



Augmented Reality für die maritime Industrie

Dokumentation der Ergebnisse der Studie



Autoren: Dr. Uwe von Lukas
Matthias Vahl
Eik Deistung
Benjamin Mesing



Zentrum für Graphische
Datenverarbeitung e.V.



Fraunhofer
IGD



Gefördert durch das Ministerium
für Wirtschaft, Arbeit und Tou-
rismus des Landes Mecklenburg-
Vorpommern

Alle genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken- und Warenzeichen sowie deren Logos unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts, den Urheberrechten und den Besitzrechten der jeweiligen Eigentümer.

Veröffentlicht: März 2009

Publiziert als Public Report 09rp007-ZGDVR

Nachgewiesen in Fraunhofer-Publica: publica.fraunhofer.de

© 2009 Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung Rostock
Joachim-Jungius-Str. 11
18059 Rostock

Alle Rechte vorbehalten

Kontakt:

Fraunhofer IGD
Dr.-Ing Uwe von Lukas
Joachim-Jungius-Str. 11
www.igd-r.fraunhofer.de
uwe.von.lukas@igd-r.fraunhofer.de
Tel.: 0381 4024-150

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1 Zielstellung und Methodik der Studie	6
2 Augmented Reality	7
3 Einsatzszenarien der maritimen Industrie	10
3.1 FSG: Planungssicherheit in der Fertigung	10
3.2 Lürssen: Qualitätssicherung in der Fertigung	11
3.3 Lürssen Logistics: Wartungsunterstützung	12
3.4 MarineSoft: AR-Frontend zu Electronic Performance Support System	12
3.5 MAN: Retrofit von Schiffen	13
3.6 AVEVA: AR-GATEWAY	14
3.7 HDW: Datenverwaltung im Produktlebenszyklus	14
4 Bewertung und Empfehlungen	16
Abkürzungen	20
Ausgewählte Literatur	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodik bei der Erstellung der Studie	6
Abbildung 2: Einordnung der Szenarien im Produktlebenszyklus.....	6
Abbildung 3: Virtuality Continuum	7
Abbildung 4: Beispiel für mobiles Augmented Reality in der Wartung	7
Abbildung 5: Head Worn Displays im Vergleich (links: optical see-through, rechts: video see-through)..	8
Abbildung 6: Einordnung von AR im <i>Hype Cycle for Emerging Technologies</i>	9
Abbildung 7: Assistenzsystem für Ausrüstung mit Rohren	11
Abbildung 8: Visualisierung der Abweichungen von der Soll-Geometrie mit AR (links: original, rechts: mit Augmentierung).....	11
Abbildung 9: Visualisierung von Rohren in der Schiffskabine	12
Abbildung 10: Beispiel für mobiles Augmented Reality in der Wartung	13
Abbildung 11: AR-unterstützte Platzierung von Komponenten im Schiff.....	13
Abbildung 12: AR-GATEWAY als AR-Frontend für AVEVA-NET	14
Abbildung 13: Vision einer zentralen Datenhaltung für alle Datentypen und alle Phasen des Lebenszyklus	15
Abbildung 14: Branchen im Vergleich.....	16
Abbildung 15: Bewertung des Business Case für die Szenarien.....	17
Abbildung 16: F&E-Stufen	18
Abbildung 17: Sektorale Entwicklung von Erwerbstätigen in Deutschland	18

Zusammenfassung

Augmented Reality ist eine neue Technologie, die das Potenzial besitzt, die Arbeitsweise mit dem Computer auf eine neue Stufe zu heben. Im militärischen Bereich sowie in den Branchen Medizin und Automotive hat diese Technologie ihre Leistungsfähigkeit bereits unter Beweis gestellt. Mit dieser Studie soll nun untersucht werden, wo die Einsatzpotenziale in der maritimen Industrie liegen und welche Herausforderungen bis zum praktischen Einsatz adressiert werden müssen.

Nach intensiver Recherche des State of the Art sowie der Untersuchung verschiedener Einsatzszenarien von AR, die durch Akteure der maritimen Industrie formuliert wurden, ergibt sich das folgende Bild:

- Die maritime Branche stellt hohe Anforderungen an Augmented Reality – kann aber auch in besonderem Maße von den Chancen dieser Technologie profitieren. Die wesentlichen Potenziale liegen in der Steigerung der Qualität bei Fertigung und Wartung sowie bei der Effizienzsteigerung, die zu Kostensenkungen führen kann.
- AR bietet die technische Grundlage zur Entwicklung innovativer Produkte und Dienstleistungen.
- Mit der gut ausgebauten TK-Infrastruktur und der starken Callcenter-Branche bietet Mecklenburg-Vorpommern ein gutes Umfeld zur Entwicklung bzw. Ansiedlung von AR-Dienstleistungen.
- Das weltweite Forschungs- und Entwicklungs-Engagement für AR-Basistechniken wird zeitnah zu produktnahen Lösungen führen.
- Maßgeschneiderte AR-Lösungen für die maritime Industrie erfordern zusätzliche F&E-Anstrengungen innerhalb der Branche.

Die Studie mündet in eine Reihe von Empfehlungen, die darauf abzielen die Einführung von Augmented Reality zu erleichtern und die möglichst umfassende Nutzung der Innovationschancen innerhalb der maritimen Wirtschaft zu fördern.

1 Zielstellung und Methodik der Studie

Die vorliegende Studie wurde mit Förderung des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Mecklenburg-Vorpommern sowie einer Co-Finanzierung verschiedener Unternehmen und eines Eigenanteils des erstellenden Institutes durchgeführt. Sie dient dazu, die konkreten Einsatzpotenziale von Augmented Reality in der maritimen Industrie zu bewerten und die Einführung dieser innovativen Technologie zu befördern.

Gemäß Abbildung 1 gliedert sich das Vorgehen in verschiedene Phasen. In der ersten Phasen wurde durch die Autoren eine intensive Recherche des Standes der Forschung und Technik vorgenommen und eine Sammlung von Anwendungsfällen aus anderen Branchen zusammengestellt. Diese Ergebnisse dienen als Input für Kick-Off-Workshops, die individuell mit den beteiligten Unternehmen durchgeführt wurden. Im Rahmen des Workshops wurden konkrete Einsatzmöglichkeiten für das Unternehmen diskutiert und ein Szenario zur weiteren Untersuchung festgelegt.



Abbildung 1: Methodik bei der Erstellung der Studie

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

In der folgenden Recherchephase wurde eine parallele Analyse der sieben ausgewählten Szenarien durchgeführt, wobei Abbildung 2 zeigt, dass durch diese Szenarien bereits eine gute Abdeckung des Spektrums möglicher Anwendungen im Produktlebenszyklus gegeben ist. Der abschließende gemeinsame Workshop dient zum einen der Vorstellung der Szenarien und der verallgemeinerten Ergebnisse aus der Studie, wie sie in dieser Zusammenfassung auch dokumentiert ist. Zudem erfolgt während des Workshops unter Nutzung der identifizierten F&E-Herausforderungen auch die Erstellung einer ersten branchenweiten Technologie-Roadmap für den Einsatz von Augmented Reality in der maritimen Industrie.

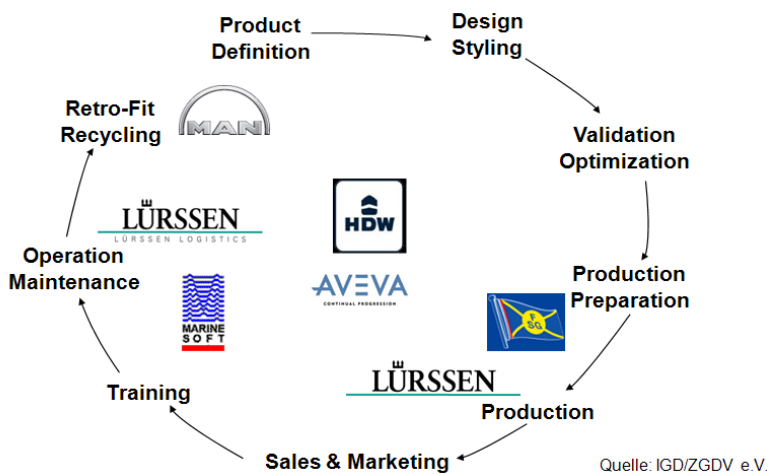


Abbildung 2: Einordnung der Szenarien im Produktlebenszyklus

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

2 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) ist eine Weiterentwicklung von Virtual Reality (VR), bei der die virtuelle Welt mit der realen Welt gemischt wird. Man spricht deshalb synonym auch von Mixed Reality (MR). Durch halbdurchlässige Datenbrillen oder auch durch die Mischung von aufgenommenen Videobildern mit virtuellen Objekten entstehen spannende neue Anwendungsmöglichkeiten.

