

Denken oder Handeln: Zur Wirkung von Dialogkomplexität und
Handlungsspielraum auf die mentale Belastung ¹⁾

Edmund Eberleh, Aachen
Wilfrid Korffmacher, Düsseldorf
Norbert A. Streitz, Aachen

Zusammenfassung: Die Komplexität und die Anzahl verfügbarer Dialogformen können Einflußgrößen der mentalen Belastung sein. In unserem Experiment erlernten 60 Personen die Bearbeitung einer Aufgabe an einem interaktiven Computergrafik-System mit zwei unterschiedlich komplexen Dialogformen. Zwei Gruppen mit je 15 Personen bearbeiteten die Aufgabe mehrmals unter verschiedenen Anforderungsbedingungen mit einer der beiden Dialogformen. Eine Gruppe von 30 Personen durfte jede Aufgabe jeweils mit der Methode ihrer Wahl bearbeiten. Diese Gruppe wählte die für die jeweilige Belastungssituation angemessenere Dialogform häufiger zur Aufgabebearbeitung. Leistungswerte bei Sekundäraufgaben sprechen für eine insgesamt größere mentale Beanspruchung bei der komplexeren Dialogform. In bestimmten Belastungssituationen kehrt sich dieses Verhältnis allerdings um.

Die Arbeitssituation vieler Menschen erfordert heute die Bedienung hochkomplexer, multifunktionaler Informationssysteme. Während die Multifunktionalität moderner Computer eine Optimierung herkömmlicher Arbeitsabläufe prinzipiell möglich macht, wirft ihre wachsende Komplexität psychologische Probleme der Erlernbarkeit und Bedienbarkeit auf. Zu beobachten ist dies besonders bei Benutzern von CAD-Systemen, aber auch bei der Arbeit mit integrierten Büroprogrammen. Es stellt sich zunehmend die Frage, ob eine Grenze der Komplexität erreicht worden ist, über die hinaus die Arbeitserleichterung durch Computer durch eine erhöhte Belastung der Benutzer aufgehoben wird.

Studien zur Evaluierung verschiedener Dialogtechniken beziehen sich in den meisten Fällen auf Lernzeiten und Fehlerhäufigkeiten. In einigen Fällen werden zusätzlich Daten zu mentalen Modellen von Benutzern erhoben (Streitz, Lieser & Wolters, 1986). Die mentale Belastung der Benutzer, die manche Dialogformen - selbst wenn sie hochgeübt sind - verursachen, wird jedoch oft außer Betracht gelassen.

1) Diese Arbeit wurde im Rahmen des Aachen Cognitive Ergonomic Project (ACCEPT) durchgeführt und von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, gefördert.

Gerade dieser Frage kommt aber im Arbeitsalltag eine große Bedeutung zu. So wurde beobachtet, daß bei der Benutzung moderner Informationssysteme Gefühle der Über- oder Unterforderung sowie Gefühle verschärften Zeitdrucks entstehen (Schardt & Knepel, 1981).

Kurzzeitgedächtnis, Handlungsspielraum und mentale Belastung

Hacker (1983) versuchte, die mentale Belastung durch komplexe geistige Routinetätigkeiten in einzelne Verursachungsfaktoren zu zerlegen. Umfangreichere logisch-mathematische Verarbeitungsoperationen waren mit besseren Gesamtleistungen verbunden als weniger umfangreiche, bei einer gleichzeitigen geringeren Beeinträchtigung des Befindens. Umgekehrt zeigten sich bei umfangreicheren Gedächtnisaufgaben schlechtere Leistungen und stärkere Befindensbeeinträchtigungen. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Forderungen, die begrenzte Kapazität des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses als eine wesentliche Einflußgröße bei der Gestaltung von Dialogsystemen zu berücksichtigen (Fischer, 1983; Logan, 1980). Sheridan & Simpson (1979) betrachten 'mental workload' als dreifaktorielles Konstrukt mit den voneinander unabhängigen Dimensionen 'time load', 'mental effort load' und 'psychological stress load'.

