

Die Roboter-Etuden

Mark Yim, Jimmy Sastra

Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Angewandte Wissenschaften

Universität von Pennsylvania

Simon Kim

Schule für Design

Universität von Pennsylvania

Zusammenfassung – Im Frühjahr 2010 schlossen sich Architektur- und Ingenieurstudenten der University of Pennsylvania zusammen, um kunstvolle mechatronische Robotergeräte zu entwickeln. Der Kontext für ihre Kreationen war Shakespeares Sommernachtstraum. Dies wurde zu einer gemeinsamen Anstrengung von Professoren aus den Bereichen Maschinenbau und Architektur und einem Regisseur einer professionellen Theatergruppe, die eine Gruppe von Studenten anwies, eine von der Pig Iron Theatre Troupe im Annenberg Center aufgeführte Aufführung mit dem Titel „The Robot Etudes“ zu entwickeln. Während Roboter schon früher im Theater eingesetzt wurden und künstlerische Leiter Techniker mit der Entwicklung von Spezialeffektrobotern beauftragt haben, ist die Entwicklung von Roboter-elementen speziell für das Theater mit einer vielfältigen Gruppe kreativer Innovatoren neu. Dieser Aufsatz konzentriert sich auf den Prozess, durch den das Stück entstand, sowie auf die Erfolge und Schwierigkeiten bei der Gestaltung eines kooperativen Experiments zwischen drei sehr unterschiedlichen Disziplinen.

I. EINLEITUNG

Roboter wurden unter Live-Darstellern sowohl im Tanz- als auch im Theaterbereich eingeführt, oft mit Robotern entweder als zentrales Element der Aktion [1], [2] oder als Nebenrequisiten. Im ersten Fall wirkten sich diese Ereignisse häufig auf die Einzigartigkeit oder Neugier eines „Roboters“, eines elektromechanischen Elements, aus, wo man es nicht erwartet. Oftmals ist die Gegenüberstellung von Mechanik und Biologie auf einer Bühne interessant und manchmal irritierend. Sobald das Publikum diese Gegenüberstellung jedoch akzeptiert hat, wäre es interessant, tiefere Wechselwirkungen zu erforschen. Ein Teil dieser Arbeit zielt darauf ab, diese Probleme zu untersuchen.

Der zweite große Beitrag dieser Arbeit ist die Untersuchung des Zusammenspiels dreier unterschiedlicher Disziplinen: Architektur, Theater und Ingenieurwesen. In manchen Fällen ist es möglich, dass es sich um Personen handelt, die vielseitig begabt sind oder über Erfahrungen in mehreren Bereichen verfügen. Solche Leute können je nach Bedarf zwischen den Disziplinen implementieren und übersetzen, aber diese Produktion hatte Experten in ihren jeweiligen Bereichen, die von anderen lernen mussten.

Ingenieure befassen sich naturgemäß mit den technischen Anforderungen, damit Roboter funktionieren und sich effizient bewegen können. Architekten werden darin geschult, über Raum, Größe und Umfassungen nachzudenken, die eine ästhetische Umgebung schaffen, die einer Theaterkulisse ähnelt. Der Designbeitrag aus diesen Nicht-Theaterbereichen führt eher zu neuen Konzepten als der Einsatz von Bühnenbildprofis. Sowohl Ingenieure als auch Architekten müssen Entwurfsstrategien anwenden, die Bewertungskriterien werden jedoch nicht immer geteilt. Was Ingenieure als erfolgreiches Design in Bezug auf Zweckmäßigkeit, Effizienz und Leistung bezeichnen, stimmt möglicherweise nicht mit der architektonischen Gestaltungsüberlegung von Schönheit und Sinnesfreude überein. Ebenso was die Schauspieler

Was Sie sich in Bezug auf Leistung oder Zuverlässigkeit des Roboters wünschen, ist möglicherweise technisch nicht realisierbar. Das Experiment für alle Gruppen bestand darin, ein verbessertes Theatererlebnis zu schaffen, das mehr ist als die

Summe seiner Teile. Shakespeares „Ein Sommernachtstraum“ wurde als Mittelpunkt des Stücks ausgewählt und passte in eine Reihe von Erkundungen dieses Stücks durch das Pig Iron Theatre. Das Stück handelt von vier jungen Liebenden und einer Gruppe Laienschauspielern, die von Feen manipuliert werden, die in einem magischen Wald leben. Anstatt das Stück einfach nur mit Robotern als Schauspielern oder als Versatzstücke umzusetzen, lag der Fokus auf dem „Zauberwald“, in dem ein Großteil des Stücks spielt. Auf diese Weise könnte die nichtmenschliche Natur elektromechanischer Komponenten gut ins Theater passen und zur Darstellung der Themen Liebe und manipulierte Liebe genutzt werden.

A. Frühere Arbeiten

In dieser Arbeit interessieren wir uns für die Interaktion zwischen menschlichen und Roboterdarstellern, daher beschreiben wir einige der früheren Arbeiten, bei denen Roboter die Bühne mit menschlichen Schauspielern teilten, im Gegensatz zu einer Leistung nur von Robotern.

Der erste Einsatz von Robotertechnologie bei Tänzern wird in Margo Apostolos Arbeit über Roboterchoreographie [3] beschrieben. Diese Arbeit befasste sich hauptsächlich damit, wie man Roboterarme auf ästhetisch anmutige Weise bewegen kann, und macht uns auch auf die Gefahr aufmerksam, die mit der Verwendung großer Roboterarme einhergeht, die Menschen leicht verletzen können. Dennoch spielten Roboterarme mit einer Höhe von bis zu 2,5 Metern eine Rolle in „Invisible Cities“ (ein Roboterballett), „Mars Suite“, „Orbital Landing“ und „Sunset on Mars“ [4].

