Masterarbeit

Human Computer Interaction: Analyse und Segmentierung von PC- Peripheriegeräten

Verfasser:

Gregor J. Jessner

1150 Wien

Betreuung:

Univ. Prof. Dr. W. Grossmann

Angestrebter akademischer Grad:	Diplom-Ingenieur (Dipl.-Ing.)
Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 066 926
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Masterstudium Wirtschaftsinformatik
Ort und Jahr der Einreichung:	Wien, 2008

Inhaltsverzeichnis

1. Abstrakt 3

2. Einleitung und Motivation 3

3. Das Feld der Human-Computer Interaction 5

3.1 Einführung 5

3.2 Historische Entwicklung 7

3.3 User Centered Design 8

3.4 Gesetzliches zur Bildschirmarbeit 10

3.5 Standards 11

4. Hardware 13

4.1 Bildschirm 13

4.1.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise 13

4.1.2 Bildschirme im Kontext der HCI 16

4.2 Tastatur 18

4.2.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise 18

4.2.2 Tastaturen im Kontext der HCI 23

4.3 Computermaus 24

4.3.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise 24

4.3.2 Computermäuse im Kontext der HCI 27

4.4 Schnittstellen- Standards 28

4.4.1 Einführung 28

4.4.2 Serielle Schnittstelle 29

4.4.3 Parallele Schnittstelle 30

4.4.4 PS/2 Schnittstelle 31

4.4.5 Universal Serial Bus 32

5. Vorgehensweise und verwendete statistische Methoden 34

5.1 Conjoint Analyse 34

5.2 Clusteranalyse 36

5.3 Assoziationsanalyse 38

5.4 Vorgehensweise 39

6. Die Datenerhebung 42

6.1 Statistischer Hintergrund 42

6.2 Erstellung des Fragebogens 43

6.3 Der Vor-Test 47
6.4 Der Fragebogen 48
6.5 Die Umfrageteilnehmer 50
7. Die Analyse 51
7.1 Auswertung der allgemeinen Fragestellungen 51
7.2 Auswertung der Monitore 55
7.2.1 Betrachtung der Ist–Situation 55
7.2.2 Betrachtung der Soll–Situation 56
7.3 Auswertung der Tastaturen 60
7.3.1 Betrachtung der Ist–Situation 60
7.3.2 Betrachtung der Soll–Situation 61
7.4 Auswertung der Computermäuse 64
7.4.1 Betrachtung der Ist–Situation 64
7.4.2 Betrachtung der Soll–Situation 66
7.5 Komponentenübergreifende Ergebnisse der Analyse 69
8. Ausblick auf die Zukunft der Hardware-HCI 71
8.1 Virtual & Mixed Reality 71
8.2 Eingabe mittels Blickrichtung 76
9. Conclusio 78
10. Literatur- und Quellenverzeichnis 79
Anhang 82
Abstrakt – Deutsch 82
Abstract – English 82
Lebenslauf: Wissenschaftlicher Werdegang 83
SPSS Syntax für das orthogonale Design 83
SPSS Syntax für die Conjoint Analyse 84
SPSS Syntax der Cluster Analyse für die Monitor-Komponente 85
Dendrogramme der Clusteranalysen 86
Teilnutzen der Monitorcluster 88
Teilnutzen der Tastaturcluster 89
Teilnutzen der Mauscluster 90

"I'm a very selfish designer: when I design software, I design it for me.
And so my first task is to become you."
Bruce Tognazzini, 1995

1. Abstrakt

Die vorliegende Arbeit handelt von der Human-Computer Interaction (HCI). Im Speziellen wird hierbei die menschliche Interaktion mit den wesentlichsten Eingabe- und Ausgabegeräten analysiert. Im Zeitalter einer omnipräsenten Digitalisierung üben IT Systeme einen wesentlichen Einfluss auf uns aus, sodass die Interaktion mit Computern zur täglichen Routine zählt. Eines der vielfältigen Ziele des wissenschaftlichen Feldes der Mensch-Computer Interaktion ist es, diese Interaktion und Kommunikation so einfach und bequem wie möglich zu gestalten. Einführend werden Konzepte und Grundprinzipien der HCI, sowie ihre Auswirkung auf gesetzliche Vorschriften, erläutert.

Mit Hilfe statistischer Methoden werden die Kundenpräferenzen bestimmt und Auskunft über die Wichtigkeit von ausgewählten Merkmalen und deren Ausprägungen gegeben. Da der Bildschirm, die Tastatur als auch die PC Maus zu den wichtigsten Aus- und Eingabegeräten zählen, konzentriert sich die Studie auf diese Komponenten. Zur Sammlung der erforderlichen Informationen wurde eine Online-Umfrage mit 110 Teilnehmern durchgeführt. Den Hauptteil bildet die Präsentation der Umfrage und deren Ergebnisse, inklusive einer Conjoint Analyse, Cluster Analyse sowie einer Assoziationsanalyse für die drei erwähnten Interaktionsgeräteklassen. Da die Umfrage auch Informationen zu allgemeineren Themen, etwa über die Art der PC Nutzung oder über ergonomische Aspekte erhebt, werden auch diese Resultate im Hauptteil präsentiert. Darüber hinaus werden die einzelnen Hardwarekomponenten und deren historischen Entwicklungen beschrieben.

Im Schlussteil werden die Zukunftsaussichten im Bereich der PC-Interaktionen angeführt, vor allem soll hierbei auf die hoch entwickelten Virtual und Mixed Reality Interfaces eingegangen werden.

2. Einleitung und Motivation

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der hardwarespezifischen Interaktion zwischen PC-Systemen und deren Benutzer. Im Fokus der Untersuchung stehen die verbreitesten Peripheriesysteme, die bei der Eingabe sowie Ausgabe von Information behilflich sind. Diese Komponenten sind die Bildschirme bei den Ausgabegeräten, bei den Eingabegeräten werden Tastaturen und Computermäuse untersucht. Erforscht wird die Wichtigkeit bestimmter Merkmale und wie sich deren Ausprägungen auf den Gesamtnutzen des

Benutzers auswirken. Homogene Nutzergruppen werden identifiziert und an ihre Bedürfnisse angepasste Geräte vorgestellt.

Im dritten Abschnitt der Arbeit geht der Autor auf die wesentlichen Aspekte der Human Computer Interaction (HCI) ein. Neben den Begriffserklärungen und der geschichtlichen Entwicklung soll eine Einführung in das Thema präsentiert werden. So werden das Konzept des *User Centered Designs* und Regeln beziehungsweise Richtlinien für eine gesundheitsschonende Interaktion mit dem PC vorgestellt. Darüber hinaus wird auf gesetzliche Bestimmungen eingegangen.

Das vierte Kapitel befasst sich mit den technischen Details zum Thema Computerperipherie und gibt einen Überblick über deren geschichtliche Entwicklung. Erläutert werden die vielfältigen Standards zum Verbinden von Ein- und Ausgabegeräten, aber auch sonstiger externer Hardware mit dem PC.

Das folgende, fünfte Kapitel erklärt die statistischen Methoden, die in der Auswertung der Umfrage angewandt werden. Diese sind die Conjoint Analyse als Basis für die weitere Auswertung, sowie die Clusteranalyse und die Assoziationsregeln, die auf den Ergebnissen der Conjoint Analyse aufbauen.

Details zur Erstellung und Verteilung des Fragebogens und Ähnlichem erhalten Sie im Kapitel *Datenerhebung*. Hierzu zählt auch die Durchführung des Pretests. Der Abschluss dieses Abschnitts ist der Beschreibung der demographischen Daten der Umfrageteilnehmer gewidmet.

Kapitel 7 ist der Auswertung der zu analysierenden Komponenten gewidmet. Als Nebenprodukt der Arbeit sollen unter Anderem allgemeinere Fragen zum Computergebrauch beantwortet werden. Beispielhaft wird ermittelt, wie lange täglich am PC gearbeitet wird, ob gesundheitliche Beschwerden auftreten, die Anzahl der PCs im Besitz, usw. Mit Hilfe statistischer Methoden werden die Kundenpräferenzen bestimmt und so Auskunft über die Wichtigkeit von Merkmalen und deren Ausprägungen geben. Da eine individuell angepasste Produktion der einzelnen Ein- und Ausgabegeräte kaum sinnvoll beziehungsweise möglich ist, sollen daher mit Hilfe der Clusteranalyse einzelne Marktsegmente identifiziert werden. Diesen Segmenten kann anschließend ein Idealprodukt zugeteilt werden. Nach Definieren der einzelnen Marktsegmente für jedes einzelne Eingabe- und Ausgabesystem kann mit Hilfe von Assoziationsregeln ein Vergleich zwischen den Peripheriegeräten durchgeführt werden. Unter Umständen sind häufige Marktsegmentkombinationen identifizierbar. So lassen sich auch die Präferenzen einer Person für ein bestimmtes Produkt vorhersagen, wenn ihre Daten über die Wunschvorstellungen der anderen Ein- und Ausgabegeräte vorhanden sind.

Im folgenden Abschnitt möchte der Autor auf die Zukunftsperspektiven der Computerinteraktion, mit dem steten Fokus auf die Hardware, eingehen. Wesentlichen Einfluss auf zukünftige Anwendungen scheint neben anderen Technologien die Virtual und Mixed Reality auszuüben. Diese fortschrittlichen, interaktiven User Interfaces sind zwar bereits länger Forschungsobjekte, sind allerdings noch zu teuer für eine weite Verbreitung.

Im Abschluss werde ich eine kurze Zusammenfassung der Arbeit geben. Ebenso sind in der Conclusio Gedanken des Autors zur Durchführung der Studie und des Themengebietes enthalten.

Meine Motivation zur Auswahl dieses Themas ist zum Ersten das Interesse an der Computerhardware. Dies betrifft zum Einen die Technik der verschiedenen Computerkomponenten, deren Funktionsweisen und Geschichte. Zum Anderen interessiert sich der Autor nicht nur für die Theorie hinter der Hardware, sondern ist auch dem Assembling zugetan.

Der zweite Punkt, das Interesse an der Ergonomie, beruht auf eigenen regelmäßig auftretenden Schmerzen während längerer Computerbedienung. Somit geht die Arbeit auch auf diese Aspekte ein, erläutert mögliche Gesundheitsrisiken und bietet Vorschläge zu deren Minderung an, umreißt aber ebenso die rechtlichen Vorgaben durch die Republik Österreich.

3. Das Feld der Human - Computer Interaction

3.1 Einführung

Das wissenschaftliche Feld der HCI ist eine junge Disziplin, die sich, stark vereinfacht ausgedrückt, mit den Formen der Interaktion zwischen Computern und deren Benutzern auseinandersetzt. Eine häufig anzutreffende Definition stammt von der Association for Computing Machinery (ACM). Demnach ist die Human-Computer Interaction „a discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for human use and with the study of major phenomena surrounding them." (Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong & Verplan, 1992).

Auch wenn es mehrere Definitionen der HCI gibt, so ist man sich einig, dass die HCI aus vielen Einzeldisziplinen besteht. Zu diesen zählen nach Stone, Jarrett, Woodroffe und Minocha (2005) die Informatik inklusive technischer Informatik, Psychologie, Ergonomie und Grafikdesign. Für Shneiderman (1998) tragen darüber hinaus auch die Soziologie und Anthropologie einen wichtigen Anteil bei. Je nach Herkunft der Spezialisten ergibt sich eine andere Sicht auf das Thema, für ACMs Fachgruppe *Special Interesst Group in Computer-Human Interaction* (SIGCHI) ist das zentrale Element die Informatik, alle anderen Wissenschaften dienen als unterstützende Gebiete. Einen guten Überblick über die jeweiligen Fachgebiete und deren Beitrag zur HCI bietet Shneiderman (1998) an:

- Die Theorien über menschliche motorische und geistige Leistungen stammen meist aus den Richtungen der Psychologie, Ergonomie und teilweise aus der Informatik selbst.

- Den Software Designern schreibt Shneiderman das Vorantreiben der Informationsrepräsentation zu. Hierzu zählen neben den grafischen Formen auch die nicht-visuellen Sinneskanäle, explizit wird die Nutzung von Tönen und Geräuschen erwähnt. Außerdem erwähnt Shneiderman die Virtual Reality, auf die in dieser Arbeit im Kapitel 7 näher eingegangen wird.
- Die Verbesserung der Hardwarekomponenten geschieht durch Hardware- und Systementwickler. Sie untersuchen die für die HCI wesentlichen, auch in dieser Studie im Mittelpunkt stehenden, Eingabe- und Ausgabegeräte.
- Für Soziologen, Anthropologen und sogar Philosophen eignen sich Untersuchungen der menschlichen Komponente der HCI, zum Beispiel die Auswirkungen auf soziale Veränderungen oder Änderungen in der Arbeitswelt.

Diese Aufzählung ist natürlich nicht vollständig. Sie soll jedoch vorführen, dass die HCI ein sehr breites interdisziplinäres Feld mit einer großen Anzahl an Aufgabenstellungen ist.

Die HCI beschäftigt sich nicht nur mit der Nutzung von PCs, sondern schließt alle Arten von Computern ein. Somit fallen auch Mainframes, integrierte Computersysteme und ähnliche Produktgruppen in diese Kategorie. Daraus ergibt sich eine klare Abgrenzung zum sehr ähnlichen Feld der *Man-Machine Interaction*, das darüber hinaus auch alle anderen Arten von Maschinen einbezieht. Der Fokus auf die IT unterscheidet diese Disziplin auch von der Ergonomie, die oft auch als Human Factors bezeichnet wird. Dieses Feld geht noch einen Schritt weiter und befasst sich mit der menschlichen Interaktion mit allen erzeugten Produkten (Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong & Verplan, 1992).

Für Shneiderman (1998) ist das ultimative Ziel der HCI die Verbesserung der *quality of life* des Computernutzers. Jede von ihm zu erledigende Aufgabe soll unter Berücksichtigung der individuellen Eigenschaften und Merkmale durchzuführen sein. Betrachtet man ein Computersystem, so soll dieses unter Berücksichtigung der Aufgaben, die an es gestellt werden, entwickelt werden. An ein PDA werden selbstverständlich andere Software- und Hardwareanforderungen gestellt als an ein Computerprogramm für Spezialisten oder ein öffentliches Ticketterminal an einem Bahnhof. Daher soll das System die entsprechenden zentralen Arbeitsprozesse bestmöglich unterstützen.

Allerdings erwarten sich die User nicht nur innerhalb eines Systems oder Anwendung eine gewisse Konsistenz, sondern auch übergreifend: Das Bild einer Diskette soll den Speicherbefehl ausführen, dessen Bedeutung seit Computeranfängen die gleiche ist, anstatt den Benutzer mit einer neuen Funktion zu Überaschen. Unzählige Standards von Unternehmen, unabhängigen Organisationen und de-facto Standards sind maßgeblich am Design beteiligt. Einen detaillierteren Überblick über die Standards und Vorgehensweisen erhalten Sie in den Kapiteln 3.3 bis 3.5.

Ein wesentlicher Begriff der HCI ist das User Interface. Darunter werden in diesem Kontext alle Komponenten zusammengefasst, die eine Kommunikation mit einem Computer ermöglichen. Stone, Jarrett, Woodroffe und Minocha (2005, S.4) bezeichnen das User Interface als „that part of the computer system with which a user interacts in order to

undertake his or her tasks and achieve his or her goals“. Für einen typischen PC würden hierzu nebst der entsprechenden Software ein Monitor als Ausgabegerät, sowie eine Tastatur und eine Maus als Eingabegeräte fungieren. Diesen drei Peripheriegeräten werden in dieser Studie besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die immense Wichtigkeit der User Interfaces für deren Benutzer zeigt sich, dass für viele Personen das User Interface nicht nur der Kommunikation dient, sondern das gesamte Computersystem ausmacht – oder in den Worten der eben erwähnten Autoren: „[…] to users the interface often *is* the system.“ (Stone, Jarrett, Woodroffe & Minocha, 2005, S.4).

3.2 Historische Entwicklung

Aufgrund der vielen Teilgebiete der HCI ist es nicht einfach einen genauen Zeitpunkt als Anfang festzulegen. Jede Disziplin hat ihren Beitrag geleistet, sodass kaum ein bestimmtes Jahr als Geburtsjahr bestimmt werden kann.

Ein wichtiges Datum der vergangenen HCI ist für J. Canny (2006) das Jahr 1973. Zu dieser Zeit, bereits bevor IBM mit dem PC eine neue Ära der Computergeschichte begründete, überwiegen Minicomputer und Großrechner. Getrieben von der Vision, Computer für jedermann herzustellen, veröffentlicht Xerox PARC seinen Alto Desktop Computer. Dass dieser PC- Vorläufer niemals kommerziell erfolgreich wurde ordnet Canny den Umständen zu, dass für den Alto trotz seiner technischen Qualitäten zu wenig Marktforschung betrieben wurde, das System keinen Software-Verkaufsschlager besaß, noch wurde dessen Software benutzerfreundlich gestaltet. Demgegenüber stellt er den von Xerox 1976 entwickelten Star vor, der seiner Meinung zu Recht als Begründer der HCI gilt. Entscheidenden Anteil an der Benutzerfreundlichkeit ist insbesondere dem *Windows, Icons, Mouse, Pointer* (WIMP)-Paradigma mit dessen grafischer Benutzeroberfläche zuzuschreiben - und auf diese Art den Computern den Weg zur Nutzung durch die Allgemeinheit ebnete (Canny, 2006). Allerdings konnte auch dieser Computer nie die erhoffte Popularität erringen, entgegen des ausgezeichneten Interfacedesigns, des ausgereiften Entwicklungsprozesses für die Softwareherstellung und der benutzerfreundlichen Gestaltung. Der Grundgedanke des WIMP Paradigmas ist allerdings noch heute in den meisten Anwendungen erkennbar.

Die nahe Zukunft der HCI scheint aufregend und vielversprechend zu werden. Die stetig steigende Verbreitung von Computern aller Art, zunehmende Automatisierung und technischer Fortschritt garantieren eine intensive Auseinandersetzung mit HCI-spezifischen Themen. Als Beispiele für zukünftig wichtige Forschungsbereiche nennt Shneiderman (1998) die Reduzierung der Computerangst, eine automatische Anpassung der Programme an die steigenden Programmkenntnisse der Benutzer, die Entwicklung fortgeschrittener Werkzeuge zur Definition und Implementierung von Interaktionen sowie das Vorantreiben der aktuellen User Interface Hardware. Canny (2006) erhofft sich von zukünftigen Entwicklungen Verbesserungen im Bereich der kontextabhängigen Mensch Computer Interaktion. Dies bedeutet, dass unter Berücksichtigung der

benutzerspezifischen Historie, umweltbedingter und situativer Faktoren und Ähnliches intelligente Interaktionen ermöglicht werden.

3.3 User Centered Design

Ein wesentlicher Gedanke der HCI ist die Anpassung der Benutzerschnittstellen an den Systembediener. Die *User-Centered Design* (UCD) Methode ist ein Ansatz, der Herstellern bestmöglich bei der Umsetzung dieses Gedankens unterstützen soll. UCD basiert auf dem internationalen Standard ISO 13.407 *Human-Centered Design Process*. Da es nicht ausreicht, nur den zukünftigen Benutzer und dessen Aufgaben zu identifizieren, beschäftigt sich diese Methode auch mit dessen organisationeller, physischer und sozialen Umgebung (Stone, Jarrett, Woodroffe & Minocha, 2005).

UCD basiert auf einem iterativen Entwicklungsprozess mit einer frühestmöglichen, starken Einbindung der zukünftigen Benutzer. Stone empfiehlt für UCD Projekte den in Abbildung 1 dargestellten *Star Life Cycle* als Vorgangsmodell zu wählen. Er unterstützt ihrer Meinung nach ausgezeichnet den iterativen Gedanken und verdeutlicht mit der zentral positionierten Evaluierung die Wichtigkeit der Usereinbindung. Die Einbindung der Benutzer beginnt üblicherweise bei der Erfassung der Anforderungen. Dabei sollten neben den zukünftigen Nutzern auch alle anderen Stakeholder mit berechtigtem Interesse am neuen Interface eingebunden werden. Weitere Phasen mit wesentlicher Einbindung sind laut dem erwähnten Autorenteam während der Prototypentwicklung und –bewertung, kurz vor Einführung des Systems und während der Schulungen.

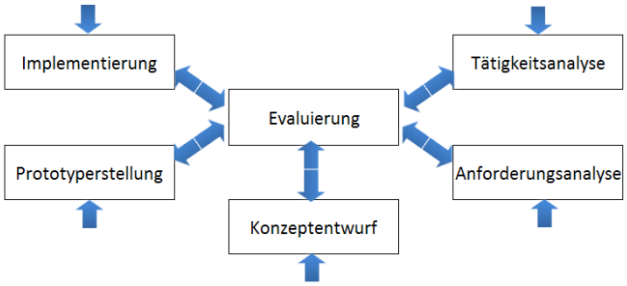


Abbildung 1: Star Life Cycle als UCD- Prozess (nach Stone et al., 2005)

Neben der Auswahl des passenden Vorgehensmodells sind auch personelle Ressourcen auschlaggebend für den Erfolg. So soll das Entwicklerteam umfassende Kenntnis der HCI besitzen und somit auf Ressourcen der bereits erwähnten unterschiedlichen unterliegenden Wissensfelder zurückgreifen können.

Wenn das Ziel vorgegeben wird, eine bestmögliche Anpassung an den Benutzer zu erreichen, muss auf dessen Besonderheiten eingegangen werden. Dabei müssen insofern Abstriche gemacht werden, dass die Ausrichtung anhand einer Zielgruppe erfolgt, da es nicht üblich und sinnvoll ist, auf jedes Individuum gesondert zu agieren. Ein unerlässliches Kriterium sind die physischen Merkmale. Die Anthropologie, die sich mit der Entwicklung und den Unterschieden der menschlichen körperlichen Eigenschaften beschäftigt, stellt für diese Zwecke ausreichend Unterlagen zur Verfügung. Von besonderem Interesse für die Gestaltung von Hardware-Benutzerschnittstellen sind die Körpermaße. Allerdings gibt Shneiderman (1998) zu bedenken, dass es keinen „Durchschnittsbenutzer“ gibt, und daher

im Falle einer einheitlichen Produktentwicklung für die Teilmenge der Benutzer, die weit vom Mittelwert der Zielgruppe gestreut sind, etliche Abstriche vom Ideal gemacht werden müssen. Neben den Körpermaßen betont Shneiderman (1998) noch die Wichtigkeit von dynamischen Aktionen – darunter versteht er etwa die Größe der Zugriffsfläche in sitzender Position oder die Muskelkraft – und Wahrnehmungsfähigkeiten, vor allem visuelle Merkmale stehen hierbei im Mittelpunkt.

Verständlicherweise sind auch kulturelle Unterschiede zu beachten. Die Sprache, deren Buchstaben und Zeichen, und nationale Maßeinheiten sind offensichtliche kulturelle Differenzen. Verhaltensmuster sowie Gedankenmodelle sind komplizierter zu identifizieren, sollten allerdings ebenfalls nicht vernachlässigt werden. Wie wichtig Lokalisierungen sind kann aus Hardwaresicht anhand der erhältlichen Tastaturvarianten veranschaulicht werden. Viele Sprachen enthalten Sonderzeichen, sodass zusätzliche Tasten gegenüber dem amerikanischen 104-tastigen Standardmodell zur Verfügung stehen müssen, oder benutzen gar ein anderes Zeichensystem. So erlauben kyrillische oder Tastaturen für asiatische Sprachen neben den lokalen Zeichensätzen meist eine Eingabe lateinischer Buchstaben. Nicht lokalisierte Tastaturen haben gegenüber lokalen Konkurrenzprodukten kaum Marktchancen. Ähnliches gilt für den Softwarebereich.

Shneiderman (1998) führt als einen weiteren Faktor zur Gestaltung benutzerzentrierter Userinterfaces die persönlichen Unterschiede an, wobei er hier dem Geschlecht des Benutzers eine wesentliche Bedeutung zuschreibt und dies anhand von bevorzugten Lieblingsspielen und –genres verdeutlicht. Als Unterstützung zur Kategorisierung der Persönlichkeit empfiehlt er die Verwendung des *Myers-Briggs Type Indicator* (MBTI), das auf Carl Gustav Jungs Theorie der vier Archetypen aufbaut (Abb. 2). Diese kostenpflichtige Methode ist im Eigentum des Unternehmens CPP, welche MBTI in erster Linie als Werkzeug für Karriereberater und das Personalmanagement bewirbt (CPP, 2008). Frei zugängliche Varianten wurden jedoch ebenfalls entwickelt.

Beschreibt	Motivation zur Sinneserfahrung	
Dimension	Extroversion	Introversion
Fokus	Unterschiedliche Erfahrungen	Detailierte, tiefe Erfahrungen
Wünschen sich	Vielfalt & Aktivität	Ähnliche Strukturen

Verarbeitung der Sinneseindrücke	
Sensing	Intuition
Objektive Rohdaten	Subjektive Einschätzung
Bewährte Routinen	Neue Lösungswege

Beschreibt	Entscheidungsfestigkeit	
Dimension	Perceptive	Judging
Wünschen sich	Anpassen an neue Situationen	Ausführung des eigenen Plans
Lehnen ab	Treffen von Entscheidungen	Nicht geplante Änderungen

Art der Entscheidungsfindung	
Feeling	Thinking
Emotionen & subjektive Ent.	Rationale & logische Einteilung
Emotionslosigkeit	Emotionen

Abbildung 2: Kategorisierung der Persönlichkeit mit Hilfe der 8 MBTI-Dimensionen (nach Shneiderman, 1998; Wikipedia, 2008)

Die MBTI Methode baut auf einen umfassenden Fragebogen mit dichotomen Antwortmöglichkeiten auf. Nach der Auswertung erfolgt die Einteilung in eine von 16 möglichen Persönlichkeitskategorien mit detaillierten Erläuterungen zum Persönlichkeitstyp.

Der Fokus der UCD- Methode auf die Benutzer und deren Aufgaben, zusammen mit dem vom Entwicklungsteam zur Verfügung gestelltem HCI-Wissen, sollen die

Entwicklungskosten senken, Benutzerzufriedenheit und Effizienz steigern. Dies trifft für die Softwaregestaltung ebenso zu wie für Hardwarekomponenten.

3.4 Gesetzliches zur Bildschirmarbeit

Zum Schutze ihrer Bürger beschäftigen sich auch Gesetzesgeber mit der HCI, im Speziellen mit der Ergonomie. Im Vordergrund stehen hierbei für die europäischen Staaten gesundheitliche und sicherheitstechnische Aspekte (Billingsley, 1994). Relevante österreichische gesetzliche Grundlagen sind im ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG BGBI. 450/1995) und in der Bildschirmarbeitsverordnung (BS-V BGBI. II 124/1998) verankert. Im Paragraph 67 des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes definiert man Bildschirmarbeitsplätze als „Arbeitsplätze, bei denen das Bildschirmgerät und die Dateneingabetastatur oder sonstige Steuerungseinheit sowie gegebenenfalls ein Informationsträger eine funktionale Einheit bilden“. (ASchG, §67). Dieser und der folgende Paragraph regeln innerhalb von 13 Absätzen die Pflichten der Arbeitgeber gegenüber den Bildschirmarbeitern, bleiben allerdings recht vage und lassen Platz für unterschiedliche Interpretationen. Zusammenfassend werden die folgenden Punkte angesprochen:

- Die Pflicht zur ergonomischen Gestaltung der Arbeitsplatzmittel und Arbeitsumgebung.
- Die Ein- und Ausgabegeräte müssen dem Stand der Technik entsprechen.
- Für eine angemessene Beleuchtung und Platzangebot ist zu sorgen.
- Verwendung von an die Tätigkeit und dem Benutzer angepasster Software.
- Verpflichtende Pausen oder Unterbrechungen.
- Arbeitnehmer haben ein Recht auf kostenlose, regelmäßig wiederkehrende Untersuchungen des Sehvermögens sowie auf eventuelle Sehhilfen.

Arbeitsmittel	vorgeschriebene Eigenschaften
Bildschirm	deutliche Darstellung des Inhalts flimmerfrei und reflexionsarm einfache Anpassung von Helligkeit und Kontrast einfache Anpassung an die Arbeitsposition angemessene Bildschirmgröße
Tastatur	matte Oberfläche Anpassung des Neigungswinkels lesbare Beschriftung der Tasten
Arbeitstisch	ausreichend groß und reflexionsarm Arbeitsmittel können flexibel angeordnet werden Kanten und Ecken sind abgerundet Platz zum Auflegen der Hände vor der Tastatur ausreichend Beinfreiheit unter dem Tisch
Arbeitsstuhl	unterstützt ergonomische Körperhaltungen besitzt mindestens fünf Rollen oder Gleiter verstellbare Sitzhöhe und Rückenlehne

Abbildung 3: Kriterien für Arbeitsmittel

Die Bildschirmarbeitsverordnung klärt in fünf Abschnitten und 17 Paragraphen weitere Details zum gesetzlichen Zustand. Der erste Abschnitt, inklusive einer Referenz zum ArbeitnehmerInnenschutzgesetz, befasst sich mit dem Geltungsbereich der Verordnung. Darüber hinaus definiert der Gesetzesgeber, dass eine Arbeit als Bildschirmarbeit klassifiziert wird, wenn pro Arbeitstag durchgehend zwei Stunden, oder drei Stunden bei gewährten Pausen, mit Bildschirmarbeit ausgefüllt werden.

Laut zweitem Abschnitt müssen die erwähnten Arbeitsmittel vorgeschriebene Bedingungen erfüllen um zugelassen zu werden. Abbildung 3 führt wesentliche Kriterien

für diese an. Des Weiteren steht den Arbeitnehmern das Recht auf eine Fußstütze zu, wenn diese erforderlich sein sollte. Zum Thema der Beleuchtung steht in der Verordnung, dass sie keine unnötigen Störungen an den Arbeitsmitteln verursachen dürfen, Fenster müssen verdunkelbar sein. Bildschirme sind, wenn möglich, so aufzustellen, dass die Blickrichtung und Fensterreihe parallel zueinander sind. Die Regelung der Pausenzeit für ununterbrochene Bildschirmarbeit stellt einen weiteren zentralen Punkt der Verordnung dar. Hierbei gibt es unterschiedliche, jedoch gleichwertige Arten. Die erwähnte Pause kann in einem Tätigkeitswechsel oder in einer echten Pause bestehen, wobei Pausen nach § 10.(5) in die Arbeitszeit einzurechnen sind. Ebenso wie im ArbeitnehmerInnenschutzgesetz wird auch in der Bildschirmarbeitsverordnung das Recht auf eine Augenuntersuchung und einer Sehhilfe erwähnt. Vorschriftsmäßig müssen Tastaturen neigbar sein, obwohl aus gesundheitlicher Sicht eine möglichst flache Tastaturlage zu empfehlen wäre. Zu steil eingestellte Tastaturen können die Blutgefäße, Sehnen und Nerven in Handgelenksnähe einengen und damit Schmerzen und Gesundheitsrisiken fördern (Wittig-Goetz, 2008).

3.5 Standards

Für alle denkbaren Bereiche der HCI sind Standards und Richtlinien verfügbar. Erstellt werden sie von Organisationen und Unternehmen für internationale oder nationale Ebenen. Eine der wichtigsten Institutionen ist die *International Organization for Standardization* (ISO). Sie veröffentlicht in regelmäßigen Abständen neue, gebührenpflichtige Standards unter dem Begriff „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“, auch als ISO 9241 bekannt. Teile, die vor 2006 veröffentlicht wurden, tragen allerdings noch den ursprünglichen Titel „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten“ (vgl. ISO, 2008). Folgende Teile werden auf der Homepage http://www.iso.org der Organisation zum Kauf angeboten:

- 9241-1:1997 General Introduction
- 9241-2:1992 Guidance on task requirements
- 9241-3:1992 Visual display requirements
- 9241-4:1998 Keyboard requirements
- 9241-5:1998 Workstation layout and postural requirements
- 9241-6:1999 Guidance on the work environment
- 9241-7:1998 Requirements for display with reflections
- 9241-8:1997 Requirements for displayed colours
- 9241-9:2000 Requirements for non-keyboard input devices
- 9241-11:1998 Guidance on usability
- 9241-12:1998 Presentation of information
- 9241-13:1998 User guidance
- 9241-14:1997 Menu dialogues
- 9241-15:1997 Command dialogues
- 9241-16:1999 Direct manipulation dialogues
- 9241-17:1998 Form filling dialogues

- 9241-20:2008 Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services
- 9241-110:2006 Dialogue principles
- 9241-151:2008 Guidance on World Wide Web user interfaces
- 9241-171:2008 Guidance on software accessibility
- 9241-400:2007 Principles and requirements for physical input devices
- 9241-410:2008 Design criteria for physical input devices

Für die Hardware sind daher die Standardteile drei, vier und sieben bis neun interessant. Bildschirme werden in den Teilen drei, sieben und acht behandelt, wobei jeder Teil im Schnitt 29 Seiten aufweist und 71 Euro kostet. Der Rest der aufgezählten Teile beschäftigt sich mit den Inputgeräten, sie sind um je 70 Euro erhältlich und umfassen 27 Seiten. Teil vier handelt von den Tastaturen, alle sonstigen Eingabegeräte werden im neunten Teil zusammengefasst.

Selbstverständlich gibt es neben diesen speziell erwähnten Standards zahlreiche weitere Standards und Regeln, die die HCI direkt oder indirekt betreffen. Allerdings soll auf diese an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

4. Hardware

4.1 Bildschirm

4.1.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise

Der Bildschirm ist *das* Ausgabegerät des PCs schlechthin. Als grafische Geräte nutzen sie zur Informationsrepräsentation den für Menschen optimalen visuellen Sinneskanal. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass jeder PC einen angeschlossenen Monitor voraussetzt. Im Gegensatz zu konkurrierenden Ausgabegeräten überzeugt er durch seine sofortige Synchronisierung und der reichhaltigen Informationsdarstellung in hoher Bildqualität. Trotz der von Shneiderman (1998) aufgezählten potentiellen Gesundheitsrisiken der visuellen Ermüdung, Stress und Strahlungsaussetzung gibt es keine echten Alternativen zum Monitor. Das hartnäckige Gerücht der früheren PC-Geschichte, der Bildschirm mache generell krank, kann heutzutage getrost beiseite geschoben werden.

Frühe Computer integrierten den Bildschirm in das Computergehäuse und bildeten eine gemeinsame Einheit. Seit der Trennung, die durch IBMs ersten PC 1981 Verbreitung erlangte, verwendet man als Synonym auch den Begriff Monitor. Bildschirme basierten bis vor Kurzem auf der von F. Braun 1897 erfundenen Kathodenstrahlröhrentechnologie (CRT) (Abb. 4).

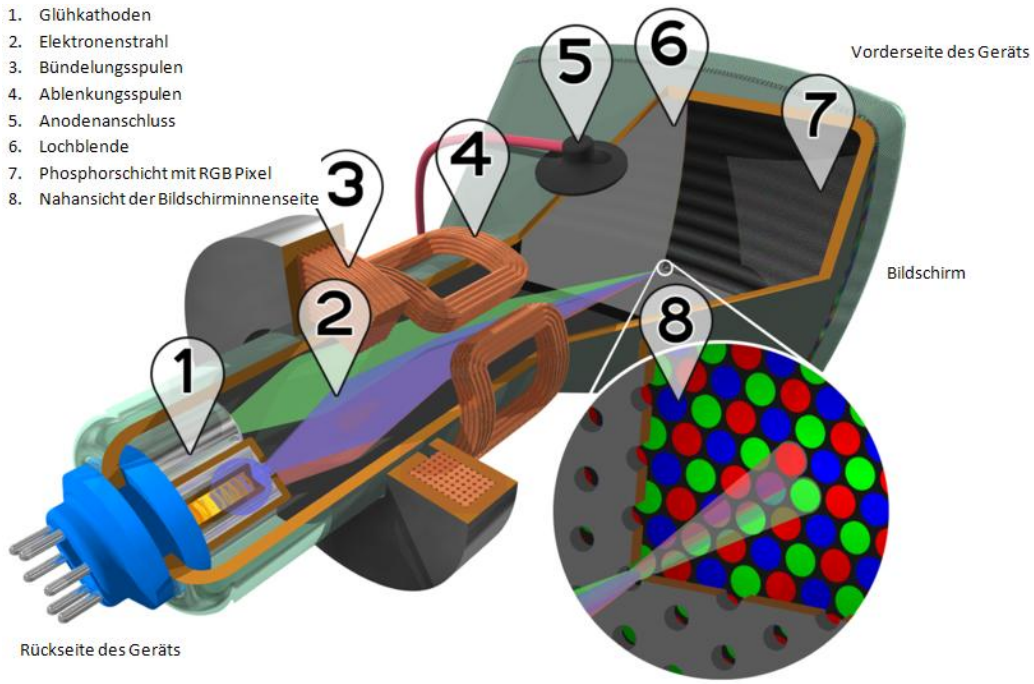


Abbildung 4: Aufbau von Kathodenstrahlenröhren (nach Wikipedia, Kathodenstrahlröhre, 2006)

Hierbei werden Elektronen mit hoher Geschwindigkeit aus einer Kathode geschossen und mit Hilfe eines magnetischen Feldes zur gewünschten Position gelenkt. Auf diese Weise

wird der Elektronenstahl zeilenweise vom ersten linken Bildpunkt der obersten Zeile bis zum letzten Pixel der rechten, unteren Ecke geführt. Anschließend beginnt der Kreislauf von vorne. Die Zeit um diese Strecke zurückzulegen, die Wiederholrate, ist ein wesentliches Leistungsmerkmal. Ein zu langsamer Bildaufbau ist deutlich als Flimmern des Bildes erkennbar. Als Bündelungshilfe dient die Lochmaske, die je nach Ausführungsart die Bildpunkte in Form eines gleichschenkligen Dreieckes (Deltaröhre), streifenförmig (Triniton-Röhre) oder rechteckig (In-Line-Röhre) anordnet. Die auf der Bildschirmoberfläche aufschlagenden Elektronen bringen die dort angebrachte Phosphorschicht zum Leuchten. Aufgrund der geringen Wiederholraten erfreute sich der grünfärbige P39 Phosphor bei den Herstellern der frühen Ära großer Beliebtheit. Seine langanhaltende Leuchtkraft kann die geringen Wiederholraten zumindest teilweise kompensieren (Shneiderman, 1998), sodass das störende Flimmern gemindert wird. Frühe Modelle erlauben nur monochrome Darstellungen. Zur Darstellung von Farben bestehen die Bildpunkte aus je einer rot-, grün- und blaufärbigen Subeinheit. Allerdings sind drei Kathoden nötig um jeden Farbpunkt mit einer eigenen Intensität zu beschießen und so durch eine additive Mischung andere Farbtöne herzustellen.

Heutzutage gelten Kathodenstrahlröhren als veraltet. Abgelöst werden sie von Plasma- und den im Computerbereich bevorzugten Flüssigkristalltechnologien (LC). Die Flüssigkeitskristalle selbst erzeugen kein Licht. Da sie auf eine Hintergrundbeleuchtung angewiesen sind spricht man von passiven Displays. Die Eigenschaft der Flüssigkristalle, bei Stromanlegung die Lichtbrechungsrichtung zu verändern und somit zu verdunkeln, und bei der Freilassung in den durchsichtigen Zustand zurück zu wechseln, ist bereits seit Mitte des 20. Jahrhunderts bekannt. Wie der Name bereits andeutet, sind sie sowohl flüssig als auch dank ihrer kristallinen Eigenschaft anisotrop, können also je nach Ausrichtung Einfluss auf den Lichtverlauf nehmen. Die Ausrichtung der stabförmigen Flüssigkristalle geschieht mittels Magnetfeld. In Abbildung 5 sehen Sie den Aufbau einer LCD Zelle. Ein Glas umschließt die Zelle. Der erste Polarisationsfilter filtert alle nichtparallelen Lichtwellen aus. Die die Flüssigkristallschicht umgebenden Elektroden beeinflussen die Ausrichtung der Flüssigkristalle und steuern somit die Lichtdurchlässigkeit. Ob das Licht in der LC Schicht gedreht wird und wie stark, hängt von der Herstellungsmethode ab. In Abbildung 5 erfolgt im Ruhezustand eine Drehung um 90 Grad. Aktivieren die Elektroden die Flüssigkristalle kann die nötige Drehung nichtmehr vollzogen werden und das Licht wird vom zweiten Polarisationsfilter absorbiert. Bei Farb-LCDs folgt nun abwechselnd eine Schicht mit einer der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau. Sie benötigen daher für einen Pixel drei separate LC Zellen. Den Abschluss bildet zum Schutz der Konstruktion eine zweite Glasschicht.

