

Jutta Schumann

**Effektivität von Computergraphiken in
vorläufigen Präsentationen**

September 1995

Technischer Bericht B 95-12

Freie Universität Berlin
Institut für Informatik
Takustraße 9
D-14195 Berlin

Telefon: (030) 838 75 132

Fax: (030) 838 75 109

Email: schumann@inf.fu-berlin.de

<http://www.inf.fu-berlin.de/~schumann/>

Zusammenfassung

Computergraphiken werden oft mit Attributen wie Genauigkeit und Perfektion assoziiert. Die seit 1992 an der Freien Universität Berlin und der Universität Magdeburg laufenden Forschungsarbeiten zum Thema „Skizzenrendering“ beschäftigen sich mit einer alternativen Darstellungsform, die sich gerade damit beschäftigen, was mit dem Computer schwer realisierbar erscheint: das Unfertige darzustellen, wie hier am Beispiel der Präsentation vorläufiger Entwürfe in der Architektur.

Während die algorithmischen Besonderheiten dieser Art von Rendering an anderer Stelle vorgestellt wurden, geht es in diesem Artikel um die Beschreibung einer experimentellen Studie, die mit 54 Architekten und Architekturstudenten durchgeführt wurde, um für frühe Phasen eines Entwurfes die Effektivität solcher skizzenhaften Computergraphiken im Gegensatz zu „endgültigen“ Computergraphiken nachzuweisen.

Abstract

Computer-generated images are often associated with attributes like accuracy and perfectness. At the Free University of Berlin and the University of Magdeburg, there has been research work about “Sketch Rendering“ since 1992. The main emphasis here lies on the development of alternative visualisation methods, which can communicate even incomplete concepts like preliminary drafts in architecture.

While the algorithmic features of this new kind of rendering are discussed elsewhere, we report here about an experimental study with 54 architects and students of architecture. This has been carried out to prove the effectivity of such computer-generated sketches compared to computer-generated “final“ presentations.

1 Hintergrund der Arbeit

Durch den Einsatz von Computertechnologie wurde die graphische Darstellung von Objekten stark beeinflusst. Dies kann man z.B. im Bereich der Architektur verfolgen, wo viele computergenerierte Präsentationen eingesetzt werden, die sich erheblich von traditionellen Skizzen, Zeichnungen und Graphiken unterscheiden. Innerhalb der Computergraphik gibt es die Tendenz, die Entwicklung in Richtung immer realistischerer Computergraphiken voranzutreiben. Den Anwendern entsprechender Programme wird suggeriert, daß die Erzeugung „besserer“ Graphiken gleichzusetzen ist mit der Erzeugung „perfekterer“ Graphiken.

Handgezeichnete Graphiken werden jedoch nicht ausschließlich nach diesem Prinzip angefertigt. Menschliche Zeichner passen die Art und Weise ihrer Zeichnungen genau dem an, was sie damit ausdrücken wollen. Ihr Verhältnis zum dargestellten Objekt wird durch den Stil der Präsentation deutlich. Durch die Verwendung des Computers als Visualisierungshilfsmittel ist die Möglichkeit dieser feinen Abstimmung scheinbar verlorengegangen.

In der Literatur ist relativ wenig darüber zu finden, wie unterschiedliche Medien die Aufnahme von Information beeinflussen. Staufer (1987) zitiert eine Studie von Nelson, Metzler und Reed (1974), in der unterschiedliche graphische Darbietungsformen gegenüber textueller Darbietung verglichen wurde. Es wurde jedoch nur die Behaltensleistung getestet. Etwas tiefer geht Dwyer (1972) in seinen Untersuchungen zur Wirksamkeit von Unterrichtsmaterialien, in denen er die Verarbeitung von Information bei unterschiedlicher graphischer Darbietung mit Hilfe verschiedener Tests (Zeichnen, Identifizierung, Terminologie, Verständnis) vergleicht. Wenig erforscht ist die emotionale Wirkung unterschiedlicher Medien und ihr möglicherweise stimulierenden Einfluß auf Betrachter. Ebenso wurden noch keine Untersuchungen speziell von computergenerierten Medien angestellt. Es finden sich lediglich einige informale Hinweise und persönliche Beobachtungen zu diesem Thema (z.B. Yin Yin (1992), van Bakergem, Obata (1991)).

Dieser Artikel basiert auf Arbeiten zur nicht-photorealistischen Computergraphik zur Entwicklung eines Skizzenrenderers, der Methoden für die Erzeugung „vorläufig“ wirkender Graphiken zu Verfügung stellt. Basierend auf diesen Arbeiten, deren verschiedene Aspekte in (Schumann (1992), Schumann, Godenschweger (1993), Raab (1994a), Raab (1994b), Preim (1994), Strothotte et al. (1994) und Schumann, Strothotte, Kernchen (1995) beschrieben werden, wurde eine experimentelle Untersuchung angestellt, um Hinweise für die mögliche Wirksamkeit solcher computergenerierter Skizzen zu erhalten.

Dabei verglichen wir mit Hilfe einer schriftlichen Befragung, an der 54 Personen teilnahmen, die kognitiven, emotionalen und motivationalen Wirkungen dreier computergenerierter Darbietungsformen (CAD-Plots, Skizzen, photorealistische Bilder), deren Einsatz in verschiedenen Phasen des Architekturentwurfs, sowie deren Rolle bei der Weiterentwicklung von vorläufigen Konzepten.

In unserem Artikel beschreiben wir die Durchführung und die Ergebnisse dieser Untersuchung. Dabei gehen wir folgendermaßen vor: In Abschnitt 2 legen wir die Vorüberlegungen zur empirischen Untersuchung sowie die abgeleiteten Fragen und Hypothesen dar. Im Abschnitt 3 beschreiben wir die Erzeugung der Stimuli. Dabei gehen wir auf die Besonderheiten des von uns entwickelten Skizzenrenderers ein. Im Abschnitt 4 beschreiben wir die Durchführung der Studie und berichten über die Ergebnisse der einzelnen Fragen. In Abschnitt 5 fassen wir die Ergebnisse zusammen, diskutieren die Schlußfolgerungen und Grenzen der Untersuchung und geben einen Ausblick auf weitere Vorhaben. Im Anhang sind die Literaturreferenzen, der Fragebogen und Rohdaten der Befragung zu finden.

2 Fragen und Hypothesen

Im folgenden werden die Vorüberlegungen zur Untersuchung beschrieben, die als Grundlage für die Ausarbeitung des Fragebogens gedient haben. Wir beschreiben jeweils den Hintergrund der Frage und formulieren unsere Hypothese für das Experiment.

- Werden die existierenden Möglichkeiten zur Visualisierung mit Hilfe von CAD-Systemen für ausreichend empfunden? Wo liegen Reserven und offene Wünsche?

Hintergrund: Die mit heutigen CAD-Programmen erzeugbaren Graphiken erreichen bei weitem nicht die Ausstrahlungskraft von handgefertigten Zeichnungen. Dem steht eine angenommene erhöhte Effizienz bei der Konstruktion der Modelle gegenüber. Wir wollen wissen, ob dies den Verlust an Ausstrahlung wettmachen kann, oder ob ein erhöhter Bedarf nach Beseitigung dieses Mangels besteht.

Hypothese: CAD-Benutzer müßten sich verstärkt vielfältigere Visualisierungsmethoden wünschen, Nicht-CAD-Benutzer müßten diesen Mangel als Grund für Nichtbenutzung angeben.

- Welche Medien werden bevorzugt für die Präsentation von architektonischen Entwürfen in verschiedenen Entwurfsphasen eingesetzt und warum?

Hintergrund: In frühen Designphasen steht das grundsätzliche Konzept eines Entwurfs und der Aspekt dessen Weiterentwicklung im Mittelpunkt des Interesses. Das Ergebnis dieser Frage läßt Schlüsse darüber zu, für wie geeignet die Teilnehmer die verglichenen Medien halten, Unfertigkeit und Vorläufigkeit als Aussage zu kommunizieren. Wir vermuten bei heutigen CAD-Systemen eine große Diskrepanz zwischen Darstellungsmöglichkeiten und Aussageabsicht in frühen Stadien. Wir wollen testen, ob die von uns entwickelten Darstellungsmethoden diese Aspekte besser visualisieren können als die computergenerierten Vergleichsmedien.

Hypothese: Für frühe Präsentationen müßten die computergenerierten Skizzen vor genauen CAD-Plots und photorealistischen Graphiken bevorzugt werden. Die verbalen Kommentare sollen eine differenziertere Beurteilung der Gründe ermöglichen.

- Welchen Zusammenhang gibt es zwischen den unterschiedlichen Medien und ihren emotionalen, kognitiven und motivationalen Effekten auf die Betrachter? Lassen sich Zusammenhänge zwischen einzelnen Kategorien finden?
- Für wie wichtig werden emotionale Faktoren in der Entscheidung für ein bestimmtes Designkonzept gehalten?

Hintergrund: Ziel war es herauszufinden, ob Unterschiede in der emotionalen Wirkung der verwendeten Präsentationsmedien nachweisbar sind. Wir gehen davon aus, daß in den Frühphasen des Entwurfsprozesses auch emotionale Aspekte eine Rolle bei der Entscheidung für ein bestimmtes Designkonzept spielen. Dies sollte nachgeprüft werden.

Hypothese: Wir vermuten, daß Skizzen emotionale Kriterien besser kommunizieren können als die Vergleichsmedien. Umgekehrt vermuten wir, daß Skizzen auf Grund ihrer relativen Ungenauigkeit kognitive Aspekte weniger gut vermitteln können.

- Inwiefern beeinflusst das verwendete Präsentationsmedium die Rolle des Betrachters im Designentwicklungsprozeß? Kann die Bereitschaft des Betrachters, eigene Ideen und Kritik in die Diskussion einzubringen, durch die Darstellungsform beeinflusst werden?

Hintergrund: Durch eine graphische Präsentation im Frühstadium eines Entwurfs soll nicht nur das Aussehen eines geplanten Objektes vermittelt werden. Vielmehr sollen Diskussionspartner dazu angeregt werden, eigene Vorstellungen und Ideen einzubringen und sich aktiv mit den gezeigten Konzepten auseinanderzusetzen.

Hypothese: Wir vermuten, daß die mit Hilfe des SketchRenderer-Prototypen erzeugten Graphiken die Betrachter mehr zu Diskussion und aktiver Partizipation am Entwurf stimulieren als die zum Vergleich eingesetzten computergraphischen Medien.

Die aus diesen Hypothesen abgeleiteten Fragen sind im Anhang B aufgelistet. Die Formulierung der Fragen zu den beschriebenen Hypothesen wurde in vorbereitenden Gesprächen mit Architekten diskutiert. Neben den Fragen, die direkt der Beantwortung der Hypothesen galten, wurden demoskopische Fragen (zum Geschlecht, zur Benutzung von CAD-Systemen und der Erfahrung mit CAD) gestellt.

3 Erzeugung der Stimuli

Für den Vergleich der Wirkungen unterschiedlicher graphischer Medien entschieden wir uns für folgende Darbietungsformen: exakter CAD-Plot, computergenerierte Skizze und schattiertes „photorealistisches“ Bild. Damit sind die wichtigsten in Architekturpräsentationen eingesetzten graphischen Medien vertreten. Nicht einbezogen wurden farbige Graphiken und physikalische Modelle aus Holz oder Kunststoff, da diese zu viele abweichende Eigenschaften aufweisen. Der Plot und die Skizze sind beides Liniengraphiken. Der Plot und das schattierte Bild unterscheiden sich von der Skizze durch ihre Exaktheit, d.h. die Darstellungstreue der im Computer gespeicherten Modelldaten. Bei der „photorealistischen“ Version entschieden wir uns für ein vertretbares Minimum an Realismus, d.h. wir verzichteten auf Farbe und aufwendige Texturen, um die Vergleichbarkeit mit den anderen Medien zu erhalten.

Das Modell, welches wir für die Erzeugung der drei Graphiken verwendeten, wurde von Architekturstudenten der Technischen Universität Berlin im Rahmen der CAD-Ausbildung als Praktikumsarbeit erstellt. Dafür wurde das Programm AutoCAD verwendet. Für die schattierte Version wurde das Programm RenderMan™ eingesetzt. Alle Graphiken wurden in Zweifluchtpunktperspektive unter Entfernung verdeckter Flächen gerendert.

