

Diss. ETH No. 23900

# Augmented Reality Storytelling

A thesis submitted to attain the degree of  
**Doctor of Sciences of ETH Zurich**  
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by  
**Fabio Zünd**  
MSc in Computer Science, ETH Zurich

born on  
23 September 1984

citizen of  
Altstetten S.G., Switzerland

accepted on the recommendation of  
**Prof. Dr. Robert W. Sumner**, examiner  
**Prof. Dr. Markus Gross**, co-examiner  
**Prof. Dr. Mubbasir Kapadia**, co-examiner  
**Prof. Dr. Rémi Ronfard**, co-examiner

2016

# Abstract

Modern storytelling technology enables producing and consuming stories anywhere and anytime. Multimedia content is authored collaboratively and shared with a large audience in the cloud. Although such tools are very accessible and easy to use — possibly the simplest form of expressing a feeling is to click the *like* button — the produced content is not only short form, but also short-lived. The majority of stories are of a superficial nature and deeper, more complex emotions are lost.

In this thesis, we aim to leverage novel digital technology to allow people to craft and experience rich stories together. We demonstrate that Augmented Reality (AR) is a promising partner to storytelling because, first, it can vastly enhance the immersiveness and interactivity of a narrative application and, second, it can create a social setting for multiple people to share the experience. The core challenges we address are (1) computer-assisted collaborative and interactive story authoring, (2) realism and interactivity in AR storytelling and, finally, (3) we present compelling, interactive AR applications that boost creativity in real-world activities.

(1) In the story authoring domain, we present novel and innovative tools that improve collaborative as well as interactive storytelling. Our distributed, collaborative story authoring system, Story Version Control (SVC), focuses on version control for stories as well as on graphical visualization techniques to enhance collaboration among authors. We propose a media-agnostic, graph-based story representation that acts as the foundation for version control operations. A user study validated the efficacy of SVC and provided directions for

future work. Our framework for authoring interactive AR narratives demonstrates how computer-assisted authoring enables content creators to easily author complex, branching narratives with multiple story arcs.

(2) In the AR technology domain, we demonstrate how motion effects influence AR experiences and present novel methods to develop an AR coloring book application. Three experiments were conducted to assess the impact of camera motion blur, image latency, and realism of lighting conditions. We observe that image latency records the strongest correlation with improved subjective enjoyment, satisfaction, and realism, and objective scoring performance. However, the motion effects employed are not significant in the overall user experience of mobile AR games, except where harmonious or convincing blended AR image quality is consciously desired by the participants. Our work on live texturing AR characters from colored drawings explores the idea of an AR coloring book and provides a 2D to 3D texture transfer process and a novel deformable surface tracking method, which both run in real-time on a mobile device. We conclude with two user studies that the novel texture transfer process is appreciated and the overall application strongly improves the sense of connection with the character and motivates people to draw more.

(3) In the applications domain, we propose the concept of Augmented Creativity as employing AR on modern mobile devices to enhance creative activities. Nine prototype applications demonstrate how AR can be a host for creativity, education, and interaction. The applications aim at digitally complementing real-world activities, such as puzzling, coloring, music arrangement, stamps, programming, and city-wide gaming through AR. Among the applications, a prototype city-wide trading game, Gnome Trader, is discussed in more detail. Gnome Trader allows players to trade virtual resources with gnomes hidden in newspaper boxes around Switzerland. An economy simulation framework to evaluate different vir-

tual market situations is discussed. Finally, two playtesting sessions indicated that the game is functional, fun, and well received.

# Zusammenfassung

Moderne Technologien ermöglichen uns Geschichten unabhängig von Zeit und Ort zu produzieren und zu konsumieren. In der Cloud können diese Geschichten gemeinschaftlich verfasst und mit einem riesigen Publikum geteilt werden. Obwohl solche Techniken sehr zugänglich und einfach zu benutzen sind, ist der dabei produzierte Inhalt nicht nur kurzlebig, sondern auch knapp in der Länge, wie beispielsweise der Gefühlsausdruck per *Like*-Button zeigt. Der Großteil der Geschichten ist oftmals von oberflächlicher Natur während tiefere, komplexere Emotionen verloren gehen.

