

Matthias Kranz, Paul Holleis und Albrecht Schmidt

Experimentelle und spielerische Lehr- und Lernsysteme

Playful Computing for Kids

Spielerische Benutzungsschnittstellen_Ubiquitäre Rechner_Innovative Lernkonzepte

Zusammenfassung. Traditionelle Mensch-Maschine-Schnittstellen engen die Gestaltungsmöglichkeiten für Benutzerschnittstellen auf audio-visuelle Aspekte der Anwendungen ein. Berührbare, greifbare und eingebettete Benutzerschnittstellen dagegen erlauben eine wesentlich reichere Interaktion. Dies ist insbesondere von Bedeutung beim Entwurf und der Implementierung von Lernanwendungen und -systemen. In dieser Arbeit untersuchen wir wie neuartige, integrierte greifbare oder berührbare Benutzerschnittstellen, sog. Graspable oder Tangible User Interfaces (TUIs), den Spielspaß deutlich erhöhen und damit auch das Lernerlebnis unterstützen und fördern können. Wir stellen drei berührbare Benutzerschnittstellen vor, die unter anderem bei Lernanwendungen ihren Einsatz finden. Dabei gehen wir insbesondere auf die Eigenschaften dieser neuen Benutzerschnittstellen ein und zeigen deren besondere Eignung für Kinder auf.

Summary. Traditional user interfaces on desktop computers restrict the design space for the creation of user interfaces mainly to the audio visual design of applications. Graspable, tangible and embedded user interfaces offer much richer means for interaction which are of great interest when envisioning and implementing learning applications and appliances. In our work we investigate how embedding novel tangible user interfaces (TUIs) intensify fun aspects and thus can enhance the learning experience. We show three experimental appliances based on novel tangible user interfaces which are ideal to drive learning applications. We show in some detail the implementation and properties of those novel user interfaces, and show how these apply to applications targeted for children.

1. Einleitung

Als Lehr- und Lernmittel finden Computer heute auch in Bildungseinrichtungen Eingang und sind mittlerweile weitgehend selbstverständliche Arbeitsmittel. Schulen mit Computerräumen sind bereits Standard obwohl der Laptop für jeden Schüler, wie von zum Beispiel in Bayern immer wieder gefordert, bislang eine Utopie bleibt. Neuartige Plattformen wie PDAs oder Mobiltelefone werden fast gar nicht eingesetzt, allenfalls als Tour- oder Museumsführer.

Trotzdem wächst der Markt für Spiele und Lernsoftware gerade für junge Kinder rasant. Dazu gehören zum Beispiel Vokabeltrainer für den Nachwuchs mit

Englischschwäche genauso wie Anwendungen die Geschichten erzählen und das Lesen lehren. Sogar beim Lebensmittel-Discounter Aldi gehören CD-ROMs mit entsprechender Software zum Schulanfang regelmäßig zum Sortiment. Trotz der enormen Anstrengungen dieser Programme die Inhalte möglichst altersgerecht aufzubereiten, bleibt dennoch der Computer das zentrale Element. Eingaben werden über Maus und Tastatur an den Computer gesendet und Bildschirm und Soundkarte geben Rückmeldung. Diese Fokussierung der Mensch-Maschine-Interaktion wirft allerdings Schwierigkeiten mit ihrem Umgang auf. So stellt die Verwendung von Maus und Tastatur zum einen für sehr junge Kinder ein Koordinationsproblem dar. Zum anderen erschweren die vielen Indirektionen inhärent im System vielfach den Zugang zu

dem eigentlichen Inhalt: Die symbolische Manipulation von virtuellen Objekten durch den Mauszeiger wirkt künstlich und die zweidimensionale Bewegung der Maus orthogonal zur Bildschirmenebene erschwert das Interagieren mit dem Programm.

Zwei Entwicklungen in der Informatik eröffnen neue Gestaltungsspielräume. Ein Ansatzpunkt zur Einbettung von Technologie in Alltagsgegenstände und -umgebungen ist die Idee des allgegenwärtigen und in den Hintergrund tretenden Computers (Ubiquitous Computing (Weiser 1991) sowie von Calm Technologies (Weiser und Brown 1996)). Zum anderen bilden greifbare oder berührbare Benutzerschnittstellen (Tangible User Interfaces (TUIs)) neue Herangehensweisen und Umsetzungsformen für die Mensch-Maschine-Interaktion (Dourish 1996;

Fitzmaurice, Ishii und Buxton 1995; Ishii und Ullmer 1997).

Im Folgenden werden wir auf die speziellen Eigenschaften der Tangible User Interfaces eingehen und daraus deren besondere Eignung für spielerische Lernanwendungen ableiten. Wir stellen beispielhaft drei innovative berührbare Benutzerschnittstellen vor und zeigen wie diese von uns zur spielerischen Unterstützung von Lernprozessen bei Kindern verschiedener Altersgruppen eingesetzt werden.

