



## **Tutorial Einführung in die Nutzung des Ergotyping®-Tools Visibility**

(s. auch: <http://ergotyping.net>)

Dieses Tutorial entstand im Rahmen der Lehrveranstaltung „Digitale Menschmodelle zur Arbeitsplatzgestaltung“ an der TU Dresden, Professur für Arbeitswissenschaft.

Es bezieht sich auf die Arbeit mit dem Ergonomiewerkzeug CharAT Ergonomics, Ergotyping®-Tool „Visibility“ (Entwicklung in Zusammenarbeit zwischen VHE GmbH Stuttgart und TU Dresden, Arbeitswissenschaft), welches in die 3D-Modellierungs- und Animationssoftware 3D Studio MAX integriert sein muss.

Da in dem Tutorial die fachlichen Grundlagen für Ergonomieuntersuchungen nicht explizit erläutert werden, sind Kenntnisse in der Ergonomie eine notwendige Voraussetzung zum Verständnis der beschriebenen Sachverhalte. Erläuterungen zu Funktionen sind nur dort in kurzer Form ergänzend eingefügt, wo sie für die Handhabung von CharAT erforderlich sind.

### **Hinweise zur Verwendung der Lehrunterlage**

Lehrunterlagen unterliegen auch in ihren Teilen dem Urheberrecht. Die weitere Verwendung dieses Materials für andere Studienaufgaben oder für kommerzielle Zwecke, die Weitergabe an Dritte bzw. die Veröffentlichung in eigenen Arbeiten oder im Internet sind nur mit schriftlicher Zustimmung des Autors zulässig.

Dr.-Ing. Christiane Kamusella

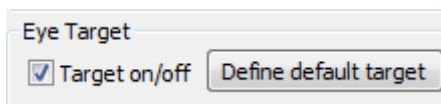
E-Mail: [Christiane.Kamusella@tu-dresden.de](mailto:Christiane.Kamusella@tu-dresden.de)

Das Ergonomie-Tool "Sichtanforderungen an Anzeigeeinrichtungen" besteht aus der Registerkarte "Visibility" im *Control Dialog* und aus der Registerkarte "Display" im *Monitor-Dialog*. Beide bilden zusammen eine Einheit. Zusätzlich erfolgt eine Dokumentation aller berechneten Daten im *Monitor-Dialog* in der Registerkarte *Dokumentation*.



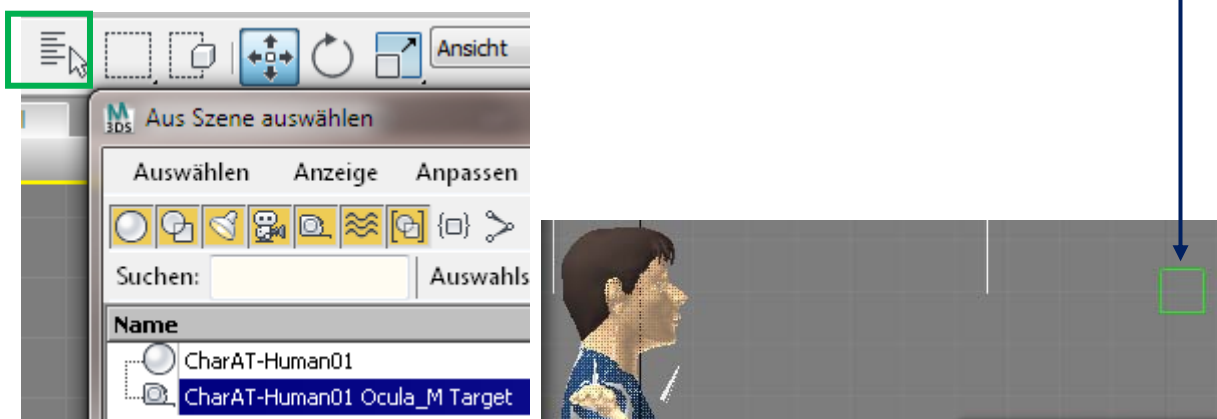
Im "Visibility" kann man die physikalischen Gelenkwinkelgrenzen für Auge, Kopf, Körper einstellen, Sehfelder und Augenanhänge (Kameras, Spotlichter, Display) sowie Steuerelemente setzen. Das "Visibility"-Control-Menü dient insgesamt der Voreinstellung von Sichtparametern und Steuerelementen, die im Display-Monitor-Dialog berechnet, kontrolliert und bewertet werden.

Im Block *Eye-Target* werden über Betätigung des Schalters *Define Default Target* ein Target in Standardeinstellung erzeugt. Ist der Targetschalter an, wird das Target auf der Horizontalen in Augpunkthöhe in 1m Entfernung zum Auge eingeblendet:

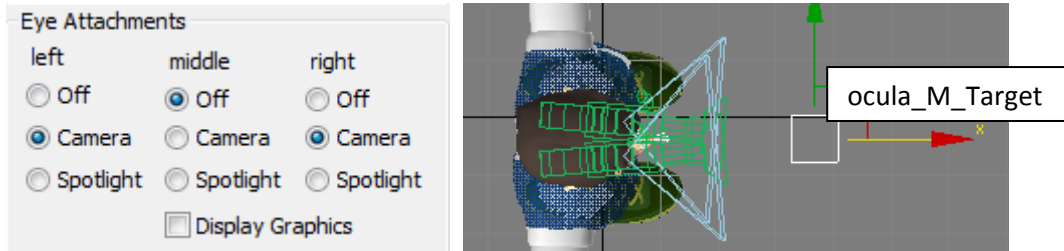


ocula\_M\_Target: Steuertarget für das Mittenaue (binokulares Sehen)

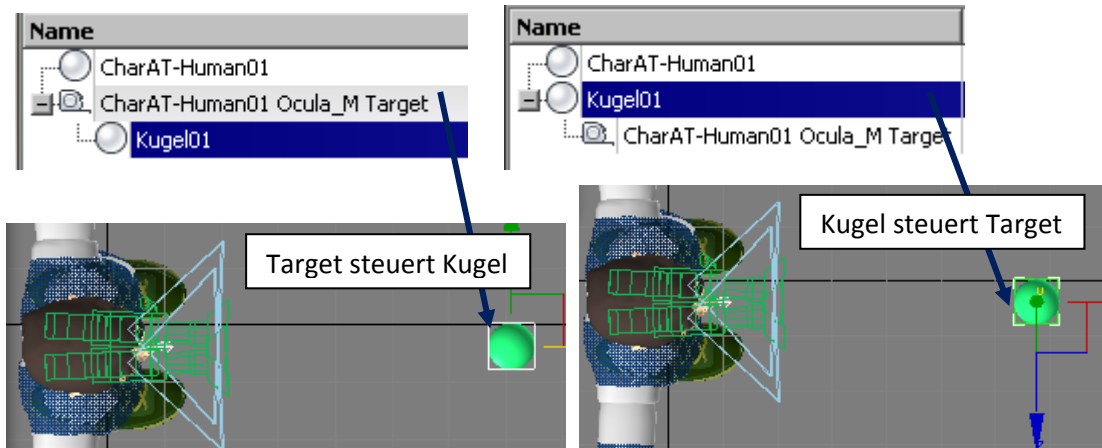
Das Target ist in der *Liste nach Namen* von 3dsmax als Objekte aufgeführt.



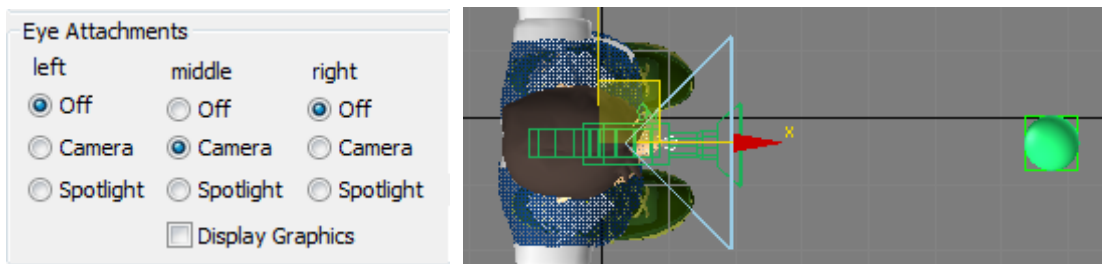
In der Standardeinstellung sind rechtes und linkes Auge parallel ausgerichtet (Fernpunkt). Ocula\_M\_Target ist mit dem rechten und linken Auge derart verbunden, dass darüber auch Vergenzen gesteuert werden können. Wird der ocula\_M-Target zum Auge herangeführt, drehen rechtes und linkes Auge gegensinnig ein (Konvergenz). Rückt der ocula\_M-Target vom Auge weg, werden rechtes und linkes Auge parallel ausgerichtet. Das sieht man am besten, wenn im Eye Attachments rechte und linke Augenkamera aktiviert werden. Im Eye-Attachment werden über die Schalter *left-Camera*, *middle-Camera*, *right-Camera* diese Kameras sichtbar, mit *Off* unsichtbar.