An dieser Stelle erläutern wir die wichtigsten Eigenschaften unseres Skizzenrenderers, mit dem die skizzenhafte Version des Modelles erzeugt wurde.

Beim Skizzenrendering sind die Linien das Hauptelement einer Zeichnung, im Gegensatz zum herkömmlichen photorealistischen Rendering, das pixelbasiert arbeitet. Trotzdem ähnelt sich der erste Teil der Renderingpipeline in beiden Herangehensweisen, siehe dazu auch [Raab 1994]. Ausgehend von einem dreidimensionalen Modell, das im DXF- oder im RIB-Format vorliegen kann, werden zunächst die sichtbaren Kanten des Modells ermittelt. Dafür wird das Modell in einen BSP-Baum transformiert, dessen Struktur von Veränderungen der Kameraposition nicht betroffen ist. Für die spätere interaktive Arbeit mit dem Modell ist dies ein wichtiger Punkt, da die Benutzer das Bild ihren individuellen Bedürfnissen anpassen können sollen. Anschließend wird eine pixelorientierte Sichtbarkeitsinformation (der *G-Buffer* [Saito, Takahashi 1990]) erzeugt, die Informationen über die Objektzugehörigkeit einzelner Punkte im Bild liefert und die Grundlage für alle weiteren Interaktionen mit dem Bild bildet. Die Verwendung einer zweidimensionalen Repräsentation bietet hierbei entscheidende Geschwindig-

keitsvorteile. Der letzte Schritt zur Gewinnung der darzustellenden Kanten bildet das Konturkantenclipping, das auf der Basis der ermittelten Objektkanten und der Sichtbarkeitsinformation durchgeführt wird.

Die anschließende Nachbehandlung der so ermittelten sichtbaren Linien erfolgt entsprechend einer formalen Beschreibung von Linienstilen, die in [Schumann 1993] beschrieben wird. Dabei werden folgende Parameter der Liniendarstellung für eine Feineinstellung durch den Benutzer zur Verfügung gestellt:

- Form (Welligkeit) der Linie, kontrollierbar durch einzelne Stützpunkte einer Splineinterpolation,
- Liniendicke mit variablem Verlauf,
- Farbsättigung mit variablem Verlauf,
- Länge von Liniensegmenten,
- Abweichung von Liniensegmenten gegenüber der Grundlinie,
- Verbindung und Verdopplung von Liniensegmenten.

Für die Darstellung von Schatten und Texturen können aus Linien zusammengesetzte Schraffuren verwendet werden, wobei als Parameter deren

- Dichte,
- Linienmuster,
- Winkel,
- Segmentierung

variiert werden können. Linien- und Schraffurstile können im interaktiven Prozeß einzelnen Objekten oder Gruppen von Objekten zugewiesen werden. Die dazu implementierte Benutzerschnittstelle ermöglicht die Einstellung der verschiedenen Parameter, aber auch die Auswahl vorhandener Linienstile aus einer Liste von Beispielen.

Die für die Befragung verwendete Bilder wurden vorher für diesen Zweck vorbereitet. Daher können noch keine Aussagen über die Benutzbarkeit des Systems getroffen werden. Andererseits ist es jedoch wichtig, die Beurteilung der Bilder nicht durch die Beurteilung der Benutzbarkeit des Programms zu verwischen.

4 Befragung und deren Ergebnisse

4.1 Gewinnung der Teilnehmer

An der Befragung nahmen Architekten und Architekturstudenten sowie Teilnehmer eines CAD-Lehrganges ohne spezielle Architekturausbildung teil. Die Studenten kamen von folgenden Einrichtungen: Technische Universität Berlin, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Technische Universität Braunschweig. Die Nichtarchitekten waren Teilnehmer einer CAD-Schulung der „Magdeburger Ingenieur- und Fortbildungsgesellschaft für Computertechniken im Bau- und Vermessungswesen (ICT)“. Weitere Teilnehmer wurden durch persönliche Kontakte in Berliner Architekturbüros gefunden. Die Teilnahme war freiwillig und unbezahlt. Insgesamt nahmen 54 Personen an der Befragung teil. Ein Teil der Fragebögen wurde von Kontaktpersonen verteilt, daher ist in diesen Fällen der Anteil von zurückgegebenen Fragebögen nicht bekannt. Bei den selbstüberwachten Ausgaben lag die Rückkehrtrate bei 37%.

Die für die Befragung ausgewählten Untersuchungsgruppen bestanden zu einem hohen Anteil aus jungen Menschen (unter 40 Jahre): Architekturstudenten und junge Mitarbeiter von Architekturbüros, so daß eingeworfen werden kann, daß die ältere Generation, die noch eher mit traditionellen Techniken arbeitet, unzureichend repräsentiert ist. Wir haben uns jedoch hauptsächlich für die Meinungen derer (egal welcher Altersgruppe) interessiert, die schon CAD-Programme einsetzen, um deren Kritiken und Wünsche zur Weiterentwicklung zu erfahren. Durch die Möglichkeit einer freiwilligen Teilnahme der angesprochenen Personen wurden nur Daten von Personen erfaßt, die der Thematik aufgeschlossen gegenüberstehen. Dies stellt für uns ebenfalls kein Problem dar, da es uns nicht um die genaue Erfassung der Meinung der Gesamtpopulation ging, sondern gezielt um die Beurteilung unserer Methoden durch potentielle Benutzer.

Wir haben hauptsächlich Architekten befragt, d.h. Menschen, die mit den Problemen der Darstellung räumlicher Strukturen bestens vertraut sind. Nur ein kleinerer Teil der befragten Personen waren keine Architekten. Wir unterscheiden daher in der Auswertung unserer Daten zwischen CAD-Fachleuten und Nicht-CAD-Fachleuten sowie zwischen Architekten und Nichtarchitekten, wobei dies disjunkte Gruppen sind. Die Nichtarchitekten wurden gebeten, die Fragen, die sich auf Interaktionen zwischen Architekten und Kunden beziehen, aus der Sicht der Kunden zu beantworten.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Einsatz von CAD-Programmen und Wünsche zu deren Verbesserung

Anzahl gültiger Antworten insgesamt	54
-------------------------------------	----

Anzahl CAD-Benutzer	36	
Gründe für die Benutzung von CAD-Programmen	absolut	prozentual
Kostenersparnis	10	27.8
Arbeitserleichterung	28	77.8
Besseres Ansehen beim Kunden	11	30.6
Kunden vertrauen dem Computer	2	5.6
Fortschritt demonstrieren	6	16.7
Perfektion vermitteln	13	36.1
Computerentwürfe sind qualitativ besser	13	36.1
Andere Gründe	9	25.0
Gewünschte Verbesserungen		
Einfachere Bedienung	21	58.3
Realistischere Ausgabe	13	36.1
Schnellere Ausgabe	15	41.7
Individuellere Präsentationsmöglichkeiten	17	47.2
Andere Wünsche	3	8.3

Anzahl Nichtbenutzer von CAD	18	
Gründe für die Nichtbenutzung von CAD-Programmen	absolut	prozentual
Betonung der Individualität	11	61.1
Output gefällt nicht	6	33.3
Qualität von Handarbeit	8	44.4
Perfekte Präsentationen eher abschreckend	1	5.6
Bedienung zu schwer	2	11.1
Keine Kostenvorteile	1	5.6
Andere Gründe	3	16.7
Gewünschte Verbesserungen		
Einfachere Bedienung	7	38.9
Individuellere Präsentationsmöglichkeiten	5	27.8
Billigere Software	7	38.9
Andere Wünsche	1	5.6

Die Ergebnisse dieser beiden Fragen werden in den folgenden Diagrammen zusammengefaßt. In der befragten Gruppe zeigt sich, daß CAD-Systeme vor allem aus Gründen der Arbeitserleichterung eingesetzt werden (77,8%). Interessanterweise wird das Argument der Kostenersparnis im Gegensatz dazu auffällig selten genannt, (lediglich 27,8%). 36,1% der CAD-Benutzer verbinden mit dem Einsatz von Computern die Erwartung an eine bessere Qualität der Entwürfe. Ebenfalls 36,1% sind der Überzeugung, daß bei den Kunden durch die Verwendung von CAD-Systemen der Eindruck von Perfektion erzeugt wird.

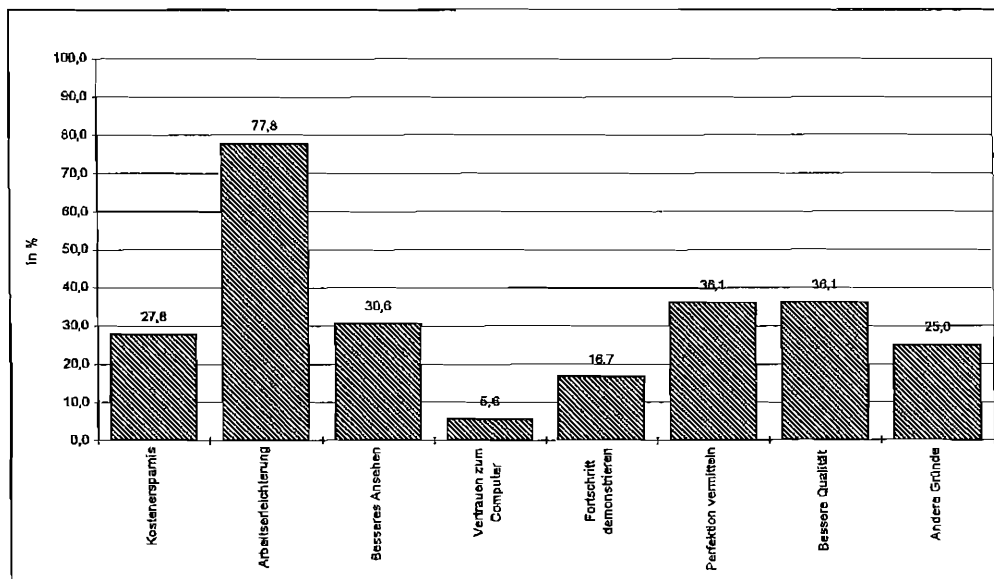


Bild 1: Gründe für Benutzung von CAD-Systemen - Gesamtstichprobe (Mehrfachauswahl)

30,6% fühlen sich durch den Einsatz von CAD bei ihren Kunden besser angesehen. Trotz dieser relativ hohen Erwartungen, durch den Einsatz von CAD eine positive Wirkung auf potentielle Kunden zu erzielen, sind nur 5,6% der Meinung, daß die Kunden dem Computer eher vertrauen als dem menschlichen Experten.

Als wichtigste Verbesserung wünschen sich die befragten Benutzer von CAD-Systemen eine einfachere Bedienung der Software (58,3%). Dieser hohe Anteil kommt auch dadurch zustande, daß relativ viele unerfahrene CAD-Benutzer in der Gruppe der CAD-Benutzer waren. Aber ohne Zweifel ist die Verbesserung der Software hinsichtlich der Denk- und Arbeitsweisen von Architekten ein wichtiger Punkt. Als zweitwichtigste Verbesserung wurde von 47,2% die Möglichkeit zu individuelleren Präsentationsgestaltungen gewünscht. Dieser Wunsch rangierte noch vor dem Wunsch nach schnellerer (41,7%) und realistischer (36,1%) Visualisierung.

