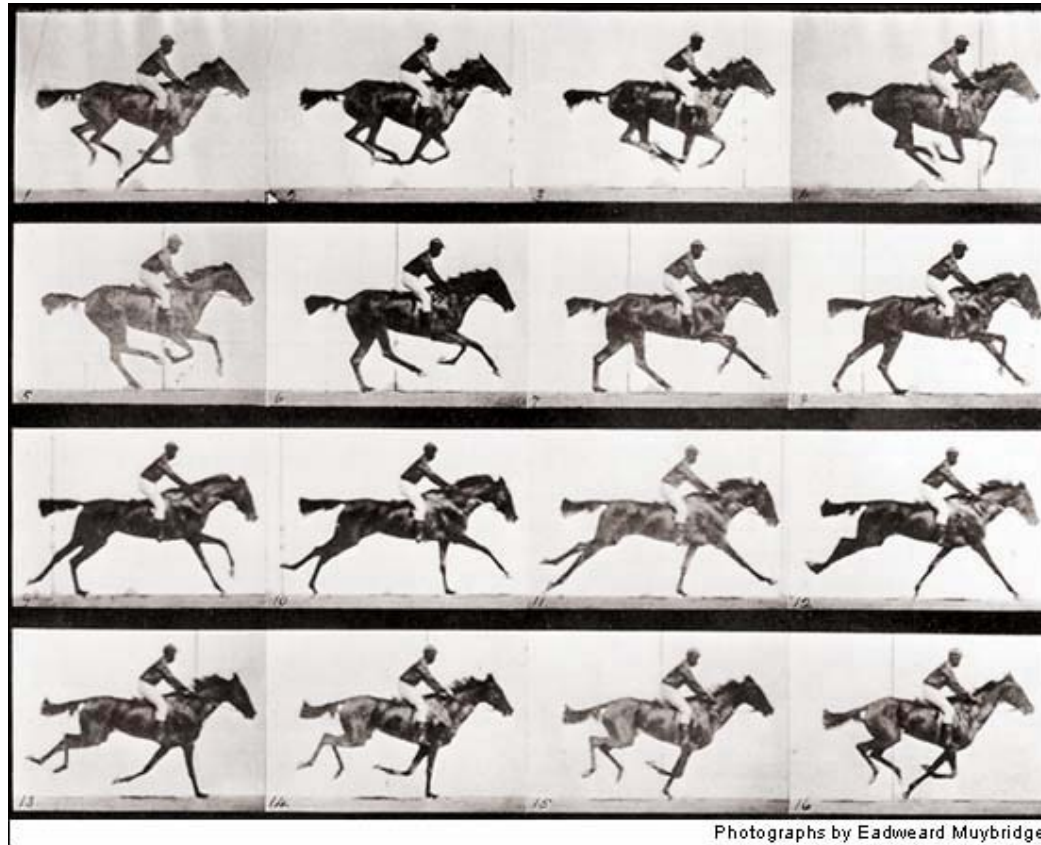
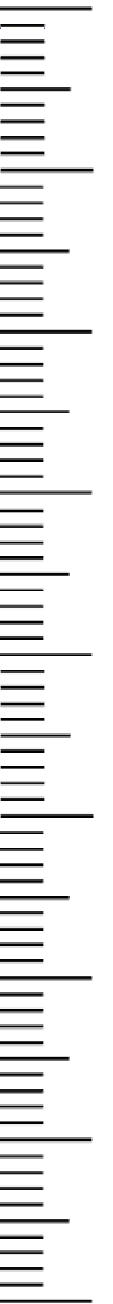


## Bewegtbilddarstellung auf LCD-Bildschirmen



Michael E. Becker  
Display-Metrology & Systems  
Karlsruhe - Germany

- ◆ Motivation
- ◆ Wahrnehmung von Bewegungen (allgemein)
- ◆ Impulsdarstellung - Erhaltungsdarstellung (Bildschirme)
- ◆ Kantenverschleifung (*edge blurring*)
- ◆ Weitere Bewegungartefakte bei LCDs
- ◆ Dynamik von LCDs
- ◆ Spannung vorhalten (*overdriving*)
- ◆ Weitere Verbesserungsmaßnahmen
- ◆ Zusammenfassung & Ausblick



## ◆ Stiftung Warentest Oktober 2004

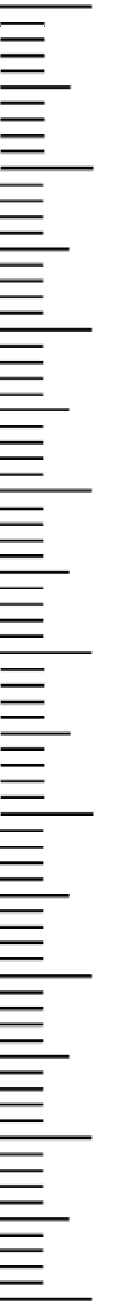
### "Die Röhre ist besser"

"Wer sich einen LCD-Fernseher anschaffen will, soll das aus Designgründen tun. Röhrengeräte sind zurzeit einfach noch überzeugender"

## ◆ Fernsehanwendungen derzeit größter Wachstumsmarkt für LCDs (Umsatzverdopplung in 2005 in DE bei Flachbildschirm- und Projektionsfernsehern)

→ LCD-Fernsehgeräte werden kommen, bzw.  
sie sind schon auf dem Weg

(IFA 2005 und Fußballweltmeisterschaft 2006 !)



## Darstellung von Bewegungen auf LCD-Bildschirmen

ZIEL: Kontraste, Konturen, Farben wie bei Standbildern

KEINE Artefakte durch Darstellung von Bewegungen

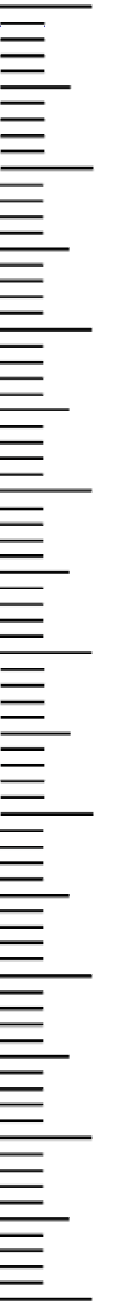
### **Technisches Ziel**

Realisierung der Darstellung von bewegten Bildern wie auf CRT-Bildschirmen

? Wo liegen die Schwachpunkte von LCD-Bildschirmen bei der Darstellung bewegter Bildinhalte ?

? Was ist dabei spezifisch für die LC-Zelle (LCD) und was nicht ?

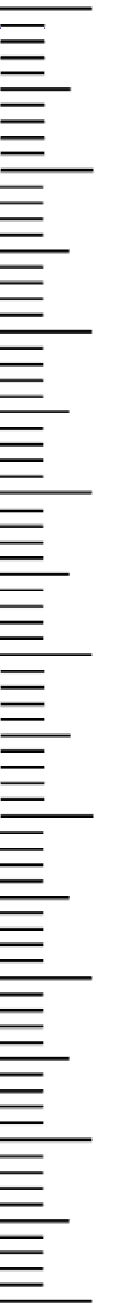
? Was kann getan werden und was wird gegenwärtig getan ?



# Wahrnehmungssache ...



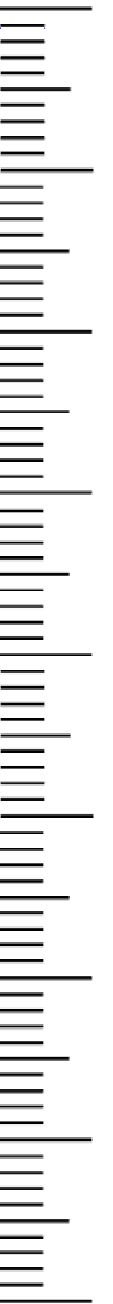
Auge / Kamera nachgeführt → Umgebung verwischt, Objekt scharf



# Wahrnehmungssache ...



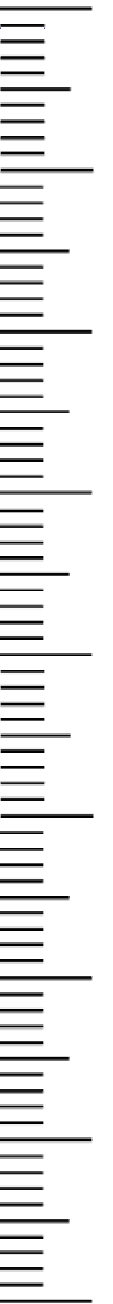
Auge / Kamera fixiert → Umgebung scharf, Objekt verwischt