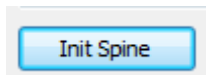
Das Target verkörpert Sehziele. Es kann mit Sehobjekten verknüpft werden. Dabei kann das Sehziel in der Hierarchie ein übergeordnetes steuerndes Objekt darstellen. Die Verknüpfung kann auch umgekehrt aufgebaut werden.



Über den ocula\_M\_Target erfolgt gleichzeitig eine sequentielle Auge-Kopf-Körper-Steuerung. Sinnvollerweise sollte hier nur die mittlere Augenkamera aktiv gesetzt werden, da i. allg. das binokulare Sehen von Interesse ist.



Die Bewegung von Auge, Kopf und Körper kann innerhalb von maximalen Gelenkwinkelgrenzen und von Komfortwinkeln erfolgen. Die Winkel können für beide Bereiche voreingestellt werden. Die Startposition dafür ist eine aufrechte Körperhaltung. Daher ist zuvor der Schalter Init Spine zu betätigen, um die Startposition zu setzen.

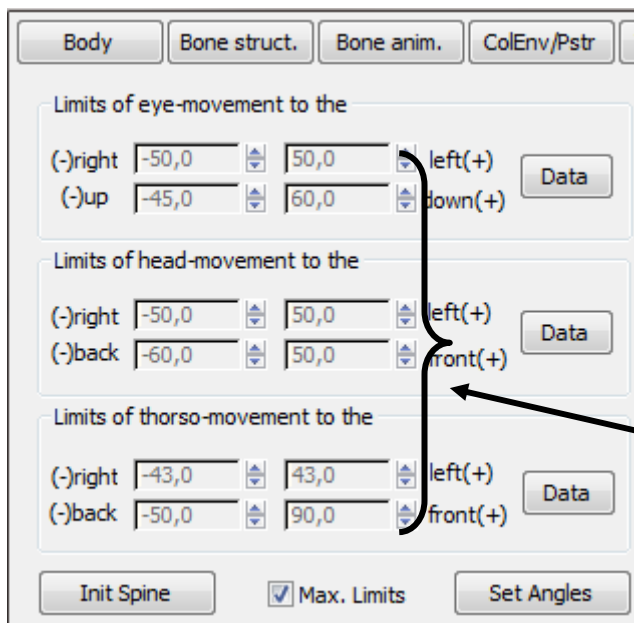


**Hinweis:**

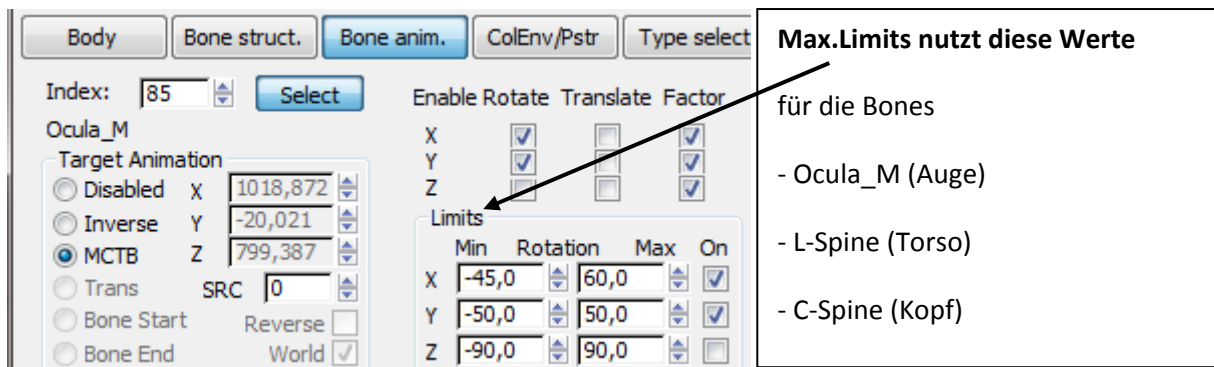
**Dieser Schalter sollte zu Beginn der Bearbeitung getätigt werden, Verknüpfungen der Steuertargets mit Sehzielen und die Zuschaltung von Augenkameras sollte nachrangig vorgenommen werden, da sonst die Standardstellung nicht definiert erzeugt werden kann.**

Mit dem Schalter *Max.Limits* werden die maximalen Gelenkwinkelgrenzen als Bewegungsgrenzen genutzt. Diese Bewegungsgrenzen werden allerdings **nicht** in die Limit of Movement-Felder eingetragen, sondern werden in der Registerkarte *Bone animation* unter *Limits* verwaltet.

Bei Betätigung des max.Limit-Schalters werden im Visibility die Limit-Dateneingabefelder ausgegraut, so dass man optisch darauf aufmerksam wird, dass die Werte in diesen Feldern NICHT die maximalen Grenzwinkel verkörpern. Mit Betätigung des Max.Limit-Schalters werden Daten aus dem Bone animation-Limit-Bereich (Registerkarte bone animation) genutzt. Diese Max.Limit-Werte können demnach nur in der Registerkarte Bone animation unter dem Feld Limits eingesehen und verändert werden.



Max.Limits nutzt NICHT diese Werte (Felder sind daher ausgegraut )



Um Werte für die maximalen Gelenkwinkelgrenzen festzulegen oder jederzeit zu ändern, sind demnach in der Registerkarte *Bone animation* für die betreffenden Bones unter *Limit* Rotationswerte einzutragen.

Bewegung Auge: Bone ocula\_M (Index 85)

Bewegung Kopf: Bone C-Spine (Index 90)

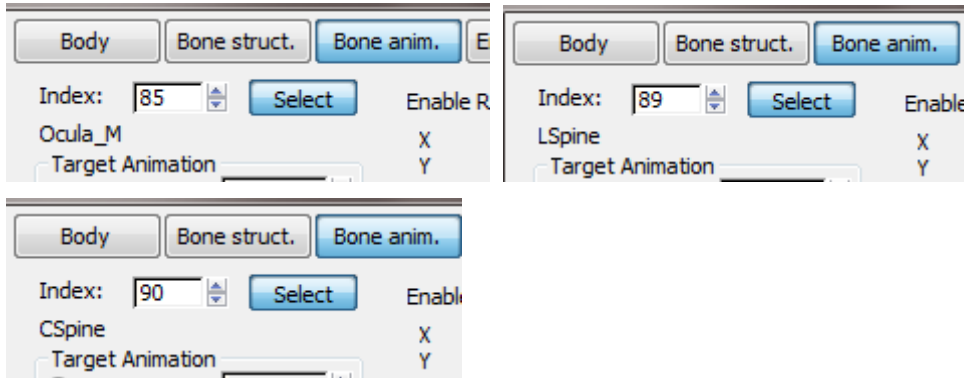
Bewegung Torso: Bone L-Spine (Index 89)

**ACHTUNG:** in Standardeinstellung haben diese Bones bereits Maximalwerte, die physiologisch nicht überschritten werden dürfen. Man kann demnach nur niedrigere (sub)maximale Gelenkwinkelgrenzen festlegen. Werden höhere Werte eingetragen, nutzt CharAT diese nicht, sondern greift programmintern auf die maximalen Standardwerte zu. Die Überschreitung der Max.Limits in der Registerkarte Bone animation sollte demnach also eher die Ausnahme bleiben, wenn zulässige Grenzen gegenüber Komfortwerten abgegrenzt werden sollen. Die Schritte zur Einstellung werden hier trotzdem aufgezeigt.

