Medienzentrum der Philosophischen Fakultät der Universität des Saarlandes

Arbeitsbericht Nr. 17
(1995)

B. Jacobs

Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition

Hinweis: Eine Kurzfassung des Artikels liegt als HTML- Dokument vor. Dort können Sie auch einige Beispiele für die experimentellen Graphen einsehen. Die URL-Adresse lautet:

http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/vier/ueber.html

Druckfehler, stilistische Ungereimtheiten und formale Unstimmigkeiten bitte ich zu entschuldigen. Das Medienzentrum verfügte weder über die Mittel noch über das Personal, vorliegenden Artikel Korrektur zu lesen.

Inhaltsverzeichnis:

Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition

Zusammenfassung:

Vorliegende Untersuchung bildet den Abschluß des 1994 von Jacobs begonnenen Projektes "Experimentelle Analysen zu graphischen Präsentation von Daten in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition". Dabei steht die Wahrnehmung solcher Aspekte im Vordergrund, die sich in einem Datensatz als Besonderheiten qualifizieren lassen. Hierzu gehören Fragen nach dem höchsten oder niedrigsten Größenwert, nach dem größten Unterschied zwischen 2 Größenwerten, der extremen Steigung innerhalb einer Datenreihe oder dem höchsten Steigungsunterschied zwischen mehreren Datenreihen. Die Fragestellungen sind insofern recht anspruchsvoll, als sie in der Regel die Analyse aller Datenelemente und umfassende lokale sowie zum Teil auch globale Vergleiche erfordern.
Hauptanliegen des Experimentes war auch hier die empirische Klärung, welcher Graphtyp (Liniendiagramm, Säulendiagramm) in welcher Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) für welche Fragestellung besonders geeignet erscheint. Wie bei den früheren Experimenten steuerte ein Computerprogramm den gesamten Ablauf und bot eine große Vielfalt unterschiedlicher Datenkonstellationen zur Testung an. 46 Studenten stellten sich kostenlos als VPn zur Verfügung. Die Fülle der Ergebnisse bestätigt die Erwartung, daß der Vorteil einer Graphikvariante von der speziellen Fragestellung abhängt. Es ließen sich ganz klare Graphanordnungseffekte, vornehmlich zugunsten von Superposition, mäßige Graphtypunterschiede in beiden Richtungen sowie auch mehrfache Interaktionen zwischen Graphtyp und Graphanordnung statistisch belegen.

Schlagworte: Präsentationsmodi, Diagramme, Säulendiagramm, Liniendiagramm,Charts, graphs, bar chart, line graph, superposition, juxtaposition, visual displays, graphical perception

Abstract:

The perception of particular relations in bar chart and line graph under superposition and juxtaposition

This study is the end of the 1994 by Jacobs started project: "Experimental analysis about the graphic presentation of data in line graph and bar chart under superposition and juxtaposition". The main interest of the study is the perception of aspects that can be qualified as pecularities in a set of data.This includes questions about the largest or smallest value, about the largest difference between two sets of data, about the extreme slope within a panel or about the largest slope difference between several panels within a certain area. Under favourable constellations of data such pecularities hit right in the face but even under more difficult constellations the visual perception makes the search easier and leads to a faster decision as a tabular identification. The aim of the study was the empirical clarification of the matter: Which graphtyp (line graph, bar chart) seems in which graph structure (superposition, juxtaposition) particularly suitable for which question?
Like in the past experiments a computer program controlled the whole course of the experiment and provided a variety of different data constellations for testing. 46 students participated in the experiment free of charge. The quantity of results confirms the expectation that the advantage of a graphic variant depends onthe type of question. It could be verified clear effects of graph structure especially in favor of superposition, mediocre differences of graph types in both directions as well as numerous interactions between graph type and graph structure

Keywords: charts, graphs, bar chart, line graph, visual displays, graphical displays, graphical perception

1.0 Einstieg in das Thema:

Der Einsatz von Graphiken erscheint dann besonders nützlich, wenn die relevanten Beziehungen zwischen den Daten infolge der räumlichen Anordnung der Werte einfacher zu erfassen sind als in einer Tabelle. Dann erst lohnt sich die Erstellung einer graphischen Präsentation im Hinblick auf das Ziel, ein besseres Verständnis, eine schnellere Orientierung oder ein wirksameres Behalten zu ermöglichen.
Eine wesentliche Bedingung für den antizipierten Vorteil einer Graphik gegenüber der Tabelle ist die Komplexität der Fragestellung, die allerdings mehrere Indikatoren (z.B. Anzahl der Rubriken oder Anzahl der Datenreihen, Schwierigkeit des Vergleichs usw.) haben kann (Casali & Gaylin (1988)). In einer Graphik können mehr Daten auf einen Blick gleichzeitig in Augenschein genommen werden und bestimmte Daten lassen sich zu Datengruppen bzw. Dateneigenschaften zusammenfassen, so daß die Wahrnehmung entlastet wird und für anspruchsvolle Vergleiche noch aufnahmefähig erscheint. Am klarsten wird dies bei der Analyse von Verläufen, wo etwa 20 Datenelemente als eine Einheit, z.B. als eine lineare Funktion erkannt werden können und dieser Funktionstyp von einem anderen schnell unterschieden werden kann. In Experiment 3 (Jacobs (1995)) standen globale Vergleiche im Vordergrund, bei denen ganze Datenreihen im Hinblick auf ihre Summe oder Variabilität verglichen werden mußten.

Abschließend sollen nun besondere Relationen analysiert werden, die in irgendeiner Weise interessante Anhaltspunkte oder Auffälligkeiten in einer Graphik markieren. So wird hier nach dem höchsten oder niedrigsten Größenwert gefragt, die einem Datensatz als Extremwerte häufig relevante Orientierungspunkte verleihen und zusammen die Spannweite der Daten ergeben. Bei mehreren Datenreihen ist die Identifizierung der höchsten oder niedrigsten Rubrikensumme verlangt, was eine Abschätzung der Extrempunkte für die Gesamtheit aller Datenreihen erfordert. Innerhalb einer Datenreihe sind steilster Anstieg oder tiefster Abfall markante Entwicklungsabschnitte. Liegen 2 Datenreihen zugrunde, dann gewinnt möglicherweise der größte Unterschied zwischen den Datenreihen besonderes Gewicht. Auch kann der mögliche Schnittpunkt dieser Datenreihen als Umkippen der Größenverhältnisse eine herausragende Bedeutung erhalten. Bei solchen Fragen ist eine tabellarische Beantwortung recht mühsam. Unter günstigen Datenkonstellationen springen derartige Auffälligkeiten in einer Graphik direkt ins Auge, aber auch unter schwierigeren Datenlagen erleichtert die räumliche Wahrnehmung den Suchprozeß erheblich und führt im Falle klar wahrnehmbarer Beziehungen zu einem schnelleren Ergebnis als die tabellarische Identifizierung.

Im Vordergrund der Forschung steht auch hier die Frage nach der günstigsten Wahrnehmung durch graphische Präsentationen und erneut treten Liniendiagramm und Säulendiagramm in Superposition und Juxtaposition gegeneinander an, wobei auch die Graphpositionierung unter Juxtapositionen Variationen unterworfen wird. Möglicherweise sind die hier analysierten Graphikvarianten nicht in jedem Fall die besten Präsentationen für die geforderten Aufgaben. Aber, wie schon zu Beginn des Projekts als Ziel aufgewiesen, geht es insgesamt auch um eine Gesamteinschätzung, wie viele unterschiedliche relevante Fragestellungen eine bestimmte Variante noch befriedigend beantworten läßt.

Probleme der kognitiven Orientierung interessieren hier überhaupt nicht. Die Bedeutung der einzelnen Bestandteile der Graphik (Extrinsische und Intrinsische Identifizierung nach Bertin (1974)) wird als gegeben vorausgesetzt. Entscheidend ist auch nicht, was ein Individuum denkt bzw. welche Vergleiche es selbst anstellt, wenn es spontan mit einer Graphik konfrontiert wird (z.B. Maichle (1994)), sondern wie gut es unter Zuhilfenahme welcher Graphik eine klar explizierte Frage beantworten kann.

Leider finden wir in der pädagogischen Praxis selten den Fall, daß einer genau weiß, was er mit einer Präsentation anfangen soll, weil diese interpretiert werden muß bzw. weil deren Funktion klar sein oder klargemacht worden sein muß. Das wichtigste pädagogische Probleme sehe ich denn auch tatsächlich darin, Graphikdesigner und den Rezipienten dazu zu bewegen, die richtigen Fragen an eine Graphik zu stellen.

Natürlich kann eine Graphik auch zu sinnvollen Fragestellungen anregen und möglicherweise Beziehungen "aufdecken", an die man zuvor möglicherweise überhaupt nicht gedacht hat. Das ist aber nicht primär unser Thema.

2.0 Die speziellen Fragestellungen der Untersuchung im Überblick

Die einzelnen Fragestellungen der Untersuchung werden hier unter bestimmte Ordnungsgesichtspunkte gefaßt und zur Förderung des Überblicks vollständig aufgelistet. Dabei soll zugleich eine möglichst klare Beschreibung der Aufgabenstellung vorgenommen werden. Die Reihenfolge im Experiment entsprach nicht ganz der hier aufgelisteten Reihenfolge, wofür in erster Linie pragmatische Gründe verantwortlich waren.

- **Extreme Größenwerte identifizieren:**
  Finde die Rubrik mit dem höchsten oder niedrigsten Größenwert!
  a) bei einer Datenreihe?
  b) bei zwei Datenreihen?

- **Extreme Steigungen innerhalb von Datenreihen identifizieren**:
  Finde den Kurvenabschnitt mit höchstem Anstieg oder tiefsten Abfall!
  a) innerhalb einer Datenreihe
  b) innerhalb zweier Datenreihen

- **Höchster Steigungsunterschied zwischen Datenreihen identifizieren**
  Welche von mehreren Datenreihen zeigt den höchsten Anstieg in einem bestimmten Bereich?

- **maximaler Unterschied zwischen 2 Datenreihen identifizieren**
  An welcher Stelle unterscheiden sich zwei Datenreihen am stärksten?

- **Schnittpunkt zweier Datenreihen identifizieren**
  Finde den Schnittpunkt zweier Datenreihen!

- **Maximale Rubrikensumme (bzw. -mittelwert) aus 4 Datenreihen identifizieren**
  Finde die Rubrik mit der höchsten Summe aus 4 Datenreihen?

- **Schätzung von Größenverhältnissen:**
  Wieviel % umfaßt der kleinere Datenwert gemessen am größeren Datenwert?

Nach Bertin (1974) könnte man alle bis auf die letzte Fragestellung auf der zweiten oder gar dritten Stufe des Erfassens einstufen, obgleich eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist. **Die Aufgaben sind insofern recht anspruchsvoll, als sie zur Lösung in der Regel die Analyse aller Datenelemente und umfassende lokale und zum Teil auch globale Vergleiche erfordern**. Manche Fragestellungen verlangen eine x-Achse mit Verlaufsinformationen oder zumindest eine geordnete x-Achse, bei manchen Fragestellungen spielt das Skalenniveau der x-Achse keine Rolle.

3.0 Die experimentellen Bedingungen der Untersuchung und der generelle Ablauf der Testserien

3.1 Die unabhängigen Variablen:

Je nach Fragestellung wurden unterschiedliche Variationen vorgenommen, die in den entsprechenden Abschnitten genauer beschrieben werden. In jedem Fall wurde der Graphtyp variiert, bei manchen Fragestellungen lediglich konventionelles Liniendiagramm vs. Säulendiagramm. Sofern auch die Graphanordnung als experimenteller Faktor aufgenommen wurde, lagen in der Regel 2 Datenreihen zugrunde. Unter Superposition waren die Datenreihen rot und blau gekennzeichnet, unter Juxtaposition war die Graphpositionierung der Einzeldiagramme zum Teil horizontal und vertikal, zum Teil aber auch nur vertikal angeordnet. Beim Vergleich Juxtaposition gegen Superposition wurde der Mittelwert aus den beiden Graphpositionierungsvarianten verwendet.

Die Anzahl der Rubriken pro Datenreihe schwankte je nach Fragestellung von 8 bis 24. Gelegentlich wurde eine Graphvariante mit Gitternetz gegen die ohne Gitternetz getestet. Alle getesteten Faktoren sind Meßwiederholungsfaktoren.

3.2 Testserien

Jede oben als Fragestellung explizierte Aufgabenstellung wurde in einer bestimmten Testserie experimentell überprüft. Zu einer Testserie gehört zunächst eine verbale Erklärung, was im nachfolgenden experimentellen Teil verlangt wird. Dann wurden der VP für einzelne Bedingungskonstellationen Beispielseiten aufgezeigt, die eine konkrete Aufgabenstellung mit Graphik enthalten und die richtige Antwort angeben sowie begründen. Danach mußte die VP mindestens 3 verschiedene Aufgabenbeispiele selbst durchführen, bevor das eigentliche Experiment für diese Fragestellung beginnen konnte. Eine Testserie umfaßt alle experimentellen Bedingungen einer Fragestellung. Jede experimentelle Bedingung beinhaltet in der Regel mehrere Aufgaben, die bei der Auswertung zu Gesamtscorces einer VP für diese Bedingung zusammengefaßt werden. Die Reihenfolge aller Aufgaben innerhalb einer Testserie wird für jede VP nach Zufall bestimmt. Mithin sind alle experimentellen Variationen Wiederholungsfaktoren.

3.3 Typischer experimenteller Ablauf.

Der Computer generierte innerhalb einer Testserie eine Anzahl von Aufgaben. Die VP sollte dabei so schnell wie möglich, aber dennoch genau, die jeweilige Frage beantworten. Der gesamte Ablauf wird von der VP selbst kontrolliert:
Sie liest die spezielle Aufgabenstellung ohne Zeitbeschränkung durch, bestimmt durch Tippen auf die Leertaste den Beginn der Graphikpräsentation und beendet durch erneutes Tippen auf die Leertaste die Reizdarbietung. Anschließend beantwortet sie die Aufgabe, hier vornehmlich durch Eingabe einer bestimmten Zahl. Der erste Tastendruck initialisiert die Zeitmessung, der zweite Tastendruck beendet die Zeitmessung.

3.4 Abhängige Variablen

Die Messung der abhängigen Variablen:

a) Zeit bis zur Beantwortung der Frage (Zeit)
b) Prozentsatz der richtigen Antworten (Genauigkeit)

Da für jede experimentelle Variation mehrere Aufgaben zugrunde liegen, werden die Personenmittelwerte als AV verwendet. Entscheidende abhängige Variable ist die Zeit von der Darbietung der Präsentation bis zur Entscheidung der VP, die Frage als beantwortet zu betrachten. Als Genauigkeit wird meistens der Prozentsatz der korrekten Antworten erfaßt und verrechnet.

Beide abhängige Variablen sollen Vergleichbares in dem Sinne messen, daß mit wachsendem Zeitbedarf auch die Ungenauigkeit anwächst. Um diese erwartete Gleichsinnigkeit beider Meßvariablen zu veranschaulichen, wird deshalb bei der graphischen Darstellung der Ergebnisse die Genauigkeit als Prozentsatz der Fehler angegeben. Eine Graphikvariante ist einer anderen nur dann überlegen, wenn Sie schnellere Beantwortung bei mindestens gleicher Genauigkeit unter Beweis stellt.

Bei der Datenauswertung wurden Ausreißer (extrem lange Zeitspannen) auf Itemniveau, ähnlich wie bei Jacobs (1994), aus der Verrechnung entfernt. Auf diese Weise wurden je nach Fragestellung ca. 2 bis 5 % der Daten eliminiert. In die Berechnung der verbliebenen Zeiten gehen alle Zeitwerte, unabhängig von der Korrektheit der Aufgabenlösung, ein. Für die statistischen Analysen werden die Zeiten oftmals logarithmiert (neuer Testwert = ln (alter Testwert)) und die Prozentsätze arcsin-transformiert (neuer Testwert = arsin (alter Testwert)).

3.5 Konstruktion der Daten und der experimentellen Bedingungen

Ähnlich wie bei Jacobs (1995b, Experiment 3) wurden künstliche Daten erzeugt. Diese basieren auf bestimmten Funktionen, die selbst verschiedenen Zufallsprozessen hinsichtlich Steigung und y-Achsenabstand unterliegen. Darüber hinaus wurde jeder Funktionswert noch um eine zufällige Abweichung nach oben oder unten abgeändert. Die so konstruierten Daten folgen keinen idealen Verläufen, hinterlassen aber auch kein vollständiges Chaos, sondern sollten empirisch durchaus mögliche Ergebnisse mit bestimmten strukturellen Eigenschaften suggerieren.
Die Konstruktion der experimentellen Bedingungen entspricht im Prinzip dem in den früheren Experimenten durchgeführten Verfahren. (siehe z.B. Jacobs (1995a,b)) Im Gegensatz zu üblichen Gruppenexperimenten erhielten die VPn für identische experimentelle Bedingungen nicht dasselbe Reizmaterial bzgl. der Daten in den Graphiken. Für die einzelnen experimentellen Bedingungen wurden parallele Aufgaben entwickelt. Die Konstruktion von parallelen Aufgaben bezieht sich jeweils nur auf eine VP, so daß innerhalb einer VP Vergleichbarkeit der experimentellen Bedingungen durch parallele Aufgaben gewährleistet wurde. VP 2 bearbeitete aber teilweise strukturell andere Datenkonstellationen als VP 1 bei derselben experimentellen Bedingung (z.B. andere Funktionstypen). Auf diese Weise sollte die externe Validität deutlich gesteigert werden, weil im Gesamtexperiment so sehr viele variable Datenkonstellationen getestet werden konnten.

Alle Fragestellungen dieser Untersuchung erfordern bestimmte Schätzleistungen, die aus experimentellen Gründen in gewisser Weise standardisiert wurden. So wurde etwa festgelegt, daß der höchste Größenwert 1/25 der Ordinatenlänge größer sein mußte als der zweithöchste Größenwert.
Um Unterschiede zwischen den einzelnen Graphikvarianten nachweisen zu können, durften die Aufgaben nicht zu trivial ausfallen, mußten aber dennoch eindeutig lösbar sein. Die kritischen Unterschiede wurden durch Selbstversuche zu ermitteln versucht.

Dieses Konstruktionsprinzip ist bei der Interpretation der Befunde zu berücksichtigen. Die Ergebnisse lassen sich nicht bedenkenlos generalisieren.

4.0 Versuchspersonen und Versuchsdurchführung

Für die Untersuchung stellten sich 46 Student(in)en kostenfrei zur Verfügung. Bei den Student(in)en handelt es sich vorwiegend um Erstsemester, die gerade mit ihrem Studium begonnen hatten. Die meisten davon waren Student(in)en der Erziehungswissenschaft, die im WS 1994/1995 ein Seminar in Statistik 1 belegten. Die restlichen VPn stammten aus dem aus dem Seminar "Quantitative Methoden 1 des Fachbereichs Psychologie. Alle Probanden absolvierten das Experiment im CIP-Raum der Philosophischen Fakultät in Gruppen von 3 bis 9, jeder für sich an einem eigenen Computer.