2. Einführung und Überblick über berührbare Benutzerschnittstellen

Fitzmaurice differenzierte in seiner Doktorarbeit (Fitzmaurice 1996) Graspable User Interfaces von anderen Mensch-Maschine-Schnittstellen. Graspable User Interfaces sind physikalische Verbindungsstücke zu virtueller Funktionalität bei dem das physikalische Objekt als ein fest zugeordneter Manipulator eben dieser dient. Das Konzept wurde von (Ishii und Ullmer 1997) zu Tangible User Interfaces erweitert. Diese geben digitaler Information eine physikalische Form und benutzen dabei physikalische Objekte als Repräsentationen und Eingabemöglichkeiten für digitale Informationen. Die charakteristischen Eigenschaften von TUIs sind:

1. Physikalische Repräsentationen sind gekoppelt mit zu ihnen assoziierten digitalen Informationen
2. Die physikalische Ausprägung des Objekts erlaubt und unterstützt Mechanismen zur Kontrolle und Veränderung der assoziierten Informationen
3. Die Kopplung von physikalischem Objekt und digitaler Information ist wahrnehmbar
4. Die Zustände des physikalischen Objektes verkörpern die digitalen Zustände des Systems

Die verschiedenen Ausprägungen von TUIs wurden von (Hornecker und Buur 2006) konzeptuell nach vier Gesichtspunkten unterteilt:

1. Tangible Manipulation (greifbare Manipulation)
2. Spatial Interaction (räumliche Interaktion)
3. Embodied Facilitation (eingebettete Förderung von Interaktion)

4. Expressive Representations (Ausdrucksfähigkeit)

Werden Tangible User Interfaces so gestaltet, dass deren Form, Größe und Textur sowie deren Fähigkeiten die Repräsentation und Eingabe digitaler Information unterstützen, erlauben diese für spezialisierte Aufgaben eine intuitivere und natürliche Interaktion mit einem Computersystem. Wie (Montessori 1912) beobachtete, werden Kinder besonders von Dingen angesprochen, die ihre sensorischen Wahrnehmungsfähigkeiten reizen. Kinder erforschen und benutzen Dinge spontan, unabhängig und wiederholt und mit großer Konzentration. Diese Neugierigkeit, kombiniert mit einer greifbaren und speziell an den Benutzer „Kind“ angepasste Benutzerschnittstelle öffnet neue Möglichkeiten für (Lern-)Anwendungen. Es ist dabei von besonderer Bedeutung, dass die Gestalt der Benutzerschnittstelle einerseits die Dateneingabe und Ausgabe entsprechend der Lernanwendung unterstützt und andererseits dennoch spielerisch ist und einfach Spaß macht. Der erste Aspekt wird als Affordance bezeichnet (Gibson 1977). Die Affordance eines physikalischen Objektes ist die Summe ihrer physikalischen, haptischen und optischen Eigenschaften die die Ein- und Ausgabe unterstützen. Der spielerische Aspekt der TUI fördert unter anderem die Motivation zur Benutzung und Interaktion und damit die geistige Beschäftigung mit den Anwendungsinhalten. Die Bestrebungen in der Forschung in der Mensch-Maschine-Interaktion neue Benutzerschnittstellen zu entwickeln, die das ganze Potential des menschlichen Benutzers bei der Computerinteraktion ausschöpfen sowie deren Einflüsse werden von (Dourish 2002) in seiner Analyse über die Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion dargestellt.

3. Verwandte Arbeiten

Die von (Papert 1993) entwickelte LOGO Turtle ist eines der ersten herausragenden Beispiele für den Einsatz einer TUI als Lernhilfe. Die LOGO Turtle hilft Kindern, komplexe mathematische Zusammenhänge zu konstruieren, indem eine berührbare Computerschnittstelle, in diesem Fall eine Schildkröte, auf einer Ebene

bewegt wird. Dabei wird die Trajektorie entweder mit der Schildkröte abgefahren, vollständig im Kopf ausgedacht oder entsteht aus einer Kombination von Lernen, Erfahren und Sehen oder Vorstellen. Diese Möglichkeiten etwas mit einer TUI mit Versuch und Irrtum zu visualisieren sind bereits motivationsfördernd. Ohne jedoch die Mathematik dahinter zu verstehen, bleibt die LOGO Turtle nicht mehr als ein Spielzeug. Aber genau diese Unterstützung kommt durch die Verwendung der Programmiersprache LOGO.

(O'Malley und Fraser 2005) geben einen umfassenden Überblick über den Einsatz von Graspable und Tangible UIs. Dabei betrachten sie insbesondere psychologische Aspekte, die Einfluss auf das Lernverhalten von Kindern haben. Sie beleuchten dabei die Entdeckung von Zusammenhängen der Welt durch Erforschen und Erleben, das Lösen von Problemen mit konkreten physikalischen Materialien (sowohl digital als auch nicht-digital) und den Einfluss von körperlicher Bewegung auf den Denk- und Lernprozess.

Eine Vielzahl von Projekten beschäftigt sich mit berührbaren Benutzerschnittstellen, die konkret zur Lernförderung von Kindern entwickelt wurden. Im Folgenden seien nur einige Beispiele aufgeführt, die einen kleinen Überblick über deren Möglichkeiten aufzeigen sollen. Der I/O Brush (Ryoaki, Marti und Ishii 2004) zum Beispiel ist ein Pinsel der die Affordances eines normalen Pinsels erbt. Die von Ryoaki vorgestellte Anwendung unterstützt hier das interaktive Erstellen von Geschichten und deren Untermalung mit Bildern und Texturen aus einem Lesebuch. (Resnik, Martin, Berg et al 1998) beschreiben die Wichtigkeit von greifbaren und manipulierbaren Materialien im Lernprozess von Kindern insbesondere für das Visualisieren und Erlernen von mathematischen und abstrakten Konzepten wie Zahlen und Formen.

