

Bewertungstool zur Sichtanalyse unter Beachtung verbindlicher Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz für das Menschmodell ICIDO-ErgonomiX

Christiane Kamusella und Martin Schmauder

Schlüsselwörter: Ergonomiewerkzeuge, Menschmodelle, Produktentwicklungsprozess, Maschinensicherheit, optische Anzeigesysteme

Zusammenfassung

Digitale Menschmodelle als Ergonomiewerkzeuge besitzen vielseitige Funktionalitäten für differenzierte Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Der Fachingenieur hat für ergonomische Problemlösungsprozesse verschiedene Erkenntnisquellen, insbesondere aber das Vorschriften- und Regelwerk zu beachten. Für den Bereich des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes hat er verbindliche Sicherheits- und Gesundheits- sowie normative ergonomische Anforderungen zu erfüllen, die eine Voraussetzung für das Inverkehrbringen von Maschinen, Anlagen etc. bilden. Die Frage steht, wie künftig stärker Nutzer mit geringem ergonomischen Spezialwissen dabei Unterstützung erhalten können. Für das an der Professur genutzte anthropometrische Menschmodell ICIDO-ErgonomiX werden Umsetzungsstrategien für Analyse- und Bewertungstools am Beispiel des Ergonomietools „Sichtanforderungen“ vorgestellt. Die Modellstruktur des Menschmodells erlaubt eine Anbindung eigener Ergonomietools. Die Aufbereitung von Einzelerkenntnissen aus den für die Thematik relevanten Ergonomienormen erfolgt in einem Stufenmodell. Möglichkeiten der rechentechnischen Umsetzung sowie Ergebnisansätze für optische Anzeigesysteme werden vorgestellt.

Abstract

Digital man models as ergonomics tools serve many functions in the fulfillment of different research and development tasks. The design engineer has various sources of information, most importantly the rules and regulations, that he can fall back on when solving ergonomics problems. In regard to the Device and Product Safety Act [Geräte- und Produktsicherheitsgesetz], the engineer has to fulfil binding safety and health requirements and also normative ergonomic requirements that form the basis for machines, plants etc. to be placed on the market. The question is how users with little specialised ergonomics knowledge can be better supported in the future. Implementation strategies for analytical and assessment tools for the anthropometric man model ICIDO-ErgonomiX, which is used at our professorial chair, are presented using the example of the ergonomics tool ‘visual requirements’. The model structure of the man model allows the integration of individual ergonomics tools. The implementation of individual aspects from relevant ergonomics rules and regulations can be carried out in a step-model. The paper presents possible computer implementations and proposals for optical display systems.

Stufenmodell für die Umsetzung ergonomischer Aspekte in Analyse- und Bewertungsmodulen digitaler Menschmodelle

Ergonomische Anforderungen sind ein wesentlicher Bestandteil im Gestaltungsprozess. Sie lassen sich generell aus dem Stand der Technik und aus den allgemein anerkannten Regeln der Technik ableiten. Für Produkte können harmonisierte Normen der Normenverzeichnisse des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes zur Ermittlung des Standes der Technik herangezogen werden. Die Beachtung normativer Vorgaben wird für die Maschinenergonomie explizit in

Rechtsverordnungen gefordert. Für die Aufbereitung ergonomischer Einzelerkenntnisse aus diesen verschiedenen Erkenntnisquellen wurde für den Bereich der Maschinenergonomie ein Stufenmodell entwickelt (s. Abb. 1):

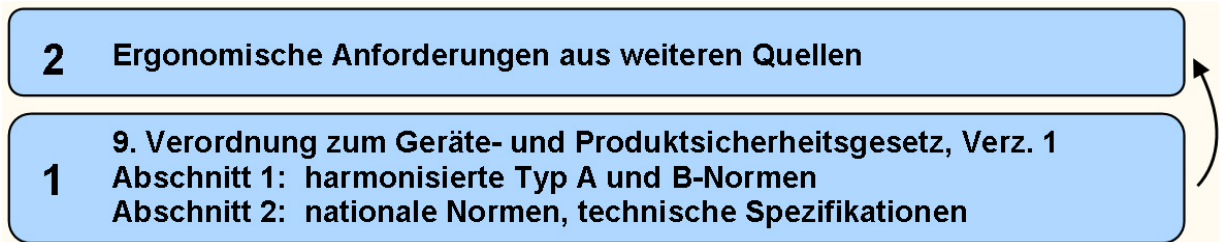


Abb.1: Stufenmodell für die Umsetzung ergonomischer Aspekte für den Bereich der Maschinenergonomie

