

Designorientierung und Designpraxis – Entwicklung und Einsatz von konstruktiven Gestaltungskriterien

Andreas Brennecke, Reinhard Keil-Slawik und Werner Roth

Heinz Nixdorf Institut, Universität-GH Paderborn

Zusammenfassung

Zur Gestaltung von interaktiven Systemen gibt es eine Fülle von Kriterien. Was bei deren praktischer Anwendung jedoch häufig fehlt, ist eine verbindende Orientierung, mit der unterschiedliche Anforderungen abgewogen und Designkonflikte aufgelöst werden können. Anhand von theoretischen Überlegungen motivieren wir einen Gestaltungsansatz, der eine solche Designorientierung aufweist. Basierend auf dem Leitprinzip „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ haben wir durch viele praktische Beispiele einen Satz von Kriterien entwickelt, mit denen bei der Gestaltung verschiedene Designalternativen bewertet werden können. Am Beispiel der Gestaltung einer Museumsanwendung zeigen wir, wie der vorgestellte Ansatz konstruktiv umgesetzt werden kann.

Abstract

Many criteria exist for the design of interactive systems. However, most of these criteria neither provide a design orientation for practical purposes nor do they offer help in situations where different requirements collide or where design conflicts arise. In this paper, we present a design guideline that is motivated by a theoretical framework. Centred around the general principle to “mimimize the amount of enforced sequentiality” we have developed a set of criteria that allows us to evaluate different alternatives in the design process. A practical example is presented to demonstrate the applicability of our approach for the design of a multimedia terminal in a museum.

1 Einleitung

Die Gestaltung interaktiver Systeme ist ein Problem, bei dem situationsunabhängige und situationsabhängige Faktoren angemessen miteinander kombiniert werden müssen. Bei der Fülle der dabei zu berücksichtigenden Aspekte ist es nicht möglich, durch einen methodisch geleiteten systematischen Konstruktionsprozeß alle relevanten Faktoren im vorhinein zu erheben und dann gewissermaßen nacheinander abzuarbeiten. Abgesehen davon, daß es keine universellen und allgemein anwendbaren Gestaltungsregeln gibt, treten häufig Designkonflikte auf (vgl. Brennecke, Keil-Slawik [1]), bei denen es darauf ankommt, gleichermaßen berechnete, aber einander zuwiderlaufende Anforderungen auf Kosten der jeweils anderen umzusetzen. Die Auflösung solcher Designkonflikte stellt die eigentliche Herausforderung für die Entwickler dar. Sie erfordert klare Kenntnisse des Einsatzumfeldes, grundlegende Gestaltungskompetenz und einen Designansatz, bei dem operationalisierbare Gestaltungskriterien mit einer Designorientierung derart verknüpft sind, daß es möglich ist, verschiedene Gestaltungsanforderungen miteinander in Beziehung zu setzen und unter einem Leitprinzip gegeneinander abwägend umzusetzen.

Einen solchen Ansatz haben wir in den letzten Jahren aufbauend auf theoretischen Grundannahmen entwickelt (siehe Keil-Slawik [7]) und anhand vieler praktischer Beispiele aus Forschung und Lehre (siehe Brennecke, Keil-Slawik [1] oder Engbring, Keil-Slawik, Selke [5])

zunehmend verfeinert. Im vorliegenden Beitrag werden wir nach der Darstellung unseres Gestaltungsansatzes ein Praxisbeispiel vorstellen, bei dem die Gestaltungsprinzipien produktiv angewendet worden sind.

Ausgangspunkt ist die Entwicklung einer multimedialen Museumsinstallation zum Rechnen mit einer historischen Rechenmaschine für das Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn. Die Anforderungen, die sich aus diesem Einsatzumfeld ergeben, werden zunächst kurz skizziert, um dann eine Lösung vorzustellen, die in spezifischer Weise die Umsetzung der Anforderungen des Einsatzumfeldes vor dem Hintergrund des zugrundegelegten Gestaltungsansatzes verdeutlicht. Eine kritische Würdigung sowohl der erzielten Lösung als auch des Gestaltungsansatzes zeigt zum einen die Grenzen der Gestaltung auf, eröffnet zum anderen aber auch spezifische Perspektiven für die zukünftige Arbeit.

2 Konstruktives Design

Für den Bereich der Software-Ergonomie gibt es mittlerweile eine Fülle nationaler und internationaler Normen, die von der Gestaltung der Arbeitsaufgabe bis zur Festlegung der Prinzipien der direkten Manipulation oder der Spezifikation von Zeichengrößen reichen (siehe DIN/EN 9241 [4]). Das Problem dabei ist, daß die Kriterien meist beziehungslos nebeneinanderstehen, häufig sehr allgemein formuliert sind und durch Analyseverfahren teilweise unterschiedlich interpretiert und abgeändert werden (vgl. Stary [11]). Weiterhin sind sie im Hinblick auf die Evaluation bestehender Systeme ausgerichtet und weniger auf die Erfordernisse des Gestaltungsprozesses selbst. Erst durch die Einbettung in einen umfassenden Gestaltungsansatz, der es auf Grund einer speziellen Designorientierung gestattet, verschiedene Anforderungen gegeneinander abzuwägen und so Designkonflikte partiell aufzulösen, können die verschiedenen Kriterien und Gestaltungsregeln im Gestaltungsprozeß fruchtbar gemacht werden. Die Designorientierung ergibt sich dabei aus der Fragestellung, worin denn die spezifische kognitive Unterstützungsfunktion technischer Artefakte besteht.

