Entwicklung eines neuartigen Multitouchsystems

Das im Beitrag vorgestellte Multitouchsystem basiert auf einem Laser-Radar. Der Autor geht auf die Bestandteile und Funktionen des sogenannten radarTouch-Systems ein und beschreibt mögliche Anwendungsbeispiele. Entwickelt wurde das System im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik der Fachhochschule Köln im Institut für Medien- und Phototechnik.

This paper describes a touch-based control system based on laser radar technology. The author explains components and functionality of the so called radarTouch system and outlines possible application examples. The system was developed in the framework of a bachelor thesis at the Information, Media & Electronics faculty of the University of Applied Sciences Cologne (part of the Institute for Media & Photo Technology).

Einführung

Klassischerweise werden Computer mit Tastatur und Maus bedient. Im Zuge fortschreitender und fortschrittlicher Technologien bietet es sich heute vielerorts an, auf berührungsempfindliche oder hindernis- bzw. bewegungssensitive Systeme umzusteigen. Vereinfacht werden diese Systeme auch als „Touch-Systeme“ bezeichnet, auch wenn der Begriff Touch (engl. für Berührung) nicht ganz korrekt ist, da bei vielen dieser Techniken keine wirkliche Berührung erforderlich ist. Einer der Gründe für die Bedienung eines Computers über Touch-Systeme, ist die oft unbefriedigende oder unpassende Kommunikation mit Maus und Tastatur.

Besonders zuträglich für eine einfache, schnelle und erfolgreiche Kommunikation zwischen Mensch und Computer sind Systeme, die vom Benutzer ausgeführte Gesten erkennen und entsprechend interpretieren. Diese Systeme sind zumeist multitouch-fähig. Das heißt, dass solche Geräte die gleichzeitige Auswertung mehrerer „Berührungen“ ermöglichen.

In Zeiten immer größerer Displays, qualitativ hochwertiger Projektionen, einer steigenden Begeisterung für interaktive Handlungen und Digital-Signage wächst der Markt für besonders große Touch-Systeme. Zum Beispiel in Museen, öffentlichen Bereichen, Leitstellen oder industriellen Einrichtungen besteht ein Bedarf an solchen Anwendungen. Großes Potenzial existiert zudem im Eventbereich oder in TV-Studios. Einen zusätzlichen Aufschwung werden Touch-Systeme durch das neue Microsoft-Betriebssystem erfahren, denn Windows 7 unterstützt standardmäßig die Nutzung von Multitouch-Geräten [5].

B. Eng. **Tobias Schwirten** ist bei der Lang AG zurzeit für das Produktmanagement von Flat-Panel-Displays verantwortlich und entwickelt sowie betreut interaktive Lösungen

Systemanforderungen

Ziel der vorgestellten Arbeit war es, ein Multitouch-System zu entwickeln, das neue beziehungsweise andere Arten der Mensch-Computer-Interaktion ermöglicht. Dieses System sollte einerseits dem Trend immer größerer bespielter Flächen (Display, Projektion usw.) gerecht werden, andererseits sollte es die Möglichkeit bieten, losgelöst und frei im Raum in Interaktion mit dem Computer zu treten.

Um sich auf dem Markt etablieren zu können, sollte das System folgende Kriterien erfüllen:

- Flexibilität in der Nutzung, insbesondere hinsichtlich der Größe,
- echte Multitouch-Fähigkeit, das heißt, mehr als zwei „Hindernisse“ werden erkannt,
- Abdeckung großer Bereiche, in denen agiert wird,
- universell einsetzbar und geringe Abmessungen,
- zuverlässige Funktion auch bei wechselnden Lichtverhältnissen, Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit usw.,
- vergleichbarer bzw. niedrigerer Preis als andere Systeme und
- geringe Latenz zwischen Aktion des Benutzers und Reaktion der Software bzw. der Visualisierung.

Die Grundidee der Bachelorarbeit liegt in der Realisation der Aufgaben mit einem sogenannten Laser-Radar. Dieses Messgerät liefert Daten aus seiner Umgebung, die durch eine im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Software verarbeitet werden.

Multitouch-System

Das Produkt „radarTouch“ besteht aus der Hardware und der dazugehörigen neu entwickelten Software, die eine Ethernet-Verbindung nach dem TCP/IP-Protokoll aufbaut und die empfangenen Daten verarbeitet. Die Hardware besteht aus einem Messgerät und entsprechenden Anschlusskabeln.