Allerdings werden solche Benutzerschnittstellen bei weitem nicht nur für Lernanwendungen für Kinder eingesetzt. Forschungen haben ergeben, dass greifbare Benutzerschnittstellen Vorteile in vielen allgemeinen Anwendungsbereichen haben. Eingaben können häufig einfacher und schneller getätigt werden, zum Beispiel Ishii und Ullmer (1997), physikalische Objekte können nach Wunsch in Reichweite oder in die Peripherie ge-

legt werden, siehe Winograd und Flores (1986). Das räumliche Gedächtnis kann besser genutzt werden da der Benutzer die Platzierung von Objekten alleine in der Hand hat (Patten und Ishii 2000), und außerdem können mehrere Sinne des Menschen gleichzeitig verwendet werden (Ishii und Ullmer 1997).

Insbesondere auch für den Einsatz in Spielen oder spielerischen Anwendungen finden TUIs ihren Einsatz, da sie den immersiven Eindruck und den Spaßfaktor erhöhen. Stellvertretend für die Fülle an Anwendungen sei hier (Beckhaus, Blom und Haringer 2005) genannt, in dem die Autoren unter anderem einen mit Sensoren ausgestatteten Stuhl präsentieren, der Bewegungen des Sitzenden verwendet, um ein 3D Spiel zu steuern.

4. Eingesetzte Prototypen

Im Folgenden stellen wir drei prototypische, implementierte und voll funktionsfähige Systeme vor, die sich Konzepte und Methoden der Graspable und Tangible UIs zu Nutze machen und von uns unter anderem für Lernanwendungen eingesetzt oder entwickelt werden. Die Systeme unterscheiden sich sowohl von der Mensch-Maschine-Schnittstelle, von dem Grad der physischen Interaktion und von den Lerninhalten. Das Sketch-A-



Bild 1: Prototyp 1 zeigt das Spielzeugauto mit dem Tablet PC auf dem die ausgedachte Bewegung gezeichnet wird

Move, ein Beispiel für ein zukünftiges Spielzeugauto, erfordert dabei den geringsten Grad von physikalischer Interaktion und erfordert kaum Bewegung des Benutzers. Es wird hier lediglich mit dem Finger eine Bewegung gezeichnet. Die Eingabe ist hier zeitlich losgelöst von dem Feedback des Systems (siehe Kapitel 0). Bei dem SensorVirrig (Kapitel 0) korreliert die Bewegung des Benutzers direkt mit dem System. Wird das Kissen in eine bestimmte Richtung geneigt, wird das gesteuerte virtuelle Fahrzeug in diese Richtung auf einem Bildschirm gesteuert. Diese Schnittstelle verlangt dem Benutzer die meiste Bewegung bei der Interaktion ab. Bei dem Würfel (Kapitel 0) manipuliert der Benutzer die Schnittstelle direkt, also auch die mit dem TUI assoziierte Information.



Bild 2: Prototyp 2 erhält die Bewegungseingabe über ein kapazitives Touchpad und interagiert dann mit der Fernsteuerelektronik

4.1 Sketch-a-Move

Das Sketch-a-Move (Kranz, Jain, Klinker et al. 2006) ist ein neues Konzept zur Steuerung von Spielzeugautos. Im Gegensatz zu Aufziehautos, die, einmal aufgezogen, einfach ohne weitere Interaktion mehr oder weniger gerade über den Boden fahren, bzw. zu ferngesteuerten Autos, die während der Bewegung konstante Interaktion über Steuerkommandos erfordern, ist die Interaktion mit dem Sketch-a-Move Auto konzeptionell anders: Das Kind interagiert direkt mit dem Auto, muss sich allerdings eine Bewegung in der Ebene ausdenken, bevor das Auto losfährt. Sollen bestimmte Hindernisse umfahren werden, so ist dies vor der Fahrt zu planen. Das Kind muss sich also eine (mathematische) Kurve überlegen, die entweder bestimmte Punkte



Bild 3: Auf Prototyp 1 wird eine Bewegung (hier eine einfache Linie) gezeichnet, die Eingabe bestätigt und dann abgefahren



Bild 4: Das IKEA Virrig Kissen in seinem Originalzustand (links) und aufgeschraubt mit Mikrokontroller, Sensoren und Batterien (rechts)

meidet (wie z.B. eine Bezierkurve, die nur Stützpunkte hat, aber nicht durch diese verläuft), bzw. bestimmte Punkte erreicht, also eine Funktion die bestimmte Punkte tatsächlich schneidet. Die Interaktion erfolgt dabei bei der Variante 1 des Sketch-a-Move Autos über die Zeichnung einer Linie auf einem Tablet PC, welcher in das Fahrzeug eingebettet ist, also mit visuellem Feedback. Hier kann die Kurve korrigiert werden, wenn festgestellt wird, dass sie nicht die notwendigen Eigenschaften hat. Bei Variante 2 wird kein visuelles Feedback gegeben und die gesamte Funktion ohne Rückmeldung auf einem kapazitiven Touchpad gezeichnet. Die gezeichnete Kurve wird dabei so gestreckt und erweitert, dass das Spielzeugauto diese auch abfahren kann. Damit sind zum Beispiel 90°-Drehungen nicht möglich.

