

BMBF- Leitprojekt ARVIKA 1999 - 2003

**Berichtszeitraum: 01.07.1999 – 30.06.2003
(Schlussbericht)**

Zuwendungsempfänger AUDI AG	Förderkennzeichen: 01IL903B6
Titel des Vorhabens: AR gestützter Prototypenaufbau in Entwicklung und Design	
Projektleiter: Carsten Huschka	Tel.: 0841 / 89-90337 Fax: 0841 / 89-8490337 e-mail: carsten.huschka@audi.de
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.07.1999 bis: 30.06.2003	
Berichtszeitraum des Vorhabens: von: 01.07.1999 bis: 30.06.2003	

Zuwendungsempfänger:
AUDI AG

Förderkennzeichen:
01IL903B6

Schlussbericht zum Leitprojekt ARVIKA

Berichtszeitraum: 01.07.1999-30.06.2003 / Berichtstermin: 20.12.2003

Ausgangsplan vom: 04.05.1999

1 Ausgangssituation

Der sich stetig verschärfende Wettbewerb im Automobilbereich zwingt Automobilhersteller zu immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten bei gleichzeitig steigenden Qualitätsansprüchen. Diese Randbedingungen verlangen von den Unternehmen ein stetiges Überdenken ihrer Prozesse, um ihre Wettbewerbschancen zu optimieren.

Dabei gewinnt der Wettbewerbsfaktor Information sowie die Bereitstellung von Information im entsprechenden Prozess zunehmend an Bedeutung.

Virtuelle Arbeitsweisen haben sich in diesem Zusammenhang schon an vielen Stellen innerhalb der Automobilentwicklung als bewährte Methoden etabliert. Augmented Reality als neuartige Form der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die auf der VR-Methode aufsetzt, ermöglicht einen einfachen und intuitiven Zugang und Umgang mit Daten und besitzt somit das Potenzial, den Wettbewerbsfaktor Information auszubauen.

Durch situationsgerechte Bereitstellung von Informationen kann somit eine Verkürzung von Entwicklungszeiten bei qualitativ hochwertigen Entwicklungsergebnissen erreicht und der Wettbewerbsdruck abgefangen werden.

Im Bereich der Automobilentwicklung haben sich in der Praxis zwei Ausprägungen von Virtual Reality (VR) Anwendungen etabliert: die ästhetisch-orientierten Visualisierungs-Anwendungen wie Design Review oder Design Check, und die interaktiv-immersive Virtual Reality wie z.B. bei Einbau-/Montage-Simulationen oder Ergonomie-Untersuchungen.

Analog zu diesen Ausprägungsformen der VR-Technologie wurden bei Audi zwei Schwerpunkte für AR-Anwendungen in der Automobilentwicklung gesetzt, die grundlegenden Charakter besitzen und einfach auf andere Anwendungsfelder im Entwicklungsbereich oder in anderen Geschäftsbereichen adaptierbar sind.

Diese Schwerpunkte der Arbeiten am ARVIKA Projekt bei Audi wurden in den „Szenarien Augmented Design Review“ und „AR-gestützter Technikträgeraufbau“ verankert.

1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieses Teilvorhabens war einerseits die Erarbeitung und Evaluierung von Einsatzfeldern der Augmented Reality Technologie innerhalb der Technischen Entwicklung bei Audi, sowie andererseits die Verbesserung der spezifischen Arbeitsprozesse mit Hilfe der neuen Technologien und die Erarbeitung neuer Anwendungslösungen.

Auf diese Weise sollte sichergestellt werden, dass die entwickelten AR-Systeme den Anforderungen der industriellen Entwicklung und den dort etablierten Arbeitsprozessen entsprechen.

Darüber hinaus soll den Mitarbeitern im Entwicklungsbereich durch AR-Funktionalitäten eine Verbesserung der Arbeitsorganisation in den genannten Anwendungsfeldern ermöglicht werden.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Arbeiten am ARVIKA-Projekt wurden bei Audi in der zentralen Abteilung für IT-Projekte im Produktentstehungsprozess durchgeführt. Dort ist bereits tiefgreifendes Know-how bezüglich Virtual Reality Technologie und ganzheitliches Prozesswissen aus den Audi Fachabteilungen vorhanden.

Die inhaltlichen Inputs zu den Anforderungen an ein AR-System und Anforderungen bezüglich der jeweiligen Arbeitsprozesse wurden in den entsprechenden Fachabteilungen aufgenommen und durch die zentrale IT-Stelle in die ARVIKA-Szenarien eingearbeitet.

Die so aufgebauten Prototypen wurden von den entsprechenden Fachabteilungen im Rahmen der Evaluierung begutachtet und fachlich bewertet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Projektantrag wurde die Beteiligung von Audi im Teilprojekt 3 unter Arbeitspaket 3.4 mit dem Titel „Verifikation werkzeugfallender Bauteile mit den korrespondierenden CAD-Daten mittels AR“ geplant.

Als Schwerpunkt dieses Arbeitsfelds war die Anwendung der in Teilprojekt 2 entwickelten Basistechniken an einem Mixed Mockup, der sich aus virtuellen und realen Prototypbestandteilen zusammensetzt und für Vergleichsbetrachtungen zwischen virtuellen CAD-Bauteilen und werkzeugfallenden Bauteilen benutzt wird, geplant.

