

Smarte Objekte und smarte Umgebungen

Projizierte Benutzerschnittstellen

Franziska Meyer

11. Mai 2005

Betreuer: Marc Langheinrich

Zusammenfassung

Projizierte Benutzerschnittstellen, die fest installiert zur Infrastruktur gehören, haben das Potential, Beamer und Fernseher in der Öffentlichkeit sowie in der Schulung abzulösen, da sie zusätzliche Funktionalität und Flexibilität bieten. Auch in speziellen Anwendungsgebieten der „Augmented Reality“ bieten projizierte Benutzerschnittstellen den Vorteil, dass der Benutzer selbst keine Hilfsmittel braucht.

Die vorgestellten Systeme umfassen einerseits den Everywhere Display Projector, der – wie der Name schon sagt – fast alle Flächen in einem Raum als Ziel für seine Projektionen benutzen kann. Obwohl die Interaktion noch in den Kinderschuhen steckt, kann der Everywhere Display Projector als Basis für andere Systeme betrachtet werden, weil er die Raumausnutzung perfektioniert. Andererseits wird eine Gruppe von fünf Systemen für die Küche vorgestellt, die zusammenarbeiten und versuchen, den Benutzer zu unterstützen, ohne ihn zu stören. Dabei bieten die Systeme zum Beispiel Temperaturanzeigen an verschiedenen Orten und interaktive Kochrezepte.

Insgesamt lässt sich sagen, dass im Gebiet der projizierten Benutzerschnittstellen sehr interessante Projekte existieren.

1 Gliederung

Zuerst wird eine allgemeine Einbettung der projizierten Benutzerschnittstellen in die smarten Umgebungen behandelt, anschliessend wird ein Motivationsbeispiel vorgestellt.

Abschnitt 4 beginnt dann mit der Vorstellung des „Everywhere Display Projectors“, der (bisher) nur Projektion ohne Interaktion beherrscht. Im Abschnitt 5 wird das automatisierte Scanning von Projektionsoberflächen behandelt, mit dem man die für die Entzerrung von Projektionen auf strukturierte Oberflächen nötigen Daten sammelt. Anschliessend wird in Abschnitt 6 das Motivationsbeispiel erweitert behandelt.

Den Schluss bilden ein paar Gedanken über Sinn und Unsinn der behandelten Systeme.

2 Einführung

Projizierte Benutzerschnittstellen bestehen – wie der Name schon sagt – aus einer Projektion, die nach Möglichkeit interaktiv genutzt wird. Als Projektionsfläche kommen einerseits helle Wandflächen, andererseits aber auch der Boden sowie Gegenstände, die der Benutzer in der Hand halten kann, in Frage. Daher können gewisse Anwendungen in den Bereich „Augmented Reality“ fallen, schliesslich wird die Umgebung durch zusätzliche, künstliche (projizierte) Informationen angereichert. Da bei den behandelten fixen Installationen vom Benutzer keine Hilfsmittel benötigt werden, bieten projizierte Benutzerschnittstellen gewisse Vorteile (aber auch Nachteile wie die Möglichkeit, Schatten auf die Projektion zu werfen) gegenüber konventionellen Systemen für „Augmented Reality“, die auf Helm oder Brille aufbauen.

3 Motivation

Stellen Sie sich vor, Sie stehen in der Küche und fragen sich, wie Sie auf die Idee kommen konnten, für die eingeladenen Gäste ein Menü mit drei Gängen zu kochen. Denn jede horizontale Fläche in der Küche ist vollgestellt mit vorbereiteten Zutaten, gebrauchten Hilfsmitteln und der Tischdekoration, die noch nicht auf dem Tisch steht, weil sie noch den letzten Schliff bekommt. Die Rezepte, die sich natürlich alle im gleichen Kochbuch auf verschiedenen Seiten befinden, verschwinden fast in der Unmenge an Material, das sich in Ihrer Küche angesammelt hat. Und weil Sie gerade Gemüse rüsten, haben Sie nasse Hände und möchten sowieso nicht im schönen neuen Kochbuch blättern – obwohl Sie sich schon lange fragen, wie Sie das hinkriegen sollen, dass alles rechtzeitig fertig wird. Und Sie müssten eigentlich nachschauen, wie lange der Gratin gebacken werden muss.