Das Ziel dieser Thesis ist es, mittels neuen digitalen Technologien das gemeinsame Gestalten und Erleben von gehaltvollen Geschichten zu fördern. Wir demonstrieren, dass AR ein vielversprechendes Werkzeug ist, um den Immersions- und Interaktionsgrad des Geschichtenerzählens zu steigern. Zudem bietet es Menschen ein soziales Umfeld, in dem sie interaktive Geschichten, wie zum Beispiel Computerspiele, zusammen erleben können. Die drei zentralen Herausforderungen, mit denen wir uns beschäftigen, sind die folgenden: (1) Das computergestützte, kollaborative und interaktive Verfassen von Geschichten, (2) die Steigerung des Realismusgrades von AR Applikationen und (3) das Erstellen von konkreten Applikationen, um die Kreativität in alltäglichen Aktivitäten fördern zu können.

(1) Im ersten Teil, welcher sich auf das Verfassen von Geschichten bezieht, präsentieren wir neue und innovative Werkzeuge, die das gemeinschaftliche Kreieren von Geschichten sowie das Erstellen von interaktiven Geschichten erleichtern sollen. Unser kolla-

boratives, verteiltest Geschichtenverfassungssystem, SVC, konzentriert sich auf die Versionskontrolle so wie auf graphische Visualisierungstechniken, um die Zusammenarbeit unter Autoren zu fördern. Wir stellen eine media-agnostische, graph-basierte Repräsentation von Geschichten vor, die das Fundament für die Versionskontrolle ermöglicht. Eine zur Testung des SVC angelegte Nutzerstudie bestätigte hierbei deren Wirksamkeit und lieferte zugleich wegweisende Erkenntnisse für weiterführende Arbeiten in diesem Bereich. Das von uns gelieferte Grundgerüst für die interaktive Gestaltung von Erzählungen demonstriert, wie computergestütztes Geschichtschreiben Autoren dazu befähigen kann, komplexe Erzählungen mit mehrfachen Geschichtszweigen zu kreieren.

(2) In einem zweiten Teil, welcher sich mit AR Technologien auseinandersetzt, demonstrieren wir, wie Bewegungseffekte das AR Erlebnis beeinflussen können. Desweiteren präsentieren wir eine neuartige Methoden zur Gestaltung eines AR Malbuches. Drei Experimente wurden durchgeführt, um die Auswirkung von Bewegungsunschärfe, Latenzzeit und Realismus bezüglich Lichtverhältnissen auf die Nutzer zu messen. Aus unseren Resultaten geht hervor, dass die Veränderung der Latenzzeit den grössten Einfluss auf das empfundene Vergnügen und die Zufriedenheit hat, sowie auch auf die Realismus-Einschätzung und die individuell erbrachte Leistung. In unserer AR Malbuchanwendung lassen wir AR Charaktere zum Leben erwecken. Wir präsentieren zwei echtzeit Prozesse, einen um Texturen von 2D nach 3D zu transferieren und einen für das Tracking von deformierbaren Oberflächen. Wir folgern aus zwei Studien, dass der neue Texturtransferprozess geschätzt wird, die Applikation insgesamt die Verbindung zwischen Nutzer und virtuellem Charakter fördert und somit Menschen zum Malen animiert.

(3) Im dritten Teil dieser Arbeit stellen wir im Rahmen konkreter Applikationen das Konzept Augmented Creativity vor. Dabei wird AR auf modernen Smartphones oder Tablets angewendet, um die Kreativität der Nutzer zu unterstützen. Neun Prototype Applikationen demonstrieren wie AR Kreativität, Bildung und Interaktion

fördern kann. Das Ziel der Applikationen ist es, Aktivitäten aus der realen Welt, so wie Puzzeln, Malen, Musikarrangieren, Stempeln, Programmieren und städteweite Spiele, mit digitalen Verbesserungen zu ergänzen. Unter den Anwendungen befindet sich ein städteweites Spiel, Gnome Trader, das detaillierter diskutiert wird. In Gnome Trader handeln die Spieler virtuelle Rohstoffe mit Gnomen, die in Zeitungsboxen überall in der Schweiz versteckt sind. Eine Ökonomiesimulation mit dem Ziel, verschiedene Situationen der virtuellen Märkte zu untersuchen, wird vorgestellt. Zwei Probespielrunden haben gezeigt, dass das Spiel funktioniert, Spass macht und gut ankommt.