Nach der Definition von Azuma [Azu97] zeichnet sich ein AR-System durch die folgenden drei Eigenschaften aus:

1. Vereinigung der Realität mit virtuellen Objekten in einer realen 3D-Umgebung.
2. Interaktivität und Echtzeitverhalten des Systems.
3. Ausrichtung der virtuellen Objekte an der realen 3-dimensionalen Welt.

In der Praxis zeigt sich, dass die Grenze zwischen VR- und AR-Anwendungen fließend ist. Statt einer scharfen Abgrenzung sehen wir vielmehr konkrete Ausprägungen im Virtuality Continuum [MTUK94] (siehe Abbildung 3).

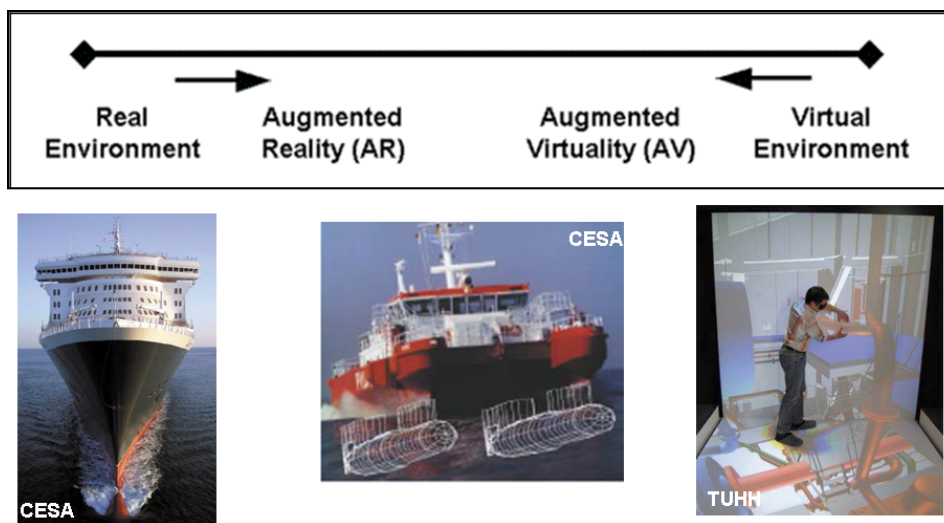


Abbildung 3: Virtuality Continuum

Quelle:
Nach [MTUK94]

Die folgende Abbildung 4 verdeutlicht den Einsatz von Augmented Reality am Beispiel der Wartung. Der Benutzer trägt dazu eine halbdurchlässige Brille, über die Informationen lagegenau in sein Sichtfeld eingeblendet werden. Dadurch hat er die Hände für die eigentliche Aufgabe frei und bekommt die Information genau an der Stelle angeboten, wo er sie auch benötigt.



Abbildung 4: Beispiel für mobiles Augmented Reality in der Wartung

Quelle:
Microvision, 2008

Ein typisches AR-System vereint i.d.R. verschiedene Komponenten und basiert auf einer geeigneten Kombination der folgenden Basistechnologien:

Tracking: Für die korrekte Überlagerung der Realität mit virtuellen Objekten muss die Position und möglichst auch die Blickrichtung des Benutzers bekannt sein. Dies erfolgt unter Nutzung von Tracking-

Systemen, die verschiedene Sensoren nutzen können. Verbreitet für AR-Anwendungen sind insbesondere optische, markerbasierte Verfahren sowie Beschleunigungssensoren.

Mobile Hardware: Um Mitarbeiter in ihrer Arbeitsumgebung durch AR optimal zu unterstützen, müssen die Computersysteme mobil sein. Dies umfasst insbesondere das Display. Neben Head Worn Displays in den Varianten "Video see-through", "Optical see-through" (siehe Abbildung 5) zählen auch die Displays tragbarer Geräte wie PDAs oder Notebooks dazu. Aktuelle Forschungsprojekte zielen sogar darauf ab, AR-Anwendungen für Mobiltelefone zu entwickeln. Neben den Displays müssen aber auch die Computer den Anforderungen von AR gerecht werden. Hierzu zählen hohe Rechenleistung (insbesondere gute Graphikeigenschaften) bei geringem Stromverbrauch und langer Batterielaufzeit, geeignete Schnittstellen für Sensoren (GPS, Kamera, RFID-Reader, ..) sowie ein robustes Gehäuse.

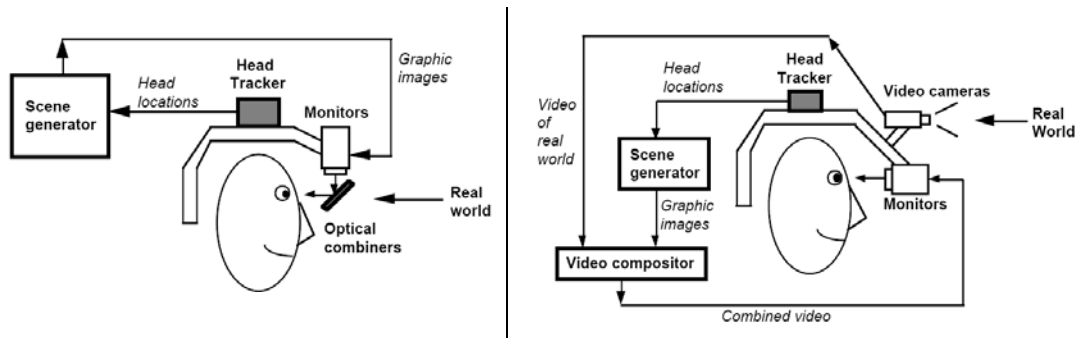


Abbildung 5: Head Worn Displays im Vergleich (links: optical see-through, rechts: video see-through)

Quelle:
[Azu97]

Visualisierung: Zum Mischen von realen und virtuellen Inhalten ist es erforderlich, die virtuellen Objekte in Echtzeit aus der Perspektive des Benutzers zu visualisieren. Besondere Herausforderungen sind die Berücksichtigung von realen Objekten für Verdeckungen sowie bei Anwendungen mit hohem Anspruch an die Darstellungsqualität auch die Berücksichtigung der realen Beleuchtungssituation.

Interaktion: Um dem Anwender die Konzentration auf die aktuelle Aufgabe zu ermöglichen, soll die Interaktion möglichst einfach und ohne zusätzliche Interaktionsgeräte erfolgen. Aus diesem Grund richten sich aktuelle Entwicklungen primär auf die Sprachsteuerung sowie die Steuerung durch Gesten oder Augenverfolgung. Besonderes Augenmerk muss auf die automatische Analyse des Kontextes gelegt werden, um situationsgerecht eine möglichst kleine Anzahl sinnvoller Operationen anzubieten.

Integration: Die möglichst nahtlose Integration mit den im Unternehmen vorhandenen IT-Systemen und Prozessen ist Grundvoraussetzung für den effektiven Einsatz und die Akzeptanz von neuen Anwendungen. Neben dem lesenden Zugriff auf die datenhaltenden Systeme betrifft dies auch die Dokumentation der Ergebnisse sowie die Nutzung vorhandener Rollen- und Rechtssysteme.

Augmented Reality wird von IT-Experten und Zukunftsforschern einstimmig als Technologie mit einem sehr großen Potenzial zur Beeinflussung der Arbeitswelt und des privaten Umfelds eingestuft. So listet Gartner Augmented Reality als Technology Trigger in seinem *Hype Cycle for Emerging Technologies 2008* (siehe Abbildung 6) auf, CSC stuft AR als zentralen Bestandteil von "Living in a new reality" ein und listet das Thema im Rahmen seiner sieben *Digital Disruptions*, die *Nokia Agenda 2015* führt Mixed Reality als eines von acht Forschungsschwerpunkten auf.