In Stufe 1 wurden zunächst produktübergreifend ergonomierelevante Inhalte harmonisierter Typ A und B Normen (Grund- und Produktnormen) als einzuhaltende Mindestforderungen aufbereitet. Dazu wurde Abschnitt 1 des Normenverzeichnisses der Maschinenverordnung herangezogen. Sofern keine harmonisierten Normen vorliegen, können die als hilfreich und wichtig erachteten nationalen Normen und technischen Spezifikationen des Abschnitts 2 des Normenverzeichnisses genutzt werden.

In Stufe 2 wurden ergonomische Anforderungen aus weiteren Quellen (z. B. staatliches Vorschriften- und Regelwerk, Regelwerk der Unfallversicherungsträger, gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, Fachliteratur u. a.) herangezogen.

Für das entwickelte Ergonomietool „Sichtanforderungen“ wurden ergonomierelevante Inhalte nach diesem Stufenmodell recherchiert, systematisiert und Kenngrößen für die Auslegung optisch wahrnehmbarer Anzeigen für die Nutzung mit dem Menschmodell ICIDO-ErgonomiX aufbereitet. Anzeigeeinrichtungen werden u. a. in Anlagen, Mess- und Bildschirmgeräten, Instrumententafeln, Steuer- und Überwachungskonsolen eingesetzt. Die Sehbedingungen daran sowie die Darstellung der Informationen beeinflussen Arbeitsleistung und Wohlbefinden der Nutzer. Für die prospektive Auslegung von Komponenten und zur Bewertung vorhandener Lösungen wird die systematisierte Erfüllung ergonomischer Anforderungen unterstützt.

Programmmodul „Sichtanforderungen“ für ICIDO-ErgonomiX

Von den in Form von Leitsätzen, Merkmalsaussagen und Vorgehensweisen vorliegenden ergonomischen Anforderungen wurden im Ergonomietool nutzer- und produktorientierte Parameter zur Ausführung von Analog- und Digitalanzeigen betrachtet und jeweils mit Merkmalen nach Stufe 1 und Stufe 2 hinterlegt. Die entwickelten prototypischen Programmmodule lassen eine Berechnung und Darstellung von Bildzeichen, alphanumerischen Elementen und analogen Skalen mit Einer-, Zweier- und Fünfterteilung auf einer etwa 10 Zoll großen Anzeigefläche zu. Für das Bildzeichen wurde eine quadratische Form wegen des in vertikaler und horizontaler Richtung gleichen Auflösungsvermögens des Auges vorgegeben. Als alphanumerisches Element wurde ein L verwendet, um spezifische weitere Parameter abzubilden, die analoge Skale ist eine Linearskale. Diese Zeichen werden in Abhängigkeit vom Sehabstand des Menschmodells zur Anzeigefläche mit optimalen und zulässigen Parametern erzeugt. Unter Beachtung der Entfernung und Ausrichtung einer Anzeigefläche zum Auge werden altersabhängiger minimaler und ermüdungsfreier Nahpunkt für verschiedene Nutzer, Sehschärfeveränderungen sowie Betrachtungswinkel bestimmt und gewertet. Sehfelder können in einer Szene eingeblendet werden. Eine Anzeigefläche ist mit der Augenkamera von ICIDO-ErgonomiX verbunden und steuert gleichzeitig die Kopfbewegung. Position und Rotation der Anzeigefläche in Bezug zum ErgonomiX-Auge können über Transformationsregler oder über direkte Werteeingaben im

User-Interface des Programmmoduls beeinflusst werden. Berechnungsergebnisse zu den Anzeigeparametern und weitere ergonomische Bewertungen werden in Rollouts und Message-Boxen ausgegeben (s. Abb. 2).

