

# **Der Virtable: Ein Multitouch- und Objektinteraktionstisch in einem preiswerten, mobilen und kompakten Setup**

**Johannes Luderschmidt, M.Sc.**

**Frederic Frieß, B.Sc.**

**Prof. Dr. Ralf Dörner**

*FB Design Informatik Medien, FH Wiesbaden*

*Kurt-Schumacher-Ring 18, 65197 Wiesbaden*

*Tel.: +49 (0) 611 / 9495-1201*

*Fax.: +49 (0) 611 / 9495-1210*

*E-Mail: [jlude002@informatik.fh-wiesbaden.de](mailto:jlude002@informatik.fh-wiesbaden.de)*

*[ffrie001@informatik.fh-wiesbaden.de](mailto:ffrie001@informatik.fh-wiesbaden.de)*

*[doerner@informatik.fh-wiesbaden.de](mailto:doerner@informatik.fh-wiesbaden.de)*

## **Zusammenfassung**

Der Virtable (Versatile Illumination Research Touch Table) ist ein Ein- und Ausgabe-gerät in Tischform, das neuartige Mensch-Maschine-Interaktion durch die Kombination von (Multi-)Touch und Tangible Interface Konzepten erlaubt. Durch sein modulares Design und seine kompakte Bauweise ist er technisch einfach erweiterbar, einfach zu transportieren und leicht zu verstauen. Dadurch kann der Virtable direkt zu dem eigentlichen Anwendungsort beispielsweise direkt an eine Produktionsstätte gerollt oder getragen werden, um dort als Infoterminal oder zur Kommunikationsunterstützung zu dienen. Durch die natürlichen Interaktionsweisen mittels Touch bzw. durch mit Markern versehene Objekte eröffnet der Virtable auch Nutzern ohne große Erfahrung im Umgang mit IT die Möglichkeit, einfach mit Softwaresystemen zu interagieren. Dazu werden auch spezielle Interaktionsmetaphern vorgestellt, welche die gleichzeitige Verfügbarkeit von Multitouch und Tangible Userinterface Technologien ausnutzen. Die Kosten des Tisches wurden durch die Verwendung günstiger Komponenten niedrig gehalten und liegen für den Aufbau selbst unter 1000 Euro.

Statt über herkömmliche Treiber kommunizieren die Multitouch- und Objektsensoren des Virtable über ein Netzwerkprotokoll namens TUIO mit den Anwendungen des Virtable. Dadurch können Anwendungen für den Tisch in allen Programmiersprachen und Betriebssystemen erstellt werden, die eine Netzwerkkommunikation per UDP erlauben. Die bestehenden Anwendungen für den Virtable wurden in Adobe Flash Actionscript 3 programmiert. Adobe Flash erlaubt ein schnelles und günstiges Prototyping von Anwendungen. Durch die Verwendung von TUIO können die Flash-Anwendungen mit allen Eingabegeräten genutzt werden, die TUIO Meldungen erzeugen.

Durch die Multitouch-Funktionalität unterstützen Anwendungen für den Virttable die gleichzeitige Eingabe durch mehrere Benutzer und fördern dadurch besonders die Kommunikation in Besprechungssituationen, im virtuellen Prototyping oder bei Wartungsszenarien. Usertests mit einer Beispielapplikation zeigen die Vorteile des Einsatzes des Gerätes.

## Schlüsselwörter

Multitouch, Tangible Interfaces, Prototyping

## 1 Einleitung

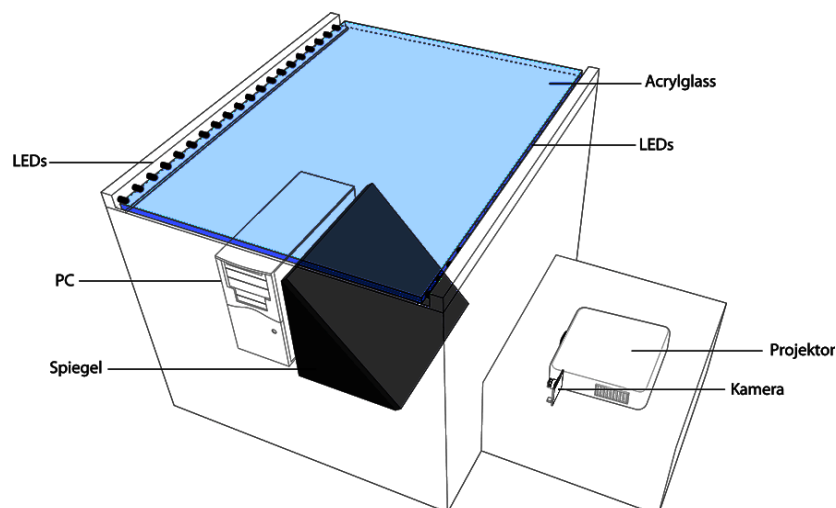
Ob das iPhone von Apple [App09] oder Microsoft Surface [Mic09] – Multitouch-Technologie hat in jüngster Vergangenheit viel Aufmerksamkeit erhalten. Multitouch bedeutet, dass die Berührungen einer Bedienoberfläche durch mehrere Finger gleichzeitig erkannt werden können [BM86]. Dadurch kann ein Benutzer mit mehreren Fingern interagieren und z.B. Gesten zum Vergrößern/Verkleinern und Rotieren von Objekten auf dem Tisch ausführen. Ein Nutzer kann auch mit beiden Händen gleichzeitig mit dem Tisch interagieren. Bei geschickter Auswahl der Aufgaben, die eine Hand jeweils übernimmt, kann durch beidhändige Interaktion eine Beschleunigung der Aufgabenerfüllung (Task-completion) erreicht werden [Bux09]. Auch mehrere Personen können simultan bzw. ohne über ein spezifisches Eingabegerät wie z.B. ein Stylus oder eine Maus zu verfügen in einem solchen Setting interagieren. Dadurch entsteht nicht die Situation, dass ein Nutzer, der über die Maus verfügt, darüber bestimmen kann, was in einer Anwendung gemacht wird. Viel mehr können mit Hilfe eines Multitouch-Tisches Interaktionen direkter (direkt mit der Hand ohne Maus) und intuitiver (ein Mauszeiger muss nicht als Ersatz eines Fingers über den Bildschirm bewegt werden) gestaltet werden.

