

This can be done by generating geometry from photos or the recording of machine movements. Another example of geometric reconstruction is the use of a laser scanner to automatically calculate the distances of a digital car chassis and the production facilities. This allows a fast detection of critical areas in the factory for the integration of new products with new dimensions. A different difficulty in the field of the acceptance of the construction work is the large work areas. The size of current factory sites put a pressure on precise tracking even in large spaces. Daimler and Volkswagen developed and tested the appropriate systems based on laser tracker. By enhancing the visualisation techniques for large datasets Daimler was able to improve the visual quality of current AR factory presentations.

4.1 Visuelle Absicherung

Unter visueller Absicherung versteht man die virtuelle Darstellung von Produktdaten mit dem Ziel, Entscheidungen anhand dieser Darstellung zu treffen. Hierdurch werden physische Aufbauten vermieden. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei der notwendige Realismus, um getroffene Entscheidungen auf die Realität übertragen zu können. In den vergangenen Jahren konnte die visuelle Absicherung von Produktdaten in den größeren Unternehmen etabliert werden.

Im Rahmen des AVILUS-Projektes verfolgten EADS Innovation Works und Volkswagen das gemeinsame Ziel, den Realismus der virtuellen Darstellung für Flugzeugkabinen und Fahrzeuginnenräume zu verbessern. In den Kapiteln 4.1.1 und 4.1.2 sind die dafür aufgebauten Szenarien beschrieben.

4.1.1 Realistische Berechnung und Darstellung von Spiegelungen (Volkswagen)

Im Rahmen der Fahrzeugentwicklung werden in der frühen Phase wesentliche Entscheidungen anhand von digitalen Darstellungen getroffen. Dies bezieht sich sowohl auf die Darstellung des gesamten Fahrzeuges als auch auf Teilaspekte. Wichtig für den Entscheidungsprozess ist eine verlässliche Darstellung. Innerhalb dieses Szenarios lag der Fokus auf der Darstellung von Spiegelungen in Fahrzeugscheiben. Diese können in der Frontscheibe entstehen, wenn z. B. farbige Cockpitteile vorhanden sind. Wesentlich häufiger sind jedoch Spiegelungen in Seitenscheiben z. B. durch leuchtende Bedienteile. Hierbei muss vermieden werden, dass diese Spiegelungen in Bereichen des Außenspiegels auftreten.

Im Rahmen des Projektes sollte der Realismus virtueller Spiegelungsberechnungen gesteigert werden. Schon heute bieten Ray-Tracing-Technologien die Möglichkeit, Spiegelungen zu berechnen. Wichtig dabei ist eine hohe Verlässlichkeit der Berechnung hinsichtlich des Ortes. Ein weiterer Aspekt, der im Fokus stand, war die Intensität der Spiegelung und im Besonderen die Wahrnehmung der

Spiegelung für den Fahrer. Aus diesem Grund wurden auch wahrnehmungspsychologische Fragestellungen beantwortet.

Erforderliche Technologien

Die Ray-Tracing-Technologie bietet die Möglichkeit, Spiegelungen hinsichtlich des Ortes zu berechnen. Für eine korrekte Darstellung der Intensität war eine herkömmliche Berechnung der Farben anhand von RGB-Werten nicht ausreichend. Hierzu wurden Verfahren des spektralen Renderings entwickelt (s. Kap. 3.2), die eine konsistente Berechnung von Farben und Beleuchtungsstärken sicherstellen. Für eine realistische Berechnung der Gesamtszene sind realistische Eingangswerte notwendig. Hierzu wurden Verfahren zur Vermessung von Materialien entwickelt und vermessene Lichtquellen in der Simulation genutzt. Am Ende der Prozesskette stand ein Monitor, der lediglich über RGB-Werte angesteuert werden konnte. Aus diesem Grund musste zum einen der Monitor hinsichtlich seiner Farbwiedergabe vermessen und kalibriert werden und zum anderen musste eine Übertragungsfunktion Spektral - RGB existieren. Hierzu wurde ein entsprechender Tonemapper entwickelt, der eine korrekte menschliche Wahrnehmung der berechneten Szene sicherstellt.

Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes konnten verschiedene Ray-Tracing-Verfahren kommerziell verfügbarer Produkte hinsichtlich der Ortsgenauigkeit von Spiegelungsrechnungen überprüft werden. Hierzu wurde ein spezielles Messverfahren entwickelt. Zur Ermittlung des Einflusses der menschlichen Wahrnehmung wurden Probandenversuche durchgeführt, die belegten, dass sowohl Kontrast als auch Farbe einen Einfluss auf die Wahrnehmung von Spiegelungen haben. Zur korrekten Berechnung konnten entsprechende spektrale Rendering-Verfahren entwickelt und in Szenen erprobt werden. Dafür wurden auch verschiedene Möglichkeiten der Materialvermessung ermittelt und bewertet. Für die Darstellung der Simulationsergebnisse wurde ein High-Dynamic-Range-Monitor genutzt. Dieser ist in der Lage, sehr große Helligkeiten und Kontraste wiederzugeben, so dass bei einer hellen Gesamtszene auch in den dunklen Bereichen noch Details erkennbar sind.

4.1.2 Visuelle Anmutung von Flugzeugkabinen und Sichtbarkeitsuntersuchungen im Flugzeugcockpit (EADS)

Die visuelle Produktabstimmung in der Luftfahrtindustrie kann in zwei Bereiche unterteilt werden, die von zwei unterschiedlichen Anwendergruppen getrieben werden, aber eine gemeinsame Technologiebasis benötigen.

Bei der Gestaltung von Flugzeugkabinen, also dem Passagierbereich eines Luftfahrzeuges, wird besonderer Wert auf ästhetische Gestaltung, funktionales Design und Vermittlung der Markenidentität einer Fluggesellschaft gelegt. Obwohl Flugzeugkabinen sich häufig vom Grundaufbau her ähneln, möchte die

Fluggesellschaft den Passagieren eine charakteristische, Airline-spezifische Kabine präsentieren, die sie als Alleinstellungsmerkmal auf dem Markt identifiziert.

Da solche Kabinenmerkmale bereits in einem frühen Stadium mit dem Kunden abgestimmt werden müssen, ist es notwendig, diese ästhetischen Gestaltungsmerkmale, wie etwa Materialien, Farben, Licht oder spezielle Monumente, bereits am virtuellen Prototypen bewerten zu können.

Richtet man seine Aufmerksamkeit fort von der Kabine, hin zum Arbeitsplatz des Piloten, so trifft man auf andere Fragestellungen. Hier geht es beispielsweise um die Lesbarkeit von Displayinhalten unter verschiedenen Umgebungslichtbedingungen oder das winkelabhängige Abstrahlverhalten von Displays und den daraus resultierenden Reflektionen in Cockpitfenstern. Diese Aspekte können unter bestimmten Sichtbedingungen zu kritischen Faktoren werden und im Zweifelsfall über Leben- und Tod entscheiden. Eine optimale Auslegung solcher komplexer Systeme ist daher das Ziel ständiger Entwicklungen.

Um diese Aufgaben erfüllen zu können, war ein Rendering-System gefordert, das eine vertrauenswürdige Aussage über die visuellen Eigenschaften eines virtuellen Produktes ermöglicht. Hierbei war zu beachten, dass die visuellen Eigenschaften über das subjektiv empfundene Aussehen hinausgehen. Hier waren physikalische Parameter wie Leuchtdichte und das Farbspektrum gefragt. Das bloße Generieren von fotorealistischen Bildern, wie sie aus der Unterhaltungsindustrie bekannt sind, ist in diesem Fall nicht ausreichend. Selbstverständlich konnte der begrenzte Helligkeits- und Farbraum eines herkömmlichen Monitors nicht alle Leuchtdichten und Spektren darstellen, die in der Realität vorkommen. Eine numerische Berechnung dieser Werte war jedoch möglich und sollte eine näherungsweise oder symbolhafte Darstellung zulassen.

Ein solches Rendering-System muss auch einen vollständig spektralen Arbeitsprozess aufweisen, der Materialien und Lichtquellen spektral erfasst und als Grundlage für eine globale Beleuchtungsberechnung verwendet. Diese Lichtsimulation darf nicht mehr in den üblichen drei Primärvalenzen ROT, GRÜN und BLAU rechnen, sondern muss vollkommen spektral operieren. Das Resultat sollte zwangsläufig wieder in den RGB-Farbraum des Ausgabemediums umgerechnet werden können. Jedoch sollte das Ausgabegerät ebenso spektral vermessen sein, so dass eine Ausgleichskalibrierung vorgenommen werden kann, um eine exakte Reproduktion der Helligkeiten und Farben auf dem Ausgabemedium zu erreichen.