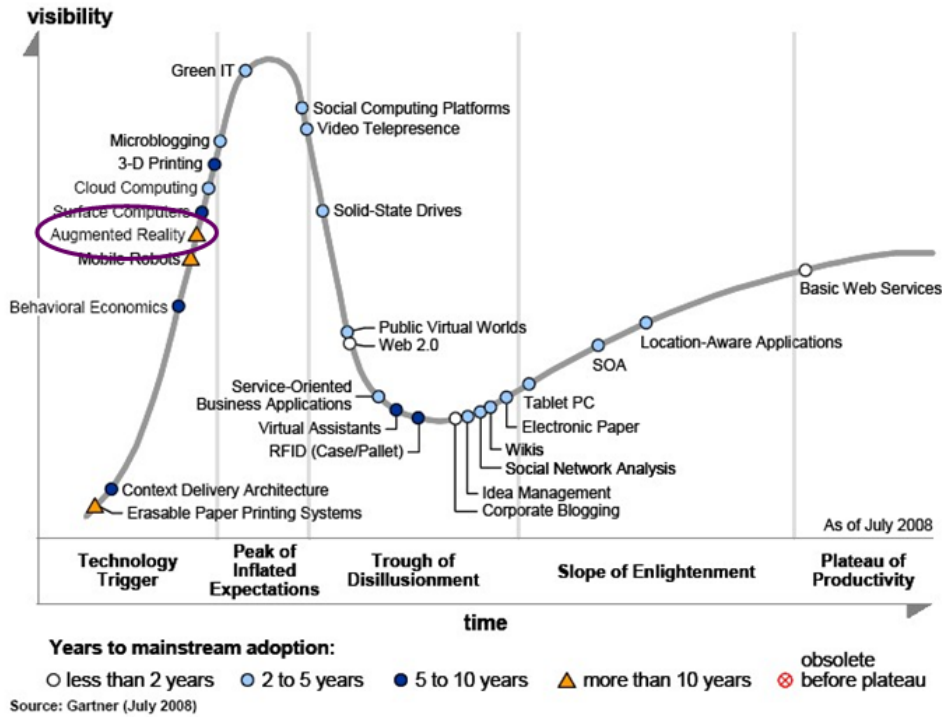


Abbildung 6: Einordnung von AR im Hype Cycle for Emerging Technologies

Quelle: Gartner, 2008

Die Einordnung von Gartner als Technology Trigger mit einem Zeithorizont zur breiten Einführung von mehr als zehn Jahren sowie die Aufnahme des Forschungsthemas Mixed Reality in der Forschungsagenda des siebten Rahmenprogramms der Europäischen Kommission sowie der Hightech-Strategie des BMBF zeigt aber auch, dass diese Technologie noch in den Kinderschuhen steckt. Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich bei den AR-Geräten, -Algorithmen und -Systemen noch um Forschungsprototypen und nicht um Produkte. Dies bietet der maritimen Branche in Deutschland aber auch die Möglichkeit, sich frühzeitig mit der Technologie vertraut zu machen und einen Wettbewerbsvorteil aus der frühen Anwendung zu ziehen. Hierzu soll die vorliegende Studie einen Beitrag leisten.

3 Einsatzszenarien der maritimen Industrie

Über die Recherche bereits umgesetzter Anwendungen für die maritime Industrie sowie dem Brainstorming mit den beteiligten Unternehmen wurden zahlreiche Einsatzpotenziale ermittelt. Hierzu zählen insbesondere die folgenden Szenarien:

- Bauplatzplanung
- Schiffsführungs-Assistenzsystem/Lotsenführung
- Logistikunterstützung an Bord (Kofferleitsystem)
- Sichtgerät für Notfallkräfte (Personenrettung in komplett verrauchten Räumen)
- Sales- und Marketingunterstützung
- Trainings- und Assistenzsystem zum Schweißen
- Beladungs-Assistenzsystem
- Soll-Ist-Vergleich zur Qualitätssicherung in der Produktion
- Platzieren von Hebeegeräten zum Motoraustausch
- Assistenz zum Platzieren von Rohren und Kabeln
- Einsatz von AR zur Brückengestaltung
- Maschinenraumbelüftung
- AR-Fernglas auf Passagierschiff (Tourismus)

Für die Untersuchungen im Rahmen der Studie hat jedes der eingebundenen Unternehmen ein Szenario ausgewählt. Die Reihenfolge der nun folgenden Zusammenfassungen orientiert sich an der Einordnung im Produktlebenszyklus (siehe Abbildung 2).

3.1 FSG: Planungssicherheit in der Fertigung

Für die Ausrüstung einer Sektion mit Rohrleitungen steht auf der Werft das schmale Zeitfenster von zwei Tagen zur Verfügung. Hiervon wird heute ein halber Tag für die Planung vor Ort benötigt. Dem Werker stehen hierzu Tabellen und Zeichnungen zur Verfügung, anhand derer müssen eine Baumethodik entwickelt sowie ggf. zusätzliche Krankapazitäten angefordert werden.

Der Baufortschritt ist schlecht überwachbar, da während der Montage keine objektiven Aussagen vorliegen. Eventueller Verzug wird spät erkannt und führt zu zusätzlichen Schichten bzw. zu einer längeren Belegung des benötigten Bauplatzes und damit zu Auswirkungen auf andere Projekte.

Eine vollautomatische Bestimmung der Baureihenfolge ist aufgrund der komplexen Problemstellung nicht möglich, jedoch kann der Einsatz von Augmented-Reality-Technologie die Planungssicherheit erhöhen.

1. Es kann interaktiv die Baureihenfolge und somit bereits eine Montageplanung für den Bautrupps ermittelt werden, bevor der Bauplatz belegt wird. Hierdurch wird bereits fast ein halber Tag gewonnen, wenn man davon ausgeht, dass nur noch wenige Dinge vor Ort „ausprobiert“ werden müssen.
2. Die Montage vor Ort kann durch Einbauanimationen unterstützt werden. Hierdurch kann der Bautrupps schneller in die Lage versetzt werden, die Rohre zu montieren. Es wird insgesamt Zeit gespart.
3. Das System erkennt in der letzten Ausbaustufe, welche Rohre bereits verbaut sind. Sind die Rohre mit Aufwänden versehen, kann augenblicklich der aktuelle Baustand ermittelt werden.
4. Dadurch, dass die Montageplanung bereits früh vorliegt, können zeitgenau Krankapazitäten geordert werden.



Abbildung 7: Assistentensystem für Ausrüstung mit Rohren

Quelle:
IGDIZGDV, 2008

3.2 Lürssen: Qualitätssicherung in der Fertigung

Abweichungen in den gebauten Strukturen von den Vorgaben der Konstruktion führen zu Problemen bei nachfolgenden Arbeitsschritten. Diese Abweichungen gilt es möglichst frühzeitig zu erkennen und zu beheben bzw. bei den folgenden Einbauten sind die veränderten Ist-Maße zu berücksichtigen.

Als Lösung wird ein Look-ahead-Assistenzsystem vorgeschlagen. Dies besteht aus dem AR-System, mit welchem vor Ort die Abweichungen von Soll- und Ist-Geometrie aufgenommen werden. Stimmen diese nicht überein, ermittelt dieses Assistenzsystem, welche nachfolgenden Gewerke in welcher Weise betroffen sind und löst entsprechende Änderungsanforderungen aus.

Für die Umsetzung dieses Szenarios sind korrekte Baustandsinformationen essentiell. Da diese nicht vorliegen, muss das AR-System mit Annahmen arbeiten und diese validieren und ergänzen. Wenn bekannt ist, welche Bauteile bereits verbaut sind, kann nun der eigentliche Soll-Ist-Vergleich unter Berücksichtigung angegebener Toleranzen durchgeführt werden. Die ermittelten Baustandsinformationen werden datiert im Planungssystem hinterlegt und als Annahme für weitere Untersuchungen genutzt (inkrementeller Ansatz).

Neben der Steigerung der Produktivität durch Senkung der Fertigungskosten wird ein korrektes „digitales Schiff“ erzeugt, welches in weiteren Phasen im Lebenszyklus des Produkts genutzt werden kann.

