

# Von Menschen und Mäusen

Diplomarbeit von

***Sophie Kleber***

zum Thema der bimanuellen Interaktion mit dem Computer

betreut durch

***Dipl. Designer Robert Laux***

***Prof. Dr. Katrin Pallowski***

***Prof. Burkhard Schmitz***

Universität der Künste Berlin, Produkt- und Prozessgestaltung, ID 5,  
18. August 2005 bis 23. Februar 2006



# Inhalt

## ***Einleitung***

Thema der Arbeit	4
Fragestellung	6

## ***Erster Teil – Grundlagen***

Grundlegendes zur Prozessgestaltung	10
Entwicklung der Maus	12
Analyse der Interaktionsmöglichkeiten	14
Kritik einhändiger Computerarbeit	18
Schlussfolgerung	19

## ***Zweiter Teil – Recherche***

Bimanuelle Interaktion in der realen Welt	22
Versuche und Prototypen	28
Zusammenfassung der Recherche	33

## ***Dritter Teil – Praktische Arbeit***

Versuchsaufbau	36
Funktionsmodelle der Direct Manipulation	38
Exkurs: Probleme mit dem Dateibrowser	44
Funktionsmodelle zur visuellen Datenvermittlung	48
Vorteile bimanueller Interaktion	54

## ***Vierter Teil – Schluss und Ausblick***

Zukunft der bimanuellen Interaktion	58
-------------------------------------	----

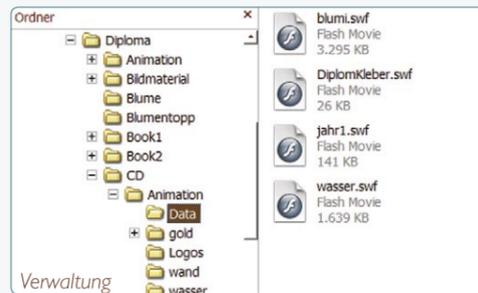
## ***Anhang***

Quellen	64
Bildnachweise	65
Eidesstattliche Erklärung	67

Einleitung  
**Zwei Hände und ein Computer**



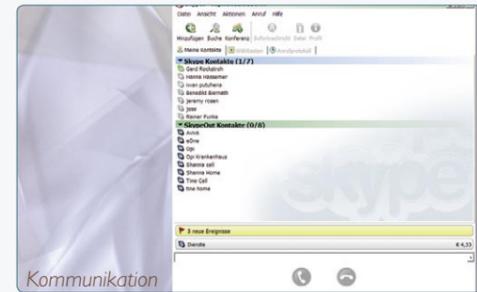
Im Mittelpunkt meiner Diplomarbeit steht die Interaktion zwischen Mensch und Computer. Es soll thematisiert werden, welche motorischen Möglichkeiten dem Menschen gegeben sind, wie gut diese Möglichkeiten auf die Computerarbeit übertragen werden und welche Erweiterungen vorgenommen werden müssen, um den Fluss der Computerarbeit zu verbessern.



Verwaltung



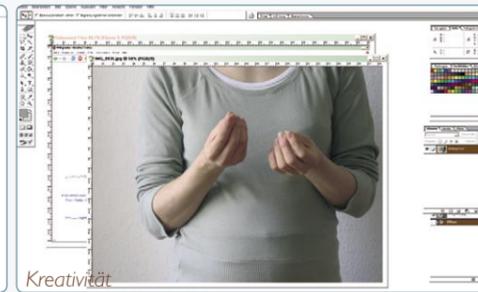
Unterhaltung



Kommunikation



Wissen



Kreativität

I. Guiard: „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, 1987

**Der Mensch als bimanueller Funktionsapparat** Der Mensch arbeitet von Natur aus mit zwei Händen. Es gehört zur Selbstverständlichkeit der Aufgabenbewältigung, beide Hände in Kooperation einzusetzen, um ein gewünschtes Ziel zu erreichen. Bei genauer Beobachtung wird deutlich, dass fast alle Handlungen des täglichen Lebens bimanueller Natur sind. Die Komplexität menschlicher Zweihandgestik reicht von Tätigkeiten niederer motorischer Komplexität, wie dem Tragen einer Kiste, über Tätigkeiten, bei denen die verschiedenen Hände auf ganz unterschiedliche Art zum Ergebnis beitragen, wie zum Beispiel beim Schreiben, bis zu hochkomplexen Tätigkeiten, wie dem Spielen eines Instruments. „Es ist wahrscheinlich, dass die Entstehung der menschlichen Fähigkeit, beiden Händen wohl definierte aufeinander abgestimmte Rollen zuzuweisen, also motorische Probleme mit bimanuellen asymmetrischen Gestiken zu bewältigen, in der Entwicklung der Menschheit einen bedeutenden Schritt darstellt.“ (Guiard)<sup>1</sup>

**Computer als Universalwerkzeug** Das Universalwerkzeug zur Bewältigung vieler Aufgaben des täglichen Lebens ist der Computer. Intellektuelle Arbeit scheint ohne Rechner heute nicht mehr vorstellbar. Er übernimmt die Funktionen des klassischen Büros, ist verantwortlich für Verwaltung, die Buchführung, Bankgeschäfte, ist Schreibmaschine und Aktenschrank für alle speicherungswürdigen Daten. Der Computer ist und vor allem wird primäres Unterhaltungsmedium. Er vereint Stereoanlage,

Filmprojektor und bald auch Fernsehen. Die rasant wachsende Computerspiele-Industrie kreiert immer größere spektakuläre virtuelle Unterhaltungs- und Freizeitwelten. Auch fungiert der Computer seit Erfindung des Internets als direktes Fenster zur Welt. Email, Direct Messaging, Internet(bild)telefonie und Online-Chat ermöglichen die schnelle und preiswerte Kommunikation rund um den Globus. Das Internet öffnet außerdem die Tür zum Wissen. Es enthält eine schier unendliche Fülle von Informationen - gefiltert oder ungefiltert, bedeutend oder nutzlos - die Möglichkeit, schnell und flächendeckend von zuhause aus zu recherchieren, über Google, Wikipedia, Online-Archive, war nie zuvor so einfach.

Auch in gestalterischen Berufen erleichtert der Computer herkömmliche Arbeitsschritte und wird mittlerweile als primäres Werkzeug eingesetzt. Insbesondere können vormals langwierige Arbeitsschritte verkürzt werden: Schnelle Umsetzung und problemlose Manipulation von gestalterischem Gedankengut durch vielseitige Programme, ein ideales Verhältnis zwischen Aufwand und Ergebnis durch Desktop-Publishing und Rapid Prototyping und die schnelle kreative Kommunikation via Internet und Email können einen nahtlosen Arbeitsfluss ermöglichen. Ein endloses Hilfesystem in Form von Internetforen und Online-Dokumentationen erlaubt den Gestaltern, das Werkzeug Computer perfekt zu beherrschen.

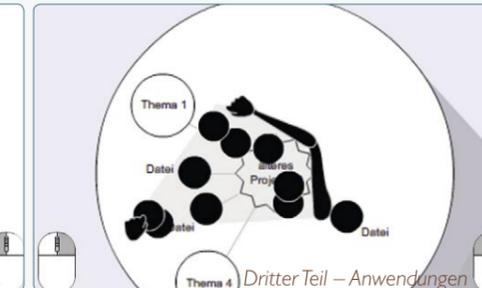
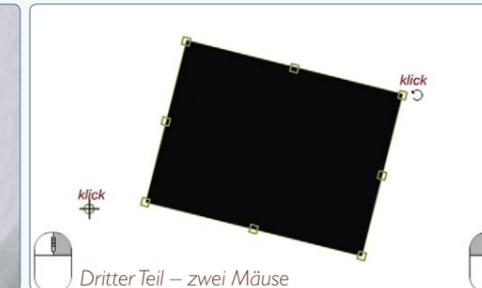
## Warum nur eine Maus?

**Fragestellung** Der Computer – universelles Arbeitswerkzeug der Gegenwart und Zukunft? Der alltägliche Umgang mit dem Rechner gestaltet sich schwieriger als nötig: Immer noch sind Anwendungen zu kompliziert und Intentionen können nicht umgesetzt werden, weil der Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine nicht ideal übersetzt wird. Die physikalischen Möglichkeiten, dem Computer zu befehlen, sind auf das allernötigste reduziert, eine Tastatur und ein Zeigegerät – die Maus.

Warum hat der Computer nur eine Maus, wenn ein Mensch zwei Hände hat? Es gibt keine funktionale oder logische Erklärung, warum bei der Computerarbeit lediglich eine Hand motorisch zur Geltung kommt, während die zweite Hand ihrer komplexen Motorik entmündigt, keinen direkten Einfluss nehmen kann. Welche Vorteile können sich aus der Integration beider Hände in die Arbeit mit dem Computer ergeben?

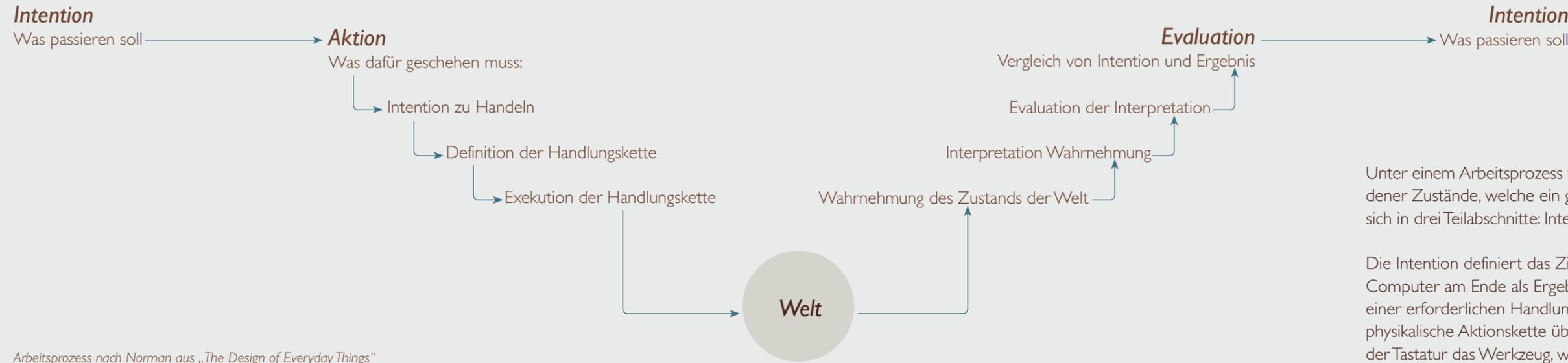
In der vorliegenden Diplomarbeit soll definiert werden, wie eine bimanuelle Computerinteraktion aussehen kann. Auf der Grundlage umfassender Recherche ist zu beweisen, dass die Rechnerarbeit mit der Repräsentanz beider Hände auf der Benutzeroberfläche besser, schneller und intuitiver funktioniert als die herkömmliche Einhandbedienung. Basierend auf der Beobachtung bimanueller Interaktion in der realen Welt soll eine Grammatik entwickelt werden, welche motorisch günstige Abfolgen für die zweihändige Computerinteraktion definiert. Mit der Grammatik zur Grundlage sollen konkrete Ideen zur Gestaltung von bimanuellen Anwendungen vorgestellt werden.

Ziel der Arbeit ist es, eine umfassende Ideensammlung sinnvoller bimanueller Handlungsketten und Anwendungen zu präsentieren, welche die herkömmliche Computerarbeit verbessern.



Erster Teil – Grundlagen

# Intention, Aktion, Evaluierung – ein Arbeitsprozess



Arbeitsprozess nach Norman aus „The Design of Everyday Things“

Unter einem Arbeitsprozess versteht man die dynamische Aufeinanderfolge verschiedener Zustände, welche ein gemeinsames Ziel anstreben. Ein Arbeitsprozess gliedert sich in drei Teilabschnitte: Intention – Aktion – Evaluation (vgl. Norman)<sup>2</sup>.

Die Intention definiert das Ziel eines Prozesses – der Mensch denkt sich aus, was der Computer am Ende als Ergebnis produzieren soll. Das Ziel motiviert zur Definition einer erforderlichen Handlung oder Handlungskette, welche dann in eine zielgerichtete physikalische Aktionskette übersetzt wird. Hier kommt die Maus ins Spiel, sie ist neben der Tastatur das Werkzeug, welches den physikalischen Prozess der Eingabe ermöglicht.

Durch Evaluation wird im Anschluss überprüft, ob die ausgeführte Handlungskette zum Ziel geführt hat, ob der gewünschte Zustand eingetroffen ist. Der Computer gibt Rückantwort über seinen Status durch das Feedback, welches meistens visuell, manchmal auch auditiv Aufschluss darüber gibt, was der Computer aus der maus- und tastaturbasierten Eingabe gemacht hat. Je nach Erfolg oder Misserfolg werden ein oder mehrere Teilabschnitte nachjustiert und der Arbeitsprozess in verbesserter Form wiederholt. Ein Arbeitsprozess gilt als erfolgreich, wenn in möglichst einem einzigen Durchlauf Intention und Ergebnis der Aktion übereinstimmen. Die drei Phasen eines Arbeitsprozesses – Intention, Aktion und Evaluation – sind die Grundlage jeglicher produktiver Arbeit.



Intention



Definition der Aktionskette



Aktion



Wahrnehmung des Zustands der Welt



Vergleich von Intention und Ergebnis

2. Norman: „The Design of Everyday Things“, Seite 47f, 2001

## Entwicklung der Direktverbindung zwischen Mensch und Computer



Hardwaresystem von Doug Engelbart:  
Eine Variante der ersten Computermouse und die Five-Chord-Tastatur von 1968

Die Maus wurde 1963 von Doug Engelbart entwickelt und 1968 im Augmentation Research Center des Stanford Research Institute in Menlo Park, CA, zum ersten Mal öffentlich vorgestellt. The Bug, wie sie damals noch hieß, bestand aus einem kleinen klobigen Holzkasten, dessen Bewegungen auf der X- und der Y-Achse über Räder an der Unterseite des Kastens in den Rechner übertragen wurden. Diese Informationen steuerten einen kleinen Punkt im Computer. Die Maus besaß einen Schalter, mit dem Objekte ausgewählt oder der Textcursor positioniert werden konnten.

Die Anbindung der Maus an den Personal Computer Mitte der 70er Jahre mit dem Xerox Star von Xerox PARC galt als Revolution, gab es doch vorher gar keine Möglichkeit, direkt in das Geschehen auf dem Bildschirm einzugreifen. Die Computeranwendungen basierten damals auf reiner Texteingabe über eine Tastatur; die Notwendigkeit für ein Zeigegerät war noch nicht gegeben. Erst mit der Einführung der graphischen Benutzeroberfläche 1983 durch den Apple Lisa gewann die Maus allgemeine Akzeptanz und Popularität.



die erste Computermouse, 1968



Die Maus des Macintosh Lisa, 1983



Standardisierte Zweistastenmouse



Microsoft IntelliMouse 1996



Logitech Gaming-Mouse



Apple Mighty Mouse 2005

Anfangs hatte die Maus nur einen Schalter. Über ihn wurden alle primären Auswahlmöglichkeiten aktiviert und deaktiviert. Zu Beginn der 90er Jahre kam ein zweiter Mausschalter für den Mittelfinger dazu, mit welchem vor allem Kontextmenüs aufgerufen werden können, deren Inhalt sich spezifisch auf die aktuelle Arbeitssituation beziehen soll. Anfang der 90er Jahre wurde von der Firma Mouse Systems das Scrollrad entwickelt und zählt seit der Markteinführung von Microsofts IntelliMouse 1996 zu den Standardbedienelementen. Die neueste Erfindung der Firma Apple, die Mighty Mouse von 2005, beherbergt neben zwei Maustasten einen auf der Mausoberfläche gelagerten Trackball, der das Scrollen in alle Richtungen ermöglichen soll. Heute kann eine einzige Maus aus bis zu sieben Funktionstasten und bis zu zwei Scrollrädern bestehen, wobei alle Finger einer Hand in die Mausearbeit mit einbezogen werden.

