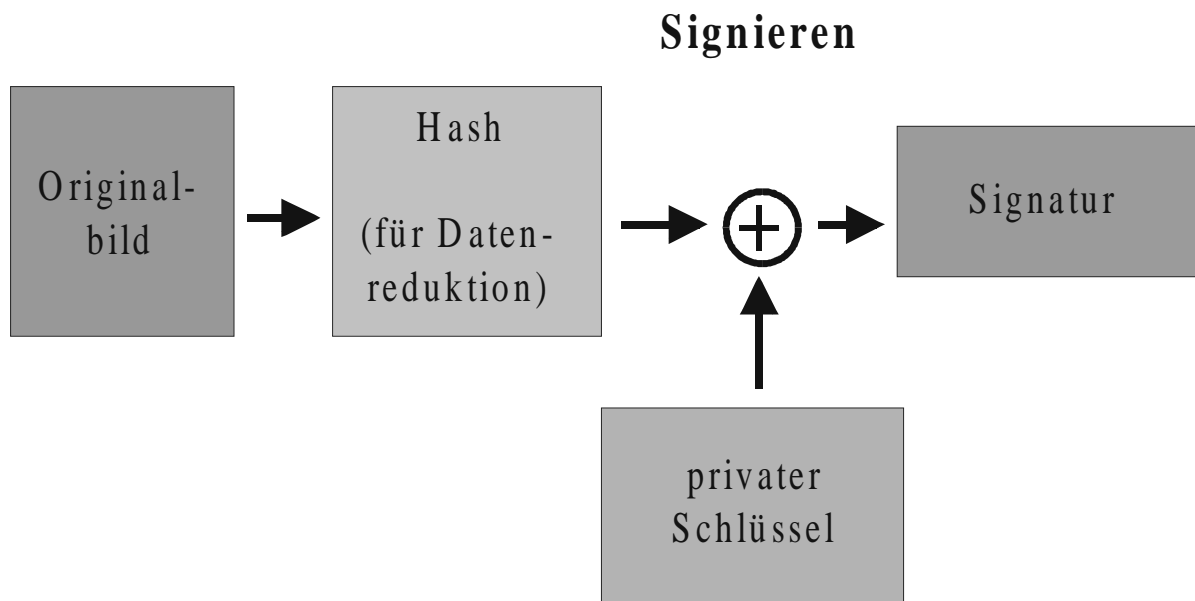
9-29

original

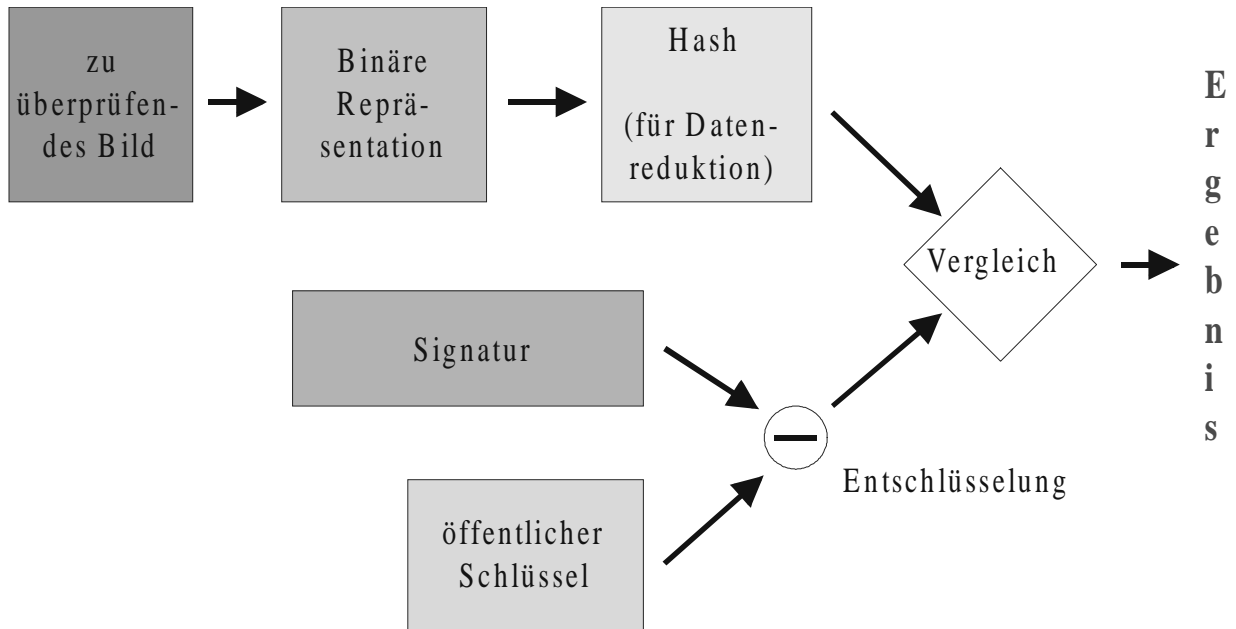
warp

mosaic

## 9.5.1 Erster Ansatz: Digitale Signatur



# Prüfen der digitalen Signatur



# Digitale Signatur: Probleme

## Authentizität und Integrität

### zulässige Bildveränderungen:

- leichte Übertragungsfehler
- Rauschen
- Quantisierung/
- Kompression
- Auflösungsverringerung
- Skalierung
- Farbformatkonvertierung
- Gamma-Vorverzerrung...

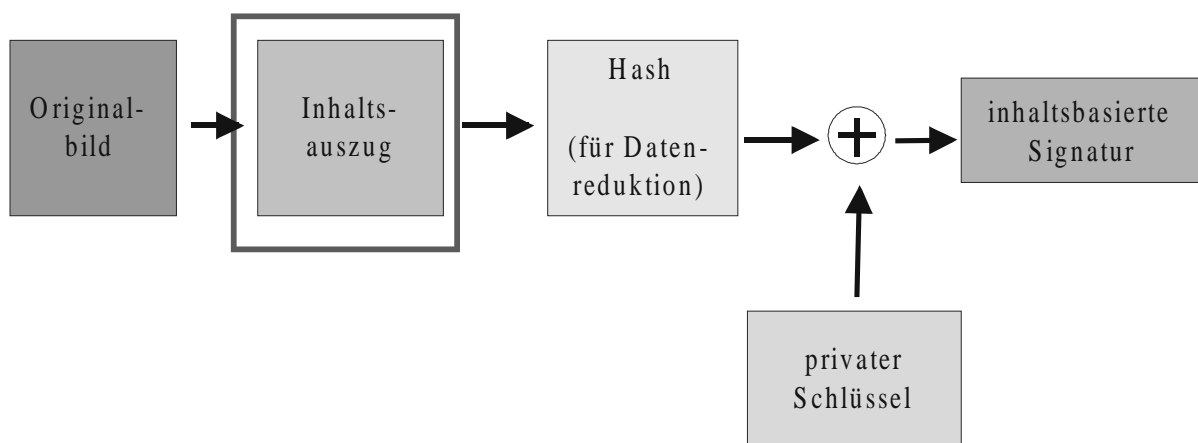
### zu erkennende Manipulationen:

- Entfernen von Bildelementen
- Verschieben, Verändern von Positionen zueinander
- Verändern der Eigenschaften
- Veränderung der Szenenlichtverhältnisse



# Digitale Signatur, inhaltsbasiert

Ein Problem der bisher diskutierten Ansätze ist, dass Rauschen auf dem Übertragungsweg, Skalierung zur Adaption an Bandbreiten und Filter-Operationen zur Qualitätsverbesserung oft das Wasserzeichen zerstören, während für den Betrachter/Hörer eine Veränderung der Qualität kaum feststellbar ist. Deshalb sucht man nach Verfahren, die das Wasserzeichen bzw. die Signatur nur in den **Kernaussagen** des Bildes/Tonsignals unterbringen (**inhaltsbasierte Verfahren**).