**ACHTUNG:** Bevor diese Werte überschrieben werden, sollten sie in einer Datei gespeichert werden, um sie jederzeit wieder abrufen und CharAT zuweisen zu können. Die Wertzuweisung gilt für alle Perzentile eines Geschlechts, muss also für die Geschlechter getrennt erneut vorgenommen werden. Die Speicherung erfolgt in einem motion-limit-Filetyp. Das geschieht wie folgt: Befehlspalette > File I/O > Save > Dateityp: motion-limit > Name der Datei festlegen, z. B. maxgelenkwinkel: es entsteht die Datei maxgelenkwinkel.motion-limit.

Dieser Schritt sollte auf jeden Fall zu Beginn einer Nutzung des Visibility-Tools ausgeführt werden, auch wenn die Limit-Werte in der Registerkarte Bone animation nicht überschrieben werden.

Um für den betreffenden Bone Werte zu ändern, ist dieser Bone zu selektieren:



Beim Eintragen der Limits ist die Rotationsachse für die Gelenkfreiheitsgrade zu beachten:

Es existieren folgende Beziehungen:

Unter *Min* sind jeweils *negative* Werte und unter *Max* jeweils *positive* Werte einzutragen.

Bewegung Auge (ocula\_M, Index 85):

	Min	Rotation	Max
X			
Y	(-) up		(+) down
Z	(-) right		(+) left

Bewegung Kopf (C-Spine, Index 90):

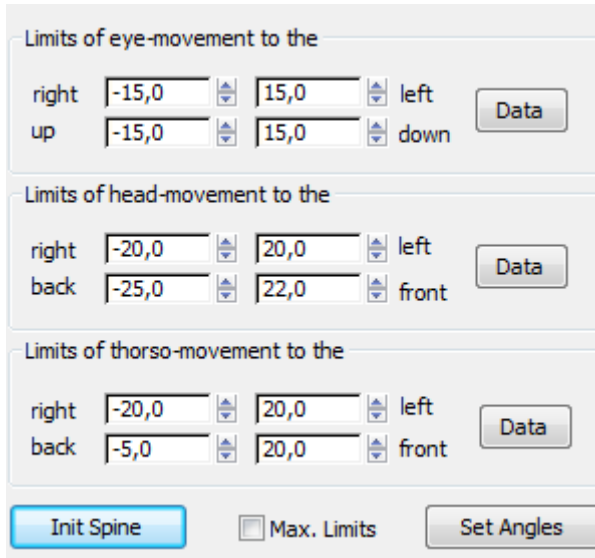
	Min	Rotation	Max
X			
Y	(-) back		(+) front
Z	(-) right		(+) left

Bewegung Torso (L-Spine, Index 89):

	Min	Rotation	Max
X			
Y	(-) back		(+) front
Z	(-) right		(+) left

Bei Bewegung des Steuerelements ocula\_M\_Target werden dann diese Bewegungswinkel genutzt, wenn der Schalter *Max.Limits* gesetzt ist.

Wird der *Max.Limits*-Schalter deaktiviert, werden die Komfortgelenkwinkelwerte im Feld *Limits of movement to the* der Registerkarte *Visibility* genutzt.



Limits of eye-movement to the

right	-15,0	15,0	left
up	-15,0	15,0	down

Data

Limits of head-movement to the

right	-20,0	20,0	left
back	-25,0	22,0	front

Data

Limits of thorso-movement to the

right	-20,0	20,0	left
back	-5,0	20,0	front

Data

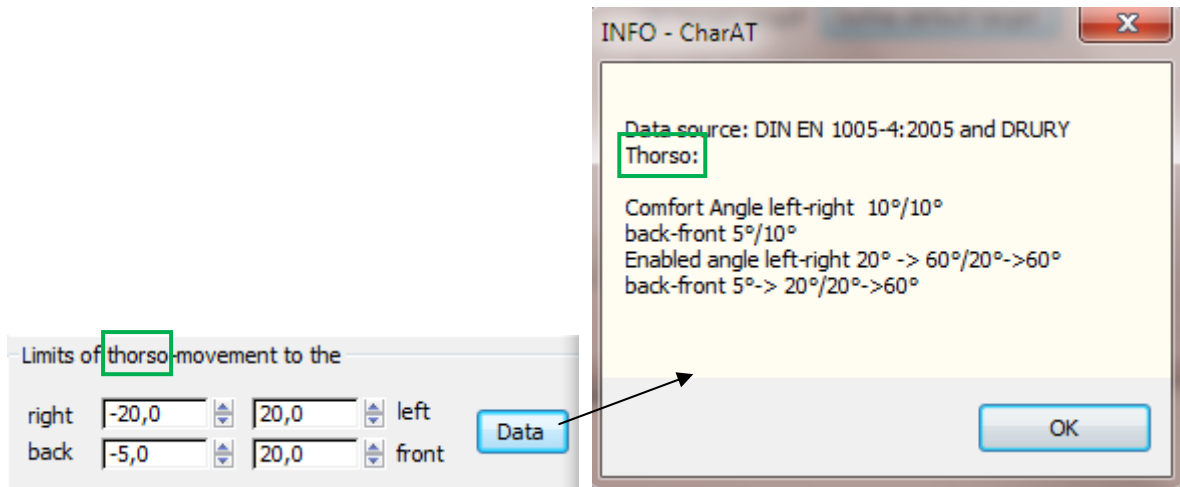
Init Spine  Max. Limits Set Angles

Diese Werte können in den einzelnen Feldern überschrieben werden. Informationen zu sinnvollen Komfortwinkeln können der Informationsbox *Data*, die jeweils neben dem betreffenden Körperabschnitt steht, entnommen werden.

Bei Betätigung des Buttons *Data* werden Daten zu Komfortwinkeln (nach Ampelverfahren grün) und für zulässige Winkel (nach Ampelverfahren gelb) und entsprechende Datenquellen angezeigt. Diese Daten dienen als Orientierung, um in die Eingabefelder ergonomisch sinnvolle Werte einzutragen. Andere Komfort- und zulässige Gelenkwinkel können aufgabenabhängig entsprechenden Quellen entnommen werden.

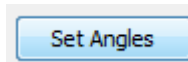
Werden versehentlich Werte größer den Max.Limit-Werten hier eingetragen, werden die Werte überschrieben.



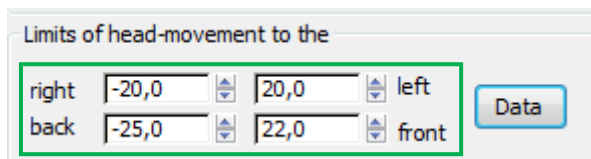


Bei Bewegung des Steuerelements ocula\_M\_Target werden dann die in den Feldern eingetragenen Bewegungswinkel genutzt.

Diese (Komfort-)Werte bleiben nur während eine Sitzung temporär erhalten. Sollen sie gespeichert und für weitere Sitzungen genutzt werden, müssen sie mit dem Schalter *Set Angles* gespeichert werden. Die Wertespeicherung mit *Set Angle* geschieht so, dass diese Werte in das Feld *Limit* in der Registerkarte *Bone Animation* für den betreffenden Bone eingetragen und übernommen wird.

