

Zur Wahl der richtigen Stereobasis

Gerhard P. Herbig, gph@herbig-3d.de

Zusammenfassung: Dieser Artikel gibt eine Übersicht über die verschiedenen Denkansätze zur Wahl einer geeigneten Stereobasis und deren jeweiligen Ergebnisse.

1. Fragestellung

Eine zentrale Frage, die sich bei der Stereofotografie immer wieder stellt, lautet:

Wie ist bei den unterschiedlichen Aufnahmesituationen Fernaufnahmen / Normalaufnahmen / Makroaufnahmen die jeweils passende Stereobasis zu wählen?

Die gleiche Fragestellung, nur anders formuliert, heißt:

Welche Aufnahmen kann ich mit einer bestimmten gegebenen Stereobasis machen?

Um der Antwort auf diese beiden Fragen näher zukommen, gibt es zwei völlig verschiedene Ansätze:

Methode 1: Wie ist die Stereobasis zu wählen, um bei der Diaprojektion einen Bildeindruck ohne **Deformationen** zu erhalten (das Raumbild soll formtreu sein und eine Kugel soll eine Kugel bleiben und nicht zu einem Ei deformiert werden)?

Methode 2: Wie ist die Stereobasis zu wählen, um die gesamte Szenerie als ein einziges Raumbild ohne **Bildzerfall** wahrzunehmen?

Beide Ansätze sind im Prinzip sinnvoll und führen durch Anwendung geometrischer Methoden zu **eindeutigen** - aber eben **unterschiedlichen** - Ergebnissen!

Bei Methode 1 gehen in die Rechnung neben den Aufnahmebedingungen (Aufnahmebrennweite) auch die Wiedergabebedingungen ein, d.h., das Ergebnis ist auch vom Vergrößerungsfaktor der Projektion und vom Abstand des Betrachters zur Leinwand abhängig! Tatsächlich gibt es immer nur einen einzigen Punkt im Zuschauerraum, von dem aus das projizierte Stereobild verzerrungsfrei betrachtet werden kann, den sogenannten **orthostereoskopischen Punkt** (für eine **taustereoskopische Abbildung** verlangt man neben der Verzerrungsfreiheit auch die Originalgröße des virtuellen Raumbildes). Aus diesem Grund ist die Berechnung der Stereobasis nach der Methode 1 eher akademischer Natur und wird in der Praxis auch seltener angewendet. Wen die Zusammenhänge trotzdem interessieren, kann im Artikel **Tiefenwahrnehmung bei der Stereoprojektion** die Herleitung der Bedingungen zur formtreuen Stereoprojektion nachvollziehen. Kapitel 2 gibt eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Da Tiefenverzerrungen bei der Diaprojektion ohnehin nur festgestellt werden können, wenn dem Zuschauer gut bekannte Vergleichsobjekte (beispielsweise Menschen) gezeigt werden, ist die Berechnung der Stereobasis nach Methode 2, die lediglich eine obere Grenze für die in einem

Stereobild enthaltene Tiefe verlangt, von größerer **praktischer** Bedeutung. Diese Methode stellt weiterhin sicher, dass die Ergebnisse ohne Augenschmerzen betrachtbar bleiben. Die Merkgeln aus Kapitel 4 basieren deshalb ausschließlich auf dieser **Methode 2**, deren wichtigsten Überlegungen in Kapitel 3 erläutert werden.

2. Die formtreue Stereoprojektion

Eine formtreue Stereoprojektion (**orthostereoskopische Projektion**) ist im strengen Sinne nur dann möglich, wenn die beiden korrespondierenden Unendlichpunkte im Augenabstand auf die Leinwand projiziert werden. Diesen Fall nennt man auch divergenzfreie oder **natürliche Projektion**.