Vor der eigentlichen Untersuchung hatten die VPn ein kleines Informationsprogramm durchzuarbeiten. Dadurch sollte sichergestellt werden, daß die VPn Säulen- und Liniendiagramme in Superposition und Juxtaposition verstehen und interpretieren sowie den Versuchsinstruktionen hinreichend folgen können. Der gesamte Versuchsablauf wurde vom Computerprogramm übernommen. Die VPn mußten dabei vor jeder experimentellen Testserie jeweils Beispielaufgaben durchführen und erhielten die Instruktion, erst dann mit dem Versuch zu beginnen, wenn die Aufgabenstellung ganz klar war.

Für jede Testserie wurde die Darbietungsreihenfolge der Graphiken jeweils nach Zufall bestimmt. Zu jeder experimentellen Bedingung wurden mehrere Graphen getestet, die bei der Auswertung zu Testwerten zusammengefaßt wurden.
Aufgabe der VP war es jeweils, die spezielle Frage so schnell wie möglich, aber dennoch korrekt zu beantworten. Der gesamte Ablauf wird von der VP selbst kontrolliert: Sie liest jeweils die spezielle Fragestellung durch, bestimmt durch Tastendruck (Leertaste) den Beginn der Graphikpräsentation und beendet durch erneuten Tastendruck (Leertaste) die Reizdarbietung. Anschließend gibt sie die Antwort meistens durch Eingabe einer Zahl ein. Die gesamte Untersuchung dauerte je nach Arbeitsgeschwindigkeit der VP ca. .1,5 bis 2 Stunden.

5.0 Die speziellen Fragestellungen

5.1.0 Identifiziere die Rubrik mit dem extremen Größenwert!

Die visuelle Wahrnehmung ermöglicht eine rasche Orientierung an Positionen im Raum. Infolge dessen sind graphische Präsentationen, welche die Daten visuell an Positionen einer gemeinsamen Skala anordnen (position among a common scale nach Cleveland (1985)) auch besonders geeignet, die Größenunterschiede zwischen den Daten aufzudecken, extreme Größenwerte zu identifizieren oder die Daten in eine Rangfolge ihrer Größenausprägungen zu bringen. In einer früheren Untersuchung (Jacobs 1990 bzw. 1994 pp.) konnte eindrucksvoll nachgewiesen werden, daß bzgl. des Erkennens der Relation größer/kleiner die graphische Präsentation (Säulendiagramm) der Tabelle in mehrfachen Versuchen konsistent überlegen war. Im Säulendiagramm wurden sowohl die Identifikation der Extremwerte als auch eine Rangfolgeherstellung der Daten genauer und schneller vollzogen als in der Tabelle. Der Zeitvorteil des Säulendiagramms wuchs mit steigender Komplexität und den gefundenen Präsentationsunterschieden kann zumindest bei mehreren Daten eine praktische Bedeutsamkeit kaum abgesprochen werden. Es lohnt sich demnach für derartige Fragestellungen Graphiken einzusetzen.

Sowohl das Säulendiagramm als auch das Liniendiagramm nutzen im Sinne von Bertin (1974) die Ebene im Raum zur visuellen Darstellung der Daten. Diese visuelle Variable besitzt nach Bertin (1974) als einzige visuelle Variable die Eigenschaft der Quantifizierung und erreicht somit das höchste Genauigkeitsniveau. Desgleichen deuten die Experimente zu den elementaren graphischen Wahrnehmungsaufgaben von Cleveland darauf hin, daß diese graphische Anordnung die sonstigen visuellen Variablen wie z.B. Winkel, Längen, Flächen usw. an Genauigkeit übertrifft. Wenn hier somit Liniendiagramm gegen Säulendiagramm getestet wird, so treten hier zwei ernst zu nehmende Konkurrenten gegeneinander an. Sehr große Unterschiede sind sicher nicht zu erwarten.

5.1.1 Aufgabenstellung und Versuchsablauf:

Zur Überprüfung der Fragestellung wurden 2 etwas unterschiedliche Aufgabenstellungen entwickelt, die nacheinander im Form von Testserien geprüft wurden:

1. Zunächst wurde nur konventionelles Säulendiagramm und Liniendiagramm getestet. Aufgabe der VP war es, je nach Anweisung den höchsten oder niedrigsten Größenwert in einer 24 Rubriken umfassenden Datenreihe zu identifizieren.

2. Danach wurden 2, jeweils aus 12 Rubriken bestehende Datenreihen zugrunde gelegt, um neben Graphtypunterschieden auch die Unterschiede in der Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) testen zu können. Auch hier war der höchste bzw. niedrigste Größenwert aus der gesamten Präsentation zu identifizieren. Man mußte also von der Zugehörigkeit des Datenelementes zu einer bestimmten Datenreihe abstrahieren und sich nur auf den extremen Wert konzentrieren (extremer Niederschlag in der Gesamtpräsentation).

Der Ablauf des Experimentes entsprach dem üblichen Vorgehen: Die VP aktivierte durch einen Tastendruck die Präsentation auf den Bildschirm, der zweite Tastendruck brachte die Präsentation zum Verschwinden. Anschließend wurde die VP aufgefordert, die korrekte Rubrikennummer des extremen Wertes einzutippen.

Der Unterschied zwischen dem extremen Größenwert und dem Größenwert, der dem extremen Größenwert am nächsten kommt, betrug stets 1/25 der Ordinatenhöhe. Ursprünglich war geplant, die Unterschiedlichkeit entsprechend dem Weber-Gesetz nach Prozentsätzen (ca. 5% bis 10 %) festzulegen. Selbstversuche deckten jedoch für sehr kleine, weit auseinander liegende Größenwerte erhebliche Differenzierungsschwierigkeiten auf. Es sollte hier aber einen klar erkennbaren extremen Wert geben, der die Wahrnehmung nicht über Gebühr strapaziert und in absehbarer Zeit auch verifiziert werden kann. Wie üblich wurden die Reizvorgaben innerhalb einer Testserie nach Zufall angeordnet.

5.1.2 Hypothesen zum Einfluß des Graphiktyps:

Vor der Durchführung des Experimentes lagen dezidierte Hypothesen zur Aufgabenstellung 1 vor, welche letztlich den Versuchsaufbau für diese Fragestellung entsprechend bestimmten:

Die Erwartung geht davon aus, daß der extreme Größenwert bei beiden Graphiktypen nahezu gleich schnell entdeckt wird, die Zuordnung dieses extremen Größenwertes zur dazugehörigen Rubrik jedoch im Säulendiagramm schneller vollzogen werden kann. D.h. man sieht den extremen Wert als kleinen Kreis bzw. als Säulenende gleich schnell, kann dann aber im Säulendiagramm den Meßzeitpunkt eher bestimmen, weil das untere Säulenende direkt zur Rubrikenbezeichnung führt, während diese Führung zur Rubrikenbezeichnung im Liniendiagramm selbst durch Aktivierung virtueller Lotlinien vorgenommen werden muß, was in jedem Fall aufwendiger ist.
Der Vorteil für das Säulendiagramm hängt davon ab, wie schwierig die Zuordnung vom (extremen) Kreis zur Rubrikenbezeichnung ist. Die entsprechende Zuordnung ist bei der Identifizierung des maximalen Wertes größer als bei der Identifizierung des minimalen Wertes, weil der Abstand zur Rubrikenbezeichnung beim minimalen Wert recht klein ist. Wird nun der Graphik ein Gitternetz unterlegt, so übernehmen die vertikalen Linien des Gitternetzes die Zuordnung zur Rubrikenbezeichnung und führen das Auge ähnlich wie die Säule. Deshalb müßte die Identifizierung des maximalen Wertes im Liniendiagramm durch ein Gitternetz verbessert werden, während das Gitternetz im Säulendiagramm überhaupt keinen Effekt hat, weil die Säule hinreichend zur Rubrikenbezeichnung führt. Natürlich erhöht ein Gitternetz, wie Jacobs (1989) nachgewiesen hat, die Genauigkeit der Größenschätzung infolge der hori-

zontalen Linien, die Anforderungen waren hier aber so gestellt worden, daß zur Entscheidung "Welcher Wert ist der extreme ?" kein Gitternetz notwendig war.

5.1.3 Versuchsaufbau

5.1.3.1 Versuchsaufbau bei einer Datenreihe:

Um die Hypothesen zu überprüfen wurden insgesamt 8 Präsentationen für Liniendiagramm und 8 Präsentationen für Säulendiagramm vorgegeben, deren genaue Spezifikationen in einem 3 faktoriellen Versuchsplan mit den Faktoren Graphtyp (Säulendiagramm Liniendiagramm) Gitternetz (mit, ohne) und Suchrichtung (minimaler Wert, maximaler Wert) in Tabelle 1 dargelegt ist

Tabelle 1: Versuchsaufbau zur Prüfung der Hypothesen bei einer Datenreihe

	Säulendiagramm		Liniendiagramm	
	mit Gitternetz	ohne Gitternetz	mit Gitternetz	ohne Gitternetz
maximaler Wert ?	2	2	2	2
minimaler Wert ?	2	2	2	2

2 bedeutet: Jede experimentelle Bedingung umfaßte 2 Aufgaben.

5.1.3.2 Versuchsaufbau bei zwei Datenreihen:

Der Versuchsaufbau kann als 3 faktorieller Versuchsplan gedeutet werden mit den Faktoren Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm), Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) und Suchrichtung (minimaler Wert, maximaler Wert). Jede Graphikvariante (z.B. Supersäule) umfaßte insgesamt 4 Aufgaben, zwei zur Identifizierung des minimalen und 2 zur Identifizierung des maximalen Wertes. Innerhalb von Juxtaposition wurde noch die Positionierung der Graphiken variiert. Die Graphiken waren entweder nebeneinander oder untereinander angeordnet.

5.1.4.1 Ergebnisse bei einer Datenreihe:

Die Fragestellung war offensichtlich nicht sehr schwer, da insgesamt sehr wenige Fehler gemacht wurden und relativ schnelle Beantwortungszeiten erzielt wurden. Beide Graphiktypen erzielten sehr vergleichbare Genauigkeiten (Prozentsatz der korrekten Lösungen: Säulendiagramm 97%, Liniendiagramm 96%). Eine augenscheinliche Inspektion der Prozentsätze für die einzelnen Bedingungen ergab keine bedeutsamen systematischen Unterschiede, da alle Prozentsätze über >=93% lagen.

Entscheidend für die Prüfung der Hypothesen sind daher vornehmlich die Zeiten für die einzelnen Bedingungen, da diese den Aufwand für die Aufgabenlösung widerspiegeln. Tabelle 2 zeigt das Ergebnis der Varianzanalyse. Die Abbildungen verdeutlichen die aus unserer Sicht relevanten Beziehungen.

Tabelle 2: Dreifaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf allen Faktoren für die Fragestellung: **Identifiziere den extremen Größenwert bei einer Datenreihe mit 24 Rubriken!**

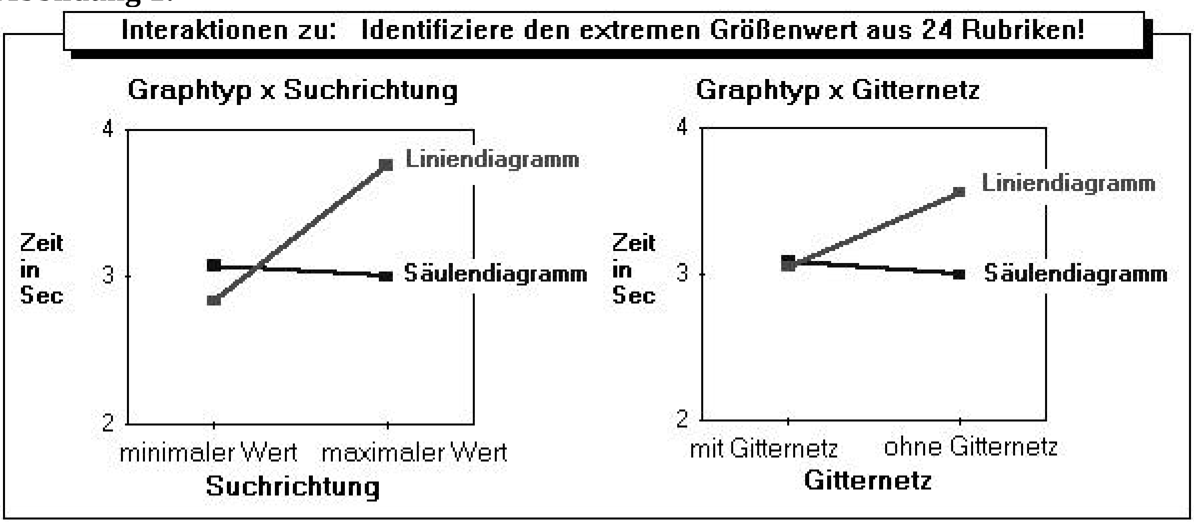
UV:	**Graphtyp**	(Liniendiagramm, Säulendiagramm)
	Gitternetz	(Ja, Nein)
	Suchrichtung	(maximaler Wert, minimaler Wert)

AV: **Zeit** (logarithmierte Werte; Testwert = ln(Zeit)) für

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	0,44	1,45	6,10	,017	p>.01	(ns)
B	Gitternetz	0,34	1,45	4,46	,04	p>.01	(ns)
C	Suchrichtung	1,35	1,45	17,30	,000	p<.01	(s)
A x B	Graphtyp x Gitter	0,74	1,45	14,15	,000	p<.01	(B)
A x C	Graphtyp x Suchr.	1,95	1,45	40,88	,000	p<.01	(B)
B x C	Gitter x Suchr.	0,00	1,45	,02	,898	p>.01	(ns)
A x B x C		0,17	1,45	3,39	,072	p>.01	(NB)

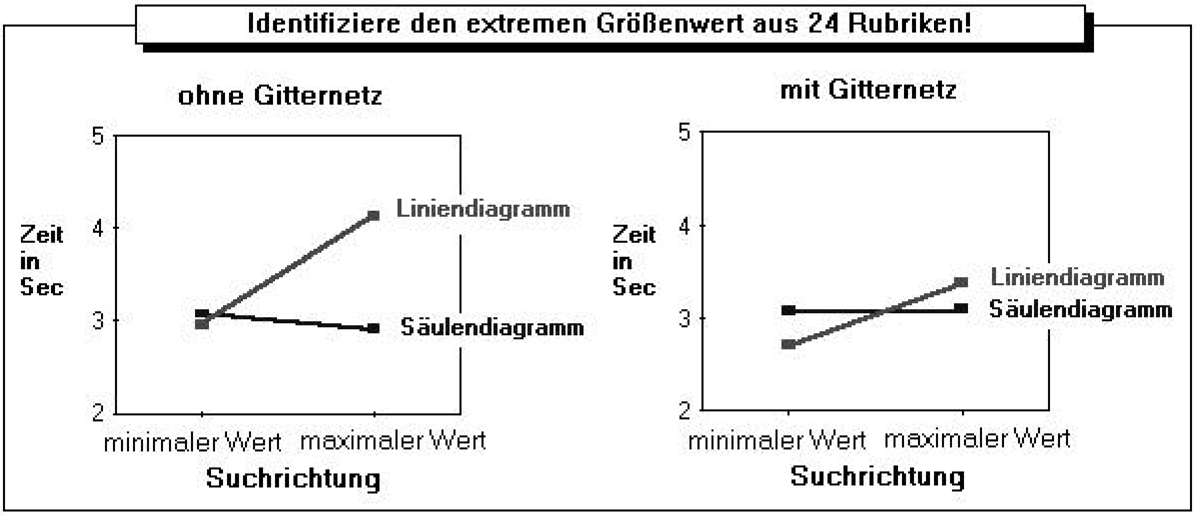
ns = nicht signifikant, (keine Hypothese aufgestellt)
s= signifikant, keine Hypothese aufgestellt.
(B) = Hypothese ist bestätigt worden.
(NB)= Hypothese ist nicht bestätigt worden.

Abbildung 1:



Die in der Abbildung 1 veranschaulichten Interaktionen zwischen Graphtyp und Suchrichtung sowie zwischen Graphtyp und Gitternetz konnten, wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, jeweils signifikant klar bestätigt werden. Sie stützen die Hypothesen in idealtypischer Form. Die Identifikation des maximalen Wertes bereitet im Liniendiagramm mehr Schwierigkeiten als die Identifikation des minimalen Wertes, während ein derartiger Unterschied im Säulendiagramm nicht auszumachen ist. Das Gitternetz verbessert die Zeiten im Liniendiagramm, im Säulendiagramm spielt das Gitternetz hingegen überhaupt keine Rolle.

Abbildung 2:



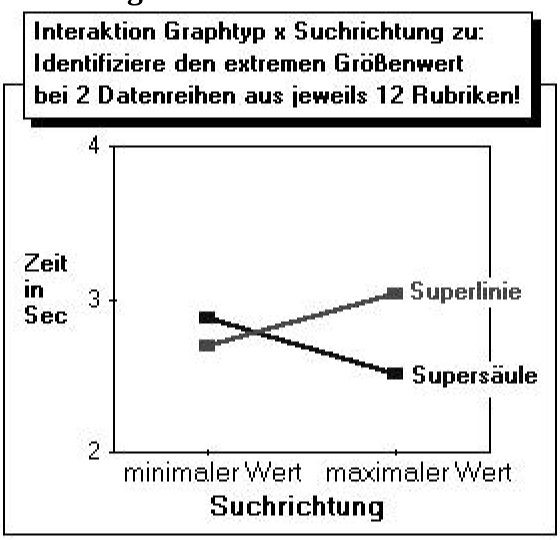
Die Abbildung 2 entspricht weitgehend den Erwartungen, auch wenn die Interaktion zwischen Graphtyp, Gitternetz und Suchrichtung statistisch nicht abgesichert werden konnte. Man sieht hier eindeutig, daß das Gitternetz nur dem Liniendiagramm und nicht dem Säulendiagramm Vorteile bietet, hätte idealtypischer Weise aber einen noch größeren Vorteil bei der Identifizierung des maximalen Wertes im Liniendiagramm erwartet.

5.1.4.2 Ergebnisse bei zwei 2 Datenreihen:

Ähnlich wie bei einer Datenreihe sind sehr hohe Genauigkeiten erzielt worden. Der Prozentsatz der korrekten Antworten schwankt für die 4 Graphikvarianten in einem Bereich von 96 bis 98, so daß hinsichtlich der Genauigkeiten keine signifikanten Unterschiede festzustellen sind.