In dem Video (Kranz, Jain, Klinker et al. 2006) werden die beiden Prototypen vorgestellt und auch ein Kind gezeigt, das mit dem Auto spielt. Eine Untersuchung inwieweit das Konzept zur Entwicklung eines geometrischen Verständnisses und der Verbesserung der Vorstellungskraft führt, wird in einer späteren Benutzerstudie erfolgen.

Der Ansatz unterscheidet sich von einem ferngesteuerten Roboter, da die beiden Spielzeugautos über keinerlei Sensoren, z.B. Odometrie, Radencodier oder Entfernungsmesser verfügen womit ein eigenständiges Ausweichen vor Hindernissen möglich wäre. Die Prototypen sind bezüglich der Steuerung unveränderte Spielzeugautos.

Die Idee zur prototypischen Umsetzung entstand aus einer Design-Idee von Anab Jain und Louise Klinker vom Royal College of Arts (RCA), London. Die Idee wurde bereits 2004 vorgestellt und unter anderem im Make Magazine veröffentlicht (Jain 2005). Da dieses neuartige Interaktionskonzept sehr viel öffentliches Interesse hervorrief und viele interessierte Kommentare aus Blogs zu finden sind, wurden in Zusammenarbeit mit den Designern zwei voll funktionale Prototypen entwickelt. Der Umgang mit diesen beiden Prototypen wurde bereits mit jeweils 10 Schulkindern (im Alter von 10 bis 13 Jahren) evaluiert. Dabei stand im Vordergrund, die grundsätzliche Funktionalität und die Art der Benutzerschnittstelle zu beurteilen. Die ersten Ergebnisse sind viel versprechend. Auf jeden Fall hatten die

Schüler sehr viel Spaß mit dem Gerät, selbst wenn das Resultat nicht genau ihren ersten Vorstellungen entsprach. Die Lehrer, die der Benutzerstudie beiwohnten, und die Kinder wollten die Prototypen am liebsten direkt mitnehmen, ein Kind konnte sich nur weinend von ihm trennen.

4.2 Bewegungskissen

Bei dem Bewegungskissen (Kranz, Holleis, Winter et al. 2006) handelt es sich um ein Sitzkissen das unter dem Namen Virrig P/S (Play School) bei dem Möbelhaus IKEA zu kaufen ist. Die Besonderheit daran ist die Unterseite des Kissens, die aus Hartplastik besteht und die Form einer Halbkugel aufweist (siehe Bild 4, links). Dadurch ist es dem Benutzer möglich, sich zu drehen und sich um etwa 20 Grad auf eine beliebige Seite zu kippen. Die Ausführung des Kissens ist stabil genug um auch einen Erwachsenen im Sitzen, Liegen, Knien oder sogar Stehen auszuhalten. Letzteres erfordert allerdings einige Übung und einen guten Gleichgewichtssinn.

Um den Kippeffekt neben seinem Gemütlichkeits- und Spaßeffect auszunützen wurde der Virrig mit einem Mikrokontroller, Batterien und mehreren Sensoren ausgestattet. Dabei entstanden zwei Prototypen. Für viele Anwendungen genügt es, das Kissen in acht Sektoren aufzuteilen und nur zu erkennen, ob und in welchen der Sektoren das Kissen gekippt wurde. Dafür sind nur vier binäre Kippschalter orthogonal zueinander und in etwa 10 Grad Neigung zur Sitzebene anzuordnen. Vor allem für Applikationen, bei denen nur eine Auswahl von einer diskreten Anzahl an Möglichkeiten getroffen werden muss, ist dies ausreichend. Sollen andererseits Bewegungen des Nutzers in größeren Detailstufen verfolgt oder aufgezeichnet werden, ist eine andere Implementierung vonnöten. Der zweite Prototyp verwendet daher statt den Kippschaltern einen zweidimensionalen Beschleunigungssensor (Analog Devices adxl210) dessen Messachsen parallel zur Sitzebene ausgerichtet sind. Somit kann durch Messung Gravitationskraft ein Kippen in beliebige Richtungen erkannt und sogar der Kippwinkel berechnet werden. Zwei Beispielanwendungen dafür werden im Folgenden beschrieben.