Die Idee, den Computer mit beiden Händen zu steuern, ist so alt wie die Maus. Die Maus in der rechten Hand, kontrollierte Engelbart in seiner Demonstration 1968 mit der linken Hand ein „Five Chord Keyset“, ein Keyboard mit fünf klavierartigen Tasten,

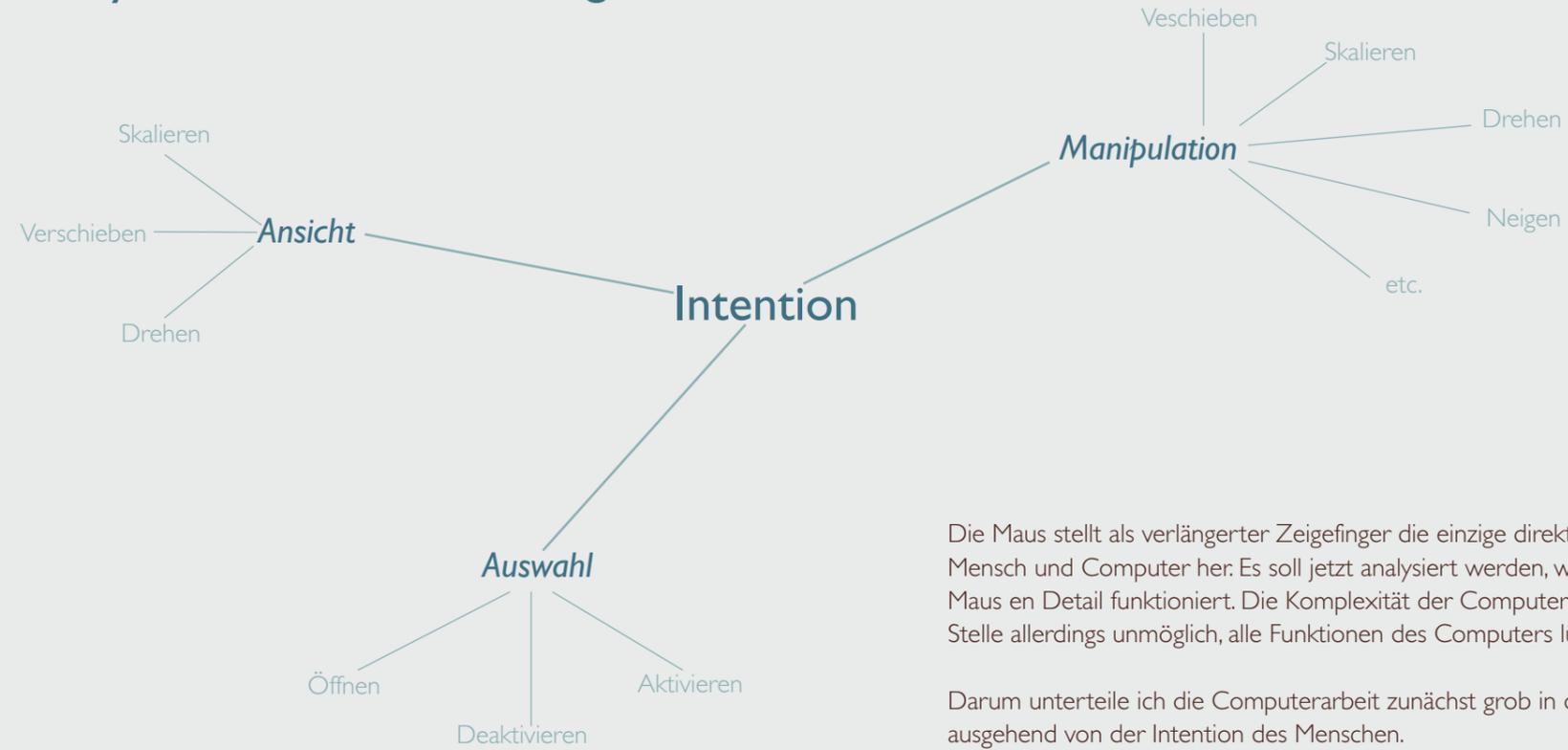
bei dem durch das Drücken von Akkorden verschiedene Befehle an den Computer weitergegeben wurden. „Wir haben in einem anderen Projekt versucht, mit Computerhilfe so genannte psychomotorische Fähigkeiten zu trainieren und so diese neue Tastatur getestet. Das Ergebnis war: Alle konnten schnell damit umgehen, ganz unabhängig von der Lernmethode. Und während man mit der Maus den Cursor auf ein Objekt zu bewegt, könnte man mit der anderen Hand schon dem Computer sagen, was er tun soll.“ (Engelbart)<sup>3</sup>

Die Maus und das Five Chord Keyset stellten nur ein Experiment unter vielen dar; die Doug Engelbart zwischen 1963 und 1968 konstituierte. Weitere Versuche thematisierten die Steuerung des Computers mit der Nase, dem Kinn oder mit Fußpedalen (The Rat). Die Idee der digitalen Datenverarbeitung war neu und die Anwendungsgebiete für heutige Verhältnisse niederkomplex, so dass ein Zeigegerät vollkommen ausreichte, um die Wünsche nach direkter Interaktion zufrieden zu stellen. Die Maus überlebte den Sprung zum Massenprodukt vor allem aufgrund ihrer Einfachheit.

3. Drössler/Engelbart:  
„Der Erfinder der Maus“, 1998

# Die Maus

## Analyse der Interaktionsmöglichkeiten



Die Maus stellt als verlängerter Zeigefinger die einzige direkte Verbindung zwischen Mensch und Computer her. Es soll jetzt analysiert werden, wie die Eingabe mit der Maus in Detail funktioniert. Die Komplexität der Computerarbeit macht es an dieser Stelle allerdings unmöglich, alle Funktionen des Computers lückenlos aufzuschlüsseln.

Darum unterteile ich die Computerarbeit zunächst grob in drei verschiedene Bereiche, ausgehend von der Intention des Menschen.

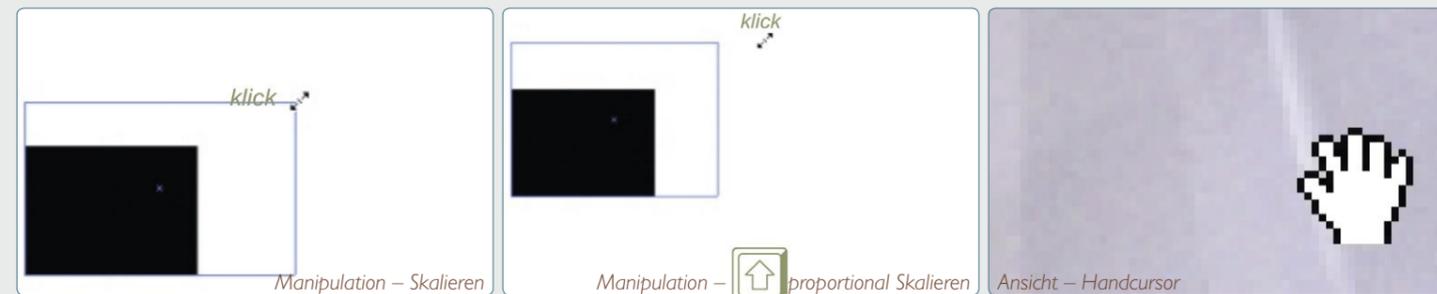


### Intentionen

**Ansicht** Unter diesem Oberbegriff werden alle Handlungen zusammengefasst, die bei der Orientierung im virtuellen Raum helfen. Die Ansicht kann skaliert, beziehungsweise gezoomt werden, so dass entweder mehr in einem kleineren Maßstab oder weniger in einer größeren Skalierung gezeigt wird. Die Ansicht kann bewegt werden, dazu gehören das Scrollen und das Verschieben eines virtuellen Blattes, repräsentiert durch einen Handcursor, der das Blatt greift und loslässt. Im virtuellen dreidimensionalen Raum kann sich außerdem gedreht werden. Entweder bildet das Objekt den Drehmittelpunkt, wie zum Beispiel bei der Objektmanipulation oder der Betrachter bildet den Drehmittelpunkt durch die Simulation einer perspektivischen Drehung um die eigene Achse. Diese Drehung wird häufig bei Computerspielen angewandt, bei denen der Spieler durch eine Figur im dreidimensionalen virtuellen Raum repräsentiert wird.

**Auswahl** Auswählen bedeutet eine Wahl treffen, die den weiteren Arbeitsverlauf bedingt. Auf einer Website wird zum Beispiel per Klick der gewünschte Inhalt hinter dem Hyperlink aufgerufen. In der Computerbedienung bedeutet es außerdem, etwas zu aktivieren und in etwas einzusteigen. Ein Element wird unter mehreren ausgewählt und damit aktiviert, so dass weitere Manipulationen auf dieses Element übertragen werden können. Außerdem kann per Doppelklick ein Objekt oder eine Funktion, zum Beispiel ein Computerprogramm, geöffnet werden.

**Manipulation** Die Idee der direkten Objektmanipulation wurde von Ben Shneiderman 1983 definiert und bedeutet „die kontinuierliche Repräsentanz von manipulierbaren Objekten und deren aktuellem Status, sowie schnelle, schrittweise, reversible Aktionen, Selektion durch Zeigen statt durch Tippen und eine kontinuierliche visuelle Statusrückmeldung.“ (Shneiderman)<sup>4</sup> Der Benutzer soll die Möglichkeit haben, präsentierte Objekte mit Aktionen, welche lose mit der realen physikalischen Welt korrespondieren, direkt zu manipulieren. Unter direkter Manipulation wird die gesamte heute gängige Objektmanipulation – sowohl zweidimensional als auch dreidimensional – zusammengefasst. Das Objekt kann angefasst und je nach Anfasspunkt manipuliert werden. Die Veränderung des Mauszeigerpiktogramms gibt Aufschluss über die mögliche Art der Veränderung. So kann ein Objekt an unterschiedlichen Anfasspunkten skaliert, verzogen, verschoben oder gedreht werden. Da die Möglichkeiten der Objektmanipulation die Anzahl der Anfasspunkte überschreiten, werden für zusätzliche Funktionen mit der linken Hand Tasten oder Tastenkombinationen aktiviert, welche die gewählte Funktion verändern, sie meistens in einer Weise einschränken. So kann zum Beispiel ein Objekt durch Anfassen eines Eckpunktes skaliert werden. Durch gedrückte Shift-Taste wird diese freie Skalierbarkeit auf eine proportionale Größenveränderung beschränkt. Ergänzende Tastenkombinationen sind häufig schlecht dokumentiert und stehen in keiner motorischen Verbindung zur Aktion.



4. Shneiderman: „A Thousand-Fold Increase in Human Capabilities“, 1997



## Motorische Eingabe

Im nächsten Schritt wird untersucht, welche motorischen Möglichkeiten der Mensch hat, um seine Intentionen in den Computer zu übersetzen. Die graphische Repräsentanz des Zeigefingers, steuerbar mit der Maus, greift direkt in die virtuelle Oberfläche ein und kann Objekte, Punkte oder Auswahloptionen beeinflussen. Für den gesamten Eingabeprozess sind mit der Maus programm- und systemübergreifend gerade mal drei motorische Abfolgen möglich: Das Bewegen der Maus auf zwei Achsen, das Drücken eines Mausschalters und das Abrollen des Scrollrads.

**Point And Klick** Die Maus wird über einen virtuellen Schalter bewegt, durch Maustastendruck können Funktionen aktiviert oder deaktiviert werden. Ein solcher Schalter basiert auf der simplen Form des An- und Ausschaltens, die Maustaste greift keine Druckstärke ab. Es kann der linke Schalter gedrückt werden oder der rechte. Durch linken Tastendruck wird direkt in das Geschehen auf dem Bildschirm eingegriffen, der rechte Tastendruck ruft unterstützende Kontextmenüs auf. Eine Abwandlung dieser Funktion bildet der Doppelklick, bei dem dieselbe Taste zweimal hintereinander

gedrückt wird. Meistens wird per Doppelklick tiefer in ein angewähltes Objekt eingestiegen, das heißt es wird geöffnet oder auseinander gebrochen. Für den Doppelklick findet sich keine Referenz in der tatsächlichen Welt, kein Schalter wird durch zweimaliges Drücken aktiviert. In sehr seltenen Fällen reagieren gewisse Programme auf das Drücken von sogenannten Akkorden, das Drücken mehrerer Maustasten gleichzeitig.

**Drag And Drop** Eine Handlungskette wird unter dem Begriff Drag And Drop – Ziehen und Loslassen – zusammengefasst. Diese Bezeichnung fasst eine komplexere Aktionskette zusammen. Die genaue Abfolge lautet: Drücken und damit ein Objekt aktivieren, gedrückte Maus bewegen und damit das Objekt bewegen, Schalter loslassen – Objekt an gewählter Stelle positionieren. Die Drag And Drop Interaktionskette hat eine funktionierende Verknüpfung zur Wirklichkeit. Aber auch hier werden nicht alle motorischen Informationen vom Computer verarbeitet. Lediglich das Tastenstadium und die Bewegung der Maus auf zwei Achsen werden an den Computer weitergeleitet, unbeachtet bleibt der Winkel beziehungsweise die Drehung der Maus.

**Scroll** Das Rollen des Scrollrads dient zur Navigation der Ansicht eines Dokuments, das größer ist als der Bildschirm. Die Richtung des Auf- und Abrollens korrespondiert direkt mit der visuellen Veränderung auf dem Bildschirm. Die Funktion des herkömmlichen Scrollrads ist optimiert für Dokumente, welche lediglich in der Horizontalen größer sind als der Bildschirm, also primär für Textdokumente, die in Anlehnung an eine Schriftrolle mit dem Scrollrad abgerollt werden können. Neuere Mäuse wie Apples Mighty Mouse oder auch einige Touchpads ermöglichen mittlerweile sowohl die horizontale als auch die vertikale Dokumentnavigation mit Hilfe von veränderter Hardware, wie einem Trackball oder einem zusätzlichen vertikalen Scrollrad.

Die Interaktion mit dem Computer wurde in diesem Abschnitt in zwei Ansätzen aufgeschlüsselt, einmal in Bezug auf die Intention des Benutzers und zum zweiten in Bezug auf die motorische Handlungskette, welche der Computer versteht. Diese vorgenommene Analyse verschafft einen Überblick darüber, in welcher Weise heutzutage mit der Maus gearbeitet wird.



## Kritik an der einhändigen Computerarbeit

Es wird schnell deutlich, wie limitiert der Mensch in der Kommunikation mit dem Computer ist: Die gesamte Eingabe am Universalarbeitsplatz Rechner ist auf einen einzigen Eingabepunkt optimiert. Der Mensch als Ganzes wird reduziert auf einen Zeigefinger, auf seine Augen und gelegentlich auf seine Ohren. Aus dieser Reduktion ergeben sich hausgemachte Interaktionsprobleme.

**Trippelschritte** Während sich Computerprogramme in den letzten Jahrzehnten funktional immer weiter entwickelten, blieben weiterführende Überlegungen über die physikalische Bedienbarkeit fast gänzlich auf der Strecke. Die physikalische Eingabe wurde der wachsenden Komplexität nicht zeitgleich angepasst. Nach dem Prinzip „Never change a running system“ haben Softwareentwickler und -designer jahrzehntelang ihre gesamte Energie darauf verwendet, auch die kompliziertesten Prozesse in so winzige Trippelschritte herunter zu brechen, so dass sie mit nur einer Hand – mit nur einem Finger bewältigt werden können. Das Ergebnis ist eine kompromisslos lineare Eingabe, bei der immer ein winziger Schritt dem nächsten folgt und es undenkbar

scheint, mehrere Aufgaben, wie zu Beispiel Drehen und Verschieben eines Objektes, gleichzeitig zu bewältigen. Diese unnatürliche Art zu arbeiten verlängert Prozesse unnötig und stört den Arbeitsfluss.