Für die Beschreibung von Lichtquellen sollten übliche Dateiformate wie das IES-Format¹ eingesetzt werden, das die Abstrahlcharakteristik von Leuchten beinhaltet. Ein ähnliches Dateiformat sollte für die Beschreibung von Displays Verwendung finden, um die bereits Eingangs erwähnten Abstrahlcharakteristiken zu erfassen.

¹ Standard File Format for Electronic Transfer of Photometric Data and Related Information, Illuminating Engineering Society, 2002, ISBN: 978-0-87995-178-8

Ergebnisse

Die Technologielieferanten (Universität Koblenz-Landau / ICIDO) entwickelten im Rahmen von AVILUS einen spektralen Renderer, der in eine durchgehend spektrale Kalibrier- und Berechnungskette eingebettet ist. Um das entwickelte System zu validieren, wurde ein Würfel („Koblenz-Box“, Abb. 4.1) gebaut und auf das EADS-Szenario angepasst. So ist an der Oberseite, in einer Öffnung, ein Monitor liegend angebracht. Dieser Monitor ist spektral vermessen und dient als definierte Lichtquelle. Die Vorderseite der Box ist ebenfalls geöffnet und ermöglicht einen Blick in das Innere. Die Wände der Box sind mit einem weiß-matten Papier beklebt, dessen spektrale Eigenschaften mit einem Messgerät erfasst wurden. In der Box steht das maßstabsgetreue Modell einer Flugzeug-Bordküche, das in CAD erzeugt und anschließend mit Stereo-Lithografie realisiert wurde. Das Modell ist mit einem RAL7035 „Lichtgrau“-Farbton lackiert. In und neben der Box befinden sich Quader, die mit farbigen, matten Papieren beklebt sind, um farbige Reflektionen zu erzeugen. Alle Objekte wurden spektral vermessen und liegen als CAD-Geometrie vor. Die Szene wurde mit den Systemen der Technologielieferanten spektral gerendert und auf einem Monitor ausgegeben, der direkt neben der Box stand. Dieser Monitor war ebenfalls spektral vermessen und somit das letzte Glied der Kalibrierkette. Um die Vertrauenswürdigkeit dieses Aufbaus zu validieren, wurde mit einem Spektralradiometer und einem Leuchtdichtemessgerät die Monitorausgabe mit dem realen Modell verglichen. Dabei war zu beachten, dass die virtuelle Kamera der Simulation exakt die gleichen Parameter aufweisen musste wie ein realer Beobachter, der in die Box blickt. Die messtechnischen Ergebnisse von zwölf Messpunkten in der Szene wiesen einen durchschnittlichen ΔE -Wert² von etwa 0,8 auf, was bedeutet, dass ein ungeschulter Beobachter keinen Farbunterschied wahrnehmen wird. Um diese objektiven Messergebnisse mit subjektiven Untersuchungen abzugleichen, stellte das Institut für Arbeitswissenschaften der RWTH Aachen eine Probandenstudie an, deren Ergebnisse die Resultate der Messungen untermauerten.

Mit dem Werkzeug „Koblenz-Box“ ist man nun in der Lage, beim Beobachter eine Vertrauensgrundlage zu schaffen, in dem man ihn den Vergleich zwischen Realität und Simulation selbst anstellen ließ. Ein geschultes Auge wird minimale Unterschiede feststellen können und somit unterbewusst ein mentales Modell der Ungenauigkeit erzeugen. Der Beobachter weiß nun, in welchen realen Kontext das virtuelle Produkt zu setzen ist. Stellt man in die virtuelle Box nur noch virtuelle Produkte, so kann der Beobachter dieses mentale Modell auf beliebige Produkte anwenden und bekommt somit eine objektiv-messbare und subjektiv-vertrauensvolle Darstellung eines virtuellen Produktes.

Im weiteren Verlauf wurde das Verfahren auf das Cockpit-Szenario ausgedehnt und die Simulation von Displays mit unterschiedlichen Abstrahlcharakteristiken angestoßen. Auf diese Weise konnte eindrucksvoll demonstriert werden, welchen Einfluss die jeweilige Abstrahlcharakteristik auf die Reflektionen in der Cockpit-Haube hat (Abb. 4.2). Es entstand ein Werkzeug, mit dem zukünftige Flugzeug-

² DIN 5033 Teil 2

cockpits hinsichtlich dieser Eigenschaften optimiert werden können. An Stellen, an denen Leuchtdichte und Farbraum der Simulation die Kapazitäten des Ausgabemediums überstiegen, wurde das Bild farblich markiert und signalisierte dem Benutzer die Grenzen des Systems, was wiederum das Vertrauen in die Ausgabe steigerte.

