

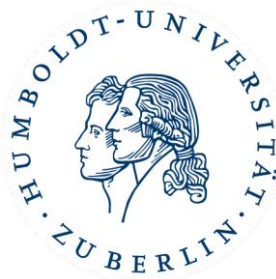
# Augmented Reality

Benjamin Obst – 507497

Ludwig Tröller – 507084

Ausarbeitung zum Seminar “Innovationsforum” im Sommer-Semester 2009

Betreuer: Peter Ibach – Leiter: Prof. Mirosław Malek



**Abstract:** By superimposing virtual imagery, sound and theoretically even other sensorial enrichments over real-world environments in real-time, augmented reality serves as a tool to ever more enhance a human being's awareness and performance.

Originally developed for military applications, the technology has since been transferred to civilian domains such as the medical field, the automobile or leisure industries and many more. While already in place and constantly receiving improvement, augmented reality still faces many shortcomings that limit its effectiveness and portability.

Despite this, relentless progress in terms of hardware and software engineering are gradually enlightening the future of this technology and demonstrate the numerous possibilities that it presents. Many provide great advantages, though some could also raise ethical questions.

## Contents

1	Introduction .....	3
1.1	What is augmented reality? .....	3
1.2	A bit of history .....	3
1.3	Applications .....	3
2	Technology.....	4
2.1	The basics.....	4
2.2	Computer hardware.....	4
2.3	Display & user interface .....	5
3	Tracking devices.....	6
3.1	Referenzierung.....	6
3.2	Global Positioning System (GPS) .....	6
3.3	Genauigkeit von GPS .....	6
3.4	GPS in Kombination mit INS .....	7
3.5	Ortung anhand des Bildes .....	8
4	What's next? .....	9
4.1	A few more current examples.....	9
4.2	Future improvements .....	9
4.3	Ethical concerns .....	9
5	Bibliography.....	11
6	Work distribution.....	11

# 1 Introduction

## 1.1 What is augmented reality?

As opposed to virtual reality, augmented reality (AR) is not an attempt at replacing the world in which we live with another, but rather, as the name indicates, enhance it. The goal here is to further develop the information available to a given person by superimposing extra visuals, sounds or even smells over the actual environment in real time. From providing onsite information to a tourist to guiding a pilot onto the correct flight path, the possibilities given by such a technology are nearly endless.

The principle is simple. A set of tracking devices is connected to a computer that analyzes and treats the environmental data, while in turn providing an adequate response to the user interface, which then displays (or emits) enhanced information. In practical terms though, there are many issues to deal with.

## 1.2 A bit of history

The idea behind augmented reality is nothing new and early prototypes date back to the late 60s (Sutherland, 1968). Although initially clumsy and inefficient, the military quickly saw the potential behind this technology and introduced heavy funding for AR related research (Feiner, 2002). Early achievements include heads up displays (HUDs) in jet fighters and helicopters that could, among others, help with targeting and provide night vision. Such advancements were then passed on to civil aviation and later cars.

The first modern use of AR was introduced in 1993 (Feiner, S., MacIntyre, B., and Seligmann, D., 1993) when a system, named KARMA, was designed to assist maintenance by projecting wireframe schematics and maintenance instructions on top of whatever was being repaired.

Unsurprisingly, this technology is gaining in popularity due to its wide array of applications. Still deemed as unfeasible and inaccessible just a few years back, increased research and growing demand are pushing the barriers of AR further everyday and consumer devices are gradually appearing on the market.

## 1.3 Applications

Military applications have been the most common up to now. Vehicle HUDs and head mounted displays (HMDs) supply tactical advantage by providing geographical and strategic information to soldiers. Such systems can also incorporate virtual reality (VR) elements for training missions, simulating explosions and enemy presence.

But where AR really shines, is when it's applied to civil domains. Doctors could view extensive patient information based on previous x-rays and diagnosis while performing surgery. Looking at a machine would give you detailed step by step directions on how to use it. Educationally speaking, this could mean a real breakthrough. A student could access stored context sensitive instructions, thus learning interactively. Tourists can retrieve information about a site; find their way around a city without pulling out a map or chose a restaurant without carrying a guide around.

As already noted, the application possibilities are numerous to say the least.



Figure 1-1 Imaginary touristic guide AR application

## 2 Technology

### 2.1 The basics

The technology behind augmented reality systems involves numerous fields of research including signal processing and tracking systems, graphics, user interfaces, human factors, wearable and mobile computing, networking or information visualization.