**Funktionsüberflutung** Komplexere Anwendungen brauchen weitere Schaltungen, die auf der graphischen Benutzeroberfläche visualisiert werden müssen. Über die letzten Jahre haben sich zwei Phänomene herauskristallisiert, welche genau diese Funktionsüberflutung zum Ursprung haben: Das Zuwachsen des Bildschirms durch immer mehr Paletten und eine Unmenge neuer Tastaturkürzel, bei denen bis zu drei Tasten gleichzeitig gedrückt werden sollen. Die Bildschirme lassen immer weniger Raum für die eigentliche Arbeitsfläche, weil immer mehr Platz von Zusatzmodulen, Buttons und anderen Menüs belegt wird. Die behelfsmäßige und meist schlecht dokumentierte Verlagerung von Funktionen auf Tastaturkürzel hat eine immer steilere Lernkurve zur Folge. „Alle diese Probleme belasten die Erinnerungsfähigkeit und die kognitiven Strukturen, eine Last, welche komplett zweitrangig ist gegenüber den Tätigkeiten, für die

„Die standardisierte Benutzeroberfläche wurde für Napoleon Bonaparte entwickelt, eine Hand an der Maus und die andere Hand zwischen den Jackenknöpfen.“ (Buxton)<sup>5</sup>

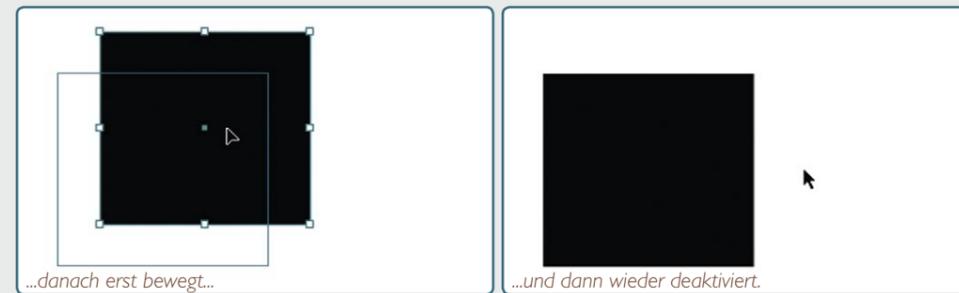
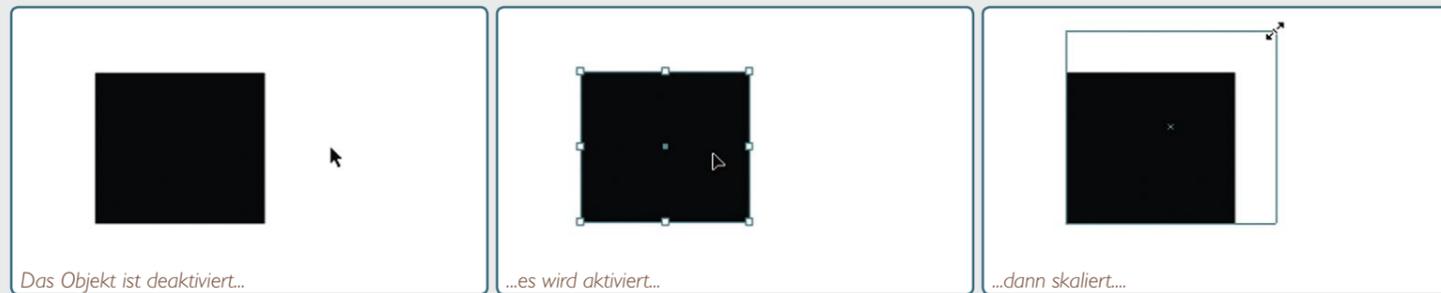
der Rechner ursprünglich entwickelt wurde. Dies sind Benutzungsprobleme und keine inhaltlichen Probleme und ihre Bewältigung tilgt entscheidende Ressourcen, welche eigentlich auf das inhaltliche Kernproblem der Arbeit verwendet werden sollten.“ (Buxton/Sniderman)<sup>6</sup>

Nur wenige Funktionen können intuitiv über Mausbewegungen, Anfasspunkte und Cursorfeedback erfasst werden, weil mit einer Maus allein, wie bereits erkannt, nur eine sehr limitierte Zahl an Handlungsabläufen definiert werden kann.

Die aufgezeigten Faktoren schränken die Benutzbarkeit von Computern enorm ein. Die Erleichterung alltäglicher Arbeiten, die der Computer bringen soll, hat einen hohen Preis, gemessen am didaktischen Aufwand, der nötig ist, um mit dem Computer so umgehen zu können, dass reibungsloses Arbeiten möglich wird. Es entsteht der Eindruck, man würde den Computer bedienen. Dieser Ansatz könnte nicht falscher sein. Sollte nicht der Computer den Menschen bedienen?

**Zwei Hände statt einer Hand** Wie viel genauer könnte befohlen werden, wenn die zweite Hand in die Computerarbeit integriert würde? Der Mensch hat nicht einen Finger, er hat zehn. Er hat nicht eine Hand, er ist es gewohnt, selbstverständlich mit zwei Händen zu arbeiten. Der erste logische Schritt zur Verbesserung der Computerarbeit wäre also, die zweite Hand zu integrieren, so dass komplexe Geschehnisse auf dem Bildschirm auf natürlichere Art beeinflusst werden können. Die Repräsentanz der beiden Hände im Computer kann aufgrund der Parallelität zu realen Arbeitsprozessen ein intuitives natürlicheres Arbeiten ermöglichen. Durch parallele Interaktion können Zeit und Wege gespart werden.

Trippelschritte:  
Objektskalierung und -drehung in fünf Schritten



5. Buxton: <http://www.micetechinc.com/home.html>

6. Buxton/Sniderman: „Iteration in the Design of the Human-Computer Interface“, 1980

Zweiter Teil – Recherche

## Kategorisierung zweihändiger Arbeit



Um die zweite Hand in die Interaktionskette von Mensch und Computer integrieren zu können, muss der Blick auf die motorische Benutzungskette von beiden Händen in der realen Welt gerichtet werden. Das Ziel ist die Definition von Grundprinzipien der bimanuellen Interaktion, welche die sinnvolle Übersetzung der zweiten Hand in den Rechner gewährleistet.

1987 publizierte Yves Guiard, Wissenschaftler der experimentellen Psychologie am Centre National de la Recherche Scientifique in Frankreich, die erste umfassende verhaltensorientierte Studie zur bimanuellen Gestik (vgl. Guiard)<sup>7</sup>. Er geht davon aus, dass



bei bimanuellen Tätigkeiten beide Hände gleich wichtig sind. Generell unterscheidet er zwischen symmetrischen und asymmetrischen Gesten, wobei die asymmetrische bimanuelle Gestik der Regel entspricht und die symmetrische Gestik die Ausnahme bildet.

**Zweihändig symmetrisch** Die Benutzung beider Hände in Symmetrie fasst alle Handlungen zusammen, in denen die Hände parallel das Gleiche tun und dabei gleich wichtig sind. Solche Handlungen beinhalten zum Beispiel das Heben von schweren Objekten wie das Kistenschleppen oder Klimmzüge machen, also Tätigkeiten, die aufgrund des nötigen Kraftaufwandes beider Hände bedürfen. Aber auch Applaus klatschen oder Seilspringen stehen beispielhaft für bimanuelle symmetrische Handlungen. Es wird weiterhin unterschieden zwischen symmetrischen Handlungen, bei denen beide Hände zur gleichen Zeit das Gleiche tun und solchen, bei denen die Hände zeitlich versetzt das Gleiche tun. Ein Beispiel für zweihändige symmetrische Handlungen mit unterschiedlicher Taktung wäre die Tätigkeit des Seilziehens, bei der beide Hände abwechselnd die gleiche Bewegung ausführen.

7. Guiard: „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, 1987

„Es muss generell anerkannt werden, dass die Asymmetrie, welche die bimanuelle menschliche Gestik charakterisiert, eine Verteilung von verschiedenen Rollen auf die beiden Hände reflektiert und nicht als eine Präferenz für die eine oder andere Hand missverstanden werden darf.“ (Guiard)<sup>8</sup>

**Zweihändig Asymmetrisch** In der Regel werden bei der bimanuellen Bewältigung von Aufgaben die Hände in unterschiedlicher Weise eingesetzt. Die zweihändige asymmetrische Objektmanipulation kann in zwei Untergruppen geteilt werden: Die gleichberechtigte und die unterstützende zweihändige Aktionskette.

**Gleichberechtigt** Eine Schleife binden, auf einer Tastatur tippen, ein Instrument spielen, eine Skulptur modellieren: Beide Hände machen etwas anderes aber bear-



beiten in gleicher Qualität und Quantität meist ein gemeinsames Objekt in ein und demselben Aufmerksamkeitsrahmen. Diese Art der zweihändigen asymmetrisch gleichberechtigten Manipulation findet sich primär in spezialisierten Aufgaben, welche erlernt werden und selten aus einer natürlichen Gestik heraus entstehen. Die selten vorkommende gleichberechtigte Arbeit an zwei unterschiedlichen Objekten oder räumlich weiter auseinander liegenden Stellen desselben Objekts, wie es die Bedienung mancher Maschinen erfordert, stellt sich äußerst schwierig dar, wenn der Mensch zwei unterschiedliche Stellen im Auge behalten muss, um den Erfolg der Handlung zu überprüfen.

**Unterstützend** Die meisten alltäglichen Tätigkeiten fallen in die Kategorie asymmetrisch unterstützend, wie zum Beispiel mit Messer und Gabel essen, etwas schneiden, mit einem Schläger schlagen. Guiard bezieht in seine Studie auch Tätigkeiten mit ein, welche bis dato zu einhändigen Tätigkeiten gezählt wurden, wie zum Beispiel das Schreiben. Lange Zeit als einhändige Aktion eingestuft, wurde in einem Versuch 1984 herausgefunden, dass Probanden um 20% langsamer schrieben, wenn ihnen verboten



wurde, mit der zweiten Hand das Blatt festzuhalten (vgl. Athenes)<sup>9</sup>. Alle Handlungen, bei denen beide Hände in unterschiedlicher Weise benutzt werden, sind zweihändig asymmetrisch. Wertfrei kann von einer agilen und einer unterstützenden Hand gesprochen werden. Die asymmetrische zielgerichtete Benutzung von zwei Händen gleicht somit laut Guiard einer kinematischen Kette. Als kinematische Kette bezeichnet man ein hierarchisch aufgebautes System aus mehreren starren Körpern, die über Gelenke in Reihe miteinander verbunden sind. Ein Paradebeispiel für eine kinematische Kette ist der Arm. Das erste Glied, der Oberarm bildet die Referenz für das folgende Glied, den Unterarm, und so weiter. Die kinematische Kette definiert sich von grob nach fein, je mehr Glieder sich an die Kette anschließen, desto feiner und kleiner können ihre Bewegungen werden, die Freiheitsgrade der einzelnen Gelenke addieren sich. Laut Guiard gleicht eine zweihändige Handlungsabfolge eben solch einer kinematischen Kette, an dessen Anfang die unterstützende Hand und an dessen Ende die agile Hand steht. Fast alle menschlichen Handlungen basieren auf diesem Prinzip der bedingten kinematischen Kette.

8. Guiard, „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, 1987, S. 2

9. Athenes: „Adaptabilité et développement de la posture manuelle dans l'écriture: Étude comparative du droitier et du gaucher“, 1984

## Grundprinzipien bimanueller Interaktion

Aus der Untersuchung von bimanuellen unterstützenden Handlungsketten können drei motorische Grundprinzipien abgeleitet werden (vgl. Guiard)<sup>10</sup>.

**Räumliche Referenz** Generell ist eine räumliche Bezugnahme der aktiven Hand auf die unterstützende Hand zu beobachten. Die unterstützende Hand bildet den Handlungsrahmen für die agile Hand, sie stabilisiert, rückt den Rahmen in Reichweite, holt das richtige Werkzeug. Sie setzt den Referenzpunkt für weitere Handlungen.

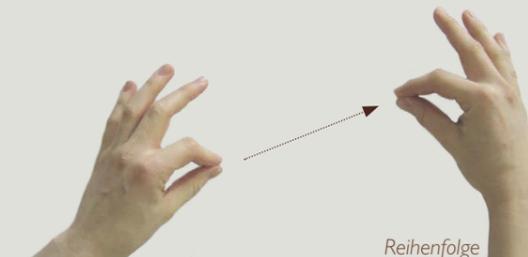
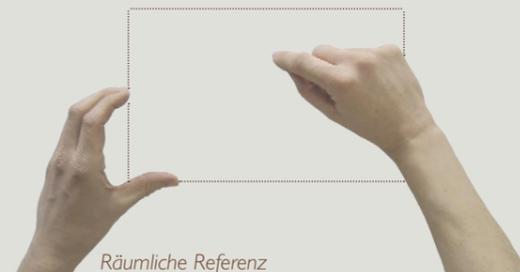
**Handlungsfrequenz** Basierend auf dieser Beobachtung wird außerdem deutlich,

dass die beiden Hände sich in Frequenz und Skalierung ihrer Bewegungen deutlich voneinander unterscheiden: Die unterstützende Hand arbeitet im Vergleich zur agilen Hand in selteneren, größeren, weniger genauen Bewegungen. Vom Referenzpunkt der unterstützenden Hand aus agiert die zweite Hand mit schnelleren und feineren Bewegungen, ergebnisorientiert und präzise. Guiard definiert diese Rollenverteilung als eine makrometrische und mikrometrische Aufgabenverteilung der beiden Hände.

**Reihenfolge** Aus den vorhergegangenen Grundprinzipien erschließt sich eine Reihenfolge der unterschiedlichen Handlungen beider Hände. „Menschliche Handlungen,

egal ob wahrnehmend, intellektuell oder motorisch, erfolgen vorzugsweise von grob nach fein, umreißen also zuerst globale Charakteristika, bevor die feineren Aspekte skizziert werden.“ (Guiard)<sup>11</sup> Jeder Aktion geht die Definition des Aktionsrahmens voraus. Zuerst wird also der Handlungsrahmen von der unterstützenden Hand definiert, erst dann kann die agile Hand den Rahmen mit Inhalt füllen.