Eine eigenständige, aber mit Multitouch verknüpfbare Userinterface-Technologie ist die Objektinteraktion über sog. Tangible Interfaces (TUIs) [IU97], die zum Teil auf im Augmented Reality Bereich entwickelten Methodologien aufbauen. Mit TUIs kann der Nutzer durch Objekte, die auf der Bildschirm-Oberfläche platziert werden, mit einer Anwendung interagieren. Diese Objekte, häufig auch Props genannt, können so gestaltet werden, dass sie Metaphern aus dem realen Leben verkörpern. Beispielsweise kann über ein reales Modell in Form einer Kamera die Position und Ausrichtung der virtuellen Kamera einfach gesteuert werden. Derzeit existieren eine Reihe von Forschungsprototypen bis hin zu kommerziell vertriebenen Produkten, welche Multitouch und / oder TUIs in einem tischförmigen Setup verwenden, wie es schon aus der Virtuellen Realität bekannt ist – zum Beispiel der reactTable [JKGA06], die DiamondTouch-Technologie vom MERL [DL01], Microsoft Surface in Kombination mit SurfaceFusion [OW08] oder der Multitouch Interaction Wall von Jeffrey Han [Han06].

Der Einsatz derartig innovativer Mensch-Maschine-Interfaces ist in verschiedenen Anwendungsbereichen attraktiv. In der Produktentwicklung kann ein solches Setup beispielsweise kommunikative Prozesse bei Design-Reviews unterstützen oder On-Demand Informationen bei der Produktentstehung verfügbar machen.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit derartigen Einsatzmöglichkeiten. Zu diesem Zweck stellen wir den von uns entwickelten Virttable (Versatile Illumination Research Touch Table) vor und berichten über die Ergebnisse von Usertests mit einer Beispielapplikation. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Kombination von Multitouch mit TUI-Technologien: Zum einen stellen wir neue User Interface Metaphern vor, welche die Vorteile von Multitouch und TUIs kombinieren. Zum anderen betrachten wir welche Technologien für die Realisierung der Kombination von Multitouch und TUIs besonders geeignet sind. Außerdem gehen wir in diesem Paper der Frage nach, wie derartige Setups kompakter gebaut werden können, um sie mobil einzusetzen und in welchen preislichen Regionen die im wirtschaftlichen Kontext wichtigen Anschaffungskosten liegen.

Im nächsten Kapitel stellen wir die Hardware des Virttable und die von uns ausgewählte Basistechnologie vor. Die Beispielapplikation und die darin realisierten Userinterface-Metaphern sind Gegenstand von Kapitel 3. In Kapitel 4 werden Einsatzszenarien des Virttable für VR/AR-Anwendungen diskutiert. Über die wesentlichen Resultate unserer Nutzertests berichten wir in Kapitel 5. Kapitel 6 schließlich enthält eine Zusammenfassung.



*Bild 1: Beispielhafter Aufbau eines Multitouch-Tisches, der auf FTIR beruht (Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Tim Roth [Rot09])*

## 2 Der Virtable

Der Virtable ist ein Eingabegerät, das die Eingabe per (Multi-)Touch, per Objektinteraktion oder über eine Verbindung beider Technologien erlaubt.

### 2.1 Grundlegende Techniken zum Tracking von Fingern und Objekten

Das Finger- und Objekttracking des Virtable basiert auf einem ähnlichen Verfahren wie es von Jefferson Han beschrieben wurde [Han05]. In Bild 1 ist ein Setup, das auf frustrierter, interner Totalreflektion (FTIR) beruht, prototypisch illustriert: Das Bild einer Computer-Anwendung wird über einen mit dem Computer verbundenen Videoprojektor auf eine mit einem Diffusor versehene Glasscheibe per Rückprojektion projiziert. Über Infrarot-Lichtquellen (z.B. IR LEDs) wird seitlich in eine Glasscheibe infrarotes Licht eingestreut. Infrarotes Licht ist zwar unsichtbar für das menschliche Auge, Sensoren von Kameras sind allerdings für dieses Licht empfindlich und nehmen es als weißes Licht wahr.

Das Licht wird durch den optischen Effekt der internen Totalreflektion in der Scheibe endlos reflektiert. Berührt allerdings ein Finger die Glasoberfläche wird die interne Totalreflexion an dieser Stelle unterbrochen und von der Fingerspitze wird das IR Licht nach unten in Richtung Spiegel und darüber in die Kamera gestrahlt. Die Kamera ist mit demselben Computer wie der Projektor verbunden. Auf dem Computer extrahiert eine Bildverarbeitungssoftware die Berührungspunkte und reicht diese an die Computer-Anwendung weiter, die auf der Oberfläche des Tisches läuft. Diese kann nun auf die Berührungen reagieren.