Durch die Ähnlichkeit der Ausgabe des Bewegungskissens mit einem Steuerknüppel (Joystick) bietet sich die Steuerung von Fahrzeugen an. In einem ersten Anwendungstest wurde eine virtuelle Rennstrecke implementiert, auf dem sich ein Auto gesteuert durch Bewegungen des Virrig-Kissens lenken ließ (siehe Bild 4, rechts). Mehrere Kontrollpunkte müssen dabei durchfahren werden um eine gültige Rundenzeit zu bekommen. Die Zeiten können dann ausgewertet und mit anderen „Fahrern“ verglichen werden. Dabei stehen alleine der Spielspaß und das Erlernen der Steuerung im Vordergrund. Für die Weiterentwicklung der Steuerung mit dem Bewegungskissen war es wichtig, in diesem frühen Stadium Rückmeldungen von Benutzern zu bekommen. Ohne Erklärungen war allen Nutzern klar, dass sich ein Kippen nach einer Seite in eine Bewegung oder Rotation des Gefährts in dieselbe Seite umsetzen sollte. Allerdings ergeben sich bereits bei dieser klaren Spezifikation Redundanzen und es zeigt sich eine der Schwierigkeiten der Verwendung von außergewöhnlichen Eingabegeräten: Drei Umsetzungen sind unter anderem möglich: Kippen nach rechts (1) dreht und bewegt das Auto am Bildschirm horizontal nach rechts; (2) dreht den Bildschirmhintergrund um ein stationäres Auto nach links; oder (3) lässt die Räder des Autos nach rechts einlenken und weiterfahren.

Es stellt sich heraus, dass obwohl Möglichkeit (3) der Realität eines Lenkrads am besten entspricht sie die steilste Lernkurve der vorgestellten Verfahren hat. Die allgemeine Schwierigkeit ist, dass die Interpretation der Eingabe nicht nur von der erwünschten Simulationsart sondern auch von dem Eingabegerät selbst und dessen Benutzung abhängt. In einer Benutzerstudie wurden die drei Verfahren 8 Kindern im Alter von 13 bis 14 Jahren zur Verwendung gegeben. Die Möglichkeiten (1) und (2) wurden jeweils etwa von der gleichen Anzahl der Teilnehmer bevorzugt. Damit stellt sich auch heraus, dass es oft nicht möglich ist trotz Kenntnis des Eingabegeräts, des Ausgabegeräts und einer eingängigen Semantikspezifikation eine optimale Verwendungsart für alle Benutzer zu finden.

Im Gegensatz zu der Sketch-a-Move Anwendung in Kapitel 4.1 kann hier also ein Gegenstand zu jedem Zeitpunkt beeinflusst werden und fördert so weniger

ein Nachdenken vor einer Aktion. Andererseits kann dadurch die Abbildung der Benutzerbewegungen zu den Veränderungen der virtuellen Objekte vereinfacht werden. Außerdem ist der physikalische Einsatz deutlich höher und beeinflusst auch das Verhalten der Benutzer wie im Folgenden noch dargestellt wird.

Für eine zweite, lernorientierte Anwendung wurde die Spielfläche deutlich vergrößert. An mehreren Stellen des Parcours wurden Stoppschilder platziert (siehe Bild 5, links). Nähert man sich mit dem Auto einem dieser Schilder, so bekommt man eine Frage mit mehreren Antwortmöglichkeiten gestellt. Mittels Bewegungen des Kissens kann eine der Antworten ausgewählt werden. In einer Studie mit Kindern im Alter von 14-15 Jahren konnte man erkennen, dass der Spaßfaktor ihr Interesse deutlich erhöht hat. Ein Anreiz, die Fragen richtig zu beantworten gab es dadurch, dass jede falsch beantwortete Frage dazu führte, dass man zu einem späteren Zeitpunkt, nach dem mindestens eine andere Frage bearbeitet wurde, wieder zu ihr zurückkehren musste. So wurde auch sichergestellt, dass man nicht alle Antwortmöglichkeiten einfach und schnell durchprobieren konnte. Es zeigte sich, dass das Spiel in einen angenehmen aber doch herausfordernden Maße physisch anstrengend ist, so dass sich die Kinder anstrebten, die Fragen auf Anhieb richtig zu beantworten beziehungsweise sich die wohl richtige Antwort besser zu merken. Letzteres wurde auch dadurch gefördert, dass Fragen mehrfach wiederholt wurden.

Inwieweit sich diese Faktoren ändern nachdem der anfängliche Neuartigkeitseffekt verblichen ist und inwiefern sich der Lernerfolg von dem traditioneller Methoden unterscheidet, muss erst noch durch Langzeitstudien gesichert werden.

4.3 Würfel-Computer

Der Würfel-Computer (Kranz, Holleis, Bilandzic et al. 2006) ist ein in sich abgeschlossenes Gerät, das als solches manipuliert und bedient wird. Es ist ein TUI unter anderem für Lernanwendungen mit einer greifbaren Benutzungsschnittstelle. Es handelt sich hierbei um einen Würfel mit einem kleinen Bildschirm auf jeder der sechs Würfelseiten (siehe Bild 6) und Beschleunigungssensoren zur Erkennung von Gesten. Gravitationssensoren erkennen dabei die Lage des Würfels im

Raum. In diesem Beitrag betrachten wir insbesondere wie dieses Objekt zum spielerischen Lernen eingesetzt werden kann.

