

## Touch2Learn: Multi-Touch Lernumgebungen explorativ erforschen

*Christian Dohrmann*

### 1 „Von der Maus zum Touch“ - Einführung die Thematik

Die Computermaus gilt heute (noch) als Standard Computer-Eingabegerät, dessen Bedienung und Handhabung den meisten Nutzern einsichtig erscheint, wenngleich die Interaktion zwischen Mensch und Maschine mit diesem Medium zunächst vom Nutzer erlernt werden muss (Hand-Auge-Koordination). Die Maussteuerung ist nach wie vor dominierend im Anwendungsfeld computergestützter Arbeitsplätze. Computernutzer sind mit dem Umgang der Maus vertraut, wenngleich ihre korrekte Verwendung kognitive Verarbeitungsprozesse voraussetzt, um die absoluten Bewegungen der Maus mit den relativen Bewegungen des Mauszeigers auf dem Bildschirm zu koordinieren. Die Computermaus übernimmt die Funktion eines physischen „Vermittlers“, indem sie Bewegungen der mausführenden Hand an den Mauszeiger vermittelt und dieser seine relative Position auf der Bildschirmoberfläche in Abhängigkeit von der absoluten Handbewegung verändert. „Ein Erlernen bzw. Trainieren der Mausbedienung scheint notwendige Voraussetzung für die korrekte Steuerung der Maus“. (Dohrmann 2010, S. 20).

Moderne Software-Bedienkonzepte, wie sie in iOS oder Win8 umgesetzt wurden, unterstützen eine direktere Interaktion zwischen Mensch und Computersystem und greifen intuitive Bedienungszugänge auf. Berührungssensitive Bildschirme erlauben die Manipulation grafischer Objekte durch einfache Finger- und Handbewegungen: „Touch“. Die Steuerung virtueller Objekte ist angelehnt an das Verhalten realer Umgebungen und Objekte, wodurch ein intuitiver, auf Vorerfahrungen basierender Umgang mit dem Computersystem aufgegriffen werden kann.

Neben einfacher Touch-Steuerung kommt darüber hinaus eine Technologie zum Einsatz, welche das simultane Verarbeiten mehrerer Touch-Signale ermöglicht: „Multi-Touch“. Dieses Erkennen mehrerer Touches ermöglicht z.B. Bewegungen wie das Verkleinern oder Vergrößern von Objekten auf der Oberfläche (Fotos) oder das einfache Drehen um diese zwei Berührungspunkte. Ferner ermöglicht diese Technologie Arbeitsformen, bei denen mehrere Nutzer intuitiv und simultan auf einer gemeinsamen Oberfläche interagieren können.

Mit Blick auf die Gestaltung von computergestützten Lehr- Lernumgebungen ergeben sich damit neue Möglichkeiten des computerbasierten Arbeitens. Während bisherige Arbeitsplätze (Desktop bzw. Laptop) durch eine einzelne Person gesteuert werden, sind nun Umgebungen möglich, in denen die Steuerung durch mehrere Personen vorgenommen werden kann. Auf sogenannten Multi-Touch-Tischen erfolgt die Bedienung des Computers durch Finger- und Handbewegungen auf einem tischgroßen Display.

Am Beispiel einer prototypisch umgesetzten Multi-Touch-Tisch-Lernumgebung werden im Folgenden Beobachtungen von Schülerhandlungen vorgestellt sowie Hard- als auch Software-spezifische Besonderheiten der Technologien „Touch“ und „Multi-Touch“ im Kontext von Lernumgebungen diskutiert. Darüber hinaus werden am Beispiel interaktiver Digitaler-Geometrie-Systeme (DGS) Konzeptideen für Multi-Touch basierte Interaktionen diskutiert. Die Relevanz einer fachdidaktischen

Fundierung soll für eine Neugestaltung Multi-Touch basierter Benutzerschnittstellen hervorgehoben werden; dies vor allem vor dem Hintergrund der zunehmenden Verbreitung von interaktiven Whiteboards und Tablets im Klassenzimmer.