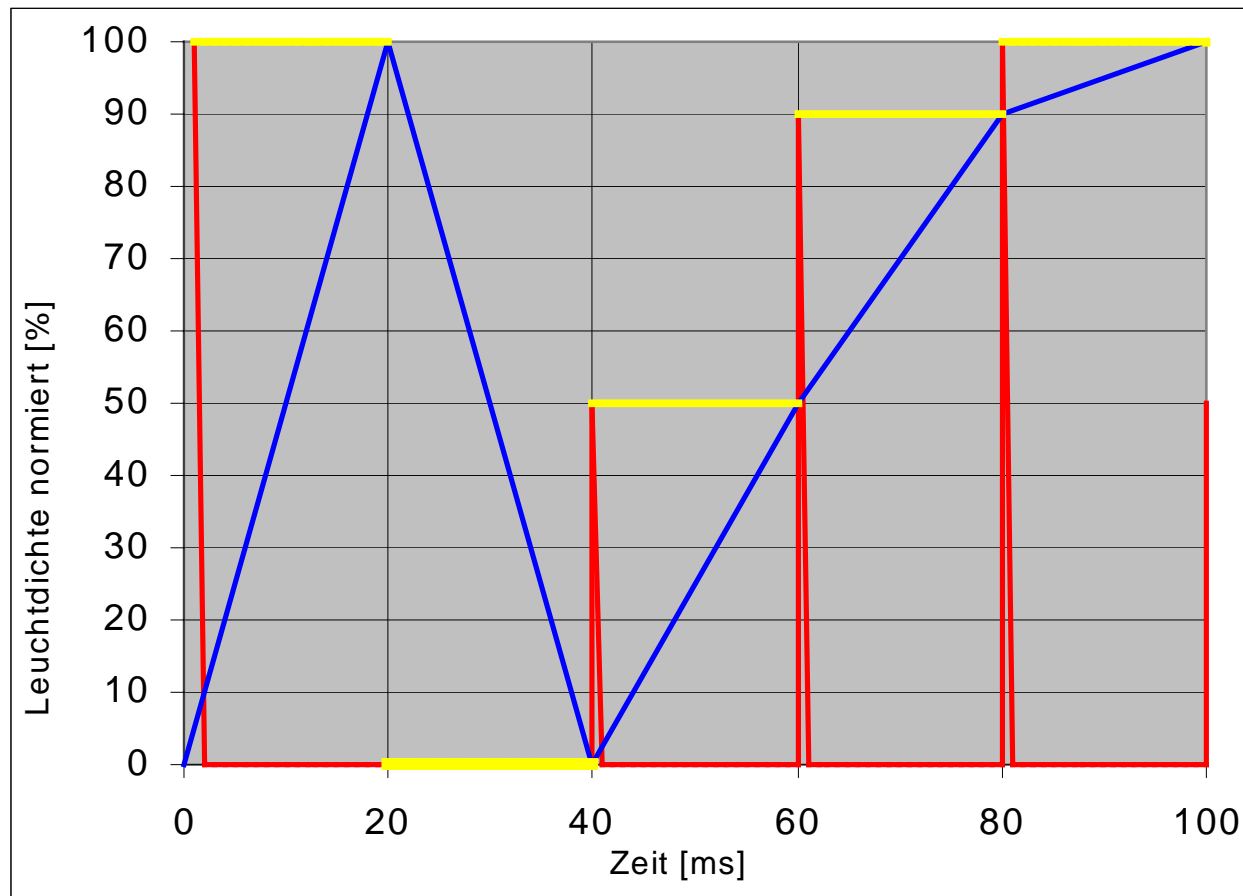
# Wahrnehmungssache ...



Auge neigt dazu, der Bewegung des Objekts zu folgen



# Darstellungsarten



Messung der (normierten) Leuchtdichte an einer Stelle des Bildschirms

◆ Impulsdarstellung

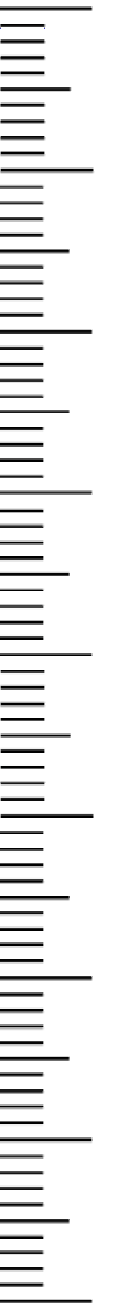
Bildinhalt wird nur zu einem Zeitpunkt angezeigt

◆ Erhaltungsdarstellung

Bildinhalt bleibt während der Bildperiode konstant

◆ Zwischenform

Sollwert wird am Ende der Bildperiode erreicht





◆ **Impuls-Darstellung** (*impulse-type display*)

Steiler Anstieg der Leuchtdichte gefolgt von einem ebenso schnellen Abfall

z. B. bei Kathodenstrahlröhre (CRT)

Anstieg und Abfallzeiten etwa 1ms (gegeben durch Phosphore)

◆ **Erhaltungs-Darstellung** (*hold-type display*)

Steiler Anstieg der Leuchtdichte und dann konstantes Niveau

z. B. bei LED-Anzeigen (organisch, anorganisch), Plasma-Anzeigen

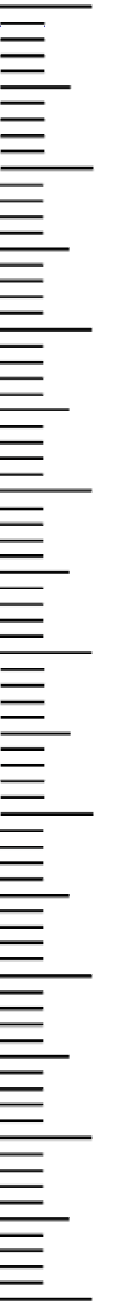
◆ **Zwischenform** mit endlicher Anstiegs- und Abfallzeit

z. B. bei LCDs

LCD ist eigentlich eine Anzeige mit Erhaltungsdarstellung,

aber der Übergang erstreckt sich oft über mehrere Bildperioden

➡ Beschleunigung durch elektronische Maßnahmen (overdrive), damit Zielleuchtdichte am Ende der Bildperiode erreicht wird



## Konflikt

### Dauer der Darstellung / *wahrgenommene Helligkeit*

◆ **Impuls-Darstellung** (*impulse-type display*)

Pulslänge ~ 1ms

**geringe *wahrgenommene Helligkeit*, gute Darstellung von Bewegungen**

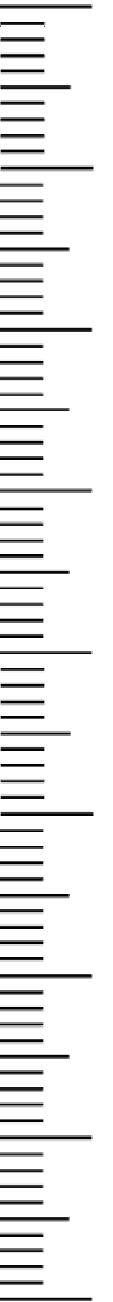
◆ **Erhaltungs-Darstellung** (*hold-type display*)

