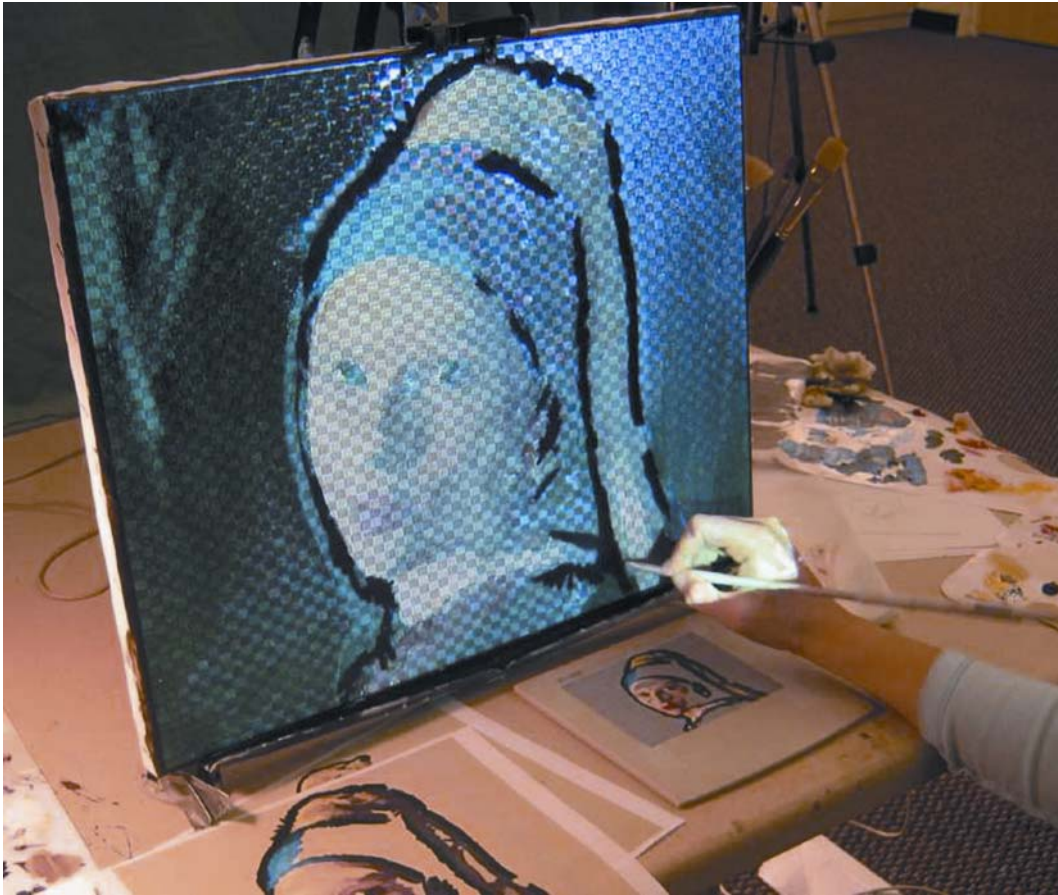


Videobeamer-geführte Malerei (Projector-Guided Painting)



Martin Daubner

Proseminar Mensch-Computer-Interaktion im SS 2007

Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, Universität Ulm

martin.daubner@uni-ulm.de

Abstract. Diese Ausarbeitung stellt ein neuartiges interaktives System vor, welches Benutzer anleitet mit traditionellen Medien und Werkzeugen zu zeichnen. Dies wird durch eine von mehreren Projektoren erzeugte Anzeige erreicht, die eine geführte Erstellung eines Gemäldes ermöglicht. Die Vorgehensweise ist an die klassischen Techniken angelehnt und basiert auf den drei Hauptproblemen, die sich für Anfänger ergeben: die Positionierung und Skalierung der Objekte auf der Zeichenfläche, das Ausführen der Pinselstriche zum Erreichen der erwünschten Struktur und die Mischung von Farbpigmenten zur Komposition einer Farbe. Das System unterstützt den kompletten Zeichenprozess, von der Gesamtgestaltung bis hinunter zur detaillierten Pinselarbeit.