## 2 Eingabetechnologien und ihre Besonderheiten

### 2.1 Maus vs. Touch

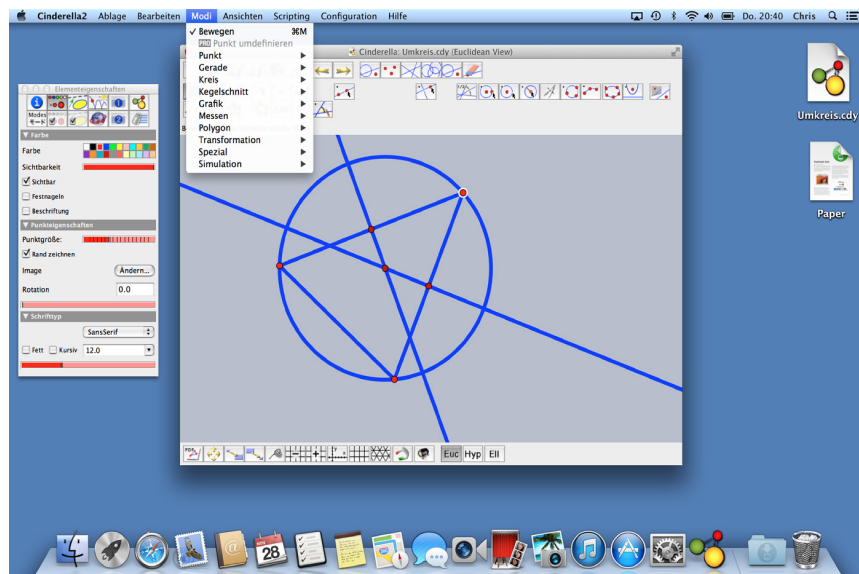


Abbildung 1: Desktop Benutzeroberfläche

In Abbildung 1 ist die grafische Desktopoberfläche eines Betriebssystems dargestellt. Mittels mausgesteuerter Aktionen erfolgt hier – wie bislang üblich – die Interaktion mit grafischen Elementen auf der Oberfläche. Beispielsweise wird zum Start einer Anwendung der Mauszeiger (Pointer) auf ein entsprechendes Programmsymbol (Icon) gezeigt und mit Hilfe einer Klick-Geste (bzw. Doppelklick) der Aufruf des Programmstarts initiiert. Zum Bewegen eines Icons auf dem Desktop wird der Mauszeiger auf das entsprechende Symbol gezeigt. Im zweiten Schritt erfolgt durch Drücken und Halten der Maustaste eine Art „Bindung“ des Symbols an die Position des Mauszeigers. Durch das Halten der Maustaste folgt das so „festgehaltene“ Symbol den Bewegungen des Mauszeigers (Drag). Durch Loslassen der Maustaste wird das Symbol an der Stelle des Mauszeigers abgelegt (Drop). Dieser hier in viele einzelne Schritte aufgeschlüsselte Ablauf zeigt, dass diese Eingabeform alles andere als intuitiv ist.

Der Ablaufplan der eben dargestellten Interaktion zum Bewegen eines Symbols basiert auf einer softwareseitig definierten Abfolge von Mausektionen, auch Pattern genannt. Im Falle des Verschiebens eines Programmsymbols auf dem Desktop wird ein „Press-Drag-Release“-Pattern angewendet. Interaktionspattern zwischen Eingabegeräten (hier Maus) und Softwareobjekten (hier Icons) bestimmen letztendlich die Art und Weise, wie bestimmte Eingabeabfolgen und Interaktionsmuster vom System interpretiert und in bestimmte Operationen und Funktionen übersetzt und umgesetzt werden. Man erkennt diese ungewohnte Handhabung bei der Beobachtung von Kindern (oder auch älteren Menschen ohne Computererfahrung), die diese Hand-Au-

ge-Koordination erst erlernen müssen und zunächst zwischen Hand (haptisch) und Bildschirm (visuell) wechseln.

Ein wichtiger – auf den ersten Blick nicht wahrgenommener - Unterschied zwischen einer mausgesteuerten- und einer Touchbedienung ist die Navigation mittels Mauszeiger gegenüber dem Zeigen auf Elemente der grafischen Benutzeroberfläche. Da bei berührungssensitiven Bildschirmen Objekte direkt mit dem Finger erreicht bzw. gewählt werden können, ist die Navigation eines Mauszeigers obsolet. Die Berührung der Fingerspitze auf der Oberfläche des Bildschirm erzeugt eine unmittelbare Eingabe (Touch). Die Bedienung des iPads und ähnlicher Touch-Tablets bedarf keiner zusätzlichen Auswahl- und Bedienhardware; der Finger fungiert hier als direktes Zeigeinstrument. Die Interaktion mit dem Computersystem erfolgt über Tipp- und Wischbewegungen, vergleichbar mit der Klick- und Zugsteuerung des Mauszeigers.