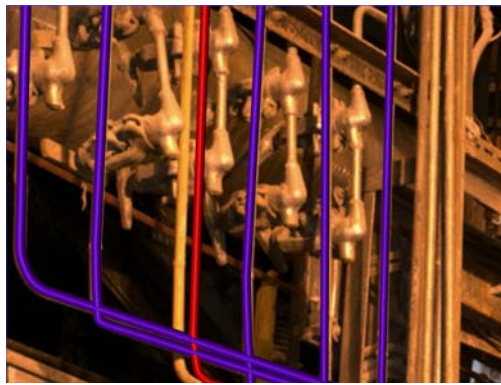


Abbildung 8: Visualisierung der Abweichungen von der Soll-Geometrie mit AR (links: original, rechts: mit Augmentierung)

Quelle:
Folia.com/IGDIZGDV, 2008

3.3 Lürssen Logistics: Wartungsunterstützung

In diesem Szenario wird der Einsatz von AR bei der Behebung von Störungsfällen und die Bekämpfung von Leckagen beschrieben. Tritt heute auf einem Schiff ein Störfall auf, so wird je nach Schwere und möglichen Auswirkungen dieser für die nächste Wertzeit notiert oder es wird sich dafür entschieden, ihn vor Ort zu beheben. Bei einem geringen Aufwand wird die Reparatur ad-hoc durchgeführt; ist das Problem größer, müssen für eine fachgerechte Reparatur Dokumentationen und Wartungshandbücher hervorgeholt werden. Auch ist nicht immer ersichtlich, wo sich hinter Verkleidungen und Abdeckungen Rohre bzw. Aggregate befinden.

Liegt die Dokumentation AR-gerecht vor, können Störfälle (beispielsweise Leckagen) ohne großen Vorbereitungsaufwand und "minimalinvasiv" behoben werden. Der Monteur bekommt sofort und lagerichtig Informationen über verdeckte Aggregate und Rohre sowie Informationen über Betriebszustände und Sicherheitshinweise eingeblendet. Ein weiterer Nutzen des AR-Systems liegt in der einfachen Dokumentation der durchgeführten Arbeiten.



Abbildung 9: Visualisierung von Rohren in der Schiffskabine

Quelle:
Lürssen, 2008

3.4 MarineSoft: AR-Frontend zu Electronic Performance Support System

Inhalt des Szenarios ist es, Augmented Reality in Verbindung mit einem *Electronic Performance Support System* (EPSS) einzusetzen. Mögliche Anwendungsfälle sind dabei AR-gestützte Wartung, Reparatur und Fehleranalyse im Schiff, AR-gestützte Schulungen bis hin zu AR-gestützten spielbasierten Trainingsanwendungen mit AR-Interface – beispielsweise zur Familiarization der Schiffsbesatzung.

Im *Electronic Performance Support System* liegen detaillierte Daten u.a. zu Wartungs- und Reparaturabläufen, zur Fehleranalyse oder zu Sicherheitshinweisen im S1000D-Format vor. Diese Daten müssen für das AR-System aufbereitet und in geeignete Darstellungselemente umgewandelt werden. Beispiele hierfür sind Animationen von Arbeitsvorgängen, das Hervorheben oder Ausblenden von Objekten, Annotationen oder Ton- und Sprachausgaben. Durch die zusätzliche Einbringung semantischer Information (z.B. darüber, wie Schraubverbindungen zu lösen sind) lassen sich multimediale Handlungsanweisungen automatisiert erstellen und die Effizienz im Prozess erheblich steigern.

Die folgenden technischen Herausforderungen leiten sich aus dem Szenario ab:

- Datenfusion
- Datenaufbereitung
- Erzeugung von Handlungsanweisungen
- Räumliche Registrierung

Die Kombination von EPSS (Schwerpunkt Datenbereitstellung und Vernetzung von Inhalten) und Augmented Reality (Schwerpunkt kontextbezogene Darstellung und Interaktion) bietet beste Voraussetzungen für die Steigerung von Effizienz und Qualität bei Wartung, Betriebsunterstützung und Training.

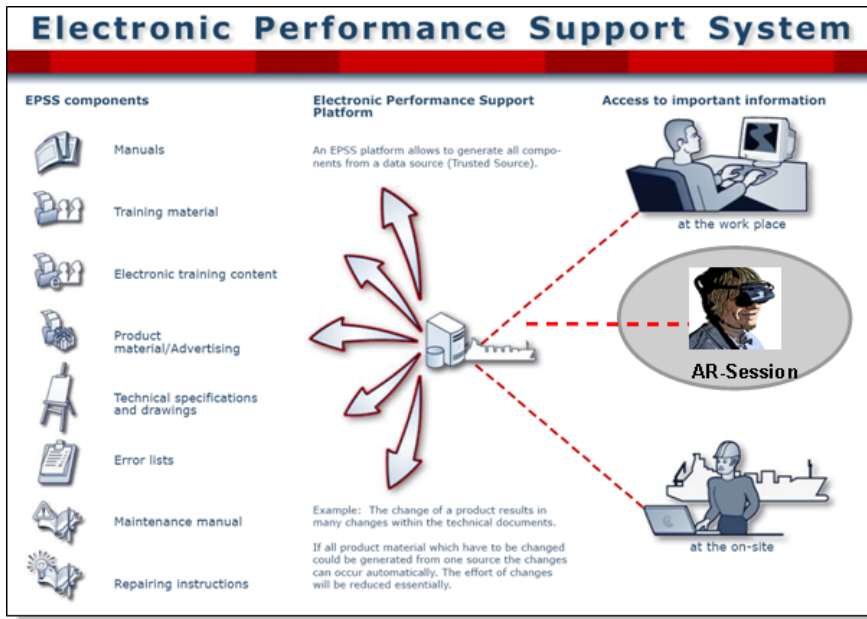


Abbildung 10: Beispiel für mobiles Augmented Reality in der Wartung

Quelle:
MarineSoft/IGD/ZGDV, 2008

3.5 MAN: Retrofit von Schiffen

Beim Nachrüsten von Schiffen beispielsweise mit Abgasreinigungsanlagen ist es erforderlich, den Ist-Zustand des Schiffes aufzunehmen, um den Einbau der Aggregate planen und dann durchführen zu können.

Der Einsatz der Augmented-Reality-Technologie, insbesondere von Photogrammetrie und 3D-Rekonstruktion, bietet beim Durchführen der Machbarkeitsuntersuchung die Möglichkeit die Dauer und Anzahl der Vor-Ort-Termine zu reduzieren. Hierfür genügt es, einige referenzierte Fotos aufzunehmen (ggf. wird die Referenzierung zum Schiffskoordinatensystem benötigt), um eine Planung der Umbauten vorzunehmen und im Falle der Machbarkeit eine 3D-Skizze abzuleiten, die als Grundlage für die Detailkonstruktion der Umbauten dient:

1. Erweiterte Machbarkeitsuntersuchung: Es wird unter Hinzunahme betrieblicher Parameter, z.B. Solltemperaturen, Konzentrationen, Strömungsbildern, die geometrisch optimale Einbau-position gefunden. Hierzu müssen die Ausgangsdaten neben der Geometrie betriebliche Informationen enthalten und die Anbindung von CAE-Systemen für Online-Berechnungen ist erforderlich. Die Form und Auslegung der einzusetzenden Bauteile können direkt festgelegt und im räumlichen Kontext visualisiert werden.
2. Präsentation des Ergebnisses in AR: Es werden die fertiggestellten Varianten auf einem mobilen AR-Gerät dem Kunden/Reeder präsentiert.

Vorteile des hier skizzierten Verfahrens gegenüber herkömmlichen Herangehensweisen sind geringere Kosten durch eine schnelle und sichere Planung sowie eine einfache und intuitive Dokumentation der Ergebnisse. Außerdem können durch genaueres, umfangreicheres Messen eine bessere Ausnutzung des Maschinenraumes erreicht und damit zusätzliche Decksaufbauten vermieden werden.