Die Vielfalt möglicher Dialogformen wirft bei der Systemgestaltung das Problem auf, welche Interaktionsform vom Designer ausgewählt werden soll. Eine Abweichung vom vorgegebenen Dialogablauf und eine flexible Gestaltung der Interaktion durch den Benutzer ist dann meist nicht mehr möglich. Dem Vorhandensein einer solchen Wahlfreiheit oder Handlungsspielraum (Osterloh, 1983) zwischen verschiedenen Dialogformen wird jedoch eine wesentliche Rolle bei der Gestaltung der Arbeitswelt zugeschrieben. Die Größe des Handlungsspielraums beeinflusst darüber hinaus entscheidend die Akzeptanz moderner Computersysteme (Müller-Böling & Müller, 1983).

Hacker (1983) weist darauf hin, daß verschiedene Grade der Übernahme komplexer Verarbeitungsoperationen vom Menschen selbst wählbar sein sollten. Ackermann (1985) fordert ebenfalls die Möglichkeit zur individuellen Anpassung der Softwarestrukturen durch den Benutzer. Vpn, denen komplexe Makrobefehle mit hohem Wirkungsgrad zur Verfügung standen, bearbeiteten eine Aufgabe in der gleichen Zeit wie Vpn mit nur wenigen, einfachen Befehlen. Ob diese beiden Gruppen allerdings unterschiedlich mental beansprucht wurden, konnte von Ackermann nicht entschieden werden. Eine weitere Beobachtung von ihm illustriert, daß die Komplexität von Befehlen zur Erhöhung der Effizienz nicht beliebig

gesteigert werden kann: Die Vpn wiesen die angebotenen Befehle als undurchschaubar und verwirrend zurück und benutzten von ihnen selbst definierte, einfachere Befehle.

Eine flexible Anwendung von Handlungsprozeduren in Abhängigkeit von der Aufgabenschwierigkeit bei interaktiven Computersystemen beobachteten Wandke & Schulz (1986). Sie verglichen die sequentielle Eingabe einfacher Kommandos mit der Eingabe eines einzelnen, komplexen Makrobefehls. Ihr Befund unterstützt die Annahme, daß Benutzer versuchen, eine bestimmte Anforderung mit möglichst wenig Aufwand optimal zu bewältigen. Hacker & Matern (1979) postulieren ein "Kriterium der Aufwandsminimierung bei Sicherung der Auftragserfüllung". In Anlehnung an die oben genannten Belastungsdimensionen von Sheridan & Simpson (1979) präzisieren wir dieses Kriterium dahingehend, daß der Benutzer eine Minimierung der Bearbeitungszeit, der mentalen Anstrengung sowie der negativen Konsequenzen anstrebt. Unter dieser Hypothese wäre es wichtig, daß die Arbeitsumgebung eine Flexibilität aufweist, die dem Menschen durch eine Wahl situationsadäquater Handlungen die Minimierung der Belastungsfaktoren bei bestmöglicher Lösungsgüte erlaubt. Schönplflug (1983) spricht im Zusammenhang mit Streß und Streßbewältigungsstrategien von einer "Verhaltensökonomie", die nach ihm im Abwägen der psychologischen Kosten und Nutzen potentieller Streßbewältigungsmaßnahmen besteht. Nicht die Belastung durch externe Stressoren wie Zeitdruck oder Lärm per se determiniert nach ihm das Ausmaß an Distreß, sondern der Mangel an Bewältigungsstrategien.

Es stellt sich somit die Frage, ob dem Benutzer möglichst viele verschiedene Methoden und Dialogformen zur Aufgabenbearbeitung angeboten werden sollen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß größerer Handlungsspielraum auch eine Erhöhung der Regulationserfordernisse bei der Handlungsplanung bewirken kann, was bei geringer Kompetenz des Benutzers zu Belastung durch Überforderung führen kann.

Experimentelle Untersuchung

Ziel unseres Experimentes war es, Hinweise zum Einfluß von Dialogkomplexität und Handlungsspielraum auf die mentale Belastung zu bekommen. Dabei können die zur Verfügung stehenden alternativen Handlungsprozeduren zu situativen Anforderungen mehr oder weniger kompatibel sein. Hat ein Benutzer zur Bearbeitung einer Aufgabe nur begrenzt Zeit zur Verfügung, so sollte eine wenig Zeit erfordernde ("schnelle") Dialogform zu einer Reduzierung der mentalen Beanspruchung führen. Eine

solche schnelle, aber komplexe Dialogform verglichen wir mit einer "langsamen" (viel Zeit erfordernden), aber einfacheren Dialogform. Zusätzlich prüften wir die Hypothese, daß Benutzer in verschiedenen Belastungssituationen flexibel von ihrem Handlungsspielraum Gebrauch machen. So sollte bei Zeitbeschränkung die komplexe, aber schnelle Dialogform bevorzugt werden, bei zusätzlicher Beanspruchung durch Bürolärm dagegen die langsame und einfache Dialogform.