Auf jedem der sechs Bildschirme kann ein kurzer Text oder eine kleine Grafik angezeigt werden. Der erste Prototyp verwendet eine sehr kostengünstige Technologie mit 96 auf 40 Pixel und 1 Bit Farbtiefe. Aktuell und zu weiteren Benutzerstudien wird ein Würfel mit sechs 128 mal 128 Pixel Vollfarbdisplays gefertigt. Beispielanwendungen sind das Lernen von Vokabeln oder das Schulen des dreidimensionalen Vorstellungsvermögens. Ersteres zeigt auf einer Würfelseite eine Vokabel und auf den anderen mögliche Übersetzungen. Die zweite Anwendung projiziert ein virtuelles dreidimensionales Objekt innerhalb des Würfels auf die sechs Bildschirme. Eine der Projektion beinhaltet einen Fehler. Wird die korrekte Antwort gefunden, also die Seite mit der richtigen Übersetzung oder der fehlerhaften Projektion, dann soll diese ausgewählt werden. Wie in dem Fall des Bewegungskissens muss hier eine Interaktionsform für die Auswahl gefunden werden. Da Knöpfe dem Aussehen oder eventuell dem Formfaktor nicht zuträglich wären und oft aus Versehen gedrückt werden könnten, Bildschirme mit Eingabefunktion zu teuer, empfindlich und wartungsintensiver wären, wurde eine andere sehr eingängige Methode gewählt: Zur Bestätigung der Eingabe werden Gesten genutzt. In der hier beschriebenen Version ist die Geste ein Schütteln des gesamten Würfels.

Das Würfel-System macht sich dabei zu Nutze, dass Menschen bereits seit früherer Kindheit mit Würfeln spielen und wissen, dass auf jeder Würfelseite eine andere Information (in der Regel eine Zahl) zu finden ist. Auch das Schütteln ist eine spielerische Art, eine Eingabe für ein Computersystem zu machen. Obwohl zwar nur ein sehr geringer Anteil der Testpersonen diese Auswahlgeste spontan herausfand, konnten wir uns überzeugen, dass die Geste sehr leicht erlernbar ist und den Leuten auch nach mehreren Monaten noch im Gedächtnis war. Aus individuellen, informellen Unterhaltungen heraus konnten wir erkennen, dass die Tatsache, dass es sich um ein computergestütztes Lernsystem handelt, in den Hintergrund getreten war. Das vorgestellte Lernsystem erlaubt einerseits

komplexe Zusammenhänge er- und begreifbar zu machen (mental und physikalisch) und andererseits kollaborative Aspekte des Lernens in einer Gruppe zu fördern.

Lernplattform

Auf Grund der spielerischen Natur der Interaktion mit dem System, das in seiner äußeren Form einem Spielwürfel ähnelt, ist der Würfelcomputer motivierend für Menschen verschiedenster Altersklassen. Dies konnten wir in den verschiedensten Situationen mit Menschen unterschiedlichen Alters und Bildung feststellen.

Traditionelle Lernsoftware ist meist auf eine einzelne Person ausgerichtet. Maus und Tastatur sind oft nur von dieser einfach zu erreichen und zu handhaben. Der Würfel erlaubt auf Grund seines Designs und der physikalischen Ausprägung, mehreren Benutzern die Inhalte der Bildschirme gleichzeitig zu lesen (siehe Bild 7) und dadurch kollaborativer zu lernen. In unseren Beobachtungen von Kindern in der Verwendung des Würfels mit einer Anwendung zum Erlernen von Buchstaben oder mathematischen Operationen konnten wir feststellen, dass der Würfel ein sehr großer Anziehungspunkt von Zusammenarbeit ist. Mehrfach griffen umstehende Personen ein, um zum Beispiel bei der Bedienung oder auch bei der Lösungsfindung zu helfen.

Der Würfelcomputer eignet sich als Plattform für eine große Anzahl an Lernanwendungen. Die Form des Würfels, eines der einfachsten dreidimensionalen Objekte, unterstützt diese Anwendungen zusätzlich. Unsere Erfahrungen zeigen, dass der Würfel in verschiedenen Altersbereichen sinnvoll eingesetzt werden kann. Während Bild-Bild und Wort-Bild Assoziationen für Vorschulkinder sinnvoll zur Förderung eingesetzt werden können, erlauben einfache Wissenstests zum Beispiel aus den Bereichen Mathematik oder Allgemeinwissen den Einsatz mit älteren Schulkindern in der Realschule oder im Gymnasium. Für spezielle Bereiche der Förderung eignen sich zum Beispiel Anwendungen, die das dreidimensionale Vorstellungsvermögen trainieren, also etwa falsche Projektionen zu erkennen.

Lernanwendungen auf dem Würfel können sich dem Lernverhalten der Kinder anpassen. Dazu können zum einen die Fragen in ihrer Schwierigkeit dem

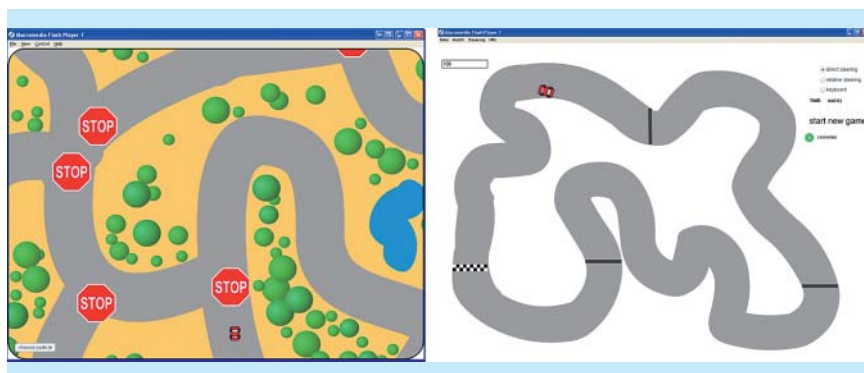


Bild 5: Zwei der Beispielanwendungen für das Bewegungsskissen. Rechts sieht man eine kurze Rennstrecke mit mehreren Kontrollpunkten. Die linke Anwendung zeigt ein größeres Spielfeld mit mehreren Stoppschildern, die mit Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten hinterlegt sind