In einer ersten Prüfung sollte geklärt werden, ob sich die bei einer Datenreihe gefundene Interaktion zwischen Graphtyp und Suchrichtung (nur für Superposition) hier replizieren läßt. Dazu wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Graphvariante (Supersäule, Superlinie) und Suchrichtung (minimaler Wert, maximaler Wert) mit den logarithmierten Zeiten berechnet. Die Interaktion zwischen Graphvariante und Suchrichtung ist hoch signifikant ($F(1,45)=20{,}15$; $p=000$; $p<.01$; (B). Alle übrigen Faktoren haben keinen signifikanten Effekt.

Abbildung 3:



Wie die Abbildung 3 zeigt, ist auch hier die schnellere Identifizierung von Supersäule gegenüber Superlinie bei der Identifikation des maximalen Größenwertes ganz eindeutig und nach zusätzlich durchgeführtem t-Test (t(45)=4,48) auch auf dem Promilleniveau signifikant. Beim minimalen Wert gibt es hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Graphikvarianten (t(45)=-1,5). Die Zuordnung des maximalen Größenwertes zur Rubrik ist hier beim Liniendiagramm insofern zusätzlich noch erschwert, weil dabei die Linie der zweiten Datenreihe stört, während eine solche Störung beim Säulendiagramm nicht vorkommt.

Um die einzelnen Graphikvarianten gegeneinander zu testen wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm) und Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) mit den logarithmierten Testwerten durchgeführt. Für die Bedingung Juxtaposition wurden horizontale und vertikale Positionierung zusammengefaßt. Von allen möglichen Faktoren erzielte lediglich der Haupteffekt Graphanordnung einen signifikanten Effekt (F(1,45)=50,64; p=.000; p<.01), der, wie aus der Tabelle 3 hervorgeht, eindeutig für Superposition spricht.

Tabelle 3: Mittelwerte und (Standardabweichungen) für die **Zeit** in Sekunden; N=46;

		Graphtyp	
		Säule	Linie
Graph-	Super	**2.7**	**2.9**
		(1.3)	(1.4)
anordnung :	Juxta	**3.2**	**3.5**
		(1.4)	(1.9)

5.1.5 Unterschiede in der Graphpositionierung unter Juxtaposition:

Liegen die Einzelgraphiken unter Juxtaposition nebeneinander, so können alle Datenelemente quasi auf einer Skala miteinander verglichen werden, und es sind lediglich horizontale Vergleiche notwendig. Dagegen müssen bei vertikaler Positionierung horizontale und vertikale Vergleiche durchgeführt werden, was insgesamt vermutlich schwieriger ist (identical, but nonaligment scale nach Cleveland (1985)). Durch eine zweifaktorielle VA mit den Faktoren Graphvariante (Juxtasäule, Juxtalinie) und Graphpositionierung (horizontal, vertikal) mit den logarithmierten Zeiten sollte diese Frage überprüft werden.

Tabelle 4: Unterschiede in der Graphpositionierung:

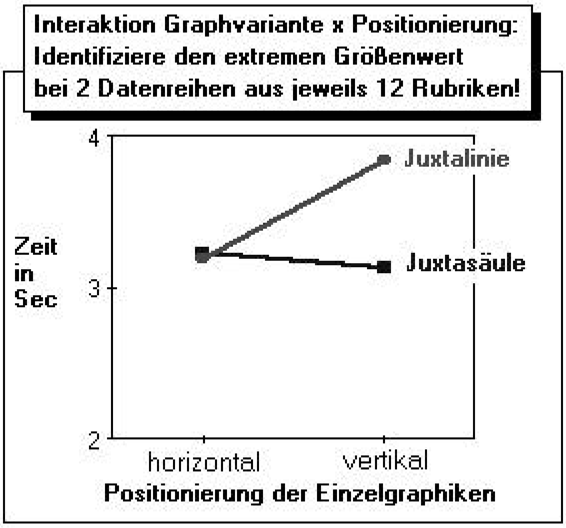
UV: **Graphvariante** (Juxtalinie, Juxtasäule)
Graphpositionierung (horizontal, vertikal)

AV: **Zeit** (logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit)) für
Identifiziere den extremen Größenwert aus 2 Diagrammen mit je 12 Rubriken

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	0,21	1,45	2,12	,152	p>.01	(ns)
B	Graphpositionierung	0,45	1,45	6,85	,012	p>.01	(NB)
A x B		0,44	1,45	7,89	,007	p<.01	(s)

Abbildung 4 zeigt die entsprechende Graphik:

Abbildung 4:



Die in der Abbildung 4 klar erkennbare Wechselwirkung besagt, daß die vertikale Positionierung nur bei Juxtalinie mehr Zeit erfordert.

Im Sinne der explizierten Hypothesen hätten man vermuten müssen, daß sich auch innerhalb von Juxtaposition die bereits zweimal nachgewiesene Interaktion zwischen Graphtyp und Suchrichtung bestätigen ließe. Die Daten liegen in erwarteter Richtung. So erzielen beim Identifizieren des maximalen Wertes die beiden Graphvarianten folgende Zeitwerte:

Juxtasäule	3,2	(1,5)
Juxtalinie	3,8	(2,0)

Allerdings sind die Unterschiede zu gering, um die Signifikanzhürde von 1 % zu nehmen. Die Wechselwirkung zwischen Graphtyp und Suchrichtung ergab einen p-Wert von .057 (ns) und ein t-Test zwischen beiden Graphiktypen für den maximalen Suchwert erbrachte einen p-Wert von .015 (ns).

5.1.6 Schlußfolgerungen:

Wenn in einer recht extremen Graphik mit einer 24 Rubriken umfassenden Datenreihe kein klarer Haupteffekt für den Graphiktyp festgestellt werden kann und ein weiterer Versuch mit jeweils 2 Datenreihen und 12 Rubriken ebenfalls den signifikanten Nachweis eines Haupteffektes "Graphtyp" vermissen läßt, dann muß man zu der Schlußfolgerung kommen, daß unter üblichen Praxisbedingungen zur Identifikation eines extremen Größenwertes Liniendiagramm und Säulendiagramm in der Regel vergleichbar gut geeignet sind. Zugleich deuten die Ergebnisse aber darauf hin, daß bestimmte Konstellationen im Liniendiagramm diesen Vergleich erschweren können, was sich bei ungünstigen Konstruktionsbedingungen (z.B. noch mehr Rubriken, relativ kleine x-Achse, viele Größenwerte am Limit der Ordinate) auch negativ bemerkbar machen kann. Die Interaktion zwischen Graphtyp und Suchrichtung konnte mehrfach klar bestätigt werden und lag immer in der erwarteten Richtung. Maximale Werte sind im Liniendiagramm schwieriger zu identifizieren als im Säulendiagramm. Je schwieriger die Zuordnung von Größenwert zur Rubrik wird, um so mehr wächst der Vorteil des Säulendiagramms. Andererseits kann man die Effizienz des Liniendiagramms verbessern, zum Beispiel durch eine zweite Rubrikenachse

oder ein Gitternetz. Hier wurde klar demonstriert, daß ein Gitternetz die Zuordnung beim Liniendiagramm nachweislich verbessert.
Bei mehreren Datenreihen ist Superposition Juxtaposition überlegen. Der Vorteil von Superposition ist höchstwahrscheinlich auf die engere räumliche Nähe der zu vergleichenden Datenelemente zurückzuführen. Im juxtapositionierten Liniendiagramm empfiehlt sich eine horizontale Graphpositionierung der Einzelgraphiken.

5.2.0 Welcher Kurvenabschnitt bzw. welches Kurvensegment zeigt die extreme Steigung?

Fragen nach dem steilsten Anstieg oder dem tiefsten Abfall beziehen sich auf Auffälligkeiten in einer Graphik und erfordern die Analyse der Gesamtheit aller Datenelemente einer Datenreihe. Derartige Fragestellungen sind vornehmlich bei Verlaufsinformationen sinnvoll. Praktisch finden sie Verwendung, wenn etwa in einem 10 Jahresbericht der Zeitabschnitt der stärksten jährlichen Zunahme der Aidsinfizierten interessiert oder der entscheidende Konjukureinbruch in einem Kunjunkturzyklus identifiziert werden soll. Verlaufsinformationen sind jedoch nicht notwendig. Lassen sich beispielsweise die Rubriken der x-Achse nach einem sinnvollen Kriterium ordnen, so können Fragen nach den markantesten Veränderungen (nach oben oder unten) recht aufschlußreich sein. Nach der Klassifikation von Maichle (1994) müßte man den hier geforderten Vergleich klassifizieren als: "Comparison between trends: qualitative/longitudinal".

Der steilste Anstieg im Liniendiagramm entspricht im Säulendiagramm dem maximalen Unterschied eines Datenelementes von seinem Vorgängerelement. Entscheidend ist demnach nicht der Steigungswinkel, sondern der Tangens des Winkels, eben die Steigung eines Segmentes. Cleveland (1985) macht darauf aufmerksam, daß bei Winkeln nahe Null oder nahe 90 Grad Winkelunterschiede und entsprechende Unterschiede im Tangens der Winkel weit auseinander klaffen können und Wahrnehmungsprobleme bzw. Fehler auftreten, wenn Steigung mit Winkel verwechselt wird. Derartig extreme Winkel sind jedoch hier sehr unwahrscheinlich.

Man kann den Unterschied in der Wahrnehmung beider Graphiktypen wie folgt skizzieren: Im Liniendiagramm werden direkt Steigungen als sichtbare Kurvenabschnitte, im Säulendiagramm aufeinanderfolgende Säulenunterschiede miteinander verglichen. Wir reden hier nur der sprachlichen Einfachheit halber von Steigungen, obwohl man statt von Steigung stets auch vom größten Unterschied eines Datenelementes vom Vorgängerdatenelement reden könnte.
Wie die Ergebnisse von Cleveland (1985, S.185) zeigen, sind Steigungsunterschiede bzw. Winkelunterschiede nicht so genau wahrzunehmen wie etwa Positions- oder Längenunterschiede. Sofern das Auge die Differenzen nebeneinander liegender Säulen direkt als Längen wahrnehmen kann, so müßten die Aufgaben (nach Cleveland) im Säulendiagramm besser als im Liniendiagramm lösbar sein. Da diese "Längen" aber nicht definitiv in der Graphik vorliegen, sondern möglicherweise erst mental konstruiert werden müssen und infolgedessen vermutlich ungenauer ausfallen, ist die Voraussetzung gewagt und die Hypothese hier nicht eindeutig spezifizierbar. Der Vorteil im Liniendiagramm liegt darin, die zu vergleichenden Elemente direkt wahrzunehmen. Man hat mehrere Möglichkeiten, den Vergleich anzustellen (Tangens, Winkel, Abschnittslänge).

Die Prüfung läuft auf ein Entscheidungsexperiment elementarer graphischer Wahrnehmungsaufgaben hinaus: **Was ist einfacher ? Steigungslinien oder aufeinanderfolgende Säulendifferenzen untereinander zu vergleichen.**

5.2.1.0 Experimenteller Aufbau:

Es sollte bei aller Variation der unterschiedlichen Datenkonstellationen ein eindeutiges und für alle Aufgaben vergleichbares Kriterium der extremen Steigung eines Kurvensegment geben. Deshalb wurde festgelegt, daß die extreme Steigung eines Kurvensegments 20 Prozent extremer ausfallen sollte als die der extremen Steigung irgendeines anderen Kurvensegmentes am nächsten kommende Steigung.
Für den steilsten Anstieg bedeutete dies:
Wenn gilt:
Firstmax = höchste Steigung eines Kurvensegments
Secondmax = zweithöchste Steigung eines Kurvensegments, dann folgt:

tan α von Firstmax = tan α von Secondmax + (tanα von Secondmax*.2)

5.2.2 Versuchsaufbau bei einer Datenreihe

Die erste Testserie bezog sich auf Steigungsvergleiche bei einer aus 16 Rubriken bestehenden Datenreihe. Aufgabe der VP war es, den Meßzeitpunkt des Kurvensegmentes zu identifizieren, der entweder den Anfang des steilsten Anstiegs oder den Beginn des tiefsten Abfalls markierte "Bei welchem Meßzeitpunkt beginnt der steilste Anstieg?". Als Graphiktypen dienten Säulendiagramm und Liniendiagramm. Jeder Graphiktyp umfaßte 8 Präsentationen. Bei der Hälfte der Aufgaben wurde nach dem steilsten Anstieg, bei der anderen Hälfte nach dem tiefsten Abfall gefragt. Die Präsentationen wurden zur Hälfte mit und ohne Gitternetz dargeboten. Der ganze Versuchsaufbau kann als 2x2x2 faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren Graphiktypen, Gitternetz und Suchrichtung gedeutet werden.

5.2.2 Versuchsaufbau bei zwei Datenreihen

Die zweite Testserie umfaßte 2, jeweils 12 Rubriken umfassende, Datenreihen und hier war analog der obigen Testserie der steilste Anstieg oder der tiefste Abfall zu entdecken. Dabei gelten alle Kurvensegmente der Gesamtpräsentation als die Elemente, aus denen die extreme Veränderung zu identifizieren war. Der Versuchsaufbau kann als 2*2 faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren Graphtyp (Liniendiagramm, Säulendiagramm) und Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) gedeutet werden. Die Zellen unter Superposition beinhalten 2 Aufgaben, die Zellen unter Juxtaposition 4 Aufgaben, da innerhalb von Juxtaposition noch die Graphpositionierung der Einzeldiagramme variiert wurde.

5.2.3.0 Ergebnisse
5.2.3.1 Ergebnisse bei einer Datenreihe

Die durchweg hohen und sehr vergleichbaren Genauigkeiten beider Graphiktypen lassen erfolgreiche Differenzierungen nach den sonstigen Faktoren nicht zu:

Tabelle 5: **Mittelwerte** und Standardabweichungen zur Fragestellung: Finde die extreme Steigung eines Kurvensegments bei einer Datenreihe!

	richtig in %		Zeit in Sec	
	M	s	**M**	s
Säulendiagramm:	**94**	10.5	**5.7**	2.6
Liniendiagramm:	**94**	10.8	**5.2**	1.9
			p = .008	

p bezieht sich auf einen t-test für abhängige Stichproben mit 46 Vpn

Die dreifaktorielle VA mit den Faktoren Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm), Gitter (ja, nein) und Suchrichtung (steilster Anstieg, tiefster Abfall) mit den logarithmierten Zeiten ergab lediglich einen signifikanten Haupteffekt Graphtyp ($F(1,45)=7{,}16$; $p= {,}010$;$p<.01$), der, wie aus der Tabelle 5 hervorgeht, zu Gunsten des Liniendiagramms geht. Zugleich erkennt man unter Zuhilfenahme der Streuungen, daß der statistisch nachgewiesene Zeitunterschied nur eine geringe praktische Bedeutsamkeit hat.

5.2.3.2 Ergebnisse bei zwei Datenreihen

Wie die Tabelle 7 und Abbildung 5 aufzeigen, erzielen alle Graphvarianten außer Supersäule recht vergleichbare und hohe Genauigkeitswerte. Eine Testung auf Mittelwertsunterschiede ergab, daß Supersäule gegenüber jeder anderen Graphvariante einen signifikant geringeren Prozentsatz korrekter Antworten aufweist.
Die Ergebnisse zur Zeit deuten in die gleiche Richtung. Die Varianzanalyse mit den Faktoren Graphtyp und Graphanordnung (Tabelle 6) ergab hochsignifikante Ergebnisse für alle Faktoren. Wie die Abbildung 5 aufzeigt, geht der Hauptteil der Varianz auf den hohen Zeitanteil von Supersäule zurück.

Tabelle 6: Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf allen Faktoren zur Fragestellung **Identifiziere den extremsten Abschnitt aus 2 Datenreihen mit je 12 Rubriken!**:

UV: **Graphtyp** (Liniendiagramm, Säulendiagramm)
Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)

AV: **Zeit** (logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit))

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	7,67	1,44	93,29	,000	p<.01	(s)
B	Graphanordnung	6,43	1,44	128,07	,000	p<.01	(s)
A x B		2,89	1,44	45,41	,000	p<.01	(s)

Abbildung 5:

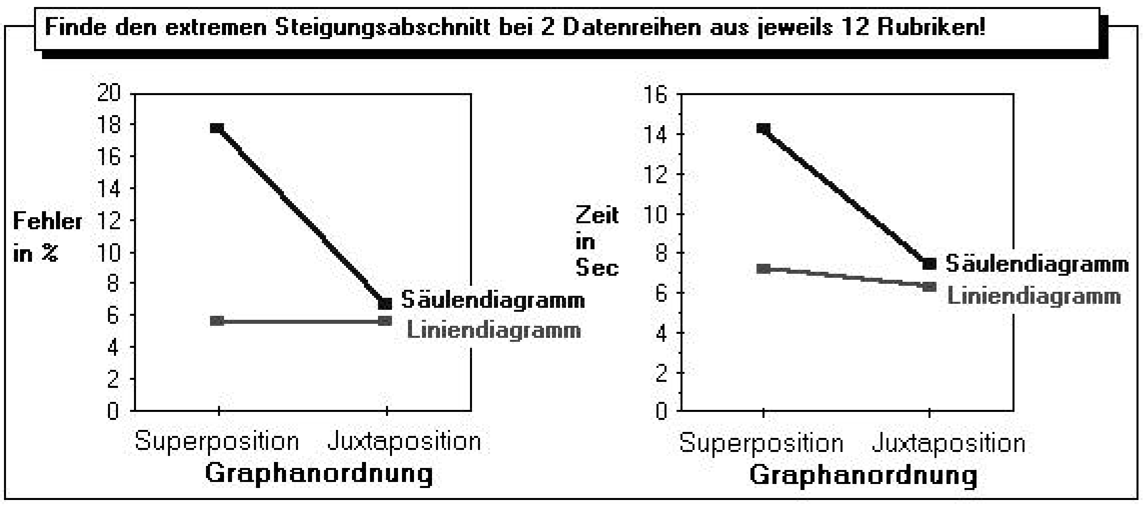


Tabelle 7: **Mittelwerte** und Standardabweichungen zur Fragestellung: **Finde die extreme Steigung eines Kurvensegments bei 2 Datenreihen!**

	richtig in %		Zeit in Sec.	
	M	s	**M**	s
Supersäule	**82**	28.5	**14.2**	6.3
Juxtasäule	**93**	12.4	**7.4**	3.1
Superlinie	**94**	15.9	**7.2**	3.2
Juxtalinie	**94**	15.0	**6.2**	2.3

Ausgewählte Genauigkeitsunterschiede mit Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

Supersäule vs. Juxtasäule	Z = -2,35;	P = ,0187
Supersäule vs. Superlinie	Z = -2,11;	P = ,0352
Supersäule vs. Juxtalinie	Z = -2,37;	P = ,0178

Ausgewählte Zeitunterschiede mit t-Test

Juxtalinie vs. Juxtasäule	t(44)= 3,08;	P = ,004
Juxtalinie vs. Superlinie	t(44)= 2,58;	P = ,013
Superlinie vs. Juxtasäule	t(44)= 0,62;	P = ,538

5.2.4 Der Einfluß der Graphpositionierung unter Juxtaposition

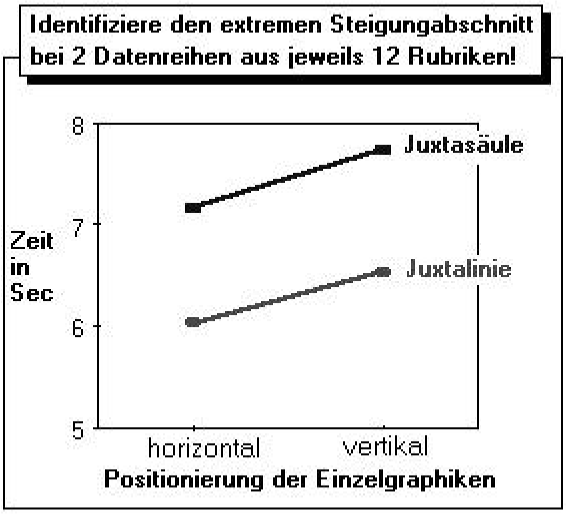
Eine weitere Varianzanalyse mit den Faktoren Graphvariante und Diagrammpositionierung sollte klären, ob für Steigungsvergleiche eine vertikale oder horizontale Positionierung günstiger ist. Die Ergebnisse der VA in Tabelle 8 bestätigen jedoch lediglich den Graphtypunterschied. Aus der Abbildung 6 ist abzulesen, daß die Fragestellung mit Hilfe von Juxtalinie unter beiden Diagrammpositionierungen ca. eine Sekunde schneller zu beantworten ist als im juxtapositionierten Säulendiagramm.