Für diesen Fall ist das Raumbild genau dann formtreu, wenn (unabhängig von der verwendeten Stereobasis) der Betrachtungsabstand von der Leinwand a_B gleich der V -fachen Aufnahmebrennweite f_K ist (V ist die Projektionsvergrößerung):

$$a_B = V \cdot f_K.$$

Siehe dazu auch Gleichung (4.3) aus **Tiefenwahrnehmung bei der Stereoprojektion**. Die Größe des Objektes erscheint uns hierbei skaliert mit dem Faktor b_0 / b_K , also mit dem Verhältnis von Augenbasis b_0 und Aufnahmebasis b_K .

Räumlich begrenzte Objekte (die also den Unendlichpunkt **nicht** enthalten) erlauben bei der Rahmung und der Projektion größere Freiheiten, ohne dass gleich das **Divergenzverbot** verletzt würde. Streng genommen schließt dieser Fall eine formtreue Projektion aus, jedoch erscheinen Objekte, die im Abstand

$$a_v = \frac{b_0}{b_K} a$$

wahrgenommen werden, immer noch **fast** formtreu (**quasi-orthostereoskopisch**), siehe dazu Gleichung (5.9/3) aus **Tiefenwahrnehmung bei der Stereoprojektion**. (a ist der Abstand des Objektes bei der Aufnahme und a_v der virtuelle Abstand bei der Stereoprojektion). Immerhin ergibt sich hier ein gewisser Anhaltspunkt zur Wahl der Stereobasis: Wird beispielsweise verlangt, dass Objekte, die bei der Projektion in 3m Entfernung wahrgenommen werden, auch (fast) formtreu sein sollen, wäre als Aufnahmebasis

$$b_K = b_0 \frac{a}{a_v} = 60\text{mm} \frac{a}{3000\text{mm}} = \frac{a}{50},$$

also "Abstand/50" zu wählen. Tatsächlich wird in der Praxis aber häufig ein etwas größerer Wert bevorzugt.

3. Wann passiert Bildzerfall?

Stereosehen ist eine Leistung unsres Gehirns, das in der Lage ist, das linke und das rechte Stereo-Halbbild zu einem einzigen Raumbild zu fusionieren. Dieser Fusionsprozess wird immer dann gestört, wenn die beiden Stereo-Halbbilder zu große Unterschiede beziehungsweise das Raumbild eine zu große Tiefe aufweisen - man spricht dann von einem **Bildzerfall**. Man benötigt also ein Maß für die in einem Stereobild enthaltene Tiefe und wählt dafür die Differenz der parallaktischen Verschiebungen der Nahbild- und der Fernbildpunkte. Dieser Wert wird auch **Deviation** genannt (Beispiel dazu siehe unten). Für die **Diaprojektion** hat es sich als günstig erwiesen, die Deviation **nicht größer als 1/30 der Bildbreite** zu wählen, also bei 36mm Bildbreite (Kleinbildformat) 1,2 mm und bei 60mm Bildbreite (Mittelformat) 2mm. Für das sogenannte amerikanische Format mit 24mm Bildbreite erhält man eine maximale Deviation von 0,8mm. Obwohl sich diese Grenzwerte mit einigen Annahmen von der sogenannten 70 Minuten-Bedingung ableiten lassen (siehe **70 Minuten-Bedingung und ihre Folgen**) und diese 70 Minuten-Bedingung als sehr umstritten gilt, hat sich der obere Grenzwert **Bildbreite/30** für die maximale Deviation, die ein Stereobild besitzen darf, in der Praxis seit Jahrzehnten bewährt! Für das Betrachten von **gedruckten** Stereobildern gelten übrigens **höhere** Grenzwerte, da hierbei die effektiven Betrachtungswinkel in der Regel kleiner sind.

4. Die Merkgeregeln

Ausgehend von dem Grenzwert für die Deviation (Bildbreite/30) kann die Stereobasis leicht berechnet werden (siehe Gleichung (3) aus **Anmerkungen zur Stereofotografie mit verkleinerter oder vergrößerter Basis**). Für die Bereiche der **Normal- und Fernaufnahmen** gilt die **Merkgeregeln I**

$$\text{Stereo-Basis} \leq \text{Nahpunktweite} / \text{Brennweite}$$

(alle Größen in Millimeter angeben), wobei die Nahpunktweite die Entfernung zum nächsten auf dem Bild sichtbaren Gegenstand ist.