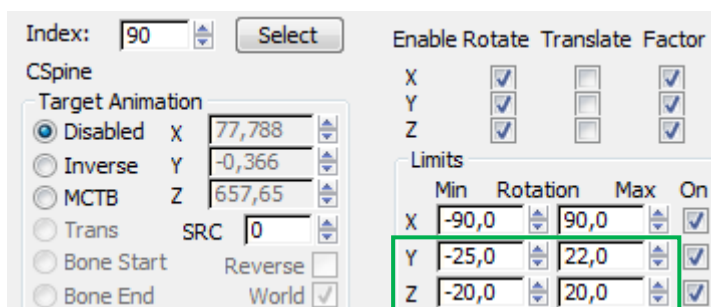


In diesem Fall sind somit die Werte der Felder Limits of Movement to the im Visibility und Limit im Bone Animation identisch - und zwar solange, bis sie erneut im Visibility überschrieben werden. In Visibility:



--> Schalter **Set Angle**

In Bone Animation:

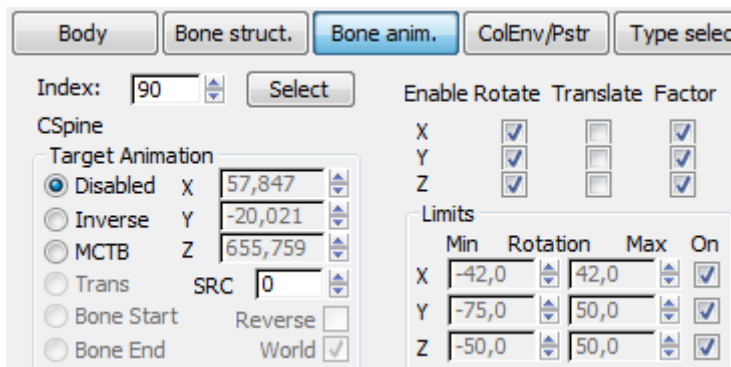


**Hinweis:**

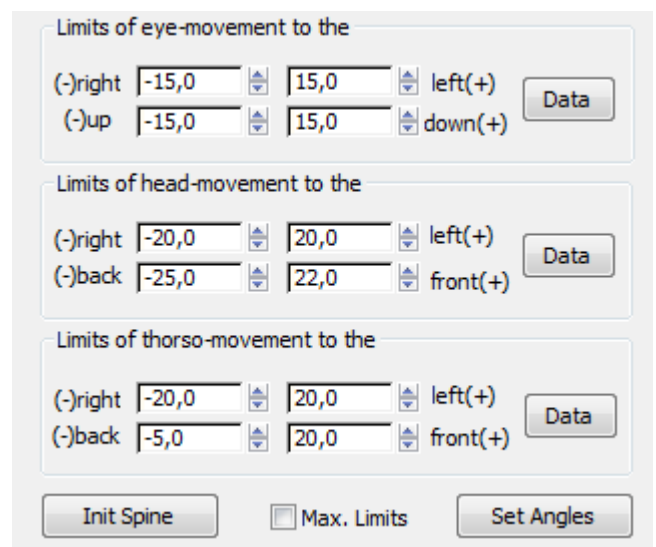
Mit Betätigung des Schalters *Set Angles* gehen somit die ursprünglichen **MAXIMALEN** Gelenkwinkelgrenzen des Feldes *Limit* in *Bone animation* verloren. Daher sollten diese zuvor in einer Referenzfigur gespeichert werden, um sie abrufen und nutzen zu können, wenn sie wiederholt benötigt werden (s. Ausführung dazu bereits weiter oben).

D. h.: dadurch können zwar maximale Werte und Komfortwerte getrennt gespeichert und auch wieder eingelesen werden, aber nicht gleichzeitig. Beim Einlesen der Werte kann nur immer ein Speicher benutzt werden. Momentan können die Winkel noch nicht anders komplett gespeichert und verwaltet werden.

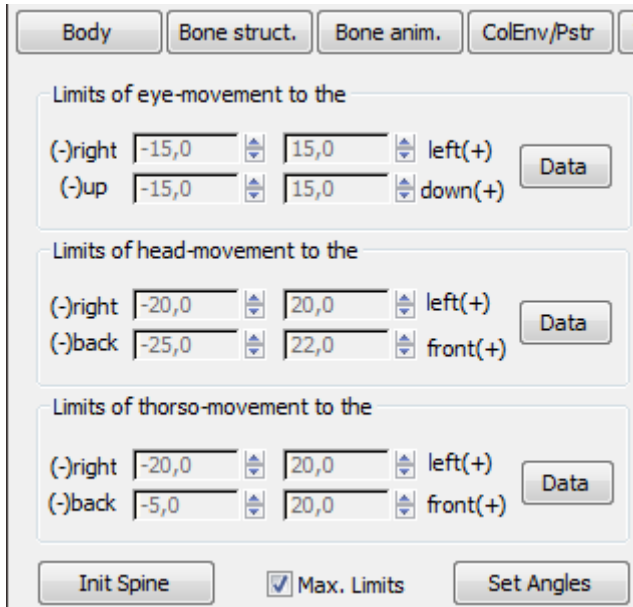
Dieser Vorgang nochmals zusammenhängend dargestellt: Registerkarte Bone animation - Limit-Feld: nur Beispiel Bone 90 (Halswirbelsäule) - C-Spine



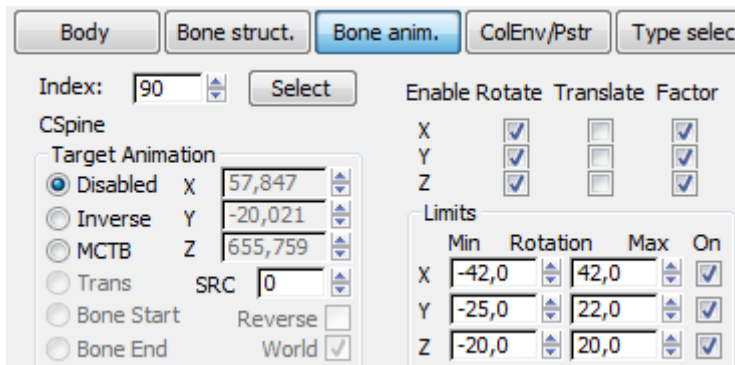
Werte auf Komfortwerte geändert im Visibility:



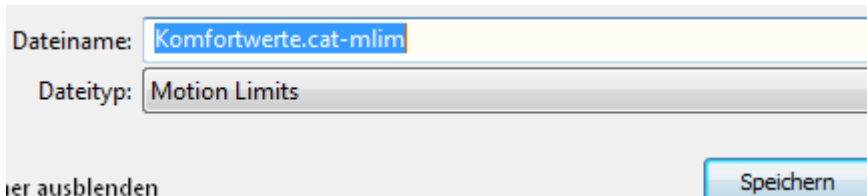
Werte mit Set Angle gesetzt zum Speichern: dadurch werden die Werte ausgegraut und der Max.Limit-Schalter wird automatisch gesetzt



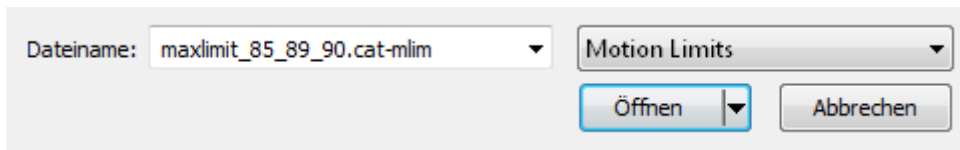
Werte werden in Max.Limit übernommen, also in Registerkarte Bone animation hier nur am Beispiel Bone 90 (C-Spine)



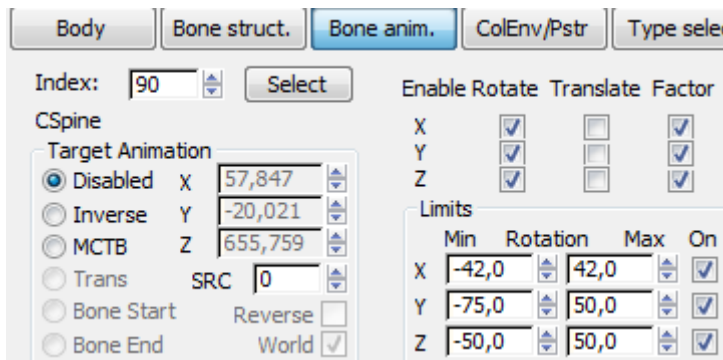
Speichern dieser Werte als Komfortwerte des Filetyps motion-limit:



z. B. dann Einlesen der Max.Limit-Werte:



Werte sind im Bone Animation wieder eingetragen: Bsp. C-Spine:



Bleibt im Visibility der Max.Limit-Schalter ON, wird auf diese Werte aus Bone animation zugegriffen.

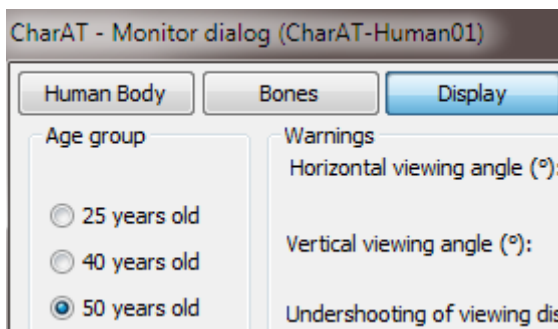
Wird der Schalter OFF gesetzt, werden die momentan stehenden Limits of eye-/head-/thorso movement-Werte genutzt, diese können geändert werden.