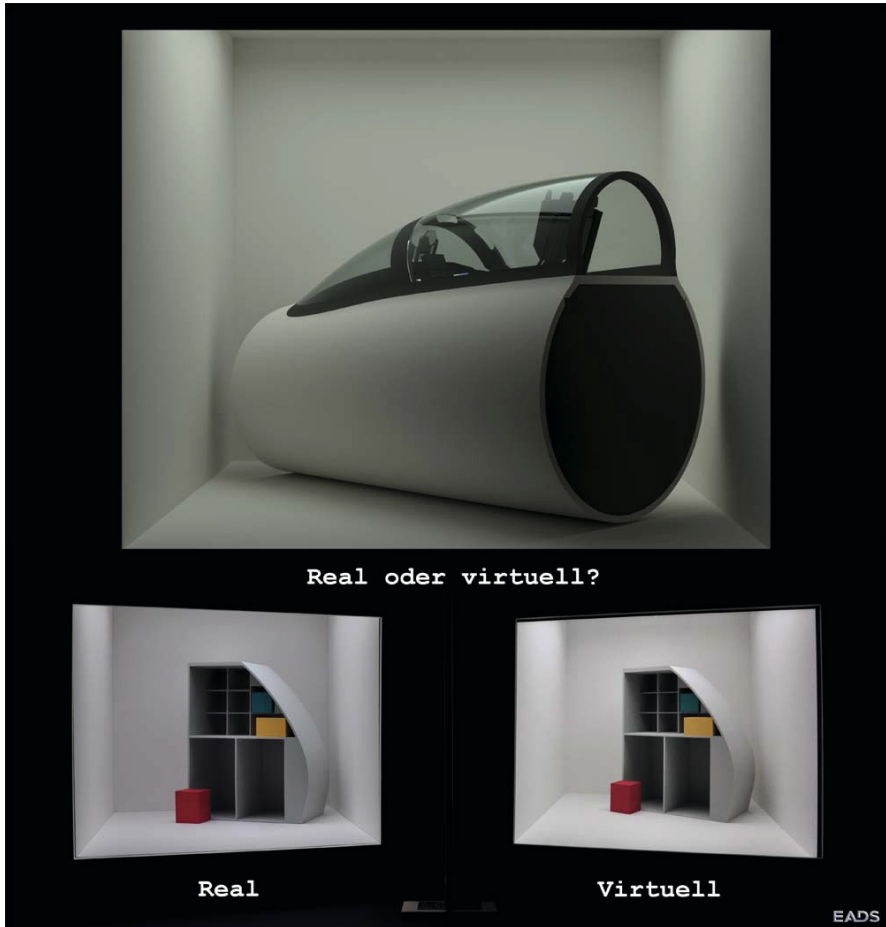


Abb. 4.1: Koblenz-Box mit realer (links) und virtueller (rechts) Bordküche

Im letzten Schritt konnten nun auch die Displayinhalte mit einer von EADS Innovation Works entwickelten Lesbarkeitssimulation in Echtzeit untersucht werden. Symbolgrößen, Kontraste und Beobachterparameter konnten in dieser Simulation zu einem Lesbarkeitsindex zusammengefasst werden und Cockpitentwickler können damit nun eine objektive Aussage über die Qualität von Displayinhalten abgeben.



Abb. 4.2: Virtuelles Cockpit mit Displayreflektionen im Glas

4.2 Funktionale Absicherung

Als funktionale Absicherung bezeichnet man die rein virtuelle Abbildung eines Produktes, dessen Funktionalität in einer für den Benutzer als natürlich empfundenen Form zur Verfügung steht. Der Benutzer steht dabei im Mittelpunkt und soll möglichst keinen Unterschied zwischen einem realen und einem virtuellen Modell wahrnehmen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind unterschiedlichste Technologien miteinander zu kombinieren.