Im Projektantrag wurde dieses Szenario wie folgt erläutert:

“Für diesen Zweck wird ein Szenario untersucht und bewertet, in dem werkzeugfallende Komponenten von Fahrzeugen (Blechteile, Kunststoffteile) mit CAD-Daten verglichen und bewertet werden sollen. In diesem Fall müssen Teile nicht, wie sonst üblich, vermessen werden, sondern können direkt mit dem digitalen Master verglichen werden. Dabei können die realen Bauteile sowohl in ein reales Mastermodell eingebaut werden, wie auch einzeln aufgespannt sein. Ziel des Arbeitspaketes ist es, Methoden zu entwickeln, die diesen Vergleich mit einer im Projekt zu definierenden Genauigkeit und Zuverlässigkeit erlauben.“

Die ersten Arbeiten am Thema, sowie die Sichtung der am Markt erhältlichen Technologie, um dieses Ziel zu erreichen, ergaben zunächst eine große Diskrepanz bezüglich der hohen Qualitätsvorgaben, die durch die etablierten Audi Prozesse vorgegeben werden.

Um eine praxisorientierte Anwendung der AR-Technologie im Sinne des ARVIKA Gedankens umsetzen zu können, wurde daher eine Neuausrichtung der Tätigkeiten in Abstimmung mit dem Projektträger und der Konsortialleitung abgestimmt. Diese Neuausrichtung orientierte sich dabei an den unterschiedlichen Ausprägungen der VR-Technologie in den Audi Fachbereichen:

- der immersiven, funktionalen VR
- der ästhetisch orientierten VR

Das Ursprungsszenario der „Verifikation werkzeugfallender Bauteile“ wurde aus prozesstechnischer Sicht weitergeführt und in sinnvollem Umfang in das Arbeitsfeld des Technikträgeraufbaus eingegliedert. Hier stellt der Vergleich der werkzeugfallenden Bauteile mit dem korrespondierenden

CAD-Modell eine Untermenge der AR-gestützten Tätigkeiten dar. Zielsetzung bei der neuen Ausrichtung des Themas, des AR-gestützten Technikträgeraufbaus, ist die Planung des Technikträgers und die Kontrolle der fertigestellten Bauteile, die im Technikträger verbaut werden sollen.

Dieses Szenario besitzt Streucharakter für weitere technikorientierte AR-Themen im Produktentstehungsprozess bei Audi.

Um den weiteren Bereich mit großem Streuungspotenzial, den ästhetik-orientierten Visualisierungsbereich, ebenfalls abzudecken, wurde ein weiteres Szenario im AP 3.4 integriert, das Szenario „AR gestützte Varianten-Visualisierung“. Hier wird das Ziel verfolgt, virtuelle Design-Varianten innerhalb eines realen Design-Modells zu visualisieren um dadurch eine Vielzahl von Design Vorschlägen vom Skizzenstadium bis hin zur qualitativen Betrachtung innerhalb eines dreidimensionalen Modells zu verfolgen. Man erhält dabei eine breitere Entscheidungsbasis für die Variantenauswahl und letztendlich eine höhere Designqualität.

Die Entwicklung der beiden Szenarien erfolgte in der Phase bis zum ersten Prototypen anhand beider thematischer Szenarien und wurde in der Phase des zweiten Prototypen am Beispiel „Augmented Design Review“ vertieft.

Die Entwicklung der Szenarien orientierte sich dabei am Modell ISO 13407, „benutzergerechte Gestaltung interaktiver Systeme“. Das Vorgehen im Sinne einer partizipativen Softwareentwicklung unterteilte sich dabei in folgende Arbeitsschritte:

- Szenarienbasierte Anforderungserhebung
- Konzeption und Spezifikation
- Prototypenentwicklung und Integration
- Evaluation und Test
- Auswertung der Ergebnisse und Dokumentation

Diese Vorgehensweise ermöglicht eine enge und mitentscheidende Einbindung der Benutzer in den Gestaltungsprozess des Systems und bildet somit die Grundlage für eine anwendungsgetriebene Systementwicklung.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Die Arbeiten am Fördervorhaben wurden bei Audi von der zentralen IT-Stelle für Virtual Reality aufgebaut und betreut. Es wurde insbesondere an prozessimmanentes Wissen im Visualisierungs- und VR-Bereich angeknüpft, um die weitere Verwertbarkeit der erarbeiteten Ergebnisse innerhalb der Audi Prozesse zu gewährleisten.

Zur Einarbeitung und Vertiefung in das Thema Augmented Reality wurde in erster Linie auf Arbeiten im Gebiet der VR-/AR-Grundlagenforschung und auf Grundlagenwissen nationaler und internationaler Forschungseinrichtungen zurückgegriffen.

Um eine thematische Integration in Design und Entwicklungsprozesse zu gewährleisten, wurden intensive Recherchen bezüglich Designmethodik und Konstruktionsmethodik, sowohl aus wissenschaftlicher, als auch aus praxisorientierter Sicht unternommen.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Innerhalb des Projektes bestand eine sehr enge Kooperation von Audi mit dem VRLab der Volkswagen-Konzernforschung, sowie den TP3-Konsortialpartnern im VRCOM und dem Fraunhofer IGD. Die

Evaluierung der Prototypen wurde mit Unterstützung des Institutes IAW der RWTH Aachen durchgeführt.