Sie sagen jetzt vielleicht: „so schlecht organisiert bin ich nie“ – oder vielleicht „ich koche nie für so viele Leute komplexe Menüs“, doch vielleicht wäre es auch für Sie hilfreich, wenn die benötigten Ausschnitte der Rezepte nebeneinander auf die Türen der Küchenschränke projiziert würden. Und wenn diese Rezepte jeweils den Hinweis enthielten, welcher Schritt nun erledigt werden muss, damit am Schluss alles gleichzeitig fertig wird. Noch praktischer wäre es, wenn die Projektion mitschwenken würde, sodass sie sich stets im Blickfeld oder nicht weit davon entfernt befindet – also nicht immer genau hinter ihrem Rücken.

Was zur Zeit schon technisch machbar ist, schildert Abschnitt 6.

4 Everywhere Display Projector

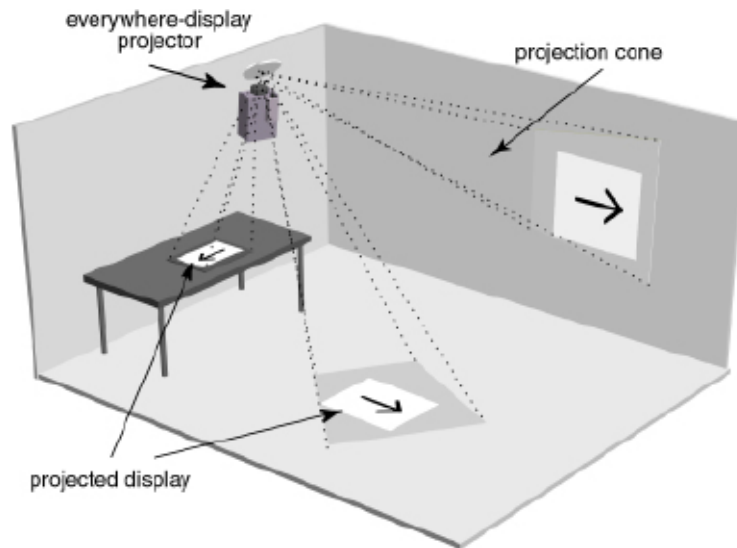


Abbildung 1: Everywhere Display Projector mit Beispiel-Projektionsflächen

Als erstes eher einfaches Beispiel eines Forschungsprojektes betrachten wir den Everywhere Display Projector [2]. Dieses System bot zum Zeitpunkt des Papers nur Projektion und noch keine Interaktion damit. Ein normaler Beamer wird mit einem beweglichen Spiegel und einem Computer kombiniert. Dadurch wird es möglich, eine Abdeckung von 60° vertikal und 230° horizontal zu erreichen und somit fast die gesamte Wandfläche sowie den Boden als Projektionsfläche zu nutzen. Wenn der Projektor wie in Bild 1 in einer Ecke dicht unter der Decke angebracht wird, ist die Gefahr der Bildzerstörung durch Schatten vor allem in hohen Räumen verhältnismässig gering.

Bisher können nur planare Flächen verwendet werden, die vor der Benutzung ausgemessen wurden. Dafür wird ein bekanntes Muster projiziert und auf dem Hostcomputer werden interaktiv die nötigen Parameter geändert, bis das Bild entzerrt ist. Das heisst, dass das System zwar dynamisch die Projektionsfläche wechseln kann, die Konfiguration einer neuen Projektionsfläche aber mit Handarbeit verbunden ist.

Da der Projektor nicht rechtwinklig auf das Zieldisplay ausgerichtet ist, muss das Bild stark entzerrt werden. Dadurch geht ein grosser Teil der Auflösung verloren. Ausserdem muss für jedes Display neu fokussiert werden, weshalb für die bisherigen Versionen des Everywhere Display Projectors Beamer verwendet werden, deren Zoom- und Fokus-Parameter über den Hostcomputer gesteuert werden können. Doch auch mit angepasstem Fokus bleibt bei grossen Winkeln ein Teil des Bildes unscharf, weil nicht auf einen so grossen Bereich fokussiert werden kann. Allerdings ist offenbar der Verlust der Auflösung das grössere Problem.