Hardware

Das genutzte Messgerät ist ein zweidimensional messender Distanzsensor. In seinem Inneren befindet sich eine Laserdiode, deren Licht über ein optisches System auf einen Drehspiegel weitergeleitet wird. Diese Ablenkeinheit ist beweglich und rotiert, wodurch der Laser über einen bestimmten Winkelbereich geführt werden kann. Die Laserquelle sendet periodisch Lichtimpulse aus. Treffen diese Impulse auf Hindernisse, werden sie remittiert und von einer Empfangseinheit im Inneren des Gerätes registriert.

Remission sollte nicht mit Reflexion verwechselt werden. Bei Remission spricht man von einer diffusen Reflexion. Eine ideal remittierende Oberfläche würde das auftreffende Licht, wie ein Lambertstrahler, in alle Richtungen gleichmäßig abgeben. Anhand der Laufzeit des ausgesendeten und wieder empfangenen Lichtimpulses und der aktuellen Winkelstellung der Ablenkeinheit kann nun das Messgerät die genauen Koordinaten des Objekts bestimmen. Dieses Messprinzip bezeichnet man als Pulslaufzeitmessung oder als Time-of-Flight-(TOF-)Verfahren [1].

Das Messgerät erfüllt die Anforderungen der Laser-Schutzklasse 1, und gilt damit als ungefährlich [2]. Das erzeugte und abgestrahlte Laserlicht breitet sich mit einer Wellenlänge von 905 nm aus und liegt damit im Infrarotbereich.

Die Messungen des Scanners decken bei einer minimalen Winkelschrittweite von 0,36° einen Winkelbereich von bis zu 190° ab. Eine Messung besteht folglich aus maximal 529 Messwerten und wird 25-mal pro Sekunde durchgeführt. **Bild 1** stellt die Bedeutung dieser Parameter noch einmal schematisch dar.

Die äußeren Abmessungen des Messgerätes liegen bei etwa 130 mm × 170 mm ×

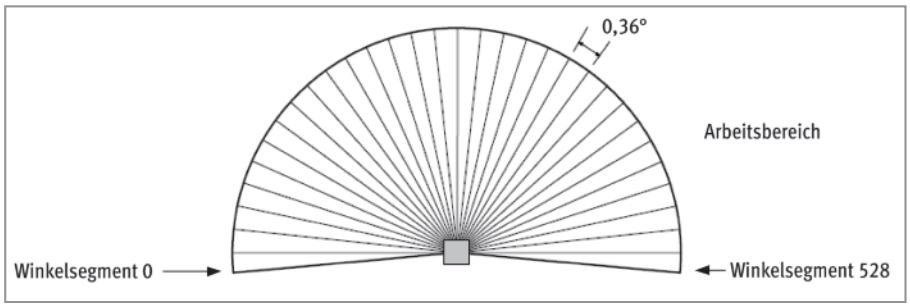


Bild 1. Arbeitsbereich und Winkelauflösung des Messgeräts

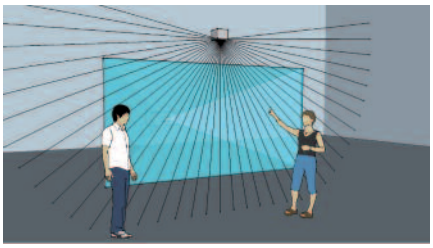


Bild 2. Mögliche Installation eines radarTouch-Systems vor einer Rückprojektionsscheibe

170 mm (B/H/T) und einem Gewicht von 2,3 kg. Die Leistungsaufnahme beträgt maximal 20 W. Es erfüllt die Anforderungen der Schutzart IP65 und kann optional mit einer eingebauten Heizung geordert werden, wodurch Umgebungstemperaturen von bis zu -20 °C dem Betrieb nicht stören.

Das Messgerät kann über verschiedene Decken- oder Traversen-Halterungen montiert und justiert werden. Diese Halterungssysteme können zum Beispiel oberhalb oder unterhalb der Fläche – in der interaktiv agiert werden soll – montiert werden. **Bild 2** stellt eine mögliche Installation des radarTouch-Systems dar. Die Messauflösung des Scanners ist hier zur besseren Visualisierung weitaus geringer dargestellt.