# Bestimmung eines Inhaltsauszugs

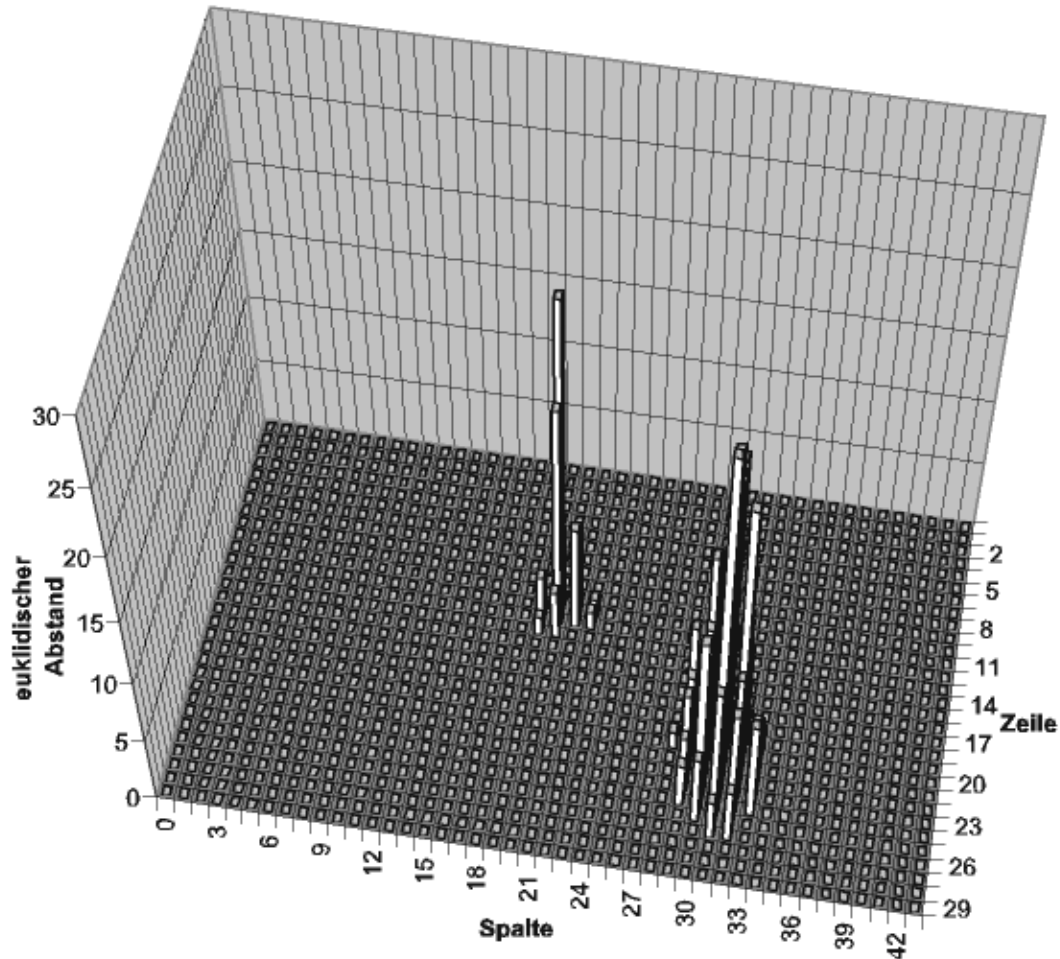
Beispiele für die Auswahl von “**Kernaussagen**“ für Bilder und Videos:

- DC-Koeffizienten pro Block + Vergleich der DC-Koeffizienten
- Vorzeichen der Differenz der DC-Koeffizienten aufeinanderfolgender Blöcke + Vergleich der Vorzeichen (diese hängen kaum von Rauschen oder Filtern ab)
- Intensitätshistogramme pro Block + euklidischer Abstand
- Intensitätshistogramme pro Block + Mittelwertvergleich und Varianzen
- Extraktion der Bildkanten + Vergleich der Kantenbilder

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-34
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Problem Inhaltsauszug (1)

Euklidischer Abstand zwischen *Original u. Pic1b*  
in Bezug auf ihre Histogramme pro Block