Es stellt sich nun allerdings die Frage, welche Konsequenzen der „Verlust“ des Zeigers für die Bedienung WIMP-basierter Anwendungen mit sich zieht. Eine Schwierigkeit betrifft die Präzision der Steuerung: Während je nach Qualität der Maus mit Hilfe des Mauszeigers Positionen der Bildschirmoberfläche pixelgenau erreichbar sind, ist dies bei direkter Berührung durch einen Finger nicht möglich, da erstens die Fingerspitze einen Teil der Bildschirmoberfläche verdeckt und zweitens ein pixelgenaues Zeigen bzw. Berühren aufgrund der physiologischen Gegebenheiten und ggf. der kapazitiven „Mindestmasse“ des Fingers nicht möglich ist. Daher sind zeigerbasierte Werkzeuge (beispielsweise Grafik- und Zeichenprogramme), welche ein pixelgenaues Navigieren des Mauszeigers erfordern, nicht ohne weiteres auf Touch-Lösungen übertragbar.

## 2.2 Touch und Multi-Touch

Multi-Touch Interaktionen basieren auf dem Vorhandensein von mindestens zwei (oder mehr) simultanen Berührungen, welche mittels Finger- und Handbewegungen auf einer berührungssensitiven Oberfläche erzeugt werden. Durch die simultane Verarbeitung mehrerer Berührungspunkte ergeben sich erweiterte Interaktionstechniken zur Steuerung von Computeranwendungen. Eine seit der Einführung des iPhone bekannte Mehrfingergeste (Pinch-to-Zoom) kommt bei der Skalierung von Bildobjekten zur Anwendung (s.o.). Multi-Touch Gesten zeichnen sich vor allem durch ihren symbolischen und auf Metaphern basierenden Charakter aus. Die angesprochene Zweifingergeste bedient sich der Metapher des Vergrößerns und Verkleinerns durch die Veränderung des Abstandes zwischen zwei Fingern auf der Bildschirmoberfläche. Der Vorgang des Skalierens wird durch die physische Abstandsveränderung der Finger auf symbolischer Ebene metaphorisiert. Der metaphorische Ansatz und die Verknüpfung zu symbolischen Gesten bieten die Möglichkeit, an Vorerfahrungen und bereits vorhandene mentale Repräsentationen anzuknüpfen und diese für die Steuerung von Computersystemen nutzbar zu machen.

Dieser Ansatz, der einen intuitiven Bezug zur Realwelt darstellt, zielt auf die Schaffung einer „natürlichen“ Benutzerschnittstelle ab, welche eine einfache und

möglichst ohne zusätzlichen Lernaufwand erforderliche Bedienung von Computersystemen ermöglichen soll.

### 2.3 Zusammenarbeit von Schülerinnen und Schülern mit und/oder durch Multi-Touch

Für den Einsatz von Multi-Touch (MT)-Umgebungen in Lehr-Lernumgebungen geben erste Studien didaktische Hinweise über mögliche Lerneffekte, welche sich aufgrund der MT-Technologie ergeben können. Bei HARRIS u.a. (2009) wurde das Verhalten von Grundschulern an Single-Touch und Multi-Touch fähigen Oberflächen untersucht, um herauszufinden, ob abhängig von der verwendeten Eingabetechnik Unterschiede im Arbeitsverhalten der Kinder festzustellen sind.

In Dreiergruppen bearbeiteten die Schüler in der Studie eine Planungsaufgabe, bei der Sitzpläne für ein Klassenzimmer erstellt werden sollen. Mit Hilfe einfacher Zugbewegungen ließen sich grafische Elemente (Tische, Bänke, Personen) auf der Bildschirmoberfläche per Fingersteuerung bewegen. Am Single-Touch Tisch konnte zeitlich-simultan nur eine Bewegungsaktion ausgeführt werden, während auf der Multi-Touch-Oberfläche simultan mehrere „Berühraktionen“ durchführbar waren. Beobachtet wurde das Verhalten der Schüler anhand ihrer Äußerungen und Gespräche während des Arbeitsprozesses. Zwischen Single-Touch und Multi-Touch Gruppen konnten signifikante Unterschiede bezüglich der kollaborativen Interaktionen festgestellt werden. Bei der Arbeit am Single-Touch Tisch dominieren sogenannte „Turn-Taking“ Gespräche zwischen den Schülern. Dies sind verbale Äußerungen, welche sich auf die Organisation von Arbeitsabläufen am Tisch beziehen, losgelöst vom inhaltlichen Bezug zur Aufgabenstellung:

*It's my turn next, then yours“ , „Stop doing it, it's my turn!“ [Harris u.a. 2009: 338]*

Bei der Arbeit am Multi-Touch Tisch dominieren Gespräche und Handlungen, welche direkten Bezug zur Aufgabenstellung und zum Lösungsprozess herstellen („Task-Focused“):

*„Lets put chatty ones near the front“ , „If the chatterboxes aren't with their friends they won't chat“ [Harris u. a. 2009: 338]*

MERCIER u.a. (2013) untersuchen im Projekt SynergyNet ebenfalls die Auswirkungen von Multi-Touch Lernumgebungen auf das kollaborative Arbeitsverhalten und bestätigen, dass die MT-Technologie offensichtlich eine „demokratische“ Beteiligung aller Gruppenmitgliedern am Interaktionsgeschehen unterstützt, wodurch „Machtkämpfe“ zur Bedienung verhindert werden können und in Folge dessen Ressourcen für konstruktive Gespräche bezüglich der Lösungsfindung genutzt werden.

### 2.4 Bedeutung für den Unterricht

Für Schülerinnen und Schüler ist das gemeinsame Arbeiten und Kommunizieren ein wichtiger Bildungsprozess, indem nicht nur soziale Kompetenzen ausgebildet werden, sondern auch die Möglichkeit geschaffen wird, über konkrete Inhalte (des Mathematikunterrichts) zu kommunizieren (siehe „Task-Focused“). Das Diskutieren und Argumentieren sind fundamentale Elemente des Lehrens und Lernens. In computer-unterstützten (Lern-)Umgebungen werden diese Komponenten häufig vernachlässigt: „Es gibt nur eine Maus für jeden Computer und selbst wenn Schüler paarweise arbei-

ten, kann stets nur ein Schüler den Computer bedienen.“ [KORTENKAMP und DOHRMANN 2010: 68]

Mit der Multi-Touch Technology können mehrere Schüler simultan an einem gemeinsamen Bildschirm arbeiten. Es ist sogar möglich, kooperative Übungen zu entwickeln, welche nur gelöst werden können, wenn sich zwei oder mehr Schüler gegenseitig helfen. Damit hat Multi-Touch das Potenzial, soziale und kommunikative Kompetenzen – über den fachlichen Lerninhalt hinaus – zu fördern.

### 3 EnergyCity – eine Multi-Touch basierte Lernumgebung

Zur weiteren Untersuchung der Erkenntnisse zum lernförderlichen Einsatz von Multi-Touch in didaktischen Szenarien wurden an der PH Karlsruhe Hard- und Software Prototypen entwickelt, an denen die gemeinschaftliche Arbeit von SchülerInnen an einem Multi-Touch-Tisch beobachtet werden konnten. Dieser Prototyp kam auf der Wissenschaftsmesse „Science Days 2010“ in Zusammenarbeit mit Studierenden der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe zum Einsatz. Über 700 SchülerInnen aller Altersstufen sowie erwachsene Teilnehmer (Eltern, Lehrende) setzten sich intensiv mit der Technologie und deren Anwendung auseinander. Die Beobachtung der Teilnehmer lieferte vielfältige Erkenntnisse über Akzeptanz und Intuitivität der eingesetzten Software, als auch Einsichten in die durch den Multi-Touch-Tisch möglichen Gruppenarbeitsform und der damit verbundenen Dynamik unter den Teilnehmern bei der gemeinsamen Arbeit. Zudem gaben ihre verbalen Rückmeldungen Hinweise auf didaktische Besonderheiten des umgesetzten Hard- und Software-Konzeptes und auf Aspekte der Weiterentwicklung, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

#### 3.1 Vielfältige Vorerfahrungen

Die Schülerinnen zeigten bereits eine breite Vielfalt an Vorerfahrungen, was die Kenntnis über und die Bedienung von touch-basierten Geräten betrifft. Weit verbreitete Erfahrungen sind: Spielekonsole oder Smartphone, Fahrkartenautomat oder Laptop, Tablet-PC oder Interactive Whiteboard. Die Bandbreite an Gerätschaften mit Eingabemöglichkeiten durch Finger- und Handgesten ist heutzutage groß und solche Geräte sind bereits in vielen Bereichen des Alltags verankert.<sup>37</sup>

#### 3.2 Multi-Touch mit SchülerInnen - zur Gruppendynamik

Die eingesetzte Multi-Touch Anwendung wurde so konzipiert, dass drei Seiten des Tisches für die SchülerInnen zugänglich sind und sämtliche Bedienelemente auf der Bildschirmoberfläche von allen gleichzeitig bedient werden können. Die vierte Seite des Tisches fungiert als technischer Betreuungsplatz, an dem die Computerhardware untergebracht war, welche zur Steuerung der Software genutzt wurde. Optimalerweise lassen sich alle 4 Seiten als (Schüler-)Arbeitsplätze nutzen. Dies war in der dargestellten Lösung technisch noch nicht möglich.