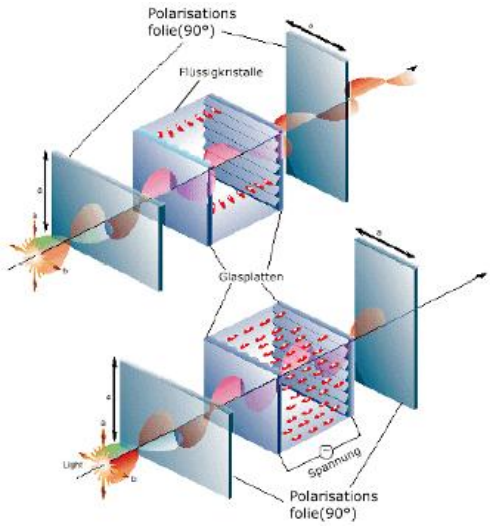


Abbildung 5: Funktionsweise der Flüssigkristallbildschirme (ODECTRA, 2008)

Den interessierten Lesern, die mehr über die technische Funktionsweise und Anwendung der LCDs erfahren möchten, wird die öffentlich zugängliche Webseite www.pacificdisplay.com/technical.htm empfohlen.

Die Bildqualität der ersten LCDs konnte noch nicht mit den konkurrierenden CRT mithalten. Ortmann (2006) führt dies auf zwei Ursachen zurück: Zum Einen war der Kontrast zwischen lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Zellen zu gering, um scharfe, farbgetreue Bilder zu erzeugen. Dieses Problem wird in modernen Flachbildschirmen mit Hilfe spezieller lichtbrechender Folien und weiterentwickelten Fertigungsmethoden gelöst, sodass durchaus erstaunliche Kontrastverhältnisse erzielt werden. Die zweite Ursache ist auf die Trägheit der Flüssigkristalle zurückzuführen, da sie sich nach dem Anlegen der Spannung nur relativ langsam in ihre Ausgangslage zurückpositionieren. Bei raschen Bildänderungen entstehen somit Schlieren und Schmiereffekte. Mit Hilfe der neu entwickelten Thin Film Transistor (TFT) Displays, einer Modifikation der existierenden LCDs, konnten diese Probleme seiner Meinung nach allerdings beseitigt werden. Sie teilen jedem Bildpunkt zur Erzeugung eines Magnetfeldes einen eigenen Transistor und einen Kondensator zur Steuerung zu. Diese Vorgehensweise ist als Aktiv-Matrix bekannt, denen die früheren Modelle mit sogenannter Passiv-Matrix gegenüberstehen. Sie steuern Bildpunkte über ein Leitungsgeflecht zeilen- und spaltenweise an.

Bei der Betrachtung des aktuellen Marktes ist die Übermächtigkeit der TFT-LCDs erkennbar. Weder Anbieter noch Käufer scheinen noch Interesse an CRT Monitoren zu besitzen. Vergleicht man beide Technologien ist dies auch nicht verwunderlich. Wesentliche Vorteile der LCD Monitore sind:

- Geringerer Stromverbrauch.
- Augenschonendes Arbeiten: die flimmerfreie Anzeige sorgt für größeres Wohlbefinden.
- Platzersparnis: Neben der geringen Tiefe benötigen LCDs keine breiten, ungenutzten Ränder.
- Geringeres Gewicht.
- Besseres Verhältnis zwischen Gehäuse- und Anzeigefläche.
- Weniger Abwärme.

Abbildung 6 fasst Attribute von LCD Monitoren in den drei Kategorien *Technologie*, *Verbauung*, und *Sonstiges* zusammen. Übliche Technologiearten sind CRT, LCD und TFT. Das Bildformat kennzeichnet das Verhältnis der Länge zur Breite des sichtbaren Bildes. Im PC-Bereich ist das Standardformat 4:3 und seit Neuerem sind vermehrt die Breitbildmonitore mit 16:10, inklusive seltener vorkommender Derivate, anzutreffen. Nach allgemeiner Auffassung sind Breitbildmonitore zu bevorzugen, denn sie entsprechen eher dem menschlichen Sehbereich. Die Bildschirmgröße definiert die tatsächliche Anzeigefläche des Bildschirms. Sie wird entweder als Länge der Achsen in Zentimeter oder als Bilddiagonale in Inch angegeben. Das 16:10 Format weist bei gleicher Länge der Bilddiagonale allerdings eine geringe Fläche als die 4:3 Produkte auf. Der Punktabstand misst die Entfernung der benachbarten Pixel. Eine andere Schreibweise für das gleiche

Konzept ist die *dots per inch* (dpi) Notation. Je geringer der Abstand, umso höher die Bildqualität. Der Abstand der Pixel bestimmt zusammen mit den Bildmaßen die native Auflösung des Monitors. Gängige native Auflösungen sind 1024 x 768, 1280 x 960, 1280 x 1024 (entspricht 5:4) und 1600 x 1200. Der Begriff nativ deutet darauf hin, dass der Bildschirm für diese Auflösung produziert wurde und daher bei der Wahl der Auflösung bevorzugt werden sollte. Gröbere Auflösungen dürfen eingestellt werden. Das Aktivieren von schärferen als die native Auflösung ist allerdings physikalisch unmöglich. Unter der Reaktionszeit versteht man die Dauer, die ein Pixel benötigt, um von Hell nach Dunkel und wieder zurück zu schalten. Moderne TFT Bildschirme brauchen hierzu etwa 5 bis 12 Millisekunden. Computerspieler sollten verstärkt auf diese Eigenschaft achten, ansonsten kann es beim raschen Bildwechsel zu unerwünschten Schliereneffekten kommen. Das Kontrastverhältnis kennzeichnet den Unterschied zwischen Hell und Dunkel, und übt daher ebenfalls einen starken Einfluss auf die Bildqualität aus. Je höher dieses Verhältnis, umso getreuer werden Bilder dargestellt.

Technologie	Verbauung	Sonstiges
Technologie	Design	Anschluss
Bildformat	Gehäusemaße	Menüführung
Bildschirmgröße	Gewicht	Lautsprecher
Punktabstand	Höhen- & Neigungsanpassung	Kosten
Reaktionszeit	Hochformatdarstellung	Garantie
Maximale Helligkeit	Haltbarkeit	
Kontrast		
Horizontale & vertikale Frequenz		
Stromverbrauch		

Abbildung 6: Wichtige Monitor-Attribute

4.1.2 Bildschirme im Kontext der HCI

Der Bildschirm nimmt als wichtigstes Mittel zur Interaktion mit dem PC eine zentrale Rolle in der HCI ein. Daher ist es nicht verwunderlich, dass sich unzählige Standards, Richtlinien und Ratschlägen mit dem Bildschirm selbst, als auch mit dessen Zusammenhang in der Mensch-Computer Beziehung beschäftigen. Technische Minimalanforderungen, die Bildschirme einhalten müssen, werden vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Auch wenn dieser recht vage bleibt, kann davon ausgegangen werden, dass alle aktuell zum Verkauf angebotenen Monitore diesen Anforderungen entsprechen.

Dem Fortschritt der Technik ist zu verdanken, dass die Bildqualität längst ein Niveau erreicht hat, um die geforderte deutliche Darstellung des Inhalts zu gewährleisten. Längst werden aktuelle 4:3-formatige Bildschirme mit einer minimalen physikalischen Auflösung von 1024 x 768 angeboten, schlechtere Monitorauflösungen konnte der Autor bei keinem Anbieter oder Portal (vgl. Acer, Belinea, Geizhals, Lenovo, 2008) finden. Auch der Kontrast, ein weiteres Merkmal der Darstellungsqualität, ist selbst bei Billigmodellen mit 400:1 ausreichend. Den Vergleich mit Fernsehgeräten oder Filmprojektoren, die beispielsweise

eine Kontrastrate von etwa 500:1 (Da-Lite, 1997) aufweisen, brauchen sie nicht zu scheuen. Flimmerfrei sind Flachbildschirme ebenfalls, da sie das Bild, im Gegensatz zu den Kathodenstrahlröhrenmonitoren, ständig anzeigen und nicht mehr sequentiell aufbauen.

Für den richtigen Standort des Bildschirms sind mehrere Faktoren bestimmend. Bereits bei der Bildschirmarbeitsverordnung wurde erwähnt, dass die Darstellungsflächen der Bildschirme, sofern dies möglich ist, stets im rechten Winkel zur Fensterreihe oder einem Beleuchtungsband aufgestellt werden sollten um Reflexionen zu vermeiden. Die Häufigkeit, mit der der Computer am Arbeitsplatz verwendet wird, sollte ebenfalls bei der Positionierung beachtet werden: So empfehlen Richenhagen, Prümper und Wagner (2002) bei einer intensiven Nutzung den Monitor ausschließlich vor dem Nutzer zu installieren. Nur bei seltener Verwendung des PCs kann sich der Monitor auch auf einer Seite befinden. Ideal sind schwenkbare Plattformen, sodass der Monitor je nach Situation passend ausgerichtet werden kann. Dies trifft insbesondere auf Front Office- Arbeitsplätze zu, bei denen der Monitor die Sicht auf Kunden versperren würde. Als geeignete Höhe wird stets befürwortet, dass sich die oberste Zeile des Bildes unterhalb der Augenhöhe befindet. Der Abbildung 7 können Sie eine detailierte Empfehlung entnehmen. Der Bereich A kennzeichnet das optimale, B die Größe des totalen Sichtfeldes. Demnach sollte sich das Bildschirmzentrum etwa 35 Grad unter der Horizontalen befinden. Ist der Bildschirm zu hoch, können Nacken- und Schultermuskulatur überlastet werden. Ebenso sind die unter Umständen auftretenden Rückenschmerzen bei zu niedrigen Bildschirmen zu vermeiden. Die Anpassung der Höhe stellt für moderne LCD- Bildschirme im Normalfall kein Problem dar. Ältere, insbesondere die schweren CRT Modelle, bieten diese Funktion meist nicht an. Unter Umständen helfen in solchen Situationen bis zu einer gewissen Differenz höhenverstellbare Tische, oder auch Stühle, um eine ergonomischere Haltung einzunehmen. Allerdings gilt hierbei für die Höhe der Arbeitsfläche ähnliches wie für die Monitorhöhe: ist sie zu hoch, so können Krämpfe in den Armen entstehen und der Arbeitstisch drückt eventuell gegen die Unterarme. Eine zu niedrige Ablage verursacht durch „die ständige Krümmung des Rückens Beschwerden vom oberen Nackenbereich bis in die Lendenwirbelgegend. Dazu kommen ein eingedrückter Magen und, je nach Höhe der Sitzfläche und Beinstellung, eingeklemmte Oberschenken und Druckstellen am Unterschenkel“ (Bechmann, Johst, Jungen, Landerer, Reuschenbach & Theißing, 1999).

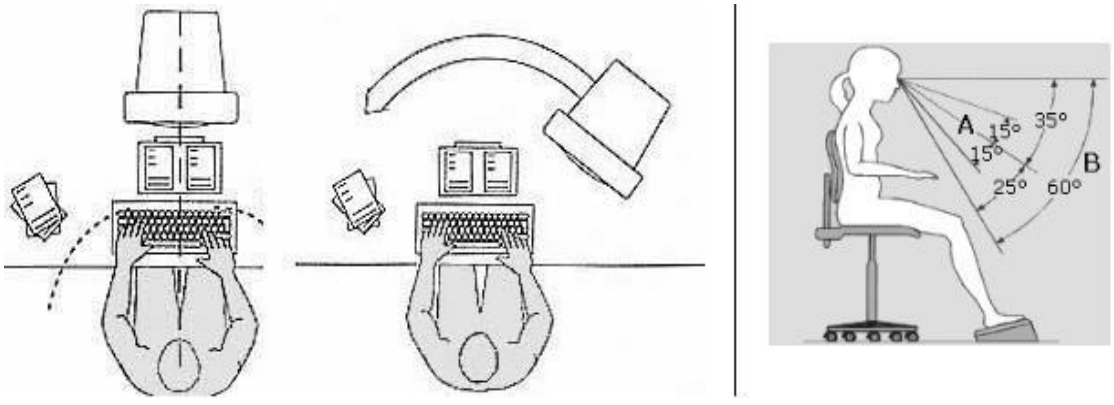


Abbildung 7: Monitorausrichtung (Richenhagen et al, 2002)

Auch die Entfernung des Monitors vom Benutzer spielt eine wichtige Rolle. Dabei gilt, je größer der Bildschirm, desto weiter weg sollte er sich befinden. Zu Nahe sollte der Bildschirm auf keinen Fall positioniert werden, da sonst mit einer Augenübermüdung zu rechnen ist. In der Literatur wird als minimaler Abstand häufig eine Entfernung von etwa 70 cm angegeben. Heutzutage stößt man bei der richtigen Positionierung der Flachbildschirme kaum noch auf durch Platzmangel verursachte Probleme. Bei den tiefen Röhrenmonitoren ist das jedoch nicht selbstverständlich.

Leider können auch trotz Richtlinien und Empfehlungen an die technischen Anforderungen Augenbeschwerden auftreten. Gründe für die Belastung sind die auftretenden Akkommodation- und Adaptionsleistungen, die das Auge bei der Bildschirmarbeit zu verrichten hat (Lindorfer, 2007). Erfreulicherweise ist das weitverbreitete Gerücht, der Bildschirm könne dem Auge schaden, falsch. Bildschirmarbeit „bringt nur bereits vorhandene Augenprobleme an den Tag, erzeugt aber keine neuen“ (Lindorfer, 2007, S.3).

4.2 Tastatur

4.2.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise

An eine ordentliche Bedienung des PCs ohne angeschlossene Tastatur ist nicht zu denken, auch wenn sie mit der Einführung der grafischen Benutzeroberflächen an Wichtigkeit verloren hat. Dies macht sich auch daran bemerkbar, dass sich das BIOS unter Umständen weigert, den PC ohne angeschlossene Tastatur zu booten. In ihren Zuständigkeitsbereich fallen neben der offensichtlichen Eingabe von Buchstaben und Zeichen auch die Softwaresteuerung und die Navigation der Textmarke.

Vorgänger der Tastaturen sind die seit 1821 hergestellten mechanischen Schreibmaschinen. Ihr Aussehen wurde vom Amerikaner C. Sholes geprägt, der 1868 die noch heute typische Anordnung der Tasten entwickelte (Stone, Jarrett, Woodroffe & Minocha, 2005). Diese Anordnung wird als QWERTY Layout bezeichnet, benannt nach der Reihenfolge der ersten sechs Buchstaben der amerikanischen Tastatur. Bei der Wahl der Tastenanordnung wurde Priorität auf das Verhindern von Verklemmungen der Anschlagshämmer gelegt, häufig zusammen genutzte Buchstaben wurden daher voneinander entfernt angebracht. So konnten auch schnelle Schreibmaschinenschreiber problemlos arbeiten. Sholes Layout fand große Beliebtheit, daher ist es nicht verwunderlich, dass es für Tastaturen übernommen wurde.

Der 1981 eingeführte IBM Personal Computer, oder als *5150* bezeichnet, zählt dank seiner Bauweise, aber auch dank seines Erfolges als der Beginn der PC Ära, obwohl der Begriff selbst schon früher bekannt war. Insofern wird auch die erste Tastatur für PCs der PC-Reihe 5150 zugeschrieben (Abb. 8) (Wikipedia, 2008; IBM, 2008). Die Computertastaturen vorangegangener Modelle haben mit IBMs erster PC Tastatur wenig gemein: Neben den

gewaltigen Ausmaßen unterschieden sie sich durch die damals typische Integration der Tastatur in das Computergehäuse.

Abbildung 8: Frühe IBM PC Tastatur mit 83 Tasten (www.vintage-computer.com, 2008)

Seit ihrer Erfindung hat sich zumindest das Aussehen der Tastatur kaum geändert. Die Tastenanordnung der Tastatur orientiert sich nach wie vor am QWERTY Layout der Schreibmaschine. Und einige Gründe sprechen dafür, dass sich daran auch in Zukunft wenig ändern wird, da QWERTY seit 1967 ein internationaler, weit verbreiteter Standard ist. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass er dem Benutzer vertraut ist und der Aufwand zum Erlernen einer anderen Anordnung den meisten Anwendern zu hoch ist (Stone, 2005; Shneiderman, 1998).

Die meisten optischen Änderungen betreffen die Anzahl der verfügbaren Tasten. Einen Überblick über die Tastenanzahl für amerikanische und deutsche Tastaturen im Laufe der Zeit erhalten Sie in Abbildung 9. Die Originalversion verfügt über 83 Tasten. Aufgrund der Lokalisierungen mussten für diverse Sprachen weitere Tasten eingeführt werden. Außerdem verfügten die ersten Versionen noch über keine LEDs zur Statusanzeige. Dieses Manko wurde jedoch rasch behoben, sodass zumindest der Zustand des Ziffernblocks, der Feststelltaste und des Scroll Locks ersichtlich ist.

Bezeichnung	Jahr	Amerikanisch	Europäisch
IBM PC	1981	83	-
IBM XT / AT	1983 / 1984	83 / 84	-
Enhanced oder Multifunktion	1986	101	102
Windows	mit Win 95	104	105
Multimedia	kein Standard	104+	105+

Abbildung 9: Änderungen der Tastenanzahl

1986 wurde die Multifunktions-Tastatur (enhanced) eingeführt. Dieser Standard erweitert die vorhandenen Blöcke um einen Cursorblock sowie einen neuen Block für insgesamt zwölf Funktionstasten. Der Cursorblock dient in erster Linie der Steuerung der Schreibmarke. Dies erleichtert die Navigation, da sie zuvor mit dem Nummernblock gelenkt wurde. Die Funktionstasten sind mit F1 bis F12 beschriftet und befinden sich links in der obersten Reihe. Kleine Abstände zwischen einzelnen Gruppen haben sich als nützlich erwiesen um die passende Funktionstaste auch ohne Blickkontakt leicht identifizieren zu können. Dennoch verzichten viele Nutzer auf sie, um die Hände nicht von der Home Row entfernen zu müssen (Shneiderman, 1998). Das aktuelle Programm

bestimmt, welche Aktionen durch die Funktionstasten angestoßen werden. In der Regel lösen sie häufig genutzte Befehle aus oder ersetzen umständliche Tastenkombinationen. Um dem Designgrundsatz der Konsistenz getreu zu bleiben verwenden viele Anwendungen, zumindest innerhalb von Produktgruppen, gleiche oder ähnliche Befehlszuordnungen.

Zur Verbesserung der Bedienung der grafischen Benutzeroberfläche von Windows 95 führt Microsoft drei zusätzliche Tasten ein: Die zwei Windowstasten zu beiden Seiten der Leertaste minimieren laufende Anwendungen und bringen den Benutzer auf diese Weise zur Windows-Oberfläche zurück und öffnen das Startmenü. Nebenbei werden sie für neu eingeführte Tastenkombinationen benötigt. Die Anwendungstaste ist die dritte neue Taste. Sie ruft das Kontextmenü auf und entspricht somit der rechten Maustaste. Auch wenn diese Neuerungen ursprünglich für Windows gedacht sind werden längst beinahe alle neuen Tastaturen, unabhängig vom Betriebssystem, mit dem neuen 104- beziehungsweise 105- Tasten Layout produziert.

Neue Multimedia Tastaturen ermöglichen dem Benutzer das schnelle und angenehme Ausführen diverser Befehle. Im Normalfall zählen hierzu Tasten zur Steuerung der Lautsprecher, des Email Programms und des Internetbrowsers. Allerdings hängt deren Umfang stark vom Hersteller als auch der angesprochenen Zielgruppe ab. Notwendig sind diese Neuerungen keinesfalls, da den Betriebssystemen zumindest für das Aufrufen von Programmen ebenfalls benutzerdefinierte Tastenkombinationen zugeteilt werden können.

Weitere Trends sind:

- Ergonomische Tastaturen

Seit sowohl Hersteller als auch Anwender erhöhten Wert auf die Vermeidung von Gesundheitsrisiken langen Tastaturgebrauchs legen sind vermehrt Versionen mit ergonomischen Designs verfügbar. Auf diese soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden, da sie im folgenden Kapitel erwähnt werden.

- Spezialisierung auf bestimmte Zielgruppen

Abbildung 10: G15 Tastatur für Spieler (Logitech, 2008)

Selbstredend sind PC- Nutzer alles andere als eine homogene Masse. Ebenso unterscheiden sich die Anforderungen an durchzuführende Aufgaben. Es macht daher Sinn, an bestimmte Zielgruppen angepasste Tastaturen zu entwerfen. Dass dies auch aus wirtschaftlicher Sicht vernünftig ist zeigen die unzähligen verfügbaren Spezialtastaturen. Den leidenschaftlichen Computerspielern werden zum Beispiel zusätzliche Tasten zum Auslösen von selbstprogrammierten Makros oder eine Tastenhintergrundbeleuchtung angeboten. Noch einen Schritt weiter geht Logitechs *G15 Keyboard*, dass dem Spieler über eine LCD Anzeige Spielstatistiken und -informationen darstellt (Abb. 10). Gleichermaßen bieten Tastaturenhersteller Produkte für

Berufsgruppen an. Für das Gesundheitswesen gibt es eingebaute Kartenleser für Krankenversicherungskarten. Für den Point-of-Sale Bereich stehen größere Tastaturen mit vollständig programmierbaren und beschriftbaren Tasten inklusive Magnetkartenlesern zur Verfügung. Bei der Menge der Spezialiserungen ließe sich diese Liste lange weiterführen. Ob sich die Anschaffung einer angepassten Tastatur lohnt, beziehungsweise wie groß der Nutzen ausfällt, kann pauschal nicht beantwortet werden. Eine Recherche nach einem an die eigenen Bedürfnissen angepassten Produkt kann allerdings jedem empfohlen werden.

- Flachtastaturen

Ein weiterer Trend der letzten Zeit sind die sehr flachen Tastaturen. Zum Einen soll diese Bauweise das gesundheitsgefährdende vertikale Abknicken der Handgelenke minimieren. Zwar sollten die Unterarme beim Benutzen der Tastatur aus ergonomischer Sicht nicht am Tisch abgelegt werden, geschieht dies dennoch, sind flache, niedrige Tastaturen gegenüber hohen Alternativen vorzuziehen. Weitere Vorteile, mit denen Anbieter ihre flachen Tastaturen bewerben, sind das geringe Gewicht, Platzersparnis bei der Verstauung und die ansprechende Optik dieser Modelle.

- Anschlüsse für USB

Seit Aufkommen des Universal Serial Bus (USB) 1996 zählt er zur beliebtesten Art, um Daten zwischen Peripherie und Host auszutauschen. Auf den USB wird folgend detailierter eingegangen. Allerdings soll in diesem Kontext USBs Fähigkeit zu mehrfachen Downstreams erwähnt werden, wodurch ein USB Gerät selbst Anschlüsse für weitere Geräte zur Verfügung stellen kann. Bei der Untersuchung des Tastaturmarktes stellte der Autor fest, dass Tastaturen derzeit noch ausgesprochen selten als USB Hubs fungieren. Dank dieser benutzerfreundlichen Positionierung der Anschlüsse, sowie der weiten Verbreitung von USB Geräten, ist aber mit einem steigenden Aufkommen zu rechnen.

Im Folgenden wird auf die technische Funktionsweise der PC- Tastaturen eingegangen. Die vielfältigen mechanischen und Membran-Keyboardtechnologien eignen sich je nach Einsatzgebiet schlechter oder besser zur Nutzung. Üblicherweise werden für PCs Langhubtastaturen eingesetzt. Als deren größter Vorteil gibt Dipl. Phys. G. Breidenbach die rasche und zuverlässige Dateneingabe an, die dank der „erforderlichen taktilen Rückmeldung und Leichtgängigkeit“ ermöglicht wird (Breidenbach, 2008). Um diesen Effekt auch bei extrem flachen und Laptoptastaturen zu unterstützen, verlängern diverse Hersteller künstlich die Länge des Hubweges. Als Beispiel dient etwa das PerfectStroke System, allerdings soll hier nicht weiter auf diese Thematik eingegangen werden. Den Membrantastaturen mangelt es aufgrund der kaum vorhandenen Wegstrecke, geräuschloser Funktionsweise sowie ungenauer Gegenkraft beim Tastenanschlag an einer angemessenen Feedbackqualität. Ihr größter Vorteil ist die Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen und Langlebigkeit. Daher werden sie meist an öffentlich zugänglichen Terminals eingesetzt.

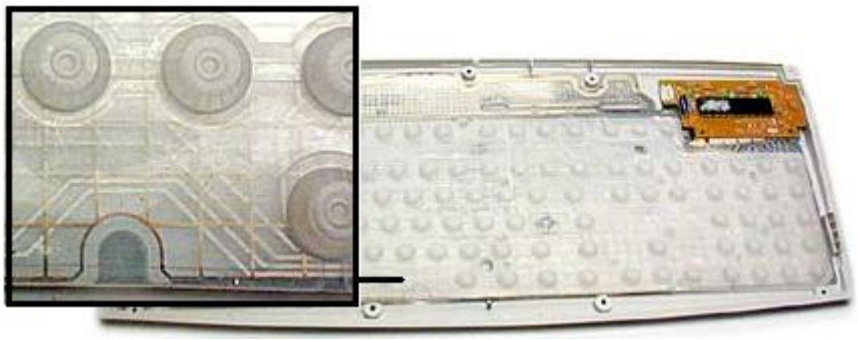


Abbildung 11: Aufbau einer Rubberdome Switch Tastatur (nach Tyson & Wilson, 2008)

Zwei verbreitete Vertreter für PC-Tastaturen sind die *Dome Switch* und die seltener anzutreffende *Buckling Spring* -Funktionsweisen. Dome Switches (Abb. 11) können als Mischform von mechanischen und membranen Tastaturen kategorisiert werden. Im Gehäuse befinden sich imprägnierte Stromkreise in einer stromundurchlässigen Schicht. Durch den Tastenhub schließt sich der Stromkreis. Bei den Dome Switches ist unter jeder Taste eine Gummikuppel, inklusive einem Leiter an der Wölbungsunterseite, angebracht. Eine gedrückte Taste presst die Gummikuppel auf den Boden, und schließt den Stromkreis. Im Falle der Dome Switches, die zwei Folien mit Stromkreisen und einer mittigen, isolierenden Schicht nutzen, wird auf diese Weise der Weg von der ersten zur dritten Folie überbrückt. Der Mikrochip der Tastatur registriert jede Veränderung des Stromkreises. Als Resultat erzeugt er bei jedem Tastendruck, aber auch bei jedem Freilassen der Tasten, ein entsprechendes Signal, welches an den PC weitergeleitet wird. Ähnlich funktioniert der Buckling Spring Mechanismus. Als rein mechanische Technologie verwenden diese Tastaturen eine Sprungfeder als Gegenkraft. Ihre hervorstechendste Eigenschaft sind die lauten Klick- Geräusche, die sie beim Tastenanschlag erzeugen.

Idealerweise würde jede Taste einen eigenen Stromkreis nutzen. Da dies in der Regel technisch und wirtschaftlich ungeeignet ist, werden Matrixschaltungen zum Verbinden der Tasten verwendet. Als Folge können bei gleichzeitigem Drücken von mehreren Tasten ungewünschte Effekte auftreten, die als Roll Over bezeichnet werden. Als Resultat werden Tastendrücke ignoriert oder unter Umständen zusätzliche, nicht gedrückte Tasten vom Controller als angeschlagen missinterpretiert.

Weitere wesentliche Charakteristika sind in Abbildung 12 aufgestellt. Zur leichteren Orientierung wurden die Eigenschaften in die drei Kategorien *Technologie*, *Verbauung* und *Sonstiges* eingeteilt. Unter der Rubrik Technologie wurden alle Eigenschaften zusammengefasst, die die Funktionsweise der Tastatur beschreiben, oder im weiteren Sinne die Inputeingabe beeinflussen. Zur Kategorie Verbauung gehören Attribute, die primär dem Aussehen und der Verarbeitung zuzuschreiben sind. Sonstiges beinhaltet allgemeinere Konzepte.

Technologie	Verbauung	Sonstiges
Aktivierungsmechanismus	Design	Anschluss
Schaltkreislayout	Maße für Länge, Breite & Höhe	Kabelbindung
Roll Over Effekte	Neigungswinkel	Programmierbare Tasten
Aktivierungskraft	Tastenanzahl	Softwareunterstützung
Drucktiefe	Block- & Tastenanordnung	USB Hub
Auditives & taktiles Feedback	Multimedia & Zusatzfunktionen	Kosten
Stromverbrauch	Haltbarkeit	Garantie

Abbildung 12: Wichtige Tastatur-Attribute

4.2.2 Tastaturen im Kontext der HCI

Ebenso wie bei den Monitoren werden zuerst die Geräteeigenschaften beleuchtet. Auch für Tastaturen sind zum Schutz der Nutzer bestimmte gesetzliche Minimalanforderungen vorgegeben. Diese betreffen die Bauweise, die wie bereits bei der Bildschirmarbeitsverordnung aufgezählt wurde, zur Minderung von Reflexionen matt, neigungsverstellbar und leserlich beschriftet sowie baulich vom PC getrennt sein muss. Diese Anforderungen alleine sind allerdings kaum ausreichend, um einen angenehmen Gebrauch zu gewährleisten.

Vom Erscheinungsbild lässt sich rasch ableiten, ob eine Tastatur nach ergonomischen, und somit gesundheitsschonenden Aspekten gestaltet wurde. Leider sind auch heutzutage noch die meisten Tastaturformen beinahe ident mit denen der Originale. Dieses Festhalten an der Tradition fördert weiterhin eine unnatürliche Haltung, und stellt ein unterschätztes Gesundheitsrisiko für die Handgelenke und Unterarme dar, wobei Ortmann insbesondere die Sehnenscheidenentzündung hervorhebt (Ortmann, 2006). Abhilfe schaffen separate oder angepasste Tastenblöcke. Zwei gängige Varianten sind hierbei die geteilten (Abb. 13) oder die geschwungenen Layouts (Abb. 14).

Abbildung 13: Kinesis Freestyle (Kinesis, 2008)

Abbildung 14: Wave Keyboard (Logitech, 2008)

Bei der Gestaltung der Eingabegeräte warnt die Gesellschaft Arbeit und Ergonomie (Wittig-Goetz, 2008) vor zu hohen Tastaturen, denn diese zwingen den Benutzer bei ablegten Unterarmen zum starken Abwinkeln der Handgelenke. Das Gleiche gilt für die Neigung der Tastatur, generell sind flache Lagen vorzuziehen.

Abbildung 15 veranschaulicht die unnatürliche Handhaltung, zu der Benutzer der einfachen Bretttastaturen gezwungen werden. Bei der Eingabe gilt:

- Hände und Unterarme sollen eine gerade Linie bilden.
- Keinesfalls die Handgelenke stark verdrehen.
- Die Hände bestenfalls gar nicht oder nur auf hohen Handballenauflagen ablegen.
- Die Tastatur sollte maximal auf Ellbogenhöhe, niemals darüber sein.
- Richtig angewandtes Zehn-Finger System entlastet die Armmuskulatur.

Abbildung 15: Natürliche Haltung & bei Tastaturnutzung (Computer Fachwissen, 1993)

Kritik kann auch an der Tastenanordnung geäußert werden. Leider wurden ergonomische Aspekte lange Zeit nicht berücksichtigt. Studien ergaben, dass die QWERTY-Anordnung nicht nur zu unnötigen Belastungen führe, sondern auch ineffizient sei (David, 1985; West, 1998). Alternativen zur QWERTY-Tastaturanordnung sind zwar vorhanden, können aber keinesfalls mit der Verbreitung und Beliebtheit des Originals konkurrieren. So entwickelte zum Beispiel August Dvorak in den 1920ern ein vielversprechendes, allerdings meistgehend unbeachtetes Design. Eine wesentliche Verbesserung gelang ihm durch die Verlegung vielgenutzter Buchstaben in die Home Row. Weitere Ziele der Umgestaltung sind die Entlastung der schwächeren Finger, eine Verkürzung der Wege sowie die alternierende Nutzung der Hände. Der Umfang der Vorteile der Dvorak- Tastatur ist sehr umstritten: In den vorhin angeführten Studien wurde von der US. Marine ein Geschwindigkeitszuwachs von 30% gemessen, während in Wests Versuchsanordnung nur 4% nachgewiesen werden konnten. Shneiderman (1998) erwähnt eine Steigerung von 150 Wörtern pro Minute auf etwa 200 Wörter bei erfahrenen Schreibern, wobei zusätzlich eine Reduktion der Schreibfehler stattfindet. Seines Erachtens wird sich allerdings an der geringen Verbreitung der alternativen Tastenanordnungen auch weiterhin nichts ändern, da meist die Bereitschaft zur etwa einwöchig dauernden Erlernung nicht vorhanden ist.

4.3 Computermaus

4.3.1 Geschichtliche Entwicklung und Funktionsweise

Die Computermaus fällt in die Kategorie der kontinuierlichen indirekten Zeigergeräte. Durch ihre indirekte Steuerung wird sie auf einer glatten Oberfläche geführt, es ist nicht möglich, Objekte direkt auf dem Monitor zu manipulieren. Daraus ergeben sich einige Vorteile, aber auch Nachteile. Zu den wichtigsten Vorteilen zählt nach Shneiderman

(1998) die Minderung der Handermüdung. Zusätzlich wird die Sicht bei der Eingabe nicht durch die Hand eingeschränkt. Studien loben darüber hinaus ihre hohe Geschwindigkeit als auch Präzision (Shneiderman, 1998). Nachteilig erwähnt er die Indirektheit selbst. Dadurch kommt es zu einer stärkeren kognitiven Belastung und die Erlernung nimmt mehr Zeit in Anspruch. Weiter führt er die Entfernung zum Keyboard an, sodass die Hand erst die Maus suchen und greifen muss. Allerdings soll zur Verteidigung der Computermaus erwähnt werden, dass dies mit Ausnahme der *Trackpoints* bei allen herkömmlichen Zeigegeräten der Fall ist.

Zeigegeräte können für sechs Arten von Interaktionen verwendet werden (Foley, Wallace & Chan, 1984). Zu diesen zählen die Autoren die

- Auswahl,
- Positionierung,
- Orientierung,
- Wegbeschreibung,
- Quantifizierung,
- und Texteingabe.

Für die ersten fünf dieser Punkte eignet sich die Maus hervorragend. Allerdings ist eine Texteingabe per Maus eine mühsame und meist unästhetische Angelegenheit.

Die Computermaus wurde am Stanford Research Institute im Jahr 1963 erforscht. Der erste Prototyp (Abb. 16) von 1964 nutzt noch keine Kugel, sondern zwei bodenberührende Rollen in einem klobigen Holzgehäuse zur Positionsermittlung. 1970 wurde sie von ihrem Erfinder D. Engelbart als „X-Y position indicator for a display system“ patentiert. Die erste Computermaus konnte jedoch keinen großen Erfolg verbuchen. Nach Dembowski (2007) wurden für frühe IBM PCs kaum Mäuse eingesetzt während sie sich unter Apple Macintosh Nutzern großer Beliebtheit erfreuten. Dessen grafische Benutzeroberfläche machte sie bereits ab 1984 zu einem Standard-Eingabegerät.

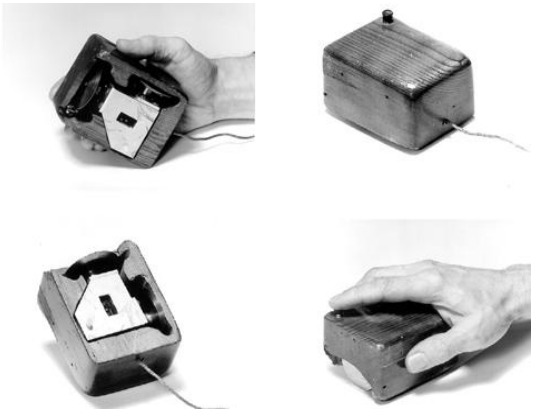


Abbildung 16: Erste Computermaus der Welt (Interactivemaster.com, 2008)

Die ersten PC-Mäuse besaßen ein Kunststoffgehäuse und wurden mit einer bis zwei Tasten ausgestattet. Abgesehen von der Anzahl der Tasten hat sich lange Zeit wenig an ihrem Aussehen geändert. Erst mit Microsofts *IntelliMouse* von 1996 und dessen eingebautem Mausrad kommt es zu einer echten Veränderung. Neben dem obligatorischen vertikalen Scrollen von Dokumenten nutzen viele Hersteller das Mausrad auch als zusätzlichen Mausknopf oder ermöglichen durch Kippen des Rades ein horizontales Scrollen. Dieses Feature wird häufig als 4 Wege oder Tilt- Scrollrad

bezeichnet. Ebenso wie die Tastatur wird auch das Aussehen der Computermaus mit dem Aufkommen ergonomischer Aspekte stark beeinflusst.

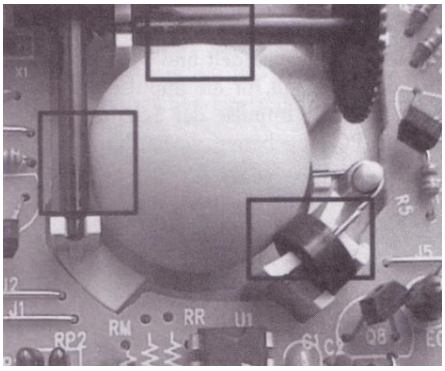


Abbildung 17: An den gekennzeichneten Stellen berühren die mechanischen Teile die Kugel. (Dembowski, 2007)

Die Funktionsweise der Computermäuse ist denkbar einfach: Mit Hilfe einer den Boden berührenden Gummikugel erfassen zwei Rollen im Inneren der Maus die relative Veränderung der X und Y Achse. An den Rollen sind Räder mit Schlitzen angebracht, die einem Lichtsensor die Ermittlung der Bewegungsgeschwindigkeit erlauben. Die mechanische Erfassung bringt einige Nachteile mit sich. Einen wesentlichen Punkt der Kritik betrifft die ständige Verschmutzung der mechanischen Teile, insbesondere an den Kontaktpunkten der Rollen. Das Entfernen der Mauskugel und Reinigen der Kontakte gehörte zur regelmäßig nötigen Gerätepflege. Ein weiterer Nachteil ist die Lichtempfindlichkeit der optischen Sensoren im Inneren. So kann selbst schwacher Lichteinfall den Mauszeiger negativ beeinflussen.

Verbesserung brachte der Umstieg zur optischen Maus, die frei von beweglichen Teilen ist. In ihrem Inneren befindet sich zur Bewegungserfassung ein optischer Sensor. Je nach Qualität erfasst dieser bis zu 7080 Mal pro Sekunde (vgl. Microsoft X5) die Oberfläche, gleicht die Sequenzen miteinander ab, und errechnet auf diese Weise die Positionsveränderung. Allerdings setzt diese Technik eine beleuchtete Oberfläche voraus. Ältere Versionen nutzen meist rotfärbige Leuchtdioden (LED). Diese Methode kann auf vielen Oberflächen nicht den erforderlichen Kontrast für den optischen Sensor erzeugen. Vor dem Kauf einer optischen Maus sollte daher beachtet werden, auf welcher Unterlage sie zum Einsatz kommen wird. Vor allem ältere Modelle kommen mit unstrukturierten oder gläsernen Oberflächen nicht zurecht. So war es zum Beispiel dem Autor in einem Test nicht möglich, eine 7 Jahre alte *Wheel Mouse Optical* mit einer roten LED auf einer roten, einfarbigen Unterlage sinnvoll einzusetzen. Hochwertige aktuelle Computermäuse haben aber diesbezüglich meist kein Problem mehr. Diese Modelle ersetzen die LED durch einen Laser. Geht es nach Microsofts Vorstellungen, werden Mäuse in Zukunft nur noch mit der *Blue Track* Technologie arbeiten, die im September 2008 vorgestellt wurde. Sie soll noch genauer als die Laservarianten arbeiten und auf so gut wie allen denkbaren Oberflächen funktionieren. Da die erste *Blue Track* Maus allerdings erst ab November (Ihlenfeld, 2008) erhältlich ist, sind noch keine detaillierten Informationen erhältlich.