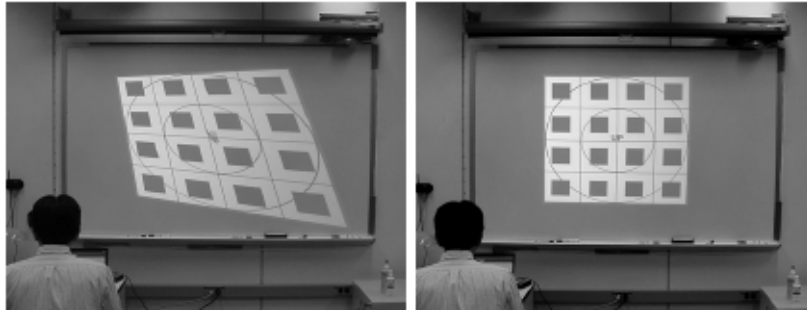


Abbildung 2: Entzerrungsmuster für den Everywhere Display Projector

4.1 Interaktion mit dem Everywhere Display Projector

Bisher bietet der Everywhere Display Projector nur Interaktion über den Bildschirm des Hostcomputers. An Interaktion mit den Displays wird gearbeitet. Dabei wird mit einer Kamera das projizierte Display analysiert. Schwierig ist die Erkennung von „Klicks“, also von schnellen Bewegungen auf die Wand zu. Dafür verfolgen die Forscher zwei Ansätze, nämlich die Auswertung der Schattenbreite der Hand und der Einsatz von zwei Kameras, die ein Stereobild liefern.

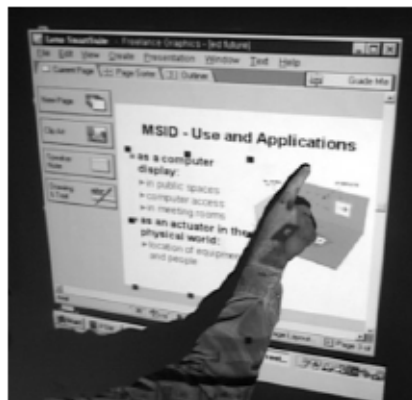


Abbildung 3: Schattenbreite in Abhängigkeit von der Distanz zur Projektionsfläche

Laut [4] wurde die Interaktion weiterentwickelt, nun existiert ein Tracking für Kopf und Hände des Benutzers. Benutzt werden weiterhin zwei Kameras, die ein Stereobild liefern. Die Möglichkeit, nur eine Kamera zu benutzen und den bekannten Hintergrund zu subtrahieren, eignet sich nur bedingt, da die Projektion zum veränderten Vordergrund gezählt wird. Beim Stereobild wird auch mit Subtraktion gearbeitet, allerdings dient nicht ein fixer Hintergrund, sondern das vorherige Frame als Vorlage. Somit wird die Projektion miteinbezogen.

Für die Erkennung der Hände wird ein ähnliches System wie das im Vortrag über die interaktiven Oberflächen vorgestellte verwendet, wobei zusätzlich noch die Position

und Ausrichtung des Kopfes, sowie vorherige Positionen einbezogen werden. Auch andere Dinge als Kopf und Hände können verfolgt werden, sodass die Oberfläche mit weiteren Hilfsmitteln bedient werden kann, falls das erwünscht ist.

Die Applikationen werden mit Hilfe von Widgets entwickelt, die verschiedene Typen von Interaktionen anbieten. Beispielsweise gibt es Widgets, die auf Berührung (hinbewegen, ruhig halten, wegbewegen) reagieren.

Weitere Möglichkeiten für Interaktion mit projizierten Benutzerschnittstellen, die in anderen Systemen eingesetzt werden, sind Infrarot-Sensoren für Distanzmessungen sowie diverse Varianten von Bilderkennung.

4.2 Einsatzmöglichkeiten für den Everywhere Display Projector

4.2.1 Innerhalb des Raumes

Eine fast schon triviale Einsatzmöglichkeit ist die Nutzung von weiteren Flächen neben der Leinwand. Dabei wird beispielsweise neben dem Whiteboard ein Text angezeigt, auf den der Dozent Bezug nehmen kann, ohne dass er ständig den Projektor ein- und ausschalten muss, um zwischen Projektion und Whiteboard zu wechseln.

