

## **Die Erfassung personenbezogener Sichtverhältnisse im Pkw - Das Sichtanalysesystem ARGUS**

J. Hudelmaier

### **1 Hintergrund**

Jeder der sich schon einmal mit einem Fahrrad in den (Berufs-)Verkehr einer Großstadt wie z. B. Hamburg oder München gewagt hat, kennt das Problem. Da eine plötzlich vorschießende Motorhaube, die es mit einem kühnen Hechtsprung zu überwinden gilt – dort eine abrupt aufgeschwungene Autotür, die der flotten Fahrt ein jähes Ende bereitet. Dabei kann nur in ausgesprochen seltenen Fällen von der Boshaftigkeit des die eigene Bahn kreuzenden Autofahrers ausgegangen werden. Meist kann auch der gar nichts dafür. Der andere Verkehrsteilnehmer, der jetzt leicht verärgert auf seiner Motorhaube rumlümmelt wurde schlicht durch eine A-, B- oder C-Säule seines Fahrzeuges, durch den Beifahrersitz oder andere Fahrzeugkomponenten verdeckt, so dass er von dem nun schuldbewusst dreinblickenden Autofahrer nicht gesehen werden konnte. Dieselbe Gefahr stellt sich beim Überholen und Einscheren in den fließenden Verkehr. Und das Problem nimmt zu!

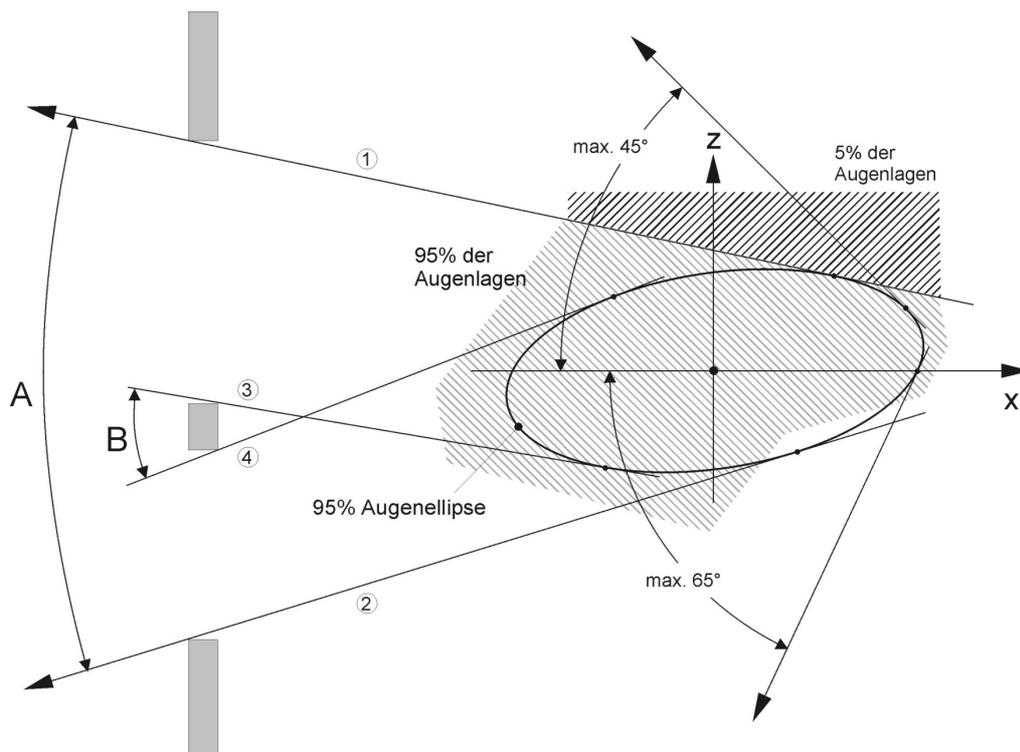
Durch den immer stärker werdenden Individual- und Transportverkehr wird die Fülle, der auf einen Autofahrer einströmenden Informationen immer größer. 90% seiner Umwelt, und damit das ihn umgebende Verkehrsgeschehen, nimmt ein Autofahrer über seinen optischen Sinneskanal wahr (etwas was jeder leicht selber ausprobieren kann. Es stellt z. B. keinerlei Problem dar mit aufgesetztem Hörschutz unfallfrei zu fahren - aber mit verbundenen Augen...?!). Dies macht deutlich wie wichtig die Sichtverhältnisse für das Sicherheitskonzept aber auch die ergonomische Qualität eines Fahrzeuges sind. Zum einen legen sie die Rundumsicht des Fahrers fest und somit, in wie weit das Fahrzeugumfeld von ihm wahrgenommen werden kann. Zum anderen entscheiden die Sichtverhältnisse auch darüber, wie Fahrer und Passagiere ein Fahrzeug – unbewusst - wahrnehmen, also empfinden und somit auch welcher Komforteindruck sich einstellt. Im Spannungsfeld der vielfältigen Anforderungen, denen ein neu zu entwickelndes Fahrzeug genügen soll, kommt ihnen damit eine große Bedeutung zu.