Tabelle 8: Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf allen Faktoren zur Fragestellung: **Identifiziere den extremen Anstieg aus 2 Diagrammen mit je 12 Rubriken!**

UV:	**Graphvariante**	(Juxtalinie, Juxtasäule
	Graphpositionierung	(horizontal, vertikal)
AV:	**Zeit**	(logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit))

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	1,08	1,44	8,53	,005	p<.01	(s)
B	Graphpositionierung	0,15	1,44	1,57	,216	p>.01	(ns)
A x B		0,01	1,44	0,13	,719	p>.01	(ns)

Abbildung 6



5.2.5 Schlußfolgerungen

Die Analyse hat eindeutig ergeben, daß Steigungsvergleiche von Kurvensegmenten im Liniendiagramm einfacher zu vollziehen sind als im Säulendiagramm. Ganz klar hat sich herauskristallisiert, daß Supersäule für Steigungsvergleiche ziemlich unbrauchbar ist, denn die hier gefundenen Genauigkeits- und Zeitunterschiede zu den sonstigen Graphvarianten sind nicht nur hoch signifikant, sondern recht massiv. Die Nachteile von Supersäule sind psychologisch verständlich. Da die Elemente aus 2 Datenreihen nebeneinander stehen, kann die Differenz zwischen Rubrik und Vorgängerrubrik bei der einen Datenreihe nicht mehr störungsfrei wahrgenommen werden, weil dazwischen jeweils die Säule der anderen Datenreihe liegt. Dann ist auch nicht ausgeschlossen, daß die VPn manchmal die falschen Differenzen (nämlich die Differenz der nebeneinander liegenden Säulen) bilden. Auf jeden Fall ist Unterschiedsabschätzung wesentlich schwieriger und aufwendiger als bei einer Datenreihe.

Zwar ist auch bei einer Datenreihe das Liniendiagramm zuverlässig besser als das Säulendiagramm geeignet, da sowohl die erste Testserie als auch der Graphtypvergleich unter Juxtaposition signifikante Zeitvorteile für das Liniendiagramm nach sich zogen, die praktische Bedeutsamkeit dieser Unterschiede ist aber nicht sehr hoch und es waren auch keine Genauigkeitseinbußen beim Säulendiagramm festzustellen. Insofern können derartige Vergleiche bei einer Datenreihe auch recht gut im Säulendiagramm vorgenommen werden. Ein Gitternetz erbringt wider Erwarten für die hier geforderte Anforderung keine erkennbare Erleichterung.

Als günstigste Graphvariante hat sich Juxtalinie erwiesen, ein Hinweis darauf, daß mehrere Linien in einem Diagramm sich beim logitudinalen Steigungsvergleich störend auswirken. Der Vorteil von Juxtalinie gegenüber Superlinie wird vermutlich mit steigender Anzahl der Datenreihen zunehmen.

5.3.0 Vergleiche zwischen Steigungen in bestimmten Datenbereichen: Welche Datenreihe aus 4 Datenreihen zeigt die höchste Steigung in einem bestimmten Bereich?

In der vorhergehenden Aufgabenstellung ging es um Steigungsvergleiche innerhalb einer Datenreihe (longitudinal Comparison between trends nach Maichle (1994)). Hier interessieren nun Steigungsunter-

schiede zwischen Datenreihen innerhalb eines bestimmten Datenbereiches, die Maichle unter einen "cross-sectional-Comparison between trends" klassifiziert.
In der Praxis werden häufig derartige Gegenüberstellungen vorgenommen, etwa, wenn es um die vergleichende Analyse verschiedener Branchen geht und man erfahren will, welcher Wirtschaftszweig in einer Depressionsphase den tiefsten Einbruch hinnehmen mußte. Die Beantwortung der Frage erfordert zunächst einmal ein Herauslösen des interessierenden Datenbereiches (hier des Meßzeitpunktebereichs). Liegen die Meßzeitpunkte des relevanten Datenbereiches direkt nebeneinander, so ist ein klassischer Steigungsvergleich möglich, weil die Meßzeitpunkte dann durch Geraden im Sinne einer linearen Funktion verbunden sind. Sind zwischen den zu vergleichenden Rubriken weitere Rubriken positioniert, dann liegen zumindest bei empirischen Daten in der Regel keine Geraden mehr vor, sondern zum Teil ganz unterschiedliche Kurvenabschnitte, die keine einheitliche Steigung mehr aufweisen. Im strengen Sinn kann dann gar nicht von einem einfachen Steigungsvergleich gesprochen werden. Für uns entscheidend ist daher ein Vergleich von Differenzen und die Fragestellung läßt sich wie folgt präzisieren:

D = (Meßzeitpunkt x+n) - (Meßzeitpunkt x).
Bei welcher von 4 Datenreihen ist D am größten?

Möglicherweise löst man die Aufgaben in einem Liniendiagramm so, in dem man die 2 Punkte des Meßzeitpunktebereichs notfalls mit einer virtuellen Linie verbindet und zwischen diesen mental konstruierten Linien einen Steigungsvergleich vornimmt. Die gleiche Strategie ließe sich in einem Säulendiagramm vornehmen. Die andere Strategie würde das Hauptaugenmerk auf die Differenzen legen und die größte Differenz suchen. Differenzen müßten ebenfalls mental konstruiert werden, da sie nicht unmittelbar als Wahrnehmungsobjekte vorliegen. Nur bei den direkt nebeneinander liegenden Meßzeitpunkten ist das, was zu vergleichen ist, im Liniendiagramm, aber nicht im Säulendiagramm direkt sichtbar und deshalb müßte man auf jeden Fall hier Vorteile für das Liniendiagramm annehmen. Empirische Evidenz für diese Vermutung kann man aus dem Vergleich zur "extremen Steigung bei einer Datenreihe" entnehmen, der im Liniendiagramm besser gelang als im Säulendiagramm.

Aus den Ergebnissen zum Erkennen, Identifizieren und Vergleichen von Verläufen ging eindeutig hervor, daß Supersäule allen anderen Graphvarianten unterlegen war, was im wesentlichen auf die Schwierigkeiten, die Datenreihen aus der Gesamtpräsentation herauslösen zu können, zurückzuführen ist. Auch bei der hier anstehenden Fragestellung müssen zumindest Teile von Datenreihen herauslösbar sein. Das Herauslösen funktioniert unter Juxtaposition am besten, unter Supersäule am schlechtesten. Der Vergleich von Datenreihen wird aber unter Juxtaposition gegenüber Superposition wegen der größeren räumlichen Entfernung und wegen der zwar identischen, aber nicht gemeinsamen Skala erschwert. Es ist schwierig abzuschätzen, mit welchem Gewicht sich die einzelnen Teilleistungen letztlich in der Aufgabenlösung niederschlagen, jedoch spricht die Argumentation doch sehr für eine Überlegenheit von Superlinie gegenüber Supersäule.

Genau diese Erwartung ließ sich aber durch die Befunde von Casali und Gaylin (1988) nicht bestätigen. Casali und Gaylin analysierten unter ihrem Fragenkomplex "trend comparison" auch solche Fragestellungen, welche die Abschätzung einer Größenrelation zwischen den Beziehungen mehrerer Datenreihen in einem 2 oder mehr Datenpunkte umfassenden Bereich erforderten. In Klammern wird diese Aufgabenstellung als "differences in line slopes" bezeichnet und ähnelt somit recht gut der hier zu überprüfenden Fragestellung. Erstaunlicherweise haben die Autoren auch bei Trendcomparison keinerlei Graphtypunterschiede feststellen können. Supersäule, Superlinie, Punktdiagramm und dreidimensionale Supersäule erzielten bei Zeit und Genauigkeit vergleichbare Werte. Es war nicht zuletzt der Zweifel an einem derartigen Ergebnis, welcher uns zur gründlichen Überprüfung dieser Fragestellung ermutigte.

5.3.1 Versuchsaufbau:

Jede Datenreihe umfaßte 8 Rubriken. Als experimentelle Bedingungen dienten alle Graphikvarianten. Unter Juxtaposition wurden sowohl horizontale als auch vertikale Positionierung getestet, so daß insgesamt 6 experimentelle Bedingungen vorlagen. Für jede Bedingung wurden 4 Aufgaben präsentiert. Bei Aufgabe 1 lagen die zu vergleichenden Meßzeitpunkte direkt nebeneinander, bei Aufgabe 2 mußten Steigungsvergleiche zwischen der Anfangs -und Endrubrik durchgeführt werden, während bei den restlichen 2 Aufgaben der Datenbereich 3 bzw. 5 Datenpunkte umspannte. Die ersten beiden Aufgaben werden als relativ leicht, die letzten beiden Aufgaben als relativ schwierig angesehen, da bei den letzteren Aufgaben die Identifizierung des Datenbereichs schwieriger ist, was anhand der empirischen Ergebnisse später auch ganz eindeutig belegt werden konnte.

Es wurde nur nach dem steilsten Anstieg gefragt. Den einzelnen Datenreihen lagen nur positive Funktionen zugrunde, die aber bekanntlich infolge der Zufallsprozesse auch negative Steigungsabschnitte aufweisen können. Die Auswahl dieser Funktionen wurde für jede VP nach Zufall bestimmt und war für alle experimentellen Bedingungen gleich. Welche Rubriken die zu vergleichenden Meßzeitpunkte ausmachen sollten, wurde ebenfalls für jede VP nach Zufall bestimmt. Die so festgelegten Meßzeitpunkte waren aber ebenfalls für alle experimentellen Bedingungen gleich.

Der steilste Anstieg sollte klar wahrgenommen werden können und mußte daher bestimmte Bedingungen erfüllen:

1. der zweitsteilste Anstieg mußte mindestens einen Anstieg von 1/25 der y-Achse aufweisen, mußte sich also als erkennbar positiven Anstieg wahrnehmen lassen.

2. der steilste Anstieg sollte genau 50% steiler als der zweitsteilste Anstieg sein.
   (Tangens des steilsten Anstiegs = (Tangens des zweitsteilsten Anstiegs)+ (Tangens des zweitsteilsten Anstiegs) * .5)

Solche Festlegungen waren notwendig, weil z.B. bei sehr geringem zweitsteilsten Anstieg auch ein prozentual sehr hoher maximaler Anstieg, (z.B. 100% höhere Steigung als die des zweitsteilsten Anstiegs) kaum als höherer Anstieg wahrgenommen genommen werden kann. (siehe dazu auch Cleveland (1985), Diskussion von Steigungsvergleichen bei extremen Winkeln um 0 oder 90 Grad)).

5.3.2 Versuchsablauf:

Die VP erhielt zunächst die Instruktion, in der nachfolgenden Präsentation die Datenreihe mit dem höchsten Anstieg zwischen 2 vorgegebenen Meßzeitpunkten zu finden. Durch einen Druck auf die Leertaste brachte die VP die Präsentation auf den Bildschirm und initialisierte so die Zeitmessung. Durch erneutes Tippen auf die Leertaste (Zeitende) verschwand die Präsentation vom Bildschirm und die VP mußte durch Mausklick entweder die zutreffende Diagrammnummer oder die Farbe der zutreffenden Datenreihe anklicken. Die Aufgabenreihenfolge aller 24 Aufgaben dieser Testserie wurde nach Zufall bestimmt.

5.3.3.0 Ergebnisse:
5.3.3.1 Ergebnisse für alle Aufgaben:

Wie die Ergebnisse aus der Tabelle 9 aufzeigen, sind kaum Graphvariantenunterschiede in der Genauigkeit festzustellen. Auf eine Signifikanzprüfung wurde deshalb verzichtet. Die Unterschiede in der Zeit deuten klar in die Richtung, daß Supersäule gegenüber allen anderen Graphvarianten schlechter abschneidet. Diese augenscheinliche Interpretation kann statistisch erhärtet werden.

Supersäule benötigt im Vergleich zu allen anderen Graphvarianten signifikante mehr Zeit. Alle Unterschiede zwischen den restlichen Varianten sind nicht signifikant auf dem 1 % Niveau.

Tabelle 9: **Mittelwerte** und Standardabweichungen für alle Aufgaben zur Fragestellung: **Welche Datenreihe aus 4 Datenreihen zeigt die höchste Steigung in einem bestimmten Bereich?**

	Super-säule	**Super-linie**	**Juxta-säule**	**Juxta-linie**
richtig in %	**90**	**93**	**94**	**95**
	15	13	10	8
Zeit in Sec.	**9,6**	**7,5**	**7,8**	**8,0**
	3,7	2,5	2,3	2,4

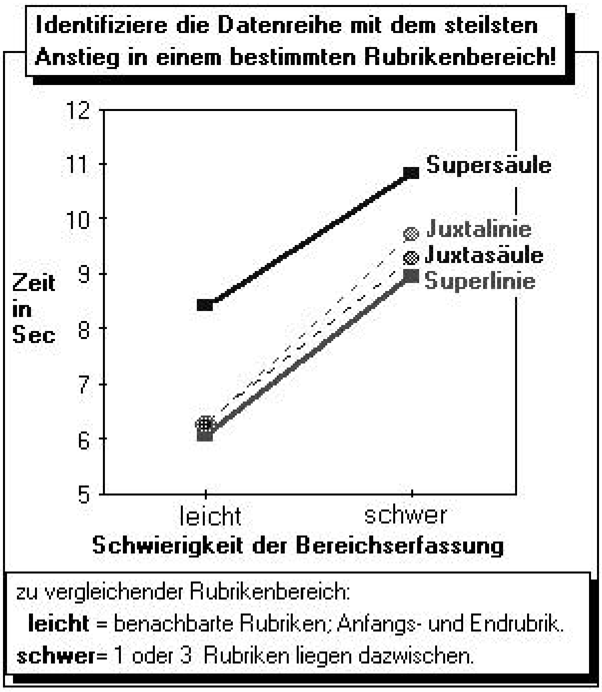
Einige ausgewählte Graphvariantenunterschiede bzgl. der Zeit:

Supersäule vs. Superlinie:	t(45)=	5,00;	p=,000
Supersäule vs. Juxtasäule:	t(45)=	4,70 ;	p=,000
Supersäule vs. Juxtalinie	t(45)=	4,40 :	p=,000

5.3.3.2 Ergebnisse differenziert für leichte und schwere Aufgaben:

Die Graphik in Abbildung 7 stellt die Zeit für alle Graphvarianten, nach Aufgabenschwierigkeit getrennt, gegenüber. Der Effekt der Aufgabenschwierigkeit ist deutlich erkennbar. Er gilt im übrigen auch für die Genauigkeit und kann dort statistisch eindeutig gesichert werden. Die entsprechende Varianzanalyse mit den Faktoren Graphvarianten (Supersäule, Superlinie, Juxtasäule, Juxtalinie) und Aufgabenschwierigkeit (leicht, schwer) führte bei der Zeit zu den erwartenden signifikanten Haupteffekten Graphvariante (F(3,45)=17,28; p< ,000) und Aufgabenschwierigkeit (F(1,45)=211,23; p<,000). Die sich in der Graphik andeutende Wechselwirkung verfehlte jedoch knapp das geforderte Signifikanzniveau (F(3,45)= 3,70; P< ,013;ns).

Abbildung 7:



Aus der Abbildung 7 geht hinreichend hervor, daß der Unterschied zwischen Supersäule und den restlichen Graphvarianten mit steigender Schwierigkeit nicht zunimmt.

5.3.3.3 Der Einfluß der Graphpositionierung unter Juxtaposition

Tabelle 10 stellt die Ergebnisse für Juxtaposition klassifiziert nach Graphtyp und Graphpositionierung der Einzeldiagramme dar. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Bedingungen sind derart gering, daß das Ergebnis einer möglichen Signifikanzprüfung bedeutungslos erscheint.

Tabelle 10: **Mittelwerte** und Standardabweichung für die Graphpositionierungsvarianten unter Juxtaposition

	Juxtasäule		**Juxtalinie**	
	vertikal	**horizontal**	**vertikal**	**horizontal**
richtig in %	**94**	**95**	**95**	**95**
	13	13	13	11
Zeit in Sec.	**7,7**	**7,9**	**7,9**	**8,1**
	2,4	2,7	2,5	2,6

Zusammenfassend läßt sich behaupten, alle Graphvarianten bis auf Supersäule seien vergleichbar gut geeignet, Steigungsvergleiche zwischen verschiedenen Datenreihen vorzunehmen. Der jeweilige Unterschied von Supersäule zu den übrigen Graphvarianten entspricht bei der Zeit etwa einer mittleren Effektstärke. Ein derartiger Unterschied läßt sich in einem effizienten Wiederholungsdesign mit 46 VPn ganz locker statistisch belegen, in einem Between-Subject-Design mit jeweils 8 VPn, welches der Untersuchung von Casali und Gaylin zugrunde lag, kann ein derartiger Effekt aber sehr wohl unentdeckt bleiben.