Versuchspersonen

An unserer Untersuchung nahmen 60 Studenten gegen Bezahlung teil. Die Versuchspersonen (Vpn) hatten keine Vorerfahrung im Umgang mit Computern. Tageszeit der Einzelsitzungen und das Geschlecht der Vpn wurden ausbalanciert.

Material

Die Vpn arbeiteten an einem interaktiven System (Apple MacIntosh™ Plus) mit dem Grafikprogramm MacDraw™. Als Aufgabe hatten die Vpn die unten abgebildete Grafik (Abb.1) auf dem Bildschirm entsprechend einer ausgedruckten Vorlage zu verändern.

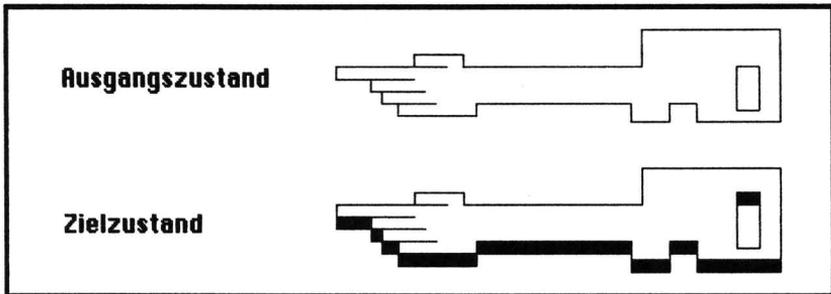


Abb.1: Ausgangs- und Zielzustand der verwendeten Grafikaufgabe

Bei der Dialogform 'command code' bearbeiteten die Vpn die Aufgabe in einer planungsorientierten Prozedur mit kognitiv komplexen Makrobefehlen (Denken). Bei der Dialogform 'direct drawing' zeichneten die Vpn alle Objekte mit Hilfe der Maus und von Menüs sukzessive direkt auf den Bildschirm (Handeln). Die beiden Dialogformen orientierten sich an verschiedenen Gestaltungskonzepten. Einen Vergleich der kritischen Merkmale beider Dialogformen gibt Tabelle 1 (nach Eberleh, 1986).

Tab.1: Komplexitätsmerkmale der Dialogformen

Dialogform	Merkmal			
	Repräsentation	Bedeutsamkeit	Abrufprozeß	Manipulation
command code	verbal	gering	recall	Makro-Befehle
direct drawing	visuell	hoch	recognition	Maus und Menü

Versuchsplan

Dem Experiment lag ein 2x3x3x2-faktorielles Design mit Meßwiederholung über zwei Faktoren zugrunde. Neben der Dialogform variierten wir drei weitere experimentelle Bedingungen. Für den Faktor der situativen Anforderung an den Benutzer wählten wir die Stufen Zeitvorgabe, Bürolärm und eine neutrale Kontrollsituation. Die Eigenschaften des Faktors Sekundäraufgabe variierten wir ebenfalls dreifach, sodaß er entweder kognitive, räumliche oder perzeptuelle Ressourcen beanspruchte. Damit sollte die Art der mentalen Belastung differentiell erfaßt werden (Wickens, 1984). Während 30 Vpn keine Wahl der Dialogform hatten (Gruppe 'command code' plus Gruppe 'direct drawing'), konnten sich die 30 Vpn der dritten Gruppe die Art der Interaktion selbst auswählen. Die Unterscheidung zwischen vorhandenem vs. nicht vorhandenem Handlungsspielraum war die vierte unabhängige Variable. Als abhängige Variablen erhoben wir die Reaktionszeiten und Auslassungen auf die Reize der Sekundäraufgaben. Bei der Gruppe mit Handlungsspielraum erhoben wir außerdem die Wahlhäufigkeiten pro Aufgabe für beide Dialogformen.