Ausgehend von der Feststellung, daß sinn- und bedeutungsschöpfende Prozesse des Menschen selbstorganisiert sind und damit von außen weder gelenkt noch vorherbestimmt werden können, zugleich aber solche Prozesse auf sinnlicher Wahrnehmung beruhen und damit auf physische Gegebenheiten Bezug nehmen, läßt sich die primäre Funktion technischer Artefakte bestimmen. Sie besteht zum einen darin, z. B. durch Visualisierung oder Symbolisierung etwas wahrnehmbar zu machen. Wichtig dabei ist, daß durch den tätigen Umgang mit diesen Artefakten Veränderungen sichtbar werden, die es erlauben, durch Verknüpfung von Wahrnehmen und Handeln den Erkenntniskreis zu schließen. Erst durch die Gruppierung zusammenhangloser Sinnesreize entsteht eine Gestalt, eine bedeutungsvolle Form. Um aber verschiedene Sinnesreize miteinander verbinden zu können, müssen zum Zweiten die entsprechenden Artefakte möglichst gleichzeitig ins Wahrnehmungsfeld gebracht werden, denn wenn die jeweils in Beziehung zu setzenden Aspekte zeitlich und räumlich zu weit auseinanderliegen, können sie nicht miteinander verknüpft werden. Schließlich soll drittens eine einmal hergestellte Beziehung auch physisch abgebildet werden, so daß man sich zu einem späteren Zeitpunkt auf das entsprechende Wahrnehmungsmuster beziehen kann, ohne es zuvor wieder aufwendig rekonstruieren zu müssen. Diese drei Kernaspekte des Erzeugens, Verknüpfens und Speicherns verkörpern die primäre Unterstützungsfunktion technischer Artefakte (vgl. Keil-Slawik, Selke [8]). Sie sollen an einem Beispiel kurz erläutert werden.

Ohne physische Hilfsmittel wie Rechengeräte oder Papier und Bleistift kann beispielsweise ein durchschnittlich begabter Mensch kaum mehr als zwei zweistellige Zahlen im Kopf mul-

tiplizieren. Sobald im Verlaufe einer solchen Berechnung mehr als zwei Zwischenergebnisse entstehen, sind die meisten von uns überfordert. Mit einem Abakus oder Taschenrechner ist es leichter möglich, denn jetzt kann der gesamte Rechenprozeß in Teilschritte aufgeteilt werden. Man muß den jeweiligen Algorithmus beherrschen, dessen Regeln sich auf die jeweils zu verschiebenden Kugeln oder zu drückenden Tasten beziehen und man muß die elementaren Rechenschritte beherrschen, um die Kugeln bzw. Tasten in der entsprechenden Anzahl und Reihenfolge zu bewegen bzw. zu drücken. Der Vorteil ist, jeder Rechenschritt bezieht sich auf eine sinnlich wahrnehmbare Konstellation von Kugelposition bzw. Tastenarrangements mit einer aktuellen Anzeige in einem Display. Der Nachteil ist, jeder weitere Rechenschritt überschreibt den vorherigen Zustand. Deshalb sprechen wir hier von sequentiellen Rechenmitteln. Rechnet man dagegen mit Papier und Bleistift, bleibt die Spur des Rechenprozesses erhalten, d. h. alle Zwischenergebnisse sind gleichzeitig im Wahrnehmungsfeld präsent und dauerhaft gespeichert. Um ein Rechenergebnis zu überprüfen, müssen nicht mehr alle Zwischenergebnisse durch manuelle Operationen neu erzeugt werden. Auch können einzelne Rechenschritte jetzt unabhängig voneinander durchgeführt werden. Und schließlich ist es sogar möglich, verschiedene Rechnungen miteinander in Beziehung zu setzen und auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede hin zu vergleichen. Aus diesem Grund bezeichnen wir die hierbei verwendeten Hilfsmittel und Verfahren auch als räumliche Rechenmittel.