Auch Tische können als Projektionsflächen genutzt werden. Dadurch kann eine Gruppe von Leuten um den Tisch sitzen und gemeinsam die Projektion in der Mitte diskutieren. Eine weitere Anwendung der Projektion auf einen Tisch ist die Darstellung von Informationen über den Inhalt von Dokumentablagen, um entweder eine Stichwortsuche vor Ort durchzuführen (statt wie in der Bibliothek zwischen Suchmöglichkeit und Gestell hin- und herzupendeln) oder genaue Hinweise zum Aufenthaltsort zu bekommen.

Allgemein kann der Everywhere Display Projector natürlich an beliebigen Orten Zugriff auf einen Computer und somit auf Informationsquellen wie das Internet bieten. Der Autor von [2] hält es für eine realistische Vision, dass in Zukunft Systeme wie der Everywhere Display Projector und somit der Zugriff auf Information zur normalen Infrastruktur gehören.

4.2.2 Was für Räume

Zum Beispiel Schulen und Kindergärten sowie öffentlich zugängliche Bereiche wie Bahnhöfe sind für den Einsatz geeignet. Der Vorteil in Schulen und Kindergärten ist die Flexibilität und die minimale Gefahr von Verletzungen durch einen herunterfallenden Beamer. Auf öffentlichem Grund treten an die Stelle der Unfälle die absichtliche Zerstörung, die bei einem in mehreren Metern Höhe angebrachten Projektor deutlich schwieriger ist als bei einem Touchscreen auf Kopfhöhe.

Sehr spezielle Einsatzmöglichkeiten sind das Spital, wo die Interaktion mit nicht-sterilen Geräten unter Umständen unerwünscht ist, sowie Orte, wo ein herkömmlicher Computer beispielsweise wegen Nässe ungeeignet ist, denn der Everywhere Display Projector funktioniert wasserdicht verpackt auch durch eine Plexiglasscheibe, und bietet dabei deutlich einfachere Interaktion als ein herkömmlicher Computer.

4.2.3 Augmented Reality

Wie bereits in der Einleitung angetönt, kann der Everywhere Display Projector auch im Bereich „Augmented Reality“ eingesetzt werden. Dabei ist er ohne weiteres für die breite Masse zugänglich, weil weder Helm noch Brille noch persönliche Projektionsflächen (siehe dazu den zweiten Bericht zum Thema Projizierte Benutzerschnittstellen von Caroline Bösing) benötigt werden. In der Folge werden vier Beispiele aufgezählt und kurz erklärt.

Als erstes kann ein Everywhere Display Projector Pfeile auf den Boden projizieren, die je nach Bedarf zum Notausgang, zum gesuchten Buch in der Bibliothek oder zum gesuchten Raum im Gebäude führen. An der Wand weisen Pfeile auf den gesuchten Gegenstand hin, womöglich mit zusätzlichen Informationen in Text- oder Bildform.

Eher Einzelbüro-orientiert ist die Idee, Teile von ankommenden Emails an die Wand zu projizieren. Der Autor geht davon aus, dass das weniger aufdringlich ist als ein akustisches Signal.

Etwas speziell ist die dynamische Markierung des Bodens. Man könnte sich vorstellen, eine breite rote Linie zu projizieren, um Leute davon abzuhalten, einen bestimmten Bereich zu betreten. Allerdings sehe ich bei grossen Menschenmassen die Gefahr, dass die Linie unsichtbar bleibt, weil sie vollständig auf Menschen statt auf den Boden projiziert wird.

5 Automatisiertes Scanning

Das automatisierte Scanning soll die beim Everywhere Display Projector von Hand konfigurierte Entzerrung vereinfachen. Das in [3] vorgestellte System wurde für die Archäologie entwickelt, wo beispielsweise Statuen weitgehend ohne Berührung möglichst genau ausgemessen werden sollen. Doch zuerst gibt es ein paar Informationen zum einfacheren Fall der planaren Projektionsflächen.

5.1 Planare Projektionsflächen

Planare Projektionsflächen sind vom Standpunkt des Scannings her relativ einfach, da es reicht, die Entfernung vom Beamer sowie den Winkel zu bestimmen, in dem sich die Fläche zur Projektionsrichtung befindet. Dafür reichen laut Mathematik drei Punkte auf der Ebene oder ein Punkt und zwei Vektoren.