Pulslänge = Bildperiode

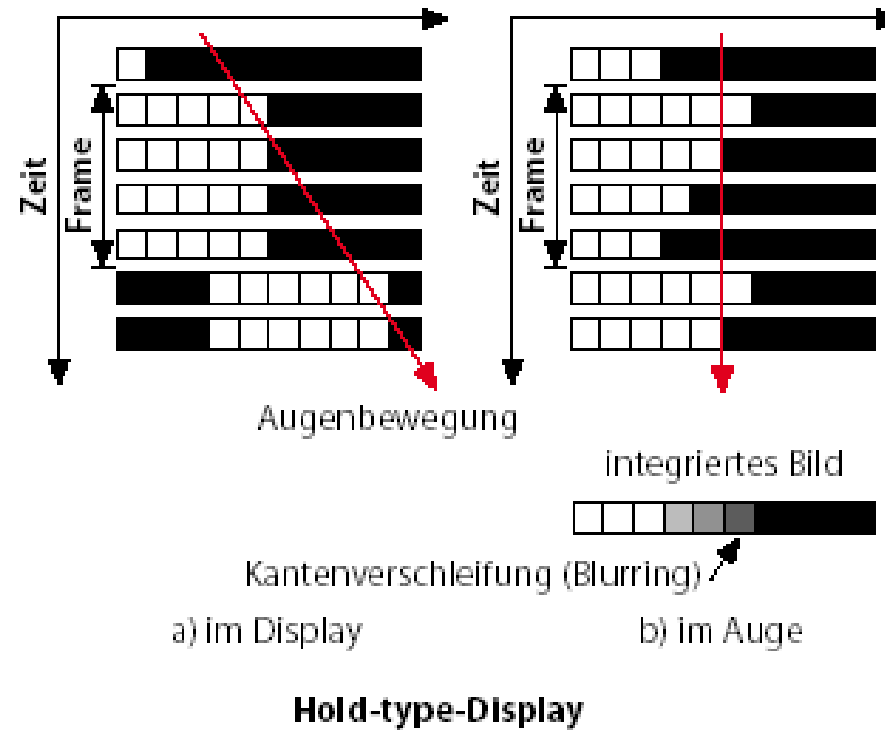
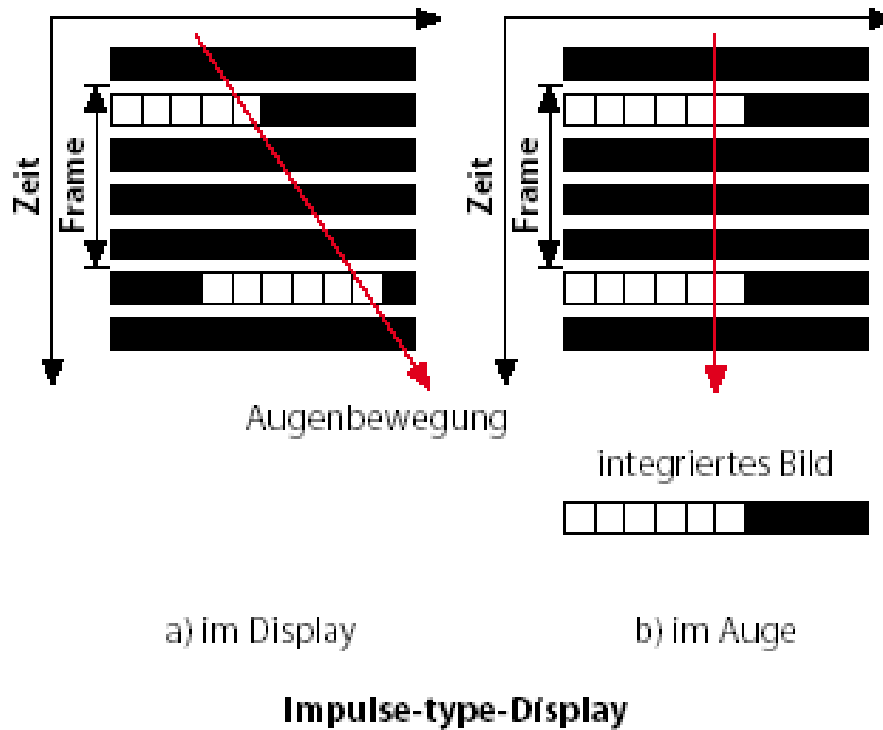
**hohe *wahrgenommene Helligkeit*, ausgeprägte Bewegungsartefakte**

◆ **Zwischenform** mit endlicher Anstiegs- und Abfallzeit

Kompromiss zwischen *wahrgenommener Helligkeit* und *Bewegungsdarstellung*

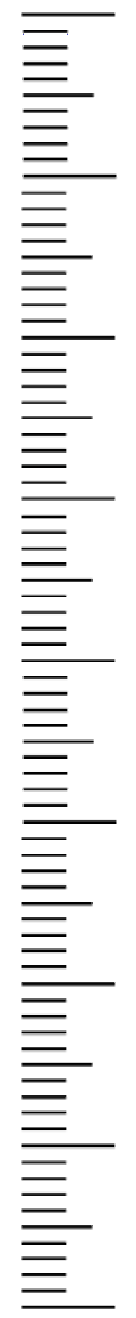


# Wahrnehmungssache ...

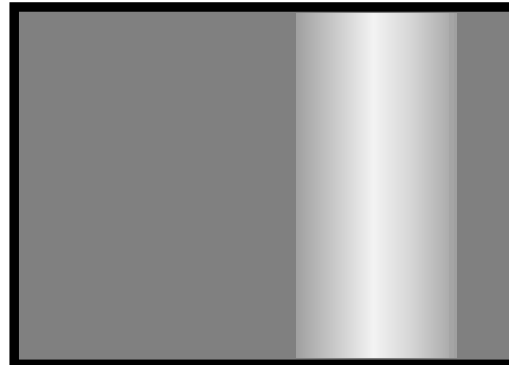
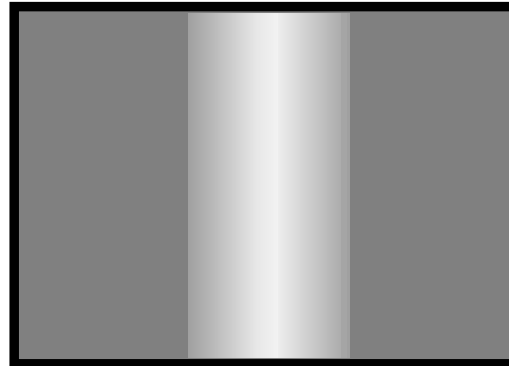
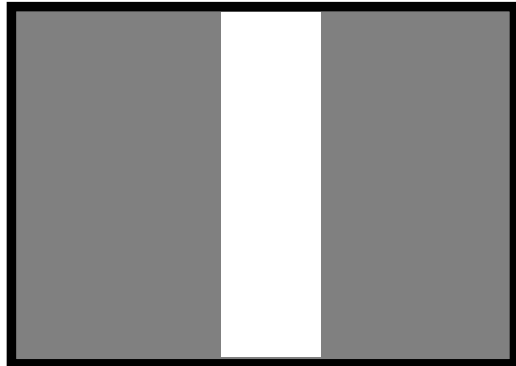
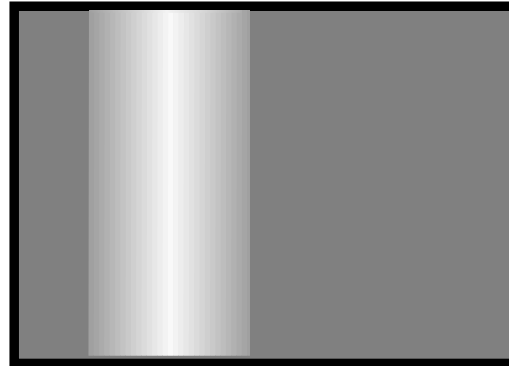
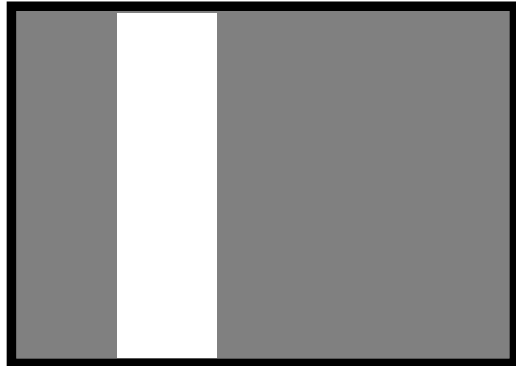


Integration der Beleuchtungsstärke auf der Netzhaut, z. B. über eine Bildperiode

Quelle: SID'01 Seminar Lecture Notes Vol.1, M-3/25



# Wahrnehmungssache ...



Impulsdarstellung

Erhaltungsdarstellung

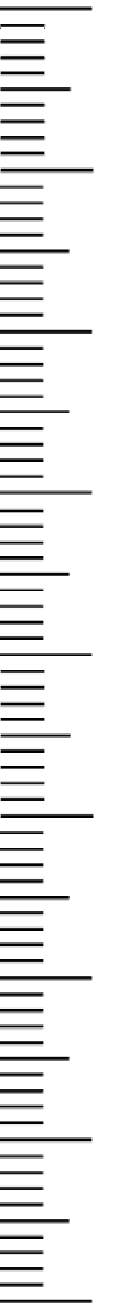
Wahrnehmung eines weißen Rechtecks, das sich mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts über den Bildschirm bewegt,

Impulsdarstellung (linke Spalte)