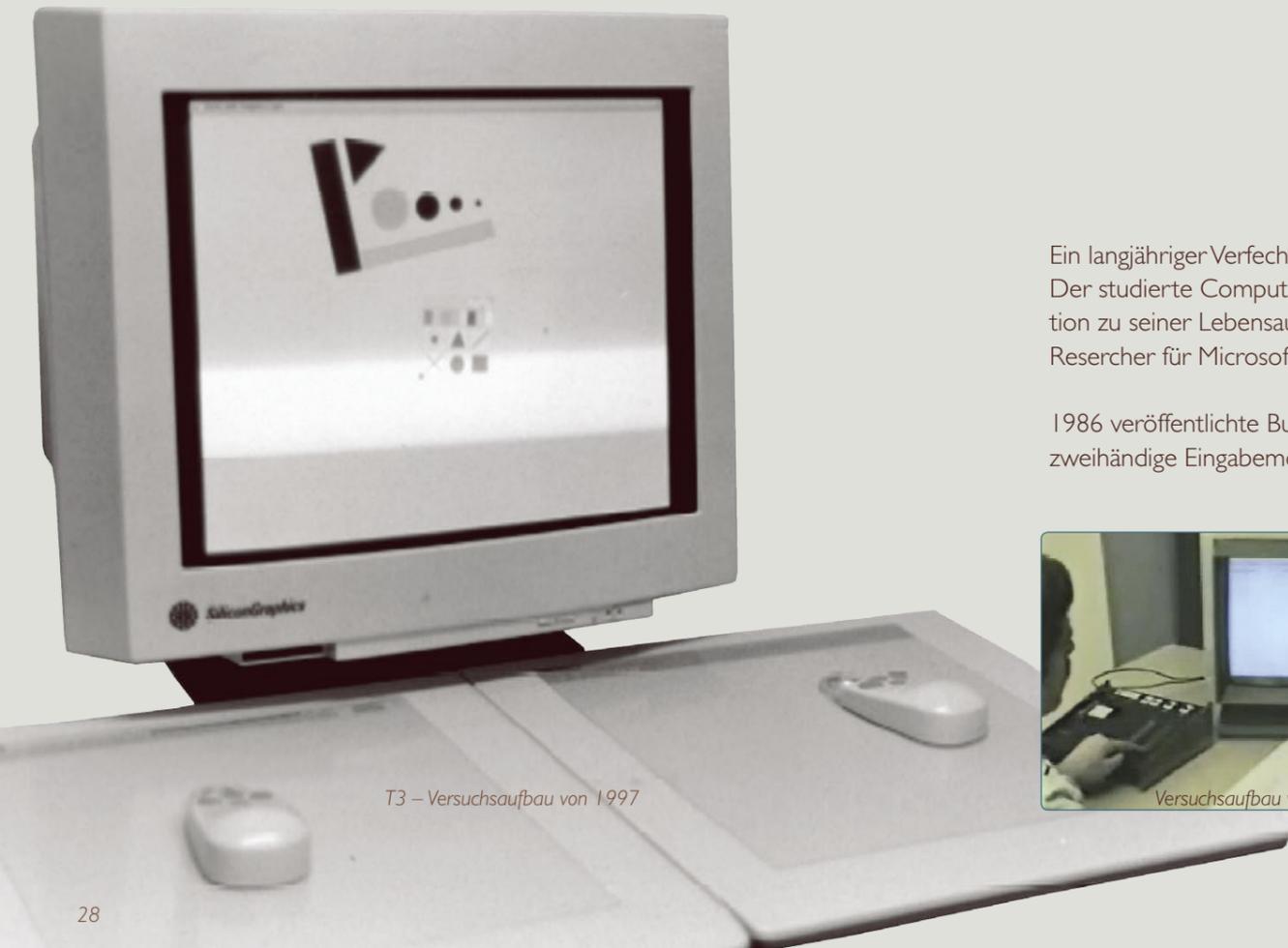
Nach dieser allgemeinen Beobachtung bimanueller Gestiken soll im Folgenden eine Auswahl bereits bestehender Studien und prototypischer Anwendungen vorgestellt werden, welche die zueinandergehörige Interaktion mit dem Computer untersuchen.



10. Guiard, „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, 1987

11. Guiard, „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, 1987, S. 9

## Frühe Usability Tests und die drei Ts



T3 – Versuchsaufbau von 1997

Ein langjähriger Verfechter bimanueller Interaktion mit dem Computer ist Bill Buxton. Der studierte Computewissenschaftler hat die Verbesserung von Computerinteraktion zu seiner Lebensaufgabe gemacht, seit 2005 arbeitet er unter anderem als Senior Resercher für Microsoft.

1986 veröffentlichte Buxton mit seinem Kollegen Meyers seine erste Studie über zweihändige Eingabemöglichkeiten (vgl. Buxton, Meyers)<sup>12</sup>. In zwei wissenschaftlichen



Versuchsaufbau von 1986



Touchsensitive Streifen für den zweiten Versuch, 1986

Versuchen belegte er anhand von Zeitmessungen, dass die zweihändige Computereingabe schneller als eine einhändige Eingabe ist und generell als intuitiv empfunden wird. Im ersten Versuch der Studie sollten 14 Testpersonen – alles Computeranfänger – zwei Eigenschaften eines Quadrats, nämlich mit der einen Hand die Position und mit der anderen Hand die Größe, mit unterschiedlichen Eingabegeräten in jeder Hand einem Zielobjekt anpassen. Im Durchschnitt benutzten die Testpersonen 40,9% der Versuchszeit beide Hände gleichzeitig, wohlgernekt ohne Vorbildung oder besondere Computerkenntnisse. Im weiterführenden Versuch wurde anhand eines Auswahl-experiments die Einbindung von zwei Händen direkt mit der Benutzung einer Hand verglichen. Die Testpersonen erhielten die Anweisung, in einem stilisierten Textdokument nacheinander bestimmte Wörter zu markieren. Die Markierung passierte immer mit einer schnurlosen Maus in der rechten Hand. Das Navigieren im Dokument konnte zum einen über Scrollbars passieren, welche mit derselben Maus bewegt wurden oder es wurde mit der linken Hand über einen touchsensitiven Streifen geregelt. Auch hier erzielte die Testgruppe, die mit beiden Händen arbeitete, weit bessere zeitliche Resultate.

Aus diesem Ansatz heraus entwickelte Bill Buxton bis heute eine Reihe von Eingabeprototypen mit dazugehöriger Software, welche vor allem das virtuelle bimanuelle

Zeichnen unterstützen. Besonders hervorzuheben ist der 1997 bei der Firma Alias Wavefront vorgestellte Prototyp T3, eine Anwendung zum bimanuellen objektbasierten Zeichnen (vgl. Kurtenbach, Fitzmaurice, Baudel, Buxton)<sup>13</sup>. Die Abkürzung T3 steht für „Two Hands, Tablet, Toolglass“. Die Benutzerschnittstelle besteht aus zwei schnurlosen Mäusen auf einem Graphiktablett, die auf dem Tablett frei mit zwei Händen bewegt werden können. Der Computer empfängt nicht nur die zwei Positionen der Mäuse, er empfängt auch deren Winkelstellung. Basierend auf der asymmetrisch unterstützenden Zweihandbenutzung kann so mit natürlichen Mausbewegungen gezeichnet werden. Ein Toolglass ist eine virtuelle semitransparente Werkzeugpalette, welche der unterstützenden Maus folgt. Die agile Maus kann durch RollOver das gewünschte Zeichenwerkzeug auswählen, bei Klick und der daraus folgenden Aktivierung des Werkzeugs verschwindet die Palette und die Mausposition der unterstützenden Hand fixiert den Startpunkt der folgenden Zeichnung. Die Werkzeugpalette ist also immer zur Hand und es kann mit einem Klick ausgewählt und gezeichnet werden. Diese Art der Objektmanipulation erlaubt das gleichzeitige Drehen und Skalieren eines Objekts, wie in der realen Welt auch. Das Konzept von 3T wird prototypisch auf die Designsoftware Studio Paint von Alias Wavefront übertragen und stellt somit ein komplettes zweidimensionales Graphikprogramm vor, welches die Möglichkeiten der virtuellen zweihändigen Objektmanipulation auf heutigem Forschungsstand exploriert.



T3 – Toolglasstechnologie in Studio Paint



T3 – Toolglasstechnologie



T3 – Kurvenwerkzeug in Studio Paint

<sup>12</sup> Buxton/Meyers: „A Study in Two-Handed Input“, 1986

<sup>13</sup> Kurtenbach/Fitzmaurice/Baudel/Buxton: „The Design and Evaluation of a GUI Paradigm based on Tablets, Two Hands, and Transparency“, 1997

## Direkte zweihändige Eingabe über Tablet und Stylus



Einen direkteren Ansatz entwickelte ein Forscherteam unter Ka-Ping Yee 2004 anlässlich der ACM Conference on Computer-Human Interaction an der University of California (vgl. Yee)<sup>14</sup>. Auf den Übersetzer Maus wird komplett verzichtet, bimanuelle Interaktion erfolgt direkt auf einem Tablett-PC. Über einen gewöhnlichen Touchscreen legten die Forscher die Oberfläche eines Wacom-Tablets, welche nicht nur die Position eines Stylus sehr präzise ausliest, sondern auch drucksensitiv ist.

14. vgl. Yee: „Two Handed Interaction on a Tablet Display“, 2004

15. - 16 Yee: „Two Handed Interaction on a Tablet Display“, 2004, S. 3



Tablet-PC im Versuchsaufbau von 2004

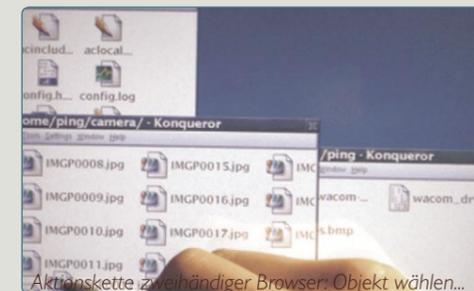
Streng nach der von Guiard aufgestellten kinematischen Kette übernimmt die unterstützende Hand langsamere, motorisch weniger definierte generelle Einstellungen auf dem weniger präzisen Touchscreen, während die agile Hand mit dem Stylus schnellere detaillierte Handlungen durchführt. Drei leider nicht komplett durchdachte Interaktionsversuche wurden mit unerfahrenen Testpersonen exploriert.

Im ersten Versuch wurde das direkte Malen simuliert, bei dem auf einer Fläche, viermal so groß wie der Bildschirm, die agile Hand den Stift bediente, während die unterstützende Hand das Blatt bewegte. Alle sechs Testpersonen empfanden diese Art der Eingabe als „einfach, schnell, natürlich“ (Yee)<sup>15</sup>.

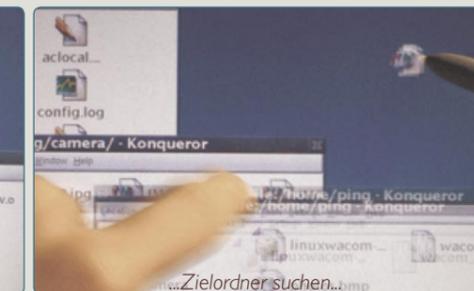
Im zweiten Versuch wurde über die Stretch-and-Squeeze-Technik, die Interaktion des Auseinanderziehens und Zusammendrückens, eine zweidimensionale bimanuelle Navigation getestet. Die unterstützende Hand hielt das Ziel im Fokus, während die agile Hand die Ansicht skalierte oder drehte. Die unterstützende Hand setzte also den

Referenzpunkt, um den mit der agilen Hand gedreht oder zu dem hin skaliert wurde. Auch hier bewerteten die sechs Testpersonen die Interaktion im Ganzen positiv, „sehr schnell, sinnvoll“ (Yee)<sup>16</sup>.

Im dritten Ansatz wurde in Ansätzen ein zweihändiger Dateibrowser getestet. Die Testpersonen wurden gebeten, ein Objekt zu verschieben. Die dominante Hand hielt dabei das Objekt fest, während die zweite Hand Fenster öffnen, positionieren und zur Zielposition scrollen sollte. Bei der Bewertung dieses Versuches gingen die Meinungen der hier nur zwei Testpersonen über die Benutzbarkeit stark auseinander: Während eine Person schnell zum Ziel gelangte, konnte die zweite Person die Fenster nur schwer mit der unterstützenden Hand manipulieren. Auch dem Autor der Studie wurde klar, dass hier unbewusst die Agitationsrahmen der beiden Hände vertauscht worden waren: Während die dominante Hand zwar das primäre Objekt der Aufmerksamkeit hielt, leistete die unterstützende Hand den motorisch größeren Aufwand der Zielbestimmung und spielte somit in diesem Versuch die feinmotorische Hauptrolle.



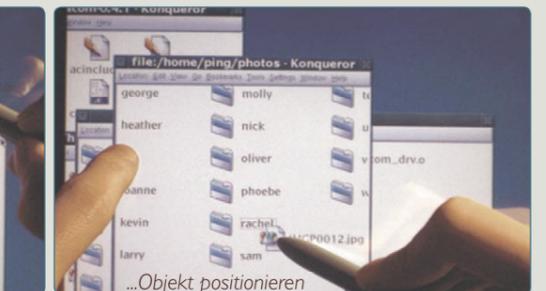
Aktionskette zweihändiger Browser: Objekt wählen...



...Zielordner suchen...

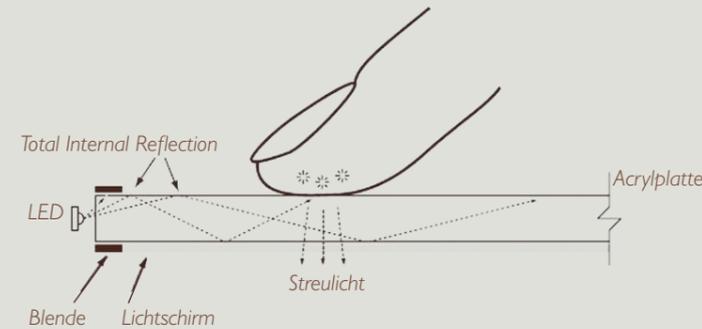


...Zielordner öffnen...



...Objekt positionieren

## Frustrated Total Internal Reflection



Im Januar 2006 stellte Jeff Han, Project Director am Media Research Lab der New York University die bis dato progressivste bimanuelle Interaktionstechnik vor (vgl. Han)<sup>17</sup>. Ein Touchscreen von den Ausmaßen eines luxuriösen Plasmabildschirms erkennt jeden einzelnen Finger, der den Bildschirm berührt. Die Möglichkeit dazu gibt eine neue Technologie namens Frustrated Total Internal Reflection (FTIR). Die Projektionsfläche besteht aus einer Plexiglasscheibe, die vom Rand aus mit LEDs illuminiert wird. Das Licht der LED wird ausschließlich in der Platte selbst gebrochen. Wo immer ein Finger die Platte berührt, wird dieses interne Licht zerstreut. Ein auf der Rückseite der Plexiglasplatte montierter Lichtschirm sendet die Informationen über Position und Durchmesser des

Streulichts an den Computer. Das eigentliche Bild wird per Rückprojektion über einen Beamer auf die Scheibe geworfen. Der gesamte Versuchsaufbau ist somit nicht nur in der Größe und Auflösung extrem variabel, er ist auch preiswert.

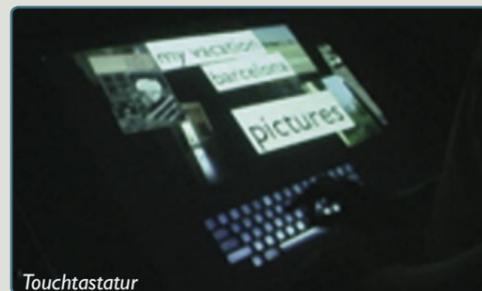
Neben graphischen Spielereien wird zum Beispiel präsentiert, wie ein Objekt, hier ein Bild, über zwei Punkte skaliert und verschoben werden kann. Wahlweise mit zwei Händen oder auch nur mit zwei Fingern einer Hand wird das Objekt zusammengedrückt oder größer gezogen. In Anlehnung an die ebenfalls 2005 vorgestellte direkte Objektanimationsstudie „As Rigid As Possible“ (vgl. Igarashi, Moscovich, Hughes)<sup>18</sup> können Objekte an verschiedenen Anfasspunkten direkt animiert werden: In einem Objekt werden einzelne Fixpunkte markiert, um die das Objekt mit zwei Händen gedreht, skaliert oder zusammengedrückt werden kann, so dass die Fixpunkte als eine Art Gelenke die Form des Objekts beeinflussen. Ein zweiseitiger Flächenzoom wird vorgestellt, bei dem auf einer Landkarte der gewünschte Ausschnitt in mehreren Bewegungen herangezogen und dabei parallel verschoben werden kann. Die zweidimensionale Landkarte

kann außerdem „gekippt“ werden, so dass eine dreidimensionale Ebene entsteht, über die sich der Betrachter mit einer Hand ziehen kann. Für die Musikmacher gibt es ein bimanuelles DJ-Pult mit bis zu drei virtuellen Schallplatten oder verschiedenen Schieberegler, die parallel betätigt werden können. Auch hier kann die gesamte Programmoberfläche skaliert und verschoben werden. Die Eingabe über beliebig viele Punkte ermöglicht außerdem die gleichzeitige Interaktion mehrerer Benutzer.