Analog zum Übergang von den sequentiellen zu den räumlichen Rechenmitteln kann der Übergang von kommandoorientierten zu grafischen Benutzungsoberflächen aufgefaßt werden. Die sequentielle Folge von Eingabe und Ausgabe (mißverständlich meist als Dialogsystem bezeichnet), bei der jeweils die Ausgabe die Eingabe überschreibt (und umgekehrt), wird zu einer Arbeitsumgebung, bei der Handlungs- und Wahrnehmungsraum möglichst eng gekoppelt sind. Das Ziel, daß jede Handlung sich möglichst an wahrnehmbaren Objekten vollzieht und daß jede Veränderung der Objekte auch sichtbar und einsehbar ist, wird durch das Leitprinzip der „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ verdeutlicht: Es gilt, jede Sequenzierung manueller Operationen im Wahrnehmungsfeld zu vermeiden, die nicht der Aufgabenstruktur inhärent sind oder aus Gründen der Erlernbarkeit erforderlich sind. Die Designorientierung lautet folglich nicht, ein Dialogsystem zu entwickeln, sondern eine Arbeitsumgebung zu entwerfen, bei der durch die direkte Kopplung von Wahrnehmungs- und Handlungsraum der manuelle Aufwand zum Verstehen und Ausführen von Aufgaben minimiert wird. Zur Umsetzung dieses Leitprinzips haben wir einen Satz kanonischer Gestaltungsregeln entwickelt, der in Abbildung 1 skizziert ist.

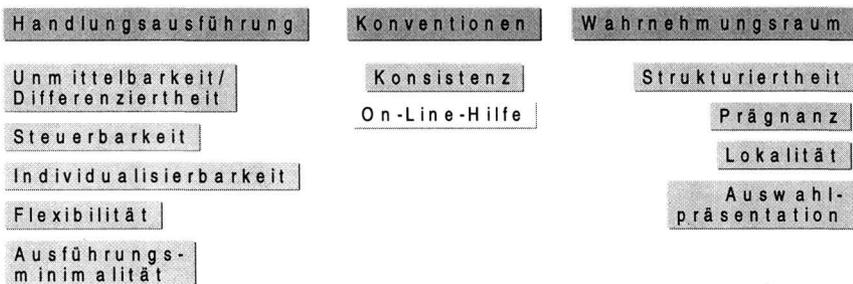


Abb. 1: Kriterien zur Reduzierung erzwungener Sequentialität.

Die Dreiteilung der Kriterien spiegelt in gewisser Hinsicht eine Priorisierung einzelner Aspekte bezüglich bestimmter Designkonflikte wider. Die Kriterien unter der Rubrik Wahrnehmungsraum beziehen sich jeweils auf ein aktuelles Wahrnehmungsfeld; die Kriterien der

Handlungsausführung beziehen sich unmittelbar auf einen Interaktionsschritt. Erst wo diese Kriterien nicht unmittelbar greifen (können), weil sich z. B. eine Handlung über mehrere Wahrnehmungsräume bzw. unterschiedliche Systeme erstreckt, werden die Kriterien der dritten Rubrik entscheidend. Insofern ist im Unterschied zur gängigen Literatur (vgl. z. B. Shneiderman, 1998 [10]) das Kriterium der Konsistenz nicht das wichtigste Gestaltungsprinzip, sondern eher ein wichtiges, aber nachgeordnetes Prinzip.

Wie sich das Leitprinzip „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ sowie einzelne Kriterien im Gestaltungsprozeß umsetzen lassen, soll nachfolgend anhand der Gestaltung einer Multimedia-Anwendung für den Einsatz in einem Museum verdeutlicht werden.

3 Rahmenbedingungen für das Praxisbeispiel

Museumsanwendungen stellen besondere Anforderungen an die Gestaltung, da Benutzer mit unterschiedlichstem Vorwissen die Anwendung nutzen können sollen (vgl. Nielsen, S. 110 [9]). Das Ziel der Multimedia-Anwendung ist es, den Besuchern des Computermuseums das Rechnen an einem Original-Comptometer zu ermöglichen. Das Comptometer ist eine mechanische Rechenmaschine, die von der Firma Felt&Tarrant ab der Jahrhundertwende in Amerika produziert wurde (siehe Darby, 1968 [3]). Obwohl man sie als „Volltastatur Addiermaschine“ bezeichnet, kann man auf ihr alle Grundrechenarten oder auch andere Rechenarten wie beispielsweise das Ziehen von Quadratwurzeln direkt berechnen (siehe Boys, 1901 [2]). Das Rechnen mit einer Volltastaturmaschine ist heute kaum noch jemandem vertraut und die Maschine unterscheidet sich in Aussehen und Bedienung so sehr von einem heute üblichen Taschenrechner (siehe Abbildung 2), daß von keinem Vorwissen bzgl. der Bedienung eines solchen oder vergleichbaren Gerätes ausgegangen werden kann. Das einzige Wissen, das vorausgesetzt wird, ist die Kenntnis der Grundrechenarten.