Grundlegend ist die Funktion eines Produktes technisch abzubilden, d. h. ein virtueller Schalter sollte sich auch in einer immersiven Umgebung so verhalten wie ein realer Schalter und entsprechend eine Funktion auslösen sowie deren Zustand auf einem Informationsdisplay darstellen. Damit der Benutzer dies in einer virtuellen Umgebung ohne Anlernphase tun kann, sollte etwa mit Hilfe der Erfassung seiner Körperposition und seiner Finger ein intuitives Bedienen sichergestellt sein. Das virtuelle Produkt muss sich dabei realistisch verhalten, d. h. das Drücken eines Knopfes wird ausgelöst, wenn der Benutzer diesen mit seinem Finger entsprechend betätigt. Ebenso sollten alle Objekte in der virtuellen Welt ein physikalisch plausibles Verhalten aufweisen, etwa eine Tür sich entsprechend ihrer Aufhängung und Gelenke drehen oder ein Gegenstand mit seiner Umwelt realistisch kollidieren. Um die eigentliche Funktion des Produktes abzubilden, ist es zusätzlich notwendig, das Systemverhalten zu integrieren, etwa mit Hilfe komplexer Systemmodelle, die das Verhalten beschreiben. Für solch ein komplexes Verhal-

ten ist es notwendig, unterschiedlichste Simulationsverfahren in Echtzeit miteinander zu kombinieren.

Mit den Szenarien der beteiligten Partner Volkswagen und EADS wurde angestrebt, die Funktion eines Produktes zu evaluieren. Etwa um im Bereich des Trainings komplexe Zusammenhänge zu erläutern, diese am virtuellen Modell zu erlernen oder in der Vorentwicklung die Bedienbarkeit eines Produktes sicherzustellen.

4.2.1 Prozessmodellierung zur Untersuchung von Mensch-Maschine-Schnittstellen im virtuellen Flugzeugcockpit (EADS)

Technologische Weiterentwicklungen zur Erhöhung von Sicherheit und Effizienz beeinflussen maßgeblich die Anforderungen an die Mensch-Maschinen-Schnittstellen im modernen Flugzeugcockpit (s. Abb. 4.3).



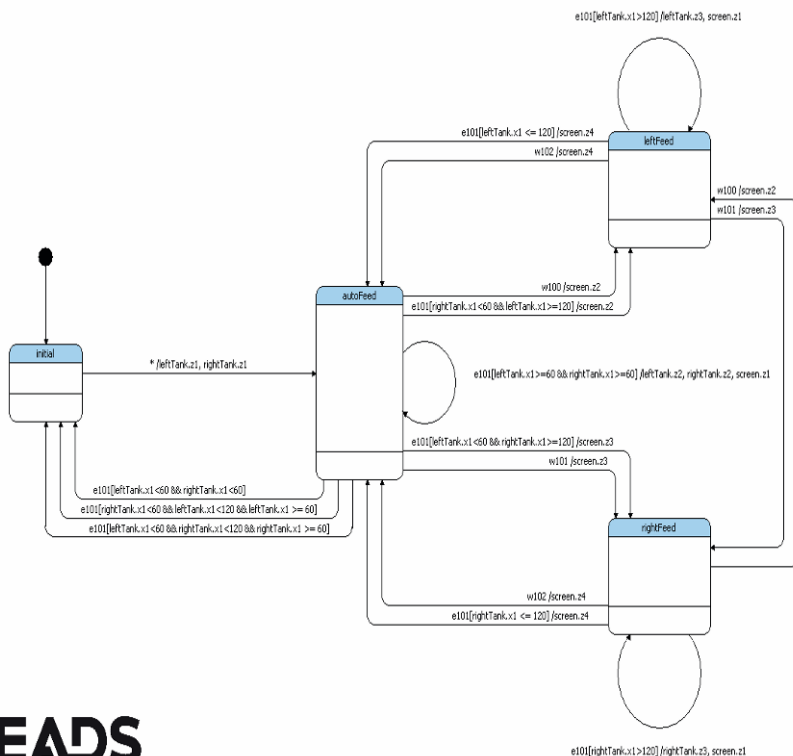
Abb. 4.3: Funktionale Absicherung eines virtuellen Flugzeugcockpits

Hierzu werden aufwändige Untersuchungen und Befragungen an physikalischen Experimentalcockpits durchgeführt. Gegenstand ist dabei insbesondere das Überprüfen und Absichern der folgenden Aspekte:

- I. Lesbarkeit von Anzeigehalten
- II. Erreichbarkeit von Bedienelementen
- III. komplexe Arbeitsabläufe und Funktionsabhängigkeiten.

Inhalt des hier vorgestellten Szenarios war es, die immersive Untersuchung und Bewertung von Funktion und menschenzentrierter Interaktion an einem Flugzeugcockpit zu ermöglichen. Dies verringert den Einsatz kostenintensiver Testaufbau-

ten und erlaubt es, frühzeitig im Produktentstehungszyklus das Systemverhalten und die ergonomischen Eigenschaften einer innovativen und komplexen Mensch-Maschine-Schnittstelle zu evaluieren.