Die Entzerrung funktioniert dann einfach gesagt so, dass berechnet wird, welche Form ein Rechteck auf der Fläche aus der Sicht des Beamers hat. Anschliessend wird das zu projizierende Rechteck so verzerrt, dass es die Form des vorher berechneten Vierecks hat.

Noch nicht automatisiert ist damit die Erkennung von potentiellen Projektionsflächen, doch dafür bräuchte es ein relativ genaues Scanning des ganzen Raumes mit recht guter Analyse, um die Flächen zu finden, die planar genug sind.

5.2 Strukturierte Oberflächen

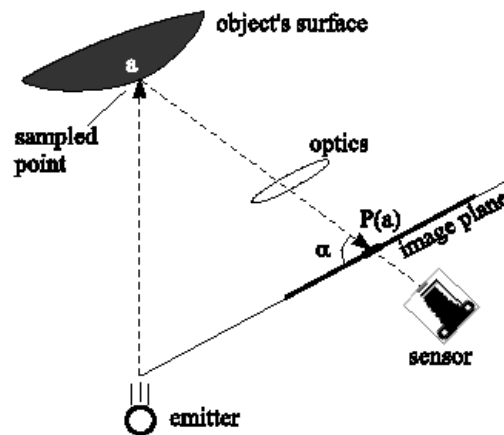


Abbildung 4: Aufbau fürs Scanning

Wie gesagt wurde das System für die Ausmessung von archäologischen Funden entwickelt. Das System besteht ebenfalls aus der Standardhardware Beamer, Kamera und Computer, wobei dieses Mal der Beamer und die Kamera aus verschiedenen Winkeln auf die zu scannende Oberfläche gerichtet sind. Der Aufbau ist aus Bild 4 ersichtlich.

Für das Scanning wird ein bekanntes Muster auf die Statue projiziert und das von der Kamera aufgenommene Bild ausgewertet. Dabei sind verschiedene Muster im Einsatz, einerseits benutzen laserbasierte Systeme üblicherweise nur eine einzelne gerade Linie (das ergibt ein Profil), andererseits arbeitet das vorgestellte System mit Streifenmustern. Streifenmuster haben den Vorteil, dass parallel mehrere Linien ausgewertet werden können, dafür sind sie auch fehleranfälliger, wenn ein Streifen aufgrund der Struktur nicht mehr sichtbar ist (dieses Problem wird Index-Problem genannt). Deshalb wird mit zwei Flächen begonnen, die iterativ verkleinert werden, sodass die Zuordnung vereinfacht wird (siehe Bild 5).

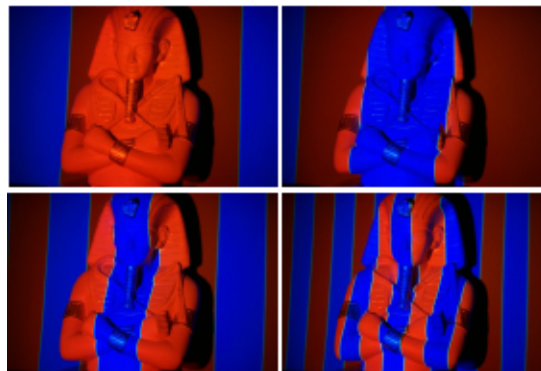


Abbildung 5: Tutanchamun mit Streifenmuster

Auf Bild 5 sieht man, dass es Bereiche gibt, auf die nichts projiziert wird, weil sie aus der Sicht des Beamers im Schatten liegen. Diese Tatsache sowie die starke Abhängigkeit der Entzerrung von der Blickrichtung lässt Zweifel aufkommen, ob sich so stark strukturierte Oberflächen tatsächlich als Projektionsfläche eignen. Als Gedankenexperiment dient die Idee, eine Kinoleinwand durch weiss gestrichenes Wellblech zu ersetzen. Spätestens bei der zweiten Vorstellung werden die für die Entzerrung optimalen Plätze sehr beliebt sein, da der Filmgenuss weiter weg aufgrund der Verzerrung stark eingeschränkt ist.

6 Küche

Mit Verblüffung habe ich festgestellt, dass meiner eigenen Idee, Rezepte an die Wand zu projizieren, in erweiterter Form bereits ein Paper [1] gewidmet wurde. Darin werden fünf konkrete Anwendungen für die Küche vorgestellt, die alle auf der Grundidee basieren, dass Interaktion dort stattfinden soll, wo der Benutzer sowieso schon hinschaut.