Die Multimedia-Anwendung soll den Museumsbesuchern ermöglichen, eine selbst gewählte Rechenaufgabe mit dem Comptometer durchzuführen. Dabei werden nicht die Maschine und auch nicht die verwandten Rechenalgorithmen erklärt – hierfür müßte erst einiges an Hintergrundwissen z. B. zur Verwendung des Neunerkomplementes vermittelt werden – aber die Besucher sollen erfahren, daß man mit einer einfachen Maschine, die mechanisch nur die Addition ausführt, auch kompliziertere Rechnungen ausführen kann. Die verwendeten Algorithmen zur Durchführung der Grundrechenarten wurden aus didaktischen Erwägungen vereinfacht, was mit einer erhöhten Zahl an Arbeitsschritten einhergeht. Die Notwendigkeit, überhaupt einen Computer in diesen Ausstellungsteil zu integrieren, ergibt sich daraus, daß die Erklärung wie eine selbst gewählte Rechnung mit dem Comptometer durchgeführt wird, nicht angemessen durch statische Medien (Text- und Grafiktafeln) oder durch einmaliges Vorrechnen einer Beispielaufgabe – beispielsweise mittels eines Videos – möglich ist, so wie dies bei anderen Rechenmaschinen im Museum realisiert wird.

Die Multimedia-Anwendung wurde mit der Programmiersprache Delphi erstellt. Autorenprogramme wie Toolbook oder Macromedia-Director sind besser geeignet, grafische Animationen interaktiv zu erstellen, es ist mit ihnen aber schwieriger, interaktive Simulationen zu realisieren, die auf errechneten Werten beruhen (vgl. Freibichler, 1995 [6]). Bei der Comptometer-Anwendung kommt es aber gerade darauf an, die Simulation für alle Rechenarten mit unterschiedlichen Zahlenwerten durchzuführen. Weiterhin war die Anfangs für diesen Ausstellungsteil zur Verfügung gestellte Hardware so leistungsschwach, daß mit einer Programmiersprache gearbeitet werden mußte, die systemnahe Entwicklungen ermöglicht.

An dem Entwurf der Multimedia-Anwendung waren Informatiker, ein Historiker, eine Museumspädagogin sowie ein Designer beteiligt, für die es auch das erste gemeinsame Projekt war. Problematisch stellte sich im Nachhinein heraus, daß bei der arbeitsbereichübergreifenden Teamarbeit keine Entscheidungsstrukturen festgelegt waren. So mußten an einigen Stellen Kompromisse geschlossen werden, so daß die endgültige Multimedia-Anwendung nicht an allen Stellen der oben beschriebenen Designorientierung entspricht.

Im folgenden zeigen wir einige Aspekte bei der Gestaltung der Multimedia-Anwendung auf, vernachlässigen dabei aber die eben beschriebenen Faktoren, die auf das Endprodukt ebenfalls maßgeblichen Einfluß hatten.

4 Designpraxis

Die Anwendung der oben skizzierten Designorientierung hatte unmittelbare Konsequenzen auf die Grundkonzeption. Anders als bei einer Multimedia-Anwendung für den Heimbereich, die in wechselnden Kontexten eingesetzt wird, steht bei einer Museumsanwendung die Integration in das Ausstellungskonzept im Vordergrund. Dies bedeutet insbesondere, daß die Gestaltung nicht auf den Computer beschränkt sein muß, sondern den gesamten zur Verfügung stehenden Raum nutzen sollte.



Abb. 2: a) Aufbau der Multimedia-Installation, bestehend aus einem Terminal, zwei Rechenmaschinen und einer Hinweistafel b) Startbildschirm der Anwendung.

Die gewählte Lösung besteht aus zwei Original-Rechenmaschinen, zwischen denen ein Bildschirm und über denen eine Hinweistafel angeordnet sind (siehe Abbildung 2a). Die zwei Rechenmaschinen sind nicht für einen Benutzer erforderlich, sie sollen es zwei Personen ermöglichen, gleichzeitig zu rechnen und die Multimedia-Installation kommunikativ zu nutzen. Die Bedienung des Rechners erfolgt über einen Touch-Screen; es sind keine zusätzlichen

Eingabegeräte vorhanden. Die Multimedia-Anwendung selbst enthält keine Hintergrundinformation über den Aufbau und die historische Einbettung der Rechenmaschine; diese wird in der umgebenden Ausstellung gegeben. Beim Rechnen mit dem Comptometer erstreckt sich der Handlungsraum auf die Rechenmaschine und den Bildschirm; der Wahrnehmungsraum umfaßt zusätzlich auch die Hinweistafel. Die Informationen auf der Hinweistafel könnten auch auf dem Bildschirm zugänglich gemacht werden. Dieses würde jedoch zusätzlich Navigations-elemente erfordern und zugleich Handlungssequenzen erzwingen, die mit der Ausführung einer Rechenaufgabe nichts zu tun haben.

Bei der gewählten Lösung hat ein Benutzer dagegen alle Informationen gleichzeitig im Wahrnehmungsraum präsent und kann schnell zwischen den jeweils vermittelten Informationen wechseln. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß sich die umstehenden Personen unabhängig von jeweiligen Benutzern mit wichtigen Informationen vertraut machen und so eine mögliche Wartezeit produktiv nutzen können. Die Multimedia-Installation soll als Teil des Ausstellungskonzeptes der historischen Rechenmaschine Comptometer, die Brücke zwischen Rechenmaschine und Rechnen mit der Maschine schlagen. Sie steht jedem Besucher zur Verfügung und ist nicht auf bestimmte Zielgruppen ausgerichtet. Dies bedeutet, daß man weder auf Erfahrungen des Benutzers mit grafischen Oberflächen zurückgreifen kann, noch bestimmte Konventionen in der Bedienung einführen kann.