### **Visibility im Kontext mit Visibility vom Monitor-Dialog**

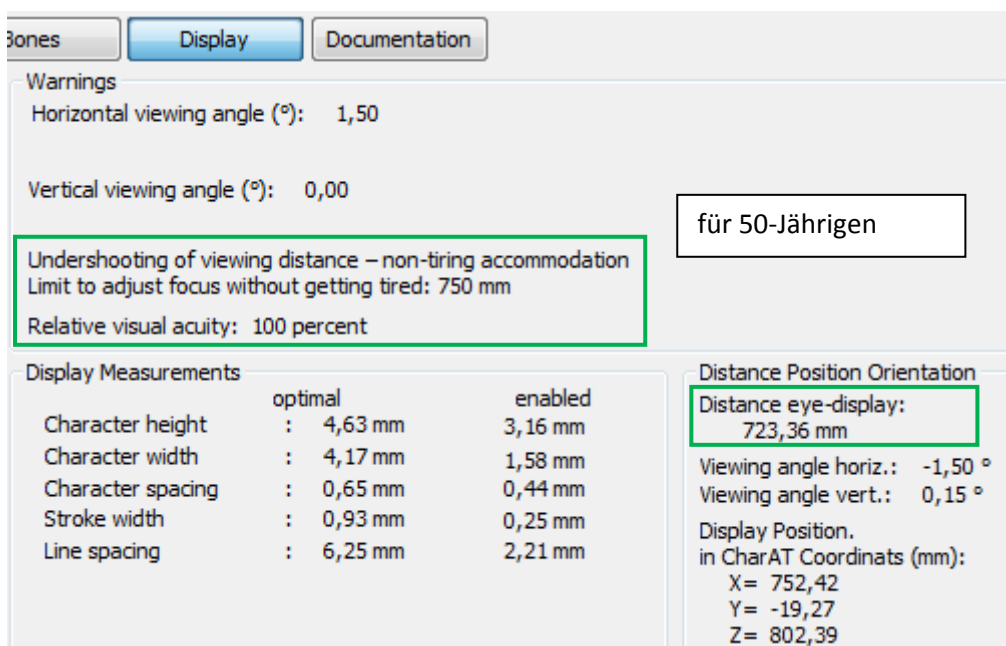
Zum inhaltlichen Verständnis der nachfolgenden Funktionalitäten wird empfohlen, ergänzende Informationen unter [http://www.ergotyping.net/index.php/Ergotyping-Tool:\\_Sichtanforderungen\\_f%C3%BCr\\_optische\\_Anzeigeeinrichtungen](http://www.ergotyping.net/index.php/Ergotyping-Tool:_Sichtanforderungen_f%C3%BCr_optische_Anzeigeeinrichtungen) nachzulesen.

Bei Bewegung des ocula\_M\_Target zum Auge hin oder von ihm weg, wird die Sehentfernung hinsichtlich Akkommodation altersabhängig für 3 Altersstufen bewertet.

Die gewünschte Altersstufe der Nutzergruppe ist unter Age Group einzustellen:



Im Feld Warnings wird die Sehentfernung für ermüdungsfreie Akkommodation (Gebrauchsakkommodation) und für die maximale Akkommodation bewertet und als aktueller Wert ausgegeben. Wird ein Grenzwert unterschritten, erfolgt eine Bewertung der Sehdistanz und Ausgabe einer Warnmeldung. Gleichzeitig wird die relative Sehschärfe berechnet. Sie ist 100% für Sehentfernungen  $\geq$  Sehentfernung für maximale Akkommodation. Wird die max. Akkommodation unterschritten, sinkt die Sehschärfe unter 100%. Die Werte treffen jeweils für die eingestellte Altersgruppe zu.



Warnings

Horizontal viewing angle (°): 1,50

Vertical viewing angle (°): 0,00

Undershooting of viewing distance – non-tiring accommodation  
Limit to adjust focus without getting tired: 750 mm  
Relative visual acuity: 100 percent

für 50-Jährigen

Display Measurements		
	optimal	enabled
Character height	: 4,63 mm	3,16 mm
Character width	: 4,17 mm	1,58 mm
Character spacing	: 0,65 mm	0,44 mm
Stroke width	: 0,93 mm	0,25 mm
Line spacing	: 6,25 mm	2,21 mm

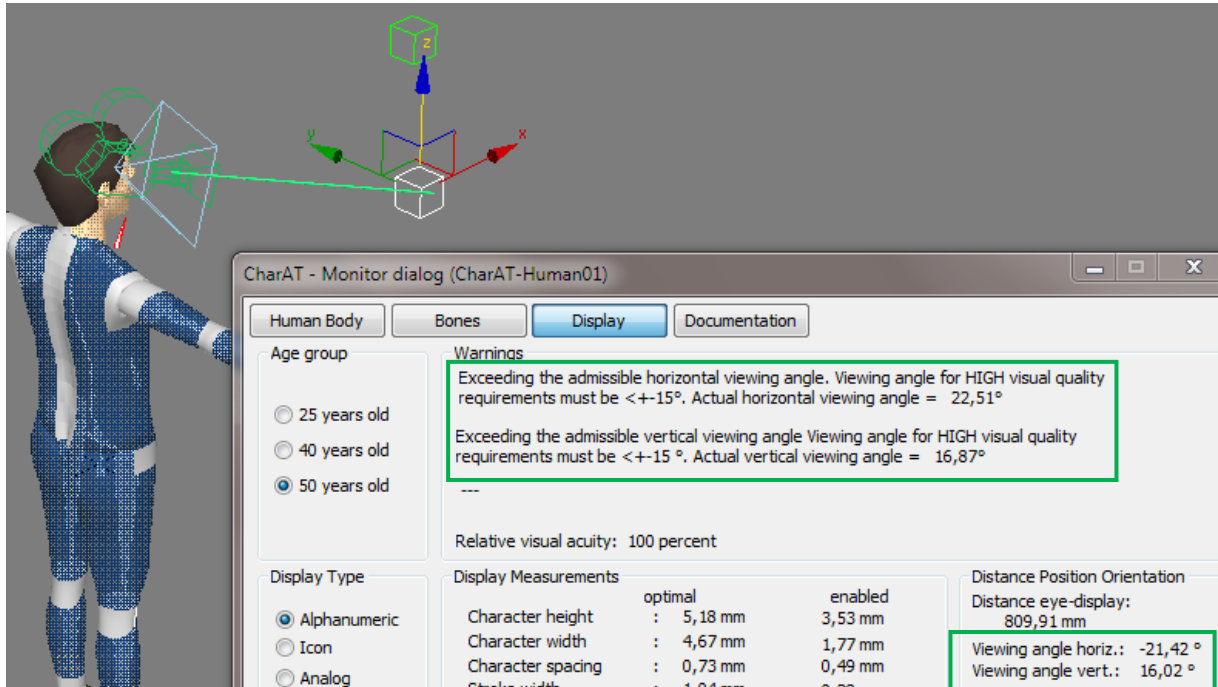
Distance Position Orientation

Distance eye-display:  
723,36 mm

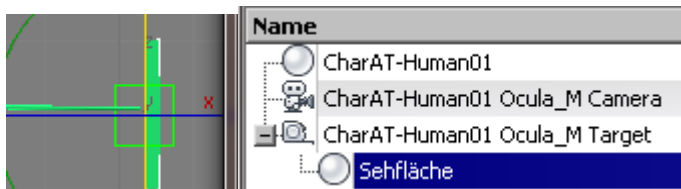
Viewing angle horiz.: -1,50 °  
Viewing angle vert.: 0,15 °

Display Position.  
in CharAT Coordinats (mm):  
X= 752,42  
Y= -19,27  
Z= 802,39

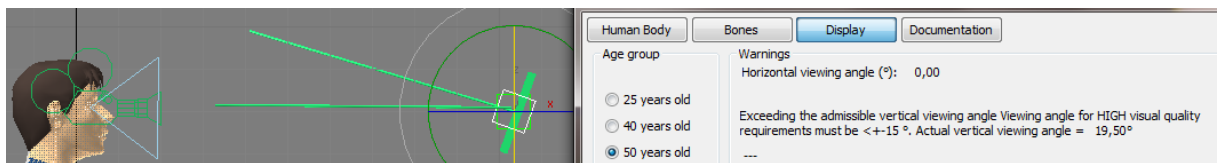
Ebenso werden horizontaler und vertikaler Betrachtungswinkel ergonomisch bewertet. Der aktuelle horizontale und vertikale Betrachtungswinkel in Bezug zur Flächennormalen werden im Feld *Distance Position Orientation* und im Feld *Warnings* berechnet und bewertet.