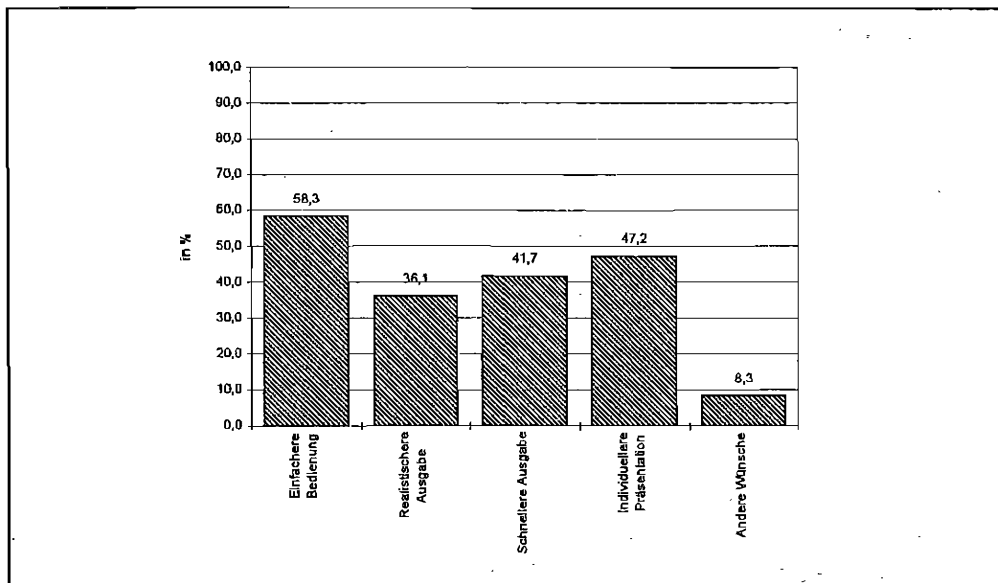


Bild 2: Verbesserungswünsche von CAD-Benutzern (Mehrfachauswahl)

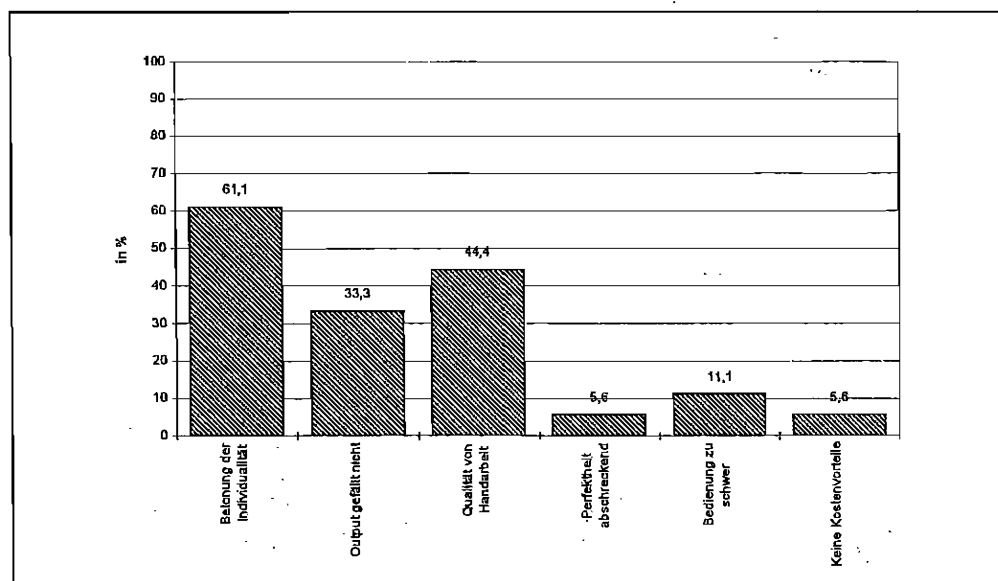


Bild 3: Gründe für die Nichtbenutzung von CAD-Systemen (Mehrfachauswahl)

Bei denjenigen, die keine CAD-Systeme benutzen, nannten 61,1% als Argument die Betonung der Individualität, 44,4% die Qualität von Handarbeit und 33,3% das Nichtgefallen der mit Computern erzeugbaren Präsentationen. Andere Gründe fielen eher wenig ins Gewicht (z.B. zu schwere Bedienung: 11,1%)

Jeweils 38,9% der jetzigen Nichtbenutzer von CAD würden es dennoch als entscheidende Verbesserung ansehen, wenn die Software einfacher und auch billiger werden würde. 27,8% wünschen sich individuellere Präsentationsmöglichkeiten mit den Computerprogrammen.

Obwohl CAD-Systeme vorwiegend aus Gründen der Arbeitserleichterung und der Effektivitätssteigerung eingesetzt werden, spielt der Wunsch nach individuelleren Präsentationsmöglichkeiten eine Rolle. Dabei scheinen Benutzer von CAD-Systemen eher überzeugt zu sein, daß dies realisierbar ist, da sie diesem Wunsch auch Ausdruck verleihen. Nichtbenutzer von CAD sehen zwar die wenig befriedigenden Präsentationsmöglichkeiten, sind aber in ihrer Forderung nach Behebung dieses Mangels eher zurückhaltend.

4.2.2 Einsatz der Medien in verschiedenen Entwicklungsstadien

Im folgenden werden die Ergebnisse beschrieben, die sich auf den Einsatz der Auswahlmedien in einer frühen Präsentation bzw. in einer Finalpräsentation beziehen. Dabei wird zunächst die Gesamtstichprobe untersucht und anschließend die Gruppe der CAD-Benutzer der Gruppe der Nicht-CAD-Benutzer gegenübergestellt. Die Fehlerwahrscheinlichkeiten, die nach dem χ^2 -Testverfahren von McNemar ermittelt wurden, beziehen sich jeweils auf die Signifikanz der Bevorzugung eines Mediums in den unterschiedlichen Situationen Erst- bzw. Finalpräsentation. Der angegebene Wert p gibt die Fehlerwahrscheinlichkeit im Falle der Annahme der Hypothese dar.

Gesamtstichprobe n = 54

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	25	6
CAD Plot	19	26
Schattiertes Bild	14	22

Angabe in Prozent

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	46.30	11.11
CAD Plot	35.18	48.15
Schattiertes Bild	25.92	40.74

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. CAD-Plot	Skizze vs. Schattiertes Bild	CAD-Plot vs. Schattiertes Bild
Erstentwurf	n.s.	n.s.	n.s.
Finalpräsentation	p < 0.01	p < 0.01	n.s.

χ^2 -Test nach McNemar

Für die Gesamtstichprobe ergibt sich ein signifikanter Unterschied bezüglich des Einsatzes von Skizzen in Finalpräsentationen. Diese werden signifikant seltener bevorzugt als CAD-Zeichnungen und Schattierte Bilder. Für Erstpräsentationen läßt sich die Tendenz feststellen, daß Skizzen (mit 46,3%) vor CAD-Plots (35,18%) und schattierten Bildern (25,92%) bevorzugt werden. Die Unterschiede waren in der Gesamtstichprobe nicht signifikant.

CAD-Benutzer n = 36

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	19	3
CAD Plot	12	18
Schattiertes Bild	8	15

Angabe in Prozent

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	52.77	8.33
CAD Plot	33.33	50.00
Schattiertes Bild	22.22	41.67

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. CAD-Plot	Skizze vs. Schattiertes Bild	CAD-Plot vs. Schattiertes Bild
Erstentwurf	n.s.	p < 0.05	n.s.
Finalpräsentation	p < 0.01	p < 0.01	n.s.

χ^2 -Test nach McNemar

Für die Gruppe der CAD-Benutzer sieht das Ergebnis ähnlich aus. Skizzen werden in Finalpräsentationen signifikant seltener genutzt. Zusätzlich ergibt sich jedoch eine signifikant stärkere Bevorzugung von Skizzen gegenüber schattierten Bildern in Erstpräsentationen. Die Tendenz, Skizzen am häufigsten (52,77%), vor CAD-Plots (33,33%) und schattierten Bildern (22,22%) einzusetzen, kommt in dieser Stichprobe verstärkt zur Geltung.

Für die Gruppe der Nichtbenutzer von CAD-Systemen ergeben sich keinerlei signifikante Unterschiede im Einsatz der Medien. Das bedeutet, daß die beobachteten Unterschiede nicht mit Sicherheit auf die unterschiedlichen Präsentationsformen zurückgeführt werden können. Um hier klare Aussagen treffen zu können, müßte wahrscheinlich die Stichprobe vergrößert werden.

Nichtbenutzer von CAD n = 18

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	6	3
CAD Plot	7	9
Schattiertes Bild	6	7

Angabe in Prozent

	Erstpräsentation	Finalpräsentation
Skizze	33.33	16.67
CAD Plot	38.89	50.00
Schattiertes Bild	33.33	38.89

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. CAD-Plot	Skizze vs. Schattiertes Bild	CAD-Plot vs. Schattiertes Bild
Erstentwurf	n.s.	n.s.	n.s.
Finalpräsentation	n.s.	n.s.	n.s.

χ^2 -Test nach McNemar

Im folgenden Diagramm sind die Vergleiche der einzelnen Medien bezüglich des Präsentationszeitpunktes dargestellt. Dabei ergibt sich ein ähnliches Bild. In der Gesamtstichprobe und in der Gruppe der CAD-Benutzer besteht ein signifikanter Einfluß des Präsentationszeitpunktes auf die Verwendung von Skizzen. Diese werden bedeutend häufiger für frühe Darstellungen eingesetzt als für Finalpräsentationen. Für die anderen Medien ist der Unterschied in der Einsatzhäufigkeit bezüglich des Präsentationszeitpunktes nicht signifikant unterschiedlich.

Vergleich Erstpräsentation vs. Finalpräsentation

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Gesamtstichprobe	CAD-Benutzer	Nichtbenutzer von CAD
Skizze	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
CAD-Plot	n.s.	n.s.	n.s.
Schattiertes Bild	n.s.	n.s.	n.s.

χ^2 -Test nach McNemar

In den Diagrammen auf der folgenden Seite sind die Ergebnisse für die Gesamtstichprobe und für die Gruppe der CAD-Benutzer graphisch dargestellt.

Insgesamt zeigt sich eine tendenzielle Bevorzugung, für frühe Präsentationen Skizzen einzusetzen. Während CAD-Plots und schattierte Bilder in beiden Entwicklungsphasen ähnlich häufig eingesetzt werden, gibt es bei den Skizzen eine deutliche Spezialisierung auf frühe Stadien. Das bedeutet, daß Skizzen zwar nicht so universell einsetzbar sind wie die anderen Medien, der weitere Vergleich (siehe nächster Abschnitt) zeigt aber, daß Skizzen besser als die Vergleichsmethoden Aspekte vermitteln können, die in frühen Phasen besonders wichtig sind.

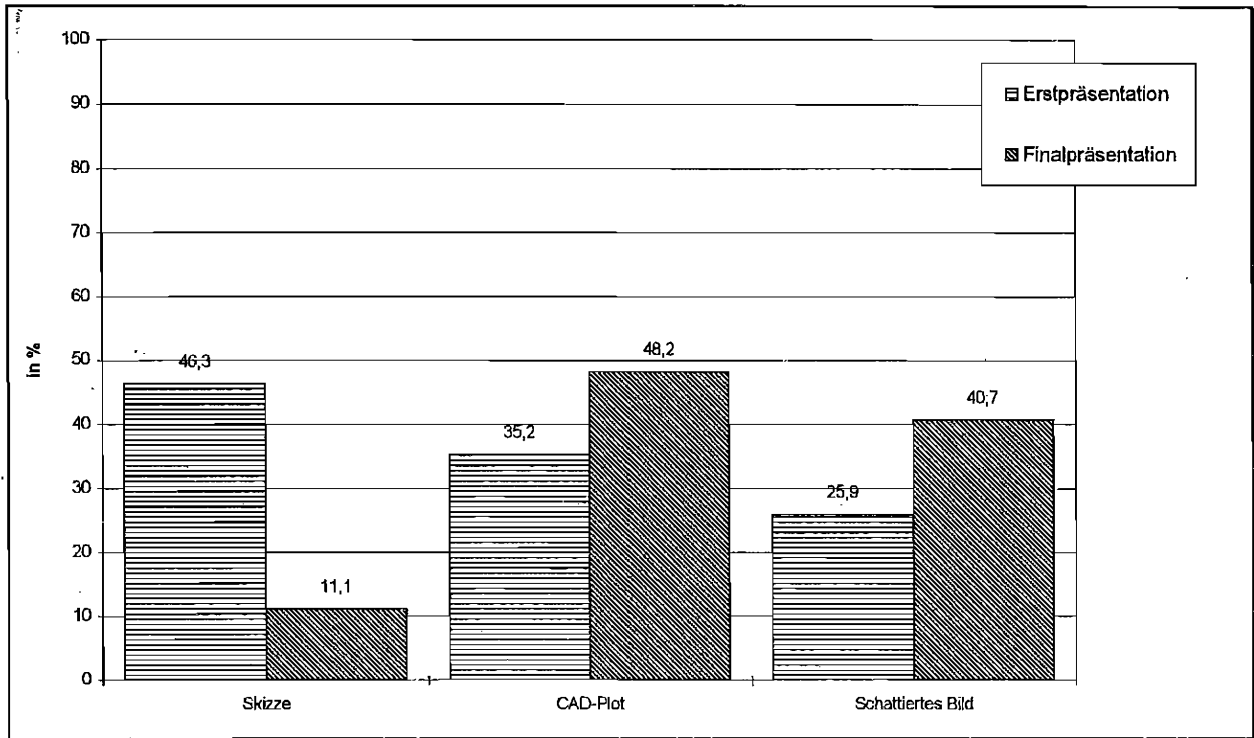


Bild 5: Medieneinsatz für Erstpräsentation vs. Finalpräsentation (Gesamtstichprobe)