Versuchsablauf

Der Versuch gliederte sich in eine Lern- und eine anschließende Testphase. Zu Beginn der Lernphase erhielt die Vp eine standardisierte Einführung in die Bedienung des Computers. Anschließend erlernte sie die Bearbeitung der grafischen Aufgabe mit den beiden Dialogformen. Der Versuchsleiter (V1) führte zunächst den Handlungsablauf mit einer Methode vor, dann übte die Vp die Aufgabenbearbeitung mit dieser Dialogform in sechs Durchgängen selbst. Es folgten zwei weitere Durchgänge, in der die Vp die Aufgabe so schnell wie möglich zu bearbeiten hatte. Der

V1 maß die dafür benötigte Zeit. Anschließend lernte und übte die Vp die Aufgabenbearbeitung mit der zweiten Dialogform nach dem gleichen Schema wie mit der ersten. Um einen systematischen Transfereffekt auszuschließen, wurde die zeitliche Reihenfolge dieser beiden Lernphasen ausbalanciert. Nachdem die Vp die Bearbeitung der Aufgabe mit beiden Dialogformen beherrschte, wurde sie mit den Anforderungen der Testphase vertraut gemacht. Dazu bearbeitete Sie die Aufgabe noch insgesamt sechsmal in allen drei situativen Bedingungen zusammen mit den Sekundäraufgaben. Die Lernphase hatte für alle 60 Vpn den gleichen Verlauf.

In der Testphase bearbeitete die Vp die grafische Aufgabe zusammen mit den Sekundäraufgaben jeweils sechsmal in allen drei Bedingungen. In einer Bedingung lief während der Aufgabenbearbeitung ein Tonband mit Bürogeräuschen. Der Lärm erzeugte einen Schalldruckpegel von 60 dB. In der Bedingung Zeitvorgabe war die Aufgabe in der individuellen Bestzeit (bei der Dialogform 'direct drawing' in der Lernphase gemessen) zu bearbeiten. Der V1 ließ in dieser Bedingung eine Stoppuhr mitlaufen und brach die Bearbeitung nach Ablauf der Zeit ab. In der dritten Bedingung arbeitete die Vp zur Kontrolle ohne Zeitvorgabe und Lärmbelastung. Die zeitliche Reihenfolge der drei Bedingungen wurde über alle Vpn ausbalanciert. Die gesamte Interaktion wurde automatisch auf 'keystroke-level' protokolliert.

Ergebnisse und Diskussion

Betrachten wir zunächst die Wirkung des Faktors Dialogform in den beiden Gruppen ohne Handlungsspielraum. Mit 'direct drawing' ergab sich im Mittel eine schnellere Reaktion auf die Sekundäraufgaben als mit dem 'command code' (1326 zu 1462 msec). Die Differenz zeigte sich in allen Bedingungen gleichermaßen, ist aufgrund der großen Varianz aber nicht signifikant.

Bei der Zahl der ausgelassenen Reaktionen auf die Reize der Sekundäraufgabe findet sich eine Interaktion der Faktoren Dialogform und Situation. Abb. 2a zeigt, daß in der Kontrollbedingung von der Gruppe 'command code' im Mittel mehr Reaktionen ausgelassen wurden als von der Gruppe 'direct drawing'. Das spricht für eine größere mentale Belastung durch die komplexere Dialogform. Das Verhältnis der relativen Auslassungen kehrte sich jedoch in der Zeitvorgabebedingung um. Im Gegensatz zur 'direct drawing' - Gruppe hatten die Vpn der Gruppe 'command code' auch in dieser Situation ausreichend Zeit zur Aufgabenbearbeitung. Daher nahmen hier die Auslassungen im Vergleich mit der

Kontrollbedingung nicht zu. Die Beschränkung auf eine einzige Dialogform führt also zu einer größeren mentalen Belastung bei zusätzlichen Anforderungen, die inkompatibel zur Charakteristik der Dialogform sind.