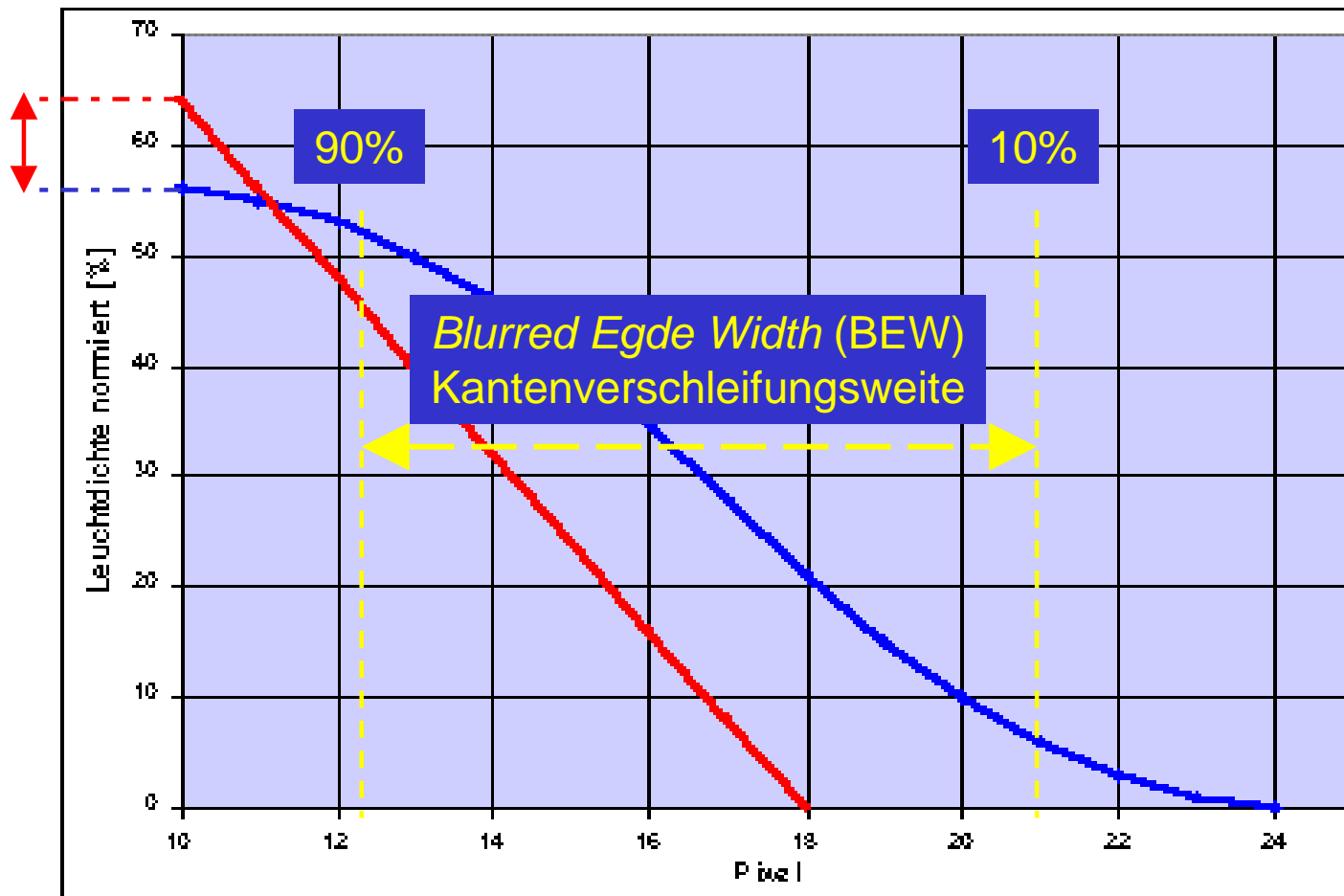
Erhaltungsdarstellung (rechte Spalte)

→ Kantenverschleifung (BEW = Breite der Verschleifung)

→ Reduktion der maximalen Intensität

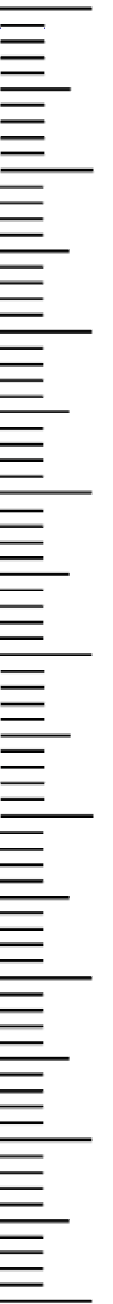


# Kantenverschleifung



Berechnete *Kantenverschleifung* bei einem bewegten Rechteck für einen Bildschirm mit Erhaltung-Darstellung bei verschwindender Schaltzeit ( $t = 0$ , rote Kurve) und einem Bildschirm, dessen Zielleuchtdichte jeweils am Ende einer Bildperiode erreicht wird (blaue Kurve).

Das Rechteck ist 8 Pixel breit und bewegt sich mit 8 Pixel/Bildperiode (*frame*).



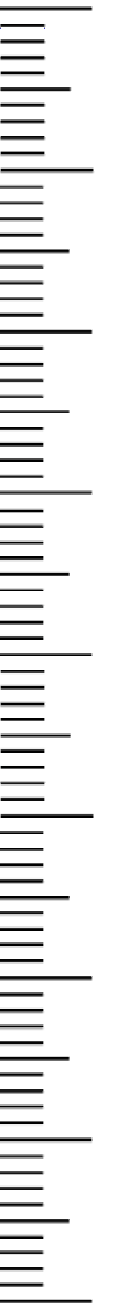
# Bewegungsartefakte auf LCD-Bildschirmen



Kantenverschleifung



From: SHARP, Sugino, Eurodisplay 2005

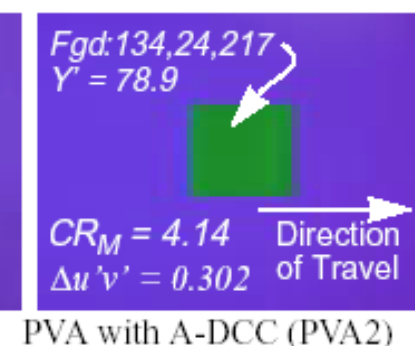
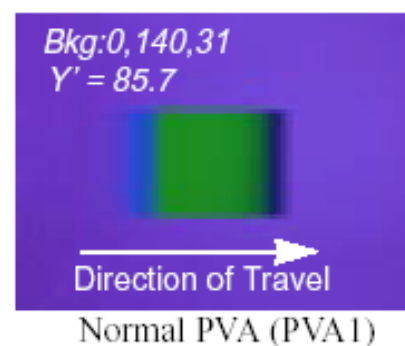


# Bewegungsartefakte auf LCD-Bildschirmen



From: Hong, SID 2005, P-51

Kantenverschleifung, Geisterbilder



Normal PVA (PVA1)

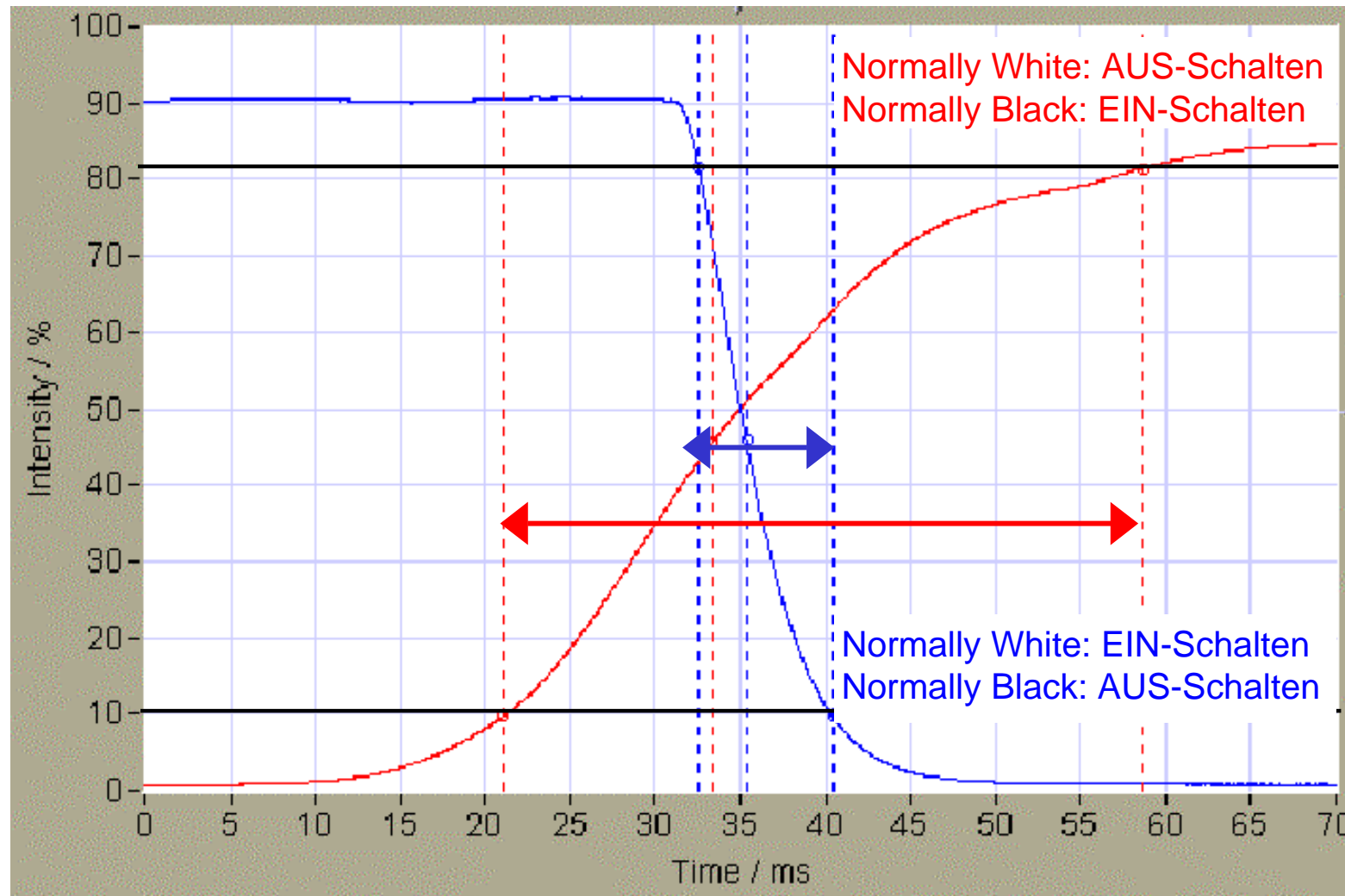
PVA with A-DCC (PVA2)