Externer Kontakt bestand mit der Firma Trivisio, die mit der Entwicklung eines Video-See-Through HMD beauftragt wurde.

Des Weiteren wurden intensive Gespräche mit der Firma Nvidia geführt, die seitens der Grafikkarte wertvollen Input für die mögliche Ausgestaltung eines tragbaren AR-Setups lieferten.

Im Bereich der industriellen Bilderfassung wurde die Dr. Seitner GmbH als Spezialist für Kamera-Systeme herangezogen.

2 Erzielte Ergebnisse

2.1 AR-gestützter Technikträgeraufbau

2.1.1 Umfeldanalyse

Ein Technikträger ist die Kombination von Komponenten aus dem Serienstand mit Komponenten im Entwicklungsstadium und dient im Allgemeinen der Erprobung neuer Komponenten. Dabei wird immer ein Bauteil aus dem Serienstand in Baugruppen eines Entwicklungsstands verbaut.

Ein typisches Szenario ist beispielsweise der Einbau einer Serien-Instrumententafel in eine zu erprobende Bodengruppe, die sich im Entwicklungsstadium befindet. Problematisch bei der Verbauung ist dabei, dass Technikträger und Prototypen iterativ aufgebaut werden und ein hohes Maß an Improvisationen beinhalten.

Derzeit werden Technikträger mittels DMU-Methoden (Digital Mock-Up) geplant. Dies bedeutet, dass im DMU System zunächst die Baugruppen aus dem Entwicklungsstand zusammengestellt werden müssen, um dann die Verbauung der Serienkomponenten zu planen. Dabei ist das Nachstellen der Erprobungsplattform mittels DMU sehr fehleranfällig, da hierbei nicht immer einhundertprozentig identische Bauteildaten vorliegen und zudem improvisierte und angepasste Teile sowie Normteile nicht erfasst werden. Dieser Fehler im DMU-Aufbau kann dazu führen, dass der Technikträger fehlerhaft geplant wird und die Fehler frühestens beim erstmaligen Zusammenbau der neu geplanten Teile im Technikträger erkannt werden. Dies führt zu weiteren Iterationen vom Konstruktionsvorgang bis hin zum Prototypenaufbau, was zu einer Erhöhung der Kosten und zu einem Zeitverzug im Entwicklungsablauf führt.

2.1.2 Anforderungsermittlung

Die Anforderungen zum AR-gestützten Technikträgeraufbau wurden durch Mitarbeiterbefragungen ermittelt. Dies geschah im Rahmen von Technologiedemonstrationen, die die prinzipiellen Möglichkeiten von Augmented Reality darstellten.

Das Feedback dieser Demonstrationen wurde durch Anwenderbefragungen aufgenommen, und vor dem Hintergrund der technischen Randbedingungen in einen AR-gestützten Prozess integriert.

2.1.3 Umsetzung in einen Soll-Prozess

Durch die Kombination realer und virtueller Teile bietet AR hier einen neuartigen Ansatz zur Technikträgerplanung. Der Erprobungsbaustand muss dabei nicht nachmodelliert werden, sondern kann durch eine Videokamera gefilmt und mit der zu platzierenden Komponente überlagert werden. Man verwendet also keine virtuelle, möglicherweise fehlerhafte Nachstellung der realen Baugruppen, sondern ein videogeneratedes Abbild der realen Baugruppen.

Dieser Workflow ist in Abbildung 2.1 schematisch am Beispiel des TT-Roadsters aufgezeigt.

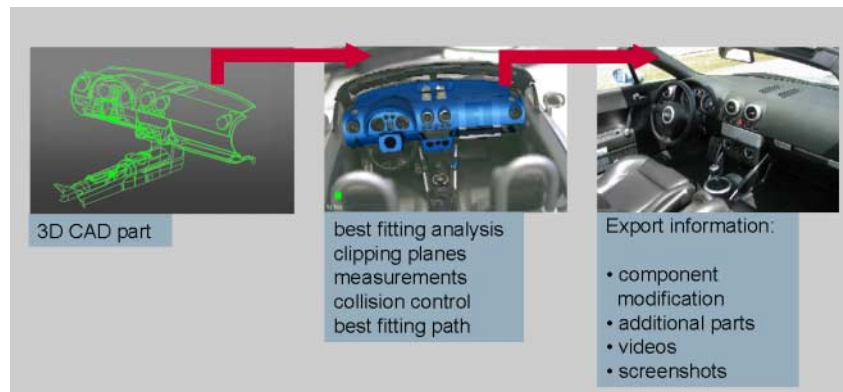


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des AR-gestützten Technikträgeraufbaus