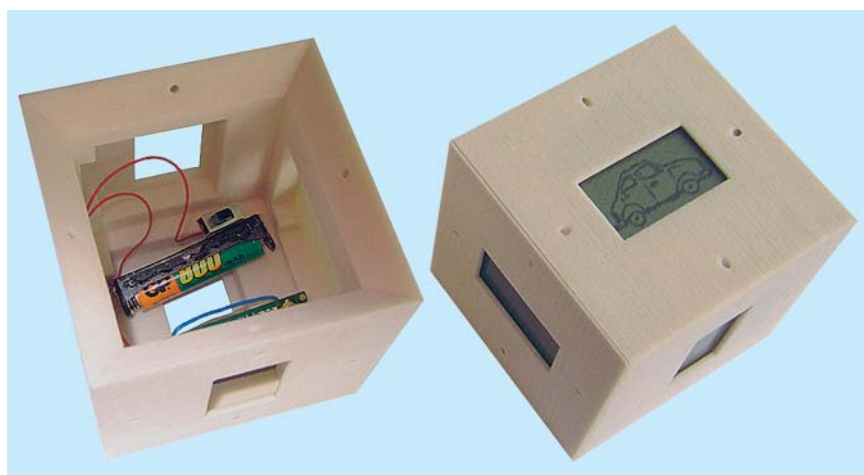


Bild 6: Der Würfelcomputer ist ein mit ubiquitärer Technologie angereicherter Würfel mit eingebautem Mikrokontrollersystem und Bildschirmen auf den Würfelseiten

Lernerfolg des Kindes angepasst werden. Sind die Fragen konstant zu schwer oder zu leicht, verliert der Lernende schnell den Spaß. Zum anderen ist die Schüttellänge ein Parameter mit dem die Denkschwelle angepasst werden kann. Ist es notwendig, den Würfel länger und fester zu schütteln um eine Eingabe zu bestätigen, dann werden die Kinder vor Eingabe einer Antwort mehr nachdenken als wenn es einfach ist, durch kurzes Schütteln die möglichen Antworten durchzuprobieren. Dieser Effekt ist ähnlich zu dem beschriebenen der Anwendung mit dem Bewegungsskissen in Kapitel 4.2. Wie auch dort trägt der Neuheitseffekt des Würfels sicherlich zur positiven Einstellung von Schülern und Lehrern bei. Allerdings ist es plausibel, dass dieser Effekt auf Grund der Art der Benutzerschnittstelle länger anhält als bei Standardlernsoftware.

5. Diskussion

Es ist für den Erfolg eines jeden Lernsystems unumgänglich, auf die speziellen Bedürfnisse der Benutzer einzugehen. Die Anforderungen an unterstützende Systeme für Kinder und Jugendliche unter-

Bild 7: Der Würfelcomputer in Aktion. Kinder diskutieren in Zusammenarbeit die möglichen Lösungen. Die Interaktion mit dem Würfelcomputer ist reichhaltiger und fördernder als eine Maus-Tastatur-Bedienung einer konventionellen Lernsoftware



scheiden sich dabei grundlegend insbesondere von traditionellen Schulungs- und Wissen vermittelnden Systemen. Für letztere sind Maus- und Tastaturgestützte Systeme sinnvoll und zweckmäßig. Moderne Lernprogramme gehen von der Gestaltung ihrer Benutzerschnittstelle auf das Alter der Kinder als Benutzer ein und enthalten entsprechende Motivations- und Hilffsysteme. Dennoch nutzen diese Systeme nicht die besonderen Fähigkeiten von Kindern, insbesondere durch physikalische Materialien und Eingabegeräte, den Lernprozess zu unterstützen. Die angeführten verwandten Arbeiten zeigen deutlich das Potential der Interaktion mittels berührbaren Benutzerschnittstellen. Die Fähigkeit Berührung, Manipulation und Bewegung in den Lernprozess zu integrieren und damit einerseits die Motivation als auch andererseits die Beschäftigung mit den Lerninhalten zu fördern sollte also ausgenutzt werden um kindgerechte Lernsysteme zu erschaffen. In diesem Artikel haben wir drei Systeme vorgestellt, die sich vom Grad der Interaktion und der Gestaltung der Benutzerschnittstelle unterscheiden. Wir haben dabei die besonderen Merkmale der Integration der physikalischen Eigenschaften der jeweiligen Schnittstelle ausgenutzt um den Unterhaltungs- und Spaßfaktor der Anwendungen zu erhöhen. Dabei unterstützt die spielerische Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle den Lernprozess und erfüllt dabei jeweils einen konkreten Zweck, der über den spielerischen Teil hinausgeht. Wir hoffen, dass andere Wissenschaftler, auch aus den traditionellen Wissenschaften wie Kognitionspsychologie und Pädagogik diese Ergebnisse in ihre Forschung einbeziehen

können um so eine reichere Interaktion in Lernsystemen zu erreichen.