5.3.3.4 Steigungsvergleiche bei direkt nebeneinander liegenden Rubriken

Bei einer Aufgabe umfaßte der Vergleichsbereich direkt nebeneinander liegende Rubriken. Alle zu vergleichenden Anstiege stellen somit in einem Liniendiagramm lineare Funktionen dar und der steilste Anstieg aus 4 möglichen Datenreihen entspricht dem Kurvenabschnitt mit der höchsten Steigung. Nur bei dieser Aufgabe verändert sich die Steigung innerhalb einer Datenreihe nicht, so daß diesbzgl. gute Wahrnehmungsbedingungen vorliegen, um sich an der Steigung als einer Strecke zu orientieren. Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse für diese Bedingung,

Tabelle 11: Vergleich von Steigungen bei direkt nebeneinander liegenden Rubriken (Zeiten)

	Super-säule	**Super-linie**	**Juxta-säule**	**Juxta-linie**
Zeit in Sec.	**8,6**	**5,2**	**6,4**	**6,4**
	4,0	2,3	2,3	2,0

Besonders klar kristallisiert sich nun die Überlegenheit von Superlinie gegenüber Juxtalinie und Juxtasäule heraus. Die Unterschiede sind mit $t(45)=3{,}61$; $p=.001$ und $t(45)=3{,}31$; $p=.002$ in beiden Fällen auf

dem 1%-Niveau signifikant. Offenbar wirkt sich die größere räumliche Nähe unter Superlinie hier aus. Warum wirkt sie sich aber nicht bei den restlichen Aufgaben entsprechend aus?
Nun lassen sich auch klare Positionierungseffekte unter Juxtaposition nachweisen. Die Aufgabe ist bei beiden Graphvarianten ca. 1. Sekunde schneller zu lösen, wenn die Graphiken untereinander stehen. In der zweifaktoriellen VA mit den Faktoren Graphvariante (Juxtalinie, Juxtasäule) und Graphpositionierung (vertikal, horizontal) erzielte nur der Haupteffekt Graphpositionierung einen signifikanten Effekt ($F(1,45)=10,63$, $p<,002$).

Beide Befunde sind theoretisch insofern interessant, als sich hier Graphvarianteneffekte bei geringeren Anforderungen klarer herausstellen, was allen bisherigen Erfahrungen zuwider läuft.

5.3.4 Schlußfolgerungen

Alle Graphen dieser Untersuchung mußten die Bedingung erfüllen, ein ziemlich klares Wahrnehmungsurteil zu ermöglichen, was die relativ hohen Genauigkeiten auch belegen. Es kann aber sehr gut möglich sein, daß bei geringeren Steigungsunterschieden unter ganz speziellen günstigen Bedingungen Superlinie besser abschneidet als Juxtalinie. So sieht man etwa in Abbildung 7 noch recht deutlich, daß Juxtalinie von allen Graphvarianten den steilsten Anstieg von "leicht" nach "schwer" aufweist, obwohl der Steigungsunterschied gegenüber dem zweitsteilsten Anstieg (Juxtasäule) hier nur ca. 15 % beträgt. Auch unter Supersäule sieht man diesen Unterschied noch sehr genau, während man unter Juxtaposition hier bereits lange überlegen muß.

Die Ergebnisse sind recht interessant im Hinblick auf die Bewertung von Vergleichen unter Juxtaposition. Man muß ganz klar differenzieren, was miteinander verglichen werden soll. Bei allen Aufgaben, die einen Vergleich der Datenreihen zu einem Meßzeitpunkt erforderten (Abschätzung von Differenzen der Datenreihen zu einem Zeitpunkt), schnitt Juxtaposition überzeugend schlechter ab als Superposition. Beim Steigungsvergleich hingegen ist dies nicht der Fall. Sollten z.B. Kurvenverläufe dargestellt werden, bei denen neben Kurvencharakteristika nur Steigungsvergleiche zwischen den Kurven relevant sind, wären juxtapositionierte Präsentationen häufig echte Alternativen gegenüber Superlinie und unter bestimmten Umständen (etwa bei vielen Überlappungen oder mangelnder Sichtbarkeit aller Daten) Superlinie möglicherweise sogar überlegen.

5.4.0 Größte Differenz zwischen zwei Datenreihen: Welcher Unterschied zwischen den Rubriken zweier Datenreihen ist am höchsten?

Wenn man Verläufe zweier Datenreihen analysiert ist oftmals derjenige Meßzeitpunkt von besonderem Interesse, an dem die beiden Datenreihen am weitesten auseinander klaffen. So könnten z.B. Gewerkschaftler argumentieren, daß die unterschiedliche Entwicklung von Unternehmensgewinnen und Löhnen zum Zeitpunkt x ein bisher nie gekanntes Maximum erreicht hat, so daß die kommenden Tarifrunden den Unterschied wieder in normale Bahnen lenken müssen. Um den maximalen Unterschied eindeutig verifizieren zu können, müssen alle Datenelemente der Präsentation in Augenschein genommen werden.

Im superpositionierten Säulendiagramm stehen die Säulen beider Datenreihen in Rubriken gruppiert unmittelbar nebeneinander und der Unterschied wird als Abstand der höheren Säule gegenüber der niedrigeren Säule erkennbar. Bei Superlinie muß die Differenz als vertikaler Abstand der beiden Punktmarkierungen eingeschätzt werden. Man könnte beide Schätzleistungen unter Superposition als partielle Längenschätzungen interpretieren. Im Gegensatz zu reinen Längenschätzungen sensu Cleveland sind nur die Längenenden klar visualisiert und die Längenstrecke muß irgendwie mental vervollständigt werden. Längen sind natürlich schwieriger einzuschätzen als Positionen, sind somit fehleranfälliger und erfordern mehr Aufwand. Sofern die Analyse der Differenzen zwischen zwei Datenreihen von zentraler Bedeutung sein sollte, wäre es daher auch ratsam, statt der beiden Datenreihen direkt die Differenz beider Datenreihen als eine Datenreihe zu präsentieren. Dadurch würde man auch manchen Wahrnehmungstäuschungen aus dem Wege gehen (siehe Cleveland 1985 S. 276).

Die Aufgabe ist unter der Graphanordnung Juxtaposition aus mehreren Gründen schwieriger als unter Superposition. In horizontaler Graphpositionierung muß 2 mal die Rubrikenposition identifiziert werden, der Abstand der zu vergleichenden Datenelemente ist größer und es liegen zwischen den zu vergleichenden Datenelemente weitere störende Datenelemente. In vertikaler Graphpositionierung ist die Differenzabschätzung auch schwieriger, weil die zu vergleichenden Datenelemente nicht auf einer gemeinsamen Skala liegen und zudem räumlich weiter entfernt sind.

Es war daher ganz klar, daß Juxtaposition schlechter abschneiden würde als Superposition, weniger evident war jedoch die Erwartung, welcher Graphtyp und welche Graphpositionierung unter Juxtaposition günstigere Werte liefern würde.

5.4.1 Versuchsaufbau und Ablauf.

Als Graphikvarianten dienten die Supersäule, Juxtasäule, Superlinie und Juxtalinie. Die Graphpositionierungen unter Juxtalinie wurden nicht variiert, um den Umfang des Gesamtexperimentes in Grenzen zu halten. Die Einzelgraphiken lagen untereinander. Jede Graphvariante umfaßte 3 Präsentationen (Aufgaben).
Aufgabe der VP war es, die dem Betrage nach größte Differenz der beiden Datenreihen aus allen 10 Rubrikenpaaren zu entdecken. (Bei welchem Meßzeitpunkt unterscheiden sich die beiden Datenreihen am meisten ?").
Den beiden Datenreihen lagen verschiedene über die Versuchspersonen und Aufgaben zum Teil ganz unterschiedliche, hinsichtlich der experimentellen Bedingungen jeder Versuchsperson aber gleiche Funktionen zugrunde, so daß sicher auch negative und positive Differenzen dem Betrage nach gegeneinander abgewogen werden mußten. Alle Präsentationen waren so konstruiert worden, daß der größte Unterschied 20% höher ausfiel als der zweithöchste Unterschied. Der größte Unterschied wie auch der zweithöchste Unterschied konnte an verschiedenen Positionen liegen und insgesamt sorgte das Programm für eine hinreichende Datenvielfalt, die letztlich eine solide Gesamteinschätzung garantieren sollte.

5.4.2 Ergebnisse

Wie aus der Tabellen 13 und der graphischen Abbildung 8 hervorgeht, ist der erwartete Unterschied zwischen Superposition und Juxtaposition unübersehbar. Sowohl bei der Genauigkeit als auch bei der Zeit ergaben die VAen (Tabelle 12) jeweils einen hochsignifikanten Faktor Graphanordnung und dieser Faktor dominiert ohne jede Frage die gesamte erklärte Varianz.

Tabelle 12: Ergebnis der Varianzanalysen zur Fragestellung: Welcher Unterschied zwischen den Rubriken zweier Datenreihen ist am höchsten? bzw. Identifiziere die extreme Differenz aus 2 Datenreihen mit je 10 Rubriken!

UV: **Graphtyp** (Liniendiagramm, Säulendiagramm)
Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)

AV: **% korrekter Antworten** (arcsin transformierte Werte)

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	,64	1,45	2,81	,101	p>.01	(ns)
B	Graphanordnung	9,34	1,45	48,12	,000	p<.01	(s)
A x B		0,2	1,45	,12	,732	p>.01	(ns)

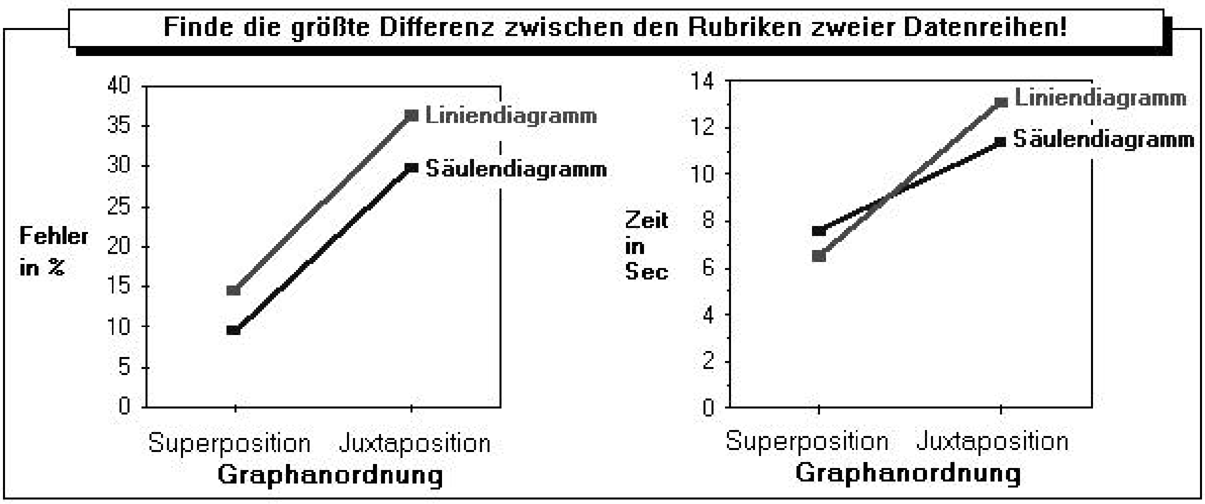
AV: **Zeit** (logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit))

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	,04	1,45	,34	,565	p>.01	(ns)
B	Graphanordnung	12,29	1,45	73,67	,000	p<.01	(s)
A x B		1,13	1,45	11,80	,001	p<.01	(s)

Tabelle 13: Mittelwerte und Standardabweichungen (N=46)

	Super-säule	**Super-linie**	**Juxta-säule**	**Juxta-linie**
richtig in %	**91**	**86**	**70**	**64**
	18	23	23	27
Zeit in Sec.	**7,6**	**6,5**	**11,3**	**13,1**
	3,4	3,4	6,6	7,9

Abbildung 8:



Die Graphik in Abbildung 8 spezifiziert die bei der Zeit gefundene Wechselwirkung zwischen Graphtyp und Graphanordnung in die Richtung, daß unter Superposition das Liniendiagramm und unter Juxtaposition das Säulendiagramm die günstigere Präsentationsform darstellt. Ein spezieller t-Test der relevanten Graphvariantenunterschiede ergibt folgendes Bild:

Graphvariantenvergleich:	**Zeit**	
Supersäule vs. Superlinie	t(45)= -2,46;	p=,018
Juxtasäule vs. Juxtalinie	t(45)= 2,24;	p=,030

Unabhängig von Signifikanzüberlegungen deuten die zugrunde liegenden Streuungen darauf hin, daß die praktische Bedeutsamkeit dieser Graphtypunterschiede nicht sehr hoch ist. Unter Juxtaposition tendieren zumindest beide Meßvariablen in eine günstigere Richtung für das Säulendiagramm. Unter Superposition erzielt das Säulendiagramm zwar numerisch höhere Genauigkeitswerte, die allerdings, ähnlich wie der Genauigkeitsunterschiede unter Juxtaposition nicht statistisch bestätigt werden können.

5.4.3 Schußfolgerungen

Die Analyse hat eindeutig gezeigt, daß zur Abschätzung von Differenzen superpositionierte Präsentationen klar juxtapositionierten Präsentationen vorzuziehen sind. Die hier gefundenen Unterschiede sind praktisch recht bedeutsam, während die Graphtypunterschiede weniger wichtig sind.

5.5.0 Finde den Schnittpunkt zweier Datenreihen!

Man stelle sich zwei Datenreihen vor, die sich im Verlauf aufeinander zu bewegen. Irgendwann ist der Punkt gekommen, an dem die zuvor höhere Datenreihe die anfangs niedrigere Datenreihe erreicht bzw. unterschreitet und sich die Größenverhältnisse insofern geändert haben, als nun die anfangs niedrigere Datenreihe die zu Beginn höhere Datenreihe von der Größe her dominiert. Dieser Punkt des Umkippens der Größenrelationen markiert einen herausragenden und für manche Wissensgebiete wichtigen Teilabschnitt. So hofft der inflationsgebeutelte Arbeitnehmer auf eine sinkende Inflationsrate und sucht den Punkt, an dem diese die konstant mäßigen Lohnerhöhungen der vergangenen Jahre unterschreitet, damit er endlich einen Nettolohnzuwachs in seinem Geldbeutel sieht, sofern der Staat nicht anderweitig wieder zugegriffen hat.

Die Graphvariante Superlinie scheint sich für diese Art von Fragestellung besonders zu eignen, da der Schnittpunkt beider Datenreihen als markante Auffälligkeit unmittelbar aus der Graphik zu erkennen ist. Bei Supersäule müssen mindestens 2 Rubriken (das sind hier 4 Säulen) in Augenschein genommen werden, um ein Umkippen der Größenverhältnisse feststellen zu können. Der Schnittpunkt selbst ist hier nicht sichtbar, sondern muß kognitiv erschlossen werden. Es gibt mehrere Möglichkeiten, das Umkippen im Säulendiagramm festzustellen. Sofern die Säulen einer Datenreihe als Verläufe wahrgenommen werden sollten, dann wären in jedem Fall günstigere Ergebnisse für Superlinie zu erwarten, weil Verläufe, insbesondere mehrere Verläufe in einer Graphik im Liniendiagramm klar besser wahrgenommen werden können (siehe Jacobs 1994,1995a). Möglicherweise werden aber auch Säulendifferenzänderungen wahrgenommen, die dann bei einem Vorzeichenwechsel das Überschreiten des Schnittpunkts signalisieren. Es ist unwahrscheinlich, daß man einen derartigen Wechsel spontan wahrnimmt, so daß auch bei dieser Strategie ein Vorteil für das Liniendiagramm zu erwarten ist.

Wie früher nachgewiesen können mehrere Verläufe unter Juxtaposition mindestens so gut erkannt werden wie unter der Graphvariante Superlinie. Nur sieht man hier keinen Schnittpunkt. Man muß diesen vielmehr je nach Steigung beider Datenreihen mehr oder weniger weit in einem realistischen Intervall sukzessiv prüfen. Dies ist sehr anstrengend und insofern fehleranfällig, weil auch der Vergleich von 2 Datenreihen bei einer Rubrik nachgewiesenermaßen schwieriger ist. Bei allen bisher behandelten Fragestellungen, bei denen die Größenwerte zweier Datenreihen zu einem Zeitpunkt miteinander verglichen werden mußten, war Juxtaposition der Graphanordnung Superposition eindeutig und massiv unterlegen. Da derartige Vergleiche auch bei der Bestimmung des Schnittpunkt notwendig sind, muß man zwingend einen klaren Vorteil für Superposition annehmen. Ob Juxtalinie oder Juxtasäule günstiger abschneiden ist schwer zu entscheiden, weil bisherigen Befunden zufolge der Vergleich von Verläufen unter Juxtalinie etwas besser gelingt, der Vergleich von Differenzen aber unter Juxtasäule etwas einfacher erscheint und die Aufgabenlösung offenbar von beiden Leistungen etwas abverlangt.

5.5.1 Versuchsaufbau und Ablauf.

Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Juxtasäule, Superlinie und Juxtalinie. Die Einzelgraphiken unter Juxtaposition waren vertikal positioniert. Jede Graphvariante umfaßte 3 Präsentationen.

Aufgabe der VP war es, denjenigen Meßzeitpunkt zu bestimmen, der unmittelbar dem Umkippen der Größenrelationen beider Datenreihen folgte. Die Datenreihen umfaßten 12 Rubriken. Aufgabe 1 bot 2 Datenreihen mit zugrunde liegenden positiv steigenden Grundfunktionen an, der Aufgabe 2 lagen 2 Datenreihen mit abfallenden Grundfunktionen zugrunde und bei der letzten Aufgabe stieg die eine Datenreihe an und die andere Datenreihe fiel überwiegend ab. Welche der Datenreihe jeweils die rote oder blaue bzw. die in Diagramm 1 oder Diagramm 2 sein sollte, wurde stets nach Zufall festgelegt.
Im Gegensatz zu den üblichen Konstruktionsprinzipien wurde diesmal kein vergleichbares Kriterium in dem Sinne festgelegt, daß hier etwa alle Aufgaben einen gleichen Unterschied (z.B. Steigungsunterschied im Schnittpunktsegment zwischen den beiden Datenreihen) aufwiesen. Die Art des Schnittpunkts wurde somit vollständig dem Zufall überlassen. Die relative hohe VPn-Anzahl läßt aber diesbzgl. eine effiziente Randomisierung erwarten.