Abbildung 11: AR-unterstützte Platzierung von Komponenten im Schiff

Quelle:
Metaio/IGD/ZGDV, 2008

3.6 AVEVA: AR-GATEWAY

Inhalt des Szenarios ist es, ein Produkt zu skizzieren, welches den AR-Einsatz in allen Phasen des Schiffslebenszyklus ermöglicht. Das Produkt – AR-GATEWAY – soll sich nahtlos in das bestehende AVEVA Produktportfolio einpassen und soweit möglich auf bestehenden Produkten aufbauen bzw. mit diesen zusammenarbeiten. Insbesondere zu erwähnen ist hier die Integration mit AVEVA NET, welches bereits wichtige für AR-GATEWAY erforderliche Funktionalität bereitstellt.

Aus der Forderung des AR-Einsatzes über den gesamten Schiffslebenszyklus, vom Design in teilweise fertiggestellten Sektionen über die Überprüfung des Baufortschritts und Soll-Ist-Vergleiche bis zur Unterstützung von Wartungs- und Demontageoperationen ergibt sich die Notwendigkeit, verschiedenste, für das jeweilige AR-Szenario erforderliche AR-Geräte und Darstellungen zu unterstützen. Die für AR-Anwendungen erforderlichen Daten wie verfügbare Trackingverfahren, Markerpositionen u.a. müssen in AVEVA NET gespeichert und verwaltet werden. Unter Adaption der bestehenden Lösung AVEVA Review sollte die Auswahl der für eine AR-Sitzung erforderlichen Daten erfolgen. Das Anbinden der AR-Geräte, das Einblenden der AR Informationen sowie die Bereitstellung von szenariospesifischer Funktionalität (wie beispielsweise die Möglichkeit, Abweichungen zwischen Design und Fertigung zu dokumentieren) sind originäre Aufgaben des AR-GATEWAY.

Mit der Bereitstellung des AR-GATEWAY wird es AVEVA Kunden ermöglicht, mit geringem Aufwand die Vorteile der AR-Technologie zu nutzen. AR-GATEWAY erleichtert den Einstieg, indem es vertraute Bedienschnittstellen bietet und aufgrund der guten Integrationen in die anderen AVEVA-Produkte und den über AVEVA-NET realisierten Zugriff auf 3rd Party-Systemen den Initialisierungs- und Verwaltungsaufwand für AR-Sitzungen minimiert.

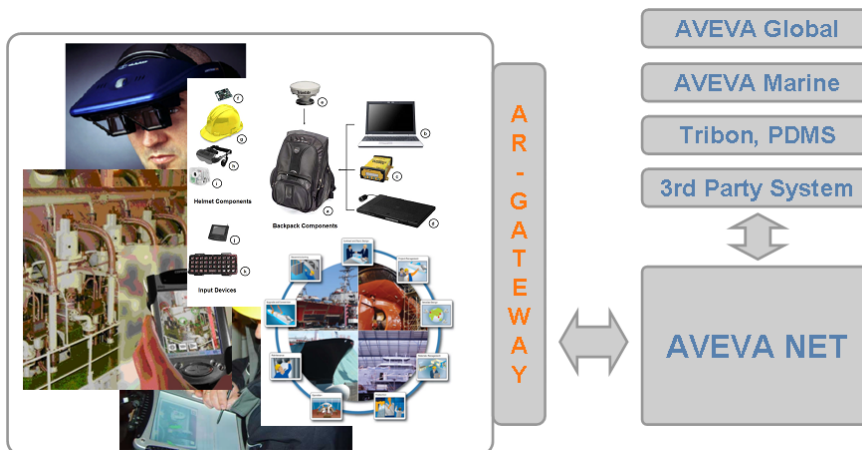


Abbildung 12: AR-GATEWAY als AR-Frontend für AVEVA-NET

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

3.7 HDW: Datenverwaltung im Produktlebenszyklus

Die Verwaltung, geeignete Bereitstellung und Aufbereitung von Produktdaten ist eine zentrale Herausforderung für den praktikablen Einsatz von Augmented Reality in allen maritimen Anwendungen. Als besondere Randbedingungen sind hier die enorme Produktkomplexität, die große Anzahl der bei Konstruktion und Fertigung einbezogenen Unternehmen sowie die im Vergleich zu Autos deutlich höhere Lebens- und Betriebsdauer der Schiffe zu nennen.

Zur Verdeutlichung des angestrebten Zielzustandes wurden zwei Visionen zu verschiedenen Aspekten der Datenverwaltung skizziert:

Evolving Product: Analog zum oben dargestellten Virtuality Continuum (siehe Abbildung 3) existiert heute ein Schiff auch in zwei Repräsentationsformen: als digitales Modell sowie (fortschreitend mit der Produktion) als reales Objekt. Diese beiden Repräsentationsformen sind bislang nur unzureichend synchronisiert und zudem zerfällt das Produktmodell in zahlreiche Partialmodelle. Die Vision des "Evolving Product" bezeichnet ein organisatorisches Konzept zur kontinuierlichen Definition, Anreicherung, Konkretisierung, Anpassung des Produkts über die unterschiedlichen Lebensphasen und auch über die Grenzen eines Unternehmens hinweg.

Zentrale Datenablage: Die Vision der zentralen Datenablage ist quasi das informationstechnische Pendant zur ersten Vision. Zur Erleichterung des Datenzugriffs in unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus und für unterschiedlichste Aufgaben müssen Daten erst lokalisiert, dann oft konvertiert bzw. geeignet aufbereitet werden, bevor sie durch die Anwendung genutzt werden können. Mit der angedachten "zentralen Speicherung" wird ein logisch zentraler Speicherort für das komplette Produktmodell konzipiert, der neben den klassischen Daten der Konstruktion (CAD, Stücklisten etc.) auch Handbücher, Videos vom Baufortschritt oder interaktive Modelle für das Marketing umfasst. Auch

wenn einzelne PLM-Systeme auf dem Papier diese Anforderungen bereits erfüllen ist es noch ein weiter Weg, dieses Konzept über Abteilungs- und Firmengrenzen hinweg tatsächlich umzusetzen.

Aus diesen beiden Visionen leiten sich die folgenden konkreten F&E-Fragestellungen ab, die adressiert werden müssen, um für den Einsatz von Augmented Reality eine effiziente Datenverwaltung liefern zu können:

- Datenvielfalt
- Redundanzen
- Datenfusion
- Datenaufbereitung
- Räumliche Registrierung
- Schutz von Intellectual Property Rights (IPR)

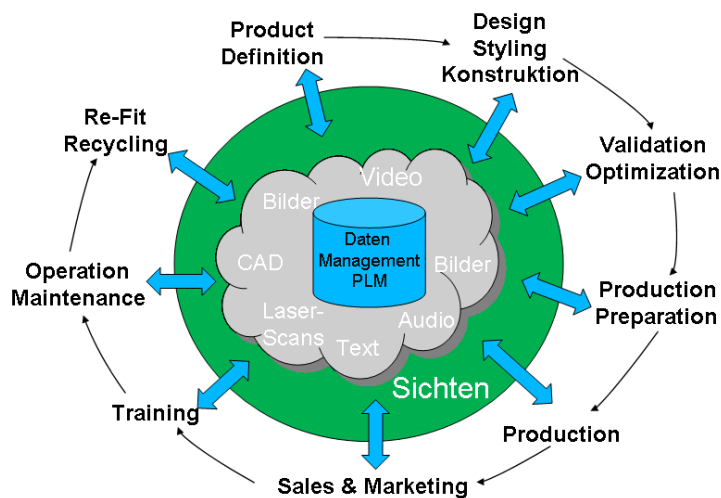


Abbildung 13: Vision einer zentralen Datenhaltung für alle Datentypen und alle Phasen des Lebenszyklus

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

4 Bewertung und Empfehlungen

Investitionen in neue Technologien, die in Branchen mit Serienfertigung auf sehr viele Endprodukte umgelegt werden können, müssen sich im Schiffbau oft schon bei einem Neubauprojekt amortisieren, um vom Management genehmigt zu werden. Zusätzlich zu den fehlenden Serieneffekten setzt die maritime Industrie über ihre typischen Produkte sowie deren Einsatzort noch weitere Randbedingungen, die den Einsatz von Virtueller und Erweiterter Realität stark beeinflussen. Hierzu zählen insbesondere die folgenden Aspekte:

- Die Größe aktueller Fähren, Kreuzfahrtschiffe, Tanker und Containerschiffe sowie deren umfangreiche Ausrüstung führt zu enormen Datenmengen beim Virtuellen Produkt. Zudem müssen mobile IT-Lösungen beim Bau des Schiffes oder auch beim Betrieb einen sehr großen Raum abdecken.
- Die im Schiffbau vorherrschenden Hallen sowie die das Schiff umgebende Stahlhaut schirmen das Innere wirkungsvoll gegen Satelliten oder Funksignale ab. Dies schafft Probleme bei der drahtlosen Kommunikation sowie bei der genauen Positionsbestimmung.
- Eine Havarie birgt hohe ökologische und ökonomische Risiken. Assistenzsysteme, die die Besatzung in einer derartigen Ausnahmesituation unterstützen, können hier einen besonderen Mehrwert bieten.
- Beim Einsatz auf hoher See sind Experten – beispielsweise technisches Personal des Herstellers – i.d.R. nicht vor Ort verfügbar.