<sup>37</sup> So sind 2012 (JIM 2012) bereits 63% aller bundesdeutschen Haushalte mit Smartphones und 19% mit Tablet-PCs ausgestattet.



*Abbildung 2: Draufsicht der Softwareanwendung EnergyCity. Die Bedienelemente sind jeweils an den Ecken des Tisches in Element-Containern platziert.*

In drei Ecken der Bedienoberfläche befinden sich die gleichen „Container“ mit beweglichen, grafischen Elementen, welche durch „Drag & Drop“ auf dem Bildschirm platziert werden können. Jeder Schüler soll an jeder der Seiten die gleichen Arbeitsbedingungen vorfinden und sich gleichberechtigt an der Platzierung und damit an der Konstruktion eines Planes beteiligen können. Dadurch sollen Benachteiligungen einzelner SchülerInnen bzgl. der gemeinschaftlichen Arbeit vermieden werden.

Die Möglichkeit, simultan mehrere Objekte auf der Oberfläche zu bewegen, verstärkt offensichtlich den kollaborativen Charakter. So konnte während der Arbeitsphasen beobachtet werden, dass sich die SchülerInnen bezüglich nächster Schritte absprechen und auf eine gemeinsame Vorgehensweise einigen. Die Absprachen erfolgten unter inhaltlichen Gesichtspunkten. Es wurde gemeinsam überlegt, wie sich mögliche Änderungen inhaltlich auf die dargestellte Situation auswirken.

Während der Gesprächsphasen wurden hauptsächlich Lösungen diskutiert, die Bedienung an sich trat in den Hintergrund. In einigen Gruppen wurde gemeinschaftlich diskutiert, welche grafischen Elemente an welcher Stelle korrekt zu platzieren sind. Anschließend einigten sich die Schüler, wer von ihnen ein Element an die ausgehandelte Stelle des Bildschirms bewegen darf, bzw. wurden mehrere Elemente zeitgleich von unterschiedlichen Schülern angeordnet. Auch bei sequenzieller Anordnung der Elemente haben die Schüler selbstständig darauf geachtet, dass niemand bevorteilt oder benachteiligt wird.

Die Interaktionen zwischen den Schülern fanden auf hohem gemeinschaftlichem und gleichberechtigtem Niveau statt. Dies war selbst dann der Fall, wenn Schüler unterschiedlichen Alters, welche sich persönlich noch nicht kannten, gemeinsam am Tisch agierten. Zentral war stets die gemeinschaftliche Lösung einer Aufgabe bzw. einer Problemstellung, ohne dies im Vorfeld explizit von den Schülern gefordert zu haben. Das Motiv der gemeinschaftlichen Lösungsfindung ging von den Schülern selbst aus. Im Lösungsprozess wurde viel kommuniziert und die ausgeführten Handlungen reflektiert. Bei Unstimmigkeiten einigten sich die Schüler selbstständig auf ein gemeinsames Ziel, ohne Zutun der Betreuer.

Basheri u.a. (2013) bestätigen diese Beobachtungen in ihrer Studie zum kollaborativen Lernen an Multi-Touch-Tischen. Sie konnten nachweisen, dass die gemeinschaftliche Arbeit am MT-Tisch gegenüber der Arbeit in herkömmlichen PC-Umgebungen eine signifikant höhere parallele Partizipation aller Teilnehmenden zur Folge hat. Sowohl physische Interaktionen, das Gemeinschaftsempfinden, als auch die gleichberechtigte Beteiligung aller Teilnehmer konnten signifikant höher nachgewiesen werden. [BASHERI u. a. 2013: 63]

#### 4 Dynamische Geometriesysteme (DGS)

Dynamische-Geometrie-Systeme, kurz DGS, gehören heute zum etablierten und im Schulcurriculum fest verankerten Standardwerkzeug im computerunterstützten Mathematikunterricht der Sek I & II. Sie fördern anschauliche Zugänge zu mathematischen Strukturen und unterstützen Lernprozesse beim Explorieren und Verändern von Konstruktionen.

