



Hochschule RheinMain  
University of Applied Sciences  
Wiesbaden Rüsselsheim Geisenheim

22.05.2012

UNTERSUCHUNGEN ZUR VERARBEITUNG  
UND WAHRNEHMUNG VON STEREO-3D  
MIT  
ERHÖHTER BILDWECHSELFREQUENZ  
(HIGH FRAME RATES – HFR)

Prof. Dr. Wolfgang Ruppel, Hochschule RheinMain

Aleksandra Sejmenovic cand. B. Eng., Hochschule RheinMain



# GLIEDERUNG

**Historie der Bildwechselfrequenzen**

**Vorschläge zur Erhöhung der Bildwechselfrequenz für D-Cinema**

**Aktuelle Untersuchungen der SMPTE zu High Frame Rates (HFR)**

**Studie zur Wahrnehmung von HFR bei Stereo 3D für D-Cinema-Anwendungen**

**Zusammenfassung und Ausblick**



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Historie der Bildwechselfrequenzen (Auszug)

- Analoges Fernsehen (SDTV): 50 Hz bzw. 60 Hz  
Halbbildfrequenz in Übereinstimmung mit der Netzfrequenz
- Digitales Fernsehen
  - Übertragung: 25i / 30i / 50p / 60p (2D und 3D – 3D frame compatible)
  - Wiedergabe: Bis zu 600 Hz mit Zwischenbildinterpolation
  - UHD TV: bis zu 120 Hz (in Diskussion)
- Analoges Film
  - In der Frühphase 16 / 18 / 22 fps
  - Seit Einführung des Tonfilms 24 fps
  - Showscan 70mm 60 fps (~1970)
  - Cinespace 70mm 30 fps (~1980)
  - Cinerama 26 fps



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Historie der Bildwechselfrequenzen (Auszug)

- Digital Cinema
  - DCI: 2D: 24 fps und 48 fps
  - 3D: 24 **fps/eye**
  - Additional Frame Rates (SMPTE ST 428-11:2009)
    - 2D-2K mit 25 / 30 / 50 / 60 fps
    - 2D-4K mit 25 / 30 fps

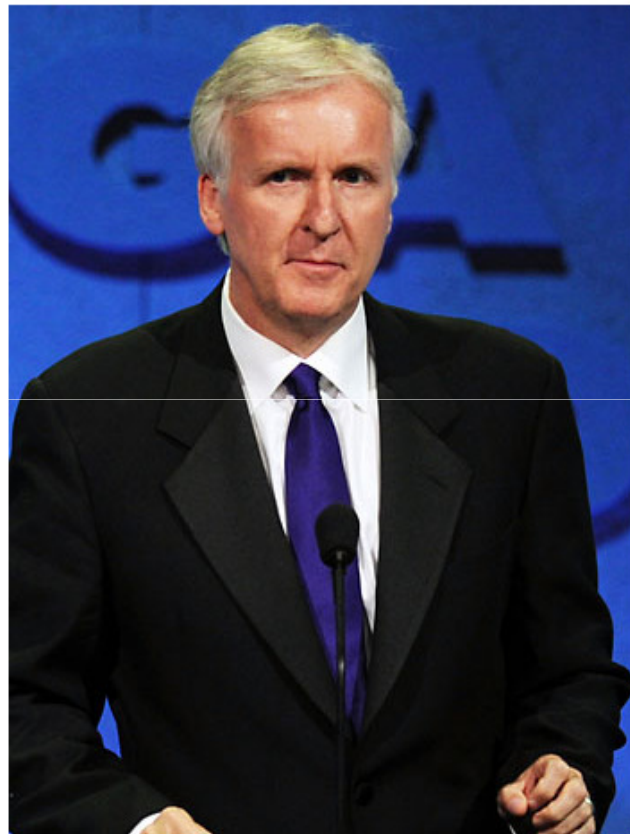


## HIGH FRAME RATES (HFR)

# James Cameron Eyeing 60 Frames Per Second for 'Avatar' Sequels (Exclusive)

10:34 PM PDT 9/19/2011 by Carolyn Giardina

SHARE Tweet 544 Like Send +1 0 Comments



Kevin Winter/Getty Images for DGA

The director tells THR that he would "personally favor" 60 fps as he urges the production and exhibition industries to adopt higher frame rates.