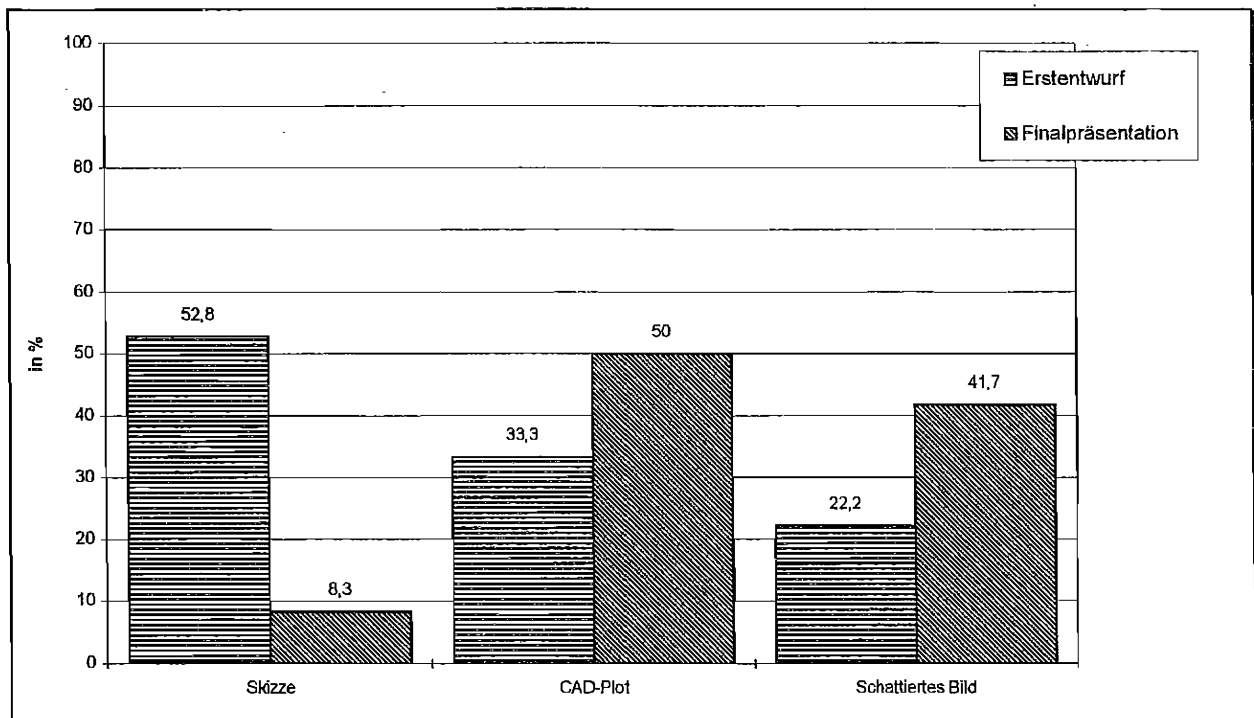


Bild 6: Medieneinsatz für Erstpräsentation vs. Finalpräsentation (CAD-Benutzer)

4.2.3 Rolle emotionaler Effekte und Wirkung der Medien

In der folgenden Übersicht sind die Ergebnisse der Fragen bezüglich der Wirkung der unterschiedlichen Darbietungsformen dokumentiert. Geordnet nach den Medien wurden jeweils der Mittelwert und die Streuung der erhaltenen Werte ermittelt.

Gesamtstichprobe n = 54

Das Bild wirkt ...	Skizze		CAD-Plot		Schattiertes Bild	
	M	S	M	S	M	S
... interessant	2.18	1.06	2.96	1.04	2.71	1.29
... verständlich	2.43	1.00	1.62	0.72	2.54	1.30
... klar erkennbar	2.55	0.99	1.65	0.87	2.64	1.35
... lebendig	1.92	0.99	3.46	1.07	3.18	1.37
... räumlich	2.30	0.84	2.24	0.97	1.96	1.31
... synthetisch	3.50	1.37	2.07	1.14	2.07	1.12
... phantasieanregend	1.98	0.98	3.22	1.21	2.92	1.26
... übersichtlich	3.02	1.01	1.74	0.91	2.57	1.28
... kreativ	2.21	1.09	3.23	1.53	3.25	1.19
... individuell	1.93	0.84	3.52	1.15	3.35	1.06
... anregend zur Diskussion	2.29	1.18	3.04	1.22	2.73	1.20
... anregend zu Änderungen	1.83	1.02	2.81	1.39	3.62	1.17
... anregend zum Anschauen	2.40	0.96	2.96	1.11	2.77	1.19

Im Diagramm auf der nächsten Seite sind diese Ergebnisse graphisch dargestellt. Interessant sind die Unterschiede in der Bewertung der Medien, die sich (nach t-Test) als signifikant gegenüber den anderen Medien herausstellen. Wir erhalten die folgenden Ergebnisse, deren Fehlerwahrscheinlichkeiten in der Übersicht auf der nächsten Seite aufgeführt sind.

Skizzen wirken gegenüber CAD-Plots und schattierten Bildern signifikant interessanter, lebendiger, weniger synthetisch, mehr phantasieanregend, kreativer, individueller, mehr anregend zur Diskussion und mehr anregend, Änderungen vorzunehmen.

Dagegen wirken CAD-Plots gegenüber Skizzen und Schattierten Bildern signifikant verständlicher, klarer erkennbar, und übersichtlicher.

Bezüglich der räumlichen Wirkung läßt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Medien feststellen, obwohl wiederholt Teilnehmer verbal geäußert hatten, daß sie schattierte Bilder gerade wegen ihrer besseren räumlichen Wirkung einsetzen würden.

Betrachtet man die Gruppierung der beobachteten Ergebnisse, so fällt auf, daß CAD-Plots wesentlich besser bei Kriterien abschneiden, die kognitive Vorgänge beim Betrachter (Verständlichkeit, Klarheit, Übersichtlichkeit) beeinflussen. Dahingegen bewirken Skizzen besonders starke emotionale Reaktionen, wie Interesse, Phantasieanregung oder Individualismus.

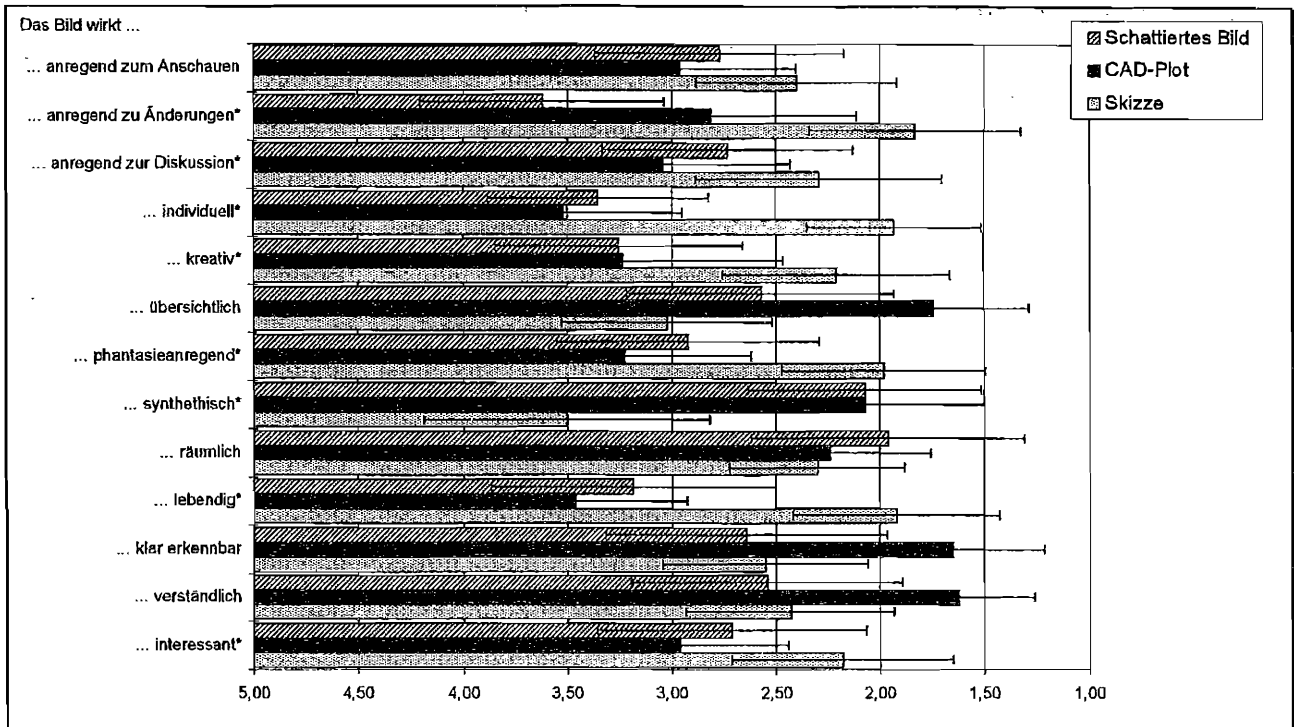


Bild 7: Mittelwerte und Standardabweichungen aus der Einschätzung der Wirkung der drei Vergleichsmedien (Gesamtstichprobe). Das linke Ende der Skala (5) bedeutet völlige Ablehnung, das rechte Ende (1) bedeutet völlige Zustimmung zu der Aussage auf der y-Achse. * bedeutet: signifikante Bewertungsunterschiede zwischen Skizze und CAD-Plot, sowie zwischen Skizze und Schattiertem Bild.

Fehlerwahrscheinlichkeiten (Gesamtstichprobe n = 54)

Das Bild wirkt ...	Skizze - CAD	Skizze - Schattiert	CAD - Schattiert
... interessant	p < 0.01	p < 0.05	n.s.
... verständlich	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... klar erkennbar	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... lebendig	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... räumlich	n.s.	n.s.	n.s.
... synthetisch	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... phantasieanregend	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... übersichtlich	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... kreativ	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... individuell	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... anregend zur Diskussion	p < 0.01	p < 0.05	n.s.
... anregend zu Änderungen	p < 0.01	p < 0.01	p < 0.01
... anregend zum Anschauen	p < 0.05	n.s.	n.s.

t-Test

Besonders interessant sind die unterschiedlichen Wirkungen bezüglich der Anregung zu aktiver Auseinandersetzung mit dem Bild, das Betrachten, das Diskutieren und Kritisieren, besonders aber die Anregung zu eigenen Veränderungen am Bild. Hier wirken die Skizzen ebenfalls signifikant stimulierender auf den Betrachter.

Im folgenden werden dieselben Vergleiche nochmals für die Gruppe der CAD-Benutzer und die Gruppe der Nichtbenutzer von CAD angestellt. Es ergeben sich keine wesentlichen Verschiebungen gegenüber der Gesamtstichprobe. Zusätzlich ergibt sich eine signifikant stärkere Stimulation zum längeren Anschauen der Präsentationen bei Skizzen gegenüber den Vergleichsmedien.