Zunächst erfolgt die Positionsfindung der zu platzierenden Komponente. Dabei wird ein Datenmodell der virtuellen Komponente in das AR System geladen und interaktiv im realen Technikträger platziert. Ist die Zielposition gefunden, werden die Koordinatenbezüge eingefroren und die Verbaubarkeit der Komponente überprüft. Dies geschieht im Wesentlichen durch eine Kollisionsanalyse mittels dynamischen Verschiebens der Schnittebene. Mit Hilfe einer visuellen Kontrolle kann hierbei an geeigneten Stellen eine Kollisionsanalyse erfolgen. Im Anschluss daran erfolgt die Anpassung der zu platzierenden Komponente durch kommentierte Screenshots auf der Schnittebene, welche ebenfalls der Auslegung von Montagehilfsteilen und Anbauteilen dienen. Im Anschluss an die Technikträgerplanung erfolgt die Fertigung neuer Komponenten sowie der Hilfsteile. Vor dem Einbau dieser Teile ist es notwendig, diese mit dem Planungsmodell abzugleichen. Als letzter Schritt des AR-gestützten Workflows erfolgt deshalb die Überprüfung der Montagehilfsteile und der angepassten Serienstände durch die Überlagerung mit dem 3D-CAD-Planungsmodell.

Die Kernschritte „Positionsfindung, Untersuchung und Bauteilverifikation“ sind in Abbildung 2.2 dargestellt.

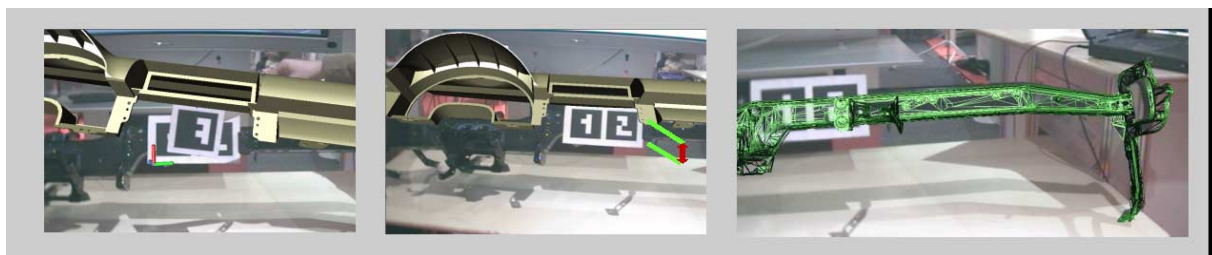


Abbildung 2.2 AR-Kernschritte: Positionsfindung, Verbaubarkeitsuntersuchung und Bauteilverifikation

2.1.4 Konzeption und technologische Gestaltung der Prototypen

Basierend auf der Anforderungsermittlung und den technischen Randbedingungen wurde ein technologisches AR-Setup aufgestellt, welches folgende Basiskomponenten enthält:

- Tracking
- Szenenerfassung
- Interaktion

- Visualisierung

Diese Komponenten werden nachfolgend detailliert. Sie verstehen sich als variable Größen, welche durch die Technologiereife sowie einen verfügbaren Kostenrahmen limitiert werden.

2.1.4.1 Tracking

Aus technologischer Sicht ist bei diesem Szenario eine präzise kongruente Überlagerung der realen und virtuellen Komponenten notwendig. Dies bedingt ein robustes Tracking, das auch bei schwer zugänglichen Untersuchungspositionen und dynamischen Lichtsituationen stabil bleibt. Des Weiteren ist das Umfeld in den Werkstatthallen des Versuchsbaus durch ein hohes Maß an metallischen Werkstoffen geprägt. Aus diesen Gründen ist hier ein Infrarot-Tracking System vorgesehen. Es soll das Tracking-System des Konsortialpartners A.R.T beschafft und verwendet werden. Es zeichnet sich durch eine hohe Präzision, sehr geringe Latenz und Unempfindlichkeit gegenüber magnetischen Feldern und wechselnden Beleuchtungssituationen aus. Um ein möglichst robustes Trackingvolumen herzustellen, ist hier die Verwendung von mindestens vier Kameras sinnvoll.

2.1.4.2 Szenenerfassung

Da in der Szene ein Arbeiten in möglichst natürlicher Umgebung ermöglicht werden soll, ist es notwendig, dem Anwender eine natürliche Darstellung der gewohnten Umgebung zur Verfügung zu stellen. Die beeinflussenden Parameter sind im Wesentlichen stereoskopische Sicht, farbtreue Darstellung, sowie bestmögliche Auflösung.

Diese Gründe würden die Verwendung eines Head-Mounted-Displays mit See-Through-Technologie nahe legen. Berichte aus dem Bereich der VR-Grundlagenforschung, die eine komplizierte Kalibrieroutine, ein derzeit technologisch nur schwer zu realisierendes Eye-Tracking, sowie Probleme bei der Synchronisierung der virtuellen und realen Bild-Konvergenzebene belegen, untermauern jedoch, dass die See-Through-Technologie zum derzeitigen Stand der Technik nur unter Laborbedingungen anwendbar ist.

Aus diesem Grund bietet hier ein Stereo-Kamerasystem bestehend aus hochauflösenden Stereo-Kameras einen praxisnäheren und robusteren Ansatz.

2.1.4.3 Interaktion

Interaktionen wie das Platzieren der virtuellen Komponente, das Setzen und Verschieben von Clipping-Planes oder das Ausführen von Vermessungen werden mittels getracktem Flystick durchgeführt. Da es notwendig ist, während der Untersuchung in den Menüleisten des AR-Systems zu navigieren, soll hierzu ein Dreh-/Druckschalter eingesetzt werden.