In einem Stück namens „Robottens Anatomi“ wurden mehrere Roboter eingesetzt, darunter ein modularer Roboter namens Odin [5]. Dieses Stück bestand aus einer Reihe von Interviews mit Wissenschaftlern, darunter echten Robotikforschern, die über ihre Forschung sprachen. Sie demonstrieren, was ihre Roboter können. Später holen sie einen Schauspieler hinzu, der die Rolle eines sehr hochentwickelten Roboters spielt, der ähnliche Dinge tut. Sie verwischen die Grenze zwischen Unglaublichem und Glaubwürdigem.

Die Einbindung von Robotern in ein komplettes Theaterstück wird in [6] beschrieben. Vier Quad-Rotoren und sechs Spielzeughubschrauber wurden ferngesteuert und mit menschlichen Schauspielern auf der Bühne gepaart. Bei diesem Werk handelte es sich übrigens auch um Shakespeares Sommernachtstraum. Die Autoren erörtern die Bedeutung der Improvisation während des Stücks als Reaktion auf einen Absturz oder Fehlverhalten der Roboter und beschreiben eine vorläufige Taxonomie zur Schaffung eines Affektaustauschs zwischen Robotern und menschlichen Gruppen.

In Cymbeline entstand eine Zusammenarbeit zwischen Robotikforschern der CMU und einer Theatergruppe in Pittsburgh. Drucker wurden als autonome Technologie eingesetzt, um die Interaktion zwischen Publikum und Schauspielern zu ermöglichen [7]. Diese Maschinen waren zwar keine vollwertigen Charaktere, fungierten aber als Requisiten im Stück und ermöglichten es dem Publikum, am Stück teilzunehmen.

Während bei diesen und anderen Theaterimplementierungen von Robotern Roboter zum Einsatz kamen, die für andere Zwecke geschaffen wurden (industrielle Roboterarme oder handelsübliche Ausrüstung), ermöglicht der Bau von Robotergeräten von Grund auf explizit für das Theater mehr kreative Freiheit bei der Darbietung, die hier im Mittelpunkt steht. Papier. Es ist interessant, zwischen technologiegetriebenen künstlerischen Inhalten und künstlerisch getriebenen Technologieinhalten zu unterscheiden. Während Ersteres den Großteil der in diesem Abschnitt aufgeführten Werke charakterisiert, ist Letzteres charakteristisch für Theaterstücke und Filme mit hohem Budget, in denen Spezialeffekttechnologien für kommerzielle Zwecke entwickelt wurden. Das hier beschriebene Werk liegt eindeutig in der Mitte der beiden Richtungen. Machover hat ähnliche Ansätze erforscht [8], wir bringen jedoch auch eine einzigartige Zusammenarbeit mit. Die Technikinhalte, die Designinhalte und die Theaterinhalte wurden gemeinsam entwickelt.

Ingenieure stellten vor, welche Technologien möglich sind. Architekten setzen die Technologien auf interessante visuelle Weise um. Die Theaterdirektoren legten fest, wie die Dinge theatralisch genutzt werden könnten.

In einem Projekt namens Robot250 wurde in [9] die Zusammenarbeit zwischen sehr unterschiedlichen Disziplinen wie Kunst und Ingenieurwesen beschrieben, bei der Laien in Workshops Technologie vermittelt wurden. Neben der Beschreibung der Mensch-Roboter-Interaktion und der künstlerischen Ergebnisse beschreibt dieser Artikel auch einen Arbeitsablauf, der unserer Meinung nach besonders effektiv war, um die Kunst- und Ingenieurdisziplinen dazu zu bringen, im Hinblick auf die endgültige Aufführung eng zusammenzuarbeiten.

II. ENTWICKLUNGSPROZESS

Die drei verschiedenen Gruppen werden hier ausführlicher beschrieben.

- Es waren elf **Ingenieurstudenten**. Sie hatten alle zuvor einen Einführungskurs in die Mechatronik absolviert, verfügten jedoch über wenig Design-Kunst-Hintergrund. Sie absolvierten den Masterstudiengang Mechanik, Elektrotechnik oder Robotik an der University of Pennsylvania.

- Es gab zehn **Architekturstudenten**, die auch einen Masterstudiengang absolvierten, die meisten davon im zweiten Jahr ihrer Arbeit, die einen separaten Studiokurs umfasste und über einen bedeutenden Hintergrund in den Bereichen Design, Kunst, aber keinen Maschinenbau oder Elektrotechnik verfügte. • Die

Theatertruppe war die Pig Iron Theatre Company [10], eine preisgekrönte Gruppe mit Sitz in Philadelphia, die seit 15 Jahren auf Tournee durch die USA und Europa Originalwerke entwickelt. Zu dieser Gruppe gehörten ein Regisseur, Schauspieler, ein Bühnenmanager sowie Ton-, Licht-, Bühnen- und Kostümbildner. Diese Truppe verfügt über langjährige Erfahrung in der Schaffung neuer Formen der Theateraufführung, hatte jedoch wenig Erfahrung mit Robotertechnologien.

A. Ziele

Alle drei Gruppen hatten das gemeinsame Ziel einer erfolgreichen Theateraufführung. Allerdings hatten die Schüler auch ein Lernziel. Im Idealfall würden die Studierenden mit den beiden unterschiedlichen Hintergründen von der anderen Disziplin lernen und so ein höheres Produktionsniveau erreichen. Dabei ging es nicht nur darum, die Umsetzung fortgeschrittener Mechatronik zu erlernen, sondern auch eine Synthese aus mechatronischen und theatralischen Elementen zu entwerfen. Traditionell gibt es wenig gegenseitiges Lernen zwischen den Designdisziplinen und dem Ingenieurwesen, und diese Theaterproduktion erwies sich als idealer Rahmen, um die Kursarbeit von theoretischen Vorschlägen zu realisierten, funktionierenden Prototypen zu übertragen. Realistisch gesehen wären die Ingenieursstudenten mit den künstlerischen Gestaltungsaspekten konfrontiert, hätten aber weniger beizutragen als die Architekturstudenten, genauso wie die Architekturstudenten weniger zum technischen Ingenieurwesen, aber mehr zu den Design-Sensibilitäten beizutragen hätten. Dabei stand für die Theatertruppen vor allem die Aufführung im Vordergrund.