Paradox aber wahr: konsequent wird - vor allem aus Unkenntnis - dafür gesorgt, dass die Sichtverhältnisse immer schlechter werden. Dies liegt nicht zuletzt an den veralteten Verfahren mit denen in modernen Fahrzeugen die Sicht des Fahrers festgelegt wird.

Eines dieser - auch gesetzlich vorgeschriebenen Hilfsmittel - ist die Augenellipse nach SAE J941 (SAE = Society of Automotive Engineers). Sie stellt ein Hilfsmittel zur Konstruktion von Sichtlinien unter Berücksichtigung der Verteilung der Augenlagen im Fahrzeug dar. Mit Hilfe der Augenellipsen lassen sich im Fahrzeug extreme Sichtwinkel bestimmen, indem Tangenten an die jeweilige Ellipse angelegt werden (Abb. 1). Damit erlaubt sie, schon im Vorfeld der Konstruktion eine Grundaussage

darüber zu treffen, wie hoch der Anteil der Personen sein wird, der bestimmte Bereiche außerhalb des Fahrzeugs einsehen bzw. nicht einsehen wird.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Untersuchungen, aus denen die Augellipsen hervorgingen bereits 1965 von J. F. Meldrum in amerikanischen Fahrzeugen des Baujahres '63 gemacht wurden. Anstelle der heute üblichen Einzelsitze hatten diese eine Sitzbank mit starrem Lehnwinkel. Der Sitzverstellbereich war zu dieser Zeit noch sehr klein. Des Weiteren existierten keine Sitzhöhen- und Lenkradverstellung wie sie heute weiten Teils üblich sind. Da die Sitzhaltung - und damit auch die Augenlage eines Fahrers - neben seinen körperlichen Eigenschaften, sehr stark von der Art des Sitzes, seinen Verstellmöglichkeiten und anderen Elementen des Fahrzeuginnenraums, wie z. B. der Lage des Lenkrades abhängt, wird schon hieraus klar, dass die aus diesen Untersuchungen stammenden Ergebnisse nur schwer auf heutige Fahrzeuge übertragbar sind.



**Abb. 1:** Augenellipse nach SAE 941J

Es erscheint daher wenig sinnvoll Fahrzeuge erst mit viel Aufwand und mit Hilfe von CAD-Systemen (CAD = Computer Aided Design) zu konstruieren, für die ergonomische Auslegung moderne 3-D-Menschmodelle heranzuziehen, nur um dann mit einem veralteten Werkzeug all diese Bemühungen ad absurdum zu führen.

Aus diesem Grunde ist es ausgesprochen entscheidend, die Außensichtverhältnisse darlegen, bewerten und vergleichen zu können, da nur so Möglichkeiten für ihre Optimierung gefunden werden können.