Die eben beschriebenen Arten der Bewegungserfassung sind zweifelslos wesentliche Qualitätsmerkmale. Der Abbildung 18 können Sie weitere Attribute entnehmen. Die Auflösung wird in dots per inch (dpi) angegeben. Ausgezeichnete Modelle erreichen Werte bis zu 3.200 dpi. Einige Hersteller geben dem Nutzer selbst die Kontrolle über die ausgewählte Auflösung. Sie werben mit einer hochpräzisen Erfassung im hohen dpi-Bereich und stellen dem eine rasche Verarbeitung bei geringer Einstellung gegenüber (vgl. G9 Laser Mouse, Krait). Die Bildverarbeitungsgeschwindigkeit gibt die Reaktionszeit wieder. Üblicherweise wird sie in *frames per second* (fps) oder als *megapixels per second*

(mp/s) gemessen. Diese, sowie die folgenden Werte zur Maximalbeschleunigung und -geschwindigkeit sind meist nur für Spieler interessant. Für den Durchschnittsanwender sind auch günstige optische Computermäuse genügend ausgereift, um den typischen Aufgaben nachzugehen.

Technologie	Verbauung	Sonstiges
Art der Abtastung	Gehäusedesign	Anschluss
Auflösung	Mausrad	Kabelgebunden
Bildverarbeitungsgeschwindigkeit	Tastenanzahl	Programmierbare Tasten
Maximalbeschleunigung	Mausfüße	Softwareunterstützung
Maximalgeschwindigkeit	Haltbarkeit	Kosten
Stromverbrauch	Gewicht	Garantie

Abbildung 18: Wichtige Maus-Attribute

In der Kategorie *Verbauung* befinden sich Attribute zum Mausdesign. Neben der Form zählen hierzu auch das Vorhandensein eines Mausrades und die Tastenanzahl. Eine häufig unterschätzte Eigenschaft betrifft die Qualität der Mausfüße, die die Gleitfähigkeit ausmachen. Teflon ist als reibungsarmes Material im hochpreisigen Sektor anzutreffen, günstigere Produkte kommen meist mit Hartplastik aus. Unter *Sonstigem* wurden alle restlichen Merkmale eingeordnet. Sie bestimmen den Anschluss an den PC und ob eine kabelgebundene oder kabellose Übertragung erfolgt. Zwei weitere Aspekte betreffen die verfügbare Software eines bestimmten Produktes. Sinnvoll ist diese jedoch nur, wenn die Einstellungsoptionen über denen des Betriebssystems hinausgehen. Einfluss auf die Kaufentscheidung nehmen auch Kosten und Garantiegewährleistungen.

4.3.2 Computermäuse im Kontext der HCI

Abgesehen von der Technik hat sich auch die optische Erscheinung seit ihrer Erfindung 1963 stark gewandelt. Neben funktionalen Zusatzausstattungen wie den heute üblichen drei oder mehr Tasten oder dem Mausrad haben aktuelle Computermäuse auch dank ergonomischer Prinzipien wesentlich an Qualität gewonnen. Da die Anforderungen an die Maus starke individuelle Unterschiede aufweisen sind im Handel unzählige Produktlinien verfügbar. Um ein möglichst schonendes Arbeiten zu ermöglichen, empfiehlt es sich, dass das Mausdesign der eigenen Handgröße und -form entspricht. Aus diesem Grund ist vor einem Kauf oder der Nutzung zu raten, die entsprechende Maus zu testen, idealerweise unter arbeitsähnlichen Bedingungen. Wittig-Goetz (2008) empfiehlt Designs, bei denen die Hinterseite rund geformt ist. Die Oberseite sollte geschwungen sein, wobei der höchste Punkt etwa in der Mitte liegt. Idealerweise ist die Maus vorne im Bereich der Tasten etwas breiter. Diese sollten leicht erreichbar und mit geringem Druck benutzbar sein. Die günstigste Positionsermittlung geschieht, wenn sich die Mauskugel oder der optische Sensor im vorderen Gehäusebereich befindet.

Die Abbildungen 19 und 20 zeigen aktuelle Computermäuse mit ergonomischen Designs. Erwähnenswert ist die Handhabung der Evoluent Vertical Mouse, denn sie zwingt ihren

Benutzer durch die seitliche Ausrichtung nicht mehr zum Verdrehen des Arms, sodass der Unterarm in natürlicher Position verbleiben kann.

Abbildung 19: MX Revolution (Logitech, 2008)

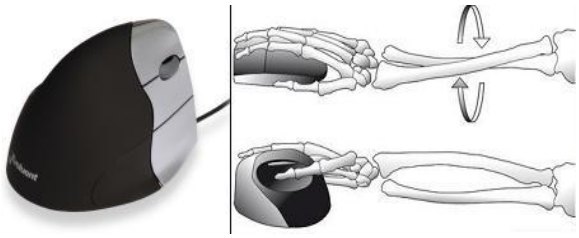


Abbildung 20: Die Vertical Mouse verhindert eine Drehung des Unterarms (Evoluent, 2008)

Unterschiedliche Meinungen gibt es zur kabellosen Maus. Zwar fällt das Kabel weg, somit wird die Bewegungseinschränkung kabelgebundener Mäuse aufgehoben und lässt die Präzision geringfügig steigen. Nachteilig wirkt sich aber das ständige Aufladen der Stromversorgung sowie der durch das Gewicht der Batterien verursachte erhöhte Kraftaufwand zum Navigieren aus.

Insbesondere für häufige Computernutzer ist es ratsam, ergonomische Aspekte in der Vordergrund zu stellen, da auch die Maus ein häufiger Auslöser von computerbedingten Schmerzen in Hand und Arm ist. Insbesondere die repetitiven, schnell ausgeführten Mausklicks stellen eine Gefahr dar, die zur typischen Computerkrankheit repetitive strain injury (RSI) führen können. RSI ist keine spezifische Krankheit, sondern vielmehr ein Sammelbegriff für krankhafte Sehnen, Muskeln und Nerven. Für Mausbenutzer ist das Karpaltunnel Syndrom, bei der es zur Quetschung des Mittelhandnervens im Bereich des Handgelenks kommt, eine der häufigeren RSI- Ausprägungen. Als eine der Hauptursachen, warum gerade bei der Benutzung der Computermaus Schmerzen auftreten, wird die ungünstige Handhaltung, kombiniert mit den häufig ausgeführten Mausklicks angesehen. So schreibt Prof. Peter Hahn, dass die menschliche Hand für die Klickbewegung bei gleichzeitiger Streckung des Handgelenkes nicht geeignet sei. In diesem Zusammenhang sollte auch das Mausrad erwähnt werden, dass auf Grund der erforderlichen statischen Muskelanspannung einen ähnlichen Effekt wie das Betätigen der Maustasten hervorruft. Eine vom Computermagazin c`t durchgeführte Umfrage ergab, dass sich der Umstieg für schmerzgeplagte Personen lohnen kann: Immerhin bei 50% der Teilnehmer konnten die Schmerzen durch die Nutzung eines Trackballs stark gelindert werden, Platz Zwei ging mit 28% an die externen Touchpads. Den Wechsel zu anderen Eingabegeräten oder zumindest einen sparsamen Einsatz der Maus empfiehlt auch die Gesellschaft Arbeit und Ergonomie (Wittig-Goetz, 2008).

4.4 Schnittstellen- Standards

4.4.1 Einführung

Das folgende Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die Möglichkeiten, auf welche Arten Peripheriegeräte an einen PC angeschlossen werden können. Der Interface-Begriff im reinen Hardwarekontext ist nicht mit dem der Human-Computer Interaction gleichzusetzen. Ortmann (2006) bezeichnet Schnittstellen als Verbindungen einer Zentraleinheit mit seinen Peripheriegeräten, sodass ein Datenaustausch ermöglicht wird. Um den Datenverkehr zwischen den externen Peripheriegeräten jeglicher Art und dem PC zu ermöglichen wurden im Laufe der Zeit verschiedene Interface-Standards entwickelt. Welches Gerät tatsächlich angeschlossen wird, dessen Funktionsweise, Alter oder ähnliche Eigenschaften, sind nebensächlich, solange sich das anzuschließende Gerät an die spezifizierte Schnittstelle hält.

Der typische PC bietet über seine Mainboard-Blende an der Rückseite des PCs eine Reihe unterschiedlicher Anschlussmöglichkeiten an. Darunter sind ältere, nicht mehr häufig genutzte Kontakte ebenso zu finden wie die aktuellen USB Anschlüsse. Der aktuelle Trend geht eindeutig zur exzessiven Nutzung des USBs. Bemerkbar macht sich dies durch die ständig steigende Zahl der USB Anschlüsse an den modernen Mainboards, den aus Kostengründen immer häufiger weggelassenen *Legacy Interfaces* sowie der steigenden Verfügbarkeit von USB Peripheriegeräten.

Abbildung 21: Mainboard-Rückblende des MSI P965 Platinum

Abbildung 21 beschreibt die Anschlussmöglichkeiten eines typischen Standard PCs. Das dargestellte Mainboard ist seit dem zweiten Halbjahr 2006 erhältlich. Zu sehen ist, dass auf die zweite serielle Schnittstelle zu Gunsten einer Firewire- und einer digitalen Audiobuchse (S/PDIF)verzichtet wurde. Das Anfang 2008 erschienene *P7N Diamond* der gleichen Firma unterstützt überhaupt keine seriellen oder parallelen Schnittstellen. Vollständig wird man aber von den Altlasten nicht wegkommen: Zumindest beim ersten Booten des PCs ist im Normalfall ein Tastatur PS/2 Anschluss erforderlich (vgl. Kapitel PS/2).

4.4.2 Serielle Schnittstelle

Die 9-polige serielle Schnittstelle, auch als RS-232 Standard oder COM-Port bekannt, wird seit den 1960ern verwendet und zählt somit zu den ältesten Schnittstellenspezifikationen. Entwickelt wurde der Standard von der *Electronic Industries Association*, die ihn in den frühen 1990ern in EIA232 Standard umbenannte. Aufgrund des Alters und der nur noch seltenen Verwendung zählt die serielle Schnittstelle zu den *Legacy Interfaces* (Dembowski,

2007). Dennoch werden auch die meisten modernen PCs mit zumindest einer seriellen Schnittstelle ausgeliefert.

Die serielle Schnittstelle basiert auf 9 Leitungen (Abb. 22), die jedoch nicht alle genutzt werden müssen. Als Minimum sind drei Leitungen vorgesehen: die Masseleitung, die Sendeleitung und die Empfangsleitung (Abb. 23). Die Nutzung weiterer Kontakte sorgt für eine qualitativ bessere Verbindung zwischen den angeschlossenen Geräten. Werden etwa die Leitungen *Request to Send* und *Clear to Send* benutzt, so sorgen diese für eine Initialisierung des Datenaustausches, indem verfügbare Daten beim Host angemeldet werden.

Wie der Name schon andeutet, erfolgt die Übertragung bei der seriellen Schnittstelle bitweise hintereinander. Dies macht die serielle Schnittstelle weniger leistungsfähig als eine parallele Übertragungsweise, sie ist daher in erster Linie für den Transfer von geringen Datenmengen gedacht.

Abbildung 22: Schnittstelle des PCs (Wikipedia, 2006)

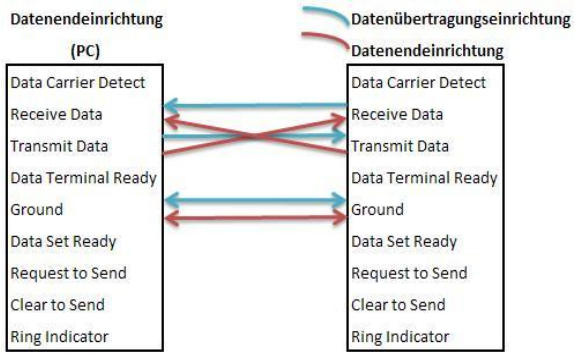


Abbildung 23: Serielle Verbindungsunterschiede zwischen DEE und DÜE

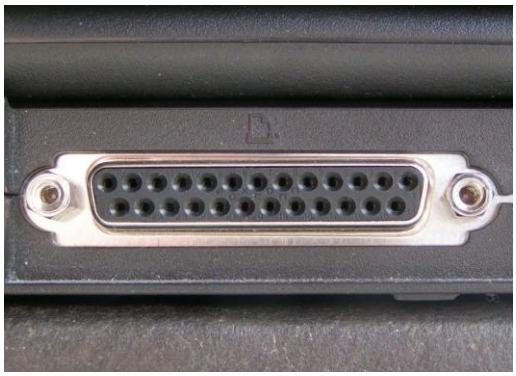
Eine Besonderheit der seriellen Verknüpfung ist die Einteilung des anzuhängenden Geräts in sogenannte Datenendeinrichtungen (DEE) und Datenübertragungseinrichtungen (DÜE). Auf Grund der vielfältigen Typen, die an die serielle Schnittstelle angehängt werden können, ist für einen Verbindungsaufbau entscheidend zu wissen, zu welcher Kategorie das anzuschließende Device gehört. PCs gehören zu den Datenendeinrichtungen. Sollen daher zwei PCs zusammengeschlossen werden, sind speziell überkreuzte Kabel zu verwenden (Abb. 23). In allen anderen Fällen, zum Beispiel beim Anschluss eines Modems oder Druckers, kommen nicht-überkreuzte serielle Verbindungskabeln zum Einsatz.

4.4.3 Parallele Schnittstelle

Die parallele Schnittstelle existiert seit 1970. Entwickelt wurde sie vom Druckerproduzenten Centronics als eine spezielle Schnittstelle für Drucker, daher ist die parallele Schnittstelle auch als Centronics-Port bekannt (Dembowski, 2007). Der wesentlichste Vorteil der parallelen Schnittstelle gegenüber dem seriellen Gegenstück ist

die höhere Übertragungskapazität, da bei der parallelen Schnittstelle 8 Bits gleichzeitig gesendet werden können.

Allerdings muss bei der parallelen Schnittstelle bedacht werden, dass nur kurze Entfernungen überbrückt werden können: Ortmann (2006) definiert die maximale Kabellänge auf Grund der gegenseitigen Leitungsbeeinflussung als 6 Meter, während er bei serielle Verbindungen Reichweiten bis 1000 Meter angibt.



Technisch gesehen verfügt die parallele Schnittstelle am Host über 25 Pins (Abb. 24), während der Client 36 Kontakte aufweist. Vor der Einführung des USB waren neben den Druckern vor allem Wechselspeicher auf die parallele Schnittstelle angewiesen, allerdings wurde sie gelegentlich auch von exotischerer Peripherie, etwa Kopierschutzstecker, genutzt.

Abbildung 24: 25polige parallele Schnittstelle am Host (Wikipedia, 2006)

Ein Merkmal der Schnittstelle ist, dass sie nur für die Kommunikation in eine vorbestimmte Richtung vorgesehen ist. Erst seitdem sich das IEEE ihrer 1994 angenommen hat, Verbesserungen spezifizierte und als IEEE 1284 Standard veröffentlichte, ist ein bi-direkter Austausch eingeplant. Nach Dembowski (2007) ist eine weitere Konsequenz, die sich aus der Standardisierung ergab, fünf unterschiedliche Betriebsmodi, da die Herstellerfirmen jeweils andere Modi durchsetzen wollten. Allerdings ist zumindest der *Compatible Mode* rückwärtskompatibel und sollte im Zweifelsfalle genutzt werden.

4.4.4 PS/2 Schnittstelle

Den Namen verdankt diese Schnittstelle IBMs *Personal System/2* Computerreihe, die sie zum Anschluss von Inputgeräten benutzte. PS/2 wird seit 1987 eingesetzt um die veralteten RS-232 Mausschnittstelle und die fünf-poligen Rundstecker, die auch als DIN Stecker bezeichnet werden, abzulösen. Technisch ist sie der seriellen Schnittstelle sehr ähnlich.

Da die Anschlusskontakte für Tastaturen als auch Mäuse gleich aussehen, wurden 1997 von Microsoft beiden Ports unterschiedliche Farben zugeteilt, um eine Unterscheidung zu vereinfachen. Seitdem sind bis heute der Mainboard Port der Tastatur violett, und der der Computermaus grün eingefärbt (Abb. 25)

Die PS/2 Schnittstelle hat durchaus noch ihre Daseinsberechtigung. Allerdings geht man vermehrt dazu über, nur noch eine statt zwei Buchsen in den Mainboards einzubauen, wobei diese eine Computermaus oder eine Tastatur anschließt. Aufgrund der unvorteilhaften Eigenschaft von USB, erst beim Hochfahren des Betriebssystems aktiv zu

werden, können USB Geräte meist nicht vor dem vollständigen Start des Betriebssystems oder im DOS Modus eingesetzt werden. Daher ist eine herkömmliche PS/2 Schnittstellentastatur, zumindest für die Einrichtung eines neuen Systems unerlässlich. Allerdings kann anschließend im BIOS moderner Mainboards der *USB Keyboard Support* aktiviert werden (Dembowski, 2007).

Abbildung 25: PS/2 Buchsen des Dynex USB- Adapters (OCModshop.com, 2007)

4.4.5 Universal Serial Bus

Der Universal Serial Bus, üblicherweise nur als USB referenziert, ist ein Standard des *USB Implementers Forum*, dem eine Vielzahl an elektronik- und computererzeugender Unternehmen angehören. Die erste Version des Standards, USB 1.0, wurde 1996 veröffentlicht. Hauptziele des neuen Universalinterfaces sind die Reduzierung der benötigten Device-Schnittstellen sowie eine benutzerfreundlichere Handhabung (Ortmann, 2006). Die 2000 veröffentlichte und 2001 standardisierte, überarbeitete Version 2.0 erlaubt eine höhere Datenübertragungsrate und ist abwärtskompatibel. Während die frühe USB Version (*Full Speed*) eine Datenübertragung von nur 12 MBit/s erlaubte, erhöht USB 2.0 (*High Speed*) den Wert auf 480 MBit/s. Verglichen mit den vorhin erwähnten Schnittstellenspezifikationen sind daher weit höhere Datenübertragungen möglich. Diese betragen nämlich für die serielle Schnittstelle nur 115kbits/s und die parallele Standard-Schnittstelle ermöglicht 115kbytes/s. Im November 2008 wurde die aktuellste Spezifikation, USB 3.0, vorgestellt. Die neue Version erhielt die Bezeichnung *Super Speed* und soll einen bis zu zehnmal schnelleren Datentransfer ermöglichen (USB.org, 2008). Die umfangreichen Standard-Spezifikationen können von interessierten Lesern auf der offiziellen USB Seite unter *http://www.usb.org/developers/docs/* nachgelesen werden.

Bei der Betrachtung der mechanischen Aspekte fällt auf, dass die Anschlüsse der Kabel unterschiedliche Formen aufweisen (Abb. 26). Welcher Anschluss zu verwenden ist, wird durch die Verbindungsstruktur festgelegt: Der sogenannte A-Konnektor wird stets am Host, beziehungsweise in Richtung des Upstreams befestigt. Dementsprechend ist der B-Typ für die Peripheriegeräte vorgesehen. Dass dieser üblicherweise bei Inputgeräten wie Tastatur und Computermaus nicht sichtbar ist, liegt an der Integration des USB Kabels im entsprechenden Gerät. Für kleinere Geräte wurde eine weitere, kleinere Art des B-Abschlusses entwickelt. Diese Spezifikation ist unter dem Namen Mini-USB bekannt. USB Kabeln bestehen aus insgesamt vier Leitern. Zwei davon sind Signalleitungen, eine Leitung

ist der Stromversorgung in Höhe von 5 Volt angedacht, die Letztere dient als Masseleitung.

Der Konzeption als Universalschnittstelle verdankt USB, dass eine breite Palette an Peripheriegeräten unterstützt wird. So sind heutzutage zum Beispiel Computermäuse, Tastaturen, externe Massenspeicher, Drucker, Scanner und Digitalkameras mit USB Anschlüssen weit verbreitet. Da der USB angeschlossene Geräte mit einem 5 Volt- Strom versorgt, gibt es Gimmicks, die den USB als Stromquelle zweckentfremden. Dazu zählen alle Devices, die ausschließlich die Stromversorgungsleitung nutzen, ohne am Datenaustausch mit dem Host teilzunehmen. Beispiele hierfür wären Ventilatoren, Lampen und Ähnliches.

Eine weitere Besonderheit des USBs ist seine *Plug and Play* Fähigkeit. Darunter versteht man das Anschließen und Nutzen der Peripherie zur Laufzeit. Im Gegensatz zu den Legacy Interfaces, die einen Computerneustart erforderten, konnte somit die Userfreundlichkeit erhöht werden. Diese wird auch durch die automatische Geräteerkennung gefördert. Bevor ein angeschlossenes USB Gerät betriebsbereit ist, müssen erst einige Schritte durchgeführt werden. Als erstes meldet sich ein USB Device beim Host durch das Anlegen eines 1,5k Ohm Widerstandes an eine der zwei Signalleitungen. Nachdem das Gerät entdeckt wurde, wird es mit Hilfe seiner Deskriptoren identifiziert und erhält eine Busadresse. Anschließend wird eine Enumeration durchgeführt, in der das Device alle seine Eigenschaften preisgibt, Treiber geladen und die zustehende Bandbreite definiert wird. Eine Übersicht über die unterstützten Deviceklassen bietet Abbildung 27. Einige dieser Deviceklassen bestehen wiederum aus Subklassen und Subprotokollen. So sind beispielsweise für die Klasse der USB Hubs, 09h, drei unterschiedliche Protokolle für Full Speed und High Speed Hubs vorgesehen.

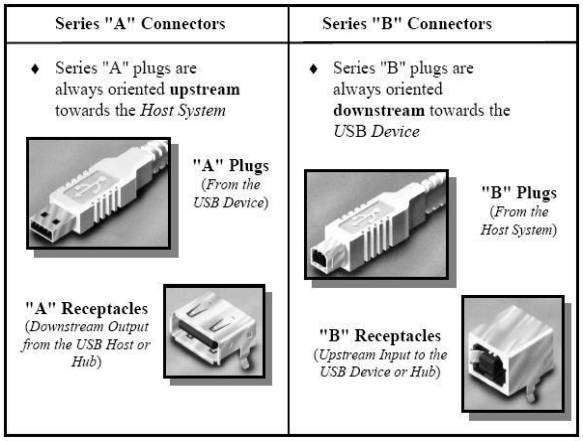


Abbildung 27: USB Anschlussvarianten (USB.org)

Klasse	Anschlussgerät	Klasse	Anschlussgerät
00h	Descriptors class code	0Bh	Smart Card
01h	Audio	0Dh	Content Security
02h	Communications and CDC Control	0Eh	Video
03h	Human Interface Device	0Fh	Personal Healthcare
05h	Physical	DCh	Diagnostic Device
06h	Image	E0h	Wireless Controller
07h	Printer	EFh	Miscellaneous
08h	Mass Storage	FEh	Application Specific
09h	Hub	FFh	Vendor Specific
0Ah	CDC-Data		

Abbildung 26: USB Device Klassen

Pro Hostcontroller werden bis zu 127 Geräte unterstützt. Allerdings leidet die Bandbreite pro Device erheblich bei zu vielen aktiven Geräten. Zwar besitzen moderne PCs meist je zwei Kontakte an der Rück- und Vorderseite, um jedoch eine größere Anzahl an USB Peripherie anzuschließen kommen in der Regel Hubs zum Einsatz. Laut USB -Spezifikation ist hierfür eine baumförmige Struktur vorgesehen. Somit kann es immer nur einen Upload geben, der Anzahl an Downstreams sind keine Grenzen gesetzt. Eine weitere Restriktion der Busstruktur wird durch die Maximallänge der Kabel vorgegeben. Diese beträgt 5

Meter und ergibt sich sowohl aus der straffen Response Time für Devices als auch durch den Signalverlust der verdrillten Kupferkabel (Ortmann, 2006; USB.org, 2008)

5. Vorgehensweise und verwendete statistische Methoden

Für die Auswertung der durchgeführten Umfrage werden die folgenden Methoden aus der Statistik angewandt. Neben einer kurzen Einführung der ausgewählten Methoden behandelt dieses Kapitel auch den Vorgangsprozess der Analysendurchführung.

5.1 Conjoint Analyse

Die in dieser Studie verwendete Conjoint Analyse ist ein beliebtes Mittel zur Erfassung von Benutzerpräferenzen. Nach A. Muir (2008) ist die Conjoint Analyse das beste Werkzeug, um den komplexen psychologischen Kaufentscheidungsablauf nachzubilden. Sie wurde in den 1970ern für die Marktforschung entwickelt, hat sich allerdings aufgrund ihrer Vielseitigkeit in weiteren Anwendungsgebieten etablieren können (Hair, Black, Babin, Anderson & Tatham, 1998).

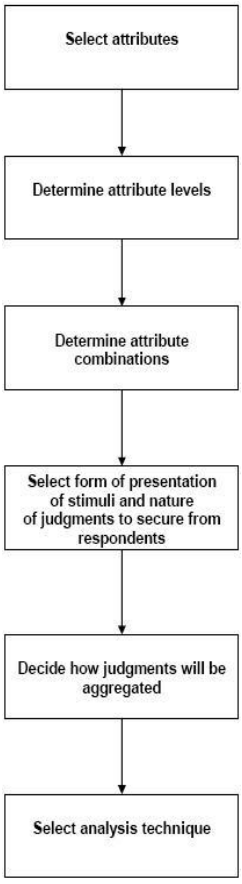


Abbildung 28: Conjoint Analyse Prozess (North & de Vos, 2002)

Bei der Conjoint Analyse bewertet der Befragte ein fiktives oder reelles Produkt, den sogenannten Stimulus. Die Person bewertet das ganze Produkt, nicht nur einzelne Eigenschaften wie bei vergleichbaren Analysen. Daher ist die Bewertung eine sehr realistische Aufgabenstellung. Bei der Auswertung der Umfragedaten kann für jede Person sowohl auf individueller, als auch auf aggregierter Ebene eine Präferenzstruktur erzeugt werden. Sie tätigt Aussagen über die Wichtigkeit der einzelnen Eigenschaften (Faktoren). Darüber hinaus werden die Nutzwerte der zugehörenden Ausprägungen (Levels) berechnet. Die Vorgehensweise zur Durchführung einer Conjoint Analyse wird in Abbildung 28 dargestellt.

Select attributes: Zuallererst erfolgt die Auswahl der Attribute (Merkmalen), die üblicherweise als Faktoren bezeichnet werden. Bei der Auswahl der Faktoren ist zu beachten, dass sie kommunizierbar, beeinflussbar, messbar und unabhängig sind. Für die traditionelle Conjoint Analyse, die zur Auswertung dieser Umfrage verwendet wird, empfehlen Hair, Black, Babin, Anderson und Tatham (1998) weniger als zehn Faktoren zu verwenden, da

ansonsten zu viele Stimuli bewertet werden müssen.

Determine attribute levels: Im nächsten Schritt werden den einzelnen Faktoren mögliche Ausprägungen, die Levels, zugeteilt. Korrelationen zwischen bestimmten Levels, die unrealistisch erscheinen, sind bestmöglich zu vermeiden.

Unter dem Begriff „*Determine attribute combinations*" verstehen North und de Vos das Bestimmen der Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten. Sie ergibt sich aus der Multiplikation der Levelanzahl jedes Faktors (Levelanzahl $_{\text{Factor 1}}$ * Levelanzahl $_{\text{Factor n}}$). Typischerweise muss die Anzahl der Stimuli auf ein sinnvolles Maß reduziert werden. Trotz Reduktion muss eine korrekte Durchführung der Analyse gewährleistet sein. Für die Umfrage wird daher ein optimales Design erstellt, das heißt, eine Stimuli- Sammlung, die sowohl orthogonal als auch ausgeglichen ist.

Select form of presentation of stimuli and the nature of judgements to secure from respondents: Als Nächstes soll laut North und de Vos (2002) geklärt werden, auf welche Art die Erhebung erfolgen soll. Die Stimuli können von den Ausfüllenden auf zwei Arten bewertet werden. Bei der Ranking-Methode wird eine Reihenfolge erstellt, sie ist aber für die Anzahl der hier verwendeten Levels nicht geeignet. Daher wird die Score Methode, bei der jeder Stimulus mit Punkten benotet wird, verwendet.

Decide how judgements will be aggregated: Wie bereits erwähnt können Daten mit Hilfe der Conjoint Analyse auf individueller und aggregierter Ebene ausgewertet werden. Aufbauend auf den individuellen Informationen wird in dieser Studie eine Cluster Analyse durchgeführt.

Select analysis technique: Die im vorherigen Schritt definierte Bewertungsmethode beeinflusst die Wahl der Analysemethode. Erfolgt die Evaluierung der Stimuli durch Punktevergabe, empfehlen Hair et al (1998) eine metrische Schätzmethode. Für Reihenfolgen eignet sich die nichtmetrische Methode, da keine Linearität gegeben ist (North & de Vos, 2002). Darüber hinaus empfehlen Hair et al (1998) im Vorhinein die Kompositionsregel zu definieren. Sie beschreibt, wie sich der Gesamtnutzen eines Produktes zusammensetzt. Im Normalfall entscheidet man sich für die additive Methode, bei der sich der Gesamtnutzen aus den addierten Teilnutzen eines Produkts ergeben. Für die Form der Teilnutzenfunktion können ebenfalls Regeln definiert werden, zur Verfügung stehen lineare, separate (diskrete) und quadratische Teilnutzenbeziehungen (Abb. 29). Für diese Studie wird in den meisten Fällen eine separate Beziehung angenommen. Aufgrund der fehlenden Einschränkungen ist hierbei der Nachteil, dass sie geringere statistische Rückschlüsse ermöglichen. Ausnahmen, zum Beispiel die Levels der Kosten oder bei offensichtlichen Faktoren wie der Reaktionszeit, verwenden den linearen Teilwert.

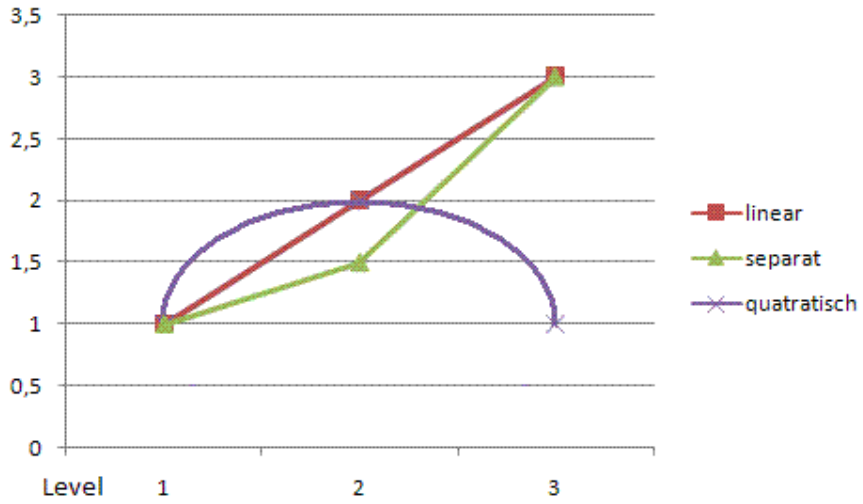


Abbildung 29: Mögliche Nutzen-Beziehungen für die Faktoren-Levels

Die statistische Vorgangsweise zur Errechnung der geschätzten Teilwerte und der Faktorenwichtigkeit besteht aus mehreren Schritten.

- Quadrieren der Differenz von Mittelwert und tatsächlichem Wert für alle Teilwerte.
- Errechnen der Summe aller quadrierten Abweichungen.
- Berechnen der Standardisierungszahl, die sich aus der Anzahl der verwendeten Levels, dividiert durch die Summe aller quadrierten Abweichungen ergibt.
- Durch die Multiplikation der quadrierten Abweichungen mit der Standardisierungszahl werden alle Levels standardisiert.
- Durch Wurzelziehen ergibt sich daraufhin der geschätzte Teilwerte für jeden Level.
- Zum Berechnen der relativen Wichtigkeit der Faktoren wird zuerst die Größe des Teilwert-Intervalls benötigt. Dieser ergibt sich aus der Addition des Maximums mit dem negativen Minimum.
- Feststellen der Summe aller Teilwert- Intervalle.
- Die Faktorenwichtigkeit lässt sich mit Hilfe des Teilwert- Intervalls, dividiert durch die vorhin errechnete Summe, feststellen.

5.2 Clusteranalyse

Durch die Anwendung des hierarchischen Clusterverfahrens auf die Daten der Conjoint Analyse sollen alle Versuchsteilnehmer in kleinere, möglichst homogene Gruppen eingeteilt werden. Der Unterschied zwischen den Gruppen soll möglichst groß sein. Gegenstand der Clusteranalyse sind die Fälle, sprich die Daten der einzelnen Umfrageteilnehmer, nach Durchführung der Conjoint Analyse. Das Clustern basiert auf den standardisierten Teilnutzenwerten. Es existieren daher keine nominalen, binären oder kategorialen Variablen.

In der Clusteranalyse wird „jedes Objekt als Punkt in einem endlich-dimensionalen Raum repräsentiert. Seine Dimension stimmt mit der Anzahl an Analysevariablen überein“ (Wiedenbeck & Züll, 2001). Wie die Distanz, beziehungsweise die Ähnlichkeit bestimmt wird, hängt von der gewählten Distanzmaß-Methode ab. Beliebte Distanzmaße sind der euklidischer Abstand (Abb. 30) beziehungsweise die quadrierte euklidische Distanz und die Block- oder Manhattandistanz (Abb. 31).

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{k}(x_i - y_i)^2}$$

Abbildung 30: Euklidische Distanz

$$\sum_{i=1}^{k} | x_i - y_i |$$

Abbildung 31: Manhattandistanz

Des Weiteren legen hierarchische Methoden fest, auf welche Art geclustert wird. Zwei in der Literatur häufig anzufindende, und auch in dieser Studie verwendeten Methoden sind die Folgenden.

- Single Linkage (Nearest Neighbour): Distanz des nahsten Objekts jedes Clusters. Single Linkage eignet sich zum Identifizieren von Ausreißern. Aus diesem Grund wird sie in dieser Studie vor dem eigentlichen Klassifizierungsprozess angewandt.

$$D_{SL}(C_r, C_s) = \min_{\substack{a_i \in C_r \\ a_j \in C_s}} d(a_i, a_j)$$

- Ward Methode: Der Mittelwert der Variablen jedes Clusters wird berechnet und mit den der anderen Objekte verglichen. Die Objekte, die den geringsten Homogenitätsverlust verursachen, werden zusammengelegt. Diese Methode wird zum Klassifizieren der Daten, nach der Elimination von extremen Ausreißern, angewandt. *n* bezeichnet die Anzahl der Fälle eines Clusters.

$$D_W(C_r, C_s) = \frac{n_r n_s}{n_r + n_s} d^2(\overline{x_r}, \overline{x_s})$$

Hierarchische Clusteralgorithmen stellen alle Cluster- Schritte hierarchisch dar, jede Ebene repräsentiert eine mögliche Lösung. Entscheidet man sich für das agglomerative Verfahren, so bildet jeder Fall zu Beginn des Algorithmus einen eigenen Cluster. Diese werden solange miteinander fusioniert bis zum Schluss nur noch ein einzelner Cluster existiert. Für das divisive Verfahren gilt die Umkehrung, hier wird mit einem einzigen Cluster begonnen, der in jedem Schritt aufgespalten wird. Die Anzahl der resultierenden Cluster wird bei der Analyse der Daten bestimmt. Bestimmte Methoden, zum Beispiel das Ellbogen-Kriterium, helfen bei der Suche nach der „richtigen“ Anzahl an Clustern. Auch Dendrogramme (Abb. 32), die den ganzen Klassifizierungsprozess grafisch abbilden, können hierbei unterstützen.

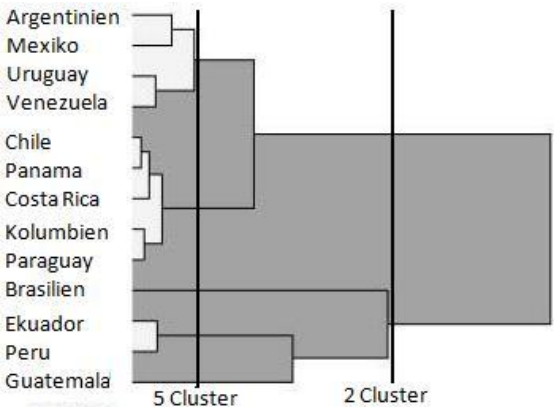


Abbildung 32: Dendrogramm als SPSS- Output (nach Wiedenbeck & Züll, 2001)

5.3 Assoziationsanalyse

Die Assoziationsanalyse soll häufig auftretende Attributkombinationen aufdecken. Im Sinne der Umfrage wird mit den Assoziationsregeln festgestellt, ob und welche Clusterzugehörigkeiten häufig gemeinsam auftreten. Input der Analyse sind die dichotomen Variablen der Clusterzugehörigkeiten.

Bollinger (1996) definiert die Assoziationsregeln als Beschreibung der „Korrelationen zwischen gemeinsam auftretenden Dingen“. Assoziationsregeln treten in der Form $X \rightarrow Y$ auf. Sie messen die funktionale Beziehung einer Kombination.

Als Support wird die relative Häufigkeit eines Merkmals charakterisiert. Ein hoher Supportwert deutet auf ein häufiges Auftreten dieses Merkmals oder der Merkmalkombination hin. D ist die Gesamtheit.

$$sup(A \rightarrow B) = \frac{\left|\{t \in D | (A \cup B) \subseteq t\}\right|}{|D|}$$

Als Konfidenz wird der prozentuelle Anteil bezeichnet, in dem sowohl der Antezedent als auch der Konsequent in einer Regel vorkommen.

$$conf(A \rightarrow B) = \frac{sup(A \rightarrow B)}{sup(A)}$$

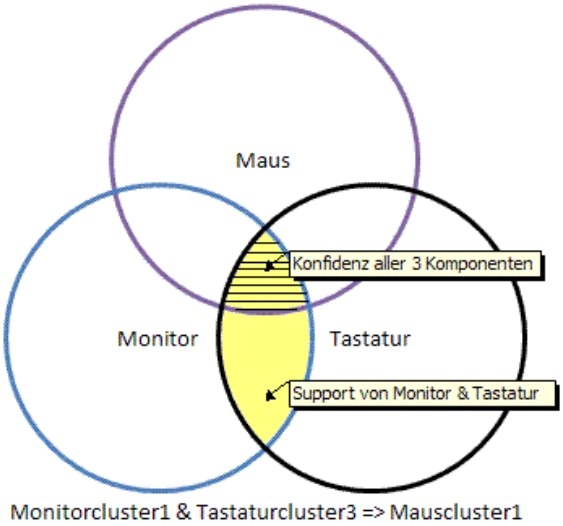


Abbildung 33: Beispiel einer Assoziationsregel

Beeinflussen kann man das Auffinden von starken Regeln durch das Definieren des minimalen Supports und der minimalen Konfidenz. Ein geringer minimaler Support erzeugt viele Regeln, die allerdings selten vorkommen. Ist er hoch eingestellt, werden nur

wenige Assoziationsregeln ausgegeben, die allerdings häufig vorkommen. Für die Konfidenz gilt, dass bei einem geringen Wert zwar viele Regeln gültig sind, aber diese nur ungenau sind. Währenddessen erzeugt eine hohe minimale Konfidenzeinstellung wenige, allerdings häufig zutreffende Regeln.