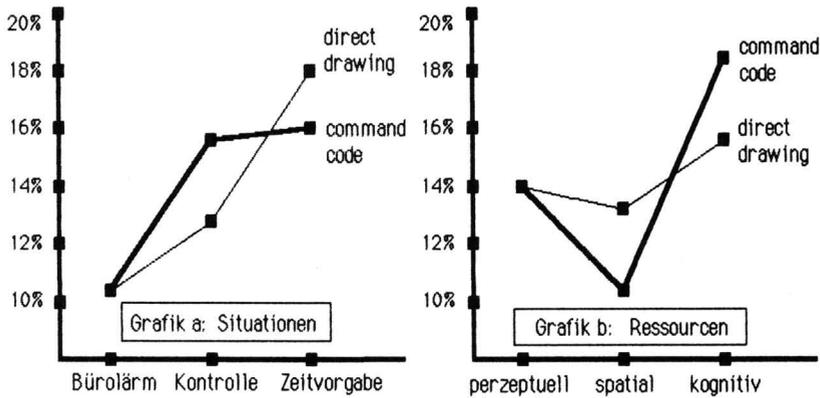


Abb.2: Auslassungen von Reizen bei den Sekundäraufgaben

Entgegen unseren Erwartungen zeigte sich bei beiden Dialogformen die geringste Fehlerzahl unter der Belastungsbedingung "Bürolärm". Dieser paradoxe Effekt unterstützt jedoch von Schönflug (1983) berichtete Beobachtungen. Danach folgen Lautstärkeeffekte keiner linearen Beziehung, sondern können je nach Dezibelbereich leistungsverbessernd oder leistungsmindernd wirken, und interagieren mit der Aufgabenschwierigkeit. Die von uns gewählte Lautstärke in Interaktion mit der Aufgabenschwierigkeit scheint noch in dem Bereich gelegen zu haben, der aktivierend und damit leistungserhöhend wirkt.

Die Art der mentalen Beanspruchung durch verschiedenen komplexe Dialogformen spiegelt sich in Abb.2b wieder. Bei perzeptuellen Sekundäraufgaben führte 'direct drawing' und der 'command code' zu gleich vielen Auslassungen. Mehr Auslassungen machte die Gruppe mit der visuellen Dialogform 'direct drawing' bei den Sekundäraufgaben, die die räumlichen Ressourcen beanspruchte. Dagegen interferierte die komplexe Dialogform 'command code' mehr mit den kognitiven Rechenaufgaben. Auch wenn die Interaktionseffekte infolge großer Varianzen nicht signifikant sind, weisen die Befunde doch in Richtung unserer Annahmen. Komplexe Dialogformen bewirken eine erhöhte Inanspruchnahme kognitiver Ressourcen, können sich jedoch aufgrund zeitökonomischer Vorteile beanspruchungsmindernd auswirken.

Einfluß des Handlungsspielraums: Tab.2 zeigt die Wahlhäufigkeiten beider Dialogformen in der Gruppe mit Handlungsspielraum.

Tab. 2: Wahlhäufigkeit der Dialogform (180 Wahlen = 100%)

Dialogform	Situation		
	Bürolärm	Kontrolle	Zeitvorgabe
command code	52 %	54 %	68 %
direct drawing	48 %	46 %	32 %

In der Situation Zeitvorgabe entschieden sich die Vpn signifikant häufiger ($t(28) = -2.31$; $p < 0.05$) für die Dialogform 'command code'. In den beiden anderen Situationen verteilten sich die Wahlen in etwa gleich. Der komplexere, schnelle 'command code' wird also nur dann bevorzugt, wenn Aufgaben zeitkritisch zu bearbeiten sind. Wie wirkt sich das Wahlverhalten nun auf die zeitliche Effizienz der Aufgabebearbeitung selbst und im Vergleich zu den beiden Gruppen ohne Handlungsspielraum aus? Wie erwartet war der 'command code' bei der durchschnittlichen Bearbeitungszeit etwa doppelt so schnell (48 sec) wie 'direct drawing' (88 sec). Unter Ausnutzung ihres Handlungsspielraums erzielte die dritte Gruppe einen Durchschnittswert von 65 Sekunden. Dies kann so interpretiert werden, daß diese Vpn mit ihren Entscheidungen ein mittleres Beanspruchungsniveau anstreben, das ihnen gleichzeitig ein mittleres Leistungsniveau ermöglicht. Einerseits wurde der Vorteil der geringeren Gedächtnisbelastung von 'direct drawing' genutzt. Andererseits wurde bei zeitkritischen Anforderungen auf den 'command code' zurückgegriffen.