Einführung

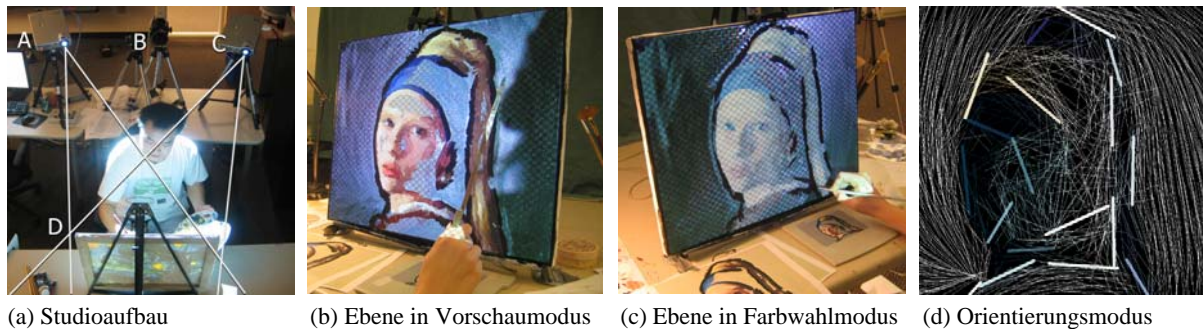


Fig. 1. [1, 5]

Ich beziehe mich in dieser Ausarbeitung hauptsächlich auf die Arbeit „Projector-Guided Painting“ von Matthew Flagg und James M. Rehg [1] vom Georgia Institute of Technology, Atlanta. In dieser Veröffentlichung wird ein interaktives Zeichensystem präsentiert, welches ungeübte Künstler anleitet, Gemälde mit traditionellen Medien und Werkzeugen zu erstellen. Mehrere Projektoren (Fig. 1(a)) erzeugen ein interaktives Display mit verschiedenen Interaktionsverfahren und Feedbackmöglichkeiten, die weit über die Funktionsweise einer einfachen Camera Obscura¹ hinausgehen. Das Multi-Projektor-Display mischt sich nur minimal in die traditionelle Zeichenumgebung ein und wird durch genau ausgerichtete, überlappend projizierende Front-Projektoren erzeugt. Durch die redundante Projektion, erforscht in früheren Projekten [3, 4], wird jeder Pixel auf dem Display durch zwei Lichtstrahlen erleuchtet. Dies hat zur Folge, dass die Schattenbildung auf der Zeichenfläche durch den Körper des Künstlers minimiert wird. Ein Problem ist die Notwendigkeit einer fotometrischen Anpassung jedes einzelnen Pixels des projizierten Bildes, um die unterschiedlichen Reflexionsverhalten des Gemäldes zu kompensieren und die Differenz zwischen der aufgenommenen und der gewünschten Displayfarbe zu minimieren. Eingegangen wird in diesem Artikel auf das neuartige interaktive System, die verschiedenen Interaktionsmethoden und die neuartige Methode zum schrittweise Erstellen eines Gemäldes, Ebene für Ebene, ohne durch die darunter liegenden Ebenen abgelenkt zu werden. In einer Benutzerstudie [1] wurde gezeigt, dass das System bei Neulingen eine signifikante Steigerung der Zuversicht, ein solches Gemälde zu erstellen, zur Folge hat und diesen ermöglicht, Gemälde höherer Qualität anzufertigen.

Motivation und Ziele

Bestehende Hilfsmittel wie Bücher, Demonstrationsvideos und Kunstprojektoren haben viele Mängel, welche die Leistungsfähigkeit limitieren, da diese Hilfsmittel nur die Techniken beschreiben und demonstrieren, aber keine direkte Unterstützung für die Ausarbeitung einer Ebene auf der Zeichenfläche geben. Für einen Anfänger ist es schwer, die Lücke zwischen der Anleitung und der Zeichenfläche zu schließen. Ebenso ist es für einen Anfänger schwierig, den Einfluss einer Zeichenebene auf das Wirken des Gesamtbildes vorherzusagen und Abweichungen zwischen der gemalten Ebene und dem Referenzbild zu erkennen.

Kunstprojektoren werden üblicherweise zum Nachzeichnen grober geometrischer Formen genutzt. Sie bieten zwar in den Anfangsphasen einer Zeichnung direkte Unterstützung, aber leider noch keine Unterstützung beim eigentlichen Zeichenprozess. Des Weiteren ist die Arbeit mit Kunstprojektoren beschwerlich, da die Möglichkeit zur automatischen Kalibrierung und Anpassung an die Zeichenfläche nicht gegeben ist.