6.1 Virtual Recipe

Virtual Recipe bietet eine schrittweise Führung durch die Rezepte. Dabei wird der aktuelle Schritt vor den Benutzer projiziert und dieser kann ohne Berührung dem System mitteilen, dass er den nächsten Schritt sehen will. Die Berührungslosigkeit ist wesentlich, da der Koch ja nicht unbedingt mit nassen oder gar fettigen Fingern die Projektionsfläche berühren möchte.



Abbildung 6: Virtual Recipe oben und RangeFinder unten (die Zahl 88)

6.2 RangeFinder

RangeFinder ist ein Infrarot-Thermometer für Pfannen. Es misst die Oberflächentemperatur des Pfanneninhalts und projiziert sowohl die gemessene Temperatur als auch die Kochzeit. Ausserdem kann es feststellen, wenn die gewünschte Temperatur erreicht ist, und die Kochzeit messen. RangeFinder ist im Dampfzug eingebaut und kommuniziert mit Virtual Recipe.

6.3 FridgeCam

Jedes Öffnen des Kühlschranks bedeutet einen Temperaturanstieg und somit überflüssigen Energieverbrauch. FridgeCam versucht dem Temperaturanstieg entgegenzuwirken, indem bei jedem Öffnen ein Foto vom Inhalt gemacht und im geschlossenen Zustand auf die Tür projiziert wird. Dazu werden zwei Weitwinkelkameras im Kühlschrank angebracht. Für die Darstellung ist wiederum Virtual Recipe zuständig, wodurch für eine Person ein Projektor reicht.



Abbildung 7: FridgeCam – links die Projektion, rechts der offene Kühlschrank

Für gut aufgeräumte Kühlschränke ist das System bereits einsatzbereit, doch zum Beispiel ein in einheitlich weissem Papier eingepackter Käse ist auf dem Foto nicht besonders aufschlussreich (Welche Sorten hat es noch? Welche ist in welchem Papier?). Eine Erweiterungsmöglichkeit wäre daher eine textbasierte Liste, die solche Informationen enthält, doch dafür braucht es eine Möglichkeit, den Kühlschrankinhalt genauer zu untersuchen, wie das beispielsweise RFID-Chips bieten würden.

Allgemein stellt sich die Frage, ob die Projektion und die Kameras nicht die Energieeinsparung durch das seltenere Öffnen wieder ausgleichen. Allerdings braucht die Projektion in wärmeren Ländern nur unwesentlich mehr Energie als in kühleren, während der Bedarf des Kühlschranks wegen des stärkeren Temperaturanstiegs deutlich höher ist. Daher sieht die Energiebilanz bei höherer Zimmertemperatur sicher besser aus.

6.4 Augmented Cabinetry

Augmented Cabinetry besteht aus mit eingebauten LEDs beleuchteten Schubladengriffen und einer Anbindung an Virtual Recipe. Der Sinn ist, dem Benutzer das Suchen abzunehmen und den Griff der benötigten Schublade zu beleuchten, wenn der Benutzer etwas braucht. Falls der Benutzer die Schublade nicht innert einer vorgegebener Zeit öffnet, projiziert Virtual Recipe zusätzlich einen Pfeil zwischen den Benutzer und die Schublade.

Für mich stellt sich hier die Frage, in was für Küchen Augmented Cabinetry Sinn macht. In meiner eigenen Küche finde ich die Sachen, die richtig verräumt sind, zielsicher – und bei den falsch verräumten kann mir Augmented Cabinetry auch nicht wei-



Abbildung 8: Augmented Cabinetry

terhelfen. Das einzige Einsatzgebiet sehe ich in Küchen, in denen Leute für kurze Zeit arbeiten, also in Häusern für Ferienlager und ähnliches. Doch da wird es wohl wegen der Kosten und aus Angst vor Vandalismus kaum eingebaut.

6.5 HeatSink

HeatSink bietet eine Temperaturmessung für den Wasserhahn mit einer projizierten Information über das Ergebnis. Der Wasserstrahl wird mit LEDs, die um die Mischdüse angebracht sind, farbig beleuchtet. Dabei gilt, dass eine intensivere Farbe eine stärkere Abweichung von der gewünschten Temperatur anzeigt, rot ist zu warm und blau zu kalt. Ausserdem blinken die LEDs rot, wenn das Wasser gefährlich heiss ist und Verbrennungsgefahr besteht. Durch die farbliche Anzeige kann der Benutzer die Temperatur ohne nasse Hände anpassen.