EADS

Abb. 4.4: Einfache Simulation eines Fuel-Systems

Für eine frühzeitige funktionale Absicherung im Entwicklungsprozess war eine Erweiterung des virtuellen Cockpits um funktionale Aspekte aus den Domänen Mechanik, Elektronik und Software zwingend erforderlich. Vor Abschluss des AVILUS-Projektes mussten alle funktionalen Aspekte eines Produktes explizit für die Virtuelle Realität manuell aufbereitet werden. Dies behinderte eine einfache und schnelle Nutzung des virtuellen Modells zur Validierung seiner Funktionalität.

Daher lag der Schwerpunkt auf der Integration von verfügbaren funktionalen Simulationen bzw. der Übernahme von funktionalen Abhängigkeiten in eine Virtuelle Realität. Besonders wichtig war hierbei eine vollständige Abbildung von Bedienlogiken und Systemverhalten auf die entsprechenden virtuellen Benutzerschnittstellen, wie zum Beispiel (i) Knöpfe, Schalter und diverse Regler, (ii) An-

zeigeelemente oder (iii) komplexe Steuerungskonzepte wie beispielsweise HOTAS (Hands on Throttle and Stick).

Erforderliche Technologien

Eine Reihe von Technologien war zur Umsetzung des Szenarios erforderlich. Die Cockpitgeometrien mussten aus den Konstruktionsdaten abgeleitet, in das Visualisierungssystem geladen und in Echtzeit immersiv dargestellt werden. Die Position des Benutzers, insbesondere seiner Hände, sollte zuverlässig und in Echtzeit erfasst werden. Bedienelemente des Cockpits mussten von einem Benutzer durch natürliche Interaktionen manipuliert werden können. Für die Umsetzung von natürlich interagierbaren Cockpitenelementen war eine einfache Beschreibung und plausible Simulation von kinematischen Ketten unerlässlich. Des Weiteren mussten externe Simulatoren durch Benutzeraktionen gesteuert und entsprechende Simulationsergebnisse in der Virtuellen Realität abgebildet werden können.

Ergebnisse

EADS Innovation Works entwickelte im Rahmen des AVILUS-Projektes ein Software-Framework, ein Software-Modul und eine Methodik zur Entwicklung, Ausführung und Untersuchung von funktionalen, immersiv erlebbaren virtuellen Prototypen. Grundlagen dieser Ergebnisse waren (i) die durchgängig dienstbasierte Kopplung von Produktgeometrien und domänenspezifischen Simulatoren an eine offene kommunikationsorientierte Zwischenanwendung, sowie (ii) dienstbasierte Prozessmodellierungstechniken zur Koordination und Synchronisation von Simulatoren und Produktgeometrien.

Zum Nachweis der Gesamtfunktionalität wurde im Rahmen des AVILUS-Projektes daran gearbeitet, detaillierte Arbeitsabläufe, so genannte Procedures, abzubilden (s. Abb. 4.4). Dafür wurde ein immersiv erlebbares, funktionales und intuitiv bedienbares Flugzeugcockpit modelliert und an die Systemmodelle angebunden.

4.2.2 Funktionale Beurteilung von virtuellen Fahrzeuginterieurs (Volkswagen)

Im Produktentstehungsprozess der Automobilindustrie werden verstärkt von Konstruktionsdaten abgeleitete virtuelle Modelle für die Absicherung der Fahrzeugentwicklung herangezogen. Während die rein visuelle Beurteilung von virtuellen Fahrzeugen bereits weite Verwendung findet, wird für die Evaluierung von funktionalen Aspekten nach wie vor hauptsächlich auf Hardware-Mockup's zurückgegriffen. Damit die Vorteile virtuellen Techniken auch für diese Untersuchungen genutzt werden können, ist es nötig, virtuelle Fahrzeugkonzepte immersiv erlebbar zu machen. Die wesentlichen Herausforderungen sind dabei die korrekte dreidimensionale Darstellung der Modelle und die Ermöglichung einer robusten und realistischen Interaktion mit den Fahrzeugen.