From: Miseli, SID 2005, 19.2

Farbränder, Farbfehler



# Schaltverhalten von LCDs



Einschaltvorgang für *normally-white* LCD

(EIN-Schalten = Erhöhung der Ansteuerspannung am LCD)

Einschaltvorgang für *normally-black* LCD

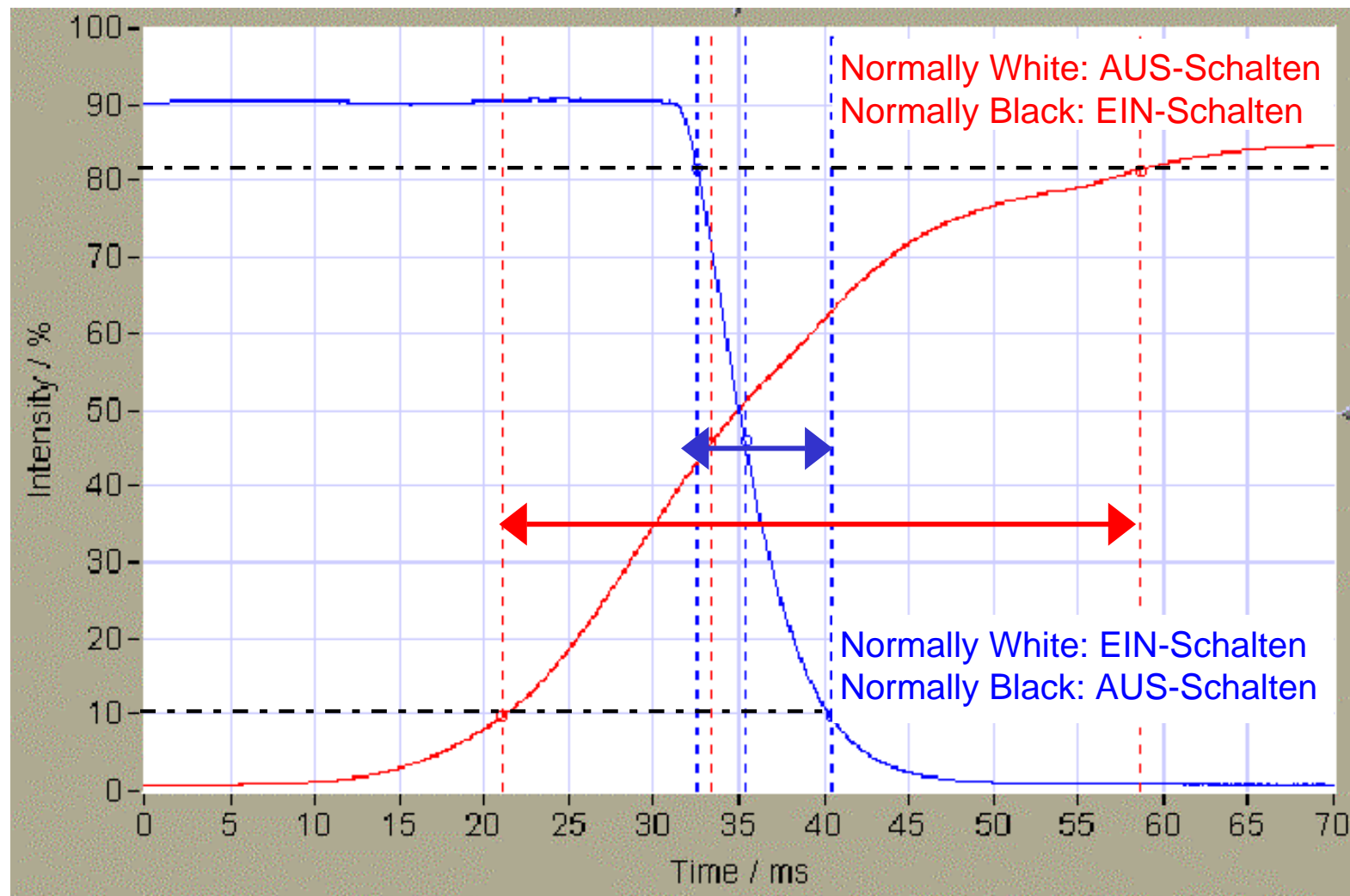
(AUS-Schalten = Reduktion der Ansteuerspannung am LCD)

Ausschaltvorgang für *normally-black* LCD

Ausschaltvorgang für *normally-white* LCD



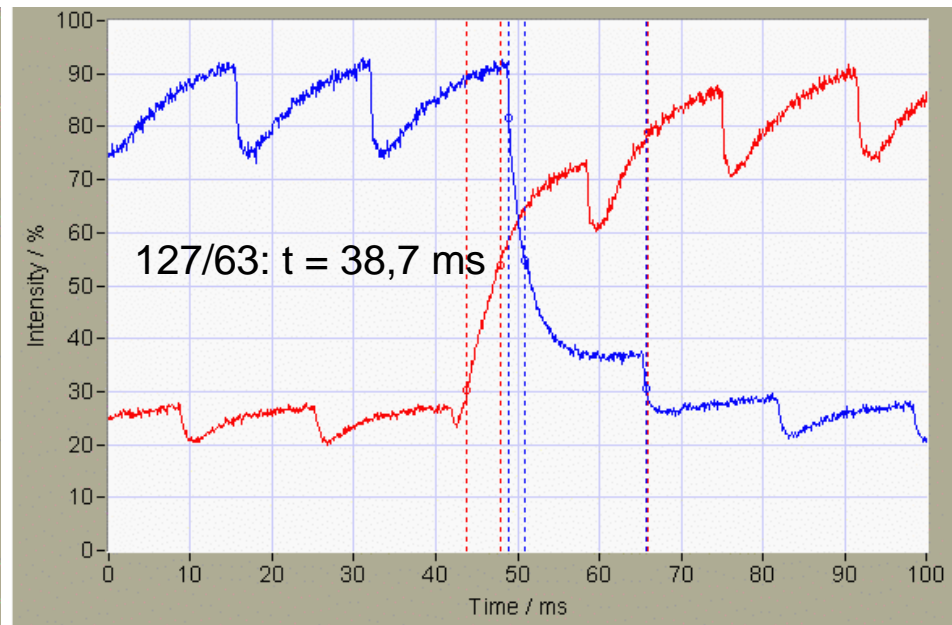
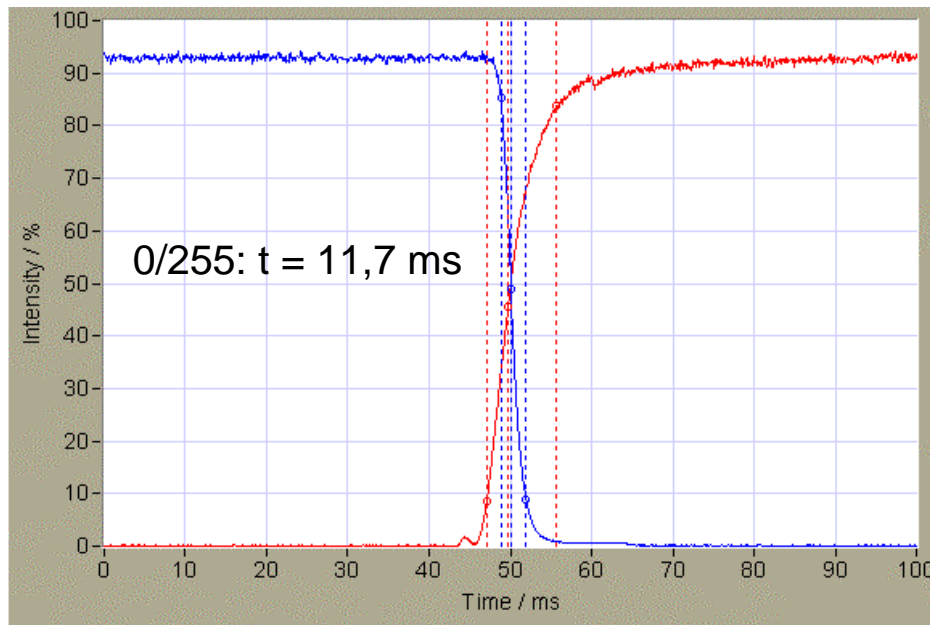
# Schaltverhalten von LCDs