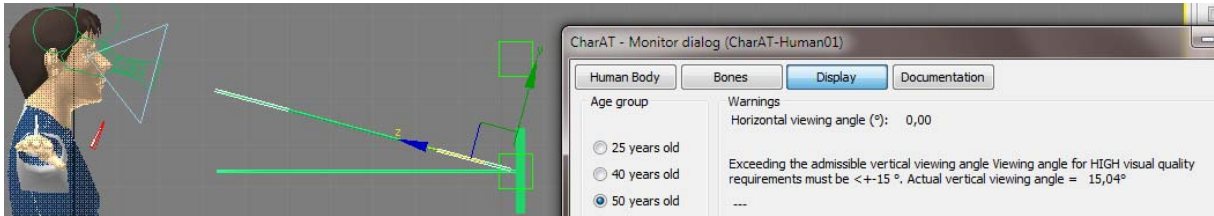
Zum besseren Verständnis kann eine Sehfläche zum Augentarget ausgerichtet und zu diesem als untergeordnetes Objekt verknüpft werden.



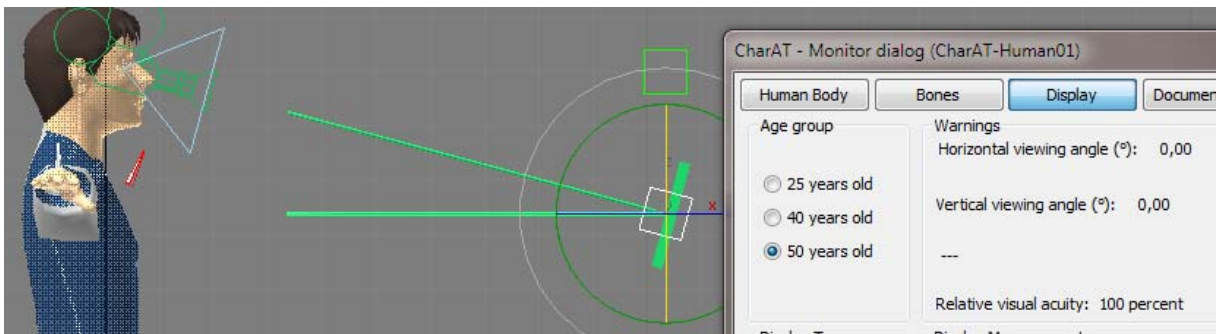
Wird das Target und damit die Fläche gedreht, besitzt die Augenkamera in Bezug zur Flächennormalen der Sehfläche eine schräge Aufsicht auf die Fläche. Dieser Winkel wird bewertet.



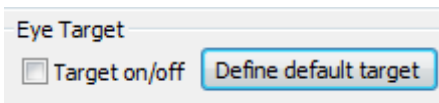
Wird das Target verschoben, treten ebenfalls bestimmte Betrachtungswinkel zur Flächennormalen der Sehfläche auf. Auch in diesem Falle erfolgt eine Bewertung der Winkel.



Erst bei Korrektur der Target-(und Sehflächen-)ausrichtung entfällt die Warnmeldung.

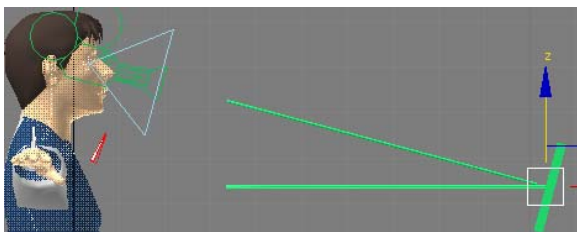


Im *Visibility* kann das *ocula\_M\_Target* im Feld *Eye-Target* mit dem Schalter *Target on/off* zwischenzeitlich ein- und ausgeschaltet werden.



**Hinweis:**

Erfolgt jedoch zuvor eine Rotation des Targets, um ungünstige Betrachtungswinkel zu korrigieren (s. Beispiel oben), geht dieser Rotationswert verloren.

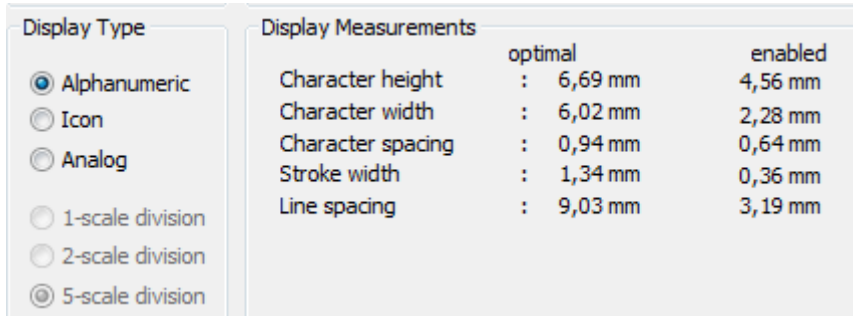


Rotation nach Target off und erneutem on geht verloren  
(s. Targetorientierung zu Bild oben)

Für die aktuelle Sehentfernung zwischen Auge und *ocula\_M\_Target* (Sehfläche) werden Parameter für digitale und analoge Anzeigen dynamisch berechnet. Der Anzeigetyp:

- digital: a) alphanumerische Zeichen b) Bildzeichen
- analog

wird in der Registerkarte *Display* im Feld *Display Typ* gewählt.

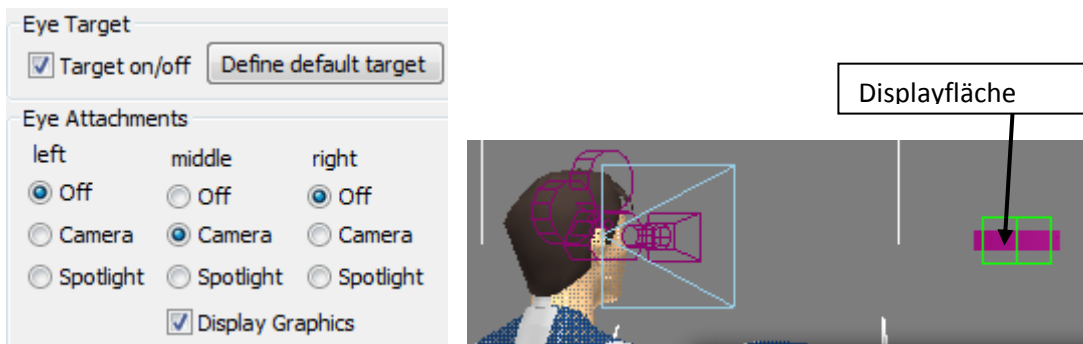


Die Berechnung der Anzeigeparameter erfolgt als optimale und zulässige Werte.


Das Display mit den berechneten Anzeigeparametern kann in der Szene eingeblendet und angezeigt werden.

Dazu ist im „Visibility“ im Block *Eye Attachment* der Schalter *Display* auf ON zu setzen.

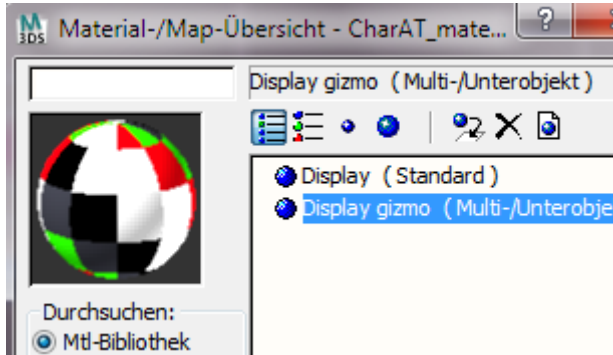
Im *ocula\_M\_Target* wird eine Displayfläche eingeblendet.