Die maximale Entfernung, bis zu der das System theoretisch noch Objekte erkennen kann, liegt bei 50 m. Mit wachsender Distanz zum Messobjekt erhöht sich allerdings auch der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Messpunkten. Diese Problematik wird zum Teil durch eine in Anhängigkeit zur Entfernung steigende Spotgröße des Lasers kompensiert. Dennoch kann das System zu kleine Objekte, besonders in größerer Distanz, nicht jederzeit erfassen.

Die Zuverlässigkeit, mit der ein Objekt erkannt wird, hängt des Weiteren stark von dessen Remissionsfähigkeit ab. Der Remissionsgrad wird durch das Verhältnis der remittierten Strahlungsenergie zur auftreffenden Strahlungsenergie bestimmt [6]. Ist der Remissionsgrad zu gering, kann ein Objekt nicht erkannt werden. Die Leistung des empfangenen remittierten Lichts hängt außerdem von der Distanz des zu erfassenden Objektes ab. Hier ist unter anderem von Bedeutung, dass die empfangene Leistung sich umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands verhält [1]. Diese verschiedenen Faktoren beeinflussen die Fähigkeit des Systems, Hindernisse zu erkennen.

Bild 3 zeigt die minimale Objektgröße als Funktion der Entfernung. Dieses Diagramm bezieht sich immer auf die minimal noch zu erkennende Remission und beschreibt damit eher eine Art Worst-Case-Szenario für das System. **Bild 4** stellt eben diese minimale Remission als Funktion des Abstandes dar, wobei hier von ausreichend großen Objekten ausgegangen werden muss. Zu beachten ist, dass diese Diagramme lediglich als Anhaltspunkt dienen. Im Regelfall liegt der Remissionswert, beispielsweise einer Hand, weitaus höher als der minimale Remissionswert und somit sinkt auch die minimale Objektgröße.

Damit die Leistung des remittierten Lichts möglichst hoch ist, weist der Laser für die Dauer eines Impulses eine Leistung von bis zu 15 W auf. Aufgrund der kurzen Impulsdauer von nur 3 ns wird eine mittlere Leistung von 12 µW nicht überschritten. Damit kann das Messgerät den Anforderungen der Laserklasse 1 gerecht werden.

Software

Für die Kommunikation zum Messgerät, der Auswertung der Messwerte und das Starten (Veranlassen) einer möglichen Reaktion, wurde eine Software entwickelt, die auf Java

Bild 3. Minimale Objektgröße bei steigender Entfernung →

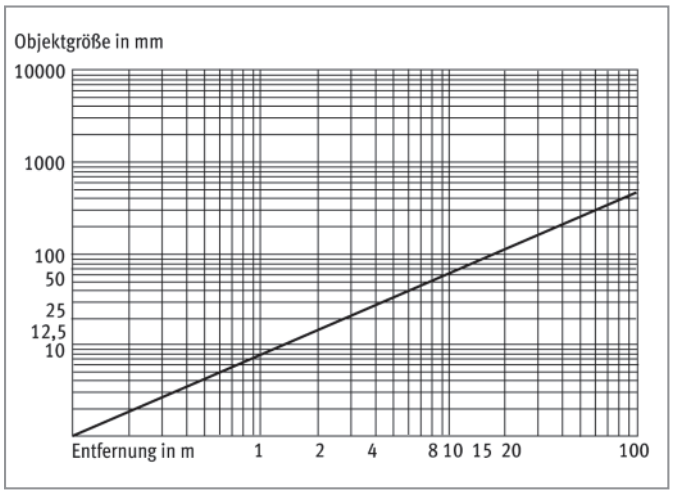
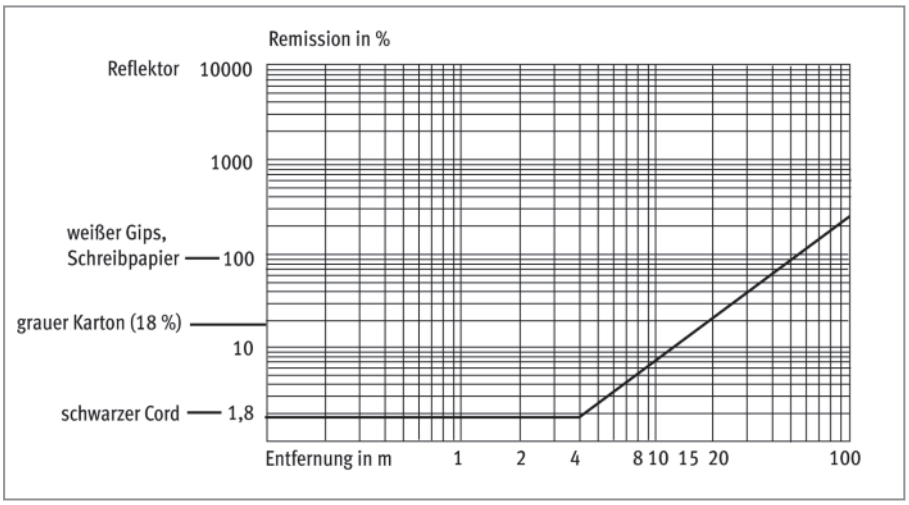