Jean-Luc Godard may have famously said that "cinema is truth 24 frames per second," but James Cameron is currently convinced that shooting at a rate of 60 frames per second offers a more truthful image.

As he readies to shoot *Avatar 2* and *3*, the technologically-savvy director has been looking at higher frame rates of 48 and 60 frames per second. And, he tells *The Hollywood Reporter*, at the moment he would "personally favor" 60 fps. "I think it is such an affinitive answer," he said. "But other people may choose 48 for other reasons."



# HIGH FRAME RATES (HFR)

25. April 2012 | 19:33 Uhr

## Kino mit doppelter Bildrate: Der Hobbit sorgt mit 48 fps für gemischte Gefühle

von Stefan Möllenhoff

  Schrift  Drucken  E-Mail  Bookmark  Kommentar verfassen



Der Film *Der Hobbit* betritt Neuland. Nicht etwa, weil er revolutionäre Spezialeffekte bietet oder alle nur erdenklichen Top-Schauspieler beinhaltet. Stattdessen ist er einer der ersten Filme, die mit 48 Bildern pro Sekunde aufgenommen werden, also mit der doppelten Bildrate von normalen Kinoproduktionen. Einer ausführlichen [Facebook-Notiz](#) vom Regisseur [Peter Jackson](#) zufolge soll das für eine deutlich klarere und weichere Bilder sorgen - insbesondere bei schnell bewegten Objekten oder rasanten Kameraschwenks und -fahrten.



Auf der CinemaCon in Las Vegas hatten jetzt die ersten Zuschauer die Gelegenheit, ein Preview von dem Film mit doppelter Bildwiederholfrequenz zu sehen - und nicht alle waren begeistert. Ein Filmvorführer eines rivalisierenden Filmstudios wurde sogar von der LA Times mit den Worten zitiert, das Ergebnis sähe "eher wie ein fürs Fernsehen produzierter Film aus" und wäre "zu akkurat und klar". Die folgenden Tweets spiegeln ein wenig die Stimmung unter den Zuschauern wieder: Per sé nicht schlecht, aber mit etwas gemischten Gefühlen. (Bild: MGM)



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Erhöhung der Bildwechselfrequenz bei D-Cinema

- Die Diskussion wurde durch Jim Cameron auf der CinemaCon 2011 ausgelöst
- Auf der Wiedergabeseite (Kino) bildet die neueste Projektorgeneration, die 2K mit bis zu 120 fps als Eingangssignal akzeptiert, die technologische Basis
- Vorgeschlagene „High Frame Rates“:
  - 2D 96 / 100 /120 fps
  - 3D 48 / 60 **fps/eye**



## HIGH FRAME RATES (HFR)

### **Fragestellungen im Zusammenhang mit HFR für D-Cinema**

- Welcher Anteil der Kino-Abspielsystem kann heute HFR wiedergeben bzw. ist dafür aufrüstbar?
- Welche JPEG2000-Datenrate ist für HFR erforderlich?
- Kann eine Umrechnung von HFR in Standard-Bildwechselfrequenzen erfolgen oder müssen separate Packages distribuiert werden?
- Ökonomisch: Welche Mehrkosten entstehen bei Akquise, Datensicherung, Postproduktion, Mastering und Distribution?
- Welche Bildwechselfrequenz ist erforderlich ?  
bzw.  
Ab welcher Bildwechselfrequenz wird keine messbare Verbesserung der Wahrnehmung erreicht?