CAD-Benutzer n = 36

Das Bild wirkt ...	Skizze		CAD-Plot		Schattiertes Bild	
	M	S	M	S	M	S
... interessant	2.00	0.93	3.03	0.98	2.86	1.33
... verständlich	2.42	1.05	1.60	0.74	2.32	1.12
... klar erkennbar	2.50	0.97	1.61	0.80	2.57	1.24
... lebendig	1.71	0.89	3.34	1.14	3.23	1.31
... räumlich	2.23	0.84	2.22	1.02	1.89	1.06
... synthetisch	3.45	1.40	1.79	0.82	2.13	1.14
... phantasieanregend	1.91	1.04	3.21	1.27	2.97	1.29
... übersichtlich	2.94	1.01	1.68	0.73	2.44	1.13
... kreativ	2.03	0.98	3.00	1.23	3.12	1.17
... individuell	1.74	0.63	3.39	1.15	3.23	1.06
... anregend zur Diskussion	2.09	1.21	3.00	1.27	2.85	1.12
... anregend zu Änderungen	1.88	1.14	2.66	1.43	3.63	1.16
... anregend zum Anschauen	2.30	0.98	2.85	1.12	2.97	1.16

Auf der Seite 19 werden dieselben Vergleiche ebenfalls für die Gruppe der Nichtbenutzer von CAD angestellt. Dabei ergeben sich einige Differenzen zum Gesamtbild. Bezüglich des Interesses weichen die drei Medien nicht signifikant voneinander ab. Dies könnte man damit erklären, daß diese Gruppe weniger vertraut mit Computerpräsentationen sein dürfte und daher auch den schattierten und geplotteten Versionen gleichgroßes Interesse entgegenbringt.

Die kognitiven Vorteile der CAD-Plots lassen sich auch in dieser Gruppe bestätigen. Hingegen finden die befragten Nicht-CAD-Benutzer die gezeigte Skizze zwar signifikant lebendiger und phantasieanregender als die CAD-Zeichnung, nicht jedoch im Vergleich zur schattierten Darstellung. Diese hat offenbar bei dieser Zielgruppe eine gleich stimulierende Wirkung. Eine signifikant stärkere Stimulierung zu aktiven Änderungen durch die Skizze wurde jedoch auch in dieser Gruppe bestätigt.

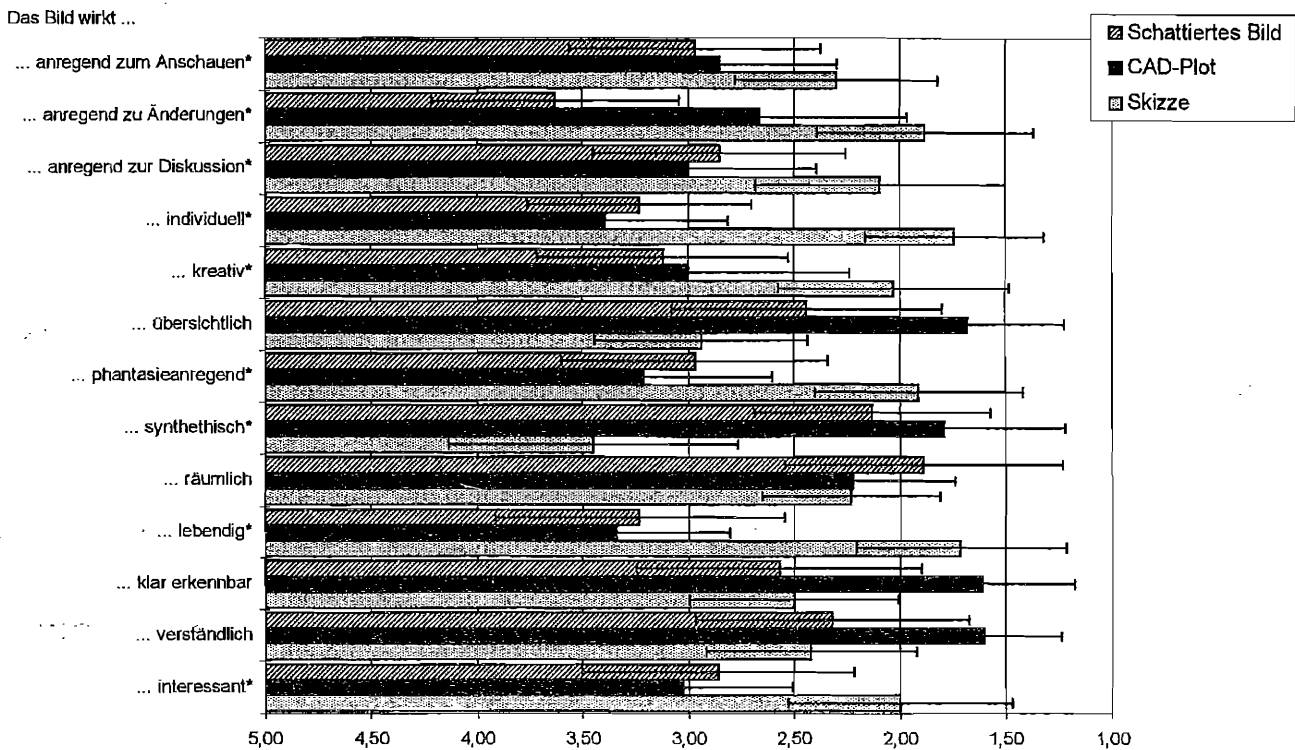


Bild 7: Mittelwerte und Standardabweichungen aus der Einschätzung der Wirkung der drei Vergleichsmedien (Gruppe der CAD-Benutzer). Das linke Ende der Skala (5) bedeutet völlige Ablehnung, das rechte Ende (1) bedeutet völlige Zustimmung zu der Aussage auf der y-Achse. * bedeutet: signifikante Bewertungsunterschiede zwischen Skizze und CAD-Plot, sowie zwischen Skizze und Schattiertem Bild.

Fehlerwahrscheinlichkeiten (CAD-Benutzer n = 36)

Das Bild wirkt ...	Skizze - CAD	Skizze - Schattiert	CAD - Schattiert
... interessant	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... verständlich	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... klar erkennbar	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... lebendig	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... räumlich	n.s.	n.s.	n.s.
... synthetisch	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... phantasieanregend	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... übersichtlich	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... kreativ	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... individuell	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... anregend zur Diskussion	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... anregend zu Änderungen	p < 0.05	p < 0.01	p < 0.01
... anregend zum Anschauen	p = 0.05	p < 0.05	n.s.

t-Test

Nichtbenutzer von CAD n = 18

Das Bild wirkt ...	Skizze		CAD-Plot		Schattiertes Bild	
	M	S	M	S	M	S
... interessant	2.64	1.28	2.79	1.19	2.36	1.15
... verständlich	2.47	0.92	1.67	0.72	3.07	1.59
... klar erkennbar	2.67	1.05	1.73	1.03	2.80	1.61
... lebendig	2.40	1.06	3.73	0.88	3.07	1.53
... räumlich	2.47	0.83	2.27	0.88	2.13	1.30
... synthetisch	3.62	1.33	2.69	1.49	1.92	1.12
... phantasieanregend	2.13	0.83	3.27	1.10	2.80	1.21
... übersichtlich	3.20	1.01	1.87	1.25	2.87	1.55
... kreativ	2.60	1.24	3.73	0.80	3.53	1.25
... individuell	2.27	1.10	3.80	1.15	3.60	1.06
... anregend zur Diskussion	2.73	1.03	3.13	1.13	2.47	1.36
... anregend zu Änderungen	1.73	0.70	3.13	1.30	3.60	1.24
... anregend zum Anschauen	2.60	0.91	3.20	1.08	2.33	1.18

Fehlerwahrscheinlichkeiten (Nichtbenutzer von CAD n = 18)

Das Bild wirkt ...	Skizze - CAD	Skizze - Schattiert	CAD - Schattiert
... interessant	n.s.	n.s.	n.s.
... verständlich	p < 0.01	n.s.	p < 0.01
... klar erkennbar	p < 0.01	n.s.	n.s.
... lebendig	p < 0.01	n.s.	n.s.
... räumlich	n.s.	n.s.	n.s.
... synthetisch	p = 0.05	p < 0.01	p < 0.05
... phantasieanregend	p < 0.01	n.s.	n.s.
... übersichtlich	p < 0.01	n.s.	p = 0.05
... kreativ	p < 0.05	p < 0.05	n.s.
... individuell	p < 0.01	p < 0.01	n.s.
... anregend zur Diskussion	n.s.	n.s.	n.s.
... anregend zu Änderungen	p < 0.05	p < 0.01	n.s.
... anregend zum Anschauen	n.s.	n.s.	p < 0.05

t-Test

Die folgende Übersicht zeigt den Vergleich der beiden Gruppen CAD-Benutzer vs. Nichtbenutzer von CAD. Die Ergebnisse sind in der überwiegenden Mehrzahl nicht signifikant unterschiedlich. Die einzigen beiden Ausnahmen sind die Lebendigkeit und die Kreativität. Dabei stimmen CAD-Benutzer der Aussage, die Skizze wirke lebendig, im Mittel signifikant stärker zu als Nichtbenutzer von CAD. Der zweite Unterschied bezieht sich auf die kreative Wirkung von CAD-Plots. Nichtbenutzer von CAD finden diese im Mittel signifikant weniger kreativ als CAD-Benutzer.

Vergleich CAD-Benutzer vs. Nichtbenutzer von CAD
Fehlerwahrscheinlichkeiten

Das Bild wirkt ...	Skizze	CAD-Plot	Schattiertes Bild
... interessant	n.s.	n.s.	n.s.
... verständlich	n.s.	n.s.	n.s.
... klar erkennbar	n.s.	n.s.	n.s.
... lebendig	$p < 0.05$	n.s.	n.s.
... räumlich	n.s.	n.s.	n.s.
... synthetisch	n.s.	n.s.	n.s.
... phantasieanregend	n.s.	n.s.	n.s.
... übersichtlich	n.s.	n.s.	n.s.
... kreativ	n.s.	$p < 0.05$	n.s.
... individuell	n.s.	n.s.	n.s.
... anregend zur Diskussion	n.s.	n.s.	n.s.
... anregend zu Änderungen	n.s.	n.s.	n.s.
... anregend zum Anschauen	n.s.	n.s.	n.s.

t-Test

Unsere Hypothese läßt sich damit bestätigen. Skizzen befördern besonders gut emotionale und motivationale Aspekte. Im Gegensatz dazu können CAD-Plots besonders gut kognitive Aspekte vermitteln.

4.2.4 Kommunikation von Änderungsvorschlägen

Im folgenden dokumentieren wir die Wirkungen der untersuchten Medien bezüglich der Möglichkeiten, die Betrachter zur Kommunikation wahrnehmen. Die Fragestellung lautete, ob das verwendete Medium Einfluß auf das Verhalten des Betrachters ausübt und inwieweit die Darstellungsform die Bereitschaft zur aktiven Teilnahme am Designentwicklungsprozeß positiv beeinflussen kann.

Gesamtstichprobe n = 54

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	30	32
Gestikulieren	22	23
Malen auf einem anderen Blatt	32	36
Malen direkt im Bild	37	15

Angabe in Prozent

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	55.56	59.26
Gestikulieren	40.74	42.59
Malen auf einem anderen Blatt	59.26	66.67
Malen direkt im Bild	68.52	27.78

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. Schattiertes Bild
Verbalisieren	n.s.
Gestikulieren	n.s.
Malen auf einem anderen Blatt	n.s.
Malen direkt im Bild	p < 0.01

χ^2 -Test nach McNemar

Die Untersuchung der Fehlerwahrscheinlichkeiten (χ^2 -Test nach McNemar) ergibt folgendes Bild. Die zur Auswahl stehenden Interaktionsmethoden wurden bis auf eine Ausnahme bei beiden Medien in etwa gleich häufig gewählt. Diese eine Ausnahme war das direkte Hineinmalen in das Bild. Diese Methode wurde signifikant öfter anhand der Skizze gewählt.

Zusammen mit den Ergebnissen der Frage zur motivationalen Wirkung der Medien ist dies besonders interessant. Man kann sich leicht überlegen, was das für die Auseinandersetzung zwischen Architekt und Kunden bedeuten kann: angesichts einer schattierten (photorealistischen) Version eines Entwurfs, würden die Kunden viel eher dazu neigen, den Entwurf so zu akzeptieren und keine Änderungsvorschläge einzubringen. Angesichts einer skizzierten Darstellung des gleichen Designkonzepts (d.h. der gleichen *inhaltlichen Qualität*) würden sie viel eher ihrem Wunsch nach Veränderungen Ausdruck verleihen. Dafür würden sie besonders auch direkte Methoden (Hineinmalen ins Bild) wählen als das indirekte Zeigen, Verbalisieren oder Malen auf einem anderen Blatt.