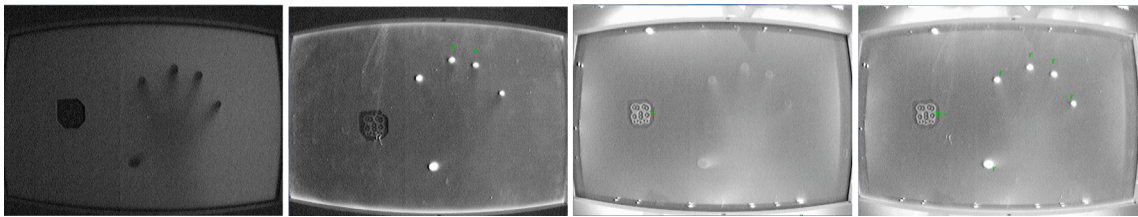
Anstelle von FTIR kann aber auch die Technik der diffusen Illumination (DI) angewendet werden, wie es beispielsweise bei Microsofts Surface-Tisch angewendet wird [Mic09]: Die Tischoberfläche wird über im Tisch positionierte Infrarotstrahler mit infrarotem Licht von unten ausgeleuchtet. Finger (und Objekte), die oberhalb des Tisches mit der Tischoberfläche interagieren, reflektieren dieses Licht und können so über die Kamera erkannt werden.

Bei optischem Objekttracking wird ein Objekt auf der Unterseite mit einem Marker versehen. Sobald das Objekt auf dem Tisch platziert wird, wird der Marker von der Kamera aufgenommen, über die Bildverarbeitungssoftware wird der Marker erkannt und die Marker-Id, Position, Rotation usw. werden an die Anwendung weitergereicht. Die Anwendung kann nun auf den Marker reagieren.

FTIR unterstützt optisches Objekttracking nicht, da das Muster auf dem Objekt durch die Frustration der TIR nicht ausreichend ausgeleuchtet wird. Für die benötigte Ausleuchtung der Marker, die ein besseres Erkennen gewährleistet, kann DI angewendet werden (s. Bild 2).

## 2.2 Tracking von Fingern und Objekten im Virtable

Der Virtable verbindet die beiden Techniken FTIR und DI miteinander, um sowohl Finger als auch mit Markern versehene Objekte möglichst ideal auszuleuchten und somit das Erkennen für die Bildverarbeitungssoftware zu ermöglichen. Experimente haben ergeben, dass einige Techniken sich nur dazu eignen entweder die Finger oder die Objekte zu erkennen. Bild 2 zeigt das Ergebnis der verschiedenen Illuminationstechniken. Die Beleuchtung des Virtable entspricht der des Bildes ganz rechts und ist eine durch bauliche Maßnahmen erreichte Kombination von DI und FTIR.



*Bild 2: Abbildungen verschiedener Illuminierungstechniken für Objekte und Berührungen. Links: Ohne Beleuchtung. Zweites Bild von links: Mit FTIR. Zweites von rechts: Nur DI. Rechts: Kombination DI und FTIR.*

Als Tracking-Software wird die Open-Source-Software reactIVision [KB07] eingesetzt. Diese unterstützt sowohl die Erkennung von Berührungen als auch die Erkennung von so genannten Fiducials. Als Fiducials werden bei reactIVision die an einem Objekt angebrachten Marker bezeichnet [BKa05].

reactIVision versendet unter anderem die Koordinaten, die Position (und bei Fiducials auch die Rotation) von Berührungen und Objekten per TUIO-Datagramme [KBBC05]. TUIO ist ein Netzwerkprotokoll, das auf dem UDP-basierten Open Sound Control (OSC) [Wri05] aufbaut.

Anwendungen können ein UDP-Socket zu dem Port aufmachen, auf dem reactIVision die TUIO-Datagramme versendet und die empfangenen Datagramme in Interaktions-Events umwandeln.

## 2.3 Aufbau des Virtable

Der Virtable besteht aus einem Korpus, der über eine Klappe an der Front verfügt, die geöffnet werden kann, um auf die einzelnen Bauteile zugreifen zu können. Als Projektor wird ein Panasonic PT-AX 200E Videoprojektor verwendet, der über eine Spiegelkonstruktion ein Bild (1280 x 720 Pixel) auf die Tischoberfläche projiziert (s. Bild 3).

Auf dem Projektor befindet sich eine Pointgrey Firefly MV Kamera, die die Tischoberfläche überwacht. Kamera und Projektor sind an einen Mac Mini Computer angeschlossen, der aufgrund seiner geringen Größe für den Aufbau des Virtable ausgewählt wurde. Das Kabel zum Anschließen des Projektors an den Computer und das Stromkabel werden von außen in das Gehäuse geführt. Dadurch muss nur ein Stecker, der aus dem Gehäuse kommt, eingesteckt werden, um den Virtable mit Strom zu versorgen.

Um den Virtable einfach transportieren zu können, verfügt er an den Seiten über Griffe, die auch zur Fixierung mit Spanngurten im Kofferraum genutzt werden können (s. Bild 4). Durch die Rollen kann der Tisch auf ebenen Flächen gerollt werden.

Oben verfügt der Virtable über eine Acrylglasplatte, die mit einer Projektionsfolie versehen wurde. Rund um die Acrylglasplatte wurden 48 Infrarot LEDs in einem Rahmen angebracht, die für die FTIR-Illuminierung sorgen. Unterhalb der Glasplatte wurden weitere 24 Infrarot LEDs in Aluminiumleisten eingelassen und strahlen im 45 Grad Winkel von schräg unten auf die Glasplatte und sorgen somit für die DI-Illuminierung. Eine Umrandung der Glasplatte mit einer Breite von 6,4 cm dient als Ablagefläche für die verwendeten Objekte. Der Tisch selbst ist aus 16 mm starken, weiß lackierten MDF-Platten gefertigt.