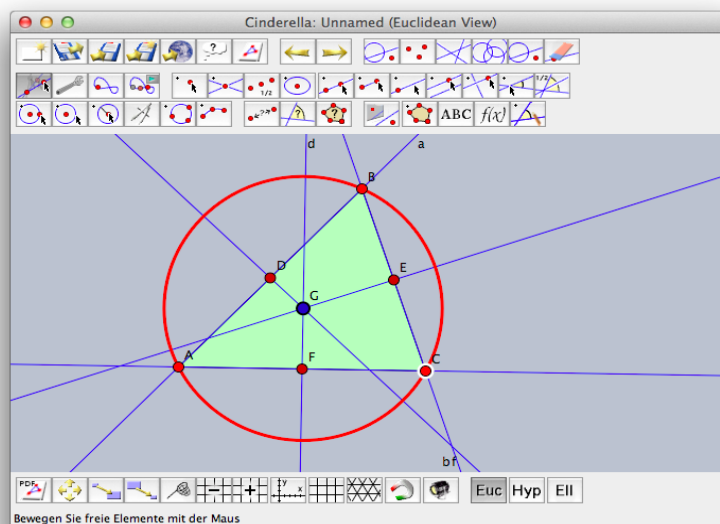


Abbildung 3: Konstruktionsbeispiel DGS

Dynamische Geometriesysteme vereinen die grundlegende Funktionalität, geometrische Objekte auf einer Zeichenoberfläche mittels bereitgestellter Konstruktionswerkzeuge zu konstruieren. Die Interaktivität ergibt sich aus der Möglichkeit, geometrische Objekte zu manipulieren, indem die Lage von bestimmten Konstruktionspunkten verändert wird und sich so neue geometrische Situationen ergeben können. Mit Hilfe einer allgemeinen Dreieckskonstruktion lässt sich so untersuchen, wie sich besondere Punkte im Dreieck verhalten, wenn das Ausgangsdreieck auf der Bildschirmoberfläche verschoben wird oder sich die Lage eines der Eckpunkte des Dreiecks verändert.

Das Konstruieren am Computerbildschirm mit einem DGS unterscheidet sich grundlegend vom Konstruieren mit Hilfe herkömmlicher Zeichenwerkzeuge. Zur Konstruktion von Geraden oder Kreisen verwenden wir geeignete Zeichenwerkzeuge wie Lineal und Zirkel. Beim Konstruieren am PC stehen diese Werkzeuge nicht zur

Verfügung. Hier werden Geraden- oder Kreiskonstruktionen i.d.R. durch bestimmte Maus-Aktionen erzeugt. Die Bedienung eines DGS erfordert ein „Umdenken“ seitens des Anwenders. Statt den bekannten Zirkel zur Hand zu nehmen, muss der Anwender bestimmte Konstruktionsschritte vollziehen, um einen Kreis zu konstruieren. Bspw. wird ein Kreis erzeugt, indem zunächst ein Mittelpunkt auf dem Bildschirm definiert wird. In einem nächsten Schritt wird der Radius des zu erzeugenden Kreises festgelegt. Dies kann durch Eingabe einer Zahl oder durch das Ziehen der Maus über den Bildschirm erfolgen. Je nach verwendetem DGS sind unterschiedliche Vorgaben seitens der Software gegeben, um solche Konstruktionen durchzuführen.

Die Entwicklung einer Multi-Touch basierten DGS Variante soll einen intuitive nKonstruktions- und Manipulationszugang geometrischer Objekte in den Fokus stellen. Damit wird angestrebt, notwendige Ressourcen für Bedienschulungen zu minimieren und mehr Ressourcen für das Lernen mit der computergestützten Hardware zur Verfügung zu stellen.

#### 4.1 Multi-Touch Prototyp für DGS

Um die Möglichkeiten und Grenzen von Multi-Touch Eingaben als alternative DGS-Benutzerschnittstelle zu explorieren, wurde ein experimenteller Prototyp des DGS Cinderella entwickelt. Die Software wurde dahingehend erweitert, Multi-Touch Daten zu interpretieren. Als Eingabehardware wurde der oben beschriebene Multi-Touch Tisch eingesetzt.