## 2 Realmessverfahren

Neben der Augellipse, die zu den virtuellen Auslegungsverfahren der Sicht gezählt und damit eher in der Konzeptions- und Konstruktionsphase eines Fahrzeugs eingesetzt wird, existieren die sogenannten

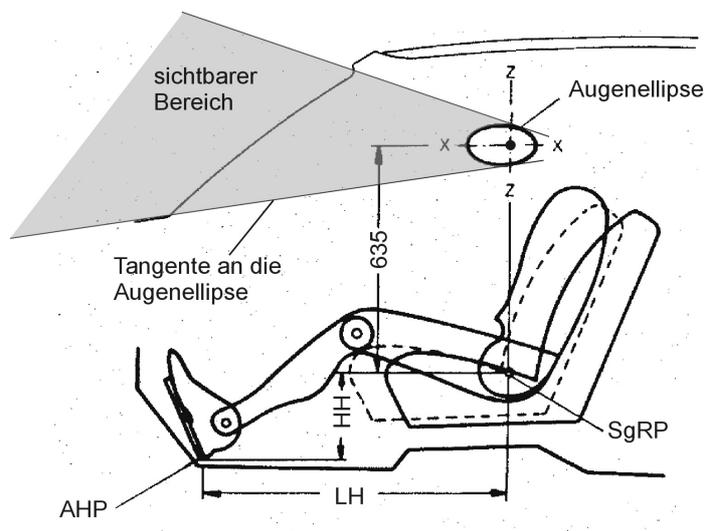
Realmessverfahren. Mit Ihnen lassen sich die Sichtverhältnisse von Autofahrern an Realfahrzeugen durch die Darstellung der frei einsehbaren Umgebungsbereiche beurteilt, was unter bestimmten Voraussetzungen von Vorteil ist. Denn während die Vermessung an Fahrzeugen, bei denen entsprechende Datensätze vorliegen, prinzipiell auch direkt mit Hilfe von CAD möglich ist, scheidet dies für Fahrzeuge, deren Daten hierzu erst erhoben werden müssten, aufgrund des notwendigen, enorm hohen Vermessungsaufwandes weitgehend aus. Daher kommt den Realmessmethoden auch im Zeitalter des CAD vor allem in den folgenden Bereichen immer noch eine große Bedeutung zu:

- Bereich 1: die Vermessung von Fahrzeugen um die Einhaltung bestehender Vorschriften (z.B. StVZO §35b und EWG 77/649) bezüglich der Außensichtverhältnisse am Realfahrzeug zu überprüfen.
- Bereich 2: Vermessungen um verschiedene Fahrzeuge oder Fahrzeugkonzepte miteinander vergleichen zu können.

Ein für diese Zwecke eingesetztes Verfahren ist z. B. das *Lasertheodolit-Verfahren*. Dabei handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Schattenwurfverfahrens, bei dem eine oder zwei Lichtquellen, in Augpunktlage eines fiktiven Fahrers, im Fahrzeug angebracht, einen Schatten der Fahrzeugkonturen auf Boden und Wände werfen. Ein im Mittelpunkt der SAE-Augenellipse (siehe Abb. 2) kardanisch gelagerter Lasertheodolit, der einen monokularen Sehstrahl des Fahrers simuliert, wird entlang der Fensterkanten geführt. Dabei kann durch Anvisieren beliebiger Punkte deren Raumwinkelkoordinaten ermittelt und an einen Rechner übergeben werden.

Doch auch wenn dieses Verfahren gegenüber allen anderen gängigen Methoden zumindest den Vorteil aufweist, dass eine Auswertung der Daten am Rechner möglich ist, so zeigen sich immer noch die folgenden gravierenden Nachteile dieser Methode:

- Die manuelle Durchführung verfälscht die Ergebnisse und beschränkt die Reproduzierbarkeit.
- Größe und Proportionen unterschiedlicher Fahrer werden nicht berücksichtigt.
- Der Drehpunkt des Lasertheodoliten liegt in einem festen, theoretischen Punkt.