Der herkömmliche Theaterprozess, bei dem nach einem Drehbuch mit einem Regisseur gearbeitet wird, der alle Aktionen und Aspekte der Show steuert, würde angesichts der unsicheren/unzuverlässigen Natur der von Studenten gebauten Geräte nicht gut funktionieren. In vielerlei Hinsicht war der Zusammenschluss der Lehrkräfte und des Theaterpersonals der Studierenden ein Experiment zum Kennenlernen der beteiligten Kulturen. Die Anpassung an die Erwartungen und Wünsche der Studierenden an das, was mechatronisch und künstlerisch möglich war, erforderte daher einen äußerst flexiblen Theaterprozess.

Die Pig Iron Theatre-Gruppe verfügt über einen einzigartigen dramatischen Prozess, der teilweise auf iterativer Improvisation basiert, die sich auf den Regisseur für ein übergeordnetes Ziel verlässt, jedoch mit einer schwächeren Kontrolle über die Schauspieler, die Linien und Aktionen auf der Grundlage hochrangiger Anweisungen des Regisseurs improvisieren. So entwickelt die Gruppe (Schauspieler und Regisseur) gemeinsam Szenen basierend auf dem, was funktioniert. Unter Einbeziehung verschiedener künstlerischer mechatronischer Elemente wurden dann Szenen entwickelt, die auf dem Aussehen der Maschinen basieren.

B. Prozess

Architektur- und Ingenieurstudenten wurden in Kreativteams zusammengeführt. Nach einer „Bootcamp“-Sitzung, in der beide Seiten einige Grundlagen über die andere Seite lernten, wurden die Teams damit beauftragt, eine Art mechatronisches Gerät zu entwickeln, das zum Grundthema des magischen Waldes passen würde.

Im iterativen Entwicklungsprozess entstand das Skript parallel zum Design der Roboter. Es umfasste wöchentliche Improvisationssitzungen, an denen alle beteiligt waren: Regisseur, Schauspieler, Architekten und Mechatroniker, in denen eine Szene kontinuierlich prototypisiert und verfeinert wurde. Eine typische Sitzung würde Teilkreationen der Architekten und Ingenieurstudenten beinhalten, in denen die Schauspieler und der Regisseur sehen würden, welche Art von Szene mit diesen Geräten gemacht werden könnte. Daher musste das Theaterpersonal einige Projektionen durchführen, um sich vorzustellen, wie das System nach seiner Fertigstellung aussehen würde, aber es musste auch die Richtung festlegen, in die die Entwicklung dieser Geräte auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Sitzungen gehen sollte.

Dies stellte für die Ingenieure eine enorme Herausforderung dar, da sich die Designanforderungen ständig änderten und der Wille dazu bestand

Das Verwerfen und Neugestalten war notwendig, da sich das Drehbuch jede Woche weiterentwickelte. Der iterative Ansatz mag unstrukturiert erscheinen, war aber besonders nützlich, um die verborgenen Annahmen frühzeitig im Prozess zu erkennen. Das Theaterpersonal konnte sich viel früher auf das technisch Machbare einigen und die Ingenieure konnten mit eigenen Augen sehen, was auf der Bühne funktionieren würde. Darüber hinaus wurde bei diesem Prozess die enge Zusammenarbeit der Architekten, Ingenieure und Akteure in den frühen Phasen des Projekts betont, anstatt Aufgaben zu unterteilen und die drei Disziplinen getrennt arbeiten zu lassen und die Arbeiten ganz am Ende zu kombinieren.

In der ersten Hälfte des Entwicklungsprozesses wurden die Teilnehmer zur Zusammenarbeit und zum Rollentausch ermutigt. Beispielsweise könnten die Ingenieure Anregungen zum Schauspiel geben, die Architekten machten sich Gedanken über die Technik. Die Anweisungen waren sehr locker festgelegt. Nachdem sich die unterschiedlichen Hintergründe verstanden hatten und die Frist immer näher rückte, lag der Fokus wieder mehr auf der eigenen Disziplin.

In den letzten Abschnitten des Entwicklungsprozesses erforderte die Effizienz ein kundenorientiertes Modell, bei dem die Theatergruppe der Kunde war und die Architekten und Ingenieure die Dienstleistung erbrachten, sodass die Anweisungen konkreter waren.

Der Erfolg dieses iterativen Ansatzes hängt von der Erfahrung und dem Talent der Theatertruppe ab. In diesem Fall verfügt das Pig Iron Theatre über mehr als ein Jahrzehnt Erfahrung in der Entwicklung dieser Methode der Theaterproduktion, hat mehrere Preise gewonnen und sogar eine Schule gegründet [11], um anderen Theaterkünstlern diese Technik beizubringen.

III. DIE SHOW

Ein Thema

Eine interessante Herausforderung für jede Produktion von „Ein Sommernachtstraum“ ist die Darstellung des Waldes auf der Bühne. Der Zauberwald war somit ein natürlicher Ort, an dem sich die Anwendung untraditioneller Technologien konzentrierte. Dies trug dazu bei, eines der Hauptthemen der Darstellung des Zusammenspiels der beiden Welten Traum und Realität festzulegen.

Das zweite Thema, das aus Shake Speares Stück entnommen wurde, ist das der Liebe. Manipulierte Liebe war für die Theaterregisseure vor allem im Zusammenhang mit Robotern und deren Kontrolle (bzw. deren Fehlen) interessant. In unseren Etüden treffen sich beispielsweise ein Mann und eine Frau in einem Hundepark und nutzen ihre Roboterhunde als Eisbrecher. Eine magische Blume kann Männer dazu manipulieren, sich zu verlieben, indem sie ihre Blütenblätter um den Kopf eines Mannes wickelt oder in einer anderen Szene einen Trank wie Pfeil und Bogen abfeuert.