## HIGH FRAME RATES (HFR)

### Welcher Anteil der Kino-Abspielsystem kann heute HFR wiedergeben?

- Technisch sind alle DLP Cinema™-Projektoren seit Anfang 2011 („Series 2“) in Verbindung mit einem Integrated Media Block (IMB) für HFR geeignet.  
(2D bis 120 fps, 3D bis 60 fps/eye)
- Alle Sony 4K-Projektoren können durch Software-Upgrade auf HFR aufgerüstet werden:
  - 2K-3D 48 fps/eye
  - 2K-3D 60 fps/eye
  - 2K-2D 60 fps/eye



## HIGH FRAME RATES (HFR)

### Welche JPEG2000-Datenrate ist für HFR erforderlich? (1/2)

- Die DCI schreibt maximal 250 Mbps vor für 2K 24 fps / 4K 24 fps / 2K 48 fps
- Rechnet man diesen Wert, ausgehend von 2K 48 fps, auf 2K 120 fps hoch ergeben sich 625 Mbps  
Ausgehend von 2K 24 fps ergäben sich sogar 1.250 Mbps !
- Die SMPTE untersucht derzeit die erforderliche Datenrate in einer HFR-Study Group
- Öffentlich bekannt ist eine Ankündigung der Firmen Image Matters, Intopix, MikroM und Virident dazu Untersuchungen durchzuführen



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Welche JPEG2000-Datenrate ist für HFR erforderlich? (2/2)

April 14, 2012, NAB Show, Las Vegas, for immediate release.

Image Matters, intoPIX, MikroM and Virident collaborate beyond the state of the art.

The target is a series of tests on June 7 and 8 2012 in Burbank CA, coordinated by Michael Karagosian of MKPE Consulting, and cinematographers Kommer Kleijn SBC and David Stump ASC, as co-chairs of the SMPTE 21DC Study Group for Higher Frame Rates.

These tests will be conducted in collaboration with studios and the creative community. They will measure the minimum JPEG 2000 codestream bit rate requested by high frame rate content to reach the visually lossless quality demanded by digital cinema applications.

The experimental equipment set will enable playback of JPEG 2000 codestream bit rate higher than 1 Gbps (i.e. more than 4 times the current DCI specification). The decoded 2K images will be transmitted to a single projector at a frame rate of up to 120 fps (i.e. 60 fpe for Stereoscopic 3D content).

In order to speed up the test process and to allow the easy production of multiple encoding flavours, the equipment set will also be capable of encoding high frame rate content from uncompressed files in near real-time.

The assembled equipment will consist of one server incorporating 4 Virident FlashMAX boards and one intoPIX JPEG 2000 PRISTINE-P4 board. The PRISTINE will playback the decoded codestream on four 3G-SDI links to the MikroM IMB inserted into the projector. The MikroM's IMB will receive the four 3G-SDI links and pass the uncompressed image data directly to the projector backplane. Image Matters will insure project coordination and integration.

The integration has enough headroom to allow, on request, multiple equipments to be combined to achieve higher bit rates and/or higher frame rates.





## HIGH FRAME RATES (HFR)

**Kann eine Konvertierung von HFR in Standard-Bildwechselfrequenzen erfolgen oder müssen separate Packages distribuiert werden?**

- **Variante:** Aufnahme (Rendering) mit **120 fps** und  $360^\circ$  -Shutter





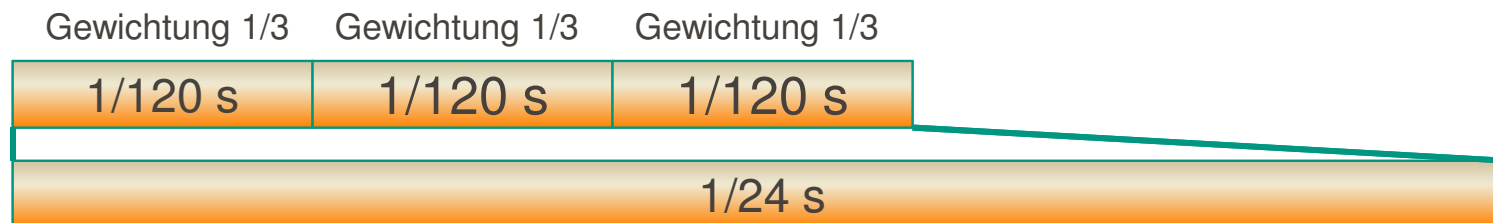
## HIGH FRAME RATES (HFR)

### Konvertierung von 120 fps in Standard-Bildwechselfrequenzen und HFR

- Konvertierung von 120 fps in 24 fps mit **72° Shutter-Winkel**



- Konvertierung von 120 fps in 24 fps mit **216° Shutter-Winkel**



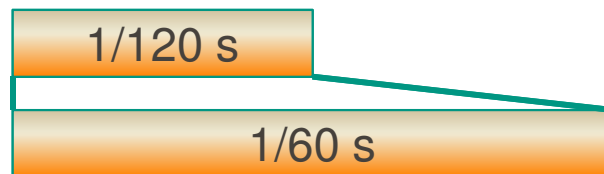
- **Shutter-Winkel im Zielformat wird durch die Auswahl der Frames im Quellformat bestimmt!**



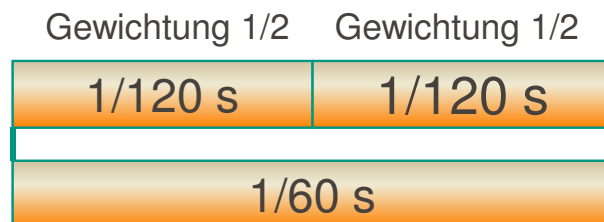
## HIGH FRAME RATES (HFR)

### Konvertierung von 120 fps in Standard-Bildwechselfrequenzen und HFR

- Konvertierung von 120 fps in 60 fps mit **180° Shutter-Winkel**



- Konvertierung von 120 fps in 60 fps mit **360° Shutter-Winkel**

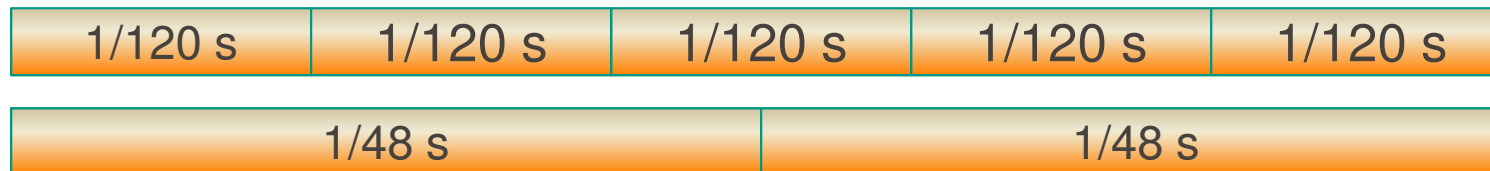




## HIGH FRAME RATES (HFR)

### Konvertierung von 120 fps in Standard-Bildwechselfrequenzen und HFR

- Konvertierung von 120 fps in 48 fps ist nicht ohne Artefakte möglich!



### Einschränkungen der 120 fps-Aufnahme:

- Auswahl des Shutterwinkels bei Konvertierung von 120 fps auf 60 fps ist begrenzt ( $180^\circ$  oder  $360^\circ$ )
- Artefakte bei Konvertierung auf 48 fps
- Empfindlichkeitsverlust bei 120 fps-Aufnahme

### Vorteile der 120 fps-Aufnahme:

- Korrekte Konvertierung nach 24 ps und 60 fps möglich
- Slow-Motion inhärent vorhanden



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Fragestellungen im Zusammenhang mit HFR für D-Cinema

- Welche Bildwechselfrequenz ist erforderlich ?  
bzw.  
Ab welcher Bildwechselfrequenz wird keine messbare  
Verbesserung der Wahrnehmung erreicht?  
→ **Untersuchungen an der Hochschule RheinMain**





# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Untersuchungen zur subjektiven Wahrnehmung von HFR

- Testmaterial: Animationssequenzen mit schneller Bewegung
- Untersuchte Bildwiederholfräquenzen:
  - 24 fps/eye
  - 48 fps/eye
  - 60 fps/eye
- Motion Blur als Parameter:
  - Shutter-Winkel 0° (keine Bewegungsunschärfe)
  - Shutter Winkel 144° (Bewegungsunschärfe)
- Methodik:
  - Subjektive Tests
  - Frage nach Bildeindruck generell, Bewegungswiedergabe und Bewegungsschärfe
  - Konzeption und Leitung der Tests: Aleksandra Sejmenovic



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Untersuchungen zur subjektiven Wahrnehmung von HFR

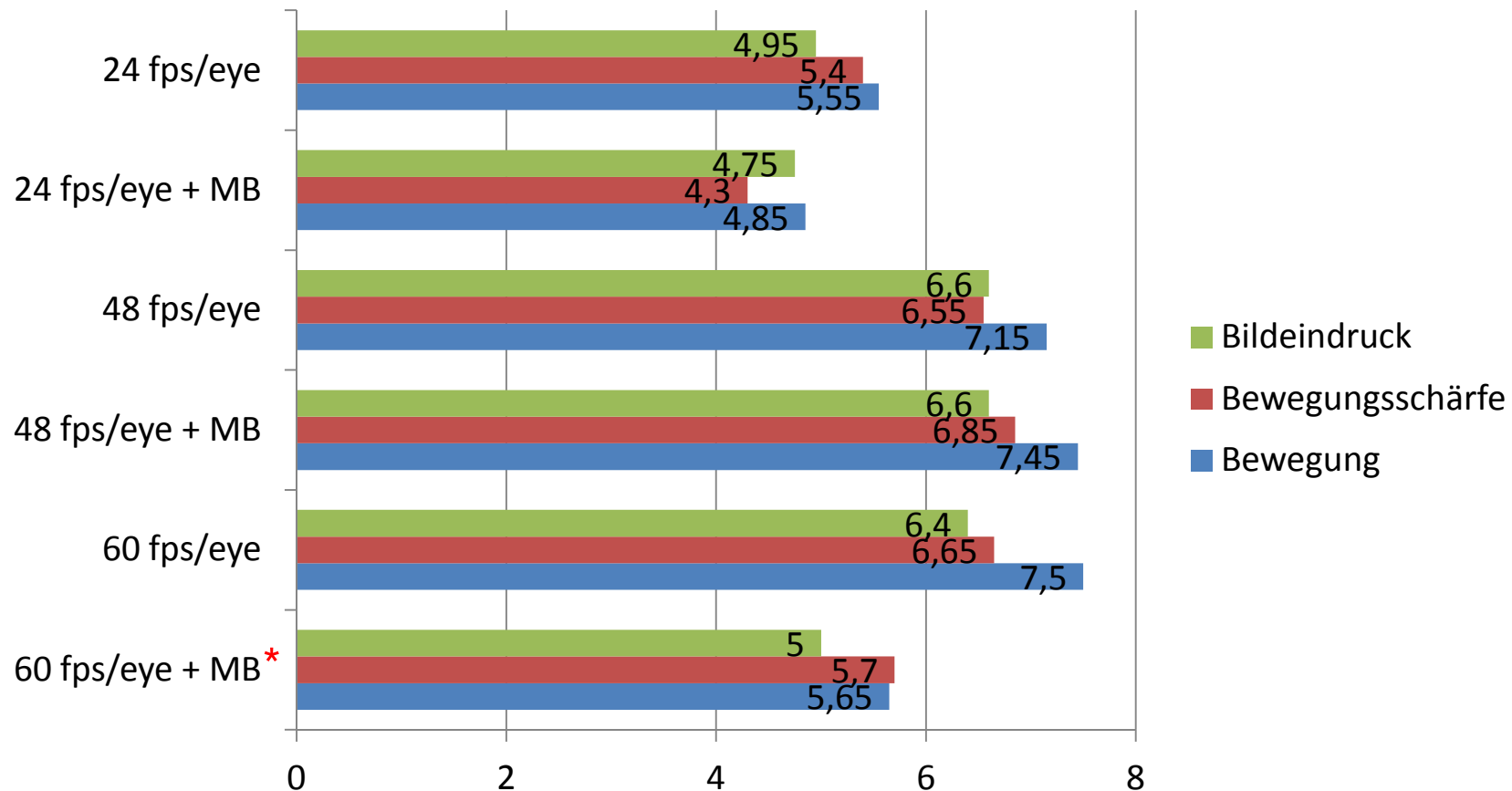
- Fragestellungen im Detail
  - Bildeindruck: unangenehm - neutral - angenehm (Skala von 1 bis 10)
  - Bewegung: ruckelnd - neutral - flüssig (Skala von 1 bis 10)
  - Bewegungsschärfe: unscharf - neutral - scharf (Skala von 1 bis 10)
- Sequenzen
  - Achterbahn (Animation: A. Sejmenovic)
  - Tischtennis (Animation: A. Sejmenovic)
  - Zirkus (Animation: Prof. Rolf Schubert, HSRM)
- Technische Parameter
  - Ausschließlich Positiv-Parallaxe
  - Datenrate bis 500 Mbps (JPEG2000)
  - Leinwandbreite 5 Meter
  - TI DLP Cinema™ Series 2 – Projektor mit Integriertem Media Block (IMB)
  - Sequentielle Projektion (Shutter-System)



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Untersuchungen zur subjektiven Wahrnehmung von HFR

### Ergebnisse zur Sequenz „Achterbahn“



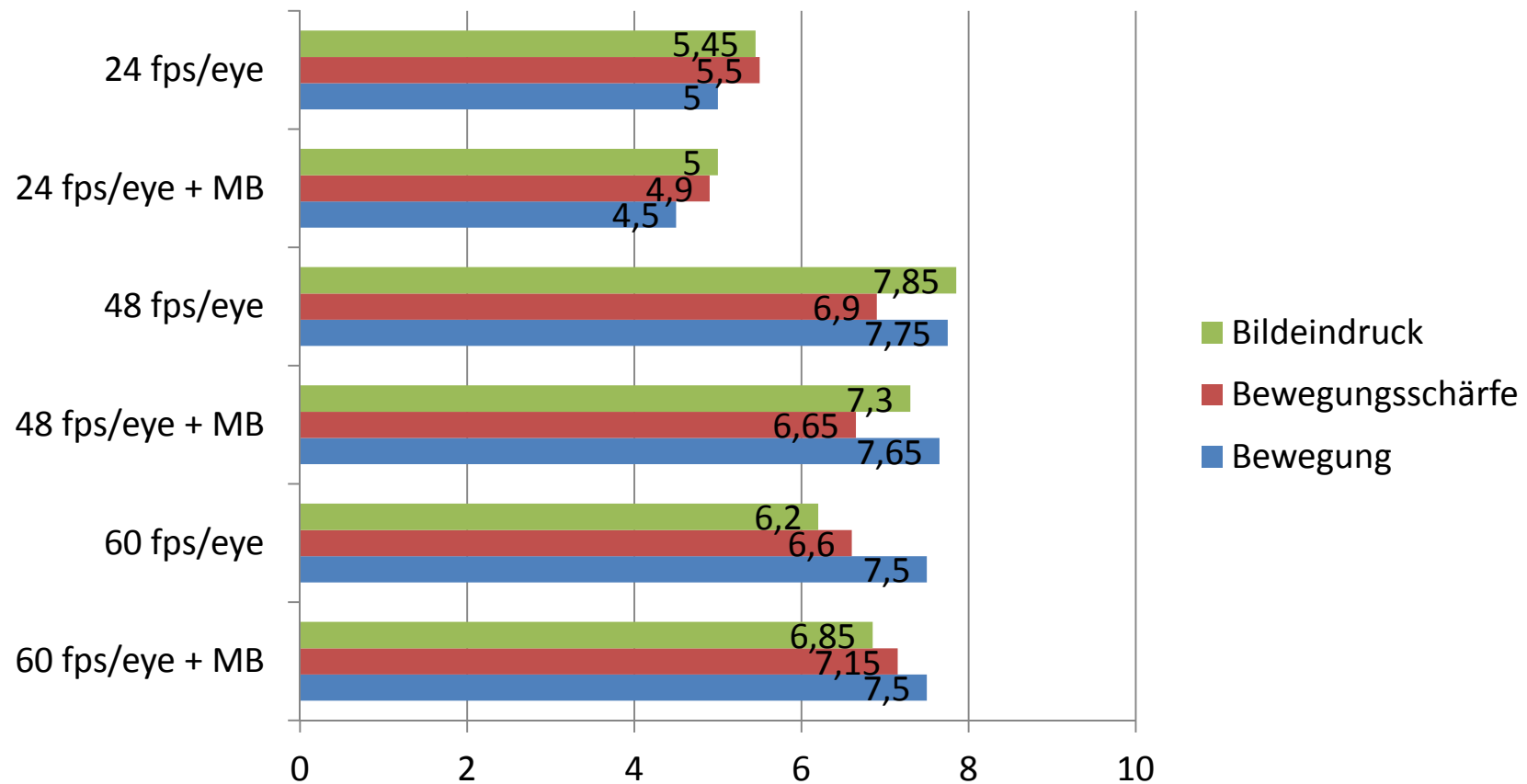
\* Sequenz hatte einen Fehler, der zur Abwertung führte



# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Untersuchungen zur subjektiven Wahrnehmung von HFR

### Ergebnisse zur Sequenz „Tischtennis“

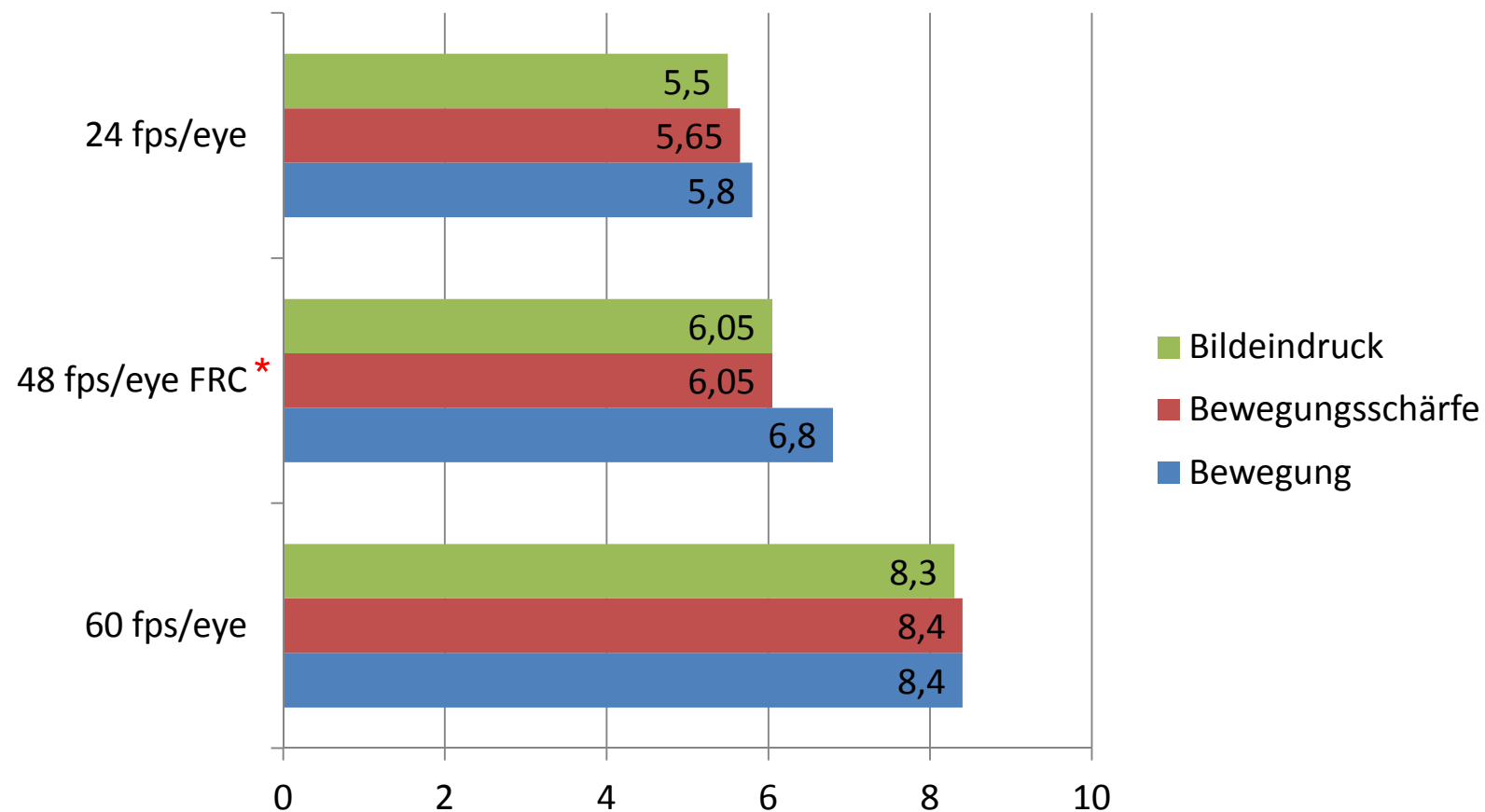




# HIGH FRAME RATES (HFR)

## Untersuchungen zur subjektiven Wahrnehmung von HFR

### Ergebnisse zur Sequenz „Zirkus“



\* Sequenz wies Bewegungsartefakte durch Frame Rate Conversion auf.



## FAZIT

- Die Darstellung mit High Frame Rates verbessert die subjektive Wahrnehmung von Stereo 3D-Inhalten
- Beim Übergang von 24 fps auf 48 fps ergibt sich eine deutliche Verbesserung der Bewertung in allen untersuchten Kriterien. Beim Übergang von 48 fps auf 60 fps ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied, dies wird aber weiter untersucht.
- Aus kreativ-gestalterischer Sicht besteht die Gefahr, dass HFR-Material zu sehr nach „Video“ ausschaut. Dies kann als bewusstes Stilmittel genutzt oder durch geeignete Kamerawahl und –einstellungen (Tiefenschärfe, Motion Blur – Shutter-Winkel, Bildausschnitt) vermieden werden.
- High Frame Rates erhöhen die Kosten in der Postproduktion deutlich
- High Frame Rates können mit allen neueren Media Block/Projektor-Kombinationen im Kino gezeigt werden
- Standards befinden sich bei der SMPTE in Arbeit (Study Group on High Frame Rates)



Hochschule **RheinMain**  
University of Applied Sciences  
Wiesbaden Rüsselsheim Geisenheim

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT!

Prof. Dr. Wolfgang Ruppel  
Hochschule RheinMain  
Studiengang Medientechnik  
wolfgang.ruppel@hs-rm.de

Speziellen Dank an die Firma MikroM GmbH für die Unterstützung und Zusammenarbeit