Abb. 4.5: Funktionale Absicherung eines virtuellen Fahrzeugs in einer CAVE

In diesem Szenario wird die virtuelle Absicherung von funktionalen Aspekten eines Fahrzeug-Konzepts beschrieben. Dazu werden in einer sehr frühen Phase des Produktprozesses virtuelle Fahrzeugdaten immersiv dargestellt und bewertet. Der Anwender begibt sich an und in das virtuelle Fahrzeug und bewertet die funktionalen Aspekte des Fahrzeugkonzepts, wie sie der Kunde im späteren Fahrzeug vorfinden würde (s. Abb. 4.5). Durch den Einsatz von virtuellen Fahrzeugdaten kann dabei die Zahl der Hardware-Prototypen und -sitzkisten deutlich reduziert werden. Durch sie können Untersuchungen früher und Varianten sowie Veränderungen schneller und einfacher dargestellt werden.

Bei der funktionalen Absicherung steht das räumliche Erleben eines Fahrzeugkonzepts in all seinen Facetten im Vordergrund. Ergonomische Aspekte, wie die Beurteilung von Erreichbarkeiten und Sichtbarkeiten, profitieren ebenso von der Evaluierung in ihrem realistischen Zielumfeld wie die Darstellung und Beurteilung von innovativen Fahrzeugfunktionen und Fahrer-Interfaces.

Im Rahmen des Projekts sollten Technologien erforscht und umgesetzt werden, die es ermöglichen, für die Beurteilung funktionaler Aspekte eines Fahrzeugkonzepts virtuellen Techniken zu vertrauen. Dazu sollte eine verlässliche dreidimensionale Darstellung von Fahrzeugmodellen gewährleistet werden. Vor allem bei der Benutzung von Head-Mounted-Displays wurden Objektgrößen und -distanzen häufig falsch eingeschätzt und damit Verunsicherung bei den Benutzern hervorgerufen. Darüber hinaus sollten wesentliche Bauteile im Fahrzeuginnenraum auf realistische und natürliche Weise benutzt werden können. Interfacekonzepte sollten im virtuellen Fahrzeug integriert und bedienbar gemacht werden. Die Chancen

und Herausforderungen von haptischen Darstellungen virtueller Fahrzeuge sollten ebenfalls untersucht werden.

Erforderliche Technologien

Für die Umsetzung dieses Szenarios waren verschiedene Technologien erforderlich. Zunächst waren virtuelle Fahrzeugdaten in korrekten Größenverhältnissen in immersiven Displaysystemen darzustellen. Zum Teil sehr umfangreiche Konstruktionsdaten mussten in ein VR-System ohne Datenvorbereitungsaufwand eingeladen und performant dargestellt werden. Die korrekte Positionierung der Benutzer im virtuellen Fahrzeug sowie die Einnahme von Referenzsichtpositionen sollte gewährleistet werden. Objekte und Bauteile des Fahrzeugs mussten realistisch auf Benutzereingaben und andere Objekte reagieren. Die Objekte sind dabei auf verschiedene Weise miteinander oder mit dem Fahrzeug verbunden. Die Benutzer sollten die Objekte verlässlich greifen können. Dazu mussten die Benutzerhände in die virtuelle Szene übertragen werden. Interaktionskonsequenzen wie Schalterlogiken oder Fahrzeugfunktionen waren im Modell zu hinterlegen. HMI-Konzepte waren im virtuellen Fahrzeug darzustellen und ihre Bedienung war durch virtuelle Objekte zu ermöglichen. Insbesondere für die Darstellung in Head-Mounted-Displays, die jegliche reale Wahrnehmung ausblenden, war es erforderlich, eine Eigenrepräsentation der Benutzer zu realisieren. Dazu mussten deren Bewegungen aufgenommen und in Echtzeit auf ein virtuelles Menschmodell übertragen werden. Für das haptische Erleben eines virtuellen Fahrzeugs waren sowohl ein haptisches Rendering von realistischen Fahrzeugdaten wie auch ein geeignetes Ausgabegerät zu entwickeln.

Ergebnisse

Die Konzernforschung der Volkswagen AG hat im Rahmen des Projekts das Thema Größenwahrnehmung im HMD bearbeitet. Dazu wurden Verfahren entwickelt, die die bildbeeinflussenden Parameter von verschiedenen HMD-Arten messen. Zunächst wurde für Optical-See-Through-HMD ein Kalibrierungsverfahren entwickelt, bei dem 2D-Bildpunkte und 3D-Referenzen verwendet werden, um die Eigenschaften eines HMD zu berechnen. Dieses Verfahren ist nicht geeignet für HMD, die keine Durchsicht auf die reale Szene ermöglichen. Für diese Geräte wurde ein Verfahren entwickelt, dass diese Eigenschaften vermisst. Darüber hinaus wurde ein Kalibrierungsverfahren umgesetzt, das es den Benutzern ermöglicht, ein für sie subjektiv richtiges Field of View einzustellen. Damit die ermittelten Displayeigenschaften für die Definition der virtuellen Darstellung genutzt werden können, wurde zum einen ein Beschreibungsformat definiert und zum anderen die nötigen technologischen Voraussetzungen für dessen Übertragung auf die Darstellung ermittelt. Für die Messung des Einflusses der Displayeigenschaften auf die Größenwahrnehmung der Benutzer wurde schließlich ein Evaluationsverfahren entwickelt.