B. Etüden

Dieser Abschnitt enthält eine Liste und eine kurze Beschreibung der menschlichen und Roboterakteure. Wir beschreiben die Mechatronik und dann die Interaktionen zwischen den menschlichen und Robotercharakteren auf der Bühne.

1) GLÜHWÜRMCHEN: Feen erscheinen als kleine Lichter, die flackern, wenn Geräusche erzeugt werden. Kleine Geräte bestehen aus superhellen LEDs, werden von einem Operationsverstärker betrieben, nehmen den Input von einem Elektretmikrofon auf und werden von einer Uhrnbatterie mit Strom versorgt. Die Stückkosten eines Firefly-Geräts betragen 1,76 US-Dollar, sodass viele davon erstellt werden können.

Die Schauspieler halten diese kleinen Geräte nah an ihren Mund.

Während die Schauspieler Geräusche machen, leuchten die Geräte proportional zur Lautstärke auf und beleuchten die Innenseite ihres Mundes.

Auf der Bühne: Die Bühne ist komplett dunkel. Die Feen erscheinen und verschwinden, während sie lachen und Geräusche von Waldtieren machen. Bis auf zwei gehen alle Feen hinaus. Die beiden werden jeweils von den Ringen hin und her beleuchtet, während sie miteinander streiten.

2) GÄRTEN: Der Zauberwald hat Wärter.

Auf der Bühne: Zwei menschliche Schauspieler kommen als Gärtner verkleidet und tragen Taschenlampen. Ein weiterer Gärtner kommt herein, indem er Hecken beschneidet und Kürbisse freilegt (Abb. 1b) und eine Frau, die offenbar im Wald eingeschlafen ist, ohne sich der Gärtner bewusst zu sein. Es wird deutlich gemacht, dass es früher Morgen ist und die Gärtner mit der Pflege des Zaubewaldes beauftragt sind. Sie erinnern an die mechanischen Figuren in „Ein Sommernachtstraum“.

3) TINTENFISCHKRONE : Eine Fee trägt eine Krone aus mehrfarbigen seitlich leuchtenden Glasfaserkabeln. Auf diesem Kopfstück (Abb. 1a) verwandeln sich leuchtende optische Kabel von einem königlichen Kopfschmuck in einen mückenähnlichen Schnabel, indem sie die Kabel nach vorne verlängern und in einer hellen Glühbirne enden, die wie eine Nase vor dem Gesicht des Schauspielers hängt. Die Platzierung der Glühbirne wird manuell durch Verlängern oder Verkürzen der Kabel am Hinterkopf angepasst.

Auf der Bühne: Eine ganz in Schwarz gekleidete Fee betritt die dunkle Bühne und trägt die Krone. Der Schauspieler verwandelt die Krone in den mückenähnlichen Schnabel, schwebt insektenartig um die Frau aus der vorherigen Szene. Die Frau nimmt die Fee größtenteils nicht wahr, schleudert den Schauspieler jedoch weg, wenn er ihr zu nahe kommt.

4) FLÜGEL: Ein geflügeltes Roboterwesen aus dem Wald ist in einem schlechten Zustand. Flügel im menschlichen Maßstab (Abb. 1d) bestehen aus einer Verbindung mit fünf Freiheitsgraden (DOF): einem prismatischen Gelenk für die vertikale Bewegung der gesamten Flügelstruktur und zwei Drehgelenken für jeden Flügel zum Öffnen oder Schließen der Flügel. An einem Gürtel, der um die Körpermitte der Schauspielerin verläuft, ist ein Dehnungssensor angebracht, der das Ein- und Ausatmen ihres Atems erfassen kann. Es gibt zwei Modi für die Bewegung der Flügel. Bei einem wird ein Regelkreis geschlossen, sodass sich die Flügel proportional dazu, wie viel die Frau ein- und ausatmet, auf und ab bewegen sowie öffnen und schließen. Im zweiten Modus könnte durch Kontaktschalter in einem Handschuh-Eingabegerät eine staccato-roboterartige Bewegung induziert werden. Der erste Modus ist flüssig und lebensecht, während der zweite Modus das Gefühl einer Fehlfunktion vermittelt.

Auf der Bühne: Zwei Gärtner kommen herein und arbeiten an der Reparatur der Ausrüstung (das ist die Frau mit den Flügeln), während sie miteinander streiten. Die Frau macht einen Fehler und schnappt sich einen der Gärtner.

5) Hundepark: Es kommt zu neuen sozialen Begegnungen mit Roboter-Haustierbesitzern. Ein Roboterhund (Abb. 1e) ist ein mit einem Lampenschirm verkleidetes Spielzeug-RC-Auto, der andere ein ferngesteuerter zweirädriger Einradroboter. Beide sind ferngesteuert und fahren herum und stoßen dabei gegen Gegenstände auf der Bühne. Im autonomen Modus (wird während des Spiels nicht verwendet) werden Referenzmarkierungen auf dem Roboter platziert und mithilfe einer Overhead-Kamera verfolgt. Autonome Verhaltensweisen steuern die Roboter, sich anderen Bezugspunkten, mit denen das Publikum spielen kann, zu nähern oder vor ihnen davonzulaufen.