Das didaktische Konzept sieht für die Multimedia vor, daß größtmögliche Freiheit bei der Wahl der Rechenaufgabe im Rahmen des didaktisch Sinnvollen gewährt werden soll. Diese Rahmenbedingung der Museumspädagogik erfordert die freie Eingabe einer Aufgabe mit der Schwierigkeit, daß bestimmte Aufgaben nicht zugelassen werden können, weil das Ergebnis beispielsweise die vorhandene Stellenzahl überschreitet. Andere Aufgaben sind aus didaktischen Gründen nicht angemessen, weil für deren sinnvolle Durchführung Hintergrundwissen z. B. über das Neunerkomplement bei negativem Rechenergebnis erforderlich ist.

Nachdem eine Beispielaufgabe eingegeben wurde, soll für das Rechnen der Aufgabe am Original-Comptometer jeder Rechenschritt textuell erläutert und auf der virtuellen Rechenmaschine der Multimedia-Anwendung vorgeführt werden.

Ausgehend von einem Startbildschirm (siehe Abbildung 2b), welcher nach einer längeren Zeit ohne Aktivitäten der Benutzer auf dem Touch-Screen automatisch aufgerufen wird, kann durch Druck auf eine beliebige Stelle des Bildschirms zum Vorführungsmodus der Multimedia weitergeschaltet werden. In einer speziellen Maske wird die vorzuführende Rechenaufgabe, die aus zwei Operanden und einem Operator besteht, eingegeben. Dabei sind bei der Subtraktion Aufgaben mit negativem Ergebnis nicht erlaubt, bei Multiplikation und Division ist die Anzahl der Stellen beschränkt. Dieses ist nicht in der Rechenmaschine begründet, sondern wurde aus didaktischen und feinmotorischen Gründen bei der Bedienung des Comptometers eingeführt. Diese Beschränkungen sollen dem Benutzer transparent gemacht werden und sie sollen seine Herangehensweise beim Eintippen der Aufgabe so wenig wie möglich beeinflussen.

Nach der Festlegung einer Aufgabe wird diese schrittweise textuell erläutert und wenn vom Benutzer gewünscht auf der schematischen Darstellung eines Comptometers (siehe Abbildung 3a) animiert. Danach soll jeder einzelne Schritt auf einer neben dem Bildschirm stehenden Originalmaschine nachvollzogen werden. Dazu kann die Animation gegebenenfalls wiederholt werden. Einen Erklärungsschritt rückgängig zu machen, verbietet sich, da man auf dem Comptometer im Gegensatz zu typischen Vierspezies-Rechenmaschinen keine Eingaben widerrufen kann. Hat sich der Benutzer verrechnet oder ist er aus einem anderen Grund aus

dem Tritt geraten, so wird ihm empfohlen, die gesamte Vorführung und seine Rechnung auf dem Comptometer neu zu beginnen.

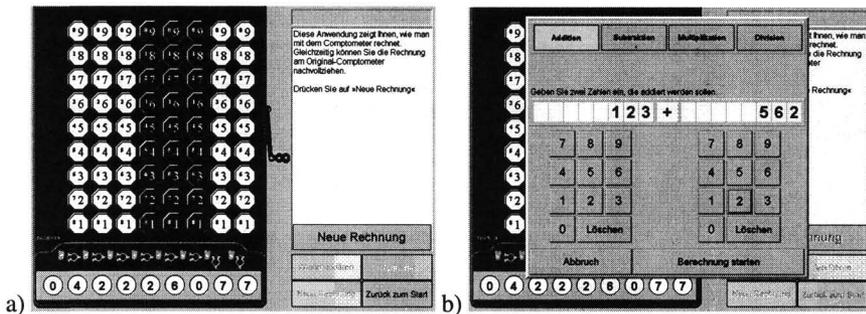


Abb. 3: a) Vorführungsmodus und b) Eingabemaske für die Rechenaufgabe in der aktuellen Version.

Auf ein Hilfesystem innerhalb der Multimedia wurde verzichtet, da durch die Integration einer mechanischen Rechenmaschine mit einem elektronischen Erklärungs- und Vorführungssystem viele Fragen entstehen, die beide Geräte bzw. deren Integration betreffen. Statt dessen wurde der zur Verfügung stehende Raum genutzt, um eine Hinweistafel über der Arbeitsstation anzubringen. Diese Konzeption löst das Integrationsproblem, steht wartenden Besuchern zur Verfügung und entkoppelt von räumlichen und zeitlichen Abhängigkeiten, die durch ein Hilfesystem innerhalb der Multimedia entstehen würden.