Neben einem „Multi-Zugmodus“, bei dem mehrere geometrische Objekte simultan auf der Zeichenoberfläche bewegt werden können, wurden Konstruktionsgesten für Punkte, Geraden und Streckensegmente umgesetzt. Um ein Element zu bewegen, wird dieses mit einem Finger berührt und auf der Bildschirmoberfläche verschoben (Drag & Drop). Das simultane Bewegen mehrerer Elemente vollzieht sich in gleicher Weise.

Erfolgt eine einzelne Berührung in einem leeren Bereich der Zeichenfläche, wird an der Berührstelle ein Punkt erstellt. Beim gleichzeitigen Berühren mit zwei Fingern werden zwei Punkte erstellt und gleichzeitig die Verbindungsgerade durch beide Punkte konstruiert (Abb. 3, links). Liegen beide Punkte (Finger) beim Aufsetzen auf die Bildschirmoberfläche nah genug beieinander, werden diese als „Strecke“ miteinander verbunden (Abb. 3, rechts).

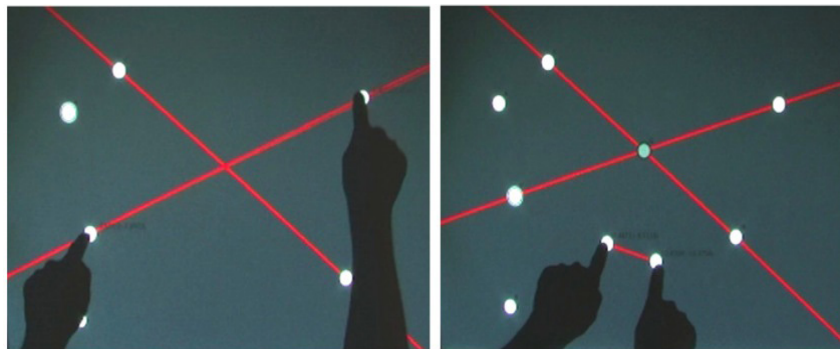


Abbildung 4: Multi-Touch Eingaben beim DGS Cinderella



Zwischen den Modi „Bewegen“ und „Erstellen“ muss nicht explizit gewechselt werden, so wie es beim mausbasierten Arbeiten mit DGS der Fall ist. Wird als Erstes ein Element berührt, so wird automatisch der Bewegen-Modus aktiv. Nur bei Berührungen in der Freifläche werden neue Objekte erstellt.

#### *4.2 Bisherige Erkenntnisse*

Der „modusfreie“ Ansatz ist nicht unproblematisch in rein auf Berührungseingaben basierenden Anwendungen (Kortenkamp und Dohrmann 2010: 40). So können beispielsweise bei unbeabsichtigten Eingaben versehentlich Objekte erstellt bzw. verschoben werden. Dieser Umstand führt zu der Konsequenz, dass es ggf. doch notwendig sein könnte, Konstruktions- und Manipulationsmodi zu trennen, um für den Anwender unvorhersehbare und verwirrende Reaktionen der Software bzw. des Systems zu vermeiden. Mögliche Ansätze dieser Trennung sind Teil der weiterführenden Forschung in diesem Bereich.

Darüber hinaus sind simultane Zugmodus-Aktionen in Multi-Touch basierten Umgebungen möglich. Dieser hinzugewonnene Freiheitsgrad birgt didaktisches Potential:

1. Es lassen sich erstmals simultan Abhängigkeiten von mehr als einem frei beweglichen Objekt explorieren.
2. Kollaborative Interaktionen werden durch die Multi-Touch Eingabemöglichkeiten unterstützt, wobei aufgabenspezifische Gespräche forciert werden.

Weitere Forschungen sollen zeigen, welche Bedeutungen diese Aspekte für das Lernen von Geometrie besitzen und ob daraus folgend positive Lerneffekte nachweisbar sind. Der vorliegende Ansatz versteht sich daher als fachlicher Zugang zum Forschungskontext Multi-Touch in Lehr- Lernumgebungen und wird in weiterführenden Forschungsprojekten aufgegriffen.

### **5 Schlussfolgerungen zu Multi & Touch**

Schüler verlieren im computergestützten Unterricht wertvolle Lernzeit durch Bedienschulungen, bevor die Beschäftigung mit den Lerninhalten einsetzt. Oder die Computerumgebung erfordert so viel technisches Know-How (verstellter Bildschirmkontrast, Geräte, die nicht funktionieren, aufwändige Softwareupdates und -installationen etc.), dass für die eigentliche Lernaktivität weniger Zeit zur Verfügung steht.