Of course, the requirements for an AR system depend greatly on its intended application, but one can outline a few common basics.

A visual AR system revolves around a display, a precise tracking system which provides accurate environmental information to keep virtual elements synchronized with the real ones and extensive computational power to handle the real-time requirements of augmented reality.

Ideally, these components should be seamlessly integrated in whatever interface is needed and present little or no limitation to the user's perception of his surroundings and his or her movement. Several different approaches exist, depending on which environment the AR system is used in. More details are provided in following sections.

Furthermore, AR systems must satisfy three conditions (Azuma, 1993) in order to function properly. First, a tracker must be accurate to a small fraction of a degree in orientation and a few millimeters in position. Secondly, the combined latency of the tracker and the graphics engine must be very low. Finally, the tracker must work at long ranges.



Figure 2-1 A somewhat dated battlefield augmented reality system prototype implementation using commercially available components. (Mark A. Livingston, Ph.D., Dennis G. Brown, Simon J. Julier, Ph.D., and Greg S. Schmidt, Ph.D., 2007)

### 2.2 Computer hardware

Computing power is a key aspect in augmented reality systems. Processing data faster, results in reduced latencies, improved frame rates and generally speaking, increased possibilities. As the last decade has seen an explosion in mobile computing, great improvements have been achieved that have led to ever more powerful and increasingly efficient chips. This is crucial to wearable AR systems, where these technological advancements translate directly into more compact and autonomous solutions.

However, as research is pushed by numerous different industries and since developments have been constant, technological achievements directly linked to processing power, are not the focus of this paper.

## 2.3 Display & user interface

Although the common goal is to superimpose virtual elements over the real world and present a mixture to the user, interface and display requirements for a visual AR system vary depending on its application as indicated in section 2.1. Setting up a HUD within an aircraft's cockpit does not impose the same constraints as a wearable AR system and a number of different implementations exist.

In the so called "Windows on the world" (WoW) system (Steven Feiner, Blair MacIntyre et al., 1993), a camera captures the real world data. The user can then observe an augmented version of the world through a display such as a computer screen.

The original method described by S. Feiner was simple; immersion was almost non-existent and interaction was carried out through traditional human computer interfaces (HCI); but it composed the basic structure for most current AR systems: the video see-through model.

Its alternative, the optical see-through model, combines a real view with computer generated elements using mirror optics. Since no artificial processing is required, the real image suffers no delay or alteration. While being the best solution to present real world elements, the optical see-through does have drawbacks such as



Figure 2-2 A modern video see-through head mounted display

computer generated material being harder to synchronize, contrast problems depending on lighting and transparency issues with virtual elements. As such, this technology seems to have lost in popularity (Bonsor, 2001), although research still continues (J. Edward Swan II et al, 2007).

The most common conception, when it comes to augmented reality, is a system implementing a head mounted display. These wearable solutions are optimal in the sense that they offer mobility and freedom of movement. Current HMDs implement either video or optical see-through technologies and optionally provide audio feedback as well.

Originally presented as full helm solutions, years of research have enabled current systems to be reduced nearly to the size of a pair of glasses (as seen in Figure 2-2). These are then connected to a portable computer and the various needed sensors to provide the required information.

While acceptable for military or scientific purposes, the technology in its current standing is still deemed as clumsy and unfit for widespread consumer oriented applications.

However, fresh ideas and technologies such as smart phones equipped with cameras, touch-screen interfaces and GPS positioning offer innovative platforms for AR enabled devices. Load the correct application; point your smart phone at the desired object and you will get relevant information (Figure 1-1). Such applications are already in development and could very well reach a wide range of consumers within the next few years.

AR software for consumer grade computers equipped with a webcam is also emerging. For example, BMW owned Austin impressed viewers in late 2008, by releasing an advertising which uses software to integrate a three dimensional model of its Mini car into the captured image when presented to a webcam. As such, the user can position and rotate the model by simply moving the print-based advertising in front of his computer. (Austin, 2008)

Figure 2-3 MINI advertising



Applications currently being developed will let 3d modelers work on their creations in a similar way.