Als Beispiel für die Gestaltung gemäß des Leitkriteriums „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ beschreiben wir nachfolgend die Entwicklungsarbeit einer Maske zur Eingabe der gewünschten Rechenaufgabe. Das Designziel war die Schaffung eines Handlungsraums, in dem sämtliche Möglichkeiten und dabei die Konsequenzen verdeutlicht werden. Bei der Gestaltung der Eingabemaske geht es in erster Linie um die Bewältigung der beschriebenen Beschränkungen.

Ein naheliegender und von der Museumspädagogik präferierter Ansatz war, die Aufgabe mittels eines nachempfundenen Taschenrechners einzugeben. Als Vorteil einer solchen Konzeption wurde die Ähnlichkeit mit dem bekannten Taschenrechnermodell und damit die Vertrautheit vieler Besucher mit dieser Anordnung herausgestellt. Auch die geringe Anzahl von Bedienelementen wurde als Argument angeführt.

Die Nachbildung eines Taschenrechners, wie sie in Abbildung 4a zu sehen ist, erfordert jedoch eine sequentielle Eingabe der Aufgabe. Dies bedeutet, daß bei der Eingabe der erste Operand während der Erfassung des zweiten Operanden überschrieben wird. Dieses Problem tritt noch deutlicher bei Fehlersituationen in den Vordergrund. Diese können frühestens nach Eingabe des Operators gefunden und behandelt werden. Bei der Multiplikation ist beispielsweise der Multiplikand, also der erste einzugebende Operand, auf zwei Stellen beschränkt. Da die Rechenart aber erst durch Eingabe des Operators nach dem ersten Operanden festgelegt wird, muß bei eingegebenem längerem Multiplikanden im nachhinein eine Reaktion erfolgen. Wenn also eine unzulässige Eingabe auftritt, werden zusätzliche Meldungen und Abfragen erforderlich. Die Korrektur der Eingabe muß dabei als zusätzliche sequentielle Handlung durchgeführt werden. Die Handlungssequenzen bei fehlerhaften Eingaben sind jedoch, wie unsere spätere Lösung zeigt, weder aufgabeninhärent, noch tragen sie etwas zur Einsicht in

die Aufgabenstruktur bei. Es handelt sich demnach um eine erzwungene Sequentialität, die sich in der Verletzung des Kriteriums Ausführungsminimalität niederschlägt.

Ein weiteres Problem, welches zusätzliche Sequentialität erzwingt, ist, daß bei dieser Anordnung der Elemente ohne zusätzliche Erläuterungen nicht klar wird, welche Aufgaben überhaupt zulässig sind und daß die Eingabe aus zwei Operanden und einem Operator in Infix-Notation besteht. Die fehlenden Erläuterungen können traditionellerweise durch Erklärungstext auf einem separaten Fenster, innerhalb der Eingabemaske oder grafisch dargeboten werden. Ein separates Fenster bedeutet aber einen zusätzlichen Modus, also Sequentialität in der Handlungsausführung; ein Erläuterungstext innerhalb der Maske ist das Pendant dazu im Wahrnehmungsraum.

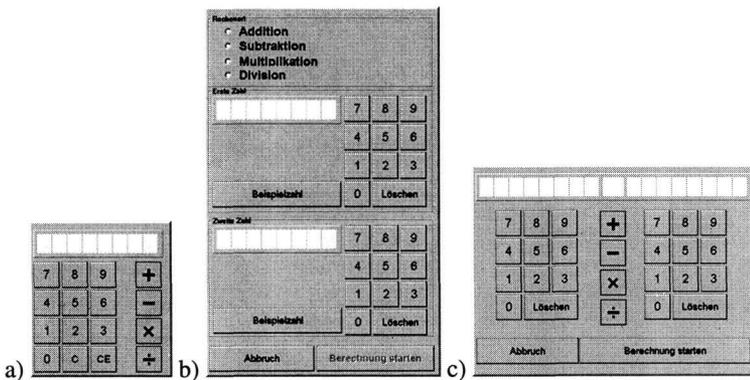


Abb. 4: Verschiedene Entwürfe für die Eingabemaske für die Rechenaufgabe.

Eine mögliche Lösung beider Problemfelder ist, die zeitlich sequentielle Eingabe in eine räumliche Aufteilung der Eingabemaske zu überführen (siehe Abbildung 4b). Diese gibt die Benutzereingaben durch ihre räumliche Struktur vor, schreibt jedoch keine Reihenfolge vor. Der Benutzer kann im Sinne des Kriteriums der Steuerbarkeit jedes Element der Beispielaufgabe zu jedem Zeitpunkt eingeben. Diese Reduzierung erzwungener Sequentialität erforderte die Einführung eines zweiten Tastenfeldes inkl. Anzeige der eingetasteten Zahl und eines Radiobuttons zur Auswahl des Operators. Neben der Erhöhung der Steuerbarkeit legen diese neuen Eingabefelder die Elemente der Aufgabe optisch ohne externe Hinweise fest, lösen also gleichzeitig das oben aufgeworfene Problem der Erläuterung der Aufgabenstruktur. Abhängig von der gewählten Rechenart ändert sich die Stellenanzahl in den Eingabebereichen. Das bedeutet die Elimination möglicher Fehleingaben bei Multiplikation und Division, bei denen die Stellenzahl eingeschränkt ist. Das bedeutet, die der Aufgabe inhärenten Abhängigkeiten werden modusfrei gelöst und transparent gemacht und dies genau dann, wenn sie auch auftreten. Durch die Verfügbarkeit von einzelnen Eingabebereichen für die zwei Operanden und den Operator löst man sich sowohl von der sequentiellen Eingabe als auch von der sequentiellen Korrektur.