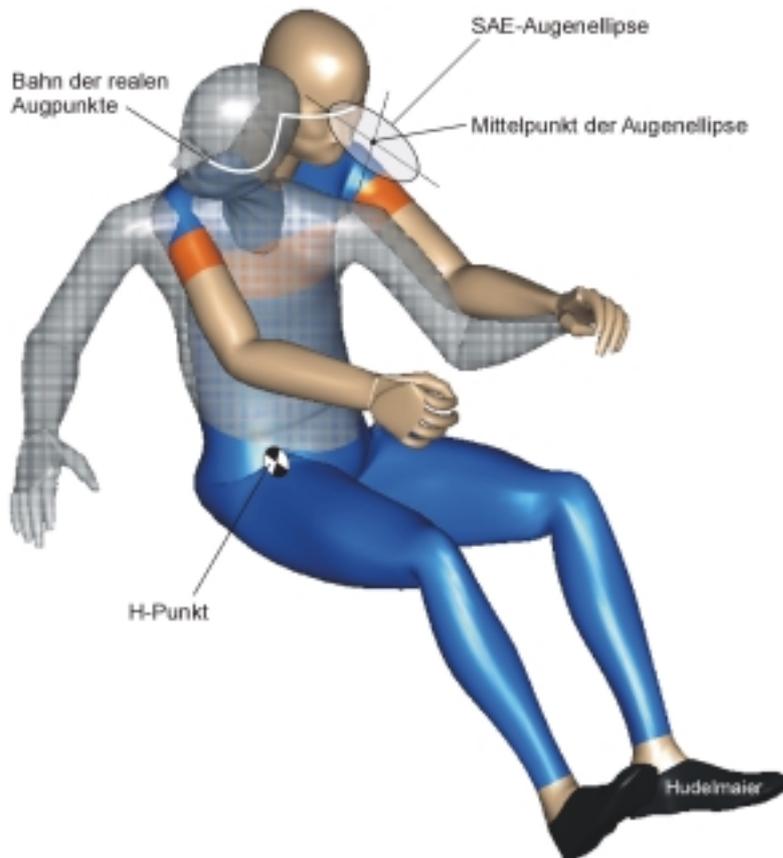


**Abb. 2:** Sichtbereich ermittelt mit SAE-Augenellipse.

Gerade der feste Drehpunkt verbindet zwei entscheidende Nachteile des Verfahrens in sich:

Als Drehpunkt wird zumeist der Mittelpunkt der SAE-Augenellipse herangezogen. Wie bereits erwähnt wurde, stimmen deren Punkte mit heutigen Augpunktlagen nicht mehr überein. Des weiteren gibt ein fester Augpunkt nicht die sich in der Realität bei einer Kopf- und Torsobewegung einstellenden Augpunkte und damit auch nicht den realen Sichtbereich bzw. reale Verdeckungen wieder.

Abb. 3 zeigt die Bahn realer Augpunktlagen beim Umdrehen wie sie durch Kopf- und Torsobewegung erzeugt werden in Bezug zu dem fixen Mittelpunkt der Augenellipse.



**Abb. 3:** Gegenüberstellung des fixen Messpunktes nach SAE und der Bahn realer Augpunktlagen bei Sitzhaltungsänderungen.

### 3 Personenindividuelle Außensichtvermessung

Will man eine der Wirklichkeit entsprechende Vermessung der Außensichtverhältnisse realisieren, so sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