Literatur

- Beckhaus S.; Blom K.; Haringer M.: A new gaming device and interaction method for a First-Person-Shooter. *Proceedings of the Computer Science and Magic 2005*. GC Developer Science Track, Leipzig, 2005
- Dourish, P.: Where the Action Is: Foundations of Embodied Interaction. MIT Press Cambridge, Mass., 2002.
- Fitzmaurice, G. W.: Graspable User Interfaces. Ph. D. thesis, Department of Computer Science, University of Toronto, 1996
- Fitzmaurice, G. W.; Ishii, H.; Buxton, W. A.: 1995. Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. *Proceedings CHI'95*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. 442–449.
- Gibson, J. J.: The Theory of Affordances. In: (R. E. Shaw & J. Bransford (eds.)) *Perceiving, Acting, and Knowing*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1977.
- Hornecker, E.; Buur, J.: Getting a grip on tangible interaction: a framework on physical space and social interaction. *Proceedings CHI'06*. ACM Press (2006) 437–446.
- Ishii, H.; Ullmer, B.: 1997. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *Proceedings CHI'97*. ACM Press. 234–241.
- Jain, A.: MAKE MAGAZINE 1, O'Reilly, p.14, 2005. http://images.amazon.com/media/i3d/01/make_excerpt.pdf
- Kranz, M.; Holleis, P.; Bilandzic, M.; Vetter, J.; Schmidt, A.: The Display Cube as Playful TUI To Support Learning (Video). The 4th International Conference on Pervasive Computing (Pervasive), 2006.
- Kranz, M.; Holleis, P.; Winter, A.; Schmidt, A.: Playing with the real World. *JVRB*, April 2006.
- Kranz, M.; Jain, A.; Klinker, L.; Stöger, C.; Blank, D. B.; Mösenlechner, L.; Schmidt, A.: Sketch-A-Move - Design Inspired Technology for Children (Video). *UbiComp* 2006.
- Montessori, M.: *The Montessori Method*. New York, Frederick A. Stokes Company, 1912.
- O'Malley, C.; Fraser, D. S.: *Literature Review in Learning with Tangible Technologies*. FuturLab Series, Report, 2005.
- Papert, S.: *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. Basic Books, 1993.
- Patten, J.; Ishii, I.: A comparison of spatial organization strategies in graphical and tangible user interfaces. *Proc ACM DARE'00*, 41–50, 2000.
- Rekimoto, J.; Sciammarella, E.: ToolStone: effective use of the physical manipulation vocabularies of input devices. *Proc ACM UIST'00* (2000) 109–117.
- Resnick, M.; Martin, F.; Berg, R.; Borovoy, R.; Colella, V.; Kramer, K.; Silverman, B.: Digital Manipulatives: New Toys to Think With. *Proc CHI'98* ACM Press. 1998.
- Ryoaki, K.; Marti, S.; Ishii, H.: I/O brush: drawing with everyday objects as ink. *Proc. CHI'04* Press, pp. 303–310. 2004,
- Stringer, M.; Toye, E. F.: Teaching Rhetorical Skills with a Tangible User Interface. *IDC 2004*, USA, ACM.
- Weiser, M.; Brown, J.S.: The Coming Age of Calm Technology. Xerox PARC, October 1996.
- Weiser, M., The Computer of the 21st Century. *Scientific American* **265**(3) 94–104, September 1991
- Winograd, T.; Flores, F. *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. Ablex, 1986



1



2



3

1 Matthias Kranz, Dipl.-Inf., Ludwig-Maximilians-Universität, Lehr- und Forschungseinheit Medieninformatik. Matthias Kranz hat Informatik an der TU München studiert. Seit Mitte 2004 arbeitet er als Doktorand in der Nachwuchsgruppe „Eingebettete Interaktion“. Seine Forschungsinteressen umfassen Tangible User Interfaces und Mensch-Maschine Interaktion sowie Ubiquitous Computing und intelligente Umgebungen.
E-Mail: matthias@hclab.org
www.hclab.org/matthias

2 Paul Holleis, Dipl.-Inf. Univ., arbeitet als Doktorand in der Nachwuchsforschungsgruppe „Eingebettete Interaktion“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Er beschäftigt sich unter anderem mit Entwurfs- und Werkzeugunterstützung für Entwickler im Bereich des Ubiquitous Computing. Außerdem erarbeitet er Benutzermodelle um Richtlinien und Methoden für den Entwurf, die Umsetzung und den Einsatz von Pervasive Services abzuleiten.
E-Mail: paul@hclab.org
www.hclab.org/paul

3 Dr. Albrecht Schmidt ist Leiter der Nachwuchsforschungsgruppe „Eingebettete Interaktion“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Sein Interessensgebiet umfasst unter anderem die Bereiche Ubiquitous Computing und Context-Awareness. Insbesondere beschäftigt er sich mit neuartigen Benutzungsschnittstellen und Interaktionsmethoden. Den Doktor der Informatik erhielt er 2003 von der Lancaster University, Großbritannien.
E-Mail: albrecht@hclab.org
www.hclab.org/albrecht