Bild 4. Minimale Remissionen bei steigender Entfernung



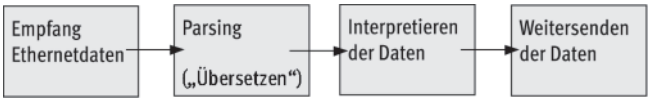


Bild 5. Prinzipieller Aufbau der Software

basiert und mit dem JDK 1,6 programmiert wurde.

Beim Entwurf des Programms wurde besonders auf einen modularen Aufbau wert gelegt. Das heißt, dass die für die Software zu bewältigenden Aufgaben in verschiedenen Modulen untergebracht sind. Diese können einfach ausgetauscht werden. Hier wurde unter anderem auf bekannte Entwurfsmuster, wie zum Beispiel das „Observer-Pattern“, zurückgegriffen.

Softwareaufbau

Im Folgenden wird der prinzipielle Aufbau der Software beschrieben **(Bild 5)**. Das erste Modul der Software empfängt über die aufgebaute Netzwerkverbindung die ermittelten Messdaten. Sind alle Daten einer Messung empfangen, werden diese Rohdaten an den Parser übergeben. Beim Parsing werden die Daten sinnvoll formatiert, um im anschließenden Verlauf einfach und performant genutzt zu werden. Im folgenden Schritt werden die Informationen interpretiert. Stellt der Interpreter fest, dass die Daten bei den aktuellen Einstellungen eine Reaktion veranlassen sollen, werden sie formatiert und an das letzte Modul übergeben. Dieses versendet die Daten über die entsprechende Schnittstelle an den Empfänger.

Die Software weist im Millisekunden-Bereich keine ermittelbare Latenz auf, womit die Reaktionszeit des radarTouch-Systems bei weniger als 40 ms liegt – bedingt durch die Dauer eines Messvorgangs.

Dem Benutzer steht eine grafische Benutzeroberfläche (GUI = Graphical User Interface) zur Verfügung über die verschiedenste Einstellungen getätigt und abgespeichert werden können. **Bild 6** zeigt exemplarisch die Oberfläche, mit der die grundlegenden Parameter einzustellen sind. Eine Aufgabe des GUIs liegt in der Konfiguration der sogenannten aktiven Fläche. Sie definiert über ihre Position und Größe den Bereich in dem das System Hindernisse erkennt und weiterverarbeitet. Des Weiteren können je nach genutzter Version verschiedene Filter zur Rauschminderung oder weitere Funktionen angepasst werden.

Ein zweites Fenster **(Bild 7)** stellt die Messdaten in Form einer Kontur der Umgebung des Messgerätes dar. Mithilfe dieser Visualisierung lässt sich das radarTouch-System einstellen und mögliche Fehler schnell erkennen. Die rote Linie bildet die Messkontur, das blaue Rechteck repräsentiert die aktive Fläche. Die Position des Messgeräts liegt in der Visualisierung im Mittelpunkt der weißen Halbkreise.

Für die Interpretation der Daten stehen die verschiedenen „Interpreter“ zur Verfügung, je nachdem, welche Funktionalität der Nutzer mit dem radarTouch verbinden möchte. So gibt es zum Beispiel Interpreter, die eine Steuerung der Maus bieten oder die verschieden formatierte Daten über verschiedene Schnittstellen versenden.

Als sinnvolle und verbreitete Schnittstelle zum Versenden der ermittelten Daten zeigt sich hier OSC (Open Sound Control) [3], das über eine UDP-Verbindung kommuniziert. Einige klar definierte Protokolle sind im TUIO-Framework [4] festgehalten, das sich im Bereich Multitouch zu einer Art Quasi-Standard entwickelt hat. Hier finden sich verschiedene Profile, die festlegen, welche Daten von erkannten Hindernissen (Koordinaten, Beschleunigung, Bewegungsvektoren, ID usw.) in welcher Form versendet werden sollen. Zum Versenden wird bei TUIO das zuvor erwähnte OSC eingesetzt.