5.5.2 Ergebnisse

Wie aus den Tabellen 14,15 und der Abbildung 9 hervorgeht, ähneln die Ergebnisse in sehr hohem Maße den bei der Fragestellung zum maximalen Differenzunterschied gefundenen Resultaten. Wie dort wurde hier sowohl bei der Genauigkeit als auch bei der Zeit jeweils ein glasklarer hochsignifikanten Faktor "Graphanordnung" in erwarteter Richtung statistisch gesichert, der eindeutig den Hauptanteil der Bedingungsvarianz ausmacht. Die in Graphik 9 erkennbare, und statistisch auch klar belegte disordinale Wechselwirkung zwischen Graphtyp und Graphanordnung im Hinblick auf die benötigte Zeit wurde weiter analysiert, in dem mittels t-Test die Graphtypunterschiede gesondert für Superposition und Juxtaposition geprüft wurden. Dabei ergab sich folgende Ergebnisse.

Supersäule vs. Superlinie	$t(45)=$	$-3{,}91$;	$p=,000$
Juxtasäule vs. Juxtalinie	$t(45)=$	$2{,}25$;	$p=,029$

Mit Superlinie läßt sich die Fragestellung eindeutig schneller lösen als mit Supersäule, allerdings nicht in dem ursprünglich angenommenen Ausmaß. Die Effektstärke muß auf der Basis der angegebenen Streuungen als gering bis mittelmäßig eingestuft werden. Unter Juxtaposition ist das Säulendiagramm etwas günstiger als das Liniendiagramm. Damit entspricht auch die Art der Wechselwirkung in sehr hohem Maß der bereits früher bei der Fragestellung zum maximalen Differenzunterschied gefundenen Interaktion.

Tabelle 14: Ergebnis der Varianzanalysen zur Fragestellung: **Finde des Schnittpunkt zweier Datenreihen.**

UV:	**Graphtyp**	(Liniendiagramm, Säulendiagramm)
	Graphanordnung	(Superposition, Juxtaposition)
AV:	**% korrekter Antworten**	(arcsin transformierte Werte)

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	,12	1,45	,87	,356	p>.01	(ns)
B	Graphanordnung	8,65	1,45	48,18	,000	p<.01	(s)
A x B		0,15	1,45	,57	,456	p>.01	(ns)

AV:	**Zeit**	(logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit))

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	,12	1,45	1,14	,292	p>.01	(ns)
B	Graphanordnung	34,43	1,45	206,59	,000	p<.01	(s)
A x B		2,10	1,45	19,15	,000	p<.01	(s)

Abbildung 9:

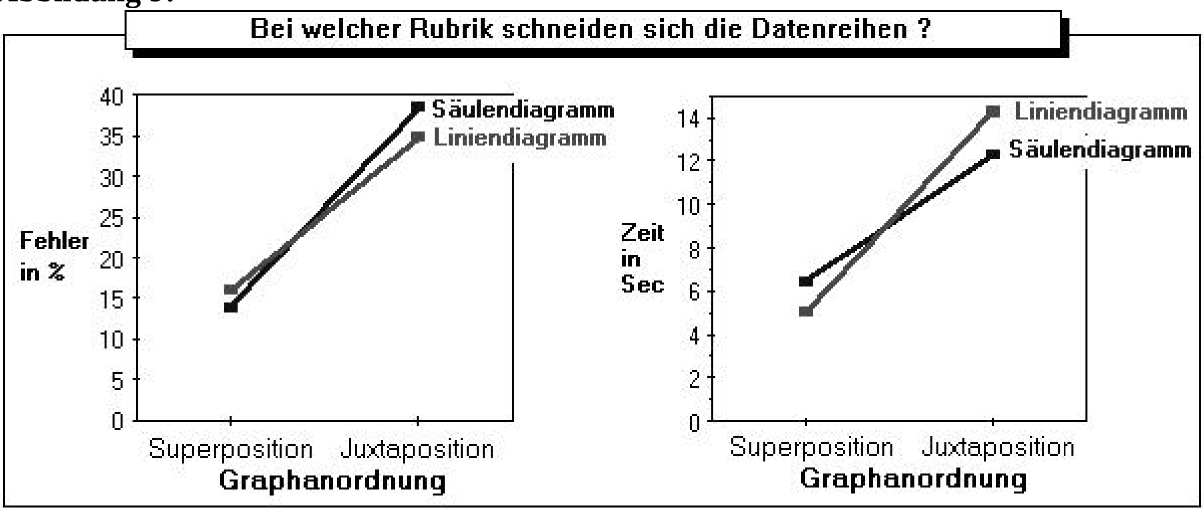


Tabelle 15: Mittelwerte und Standardabweichungen (N=46)

	Super-säule	**Super-linie**	**Juxta-säule**	**Juxta-linie**
richtig in %	**86**	**84**	**62**	**65**
	23	29	30	31
Zeit in Sec.	**6,4**	**5,0**	**12,2**	**14,2**
	3,4	2,6	5,8	6,1

5.5.3 Schlußfolgerungen

Die Analyse hat auch hier eindrucksvoll, aber ohne hohen Überraschungswert ergeben, daß zur Identifizierung des Punktes, ab dem sich die Größenverhältnisse zweier Datenreihen ändern, superpositionierte Präsentationen eindeutig juxtapositionierten Präsentationen vorzuziehen sind. Superlinie für ist für die hier gestellte Anforderung die Graphik der Wahl, da sie günstigere Zeitwerte aufweist als Supersäule. Letzteres Ergebnis kommt der Theorie von Pinker (1990) entgegen, der hier vermutlich argumentieren würde, die Sprache gäbe quasi für diese Fragestellung ein Liniendiagramm vor, da der Schnittpunkt zweier Linien sicher eher ein Begriff darstellt als der Punkt des Umkippens der Größenverhältnisse zweier Säulenreihen.

5.6.0 Gruppenvergleiche zwischen Rubriken: höchste bzw. niedrigste Rubrikensumme aus 4 Datenreihen?

In der graphischen Darstellung eines 2 faktoriellen Versuchsplans bilden die Datenreihen die Stufen des einen Faktors (Kurvenvariable nach Rinck 1989), die Stufen des anderen Faktors werden durch die Rubriken (Abszissenvariable nach Rinck 1989) gebildet. Somit interessieren neben Vergleichen zwischen den Datenreihen auch Vergleiche zwischen den Rubriken, wobei hier Gruppen aus den Elementen verschiedener Datenreihen gebildet werden müssen. Im folgenden wird eine Fragestellung behandelt, die in einer 2 faktoriellen Varianzanalyse z.B. darauf abzielt, die Stufe des auf der x-Achse dargestellten Faktors mit dem höchsten bzw. niedrigsten Wert zu identifizieren. Werden beispielsweise jährliche Wirtschaftsdaten der 4 größten Wirtschaftsnationen dargestellt, so soll aus der Darstellung auch hervorgehen, zu welchem Zeitpunkt die Weltwirtschaft (die der 4 Nationen) insgesamt das höchste Tief bzw. den entscheidenden Boom erlebte.
Die Fragestellung läßt sich auch bei nominalskalierten x-Achsen sinnvoll verwenden. Rinck (1989) liefert empirisch gesicherte Empfehlungen zum Faktorstufenvergleich für den Fall, wo eine beliebige Zuordnung der Faktoren zur Kurvenvariablen und Abszissenvariable möglich ist.

5.6.1 Versuchsaufbau und Ablauf

Für jede Graphikvariante wurden 4 Aufgaben dargeboten. Unter der Graphanordnung Juxtaposition waren die Einzeldiagramme bei 2 der Aufgaben vertikal, bei den restlichen 2 Aufgaben horizontal positioniert.

Aufgabe der VP war es, die extreme Rubrikensumme bzw. den extremen Rubrikenmittelwert zu identifizieren. Die Rubrikensumme setzt sich aus den Elementen der jeweiligen Datenreihen zu einem Meßzeitpunkt zusammen. (Beispiel: "Zu welchem Meßzeitpunkt fiel insgesamt der meiste Niederschlag"). Bei der Hälfte aller Aufgaben einer experimentellen Bedingung war die höchste, bei der anderen Hälfte die niedrigste Rubrikensumme (bzw. der entsprechende Rubrikenmittelwert) aus insgesamt 10 Rubriken zu identifizieren.
Alle Präsentationen waren so konstruiert worden, daß die extreme Summe 20% extremer ausfiel als die dieser Summe am nächsten kommende Summe. Die zu identifizierende Zielrubrik umfaßte demnach eine 20 % höhere Summe als die Summe der zweithöchsten Rubrik.

Die den Datenreihen zugrunde liegenden Funktionen wurden für jede VP durch Zufallsprozesse aus einem Pool unterschiedlicher Funktionen bestimmt und waren innerhalb dieser VP für alle experimentellen Bedingungen gleich.

Die Aufgabe unterscheidet sich von dem in Experiment 3 (Jacobs 1995b) geforderten Mittelwertsvergleich von Datenreihen insofern, als hier die jeweiligen Elemente der vier Datenreihen zur

Gruppenbildung herangezogen werden müssen. In Sinne von Rinck (1989) wurde in Experiment 3 die extreme Kurvenvariablenstufe, und wird hier die extreme Abszissenvariablenstufe gesucht.

Superposition erscheint für diese Fragestellung klar besser geeignet, weil die zu vergleichenden Elemente räumlich enger beieinander liegen und anhand einer gemeinsamen Skala verglichen werden können. Man wird daher mehr auf das Ergebnis des Graphtypvergleichs gespannt sein, insbesondere unter der Graphanordnung Superposition. Denn wie will man begründen, was einfacher ist? ein Vergleich der 10 Summen (bzw. Mittelwerte) aus jeweils 4 unterschiedlich farbigen Säulen, oder ein Vergleich aus 10 Mittelwertsschätzungen aus jeweils 4 verschieden farbigen, vertikal übereinander liegenden, durch Linien verbundenen kleine Kreise ? Diesbzgl. lag keine klare Erwartung zugrunde.

Unter der Graphanordnung Juxtaposition wurde mit einem Vorteil für das Säulendiagramm gerechnet, weil bei Säulen im Gegensatz zu den kleinen Kreisen neben der Positionsinformation zusätzlich die Wahrnehmung der Länge direkt wahrnehmbar ist, während diese Länge im Liniendiagramm durch virtuelles Lot zur Grundlinie mental konstruiert werden muß.

5.6.2 Ergebnisse

Wie die Tabellen 16 und 17 sowie die Graphiken in Abbildung 10 eindrucksvoll belegen, geht als Sieger des Vergleiches eindeutig die Graphvariante Supersäule hervor. Die Varianzanalysen beider Meßvariablen ergaben stets eine klare Wechselwirkung zwischen Graphtyp und Graphanordnung. Die Interaktion besagt, daß der erwartete Unterschied zwischen den Graphanordnungen nur beim Graphtyp Säulendiagramm bestätigt werden konnte sowie daß der zu Beginn offene Graphtypunterschied unter Superposition klar zu Gunsten des Säulendiagramms geht. Die entsprechenden Beziehungen konnten durch gesonderte Tests zwischen den jeweiligen Graphvarianten klar bestätigt werden. Entgegen der Erwartung zeigen sich keine Graphtypunterschiede unter der Graphanordnung Juxtaposition.

Tabelle 16: Ergebnis der Varianzanalysen zur Fragestellung: **Identifiziere aus 10 Rubriken die Rubrik mit extremer Summe aus 4 Datenreihen !**

UV: **Graphtyp** (Liniendiagramm, Säulendiagramm)
Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)

AV: **% korrekter Antworten** (arcsin transformierte Werte)

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	1,04	1,45	8,64	,005	p<.01	(s)
B	Graphanordnung	0,03	1,45	,27	,604	p>.01	(ns)
A x B		1,75	1,45	10,06	,003	p<.01	(s)

AV: **Zeit** (logarithmierte Werte; Testwerte = ln(Zeit))

Quelle der Variation		MS	df	F	p für F	Sign-N.	
A	Graphtyp	,48	1,45	5,68	,02	p>.01	(ns)
B	Graphanordnung	1,98	1,45	18,82	,000	p<.01	(s)
A x B		,52	1,45	9,31	,004	p<.01	(s)

Abbildung 10:

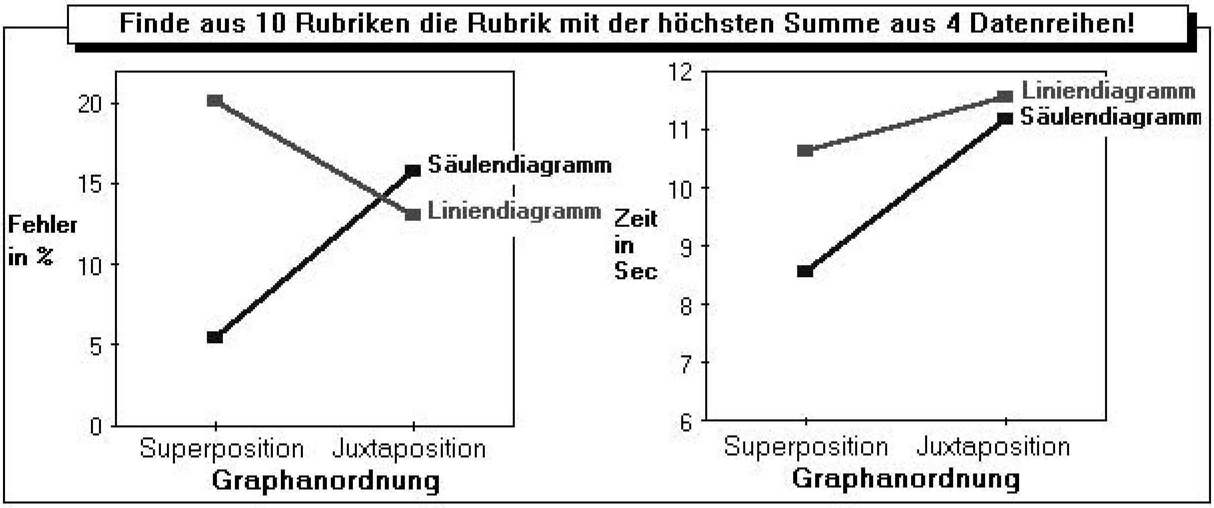


Tabelle 17: Mittelwerte und Standardabweichungen: N=46

	Super-säule	**Super-linie**	**Juxta-säule**	**Juxta-linie**
richtig in %	**95**	**80**	**85**	**87**
	10	19	20	18
Zeit in Sec.	**8,5**	**10,6**	**11,2**	**11,5**
	4,5	5,5	4,6	5,6

t-Test für abhängige Stichproben (Zeit) sowie Wilcoxontest (Genauigkeit) für einige ausgewählte Vergleiche zwischen den Graphvarianten:

AV	**Zeit**			**Genauigkeit**		
Graphvariantenvergleich:	t(45)			Z		
Supersäule vs. Superlinie	3,76	p=,000	(s)	3,83	p= ,0001	(s)
Supersäule vs. Juxtasäule	5,37	p=,000	(s)	2,80	p= ,0050	(s)
Superlinie vs. Juxtalinie	1,69	p=,099	(ns)	-1,87	p= ,0602	(ns)

5.6.3.1 Der Einfluß der Graphpositionierung unter Juxtaposition

Eine gesonderte Analyse zur Graphpositionierung unter Juxtaposition ergab sowohl bei der Zeit, als auch bei der Genauigkeit keine eindeutigen Vorteile für irgendeine Anordnung: Die entsprechenden VAen mit den Faktoren Graphvariante (Juxtasäule, Juxtalinie) und Graphpositionierung (Einzeldiagramme nebeneinander, Einzeldiagramme untereinander) erbrachten überhaupt keinen signifikanten Effekt für irgendeinen Faktor.

5.6.4 Schlußfolgerungen

Eine befriedigende Erklärung dafür, warum die Fragestellung unter Supersäule leichter beantwortbar ist, setzt entsprechende Kenntnisse voraus, wie der Vergleich vorgenommen wird. Darüber kann nur spekuliert werden, da mehrere Strategien denkbar sind. Möglicherweise werden die Datenelemente der einzelnen Rubriken direkt als Flächen wahrgenommen und dann unregelmäßige Flächen miteinander verglichen. Cleveland (1985) zufolge ist dieser Vergleich nicht sehr genau, aber wir haben ja 20% Unterschiedlichkeit festgelegt, was die Genauigkeit nicht übermäßig strapaziert. Im gegebenen Fall muß die VP von der Farbe abstrahieren, also ein mehrfarbiges Gebilde nur als eine Flächengröße ansehen. Nach Bertin (1974) müßte dies möglich sein, weil die Farbe assoziativ ist. Immerhin könnten gemäß dieser Vorstellung die zu vergleichenden Einheiten direkt wahrgenommen werden, nämlich als Flächen. Unter Superlinie muß aufgrund des Gesamtgebildes bei einer Rubrik ein Art Mittelwert mental konstruiert werden und dies ist offenbar nicht so unmittelbar wahrnehmbar.

So ähnlich wurde auch der Unterschied zwischen Juxtasäule und Juxtalinie beim Mittelwertsvergleich mehrerer Datenreihen in Jacobs (1995b, Experiment 3) erklärt. Auch dort war es konsistent einfacher, flächenartige Gebilde (die Diagramme unter Juxtasäule) miteinander zu vergleichen als Mittelwerte aus Linien (Diagramme unter Juxtalinie). Es kann hier eigentlich nur die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es offensichtlich besser gelingt, nebeneinander stehende Säulen in ihrer Gesamtheit mit sonstigen Säulengesamtheiten zu vergleichen als Datenpunkte auf horizontalen Linien bzw. Datenpunkte in vertikaler Anordnung auf verschiedenen Linien.

Es ist anzunehmen daß die hier gestellte Anforderung keine einfache elementare Wahrnehmungsaufgabe darstellt und mehrere alternative Vorgehensweisen bzw. Kombinationen sinnvoll sein können.

5.7.0 Verhältnis zweier Größenwerte: Wieviel % hat der kleinere Größenwert gemessen am größeren Größenwert?

Die Schätzung von Größenverhältnissen gehört den elementaren Operationen mit graphischen Präsentationen von Daten und schon recht früh wurden entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Dabei sollte man unterscheiden zwischen dem Verhältnis eines Größenwertes zu allen Größenwerten (Verhältnis: Teil-Ganzes) und dem Verhältnis eines Größenwertes zu einem anderen Größenwert (Verhältnis:Teil-Teil, bzw. lokaler Vergleich), der uns hier vornehmlich interessiert. Schon Croxton & Stein (1932) konnten nachweisen, daß die Genauigkeit einer Größenverhältnisschätzung (Anteil A an B) von Bars deutlich höher ist als die sonstiger visueller Objekte wie z.B. Quadrate, Kreise oder Würfel. Auch aus neuerer Zeit sind Untersuchungen bekannt, welche Verhältnisse der Größenwerte (hier allerdings Anteil A an allen) analysieren (Spence 1990, Spence & Lewandovsky 1991). Spence (1990) zeigt auf S. 688 zwei Graphiken, aus denen ich ablese, daß der Größenvergleich zweier Größenwerte in der Tabelle genauer als im Säulendiagramm ausfiel, im Säulendiagramm die Aufgabe allerdings klar schneller als mit Hilfe der Tabelle zu beantworten war. Da der Genauigkeitsunterschied zwischen Tabelle und Säulendiagramm unabhängig von Signifikanzerwägungen in einem Bereich von ca. 0,5% liegt, scheint auch das Säulendiagramm für derartige Fragestellungen zumindest eine Alternative zur Tabelle zu sein.
Jedenfalls erwartet man von Säulendiagramm die Beantwortung derartiger Fragen, denn, wie eine Untersuchung von Hastie und Simkins (1987, S.454) ergab, aktivierten die meisten VPn, konfrontiert mit einem Säulendiagramm, spontan Vergleiche zwischen den Größenwerten.