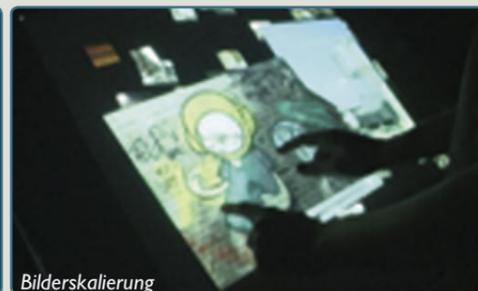
Dieser Prototyp stellt also nicht nur eine komplett neue Technologie vor, welche jegliche Zusatzeingabegeräte wie Tastatur oder Maus komplett eliminiert, sondern Han füllt diese Technologie auch mit sinnvollen inhaltlichen Ansätzen. „Es ist ein reichhaltiges Recherchefeld, und wir freuen uns sehr über das Potential seiner Vorteile für Effizienz, Usability und Intuition. Außerdem macht es auch einfach großen Spaß! (...) Wir werden weiterarbeiten mit verschiedenen, interessanteren Formen, sowohl größer als auch kleiner. Wäre es nicht auch interessant, den Finger identifizieren zu können (zum Beispiel Daumen oder Zeigefinger etc.), der den Kontakt macht?“ (Han)<sup>19</sup>

### Zusammenfassung der Recherche

Anhand der vorhergegangenen Recherche wird vor allem deutlich, dass der technischen Machbarkeit des multiplen Inputs nichts im Wege steht. Noch unzulänglich definiert sind sinnvolle Anwendungen zur bimanuellen Interaktion. Besonders auf der Ebene der Informationsstrukturierung finden sich wenige vorzeigbare Ansätze. Diese müssen definiert und in Usability Tests erprobt werden, damit die Zweihandbedienung die Einhandbedienung bald als Standard ablösen kann.



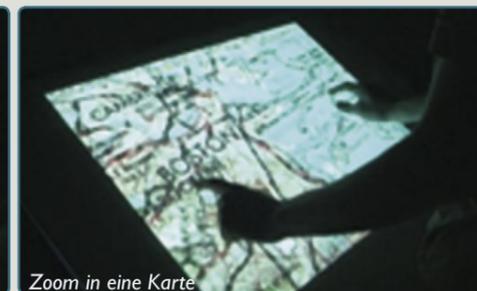
Touchtastatur



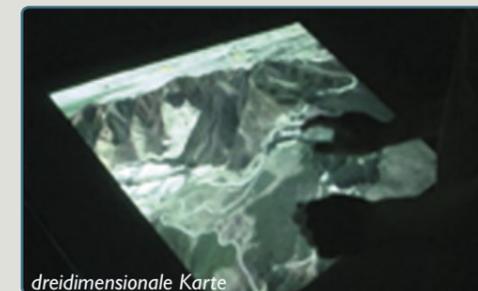
Bilderskalierung



Rigid Shape Manipulation



Zoom in eine Karte



dreidimensionale Karte

17. Han: „Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection“, 2006

18. Igarashi/Moscovich/Hughes: „As-Rigid-As-Possible Shape Manipulation“, 2005

19. Han: „Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection“, 2006

Dritter Teil – Praktische Arbeit

Der Versuch  
**Aufbau und Vorgehensweise**



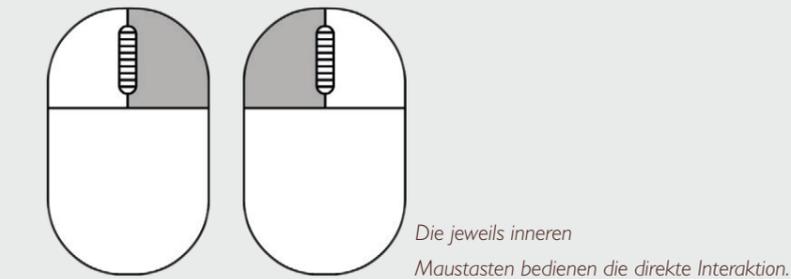
Im folgenden Abschnitt gilt es, sinnvolle Zweihandinteraktionen für den Computer zu finden. Es entsteht ein Ideenkatalog bimanueller Handlungsketten, der als erste umfassende Grundlage zur bimanuellen Interaktion auf verschiedenste Gebiete angewendet werden kann.

**Vorgehensweise** Ausgehend von der direkten Objektmanipulation nach Ben Shneiderman soll zuerst eine Grammatik entwickelt werden, welche untersucht, wie ein zweiter Zeigefinger Interaktionsketten vereinfachen kann. Die meisten Ideen ergeben



sich automatisch aus der Kombination von Beobachtung der realen Objektmanipulation und ihrer Ergänzung durch sinnvolle virtuelle Erweiterungsmöglichkeiten. Des Weiteren sollen Beispiele entwickelt werden, welche die Strukturierung von Daten vereinfachen. Ziel ist es, durch bimanuelle Interaktion auch die Navigation durch komplexe Informationen zu vereinfachen. Das Prinzip der bimanuellen Direct Manipulation mit konstantem visuellem Feedback soll einer besseren Orientierung im virtuellen Datenraum dienen.

**Versuchsaufbau** Ausgegangen wird von dem Regelfall der Rechtshändigkeit, in dem die linke die unterstützende Rolle und die rechte Hand den agilen Aufgabenbereich übernimmt. Zwei Mäuse auf heutigem technischem Standard mit je zwei Tasten und einem Scrollrad konstituieren den Versuch. Die beiden inneren Tasten übernehmen Aufgaben der direkten Objektmanipulation und des primären Selektionsprozesses, wie es bisher mit der linken Maustaste möglich war. Die Scrollräder sollen für jegliche visuelle Veränderungen eingesetzt werden, die direkt mit der Scrollbewegung korre-

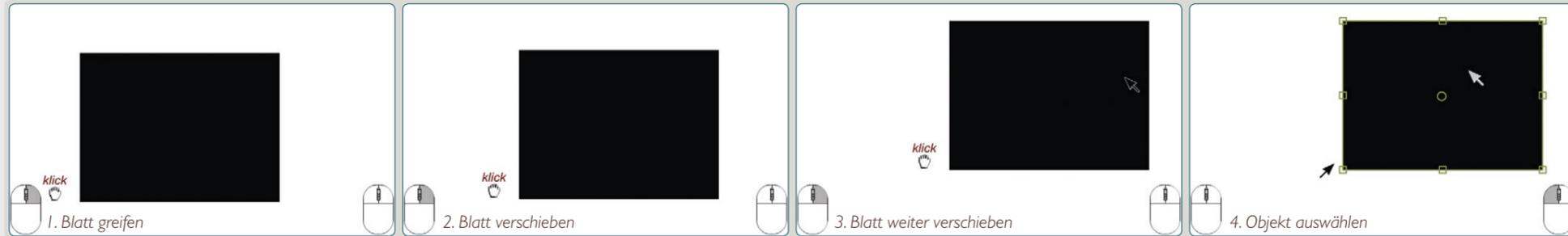


spondieren, wie das horizontale und vertikale Navigieren über eine Fläche oder das Ausfahren möglicher Cursorerweiterungen. Die äußeren Tasten bleiben reserviert für Kontextmenüs. Kontextmenüs müssen in ihrer Funktionalität soweit verbessert werden, dass sie viele momentan auf dem Bildschirm gelagerte, Platz schluckende Optionen in sich vereinen. Dies kann mit zwei Tasten besser bewältigt werden, da sich die beiden Kontextmenüs hier bedingen können, indem zum Beispiel die eine Hand in einem primären Kontextmenü ein Werkzeug auswählt und die andere alle für dieses Werkzeug möglichen Optionen präsentiert.

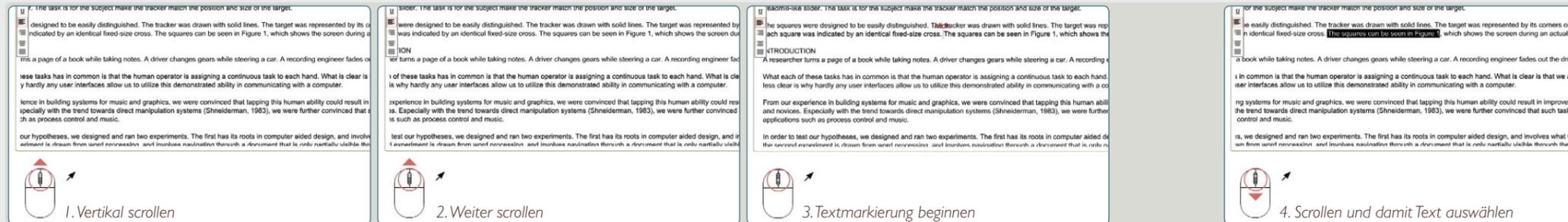
Geordnet nach der anfangs definierten Intention des Benutzers werden verschiedene bimanuelle Interaktionsketten präsentiert. An Beispielen der direkten Objektmanipulationen werden zuerst die grammatikalischen Grundprinzipien definiert. So entsteht auf den Gebieten Ansicht, Auswahl und Manipulation ein bimanuelles Funktionskonzept, welches eine natürliche und schnelle Computerarbeit ermöglicht und als Grundlage für den nächsten Schritt dient.

# Funktionsmodelle der Direct Manipulation

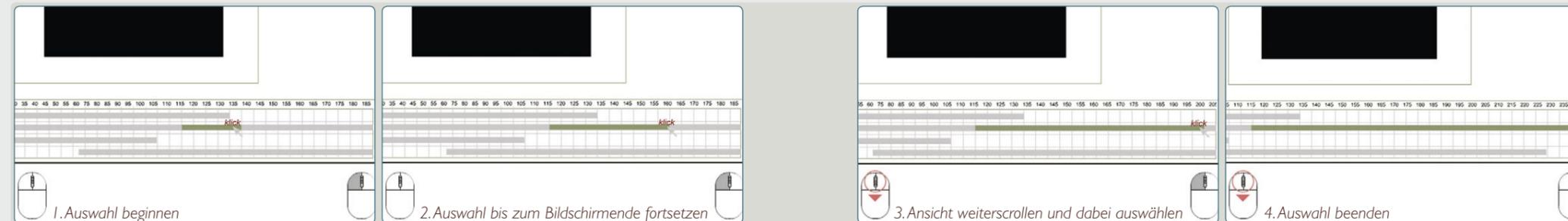
## Ansicht



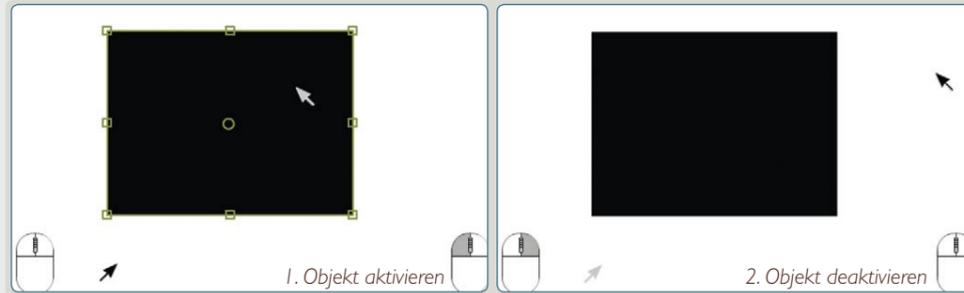
**Die zweite Hand schiebt das Blatt** Angelehnt an die Tätigkeit des Schreibens variiert die linke Hand in größeren Abständen die Position des virtuellen Papiers, auf dem die rechte Hand verschiedene Objekte erstellt oder manipuliert.



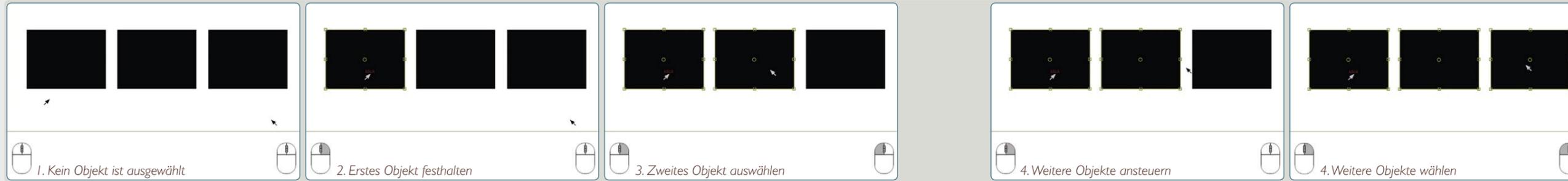
**Zweihändiger Scroll** Es könnte je ein Scrollrad eine Achse der Navigation übernehmen. So könnte in Anlehnung an die bisherige Benutzung einer Maus die horizontale Navigation weiterhin über das rechte Rad passieren, die vertikale Navigation über ein Dokument kann in das linke Scrollrad gelegt werden. Hier würde ein Scroll vom Benutzer weg eine Bewegung von der Maus weg nach rechts bedeuten und ein Abrollen zum Benutzer hin das Blatt zur linken Maus, also nach links bewegen. Wahlweise könnte auch darüber nachgedacht werden, das Rad der linken Maus vertikal einzubauen.



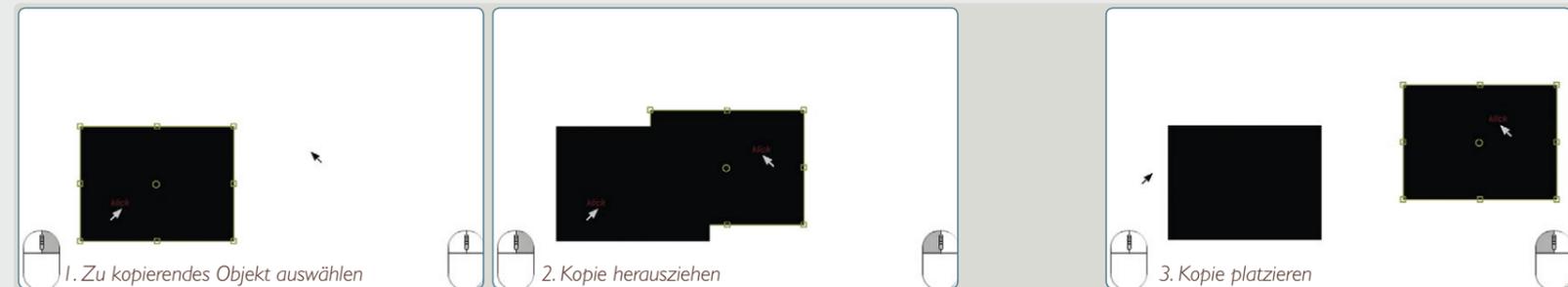
**Timelinezoom** Eine Kombination aus Ansichtsnavigation und Auswahl kann sinnvoll sein, wenn ein Dokument oder ein Bedienelement wie zum Beispiel eine Zeitleiste weit über den Bildschirm hinausragt. Soll ein größerer Abschnitt ausgewählt werden, so muss momentan bis zum Bildschirmende markiert werden und dann rollt das Objekt bei gedrückter Maustaste in selten nachvollziehbarem Tempo von selbst weiter. Dieses Problem der Orientierungslosigkeit könnte gelöst werden, indem wie gewohnt mit der rechten Maus der gewünschte Ausschnitt gewählt wird, während mit der unterstützenden Hand das Dokument bis zum gewünschten Auswahlende weiterbewegt wird.