Bild 6. Grafische Benutzeroberfläche

RadarTouch unterstützt unter anderem das 2Dcur-Profil (TUIO-Spezifikation) und ein eigens entwickeltes Protokoll zum Versenden der Daten über OSC. Weitere Schnittstellen (zum Beispiel DMX, MIDI und Artnet) sind bereits oder können in Zukunft implementiert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, das System in Verbindung mit den Touch-Funktionalitäten von Windows 7 zu nutzen.

Einsatzmöglichkeiten

Aufgrund der Flexibilität bezüglich der Größe der aktiven Fläche, Ausrichtung und Montage des kompakten Messgeräts sowie der vielfältigen nutzbaren Schnittstellen und Protokolle zur Datenübertragung ist das System in vielen Bereichen einsetzbar. Als vollwertige Steuerung für klassisch gestaltetet Betriebssysteme wie Windows XP, Vista usw. eignet sich das System allerdings nicht. Das liegt unter anderem daran, dass viele der zu betätigenden Flächen einfach zu klein wären.

Im Folgenden sollen kurz einige mögliche sinnvolle Einsatzmöglichkeiten beschrieben werden:

- Generell ist festzustellen, dass das hier vorgestellte Multitouch-System vor jedem möglichen darstellenden Medium (Displays, LED-Wände, Rückprojektionen usw.) oder sogar komplett losgelöst frei im Raum funktioniert.
- Es ist denkbar, sowohl mehrere Messgeräte miteinander zu kombinieren, um so besonders große interaktive Flächen abdecken zu können, als auch mit nur

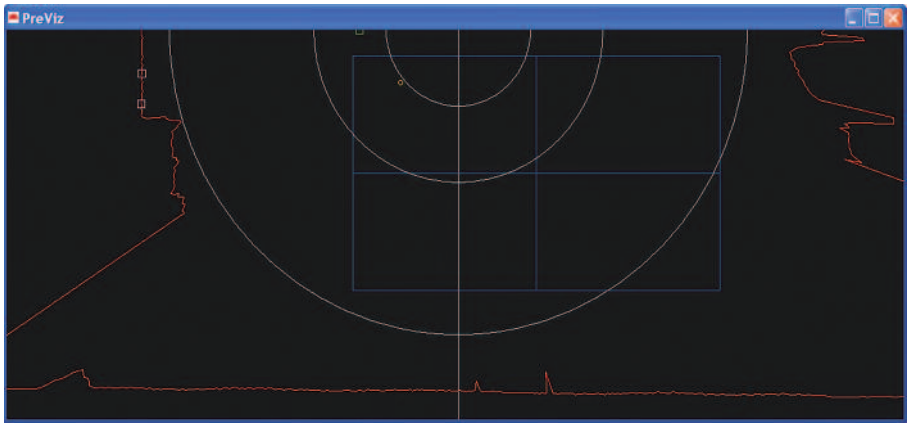


Bild 7. Visualisierung der Messkontur und der aktiven Fläche

einem Messgerät mehrere aktive Flächen zu nutzen. Das könnten zum Beispiel mehrere, in einer Ebene montierte Displays sein, auf denen unterschiedliche Anwendungen genutzt und gesteuert werden.
- In Bereichen, in denen mehrere Benutzer gleichzeitig Informationen auf entsprechenden Displays oder Projektionen abrufen können, ist das System aufgrund seiner echten Multitouch-Unterstützung einsetzbar.
- Auch auf Veranstaltungen und Messen kann es als innovatives Präsentationssystem genutzt werden. Denkbar sind hier einfache aber auch komplexere Anwendungen, bei denen zum Beispiel neue vorzustellende Produkte als 3D-Modell präsentiert werden und durch drehen, skalieren usw. in Szene gesetzt werden können.
- Im Umfeld von Digital-Signage-Anwendungen lassen sich auch einige sinnvolle Einsätze realisieren: zum Beispiel an besonderen Point-of-Interest (PoI).
- Auch die Schaufensterfront, von innen mit einer Projektion oder Displays ausgestattet, kann so zur interaktiven Fläche werden und potenzielle Kunden mit Informationen versorgen. Besonders hier sind die bereits erwähnte Wetterfestigkeit (IP65) sowie die erhältliche Heizung interessant.
- In der Ausstattung von TV-Studios liegt ein weiteres mögliches Einsatzgebiet. Hier könnte zum Beispiel ein System integriert werden, bei dem der Moderator den Blick nicht von der Kamera nehmen muss und einfach durch Bewegungen im Raum Informationen vermitteln kann.