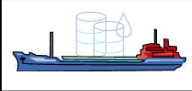


			
No of parts	2.5m to 40m	150k to 1.5m	2.5k to 10k
Product Nature	Multiple (>20), simultaneous, unique products	Multiple (>10), simultaneous, variant products	Few (<10) simultaneous, fixed products
Development Process	Concurrent design and construction	Design, prototype, manufacture	Design, prototype, manufacture
Design Collaboration	1000's	1000's	100's
Management Focus	Change Control, Work Mgt	Design safety, Production efficiency	Production efficiency
Management Technique	Integrated design & construction project management	Project management (design), Production management (manuf)	Production management
Lifecycle	Lifecycle of product	Lifecycle of product	Lifecycle of design

Abbildung 14: Branchen im Vergleich

Quelle:
AVEVA, 2008

Die umfangreiche Liste denkbarer Anwendungen von Augmented Reality in der maritimen Industrie sowie die durchgeführte Beleuchtung der ausgewählten Szenarien zeigen, dass der Einsatz von AR in allen Phasen des Lebenszyklus eines Schiffes möglich und sinnvoll ist. Dabei zeigen sich zwei Schwerpunkte, bei denen AR seine Stärken besonders zur Geltung bringen kann:

1. Einsatz von AR, um Mitarbeiter bei komplexen Aufgaben vor Ort wirkungsvoll zu unterstützen. Dies umfasst beispielsweise das Einblenden von Wartungsprozeduren ins Sichtfeld des Mitarbeiters, um ihn von der Informationsrecherche in Handbüchern zu entlasten. Die ineffiziente zeitliche und oft auch räumliche Trennung zwischen "informieren" und "umsetzen" kann so überwunden werden.
2. Einsatz von AR, um Entscheidungsprozesse durch Überlagerung von Realität und virtuellen Objekten zu verbessern. Hier handelt es sich um anspruchsvolle Aufgaben, bei denen z.B. der Schiffsführer, der Lotse, der Qualitätsbeauftragte in der Fertigung oder auch der potenzielle Kunde durch Einblendung virtueller Objekte in der realen Szene in die Lage versetzt werden soll, Informationen besser wahrzunehmen und im Kontext zu bewerten.

Die konkrete Frage, ob ein Unternehmen in den Einsatz von Augmented Reality investiert, kann diese Studie nicht pauschal beantworten. Es können aber Hilfsmittel an die Hand gegeben werden, um das Management bei dieser Entscheidung zu unterstützen. Zur ersten groben Bewertung des Business Case wurden bei den untersuchten Szenarien drei Kriterien bewertet und unter Nut-

zung einer Portfoliodarstellung visualisiert. Dabei handelt es sich um den erwarteten Nutzen bei der Einführung (angetragen auf der Abszisse), die Einsatzhäufigkeit (abgetragen auf der Ordinate) sowie der Reifegrad der Technologie (über die Größe des Kreises, der das Szenario repräsentiert).

Beim erwarteten Nutzen handelt es sich bei den Szenarien meist um eine Kombination verschiedener Aspekte, wobei die Wichtung natürlich auch aus der individuellen Sicht des Unternehmens vorgenommen werden muss:

- Effizienzsteigerung durch gestraffte Abläufe (Vermeidung von Suchen/Nachschlagen)
- Effizienzsteigerung durch Vermeidung von Fehlern
- Qualitätssteigerung (bessere Prozesse, bessere Entscheidungen, bessere Produkte)
- Steigerung des Sicherheitsniveaus
- Marktchancen durch neue (produktbegleitende) Dienstleistungsangebote
- Innovationsvorsprung/Renommeegewinn

Die folgende Abbildung 15 zeigt die Einordnung der sieben Szenarien im Überblick.

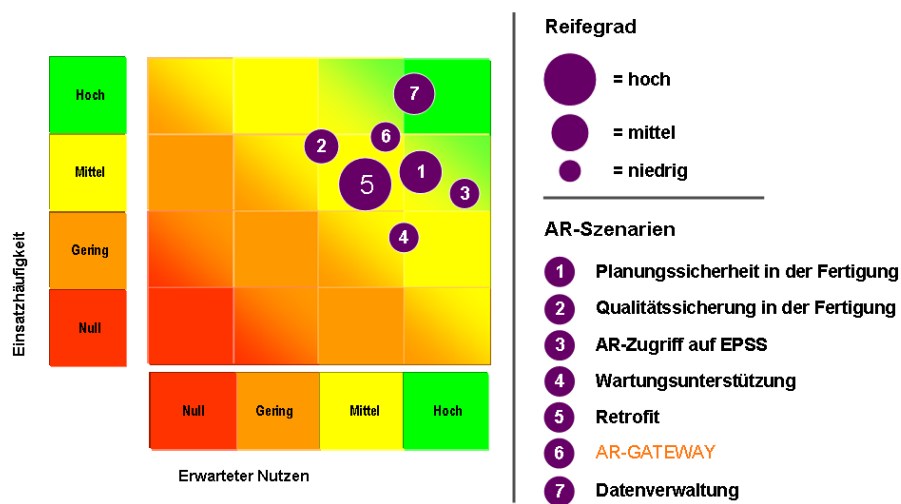


Abbildung 15: Bewertung des Business Case für die Szenarien

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

Ein Teilziel der Studie ist die Identifikation des erforderlichen F&E-Bedarfs als ein wesentlicher Schritt zur zukünftigen Einführung von AR in der maritimen Industrie. Die folgenden konkreten technologischen Herausforderungen leiten sich aus der Analyse der Szenarien ab:

- Praxistaugliches Tracking
- Ergonomische und robuste Displays
- Umfassende Gebrauchstauglichkeit von AR-Systemen
- Datenhandling als Grundlage für AR-Anwendungen
- Effizienz bei Authoring/Anwendungserstellung für Individuallösungen
- Integration von AR in bestehende Prozesse

Nicht alle F&E-Themen liegen im Kompetenz- bzw. Interessensbereich der beteiligten Unternehmen. Zudem entscheidet auch die Positionierung des Themas innerhalb der F&E-Stufen darüber, ob ein aktuelles Engagement sinnvoll ist. Die folgende Abbildung 18 zeigt die gängigen F&E-Stufen von der Grundlagenforschung bis zu Best Practices in der Branche. Offensichtlich macht es für die Akteure der maritimen Wirtschaft wenig Sinn, sich die Grundlagen organischer Halbleitern zu erforschen. Auch die darauf evtl. aufbauenden industriellen Grundlagen zum Einsatz dieser Halbleiter für eine neue Generation miniaturisierter Displays liegt eher im Fokus von Firmen wie Zeiss. Die Stufen angewandte Forschung sowie Entwicklung und Einführung besitzen dagegen eine hohe Relevanz für die hier beteiligten Unternehmen sowie die weiteren Akteure der Region. Sobald eine kritische Masse von Anbietern und Anwendern der Branche das Thema Augmented Reality intensiv betreibt kann auch ein branchenbezogener Industriearbeitskreis zum Erfahrungsaustausch sinnvoll sein.