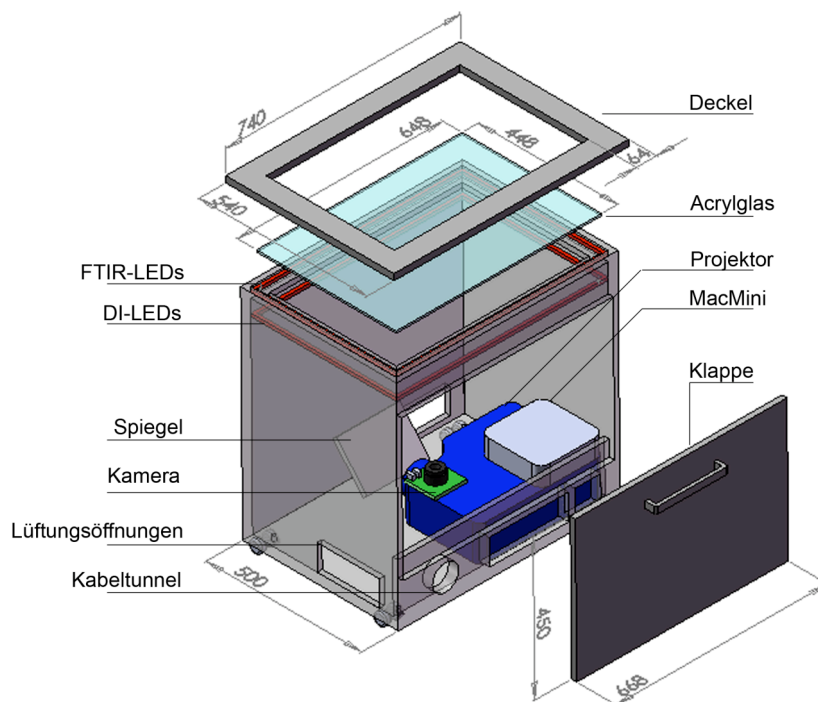


Bild 3: CAD-Zeichnung des Virtable mit Vermaßung in mm.

Abgesehen vom Projektor und Mac Mini haben sich die Materialkosten für den Virtable auf ca. 1000 € belaufen.

### 3 Anwendungen des Virttable

Um das Potenzial des Virttable zu erforschen, wurde gemeinsam mit der hessischen Polizei eine Visualisierungssoftware namens Vispol (Visualisierung für die Polizei) erstellt (s. Bild 5). Diese ermöglicht es der Polizei, bei Sonderlagen wie Banküberfällen oder Geiselnahmen eine Übersicht der beteiligten Personen und ihrer Attribute in Form eines Beziehungsgraphen zu erstellen. Eine Person wird durch einen Kreis repräsentiert, um den herum die Attribute der Person kreisförmig angeordnet sind. Die Personen werden von der Polizei während einer Sonderlage erstellt und die Visualisierung sukzessive mit ermittelten Daten befüllt. Beamte, die neu zu einer Sonderlage hinzukommen, können durch Vispol schnell informiert werden, wer alles in eine Sonderlage involviert ist und wie die Hintergründe einer Tat sind. Sie dient auch als Grundlage für Diskussionen. Anforderungen sind hier Schnelligkeit und Einfachheit der Bedienung; das Userinterface darf keine große kognitive Last für die Anwender darstellen. Die Anwender sollen sich auf ihre Aufgabe konzentrieren können – und sich nicht auf die Bedienung der Software konzentrieren müssen. Die Anwendung wurde gewählt, weil sie ein typisches Beispiel für eine Kommunikationsunterstützung ist und oft verwendete Techniken der Informationsvisualisierung verwendet. Es ist auch eine in der Praxis häufig vorkommende Situation, dass eine Anwendung wie Vispol von den Anwendern nur sporadisch verwendet wird und die Anwender nicht Personen sind, die IT Systeme mit hoher Frequenz benutzen. Die hier erworbenen Erkenntnisse lassen sich auch zum Großteil auf andere Anwendungsfälle übertragen.



Bild 4: Der Virttable in Röntgen-Ansicht (links) und von den Seiten (rechts).

Vispol wurde mit Adobe Flash Actionscript 3 erstellt [Ado09], wodurch schnell eine ansprechende 2D-Benutzer-Oberfläche erstellt werden konnte. Durch die Verwendung des Visualisierungs-Frameworks flare von Jeffrey Heer [Lab09] konnte eine anspruchs-

volle Graphen-Visualisierung erstellt werden, die über ein Zoomable User Interface verfügt.

Im Folgenden wird sowohl die Touch- als auch die Objekt-Interaktion mit Vispol erläutert.