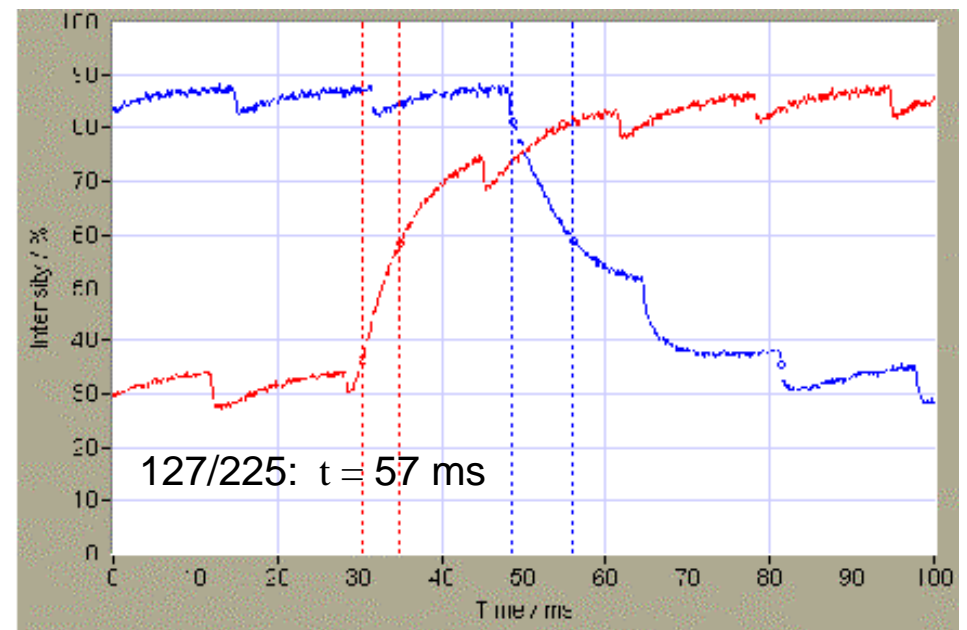
Zeitlicher Verlauf der Leuchtdichte eines LCD-Monitors beim Schalten zwischen Weiß und Schwarz und umgekehrt. Bildperiodendauer = 16,7 ms

Ausschaltzeit (10% - 90%) ~ 32 ms, Einschaltzeit ~ 8 ms

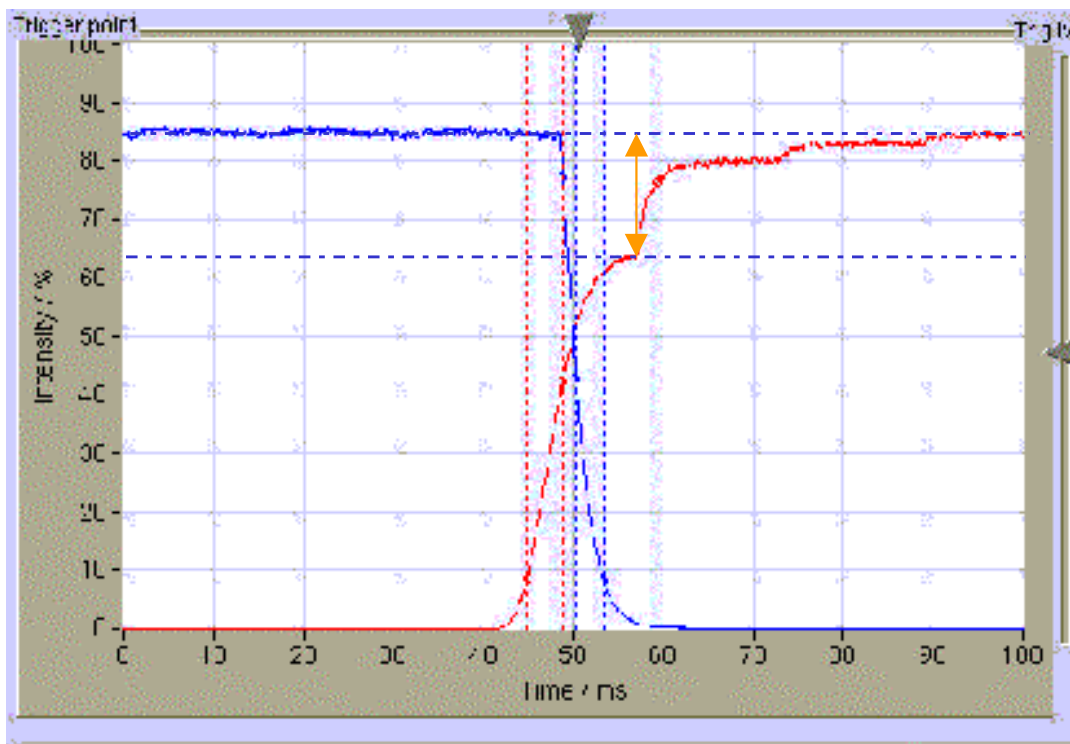
# Schaltzeiten von Graustufe zu Graustufe



- Verlängerte Schaltzeiten zwischen mittleren Graustufen
- Frame-response-Effekte sichtbar  
→ Bestimmung der Schaltzeiten problematisch



# Spannung vorhalten - overdriving



Normally-Black type display

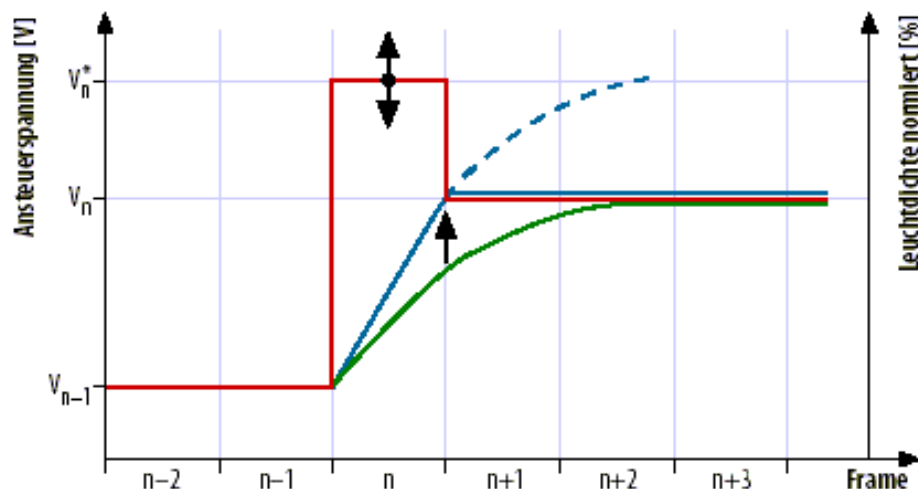
Anschalten über etwa drei Bildperioden, großer Fehler am Ende der ersten Bildperiode

Beschleunigung durch **erhöhte Spannung** während einer Bildperiode (*overdriving*)

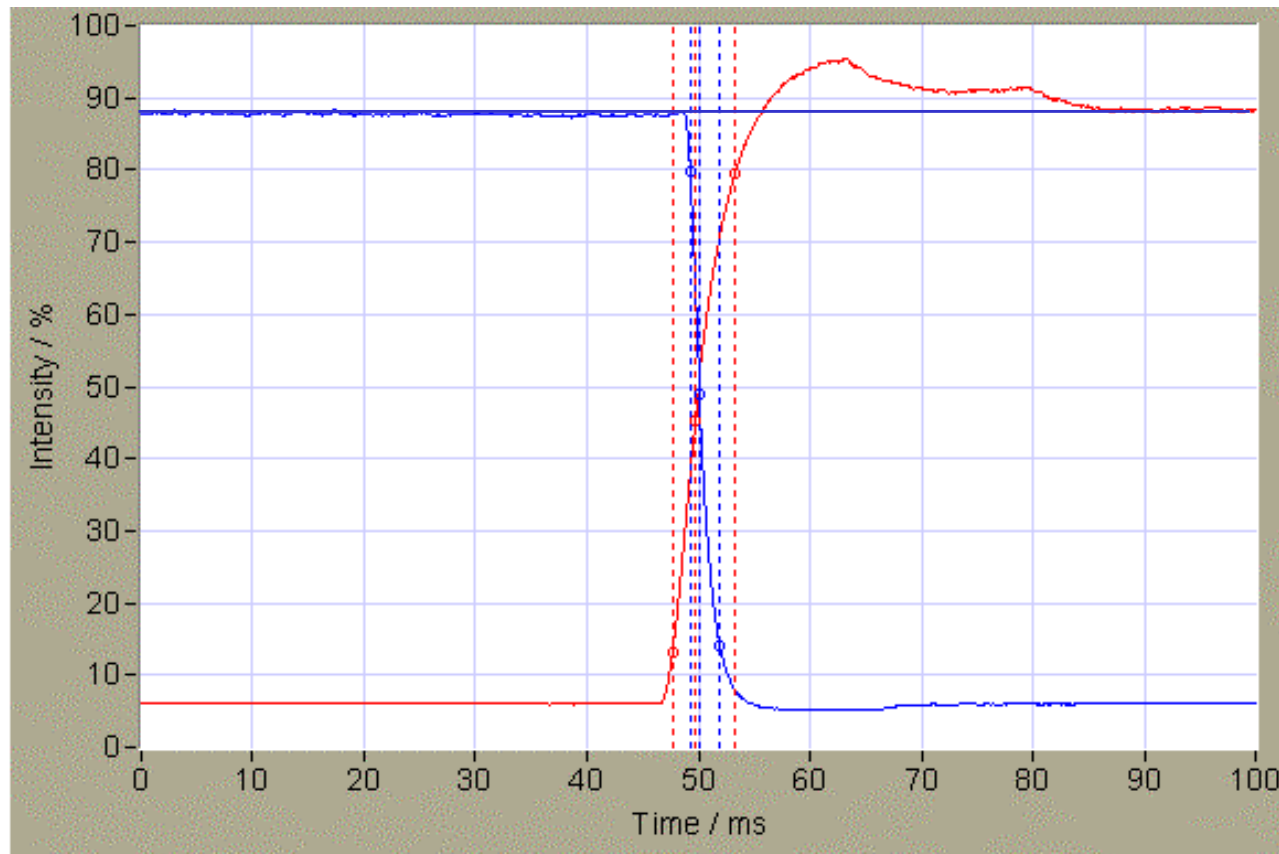
Abschalten (Verringerung der Spannung) kann durch Absenken auf minimal Null V beschleunigt werden