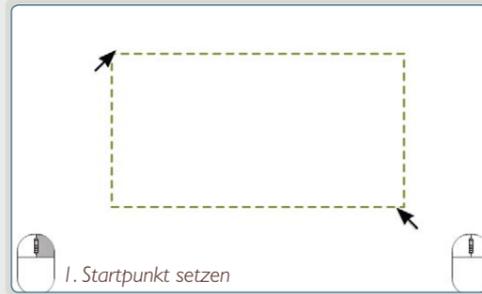
**Aktivieren und Deaktivieren** Jedes Objekt muss aktiviert und deaktiviert, also in gewisser Weise an- und ausgeschaltet werden. Dies kann selbstverständlich über beide Mäuse passieren. Während die agile Maus sich schon auf ein neues Objekt zu bewegt, deaktiviert die unterstützende Maus parallel das Objekt.



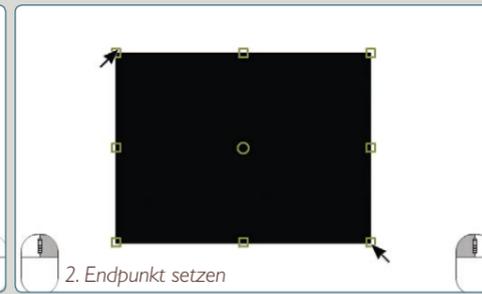
**Mehrfachauswahl per Klicks** Hier wählt die linke Hand das Ausgangsobjekt aus. Die rechte Maus bezieht mit mehreren schnellen Klicks weitere Objekte in die von der linken Hand vordefinierte Auswahl mit ein. Die Objekte behalten ihre räumliche Relation zueinander.



**Objekte kopieren** In Anlehnung an die direkte Objektmanipulation können Objekte kopiert werden, indem die unterstützende Hand das Ursprungsprojekt festhält und die agile Hand ein oder mehrere Kopien aus dem Objekt herauszieht. Wieder setzt die linke Hand den Anfangspunkt für die kinematische Handlungskette, bevor die rechte Hand in mehreren schnellen Bewegungen Instanzen des von der linken Hand festgehaltenen Referenzobjekts auf die Fläche zieht.

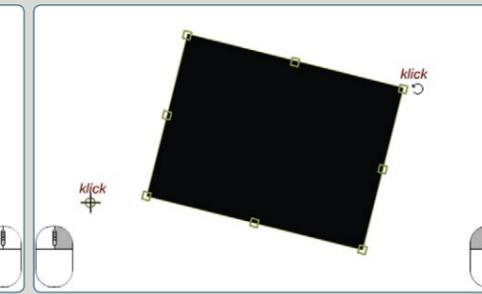
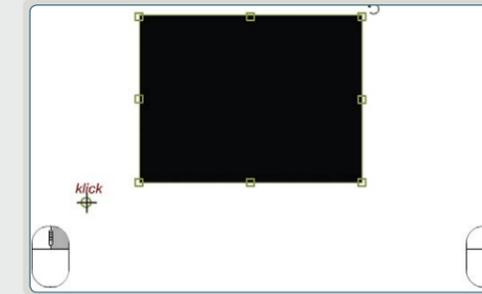


1. Startpunkt setzen

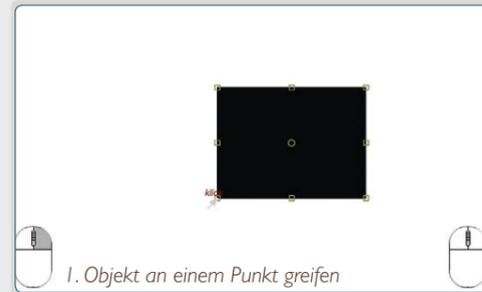


2. Endpunkt setzen

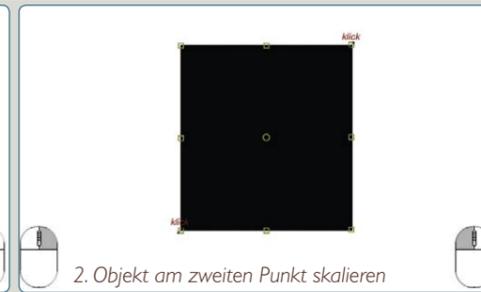
**Objekt erstellen** Die linke Hand definiert den Anfangs- oder Referenzpunkt, zum Beispiel den eines zu erstellenden Rechtecks, von dem aus die rechte Hand Position, Größe und Proportion des Objektes definiert.



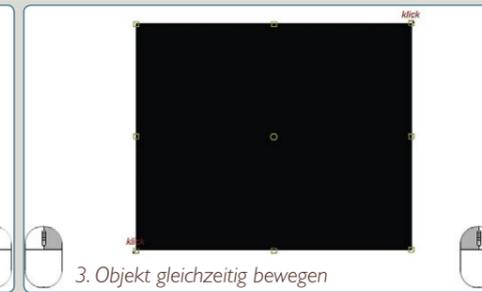
**Objekt drehen** Soll das Objekt gedreht werden, so wird diese Intention über eine Cursorveränderung der rechten Hand ausgedrückt, sobald sich dieser einem Anfasspunkt nähert. Nun setzt die linke Hand den Referenzpunkt, der als Drehmittelpunkt für das Objekt verwendet wird. Mit der rechten Hand wird das Objekt vom nächstliegenden Anfasspunkt aus um den Referenzpunkt gedreht.



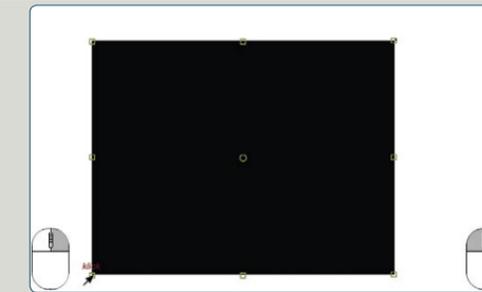
1. Objekt an einem Punkt greifen



2. Objekt am zweiten Punkt skalieren



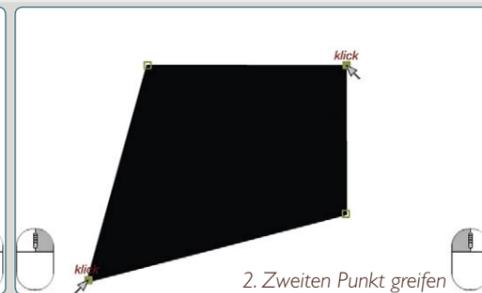
3. Objekt gleichzeitig bewegen



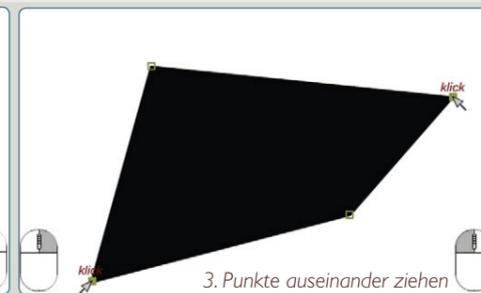
**Objekt skalieren** Die linke Hand fixiert einen Punkt des Objektes, welcher als Referenzpunkt für die von der rechten Hand ausgeführte Skalierung in verschiedene Richtungen benutzt wird. Wählt die linke Hand einen Punkt in der Fläche, so wird durch die erweiterten Möglichkeiten der virtuellen Objektmanipulation eine Eigenschaft der Fläche fixiert, zum Beispiel ihre Proportionalität. Wieder kann auf der Grundlage dieser Referenz das Objekt mit der rechten Hand nun proportional skaliert werden.



1. Ersten Objektpunkt greifen



2. Zweiten Punkt greifen



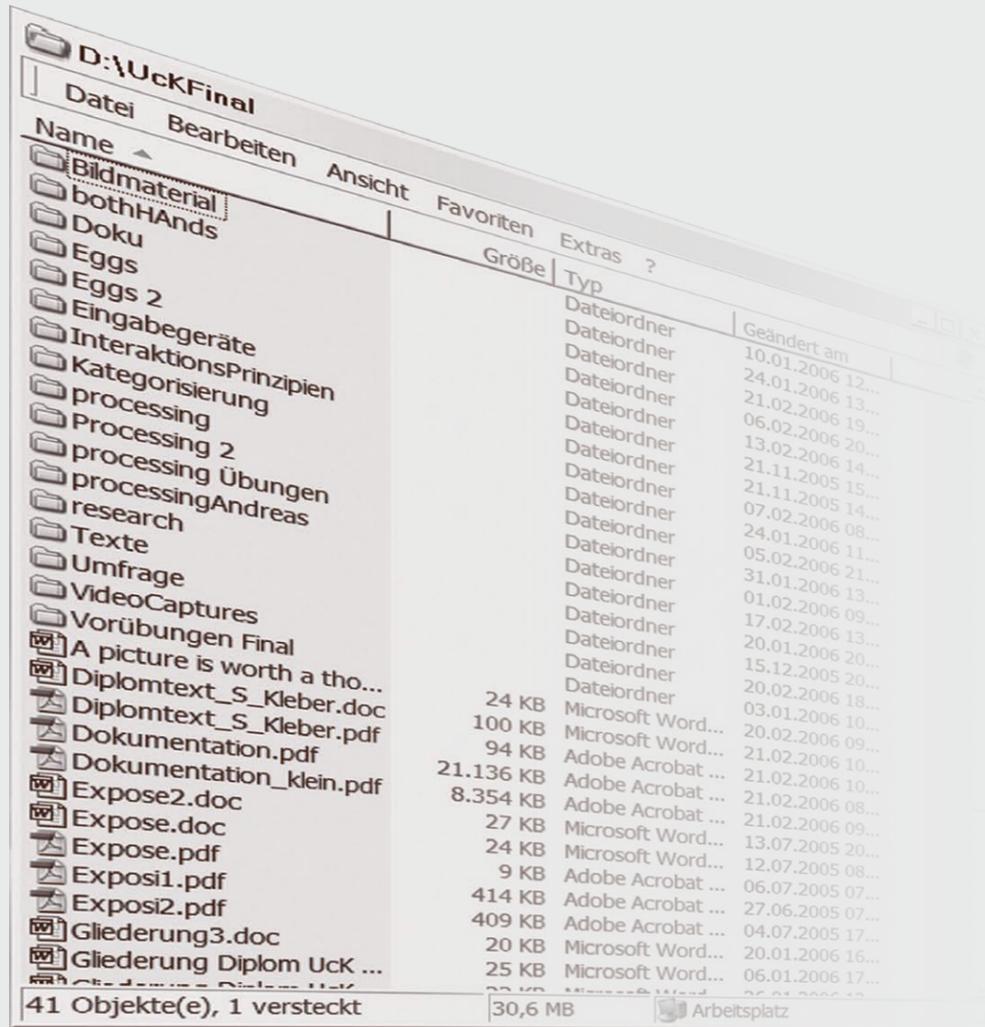
3. Punkte auseinander ziehen



3. Punkte zusammen schieben

**Einzelne Objektpunkte** Das Verschieben einzelner Objektpunkte und das Bearbeiten von Kurven folgen eher der Logik bimanueller gleichberechtigter Handlungen. Das Objekt oder die Kurve wird mit beiden Händen auseinander gezogen oder zusammengedrückt, wobei keine Hand die andere bedingt, sondern vielmehr beide Hände das gleiche Objekt an unterschiedlichen Punkten, aber doch als ein Ganzes bearbeiten.

# Probleme mit dem Dateibrowser



Die vorangegangenen Versuche beweisen, dass die Objektmanipulation mit zwei Händen schneller, intuitiver und direkter funktioniert als mit nur einer Hand. Verschiedene Funktionen können gleichzeitig ausgeführt werden, was der natürlichen Objektmanipulation entspricht. Die beiden Hände können sich unterstützend entgegen kommen und damit Wege sparen.

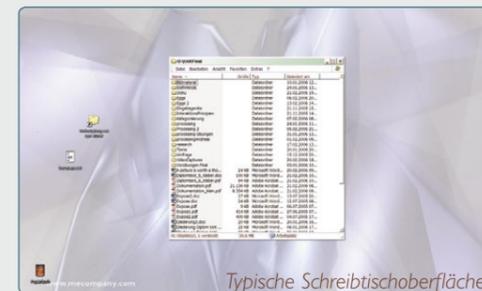
Auf der Basis dieser Funktionsbeispiele werden nun übertragende Ideen zur Lösung spezifischer Interaktionsprobleme bei der Datenverwaltung vorgestellt. Die Funktionsprinzipien der direkten zweiseitigen Objektmanipulation werden auf die nächste Stufe, die Organisation von komplexen Datenstrukturen übertragen. Ziel ist es, durch direkte Manipulation die Verwaltung von und den Überblick über die eigene kreative Rechnerarbeit zu verbessern.

Es soll kurz ein Blick auf die bisherige digitale Datenverwaltung geworfen werden. Diese Aufgabe soll seit Jahrzehnten der Dateibrowser übernehmen, die Systemoberfläche, welche über metaphorische Verknüpfungen in Ansätzen eine reale Büroumgebung simuliert. „Für die Sekretärinnen, hieß es, müsse man alles ganz simpel machen. So entstand die bekannte Metapher von der Bildschirmoberfläche als Schreibtisch, die dann von Apple erfolgreich aufgegriffen wurde.“ (Engelbart/Drössler)<sup>20</sup> Der Dateibrowser hat Vor- und Nachteile. Er ist bei der heutigen Datenflut sicher nicht mehr die optimale Visualisierung für digitale Informationen.

**Metaphern** Die Reichweite von Metaphern ist limitiert. Metaphern funktionieren nur solange, bis sich für neue Funktionen keine rationellen metaphorischen Verknüpfungen mehr finden. „Die Essenz einer Metapher ist das Verstehen und Erfahren einer Sache mittels einer anderen.“ (Lakoff/Johnson)<sup>21</sup> Die Ordnung von Dateien in Ordner suggeriert immer noch eine archivierende Bürotätigkeit des Computers. Dies ist aber nicht mehr Hauptaufgabe des Rechners, er ist mittlerweile viel tiefer auch in alltägliche Aufgaben involviert. Auch werden Datenverknüpfungen nicht visuell unterstützt. Die Fenster, welche den Inhalt eines Ordners anzeigen sollen, fallen aus jeder metaphorisch sinnvollen Verknüpfung heraus und stehen in keiner räumlichen Referenz zur Position des eigentlichen Ordners.

**Verschachtelungen** Ein weiteres Problem beim Ablegen von Dateien in Ordner stellt sich aufgrund der Quantität des heutigen Datenflusses. Das Ordnersystem hilft nicht nur, Dateien in selbst benannten Projektordnern zu bündeln. Die Möglichkeit der unendlichen Verschachtelung dieser Ordner bewirkt auch zwangsläufig das Verlegen von Informationsstücken. Alle Versuche, Dateien über zusätzliche Kategorisierungsmöglichkeiten und ein ausgeklügeltes Suchsystem auffindbar zu machen, scheitern, weil nicht der Ursprung, das Verlegen von Dateien durch unzulängliche Visualisierung bekämpft wird, sondern lediglich das Wiederfinden vereinfacht werden soll.

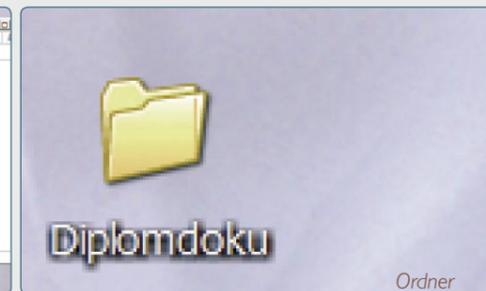
Bei der systematischen Ordnung von Informationen im Computer sollte gänzlich auf jede Art von in der realen Welt verankerten Metaphern verzichtet werden, um Verwirrungen dieser Art ein für alle mal aus dem Weg zu räumen. Der Computer ist ein eigenständiges Werkzeug und sollte auch im Verständnis so behandelt werden. Der Versuch, den Rechner über längst hinkende Bürometaphern zugänglicher zu machen, verankert im Benutzer das Gefühl, nicht wirklich mit dem Werkzeug umzugehen, sondern durch eine offensichtliche Übersetzung dem Kern fernzubleiben. Der herkömmliche Dateibrowser ist qualitativ veraltet und der heutigen Datenflut nicht mehr gewachsen. Darum muss ein Struktursystem entwickelt werden, was komplexen Datensätzen besser gerecht wird und für den Menschen intuitiver zu begreifen ist.