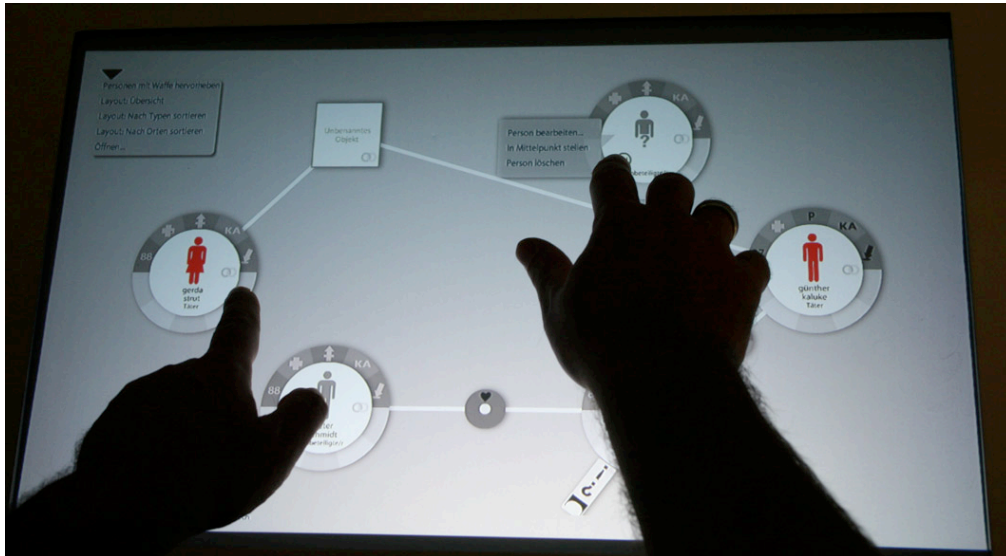


Bild 5: Interaktion mit Vispol per Touch

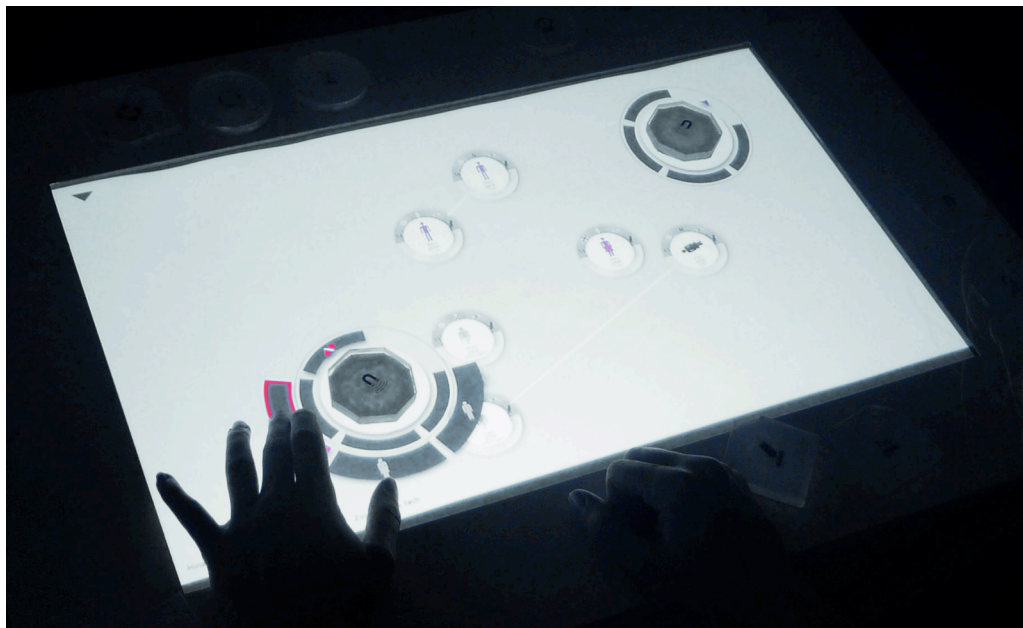
### 3.1 Interaktion mit Vispol per Touch

Wie in Bild 5 illustriert wird, kann Vispol direkt über Touch bedient werden. Beispielsweise können Personen durch das Berühren des ringförmigen Verbindungsfeldes einer Person mit der einen Hand und das Berühren des Verbindungsfeldes einer anderen Person mit der anderen Hand miteinander verbunden werden. Oder die Visualisierung kann durch das Ausführen einer Pinching-Geste (ein Zusammenführen bzw. Auseinanderziehen zweier Finger, die die Tischplatte berühren) ein- und ausgezoomt werden.

Durch die Touch-Steuerung können mehrere Anwender gleichzeitig an der Anwendung arbeiten und somit beispielsweise die aktuelle Informationslage gemeinsam erstellen und diskutieren. Informationen können parallel von der Visualisierung abgerufen und modifiziert werden, ohne dass sich die Anwender mit einer Maussteuerung abwechseln müssten.

### 3.2 Steuerung von Vispol per Objektinteraktion

Für Vispol wurde ergänzend ein TUI umgesetzt, das spezifische Funktionen durch Objektinteraktion ermöglicht. Beispielsweise kann ein neuer Knoten in den Graphen anstatt über einen Button oder über ein Menü mit einem Objekt in Form eines Stempels hinzugefügt werden. Der Anwender „stempelt“ damit einfach einen neuen Knoten an die gewünschte Position. Nach dem Auflegen kann der Stempel um 180 Grad rotiert werden, um eine Dialogbox zu öffnen. In dieser können dem Knoten per Multitouch Attribute wie Name, Alter, Geschlecht und Personentyp zugewiesen werden.



*Bild 6: Objekt-Interaktion mit Vispol mit einem Magnet-Objekt*

Ein Magnet-Objekt beispielsweise (s. Bild 6) ermöglicht es, die Darstellung von Informationen interaktiv zu beeinflussen. Nachdem ein Magnet-Objekt auf die Tischoberfläche gestellt wurde, erscheint ein Auswahlmenü rund um das Objekt, mit dem durch das Berühren der Felder die magnetischen Eigenschaften konfiguriert werden können (s. Bild 6). Beispielsweise ist es möglich, einen Magneten zu erstellen, der Knoten mit dem Attribut männlich anzieht und einen weiteren Magneten so zu konfigurieren, dass er Täter anzieht. Werden diese beiden Magneten gleichzeitig auf dem Virttable platziert, werden sich alle Männer, die keine Täter sind, an dem einen Magneten ansammeln und alle Täter, die keine Männer sind, an dem anderen Magneten. Die Schnittmenge, also alle männlichen Täter, sammeln sich zwischen den beiden Magneten an. Das Magnet- und das Stempel-Objekt sind Beispiele dafür, wie Objektinteraktion und Multitouch kombiniert werden können.