*Overdriving* erfordert Bildspeicher (look-ahead memory)

Experimentell ermittelte LUT  
→ vollständiges Schalten zwischen beliebigen Graustufen innerhalb einer Bildperiode möglich.

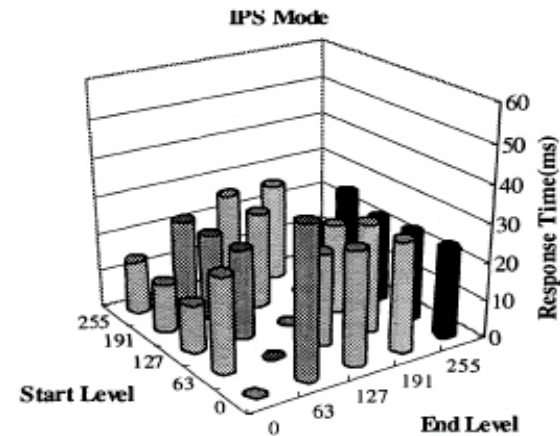
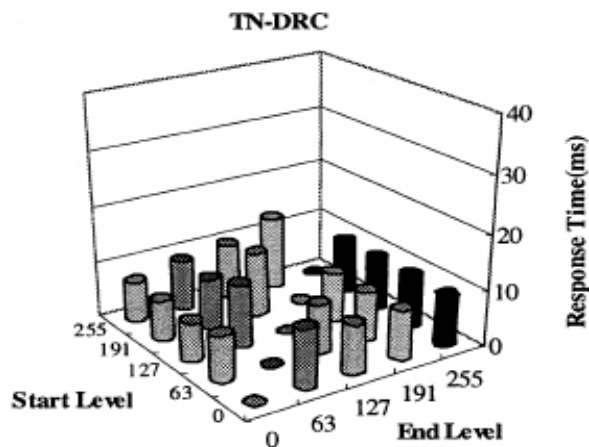
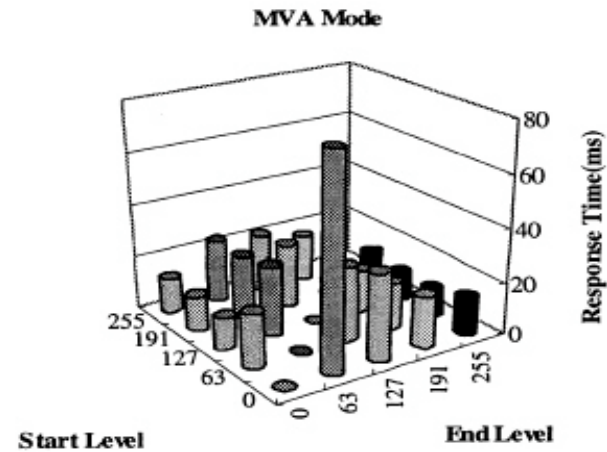
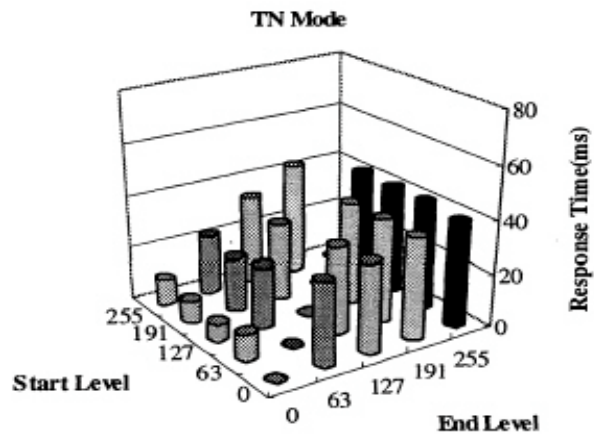


# Spannung vorhalten - overdriving



Sehr kurze Schaltzeit durch Überkompensation  
Visuelle Artefakte ?

# Schaltzeiten von Graustufe zu Graustufe



TN-LCD normal  
**TN-LCD mit overdriving**

MVA-LCD  
IPS-LCD



Die Schaltzeiten eines LCD sind proportional zu

$$\frac{\gamma \cdot d^2}{\Delta\varepsilon \cdot (U^2 - U_{th}^2)}$$

mit	U	Ansteuerspannung
	$U_{th}$	Schwellenspannung
	$\Delta\varepsilon$	Anisotropie der Dielektrizitätskonstanten
	d	Dicke der Flüssigkristallschicht
	$\gamma$	Rotationsviskosität des FK-Materials

Schaltzeitenreduktion durch geringe Schichtdicke des Flüssigkristalls:

z. B. Reduktion der Schichtdicke um 30% ( $0,7^2 = 0,49$ ) -> Halbierung der Schaltzeiten

Untere Grenze für Schichtdicke des Flüssigkristalls: genug FK-Material vorhanden, um den Polarisationszustand des durchfallenden Lichts geeignet zu beeinflussen.

Rotationsviskosität  $\gamma$  so klein möglich

(Aufgabe des Herstellers von flüssigkristallinen Materialien und Mischungen).

Ziel: Impuls-Darstellung von CRT-Monitoren möglichst gut annähern !

- ◆ LCD-System optimieren: Rotationsviskosität und Schichtdicke
- ◆ Ansteuerung mit Vorhalten der Spannung (**overdriving**)

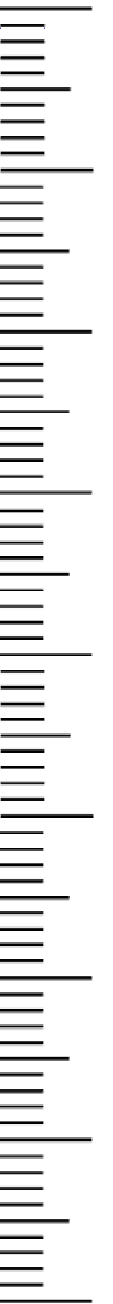
→ Zielleuchtdichte wird am Ende der Bildperiode erreicht