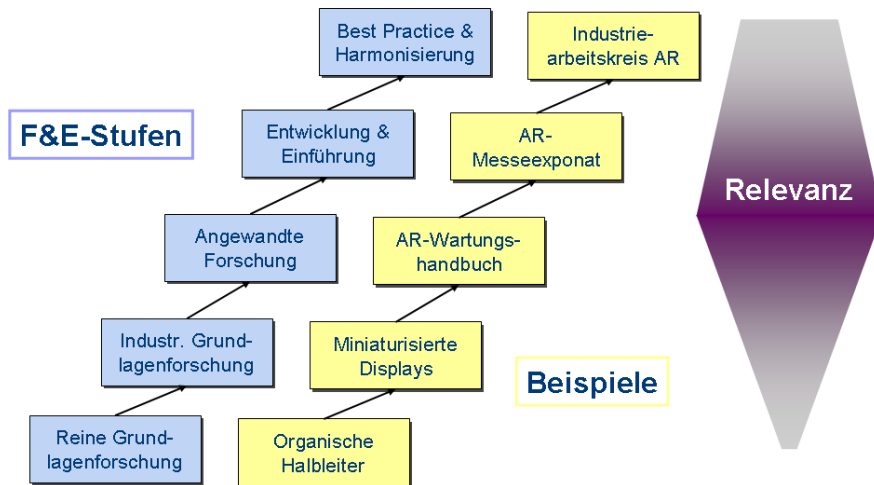


Abbildung 16: F&E-Stufen

Quelle:
IGD/ZGDV, 2008

Augmented Reality birgt ein großes Potenzial für neuartige Dienstleistungen. Das Spektrum reicht von der Erstellung kundenspezifischer Handlungsabläufe zur Steuerung von AR-Applikationen bis zur Fernunterstützung bei der Wartung, bei der die Kamerabilder des Technikers auf dem Schiff zu einer Zentrale an Land (beispielsweise beim Motorenlieferanten) gesendet werden. Abbildung 17 zeigt, dass sich in Deutschland die Arbeitsplätze weiter vom produzierenden Gewerbe zu den Dienstleistungen verschieben.

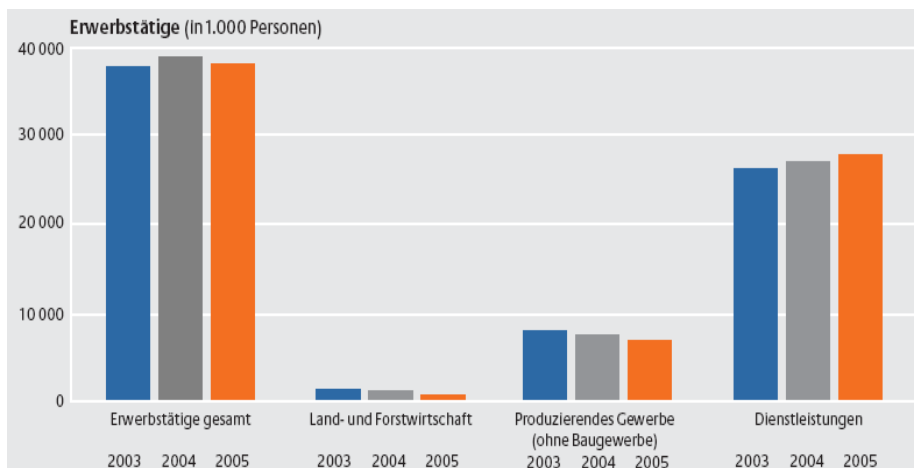


Abbildung 17: Sektoriale Entwicklung von Erwerbstätigen in Deutschland

Quelle:
BMBF, 2006

Die Hightech-Strategie des BMBF [BMBF06] verdeutlicht, dass der Standort Deutschland insbesondere von innovativen Dienstleistungen profitieren kann. Chancen entstehen insbesondere durch eine neuartige Kombination von Sachleistung und Dienstleistung in Form sogenannter Hybrider Produkte. Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich, welche konkreten Möglichkeiten sich hier durch den Einsatz von Augmented Reality in der maritimen Industrie und welche neuen Betreibermodelle sich u.a. auch durch die Kooperation mit der in Mecklenburg-Vorpommern sehr gut entwickelten Service-Center-Branche ergeben.

Um aus den theoretischen Potenzialen von Augmented Reality konkreten Nutzen für die maritime Wirtschaft zu erzielen, geben die Autoren der Studie folgenden Empfehlungen für eine schrittweise Umsetzung ab:

1. Interessierte Akteure (Werften, Systemlieferanten, Reeder, spezialisierte SW-Hersteller) sollten auf Basis des vorliegenden Materials eine individuelle **Abschätzung der Potenziale** vornehmen und konkrete Ziele aus Sicht des Unternehmens formulieren.
2. Interessierte Akteure sollten die **frühe Umsetzung** einfacher AR-Szenarien anstreben und auf dieser Basis AR-Kompetenz aufbauen sowie Erfahrungen mit der Technik und den notwendigen Prozessänderungen sammeln. Basierend darauf kann auch die Datenhaltung im Unternehmen an die Erfordernisse von AR angepasst werden.

3. Die **Vernetzung** mit an AR interessierten Unternehmen ist eine Möglichkeit zur Schaffung von Synergien und zur Reduzierung des Risikos bei Innovationen. Dies betrifft sowohl die Bildung einer Community innerhalb der maritimen Wirtschaft als auch die Kontaktaufnahme mit Early Adopters von AR in anderen Branchen (z.B. Medizintechnik, Automotive), aber auch die Kontaktaufnahme mit dem Dienstleistungssektor der Service-Center, was die Entwicklung interessanter neuer Dienstleistungen und Betreibermodelle befördern kann.
4. Die öffentliche Hand sollte die Entwicklung AR-basierter Produkte und Dienstleistungen durch ihre **Förderprogramme** für Innovation stimulieren, um dem Standort Wettbewerbsvorteile zu sichern.
5. Die weltweiten F&E-Aktivitäten zu Augmented Reality sollten im Sinne des **Technologie-Monitorings** regelmäßig gesichtet und bewertet werden, um deren Ergebnisse zeitnah in eigene Aktivitäten einfließen lassen zu können.
6. Die interessierten Unternehmen sollten die **Kompetenz der Forschungsinstitute nutzen**. Diese bieten technisch und methodisch erfahrenes Personal zur Unterstützung der unternehmensinternen AR-Aktivitäten.

Abkürzungen

AR	Augmented Reality
CAD	Computer Aided Design
EPSS	Electronic Performance Support System
F&E	Forschung und Entwicklung
MR	Mixed Reality
PDA	Personal Data Assistant
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
TK	Telekommunikation
VR	Virtual Reality