Hinter der Motivation, solch ein System zu entwickeln, steht die Möglichkeit neuesten Fortschritten in der Projektion und in kamerabasierten Abtastungstechnologien zum Durchbruch zu verhelfen und mit deren Hilfe eine neue projektorbasierte Zeichenhilfe mit neuartigen Features zu erschaffen, wie z.B. die Möglichkeit zur Interaktion direkt auf der Zeichenfläche, umfassende Vorlage des Zeichenprozesses, Anpassung an das entstehende Gemälde durch Abtastung und Analyse des gezeichneten Inhalts.

Als Zielgruppe fungieren totale Anfänger, die in den Genuss eines angenehmen Zeichenerlebnisses während der Anfertigung eines hochqualitativen Kunstgemäldes kommen wollen. Dies wird durch die gezielte Behandlung der Fallstricke, über die Anfänger beim Erstellen von Ölgemälden stolpern, erreicht. Das System soll den Anfängern nicht lehren wie sie zu malen haben und auch kein Ersatz für eine traditionelle Künstlerausbildung sein, sondern als interaktives, rechnerbasiertes System in die Vielzahl an passiven, nicht interaktiven Hilfsmitteln wie Büchern, Videos und Kunstprojektoren mit einfließen.

¹ Lochkamera, genutzt als einfacher Kunstprojektor zur Skizzierung

Ebenenbasiertes Prozessmodell für die Malerei

Die Vielseitigkeit von Öl und Acrylgemälden führte zur Entwicklung raffinierter Methoden und Techniken zum Ausdrücken der verschiedenen künstlerischen Stile. So werden etwa kontrollierte Striche, Punkte, Tropfen und Spritzer eingesetzt, um die Gemälde zu erstellen.

Das hier vorgestellte System basiert auf folgenden zwei Voraussetzungen:

- Die Gemälde sind im Voraus auf die Ausführung geplant und in eine Serie von Ebenen zerlegt, die von hinten nach vorne abgearbeitet werden.
- Beim Ausarbeiten jeder Ebene wird vorausgesetzt, dass der Künstler die Farbe, basierend auf dem Farbschema für die Ebene, auf der Zeichenfläche planmäßig und in gewünschtem Umfang anbringt.

Die Darstellung dieses Systems baut also auf dem Ebenenmodell eines Bildes auf. Das System gibt vor, wie vom Künstler eine Farbe gemischt werden muss, mit welchem Pinsel oder Messer gearbeitet werden soll und in welchen Regionen die Farbe Ebene für Ebene aufgetragen werden muss. Traditionelle ebenenbasierte Malverfahren basieren auf langen Trockenzeiten. Zum Test des Systems wurde deshalb die Alla Prima² Methode ausgewählt, da diese kurze Trockenzeiten ermöglicht und die einfachere Handhabung für Anfänger attraktiver ist.

Die zugrunde liegenden Ebenen können von mehreren Quellen stammen, z.B. kann der Malprozess eines Experten Ebene für Ebene erfasst werden oder es kann eine Fotografie über einen Kantendetektor erfasst und auf mehrere Ebenen aufgeteilt werden.

Schwierigkeiten, die sich unerfahrenen Künstlern stellen

Anfänger haben vor allem beim Ausarbeiten komplexer Gemälde große Schwierigkeiten, u. a. bei der richtigen Positionierung und Skalierung von Objekten und bei komplexen Malvorgängen, bei denen durch die Kombination von Pinselstrichen und mehreren Farben bestimmte Farbwirkungen erreicht werden sollen. Die ebenenbasierte Vorgehensweise und die verschiedenen Interaktionsmodi behandeln diese Angelegenheit und verhindern nicht zusammenhängende und unproportionale Gebilde.

Die gewünschte Wirkung eines Gemäldes wird durch verschiedene Maltechniken erreicht. Der Druck, Bewegung, Geschwindigkeit und Abstand der Pinselstriche müssen vorsichtig kontrolliert werden. Dieser schwierige Prozess wird genau wie das große Problem der Farbmischung vom System unterstützt. Beim unterstützten Mischvorgang wird vom System genau erkannt, welche Farbkomponenten für eine gewünschte Farbe benötigt werden.