Interaktion ausschließlich über Objekte stellen beispielsweise so genannte Timestamp-Objekte zur Verfügung (s. Bild 8): Sie ermöglichen es dem Nutzer, den aktuellen Zustand der Visualisierung in dem Timestamp-Objekt zu speichern. Sobald dieses Objekt auf die Interaktionsfläche gestellt wird, speichert es den Graphen. Wird dieses Timestamp-Objekt zu einem späteren Zeitpunkt erneut aufgelegt, so wird für die Dauer des Kontakts der assoziierte Zustand wieder hergestellt.

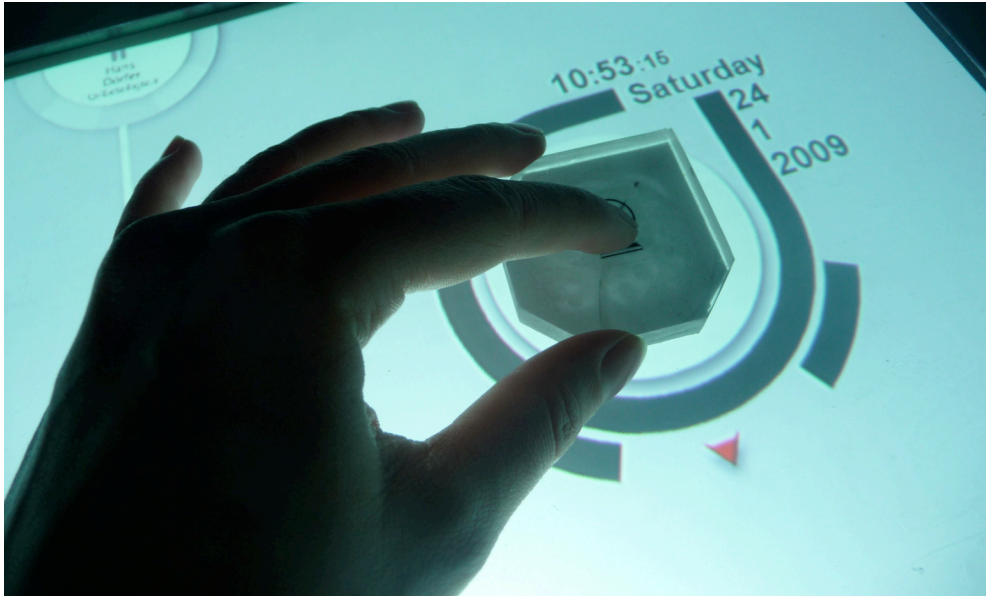


Bild 7: Timestamp-Objekt

Durch diese und weitere Objekt-Interaktions-Metaphern in Vispol werden neue, technisch abstrakte Funktionen für Nutzer ermöglicht und vorhandene, komplexe Funktionalitäten schnell und einfach zugänglich gemacht.

## 4 Anwendungsmöglichkeiten des Virtable in VR/AR und Produktion

Vispol hat aufgezeigt, welche Interaktionsmöglichkeiten der Virtable bietet und wie Anwendungen für dieses Eingabegerät gestaltet werden können. In Vispol können die Nutzer mit einem relativ kleinen Graphen interagieren.

### 4.1 Mobiler Einsatz vor Ort in der Produktion

Durch die kompakte Bauweise kann der Tisch leicht transportiert und aufgestellt werden. Besonders interessant dürften Situationen sein, in denen ein Nicht-Computer-Spezialist, der sich aber gut in seinem Fach auskennt, gemeinsam mit einem Profi ein

Modell mit dem Virttable erstellt. Beispielsweise könnte per einfach zu bedienender CAD-Software, die über ein Multitouch-Interface verfügt, ein Modell gemeinsam entworfen werden. Der Nicht-Computer-Spezialist könnte zuerst den Profi anleiten und, sobald er Funktionen bestimmter Teile der Software verstanden hat, gestaltend in den Modellierungsprozess eingreifen.

Durch das kompakte Setup des Virttable könnte dies direkt am eigentlichen Produktionsort geschehen. Auch Schulungen und Unterweisungen für neue Maschinen könnten mit dem Virttable direkt vor Ort vorgenommen und für die zu schulenden Mitarbeiter interaktiv gestaltet werden.

## **4.2 Einsatz in VR/AR**

Für den Einsatz des Virttable in VR/AR und der Produktionsplanung sind zwei generelle Herangehensweisen vorstellbar: Entweder die eigentliche Anwendung läuft auf dem Tisch und kann dort direkt vom Nutzer beeinflusst werden oder die eigentliche Anwendung läuft einem zweiten Monitor wie z.B. einer Powerwall und der Tisch wird als entferntes Eingabegerät genutzt.

### **4.2.1 Standalone Einsatz**

Für die erste Herangehensweise spricht, dass der Nutzer direkt auf der Anwendung arbeiten kann und dass eine vorhandene Anwendung prinzipiell nur touch-fähig gemacht werden muss, indem eine potenziell vorhandene Interaktionsimplementierung um TUIO-Funktionalität ergänzt wird. Da es für das Netzwerkprotokoll TUIO für die gängigen Programmiersprachen Implementierungen gibt (s. Abschnitt 2.2), stehen die entsprechenden Programmiergrundlagen bereit. Allerdings ist die Auflösung des Tisches durch die Verwendung eines einzelnen Projektors begrenzt, im Falle des Virttable auf 1280 x 720 Pixel. Selbst mit einem hochauflösenden (und damit teuren) Projektor mit einer HD-Auflösung ist die Auflösung recht begrenzt.

Bedingt durch die Tischform verfügen Multitouch-Tische nur über eine 2D-Eingabefläche, was die Interaktion mit 3D-Inhalten komplex gestaltet.

Die Interaktion mit einem (2D-)Graphen wie in Vispol scheint besser geeignet zu sein, um eine sinnvolle, direkte Interaktion mit dem Tisch bereitzustellen.