## 3 Tracking devices

### 3.1 Referenzierung

Die genaue Platzierung der virtuellen Objekte in der realen Umwelt ist ein Hauptgegenstand jedes AR-Systems. Dazu müssen die genaue Position und der Blickwinkel des Benutzers möglichst genau bestimmt werden. Nur Geräte mit dieser Eigenschaft erzielen den gewünschten Effekt, die reale Welt zu erweitern, sonst wären Fehlplatzierungen von virtuellen Objekten das Resultat. In der Wissenschaft der Erdvermessung wird das Problem der Positionsbestimmung Referenzierung genannt.

### 3.2 Global Positioning System (GPS)



Das System besteht derzeit aus 30 Satelliten, die ständig die Erde umkreisen und Zeit- und Positionssignale auf die Erdoberfläche schicken.

Die Entfernungen zu drei Satelliten reichen rein theoretisch aus, um die Position des Empfängers zu bestimmen. Da die Entfernung zu den Satelliten nicht direkt gemessen werden kann, werden die Laufzeiten der Signale gemessen und mit der Signalgeschwindigkeit (ungefähr Lichtgeschwindigkeit, weiteres siehe unten) in die Entfernung des jeweiligen Satelliten umgerechnet. In der Praxis wird das Signal eines vierten Satelliten empfangen und verarbeitet. Denn anders als die Satelliten, die jeweils eine Rubidium-Atomuhr installiert haben und zur genauen Zeitbestimmung benutzt werden können, hat der Empfänger nur eine normale Uhr, die Abweichungen aufweisen kann.

Die Zeitdifferenz zwischen Sender und Empfänger ist somit zu den drei Raumkoordinaten die vierte Unbekannte in der Rechnung.

### 3.3 Genauigkeit von GPS

Wie genau GPS die Position ermitteln kann hängt von vielen Faktoren ab.

Die Satellitengeometrie ist ein sehr entscheidender Faktor in den Berechnungen. Darunter versteht man die Verteilung der Satelliten über den Himmel. Einfach formuliert sinkt die Genauigkeit, wenn die Satelliten alle aus ungefähr derselben Richtung empfangen werden. Je besser sie aber über den Himmel verteilt sind, desto besser und auch genauer wird die Position des Empfängers bestimmt.

Sind die Satelliten alle in der Nähe des Horizonts, so kann beispielsweise die Höhe schlecht ermittelt werden, stehen jedoch alle Satelliten hoch am Himmel, können die 2D-Koordinaten auf der Oberfläche der Erde schlechter bestimmt werden. Eine günstige Anordnung wäre ein Sender genau über dem Empfänger und die anderen drei gleichmäßig am Horizont verteilt.

In der Nähe großer Häuser oder vergleichbarer Situationen, wo nur ein Teil des Himmels zu sehen ist ergeben sich somit häufig Ungenauigkeiten von bis zu 100m, da Satelliten, die durch Hindernisse verdeckt sind, nicht mehr empfangen werden können. Abhilfe in städtischen Gebieten könnten Pseudo-Satelliten schaffen, die auf der Erde fest montiert sind und beständig dort ihre Positionssignale versenden.

Ein weiterer Effekt ist der Mehrwegeeffekt. Hier wird an Hausfassaden o.ä. das Signal gespiegelt und dem Empfänger ein zweites Mal zugesandt. Das gespiegelte Signal hat eine längere Laufzeit und bewirkt eine Ungenauigkeit von einigen Metern. Durch die Bauweise der Antennen kann der Effekt vermindert werden.

Eine weitere Fehlerquelle sind die atmosphärischen Störungen. Im Vakuum breitet sich das Signal idealerweise in Lichtgeschwindigkeit aus. In allen anderen Medien wird die Geschwindigkeit verringert. Die Ionosphäre bricht die Funkwellen durch die starke ionische Ladung, die durch die Sonnenwinde verursacht wird. Sind die Sonnenwinde unverhofft stärker ergeben sich starke Abweichungen. Diese Störungen können jedoch durch Mitsenden der Beschaffenheit der Ionosphäre wieder vermindert werden. Das kann entweder der Satellit direkt oder ein Bodensendersystem wie EGNOS machen. EGNOS beispielsweise erstellt ganze Karten mit dem Einfluss der Ionosphäre.

Durch Rundungsfehler im Empfängergerät und Uhrenungenauigkeiten der Satelliten kann es weiterhin zu Ungenauigkeiten von bis zu einem Meter kommen. Auch leichte Schwankungen der Umlaufbahnen der Satelliten ergeben mitunter Abweichungen in der Positionsbestimmung.