Interaktionsmodi

Beim vorgestellten System kommen verschiedene Interaktionsmodi zum Einsatz, die den Künstler beim Zeichnen der einzelnen Ebenen unterstützen, bis das gewünschte Gemälde fertig gestellt ist. Zwischen den folgenden fünf Interaktionsmodi, die direkt auf die Zeichnung projiziert werden, kann freihändig per Fußpedal gewechselt werden:

Vorschaumodus

Dieses visuelle Hilfsmittel erzeugt ein Abbild der gerade entstehenden Ebene auf der Zeichenfläche und kompensiert gleichzeitig die darunter liegenden Ebenen. Die Regionen, die bei der aktuell zu bearbeitenden Ebene nicht bemalt werden müssen, werden durch ein kartiertes Muster überblendet (Fig. 1(b)). Dadurch wird der Künstler nicht so leicht von einem bestimmten Arbeitsschritt abgelenkt. Außerdem kann durch die klare, vereinfachte Ansicht der Künstler einfacher eine Strategie entwickeln, mit welcher Pinselgröße, mit welcher Farbe und mit welchen Zeichentechniken er die aktuelle Ebene gestaltet.

Farbwahlmodus

Im diesem Modus können alle Pinselstriche einer gewählten Farbe der aktuellen Ebene hervorgehoben werden (Fig. 1(c)). Über ein Wacom Tablet³ wählt der Künstler eine spezielle Farbe der Ebene aus. Ein weißes Kreuz

² Nass-in-Nass Zeichenmethode ohne (oder nur mit kurzen) Trockenphasen

³ Grafiktablett (Zeigergerät für Computereingaben. Dabei wird die Spitze eines Stiftes auf einer Platte bewegt.)

markiert dann genau diesen Farbton in der Ebene, alle anderen Farben werden ausgeblendet, wobei die Farbtoleranz benutzerspezifisch über das Fußpedal reguliert werden kann.

Blank-Modus

Mit dem Vorschau- und dem Farbwahlmodus kann der Künstler die Ebenen systematisch gestalten. Zum Abschätzen des aktuellen Fertigstellungsgrades des Gemäldes kann der Projektor mittels Blank-Modus abgeschaltet werden.

Orientierungsmodus

Die bisher vorgestellten Modi unterstützen den Künstler bei der Frage, wo und in welchen Farbtönen die Farbe angebracht werden muss. Der Orientierungsmodus hilft dem Künstler dabei, wie die Farbe angebracht werden muss. Dabei wird die Ebene von mehreren Hilfslinien überlagert, die die Ausrichtung, Breite und Länge der Pinselstriche andeuten, mit der die gewünschte Struktur erreicht wird (Fig. 1(d)). Lange, gerade Linien deuten z.B. breite, ausdrucksstarke Pinselstriche an. Kurze, schraffierte Linien stehen für eine tupfende Maltechnik. Diese Orientierungslinien können auch automatisch von einer Vorlage per Kantendetektor generiert werden.

Farbmischmodus

Der Farbmischmodus bietet Unterstützung beim Kombinieren verschiedener Farben zu einem gewünschten Farbton. Dieser Modus besteht aus einem Standard-Farbrad, einem Wacom Tablet und einer Kamera, die die Palette des Künstlers überwacht (Fig. 2). Mit dem Grafiktablett wird eine Stelle auf der Palette markiert, an der die Farbe gemischt werden soll. Zusätzlich kann eine benötigte Farbe aus der aktuellen Zeichenebene über den Farbwahlmodus ausgewählt werden. Zwei markierte Ausgangspunkte (Komplementärfarben) auf dem Farbrad entsprechen den vollständig gesättigten Quellfarbpigmenten, aus denen die Zielfarbe gemixt wird. Diese zwei Farben werden auf der Palette platziert und schrittweise vermischt. Der Mischvorgang wird vom System Schritt für Schritt analysiert und die gemischte Farbe dabei auf dem Farbrad an einer Kurve markiert. Das System leitet den Künstler an, welcher Farbton noch hinzugemischt werden muss damit die Zielfarbe, also der Zielpunkt auf dem Farbrad, erreicht wird.



Fig. 2. Interaktionsdialogfenster im Farbmischmodus mit automatischer Erkennung und Lokalisierung der Farben der Mischpalette. Das Farbrad ist links abgebildet, das Kamerabild der Farbmischpalette mit der Farbselektion des Künstlers rechts. [5]

Erzeugen einer Anzeige auf einer bemalten Zeichenfläche

Bei diesem System werden zwei Videoprojektoren und eine Kamera eingesetzt, mit denen ein anpassbares Display direkt auf der Zeichenfläche erzeugt wird. Die Projektorausgabe und die Kameraeingabe können automatisch verzerrt und an der Zeichenfläche mit den Standardkalibrierungsmethoden ausgerichtet werden.