Typische Schreibtischoberfläche



Fehlende Verknüpfung zwischen Fenster und Ordner



Ordner

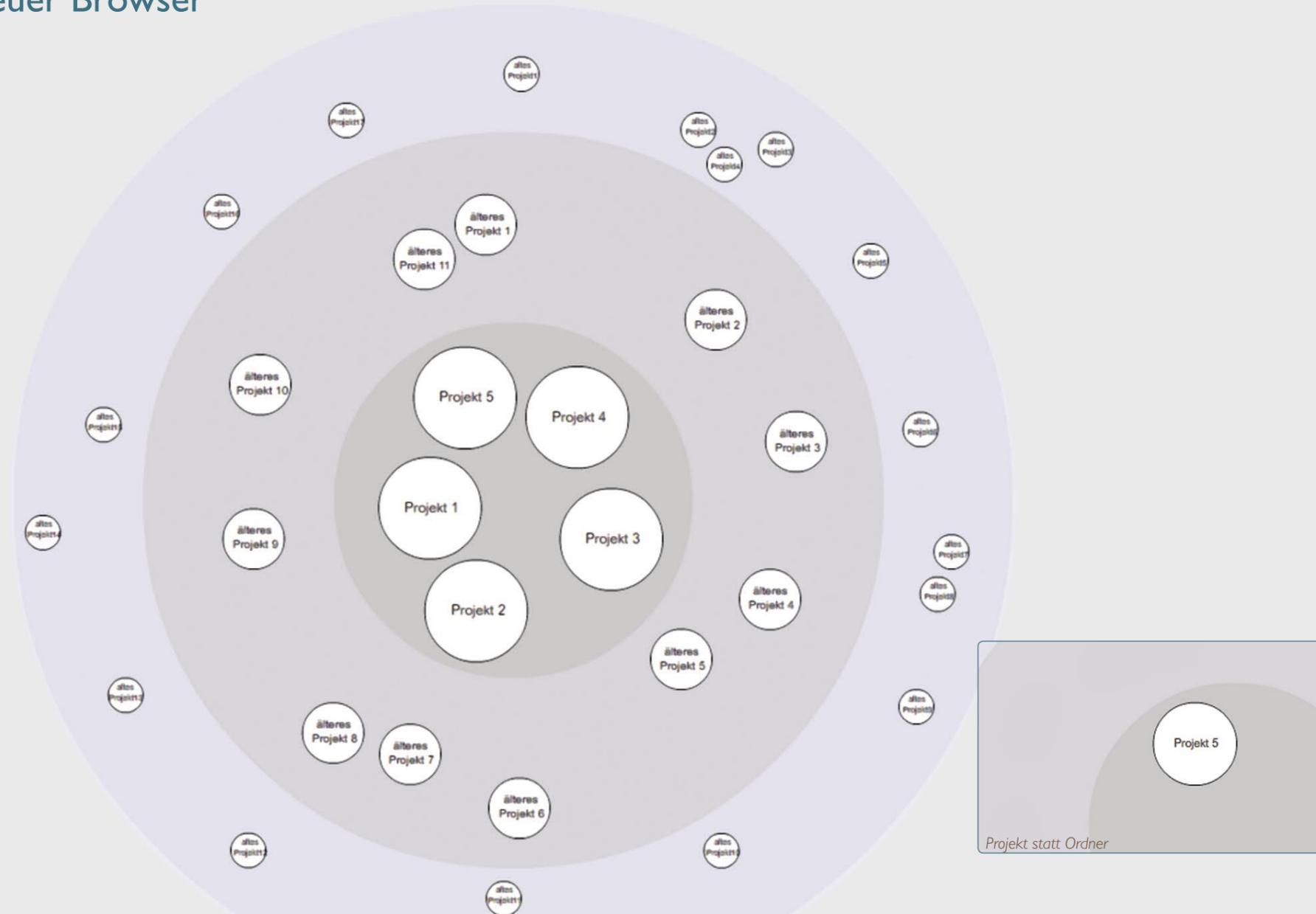


Verschachtelungen am Beispiel eines Pfades

20. Drössler: „Der Erfinder der Maus“, 1998

21. Lakoff/Johnson: „Metaphors We Live by“, 1983, S. 5

Exkurs  
Ein neuer Browser

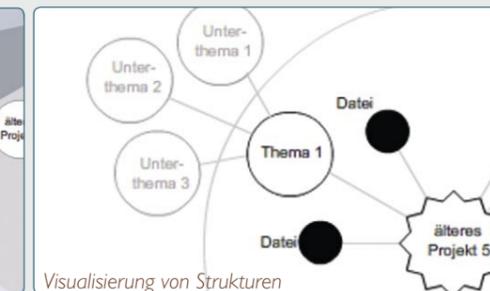
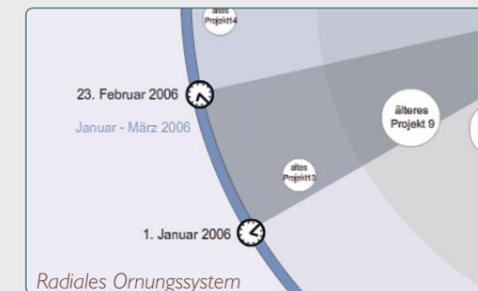


Im Folgenden soll ein System entwickelt werden, was auf der Grundlage der direkten zweihändigen Manipulation die Organisation aller auf dem Rechner befindlichen Daten vereinfacht. Wie kann ein direktes zweihändiges Eingreifen in die Benutzeroberfläche bei der Bewältigung der Informationsflut behilflich sein? Ein Hauptproblem liegt in der Verschachtelung von Informationen. Es soll untersucht werden, welche klärenden Visualisierungsoptionen zutage treten, wenn Dateisammlungen durch direkte Interaktion aufgezogen, angefasst und verschoben, verkleinert – verwaltet werden können.

Um mit der Ordnermetapher abschließen zu können, werden ansatzweise neue hierarchische Begrifflichkeiten definiert. Ausgegangen wird nicht wie bei Ordnern von einer archivierenden, sondern von einer prozessbezogenen Struktur. Ein kreativer Mensch arbeitet weniger ordnerbezogen, sondern viel mehr projektbezogen. Daher sollten Dateien oder Dokumente in Projekten und nicht in Ordnern gebündelt werden. Der vormalige Schreibtisch wird zu einer Übersicht über vorhandene Projekte, er ordnet grob die auf dem Rechner vorhandenen Dateien nach vom Benutzer frei definierten

Kriterien, direkt und schnell. Er könnte die Projekte zum Beispiel nach Frequenz der Bearbeitung ordnen: Vom Benutzer häufig bearbeitete Projekte erkennt der Computer als aktuell und sie erhalten eine dominante Position auf dem Bildschirm. In abnehmender Frequenz der Benutzung verteilen sich alle anderen Projekte auf dem Bildschirm. Projekte könnten auch in ihrer Wertigkeit frei verschoben werden. Soll zum Beispiel an einem lange vernachlässigten Projekt in naher Zukunft weitergearbeitet werden, so kann es der Benutzer in den Fokus der Aufmerksamkeit ziehen. Wird das Projekt dennoch nicht weiter bearbeitet und bleibt liegen, so rutscht es nach und nach wieder in den Hintergrund. So kann der Mensch selbst sein Ordnungsprinzip definieren und manipulieren und muss sich nicht einer vom System vordefinierten Ordnung unterwerfen.

Im Folgenden sollen präzise Interaktionsketten definiert werden, welche diesen Ansatz der Informationsvermittlung und der Datenstrukturierung durch direkte zweihändige Objektmanipulation im Detail ausformulieren.

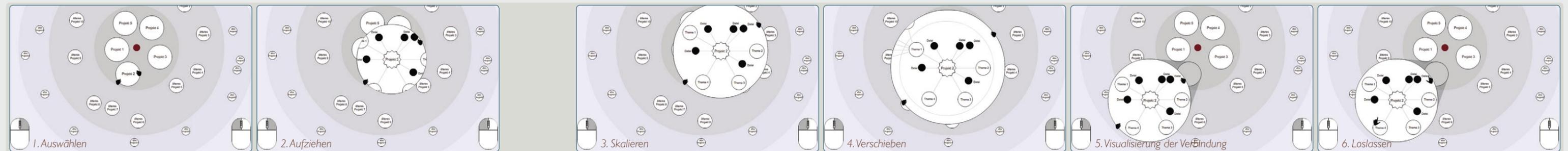
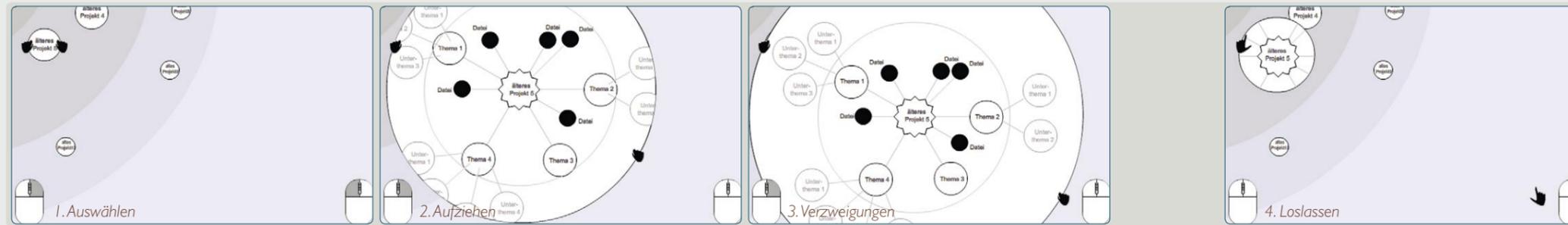


Manchmal ist es nicht nötig ein Projekt zu öffnen, man möchte lediglich schnell in ein Projekt hineingucken. Mit der unterstützenden Hand wird das Projekt festgehalten. Durch Klick auf den Rand des fixierten Projekts mit der agilen Hand kann per Bewegung selbiger die Ansicht des Projekts geöffnet und skaliert werden. Lässt die unterstützende Hand das Projekt los, so schnappt es in seine Ursprungsgröße und Position zurück. Wird das Projekt von der unterstützenden Hand noch festgehalten und wird mit der aktiven Hand erneut geklickt, so fixiert sich auch hier das Projekt auf

die gerade gewählte Ansicht. Diese zusätzliche Möglichkeit der Interaktion erlaubt ein schnelles Browsen durch verschiedene Projekte.

Um ein Projekt zu öffnen, wird es mit beiden Händen am äußeren Rand angefasst und auf die gewünschte Ansichtsgröße gezogen. Die auf dem Kreisradius vordefinierte Ordnungsstruktur bestimmt die Lage der einzelnen Daten. Gleichzeitig kann die Projektansicht verschoben werden, so dass keine anderen Projekte auf der Bildschirmoberfläche von der Ansicht verdeckt werden. Wird eine Projektansicht verschoben, bleibt die Ansicht durch eine graphische Referenz immer direkt mit ihrem Ursprung verbunden. Wenn beide Hände das Projekt loslassen, bleibt es an gewünschter Stelle stehen.

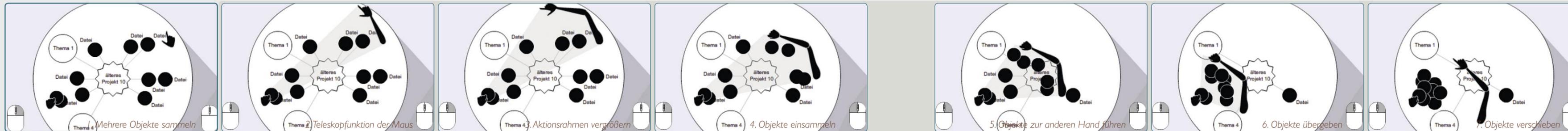
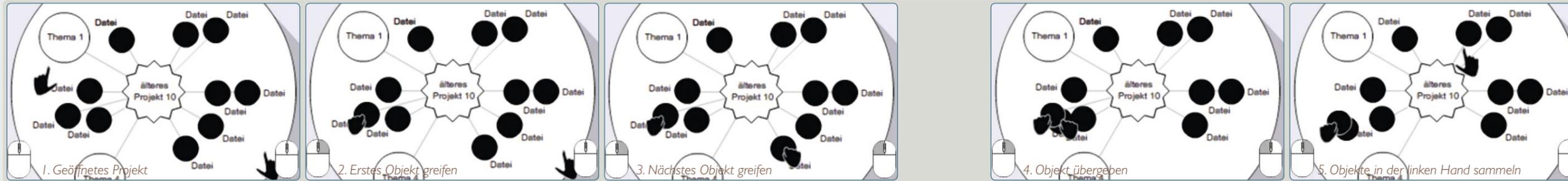
Die freie Skalierbarkeit eines Projekts ermöglicht die Visualisierung der hierarchischen Ordnungsstruktur von Informationen. Im Projektradius wird der direkte Inhalt eines Projektes sichtbar, also alle Themenbereiche oder Unterprojekte und alle Dateien, welche direkt im Projekt liegen. Wird eine Projektansicht vergrößert, wird in weiteren Kreisen die im Projekt liegende Datenstruktur sichtbar, also weitere Unterthemen, welche sich in einzelnen Themenbereichen befinden. Eine Projektansicht kann damit so weit aufgezogen werden, dass die gesamte Projektstruktur mit allen Unterverzweigungen sichtbar wird, was zur Orientierung im Datenfluss beiträgt.



Funktionsmodelle zur visuellen Datenvermittlung  
**Auswahl**

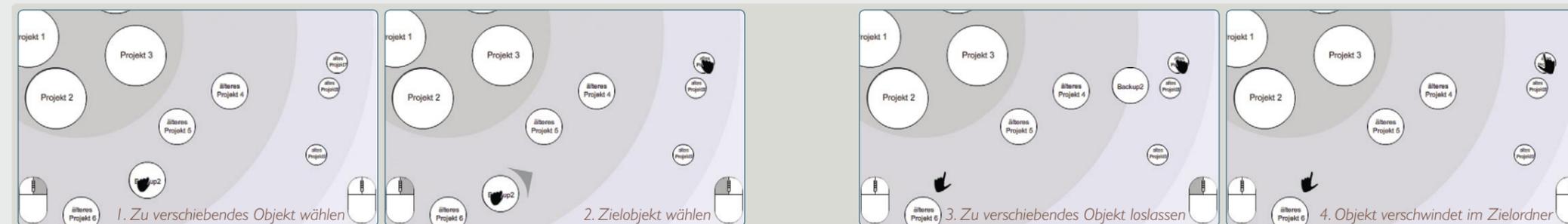
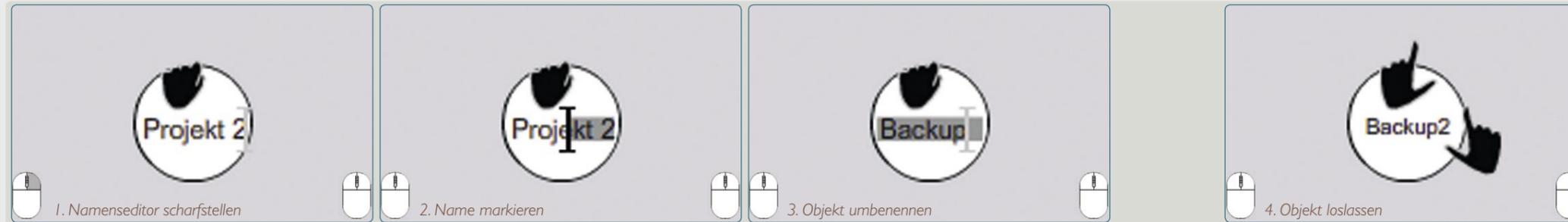
Mehrere Objekte, die gemeinsam verschoben werden sollen und deren räumliche Relevanz zueinander unbedeutend ist, wie es bei Dateien der Fall ist, könnten in der unterstützenden Hand gesammelt werden. Die unterstützende Hand wählt das erste Objekt, die agile Hand wählt weitere Objekte, welche sie per Drag and Drop der linken Hand zuschiebt. Die unterstützende Hand kann dabei wie in der Realität auch der agilen entgegen kommen, was wiederum Wege erspart.