Ausgewählte Literatur

- [AGB07] Allusse, Y.; el Grasset, R. & Billinghurst, M. *Accelerating Template-Based Matching on the GPU for AR Applications* in: Proceedings of the Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2007), pp. 271-272, 2007
- [AH03] Aiteanu, D.; Hillers, B. & A, G. *A Step Forward in Manual Welding: Demonstration of Augmented Reality Helmet* in: Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03), 2003.
- [AKBB08] Angelos Amditis, Ioannis Karaseitanidis, Matthaïos Bimpas and Roland Blach: Future scenarios of mixed reality: the INTUITION roadmap scenarios, in: *The Visual Computer*, Volume 24, Number 11, Springer, November 2008.
- [ALA07] Alzua-Sorzabal, A.; Linaza, M. T. & Abad, M. *An Experimental Usability Study for Augmented Reality Technologies in the Tourist Sector* in: Marianna (Ed.) u.a. Sigala, ed., *Information and Communication Technologies in Tourism 2007* : Proceedings of the International Conference in Ljubljana, Slovenia, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 231-242. 2007
- [Azu97] Ronald T. Azuma: *A Survey of Augmented Reality*, in: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355-385, August 1997
- [BDP08] Ball, A.; Ding, L. & Patel, M. , *An Approach to Accessing Product Data across System and Software Revisions*, *Advanced Engineering Informatics* 22(2), pp. 222–235. 2008
- [BMBF06] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): *Die Hightech-Strategie für Deutschland*, Bonn/Berlin 2006
- [BRBH06] Barrera, C.; Richard, S.; Brunetti, G.; Henn, T.; Esnaola-Martínez, A. I.; Arrese-Pujana, A.; Moreno, A. & Segura, *VAR-Trainer: Versatile Construction Machinery Simulator for Security Training*, in: Technische Universität Dresden. Institut für Fördertechnik, Baumaschinen und Logistik: *Baumaschinentechnik 2006* : Ideen, Konzepte, Lösungen., pp. pp. 167-181. 2006
- [BTK08] Behzadan, A.; Timm, B. & Kamat, V. , *General-purpose modular hardware and software framework for mobile outdoor augmented reality applications in engineering*, *Advanced Engineering Informatics* 22, pp. 90-105. 2008
- [BAAK08] Behzadan, A. H.; Aziz, Z.; Anumba, C. J. & Kamat, V. R. , *Ubiquitous location tracking for context-specific information delivery on construction sites*, *Automation in Construction* 17 (2008) 17, pp. 737–748. 2008
- [BK05] Behzadan, A. H. & Kamat, V. R. , *VISUALIZATION OF CONSTRUCTION GRAPHICS IN OUTDOOR AUGMENTED REALITY*, in: Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, pp. 1914-1920. 2005
- [BR05] Bimber, O. & Raskar, R. , *Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*, A K Peters/Wellesley, Massachusetts. 2005
- [BRI07] Bimber, O.; Raskar, R. & Inami, M. , *Spatial Augmented Reality*, SIGGRAPH 2007 Course 17 Notes, SIGGRAPH 2007 Course 17 Notes. 2007
- [DMBM08] Doignon, C.; Maurin, B.; Bayle, B. & de Mathelin, M., *A visual 3D-tracking and positioning technique for stereotaxy with CT scanners*, *Robotics and Autonomous Systems* 56 (2008) 56, pp. 385–395. 2008
- [ES08] Encarnação, J. L. & Stricker, D. , *Augmented-Reality für industrielle Anwendungen in Entwicklung*, Produktion und Service Am Beispiel des Leitprojekts ARVIKA (1999 bis 2003), in: Roland (Hrsg.) Reuse, Bernd (Hrsg.) ; Vollmar, ed., *Informatikforschung in Deutschland*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 269-282. 2008
- [FGY04] Fast, K.; Gifford, T. & Yancey, R. , *Virtual Training for Welding*, in: ISMAR 04: Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 298--299. 2004
- [GS08] Gabbard, J. L. & Swan II, J. E. , *Usability Engineering for Augmented Reality: Employing User-Based Studies to Inform Design*, *IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS*, VOL. 14, NO. 3, MAY/JUNE 2008 14, pp.513-525. 2008

- [GS08] Gabbard, J. L. & Swan II, J. E., *Usability Engineering for Augmented Reality: Employing User-Based Studies to Inform Design*, in: VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, VOL. 14, NO. 3, MAY/JUNE 2008.
- [GSS07] Gierlinger, T.; Santos, P. & Stork, A. ,*Augmented Reality for Visualization of Architectural Design*, in Jonathan P. (Ed.) Bowen, ed., University of the Arts London, College of Communication: EVA London 2007 Conference Proceedings, pp. 35.1 - 35.10. 2007
- [GDB07] Grasset, R.; Dünser, A. & Billingham, M. ,*Human-Centered Development of an AR Hand-held Display*, in: IEEE. 2007
- [KM07] Kalkofen, D.; Mendez, E. & D., S. ,*Interactive Focus and Context Visualization for Augmented Reality*, in: Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '07). 2007
- [KB06] Kamat, V. R. & Behzadan, A. H., *GPS and 3DOF Tracking for Georeferenced Registration of Construction Graphics in Outdoor Augmented Reality*, in: EG-ICE, pp. 368 – 375. 2006
- [KM07] Klein, G. & Murray, D. ,*Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces*, in: ISMAR 2007. 2007
- [Kol07] Kolba, V. ,*Ein Augmented Reality Showcase für den Automobilbau*, Master's thesis, Universität Koblenz Landau. 2007
- [KQL06] Kotranza, A.; Quarles, J. & Lok, B. ,*Mixed reality: are two hands better than one?*, in: VRST '06: Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, ACM, New York, NY, USA, pp. 31-34. 2006
- [LR08] Lee, J. Y. & Rhee, G. , *Context-aware 3D visualization and collaboration services for ubiquitous cars using augmented reality*, Int J Adv Manuf Technol (2008) 37, pp. 431-442. 2008
- [MKS06] Mendez, E.; Kalkofen, D. & Schmalstieg, D. , *Interactive Context-Driven Visualisation Tools for Augmented Reality*, in: Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 06). 2006
- [MTUK94] Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino: *Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum*, in SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies, 1994
- [Nav04] Navab, N. , *Developing Killer Apps for Industrial Augmented Reality*, IEEE Computer Graphics and Applications 24(3), pp. 16-20. 2004
- [PT08] Palmese, M. & Trucco, A. , *From 3-D Sonar Images to Augmented Reality Models for Objects Buried on the Seafloor*, IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 57, NO. 4, pp. 820-828. 2008
- [PSSL07] Park, M.; Schmidt, L.; Schlick, C. & Luczak, H. , *Design and Evaluation of an Augmented Reality Welding Helmet*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 17 (4) 317–330 (2007) 17, pp. 317 - 330. 2007
- [Pir07] Pirk, S. ,*GPU-Based Rendering of Reflective and Refractive Objects in Augmented Reality Environments*, Master's thesis, FH Oldenburg, Ostfriesland, Wilhelmshaven. 2007
- [RJMS07] Ranzinger, M.; Junghanns, S.; Mendez, E.; Schall, G. & Schmalstieg, D. , *Augmented Reality in der Leitungsdokumentation*, in: 2. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme. 2007
- [SSGP07] Santos, P.; Stork, A.; Gierlinger, T.; Pagani, A.; Araújo, B.; Jota, R.; Bruno, L.; Jorge, J.; Pereira, J. M.; Witzel, M.; Conti, G.; Amicis, R. d.; Barandarian, I.; Paloc, C.; Machui, O.; Jiménez, J. M.; Bodammer, G. & McIntyre, D. ,*IMPROVE: Collaborative Design Review in Mobile Mixed Reality*, in: HCI International 2007. Proceedings and Posters [DVD-ROM] : With 8 further Associated Conferences, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 543-553. 2007
- [SSSW03] Schnaider, M.; Schwald, B.; Seibert, H. & Weller, T. , *Medarpa--a medical augmented reality system for minimal-invasive interventions*, Studies in health technology and informatics 94, pp. 312-314. 2003
- [SEET08] Schreer, O.; Englert, R.; Eisert, P. & Tanger, R. ,*Real-Time Vision and Speech Driven Avatars for Multimedia Applications*, IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, VOL. 10, NO. 3, April 2008. 2008

- [SMBH07]** Segura, ; Moreno, A.; Brunetti, G. & Henn, T. ,*Visualization for an Augmented Reality Construction Machinery Simulator*, in: Industrial Simulation Conference 2007. Proceedings : ISC 2007, EUROSIS-ETI, Ostend, pp. 324-330. 2007
- [SD08]** Shin, D. H. & Dunston, P. S. ,*Identification of application areas for Augmented Reality in industrial constructionbased on technology suitability*, in: Automation in Construction. 2008
- [UKF08]** Ullrich, T.; Krispel, U. & Fellner, D. W. ,*Compilation of procedural models*, in: Web3D '08: Proceedings of the 13th international symposium on 3D web technology, ACM, New York, NY, USA, pp. 75--81. 2008
- [WBSW07]** Webel, S.; Becker, M.; Stricker, D. & Wuest, H. ,*Identifying Differences Between CAD and Physical Mock-ups Using AR*, in: IEEE Computer Society ; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ; Association for Computing Machinery (ACM) ; Virtual Reality Society of Japan: ISMAR 2007 : Proceedings of the Sixth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 281-282. 2007
- [WWB07]** Webel, S.; Wuest, H. & Becker, M. , *Using AR for matching and measuring CAD and physical data*, in: ISMAR2007. 2007
- [XCC08]** Xu, K.; Chia, K. W. & Cheok, A. D. , *Real-time camera tracking for marker-less and unprepared augmented reality environments*, Image and Vision Computing 26 (2008) 26, pp. 673–689. 2008