2.1.4.4 Software

Dieses Szenario sieht klassische Einbau-/Montage-Untersuchungen im AR-Kontext vor. Dazu müssen Interaktionen sowie Vermessungen präzise und mit hoher Verlässlichkeit durchgeführt werden.

Die Module zu Einbau- und Montage-Untersuchungen sind bereits in der VR-Software VD2 des Konsortialpartners VRCOM vorhanden, weshalb es sich anbietet, hier auf diese Software aufzusetzen. Um VD2 zu einem AR-Tool weiterzuentwickeln, ist als wesentlicher Bestandteil eine Implementierung eines Kamera-Moduls notwendig. Diese Implementierung wurde im Rahmen des ARVIKA Projekts von Audi im Pflichtenheft zum zweiten Prototypen verankert und unterstützt.

2.1.4.5 Ausblick

Dieses Szenario wurde bis zur Implementierung des ersten Prototypen auf Basis der im Projekt verfügbaren Plattform AR-Browser des Fraunhofer IGD verfolgt. Die Ergebnisse der Evaluierung des ersten Prototypen wurden in Form von Anforderungen im Rahmen der Pflichtenheft-Erstellung zur Planung des zweiten Prototypen eingebracht.

Ein visueller Ausblick auf die Umsetzung dieses Szenarios auf Basis des AR-Browsers am Beispiel eines A6-Stoßfängers ist in Abbildung 2.3 dargestellt.

Die Akzeptanz der Endanwender und somit der Nutzen im Sinne der Wertschöpfung hängt bei diesem Szenario in erheblichem Maß vom Grad der Technologiereife der eingesetzten Hard- und Software ab. Der im Rahmen der Projektstätigkeiten eingesetzte AR-Browser kann hier nicht alle geforderten Funktionalitäten bieten, wodurch der Einsatz im produktiven Umfeld nicht gesichert werden kann. Die erste Implementierung eines Mono Kamerasignals in VD2 im Rahmen der ARVIKA Aktivitäten bietet hier einen sehr positiven Ausblick auf die Weiterentwicklung dieses Szenarios. Letztendlich bedingen sich hier die Entwicklung der Technologiereife und die Akzeptanz der Anwender gegenseitig.



Abbildung 2.3: Stoßfänger Augmentierung am Beispiel des A6-Technikträgers

2.2 Augmented Design Review

2.2.1 Umfeldanalyse

Zu Beginn der Designentwicklung werden zu einem Gestaltungsthema eine Vielzahl von zweidimensionalen Design-Entwürfen gemacht, die später in Tonmodellen dreidimensional umgesetzt werden (s. Abbildung 2.4). Die Anzahl der Visualisierungen nimmt dabei vom Skizzenstadium über das Tonmodell stetig ab, bis ein präziser Design-Vorschlag in Form des Design-Prototypen vorliegt.

Die Entwicklung von der 2D-Skizze zum 3D-Modell ist dabei hochgradig iterativ und wird durch virtuelle Modelle unterstützt. Virtuelle sowie reale Modelle sollen dabei stets einen Ausblick auf die spätere Erscheinung des Fahrzeuges geben.

Bei der Auswahl der Darstellungsmedien (virtuell oder real) werden je nach Untersuchungszielsetzung die Vor- und Nachteile virtueller und realer Modelle betrachtet und vor den Randbedingungen Zeit und Kosten abgewogen.

Der Vorteil eines realen Design-Modells ist zweifelsfrei seine hohe Aussagekraft. Formen und Materialien können hier auf sehr hohem Realitätsniveau dargestellt werden. Ein reales Design-Modell besitzt deshalb sehr große Akzeptanz bei der Bewertung von Designentwürfen. Der Aufbau eines

solchen Modells ist jedoch sehr zeit- und kostenintensiv. Darüber hinaus steigt der Aufwand des Aufbaus und somit ebenfalls die Kosten des Modells bei zunehmender Komplexität.

In der Flexibilität und schnellen Umsetzbarkeit bei geringem Kostenaufwand liegt jedoch der Vorteil virtueller Modelle, mit denen sehr schnell Varianten gezeigt oder kinematische Simulationen erstellt werden können. Virtuelle Modelle sind also schnell und flexibel einsetzbar, sowie kostengünstig in der Aufbereitung - häufig wird jedoch der fehlende Realismus bemängelt. Augmented Reality bietet hier einen neuartigen Ansatz, der die Vorteile dieser beiden Medien kombiniert.

2.2.2 AR basierter Ansatz

Ein vielversprechender Ansatz ist hierbei, ein zentrales Design-Modell aufzubauen und die unterschiedlichen Varianten eines Gestaltungsthemas als virtuelle Ergänzung im Hardwaremodell zu augmentieren, wie schematisch in Abbildung 2.4 dargestellt wird.

Das zentrale Design-Modell sollte dabei so gestaltet werden, dass es als Visualisierungsplattform für die einzelnen Varianten dienen kann. Mögliche Themen für Augmentierungen sind allgemeine Produktgrafiken, die durch Fugenverläufe oder Proportionen von Anordnungen einzelner Baugruppen bestimmt werden, beispielsweise Scheinwerfer im Zusammenspiel mit Kühlergrill und Stoßfänger.