Beim anpassbaren Mehrprojektor-Display werden zwei Projektoren in einem schiefen Winkel hinter dem Künstler platziert. Durch die genau ausgerichtete, überlagernde Abbildung der zwei Projektionen, wird jeder Pixel von zwei verschiedenen Lichtquellen erleuchtet. Dadurch werden Schattenbildung und Verdeckung fast gänzlich reduziert [3] und die Farben können besser angepasst werden.

Damit das Erscheinungsbild der Zeichenfläche angepasst werden kann, wird eine fotometrische Anpassung durchgeführt. Vor allem ist hierbei an die unterschiedlich stark reflektierenden bemalten Stellen zu denken, da diese Reflexion das Erscheinungsbild unerwünscht verändert. Dies wird verhindert, indem das aufgenommene Kamerabild analysiert wird und ein Kompensationsbild für jeden Projektor erzeugt und ausgegeben wird (Fig. 3).

Der Kompensationsalgorithmus projiziert, ausgehend von einem Anfangsbild, ein iterativ mit visuellem Feedback angepasstes Bild. Begonnen wird mit einem schwarzen Bild auf allen Projektoren. Danach reduziert jeder Projektor Kompensationsfehler, die Differenz zwischen der gewünschten und der abgemessenen Intensität eines jeden Pixels und die Kanalunabhängigkeit. Sobald der Fehler unter einen bestimmten Grenzwert gefallen

ist, wird das Pixel als erledigt markiert, um weitere Anpassungen zu verhindern. Die Anpassung endet, sobald sich die Änderung für alle Pixel stabilisiert hat oder eine bestimmte Anzahl an Iterationen durchgeführt wurde. Danach wird das Kompensationsbild des Projektors fixiert und mit der Anpassung des nächsten Projektors begonnen. Jeder folgende Projektor reduziert die Fehler bei den restlichen Pixel, die noch nicht den Grenzwert unterschritten haben. Dies bedeutet, dass das Erscheinungsbild der Zeichenfläche mit zwei Projektoren näher am gewünschten Bild ist als mit einem Projektor.

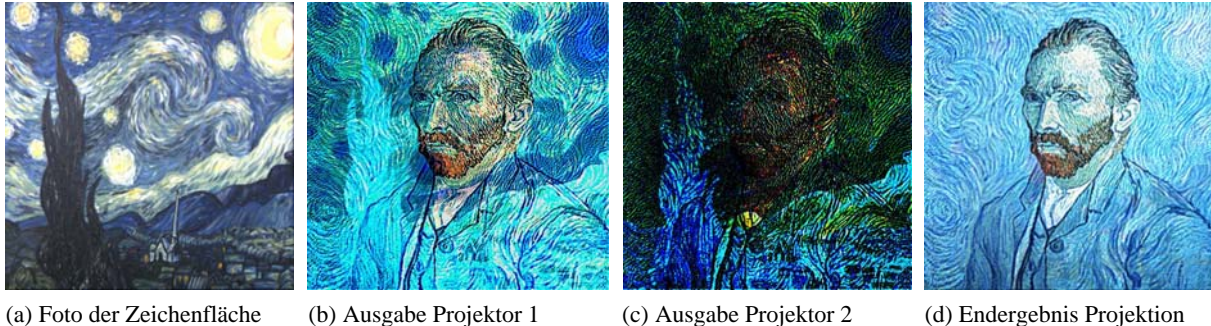


Fig. 3. [1, 5]

Ergebnisse

Benutzerstudie

Zur Quantifizierung des Nutzens, den das System einem unerfahrenen Benutzer bringen kann, wurde eine Benutzerstudie [1] mit zwanzig Personen durchgeführt. Ausgangspunkt war für alle Benutzer eine Anfangsskizze mit Umrissen, wie sie mit einem Kunstprojektor erzeugt wird. Ausgehend davon malten zehn Personen ohne das vorgestellte System, die anderen zehn Personen mit voller Unterstützung des Systems das vorgegebene Gemälde (Fig. 4). Vor und nach dem ca. dreistündigen Malexperiment musste die Testpersonen die Fragestellungen auf einem Fragebogen mit 1 bis 5 bewerten, wobei 1 für „nicht sicher“ und 5 „sehr sicher“ steht. Diese Selbstbeurteilung wurde analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Zuversicht, ein Gemälde der mittleren Schwierigkeitsgruppe zu erstellen, in der Kontrollgruppe von 2,2 (vorher) auf 1,6 (nachher) gefallen ist. Dagegen aber stieg die Zuversicht in der Gruppe, die das System verwendet hat, leicht von 2,3 (vorher) auf 2,5 (nachher). Das System bietet also einen quantifizierbaren Mehr-Nutzen im Vergleich mit einem ausschließlichen Kunstprojektor.