Quelle	Fehler
Störungen durch die Ionosphäre	$\pm 5$ Meter
Schwankungen der Satellitenumlaufbahnen	$\pm 2.5$ Meter
Uhrenfehler der Satelliten	$\pm 2$ Meter
Mehrwegeeffekt	$\pm 1$ Meter
Störungen durch die Troposphäre	$\pm 0.5$ Meter
Rechnungs- und Rundungsfehler	$\pm 1$ Meter

Insgesamt ergeben sich also  $\pm 12$  Meter, die GPS im Durchschnitt abweicht. Das genügt jedoch nicht aus um ein ARS sinnvoll z.B. auch in Städten einsetzen zu können.

Geplant ist bis 2013 ein Navigationssatellitensystem, das Galileo-Projekt, fertigzustellen, was von sich aus schon eine Genauigkeit von deutlich unter einem Meter erzielen soll. Das wäre ein großer Schritt für die AR-Systeme.

Bis dahin muss man sich jedoch mit anderen Messtechniken begnügen, die eine Verfeinerung von GPS-Koordinaten ermöglichen.

## 3.4 GPS in Kombination mit INS

Das Inertialnavigationssystem (INS), auch bekannt als Trägheitsnavigationssystem, ist eine Technik zum Messen von Beschleunigungen. Durch Integration über die Zeit ergibt sich die Geschwindigkeit, nach nochmaligem Integrieren auch der Ort des messenden Systems. Das ganze geschieht ohne weiteres Wissen von außerhalb des Gerätes (also ohne Satelliten oder andere Sender).

INS erzeugt allerdings Fehler, die sich in die Berechnungen der nachfolgenden Positionen fortsetzen und mit den nächsten Fehlern addieren. Man kann es mit einer Person vergleichen, der die Augen verbunden werden und die durch den Raum geführt wird. Je weiter sich die Person bewegt, desto ungenauer kann sie angeben, wo sie sich befindet. Kombiniert man jedoch GPS und INS miteinander, kann man die Genauigkeit



zwischen den GPS-Messpunkten deutlich erhöhen. Die zwischenzeitliche Bewegung des ARS wird durch das INS interpoliert und durch erneutes Bestimmen der Position durch GPS wieder verifiziert und korrigiert.

### 3.5 Ortung anhand des Bildes

Das Bild, das aktuell über die Kamera des ARS aufgenommen wird, wird auf charakteristische Punkte untersucht, also nach einzigartigen Erkennungsmerkmalen. Diese werden dann mit einer Datenbank abgeglichen und es wird überprüft, ob diese Bildpunktkombination schon gespeichert ist. Diese Technik steckt noch in den Kinderschuhen, wird aber am meisten beforscht, da man hier unabhängig von anderen Systemen wie GPS arbeiten kann.

Ein weiterer Vorteil liegt in der reinen Softwarelösung. Gibt es beispielsweise einen neuen Berechnungsweg der Orientierungspunkte, kann der ganz einfach über ein Update der Software integriert werden. Genau in der gleichen Weise könnte man sich die „neueste Datenbank“ der Orientierungspunkte herunterladen und das System an eine veränderte Umgebung so schnell anpassen.

Diese Technik steht aber auch noch vor erheblichen Problemen.

Das gewählte Motiv zur Erkennung muss in der Datenbank gespeichert sein. Andernfalls muss die Datenbank so flexibel sein um neue Orte zu „erlernen“ indem charakteristische Punkte in die Datenbank mit aufgenommen werden.

Selbst wenn ein Motiv schon gespeichert ist, muss es in jeder Beleuchtungslage erkannt werden. Eine Statue in der Innenstadt muss nachts genauso erkannt werden wie tagsüber.

Das ARS kann anhand der Bildbewegung erkennen, wohin sich der Benutzer dreht. Dies geht aber nur, wenn es langsam geschieht. Nach schnellen Bewegungen muss sich das System eventuell komplett neu orientieren. Abhilfe würde eine Kombination aus GPS/INS mit einer Bilderkennungssoftware bieten, die die Feinabstimmung des Bildes vornimmt.



## 4 What's next?

### 4.1 A few more current examples

TwittARound (Figure 4-1) is an AR application for the iPhone 3GS that displays the latest twitter feeds in your area by showing little icons on the display. By their onscreen position you can tell where the feeds are coming from and how far they are from your current position.