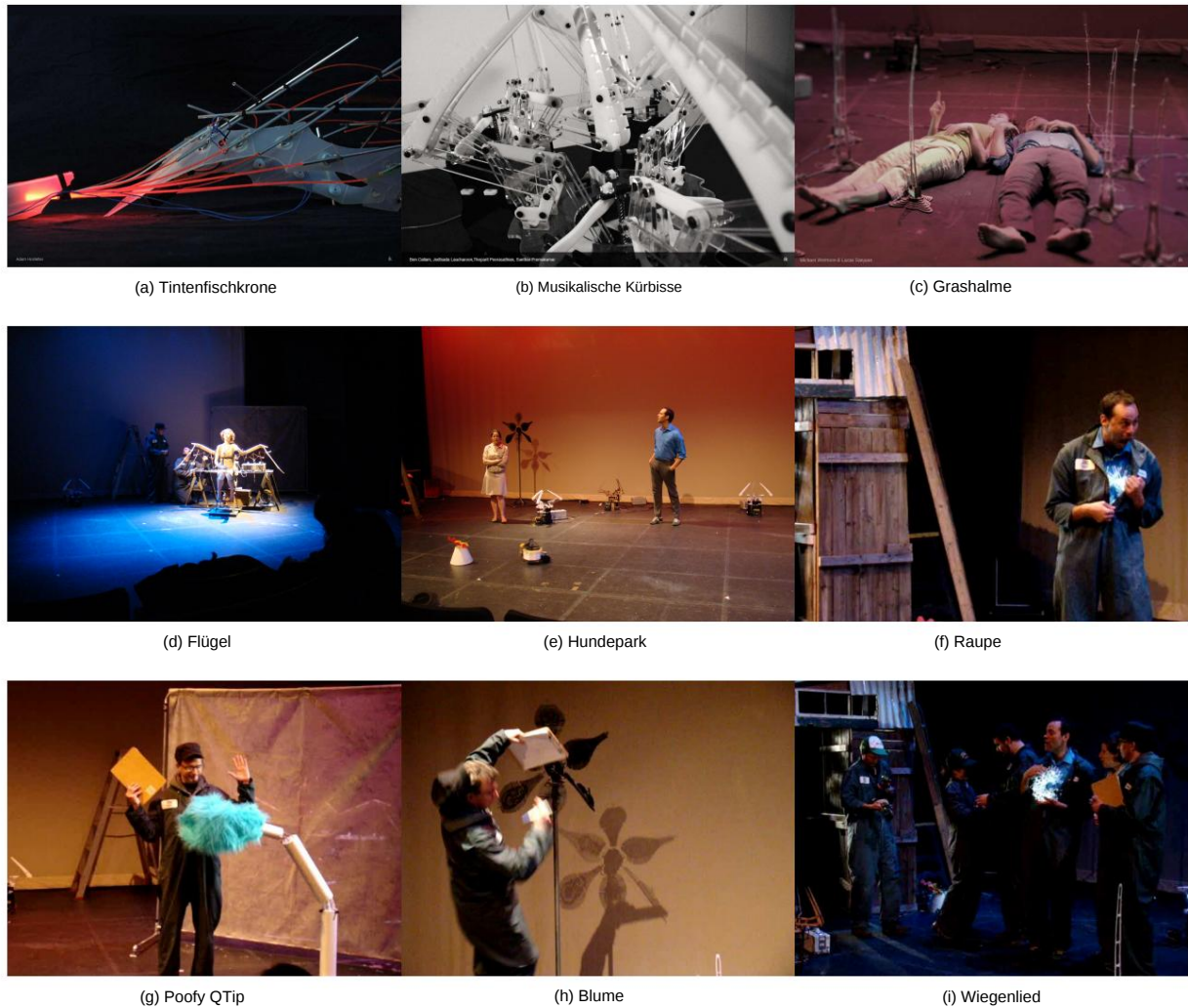


Abb. 1: Charaktere

Auf der Bühne: Ein Mann und eine Frau kommen mit ihren Roboterhunden herein und stellen sich an gegenüberliegenden Enden der Bühne auf. Es entsteht ein stereotypes Szenario, in dem sich zwei Menschen in einem Hundepark treffen. Die Roboterhunde laufen über die Bühne. Der Mann und die Frau unterhalten sich schüchtern über das Wetter und die Hunde des anderen. Die Hunde laufen ineinander und der Mann und die Frau stürmen herbei, um sie auseinander zu reißen. Jetzt, da sie näher beieinander stehen, unterhalten sie sich weiter und beschließen, etwas trinken zu gehen. Mann und Frau verlassen rechts die Bühne, und Gärtner schlagen die Roboter von der Bühne.

6) MUSIKKÜRBISEN : Roboterpflanzen können sich öffnen und schließen und einzigartige rhythmische Klänge abgeben. Jede Pflanze (Abb. 1b) hat einen DOF, der aus vier Blütenblättern besteht, die durch mechanische Viergelenkverbindungen verbunden sind. Beim Öffnen und Schließen machen die Stepper, die die Viergelenke antreiben, ein lautes Geräusch. Dies war zum Entsetzen der Ingenieure, als der Prototyp erstmals vorgestellt wurde. Überraschenderweise waren die Schauspieler von diesem Klang begeistert und beschlossen, ihn mit einem Kontaktmikrofon zu verstärken und so die Kürbisse in Musikinstrumente zu verwandeln.

Auf der Bühne: Scheinwerfer schalten sich ein und beleuchten die Kürbisse. Die Gärtner schalten nacheinander die Kürbisse ein, setzen sich hin und beginnen miteinander zu jammern, wobei sie die Pflanzen des Zauberswaldes als Musikinstrumente verwenden.

7) BLUME: Eine große Blume, die Menschen dazu bringen kann, sich zu verlieben. Die Blume (Abb. 1h) hat große Blütenblätter, die aus einer Reihe paralleler flacher Scheiben bestehen, die in jedem nachgiebigen Blütenblatt subtil die Form eines menschlichen Gesichts im Flachrelief bilden. Die Blütenblätter rollen sich zusammen und können mithilfe einer motorisierten Riemenscheibe mit einer Sehne an jedem Blütenblatt geschlossen oder geöffnet werden. Die Blütenblätter können sich auch plötzlich aus einem zusammengerollten Zustand lösen, wodurch sie zurückspringen, ähnlich wie ein Bogen einen Pfeil abfeuert. Darüber hinaus konnte die Blume in einer Schwenkbewegung betätigt werden, um sich auf der Bühne umzusehen. Die Blume erinnert an den Liebestrank, der wie in Shakespeares Stück die Macht hatte, jemanden dazu zu bringen, sich in die erste Person zu verlieben, die er nach dem Erwachen sieht.