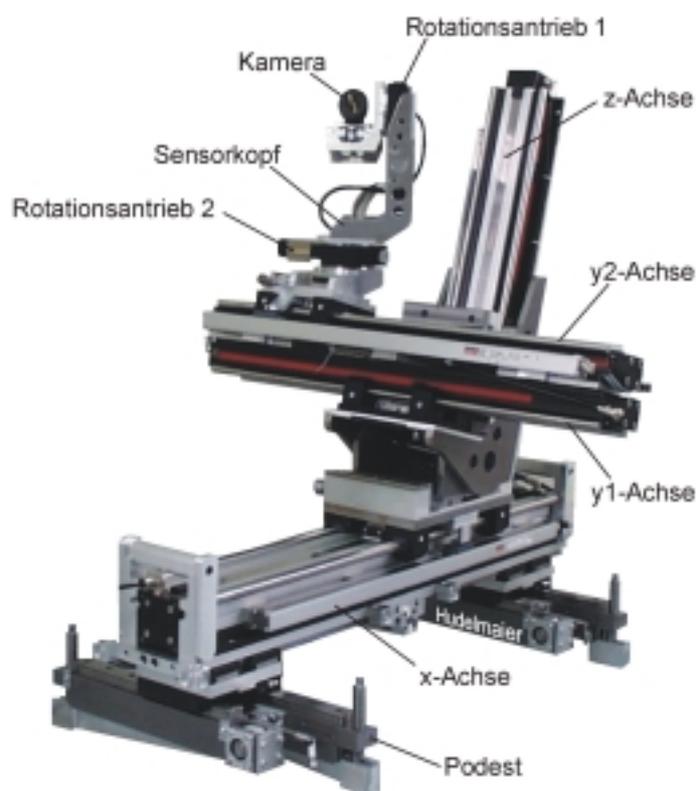
- Die Augpunktlagen des Fahrers hängen wesentlich von seiner eingenommenen Haltung ab, die wiederum stark von den Packagemaßen, also dem Interieur und dem Gesamtaufbau des Fahrzeugs beeinflusst wird.
- Die Augpunkte sind nicht fix, sondern blickrichtungsabhängig.
- Die individuellen Faktoren des Fahrers, wie Größe, Proportionen und Beweglichkeit beeinflussen stark die Augpunktlagen.

- Ein Autofahrer sieht die Welt nicht mono-, sondern binokular. Dies beeinflusst entscheidend auftretende Verdeckungen und ist für eine realistische Beurteilung bei einer Vermessung zu berücksichtigen.

Um diesen Ansprüchen an eine möglichst reale Darstellung der Sichtverhältnisse in einem Pkw Rechnung zu tragen, wurde am *Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München*, in Zusammenarbeit mit der *tecmath AG*, Kaiserslautern, das Sichtanalysesystem *ARGUS (Automatisches Ramsisgestütztes Grenzkanten UntersuchungsSystem)* entwickelt und realisiert.

#### 4 Funktionsweise von ARGUS

Der Messroboter (Abb. 4) trägt eine CCD-Kamera, die das Fahrerauge (links/rechts) simuliert. Die Kamera ist dabei mit einer Bildverarbeitung verbunden, die eine Kantenfindung durch einen hell/dunkel-Abgleich ermöglicht. Der Roboter wird in das zu vermessende Fahrzeug gesetzt (Abb. 6) und in diesem auf das Fahrzeugkoordinatensystem kalibriert.



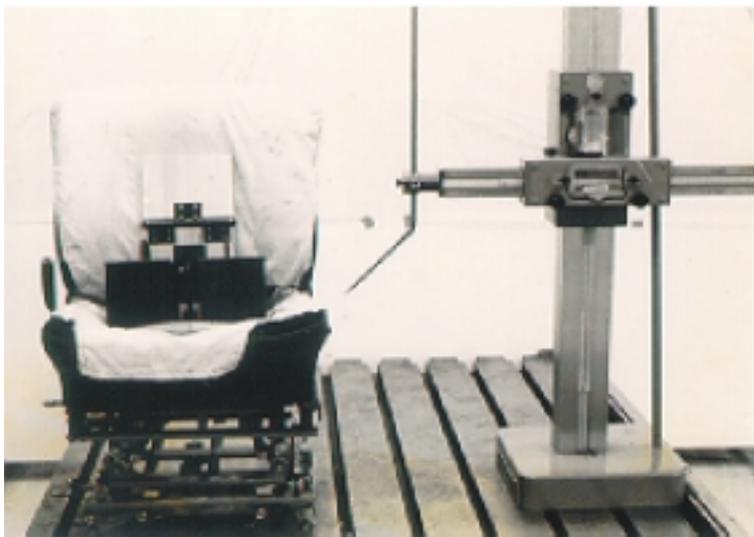
**Abb. 4:** Messroboter (MARVIN) des Sichtanalysesystems ARGUS