Virtuelle Variantendarstellungen bieten sich dort an, wo definierte Bauraumgrenzen vorliegen, z.B. bei Scheinwerfern, Heckleuchten, Felgen, o.ä..

Auch Anbauteile, die die äußere Form erweitern, wie z.B. Stoßfänger, Spoiler oder GPS-Antennen, sind mögliche Augmentierungsthemen.

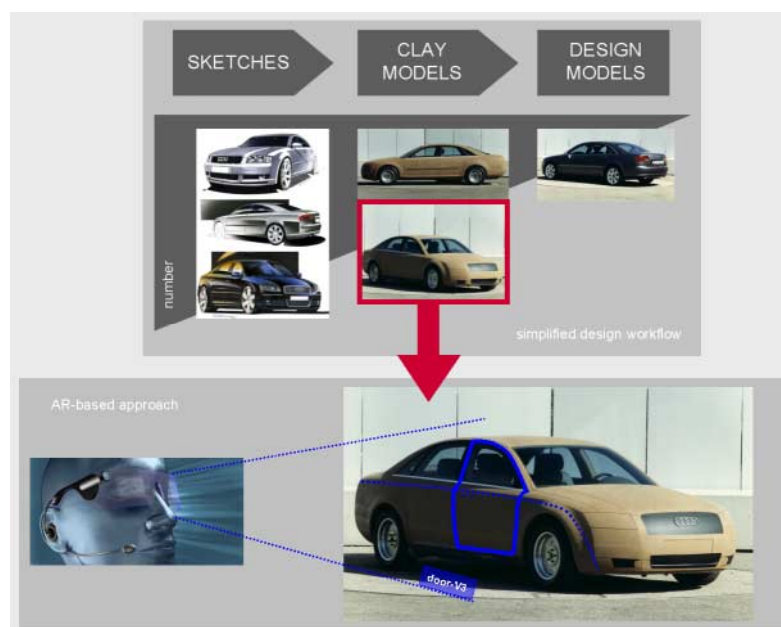


Abbildung 2.4: Schematischer Design-Workflow mit AR Ansatz zur Steigerung der Informationen im Designmodell

2.2.3 Umsetzung des ersten Prototypen

Um die Idee der Variantenvisualisierung zu transportieren, wurde der erste Prototyp in Form eines Technologie-Demonstrators realisiert. Dabei wurde ein TT Roadster-Fräsmodell mit einem virtuellen faltverdeck augmentiert, wie in Abbildung 2.5 zu sehen ist. Die Verdeckdaten wurden aus einer VR-Simulation in das AR-System importiert, wodurch das virtuelle Verdeck animiert werden konnte und sich auf Knopfdruck öffnet und schließt.

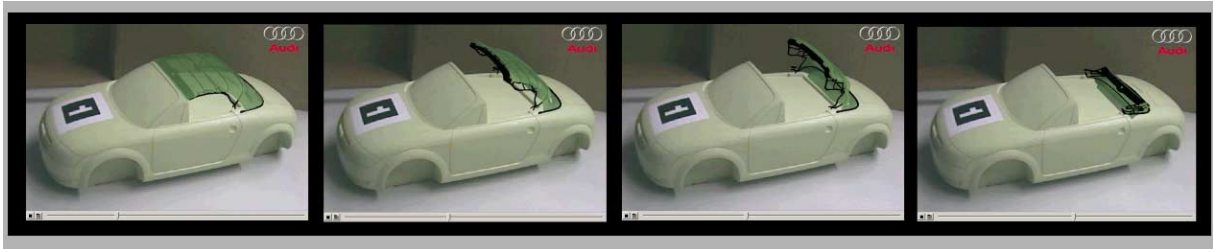


Abbildung 2.5 Faltverdeck-Augmentierung

Der Demonstrator wurde mit der AR-Browser-Software realisiert. Hardwareseitig wurde eine USB-Kamera zum Erfassen der realen Szene verwendet, deren Kamera-Stream über die USB-Schnittstelle einem Notebook mit leistungsfähigem Geforce2Go Graphic-Chip zugeführt wurde.

Die Resonanz auf diesen Demonstrator war inhaltlich sehr positiv, von technologischer Seite wurden die Genauigkeit und die Robustheit des Trackings jedoch noch bemängelt.

Anhand dieses Demonstrators wurden die Anforderungen für den zweiten Prototypen aufgenommen. Wichtigstes Merkmal ist die hier die konstante kongruente Überlagerung der virtuellen Bauteile bei Bewegungen der Kamera. Dies bedingt einen hohen Anspruch an die Trackingqualität.

Eine weitere Anforderung an das AR-System ist das Ausblenden virtueller Bildbestandteile, wenn sich diese hinter theoretischen Verdeckungen realer Bildbestandteile befinden. Man spricht hier von Occlusion-Objekten. Diese Occlusion-Körper werden ebenfalls durch Geometriemodelle definiert, die jedoch nicht sichtbar sind und nur die Information beinhalten, die beschreiben, an welcher Stelle das Rendering unterdrückt werden soll.