Auf der Bühne: Die Blume verfolgt einen der menschlichen Charaktere, während er durch den Wald geht. Diese Verfolgung erregt seine Aufmerksamkeit, sodass er näher und näher an die Blume herangeht, bis er seine eigene f

Der Kopf befindet sich in der Blüte, während sich die Blütenblätter langsam schließen. Sobald die Blume den Kopf der Figur freigibt, wird deutlich, dass sie nun in die andere Schauspielerin auf der Bühne verliebt ist.

8) GRASBLÄTTER : Hohes Gras bewegt sich rhythmisch paarweise. Das Feld (Abb. 1c) besteht aus ein Meter hohen Grashalmen, die sich mithilfe von Aktuatoren aus Formgedächtnislegierungen (SMA) biegen.

Die Grashalme können manuell betätigt oder so programmiert werden, dass sie in einem regelmäßigen Muster pulsieren und schwanken, das durch Sensoreingaben geändert werden kann. (Für die Bühnenshow wurde nur die manuelle Option genutzt).

Auf der Bühne: Zwei Liebende tanzen zwischen den Grashalmen während sie sich hin und her beugen.

9) POOFY -TIPP: Die Liebe blüht zwischen einer großen blauen, bauschigen Pflanze und einem Gärtner. Die animierte Figur (Abb. 1g) ist hier ein 1,80 m großer Arm mit drei Segmenten, der an jedem Gelenk federbelastet ist und von der Basis aus betätigt wird. Der Arm verfügt über einen sehnensbasierten Zwei-DOF-Mechanismus, sodass der Arm so gesteuert werden kann, dass er sich beugt und in jede Richtung zeigt. An der Basis der Pflanze befinden sich Ultraschallsensoren, die ein Verhalten ermöglichen, bei dem sich die Pflanze zu jemandem beugt, wenn dieser sich nähert. (Dieses letztere Verhalten wurde erst nach dem richtigen verwendet).

Auf der Bühne: Ein Gärtner überprüft den Poofy QTip. Sie (wir gehen hier von einem Geschlecht aus) ist in einen der Gärtner verliebt, was deutlich wird, wenn sie sich vorbeugt und dem Gärtner etwas zu nahe kommt. Der Gärtner lehnt sie ab und geht weg. Der Gärtner wird von der BLUME beeindruckt. Als der Gärtner aufwacht, ist er in das QTip verliebt. „Der Weg der wahren Liebe verlief nie reibungslos.“

10) RAUPE: Ein leuchtendes, pulsierendes Wesen ruft bei den Gärtnern mütterliche Gefühle hervor. Eine Raupe (Abb. 1i), die aus Dutzenden von Verbindungen und weißen LEDs besteht, pulsiert mit einem rhythmischen Lub-Dub-Muster. Das Licht dieses Roboters wird drahtlos ferngesteuert. Der modulare Roboter von GRASP namens CKBot [12] hat einen Cameo-Auftritt in einer Raupenkonfiguration.

Auf der Bühne: Ein Gärtner zeigt den anderen Gärtnern die leuchtende Raupe und sie beginnen, ein Schlaflied dazu zu singen.

Mehrere schlangenartige modulare Roboter betreten die Bühne und werden von den anderen Gärtnern als Familie magischer Kreaturen aufgenommen, die sie in den Schlaf singen.

Zitate aus dem Shakespeare-Stück werden von einer offensichtlich computersynthetisierten Stimme eingepfeiffen, die das Publikum daran erinnert, dass, wenn es sich über irgendetwas in dem Stück aufregt, dies durch die Vorstellung gemildert werden kann, dass dies alles nur ein Traum war.

Lichter aus.

Das Publikum ist eingeladen, vorbeizukommen und mitzumachen

Die mechatronischen Geräte werden nun in den autonomen Modus versetzt.

IV. ERGEBNISSE

A. Etüden

Von dem Wings-Stück erhoffte man sich eine besonders interessante Interaktion zwischen Mensch und Roboter. In diesem Fall sprach die menschliche Schauspielerin – die vorgab, ein Roboter zu sein – nicht und schränkte tatsächlich jegliches Auftreten äußerer Emotionen ein. Die Bewegung der drei DOF-Flügel würde die Emotionen der Schauspielerinnen vermitteln. Sich auszubreiten, sich anmutig zu erheben, kurzes, schnelles Flattern oder heftiges Flattern könnte sie vermitteln

Gefühlslage. Für die Show drehte sich die Handlung um den anthropomorphisierten geflügelten Roboter, der repariert werden musste, während die Arbeiter den Zustand des Objekts besprachen. Es gelang gut, die Einsamkeit und Sehnsucht der geflügelten Schauspielerin hervorzurufen, obwohl das Stück auf Licht und Musik angewiesen sein musste, um die richtigen Emotionen hervorzurufen, und nicht nur auf die mechatronischen Flügel.