Im folgenden werden die gleichen Gegenüberstellungen noch getrennt für die Gruppe der CAD-Benutzer und der Nichtbenutzer von CAD durchgeführt.

CAD-Benutzer n = 36

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	18	17
Gestikulieren	18	18
Malen auf einem anderen Blatt	21	25
Malen direkt im Bild	25	12

Angabe in Prozent

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	50.00	47.22
Gestikulieren	50.00	50.00
Malen auf einem anderen Blatt	58.33	69.44
Malen direkt im Bild	69.44	33.33

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. Schattiertes Bild
Verbalisieren	n.s.
Gestikulieren	n.s.
Malen auf einem anderen Blatt	n.s.
Malen direkt im Bild	p < 0.01

χ^2 -Test nach McNemar

Nichtbenutzer von CAD n = 18

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	12	15
Gestikulieren	4	5
Malen auf einem anderen Blatt	11	11
Malen direkt im Bild	12	3

Angabe in Prozent

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	66.67	83.33
Gestikulieren	22.22	27.78
Malen auf einem anderen Blatt	61.11	61.11
Malen direkt im Bild	66.67	16.67

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze vs. Schattiertes Bild
Verbalisieren	n.s.
Gestikulieren	n.s.
Malen auf einem anderen Blatt	n.s.
Malen direkt im Bild	p < 0.01

χ^2 -Test nach McNemar

Die beobachteten signifikanten Unterschiede zwischen den Medien bezüglich des direkten Änderns im Bild gelten für beide Stichproben. Interessant ist abschließend noch der Vergleich zwischen den beiden Gruppen. Nichtbenutzer von CAD wirken im Test weniger aktiv als CAD-Benutzer. Sie würden weniger gestikulieren (anhand beider Medien) und angesichts des schattierten Bildes noch seltener direkt ins Bild hineinmalen. Dafür würden sie ihre Wünsche stärker verbalisieren. Dies könnte als Beleg gelten, daß die Einbindung CAD-unerfahrener Kunden in die Diskussion anhand von photorealistischen Bildern noch schwieriger ist als bei CAD-Benutzern. Offenbar sind Skizzen in diesem Fall noch besser geeignet, da sie als „natürliches“ Medium jedem vertraut sind.

Vergleich CAD-Benutzer vs. Nichtbenutzer von CAD

Fehlerwahrscheinlichkeiten

	Skizze	Schattiertes Bild
Verbalisieren	n.s.	n.s.
Gestikulieren	p < 0.01	p < 0.01
Malen auf einem anderen Blatt	n.s.	n.s.
Malen direkt im Bild	n.s.	p < 0.01

χ^2 -Test nach McNemar

5 Diskussion

Die Hypothesen, die im Abschnitt 2 aufgestellt wurden, werden durch unsere Untersuchung bestätigt. Wir wollen diese Ergebnisse an dieser Stelle noch mit einigen theoretischen Überlegungen untermauern.

Der kognitive Aufwand zur Interpretation von Skizzen ist erwartungsgemäß höher als bei CAD-Plots und schattierten Bildern. Skizzen enthalten mehr unregelmäßige graphische Elemente als die anderen beiden Medien. Da sie also mehr Information enthalten, wird der Verstehensaufwand größer (Klix 1992). Weidenmann (1988) spricht in diesem Zusammenhang vom „Normalisierungsaufwand“, den der Betrachter eines Bildes aufwendet, um es zu entschlüsseln und zu verstehen. Dieser ist in Skizzen größer als in den Vergleichsmidien. Nach Klix führt dies nun gerade zu einer erhöhten Neugier und resultierend in einer erhöhten Motivation, das Bild anzusehen und zu verstehen.

Die Anstrengungen, die der Betrachter unternehmen muß, um die Skizze zu verstehen, finden in unserer Untersuchung Ausdruck in der schlechteren Wirksamkeit von Skizzen bezüglich kognitiver Kriterien Erkennbarkeit, Klarheit, Verständlichkeit. Gleichzeitig haben diese Anstrengungen aber eine förderliche Wirkung auf die emotionalen und motivationalen Effekte beim Betrachter.

Bei der Präsentation eines ersten Entwurfes kommt es dem Architekten vor allem auf die Vermittlung seiner grundlegenden Konzepte an. Der Schlüssel zu seinem Partner ist dabei die Erzeugung von Interesse für seine Ideen, auf deren Grundlage jede weitere Entwicklung aufbauen muß. Dies kann, wie in unserer Untersuchung belegt wurde, besonders mit einer skizzenhaften Darstellung erreicht werden. In späteren Designphasen spielt dieser Aspekt dann eine eher untergeordnete Rolle. Wenn das Konzept feststeht, kommt es stärker darauf an, Details exakt zu vermitteln und eine möglichst realistische Vorstellung vom zukünftigen Bauwerk zu vermitteln. Dies spiegelt sich in der Bevorzugung von CAD-Plots und schattierten Bildern wider.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben einen Skizzenrenderer präsentiert, der dem Benutzer mehr Eigenkompetenz bei der Erzeugung von graphischen Präsentationen zugesteht. Im Gegensatz zum photorealistischen Rendering oder der Darstellung als exakte Liniengraphik erlauben wir einen interaktiven Zugriff auf einzelne Parameter der Bildgestaltung. Damit können Informationen kommuniziert werden, die über die bloße geometrische Beschreibung von Objekten hinausgehen.

Mit Hilfe einer schriftlichen Befragung haben wir gezeigt, welche große Rolle Skizzen als Kommunikationsmittel im Frühstadium von Entwürfen spielen. Dies gilt auch für computererzeugte Graphiken, deren direkter Vergleich gezeigt hat, daß ungenaue Graphiken keinesfalls nur „Vorläufer perfekterer Präsentationen“ sind, sondern ihre eigene Funktion und Berechtigung aufweisen, in dem sie den Prozeß der Weiterentwicklung von Entwürfen stimulieren. Der Einsatz von Computern ermöglicht, die Vorteile schneller Kamerabewegung und räumlicher Ansicht der Objekte zu nutzen, bedeutet aber nicht automatisch, wie wir gezeigt haben, den Verzicht auf Aussagefähigkeit in frühen Entwurfsstadien.

Insgesamt liefert unsere Untersuchung eine erste quantitative Erfassung von Beobachtungen, die schon anderen Forschern aufgefallen sind, bisher aber noch nie genauer untersucht wurden (Yin Yin 1992, van Bakergem, Obata 1991). Die Ergebnisse unserer Studie sollten allerdings nicht überbewertet oder vorschnell generalisiert werden. Sie bilden eine gute Grundlage für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet. Insbesondere zeigt es sich, daß es sehr lohnend wäre, die Betrachter einer Graphik bei ihrer *tatsächlichen* Interaktion mit dem Bild zu beobachten und die theoretischen Ergebnisse unserer Umfrage zu evaluieren. Dies erfordert natürlich einen immens hohen Aufwand. Die zur Verfügung stehende Stichprobe war zugunsten von jungen und computeraufgeschlossenen Architekten übergewichtet. Nicht verglichen wurden desweiteren handgezeichnete und computergenerierte Graphiken.

Aus technischer Sicht muß der Skizzenrenderer so verbessert werden, daß auch komplexe Architekturmodelle verwendet werden können. Dabei spielt es dann eine Rolle, daß für frühe Präsentationen unwichtige Details ausblendbar gemacht werden.

Eine konsequente Anwendung unserer Erkenntnisse hieße, dem Benutzer zu ermöglichen, sein Bild mit dem Stift zu entwerfen, es skizzenhaft zu präsentieren und eine Weiterentwicklung mit dem Stift zu ermöglichen. Hier sind dem Einsatz des Computers bislang jedoch Grenzen gesetzt. Die Umwandlung einer zweidimensionalen Eingabe eines Stiftes in ein dreidimensionales Modell stößt an Grenzen, die sich zwar durch entsprechend komplizierte Interaktionsmecha-

nismen bewältigen ließen, aber es stellt sich die Frage nach der Praktikierbarkeit solcher Methoden. Nach unseren Erkenntnissen ist das Skizzieren gerade durch seine intuitive Ausführbarkeit so wertvoll für den Architekten oder Designer, da er nicht durch komplizierte Interaktionshandlungen am Computer vom kreativen Teil seiner Aufgabe abgelenkt wird.

Ein Punkt ist des öfteren in Gesprächen mit Architekten kritisiert worden, den wir hier diskutieren wollen. Er betrifft die Feststellung, daß die computergenerierten Skizzen gleichwohl auf genauen Daten beruhen, und somit nicht dem natürlichen Prozeß des Skizzierens entsprechen, wo die Ungenauigkeit die vagen Gedanken des Designers widerspiegelt. Bislang ist es noch nicht möglich, mit Konstruktionsprogrammen ungenaue Daten zu erfassen. Trotzdem wird natürlich auch in frühen Phasen visualisiert und zwar mit Mitteln, die, wie wir gesehen haben, eigentlich für spätere Phasen gedacht sind. Solche Graphiken wirken auf den Betrachter trotz aller Unfertigkeit der Daten perfekt, ganz so, wie auch ein lasergedruckter grober Entwurf eines Textes auf den Leser perfekt wirkt. Die Verbesserung dieses Zustandes erscheint daher notwendig.

Die Wirkung einer Graphik auf den Betrachter ist eine sehr subjektive Angelegenheit, die sich nicht mit einfachen Wenn-Dann-Regeln abbilden läßt. Im Gegensatz zum photorealistischen Rendering, wo die Qualität einer Abbildung ausschließlich von geometrischen und physikalischen Eingangsdaten abhängen, erlauben wir den Benutzern, selbst die Verantwortung zur Gestaltung ihrer Graphiken zu übernehmen. Das erfordert weitreichende Möglichkeit zum Eingriff in den Bilderzeugungsprozeß. Dies soll in Zukunft auch die Möglichkeit einschließen, bewußt gegen physikalische Gesetze, z.B. die der perspektivischen Darstellung, zu verstoßen, um bestimmte Effekte zu erzielen.

7 Danksagung

An dieser Stelle danke ich Herrn Prof. Eberhard Kernchen von der Technischen Universität Berlin, Fachbereich Architektur, für seine wohlwollende Unterstützung während der Vorbereitungsphase der Untersuchung. Für die wertvolle Hilfe beim Entwurf des Fragebogens bedanke ich mich bei Henning Jesse von der TU Berlin und Günter Knoblich von der Uni Hamburg. Bei der Durchführung der Befragung halfen Henning Jesse, Heide-Rose Ernst und Florian Tschel von der TU Berlin, Frank Buchholz vom ICT Magdeburg, Jens Buchholz von der HAB Weimar und Frank Ehrlich von der TU Braunschweig. Für die umfangreiche Hilfe bei der Auswertung der Daten danke ich herzlich Stefan Laser vom Institut für Psychologie der Universität Magdeburg. Prof. Thomas Strothotte und meinen Kollegen von der Universität Magdeburg danke ich für die technische Unterstützung und für viele hilfreiche kritische Ratschläge.

Anhang A: Literatur

- J. Bortz (1984), *Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- G. Goldschmidt (1994), "On visual thinking: the vis kids of architecture", *Design Studies*, 15 (2), Elsevier Science Ltd. Oxford, pp.158-174.
- E.H. Gombrich (1986), *Art and Illusion*, Belser Verlag Zürich.
- F. Klix (1992), *Die Natur des Verstandes*, Hogrefe, Göttingen.
- A. Raab (1994), *Aufbau und Funktionsweise eines Skizzen-Renderers*, Technical Report, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- S. Schofield (1994), *Non-photorealistic Rendering: A critical examination and proposed system*, PhD Thesis (unpublished), Middlesex University.
- J. Schumann, F. Godenschweger (1993), *Sketch-Rendering von 3D-Modellen*, Technical Report B-93-15, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin.
- Th. Strothotte, B. Preim, A. Raab, J. Schumann, D. Forsey (1994), "How to render frames and influence people", *Computer Graphics Forum 13 (3)*, pp. 455-466.
- W.D. van Bakergem, G. Obata (1991), "Free Hand Plotting: Is it Life or is it Digital?", *CAD-Futures '91*, Verlag Schmitt/Vieweg, pp. 567-582.
- B. Weidenmann (1988), *Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern*, Verlag Hans Huber, Bern, Stuttgart, Toronto.
- D.M. Willows, H.A. Houghton (Eds.) (1987) *The psychology of illustration*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- W. Yin Yin, (1992) "Rough and Ready Prototypes: Lessons from Graphics Design", *CHI '92 Short Talk Submission*.