Eine weitere wichtige Anforderung für eine solche AR Szene ist die realitätsnahe Ausgestaltung der virtuellen Modelle. Dies wird hauptsächlich durch das Synchronisieren der virtuellen und realen Lichtquelle, dem Einsatz von Texturen und Shadern zur Simulation von Materialien und Oberflächeneigenschaften, sowie durch die Animation beweglicher Teile erreicht.

Des Weiteren sollte die Bedienung der Software einfach und intuitiv möglich sein, damit nicht nur Spezialisten mit dem System arbeiten können. Vor allem die Szenenaufbereitung muss unmittelbar an den Datenaufbereitungs-Workflow der VR-Prozesskette anknüpfen.

2.2.4 Umsetzung des zweiten Prototypen

Basierend auf den Erkenntnissen des ersten Demonstrators wurde die Planung für den zweiten Demonstrator durchgeführt. Als Softwarebasis wurde hierbei der AR-Browser mit Visual-Based Tracking eingesetzt, wobei als Kamera eine Toshiba-Stabkamera zum Einsatz kam, die die Bilder über einen Framegrabber im PAL Format bereitstellte.

Um den Hauptbereichen bei der Designentwicklung, dem Exterieur und dem Interieur, gerecht zu werden, wurden Augmentierungen von Varianten in beiden Bereichen durchgeführt.

Die Augmentierungsmöglichkeiten im Interieur-Bereich wurden durch die Kombination eines realen TT-Roadster Fräsmodells mit dem kompletten virtuellen Interieur verdeutlicht.

In Abbildung 2.6 ist das Ergebnis dieser Augmentierung zu sehen. Dabei wurde das virtuelle Exterieur als Occlusion Objekt verwendet, wodurch das Interieur nur in den Bereichen sichtbar wird, in denen es nicht vom realen Exterieur verdeckt wird. Abbildung 2.6 zeigt in der linken Darstellung das Ausgangsmodell, in der mittleren Darstellung das augmentierte Modell ohne Occlusion-Objekte und in der rechten Darstellung das komplette Ergebnis unter Verwendung von Occlusion Objekten.



Abbildung 2.6 Exterieur-Fräsmodell mit augmentiertem Interieur (und Reifen) unter Verwendung von Occlusion Objekten

Während bei der Interieur-Augmentierung der Schwerpunkt auf der visuellen Ergänzung des Hardware-Modells lag, wurden bei der Exterieur-Augmentierung die Schwerpunkte auf die Variantenvisualisierung sowie der Animation gelegt.

Thematisch wurden bei der Exterieur-Augmentierung verschiedene virtuelle Felgenvarianten an einem realen A4 Cabrio überlagert. Bis dato lagen nur Erfahrungen bei verkleinerten Modellen vor, deshalb war hier besonders interessant, wie stabil sich die Augmentierung bei Modellen im Originalmaßstab verhält. Die Problematik bei einer Augmentierung eines kompletten Fahrzeuges im Maßstab 1:1 liegt darin, dass es bei Verwendung einer verzerrungsarmen Optik (also keiner Weitwinkeloptik) notwendig ist, die Kamera sehr weit vom Fahrzeug entfernt aufzustellen, um das Fahrzeug mit der Kamera auch komplett erfassen zu können. Im Fall der Augmentierung des A4 Cabrios war bei Verwendung einer DV-Kamera ein Kamera-Abstand von 7 Metern notwendig. Um aus dieser großen Distanz ein stabiles Tracking zu gewährleisten, musste mit relativ großen Tracking-Markern gearbeitet werden. Aus diesem Grund wurde ein Tracking-Marker auf der Felge platziert, der diese maximal ausfüllte, wie in Abbildung 2.7 (oben) zu erkennen ist.

Die Benutzeroberfläche besitzt, wie in Abbildung 2.7 (unten) dargestellt, Auswahlbuttons, um die jeweilige Felgen-Variante auszuwählen. Um die Auswahlmöglichkeiten visuell anzuzeigen, ist auf den entsprechenden Schaltern die jeweilige Felgenvariante als VR-Rendering dargestellt. Des Weiteren bietet die Software die Möglichkeit, die augmentierte Felge in verschiedenen Geschwindigkeiten rotieren zu lassen, wodurch das dynamische Design der Felge simuliert werden soll.