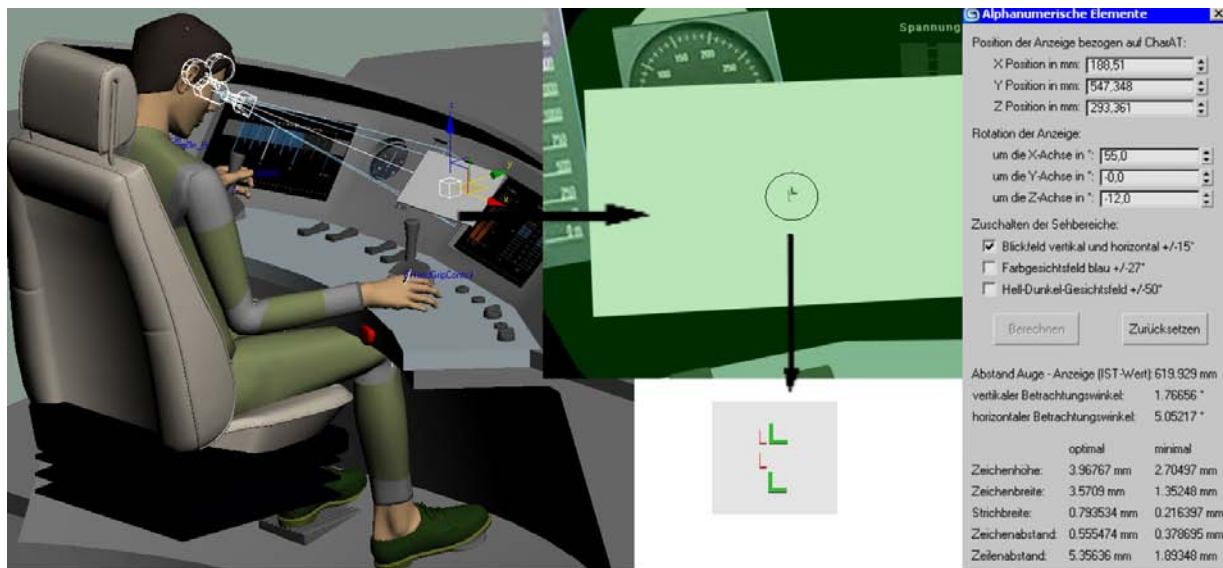


Abb.2: Anzeigeparameter am Beispiel „alphanumerisches Element“

Für den Sehabstand werden Richtwerte in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen der Sehaufgabe empfohlen. So wird zwischen Entdeckungs- und Erkennungsaufgaben unterschieden. Der Sehwinkel als der Winkel, dessen Scheitel am ErgonomiX-Auge liegt und dessen Schenkel das Sehobjekt auf der Anzeigefläche einschließen, beeinflusst die Zeichengröße. Unter Nutzung empfohlener und gerade noch geeigneter Sehwinkelwerte werden Zeichenhöhen in Abhängigkeit vom Sehabstand quantitativ im User-Interface und grafisch in der Szene ausgegeben.

Die Sehachse sollte bei Blick auf eine Sehfläche dem Verlauf der Flächennormalen entsprechen. Bei schräger Aufsicht, die zu Parallaxenfehlern und Verzerrungen der Sehzeichen führt, sind in Abhängigkeit von der Höhe der visuellen Qualitätsbewertung innerhalb einer Sehaufgabe zulässige Grenzabweichungen für horizontale und vertikale Betrachtungswinkel zu beachten. Werden diese durch die Ausrichtung der Anzeigefläche zur ErgonomiX-Sehachse überschritten, erscheint eine Meldung in einer Message-Box.

Von der Fähigkeit des menschlichen Auges, auf unterschiedliche Sehabstände fokussieren zu können (Akkommodation), wird im Programmmodul die Nahakkommodation einbezogen. Über eine Berechnung des altersabhängigen Akkommodationsnahpunktes bis zu einem berücksichtigten Lebensalter, bei dem gerade noch keine Brille vorausgesetzt werden kann (ca. bis 50 Jahre), erfolgt bei interaktiver Platzierung einer Sehfläche vor dem ErgonomiX-Auge eine Bewertung des Sehabstandes nach zwei Kriterien. Passiert das Sehobjekt die alterabhängigen Grenzen der Gebrauchsakkommodation, bei der eine bequeme Scharfstellung der Linse ermüdungsfrei und über längere Zeit gewährleistet ist, erscheint ein Hinweis mit Angabe der aktuellen Gegenstandsweite. Die Unterschreitung des kürzesten Sehabstandes für die altersabhängige maximal mögliche Brechkraftänderung, bei der scharfes Sehen gerade noch und nur temporär möglich ist, löst eine entsprechende Warnmeldung aus.