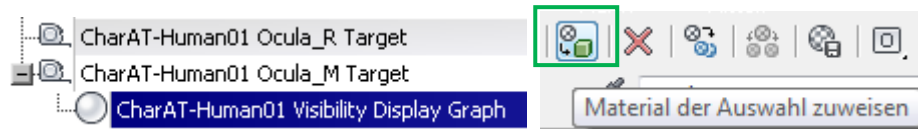
Zur Darstellung der Anzeigeparameter ist zusätzlich ein vorkonfiguriertes Material zu laden und auf diese Fläche zu mappen. Folgende Schritte sind dafür notwendig:

- Materialeditor öffnen 
- Neue Kugel auswählen und dieser Material wie folgt zuweisen:
  - Das Feld Arch&Design selektieren, es öffnet sich die Material-, Map-Übersicht
  - Mtl-Bibliothek öffnen und Ordner suchen, in dem die materiallibraries abgelegt sind
  - darin „CharAT\_material\_Display\_gizmo.mat“ auswählen und das Display-Gizmo wählen



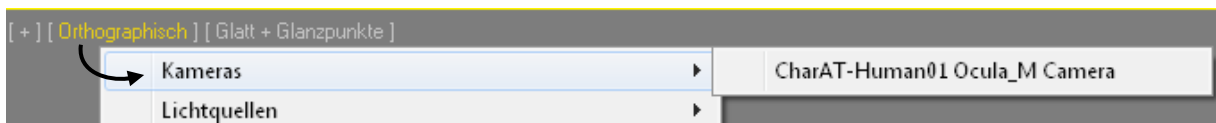


Aus der Liste *Nach Namen auswählen* die Displayfläche als Objekt auswählen und diesem Objekt Material zuweisen, indem der entsprechende Button im Material-Editor aktiviert wird.



Die Displayfläche kann aus dem Auge von CharAT-Ergonomics betrachtet werden.

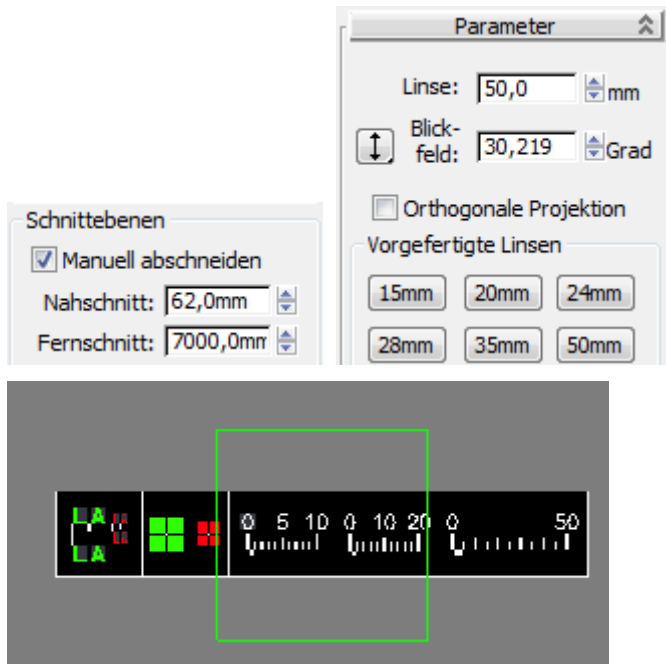
Die Ansicht muss dazu auf *ocula\_M\_camera* umgeschaltet werden:



Die Sichtbarkeit der Displayfläche ist erst gegeben, nachdem die Kameraparameter eingestellt wurden.

- Ocula\_M\_camera als Objekt selektieren
- In der Registerkarte *Ändern* der Befehlspalette den Bereich *Schnittebenen* suchen und den Button *Manuell abschneiden* aktivieren, falls das nicht bereits voreingestellt ist --> bei Fernschnitt Wert verkleinern  
Nah- und Fernschnitt legen den Bild-, Umgebungsbereich der Kamera fest, in dem alle darin befindlichen Szene-Objekte angezeigt werden
- Unter vorgefertigte Linsen 50 mm auswählen, das entspricht etwa einem Blickfeld-durchmesser von 30°
- Im Ansichtsfenster erscheint das Objekt "display" mit den Anzeigetypen von links nach rechts:  
Alphanumerische Anzeige, Bildzeichen, analoge Anzeige mit Einer-, Zweier- und Fünferskala

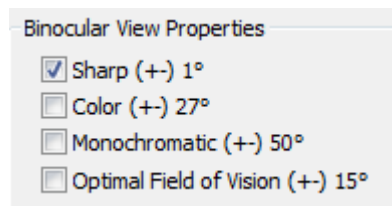
- alphanumerische und Bildzeichen werden grün (optimal) und rot (zulässig) dargestellt, Bildzeichen sind dabei jeweils 4-mal abgebildet



**Einblenden von Sehfeldern:**

Folgende Sehfelder sind vorhanden:

- Scharfsichtbereich
- Optimales Blickfeld
- Farbgesichtsfeld (für blau)
- Hell-Dunkel-Gesichtsfeld



Im „Visibility“ steht dafür der Block *Binocular View Properties* zur Verfügung.

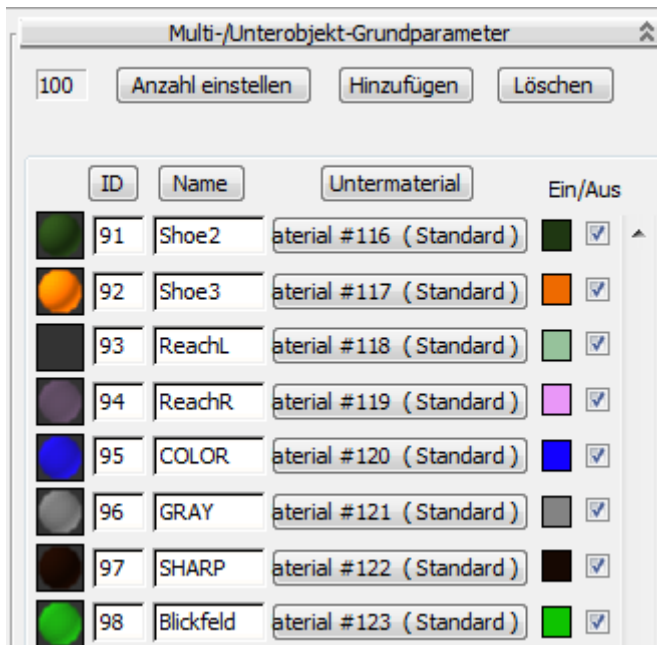
Durch Setzen eines Schalters wird das entsprechende Sehfeld eingeblendet. Die Sehfelder werden allerdings nur angezeigt, wenn zuvor ein vorbereitetes Material von CharAT Ergonomics geladen und dem Menschmodell zugewiesen wurde.

Im Materialeditor stehen speziell konfigurierte CharAT Ergonomics-Materialien zur Verfügung, so z. B. das Material *CharAT\_material\_V6\_worker.mat*, in dem den Sehfeldern Farben zugewiesen wurden.

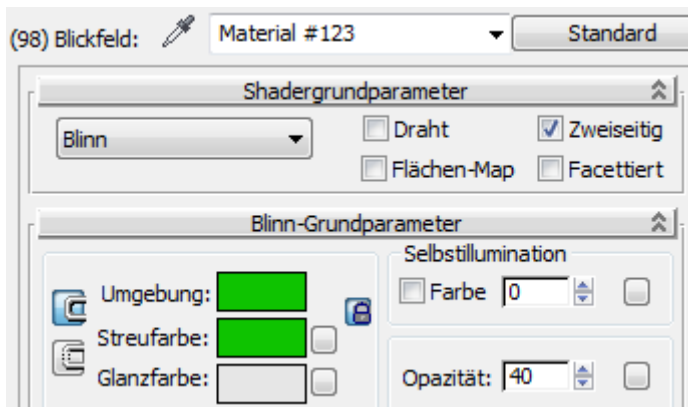
Diese Materialien haben eine voreingestellte Opazität (ca. 40%), damit die Sehfelder durchsichtig sind und darin befindliche Szeneobjekte sichtbar werden. Das Ein- und Ausschalten der Sehfelder bezieht sich nur auf Sichtbarkeiten in der aktuellen Szene. D. h. sind die Schalter OFF gesetzt, werden die Sehfelder beim Rendern trotzdem angezeigt, da deren zugewiesene Materialien immer noch eine bestimmte Opazität besitzen.