Die von der Museumspädagogik vermuteten Vorteile des Taschenrechneransatzes gehen auch bei diesem Entwurf nicht verloren. Durch die Gruppierung der Eingabefelder der Operanden nutzt man einen eventuellen Wiedererkennungswert auch in diesem Dialog, durch die Gruppierung und Gleichheit der Elemente spielt die absolute Anzahl der Einzelemente nur noch

eine untergeordnete Rolle. Für das Problem, den Aufbau der Rechenaufgabe erläutern zu müssen und somit ein weiteres gestalterisches Element zu haben, wurde demnach mit dem Kriterium Strukturiertheit eine Lösungsalternative gefunden.

Die eingegebene Aufgabe wird in dem eben präsentierten Entwurf jedoch nicht in der gewohnten Weise – sequentiell nebeneinanderstehende Operanden mit dem Operator in der Mitte – dargestellt. Der Entwurf ist so gestaltet, daß die Reihenfolge der Benutzereingaben durch die räumliche Anordnung geleitet wird. Verfolgt man diesen Grundsatz weiter und entkoppelt die Repräsentation der Beispielaufgabe von der gewohnten Schreib-Lese-Richtung, so entsteht der Dialog, der jetzt in der Multimedia zu finden ist. Die Anzeige der Aufgabe als Operand, Operator und Operand, spiegelt die geforderte Aufgabenstruktur ohne zusätzliche Erklärung wider. Die Darstellung der Abhängigkeit der Stellenzahl vom gewählten Operator wird durch das Anordnen der Operatorauswahl über der Darstellung der Aufgabe ähnlich wie in Abbildung 4b gelöst. Sämtliche Beschränkungen innerhalb der Eingabe werden nach Auswahl der Rechenart unmittelbar sichtbar gemacht. Die verbleibende Fehlersituation, daß bei der Subtraktion zweier eingegebener Zahlen das Ergebnis negativ ist, wird ebenfalls durch eine unmittelbare Rückmeldung gelöst: Liefert die aktuell erfaßte Aufgabe ein solches negatives Ergebnis, so wird eine Textfläche der Eingabemaske für eine Fehlermeldung genutzt, der Fehlertext wird gegenüber dem normalen Text hervorgehoben und die „Berechnung starten“-Taste gesperrt. So wird das Kriterium der Unmittelbarkeit umgesetzt, d. h. auf Fehleingaben wird durch eine zeitlich unmittelbare Reaktion des Systems hingewiesen und diese müssen nicht im nachhinein beispielsweise nach Quittierung der Eingabe in zusätzlichen Masken korrigiert werden. Die situative Rückmeldung und der Hinweistext erfüllen zudem das Kriterium einer differenzierten Rückmeldung, bei der sofort die Konsequenzen der Eingabe verdeutlicht werden.

In der letztendlich umgesetzten Maske, wie sie in Abbildung 3b zu sehen ist, wurden die Operatortasten wie beschrieben über die Anzeige der Aufgabe gesetzt. Diese Gestaltung hebt, durch die räumliche Anordnung, die Auswahl der Rechenart hervor. Da die Rechenart für eine Beschränkung der Stellenzahl sorgen kann, hat sich diese Anordnung als aufgabenangemessener herausgestellt als die Maske in Abbildung 4c, die durch ihre räumliche Anordnung eher die Sequenz Operand, Operator und Operand unterstreicht. Unmittelbar unter den Operatortasten befindet sich ein Textfeld, in dem einzelne Rechenarten und deren Beschränkungen erläutert werden. Diese räumliche Bindung entspricht dem Kriterium Lokalität und sorgt dafür, daß die Zuordnung zu den Rechenarten keine weiteren Handlungsschritte erfordert.

Das Textfeld wird erst einige Zehntelsekunden nach Erscheinen des Dialogs eingeblendet, da sich bei der Evaluation mit einer Schulklasse herausgestellt hat, daß auf diese Weise die Erklärungstexte eher die gewünschte Beachtung finden und trotzdem im Gegensatz zu einer anderen Hervorhebung während der Eingabe keine unnötige optische Anziehung haben, wie dies bei der Verwendung von Farbe oder blinkendem Text der Fall wäre. Neben den eben benutzten Kriterien zur „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ spielen somit auch noch andere zum Beispiel empirisch ermittelte Faktoren bei der Gestaltung eine Rolle.