Das mechatronisch am wenigsten komplexe Etüdenstück war „Dog Park“. Dabei wurden ein Spielzeug-RC-Auto und ein teleoperierter mobiler Roboter verwendet, die beide auf seltsame Weise gekleidet waren. Ein früher Vorschlag bestand darin, völlig autonome Roboter bestimmte Verhaltensweisen mithilfe von Overhead-Kameras ausführen zu lassen und dabei ein Open-Source-Computer-Vision-Paket NyARToolkit [13] zu verwenden, bei dem es sich um eine C++-Portierung von ARToolkit [14] zur Verfolgung von Referenzpunkten und OpenCV [15] für die Schnittstelle mit der Kamera handelt. Die Verhaltensweisen wären auf einige bekannte Grenzen beschränkt, über die die Akteure interagieren könnten. Allerdings wurde die technische Zuverlässigkeit zu einem Problem, je näher die Showzeit rückte und für die Show eine vollständige menschliche Telesteuerung eingesetzt wurde. Diese Teleoperation durch einen Schauspieler erwies sich als entscheidend für den Erfolg, da es gerade die Bewegung der „Hunde“ war, die sie theatralisch interessant machte. Obwohl die Ausdruckskraft eines sich in SO(2) bewegenden Objekts begrenzt ist, hielten es mehrere Zuschauer für eines der Stücke, die eher zum Nachdenken anregen. Dass die Schauspieler auf der Bühne ihre „Roboterhunde“ nie als etwas anderes als ihre Haustiere behandelten, warf einige der aktuelleren Fragen der Roboterethik auf, da Menschen beginnen, neue Beziehungen zu mechanischen Systemen zu entwickeln [16]. Nach der Show konnten die Ingenieure die technischen Aspekte verhaltensbasierter Bewegungen durch maschinelles Sehen über Kopf zeigen.

Eines der komödiantisch erfolgreichsten Stücke war der Poofy QTip. Dieses Stück war ein Beispiel für großartiges Schauspiel, eine einzigartig clevere visuelle Umsetzung und einen einfachen, aber überzeugenden und zuverlässigen Mechanismus, der eine sanfte organische Biegebewegung mit zwei Freiheitsgraden ermöglichte. Die Absurdität eines großen blauen, federartigen, pflanzenähnlichen Objekts, das sich in eine Person verliebt, macht es interessant und ist zu einem großen Teil auf die konzeptionelle Gestaltung der Architekten zurückzuführen. Die mechatronischen Elemente, die seine Bewegung steuern, zeigen dem Publikum, dass es sich hier um mehr als ein riesiges blaues QTip oder eine große blaue Pflanze handelt. Und es ist die schauspielerische Leistung, die der Geschichte vermittelt, dass hier tatsächlich Emotionen im Spiel sind.

B. Publikumsreaktion

Wie bei den meisten künstlerischen Unternehmungen ist es schwierig zu bestimmen Quantitative Maßstäbe für den Erfolg, obwohl die meisten Befragten die Show als herausragenden Erfolg betrachteten. Es gab eine einzige Vorstellung, die mit etwa 200 Besuchern überverkauft war. Das Publikum blieb nach der Show noch fast eine Stunde, um mit den Schauspielern, Ingenieuren und Architekten zu sprechen und die technischen Elemente im autonomen Modus zu beobachten. Anekdotisch schwärmte einer der Dekane der Schule von der Show und versuchte, eine zweite Show zu organisieren.

C. Kollaboratives Lernen

Aus dieser gemeinsamen Übung konnte viel gelernt werden.

Für die Architekturstudenten bestand der größte Lerneffekt darin, aktive, sich bewegende Umgebungen zu schaffen. Ein Großteil der Architektur als Lehrplan besteht aus statischem, inaktivem Gebäudedesign – die Gelegenheit, Mechatronik vorzuschlagen und umzusetzen, war eine einzigartige Erfahrung und führte zu einer stärkeren Diskussion unserer Architektur als aktive Umgebung. Darüber hinaus hinterließ die Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Theaterleuten einen starken Eindruck.

Ebenso lernten die Ingenieure etwas über Design und Theaterkultur und lernten gleichzeitig etwas über Formgedächtnislegierungen, maschinelles Sehen und drahtlose Steuerung. Der Umfang der gelernten Mechatronik war geringer als in einem Kurs, der sich ausschließlich auf Mechatronik konzentrierte, da ein größerer Prozentsatz der Zeit für den Theaterentwicklungsprozess aufgewendet werden musste. Das Konzept der „Design-Sensibilität“ ist Ingenieuren, die sich eher auf die Funktion als auf das Aussehen konzentrieren, oft fremd.

Insgesamt wurde die Erfahrung von allen Beteiligten geschätzt. Dies war zum großen Teil auf Erfahrungen aus der engen Zusammenarbeit mit Bereichen zurückzuführen, die sich von der normalen Interaktion des Einzelnen so sehr unterscheiden. Wenn man sich die Endergebnisse ansieht, wird deutlich, dass viele der besten Aspekte jeder Etüde das Ergebnis von Beiträgen aus den einzelnen Bereichen sind; Der interessante visuelle Reiz jedes Objekts wurde von den Architekturstudenten deutlich zum Ausdruck gebracht. Die mechatronische Bewegung und Steuerung durch die Ingenieure, das entzückende Geschichtenerzählen und das eindrucksvolle Schauspiel des Theaterpersonals.

Doch nicht alles verlief reibungslos. Es gab viele Zusammenstöße und enttäuschende Interaktionen zwischen den drei Gruppen. Auch wenn man weiß, dass die Arbeit von Studenten nicht so zuverlässig ist wie die von Profis, mussten die Erwartungen des Theaters an die Technologie gegenüber den ursprünglichen Konzepten zurückgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Show eine Basisleistung erbrachte.

Die Erwartungen der Ingenieurstudenten an die Teilnahme ihrer Teamkollegen aus Architekturstudenten mussten gesenkt werden, da der Kurs als Seminarkurs galt, der eine niedrigere Priorität hatte als der Studiokurs, den sie gleichzeitig belegten.

Die Architekturstudenten fanden es frustrierend, dass ihr kreativer Input oft nicht mit dem übereinstimmte, was die Regisseure für theatralisch umsetzbar hielten. In vielerlei Hinsicht sind es diese Unterschiede in den Erwartungen und Meinungen, durch die das Lernen über die verschiedenen Kulturen stattfand.