Anhang B: Fragebogen

Der Entwurf des Fragebogens wurde mit einzelnen Fachleuten aus der Architektur besprochen, um die Angemessenheit und Akzeptanz der Fragen für Architekten bzw. Architekturstudenten zu gewährleisten. Nach dieser Vorbereitungsphase entstand der folgende, letztlich an die Teilnehmer verteilte Fragebogen.

Frage 1

Nutzen Sie für Ihre Arbeit CAD-Programme ?

- ja
- nein

• Falls ja,

Mit welchen Beweggründen identifizieren Sie sich am ehesten ?

(Mehrfachnennung möglich)

- Kostenersparnis
- Arbeitserleichterung
- Besseres Ansehen bei den Kunden
- Kunden vertrauen dem Computer eher
- Computerentwürfe sind qualitativ besser
- Fortschritt demonstrieren
- Technische Perfektion vermitteln
- andere Gründe und zwar:

Was würden Sie als entscheidende Verbesserungen ansehen ?

(Mehrfachnennung möglich)

- Einfachere Bedienung
- Realistischere Bildausgabe
- Schnellere Bildausgabe
- Individuellere Präsentationsmöglichkeiten
- andere, und zwar:

- Falls nein,

Mit welchen Beweggründen identifizieren Sie sich am ehesten ?

(Mehrfachnennung möglich)

- Betonung der Individualität
- Computerbedienung ist zu schwierig
- CAD-Ausgaben entsprechen nicht meinen Vorstellungen
- Qualität von Handarbeit
- Schulung des Personals zu aufwendig
- aufwendige Präsentationen schrecken Kunden eher ab
- Computereinsatz bringt keine Kostenvorteile
- andere Gründe und zwar:

Was würden Sie als entscheidende Verbesserungen ansehen ?

(Mehrfachnennung möglich)

- Einfachere Bedienung
- Individuellere Präsentationsmöglichkeiten
- Schnellere Bildausgabe
- Billigere Software
- andere, und zwar:

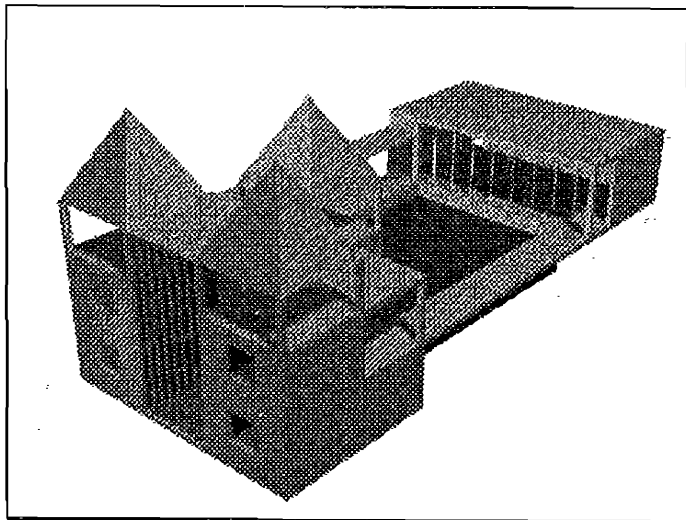
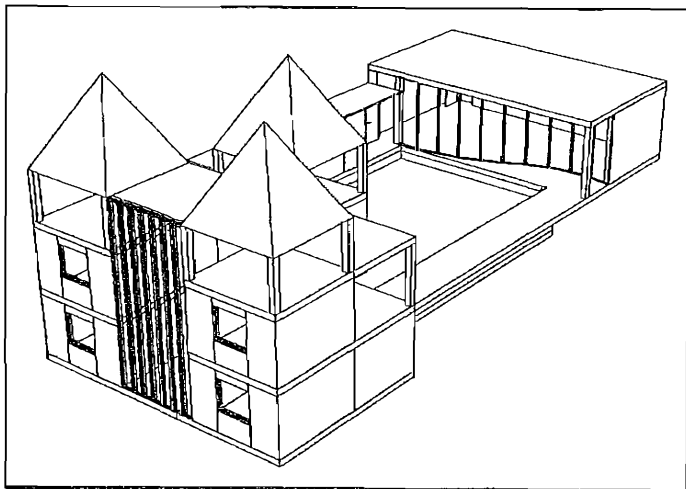
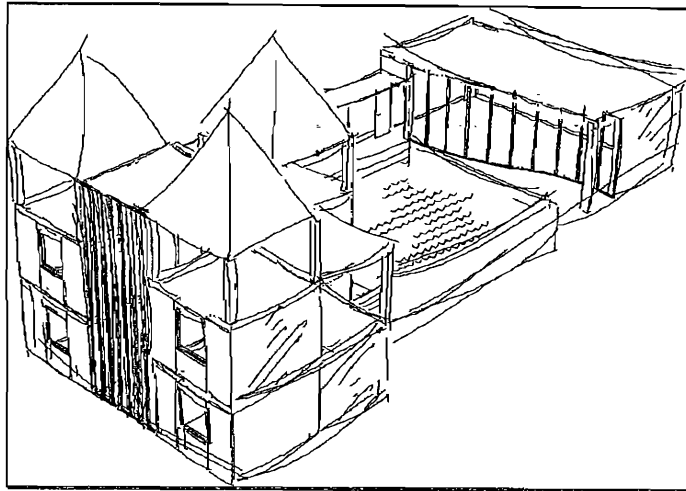
Frage 2

Stellen Sie sich vor, Sie haben für einen Kunden das folgende Ferienhaus entworfen und möchten nun den ersten Entwurf präsentieren. Welche der drei Darstellungsarten auf den folgenden Seiten würden Sie für diesen Zweck am ehesten auswählen ?

- Skizze
- CAD-Graphik
- Photorealistische Darstellung

a) Warum entscheiden Sie sich so ?

b) Wie würde Ihre Entscheidung aussehen, falls Sie sich mit diesem Entwurf an einer Ausschreibung beteiligen wollten ? Warum ?



Frage 3

Welche Details gefallen Ihnen jeweils besser oder schlechter ?

- Skizze:
- CAD-Graphik
- Photorealistische Graphik

Frage 4

Bewerten Sie die Wirkung der oben gezeigten Bilder bezüglich folgender Kriterien:

Benutzen Sie für die Bewertung die Noten 1 (stimme vollständig zu) bis 5 (stimme überhaupt nicht zu).

Aussage	Skizze	CAD	Photorealistische Graphik
Das Bild ist interessant.			
Der Bildinhalt ist verständlich.			
Der Bildinhalt ist klar und schnell zu erkennen.			
Das Bild wirkt lebendig.			
Das Bild wirkt räumlich.			
Das Bild wirkt synthetisch.			
Das Bild regt die Phantasie an.			
Das Bild wirkt übersichtlich.			
Das Bild zeugt von Kreativität.			
Das Bild wirkt individuell.			
Das Bild regt mich an, darüber zu diskutieren.			
Das Bild regt mich an, Veränderungen selbst vorzunehmen.			
Das Bild regt mich zum längeren Ansehen an.			

Frage 5

Wie hoch schätzen Sie den Einfluß emotionaler Kriterien bei der Reaktion Ihrer Kunden auf Ihre Entwürfe ein ?

sehr hoch |-----|-----|-----|-----| sehr niedrig

Frage 6

Bei der Besprechung mit Ihrem Kunden diskutieren Sie über eine Änderung an der Gesamtstruktur des Hauses. Sie haben einen Vorschlag. Wie erklären Sie diesen ? (Mehrfachnennung möglich)

a) anhand der Skizze:

- durch verbale Beschreibung
- durch Gesten (Handbewegung, Zeigen usw.)
- Sie malen in das Bild hinein.
- Sie malen den Vorschlag auf ein anderes Blatt Papier.

b) anhand der photorealistischen Graphik:

- durch verbale Beschreibung
- durch Gesten (Handbewegung, Zeigen usw.)
- Sie malen in das Bild hinein.
- Sie malen den Vorschlag auf ein anderes Blatt Papier.

Frage 7

Schätzen Sie sich selbst im Umgang mit CAD-Software als

- unerfahren oder
- erfahren ein ?

Anhang C: Rohdaten

Im folgenden werden die Rohdaten der Befragung aufgelistet. Die Tabellen enthalten folgende Antwortkomplexe:

1. Aussagen zum Einsatz von CAD-Programmen und Wünschen zu deren Verbesserung;
2. Aussagen zum Einsatz der Medien in verschiedenen Entwicklungsstadien sowie persönliche Bevorzugung eines Mediums;
3. Aussagen zur Rolle emotionaler Effekte bei der Beurteilung eines Entwurfs sowie zur Wirkung der Medien bezüglich kognitiver, emotionaler und motivationaler Kriterien;
4. Aussagen zur Realisierung von Änderungsvorschlägen;

Die Antworten zu den Fragen werden jeweils ergänzt durch Informationen über die CAD-Erfahrung und die Architekturerfahrung der Teilnehmer. Die Erfahrung mit CAD-Systemen wurde von den Teilnehmern selbst eingeschätzt (Frage 7). Die Information über die Architekturerfahrung war implizit durch die Zugehörigkeit der Teilnehmer zu entsprechenden Gruppen gegeben. Leere Felder bedeuten, daß der entsprechende Teilnehmer keine Aussage getroffen hat.

C.1 Einsatz von CAD-Programmen und Wünsche zu deren Verbesserung

In der folgenden Tabelle werden die Antworten auf die Frage 1 zusammengefaßt. Die Begründung zum Einsatz von CAD-Systemen wurde in Form von Nummern dargestellt, wobei jede Ziffer der Nummer der gegebenen Argumente entspricht. So bedeutet z.B. 134 die Auswahl der Argumente 1, 3 und 4. Der besseren Verständlichkeit halber sind die Argumente hier nochmals aufgeführt:

Es bedeuten in den Kategorien:

falls ja, Gründe:

- 1 = Kostenersparnis
- 2 = Arbeitserleichterung
- 3 = Besseres Ansehen bei den Kunden
- 4 = Kunden vertrauen dem Computer eher
- 5 = Computerentwürfe sind qualitativ besser
- 6 = Fortschritt demonstrieren
- 7 = Technische Perfektion vermitteln
- 8 = andere Gründe

falls ja, Wünsche:

- 1 = Einfachere Bedienung
- 2 = Realistischere Bildausgabe
- 3 = Schnellere Bildausgabe
- 4 = Individuellere Präsentationsmöglichkeiten
- 5 = andere Gründe

falls nein, Gründe:

- 1 = Betonung der Individualität
- 2 = Computerbedienung ist zu schwierig
- 3 = CAD-Ausgaben entsprechen nicht meinen Vorstellungen
- 4 = Qualität von Handarbeit
- 5 = Schulung des Personals zu aufwendig
- 6 = aufwendige Präsentationen schrecken Kunden eher ab
- 7 = Computereinsatz bringt keine Kostenvorteile
- 8 = andere Gründe

falls nein, Wünsche:

- 1 = Einfachere Bedienung
- 2 = Individuellere Präsentationsmöglichkeiten
- 3 = Schnellere Bildausgabe
- 4 = Billigere Software
- 5 = andere