Bei **Makroaufnahmen**, gilt dagegen die **Merkgeregeln II** (Gleichung (6) im oben genannten Artikel):

$$\text{Stereo-Basis} \leq \text{Abstand Objektiv-Objekt} / 20.$$

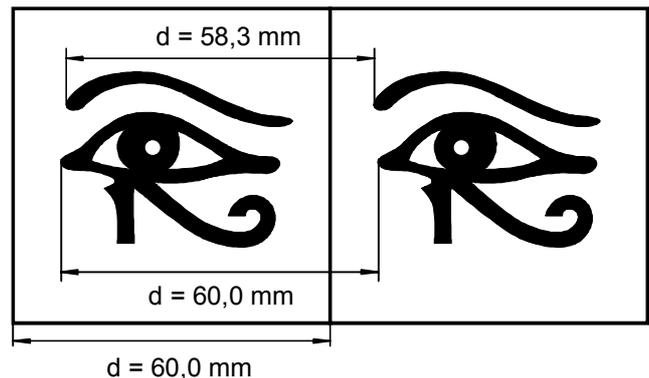
Wichtig ist hier, den Abstand nur bis zum Objektiv (Hauptebene, in der Praxis ist das die Ebene des Blendenringes) und nicht bis zur Filmebene zu messen. Einzelheiten zur Ableitung dieser beiden Merkgeregeln finden sich im Artikel: **Anmerkungen zur Stereofotografie mit variabler Basis**.

Der obere Grenzwert "Abstand/20", der nicht überschritten werden sollte, ist also deutlich größer als der im obigen Beispiel errechnete Wert "Abstand/50". In der Praxis empfiehlt es sich deshalb immer, mehrerer Aufnahmen mit verschiedenen Basiswerten herzustellen und das für den jeweiligen Verwendungszweck Passende auszusuchen. (Tipp unter Freunden: Eher an "Abstand/20" orientieren als an "Abstand/50".)

Anhang: Die Deviation

Die Unterschiede im linken und rechten Halbbild eines korrekten Stereobildes bestehen ausschließlich aus dem **seitlichen Versatz** zweier korrespondierenden Bildpunkte. Alle anderen Unterschiede sind **Bildfehler** und sollten vermieden werden, da der Betrachtungsgenuss sonst empfindlich gestört werden kann.

Je größer dieser seitliche Versatz eines Bildpunktpaares ist, desto stärker ist der Raumeindruck. Sind dagegen linkes und rechtes Halbbild identisch, ist der Versatz für alle Bildpunktpaare gleich Null und das Bild erscheint flach. Die Differenz aus maximalem und minimalem Versatz, die in einem Stereobild vorkommen, nennt man **Deviation** (zuweilen auch maximale Querdisparation). Die Deviation ist eine Eigenschaft eines Stereobildes, messbar in üblichen Längeneinheiten. Die Angabe der Deviation in Absolutwerten macht allerdings nur Sinn, wenn auch die Abmessungen des ganzen Bildes bekannt sind. Besser ist es also, die Deviation gleich auf die Bildbreite zu beziehen, um einen Wert zu erhalten, der einen direkten Rückschluss auf die Tiefenwirkung des Stereobildes zulässt. Dieser Wert bleibt dann immer gleich, auch wenn man das Stereobild vergrößert oder verkleinert. **Bei der Stereoprojektion sollte die obere Grenze "1/30" für diese normierte Deviation nicht überschritten werden.**



Beispiel: Im diesem Bild beträgt der Versatz des Fernpunktes 60,0mm und der Versatz des Nahpunktes 58,3mm. Für die Deviation ergibt sich daraus: $d = 60,0\text{mm} - 58,3\text{mm} = 1,7\text{mm}$. Die Bildgröße ist ebenfalls 60mm und deshalb die normierte Deviation = $1,7/60 = 0,0283$. Dieser Wert ist kleiner als $1/30 (=0,0333)$ und deshalb ist die oben formulierte Forderung erfüllt.