5 Zusammenfassung und Bewertung

Die vorgestellten Kriterien decken natürlich nicht alle Aspekte ab, die hinsichtlich der Gestaltung multimedialer Systeme denkbar und erforderlich sind. Durch die zugrunde gelegte Designorientierung soll insbesondere in den Bereichen Hilfestellung gegeben werden, wo Designkonflikte auftreten oder wo Entwickler sich Neuland erschließen. Wo immer be-

stimmte Standards allgemein akzeptiert und gefordert werden oder wo klare empirische Befunde vorliegen, sollen und müssen diese natürlich berücksichtigt werden. Die Kriterien zur „Reduzierung erzwungener Sequentialität“ erheben insofern nicht den Anspruch, alle gestaltungsrelevanten Tatbestände zu erfassen oder abzudecken. Vielmehr zielen sie darauf, eine gewisse Orientierung in das Dickicht der vielfältigen Normen und Gestaltungsanforderungen zu bringen und, soweit das möglich ist, kanonische Regeln zu formulieren, die die Entwickler bei ihrer Arbeit unterstützen.

Insofern bietet der vorgestellte Gestaltungsansatz sowohl praktische Hilfestellung bei konkreten Designproblemen als auch eine Forschungsperspektive, die darauf zielt, möglichst viele eher analyseorientierte Gestaltungskriterien in einem gestaltungsorientierten Ansatz vollständig zu integrieren. Ob das gelingen kann, ist fraglich, aber je mehr es gelingt, desto besser werden Anforderungen nach Prinzipien der Software-Ergonomie auch für Informatiker und Systementwickler lehrbar und vermittelbar und damit auch unter alltäglichen Bedingungen der Systemgestaltung nutzbar.

6 Literatur

- [1] A. Brennecke, R. Keil-Slawik: Alltagspraxis der Hypermediagestaltung – Erfahrungen beim Einsatz des World Wide Web und Mosaic in der Lehre. In: H.-D. Böcker (Hg.): Software-Ergonomie '95 – Mensch-Computer-Interaktion – Anwendungsbereiche lernen voneinander. Stuttgart, 1995: B.G. Teubner. S. 107-123.
- [2] C. V. Boys: The Comptometer. Nature London, No. 1654, Vol. 64, 11 Juli 1901. S. 265-268.
- [3] E. Darby: It All Adds Up – The Growth of the Victor Comptometer Corporation. 1968: Victor Comptometer Corporation.
- [4] DIN/EN 9241: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 1-17. Berlin, unterschiedliche Erscheinungsdaten: Beuth Verlag.
- [5] D. Engbring, R. Keil-Slawik, H. Selke: Neue Qualitäten in der Hochschulausbildung – Lehren und Lernen mit interaktiven Medien. Paderborn, 1995: Technischer Bericht Nr. 45, Heinz Nixdorf Institut.
- [6] H. Freibichler: Werkzeuge zur Entwicklung von Multimedia. In: L. J. Issing, P. Klimsa (Hg.): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim, 1995: Psychologie Verlags Union. S. 221-240.
- [7] R. Keil-Slawik: Konstruktives Design – Ein ökologischer Ansatz zur Gestaltung interaktiver Systeme. Berlin, 1990. Habilitation, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht Nr. 90-14, TU Berlin.
- [8] R. Keil-Slawik, H. Selke: Forschungsstand und Forschungsperspektiven zum virtuellen Lernen von Erwachsenen. Erscheint in der Reihe: Schriften zur beruflichen Weiterbildung. Berlin, 1998: QUEM Qualifikations-Entwicklungs-Management.
- [9] J. Nielsen: Multimedia, Hypertext und Internet – Grundlagen und Praxis des elektronischen Publizierens. Braunschweig u.a., 1996: Vieweg.
- [10] B. Shneiderman: Designing the user interface – strategies for effective human computer interaction, 3. Auflage. Reading, Mass. u.a., 1998: Addison-Wesley.
- [11] C. Stary: Interaktive Systeme – Software-Entwicklung und Software-Ergonomie, 2. Auflage. Braunschweig u.a., 1996: Vieweg.

Adressen der Autoren

Andreas Brennecke
 Heinz Nixdorf Institut
 Universität-GH Paderborn
 Fürstenallee 11
 33102 Paderborn
 Email: anbr@uni-paderborn.de
 http://hyperg.uni-paderborn.de/~anbr

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil-Slawik
 Heinz Nixdorf Institut
 Universität-GH Paderborn
 Fürstenallee 11
 33102 Paderborn
 rks@uni-paderborn.de
 http://hyperg.uni-paderborn.de/~rks

Werner Roth
 Heinz Nixdorf Institut
 Universität-GH Paderborn
 Fürstenallee 11
 33102 Paderborn
 tiberius@uni-paderborn.de
 http://hyperg.uni-paderborn.de/tiberius