In der Auswertung wird eine in der Literatur häufig erwähnte Methode, der Apriori-Algorithmus, angewendet. Der Pseudo-Code ist unterhalb dargestellt. Als L_k wird die Größe des Sets bezeichnet. Bei L_1 bestehen die Itemsets nur aus einem Merkmal. C_k sind Kandidaten für mögliche häufige Itemssets der $_k$ten Stufe.

L1 = {frequent 1-Itemsets};
for (k=2;L_{k-1} != {}; k++) **do begin**
    C_k = apriori-gen(L_{k-1}); *// Neue Kandidaten erschaffen*
    for all transactions t ϵ *D* **do begin**
    C_t = subset(C_k,t); *// In t enthaltene Kandidaten*
    for all candidates *c* ϵ C_t **do**
    c.count++;
    end
    Lk = {c ϵ C_k | *c*.count> *supmin)*
end
Answer = U_k L_k;

5.4 Vorgehensweise

1. Den Ausgangspunkt der Umfrage bilden die orthogonalen Designs der drei betrachteten Komponenten. Diese bestimmen die Attributkombinationen der von den Testpersonen zu bewertenden Stimuli. Sie finden im Anhang alle erstellten Designs.

2. Nach der Durchführung der Umfrage werden die gespeicherten Datensätze in das Statistikprogramm SPSS importiert. Die Gesamtmenge aller Datensätze umfasst 110 Personen. Beim Import werden die Variablen ihrem Inhalt entsprechend kodiert (Abb. 34) und das Messniveau aktualisiert. Zur späteren Identifikation der Personen wird jedem Datensatz eine ID- Variable zugeordnet.

Rubrik	Kodierung	Variablenanzahl
ID	ID	1
Allgemeine Fragen	a	33
Maus IST	mi	7
Maus Soll	ms	16
Tastatur IST	ti	9
Tastatur Soll	ts	16
Monitor IST	moi	7
Monitor Soll	mos	16
Demografisches	d	6
Kommentarfeld	k	1

Abbildung 34: Aufteilung und Kodierung

3. In diesem Schritt erfolgt die Löschung aller ungeeigneten Datensätze. Der Autor braucht zum Ausfüllen etwa 15 Minuten. Da bei der Erhebung des Fragebogens auch die Ausfüllzeit ermittelt wurde, lässt sich abschätzen, welche Personen den Fragebogen nicht ausgefüllt haben sondern sich nur durchgeklickt haben. Dies trifft auf 3 Datensätze zu, als Grenzwert wurden 5 Minuten definiert. Zusätzlich werden 3 Datensätze, bei denen die Stimuli aller drei Soll-Zustände gar nicht oder zur Durchführung der Conjoint Analyse

unzureichend bewertet wurden, entfernt. Als Resultat stehen für die weitere Untersuchung 104 Datensätze zur Verfügung.

4. Es folgt das Analysieren und eventuelles Ersetzen von fehlenden Werten, sofern dies unbedenklich ist. Die Filterfragen, etwa a7, ermöglichen unter Umständen fehlende Werte ihrer nachfolgenden Detailfragen zu ersetzen. Die meisten fehlenden Werte waren nicht zu korrigieren. Da die Conjoint Analyse keine fehlenden Werte zulässt, mussten die Auswertungen dieser Personen für das jeweilige Gerät gestrichen werden. Ein fehlender Wert für die Conjoint Analyse eines Geräts hat jedoch keinen Einfluss auf die Auswertung der anderen Devices.

5. Schreiben der Conjoint Syntax. Benötigt werden hierfür nicht der gesamte Datensatz, sondern nur die Ergebnisse der Stimuli. Betroffen sind die je 16 Variablen der ms, ts und mos, die die Stimuli-Bewertungen speichern. Entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis haben die Teilnutzendefinitionen (Abb. 29, Abb. 35). Sollte keine Annahme über die Beziehung der Faktorenlevel und Nutzerpräferenzen gemacht werden können, wird der entsprechende Faktor als diskret (separat) annotiert. In der Umfrage ist diese Art für den Großteil der Attribute zutreffend. Faktoren mit einer eindeutigen Beziehung, zum Beispiel den Kosten, der Feedbackqualität der Tastenanschläge und Ähnlichen, werden eine lineare Beziehung unterstellt.

	Stufen	Zusammenhang
Bilddiagonale	2	Diskret
Bildschirmformat	2	Diskret
Kontrast	2	Linear
Reaktionszeit	2	Linear
Hochformat	2	Diskret
Anpassung	3	Diskret
Lautsprecher	2	Diskret
Kosten	3	Linear

Abbildung 35: Modellbeschreibung

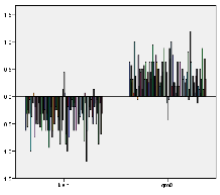
6. Nach dem Schreiben der Syntax wird die Conjoint Analyse mit Hilfe des Programms SPSS durchgeführt. Sie bestimmt auf aggregierter und individueller Ebene die Nutzerpräferenzen (Abb. 36). Für den Bildschirm sind 96 und für die Tastaturen 93 verwendbare Datensätze vorhanden. Die Auswertung der PC-Mäuse verwendet die Antworten von 98 Personen. Die Ergebnisse der Conjoint Analyse werden in separaten Daten gespeichert. Für die weitere Verarbeitung dient eine Datei pro Peripheriegerät.

		Nutzenschätz	Standardfehler
Bilddiagonale	klein	-,365	,059
	groß	,365	,059
Bildschirmformat	4:3 (Standard)	-,038	,059
	16:10 (Wide)	,038	,059
Hochformat	nicht möglich	-,024	,059
	möglich	,024	,059
Anpassung	nicht möglich	-,056	,079
	nur Neigungswin	-,049	,092
	Höhe & Neigung:	,105	,092
Lautsprecher	nicht integriert	,041	,059
	integriert	-,041	,059
Kontrast	gering	,566	,118
	hoch	1,133	,236
Reaktionszeit	schlecht	,824	,118
	gut	-,824	,118
Kosten	150 Euro	,565	,118
	250 Euro	,259	,118
	350 Euro	-,824	,118
(Konstante)		4,000	,086

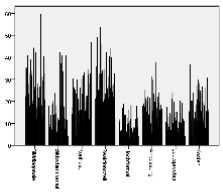
Nutzen – Gesamtstatistik

Bilddiagonale	18,379	36
Bildschirmformat	9,358	71
Hochformat	5,845	42
Anpassung	12,573	13
Lautsprecher	7,008	86
Kontrast	14,737	
Reaktionszeit	20,538	
Kosten	11,563	

Wichtigkeitswerte – Gesamtstatistik



Nutzen – Individuell



Wichtigkeitswerte – Individuell

Abbildung 36: Ergebnis der Conjoint Analyse

7. Überprüfung der Indikatoren zur Vorhersagefähigkeit des Modells. Sind sie zu niedrig könnte dies an falschen Modellannahmen oder schlechten Inputdaten liegen. Als Qualitätsmerkmale der Conjoint Analyse werden Pearsons r und Kendalls Tau herangezogen. Die entsprechenden Werte für die Analyse des Monitors finden Sie in Abb. 37. Die Werte der Tastaturen betragen 0,986 beziehungsweise 0,929. Und die Korrelation zwischen den beobachteten und errechneten Nutzen für das Modell der PC Mäuse ist mit einem Pearson r von 0,954 und Kendall Tau 0,824 ebenfalls aussagekräftig.

	Wert	Sig.
Pearson-r	,977	,000
Kendall-Tau	,917	,000

Abbildung 37: Analyse der Korrelation

8. Vor der Weiterverarbeitung durch die Cluster Analyse werden die individuellen Teilnutzenwerte aufbereitet. Das Standardisieren der Teilnutzenwerte, sodass die Summe aller standardisierten Teilnutzen den Wert 1 ergeben, ist Voraussetzung für eine weitere Verarbeitung. Dies geschieht mit den in Abbildung 38 angegebenen Formeln, wobei sich β_{jm} auf den Teilnutzen des Levels $_j$ des Faktors $_m$ bezieht. Die Clusteranalyse verwendet ausschließlich standardisierte Werte ($\hat{\beta}$).

$$\beta^*_{jm} = \beta_{jm} - \beta^{Min}_{j}$$

$$\hat{\beta}_{jm} = \frac{\beta^*_{jm}}{\sum_{J=1}^{J} \max_m \left\{ \beta^*_{jm} \right\}}$$

Abbildung 38: Standardisierungsformeln

9. Im nächsten Schritt werden alle extremen Ausreißer aussortiert. Die besten Resultate liefert für diese Aufgabe die Nearest Neighbour Methode, kombiniert mit der quadratischen euklidischen Distanz als Distanzmaß. Extreme Ausreißer werden durch den sprunghaften Anstieg der Koeffizienten identifiziert und von der folgenden Verarbeitung ausgeschlossen. Alle Daten, mit Ausnahme der Angaben der Person 28 zur Tastatur, werden für das eigentliche Clustern weiterverwendet. Der eben erwähnte Tastaturdatensatz hätte den Koeffizienten um 103% ansteigen lassen und erwies sich bei der Untersuchung der Conjoint Ergebnisse als mangelhaft (Abb. 39).

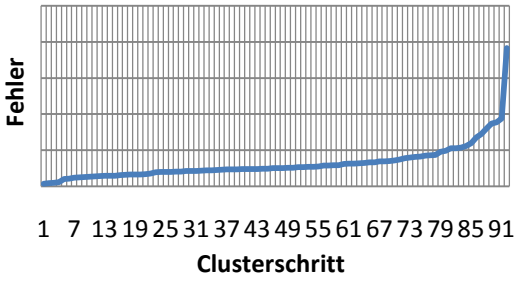


Abbildung 39: Der 28. Datensatz als Ausreißer

10. Erneute Durchführung der Clusteranalyse mit der Ward-Methode. Um die besten Ergebnisse zu erzielen wird die quadrierte euklidische Distanz empfohlen (Bühl, 2008). Eine bedeutende Entscheidung dieses Schrittes betrifft die Wahl der erwünschten Clusteranzahl. Als Basis wird hierfür in eingeschränkter Form das Ellbogenkriterium

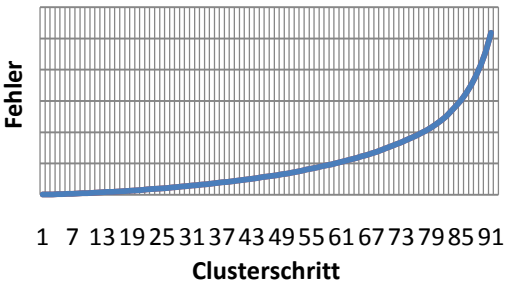


Abbildung 40: Anstieg der Fehlerquote beim Tastaturen- Fusionierungsprozess

beziehungsweise ein Vergleich der Clusterdistanzen herangezogen. Der Autor entschied sich für insgesamt 4 Bildschirmcluster, 4 Tastaturcluster und 4 Mauscluster. Diese lassen sich voneinander in ihren Eigenschaften unterscheiden, sodass die Präferenzen der Gruppen klar ersichtlich sind. Eine zusätzliche Aufteilung würde zwar das Ergebnis geringfügig verbessern, aber in zu kleinen Clustergrößen resultieren. Sie finden im Kapitel „Dendrogramme der Clusteranalysen“ des Anhangs auf der Seite 86 die entsprechenden Abbildungen.

11. Es folgt eine Analyse der Clustereigenschaften. Mit Hilfe der Clusterzugehörigkeit erfolgen weitere Conjoint Analysen, die die Präferenzen der Gruppen wiedergeben (Abb. 41). Ebenso von Interesse ist die Frage, welche demografischen und statistischen Größen besonderen Einfluss auf die Clustergruppen nehmen.

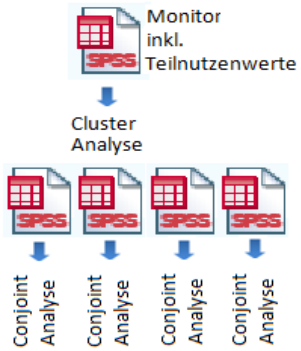


Abbildung 41: Auswertung der Cluster

12. Für die Assoziationsanalyse werden dichotome Variablen für die Clusterzugehörigkeiten jeder Person erstellt. Nach der Bestimmung der geeigneten Minimumwerte für Support und Konfidenz soll sie beschreiben, welche Clusterzugehörigkeiten häufig gemeinsam auftreten.

6. Die Datenerhebung

6.1 Statistischer Hintergrund

Die Grundgesamtheit besteht aus allen Computernutzer des deutschsprachigen Raumes. Da die Datenerhebung mit Hilfe eines Online-Fragebogens geschieht, gibt es durch die Selbstselektion keine repräsentative Stichprobe. Die Selektion der Testpersonen geschieht zum Einen durch das Auffinden des Fragebogens, zum Anderen durch die freiwillige Teilnahme. Die qualitativ besten Daten würden möglichst heterogene Gruppen, entsprechend ihres Anteils an der Grundgesamtheit, hervorbringen. Es ist daher nicht sinnvoll, wenn eine Gruppe, zum Beispiel Studenten, den Großteil der Befragten ausmachen würde. Deswegen wurde der Fragebogen auf mehreren Foren mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten veröffentlicht. So soll eine breit gestreute

Stichprobe realisiert werden. Der Großteil der Freiwilligen konnte mit Hilfe von Internetforen mobilisiert werden. Die benutzen Foren waren:

- *Fswinf*, das Forum der „Fachschaft Wirtschaftsinformatik der TU Wien und Uni Wien“.
- *World of Warcraft Europe*, ein deutschsprachiges Forum des gleichnamigen Rollenspiels mit gewaltiger Reichweite.
- *Gamona*, ein Netzwerk für Software, speziell für Computerspiele.
- *Forum Austria*, ein Forum für Themen aller Art.
- *Tom's Hardware*, mit dem Themenschwerpunkt für Computerhardware.
- *Boardplanet.net*: Forum für allgemeine Themen.
- sowie das *Wien Forum*.

6.2 Erstellung des Fragebogens

Der Fragebogen beansprucht mit einer Länge von acht Seiten und einer durchschnittlichen Ausfüllzeit von etwa 15 Minuten relativ viel Zeit. Eine große Sorge war daher, die erwünschte Anzahl von über 100 Personen erreichen zu können. Allerdings gibt es viele Anreize, die die Rücklaufquote erhöhen: Als Beispiele nennt Kirchhoff, Kuhnt, Lipp und Schlawin (2001) unter Anderem kleine Entschädigungsbeiträge für die investierte Zeit oder die Teilnahme an Gewinnspielen. Im Falle dieser Umfrage besteht die Möglichkeit sich beim Autor für die Zusendung der fertigen Arbeit sowie der persönlichen, individuellen Analyse einzutragen.

Die Conjoint Analyse basiert auf der Bewertung eines ganzen Produktes. Der erste Schritt zur Erstellung der Stimuli der ausgewählten Komponenten ist das Auffinden aller relevanten Eigenschaften und Besonderheiten der Produkte. Die Herstellerwebseiten, Prospekte und unabhängige Testanstalten erweisen sich in dieser Hinsicht als brauchbare Quellen. Selbstverständlich können nicht alle diese Features in den Conjoint Analysen präsent sein. Zum Einen, da mit der Anzahl der abgefragten Features auch die Anzahl der zu bewertenden Stimuli sehr rasch steigt. Zum Anderen, da einige Features offensichtlich unwichtiger als Hauptmerkmale sind und eine untergeordnete Rolle einnehmen. Leider können Features nicht in die Conjoint Analyse aufgenommen werden, wenn sie nicht kommunizierbar sind. In diesem Sinne wird eine Eigenschaft, die dem durchschnittlichem Computerbenutzer kein Begriff ist, ebenfalls ignoriert.

Nach der Auswahl der Features erfolgt die Gestaltung der Ausprägungen der ausgewählten Eigenschaften, den Levels. Die Auswahl der Levels geschieht ebenso praxisnahe: Nach der Recherche der am Markt verfügbaren Produkte wurden sinnvolle, bewertbare und kommunizierbare Ausprägungen ausgewählt. Um eine Überforderung der Teilnehmer zu vermeiden, bestehen die meisten Faktoren aus zwei konkurrierenden Levels. So macht es nach Auffassung des Autors wenig Sinn, bei schwerer zu kommunizierenden Merkmalen, etwa bei dem Gewicht der Maus eine zusätzliche dritte, neutrale Position einzuführen. Während bei zwei Levels die Abgrenzung noch leichter stattfinden kann, wäre die Grenzziehung zwischen „leicht“, „mittelschwer“ und „schwer“,

zu komplex und subjektiv. Der Preis ist zwar kein technisches Feature, wird allerding aufgrund seiner Wichtigkeit ebenfalls in die Conjoint Analyse aufgenommen.

Nach Bestimmung der Levels können alle Stimuli gebildet werden. Damit nicht alle möglichen fiktiven Produktkombinationen von den Probanden bewertet werden müssen, wird mit Hilfe des orthogonalen Designs die Anzahl der Stimuli auf ein Minimum reduziert. Für die Umfrage bedeutet dies, dass für jede Komponente 16 Fälle zu beurteilen sind.

Faktor	Kurzbeschreibung	Level
Abtastgenauigkeit	Die Abtastgenauigkeit beschreibt die Empfindlichkeit und Präzision der Maus.	gering (unter 400 dpi) hoch (über 400 dpi)
Größe	Die Größe ist hersteller- und produktabhängig. Für Laptopgebrauch gibt es handliche Mäuse.	klein (Laptop) Standardgröße
Oberfläche	Mausoberflächen sind im Normalfall aus Plastik, manchmal mit Gummiüberzug.	Plastik Gummi
Ergonomisches Design	Anpassung an Handform, etwa durch eine Mauswölbung oder Vertiefungen.	nein ja
Gleitfähigkeit	Definiert die benötigte Kraft zum Bewegen der Maus. Qualität der Gleitfüße.	schlecht gut
Anbindung	Anbindung zum Computer über ein Kabel (USB) oder kabellos mittels Funk oder Infrarot.	kabellos USB Anschluß
Anzahl der Tasten	Computermäuse bestehen üblicherweise aus zwei bis 3 Haupttasten für Zeige-, Mittel- und Ringfinger. Alle weiteren Knöpfe, meist für den Daumen, können als Extras angesehen werden.	Nur 2 Haupttasten Nur 3 Haupttasten 2 Haupttasten & Navigationstasten 3 Haupttasten & Navigationstasten
Mausrad	Erlauben vertikales Scrollen von Dokumenten. Integrieren u. U. einen zusätzlichen Button.	nein ja
Kosten der Maus	Die Untergrenze und Obergrenze ergeben sich aus den marktüblichen Preisen für Computermäuse.	10 Euro 30 Euro 50 Euro

Abbildung 42: Factors und Levels der Conjoint Analyse der Computermaus

Die Abbildung 42 zeigt die umfragerelevanten Faktoren und deren Ausprägungen für Computermäuse. Die Umfrage erhebt neun Faktoren, zu je zwei bis vier Levels. Als Orientierungshilfe ist diese Abbildung auch im Fragebogen abgebildet, dadurch soll der Teilnehmer an der Studie einen raschen Überblick über mögliche Produktkombinationen erhalten. Als zusätzliche Hilfestellung ist für jeden Faktor eine Kurzbeschreibung vorhanden. Detailliertere Angaben zu den technischen Eigenschaften und der Funktionsweise von Computermäusen erhalten Sie im Kapitel *Hardware*.

Die Abbildungen 43 und 44 geben einen Überblick über die Zusammensetzung der fiktiven Tastaturen beziehungsweise der Monitore. Im Anhang finden Sie eine Auflistung aller 48 Stimuli.

Faktor	Kurzbeschreibung	Level
Ergonomisches Design	Ermöglicht schonendes Schreiben (weiche Hand-auflage, wellenförmige Tastenanordnung, etc)	nein ja
Windowstasten	Schnelle Kommunikation mit Windows - Betriebssystem, etwa Startmenüaufruf.	nein ja
Zusätzliche Knöpfe	Über die Standardtasten hinausgehende Spezial-Knöpfe für Lautstärkenregelung, Makrotasten,...	nein ja
Tastendrucktiefe	Weite des erforderlichen Weges bis zum Tastenanschlag.	gering tief
Feedbackqualität	Qualität des taktilen und auditiven Feedbacks beim Anschlagen der Tasten.	niedrig hoch
Anschluss	Anbindung mit Computer über ein Kabel (USB, PS/2) oder kabellos mittels Funk oder Infrarot.	kabellos USB Anschluß
Neigungswinkel	Nicht beeinflussbare oder userbestimmte Neigung der Tastatur.	nicht verstellbar verstellbar
Spritzwasserfestigkeit	Abdichtung der Schaltkreise zum Schutz vor Flüssigkeiten.	nein ja
Kosten der Tastatur	Die Untergrenze und Obergrenze ergeben sich aus den marktüblichen Preisen für Tastaturen.	15 Euro 50 Euro 85 Euro

Abbildung 43: Faktoren und Levels der Conjoint Analyse der Tastatur

Faktor	Kurzbeschreibung	Level
Größe der Bilddiagonale	Beschreibt die Größe der Anzeigefläche.	klein (bis 18 Zoll) groß (ab 19 Zoll)
Bildschirmformat	In der Regel sind nur diese zwei Standards verbreitet. Breitformat ist im Aufkommen.	4:3 (Standard) 16:10 (Breitformat)
Kontrast	Unterschied zwischen Hell und Dunkel. Sorgt für scharfe und farbgetreue Bilder.	gering hoch
Reaktionszeit	Schaltzeit von Hell zu Dunkel und zurück. Zu lange Dauer erzeugt Schliereneffekte.	schlecht (über 9 ms) gut (unter 9 ms)
Verwendung als Hochformat	Viele Monitore können um 90 Grad gedreht werden. Sinnvoll für einige Anwendungen.	nicht möglich möglich
Anpassung an User	Anpassung des Monitors an die Kopfhöhe und Blickrichtung des Benutzers.	nicht möglich nur Neigungswinkel Höhe und Neigungswinkel
Integrierte Lautsprecher	Ersetzten externe Lautsprechersysteme.	nicht integriert integriert
Kosten des Bildschirms	Die Untergrenze und Obergrenze ergeben sich aus den marktüblichen Preisen für Monitore.	150 Euro 250 Euro 350 Euro

Abbildung 44: Faktoren und Levels der Conjoint Analyse des Monitors

Die Zusammenstellung der Stimuli hat sich im Laufe der Fragebogengestaltung ständig verändert. Dies betrifft zum Einen die Anzahl der abgefragten Faktoren. So bestanden Computermäuse für einige Zeit aus zehn Merkmalen, ohne dass sich dadurch die Anzahl der zu bewertenden Produkte erhöht hätte. Allerdings zeigte sich im Pretest, dass die Teilnehmer durch das erhöhte Faktorenset zu sehr belastet werden und die Dauer zum Beantworten der Frage erhöht wurde. Ein weiteres Beispiel betrifft die Tastatur: Hier wurde bis zum Pretest nicht die Qualität der Inputeingabe abgefragt. Allerdings ist vor allem das Gefühl beim Tippen eines der zentralen Elemente der Kaufentscheidung. Aus diesem Grund wurde der Faktor *Feedbackqualität* eingeführt. Zum Anderen wurden einige

Faktoren zur Gänze ausgetauscht. So erschien es nicht sinnvoll, das Mausgewicht zu evaluieren, sondern stattdessen besser mit dem Faktor *Gleitfähigkeit* zu ersetzen.

In der Designphase galt es eine passende Darstellungsart der Stimuli zu wählen. Restriktionen der potentiellen Umfragetools und -anbieter ließen eine sinnvolle textuelle Eingabe der Stimuli nicht zu, daher wurden die Stimuli als Bilder in den Fragebogen integriert. In der folgenden Abbildung 45 finden Sie eine Übersicht über die drei im Pretest verwendeten Stimuliformen. Dieser sollte unter Anderem klären, welche Art für die finale Umfrage verwendet wird.

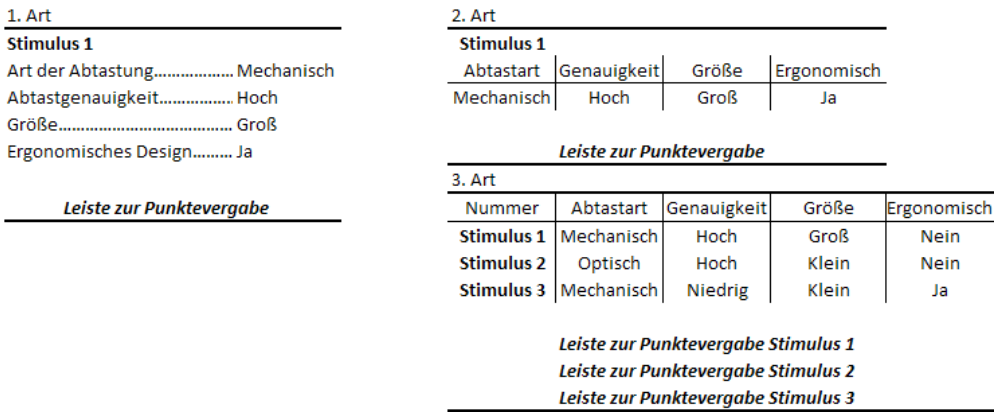


Abbildung 45: Die drei Arten der Stimuli-Präsentation des Pretests

In der ersten Variante stehen alle Features untereinander, die dazugehörigen Levels stehen neben den Features. Dadurch wirkt die Informationsdarstellung sehr kompakt. Ein weiterer Vorteil ist die beinahe quadratische Form: selbst mit einer Monitorauflösung von 800 x 600 Pixeln kann immer der ganze Stimulus ohne horizontalem oder vertikalem Scrollen angezeigt werden. Allerdings wirkt der Fragebogen durch seine vertikale Ausdehnung sehr lange.

Bei der zweiten Variante in Tabellenform stehen die Features im Tabellenkopf. Dadurch wird die Darstellung der Stimuli zwar sehr breit, verbraucht aber wenig an vertikalem Platz, der Fragebogen wirkt daher kürzer. Da sich die Likert-Skala immer vom linkem zum rechten Rand ausdehnt, ist die Entfernung zwischen dem Stimulus und der dazugehörenden Skala gering. Nachteile ergeben sich allerdings bei geringer Monitorauflösung, da der Benutzer zu ständigem horizontalem Scrollen genötigt wird. Ebenso verhält es sich bei vielen Features, wenn diese längere Namen innehaben müssen diese abgekürzt oder in mehreren Zeilen geschrieben werden.

Die dritte Variante fasst alle Produkte in einer Tabelle zusammen, die gleich wie bei der zweiten Variante aufgebaut ist. Somit lassen sich die Produkte sehr schnell untereinander vergleichen. Jedoch kann die Trennung der Stimuli von den Likert-Skalen von den Probanden als sehr unangenehm empfunden werden. Ein weiterer Nachteil, selbst bei hohen Monitorauflösungen, ist der Zwang zum vertikalen Scrollen nach der Bewertung der obersten Stimuli.

6.3 Der Vor-Test

Die Durchführung eines Pretests wird für beinahe alle Umfragen empfohlen. Sie verbessern die Qualität des Fragebogens durch das Auffinden von Formulierungsfehlern, Suggestivfragen sowie unverständlicher Fragen und Antworten (Kirchhoff, Kuhnt, Lipp & Schlawin, 2001). Aus diesem Grunde wurde ein Pretest inklusive Diskussion mit vier Teilnehmern durchgeführt. Neben Schwachstellen in der Gestaltung des Fragebogens sollte dieser Testdurchlauf auch Konflikte und Gefahrenpotentiale der statistischen Auswertung aufdecken.

Eine der zentralen Fragen, die der Vor-Test klären sollte, betrifft die Gestaltung und Präsentation der Stimuli. Beim Pretest wurden die fiktiven Produkte aller drei Komponenten, Computermaus, Monitor und Tastatur, auf eine andere Art und Weise dargestellt. Sowohl die erste als auch die zweite Art wurde von mindestens zwei Testpersonen als angenehm empfunden. Diese zeichnen sich durch eine kompakte Wiedergabe des Stimulus und der Nähe zur entsprechenden Likert-Skala aus. Die dritte Variante, in der die Stimuli gemeinsam in einer Tabelle abgelegt sind, wurde von allen Teilnehmern des Pretests abgelehnt. Die ähnliche, zweite Variante konnte die meisten Teilnehmer des Pretests überzeugen, vor allem durch die schnelle Vergleichbarkeit mit benachbarten Stimuli und der raschen Identifizierung des Standortes wichtiger Schlüsselfaktoren.

Darüber hinaus zeigte der Testfragebogen auf, dass es wenig Sinn machen würde, wie geplant vier Peripheriegeräte zu analysieren. Der Testfragebogen war mit einer Länge von 90 Fragen bereits ausreichend lange. Kirchhoff, Kuhnt, Lipp und Schlawin (2001) sehen in der Länge des Fragebogens ein wesentliches Kriterium der Rücklaufquote. Ein zu langer Fragebögen würde viele Freiwellige im Vorherein abzustoßen, beziehungsweise zu einem Abbruch führen. Das Evaluieren einer weiteren Komponente hätte den Fragebogen um etwa zehn schnell zu beantwortende, sowie 16 weitere Stimuli aufgebläht. Um die Geduld der Freiwilligen nicht zu überstrapazieren beinhaltet diese Analyse nur drei wichtigsten Komponenten: Den Monitor als primäres Ausgabegerät, sowie die zwei Standardinputgeräte Tastatur und Computermaus. Auf die Auswertung des zweiten Ausgabegerätes, des Druckers, wird verzichtet.

Neben dem Design des finalen Fragebogens sollte der Vor-Test auch Aufschluss über mathematische beziehungsweise statistische Fragestellungen geben. Zwar ist das Ergebnis des Vortests aufgrund der geringen Teilnehmerzahl sicherlich nicht aussagekräftig, aber ausreichend um mit den gesammelten Datensätzen ein erstes, vorläufiges mathematisches Modell zu erstellen.

6.4 Der Fragebogen

Der Fragebogen beginnt mit einer Begrüßung und der Erklärung des Umfrageziels (Abb. 46). Der erwähnte zusätzliche Anreiz der Auswertung der persönlichen Daten befindet sich ebenfalls im Eingangstext. Kirchhoff, Kuhnt, Lipp und Schlawin (2001) empfehlen zum Aufwärmen einfache Fragestellungen, die schnell zu beantworten sind. Getreu nach dem Leitsatz „Vom Allgemeinen zum Speziellen“ behandeln die folgenden Fragebatterien allgemeine Fragen zum Computergebrauch. Sie sind geschlossene Fragen, bei denen die zutreffende Antwort entweder per Drop Down-Menü ausgewählt wird oder innerhalb eines binären „Trifft zu“ – „Trifft nicht zu“ Systems angekreuzt wird.

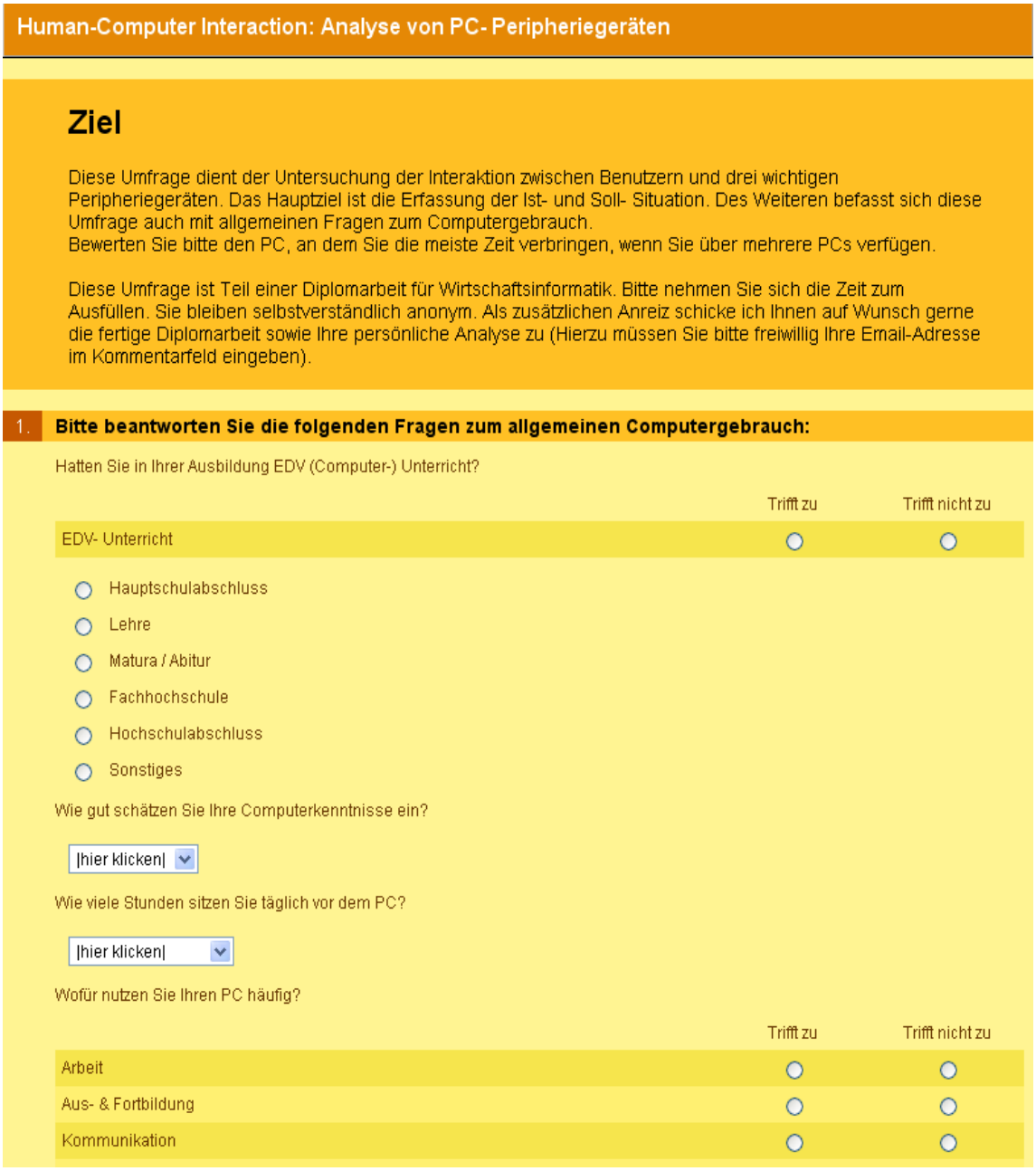


Abbildung 46: Ausschnitt des Fragebogenanfangs

Der Hauptteil der Analyse, die Erfassung der Ist- und Soll-Situation, ist nach den Komponenten gegliedert. Zuerst werden Fragen zum aktuellen Zustand der Computermaus des Anwenders gestellt. Alle Fragen dieser Fragenbatterie sind geschlossene Fragen, die mit „Trifft zu“, „Trifft nicht zu“ und „Weiß nicht“ beantwortet werden können. Die zur Ist-Situation gehörenden Fragen unterscheiden sich je nach Komponente.

Anschließend folgt eine kurze Erklärung zur Conjoint Analyse sowie eine kleine Ausfüllhilfe, da sich beim Pretest zeigte, dass vor allem die Bewertung der ersten Produkte (Stimuli) Probleme verursachen können. Des Weiteren werden vor dem ersten Produkt alle Levels der einzelnen Faktoren präsentiert um die Kategorisierung zu vereinfachen. Da im Vortest die Variante, in der die Faktoren horizontal in einer Tabelle aufgelistet wurden, am meisten Zustimmung fand, wird diese Variante in der Umfrage genutzt.

Genauigkeit	Größe	Oberfläche	Ergonomisch	Gleitfähigkeit	Anbindung	Tastenanzahl	Mausrad	Kosten
gering	klein	Gummi	ja	schlecht	USB	3 Haupttasten	nein	50 Euro

Abbildung 47: 1. Stimulus der Rubrik "Computermaus"

Für die Conjoint Analyse mit diesem Umfang an Faktoren und Levels müssen mindestens 16 Stimuli bewertet werden. Um den Fragebogen möglichst kurz zu halten, beinhaltet er nur die Minimalanzahl an Fällen, auf die Auswertung von zusätzlichen Testfällen wird verzichtet. Abbildung 47 zeigt den Aufbau eines Computermaus-Stimulus.

Für jedes fiktive Produkt kann der Teilnehmer auf einer gewöhnlichen Likert-Skala zwischen einem und fünf Punkte vergeben, wobei die Kundenpräferenz für das jeweilige Produkt mit steigender Punktezahl zunimmt. Analog zur Computermaus werden in gleicher Weise der Sachverhalt für die anderen Komponenten, Tastaturen und Monitore, abgefragt. Zur Veranschaulichung zeigen die Abbildungen 48 und 49 den jeweils ersten Stimulus ihrer Kategorien.

Ergonomisch	Win-Tasten	Zusatztasten	Drucktiefe	Feedback-Qual.	Anschluss	Neigungsw.	Spritzwasserfest	Kosten
nein	nein	ja	tief	hoch	USB	nicht verstellb.	ja	15 Euro

Abbildung 48: 1. Stimulus der Rubrik "Tastatur"

Größe	Bildschirmformat	Kontrast	Reaktionszeit	Hochformat	Anpassung	Lautsprecher	Kosten
klein	16:10 (Wide)	gering	schlecht	möglich	nur Neigungsw.	keine	250 Euro

Abbildung 49: 1. Stimulus der Rubrik "Monitor"

Wie es bei beinahe allen Fragebogen üblich ist, werden zusätzlich die demografischen Daten des Ausfüllenden erfasst. Auch wenn einige der Fragen, etwa nach dem Ausbildungsstand oder zum ausführenden Beruf, zu den eher bedrohlichen Fragestellungen der Umfrage zählen, so sind sie meiner Meinung nach dennoch nicht bedrohlich genug, um einen signifikanten Anteil der Freiwilligen vor der Ausfüllung des Bogens abzuhalten. Erfasst werden die folgenden demographischen Daten:

- das Alter,
- das Geschlecht,

- die Nationalität,
- der Familienstand,
- Anzahl der Kinder,
- der Beruf,
- und der Ausbildungsstand.

Die Frage nach der schulischen Ausbildung ist im allgemeinen Teil am Anfang des Fragebogens untergebracht. Sie folgt der Frage nach einem vorhandenen EDV- beziehungsweise IT Unterricht während der Ausbildung und soll durch die Verknüpfung der beiden Fragen weniger bedrohlich wirken.

Den Schluss des Fragebogens bildet ein Textfeld für Anmerkungen und Kommentare. Eine statistische Auswertung ist zwar nicht möglich, aber „gehört nicht zuletzt zum freundlichen Ton, den man gegenüber den Interviewten einschlagen sollte“ (Kirchhoff, Kuhnt, Lipp & Schlawin, 2001). Im Anschluss bedankt sich der Autor für die investierte Zeit. Zusätzlich beinhaltet der Abschluss die Kontaktinformationen, und eine Erklärung, wie man sich das Ergebnis der Studie und die persönlichen Analyse zuschicken lassen kann insofern daran Interesse besteht.

Der Fragebogen besteht aus 87 Fragen, erfasst 111 Variablen und umfasst 8 Seiten. Davon behandeln 48 Fragen die Evaluierung der Stimuli, deren Ergebnisse direkt in die Conjoint Analyse eingehen. Für die Ermittlung des IST- Zustandes sorgen 23 Fragen. Es gibt 7 demographische und statistische Fragestellungen. Die verbleibenden 9 Fragen können der Kategorie der allgemeinen Fragen zugeteilt werden.

6.5 Die Umfrageteilnehmer

Die Probanden stellten sich freiwillig zur Verfügung. Insgesamt haben 110 Personen an der Umfrage teilgenommen. Wie bereits erwähnt wurde erfolgte die Auswahl der Probanden durch Selbstselektion, um dennoch eine breite Masse anzusprechen wurde die Zugangsadresse zum Onlinefragebogen in Foren für unterschiedliche Zielgruppen veröffentlicht. Den folgenden Abbildungen können Sie Alter (Abb. 50), Geschlecht (Abb. 51), Nationalität (Abb. 52), Familienstand (Abb. 53) entnehmen. Der Grad der Ausbildung wird zusammen mit eventuell stattgefundenen EDV/IT Kursen während der Ausbildung auf der folgenden Seite präsentiert. Eine Sonderheit ist der geringe Anteil weiblicher Probanden. Der Geschlechteranteil der Umfrage liegt für Männer bei 87,5 %, Frauen auf nur 12,5 %.