Eine Reduzierung der minimalen Gegenstandsweite führt zur Defokussierung des Sehobjekts. Diese durch zunehmende Defokussierung verminderte Sehschärfe wird für zwei praxisrelevante Visusgrenzwerte berechnet und in einer Message Box ausgegeben.

Realisiert wurde weiterhin die Simulation einer schzielgesteuerten gegensinnigen Augenbewegung. Bei sehentfernungsabhängiger Fokussierung eines Sehobjekts werden die Augenachsen

von ErgonomiX entsprechend ausgerichtet (fusionale Vergenz), was für die Darstellung monokularer Sicht und Sehfelder von Bedeutung ist. Für das Anvisieren von Sehobjekten kann der Sehstrahl derart sehzielgesteuert werden, dass dabei Auge, Kopf und Körper von ErgonomiX in ihrer Motorik innerhalb einzustellender Komfortbereiche nacheinander einsetzen. Damit wird der Annahme Rechnung getragen, dass die Körpersegmente nicht alle gleichzeitig in eine Bewegung einbezogen werden, sondern erst nach Überschreitung ihrer elastischen Muskelspannungsgrenze (s. Abb. 3):

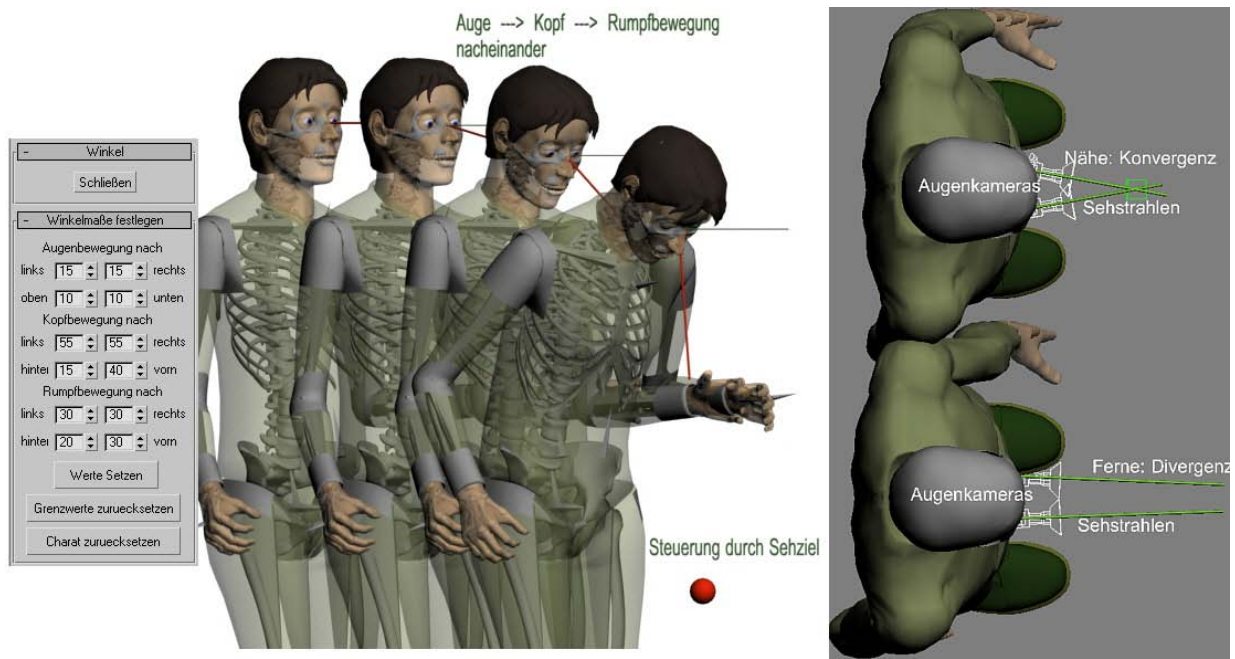


Abb.3: Auge-Kopf-Körper-Motorik bei Sehzielfixierung (links) und gegensinnige Augenbewegung von ErgonomiX (rechts)

Künftig sollen die zunächst vorliegenden Lösungsansätze optimiert und erweitert werden. Darüber hinaus ist angedacht, weitere Ergonomieaspekte auf Integration in ICIDO-ErgonomiX zu prüfen und entsprechend weitere Programmmodule zu schaffen.