Beim Rendern muss die Opazität für betreffende Sehfelder, die nicht angezeigt werden sollen, also Null gesetzt werden. Das geschieht wie folgt:

- Materialeditor öffnen: entsprechende Farbkugel selektieren
- Multi-/Unterobjekt-Grundparameter öffnen und rechts nach unten scrollen



- Sehfeld, z. B. Blickfeld-Untermaterial öffnen und darin die Opazität verändern



Bei Bewegung des oculo\_M\_Targets bewegen sich die Sehfelder wie folgt mit:  
Blickfeld, Scharfsichtfeld, Farb- und Hell-Dunkelgesichtsfeld bewegen sich bereits bei Auslenkung der Augenkamera mit (sind an die Bewegung des Auges gekoppelt)

**Dokumentation:**

Im *Monitor-Dialog* in der Registerkarte *Dokumentation* werden alle berechneten Parameter sowie alle Bewertungstexte gespeichert.

Die berechneten Parameter basieren i. allg. auf Ergonomienormen, zum Teil auf harmonisierten Normen. Die Zuordnung der Daten zu Quellen erfolgt nach einem Stufenmodell: Stufe 1 umfasst Ergonomiewissen aus harmonisierten Normen.

Stufe 2 umfasst Ergonomiewissen aus weiteren Datenquellen.

Die Zuordnung, welche Daten konkret aus welcher Quelle und aus welcher konkreten Norm entnommen wurde, wird dokumentiert. Damit wird eine technische Dokumentation unterstützt.

(s. dazu [http://www.ergotyping.net/index.php/Ergotyping-Tool:\\_Sichtanforderungen\\_f%C3%BCr\\_optische\\_Anzeigeeinrichtungen](http://www.ergotyping.net/index.php/Ergotyping-Tool:_Sichtanforderungen_f%C3%BCr_optische_Anzeigeeinrichtungen))

**Verwendung von Spotlichtern:**

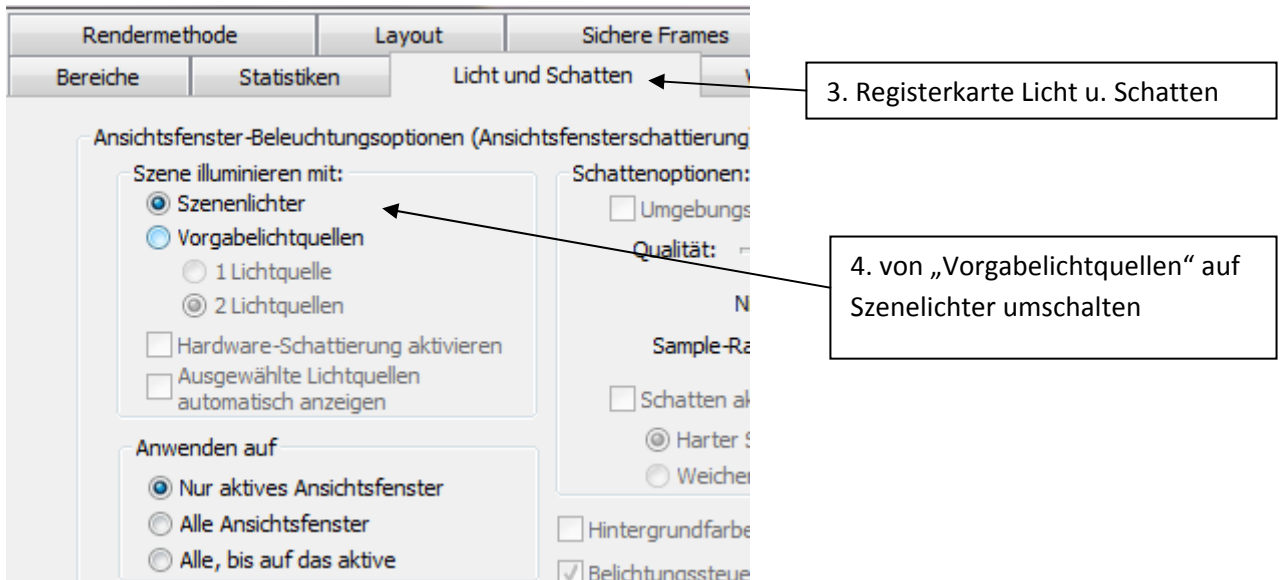
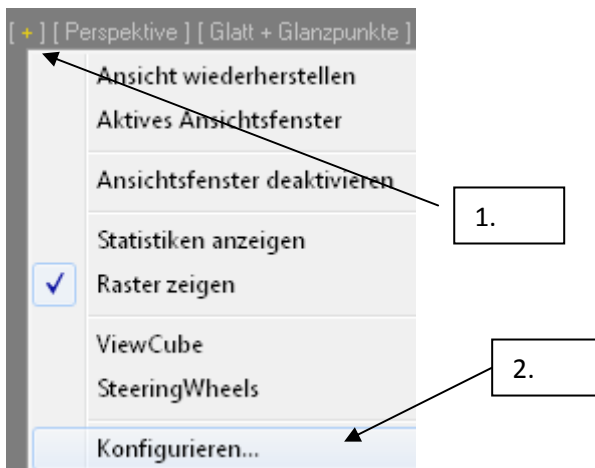
Einstellung folgender Parameter:

- Rollout Spotlichtparameter: Hotspot- und Falloff-Größe auf Kamerablickfeldwerte einstellen  
Die relative Schärfe des Lichtkegels wird vom Verhältnis zwischen Hotspot und Falloff bestimmt. Sind Hotspot und Falloff annähernd gleich groß, ist der Lichtkegel scharf von der Umgebung abgegrenzt.
- Rollout Allgemeine Parameter: Einstellung der Schatten auf Raytrace-Schatten (bereits voreingestellt)
- Rollout Raytrace-Schattenparameter: zweiseitige Schatten aktivieren  
Schatten werden nur im Rendermodus angezeigt.

Dazu sind in der Palette Rendern der Hauptsymbolleiste entsprechende Ausgabeparamater im Rollout Allgemeine Parameter einzurichten:

- Optionen: „Flächenlichter/-schatten als Punkte“ aktivieren
- Ansichtsfenster für das Rendern auswählen

**Einstellung von Szenenbeleuchtung:**



**Text Monitor-Dialog:**

Deutsch: "Überschreitung Sehentfernung - max. Akkommodation  
Grenze für KURZZEITIGES Scharfsehen: 500 mm"

Englisch: "Undershooting of viewing distance - max. accommodation  
Limit to adjust focus for a short time: 500 mm"

Deutsch: "Überschreitung Sehentfernung - Gebrauchsakkommodation  
Grenze für ERMÜDUNGSFREIES Scharfsehen: 750 mm"

Englisch: "Undershooting of viewing distance – Gebrauchsakkommodation non-tiring ac-  
commodation  
Limit to adjust focus without getting tired: 750 mm"

Deutsch: "Überschreitung des zulässigen vertikalen Betrachtungswinkels  
BETRACHTUNGSWINKEL muss  $< +15^\circ$  sein"

Englisch: "Exceeding the admissible vertical viewing angle  
Viewing angle must be  $< +15^\circ$ "

Deutsch: "Überschreitung des zulässigen horizontalen Betrachtungswinkels  
BETRACHTUNGSWINKEL für HOHE visuelle Qualitätsanforderungen muss  $< +15^\circ$   
sein"

Englisch: "Exceeding the admissible horizontal viewing angle  
Viewing angle for HIGH visual quality requirements must be  $< +15^\circ$ "

Deutsch: "Überschreitung des zulässigen horizontalen Betrachtungswinkels  
BETRACHTUNGSWINKEL für MITTLERE visuelle Qualitätsanforderungen muss  $<$   
 $+30^\circ$  sein"

Englisch: "Exceeding the admissible horizontal viewing angle  
Viewing angle for MEDIUM visual quality requirements must be  $< +30^\circ$ "

Deutsch: "Überschreitung des zulässigen horizontalen Betrachtungswinkels  
BETRACHTUNGSWINKEL für NIEDRIGE visuelle Qualitätsanforderungen muss  $<$   
 $+50^\circ$  sein"

Englisch: "Exceeding the admissible horizontal viewing angle  
Viewing angle for LOW visual quality requirements must be  $< +50^\circ$ "