Planung und Installation

Vor dem Einsatz des radarTouch-Systems sollte geklärt sein, welche Schnittstellen und Protokolle genutzt werden. Des Weiteren ist die Art der Nutzung von Bedeutung. Hier gibt es zwei grundlegende Varianten:
- unmittelbar vor einem Display, einer Projektion, einer LED-Wand oder Ähnlichem und
- frei im Raum.

Letzteres verlangt nach einer überwiegenden Gestensteuerung, da es dem Benutzer ansonsten nur schwer möglich sein wird, zum Beispiel einen Knopf präzise zu betätigen. Eine auf Gesten basierende Steuerung ist vom Installationsaufwand, besonders bezüglich Präzision der Einrichtung, einfacher zu realisieren.

Wird eine hohe Präzision erwartet, um Elemente sicher mit einer Berührung zu beeinflussen, muss das Messgerät sorgfältig montiert werden. Hierzu sind verschiedene Montagesysteme verfügbar, mit denen sich gute Ergebnisse erreichen lassen. In der Regel erfordert eine hohe Präzision auch, dass die von dem Laser beschriebene Ebene möglichst dicht vor der darstellenden Fläche (zum Beispiel Projektionsscheibe) liegt. Hier lassen sich in der Regel minimale Abstände zwischen ein und zwei Zentimetern erreichen.

Bei der Gestaltung der durch den Benutzer zu bedienenden Oberfläche sollte stets auf eine ausreichende Größe der Objekte geachtet werden. Das variiert je nach Größe der aktiven Fläche und muss im Zweifelsfall getestet werden. Bei präziser Montage und einer Bilddiagonalen von rund 100 inch ist eine Objektgröße von 3×3 cm ein guter Richtwert.

Die Messwerte werden vom System zuverlässig ermittelt. Im Gegensatz zu vielen anderen Touch-Systemen ist das radarTouch robust gegenüber wechselnden Lichtverhältnissen. Vermieden werden sollte dennoch ein sehr direktes, fokussiertes Licht auf der Frontscheibe. Da das Messgerät die Distanz eines Objekts über das davon remittierte Licht ermittelt, können stark reflektierende oder durchsichtige Oberflächen die Messwertermittlung erheblich stören. Solche Materialien sollten sich daher nicht in der aktiven Fläche oder in ihrer unmittelbaren Nähe befinden. Nebel oder eine verschmutzte Frontscheibe können die Funktion weiterhin grundlegend stören.

Schlussbemerkung

Das radarTouch-System und die Software bieten eine geringe Latenz zwischen Aktion des Benutzers und Reaktion der entsprechenden Visualisierung. Die Strukturierung der Programmierung führte zu einem zukunftsorientierten Aufbau und einer schnellen und zuverlässigen Funktion der Software.

Betrachtet man das im Rahmen dieser Bachelorarbeit entstandene Produkt im Vergleich mit anderen Touch-Systemen, gilt es grundlegend festzustellen, dass es eine spezielle Lösung mit einer speziellen Technik ist. Besonders die flexiblen Einsatzmöglichkeiten erschweren den Vergleich mit anderen Touch-Systemen. RadarTouch kann bei kreativen Ideen und Projekten als eine einfache, zuverlässige und erschwingliche Lösung betrachtet werden. Um mit der verfügbaren Technik nun auch sinnvolle Anwendungen umzusetzen, bedarf es, neben den kreativen Hard- und Softwareentwicklern, natürlich den gestalterisch und inhaltlich kreativen Personen, die dem Ganzen Leben verleihen.

Referenzen

[1] Hering, E.; Martin, R.: Photonik. Erste Auflage, Springer, Berlin 2006, ISBN 3-540-23438-1, S. 193 bis 214.
[2] Berufsgenossenschaft der Feinmechanik: BGV B2. Fassung vom 1. Januar 1997.
[3] http://opensoundcontrol.org/
[4] http://www.tuio.org/
[5] http://windows.microsoft.com/de-DE/windows/discover/touch
[6] Mütze, K.: ABC der Optik. Erste Auflage, Verlag Werner Dausien, Hanau/Main, 1972, S. 751 bis 752.