Die Firma ICIDO hat ein immersiv erlebbares interaktives virtuelles Fahrzeug umgesetzt (s. Kap. 3.2). Damit können Benutzer mittels eines einfachen Sitz-Mockup's oder über definierte Augpunkte in einem direkt von Konstruktionsdaten abgeleiteten virtuellen Fahrzeug platziert werden. Die Bauteile des virtuellen

Fahrzeugs können von den Benutzern direkt mittels virtueller Handmodelle gegriffen und losgelassen werden. Die Objekte bewegen sich daraufhin plausibel frei oder gemäß ihrer Verbauung im Fahrzeug und folgen dabei entweder einfachen Einschränkungen durch verschiedene Gelenke wie die Fahrzeugschleife oder komplexen Kinematiken wie der Lenksäulenverstellung. Fahrzeugfunktionen wie die Darstellung des Wischerfeldes oder elektrischer Funktionen wie das Blinken können durch das realistische Verbringen von Bauteilen in bestimmte Stellungen oder die Berührung von virtuellen Tasten ausgelöst werden.

Des Weiteren wurden durch die Firma ICIDO beliebige externe Simulationen in das virtuelle Fahrzeug eingebunden. Dazu wurden externe Bildschirmhalte abgegriffen und auf beliebiger Fahrzeuggeometrie dargestellt. Die Simulationen können damit durch virtuelle Tasten oder direkt durch Berührung der virtuellen Darstellung gesteuert werden. Somit ist es zum Beispiel möglich, die Simulation der Bedienlogik eines Radionavigationsgeräts im virtuellen Fahrzeug darzustellen und aus diesem heraus zu bedienen.

Für die Übertragung der Benutzer in die virtuelle Umgebung wurden verschiedene Technologien entwickelt. Zu Beginn wurde durch den Projektpartner A.R.T. ein spezieller Targetsatz für das optische Tracking der Benutzer sowie ein Kalibrierungsverfahren für diesen Targetsatz entwickelt. Die Firma ICIDO hat die Übertragung der damit erfassten Bewegungen auf ein virtuelles Menschmodell ermöglicht. Darüber hinaus wurde von Volkswagen gemeinsam mit A.R.T. ein pinch-sensitives Fingertracking-Gerät entwickelt, das die Zusammenführung von Fingern erfasst und diese Information für die Integration in eine Greifheuristik bereitstellt. In einer Benutzerstudie wurde durch Volkswagen der Einfluss von Ein- und Ausgabegeräten auf die natürliche Interaktion untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Wahl des Ausgabesystems kaum Einfluss auf die Interaktion hat und anwendungsabhängig erfolgen kann. Darüber hinaus wurde eine Unterstützung des Benutzers durch das pinch-sensitive Gerät und durch die Darstellung von taktilem Greiffeedback nachgewiesen.

Um die physikalischen Gegebenheiten einer virtuellen Szene haptisch für die Benutzer erfahrbar zu machen, wurde am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR in Oberpfaffenhofen in Zusammenarbeit mit der Konzernforschung der Volkswagen AG ein Kraftrückkopplungsroboter entwickelt (Weller 2010). Seitens Volkswagen wurde dabei die haptische Darstellung von dünnen Blechen vorangetrieben. Die Grenzen der haptischen Darstellung wurden in einer Benutzerstudie evaluiert.

4.3 Absicherung der Herstellbarkeit

Für die Absicherung der Herstellbarkeit sind viele verschiedene Daten notwendig, so müssen beispielsweise Konstruktions- mit Simulationsdaten oder Schaltplandaten mit geometrischen Informationen verknüpft werden. Diese heterogenen Da-

Virtuelle Techniken im industriellen Umfeld

Das AVILUS-Projekt - Technologien und Anwendungen

Schreiber, W.; Zimmermann, P. (Hrsg.)

2011, XIV, 346 S. 120 Abb. in Farbe. Mit DVD.,

Hardcover

ISBN: 978-3-642-20635-1