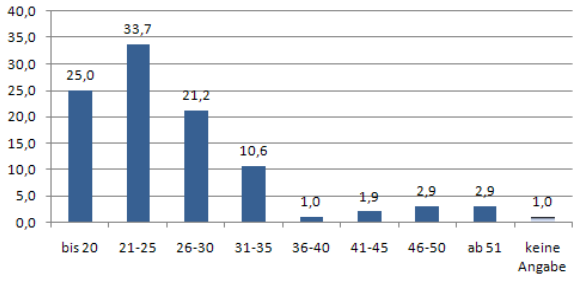


Abbildung 50: Altersklassen

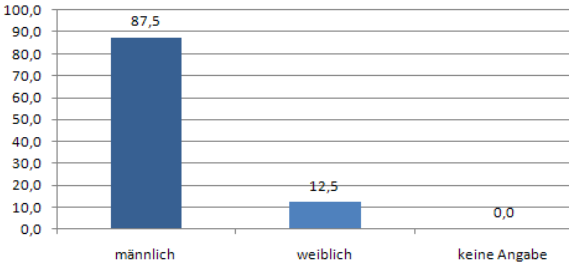


Abbildung 51: Geschlecht

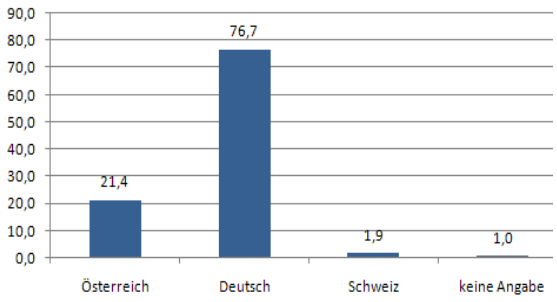


Abbildung 52: Nationalität

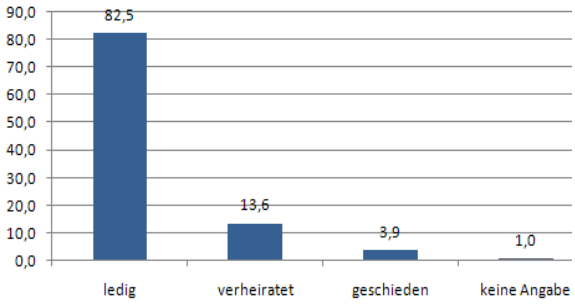


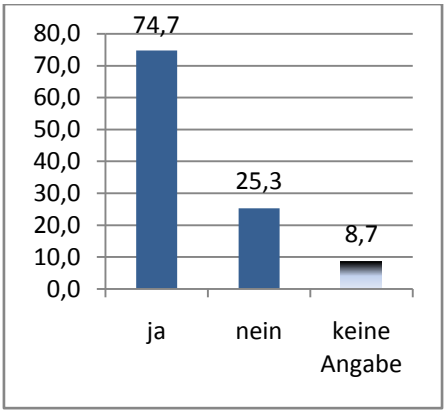
Abbildung 53: Familienstand

7. Die Analyse

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dem Umfrageergebnis. Als erstes soll ein Überblick über die allgemeinen Fragestellungen gegeben werden. Die aufwändigere Diagnose der drei Computerinteraktionsgeräte erfolgt im jeweiligen Unterkapitel.

7.1 Auswertung der allgemeinen Fragestellungen

Dieses Unterkapitel beschäftigt sich mit den Ergebnissen der allgemeinen Fragenstellungen. Die ersten Fragebatterien erheben die Computerkenntnisse der Versuchspersonen. Im Detail sind dies Fragen, ob während der Ausbildung an EDV beziehungsweise IT Kursen teilgenommen wurde, das Niveau der Ausbildung und die Selbsteinschätzung der Computerkenntnisse. Auf 74,7 % der Umfrageteilnehmer trifft eine derartige Ausbildung zu (Abb. 54). Der signifikanteste Prädiktor der Variable ist das Alter. Aus der Menge der Unter-21 Jährigen nahmen 15 Personen, dies entspricht einem Anteil von 60%, an einer EDV Ausbildung teil. Dieser Wert steigt auf 93,5% für die 21 – 25 Jährigen, und fällt anschließend kontinuierlich ab. Demensprechend besuchten 85,7% der 26 – 30 Jährigen und 55,6% der 31 – 35 Jährigen EDV Kurse. Die folgenden Altersklassen beinhalten zu wenige Datensätze um eine sinnvolle Analyse zu ermöglichen, weisen aber auf keinen EDV Unterricht hin. Verständlich ist die erkennbare positive Korrelation zwischen EDV-Unterricht und der Selbsteinschätzung der Computerkenntnisse. Der Anteil einer entsprechenden EDV Ausbildung aufgrund des Ausbildungsniveaus ist mit Ausnahme der Hauptschule sowie der sonstigen Kategorie, welche geringere Anteile an EDV Kursteilnehmern aufweisen, etwa gleich hoch. Die Verteilung auf die einzelnen Lehrformen wird in der Abbildung 55 veranschaulicht.



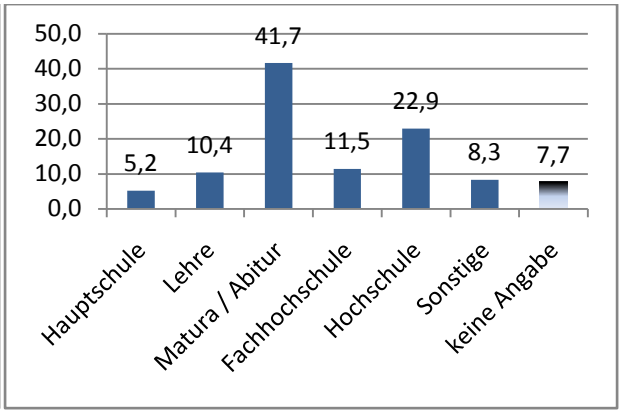


Abbildung 54: Computer- Unterricht

Abbildung 55: Ausbildungsniveau der Umfrageteilnehmer

Als nächstes werden die Verwendungsdauer und der Verwendungszweck analysiert. Die Ergebnisse des Abschnittes können Sie der Abbildung 56 entnehmen. Demnach verbringt der Großteil der Umfrageteilnehmer täglich mehr als 6 Stunden vor dem PC. Für 25% überschreitet der tägliche PC-Gebrauch die 8-Stunden Marke. Beim Versuch, die Art der Benutzung mittels K-Means Algorithmus zu kategorisieren, können die drei in Abbildung 55 dargestellten Gruppen ausgemacht werden.

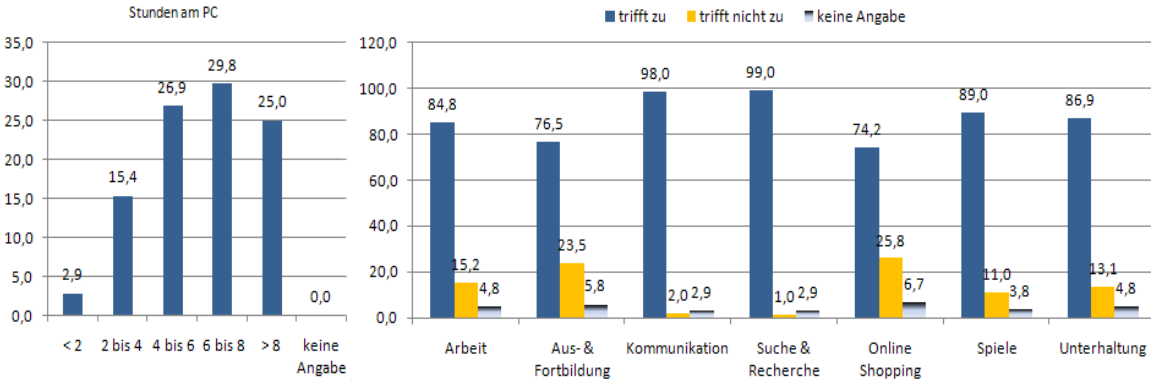


Abbildung 56: Verwendungsdauer und -zweck

Zur Unterscheidung der drei Gruppen sind die in Abbildung 57 zu sehenden Variablen relevant. Ebenso sind in dieser Abbildung die Clustergröße und die zutreffenden Verwendungszwecke ersichtlich, wobei der linke Balken eine Zustimmung und der rechte Balken nicht zutreffende Sachverhalte repräsentiert. Die zwei Punkte *Suche und Recherche* und *Kommunikation* sind in allen Gruppen gleichermaßen stark ausgeprägt und werden daher nicht aufgeführt. Die erste, und mit 73 Personen größte Gruppe, nutzt den PC für alle in Abbildung 57 aufgeführten Zwecke. Die Mitglieder dieser Gruppe tendieren den PC auch für eher selten verbreitete Anwendungen, etwa dem Online Shopping, zu nutzen. Ein Vergleich der Cluster mit der täglichen Verwendungsdauer zeigt, dass sich die Mitglieder der ersten Gruppe überdurchschnittlich lange mit dem PC beschäftigen. 14 Personen formen die zweite Gruppe. Deren Merkmal ist die Verwendung des PCs als Freizeitgerät, mit dem kaum gearbeitet wird, aber der gerne für Spiele und zur Unterhaltung eingesetzt wird. Für die zweite Gruppe verteilt sich die Dauer zwischen 2 bis 8 Stunden und die

durchschnittliche Nutzungsdauer ist die geringste aller Gruppen. Schüler neigen zu einer Aufnahme in diesem Cluster. Von den zu erwartenden zwei Schülern sind real 5 Schüler vertreten. Der dritte Cluster mit 17 Personen nutzt den PC vorwiegend für berufliche Tätigkeiten, jedoch kaum für Sonstiges. Mit einem Anteil von 29,4% nutzt der Großteil der dritten homogenen Gruppe den PC zwischen 2 und 4 Stunden, die verbleibenden Prozent verteilen sich sehr ähnlich auf die restlichen Nutzungsdauern. Überraschend war der signifikant hohe Anteil der Frauen in diesem Cluster. Etwa 54% der weiblichen Umfrageteilnehmer wurden dem reinen Arbeitscluster zugeteilt.

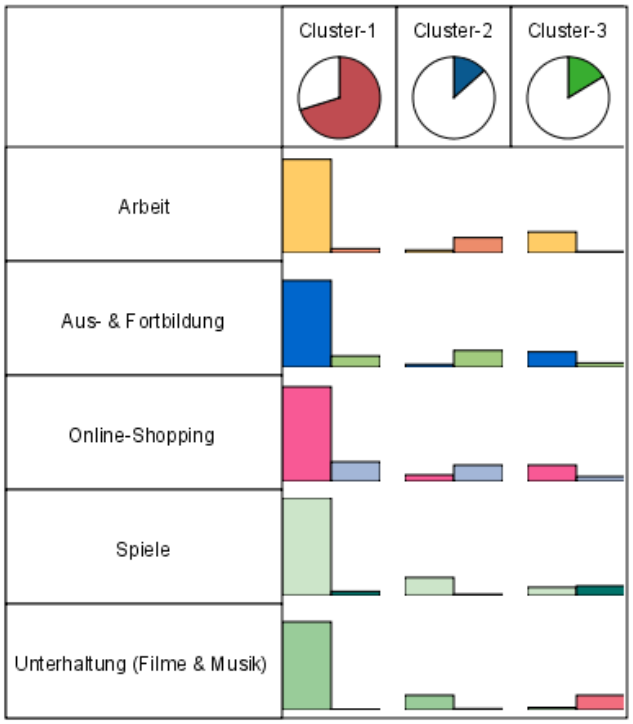


Abbildung 57: Einteilung nach PC-Gebrauchszweck

Die Auswertung zur ergonomischen Gestaltung des Computerplatzes ergibt, dass grundlegende ergonomische Aspekte meist beachtet werden (Abb. 58). Allerdings gibt es auch ausreichend Platz für Verbesserungsmöglichkeiten. Probleme scheint es vor allem bei der Unterstützung der optimalen Sitzposition zu geben. So gaben 58% der Teilnehmer an, dass sich die Monitorhöhe nicht flexibel ändern lässt, und etwa 32% nutzen einen ungeeigneten Stuhl. Durch eine höhere Sitzgelegenheit könnte zum Beispiel das Drücken der Tischkante gegen den Unterarm verhindert oder gemindert werden, unter dem 52,4% leiden. Um nicht die Geduld der Teilnehmer zu überstrapazieren wurde nur ein Teilgebiet wesentlicher Faktoren evaluiert. Zur Untersuchung der Beziehung ergonomischer Aspekte und dem Auftreten von computerbedingten Schmerzen wurden die Teilnehmer in eine ergonomisch angepasste Gruppe und eine kontrahierende Gruppe mit geringerer Anpassung an die Mensch-Computer Interaktion eingeteilt. Beim Vergleich der Häufigkeiten gesundheitlicher Beschwerden weist die erste, ergonomiebewusste Gruppe einen niedrigeren Mittelwert auf. Betrachtet man nur die einzelnen Gesundheitsbeschwerden, so fällt auf, dass der ergonomisch angepasste Sektor zwar häufiger unter Schulterschmerzen zu leiden hat, aber auch zu einem geringfügigeren Prozentsatz an Handgelenksschmerzen leidet. Weitere bedeutende Unterschiede zwischen den zwei Clustergruppen konnten nicht identifiziert werden. Dass es kaum gesundheitliche Unterschiede zwischen diesen Gruppen gibt kann unter Umständen damit begründet werden, dass viele Personen erst auf eine ergonomische und gesundheitsschonende Nutzung des PCs achten, nachdem die ersten Beschwerden aufgetreten sind.

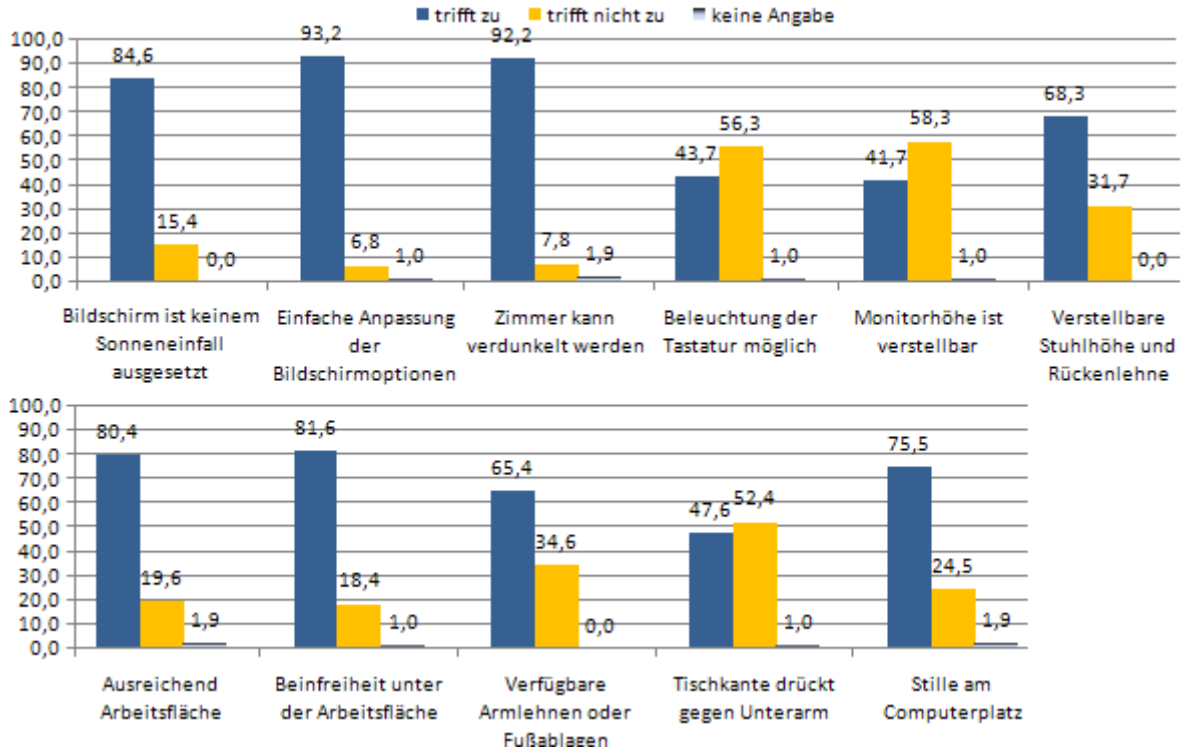


Abbildung 58: Ergonomische Faktoren der Computerplätze

Der folgende Abschnitt des Fragebogens erhebt gesundheitliche Aspekte der HCI. Die erste Frage klärt, wie häufig Schmerzen beim Computergebrauch auftreten. 30,1% antworteten mit *nie*, 35,9% mit *sehr selten*, 27,2% *selten* und 6,8% mit *oft*. Die Option *sehr oft* wurde nie ausgewählt. Die Vermutung des Autors, dass mit zunehmendem Alter vermehrt mit gesundheitlichen Komplikationen zu rechnen wäre, konnte nicht bestätigt werden. Ebenso scheint die Verweildauer vor dem PC keinen Einfluss auf die Häufigkeit zu nehmen. Im Detail bestimmen sieben Unterpunkte typische computerbedingte Schmerzerscheinungen. Die häufigsten Beschwerden betreffen Hals und Rücken, gefolgt von Handgelenksschmerzen. Immerhin noch bei je 22,1% der Teilnehmer können bei einer längeren PC Nutzung Schultern- oder Kopfschmerzen auftreten.

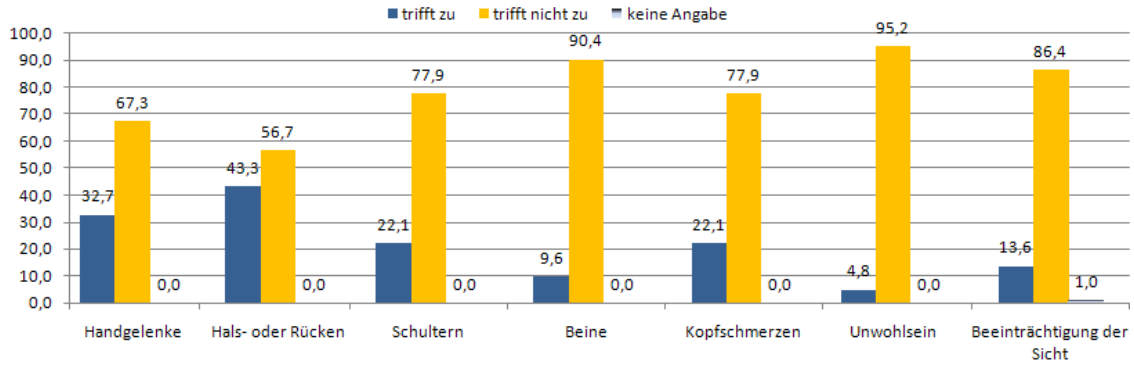


Abbildung 59: Auftretende Schmerzen im Detail

Das Auftreten von Handgelenksschmerzen korreliert stark mit dem Alter. Sie treten vergleichsweise selten bei Personen unter 26 Jahren auf. In dieser Gruppe sind etwa 23% der 61 Personen betroffen. Dieser Prozentsatz steigt auf 45% für Personen über dieser

Altersgrenze an. Von den drei an dieser Studie teilgenommenen Computernutzern über 50 Jahren gaben alle an, dass Probleme im Handgelenksbereich auftreten können. Eine wesentliche Beeinflussung für Hals- und Rückenschmerzen stellen die Höhe der Arbeitsfläche, beziehungsweise der Abstand zur Stuhlhöhe und die Form der Tischkante dar. So geben 59% der Teilnehmer mit diesen Beschwerden an, dass die Tischkante störend gegen den Unterarm drückt. In dem Fall, dass die Tischkante keine negativen Auswirkungen auf den Benutzer hat, tritt dieses Symptom nur mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 29% auf. Die Auswertung der Beschwerden im Schulterbereich ergibt, dass diese meist zusammen mit Hals- oder Rückenschmerzen entstehen. Ausreichend freier Raum unter dem Arbeitstisch vermindert das Risiko von Beinschmerzen. Bei nur 7,1% der Teilnehmer treten diese trotz genügend Platzangebot auf. In der Referenzgruppe ohne Beinfreiheit ist das Auftreten von Schmerzen mit 21,1% um ein Vielfaches wahrscheinlicher. Weitere Ergebnisse sind, dass ein lautes Umfeld Kopfschmerzen begünstigt.

Weitere signifikante Vorteile konnten nicht bestätigt werden. Ebenso scheiterte der Versuch, die Häufigkeit auftretender Schmerzen mit Hilfe der Regression zu bestimmen, an einer zu geringen Vorhersagekraft. Diesen Umstand führt der Autor auf die mit 104 Teilnehmern zu kleine Gesamtmenge zurück.

Überraschend hoch war die Anzahl der PCs pro Haushalt. In jedem Haushalt der 104 Teilnehmer befindet sich zumindest 1 PC, dies war zu erwarten. Allerdings ist die Anzahl der Haushalte mit nur 1 PC mit einem Anteil von nur 10,6% verhältnismäßig gering. 2 PCs sind in 36,5% der Haushalte zu finden und 52,9% der Haushalte verfügen über 3 oder mehr PCs. Der Großteil der Teilnehmer, 94,2%, zeigt Interesse an moderner Technik. Etwas spezifischer war die folgende Frage, die das Interesse an Computerkomponenten evaluierte. Die Zustimmung zu dieser Frage fiel um 6,8 Prozentpunkte geringer aus und trifft nur noch auf 87,4% zu.

7.2 Auswertung der Monitore

7.2.1 Betrachtung der Ist–Situation

Für die Erhebung des aktuellen Ist-Zustandes dienen sieben Fragen, die von den Teilnehmern mit den Antwortmöglichkeiten „Trifft zu“, „Trifft nicht zu“ und „Weiß nicht“ beantwortet wurden. Die Abbildung 60 stellt die Ergebnisse grafisch dar. Sechs der Fragen erheben technische Daten, die letzte eruiert die Einsatzhäufigkeit der zwei Zusatzfeatures *Hochformat* und *Lautsprecher*.

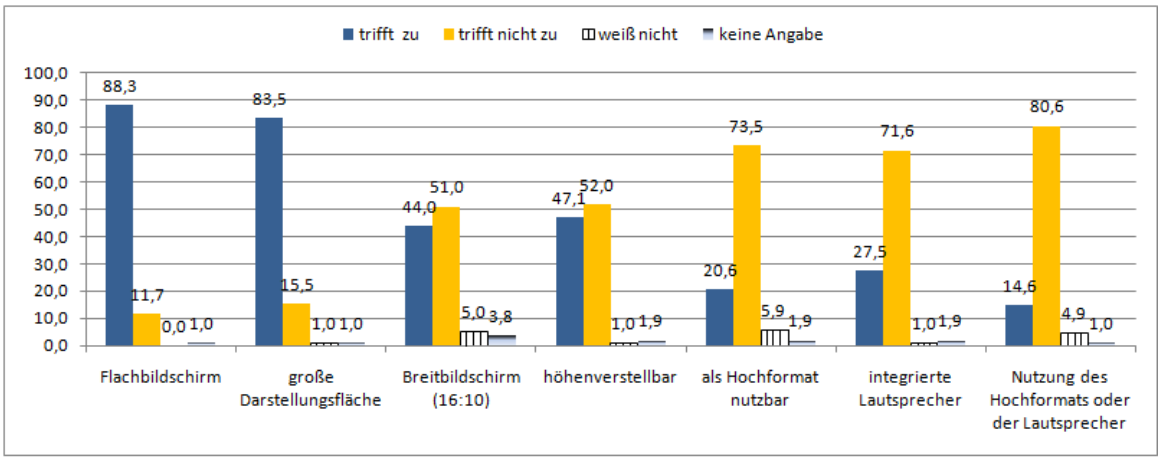


Abbildung 60: Ist-Zustand der PC-Monitore

Die Umfrage ergibt, dass mit 88,3% beinahe ausschließlich LCD Bildschirme zum Einsatz kommen. Die Nutzungsdauer hat den größten Einfluss auf die verwendete Bildschirmtechnologie. Je länger vor dem PC verweilt wird, umso höher ist die Tendenz zum LCD Bildschirm ausgeprägt. Dies trifft insbesondere auf Personen zu, die den PC länger als sechs Stunden täglich nutzen. Unter diesen 57 Personen verwenden nur zwei Befragte keinen LCD Monitor. Neben diesen statistischen Korrelationen seien noch zwei wesentliche technische Abhängigkeiten, das 16:10-Breitbildformat und die integrierten Lautsprecher, erwähnt. Diese Eigenschaften treten ausschließlich bei LCD Monitoren auf. In der Regel gelten LCD Bildschirme als gesundheitsschonend. In der Umfrage konnte allerdings kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Technologie und gesundheitlichen Aspekten, etwa dem Auftreten von Kopfschmerzen, nachgewiesen werden.

Aus ergonomischer Sicht ist auch die aktuelle Situation der Größe der Anzeigeflächen erfreulich. 83,5% der Befragten geben an, einen Monitor mit großer Fläche zu benutzen, wobei in der Umfrage 18,5 Zoll als Grenzwert definiert wurde. Werden die PCs zum Arbeiten genutzt, so sind sie mit einer Wahrscheinlichkeit von 88,5% großflächig. Bei Freizeit-PCs sind mit etwa 50% beide Kategorien ausgeglichen.

Das Aufkommen der Breitbildschirme macht sich nicht nur bei Fernsehern, sondern auch bei den PC Monitoren bemerkbar. Allerdings verwenden derzeit mehr befragte Personen einen Bildschirm in Standardgröße, sprich in 4:3 oder 5:4 Format. Zusätzliche Features, wie das Drehen der Anzeigefläche um 90 Grad zum Darstellen von Hochformat oder eingebaute Lautsprecher sind selten anzutreffen, und werden noch seltener tatsächlich genutzt.

7.2.2 Betrachtung der Soll–Situation

Die Durchführung der Conjoint Analyse basiert auf 96 Datensätzen. Da die Conjoint Analyse keine fehlenden Werte erlaubt mussten die restlichen 8 Personen für die

Bewertung des Monitors ausgeschlossen werden. Bereits erwähnt wurde, dass als Qualitätsmesser des Modells die zwei Kriterien Pearson r und Kendall tau eingesetzt werden. Für das aggregierte Modell betragen diese Werte 0,977 und 0,917.

Für alle Umfrageteilnehmer ergeben sich die folgenden Wichtigkeiten: Mit 20,5% Anteil am Gesamtnutzen ist die Reaktionszeit die einflussreichste Eigenschaft des Monitors. Als das mit einem 18,4 prozentigem Einfluss zweitwichtigste Feature konnte die Größe der Bildschirmdiagonale identifiziert werden. Ihnen folgen der Kontrast und die Anpassungsfähigkeit. Die Kosten stehen für die gesamte Gruppe nur an fünfter Stelle. Weniger als je 10% entfallen auf das Bildschirmformat, den integrierten Lautsprechern sowie der Nutzung als Hochformat. Betrachtet man die Resultate jeder Person gesondert, so ergibt sich die in Abbildung 61 ersichtliche Nutzenverteilung.

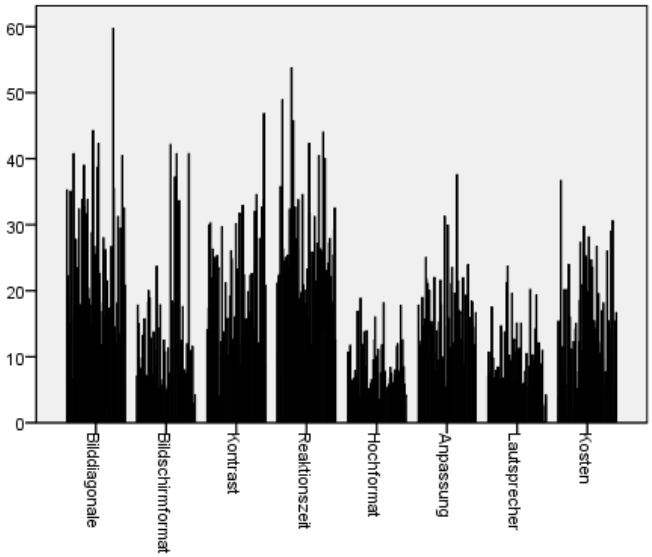


Abbildung 61: Individuelle Faktorenwichtigkeit in %

Interessanter, vor allem aus wirtschaftlicher Sicht, ist das Auffinden von homogenen Gruppen und deren produktspezifischen Präferenzen. Daher erfolgt die Einteilung der Gesamtmenge in 4 Gruppen mit Hilfe der hierarchischen Clusteranalyse. Nach der Elimination der extremen Ausreißer erfolgt die eigentliche Fusionierung mittels Ward-Methode. Das entsprechende Dendrogramm im Kapitel *Dendrogramme der Clusteranalysen* des Anhangs stellt den Fusionierungsprozess grafisch dar. Die Eigenschaften der resultierenden Gruppen werden folgend präsentiert. Abbildung 62 fasst die prozentuelle Wichtigkeit der erhobenen Eigenschaften für alle Gruppen zusammen. Ebenso aufschlussreich ist die Betrachtung der Teilnutzenwerte. Sie geben die Auswirkungen der einzelnen Attributausprägungen auf den Gesamtnutzen an. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass sich die Werte, etwa aufgrund unterliegender Subcluster, gegenseitig aufheben können. Im Anhang sind die Teilnutzen aller drei Komponenten zu finden. Die Teilnutzen für den Bildschirm sind auf der Seite 88 abgebildet.

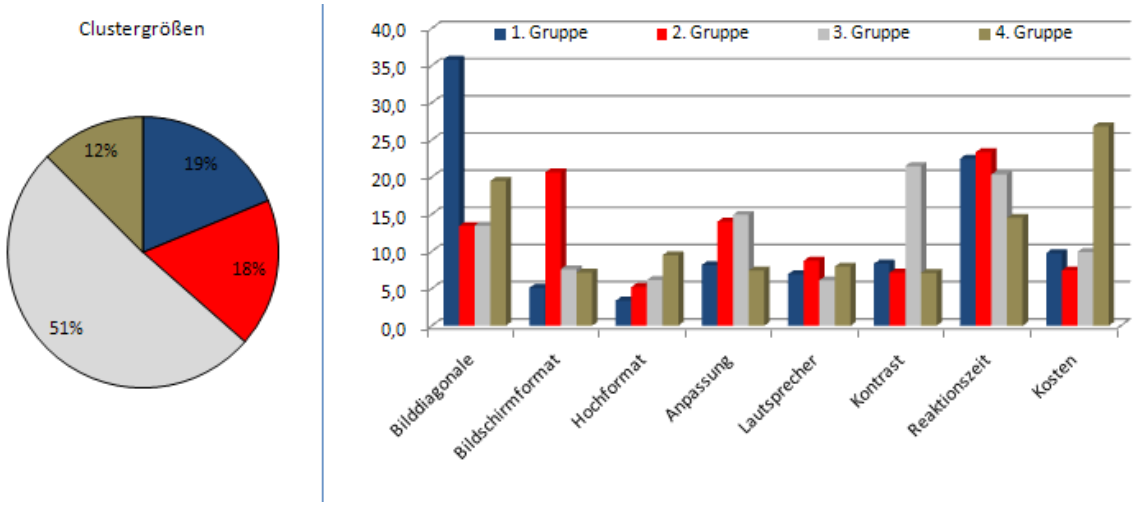


Abbildung 62: Clustergrößen & prozentuelle Faktorenwichtigkeiten der Monitorgruppen

Die Mitglieder der 1. Gruppe legen hohen Wert auf eine große Bilddiagonale. Mit einem Anteil von beinahe 36% dominiert dieser Faktor deutlich innerhalb dieser homogenen Gruppe. Die Qualität der Reaktionsgeschwindigkeit liegt an der zweiten Stelle, sinngemäß werden rasche Reaktionszeiten bevorzugt. Diese zwei Attribute sind mit einer kumulierten Wichtigkeit von 58% entscheidend für diese Käufergruppe. Mit einem großen Abstand zu diesen zwei Faktoren stellen die Produktkosten die drittwichtigste Einflussgröße dar. Ob sich das Ausgabegerät auch horizontal nutzen lässt oder nicht, etwa für Office Anwendungen, ist für diese Gruppe unerheblich. Ebenso macht die erste Gruppe kaum Unterscheidungen zwischen den verfügbaren Bildschirmformaten. Diese Features sollten daher zu Gunsten der Kosten nicht oder nur die günstigere Variante implementiert werden. Das beste Produkt für diese Gruppe wäre ein günstiger Bildschirm, der eine große Darstellungsfläche im 16:10 Format aufweist, Lautsprecher und ein hohes Kontrastverhältnis besitzt, sowie eine gute Reaktionszeit aufweisen kann. Ein Produkt mit schlechter Reaktionszeit und kleiner Bilddiagonale würde bei dieser Zielgruppe keine Kaufbereitschaft wecken. Auffällig ist, dass diese Gruppe am zahlreichsten im zweiten Ergonomie-Cluster auftritt, und aus diesem Grunde am ehesten dazu neigt, keinen an ergonomische Richtlinien angepassten Computerplatz zu nutzen. Daher ist es nicht verwunderlich, dass kaum ergonomische Bedingungen an den Bildschirm gestellt werden. Ob sich der Bildschirm nicht, nur im Neigungswinkel oder auch höhenmäßig verstellen lässt, ist kaum von Bedeutung. Die Mitglieder der Gruppe nutzen verhältnismäßig selten ihren PC für alle abgefragten Verwendungszwecke, sondern neigen dazu, den PC als reines Arbeitsgerät zu verwenden.

Die zweite identifizierte Gruppe zeigt ein großes Interesse an der Reaktionszeit. Zugleich ist der Unterschied, ob ein Standardformat oder ein Breitbildformat genutzt wird, von primärer Beachtung, wobei das 16:10 Format einen klaren Gesamtnutzengewinn bewirkt. Die deutliche Präferenz des Breitbildformats ist die Besonderheit der 2. Gruppe. Den restlichen drei Gruppen ist das Bildformat nicht nur unwichtig, sondern sie neigen darüber hinaus eher zum 4:3 oder zu ähnlichen Formaten. Den dritten und vierten Platz belegen mit 14% respektive 13% die Anpassungsmöglichkeiten und die Größe der Bilddiagonale. Von allen Gruppen hat diese angegeben, den ergonomisch am ehesten dem Ideal

entsprechenden Computerplatz zu nutzen. Dies sei erwähnt, da die Betrachtung der Anpassungsausprägungen ergibt, dass anscheinend kein großer Wert auf einen Monitor gelegt wird, dessen Neigungswinkel und Höhe verstellbar ist. Erklären lässt sich dies aufgrund der Subcluster, die zum Teil eine Anpassung bevorzugen, zum Teil aber auch ablehnen. Dies könnte unter Umständen auf höhenverstellbare Tische, Monitorsockel oder Bildschirmhalter zurückzuführen sein, die die Anpassungsoptionen des Bildschirms überflüssig machen. Mit dem Wegfall der Nutzeranpassung verbleibt daher eine große, breite Darstellungsfläche mit schneller Reaktionszeit als die bedeutsamsten Anforderungen. Die Auswertung des Alters ergibt, dass dieser Cluster den jüngsten Altersschnitt aufweist. Produkte dieser Kategorie sprechen verhältnismäßig viele Schüler an, werden von Studenten aber deutlich seltener als zu erwarten ist, nachgefragt.

Die nächste Gruppe ist mit einem Anteil von 51% der größte der berechneten Cluster. Die Zielgruppe bevorzugt hohe technische Qualität und ergonomische Mindestanforderungen. Mit einem Anteil von 21% beziehungsweise 20% stellen die Kontrastrate und die Reaktionszeit die zwei wichtigsten Parameter auf den Gesamtnutzen dar. Mit einer Wichtigkeit von beinahe 15% folgen ihnen die Anpassungsmöglichkeiten des Bildschirms. Ist keine Anpassung möglich oder kann nur der Neigungswinkel verstellt werden, so würde diese Gruppe einen deutlich niedrigeren Gesamtnutzen erzielen. Beinahe gleich stark ist der Wunsch nach einer großen Bildfläche. Die verbleibenden Faktoren, Bildschirmformat, Hochformat und Lautsprecher, zählen zu den vernachlässigbaren Eigenschaften. Auch diese Gruppe nutzt ihren PC in einer überdurchschnittlich angepassten ergonomischen Umgebung.

Die 4. Gruppe mit 12 Personen kann dank ihrer Preissensibilität eindeutig von den anderen Gruppen unterschieden werden. Bildschirme sind für diese Gruppe erst interessant, wenn diese kostengünstig zu erwerben sind. Der zweitwichtigste Faktor nach den Kosten stellt die Größe des Bildschirms dar, bevorzugt werden hierbei große Bildschirme gegenüber kleineren Modellen. Die Reaktionszeit nimmt den dritten Rang ein. Daher empfiehlt es sich, unwichtigere Eigenschaften wie etwa alle Zusatzfeatures, aber auch technische Qualitätsmerkmale wie etwa ein hohes Kontrastverhältnis, zu Gunsten des Preises einzuschränken. Das gilt auch für die Anpassungsoptionen, vor allem da eine Anpassung der Höhe von der Zielgruppe nicht gefordert wird, sondern eine Abstimmung des Neigungswinkels ausreicht.

Jeder Cluster bevorzugt große Bildschirme. Betrachtet man alle Faktoren mit Ausnahme des Preises, so verursachen große Anzeigeflächen innerhalb zweier Cluster den größten Nutzengewinn. Auch für die restlichen zwei Cluster ist die Bildschirmgröße ein wichtiger Faktor. Von allen Teilnehmern bevorzugten nur zwei Personen kleine Bildschirme gegenüber den größeren Modellen. Einzig die zweite Gruppe legt Wert auf einen breiten Bildschirm im 16:10 Format. Die starke Präferenz der Breitbildschirme ist das eindeutigste Merkmal dieser Gruppe. Die restlichen Gruppen zeigen leichte Tendenzen zum 4:3 Standardformat. Für diese Umfrageteilnehmer ist das Bildformat allerdings ein unwichtiges Merkmal, das kaum Auswirkung auf den Gesamtnutzen hat. Als ein eher vernachlässigbares Feature kann die Möglichkeit, den Bildschirm um 90 Grad zu drehen und als Hochformat zu nutzen, bezeichnet werden. Als Hochformat nutzbare Bildschirme

werden zwar generell bevorzugt, aber auch hier gilt, dass sie nur einen geringen Einfluss auf den Gesamtnutzen haben. Die Wichtigkeit der Anpassungsmöglichkeiten des Bildschirms an den Benutzer hätte der Autor vor der Studie als einen wesentlichen Faktor eingeschätzt. Allerdings zeigt sich, dass nur der dritte Monitorcluster großen Wert auf Bildschirme legt, die in Neigungswinkel und Höhe verstellt werden können. Dennoch sollten dieser Aspekt auf keinen Fall vernachlässigt werden, da alleine diesem Cluster 51% der Teilnehmer zugeteilt wurden. Im ersten und vierten Cluster sind die Meinungen zu diesem Thema geteilt: Hier heben sich die Personen, die sich anpassbare Monitore wünschen, mit denen, die keinen Wert auf diese Features legen, in etwa auf. Einzig die zweite Gruppe benötigt explizit keine Ausrichtungsoptionen. Im Zweifelsfalle sollten die Anzeigeflächen dennoch zumindest kippbar sein, da dies nur einen geringen Aufwand in der Herstellung bedeutet. In den Bildschirm integrierte Lautsprecher werden von den meisten Personen abgelehnt. Als mögliche Ursachen können zum Beispiel die bessere Qualität der externen Lautsprecher oder der zusätzliche Platzverbrauch genannt werden. Die Kontrastrate, welche das Verhältnis zwischen hellen und dunklen Bildpunkten misst, stellt für den dritten Cluster das wichtigste Entscheidungskriterium dar. Diese qualitäts- und ergonomiebewusste Gruppe verdient insbesondere aufgrund seines 51 prozentigen Anteils vermehrte Aufmerksamkeit. Aber auch für zwei weitere Gruppen ist die Kontrastrate von Interesse, ausschließlich für den zweiten Cluster ist sie unwichtig. Wie zu erwarten war bevorzugen alle Personen den besseren Kontrast. Die Reaktionszeit wird als eine der wichtigsten Eigenschaften wahrgenommen. Für alle Gruppen bedeutet ein rascher Bildaufbau den größten oder zweitgrößten Nutzengewinn. Es empfiehlt sich daher, den Interessenten Monitore mit hochwertiger Technik entsprechend zu kommunizieren.