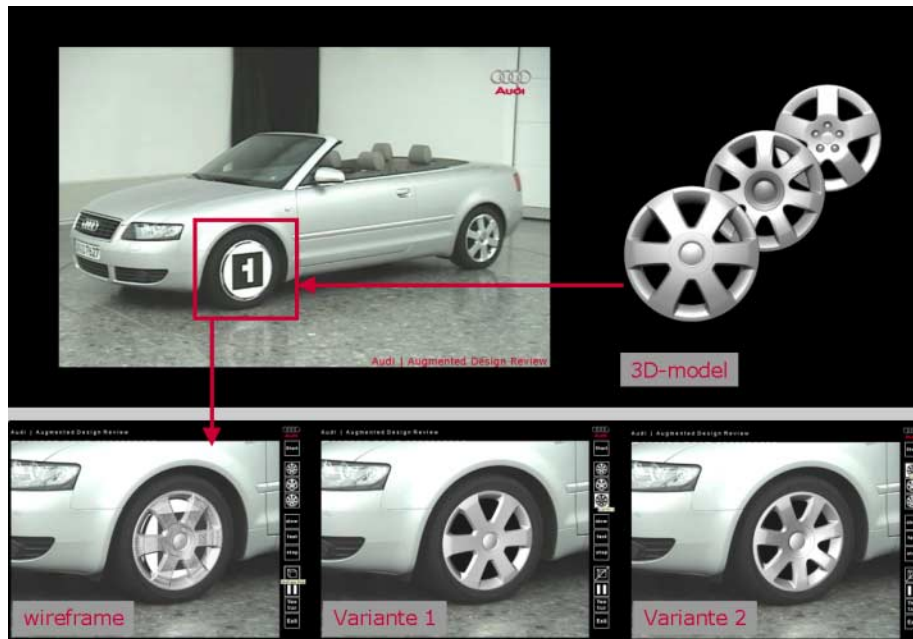


Abbildung 2.7 Prinzip der Felgen-Augmentierung und des User-Interfaces

2.2.5 Evaluierung und Weiterentwicklung des Szenarios

Das Szenario der Felgen-Augmentierung wurde der Zielgruppe zur Evaluierung vorgestellt und mehrheitlich sehr positiv aufgenommen.

Insbesondere wurde die Evaluationshypothese bestätigt, wonach die virtuellen Modelle im Kontext der realen Szene glaubwürdiger erscheinen als in einer isolierten Rendering-Darstellung. Des Weiteren wurde ein klarer Präsentationscharakter des Mediums erkannt. AR ist in diesem Bereich nach derzeitigem Technologiestand weniger als Arbeitsmedium zu verstehen als ein Präsentationsmedium, mit dem Entscheidungsträgern mehrere Varianten zur Vorauswahl bereitgestellt werden können. Sehr positiv wurde auch die Möglichkeit der Felgenrotation aufgenommen, da es bei reinen Fräsmodellen nicht möglich ist, einen dynamischen Eindruck der Felge zu bekommen.

Als notwendige Maßnahme zur Weiterentwicklung des Augmented Design-Reviews wurde eine bessere Qualität des Videobilds identifiziert, was durch die Verwendung hochauflösender Kameras bei gleichzeitiger Farboptimierung erreicht werden kann. Hier ist man sehr stark auf die Entwicklung des Markts der hochauflösenden Kameras angewiesen.

Darüber hinaus ist zur Weiterentwicklung des Szenarios eine realistischere Ausgestaltung der virtuellen Modelle genannt worden. Dabei kann auf die derzeitigen Entwicklungen im Visualisierungsbereich aufgebaut werden, deren Zielsetzung es ist, spezielle Shader oder Raytracing-Algorithmen in Echtzeit verfügbar zu machen.

3 Voraussichtlicher Nutzen

Generell kann festgestellt werden, dass Augmented Reality aus Sicht der Automobilindustrie in vielen Bereichen des Entwicklungsprozesses ein sehr großes Nutzenpotenzial besitzt. Dieses Potenzial ist derzeit noch stark abhängig von der Technologiereife der AR-Komponenten. Ein Nutzen kann dennoch erwartet werden, da im Bereich der Grundlagentechnologie bereits während der Projektlaufzeit deutliche Verbesserungen festgestellt werden konnten.

Der konkrete Nutzen aus den Arbeiten des Fördervorhabens innerhalb der AUDI AG wird im Anhang A „Erfolgskontrollbericht“ dargelegt.

4 Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das ARVIKA-Leitprojekt verfolgt nach Aussagen anerkannter Wissenschaftler weltweit als einziges AR-Projekt den ganzheitlichen Ansatz, bei dem in einem Projekt die Erforschung und Entwicklung von AR in direktem Zusammenhang mit der Bereitstellung der Information und der neuen Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt gestellt wird. Dementsprechend sind auch keine Erkenntnisse bei anderen Stellen bekannt, die in einem derart engen praxisbezogenen Kontext stehen und unter ganzheitlichem Ansatz, d.h. der Betrachtung der technischen, organisatorischen und personellen Rahmenbedingungen, stehen.

5 Veröffentlichungen des Ergebnisses

Huschka, C. ; Oehme, O. (2003): Augmented Reality in der Automobilentwicklung - Visualisierung von Varianten im Kontext zum Hardwaremodell. In: Wissenschaftliche Berichte – Innovative Produkt- und Prozessgestaltung (Band 2). Proceedings of the 16th International Scientific Conference Mittweida. Mittweida, Germany, November 6-7, 2003, S. 10-13

Oehme, O. ; Huschka, C. (2003): Augmented Reality in der Automobilentwicklung - Visualisierung von Varianten im Kontext zum Hardwaremodell. In: Unternehmen der Zukunft. Aachen, Nr. 4, 2003, S. 10-11

Die Szenarien „AR gestützter Technikträger-Aufbau“ und „Augmented Design Review“ wurden als Systemdemonstration auf der ISMAR 2002 in Darmstadt vorgestellt.

Anhang A Erfolgskontrollbericht

Der Erfolgskontrollbericht liegt als gesondertes Dokument anbei.