Ein Streitpunkt war die Autonomie. Während es aus technischer Sicht am interessantesten wäre, spielt es aus theatralischer Sicht keine Rolle, wie die Stücke wirklich kontrolliert werden, solange sie sich so bewegen, wie sie sollten, und das Publikum glaubt, was ist beabsichtigt. Am Ende wurde ein Kompromiss erzielt, bei dem das Publikum nach der Aufführung der Etüden mit den Geräten interagieren konnte, die autonom reagierten.

Für zukünftige studentische Kooperationen dieser Art ist unser Experte zur Sicherheit empfehlen wir Folgendes.

- Schaffen Sie ein Gleichgewicht zwischen dem Erlernen anderer Disziplinen und dem Ausnutzen der Stärken jedes Mitglieds. Wir haben den Fehler gemacht, zu viel Cross-Training zu betreiben.
- Stellen Sie sicher, dass Prioritäten und Erwartungen an den Zeitaufwand erfüllt sind

werden frühzeitig festgelegt (da sie zwischen den Disziplinen häufig stark variieren).- Zuverlässige Hardware ist von entscheidender Bedeutung. Dies macht es schwierig (aber nicht unmöglich – wie wir gezeigt haben), studentische Kreationen in einem Semester zu nutzen.

- Die kreative Leitung liegt normalerweise in der Kontrolle von Architekten. Damit ein Theater effizient läuft, hat oft ein einzelner Regisseur die Kontrolle. Es ist eine gute Idee, die Erwartungen zwischen den beiden angemessen festzulegen.

V. SCHLUSSFOLGERUNG

Der Erfolg der Ausstellung war ein Hinweis darauf, dass dieser Ansatz zur Roboter- und Kunstinteraktion funktionieren kann. Wenn es zum ersten Mal in Gruppen durchgeführt wird, die mit anderen Disziplinen nicht vertraut sind, ist viel Geduld, Verständnis und Flexibilität erforderlich. Das Endergebnis bestätigt jedoch oft die harte Arbeit.

Obwohl die gemeinsame interdisziplinäre Erfahrung ein entscheidendes Lernelement war, hätten die Studententeams ein höheres Produktionsniveau erreichen können, wenn sie vertrauter gewesen wären und genauere Erwartungen gehabt hätten. Viele potenzielle Vorschläge wurden aufgrund von Zeitmangel und Fernsteuerungsanforderungen nicht auf der Bühne aufgeführt. Der Umfang der Entwurfsarbeit und die Auflösungsgrade waren jedoch für ein einziges Arbeits- und Planungssemester sehr gut.

VERWEISE

- [1] C. Breazeal, A. Brooks, J. Gray, M. Hancher, J. McBean, D. Stiehl und J. Strickon, „Interaktives Robotertheater“, Commun. ACM, vol. 46, S. 76–85, Juli 2003.
- [2] C.-Y. Lin, C.-K. Tseng, W.-C. Teng, W.-C. Lee, C.-H. Kuo, H.-Y. Gu, K.-L. Chung und C.-S. Fahn, „Die Realisierung des Robotertheaters: Humanoide Roboter und Theateraufführung“, in Advanced Robotics, 2009. ICAR 2009. Internationale Konferenz am, Juni 2009, S. 1–6.
- [3] MK Apostolos, „Roboterchoreografie: Eine neue Richtung einschlagen“ Leonardo, Bd. 23, nein. 1, S. S. 25–29, 1990.
- [4] M. Apostolos, „Ein Vergleich der künstlerischen Aspekte verschiedener Industrieroboter“, in Proc. des 1. Int. Konferenz über Industrie und Eng. Anwendungen künstlicher Intelligenz und Expertensysteme. - Band 1, ser. IEA/AIE '88. New York, NY, USA: ACM, 1988, S. 548–552.
- [5] „Robottens anatomi.“ [Online]. Verfügbar: <http://www.youtube.com/watch?v=PddRvQE67Q>
- [6] P. Murphy, D. Shell, A. Guerin, B. Duncan, B. Fine, K. Pratt und T. Zourntos, „Ein Sommernachtsstraum (mit fliegenden Robotern)“, Autonome Roboter, Bd. 30, S. 143–156, 2011.
- [7] P. RUGGIERO, „Shakespeares Cymbeline ist eine Art Maschine – schlägt zumindest Quantentheater vor“, Juli 2008. [Online]. Verfügbar: <http://www.pittsburghcitypaper.ws/gyrobase/Content?oid=oid/%3A49975> [8] J. Hoffman, „Q&A: Tod Machover on personal music“, Nature, Bd. 466, Nr. 7304, S. 320–320, 2010.
- [9] C. DiSalvo, I. Nourbakhsh und K. Crowley, „Ein Sommer voller Roboter: Kreative Roboter in der Stadtlandschaft säen.“ [Online]. Verfügbar: <http://www.cs.cmu.edu/yillah/PAPERS/R250FINAL.pdf> [10] GQ Bauriedel, D. van Reigersberg, D. Rothenberg und A. Torra, „Pig Iron Theater Company“, 2010. [Online]. Verfügbar: <http://www.pigiron.org>

- [11] „Roheisenschule.“ [Online]. Verfügbar: <http://www.pigironschool.org> [12] J. Sastra, S. Chitta und M. Yim, „Dynamic Rolling for a Modular Loop Robot“, The International Journal of Robotics Research, vol. 28, nein. 6, S. 758–773, 2009.
- [13] „Nyartoolkit“, 2010. [Online]. Verfügbar: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en> [14] H. Kato und M. Billinghurst, „Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System“, Augmented Realität, Internationaler Workshop zum Thema, Bd. 0, S. 85, 1999.
- [15] G. Bradski, „The OpenCV Library“, Dr. Dobb's Journal of Software Tools, 2000.
- [16] DN Levy, Liebe + Sex mit Robotern: die Entwicklung der Mensch-Roboter-Beziehungen. Harper Collins, 2007.