Für Designer von Benutzerschnittstellen bedeuten diese Ergebnisse, daß dem Benutzer die Wahl zwischen alternativen Dialogformen selbst überlassen werden sollte. Benutzer sind durchaus in der Lage, sich je nach Anforderung für die geeignete Dialogform zu entscheiden und mit dieser Dialogvielfalt befriedigende Bearbeitungszeiten bei minimaler Beanspruchung zu erreichen. Es stellt sich also weniger die Frage nach einer besten Dialogform, sondern nach der Bereitstellung und dem adäquaten Einsatz verschiedener Dialogformen.

Literatur

- Ackermann, D. (1985). Untersuchungen zum individualisierten Computer-dialog: Einfluß des Operativen Abbildsystems auf Handlungs- und Gestaltungsspielraum und der Arbeitseffizienz. In G. Dirlich, C. Frjeka, U. Schwatlo & K. Wimmer (Hrsg.), Kognitive Aspekte der Mensch-Computer Interaktion. Berlin: Springer.
- Eberleh, E. (1986). Beschreibung, Klassifikation und kognitive Repräsentation komplexer Mensch-Computer Interaktion. Arbeitsbericht Nr. I-39, Dezember, Institut für Psychologie der RWTH Aachen.
- Fischer, G. (1983). Entwurfsrichtlinien für die Software-Ergonomie aus der Sicht der Mensch-Maschine-Kommunikation (MKK). In H. Balzert (Hrsg.), Software-Ergonomie (S. 30-48). Stuttgart: Teubner.
- Hacker, W. (1983). Psychische Beanspruchungen bei Text- und Daten-verarbeitungstätigkeiten an Bildschirmgeräten: Ermittlung und Gestaltung. In B. Matern, H. Raum, R. Schindler und E. Wetzenstein-Ollenschläger (Hrsg.), Psychologische Aspekte der Bildschirmarbeit. Zeitschrift für Psychologie, Suppl. 5.
- Hacker, W., & Matern, B. (1979). Beschaffenheit und Wirkungsweise mentaler Repräsentationen in der Handlungsregulation. Zeitschrift für Psychologie 187 (2), 141-156.
- Logan, G. (1980). Short term memory demands reaction time tasks that differ in complexity. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 6, 375-389.
- Müller-Böling, D., & Müller, M. (1983). Zum Zusammenhang zwischen Informationstechnik, Organisationsstruktur und individuellem Handlungsspielraum. Office Management, Sonderheft Mensch - Maschine Kommunikation, 18-20.
- Osterloh, M. (1983). Handlungsspielräume und Informationsverarbeitung. Bern: Huber.
- Schardt, L.P. & Knepel, W. (1981). Psychische Beanspruchung kaufmännischer Angestellter bei computerunterstützter Sachbearbeitung. In M. Frese (Hrsg.), Streß im Büro. Bern: Huber.
- Schönplflug, W. (1983). Coping efficiency and situational demands. In G. R. J. Hockey (Ed.), Stress and Fatigue in Human Performance. London: Wiley.
- Sheridan, T. B., & Simpson, R. W. (1979). Toward the definition and measurement of the mental workload of transport pilots. Cambridge, Mass.: MIT Flight Transportation Laboratory Report R79-4.

- Streitz, N.A., Lieser, A. & Wolters, T. (1986). User-initiated vs. computer-initiated dialogue modes: a comparative analysis of cognitive processes based on differences in user models. Paper presented at the conference "Work with display units". Stockholm, Sweden (May 1986).
- Wandke, H., & Schulz, J. (1986). On complexity of command-entry in man-computer dialogues. In F. Klix & H. Wandke (Eds.), Man-Computer Interaction Research MACINTER-I (pp. 221-234). Amsterdam: North-Holland.
- Wickens, Ch.D. (1984). Engineering psychology and human performance. Columbus, Ohio: Merrill Publ. Co.

Dipl.-Psych. Edmund Eberleh
Dr. Dr. Norbert A. Streitz
Institut für Psychologie
RWTH Aachen
Jägerstraße 17/19
5100 Aachen

cand. psych. Wilfrid Korffmacher
Institut für Psychologie
Universität Düsseldorf
Universitätsstraße 1
4000 Düsseldorf 1

IV SYSTEMEINFÜHRUNG UND BENUTZEBETEILIGUNG