### **4.2.2 Kombiniertes Einsatz des Virttable mit einer Powerwall**

Viel versprechend scheint jedoch der Ansatz zu sein, den Virttable als ergänzendes Eingabegerät für Anwendungen zu verwenden, die auf hochauflösenden Powerwalls betrieben werden. Dadurch ergänzt oder ersetzt der Tisch andere, bisherige Eingabegeräte

wie beispielsweise Gyromäuse oder Joysticks. Auf der Powerwall könnte somit eine 2D- oder 3D-Anwendung laufen und auf dem Tisch könnte zusätzlich eine abstrahierte Darstellung des Powerwall-Inhaltes dargestellt werden, um die Interaktion zu vereinfachen. Der Vorteil dieser Interaktion ist wiederum, dass mehrere Nutzer gleichzeitig den Inhalt der Powerwall beeinflussen können ohne dass beispielsweise eine Gyromaus herumgereicht werden muss.

Konkret würde sich der Tisch eignen, um mit sehr großen Graphen zu interagieren, die auf einer Powerwall dargestellt werden. Ein gutes Beispiel für einen solchen Graphen bietet [GRa09] bei dem ein Graph ein komplexes mechatronisches System verkörpert, in dem ein Nutzer mit einer Gyromaus navigieren kann. Um die Steuerung zu vereinfachen könnte nun der Virtable eingesetzt werden, um Panning und Zooming per Multitouch zu ermöglichen oder mittels Objekten semantisch im Graphen zu filtern oder zu navigieren. Auf dem Virtable selber könnte eine abstrahierte Form des Graphen beispielsweise modifiziert durch eine fischaugen- oder bifokale Verzerrung dargestellt werden.

Für die Interaktion mit einer 3D VR/AR-Anwendung, die auf einer Powerwall läuft, ist es vorstellbar, dass der Nutzer per Multitouch in der Szene navigieren und zoomen kann, dass der Nutzer mit Objekten Lichtquellen in der Szene setzt oder die Kamera bewegt und per Multitouch die Parameter der Lichtquellen/Kameras an den Objekten beeinflussen kann. Auf dem Tisch selber könnte eine Map der 3D-Szene abgebildet werden.

## 5 Evaluierung des Virtable

Der Virtable wurde in mehreren Nutzertests evaluiert und die wesentlichen Ergebnisse sollen hier reflektiert werden.

Ein Nutzertest wurde mit 16 Anwendern, in unserem Fall Polizisten, durchgeführt und die Testpersonen im Anschluss mit einem standardisierten Fragebogen um Feedback gebeten. Die Fragebögen wurden statistisch ausgewertet.

Signifikant viele Probanden gaben an, dass der Virtable leicht zu bedienen sei (Wilcoxon-Test, Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,01$ ). Die Probanden fanden außerdem, dass der Tisch nicht unpräzise auf die Eingaben reagiert ( $p < 0,04$ ). Der Virtable hat bei Touch eine mittlere Reaktionszeit von 145.7 ms mit einer Standardabweichung  $< 20$  ms. Diese Reaktionszeit liegt noch im wahrnehmbaren Bereich. Allerdings hat diese Reaktionszeit die Probanden nicht gestört ( $p < 0,01$ ). Außerdem fanden die Nutzer die Kombination von Visualisierungen und Multitouch sinnvoll ( $p < 0,01$ ) und sie fanden die gemeinsame Arbeit mit der Multitouch-Version von Vispol kommunikativer als die mit der Maus-Version ( $p < 0,01$ ). In den textuellen Kommentaren wurde drei Mal geäußert, dass der Nutzer das Arbeiten am als Tisch aufgebauten großen Bildschirm mochte. Ge-

nauso häufig wurde geäußert, dass der Nutzer das direkte Arbeiten mit den Fingern mochte.

Bei der Objektinteraktion verhält sich die Reaktionszeit der Hardware anders. Diese hat einen Mittelwert von 598 ms mit einer Standardabweichung kleiner als 125 ms. Ein prinzipielles Problem ist, dass die Kamera die Marker bei schnellen Bewegungen der Objekte nicht häufig genug abtasten kann und die Bewegungsunschärfe das sichere Erkennen der Marker durch die Bildverarbeitungssoftware erschwert. Allerdings fanden Probanden in einem zweiten Nutzertest, der wiederum mit 16 Personen durchgeführt wurde, dass diese Verzögerung nicht störend sei ( $p < 0,04$ ). Außerdem fanden die Nutzer das Konzept der Objekte nicht schwer zu verstehen ( $p < 0,01$ ).

## 6 Zusammenfassung

Der Virttable ist ein Eingabegerät, das die gleichzeitige Interaktion mehrerer Anwender mit einer Software sowohl mittels (Multi-)Touch und als auch über Objekte ermöglicht.

Die Kosten der Hardware sind günstig. Neben den Kosten für die Anschaffung eines Projektors und eines Computers für den Tisch, fallen weitere Kosten in Höhe von ca. 1000 € für LEDs, Kamera und Baumaterialien an.

Durch das mobile Design des Tisches kann er leicht zu dem Ort transportiert werden, wo er eingesetzt werden soll.

Die Stärke des Einsatzes des Virttable liegt in kommunikations-lastigen Beratungssituationen, in denen die Beteiligten gleichzeitig und unabhängig von einer Maus Eingaben auf dem Tisch vornehmen oder das gezeigte Bild diskutieren können.

In Nutzertests wurde nachgewiesen, dass der Tisch einfach zu bedienen ist und dass kleinere Mängel, wie beispielsweise eine relativ hohe Reaktionszeit beim Bewegen von Objekten, nicht negativ wahrgenommen werden.