5.7.1 Versuchsaufbau und Versuchsablauf

Vorliegende Untersuchung legte als Fragestellung einen Größenvergleich im Sinne eines Teil-Teil-Vergleichs zugrunde. Die Überprüfung der Fragestellung wurde auf konventionelles Liniendiagramm und Säulendiagramm beschränkt, einzig und allein deshalb, um die VPn nicht weiter über Gebühr zu belasten.

Für beide Graphikvarianten wurden je 5 Präsentationen dargeboten. Diese Aufgaben wurden so konstruiert, daß die den Präsentationen zugrunde liegenden Daten auf Funktionen basierten, die für jede VP jeweils zufällig aus einer ansteigenden, abfallenden, bitonen und mindestens tritonen Funktionsmenge gezogen wurden, für die experimentellen Bedingungen jedoch von der zugrunde liegenden Funktion her parallel ausfielen.

Jede Präsentation umfaßte 12 Rubriken. Bei zwei der 5 Aufgaben lagen die zu vergleichenden Rubriken direkt nebeneinander, bei einer Aufgabe war zwischen den zu vergleichenden Größenwerten eine weitere Rubrik positioniert und bei den restlichen beiden Aufgaben drängten sich zufallsbedingt mindestens 2 und höchstens 10 Rubriken zwischen die zu schätzenden Größenwerten. Die Aufgaben der einzelnen Bedingungen waren im Hinblick auf die genaue Festlegung der jeweils zu vergleichenden Rubriken parallelisiert. Für jede VP wurden diese Festlegungen aber nach bestimmten Zufallsprozeduren bestimmt, die alle auf dem Prinzip basierten, jeweils zufällig ein Rubrikenpaar aus dem Universum aller möglichen Rubrikenpaare mit den definierten Aufgabenmerkmalen zu ziehen.

Wegen der unterschiedlichen Abstände der zu vergleichenden Rubriken sind die Aufgaben unterschiedlich schwer. Die Schwierigkeit ist aber nicht nur durch den Abstand bedingt, sondern kann zudem durch die Störeinwirkungen der zwischen den Vergleichsrubriken liegenden Rubriken bedingt sein.

Aufgabe der VP war es, jeweils das Verhältnis des kleineren Wertes am größeren Wert in Prozent einzuschätzen. Diese Fragestellung ist eine recht häufig verlangte Anforderung in der Graphforschung. So basieren etwa alle Ergebnisse zu den elementaren Wahrnehmungsaufgaben von Cleveland (1985, S.249) auf dieser Fragestellung. Im Gegensatz zu Cleveland ist der Standardreiz (der größere Wert) aber nicht immer konstant als erster Wert erkennbar. Er kann vielmehr jede mögliche Position annehmen und die VP muß hier zunächst einmal ergründen, welcher von den zwei vorgegebenen Rubriken den höheren Größenwert aufweist. Bei Cleveland gibt es keine Zahlen an der Ordinate, offenbar um eine auf Zahlen basierende Schätzung zu verhindern. Bei üblichen Graphiken sind jedoch Zahlen an der Ordinate. Um die Schätzleistung weitgehend auf die graphischen Daten zu lenken, war die Ordinate hier nicht von 0 bis 100 , sondern von 0 bis 50 begrenzt und in Fünferschritte eingeteilt, was insgesamt eine Ausrechnung zumindest erschweren würde.

5.7.2 Hypothesen

Die Daten im konventionellen Linien -und Säulendiagramm unterliegen jeweils einer gemeinsamen Skala im Sinne von Cleveland (1985). Ihre Werte werden anhand von Positionen eingeschätzt und insofern unterscheiden sich beide Präsentationsformen nicht sonderlich in der elementaren graphischen Wahrnehmungsaufgabe. Man kann höchstens behaupten, die Säulen vermittelten zur Positionsinformation zusätzlich noch eine Längeninformation, aber diese ist der Positionsinformation an Genauigkeit unterlegen. Aus den theoretischen Überlegungen Clevelands ist nicht abzuleiten, welche Präsentationsform günstigere Ergebnisse nach sich ziehen sollte.

Ich habe selbst an verschiedenen Stellen (Jacobs 1990, S. 4. bzw. 1994. Postscriptfassung S.20) die Hypothese geäußert, daß Säulendiagramm sei für derartige Fragestellungen besser geeignet als das

Liniendiagramm. Allerdings ist eine Begründung dafür nicht gegeben worden. Die Begründung erscheint nun insbesondere deshalb schwierig, weil in Experiment 3 (Jacobs 1995b) wieder Erwarten festgestellt wurde, daß Liniendiagramm und Säulendiagramm bei der Schätzung von Größenwerten (point reading) vergleichbare Genauigkeits- und Zeitwerte erzielten. Ein möglicher Unterschied zwischen den Präsentationsformen kann sich damit nicht mehr auf unterschiedliche Genauigkeitsschätzungen beim Einzelwert stützen, sondern müßte auf unterschiedliche Möglichkeiten, zwei Werte miteinander vergleichen zu können, rekurrieren. Kann ich 2 Punkte auf einer Linie besser aus der Graphik herauslösen als 2 Säulen? Das kann eventuell im Säulendiagramm etwas einfacher sein, insbesondere dann, wenn, wie beim Identifizieren des maximalen Wertes nachgewiesen, sehr viele Daten (24) im Liniendiagramm dargestellt werden, somit die Rubrikenabstände etwas enger werden und letztlich die Entfernung des kleinen Kreises zur Rubrikenachse recht hoch ist. Wenn jedoch hinreichender Rubrikenabstand gewährt wird, wie dies hier mit 12 Rubriken auf einer Bildschirmseite der Fall ist, keine extremen Abstände zwischen Punkt und Rubrikenachse zu überbrücken sind, dann müßte die Zuordnung von Punkt zur Rubrikenbezeichnung eigentlich eindeutig vorzunehmen sein.

Culbertson & Power (1959) kommen nach Durchführung ihrer Experiment zu folgender Schlußfolgerung: " Both horizontal and vertical bar graphs proved better then line graphs for evaluating and comparing specific quantities" Leider geben die Autoren aber so spärliche Hinweise zu den spezifischen Fragestellungen, den experimentellen Graphen und den Ergebnissen, so daß man die Schlußfolgerung schwer nachvollziehen kann. Zudem hatte das Liniendiagramm keine Rubrikenmarkierungen wie z.B. Punkte, womit es in der Tat natürlich für spezifische Vergleiche benachteiligt sein muß. Mit anderen Worten: Bei Culbertson & Powers (1959) lag kein leistungsfähiges Liniendiagramm vor.

5.7.3 Datenauswertung und Datenelimination

Alle Schätzungen mit >=20 % Abweichungen vom korrekten Wert wurden aus den Datensätzen eliminiert, da sich diese Werte zuverlässig als Extremwerte im Boxplot von Tukey erwiesen. 2 VPn wurden ganz aus der Analyse entfernt, da sie zu oft zu hohe Abweichungen aufwiesen und 50% aller Angaben über 20 % Abweichung betrugen. Auf diese Weise mußten insgesamt 4 % aller Daten eliminiert werden. Große Abweichungen kommen insbesondere dadurch zustande, daß die VPn die Nummern der zu vergleichenden Meßzeitpunkte vergessen haben.

5.7.4 Ergebnisse
5.7.4.1 Ergebnisse für alle Aufgaben

Zunächst wurden alle Aufgaben zusammengefaßt und die Unterschiede zwischen den Präsentationsformen getestet. Dabei ergab sich folgendes Bild:

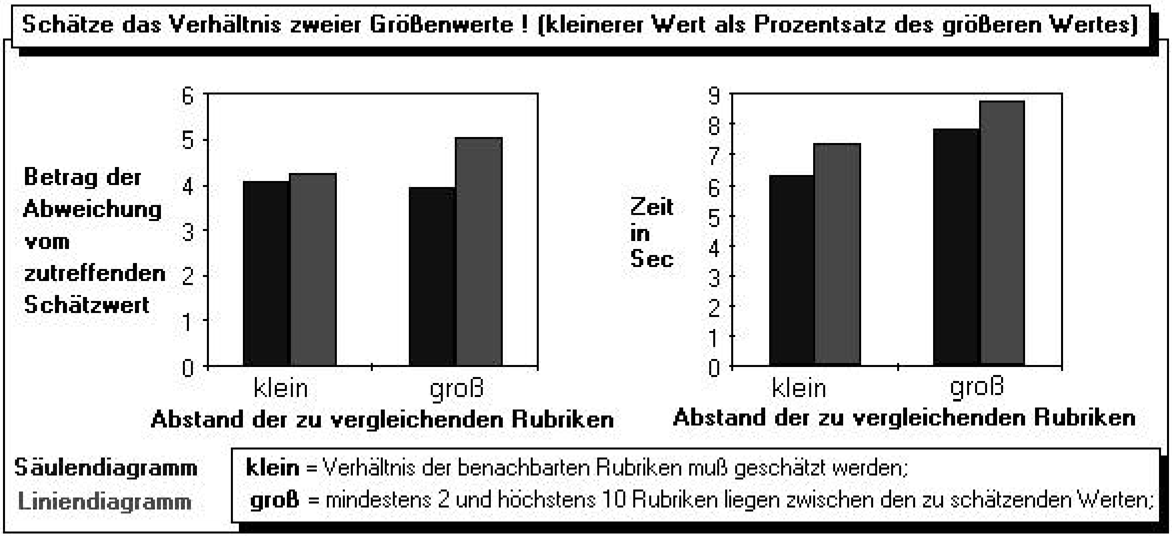
Tabelle 18: **Mittelwerte** und Standardabweichungen, sowie *t-Test für abhängige Stichproben*: (N=44) für die Fragestellung: Wieviel % hat der kleine Größenwert gemessen am größeren Größenwert?

	Säulen-diagramm	**Linien-diagramm**
|Schätzung - korrekt|	**3,9**	**4,6**
t(43)=-1,64;p=,108;(ns)	1,7	2,4
Zeit in Sec.:	**7,0**	**8,0**
t(43)=-3,54;p=,001; (s)	2,6	2,6

Wie aus der Tabelle 18 hervorgeht, läßt sich ein klarer Zeitvorteil für das Säulendiagramm statistisch sichern. Der numerische Genauigkeitsvorteil für das Säulendiagramm ist jedoch zu gering, um die Signifikanzhürde zu nehmen. Insgesamt ist der Unterschied aus beiden Meßvariablen von der Größe her nicht überwältigend und somit im unteren Effektstärkebereich anzusiedeln.

5.7.4.2 Ergebnisdifferenzierung für schwere und leichte Aufgaben

Abbildung 11:



Die Graphik 11 stellt die Ergebnisse beider Graphikvarianten für leichte und schwere Aufgaben dar. Die Varianzanalyse mit den Faktoren Graphvariante (Supersäule, Superlinie) und Aufgabenschwierigkeit (leicht, schwer) konnte bei der Genauigkeit keinerlei signifikantes Ergebnis aufdecken. Die entsprechende Varianzanalyse mit der Zeit als abhängiger Variablen ergab für den Faktor Graphtyp mit einem F-Wert von 9,53, (p=,004) und den Faktor Aufgabenschwierigkeit mit einen F-Wert von 32,08 (p= ,000) jeweils klare signifikante Haupteffekte und keinen signifikanten Interaktionseffekt. Auch der numerische Genauigkeitsvorteil des Säulendiagramms gegenüber dem Liniendiagramm bei den schweren Aufgaben erreicht nicht die Signifikanz (t(43)=1,70; p=.10; (ns).) Mithin sind überhaupt keine Genauigkeitsunterschiede zwischen den Graphikpräsentationen nachzuweisen.
Der Abstand zwischen den zu vergleichenden Größenwerten wirkt sich demnach erstaunlicherweise nur bei der Zeit erwartungsgemäß im Sinne von mehr Zeitbedarf für die schwierigen Aufgaben aus, nicht aber bei der Genauigkeit. Entgegen der früher häufig bestätigten Regel, treten die Graphtypunterschiede mit wachsender Schwierigkeit nicht klarer ins Bild.

5.7.5 Schlußfolgerungen

Das Resumee zu diesen Untersuchungsteil läßt sich eindeutig und relativ unkompliziert zusammenfassen: Es ist im Säulendiagramm etwas einfacher als im Liniendiagramm, Größenverhältnisse zu schätzen.

6.0 Abschließende Diskussion:

Die experimentellen Serien haben eindrucksvoll belegt, daß der Fragestellung bei der Wahl des Graphikformats entscheidende Bedeutung zukommt.

6.1 Graphtyp und Graphanordnung:

Die abschließende Diskussion erfordert eine sorgfältige Differenzierung, weil neben klaren Graphanordnungseffekten häufig Interaktionen zwischen Graphtyp und Graphanordnung vorliegen, welche die Stärken oder Schwächen des Graphtyps eben nur in einer bestimmten Graphanordnung widerspiegeln. Je nach Fragestellung lassen sich die 4 Graphvarianten in 2 Gruppen aufteilen, die sich klar voneinander abgrenzen lassen: Diese Aufteilung nimmt grob betrachtet im wesentlichen 2 Formen an:

(Supersäule, Superlinie) vs.. (Juxtasäule, Juxtalinie)
Supersäule vs. (Superlinie, Juxtalinie, Juxtasäule)

Danach sind sich die Graphiktypen unter Juxtaposition untereinander ähnlicher als die Graphiktypen unter Superposition. Daneben lassen sich auch einige Graphtypunterschiede innerhalb einer Graphanordnung nachweisen, die jedoch insgesamt nicht so überwältigend sind.

6.1.1 Superposition vs. Juxtaposition

Mehrere Datenreihen in einer Graphik erhöhen die Komplexität. Die ungestörte Wahrnehmung einer bestimmten Datenreihe kann je nach Datenkonstellation beeinträchtigt sein. Dafür liegen die einzelnen Datenreihen räumlich nahe beieinander, allen Daten liegt eine gemeinsame Skala zugrunde und Größenvergleiche der Datenelemente untereinander lassen sich einfach vornehmen. Der gelegentlich bei der Analyse von Kurvenverläufen (Experiment 1 und 2) nachgewiesene Vorteil des störungsfreien Erkennens einer Datenreihe unter Juxtaposition erweist sich dann als gravierender Nachteil, wenn bestimmte Vergleiche zwischen Datenreihen anstehen. Hier kommt es aber sehr darauf an, was miteinander verglichen werden soll.

Alle bisher gefundenen Ergebnisse sprechen dafür, daß Juxtaposition genau dann Superposition eindeutig unterlegen ist, wenn die Aufgabe einen Größenvergleich der einzelnen Datenreihenelemente bei einer Rubrik erfordert. Die elementare Fragestellung dazu lautet: "Welche von mehreren Datenreihen erzielt zu einem bestimmten Meßzeitpunkt den höchsten Wert?". In Experiment 3 wurde diese Aufgabenstellung überprüft und erwartungsgemäß schnitt Superposition überdeutlich besser ab als Juxtaposition. Hier wurde diese elementare Fragestellung ausgeweitet. Zum einen galt es, den Schnittpunkt zweier Datenreihen zu identifizieren. Dazu müssen mehrfach Größenrelationen über die einzelnen Rubriken abgeschätzt werden und der Punkt des Umkippens der Relationen ermittelt werden. Als weitere Fragestellung mußten Größenvergleiche von Differenzen vorgenommen werden. Die Identifizierung der größten Rubrikendifferenz erfordert eine quantitative Abschätzung der jeweiligen Unterschiede bei den Rubriken und dann noch ein Größenvergleich dieser Abschätzungen. Die zu beiden Fragestellungen festgestellten Ergebnisse lieferten nicht nur klare signifikante Vorteile für beide Meßvariablen zugunsten von Superposition, **die Größe der Überlegenheit geht eindeutig in den Bereich der praktischen Bedeutsamkeit**. Die bei diesen Fragestellungen gefundenen Graphtypunterschiede sind im Vergleich zum Effekt der Graphanordnung eher nebensächlich. Bei derartigen Aufgabenstellungen muß man in jedem Falle Superposition verwenden. Entscheidet man sich aus sonstigen Gründen dennoch für Juxtaposition, so sollte den Graphen in jedem Fall ein Gitternetz unterlegt werden.

Für Steigungsvergleiche ist Juxtaposition konkurrenzfähig und etwa gegenüber Supersäule stets klar überlegen. Sowohl im longitudinalen Steigungsvergleich, wie auch beim Vergleich von Kurvensegmenten verschiedener Datenreihen konnten beide Graphvarianten unter Juxtaposition bis auf eine Ausnahme mit Superlinie mithalten. Juxtalinie war Superlinie beim Identifizieren der extremen Steigung sogar überlegen. Juxtaposition bleibt somit ein ernsthafter Konkurrent für Superlinie, wenn es um die Analyse spezieller Kurvenmerkmale und um Kurvenvergleiche geht. Hier sei noch einmal daran erinnert, daß Juxtalinie in Experiment 2 (Jacobs 1995a) beim Vergleich von mehreren Datenreihen auf Funktionsäquivalenz stets mindestens so gut abschnitt wie Superlinie und bei 8 Datenreihen sogar überlegen war.

6.1.2 Steigungsvergleiche und Diagrammtyp:

Im Liniendiagramm können Steigungen etwas besser miteinander verglichen werden als im Säulendiagramm. Dies konnte beim longitudinalen Steigungsvergleich aller Kurvenabschnitte innerhalb einer Datenreihe nachgewiesen werden. Die Identifizierung der extremen Steigung gelang im konventionellen Liniendiagramm schneller als im konventionellen Säulendiagramm. Dieser Graphtypunterschied bestätigte sich erneut, als die extreme Steigung bei 2 Datenreihen gefunden werden mußte. Diese Aufgabe erforderte ebenfalls einen Steigungsvergleich. Hier mußte der extremste Steigungsabschnitt aus insgesamt 2 Datenreihen herausgefunden werden und Juxtalinie ergab schnellere Verifikationszeiten als Juxtasäule. Es scheint offenbar so zu sein, daß Steigungen als direkte Linien verdeutlicht etwas besser wahrnehmbar sind als Steigungen auf der Basis von aufeinanderfolgenden Differenzen. Zumindest gilt dies für einen weitgehend logitudinalen Steigungsvergleich. Jedenfalls stützen die Ergebnisse uneingeschränkt die Empfehlung, auch für die Darstellung nur eines Kurvenverlaufs das Liniendiagramm dem Säulendiagramm vorzuziehen. Denn zu dem bereits früher nachgewiesenen besseren Erkennen eines Verlaufs können auch Steigungsunterschiede im Verlauf besser wahrgenommen werden.