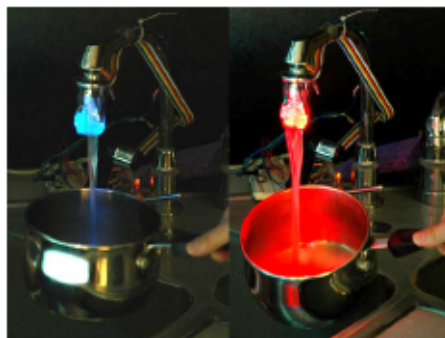


Abbildung 9: HeatSink

Chromstahlpfannen verstärken durch die Reflektion den Effekt, sichtbar ist die Farbe dank der von der Mischdüse beigemischten Luft aber auch im Wasserstrahl. Am besten sichtbar ist der Effekt an der Stelle, an der der Wasserstrahl auf die Wasseroberfläche trifft.

7 Fazit

Die Idee, in einem Sitzungszimmer neben Whiteboard auch einen Everywhere Display Projector zur Verfügung zu haben, weil der gegenüber dem normalen Beamer die Möglichkeit hat, mehr Fläche zu nutzen und darum flexibler einsetzbar ist, ist recht verlockend. Für die Schule ist der Einsatz des Everywhere Display Projectors stark vom Unterricht abhängig, doch da wohl auch heute noch die Mehrheit des Unterrichtes frontal orientiert ist, reicht im Normalfall ein normaler Beamer oder ein transportierbarer Fernseher, der bei Bedarf ins Zimmer geholt wird. Auf öffentlichem Grund ist den Everywhere Display Projector oder auch nur schon einen möglichst sicher verpackten Beamer eine recht ansprechende Möglichkeit, um wechselnde Inhalte darzustellen. Da bisher die Interaktion fehlt, ist der Einsatz allerdings fragwürdig, da es bereits bewährte Systeme ohne grosse Nachteile gibt.

Wie bereits im Abschnitt 5 angetönt ist es fraglich, ob sich die Projektion auf beliebige Oberflächen durchsetzt. Der Mensch hat relativ gut gelernt, die Verzerrung zu korrigieren, die durch „schräges“ Anschauen von ebenen Flächen entsteht, wodurch ein Kinobesuch auch auf dem äussersten Platz der ersten Reihe noch akzeptabel ist. Wäre die Leinwand so stark strukturiert wie die Statue von Tutanchamun, würde das Hirn kapitulieren und der Film wäre kaum mehr zu erkennen. Vorstellbar ist, dass leichte Abweichungen von der planaren Fläche durch Entzerrung korrigiert werden, sodass zum Beispiel eine leicht gewölbte Wand oder auch eine zusammengesetzte Leinwand aus dem richtigen Winkel die perfekte Projektionsfläche wird – allerdings ist da keine spezielle Entzerrung nötig, wenn der Betrachter sich nahe genug beim Projektor aufhält, da das Bild aus der Sicht des Projektors ohne weiteren Aufwand entzerrt ist.

Literatur

- [1] Leonardo Bonanni, Chia-Hsun Lee, and Ted Selker. Attention-based design of augmented reality interfaces. In *Proceedings of Computer Human Interaction (CHI 2005)*, Portland, OR, USA, April 2005.
- [2] Claudio Pinhanez. The everywhere displays projector: A device to create ubiquitous graphical interfaces. In *Proc. of Ubiquitous Computing 2001 (UbiComp'01)*, Atlanta, Georgia, USA, September 2001.
- [3] C. Rocchini, P. Cignoni, C. Montani, P. Pingi, and R. Scopigno. A low cost 3d scanner based on structured light. *Computer Graphics Forum*, 20(3), 2001.
- [4] Noi Sukaviriya, Mark Podlaseck, Rick Kjeldsen, Anthony Levas, Gopal Pingali, and Claudio Pinhanez. Embedding interactions in a retail store environment: The design and lessons learned. In *Proc. of the Ninth IFIP International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'03)*, Zürich, Switzerland, September 2003.