Anwendungen können schnell und günstig mittels Adobe Flash erstellt werden und sind dank TUIO weitgehend unabhängig vom Eingabegerät und können somit auf allen Geräten wieder verwendet werden, die dieses Protokoll unterstützen.

## Literatur

- [Ado09] Adobe: Adobe Flash CS4 Professional. Version: 2009. <http://www.adobe.com/de/products/flash/>, Abruf: 12. Feb. 09
- [App09] Apple: Apple - iPhone. Version: 2009. <http://www.apple.com/iphone/>, Abruf: 12. Feb. 09
- [BKa05] Bencina, Ross ; Kaltenbrunner, Martin ; and, Sergi J.: Improved Topological Fiducial Tracking in the reacTIVision System. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. San Diego, CA, USA, : IEEE, 2005. – ISBN0–7695–2372–2, S. 99
- [BM86] Buxton, W. ; Myers, B.: A study in two-handed input. In: SIGCHI Bull. 17 (1986), Nr. 4, S. 321–326. <http://dx.doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/22339.22390>. – DOI <http://doi.acm.org/10.1145/22339.22390>. –ISSN0736–6906
- [Bux09] Buxton, William: Two-Handed Input in Human-Computer Interaction (Prerelease). Version: 2009. <http://www.billbuxton.com/input11.2H.pdf>, Abruf: 12. Feb. 09
- [DL01] Dietz, Paul ; Leigh, Darren: DiamondTouch: a multi-user touch technology. In: UIST'01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology. New York, NY, USA: ACM, 2001. – ISBN1–58113–438–X, S. 219–226
- [GRa09] Geiger, C. ; Reckter, H. ; Dumitrescu, R. ; Kahl, S. ; Berssenbrügge, J.: A Zoomable User Interface for Presenting Hierarchical Diagrams on Large Screens, HCI International 2009, San Diego, USA (accepted)
- [Han05] Han, Jefferson Y.: Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection. In: UIST'05: Proceedings of the 18th annual ACM Symposium on User interface software and technology. New York, NY, USA: ACM, 2005. –ISBN1–59593–271–2, S. 115–118
- [Han06] Han, Jefferson Y.: Multi-touch interaction wall. In: SIGGRAPH'06: ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies. New York, NY, USA: ACM, 2006. – ISBN 1–59593–364–6, S. 25
- [IU97] ISHII, Hiroshi; ULLMER, Brygg: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In: CHI '97: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York, NY, USA: ACM, 1997. – ISBN 0–89791–802–9, S. 234–241
- [JKGA06] Jordà, Sergi; Kaltenbrunner, Martin; Geiger, Günter; Alonso, Marcos: The reacTable: a tangible tabletop musical instrument and collaborative workbench. In: SIGGRAPH'06: ACM SIGGRAPH 2006 Sketches. New York, NY, USA: ACM, 2006. –ISBN1–59593–364–6, S. 91
- [KBBC05] Kaltenbrunner, Martin; Bovermann, Till; Bencina, Ross; Costanza, Enrico: TUIO - A Protocol for Table Based Tangible User Interfaces. In: Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation (GW2005), 2005, S. 1–5. – Available from <http://reactable.iaa.upf.edu/pdfs/GW2005-KaltenBoverBencinaConstanza.pdf>
- [KB07] Kaltenbrunner, Martin; Bencina, Ross: reacTIVision: a computer-vision framework for table-based tangible interaction. In: TEI'07: Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction. New York, NY, USA: ACM, 2007. – ISBN978–1–59593–619–6, S. 69–74

- [Lab09] Lab, UC Berkeley V.: Flare | Data Visualization for the Web. Version: 2009. <http://flare.prefuse.org/>, Abruf: 12. Feb. 09
- [Mic09] Microsoft: Microsoft Surface. Version: 2009. <http://www.microsoft.com/surface>, Abruf: 11. Feb. 09
- [OW08] Olwal, Alex; Wilson, Andrew D.: SurfaceFusion: unobtrusive tracking of everyday objects in tangible user interfaces. In: GI'08: Proceedings of graphics interface 2008. Toronto, Ont., Canada, Canada : Canadian Information Processing Society, 2008. – ISBN978-1-56881-423-0, S. 235-242
- [Rot09] Roth, Tim: Tim Roth's homepage. Version: 2009. <http://timroth.de/>, Abruf: 11. Feb. 09
- [Wri05] Wright, Matthew: Open Sound Control: an enabling technology for musical networking. *Org. Sound*, 10(3):193-200, 2005.

## Autoren

**Johannes Luderschmidt, M.Sc.** hat bis 2006 Medieninformatik an der FH Wiesbaden studiert und als Dipl. Inform. (FH) abgeschlossen. Anschließend hat er an der FH Wiesbaden noch ein Masterstudium der Informatik absolviert und 2008 den Abschluss zum Master of Science in Informatik an der Fachhochschule Wiesbaden erworben. Er interessiert sich besonders für innovative, natürliche Eingabetechnologien, Informations-Visualisierung und HCI.

**Frederic Frieß, B.Sc.** hat an der Fachhochschule Wiesbaden ein Studium der Medieninformatik absolviert und 2009 mit dem Bachelor of Science erfolgreich abgeschlossen. Seine besonderen Interessen liegen im Bereich von Augmented und Virtual Reality.

**Prof. Dr. Ralf Dörner** hat am Fachbereich Design Informatik Medien der Fachhochschule Wiesbaden die Professur für Graphische Datenverarbeitung und Virtuelle Realität. Seine Interessen sind die Anwendungen von computergraphischen Methodologien (wie Animation und Mixed Reality) in den Bereichen Visualisierung und e-Learning.