Die günstigere Wahrnehmung von Steigungen durch das Liniendiagramm wird aber nicht durchgehend gestützt. Beim Vergleich von Steigungsabschnitten mehrerer Datenreihen in einem bestimmten Kurvenbereich, erzielten Superlinie, Juxtalinie und Juxtasäule vergleichbar hohe Genauigkeiten und Zeiten. Dort mußte abgeschätzt werden, welche von 4 Datenreihen in einem bestimmten Bereich der x-Achse insgesamt den steilsten Anstieg aufwies. Selbst bei der Aufgabe, die einen klassischen Steigungsvergleich ermöglichte (Rubriken des relevanten Bereichs liegen direkt nebeneinander), erzielte Juxtalinie sehr ähnliche Ergebnisse wie Juxtasäule. Superlinie allerdings ist hier günstiger als diese beiden Graphvarianten. Ganz eindeutig sind freilich die Befunde zum Steigungsvergleich unter Superposition. Hier schneidet Supersäule durchgehend klar schlechter ab als Superlinie.

6.1.3 Vergleich von Datengruppen und Graphtyp

Der einzig klare und überzeugende Vorteil von Supersäule gegenüber Superlinie konnte beim Größenvergleich von Summen bzw. Mittelwerten der Datenreihenelemente für die einzelnen Rubriken festgestellt werden. Im Säulendiagramm stehen dann auf einer Rubrik 4 verschieden farbige Säulen, deren Summe bzw. Mittelwert mit denen anderer Rubriken verglichen werden mußte. Diese Summenbildung sowie der anschließende Größenvergleich der Summen gelingt in Supersäule deutlich besser als in jeder anderen Graphvariante. Nebeneinander stehende Säulen lassen sich offenbar besser zusammenfassen (addieren bzw. mitteln) als übereinander liegende Kreise auf verschiedenen Linien. Der Befund zeigt Parallelen auf zu Experiment 3, bei dem Mittelwerte von Datenreihen miteinander verglichen werden mußten. Hier schnitt Juxtasäule bei allen Vergleichen konsistent besser ab als Juxtalinie, woraus man schließen muß, daß nebeneinander liegende Säulen sich auch besser zusammenfassen und vergleichen lassen, als horizontal angeordnete Kreise auf einer Linie. Insgesamt stützen die Befunde also die Hypothese, daß für einen Gruppenvergleich auf der Basis von Größenrelationen nebeneinander stehende Säulen besser geeignet sind als Linienabschnitte, ganze Linien oder übereinander liegenden Kreise auf Linien.

6.2.0 Die Graphiktypen unter den verschiedenen Graphanordnungen

6.2.1 Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition

Immer dann, wenn die Aufgabe das Herausisolieren von ganzen Datenreihen bzw. Datenreihensegmenten erfordert, ist Supersäule allen übrigen Graphikvarianten deutlich unterlegen. Diese Schwäche des superpositionierten Säulendiagramms ist aus den Analysen zu den Kurvenverläufen (Experiment 1 und 2) hinreichend bekannt und konnte dort mehrfach sehr zuverlässig nachgewiesen werden. Hier zeigte sich dieser Nachteil ganz klar bei allen Steigungsvergleichen. Superlinie ist bei derartigen Fragestellungen stets Supersäule überlegen. Diese Einschätzung konnte auch bestätigt werden, als der Schnittpunkt zweier Datenreihen zu identifizieren war.

Beim Erkennen extremer Größenwerte ist nur die Position des Größenwertes relevant. Die visuelle Selektion einer Datenreihe spielt dabei keine lösungsrelevante Rolle. Hier konnte Supersäule einer seiner Stärken gegenüber Superlinie ausspielen, nämlich die unmittelbare Zuordnung des Größenwertes zur dazugehörigen Rubrik. Der Vorteil gegenüber Superlinie zeigt sich nur beim Finden des maximalen Wertes, dort allerdings konsistent. Der Unterschied ist von der Größe insgesamt jedoch nur von theoretischer Bedeutung. Beim Finden der maximalen Differenz zwischen den Elementen zweier Datenreihen schnitt Supersäule in etwa genauso gut ab wie Superlinie.

Geringfügige Vorteile für das Säulendiagramm gegenüber dem Liniendiagramm ergaben sich schließlich beim Vergleich von Verhältnissen zweier Größenwerte, einem offensichtlichen Hauptanwendungszweck des Säulendiagramms. Das Säulendiagramm lieferte aber keineswegs genauere Ergebnisse, sondern ermöglichte lediglich eine etwas schnellere Beantwortung.

6.2.2 Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Juxtaposition.

Beide Graphvarianten weisen im Grunde eine recht hohe Ähnlichkeit auf und die Ergebnisse zu diesen Graphvarianten sind bis auf gewisse Unterschiede weitgehend vergleichbar. Juxtalinie eignet sich eher für horizontale Steigungsvergleiche und unterstreicht so die herausragende Bedeutung von Linien für Präsentation von Kurveneigenschaften. Juxtasäule erlaubt gelegentlich eine geringfügig schnellerer Aufgabenbeantwortung, wenn Größenwerte verschiedener Datenreihen direkt miteinander verglichen werden müssen und dabei die Relation "größer" relevant ist. Möglicherweise bietet neben der Positionsinformation die Säule eine bessere Längeninformation, die manchmal eine schnellere Orientierung verspricht. Bei gut strukturierten Diagrammen, wie sie in diesem Experiment verwandt wurden, ist dieser Gewinn aber nicht sehr überzeugend. Er könnte sich jedoch bei ungünstigeren Konstruktionsbedingungen (z.B. sehr kleine x-Achse) deutlicher bemerkbar machen.

6.3.0 Graphpositionierung der Einzeldiagramme unter Juxtaposition

Von den möglichen Anordnungsvarianten dürften horizontale und vertikale Graphpositionierung zu den effizientesten Anordnungen gehören. In den meisten Fällen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Varianten gefunden. Die vertikale Positionierung erwies sich konsistent für beide Graphiktypen als günstiger, wenn der maximale Anstieg von vier Datenreihen in einem bestimmten Bereich zu finden war. Allerdings galt diese Überlegenheit nicht für alle möglichen Bereiche, sondern nur für den Sonderfall des Steigungsvergleichs bei direkt nebeneinander liegender Rubriken. Bei der Identifizierung des extremen Größenwertes war die horizontale Anordnung unter Juxtalinie der vertikalen Anordnung überlegen, unter Juxtasäule gab es hingegen keine Anordnungsunterschiede. Dieser

Befund ähnelt den Ergebnisse zu den Mittelwertsvergleichen in Experiment 3. Eine voll befriedigende Erklärung finde ich dafür nicht. Sie setzt auch hinreichende Kenntnisse der erforderlichen Teillösungsprozesse für jede Fragestellung voraus. Vieles deutet aber darauf hin, daß die unterschiedlichen Vorteile und Nachteile der beiden Anordnungsvarianten sich oft ausgleichen.

6.4.0 Kombinationsweltmeister der graphischen Präsentationen:

Nach Durchführung aller Experimente des Projektes liegt nun folgende Situation vor:
Für jede der hier untersuchten Graphikvarianten läßt sich mindestens eine Fragestellung finden, bei der diese bessere Ergebnisse lieferte als eine andere Variante und bis auf Juxtasäule kann mindestens eine Fragestellung gefunden werden, bei denen eine bestimmte Graphikvariante besser abschnitt als alle übrigen Graphikvarianten. Es ist sicher nicht auszuschließen, daß sich für die eine oder andere Fragestellung zudem sonstige Graphikvarianten finden oder konstruieren ließen, die allen hier getesteten Graphvarianten bei dieser speziellen Fragestellung überlegen wären.

Neben dem empirischen Nachweis der Interaktion zwischen Graphvarianten und Fragestellung sowie der Entdeckung der ausgesprochenen Stärken oder Schwächen einer Variante für eine spezielle Fragestellung war hier aber auch ein Graphiktyp gesucht worden, der für viele unterschiedliche Fragestellungen hinreichend gute Ergebnisse liefert, somit eine gewisse Allround-Funktion übernehmen kann und einen Datensatz von möglichst vielen verschiedenen Perspektiven beleuchten läßt.

Nach Abwägung aller Ergebnisse sehe ich mich dazu veranlaßt, der Graphvariante Superlinie von den Wahrnehmungseigenschaften her insgesamt den Titel des Kombinationsweltmeisters zuzuerkennen. Wenn die Datenkonstellation unter Superlinie alle Daten gut sichtbar erscheinen läßt (keine Datenüberdeckungen!), dann gibt es zu Superlinie in den meisten Fällen keine echte Alternative, sich ein umfassendes Bild über die präsentierten Ergebnisse zu verschaffen.

Das Ergebnis scheint den Praktikern recht zu geben. "Cartesian line graphs are the preferred method of displaying multidimensional scientific data not only in economics, physics and engeniering, but also in in particular fields of medical siences, such as biochemistry, pharmacology and physiology. Hence, a lot of information in educational textbooks at the university level is presented by line graphs (Maichle 1994).

Warum, wird mancher fragen, dann dieser riesige experimentelle Aufwand, wenn wir doch schon immer gewußt haben, was die beste Graphik ist ? Vielleicht sollte man den kleinen Unterschied beachten zwischen dem, was man zu wissen glaubt, obwohl man nichts weiß und dem, was man durch den Versuch der Erkenntnisbemühung als Ergebnis methodischer Anstrengungen letztlich als Wissen produziert hat, obgleich auch letzteres nicht mehr sein kann als eine gewisse Form des Glaubens.
Es lebe der Unterschied!

Literatur

Bertin, J. (1974). Graphische Semiologie ((übersetzt von G. Jensch, D. Schade, W. Scharfe).Berlin: Walter de Gruyter.

Casali, J. G. & Gaylin, K. B. (1988). Selected graph design variables in four interpretation tasks:a microcomputer-based pilot study. Behaviour and Information Technology, 7, 31-49.

Cleveland, W. S. (1985). The Elements of Graphing Data. Monterey, California: Wadsworth advanced Books and Software.

Croxton, R. E. :. S., H. (1932). Graphik comparison by bars, squares, circles and cubes. Journal of American Statistical Association., 27, 54-60.

Croxton, F. E. :. S., R.E. (1929). Bar charts vs. circle diagrams. Journal of American Statistical Association, 22, 473-482.

Culbertson, H. M. & Powers, R. D. (1959). A study of graph comprehension difficulties. AV Communication Review, 7, 97-100.

Jacobs, B. (1989). Schnelligkeit und Genauigkeit beim Abschätzen von Größenwerten aus einem Säulendiagramm. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 2.

Jacobs, B. (1990). Ein Vergleich der Auswirkungen graphischer und tabellarischer Präsentationsformen auf die Schnelligkeit und Genauigkeit beim Erkennen und Interpretieren statistischer Daten. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 3.

Jacobs, B. (1994). Graphische vs. tabellarische Präsentation von statistischen Daten. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 8, 73-84.
(Kurzfassung von Jacobs 1989 und 1990)

Jacobs, B. (1994). Der Einfluß von Graphtyp und Graphanordnung auf das Graphverstehen bei der Analyse von Verläufen. Saarbrücken. Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 13.
(Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 1; Postscript (160 KB))

Jacobs, B. (1995a). Experimentelle Analysen zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken.
Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 15.
(Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 2; Postscript (152 KB))

Jacobs, B. (1995b). Globale Vergleiche, lokale Vergleiche und Größenschätzungen in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken.Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 16.
(Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 3; Postscript (120 KB))

Lewandowsky S. & Spence, I. (1989). Discriminating strata in scatterplots. Journal of American Statistical Association, 84, 682-688.

Maichle, U. (1994). Cognitive Processes in Understanding Line Graphs. In W. Schnotz & R. W. Kulhavy (Hrsg.), Comprehension of Graphics (S. 207-226). Amsterdam: North-Holland.

Pinker, St. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Hrsg.), Artifical intelligence and the future of testing (S. 73-126). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Rinck, M. (1989). Die Strukturierung von Wissen durch statistische Graphen. Marburg: Dissertation.

Simkin, D. & Hastie, R. (1987). An Information-Processing Analysis of Graph Perception. Journal of the American Statistical Association, Vol. 82, No. 398, 454 - 465.

Spence, I. (1990). Visual Psychophysics of Simple Graphical Elements. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19, 683-692.

Spence, I. & Lewandowsky, S. (1991). Displaying Proportions and Percentages:. Applied Cognitive Psychology, 5, 61-77.

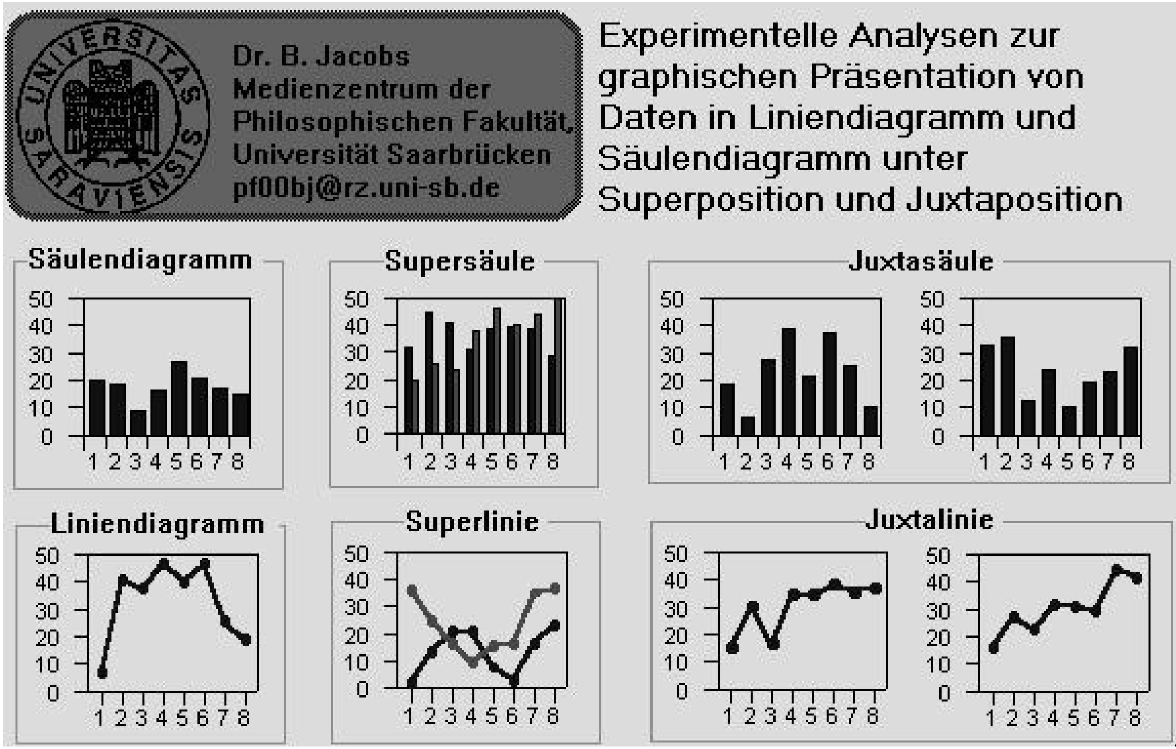
Glossar

Datenreihe:	Hier die zur Kurvenvariablen gehörigen Daten. Ein Liniendiagramm umfaßt 2 Datenreihen, wenn es 2 Linien beinhaltet
Superposition:	Graphische Präsentation, bei der mehrere Datenreihen (multiple panels) in einer Graphik dargestellt werden (multiple line diagram nach Schutz (1961b), z.B.: 3 Linien in einem Liniendiagramm).
Juxtaposition:	Graphische Präsentation, bei der jede Datenreihe in einem eigenen Diagramm dargestellt wird (multiple graph diagram nach Schutz (1961b), z.B.:. 3 kleine Säulendiagramme nebeneinander).
Graph(ik)typ:	Spezielles Format einer graphischen Präsentation, welches hauptsächlich die räumlichen Spezifikationen der Daten bestimmt (z.B. Liniendiagramm, Säulendiagramm, Punktediagramm)
Graph(ik)an-ordnung:	Spezielle Anordnung in einem Graphtyp (Superposition, Juxtaposition).
Supersäule:	Säulendiagramm in Superposition.
Juxtasäule:	Säulendiagramm in Juxtaposition.
Superlinie:	Liniendiagramm in Superposition.
Juxtalinie:	Liniendiagramm in Juxtapositon.
Graph-variante:	Oberbegriff für jede mögliche graphische Präsentationen. Supersäule, Juxtasäule usw. sind Graphvarianten.
Diagramm:	Präsentation von Daten. Hier wird darunter meist eine einzelne Graphik unter Juxtaposition verstanden. Eine Graphanordnung mit 4 Datenreihen unter Juxtaposition beinhaltet 4 Diagramme.
Graphposi-tionierung	auch Diagrammpositionierung=Anordnung der Einzeldiagramme unter Juxtaposition. (Einzelgraphiken untereinander oder nebeneinander)
Aufgabe:	Eine mit Hilfe einer Graphikpräsentation konkret zu beantwortende Frage
Item:	= Aufgabe.
Testwert:	Summe bzw. Mittelwert aus mehreren Aufgaben für eine Fragestellung.
Testserie	Experimenteller Ablauf, der für die Vp als Einheit aufgefaßt werden kann. Eine Testserie umfaßt Instruktionen zum Ablauf, Beispielanwendungen zu bestimmten Bedingungen und die Testphase. In einer Testserie werden mehrere Bedingungen geprüft. So besteht etwa die Fragestellung "Finde den extremen Größenwert bei einer Datenreihe aus einer Testserie, dieselbe Fragestellung bei 2 Datenreihen aus einer weiteren Testserie
virtuelle Linie	Eine nicht in der Graphik vorhandene, aber vom Leser in der Vorstellung konstruierte Linie, welche für die Aufgabenlösung notwendig oder hilfreich ist. z.B. eine senkrechte Linie vom kleinen Kreis in einem Liniendiagramm zur Abszisse, um den Kreis der Rubrikenposition zuordnen zu können.

Angedeutete prototypische Beispiele für die untersuchten Graphikvarianten

aus URL:

http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/Grafikexperiment.html



Unter der URL:

http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/vier/ueber.html

finden Sie eine Kurzfassung dieses Arbeitsberichtes und Beispielgraphen für jede Fragestellung: