

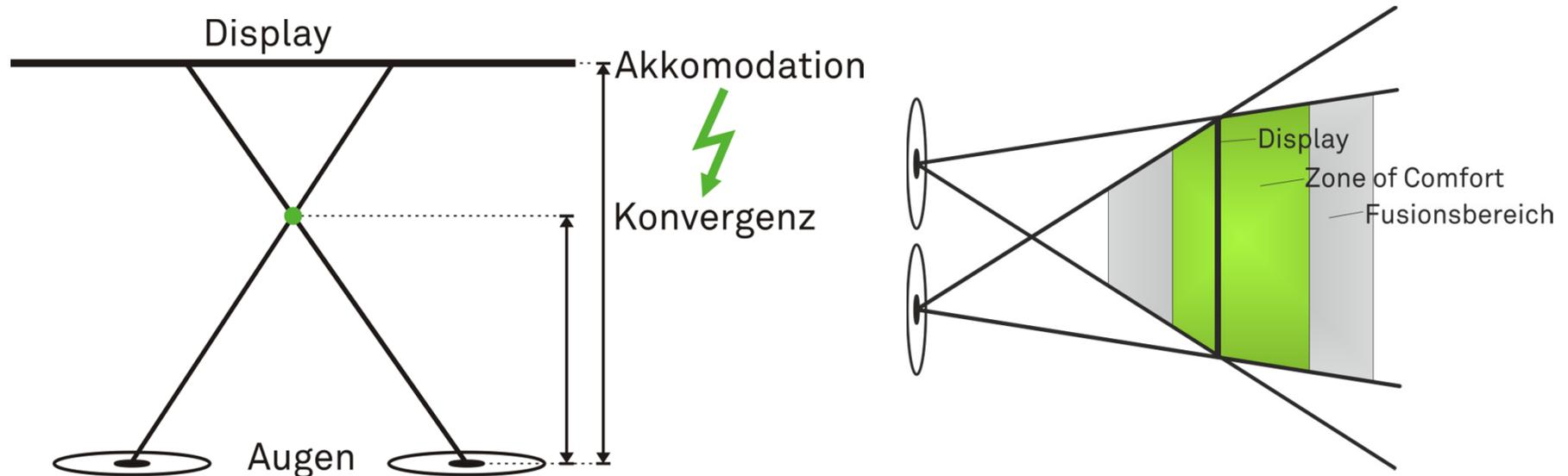


## **Blickpunkt-adaptive Verschiebung der Stereo-3D-Konvergenzebene**

**Stefan Eickelberg**

- **Grundlagen / Motivation**
- **Beschreibung des Verfahrens**
- **Leistungsfähigkeit des Verfahrens**
- **Testergebnisse**
- **Zusammenfassung**
- **Ausblick**

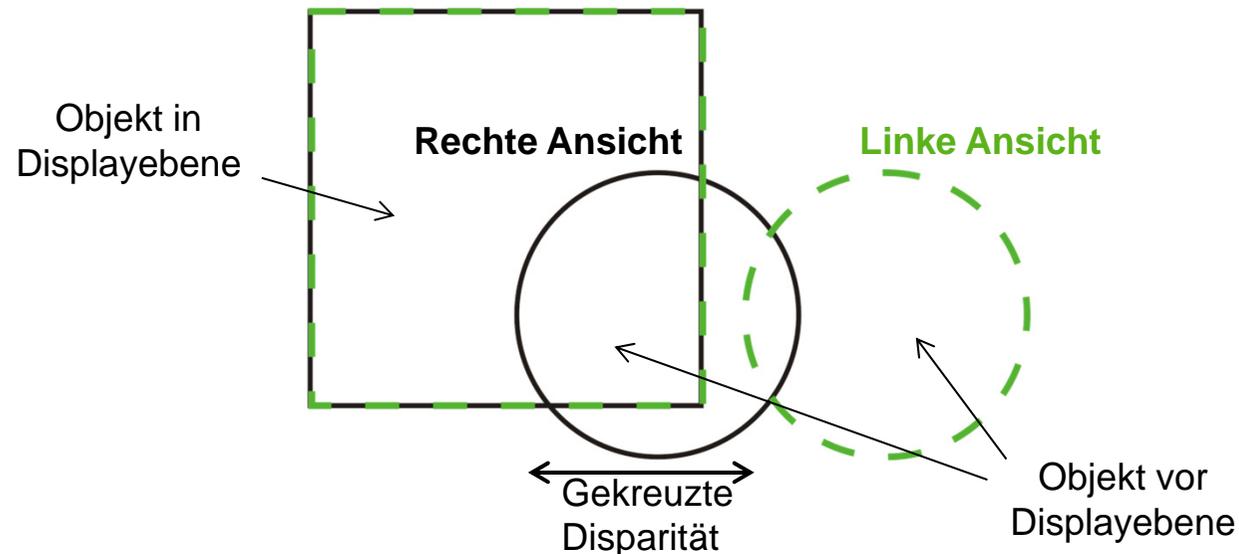
- **Akkomodation: Fokussierung der Augen**
- **Konvergenz: Auslenkung der Augen**



- **Konflikt ist Hauptursache für Erschöpfung des visuellen Systems [1]**
  - ...aber in gewissem Ausmaß tolerierbar!
    - Reduktion des Tiefenbudgets
    - Begrenzung der Disparitäten auf „Zone of Comfort“

[1] M. Lambooj, W. IJsselsteijn, M. Fortuin, I. Heynderickx (2009): Visual Discomfort and Visual Fatigue of Stereoscopic Displays: A Review. In: Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 53, Nr. 3.

- **Verschieben von Blickfangobjekten in die Displayebene [2]**
  - Keine Disparität gegeben → „Konvergenzebene“

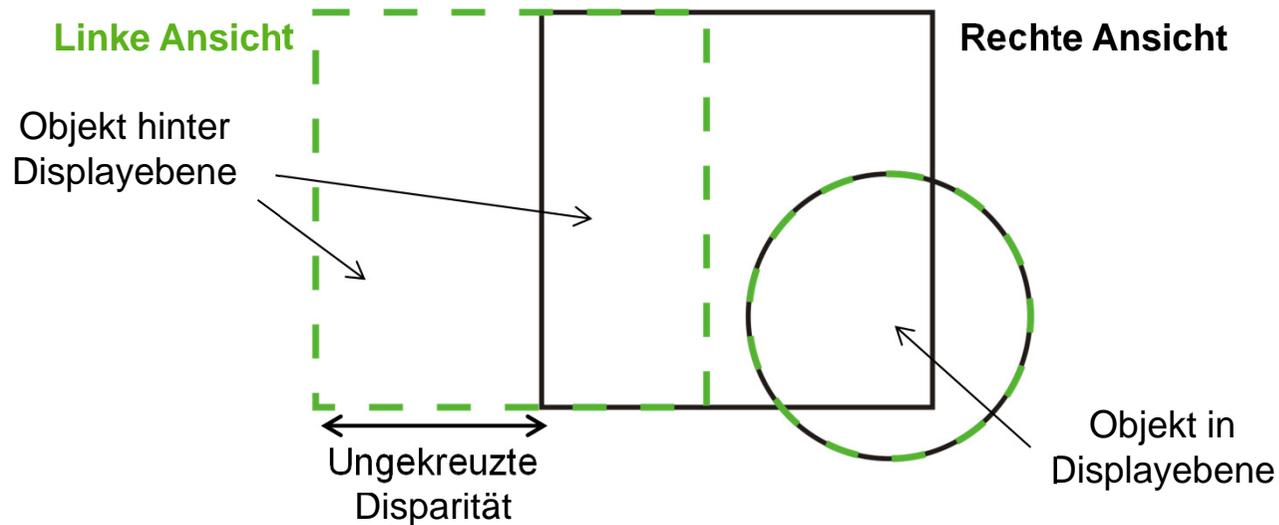


- KEV auch in dynamischer Form: „Active Depth Cuts“ [2]
    - Vermeiden von Tiefensprüngen bei Kameraschnitten
    - Bei langsamen Verschiebungen nicht wahrnehmbar!
- **Idee: Blickpunkt-adaptive Erweiterung dieses Ansatzes!**



[2] B. Mendiburu: 3D Movie Making - Stereoscopic digital Cinema from Script to Screen. Focal Press, 2009.

- **Verschieben von Blickfangobjekten in die Displayebene [2]**
  - Keine Disparität gegeben → „Konvergenzebene“



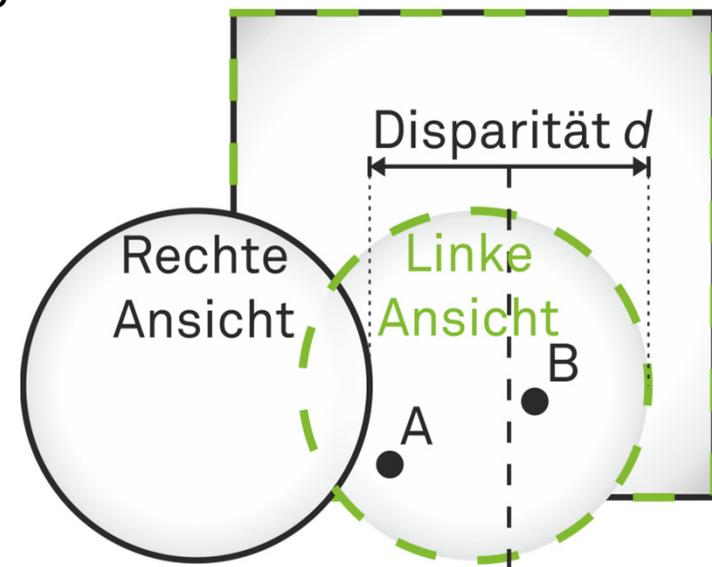
- KEV auch in dynamischer Form: „Active Depth Cuts“ [2]
  - Vermeiden von Tiefensprüngen bei Kameraschnitten
  - Bei langsamen Verschiebungen nicht wahrnehmbar!
- **Idee: Blickpunkt-adaptive Erweiterung dieses Ansatzes!**



[2] B. Mendiburu: 3D Movie Making - Stereoscopic digital Cinema from Script to Screen. Focal Press, 2009.



- **Lookup aus Disparitätskarte der linken oder rechten Ansicht**
- **Blickpunkt ist in fusionierter zentraler 3D-Ansicht gegeben**
  - ➔ Transformation „zentraler“ Koordinaten in linke/rechte Ansicht nötig
  - ➔ Im Prinzip: Umkehrung der Konvergenzebenenverschiebung
  
- **Problem: Okklusionsbereiche**
  - Lookup an den Punkten A und B über linke Disparitätskarte
    - A: Vordergrunddisparität ✓
    - B: Vordergrunddisparität ✗
  - Lookup über rechte Disparitätskarte
    - A: Hintergrunddisparität ✗
    - B: Hintergrunddisparität ✓



▪ **Konzept**

- Wenn näher als  $d/2$  an Vordergrund, umschalten auf Vordergrund
  - Suche nach Vordergrundkante nötig! ✘

▪ **Annahme**

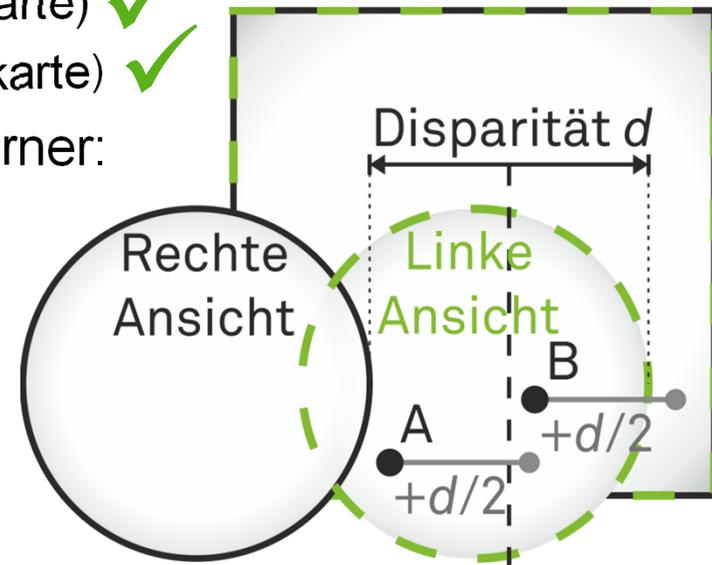
- Disparitäten im Okklusionsbereich näherungsweise konstant

➔ **Vereinfachung**

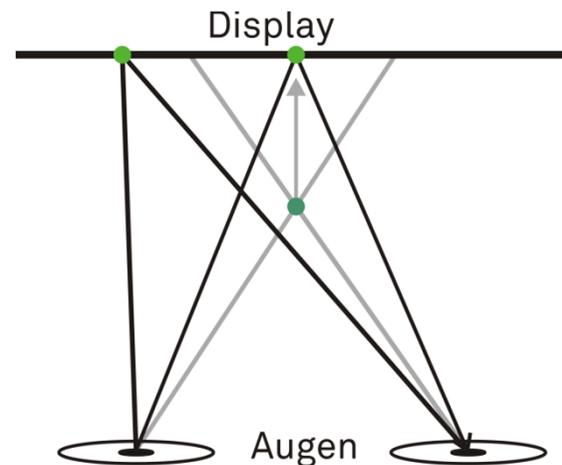
- Korrektur der Lookup-Koordinaten um  $d/2$ 
  - $B+d/2$ : Hintergrund (Linke Disparitätskarte) ✓
  - $A+d/2$ : Vordergrund (Linke Disparitätskarte) ✓
- Unter Ausnutzung der Annahme gilt ferner:

$$d = | \text{Disp}_L(x, y) - \text{Disp}_R(x, y) |$$

$$= \text{Disp}_{\text{VG}} - \text{Disp}_{\text{HG}}$$

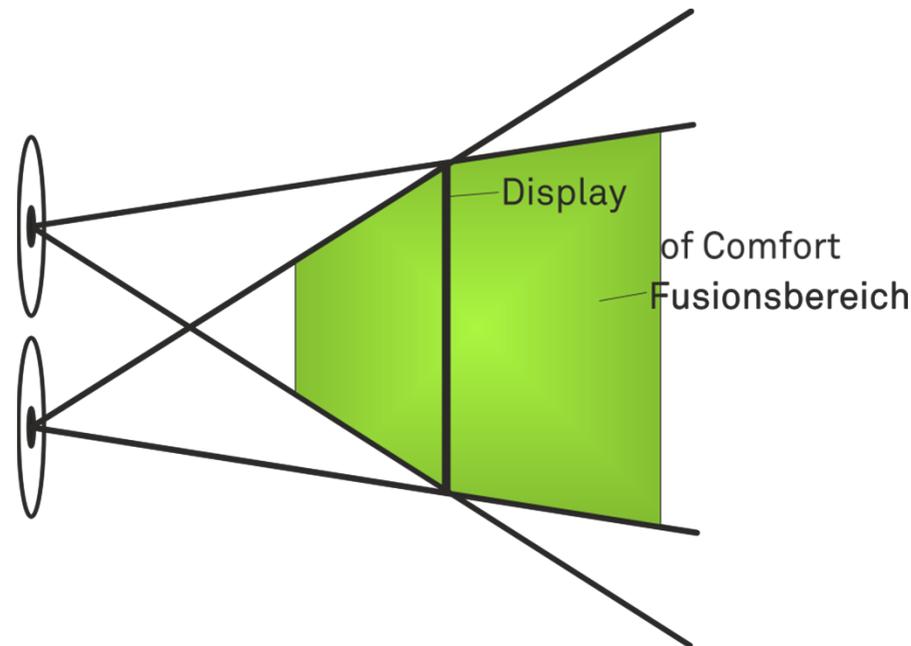


- **Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz erfolgreich aufgelöst**
  - ➔ Okulomotorische Beanspruchung prinzipiell wie bei 2D-Video
  - ➔ **Hypothese: Weniger Erschöpfung des visuellen Systems**



- **Normalerweise:**
  - Auf Aufmerksamkeitsänderung zu anderer wahrgenommener Tiefe folgt Konvergenzdistanzänderung
- **GACS 3D: Mechanismen Entkoppelt!**
  - „Tiefenänderung-Konvergenzdistanzänderung-Entkopplung“ (TKE)

- **AKD ist Hauptgrund für Beschränkung des Tiefenbudgets:  
*Zone of Comfort***
  - ➔ **Hypothese: Größeres Tiefenbudget angenehm darstellbar**
    - ...da AKD durch GACS 3D eliminiert wird!
    - Außerdem können bei peripherem Sehen größere Disparitäten fusioniert werden [1]

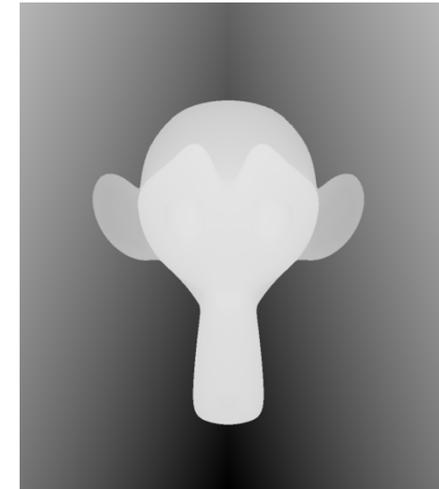


- **Objekt vor Displayebene kann vom Displayrand verdeckt werden**
  - „*Window Violation*“ [2]: Konflikt zwischen Okklusion und Disparität
    - Allgemein stark störend und Tiefenverzerrung, da Okklusion dominant ist [2]
  - Kann hier prinzipbedingt nur im peripheren Sichtfeld passieren
    - ➔ **Hypothese: Window Violations sind weniger störend.**



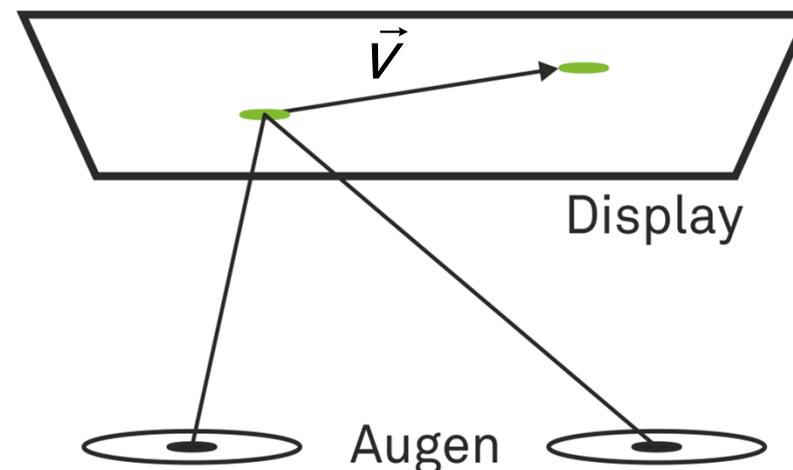
Quelle: Treeland Media

- **Kameraaufnahmen mit „geschätzten“ Disparitätskarten**
  - Schätzverfahren basieren auf Korrespondenzsuche
    - Okklusionsartefakte aufgrund nicht vorhandener Korrespondenz **✗**
  
- **Synthese von Testmaterial**
  - Ermöglicht Generierung von perfekt konditionierten Disparitätskarten **✓**
  - Rendering-Software: Blender ([www.blender.org](http://www.blender.org))
  
- **Testszene**
  - Flache Tiefengradienten
  - Tiefensprünge
  - Synthese mit verschiedenen Stereo-Kameradistanzen



## Wie stark ist KEV wahrnehmbar?

- **Sensibilität abhängig von Verschiebungsgeschwindigkeit**
  - ➔ Kontinuierliche Tiefengradienten unproblematisch
  - ➔ Bei großen Tiefensprüngen muss Verschiebung verlangsamt werden
- **Hohe Folgebewegungsgeschwindigkeit ➔ Geringe Sensibilität**
  - Schnelle Objekte ➔ Hohe Folgebewegungsgeschwindigkeit
  - ➔ **In schnellen Actionszenen schnellere KEV möglich**



- **Prinzipbedingt nur bei peripherem Sehen große Disparitäten**
  - Deutlich weniger störend!
- **Bei überschreiten der Fusionsgrenzen hohe KEV-Geschwindigkeit nötig**
  - Sicherstellen schneller Fusion
  - Widerspruch zur Forderung nicht wahrnehmbarer langsamer KEV
  - ➔ **Tiefenbudget daher nach wie vor durch Fusionsgrenzen beschränkt!**
- **Periphere Window Violations deutlich weniger störend**

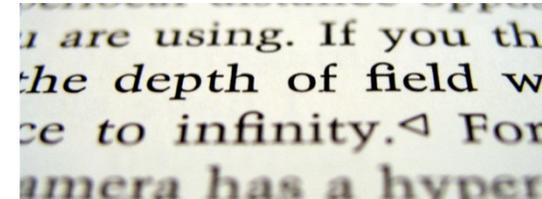


Quelle: Treeland Media

- **Single-User-Verfahren zur Auflösung der Akkomodation-Konvergenz-Diskrepanz vorgestellt**
  - Okulomotorische Belastung prinzipiell wie bei 2D-Video
- **Leistungsfähigkeit des Verfahrens erläutert**
- **Testergebnisse präsentiert**
- **Wichtigste Schlussfolgerungen**
  - Bei Actionszenen schnellere KEV möglich
  - Tiefenbudget nach wie vor durch Fusionsgrenzen beschränkt
  
- **Demo folgt im Rahmen der Postersession**



- **Umfangreiche subjektive Testreihen**
  - Auswirkungen der Tiefenänderung-Konvergenzdistanzänderung-Entkopplung?
  - Visuelle Verträglichkeit?
- **Erweiterung des Verfahrens**
  - Blickpunkt-adaptive Schärfentiefereduktion
    - Erleichtert Fusion großer Disparitäten [1]
    - Verbessert möglicherweise Tiefeneindruck
  - Dynamic Floating Windows [2]
    - Verschiebung des stereoskopischen Fensters, durch das Szene betrachtet wird, vor das Display um Window Violations zu vermeiden.
- **Erweiterung um Blickpunktdetektion (z.B. [3])**
  - Untersuchung der Systems bei sprunghaften Blickpunktwechseln



[3] M. Y. Al Nahlaoui (2010): Methoden und Konzepte der Blickrichtungserkennung. Dissertation Technische Universität Dortmund. Aachen: Verlag Shaker.

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**