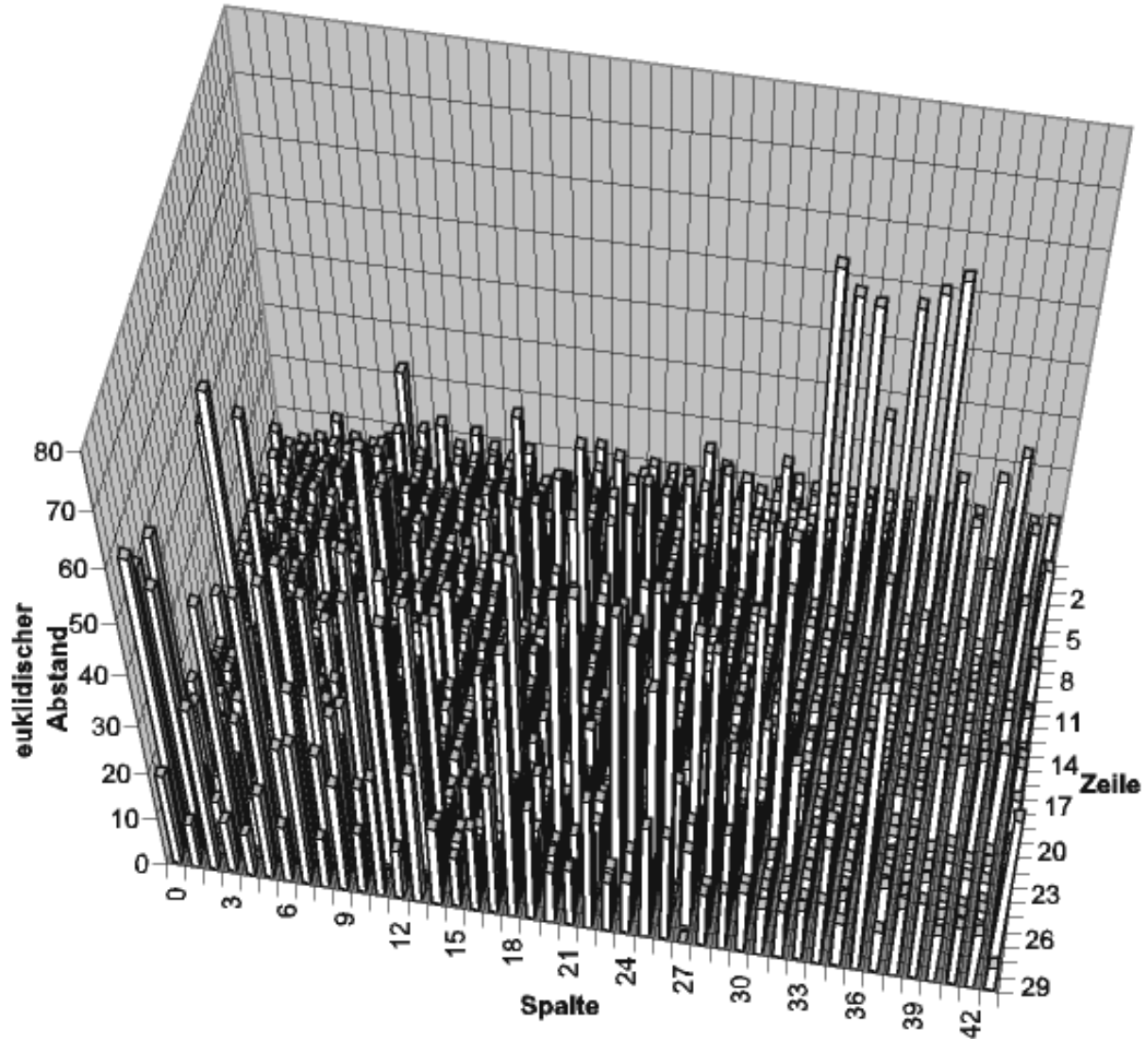


**Euklidischer Abstand zwischen Original  
und manipuliertem Bild**

$$\left[ \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

## Problem Inhaltsauszug (2)

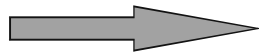
**Euklidischer Abstand zwischen *Original* u. *Pic1b* quantisiert  
in Bezug auf ihre Histogramme pro Block**



Euklidischer Abstand zwischen Original und manipuliertem sowie quantisiertem Bild

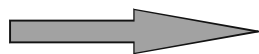
# Problem Tauglichkeit Inhaltsauszug

**DCT-Ansätze**



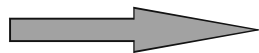
**Probleme bei der Skalierung/Quant.**

**Histogramm-Ansätze**



**Schwellwerte nötig!**

**Kantenbilder-Ansätze**



**Probleme bei der Skalierung: Blockansatz**

**“Zugelassene” Bildveränderungen:  
Farbkonvertierungen, teilweise Übertragungsfehler,  
teilweise “Quantisierung”**

## 9.5.2 Zweiter Ansatz: Inhaltsauszug als Wasserzeichen

### Idee

Inhaltsauszug als fragiles Wasserzeichen in den Datenstrom einbringen

### Verfahren

- Schwellwertbasis
- Inhaltsauszug

### Unsicherheit

- fragil versus robust gegen zugelassene Veränderungen wie Skalierung und Kompression
- korrekte Manipulationsdetektion?

Fragile Wasserzeichen sind erst am Beginn der Forschung.

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-38
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------

# Zusammenfassung

## Wasserzeichen

- Pragmatischer Ansatz für Copyrightschutz
- Möglichkeit der Verfolgung illegaler Kopien und Markierung einzelner Exemplare mit kundenspezifischen Informationen (Fingerprinting)
- Von großer Bedeutung für das WWW!

## Forschungsbedarf

- Robustheit (Retrieval), Robustheitsgarantien:  
Zertifizierte Wasserzeichenverfahren zum **Herkunftsnachweis**
- fragile Wasserzeichen zum **Integritätsnachweis**
- Anwendung auf Audio, 3D-Szenen, Software?

A Graduate Course on Multimedia Technology	© Wolfgang Effelsberg, Ralf Steinmetz	9. Digitale Wasserzeichen	9-39
-----------------------------------------------	------------------------------------------	---------------------------	------