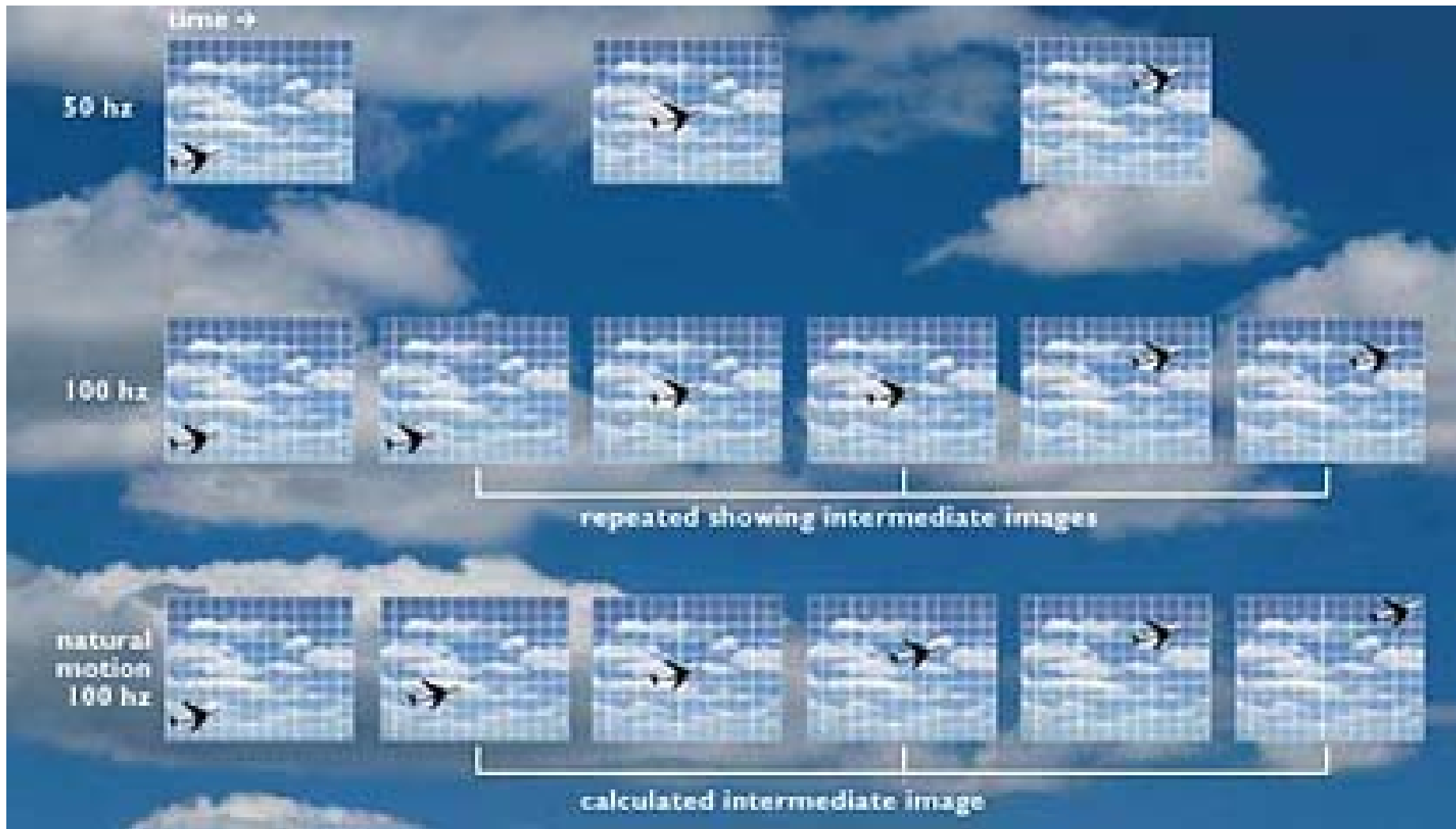
- ◆ Die Zeitspanne, in der das Auge die visuelle Information während einer Bildperiode sieht kann durch **Einfügen von schwarzen Bildern** (oder Zeilen) verringert und so die Impulswiedergabe von CRTs angenähert werden (**black-frame, black-data insertion**).

Damit dies ohne Erzeugung von **Geisterbildern** (**ghost image**) möglich ist muss die Schaltgeschwindigkeit des LCDs mindestens doppelt so hoch sein wie durch die Bildwiederholrate gefordert, was jedoch in der Praxis schwierig ist.

Durch Einfügen von jeweils einem schwarzen Bild ergibt sich die BEW zu  $0,55 \cdot v \cdot T$ , die Leuchtdichte des Weißzustands (*wahrgenommene Helligkeit*) wird jedoch ebenfalls auf die Hälfte reduziert.

- ◆ **Verdopplung der Bildwiederholfrequenz** reduziert BEW auf die Hälfte, aber dazu benötigt man gute **Interpolationsalgorithmen** zur Berechnung der Zwischenbilder und die Schaltzeiten des LCD müssen ebenfalls halbiert werden.





Interpolation zur Verdopplung der Bildwiederholrate



Ziel: Impuls-Darstellung von CRT-Monitoren möglichst gut annähern !

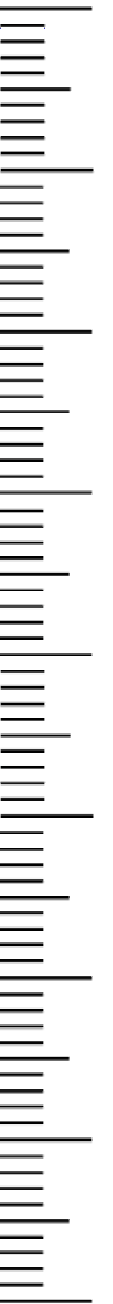
◆ Die Hinterleuchtung des LCD-Bildschirms kontrolliert (d.h. synchronisiert mit dem Bildwechsel) EIN- und AUS-Schalten (***blinking backlight***).

Um Geisterbilder zu vermeiden, muss das LCD während der EIN-Periode der Hinterleuchtung ein konstantes Bild liefern, was wiederum ein schnelles Schalten und Einschwingen voraussetzt. Jegliches AUS-Schalten der Hinterleuchtung führt zu einer nicht erwünschten Abnahme der Leuchtdichte.

◆ Lampen der Hinterleuchtungseinheit, die meist parallel zur langen Seite des Bildschirms angeordnet sind, hintereinander getrennt von oben nach unten schalten (***scanning backlight***).

Hervorragende Resultate z.B. mit 8 Leuchtstoffröhren bei einer Bildschirmdiagonalen von 32" und mehr. Dabei werden die Lampen z.B. mit einem Tastverhältnis von etwa 1/3 synchron mit dem Einschreiben der Bilddaten eingeschaltet. Dieses Prinzip lässt sich auch mit Hochleistungs-LEDs realisieren [siehe SID'05 Digest p. 996-999].

◆ Rechnerische Vorverzerrung des Bildinhalts zur Kompensation von Bewegungsartefakten (***inverse filtering***). Die Algorithmen und Parameter hängen stark vom jeweilig verwendeten Display und dessen Eigenschaften ab.



- ◆ Die Schwachpunkte von **LCD-Bildschirmen** bei der Darstellung bewegter Bilder sind (zumindest prinzipiell) weitgehend behoben.

Optimierung von LCD, Ansteuerung, Datenverarbeitung und Hinterleuchtungseinheit ermöglichen fehlerfreie, zumindestens aber eine akzeptable Darstellung von bewegten Bildern.

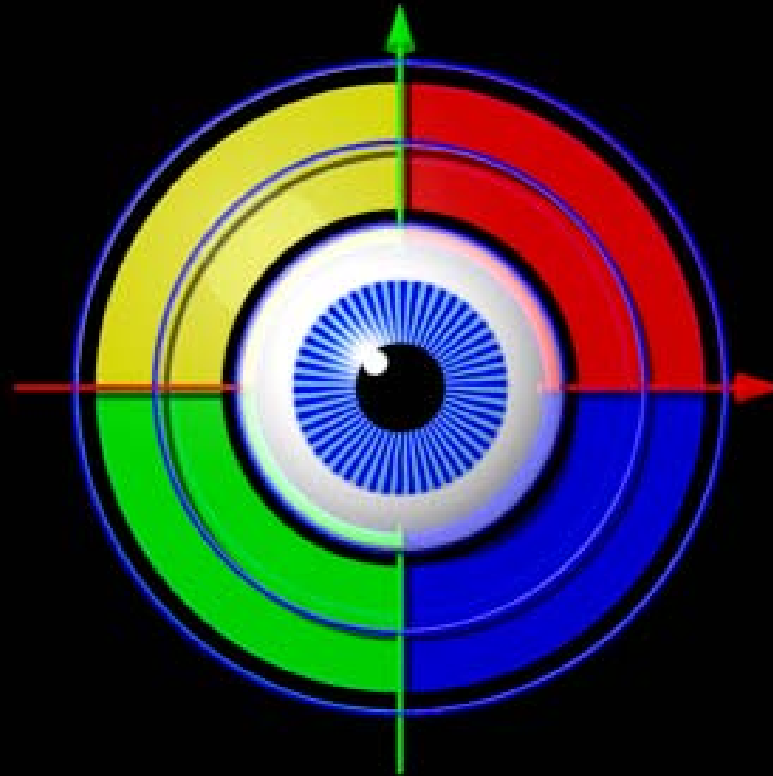
VORSICHT:

- ◆ Es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Marken und Modellen !!!
- ◆ Schaltzeiten (grey-to-grey) / Bildaufbauzeiten (ISO 13406) sind für Bewegungsdarstellung nicht aussagekräftig, Kantenverschleifungsweite (BEW) sollte in Datenblatt angegeben sein !
- ➔ LCD-Fernsehgeräte mit geeignetem Programm-Material ausprobieren.

# Conclusions



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



**Wir messen, was Ihr Auge sieht ...  
... und noch einiges mehr !**