Nr.	Einsatz von CAD ?	falls ja, Gründe ?	falls ja, Wünsche ?	falls nein, Gründe	falls nein, Wünsche ?	CAD-Erfahrung	Architekt ?
1	nein			34		nein	ja
2	ja	28	145			nein	ja
3	nein					nein	nein
4	ja	127	134			nein	ja
5	ja	238	134			ja	ja
6	ja	28	12			ja	ja
7	ja	2	5			ja	ja
8	ja	128	14			ja	ja
9	ja	2367	12			ja	ja
10	ja	136	12			ja	ja
11	ja	2567	234			ja	ja
12	nein			25	13	nein	ja
13	ja	2	124	134		ja	ja
14	ja					nein	ja
15	ja	78	123			nein	ja
16	ja	1257	1234			nein	ja
17	ja	8	1234			ja	ja
18	ja	27	124			ja	ja
19	ja	38				nein	ja
20	ja	17	14			nein	ja
21	nein			1348	23	ja	ja
22	nein			146	1	nein	ja
23	nein			4	3	nein	ja
24	nein			14	4	nein	ja
25	ja	25				ja	ja
26	ja	2	14			ja	ja
27	nein			13	12	nein	ja
28	nein			17	2	nein	ja
29	nein			12	2	nein	ja
30	ja	28	13			nein	ja
31	nein			14	1	nein	ja
32	nein			1	13	nein	ja
33	nein			13	23		ja
34	nein			8		nein	ja
35	nein			8	3		ja
36	nein			134			ja
37	ja	237	1			nein	nein
38	ja	125	2			ja	nein
39	ja	25	23			ja	nein
40	ja	137	1			ja	nein
41	ja	267				ja	nein
42	ja	125	34			ja	nein
43	ja	245	1			ja	nein
44	ja	1235	1234			ja	nein
45	ja	2367	34			ja	nein
46	ja	25	3			ja	nein
47	ja	123567	134			ja	nein
48	nein				1	nein	nein
49	ja	258	13			ja	nein
50	ja	3457	4				nein
51	ja	2	5			ja	nein
52	ja	235	23			nein	nein
53	ja	2	4			ja	ja
54	nein				13	ja	ja

C.2 Einsatz der Medien in verschiedenen Entwicklungsstadien

In der folgenden Tabelle werden die Antworten auf die Frage 2 zusammengefaßt. In den Spalten „Erstentwurf“ bzw. „Finalpräsentation“ sind die vom den jeweiligen Teilnehmer ausgewählten Medien verschlüsselt, und zwar bedeuten:

- 1 = Skizze
- 2 = CAD-Plot
- 3 = Schattiertes Bild

Die Auswahl mehrerer Medien war möglich und wird entsprechend durch die Angabe mehrerer Ziffern repräsentiert (z.B. bedeutet „13“ Auswahl von Skizze und schattiertem Bild). Die Antworten auf die Frage 3 werden hier nicht dargestellt, da die verbalen Einschätzungen der drei Medien nur von wenigen Teilnehmern vorgenommen wurden, aber teilweise recht ausführlich waren. Diese Hinweise waren jedoch für die Weiterentwicklung des Systems nützlich.

Nr.	Erstentwurf	Begründung (Erstentwurf)	Finalpräsentation	Begründung (Finalpräsentation)	Persönliche Präferenz	CAD-Erfahrung	Architekt ?
1	2	Skizze wirkt gewollt, CAD-Plot nach Überarbeitung, Foto zu fertig	2	Skizze wirkt gewollt, CAD-Plot nach Überarbeitung, Foto zu fertig	3	nein	ja
2	123					nein	ja
3	3	Foto gibt Architektur-Laien anschaulichstes Bild	12	Fachleute lieben eher originelle Graphiken, auf Wettbewerben oft CAD plus Skizzen	1	nein	nein
4	3	Skizze wirkt zu unbeholfen, CAD-Plot zu abstrakt	1	würde gute Skizzen bevorzugen, vermittelt am besten Entwurfscharakter		nein	ja
5	1	mit Skizze Unfertigkeit und Veränderbarkeit zeigen, CAD um Perspektive zu zeigen	1	Ähnlich, und: Fotorealistisch nur, wenn Entwurf extrem gut durchdacht ist	1	ja	ja
6	1	Skizze wirkt lebendiger	2	Bei Ausschreibungen eher Exaktheit gefragt	1	ja	ja
7	1	Wenig zeitaufwendig	3	Um Preis zu gewinnen	2	ja	ja
8	3	Räumlichkeit im Foto am besten	0	Modell bauen	2	ja	ja
9	1	Für Erstentwurf Skizze ausreichend, sieht noch nicht endgültig aus	3	CAD für erklärende Pläne, Foto zum Präsentieren	0	ja	ja
10	2	Präzise Darstellung der Idee	3	Fotorealistisch ist angebrachtes Niveau	3	ja	ja
11	1	Für Erstentwurf Skizze ausreichend	123	Perfektion ist gefragt, aber Skizze durchaus auch möglich	3	ja	ja
12	12	CAD am klarsten, für Vorentwurf Skizze ausreichend	3	Realistischste Darstellung, bester optischer Eindruck	3	nein	ja
13	1	Zeichnerisch adäquate Antwort auf Wissen vom Objekt, sieht besser aus	2	Skizze als Grundlage für weitere grafische Ausarbeitung	1	ja	ja
14	1	Sieht nicht so aus, als sei alles schon entschieden	2	CAD leichter mit anderen Entwürfen vergleichbar	1	nein	ja
15	1	CAD und Foto zu steif, Idee soll demonstriert werden, noch keine Einzelheiten festlegen			1	nein	ja
16	13	Skizze und Foto: Schön und aussagekräftig, Gegensatz von realistisch und abstrakt zeigt den Prozeß			1	nein	ja
17	3	Möglichst gute Idee vom Projekt vermitteln	2	Kommt eher auf Genauigkeit an (technische Details)	1	ja	ja
18	3	Beste Vermittlung der räumlichen Zusammenhänge, Oberflächenstruktur	3	Beste Vermittlung der räumlichen Zusammenhänge, Oberflächenstruktur	3	ja	ja
19	2	Beste Genauigkeit	3	Macht mehr her	3	nein	ja
20	1	Entwurf sollte Flexibilität vermitteln	2	Technische Perfektion und Fortschrittlichkeit vermitteln	1	nein	ja
21	3	Räumliches Vorstellungsvermögen ansprechen	3		3	ja	ja
22	1	Vertrauen zum Architekten eher durch skizzenhafte Darstellung (Handschrift)	12	Kombination der Medien birgt viele gestalterische Möglichkeiten	0	nein	ja
23	3	Klare Darstellung	13	Erster Eindruck soll bestechen, wahrscheinlich aber eher Handzeichnung	3	nein	ja
24	3	Skizze wirkt wie Handzeichnung -> keine Vorteile, Foto sieht am professionellsten aus	3	Sieht am professionellsten aus	3	nein	ja
25	1	Perfekte Zeichnung hemmt den Kunden, Änderungen vorzuschlagen	23	CAD wegen der Details und Foto: räumliche Wirkung besser	2	ja	ja
26	1	Skizze kommt Entwurfscharakter am nächsten, CAD wirkt endgültig, Foto zu unnatürlich	2	Exakte Darstellung nötig	1	ja	ja
27	2	Skizze zu ungenau, Foto zu häßlich	2	ebenfalls	2	nein	ja
28	1	Raum für Interpretationsmöglichkeiten, Betonung eines Konzepts (Stimmung, Leitidee)	2		3	nein	ja
29	1	Locker, persönliche Note, veränderbar, nicht endgültig	2	Exakter, Details besser erkennbar	1	nein	ja
31	2	am besten vorstellbar	2	klare Aussage	2	nein	ja
32	1	bringt Idee rüber, nicht so exakt und scheinbar endgültig	2	genauer, exakter	1	nein	ja
33	2	Lesbarkeit für Laien					ja
34	2	Auf den ersten Blick klar erkennbar	23	Foto höchstens als Effektmittel	2	nein	ja
35	3	Lebendig und trotzdem klar		Lebendig und trotzdem klar			ja
36	1		3		3		ja
37	2	Änderungsvorschläge am besten vermittelbar	3	Technische Perfektion vermitteln, Ansehen	2	nein	nein
38	2	Übersichtlich	3	Foto, da keine Änderungen mehr nötig	3	ja	nein
39	2	Klare Darstellung	2	Klare Darstellung	2	ja	nein
40	1	Änderungen darstellen	2	Klare Darstellung	1	ja	nein
41	1	Skizze für 1. Kontaktaufnahme ausreichend und diskutierfähig	3		2	ja	nein
42	1	Diskutierfähig	23	Kommt auf Genauigkeit an	2	ja	nein
43	2		2		2	ja	nein
44	3	Räumliche Darstellung	2	Detailgenauigkeit	1	ja	nein
45	2	Eindeutig	3	Besserer Eindruck	3	ja	nein
46	2		2		2	ja	nein
47	2	Bessere Anschauung	3	Gestaltung der Fassade		ja	nein
48	2	Übersichtlich, funktionell eindeutig	3	Optisch ansprechender	2	nein	nein
49	1	Hemmschwelle für Änderungen niedriger	3	Realitätsnäher	3	ja	nein
50	3	Realer	2			3	nein
51	1	Entspricht am ehesten dem Entwurfscharakter	2	Entscheider erwarten Strichzeichnungen	1	ja	nein
52	1	Nicht endgültig, sondern Vorschlag, Änderungswünsche werden angeregt	3	Räumliche Darstellung	3	nein	nein
53	2	Am realistischsten	2	Am realistischsten	2	ja	ja
54	3	Kunde beeindrucken			1	ja	ja

C.3 Rolle emotionaler Effekte und Wirkung der Medien

In der folgenden Tabelle sind die Antworten auf die Fragen 4 und 5 dargestellt. Die Bedeutung emotionaler Effekte wurde auf einer bipolaren Rating-Skala bewertet, denen die Werte 1 für „sehr hoch“ bis 5 für „sehr niedrig“ zugeordnet wurden. Die durch ein bestimmtes Medium hervorgerufenen Effekte wurden auf einer Skala bewertet, die von 1 (für „stimme vollständig zu“) bis 5 (für „stimme überhaupt nicht zu“) reichte. Die Antworten sind nach den Kategorien (Interessantheit, Verständlichkeit usw.) geordnet und dem jeweiligen Medium zugeordnet. Dabei bedeuten:

S = Skizze,

C = CAD-Plot,

F = Photorealistisches Bild

C.4 Kommunikation von Änderungsvorschlägen

In der folgenden Tabelle sind die Antworten auf die Frage 6 dargestellt. Die Methoden zur Kommunikation von Änderungsvorschlägen sind wie folgt kodiert:

- 1 = Verbale Äußerung,
- 2 = Gestik (Handbewegungen, Zeigen),
- 3 = Direktes Malen im Bild,
- 4 = Malen auf einem anderen Blatt Papier.

Die Auswahl mehrerer Methoden war möglich.

Nr.	Vorschlag anhand Skizze	Vorschlag anhand schattiertem Bild	CAD-Erfahrung	Architekt ?
1	1234	124	nein	ja
2	34	34	nein	ja
3	13	14	nein	nein
4	1234	124	nein	ja
5	1234	12	ja	ja
6	1234	124	ja	ja
7	13	13	ja	ja
8	124	123	ja	ja
9	134	14	ja	ja
10	134	14	ja	ja
11	234	24	ja	ja
12	34	14	nein	ja
13	134	4	ja	ja
14	1234	1234	nein	ja
15	24	24	nein	ja
16	124	123	nein	ja
17	123	124	ja	ja
18	134	134	ja	ja
19	123	123	nein	ja
20	24	24	nein	ja
21	134	134	ja	ja
22	14	14	nein	ja
23	1234	124	nein	ja
24	34	14	nein	ja
25	13	4	ja	ja
26	34	24	ja	ja
27	123	124	nein	ja
28	134	14	nein	ja
29	13	14	nein	ja
30	3	3	nein	ja
31	24	1	nein	ja
32	134	134	nein	ja
33				ja
34	14	13	nein	ja
35				ja
36	4	4		ja
37	12	12	nein	nein
38	3	4	ja	nein
39	3	4	ja	nein
40	23	24	ja	nein
41	14	13	ja	nein
42	34	34	ja	nein
43	4	14	ja	nein
44	134	34	ja	nein
45	124	13	ja	nein
46	23	2	ja	nein
47	24	12	ja	nein
48	13	124	nein	nein
49	23	24	ja	nein
50				nein
51	3	4	ja	nein
52	23	24	nein	nein
53			ja	ja
54	13	12	ja	ja