Für die Vermessung werden dem System Blickrichtungen in einem bestimmten Raumbereich vorgegeben (z.B. horizontal 360°, vertikal +60° u. -45°). Jeder Blickrichtung ist dabei ein, der Realität entsprechender Augpunkt zugeordnet. Die Augpunkte werden von einer Software ermittelt, der die Typologie des 3-D-Menschmodells *RAMSIS* sowie das *RAMSIS*-Fahrerhaltungsmodell zugrunde liegt. Erst hierdurch werden die realistischen Vermessungen der Außensichtverhältnisse möglich.

*RAMSIS* wurde maßgeblich am *Lehrstuhl für Ergonomie* entwickelt und stellt heute das in den Automobilfirmen am häufigsten eingesetzte Menschmodell dar. Durch *RAMSIS* wird es möglich jeden

gewünschten Personentyp für eine Fahrzeugvermessung bereit zu stellen. Eine weitere Besonderheit stellt das Haltungsmodell von *RAMSIS* dar. Unter der Vorgabe bestimmter Aufgabenstellungen ermöglicht es die Berechnung realistischer, der Aufgabe entsprechender Haltungen, wobei die Umgebung mit einbezogen werden kann. Gibt man nun als Aufgabe das Fahren eines bestimmten Fahrzeugs und zudem eine festgelegte Blickrichtung vor, so erhält man zu jeder Blickrichtungsvorgabe der Realität entsprechende Augpunktlagen. Diese können dann wiederum für eine vollautomatische Vermessung eines Fahrzeugs durch *ARGUS* herangezogen werden. Somit lassen sich für beliebig zu definierende „Personen“ Augpunktlagen beim Rundumblick bereit stellen.

Wie schon erwähnt ist für eine realistische Haltungsprognose, neben den (Körper-)Daten der Versuchspersonen, unbedingt das Fahrzeug mit zu berücksichtigen. Um dies tun zu können, werden dem Berechnungsprogramm bestimmte Stützpunkte der Fahrzeuggeometrie mitgeteilt, die mit Hilfe einer 3-D-Koordinatenmessmaschine (Abb. 5) von jedem beliebigen Fahrzeug abgenommen werden können.



**Abb. 5:** Vermessung eines Fahrzeugsitzes mit einer 3-D-Koordinatenmessmaschine

Diese Packageometrie wird von dem jeweiligen *RAMSIS*-Typ bei der Erstellung seines Umblickverhaltens berücksichtigt.

Die Kamera simuliert - gesteuert durch den Roboter - die vorgegebene Blickrichtung und fährt den jeweils zugehörigen Augpunkt an. Eine spezielle Steuerungssoftware führt sie an den Scheibenkanten entlang, wobei bei jedem Folgeschritt eine neue Blickrichtung und Augpunktlage eingenommen wird. Das Ergebnis ist ein Vektorfeld der Blickrichtungen, die die freie Sicht des Fahrers bei einem 360°-Umblick innerhalb seines Fahrzeugs einschließen. Diese werden abgelegt und können mit Hilfe des Systems auf verschiedene Weise analysiert und beurteilt werden (Abb. 7).



Abb. 6: Messroboter im Fahrzeug montiert.