7.3 Auswertung der Tastaturen

7.3.1 Betrachtung der Ist–Situation

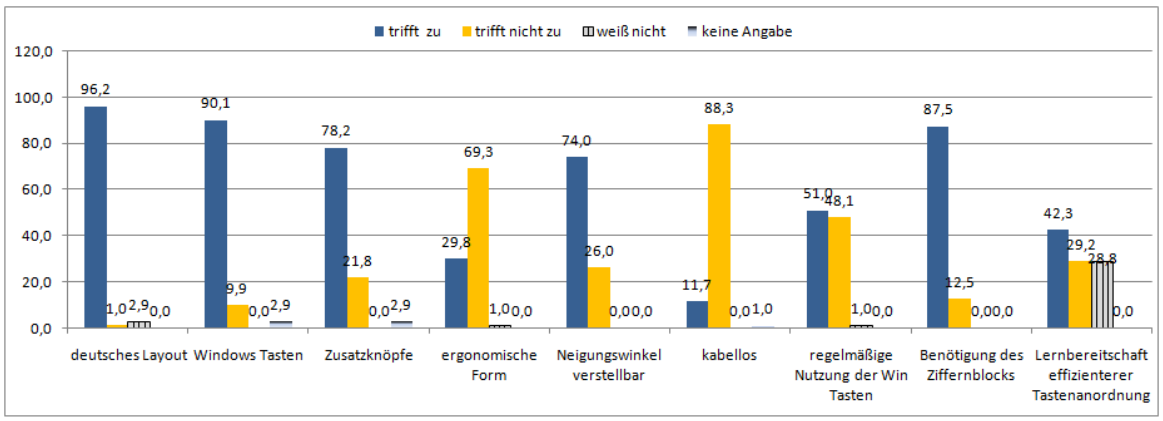


Abbildung 63: Ist-Zustand der PC-Tastaturen

Der Tastatursektor wird mit einer Verbreitung von 96,2%, eher mit 99% wenn auch die Tastaturen mitgerechnet werden deren Layout ungewiss ist, eindeutig von lokalen Layouts dominiert. Ebenso haben sich die von Microsoft eingeführten Windows Tasten durchgesetzt. Sie sind auf 9 von 10 Keyboards zu finden. Allerdings gaben 45% der Personen mit einer Windows Tastatur an, diese Zusatztasten nicht regelmäßig zu nutzen. Tendenziell greifen eher Personen mit hohen Computerkenntnissen und alle Personengruppen ab 21 Jahren auf die Funktionen der Windowstasten zurück. Insgesamt gaben 78,2% an eine Tastatur mit Zusatztasten zu verwenden. Multimedia Tastaturen oder sonstige Keyboards mit einer erweiterten Tastenanzahl sind in allen PC-Gebrauchssparten vertreten. Die größte Differenz ist zwischen Spielern und Nicht-Spielern auszumachen. Ein wesentliches Merkmal benutzerfreundlicher Tastaturen sind ergonomische Bauweisen. Im Moment werden herkömmliche Bretttastaturen deutlich häufiger zur Interaktion genutzt. Eine genauere Betrachtung ergibt, dass eher Personen, die potentiell an Halsschmerzen, Rückenschmerzen oder Schmerzen in den Schultern leiden, ergonomische Tastaturen benutzen. Einen starken Einfluss auf das Auftreten von Handgelenksschmerzen konnte nicht nachgewiesen werden, etwa ein Drittel beider Kategorien sind hiervon betroffen. Des Weiteren ergibt die Analyse des Ist-Zustandes, dass sich der Neigungswinkel bei 74% der Tastaturen verstellen lässt, dass mit 88,3% die meisten Tastaturen kabelgebunden sind und dass eine deutliche Mehrheit den Ziffernblock der Tastatur benötigt. Die letzte Frage evaluierte die Bereitschaft zum Erlernen und dem Umstieg zu einer effizienteren Tastenanordnung, wenn diese weit verbreitet wäre. Als Beispiel kann etwa das Dvorak Layout angeführt werden, beziehungsweise jede andere Anordnung mit nachgewiesenen Vorteilen gegenüber dem monopolartig verbreiteten QWERTY Standarddesign. Von etwa 42% wurde diese Frage bejaht, 29% wären dazu nicht bereit, und etwa 29% sind unschlüssig. Der Wille, QWERTY zu ersetzen, ist durchaus vorhanden. Allerdings gilt zu bedenken, dass momentan für öffentlich zugängliche Computer und (insbesondere Laptop-) Neuanschaffungen in der Regel ausschließlich das Standardlayout zur Eingabe zur Verfügung stehen und somit von keiner „weiten Verbreitung“ gesprochen werden kann. Die zwei wesentlichsten Prädiktoren, ob eine Bereitschaft zum Erlernen vorliegt, sind das Interesse für Computerkomponenten und die Selbsteinschätzung der Computerkenntnisse. Personen mit hohem Interesse und hoher Kenntnis tendieren eher dazu, diese Frage mit „Ja“ zu beantworten.

7.3.2 Betrachtung der Soll–Situation

Wie bereits bei der Vorgehensweise näher beschrieben wurde werden für die Analyse der Soll Situation 93 Datensätze verwendet. Die Vorhersagequalität des Modells ist mit 0,986 beziehungsweise 0,929 für das Pearsons r und Kendalls Tau zufriedenstellend. Zuerst werden erneut die Ergebnisse für alle Untersuchungsteilnehmer vorgestellt. Zu sehen ist, dass alle ausgewählten Faktoren ähnlich wichtig zu sein scheinen, keine Eigenschaft dominiert oder nimmt eine untergeordnete Rolle ein. Umso mehr wird daher auf einen

angemessenen Preis geachtet, der knapp hinter den Windows-Tasten und der ergonomischen Gestaltung der Tastatur den dritten Rang belegt.

- 14,7%: Windows Tasten
- 14,4%: Ergonomisches Designs
- 13,5%: Kosten
- 10,9%: Feedback- Qualität
- 10,7%: Neigungswinkel
- 10,5%: Zusätzliche Tasten
- 9%: Anschluss
- 8,1% Spritzwasserfestigkeit
- 8%: Tastendrucktiefe

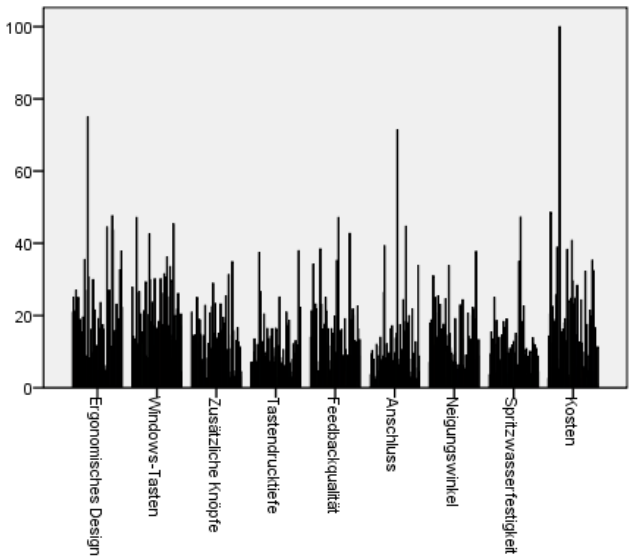


Abbildung 64: Individuelle Faktorenwichtigkeit

Auf welche Eigenschaften sich die Teilnehmer bei der Tastaturauswahl konzentrieren kann aus der 64. Abbildung abgelesen werden. Bei der Betrachtung dieser Grafik ist erkennbar, dass der Gesamtnutzen des 28. Datensatzes vollständig durch die Kosten bestimmt wird. Dies ist auch der Grund, weshalb er bei der Durchführung des Nearest Neighbour Clusterverfahrens als Ausreißer identifiziert wurde und für die weitere Analyse nicht verwendet wird. Bei der Aggregation zu vier Clustern entstanden drei größere Sektoren, sowie die kleine 4. Gruppe, bestehend aus 5 Personen, die gesteigerten Wert auf eine USB Anbindung ihrer Tastatur legen und kabellose Verbindungsarten ablehnen. Die Graphen zu den Teilnutzen jedes Clusters finden Sie im Anhang auf der Seite 89.

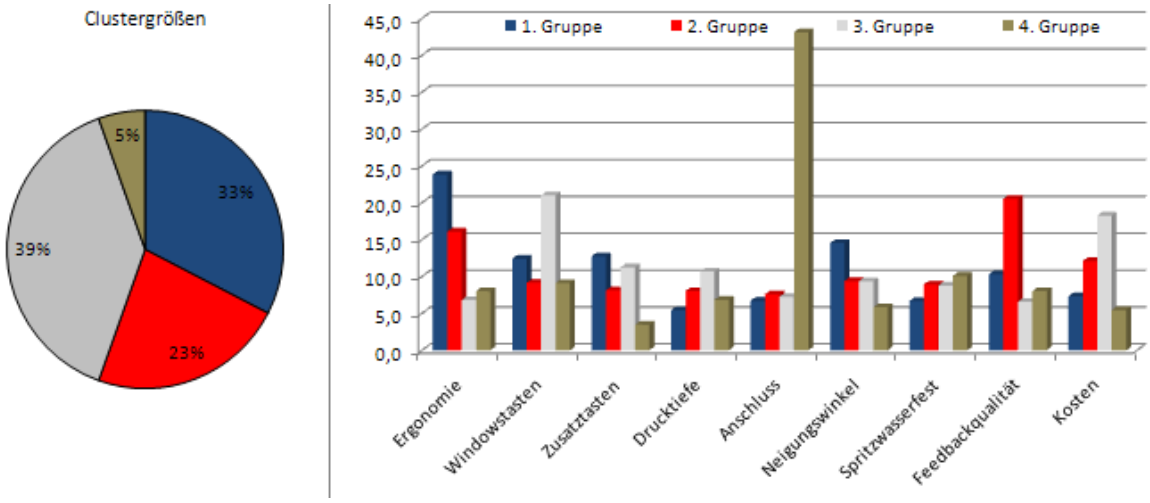


Abbildung 65: Clustergrößen & prozentuelle Faktorenwichtigkeiten der Tastaturgruppen

Die erste identifizierte Gruppe legt großen Wert auf ergonomische Tastaturmodelle. Mit dieser Eigenschaft hebt sie sich stark von der 3. und 4. Gruppe ab. Nicht nur bei der Tastatur, sondern auch bei den erhobenen ergonomischen Faktoren des Computerplatzes schneidet diese Gruppe aus ergonomischer Sicht sehr gut ab. Mit einer prozentuellen Wichtigkeit von 14,5 steht die Möglichkeit, den Neigungswinkel anzupassen, an der

zweiten Stelle. Die Auswertung der Zusatztasten als auch dem Windows Tasten Feature ergibt eine Wichtigkeit von etwa 12,5%. Die Ausprägungen der Drucktiefe, der Spritzwasserfestigkeit sowie des Anschlusses haben kaum Einfluss auf die Modellauswahl. Dass die Zielgruppe funkbasierende Interfaces bevorzugt stellt eine Ausnahme dar. Tastaturen dieses Clusters müssen nicht unbedingt kostengünstig sein. Zwar werden billigere Modelle bevorzugt, allerdings ist bei steigenden Kosten beinahe kein Nutzenverlust sichtbar. Ihre Mitglieder und die der 2. Gruppe sind eher den etwas älteren Teilnehmern zuzurechnen. Dies würde zum Teil die Kostenunempfindlichkeit erklären. Ihre tägliche Nutzung ist die geringste aller Gruppen.

Die zweite Gruppe scheint die Gruppe der "Vielschreiber“ zu sein. Mit einem Anteil von 20% steht die Qualität des Tastenanschlags und des Feedbacks im Mittelpunkt des Interesses. Damit hebt sich diese Gruppe klar von den anderen ab. Als zweites Kriterium konnten die ergonomischen Aspekte ausgemacht werden. 16% des Gesamtnutzens wird durch diesen Faktor bestimmt, allerdings gibt es starke Differenzen innerhalb der Gruppe. So ist zu beachten, dass eine leichte Tendenz zu einer ergonomischen Bauweise vorhanden ist, aber der Gesamtnutzen kaum ansteigen würde. Erklären lässt sich dieser Umstand durch die Subcluster dieser Gruppe. Diese bevorzugen teilweise ergonomische, als auch herkömmliche Bretttastaturen. Es erscheint daher sinnvoll, diesen Sektor zu unterteilen und sowohl ergonomisch angepasste, als auch typisch standardförmige Arten anzubieten. Beim Vergleich der Berufsgruppen zeigt sich, dass der Cluster, nach der Streichung fehlender Wertepaare, zu 50% aus Studenten besteht, in dieser Gruppe wiederfinden und somit von einer klaren Tendenz gesprochen werden kann.

Auch bei den Tastaturen gibt es einen Cluster, in dem die preisliche Komponente eine entscheidende Rolle einnimmt. Aus technischer Sicht wünscht sich diese Gruppe vor allem eine erweiterte Tastenanzahl. Diese Personengruppe erhofft sich Multimedia- oder sonstige Zusatztasten, sowie die obligatorischen Windows Tasten. Die Qualität und ergonomische Aspekte sind eher von sekundärem Interesse. Als unwesentliche Details werden die Art der Anbindung an den PC und eine Spritzwassergewährleistung angesehen. Diese Zielgruppe wünscht sich eine traditionelle, kostengünstige Tastatur. Sonstige Zusatzfeatures, mit Ausnahme der Multimediatasten, sind nicht unbedingt erforderlich. Interessant, insbesondere aus wirtschaftlicher Sicht, ist diese Gruppe dank ihrer Größe. Mit einem Anteil von 39% ist sie der stärkste Tastaturcluster.

Eine Sonderstelle nimmt der folgende 4. Cluster ein. Dieser kleine, 5 Personen umfassende Spezialfall wurde aufgrund seiner Vorlieben für den USB Anschluss, beziehungsweise der Ablehnung einer kabellosen Verbindung fusioniert. Denn mit einem 43% Anteil ist dieser Faktor das Hauptkriterium. Die Gründe für eine Ablehnung einer kabellosen Schnittstelle können vielfältig ausfallen. Der Autor vermutet, dass insbesondere das Wechseln und Aufladen der Stromversorgung als unangenehm betrachtet wird oder jederzeit eine unterbrechungsfreie Tastatureingabe gewährleistet sein muss. Weit abgeschlagen folgt an zweiter Stelle die Ausprägung der Windowstasten, die für eine Werterhöhung vorhanden sein sollten. In der Reihenfolge der Nutzenmaximierung folgen ihnen eine gute Feedbackqualität sowie das Vorhandensein weiterer Zusatz- und Multimediatasten. Mitglieder dieser Gruppe sind zu 60% im 2.

Ergonomiecluster zu finden, die PC Nutzung geschieht daher in einer aus ergonomischer Sicht schlechten Umgebung. Des Weiteren sollte bei der Art der Nutzung erwähnt werden, dass die angeschlossenen PCs nie als ausschließliche Arbeitsgeräte, sondern entweder zur reinen Freizeitgestaltung oder als Misch-PCs verwendet werden.

Alle Cluster bevorzugen Tastaturen mit ergonomischen Richtlinien. Die Frage, ob daher ausschließlich ergonomisch geformte Tastaturen am Markt angeboten werden sollen muss allerdings verneint werden. Viele Personen wünschen sich weiterhin traditionell geformte Bretttastaturen und verweigern ergonomische Ansätze. Betrachtet man die Teilnutzen, so ist nur beim 1. Cluster eine eindeutige Präferenz für Ergonomie-Tastaturen erkennbar. Die Auswertung der Faktorenwichtigkeit ergibt, dass dieser Faktor auch in der zweiten Gruppe von großer Bedeutung ist. Im Gegensatz zum 1. Cluster befinden sich in diesem aber aufgrund der Subcluster auch Personen, die ergonomische Formen ablehnen. Der 2. Cluster könnte daher je nach Präferenz in zwei Subcluster einteilt werden. Als verpflichtend kann man die Windowstasten der Tastaturen ansehen. Sie sorgen bei so gut wie allen Umfrageteilnehmern für einen hohen Zusatznutzen. Ebenso werden die Zusatztasten beziehungsweise Multimediafunktionen von allen Clustern als angenehm empfunden. Verglichen mit den Windowstasten werden sie jedoch geringfügiger nachgefragt und bedeuten einen kleineren Nutzengewinn. Die ideale Ausprägung der Drucktiefe ist für jedes Individuum unterschiedlich und kann nicht generell beantwortet werden. Allerdings sind leichte Tendenzen zugunsten einer kurzen Wegstrecke bemerkbar. Als einen unterdurchschnittlich wichtigen Faktor kann man auch die Anschlussart bezeichnen. Insofern erstaunt es, dass es eine kleine Gruppe gibt, für die die Art des Anschlusses eine Sonderstellung einnimmt und sich ausschließlich für kabelgebundene Tastaturen entscheidet. Eine Verbindung über den USB wird auch im 2. und 3. Cluster bevorzugt, nur in der ersten Gruppe gibt man einer Funkverbindung den Vorzug. Alle Cluster bevorzugen es, wenn sich der Neigungswinkel der Tastatur verstellen lässt. Dies trifft vor allem auf die ergonomiebewussten Personen zu. Zu den wesentlicheren Eigenschaften zählt die Feedbackqualität. Sie ist für den 2. Cluster ein Hauptkriterium.

7.4 Auswertung der Computermäuse

7.4.1 Betrachtung der Ist–Situation

Ebenfalls sieben Fragen werden zur verwendeten Computermaus gestellt. Die erste Fragestellung erhebt, ob neben der Maus auch andere Zeigegeräte zum Einsatz kommen. Die restlichen sechs Fragen sind technisch orientiert und betreffen die Bauweise.

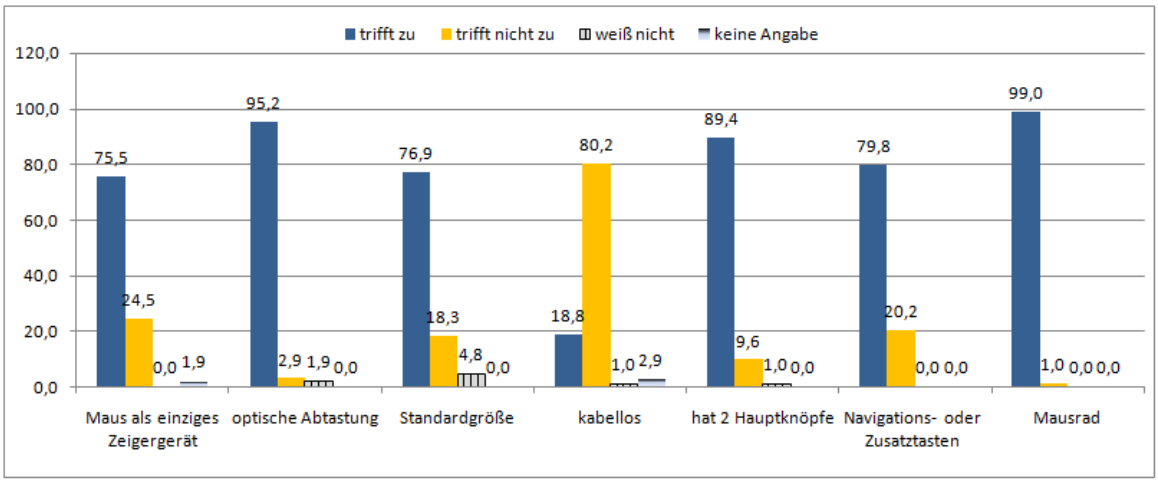


Abbildung 66: Ist-Zustand der PC-Mäuse

Die Auswertung der ersten Frage ergibt, dass immerhin 24,5% der beteiligten Personen neben der Maus ein weiteres Zeigegerät als Inputdevice verwenden. Für viele Berufe sind Trackballs, Grafiktablets und Ähnliche sinnvolle Erweiterungen zur Maus. Wie bereits im Kapitel „Computermäuse im Kontext der HCI“ erwähnt wurde, kann für schmerzgeplagten Personen der Umstieg auf alternative Eingabegeräte zur Schmerzlinderung besteuern. Eventuell wurde dieser Prozentsatz von Personen beeinflusst, die ihren Laptop als primäres Arbeitsgerät nutzen und diesen in der Umfrage bewerteten. Denn sie stellen serienmäßig neben einem Trackpoint auch ein Touchpad zur Verfügung.

Die Umfrage zeigt, dass mechanische Mäuse beinahe vollständig von optischen Modellen ersetzt wurden. Von der 104 Personen umfassenden Gesamtmenge nutzen nur 3 Personen keine optische Mausvariante.

76,9% der verwendeten Mäuse haben die Standardgröße. Als Referenz gilt der Durchschnitt der marktüblichen Größen für PC- Mäuse. Laptopmäuse weichen offensichtlich von der Standardgröße ab. Aber auch sehr sperrige Gehäuse können in die Kategorie der untypischen Größen fallen. Bei der Größe der Maus konnte ein signifikanter Zusammenhang mit der Variable *Schmerzen in den Handgelenken* festgestellt werden. Aus der 80 Personen umfassenden Gruppe mit Standardgröße gaben nur 21 Personen (26%) an, unter Schmerzen in den Handgelenken zu leiden. Werden alternative Mausgrößen genutzt, steigt der Prozentsatz auf 57,9% an, dies entspricht 11 von 19 Personen. Folgend soll die Anzahl der Maustasten näher beleuchtet werden. Die Auswertung der Kreuztabelle zeigt, dass die Varianten mit zwei Haupttasten vorherrschen. 90% der Umfrageteilnehmer verwenden diese Mausvarianten. Da es so gut wie keine Ein-Tasten Mäuse mehr gibt ist davon auszugehen, dass die komplementären 10% der Gruppe ein Eingabegerät mit mindestens drei Tasten verwendet. Bei 80% der Personen können zusätzliche Tasten, etwa für die Navigation, gefunden werden. Bei 20% der Personen ist dies nicht der Fall. 77% der Mäuse mit 2 Haupttasten verfügen über zusätzliche Navigationstasten. In der Gruppe mit 3 oder mehreren Haupttasten besitzen alle 10 Mäuse dieser Kategorie, dies entspricht einem Anteil von 100%, Zusatzköpfe. Das Feature *Navigations- oder Zusatztasten* steht in eindeutigem Zusammenhang mit dem Einsatz in Spielen. Personen, die den PC auch als für Computerspiele nutzen, verwenden mit einer

Wahrscheinlichkeit von 88% Mäuse mit einer erweiterten Tastenanzahl. Bei den Nicht-Spielern liegt der Anteil bei nur 27%. Von 104 Personen verwendet nur eine Person eine Maus ohne Scrollrad. Allerdings produzieren kaum noch Hersteller Modelle ohne integriertem Mausrad, sodass der Kunde selten Wahlmöglichkeiten hat (vgl. Geizhals, 2008).

7.4.2 Betrachtung der Soll–Situation

Als Basis der Conjoint Analyse der PC Maus dienen 98 Datensätze. Für die aggregierten Daten konnten ein Pearson r von 0,954 und ein Kendall tau von 0,824 erzielt werden. Für die Wichtigkeit der Faktoren ergaben sich die folgenden Werte, gelistet nach ihrer Wichtigkeit:

- 18%: Abtastgenauigkeit
- 16%: Mausrad
- 15,5%: Tastenanzahl
- 12,1%: Gleitfähigkeit
- 10,4%: Kosten
- 8,6%: Größe
- 7,5%: Ergonomisches Design
- 6,5%: Art der Anbindung
- 5,1%: Oberfläche

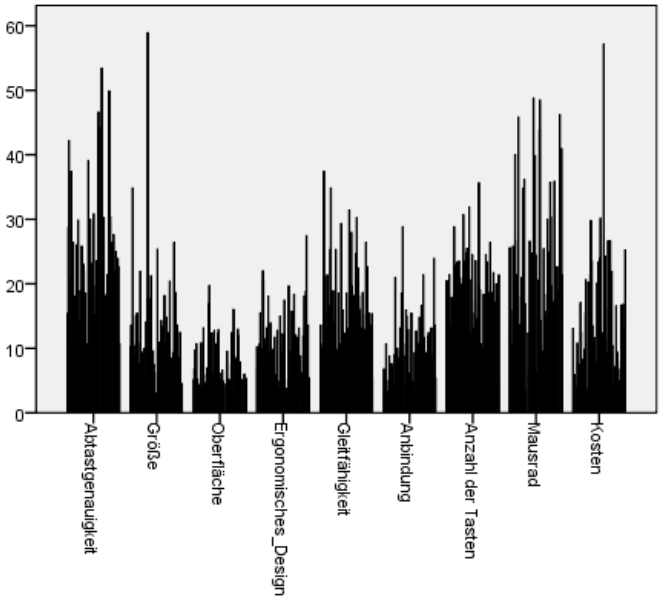


Abbildung 67: Individuelle Faktorenwichtigkeit in %

Nach der Aufschlüsselung der aggregierten Nutzenwerte erreicht eine günstige, ergonomische Maus mit hoher Abtastgenauigkeit und ausgezeichneter Gleitfähigkeit, einem Mausrad mit drei Haupttasten sowie zusätzlichen Navigationstasten den höchsten Nutzen. Auch wenn die Größe der Maus bei der Wichtigkeit an der 6. Stelle steht, so hat die tatsächliche Ausprägung, gemeinsam mit der Beschaffenheit der Oberfläche, kaum Auswirkungen auf den Gesamtnutzen der aggregierten Menge. Die individuellen Präferenzen aller Teilnehmer sind in Abbildung 67 dargestellt.

Für die weitere Auswertung der gesammelten Daten macht man sich erneut die Clusteranalyse zunutze. Das entsprechende Dendrogramm können Sie im Anhang finden. Bei der Einteilung der Datensätze in homogene Gruppen erwiesen sich 4 separate Clusterauswertungen für sinnvoll.

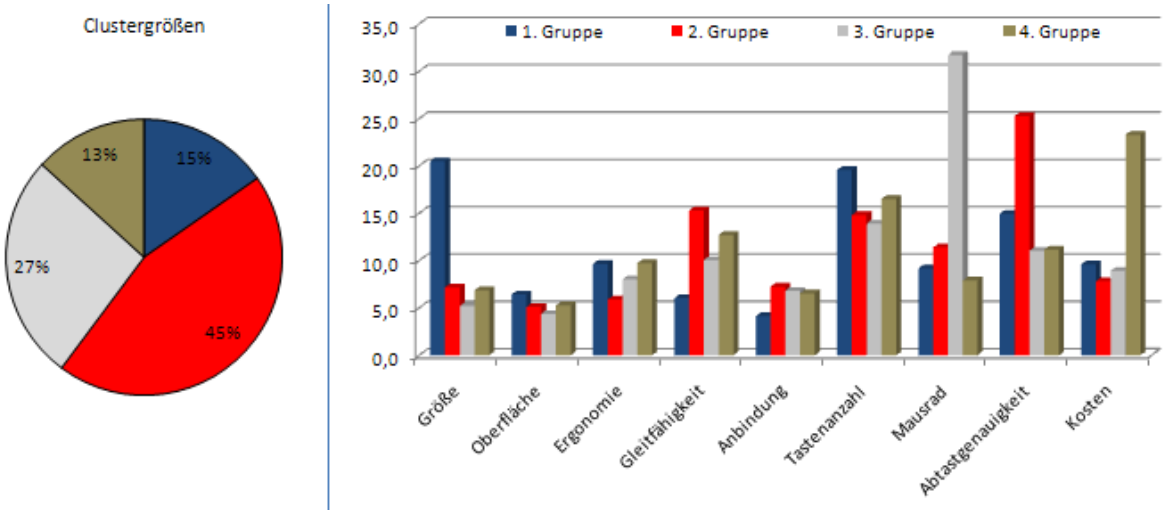


Abbildung 68: Clustergrößen & prozentuelle Faktorenwichtigkeiten der PC-Mausgruppen

Besonderes Augenmerk richtet der erste Cluster auf die Mausgröße und die Tastenanzahl. Die bevorzugten Ausprägungen sind hierbei die Standardgröße und Modelle mit 3 Haupttasten, weitere Tasten sind nicht unbedingt notwendig. Die Navigationstasten werden sogar von den meisten Clustermitgliedern als störend empfunden und reduzieren den Gesamtnutzen. Dies trifft insbesondere auf Modelle mit zwei Haupttasten zu. Etwas geringer ist der Einfluss von Qualitätsfaktoren in Form der Abtastgenauigkeit und Gleitfähigkeit. Die 15 Gruppenmitglieder zeichnen sich durch überdurchschnittlich langen PC Gebrauch aus und gehören zu den jüngsten Studien-Teilnehmern. Somit lässt sich auch der verhältnismäßig hohe Anteil an Schülern, 28,6%, erklären.

Der 2. Cluster besteht aus 44 Gruppenmitgliedern und formt daher den stärksten Sektor. Für diesen werden leistungsfähige und qualitativ hochwertige Modell nachgefragt. Ein Viertel der Aufmerksamkeit kann der Genauigkeit und Präzision des Produkts zugeschrieben werden. Mit annähernd 15% folgen die Gleitfähigkeit und die Tastenanzahl, wobei ein starker Hang zu drei Tasten, inklusive Navigations- oder sonstiger Zusatztasten, bemerkbar ist. Alle anderen Tastenausprägungen werden abgelehnt. Verglichen mit den anderen Gruppen nehmen ergonomische Faktoren eine untergeordnete Rolle ein. Eine Besonderheit des Clusters zeigt sich bei der Analyse der Kosten, bei einigen Gruppenmitgliedern kommt es zur Umkehrung der Regel, dass günstigere Produkte bevorzugt werden. Da dieser Faktor für die Gruppe generell kaum von Interesse ist, bleiben die Teilnutzen der drei Ausprägungsmöglichkeiten in etwa neutral. Der Altersschnitt ist der höchste aller Gruppen, wodurch sich ein Teil der Kostenstarrheit erklären lässt.

Die dritte Gruppe legt großen Wert auf Mäuse mit Scrollrädern. Zwar bevorzugen alle Umfrageteilnehmer dieses Feature, allerdings ist der Wunsch nach Mausrädern in diesen Fällen mit einer durchschnittlichen Wichtigkeit von 31,7% besonders stark ausgebildet. Es werden nur zwei Haupttasten benötigt. Für die Gruppe scheint eine angenehme Handhabung und Bedienung im Vordergrund zu stehen. Zusätzliche Features sind ebenso wie technische Perfektion zweitranging. Die angepassten Mäuse sollten eine gummibeschichtete Oberfläche aufweisen, um den Gesamtnutzen des Clusters zu

maximieren. In diesem Punkt unterscheidet sich der Cluster von den anderen. Allerdings hat dieser Faktor, ebenso wie dessen Nutzenwerte der Levels, nur einen minimalen Einfluss bei der Wahl des geeigneten Mausmodells. Ob sich aus ökonomischer Sicht eine gummibehaftete Oberfläche lohnen würde vermag der Autor zwar nicht zu beantworten, Voraussetzung für eine Anschaffung ist sie allerdings nicht. Auch diese Gruppe verbringt eine beachtliche Zeit vor dem PC.

Wie auch bei den Monitoren gibt es auch bei den Computermäusen eine Zielgruppe, bestehend aus 13 Teilnehmern, die ausschließlich preisbewusste Produkte schätzt. In der Rubrik der Mäuse hat der Kostenfaktor einen Einfluss von 23%. Die Anzahl der Maustasten ist die zweitwichtigste Variable. Abgelehnt werden Varianten ohne Navigationstasten, insbesondere wenn sie nur zwei Haupttasten aufweisen können. Die Leistung und Qualität der Maus ist verhältnismäßig unwichtig. Auf die Umsetzung ergonomischer Richtlinien sollte allerdings geachtet werden. Die Eigenschaften des Clusters können durch die kürzeste tägliche Nutzungsdauer und einen überdurchschnittlich hohen Frauenanteil beschrieben werden. Angeschlossene PCs dieser Kategorie werden selten als reines Arbeitsgerät betrachtet, sondern für vielfältige Zwecke eingesetzt.

Zusammenfassend soll erwähnt werden, dass die Verbauungsgröße der Maus nur für eine Gruppe ein einflussreiches Merkmal darstellt, und diese Gruppe Mäuse in Standardgrößen bevorzugt. Für die anderen Gruppen spielt die Mausgröße keine übergeordnete Rolle, solange sie sich vernünftig bedienen lässt. Die Gestaltung der Oberfläche, Plastik oder Gummi, ist für den Durchschnittsnutzer bedeutungslos. In der Regel werden Plastikoberflächen bevorzugt, der für den Gesamtnutzen sind die Ausprägungen allerdings nebensächlich. Ergonomische Bauweisen werden in allen Clustern bevorzugt. Zwar spielt diese Eigenschaft keine beherrschende Rolle bei der Produktauswahl, sie wird allerdings mit Ausnahme des 2. Clusters als wichtig empfunden. Die Gleitfähigkeit reiht sich im Mittelfeld ein. Speziell der zweite Cluster mit seinem Hang zu leistungsstarken Mäusen fordert eine hohe Qualität der Mausfüße. USB-Anschlüsse werden eher nachgefragt als kabellose Verbindungen. Sowohl die Faktorenwichtigkeit als die Nutzenauswirkungen zeigen, dass es sich hierbei um eine untergeordnete Eigenschaft handelt. Einige Personen lehnen die kabelgebundenen Mausvarianten ab, im Sinne der Clusteranalyse sind diese Unterschiede aber nicht groß genug um einen eigenen, kabellosen Cluster zu erzeugen. Die Anzahl der Tasten spielt für alle Gruppen eine wichtige Rolle. Entsprechende Meinungsverschiedenheiten über die optimale Anzahl der Maustasten sind zwischen allen Gruppen erkennbar. Im Zweifelsfalle empfiehlt der Autor Varianten mit drei Haupttasten und integrierten Navigationstasten. Diese Variante würde zwar für Personen des 1. Clusters einen geringen negativen Nutzen bedeuten, wird aber von den anderen Gruppen als positive Eigenschaft wahrgenommen. Kein Zweifel kommt bei der Verbauung des Mausrades auf. Dieses erweist sich als Pflichtattribut. Mit Ausnahme einer einzigen Person wird es von allen Personen nachgefragt.

7.5 Komponentenübergreifende Ergebnisse der Analyse

Eine Fragestellung, der in der Analyse nachgegangen wird, betrifft die Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Teilnehmern. Aufgrund der geringen weiblichen Beteiligung kann davon ausgegangen werden, dass sich Frauen zum Teil weniger mit dem technischen Computerumfeld beschäftigen, und durch die Art der Zugangsverteilung zum Fragebogen Frauen möglicherweise benachteiligt wurden. Ein klarer Unterschied im Nutzungszweck wurde bereits erwähnt: Die an der Umfrage teilgenommenen Frauen nutzen ihren PC meist für berufsrelevante Zwecke und kaum ausschließlich für Spiele und zur Unterhaltung. Des Weiteren ist die durchschnittliche Zeit vor dem PC etwas geringer. Unterschiede gibt es auch bei den Ergebnissen der Soll-Auswertung. So ist der Frauen-Anteil im 4. Monitor-Cluster mindestens doppelt so hoch als bei den anderen Gruppen. Bei den Mäusen werden die 3. und 4. Gruppe bevorzugt, das sind Clustergruppen, die nicht auf die Leistung fokussiert sind. Der Tastatursektor ist zu geschlechtsneutral um Beziehungen nachweisen zu können.

Die Einteilung der gesammelten Daten in homogenere Kleingruppen ermöglicht eine komponentenübergreifenden Analyse. Ausgangspunkt ist die Fragestellung, ob es Regeln gibt, mit denen man einer Person ein ideales Produkt aufgrund der Kenntnisse über andere Input- oder Outputklassen zuordnen kann. Ein einfaches Beispiel soll die Vorgangsweise der Assoziationsregeln darstellen: Angenommen eine Person bevorzugt eine ergonomisch geformte Maus und eine gesundheitsschonende Tastatur und ist daher den entsprechenden Teilgruppen zugeneigt. Allerdings sind die Vorlieben über die Monitoreigenschaften unbekannt. Mit Hilfe der Assoziationsregel in der Form *wenn ergonomiebewusste Maus- und Tastaturgruppe, dann Bildschirmcluster*$_x$ würde man die Bildschirmpräferenzen einer Person mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit vorhersagen können. Die Anzahl der gefundenen Regeln, wie häufig Regeln auftreten und deren Vorhersagekraft werden bei der Analyse bestimmt. Der minimale Support wurde auf 5% gesetzt. Als minimaler Konfidenzwert werden 45% definiert. Darüber hinaus werden nur Regeln beachtet, deren Lift über 1,3 liegt und somit ein hohes Verhältnis zum Erwartungswert aufweisen können. Unter Verwendung der Tastatur- und Mauszugehörigkeiten als Antezedenten sowie den Monitorclustern als Konsequent erhält man 2 Regeln. 3 Regeln definieren die Einteilung in einen der vier Tastatursektoren. Für die entsprechende Assoziation der Mauspräferenzen konnten 3 Regeln gefunden werden. Alle gefundenen Regeln, die den Minimalanforderungen genügen, werden in der folgenden Tabelle dargestellt. Sie ist nach Komponenten und absteigendem Lift sortiert.

ID	Antezedent	Konsequent	Unterstützung	Konfidenz	Lift
1	Tastatur_4	Monitor_1	5,2%	60%	3,23

2	Tastatur_2 Maus_3	Monitor_3	7,2%	71,4%	1,41
3	Monitor_1 Maus_2	Tastatur_1	10,3%	60%	1,94
4	Monitor_4	Tastatur_3	12,4%	66,7%	1,80
5	Maus_4	Tastatur_3	12,4%	50%	1,35
6	Tastatur_2 Monitor_3	Maus_3	11,3%	45,5%	1,84
7	Monitor_1 Tastatur_1	Maus_2	8,3%	75%	1,65
8	Monitor_2 Tastatur_2	Maus_2	6,2%	66,7%	1,47

Tabelle 1: Alle Assoziationsregeln der Analyse

Wie zu erwarten war, können aufgrund der harten Restriktionen nicht alle Clusterzugehörigkeiten durch Assoziationsregeln beschrieben werden. Aus diesem Grund werden nur wenige Regeln produziert, dementsprechend weisen sie ein hohes Maß an Qualität auf. Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Assoziationsanalyse besprochen werden.

Mit einem Lift von 3,23 ist die erste Regel außergewöhnlich stark. Sie sagt aus, dass Personen mit einem gewaltigen Fokus auf USB- oder sonstigen kabelgebundenen Tastaturen große, schnelle Bildschirme nachfragen. Diese Gruppe legt anscheinend großen Wert auf eine schnelle und sichere Verarbeitung. Attribute, die insbesondere für Computerspieler und einige Berufsgruppen ausschlaggebend sein könnten.

In den Regeln 2 und 6 ist eine Personengruppe aufzufinden, die sich für ergonomische Qualitätsprodukte entscheidet. Offenbar steht für diese Gruppe ein bequemes Arbeiten am PC im Vordergrund. In ihren Präferenzen unterscheiden sich diese Cluster zum Teil stark vom Rest: Als die wichtigste Eigenschaft des Bildschirms wurde ein hohes Kontrastverhältnis identifiziert, die Tastatur benötigt ausgezeichnete Schreibeigenschaften und muss beziehungsweise darf keinen, je nach individueller Einstellung, ergonomischen Richtlinien folgen. Bei den Mäusen, inklusive Scrollrad, verlangt man ebenfalls nach Qualität und ergonomischen Aspekten.