Fig. 4. Dieses Modellgemälde musste in der Studie von den Testpersonen kopiert werden [5]

Im zweiten Teil der Studie wurden die von den Testpersonen angefertigten Gemälde durch Kunstprofessoren bewertet. Dabei mussten sechs Qualitätsmerkmale auf einer Skala von 1 (schlechte Qualität) bis 7 (hohe Qualität) bewertet werden. Alle Merkmale, bis auf „Farbvergleich mit dem Original“, konnten mit dem System signifikant gesteigert werden. Außerdem wurde die Mehrzahl der Top-Ten Gemälde mit Unterstützung des Systems gezeichnet.

Diese Ergebnisse werden in eine Weiterentwicklung des Systems einfließen.

Benutzungstrends

Drei Benutzer, die nie in Öl gemalt haben, wurden hier bei einem 5-stündigen Malvorgang beobachtet. Dabei konnte beobachtet werden, dass zwei Künstler anfangs zögerten, direkt auf die virtuellen Pinselstriche die Farbe aufzutragen oder dass die Striche zu langsam und zu schmal angebracht wurden. Als das anfängliche Zögern nachließ, wurde häufiger zwischen den Interaktionsmodi gewechselt und somit in sehr effizienter Weise mit dem System gearbeitet. Im weiteren Fortschritt wurde der Farbwahlmodus von allen drei Künstlern häufig

aufgerufen. In einem Fall passte der Künstler mehrmals die Farbe an, bevor er sie auf der Zeichenfläche anbrachte und skalierte so die Auswahl der Farbregionen in der Ebene. Es wird also ein weiterentwickeltes arithmetisches Mittel benötigt, mit denen Pinselstriche im Farbwahlmodus erkannt und segmentiert werden können.

Die Entwickler M. Flagg und J. Rehg waren beunruhigt über eventuell entstehende Blendeffekte, verursacht durch Projektion auf nasse Flächen, und Schatten, die durch Verdeckung mit dem Körper des Künstlers entstehen können. Blendung erschwert die fotometrische Anpassung des Systems und stört den Benutzer. Schatten schmälern die effiziente Nutzung des Systems. Durch die im schiefen Winkel angeordneten Projektoren berichtete bei den Erprobungen kein Künstler von Beeinträchtigungen, verursacht durch Schatten oder Blendung.

Fazit und weitere Arbeit

Es wurde ein neuartiges interaktives Multi-Projektor-System beschrieben, mit dem Anfänger angeleitet werden, mit traditionellen Medien und Werkzeugen zu malen, wie es auch in Kunstliteratur gelehrt wird. Fünf Interaktionsmodi wurden präsentiert, mit deren Hilfe ein effizientes, ebenenbasiertes Malen ermöglicht und unterstützt wird. Zum Ziel gesetzt haben sich die beiden Autoren des Originalartikels ein gesteigertes Malerlebnis und ein hochwertiges Endergebnis. Die Studienergebnisse bestätigen, dass diese Ziele mit Hilfe des Systems erreicht wurden.

Für die Zukunft erwägen die Autoren die Interaktionstechniken auf andere Kunstwissenschaften auszuweiten, so könnten z.B. mehrere Projektoren einen Bildhauer anleiten, an welchen Stellen er noch Material von einem Rohling entfernen muss, damit eine bestimmte dreidimensionale Figur entsteht.

Referenzen

1. Flagg, M.; Rehg, J.: Projector-Guided Painting. UIST'06, Montreux, Switzerland (October 15-18, 2006) 234-244
2. Ashdown, M.; Flagg, M.; Sukthankar, R.; Rehg, J.: A flexible projector-camera system for multi-planar displays. In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Volume 2 (2004) 165-172
3. Cham, T.-J.; Rehg, J.; Sukthankar, R.; Sukthankar, G.: Shadow elimination and occluder light suppression for multi-projector displays. In Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition (2003) 513-520
4. Summet, J.; Flagg, M.; Cham, T.-J.; Rehg, J.; Sukthankar, R. Shadow elimination and blinding light suppression for interactive projected displays. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Accepted for publication in 2006.
5. Flagg, M.; Rehg, J.: Georgia Institute of Technology, Atlanta
<http://www-static.cc.gatech.edu/gvu/perception/projects/painting/>