Liegen verschiedene Objekte, welche in eine Mehrfachauswahl mit einbezogen werden sollen, räumlich dicht beieinander, können in einer Art Teleskopfunktion wahlweise nur eine oder beide Mäuse ausgefahren werden, was die Aktionsfläche zwischen beiden Mäusen von einer Linie auf einen Radius oder ein Viereck vergrößern könnte. In Anlehnung an die Maus als Zeigefinger könnte also der gesamte Arm der unterstützenden Hand mehrere Objekte zuschieben.



Einzelne Projekte können umbenannt werden, indem wieder die unterstützende Hand das Projekt fixiert und damit die Funktion der Hand annimmt, die beim Schreiben das Blatt festhält. Der Namenseditor ist „scharfgeschaltet“, die aktive Hand kann nach gewohnter Interaktion in das Namensfeld klicken, den Namen löschen und einen neuen eingeben.

Mehrere Möglichkeiten erlauben das Verschieben von Dateien. Soll eine einzelne Datei verschoben werden, kann dies auf herkömmliche Weise vom geöffneten Ausgangsprojekt in das geöffnete Zielprojekt passieren. Um Wege zu sparen, können auch nur das zu verschiebende Objekt und sein Ziel gewählt werden, so dass das Objekt den Weg selbst zurücklegt: Das zu verschiebende Objekt wird gegriffen und aus seiner Umgebung gelöst, mit der anderen Maus wird das Zielprojekt gegriffen. In der unterstützenden Hand hält der Mensch nun das zu verschiebende Objekt, mit der agilen Hand hält er das Zielobjekt. Wenn der Benutzer nun das zu verschiebende Objekt loslässt, legt dies den Weg ins Zielobjekt selbst zurück.



Direkt, übersichtlich, schnell

## Vorteile bimanueller Interaktion

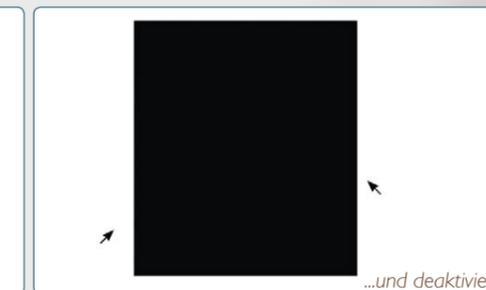
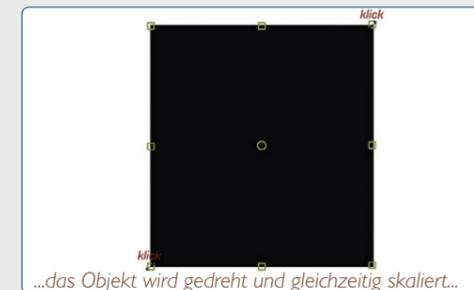
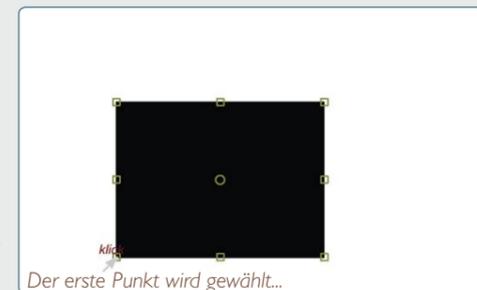
Die Vorteile einer zweihändigen Interaktion sowohl bei der direkten Objektmanipulation als auch bei der direkten Datenmanipulation können anhand der vorliegenden Ideen wie folgt zusammengefasst werden:

**Direkt** Durch die eindeutige Korrespondenz mit realen Handlungen können natürlichere Handlungsketten den Arbeitsprozess entscheidend vereinfachen.

**Übersichtlich** Komplexitäten können von der Oberfläche in natürliche Interaktionen verlegt werden. Dieser Ansatz kann eine Menge von momentan auf dem Bildschirm platzierten Menüs eliminieren und macht komplizierte Tastaturkürzel überflüssig.

**Schnell** Zwei sich bedingende Handlungen können parallel ausgeführt werden, wie in der realen Welt auch. Durch die Funktionsverteilung auf eine unterstützende und eine agile Hand können Wege gespart werden und komplexe Tätigkeiten ohne interfacebedingte Unterbrechung ausgeführt werden.

Vorteile:  
Objektskalierung und -drehung in drei Schritten



„Ein Bild wiegt mehr als tausend Worte. Ein Interface wiegt mehr als tausend Bilder.“ (Shneiderman) <sup>22</sup>



22. Shneiderman: „A Thousand-Fold Increase in Human Capabilities“, 1997

Vierter Teil – Ausblick

## Zukunft der bimanuellen Interaktion



Zum Abschluss sei es nun gestattet, einen Blick auf die Zukunft der bimanuellen Eingabe zu werfen und die Frage zu wagen: Warum ist das Anschließen einer zweiten Maus mit dazugehöriger Repräsentanz im Rechner nicht schon universell möglich? Noch vor sechs Jahren erklärten Vertreter des Microsoft Research Lab das Problem wie folgt: „Designer haben erst vor kurzem angefangen, ein Verständnis für menschliche bimanuelle Verhaltensweisen zu entwickeln. Die Anwendung dieses Wissens auf die Gestaltung und Entwicklung von Interaktionstechniken mit dazugehöriger Umwandlungstechnik, welche die Eingangssignale angemessen erfassen und übersetzen können, ist noch nicht vorhanden. Uns fehlen außerdem deskriptive Modelle zur Spezifikation unserer Interaktionstechniken oder zur Erforschung alternativer Designs. Pragmatisch gesehen war es bis zur Einführung des Universal Serial Bus (USB) Standards sehr schwer, mehrere Eingabegeräte an einen Rechner zu schließen und nicht zuletzt sind die Benutzer an die Eingabe mit Maus und Tastatur gewöhnt und die Umgewöhnung der Benutzerbasis auf neue Eingabetechniken ist ein sehr großes Thema.“ (Hinckley, Czerwinski, Sinclair)<sup>23</sup>



Wolf Claw Type II Keyboard



Produkte von 3D Connexion



VR Gloves mit Force-Feedback

23. Hinckley, Czerwinski, Sinclair: „Interaction and Modeling Techniques for Desktop Two-Handed Input“, 1998

Die bimanuelle Interaktion befindet sich momentan in einem Übergangsstadium. Die Testphase ist soweit abgeschlossen, dass ihre Effizienz offiziell bewiesen ist und erste sinnvolle Anwendungen bereits vorliegen.

Im Bereich der dreidimensionalen virtuellen Realität wurde die bimanuelle Interaktion als erstes angenommen, aus dem simplen Grund, dass hier der Leidensdruck am höchsten ist. Seit Jahren werden beispielsweise für 3D-Computerspieler immer neue Tastaturen und individualisierbare Extras für die linke Hand erfunden, die das PC-Spielvergnügen durch die Vereinfachung der Eingabe erhöhen sollen. Komplizierte, häufig verwendete Tastaturkürzel und -akkorde werden auf spezielle unterstützende Eingabegeräte mit leicht erreichbaren, frei belegbaren Tasten verlegt, so dass ein eingeschränktes bimanuelles Arbeiten hier bereits möglich ist.

Auch beim Modellieren virtueller dreidimensionaler Gegenstände gibt es bereits erste Erweiterungen für die zweite Hand. Hier ist die Orientierung im Raum relativ schwierig

und der Gestalter wechselt ständig zwischen Veränderung der Ansicht und tatsächlicher Objektmanipulation hin und her. Der Spaceball der Firma 3DConnexion ist eine Art unterstützender Joystick mit sechs Freiheitsgraden für die linke Hand, der parallel zur Maus an den Rechner geschlossen werden kann und dem Zeichner erlaubt, mit der unterstützenden Hand zu jeder Zeit die Ansicht zu manipulieren, also zu skalieren, verschieben und zu drehen. Der Spaceball ist mit allen gängigen 3D-Modellingprogrammen kompatibel, seine gesamte Funktionalität kann frei definiert werden und das Arbeiten mit dem Spaceball 5000 wird generell als sehr einfach und vorteilhaft empfunden. (Spaceball)<sup>24</sup>

Auch andere kreative Bereiche wie das Videoediting oder die computergestützte Musikbearbeitung befassen sich intensiv mit dieser Thematik. Im Dezember 2005 stellte die Firma IMI Mobius Bimanual Media Solutions die erste bimanuelle DJ-Software DJ Pro vor: „Unsere bimanuellen Mixer erlauben Musikmachern, Kontrollpunkte im Laptop anzufassen, wie sie es im wirklichen Leben tun.“ (Fairs)<sup>25</sup>



DXI Input Device



Spaceball 5000



Ausschnitt aus dem Interface von DJ Pro



VR Gloves



Zukunftsvisionen

„Wenn man etwas als gegeben annimmt, gibt man die Möglichkeit auf es zu verbessern.“

(Wurman)<sup>26</sup>

Eine zweihändige Computerarbeit kann schon bald gängiger Standard werden. Die Idee von zwei Mäusen am Rechner bildet nur ein Übergangsstadium auf dem Weg zur zweihändigen oder zehnfingrigen Eingabe direkt auf dem Bildschirm. Über die Implementierung dieser neuen und doch alten Art der Interaktion muss also heute nachgedacht werden, damit morgen sinnvolle Anwendungen präsentiert werden können, welche die Kommunikation zwischen Mensch und Rechner auf natürliche Art vereinfachen und das Universalwerkzeug Computer dem Menschen einen entscheidenden Schritt näher bringt.

24. Spaceball unter <http://www.3dconnexion.com/products/3a3.php>

25. Fairs, CEO der Firma IMI, bei der Präsentation von DJ Pro am 8. Dezember 2005

26. Wurman: „Information Anxiety 2“, 2001, S. 79



## Quellen *Alle Quellen können per Klick auf den Online-Link direkt aufgerufen werden*

Donald Norman: „The Design of Everyday Things“, The MIT Press, London, England, 2001

Saul Wurman: „Information Anxiety 2“, Que, Indianapolis, USA, 2001

Carola Zwick und Burkhard Schmitz: „Navigation for the Internet and other Digital Media“, AVA Publishing, SA, 2002

Yves Guiard: „Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model“, Journal of Motor Behaviour, Vol. 19, 1987

*Online: <http://cogprints.org/625/00/jmb%5F87.html>*

William Buxton und Richard Sniderman: „Iteration in the Design of the Human-Computer Interface“, Veröffentlichung zur 13. Jahrestagung der Human Factors Association of Canada, Kanada, 1980

*Online: <http://www.billbuxton.com/iteration.html>*

Christopher Drösser: „Der Erfinder der Maus“ - Interview mit Doug Engelbert, die Zeit - Rubrik Wissen, Ausgabe 35, 1998

*Online: [http://www.zeit.de/archiv/1998/35/199835.in\\_den\\_sechziger.xml?page=all](http://www.zeit.de/archiv/1998/35/199835.in_den_sechziger.xml?page=all)*

S. Athens: „Adaptibilité et development de la posture manuelle dans l'écriture: Étude comparative du droitier et du gaucher“, Universität Aix-Marseille II, Frankreich, 1984

William Buxton und Brad A. Meyers: „A Study in Two-Handed Input“, University of Toronto, Canada, 1986

*Online: <http://www.billbuxton.com/2hands.html>*

Ken Hinckley, Mary Czerwinski, and Mike Sinclair: „Interaction and Modeling Techniques for Desktop Two-Handed Input“, Veröffentlichung zum ACM Symposium on User Interface Software, 1998

*Online: <http://research.microsoft.com/Users/kenh/papers/two-hand.pdf>*

Ben Shneiderman: „A Thousand-fold Increase In Human Capabilities“, Educom Review, Vol. 32, 1997

*Online: <http://www.ifp.uiuc.edu/nabhcs/abstracts/shneiderman.html>*

Gordon Kurtenbach, George Fitzmaurice, Thomas Baudel und Bill Buxton: „The Design and Evaluation of a GUI Paradigm based on Tablets, Two Hands, and Transparency“, Veröffentlichung zur ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 1997

*Online: [http://www.billbuxton.com/chi97\\_t3.pdf](http://www.billbuxton.com/chi97_t3.pdf)*

Ka-Ping Yee: „Two Handed Interaction on a Tablet Display“, University of California, Berkeley, USA, Veröffentlichung zur ACM Conference on Computer-Human Interaction, 2004

*Online: <http://zesty.ca/tht/yee-tht-chi2004-short.pdf>*

Jeff Han: „Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection“, Media Research Lab, New York University, USA, 2006

*Online: <http://mrl.nyu.edu/~jhan/ftirtouch/>*

Takeo Igarashi, Tomer Moscovich, John F. Hughes2: „As-Rigid-As-Possible Shape Manipulation“, ACM Transactions on Computer Graphics, Los Angeles, USA, 2005

## Bildnachweise *Alle Bildnachweise können per Klick auf den Online-Link direkt aufgerufen werden*

Seite 4:  
Unterhaltung: Screenshot aus dem Computerspiel „Black and White“  
Kommunikation: Screenshot Internettelefonie „Skype“  
Wissen: Startseite von <http://www.wikipedia.org>

Seite 6 und 17:  
die erste Computermaus, Foto von [http://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_mouse](http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_mouse)

Seite 17:  
Versuchsaufbau von Doug Engelbart 1968 unter <http://sloan.stanford.edu/MouseSite/MouseSitePg1.html>  
Logitech Gaming Mouse unter [http://www.logitech.com/index.cfm/products/product\\_list/DE/DE,crid=2199](http://www.logitech.com/index.cfm/products/product_list/DE/DE,crid=2199)

Seite 28:  
Bilder und Videos zu Buxtons Studien unter <http://www.billbuxton.com/papers.html>

Seite 30:  
Bilder aus Yees Studie unter <http://zesty.ca/tht/yee-tht-chi2004-short.pdf>

Seite 32:  
Bilder zu Hans Studie unter <http://mrl.nyu.edu/~jhan/ftirtouch/>

Seite 44:  
Screenshots der typischen Benutzeroberfläche von Microsoft Windows 2000

Seite 58:  
Zukunftsvision aus dem Film Minority Report, 20th Century Fox, 2002

Seite 59:  
Wolf Claw Type II Keyboard auf <http://www.extremetech.com>  
Produktpalette der Firma 3D Connexion unter <http://www.3dconnexion.com>  
VR Gloves zum Aufbau der Studie „Immersion Haptic Workstation“ auf <http://www.inition.co.uk>

Seite 60:  
DX I Input Device auf <http://www.extremetech.com>  
Spaceball 5000 der Firma 3D Connexion unter <http://www.3dconnexion.com>  
Screenshot der DJ Software DJ Pro der Firma Mobius Bimanual Media Sotlutions: unter <http://www.micetechinc.com>  
VR Pinch Gloves unter <http://www.evl.uic.edu>

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass diese Diplomarbeit von mir selbstständig verfasst wurde. Ich habe keine anderen Quellen und Hilfsmittel benutzt als die durch Zitate und Nachweise gekennzeichneten.

Berlin, den 23. Februar 2006



Diplomarbeit von Sophie Kleber **Von Menschen und Mäusen** Bimanuelle Interaktion mit dem Computer

©2006 sophisticatedberlin.com