Die Regeln 4 und 5 weisen den sehr kostensensitiven Personen des entsprechenden Monitor- und Mausclusters der preisbewussten 3. Tastaturgruppe zu. Im Gegensatz zu den Antezedenten spielen die Kosten in der Tastaturgruppe eine bei weitem geringere Rolle. Diese fordert neben günstigen Anschaffungskosten auch ein gewisses Maß an Qualität. Die Umkehrung, dass Personen dieses Tastaturclusters sich für kostengünstige Monitore und Mäuse entscheiden, ist abzulehnen.

8. Ausblick auf die Zukunft der Hardware- HCI

Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass uns in naher Zukunft die herkömmlichen Eingabemöglichkeiten per Tastatur und Maus weiterhin erhalten bleiben. Allerdings werden mit dem Fortschritt der Technologie einer breiten Masse an Nutzern neue Wege der Interaktion angeboten: Shneiderman (1998) vermutet, dass sich gestische Eingaben, dreidimensionale Zeigegeräte, sprachbasierende Ein- und Ausgaben, tragbare Geräte und die vollständige Immersion des ganzen Körpers als brauchbare Alternativen zum Tastatur- und Mausgebrauch erweisen werden. Ebenso darf man Änderungen und Verbesserungen im Bezug auf Aussehen und Technik der aktuellen Geräte erwarten. Der nächste Abschnitt zeigt anhand der künstlichen Welten und der Eingabe per Blickrichtung wie Arten der zukünftigen Interaktion aussehen können.

8.1 Virtual & Mixed Reality

„Virtual Reality promises to revolutionise
the way we use computers."
Al Gore, 1991

In diesem Kapitel wird das vielversprechende Feld der Virtual und Mixed Reality vorgestellt. Zwar wird in diesem Feld schon länger geforscht und auch die Resultate sind beeindruckend, die Entwicklung ist aber stark von der verfügbaren Technologie limitiert. J. Hollis (1997) betonte vor 11 Jahren, dass erst durch die ständig rascher voranschreitende Entwicklung der *Computational Power* eine effiziente Erforschung und Entwicklung vieler VR Bereiche und Anwendungen ermöglicht wird. Seitdem wurde, auch dank der erwähnten Steigerung der Leistungsfähigkeit, vieles auf diesem Sektor vorangetrieben. Dies gilt besonders für den Bereich der mobilen Systeme, da Hardwarefortschritte meist auch Miniaturisierungen mit sich bringen. Leider stehen Virtual und Mixed Reality Systeme und Anwendungen nur wenigen Personen, meist in Konzernen oder zu Forschungszecken, zur Verfügung. Privatpersonen können sich die gigantischen Kosten im Normalfall nicht leisten und es fehlen sinnvolle Anwendungen für den Privatbereich.

Die Definition von Virtual beziehungsweise Mixed Reality sind nicht einheitlich. So ist es durchaus möglich, dass die Begriffe einmal enger, einmal weiter aufgefasst werden. Eine einheitliche Klassifikation sucht man ebenfalls vergeblich.

Für Stone, Jarrett, Woodroffe und Minocha (2005) bestehen VR Systeme aus Hard- und Softwarekomponenten zur Erschaffung künstlicher Welten, die ausschließlich in einem Computersystem existieren, und in denen unter Anderem reale Aufgaben nachgestellt werden können. Zitiert man Burdea und Coiffet (2003), so ist Virtual Reality ein hochentwickeltes Computer Interface, dass eine interaktive Simulation zur Echtzeit ermöglicht, und dabei mehrere Sinneskanäle anspricht. Das Autorenteam stellt außerdem das Konzept des *Virtual Reality Triangle* vor, dass drei wesentliche Begriffe der Virtual Reality beinhaltet und welches alle Virtual Reality Systeme auszeichnet. Diese sind die Immersion, die Interaktion und die Echtheit.

Während bei Burdea und Coiffet alle Systeme, die in diese Definition fallen, als VR bezeichnet werden, klassifiziert Milgram den Bereich detaillierter. So stellt er in seinem Konzept des *Reality-Virtuality Continuums* eine vierstufe Skala vor, an deren Endpunkte die „reinen Welten", also die vollkommen reale als auch die rein künstlich erschaffene Welt, existieren. Alles, was sich zwischen den zwei Extremen befindet, gehört zur Klasse der Mixed Reality. Als Virtual Reality bezeichnet Milgram nur die Systeme, die eine vollständige Immersion einer ausschließlich künstlichen Welt anbieten. Die Mixed Reality wird, je nachdem ob die primäre Welt eine natürliche oder künstliche ist, wiederum in Augmented Reality beziehungsweise Augmented Virtuality eingeteilt (Abb. 69).

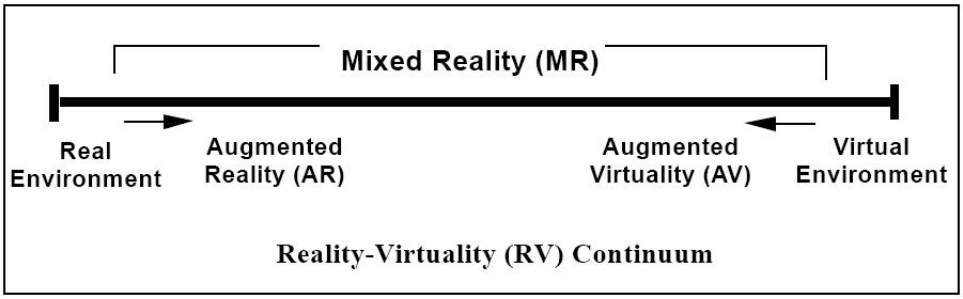


Abbildung 69: Reality-Virtuality Continuum als Klassifizierungshilfe (Milgram, Takemura, Utsumi & Kishino, 1994)

Es gibt nicht *das* VR oder MR System. Sie unterscheiden sich teilweise erheblich voneinander. Die Anwendungen unterscheiden sich je nach verwendeter Technologie, deren Interfacegeräten, technischen Gegebenheiten, etc. Kostengünstigere Systeme, die nicht immersiv erfahren werden, sondern mit Hilfe eines Bildschirms dargestellt werden, bezeichnen Burdea und Coiffet (2003) als *Window-to-the-world*, Shneiderman (1998) als *desktop virtual environments*. Im Gegensatz zu „echten immersiven" Umgebungen sind sie auch für Privatpersonen leistbar, auch wenn der Effekt nicht mit seinen teureren Varianten vergleichbar ist.

Für Shneiderman (1998) gibt es mehrere Faktoren, die für eine erfolgreiche künstliche Umgebung Voraussetzung sind. Diese sind:

- Visuelle Anzeige

- Ermittlung der Kopfposition
- Ermittlung der Handposition
- Force Feedback
- Ein- und Ausgabe von Geräuschen
- Kooperations- oder konkurrenzunterstützende Umgebung
- Sonstige Besonderheiten

Eine beliebte Methode zur Realisierung von dreidimensionalen Umwelten basiert auf der Nutzung von Shutter Glasses. Deren Flüssigkristalle haben die Eigenschaft, wie bereits im Kapitel der Bildschirme angeführt wurde, durch Anlegen eines Magnetfeldes die Lichtbrechungsrichtung zu beeinflussen und bei der Freilassung augenblicklich in ihre Ursprungsrichtung zurück zu wechseln. Daher können die Bilder eines Auges gezielt blockiert werden. Synchronisiert man die Shuttergläser mit dem Anzeigemedium, das alternierend Bilder für nur jeweils ein Auge projiziert, erfährt der Benutzer ein dreidimensionales Erlebnis. Dessen Qualität hängt vom verwendeten Anzeigemedium ab: Kostengünstig sind spezielle CRT-Monitore mit sehr hohen Bildwiederholfrequenzen. Da die Shuttergläser die Hälfte der dargestellten Bilder aussortieren und somit die Bildwiederholrate halbieren ist diese Methode für herkömmliche CRT-Bildschirme, ebenso wie LCD-Bildschirme, ungeeignet. Solch eine *desktop virtual environment* ist in der Abbildung 70 zu sehen. Einen hohen Grad an Immersion und Realismus bieten große, würfelförmig angeordnete, von CRTs rückseitig bestrahlte Leinwände (Abb. 71). Diese Systeme werden als CAVEs bezeichnet. Die virtuelle Umgebung entsteht im Gegensatz zur vorherigen Methode nicht nur vor dem Benutzer auf dessen Bildschirm, sondern um ihn herum. Neben der hohen Auflösung zeichnen sie sich durch ihre Multiuser-Fähigkeit aus. Großflächige CAVEs können von dutzenden Personen betreten werden. Allerdings können die Teilnehmer das Programm nicht gleichzeitig steuern.

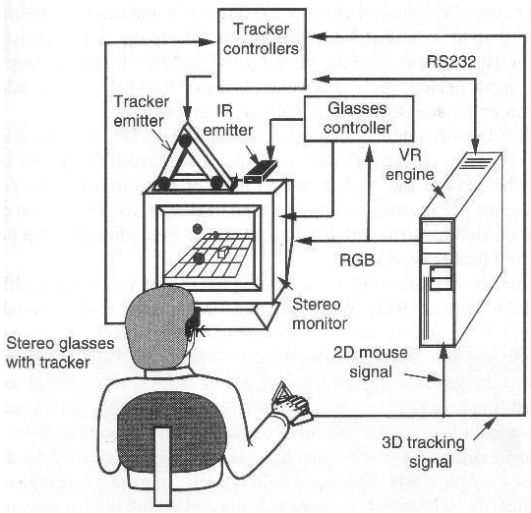


Abbildung 70: Aufbau einer einfachen Desktop VE

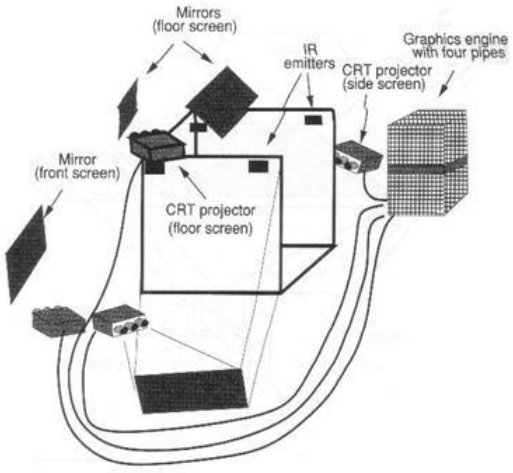


Abbildung 71: Das CAVE (beide: Burdea & Coiffet, 2003)

Wenn man an VR denkt, so hat man meist auch die Head Mounted Displays (HMD) im Sinn. Diese Anzeigegeräte werden am Kopf angebracht. Vor den Augen sind zwei voneinander unabhängige Bildschirme befestigt. Da das Computersystem die dargestellte

Szene für jeden Bildschirm berechnet, wird dem Gehirn durch den empfundenen horizontalen Abstand eine Tiefenwahrnehmung vorgetäuscht, die gesehene Welt erscheint dreidimensional (Abb. 72). Für VR Systeme konstruierte HMD trennen den Benutzer optisch zur Gänze von der realen Welt. In der MR kommt es zur Vermischung beider Umwelten. Deren HMDs sind transparent oder integrieren eine Kamera, die die Außenwelt aufzeichnet, um die Realität mit den künstlich erschaffenen Objekten zu überlegen. Zur Bestimmung der Blickrichtung sind in den meisten HMDs Tracker eingebaut oder stellen Stecksysteme zur Verfügung.

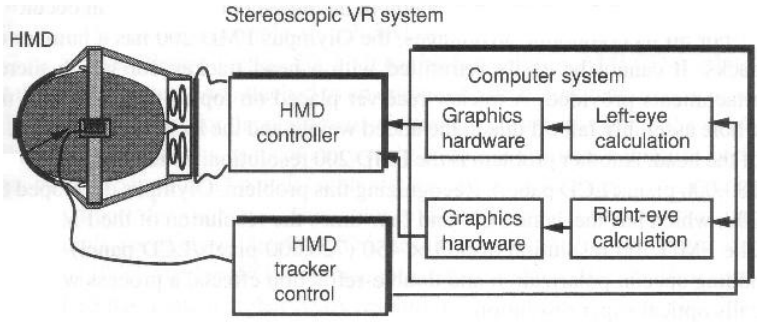


Abbildung 72: HMDs mit zwei Monitoren ermöglichen stereoskopisches Sehen (Burdea & Coiffet, 2003)

Vom Standpunkt der HCI ist die Entwicklung von einfachen Ein- und Ausgabegeräten zu den hochleistungsfähigen, natürlicheren Interaktionsmöglichkeiten ein großer Fortschritt. Ein wesentlicher Vorteil ist die Nutzung mehrerer Sinneskanäle (Abb. 73). Im Gegensatz zur traditionellen Informationsdarstellung des PCs ist man nicht auf die 2-dimensionale visuelle Ebene beschränkt. Die dreidimensionale, stereoskopische Darstellung zählt in diesem Gebiet schon lange zum Standard. Die Verwendung des auditiven Sinneskanals ist auch für PCs eine beliebte Methode der Interaktion. Allerdings beschränken sich die meisten Anwendungen auf das Wiedergeben von qualitätsschwachen Geräuschen. Für Burdea und Coiffet (2003) sind monophone Geräusche in der traditionellen Computerinteraktion ausreichend. Für die immersiven dreidimensionalen Systeme sind diese in der Regel komplexer gestaltet. Sie reichen vom, auch für PCs verfügbaren, Dolby Surround bis hin zum *Convolving*, das echtes, realistisches Hören ermöglicht. Ein aufwändigeres Feature, das in spezielleren Systemen zur Verfügung steht, sind taktile Rückmeldungen. Sie werden durch sogenannte Datasuits oder Datagloves ermöglicht, die mit Hilfe kleiner Motoren eine der jeweiligen Interaktion entsprechende Gegenkraft aufbauen. Eine Neuheit im Bereich der VR ist der Einsatz von Gerüchen. Eine rudimentäre Simulation von Geruchsaromen ist nur in wenigen künstlichen Umgebungen vorhanden, soll jedoch laut Chen (2006) in naher Zukunft zum Standard vieler Anwendungen werden. Aktuelle Forschungen auf diesem Gebiet beschäftigen sich mit tragbaren Geruchsinterfaces, die dem Benutzer die erzeugten Aromen gezielt in die Nase injizieren. Stationäre Devices würden zwar eine Gewichtsreduktion des meist ohnehin schwer beladenen Benutzers bedeuten, haben allerdings Nachteile bei mehreren gleichzeitig aktiven Usern und dem Entfernen vorheriger Düfte. Noch kurioser ist der Versuch, Geschmack zu vermitteln. Allerdings ist diese Komponente noch im Entwicklungsstadium, eine kommerzielle Nutzung ist dem Autor nicht bekannt.

Sinneskanal	*Traditionelle Computersysteme*	*VR Systeme*
Optisch	Sehr hoch	Sehr hoch
+ 3D	-	Hoch
Akustisch	Mittel	Hoch
+ 3D	-	Mittel
Geruch	-	Gering
Geschmack	-	-
Taktil	Nur zur Eingabe	Hoch

Abbildung 73: Wissenschaftliche Relevanz bestimmter Sinne im Computergebrauch (Jessner & Sieberer, 2008)

Die Eingabe der Benutzer erfolgt in immersiven dreidimensionalen Welten üblicherweise über eine 3D Maus, einen 3D Stab oder den beliebten Datagloves. Mit Hilfe des Datasuits ist es gar möglich, die Bewegung der Beine, Arme und des Rumpfs zu erfassen. Sie ermitteln die Position des jeweiligen Devices und bieten meist Knöpfe für Interaktionsmöglichkeiten an. Mit ihrer Hilfe können Objekte auf natürlichem Wege wie in der Realität interagiert oder mit Hilfe von eingeblendeten Steuer- und Bedienelementen manipuliert werden. Für die Ermittlung der Position stehen diverse Methoden zur Verfügung. Je nach Intention werden im Allgemeinen mechanische, magnetische oder optische Sensoren bevorzugt. Eine weitere Form der Eingabe geschieht durch die Auswertung der Blickrichtung des Benutzers.

Allerdings gibt es auch einige Nachteile in der Dateneingabe. So ist ebenso wie bei direkten Zeigegeräten, im Sinne von Touchscreens und Ähnlichem, mit einer verstärkten Ermüdung bei langem Gebrauch zu rechnen. Das Versperren der Sicht durch Arm und Hand kann ebenfalls kritisiert werden. Des Weitern eignet sich diese Art der Technologie nicht für alle Anwendungen und Aufgaben. Man denke etwa an das Verfassen eines Textes: Für einen geübten Schreiber bleibt die Tastatur der schnellste Weg der Digitalisierung.

Die derzeit spärliche Verbreitung dieser Systeme liegt zum Großteil an deren gewaltigen Kosten. Der Aufwand für Software ist schwer zu bestimmen, da viele Faktoren Einfluss auf den Preis nehmen. Im Gegensatz zur Software sind die Hardwarepreise leicht festzulegen und auch hier erkennt man, dass das Preisniveau im VR und MR Bereich hoch angesiedelt ist. Auf der Webseite *www.vrealities.com* des Distributors *Virtual Realities* kann sich der geneigte Leser über die Eigenschaften und Kosten vieler gewerblicher VR-Interaktionsgeräte informieren. Die folgende Aufstellung konzentriert sich nur auf den Kostenfaktor dieser Devices. Einfache Shutter-Gläser kosten um 50 € ohne Sendergerät, die monoskopischen HMDs *i-glasses PC/SVGA* ohne Zubehör bereits 600 €. Die ähnlichen, komplexeren stereoskopischen HMDs *i-glasses PC/SVGA 3D pro* werden ohne Zubehör um 940 € gehandelt. Benötigte Spezialeingabegeräte haben ebenfalls ihren Preis, so betragen etwa die Kosten der technisch simplen *P5 Gloves* 70 €, die kabellose 3D Maus *SpaceGrips* kostet 2.500 €. Für die Erfassung des ganzen Körpers, zum Beispiel mit Hilfe des GypsyGyro 18 um 45.000 €, erhöhen sich die Kosten drastisch. Komplettsysteme setzten die Tendenz fort: auch das *Visiondome 2 SX21* mit einem Durchmesser von 2,2 Meter und

einer Auflösung von 1400 x 1050 um 39.000 € beweist, dass die virtuelle und gemischte Realität noch einen langen Weg vor sich haben, um zu weitverbreiteten Technologien zu werden. Denn dafür ist die Senkung der Herstellungs- und Vertriebskosten eine wichtige Voraussetzung.

Abbildung 74: Einige VR- Produkte: HMD, Dataglove, Datasuit und Visiondome (nach *vrealities.com*)

Allerdings scheinen dafür ihre möglichen Einsatzgebiete fast unbeschränkt zu sein. Sowohl im wirtschaftlichen als auch privaten Sektor werden sich unzählige Anwendungen finden, die sich zu den aktuellen Haupteinsatzgebieten der VR, dem virtuellen Prototyping der Industrie, dem Einsatz zu Ausbildungszwecken und der Visualisierung komplexer Informationen (Burdea & Coiffet, 2003) dazugesellen werden. Shneiderman (1998) führt neben den praktischen Aufgaben, dazu gehören unter Anderem die Visualisierung von komplexen Informationen, die direkte Manipulation von Objekten oder deren entfernte Steuerung, auch außergewöhnlichere Einsatzgebiete an: Beispielsweise könnten durch VR Systeme Fantasiewelten, Reisen in die Vergangenheit oder zu anderen Planeten oder die Veränderung von Naturgesetzen simuliert werden. Besonders vielversprechend erscheinen MR Anwendungen für berufliche Zwecke zu werden. Sie könnten bei der Ausübung einer Tätigkeit mit der Hilfe eingeblendeter Zusatzinformationen, zum Beispiel der richtigen Vorgehensweise oder bei der Identifikation wichtiger Objekte, unterstützend aushelfen.

8.2 Eingabe mittels Blickrichtung

Eine weitere vielversprechende Eingabemöglichkeit der näheren Zukunft könnte auf der Auswertung unserer Blickrichtung basieren. Wie auch im vorhin besprochenen Feld der künstlichen Welten sind die Grundlagen bereits vorhanden, bedürfen jedoch noch weiterführender Forschung um zur massenhaften Anwendung zu gelangen. Zur Einteilung der Anwendung können diese in einen diagnostischen Bereich und eine interaktive Sparte aufgeteilt werden (Qi, Wang & Huang, 2007). Die diagnostischen Anwendungen kommen insbesondere in der Psychologie und der Marketingbranche zum Einsatz. Interessanter, zumindest im Kontext der HCI, sind interaktive Systeme, die die Blickrichtung nicht nur aufzeichnen, sondern auch auf diese reagieren, etwa um einen gewünschten Befehl auszulösen. Diese Rubrik wiederum unterteilt sich in ein zweidimensionales und ein dreidimensionales Mapping.

Um die Blickrichtung zu messen wurden unterschiedliche Methoden entwickelt. Diese unterscheiden sich wesentlich nach dem Grad des Eingriffs, der verwendeten Hardware, und der Genauigkeit. Die aussichtsreichsten Kandidaten verzichten auf benutzerbefestigte Hardware, etwa auf das Anbringen von Markern, und nutzen optische Geräte zur Identifikation (Zhu & Ji, 2007). Diese sollen nun etwas detaillierter besprochen werden. Zum Einen benötigen sie eine individuelle Kalibrierung des Systems vor der eigentlichen Nutzung. Der zweite Punkt ist, dass die besten Ergebnisse erzieht werden, wenn der Benutzer möglichst still ohne Bewegung des Kopfes vor dem Bildschirm verharrt. Dieser Nachteil ist insbesondere bei den zweidimensionalen Methoden stark ausgeprägt, die dreidimensionalen Vorgangsweisen versuchen diese Restriktion aufzuheben. Treffen diese zwei Bedingungen zu, so kann die Nutzung der Blickrichtung als Eingabemedium aber durchaus hervorragende Ergebnisse erbringen. So berichten Zhu und Ji (2007), dass die Blickeingabe effizienter sei als traditionelle Eingabegeräte.

Abbildung 75: Beinahe-infrarotes Licht erleichtert die Identifikation des Glanzpunktes und der Pupille (rechts) (Zhu & Ji, 2007)

Sowohl für die zwei-, als auch dreidimensionale Berechnung der Blickrichtung kommen Methoden (vgl. PPCR) zum Einsatz, welche Reflexionen auf der Netzhaut erfassen, und unter Einberechnung der relativen Anordnung zur Pupille den erfassten Punkt des Bildschirms bestimmen. Aktuelle Technologien verwenden hierzu eine Lichtquelle, die beinahe-infrarotes Licht ausstrahlt, um die Pupille für die Bilderfassungssoftware identifizierbarer zu machen (Abb. 75). Zusätzlich verringert es den Einfluss der gegebenen Lichtbedingungen auf die Erfassungsqualität des optischen Trackers. Weitere Vorteile sind, dass beinahe-infrarotes Licht weder gesundheitsschädlich noch sichtbar ist, und somit keine negative Einwirkung für den Nutzer darstellt (Qi, Wang & Huang, 2007; Zhu & Ji, 2007)

Für interaktive Anwendungen ist die Auswertung des Datenstroms der optischen Aufzeichnung wesentlich. So muss das System zu jedem Zeitpunkt einwandfrei erkennen, ob sich der Nutzer eine Interaktion mit einem Bildelement wünscht. Sprich, es muss erkannt werden, ob ein Befehl, vergleichbar mit der Form eines Mausklicks oder Tastenanschlags, an den PC vorliegt. Eine Art der Auswertung misst die Bewegungen des Augapfels innerhalb einer zeitlichen Einheit und kombiniert diese mit den örtlichen Sprüngen der Augenfokussierung. Sind die Änderungen annähernd unverändert wird von der Software ein Befehl ausgelöst.

Aktuelle Forschungen beschäftigen sich mit der Filterung der Befehle der Anwender aus dem Datenfluss. Des Weiteren konzentrieren sich die Forscher auf die Verbesserung der dreidimensionalen Erfassung der Augäpfel und der Blickrichtung. Diese ist naturgemäß komplexer als das zweidimensionale Mapping, verspricht aber auch größere Bewegungsfreiheiten und geringere Fehlerquoten.

9. Conclusio

Die Human Computer Interaction ist ein aus vielen Unterdisziplinen bestehendes wissenschaftliches Feld mit zunehmender Bedeutung. Wie der Name bereits andeutet, beschäftigt sie sich mit der Interaktion zwischen Computern und deren Benutzer. Ein zentrales Thema der HCI ist die Anpassung des User Interfaces an den Nutzer. Als Beispielskonzept wird das User Centered Design vorgestellt, welches eine starke Einbindung der Stakeholder vorsieht. Wie die Anpassung der Software- und Hardwareprodukte der Informationstechnologie im Detail aussieht wird nicht besprochen. Entscheidend ist allerdings, dass sie zur Erreichung eines kommerziellen Erfolgs auf die Bedürfnisse der Benutzer zugeschnitten sein müssen. Bemerkbar machen sich vor Allem ergonomische Aspekte bei der Erstellung von Gesetzen und Richtlinien. Für die österreichischen Verhältnisse sind hierbei Teile des ArbeiternehmerInnenschutzgesetzes und die Bildschirmarbeitsverordnung relevant. Die gesetzlichen Grundlagen für Bildschirmarbeitsplätze stellen auf jeden Fall ein wichtiges Fundament dar, sind allerdings meiner persönlichen Meinung vage formuliert und teilweise schwer zu verwirklichen, wie zum Beispiel die erwünschte Ausrichtung der Beleuchtungsbänder nach den Bildschirmpositionen für bereits bestehende Räume.

Der Fokus der Arbeit liegt auf dem Hardware Bereich. Dementsprechend werden die wichtigsten Eingabe- und Ausgabegeräte, namentlich der Bildschirm sowie Tastatur und PC Maus, vorgestellt und auf ihre geschichtlichen Entwicklungen und Funktionsweisen hingewiesen. Für diese Komponenten werden mit Hilfe einer Umfrage wichtige Merkmale identifiziert und deren Ausprägungen Nutzenwerte zugewiesen. Leider konnte für die Umfrage nur ein geringer Prozentsatz an weiblichen Teilnehmern gewonnen werden. Für eine gerechtere Verteilung würde eine Umfragemethode ohne Selbstselektion sorgen, sodass ein getreuerer Geschlechteranteil gegeben wäre. Außerdem nahmen, verständlicherweise, viele Technikbegeisterte an der Untersuchung teil. Die Umfrage selbst fand großen Anklang, in etwa eineinhalb Monaten konnten 110 gültige Datensätze gesammelt werden. Wünschenswert wären ein größeres Budget und ein mehrmonatiger Zeitraum zum Sammeln von weiteren Daten gewesen. Eventuell wäre dann ein deutlicherer Zusammenhang zwischen ergonomischen Aspekten der Komponenten und der Arbeitsumgebung und gesundheitlichen Beschwerden sichtbar gewesen. Außerdem hätten mit einer größeren Gesamtmenge zusätzliche Cluster erstellt werden können. Mit 104 gültigen Datensätzen hätte das Erstellen von zusätzlichen Gruppen allerdings in zu kleinen Gruppen resultiert. Die Auswertung zeigt, dass ergonomische Faktoren, egal für welche Komponente, von den meisten Personen nachgefragt werden. Im Tastaturbereich gibt es allerdings Personen, die eine ergonomische Gestaltung strikt ablehnen und herkömmliche Bretttastaturen bevorzugen. In der Regel konnte für jede Komponente ein Cluster identifiziert werden, der explizit nutzerfreundliche Produkte nachfragt. Allerdings haben diese ergonomischen Aspekte in der Regel weniger Gewicht als leistungsspezifische Features. Ebenso gibt es für jedes Device eine kostenempfindliche Gruppe.

Wie bei der Analyse gezeigt wurde, kann ein einziges Modell niemals die Wünsche aller Personen befriedigen. Wünschenswert wären Auswahlmöglichkeiten bezüglich dieser

Interaktionsgeräte in Unternehmen, sodass Mitarbeiter sich selbst für das idealste Produkt entscheiden könnten. Einige wenige Unternehmen verfügen über ein Hardware-Sortiment, aus dem das Personal wählen kann. Dies scheint ein sinnvoller Ansatz zu sein, eine vollkommen freie Auswahl würde Probleme bei Anschaffung, Support und Wartung verursachen.

Gespannt erwartet der Autor die zukünftigen Entwicklungen in diesem Sektor. Neben den Verbesserungen der drei besprochenen Komponenten dürften insbesondere die VR und MR starken Einfluss auf die Computerinteraktion nehmen. Deren Auswirkungen lassen sich im Moment nur schwer einschätzen. Wie gezeigt wurde, könnte die neue immersive Technologie für beinahe alle Situationen eingesetzt werden. Deren Nutzen steht außer Frage, allerdings darf keinesfalls auf die Benutzerfreundlichkeit vergessen werden. Diesbezüglich haben die Interaktionsgeräte noch Aufholbedarf: Viele Geräte neigen zur Bewegungseinschränkung und Überladung ihrer Benutzer, ebenso ist das Phänomen der *VR Sickness*, die durch die Verzögerung zwischen Eingabe und Ausgabe verursacht wird, aber auch für etwaige Betrachter in einigen Systemen zum Problem werden kann, zu beseitigen.

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

Acer. (2008). *Acer Deutschland*. Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.acer.de.

Bechmann, R., Johst, B., Jungen, W., Landerer, S., Reuschenbach, T. & Theißing, F. (1999). *Der Arbeitsplatz am PC*. Frankfurt am Main: Bund-Verlag.

Belinea. (2008). *Notebooks & PC's Belinea*. Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.belinea.com/de.

Billingsley, P. A. (1994). Ergonomic Standards Go Beyond Hardware. *IEEE Software, Vol. 11* (2), S. 82-84.

Bollinger, T. (1996). Assoziationsregeln – Analyse eines Data Mining Verfahrens. *Informatik-Spektrum, 19*, S. 257-261.

Breidenbach, G. (2008). *Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Keyboard-Technologie*. Zugriff am 01. 10. 2008, unter http://www.elektronikpraxis.vogel.de/index.cfm?pid=876&pk=135867.

Bühl, A. (2008): *SPSS 16*. München: Pearson Studium

Burdea, G. C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology—2nd editon*. Hoboken, New Jersey: Wiley Interscience.

Canny, J. (2006). The Future of Human-Computer Interaction. *ACM Queue, 4 (6).*

Chen, Y. (2006). Olfactory display: development and application in virtual reality therapy. *16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*. IEEE.

CPP (2008). *Myers-Briggs Type Indicator® Assessment (MBTI®)* Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.cpp.com/products/mbti/index.asp.

Da-Lite. (1997). Contrast – From Dark to Light, *Angles of View*, Vol. 3 (9).

David, P. A. (1985). Clio and the economics of QWERTY. In: *American Economic Review, 75:2*, (S. 332-337). Nashville: American Economic Association.

Dembowski, K. (2007) *PC-Werkstatt*. München: Markt+Technik.

Evoluent. (2008).*Evoluent*. Zugriff am 19. 09. 2008, unter http://www.evoluent.com/.

Foley, J., Wallace, V. & Chan, P. (1984). The human factors of computer graphics interacton techniques. *IEEE Computer graphics and Applications, 4* (11), S. 13 – 48.

Geizhals. (2008). *Preisvergleich Geizhals.at Österreich*. Zugriff am 02. 06. 2008, unter http://geizhals.at/.

Hair, J., Black, B., Babin, B., Anderson, E. & Tatham, R. (1998). *Multivariate Data Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

Hewett, T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., Perlman G., Strong, G. & Verplank, W. (1992). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*, Zugriff am 07. 06. 2008, unter http://www.acm.org/sigchi/cdg/cdg1.html.

IBM. (2008). *IBM PC exhibit*. Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.03.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc/pc_1.html.

Ihlenfeld, J. (2008). *BlueTrack – neue Maustechnik von Microsoft*. Zugriff am 10. 09. 2008, unter http://www.golem.de/0809/62314.html.

ISO (2008). *ISO 9241.* Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=21922.

Kirchhoff, S., Kuhnt S., Lipp P. & Schlawin S. (2003). *Der Fragebogen*. Stuttgart: UTB.

Kinesis. (2008). *Kinesis Cooperation*. Zugriff am 02. 09. 2008, unter http://www.kinesis-ergo.com/.

Lenovo. (2008). *Lenovo Deutschland*. Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.lenovo.com/de/de/index.html.

Lindorfer, M. (2007). *Auge & Bildschirm.* Zugriff am 04. 08. 2008, unter http://www.gut.tuwien.ac.at/fileadmin/t/gut/Downloads/Arbeitnehmerschutz/Arbeitsmedizin/Bildschirmarbeit/BAP-Kurzseminar%20Augen.pdf.

Logitech. (2008). *Logitech*. Zugriff am 11.05. 2008, unter http://www.logitech.com/ .

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, Vol. 2351, 282-292.

Muir, A. (2008) *Design of Experiments/Conjoint Analysis in Marketing*. Zugriff am 12. 06. 2008, unter http://www.isixsigma.com/library/content/c051031a.asp.

North, E. & de Vos, R. (2002). The use of conjoint analysis to determine consumer buying preferences: A literature review. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences,30,* S. 32-39.

Ortmann, J. (2006). *Einführung in die PC-Grundlagen*. München: Addison-Wesley.

Qi, Y., Wang, Z. & Huang, Y. (2007) A non-contact eye-gaze tracking system for human computer interaction. *2007 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Beijing*. IEEE.

Richenhagen, G., Prümper, J. & Wagner, J (2002). *Handbuch der Bildschirmarbeit*, Berlin: Luchterhand.

Shneiderman, B. (1998.) *Designing the User Interface*. New Jersey: Addison-Wesley.

Stone, D., Jarrett, C., Woodroffe, M. & Minocha, S. (2005) *User Interface Design and Evaluation.* San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.

Tyson, J. & Wilson, T. V. (2008). *How Computer Keyboards Work* . Zugriff am 03. 08. 2008, unter http://computer.howstuffworks.com/keyboard3.htm.

USB.org. (2008). *Universal Serial Bus*. Zugriff am 23. 07. 2008, unter http://www.usb.org/home.

Vrealities (2008). *Virtual Realities*. Zugriff am 11. 05. 2008, unter http://www.vrealities.com/5dt.

Wittig-Goetz, U. (2008). *Gesellschaft Arbeit und Ergonomie: Tastatur*. Zugriff am 11.06. 2008, unter http://www.ergo-online.de/site.aspx?url=html/arbeitsplatz/hardware/tastatur.htm.

West, L. J. (1998). *The standard and dvorak keyboards revisited: Direct measures of speed*. Santa Fe: Santa Fe Institute.

Wiedenbeck, M. & Züll, C. (2001). Klassifikation mit Clusteranalyse: Grundlegende Techniken hierarchischer und K-Means-Verfahren. *ZUMA How-to-Reihe, 10*.

Wikipedia (2008). *Myers-Briggs-Typindikator*. Zugriff am 11. 06. 2008, unter http://de.wikipedia.org/wiki/Myers-Briggs-Typindikator.

Zhu, Z. & Ji, Q. (2007). Novel Eye Gaze Tracking Techniques Under Natural Head Movement. *IEEE Transactions on biomedical engineering, Vol. 54* (12).

„Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.“ (gemäß Mitteilungsblatt 2007/2008, 46. Stück, 30.09.2008)

Anhang

Abstrakt – Deutsch

Gemäß Mitteilungsblatt 2007/2008, 46. Stück, 30.09.2008.

Die vorliegende Arbeit handelt von der Human-Computer Interaction (HCI), im Speziellen über die menschliche Interaktionen mit den wesentlichsten Eingabe- und Ausgabegeräten. Im Zeitalter einer omnipräsenten Digitalisierung üben IT Systeme einen wesentlichen Einfluss auf uns aus, sodass die Interaktion mit Computern zur täglichen Routine zählt. Eines der vielfältigen Ziele des wissenschaftlichen Feldes der Mensch-Computer Interaktion ist es, diese Interaktion und Kommunikation so einfach und bequem wie möglich zu gestalten. Einführend werden Konzepte und Grundprinzipien der HCI, sowie ihre Auswirkung auf gesetzliche Vorschriften, erläutert.

Mit Hilfe statistischer Methoden werden die Kundenpräferenzen bestimmt und Auskunft über die Wichtigkeit von ausgewählten Merkmalen und deren Ausprägungen gegeben. Da der Bildschirm, die Tastatur als auch die PC Maus zu den wichtigsten Aus- und Eingabegeräten zählen, konzentriert sich die Studie auf diese Komponenten. Zur Sammlung der erforderlichen Informationen wurde eine Online-Umfrage mit 110 Teilnehmern durchgeführt. Den Hauptteil bildet die Präsentation der Umfrage und deren Ergebnisse, inklusive einer Conjoint Analyse, Cluster Analyse sowie einer Assoziationsanalyse für die drei erwähnten Interaktionsgeräteklassen. Da die Umfrage auch Informationen zu allgemeineren Themen, etwa über die Art der PC Nutzung oder über ergonomische Aspekte erhebt, werden auch diese Resultate im Hauptteil präsentiert. Darüber hinaus werden die einzelnen Hardwarekomponenten und deren historischen Entwicklungen beschrieben.

Im Schlussteil werden die Zukunftsaussichten im Bereich der PC-Interaktionen angeführt, vor allem soll hierbei auf die hoch entwickelten Virtual und Mixed Reality Interfaces eingegangen werden.

Eine detaillierte Zusammenfassung in deutscher Sprache finden Sie im Kapitel *Einleitung und Motivation*.

Abstract – English

Gemäß Mitteilungsblatt 2007/2008, 46. Stück, 30.09.2008

The following paper covers the interaction between humans and personal computers. With ongoing digitalization IT systems have a powerful impact on our lives, thus making the interaction between us and computers to a daily routine. One task of the field of

“Human-Computer Interaction” is to make this communication as easy and comfortable as possible. The introduction describes general concepts of HCI and its impact on laws.

Statistical methods determine costumer preferences and the value of chosen features and their levels. The study focuses on the keyboard, the computer mouse as well as the monitor, as these components are the main input and output devices. Therefore an online survey was performed to gather accurate data. The presentation of the outcome, including a conjoint, cluster and association analysis, with a target/actual comparison, forms the main part of this paper. Furthermore the survey deals with more general topics which are not directly related to these three devices. In addition the main part contains a description of the hardware components and their evolutions.

The following part offers future prospects, dealing with high sophisticated interfaces like virtual and mixed reality. The closing contribution consists of a brief summary and opinions of the author.