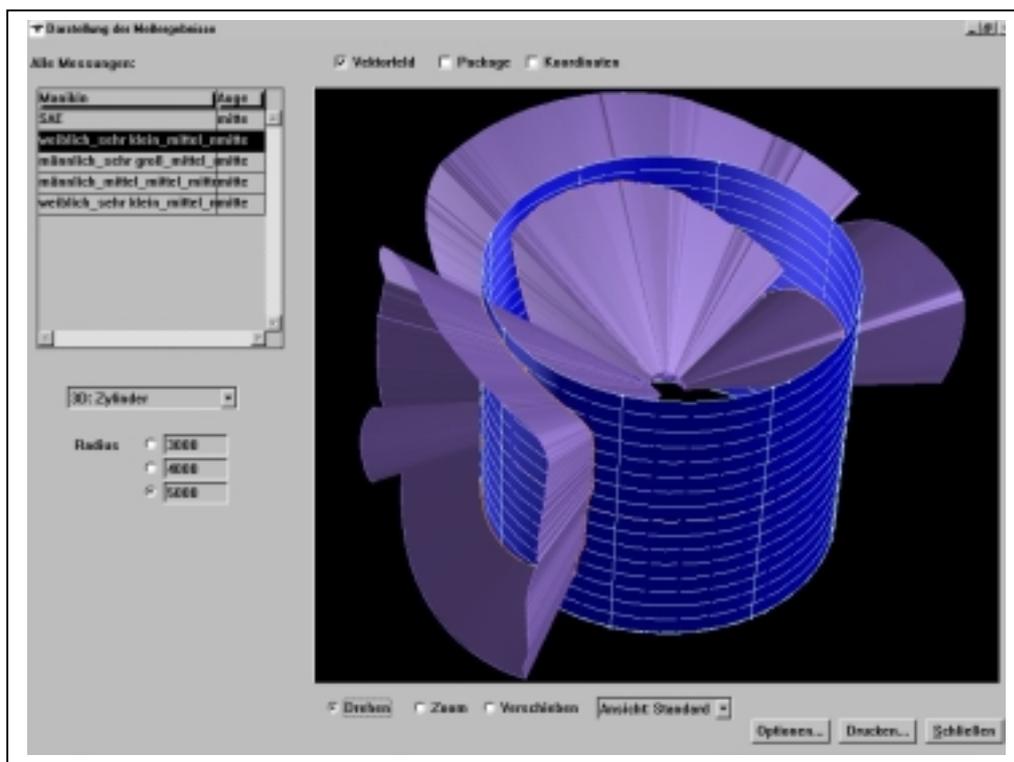


Abb. 7: Mögliches Ergebnis einer Sichtvermessung mit ARGUS. Zu sehen sind dreidimensionale Strahlengänge des Fahrers durch die Fensterflächen des Fahrzeugs. Diese Strahlengänge können in beliebiger Weise weiter verarbeitet werden.

Mit dem Analysesystem *ARGUS* ist es damit erstmals möglich, einen Überblick über die Sichtverhältnisse verschiedener Personengruppen in einem Fahrzeug so zu erhalten, wie diese sich auch in der Realität für jede Einzelperson darstellen würden. Dies stellt die Grundlage für die Beseitigung von Missständen hinsichtlich der Außensichtverhältnisse dar, da erstmals z. B. die Sicht eines sehr großen Mannes direkt mit den Sichtverhältnissen einer sehr kleinen Frau verglichen werden kann.

Natürlich hängt die Qualität der Messung entscheidend von den Daten ab, die *RAMSIS* liefert. Daher wird am *Lehrstuhl für Ergonomie* - gerade in der Arbeitsgruppe *Anthropometry and Human Modeling* - sehr stark an der Verbesserung des Menschmodells gearbeitet. Gerade im Zusammenhang mit dem hier kurz aufgezeigten Projekt der Sichtvermessung in Fahrzeugen werden zur Zeit Versuche durchgeführt, die sich mit Extremalhaltungen beim Autofahren beschäftigen. Ziel ist das *ARGUS*-Messsystem, welches gerade erfolgreich die letzten Probeläufe absolviert hat, für bestimmte Haltungsbereiche zu verbessern.

**Anschrift des Autors:**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Ergonomie  
*Human Modeling*  
Botzmannstraße 15  
85747 Garching