Der vorgestellte MT-Tisch Prototyp konnte einen doppelten positiven Effekt zeigen: Zum einen dadurch, dass die SchülerInnen keine notwendige Bedienschulung durchlaufen mussten, um die Grundfunktionalität der Hard- und Softwareumgebung zu verstehen. Zum anderen können, unterstützt durch das Multi-Touch-Setting, Lernchancen geboten werden, die sich aus den kooperativen Arbeitsformen ergeben. Es profitieren dabei sowohl die fachlichen Lerninhalte durch Ausweitung der Zeit, die zum Lernen zur Verfügung steht, als auch die überfachlichen Kompetenzen durch das Multi-Touch-Setting.

Moderne Eingabeformen, wie sie durch Multi-Touch basierte Geräte möglich sind, fördern einen stärker an den Voraussetzungen des Nutzers und der Nutzung orientierten Gestaltungsansatz bezüglich der Benutzerschnittstelle. Mit Hilfe symbolischer Gesten lassen sich Interaktionsformen gestalten, welche an bereits vorhandene Vorstellungen und Vorerfahrungen des Nutzers anknüpfen können. Dadurch kann eine Reduzierung der Bedienschulung ermöglicht werden und die so zusätzlich zur Ver-

fügung stehenden, kognitiven Ressourcen für inhaltliche Lernprozesse genutzt werden.

Die Abläufe beim Arbeiten an Multi-Touch Tischen zeigen, dass das simultane Arbeiten auf einer gemeinsamen genutzten Arbeitsfläche alle Teilnehmer gleichermaßen in den Lösungsprozess einbezieht, die Bedienungskommunikation reduziert und kommunikative Austauschprozesse am Inhalt orientiert fördert – Ein Effekt, der einen wertvollen Beitrag für den Unterricht und das Lehren und Lernen leisten kann.

## 6 Literatur

- Basheri u.a. 2013  
 Basheri, M., Burd, L., Baghaei, N., Munro, M.: Collaborative Learning Skills in Multi-touch Tables for UML Software Design. In: (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 4, No.3. 2013, S. 60-66.
- Dohrmann 2010 Dohrmann, C.: Über die didaktische Konzeption interaktiver Geometriesoftware angesichts substantieller Weiterentwicklungen von Mensch-Maschine-Schnittstellen. 2010. – Diplomarbeit, Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd.
- Forlines u. a. 2007 Forlines, C., Wigdor, D., Shen, C., Balakrishnan, R.: Direct-Touch vs. Mouse Input for Tabletop Displays / Mitsubishi Electric Research Laboratories. 2007. – Forschungsbericht.
- Harris u. a. 2009 Harris, A., Rick, J., Bonnett, V., Yuill, N., Fleck, R., Marshall, P., Rogers, Y.: Around the table: Are multiple- touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions? In: Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning, 2009, S. 335–344.
- Kortenkamp und Dohrmann 2010 Kortenkamp, U., Dohrmann, C.: User Interface Design for Dynamic Geometry Software. In: Acta Didactica Napocensia 3 (2010), Nr. 2, S. 67–78.
- Kortenkamp und Richter-Gebert 2001 Kortenkamp, U., Richter-Gebert, J.: Grundlagen dynamischer Geometrie. In: Zeichnung - Figur - Zugfigur. Franzbecker, 2001, S. 123–144.
- Landes-Kultusministerium 2004 Landes-Kultusministerium: Bildungsplan Realschule - Klassen 6, 8, 10. 2004.
- Materlik 2003 Materlik, D.: Using Sketch Recognition to Enhance the Human-Computer Interface of Geometry Software, FU Berlin, Diplomarbeit, 12 2003.
- Mercier u.a. 2013 Mercier, E., Higgins, S., & Vourloumi, G. Idea Development in Multi-touch and Paper-based Collaborative Problem Solving. In N. Rummel, M. Kapur, M. Nathan, & S. Puntambekar, S. (Eds.) To See the World and a Grain of Sand: Learning across Levels of Space, Time, and Scale: CSCL 2013 Conference Proceedings Volume 2, p 313-314.. mpfs 2012.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest: JIM 2012 – Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-jähriger in Deutschland. Stuttgart, Nov 2012.
- Sears und Shneiderman 1991 Sears, A., Shneiderman, B.: High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparisons with a Mouse. In: International Journal of Man Machine Studies 34 (1991), Nr. 4, S. 593–613