Lebenslauf: Wissenschaftlicher Werdegang

Gemäß Mitteilungsblatt 2007/2008, 46. Stück, 30.09.2008

aktuell	Magisterstudium Wirtschaftsinformatik & Magisterstudium Informatikmanagement, Universität Wien
01.10.2001 – 29.06.2006	Bakkalaureatsstudium Wirtschaftsinformatik, Universität Wien
01.10.2000 – 29.11.2001	Diplomstudium Wirtschaftsinformatik, Universität Wien
1991 – 1999	Bundesrealgymnasium, Villach
1987 – 1991	Volksschule, Villach

SPSS Syntax für das orthogonale Design

Monitor:

```
ORTHOPLAN
/FACTORS=Bilddiagonale (1 'klein' 2 'groß') Bildschirmformat (1 '4:3 (Standard)' 2 '16:10 (Wide)')
 Kontrast (1 'gering' 2 'hoch') Reaktionszeit (1 'schlecht' 2 'gut')
 Hochformat (1 'nicht möglich' 2 'möglich')
 Anpassung (1 'nicht möglich' 2 'nur Neigungswinkel' 3 'Höhe & Neigungswinkel')
 Lautsprecher (1 'nicht integriert' 2 'integriert') Kosten (1 '150 Euro' 2 '250 Euro' 3 '350 Euro')
/OUTFILE='C:\*\*.sav'.
```

Tastatur:

```
ORTHOPLAN
/FACTORS=Ergonomisches_Design 'Ergonomisches Design' (1 'nein' 2 'ja')
 Windows_Tasten 'Windows-Tasten' (1 'nein' 2 'ja')
 Zusätzliche_Knöpfe 'Zusätzliche Knöpfe' (1 'nein' 2 'ja')
 Tastendrucktiefe (1 'gering' 2 'tief') Feedbackqualität (1 'niedrig' 2 'hoch')
 Anschluss (1 'kabellos' 2 'USB Anschluss') Neigungswinkel (1 'nicht verstellbar' 2
'verstellbar')
 Spritzwasserfestigkeit (1 'nein' 2 'ja') Kosten (1 '15 Euro' 2 '50 Euro' 3 '85 Euro')
/OUTFILE='C:\*\*.sav'.
```

Maus:

```
ORTHOPLAN
/FACTORS=Abtastgenauigkeit (1 'gering' 2 'hoch') Größe (1 'klein (Laptop)' 2
'Standardgröße')
 Oberfläche (1 'Plastik' 2 'Gummi') Ergonomisches_Design (1 'nein' 2 'ja')
 Gleitfähigkeit (1 'schlecht' 2 'gut') Anbindung (1 'kabellos' 2 'USB Anschluss')
 Anzahl_der_Tasten 'Anzahl der Tasten' (1 'Nur 2 Haupttasten' 2 'Nur 3 Haupttasten' 3 '2
Haupttasten & Navigationstasten' 4 '3 Haupttasten & Navigationstasten')
 Mausrad (1 'nein' 2 'ja') Kosten (1 '10 Euro' 2 '30 Euro' 3 '50 Euro')
/OUTFILE='C:\*\*.
```

SPSS Syntax für die Conjoint Analyse

Monitor:

```
CONJOINT PLAN='C:\*\*.sav'
/DATA='C:\*\*.sav'
/SCORE=mos1 TO mos16
/SUBJECT=id
/FACTORS= Bilddiagonale (discrete) Bildschirmformat(discrete) Kontrast(linear)
Reaktionszeit(linear) Hochformat(discrete) Anpassung(discrete) Lautsprecher(discrete)
Kosten (linear)
/PRINT=ALL
/PLOT = ALL
/UTILITY = 'C:\*\*.sav'.
```

Tastatur:

```
CONJOINT PLAN='C:\*\*.sav'
/DATA='C:\*\*.sav'
/SCORE=ts1 TO ts16
/SUBJECT=id
/FACTORS= Ergonomisches_Design (discrete) Windows_Tasten (discrete)
Zusätzliche_Knöpfe (discrete) Tastendrucktiefe (discrete) Feedbackqualität (linear)
Anschluss (discrete)
```

Neigungswinkel (discrete) Spritzwasserfestigkeit (discrete) Kosten (linear)
/PRINT=ALL
/PLOT = ALL
/UTILITY = 'C:**.sav'.

Maus:

CONJOINT PLAN='C:**.sav'
/DATA='C:**.sav'
/SCORE=ms1 TO ms16
/SUBJECT=id
/FACTORS= Abtastgenauigkeit (linear) Größe (discrete) Oberfläche (discrete) Ergonomisches_Design (discrete) Gleitfähigkeit (discrete) Anbindung Anzahl_der_Tasten (discrete) Mausrad (discrete) Kosten (linear)
/PRINT=ALL
/PLOT = ALL
/UTILITY = 'C:**.sav'.

SPSS Syntax der Cluster Analyse für die Monitor-Komponente

Nearest Neighbor:

CLUSTER n_Bilddiagonale_klein n_Bilddiagonale_groß n_Bildschirmformat_43 n_Bildschirmformat_1610
n_Hochformat_nein n_Hochformat_ja n_Anpassung_keine n_Anpassung_Neigung n_Anpassung_NeiguHöhe
n_Lautsprecher_nein n_Lautsprecher_ja n_Kontrast_niedrig n_Kontrast_hoch n_Reaktionszeit_schlecht
n_Reaktionszeit_gut n_Kosten_niedrig n_Kosten_mittel n_Kosten_hoch
/METHOD SINGLE
/MEASURE=SEUCLID
/ID=Id_String
/PRINT SCHEDULE
/PRINT DISTANCE
/PLOT DENDROGRAM VICICLE.

Ward:

CLUSTER n_Bilddiagonale_klein n_Bilddiagonale_groß n_Bildschirmformat_43 n_Bildschirmformat_1610
n_Hochformat_nein n_Hochformat_ja n_Anpassung_keine n_Anpassung_Neigung n_Anpassung_NeiguHöhe
n_Lautsprecher_nein n_Lautsprecher_ja n_Kontrast_niedrig n_Kontrast_hoch n_Reaktionszeit_schlecht
n_Reaktionszeit_gut n_Kosten_niedrig n_Kosten_mittel n_Kosten_hoch
/METHOD WARD
/MEASURE=SEUCLID
/ID=Id_String
/PRINT SCHEDULE CLUSTER(2,4)
/PRINT DISTANCE
/PLOT DENDROGRAM VICICLE.

Dendrogramme der Clusteranalysen

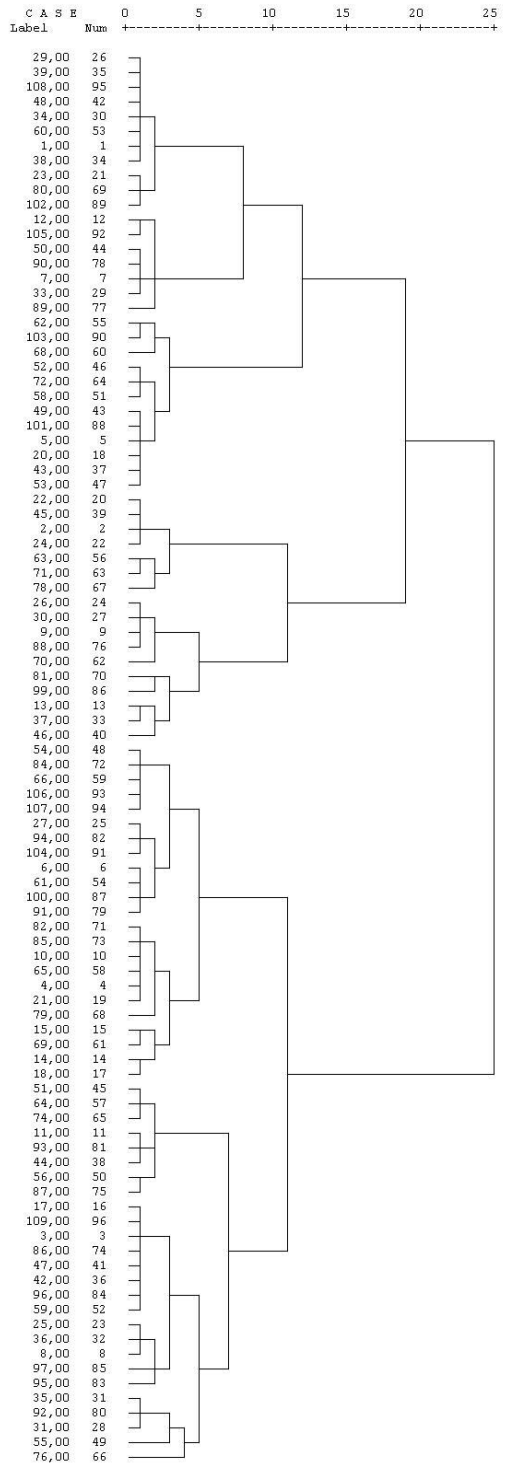
Monitor:

Dendrogram

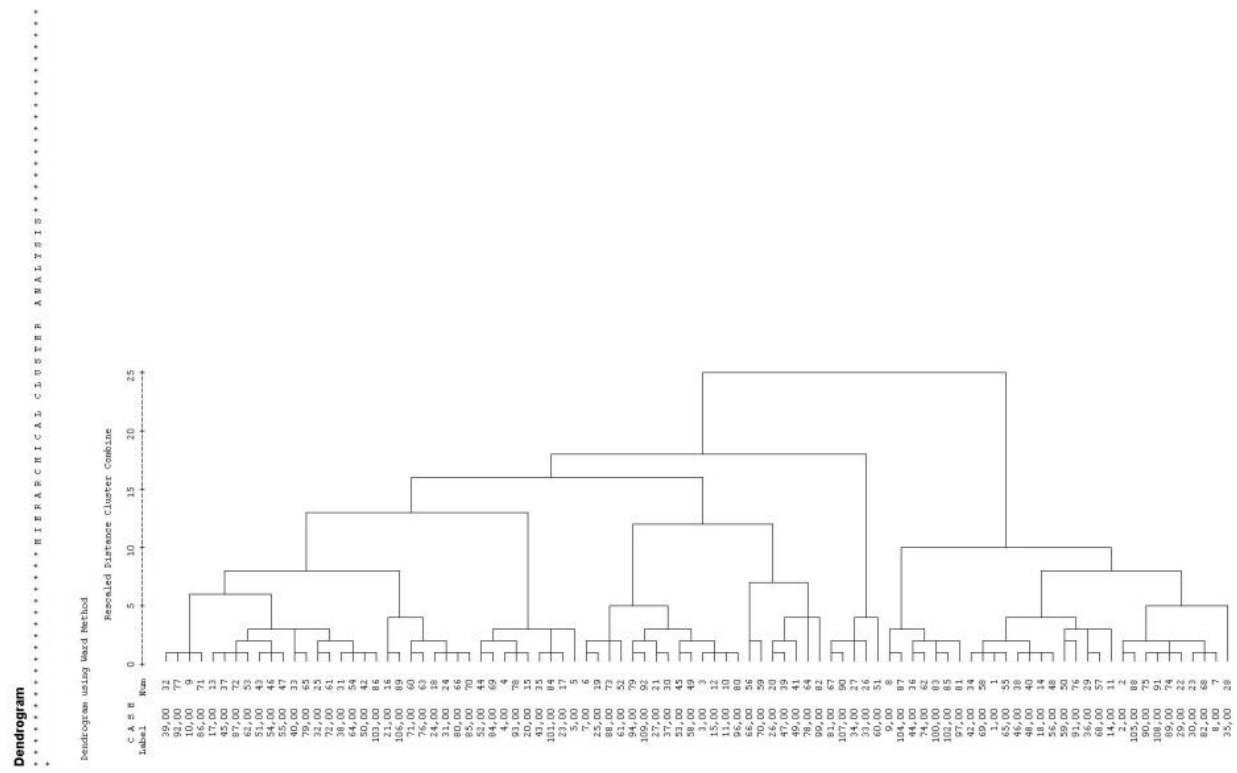
* H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *
*

Dendrogram using Ward Method

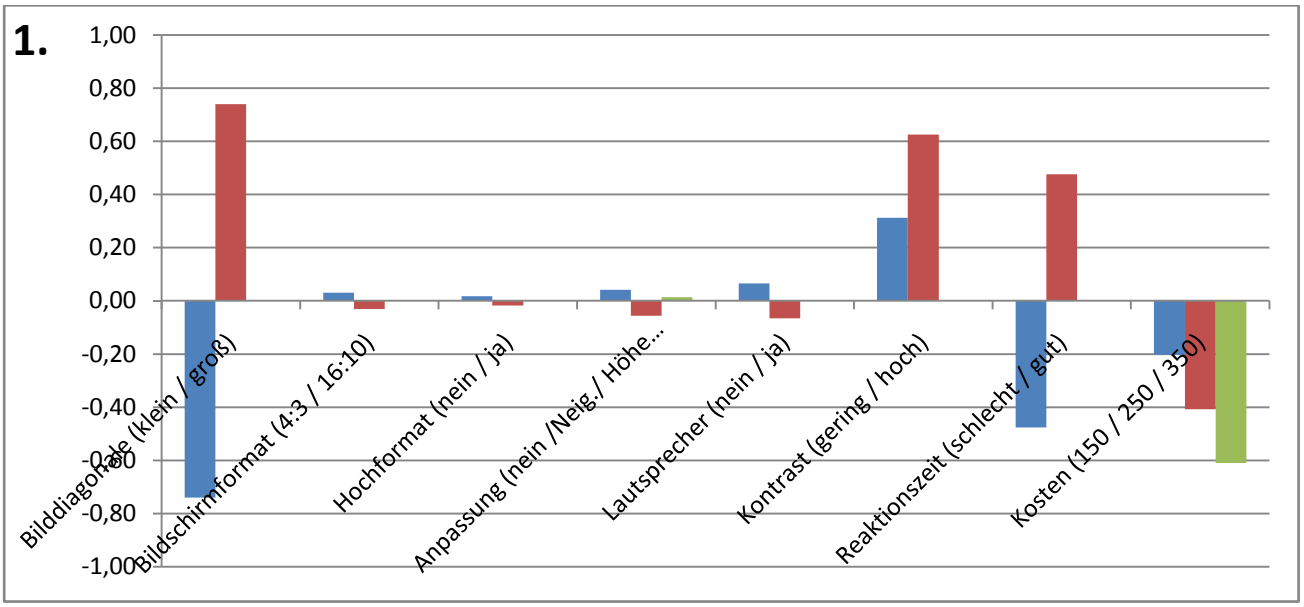
Rescaled Distance Cluster Combine

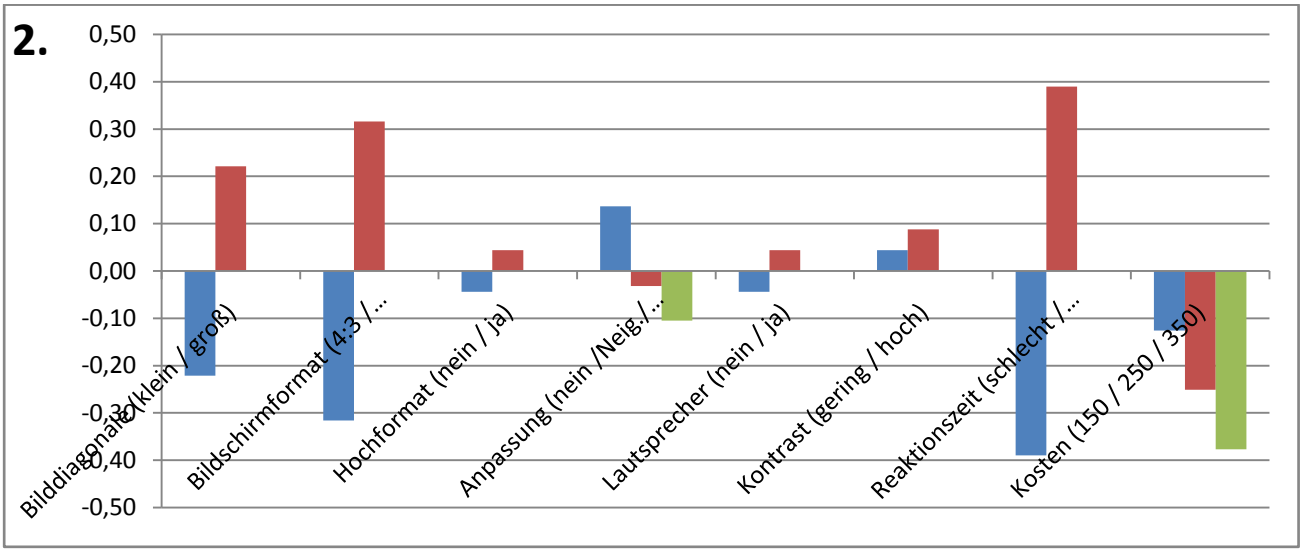


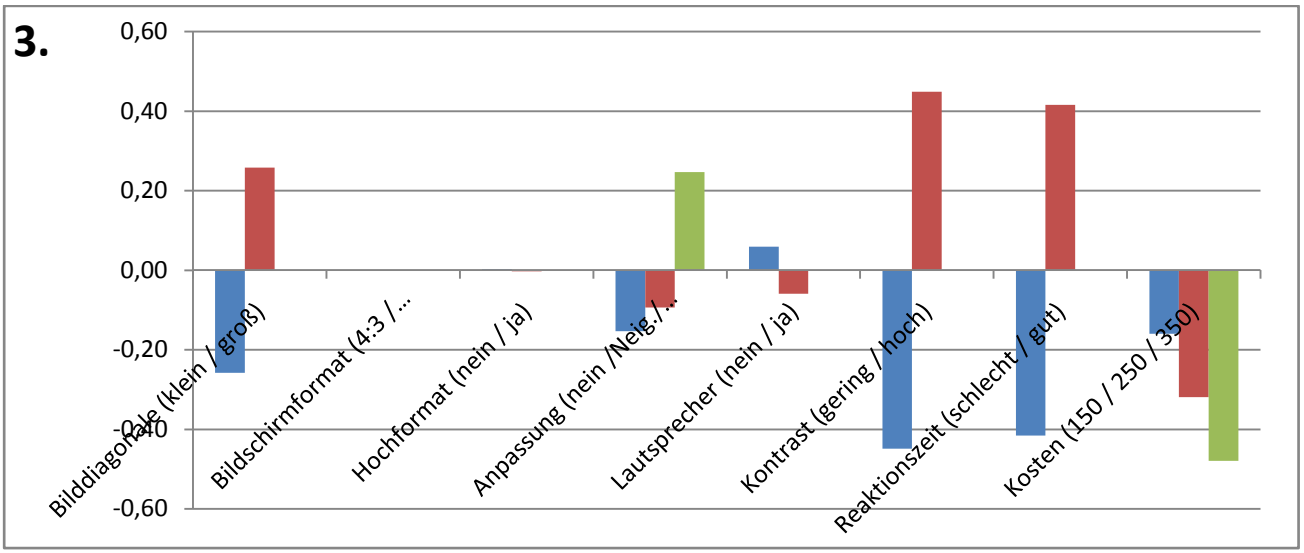
Tastatur:

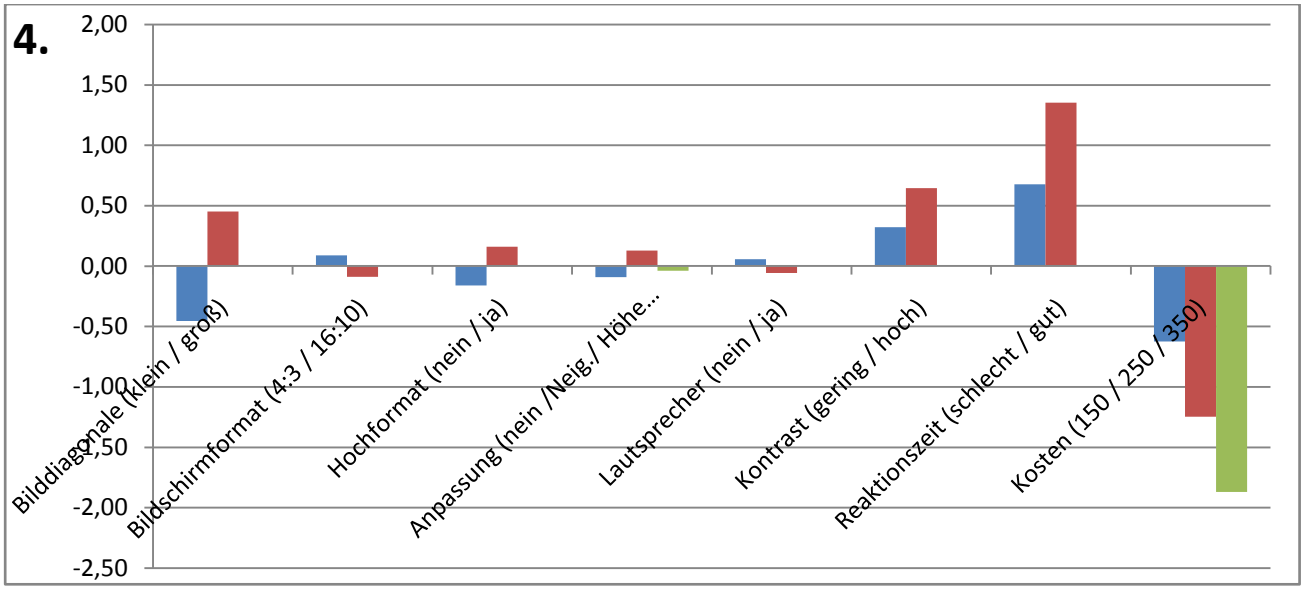

Dendrogram
* * * *

Teilnutzen der Monitorcluster

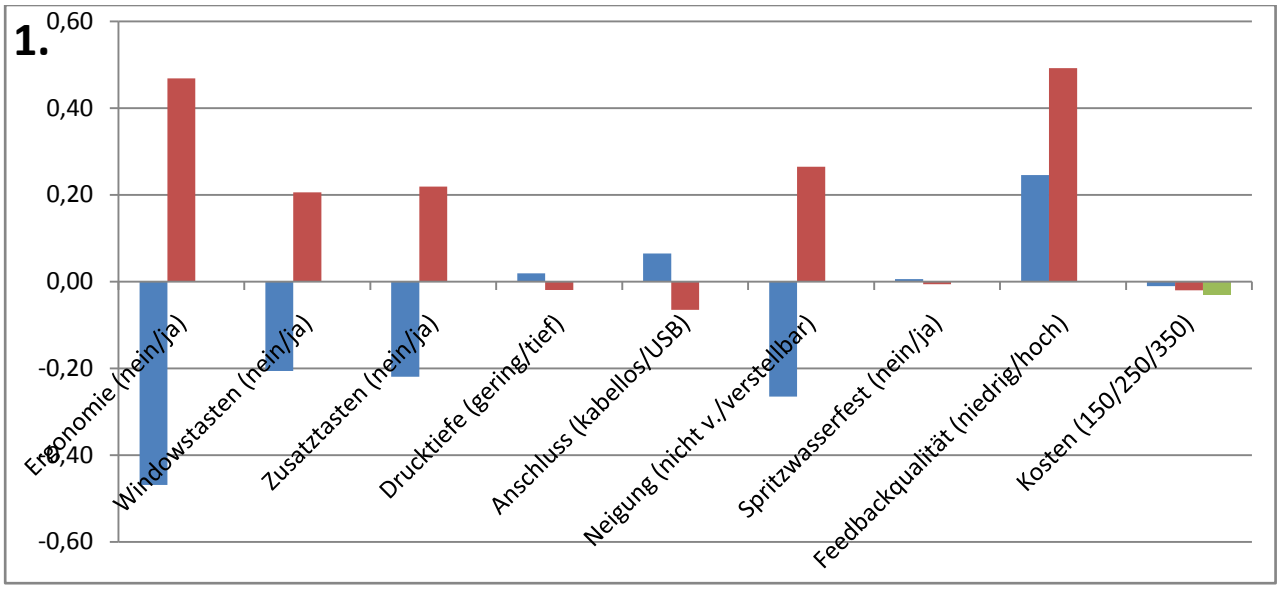


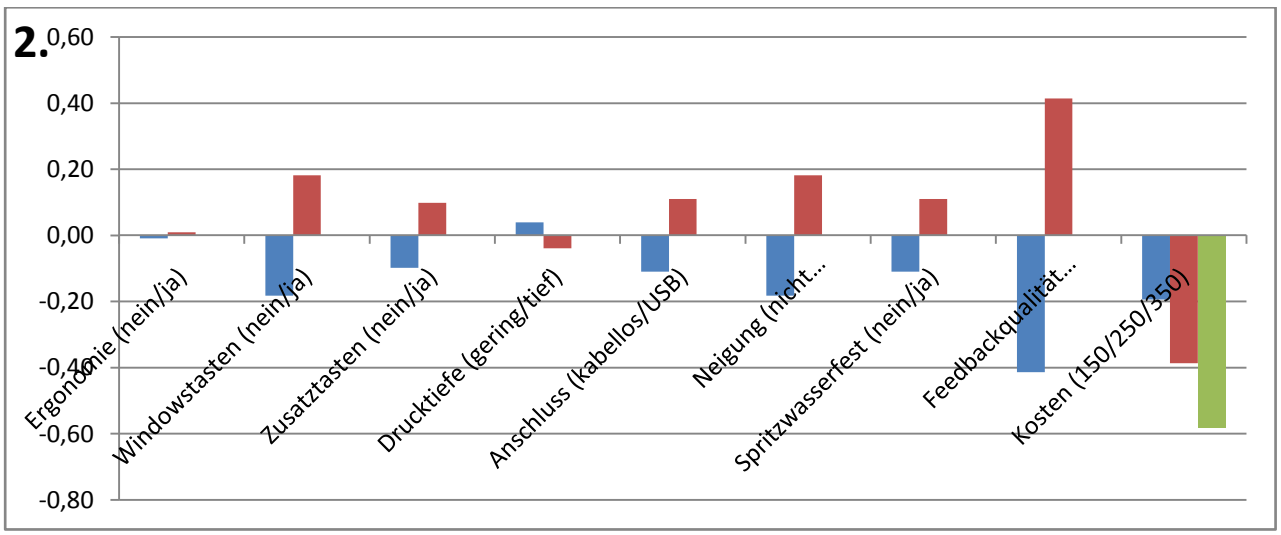


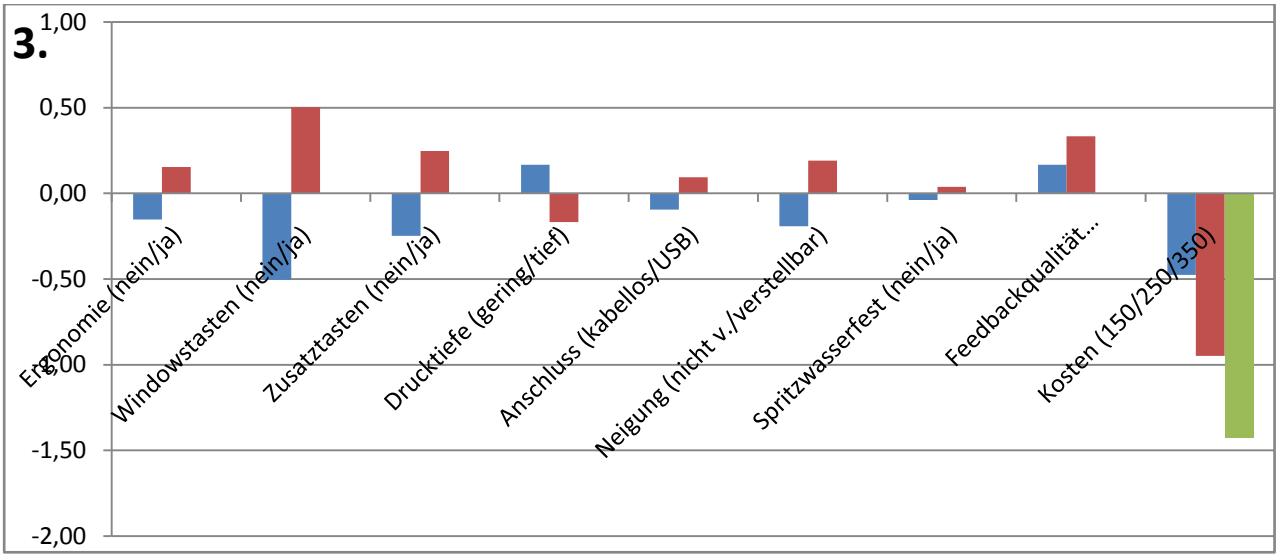


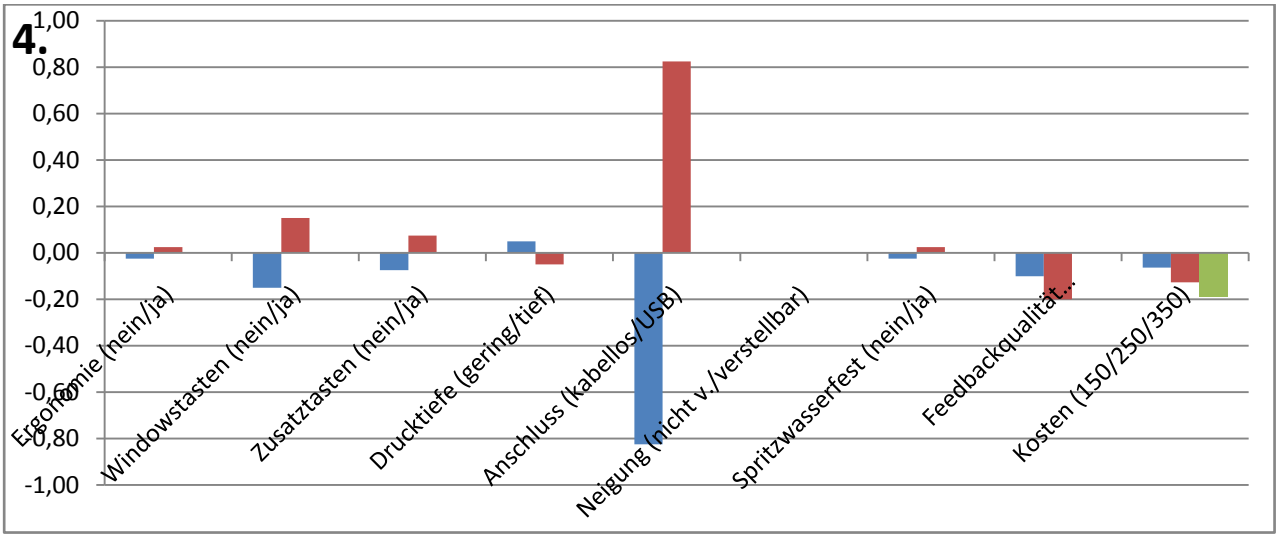


Teilnutzen der Tastaturcluster

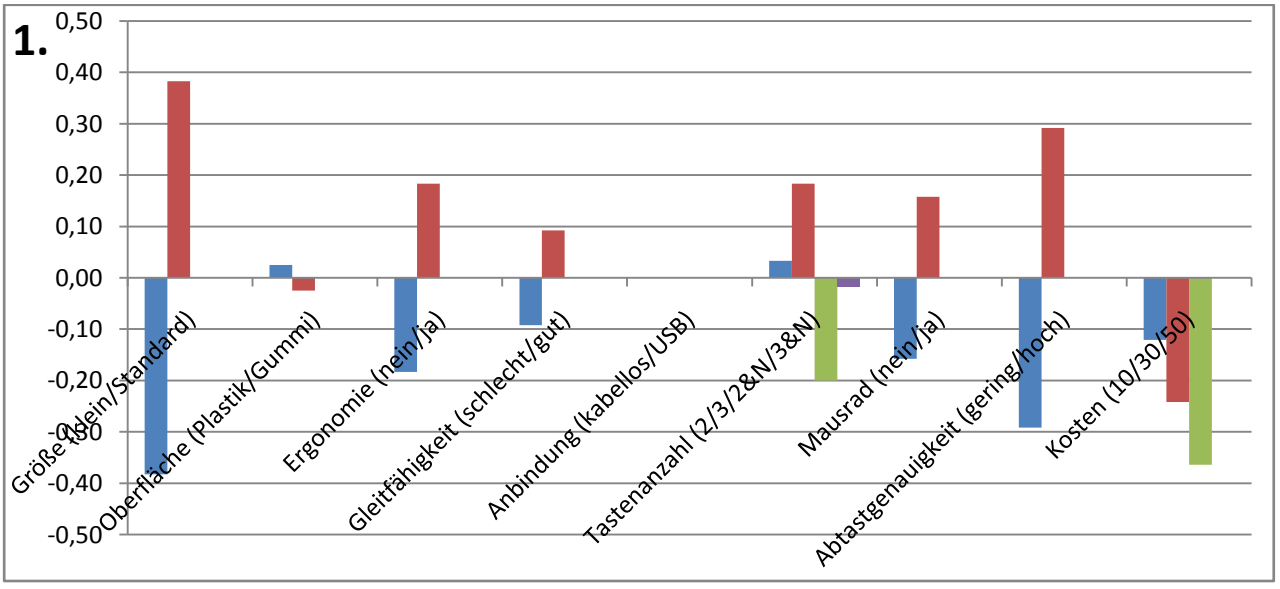


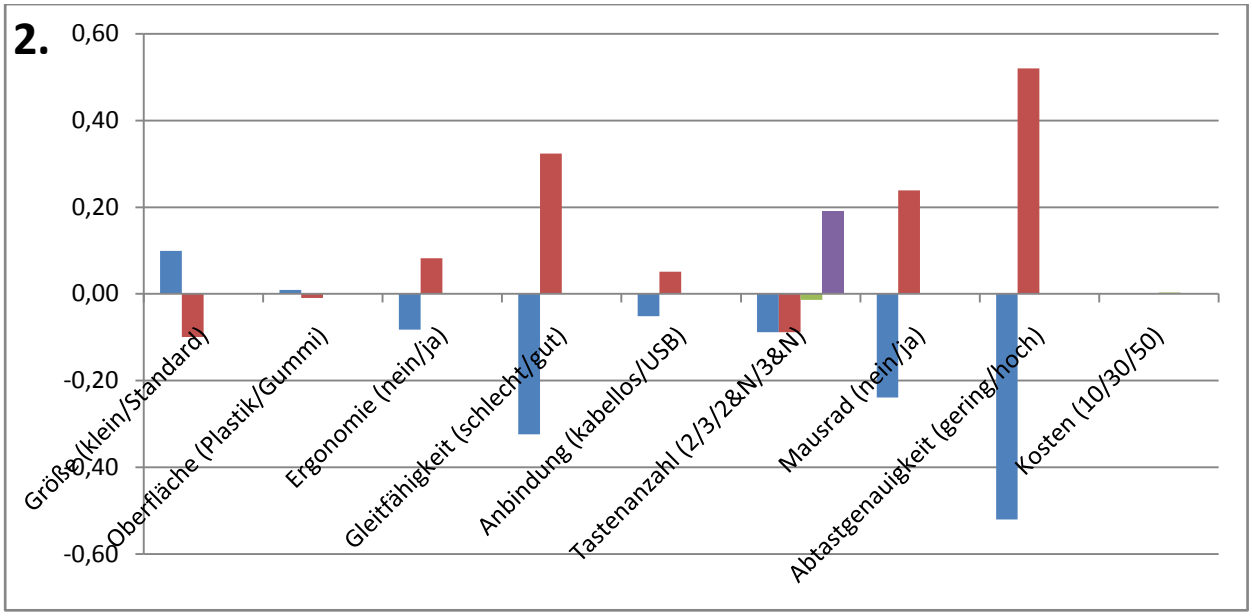


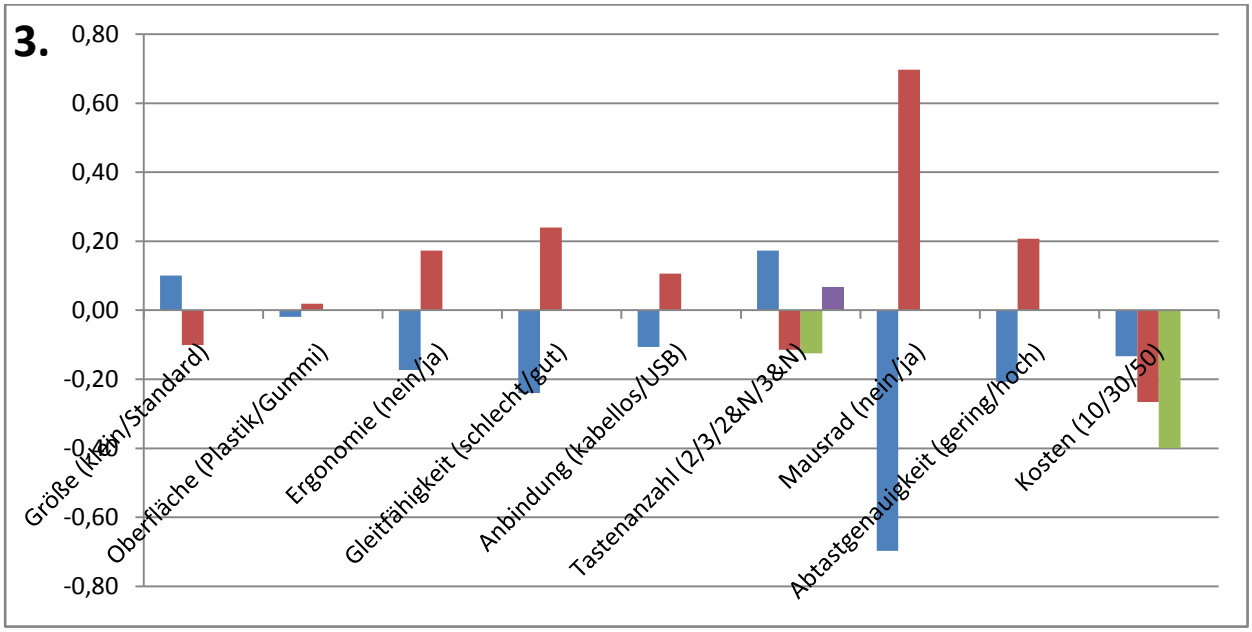


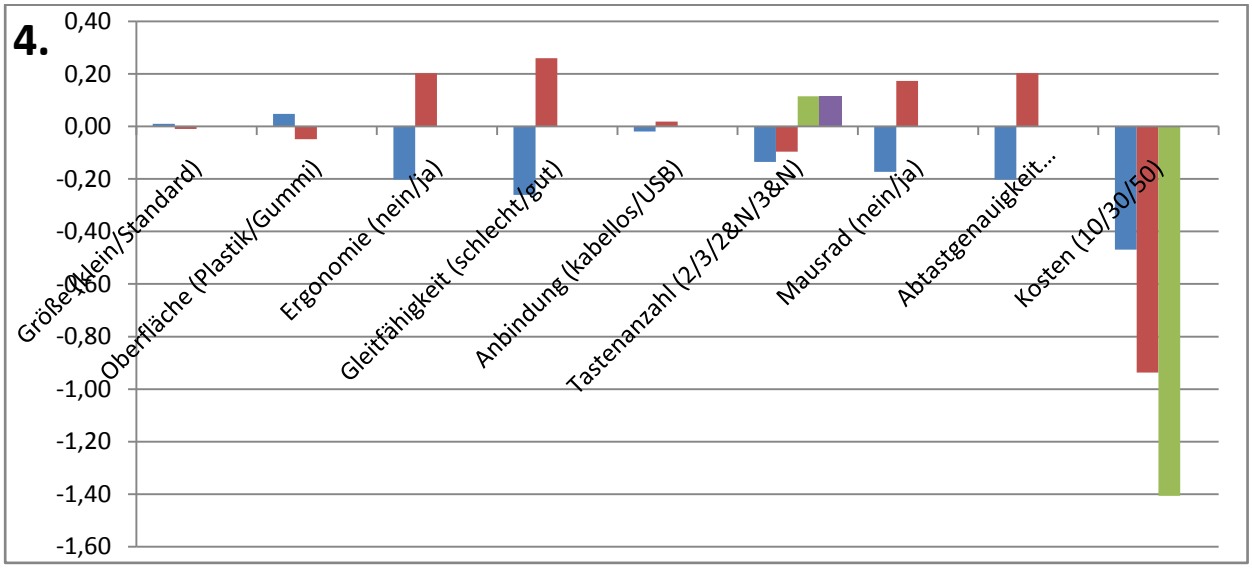


Teilnutzen der Mauscluster




2.
0,60
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
Größe (klein/Standard)
Oberfläche (Plastik/Gummi)
Ergonomie (nein/ja)
Gleitfähigkeit (schlecht/gut)
Anbindung (kabellos/USB)
Tastenanzahl (2/3/2&N/3&N)
Mausrad (nein/ja)
Abtastgenauigkeit (gering/hoch)
Kosten (10/30/50)


3.
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
-0,80
Größe (klein/Standard)
Oberfläche (Plastik/Gummi)
Ergonomie (nein/ja)
Gleitfähigkeit (schlecht/gut)
Anbindung (kabellos/USB)
Tastenanzahl (2/3/2&N/3&N)
Mausrad (nein/ja)
Abtastgenauigkeit (gering/hoch)
Kosten (10/30/50)


4.
0,40
0,20
0,00
-0,20
-0,40
-0,60
-0,80
-1,00
-1,20
-1,40
-1,60
Größe (klein/Standard)
Oberfläche (Plastik/Gummi)
Ergonomie (nein/ja)
Gleitfähigkeit (schlecht/gut)
Anbindung (kabellos/USB)
Tastenanzahl (2/3/2&N/3&N)
Mausrad (nein/ja)
Abtastgenauigkeit...
Kosten (10/30/50)