Figure 4-1 TwittARound (on YouTube)



Figure 4-2 Next Tube (courtesy of acrosshair / YouTube)

Also for the iPhone, Next Tube (Figure 4-2), an app developed by UK based acrosshair, helps users find the London subway station nearest to them. When held flat, the app displays arrows indicating the nearest stop for each of the 13 tube lines in London. When held up vertically, icons pop-up displaying more information about these stations and their location.

### 4.2 Future improvements

As seen in the previous sections, augmented reality systems do exist, but there's still a lot of room left for improvement. Miniaturization advances will enable even smaller interfaces and computers that are far better adapted to mobile tasks.

Some scientists believe that in the near future, displays could be reduced to the size of an eye lens (Thomas Lucas, Robert Goldberg, 2009) with integrated cameras and sensors. Such a breakthrough could lead to consumer grade products fitted for everyday use.

Broadband wireless connectivity is just starting to emerge and can be expected to gain in coverage rapidly. This will enable more data to be transferred, increasing the possibilities of AR systems.

In brief, whether it is through better satellite systems, improved image recognition, smaller components or any other relevant technological progression, AR can and will profit from a number of different advancements in coming years and has only begun to show its potential.

### 4.3 Ethical concerns

While most improvements in the field of augmented reality can be seen as positive additions to our resources, some developments may arouse the curiosity of critics and leave us with a few questions.

An important question regarding all technological advancements geared at aiding human beings is how dependent people become of these. While an AR system might provide ground breaking new possibilities, the more it simplifies certain tasks, the less a person needs to know. Pushed to the extreme, this consideration

can translate into loss of knowledge and understanding. The phenomenon is nothing new and has been observed in other fields. Arguably, the gain may outbalance the loss, yet it is still important to remain cautious. Being overly dependent on a technology also leads us to question its reliability.

Another concern that critics point out is a decrease in personal privacy and an undermining of civility. Imagine a widespread wearable system with advanced face recognition software, pulling identity information on every passer-by from distant stored databases. This could contain delicate information on a person's personal life and commentaries from other users. While the idea might sound like science-fiction to some, others believe it will soon be a reality (Thomas Lucas, Robert Goldberg, 2009). Whichever way, such uses should be carefully studied before being put into application.



Figure 4-3 Imaginary social AR system

## 5 Bibliography

**Austin BMW** Das neue MINI Cabrio [Online] // Mini.de. - BMW, 2008.

**Azuma Ronald** Tracking Requirements for Augmented reality // Communications of the ACM. - 1993. - Vol. 7. - pp. 50-51.

**Behringer Reinhold** Augmented Reality. - Rockwell Science Center : [s.n.], 2001.

**Bonsor Kevin** How stuff works [Online] // How will augmented reality work?. - 2001. - <http://www.howstuffworks.com/augmented-reality.htm>.

**Feiner S.** Augmented reality: A new way of seeing. [Online] // Scientific American, 286(4), 48.. - 2002. - <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=0006378C-CDE1-1CC6-B4A8809EC588EEDF>.

**Feiner, S., MacIntyre, B., and Seligmann, D.** Knowledge-based augmented reality // Communications of the ACM. - 1993. - Vol. 7.

**J. Edward Swan II et al** Egocentric Depth Judgments in Optical, See-Through Augmented Reality [Journal]. - [s.l.] : IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, 2007. - 3 : Vol. 13.

**Kowoma** <http://www.kowoma.de/gps/> [Online] // Kowoma.

**Mark A. Livingston, Ph.D., Dennis G. Brown, Simon J. Julier, Ph.D., and Greg S. Schmidt, Ph.D.** Mobile Augmented Reality: Applications and Human Factors Evaluations [Report]. - Washington, DC : Advanced Information Technology Code 5580, 2007.

**Sairio Mikko** Augmented Reality. - 2001.

**Steven Feiner, Blair MacIntyre et al.** Windows on the World: 2D Windows for 3D // Proceedings of ACM Symposium on User Interface Software and. - Atlanta : Association for Computing Machinery, 1993.

**Sutherland Ivan** A head-mounted three dimensional display. [Report] : Paper. - 1968. - pp. 506-508 2..

**Thomas Lucas, Robert Goldberg** La Vida Cyborg [Online] // Live Science. - 2009. - [http://www.livescience.com/common/media/video/player.php?section\\_id=2#playerTop](http://www.livescience.com/common/media/video/player.php?section_id=2#playerTop).

## 6 Work distribution

- **Ludwig Tröller:** Layout & English sections
- **Benjamin Obst:** German sections