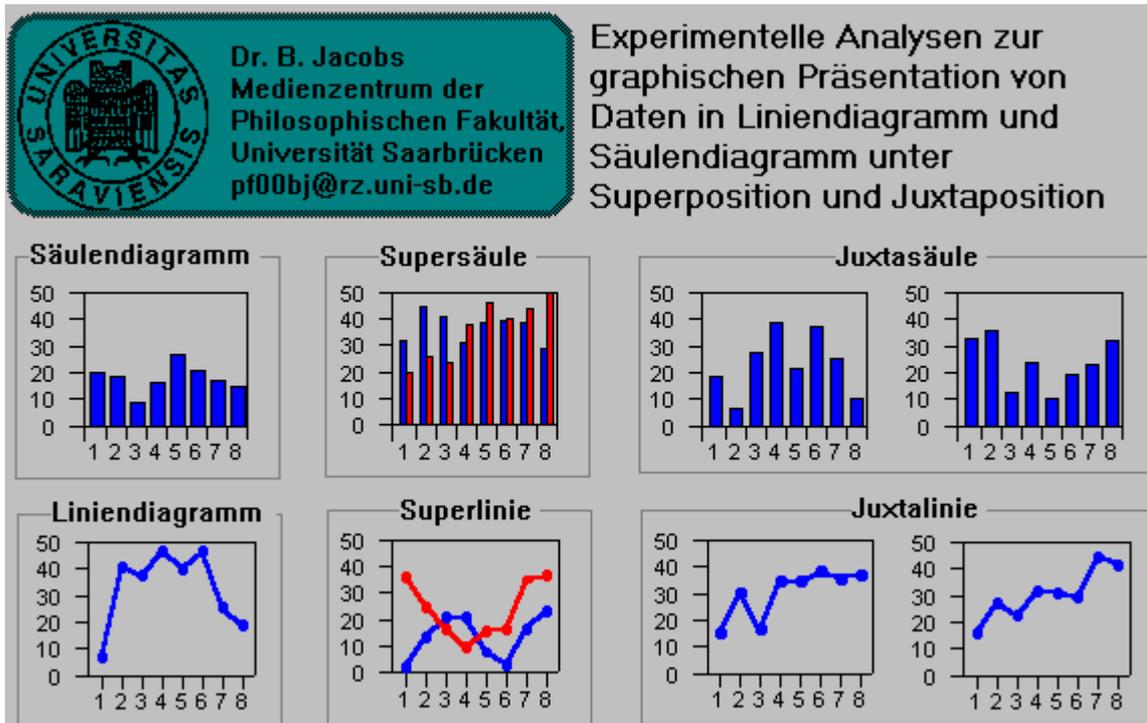


Bernhard Jacobs, created 6.3. 1995....last update 11.7. 1995



Der Beitrag umfasst eine Kurzfassung der 4 Graphikexperimente von Jacobs zur graphischen Präsentation von Daten. Er basiert vollständig auf den Informationen des Verzeichnisses <http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/> welches vom Rechenzentrum der Universität des Saarlandes vom Netz genommen wurde.

Seite

[Einige Bemerkungen zu allen Grafikexperimenten](#)2

[Graphikexperiment 1](#)7
 Der Einfluss von Graphtyp und Graphanordnung auf das Graphverstehen bei der Analyse von Verläufen.

[Graphikexperiment 2](#)15
 Experimentelle Analysen zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

[Graphikexperiment 3](#)26
 Globale Vergleiche, lokale Vergleiche und Größenschätzungen in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

[Graphikexperiment 4](#)43
 Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

[Resumé der Graphikexperimente](#)76

[Literatur](#)88

Einige Bemerkungen zu allen Experimenten

Ausgangslage

Wie Jacobs (1990) nachweisen konnte, sind graphische Präsentationen bei vielen Fragestellungen einer tabellarischen Präsentation klar überlegen.¹ Damit kann eine Grundsatzfrage des graphischen Problems von Bertin (1974). "**Soll man eine Graphik anfertigen?**" zumindest für bestimmte Fragestellungen eindeutig mit "Ja" beantwortet werden. Die günstigere Wahrnehmung durch die Graphik erweitert die Erkennbarkeit komplizierter Beziehungen und ermöglicht auch die Beantwortung anspruchsvollerer Fragestellungen an einen Datensatz.

Komplexer werden Datenmengen, wenn mehrere Datenreihen gleichzeitig in einer Präsentation dargestellt werden sollen. Hier sind graphische Präsentationen häufig notwendig, um in zumutbarer Zeit bestimmte Relationen überhaupt erkennen zu können. Während frühere Forschung oft noch relativ simple Fragestellungen für unterschiedliche Graphikformate analysierte (z.B. Croxton & Stein 1932, Culbertson & Powers 1963, Feliciano et al. 1963), sollen hier insbesondere Verläufe mit mehreren Datenreihen auf experimentell hohem Niveau erforscht werden. Dabei soll der Einfluss der Graphanordnung und des Graphtyps auf das Graphverstehen getestet werden, um so empirisch begründbare Antworten auf eine weitere Grundsatzfrage von Bertin 1974: "**Welche Graphik soll man anfertigen?**" geben zu können.

Mögliche und sinnvolle Fragestellungen an graphische Präsentationen

Die Menge der möglichen Fragestellungen an umfangreiche Datenmengen ist recht groß und kann zweifellos empirisch nicht umfassend überprüft werden. Ein Nachteil vieler Untersuchungen besteht darin, nur wenige, mehr oder weniger willkürliche Fragestellungen überhaupt in Erwägung zu ziehen, die dann am Ende den Eindruck hinterlassen können, bestimmte Graphikformate seien besser als andere. Es kommt aber darauf an, die "richtigen Fragen" an die Datenpräsentation zu stellen und insbesondere die Interaktion zwischen Graphikpräsentation und Fragestellung zu berücksichtigen.

Es sollen vornehmlich solche Fragestellungen überprüft werden, die den besonderen Vorteil einer graphischen Darstellung (gegenüber einer Tabelle) vermuten lassen. Bertin (1974) unterteilt mögliche Fragestellungen an graphische Präsentationen in 3 Gruppen:

1. Fragen, die sich nur aus einem einzigen Element der Datenreihe ergeben: z.B.: Wie hoch ist der Größenwert zum Messzeitpunkt x?
2. Fragen, die sich aus einer Gruppe von Elementen ergeben: z.B.: Steigen die Werte in den ersten 3 Messzeitpunkten an?
3. Fragen, die sich auf die Gesamtheit einer Datenreihe beziehen? z.B.: Welchen Trend weist die Datenreihe auf?

Ein Hauptanliegen der Forschung besteht in der Formulierung theoretisch interessanter und praktisch relevanter Fragestellungen an die graphischen Präsentationen. Dazu sollen Fragestellungen entwickelt werden, welche sich auf Gruppen (2) und überwiegend auf Gesamtheiten der Daten (3) beziehen. Die Beantwortung dieser Fragen erfordert eine besondere Wahrnehmungsstrukturierung (graphical chunks), die je nach Graphiktyp und Graphikanordnung

¹ Es gibt auch Untersuchungen, die für die Überlegenheit der Tabelle gegenüber bar chart und line graph bei bestimmten Fragestellungen sprechen (siehe z.B. Lohse (1993) sowie Meyer, Shinar & Leiser, 1996, submitted for publication.) Ob Tabellen günstiger als Graphiken abschneiden, hängt von verschiedenen Faktoren ab: z.B. der Komplexität der Fragestellung, die Anzahl der Datenelemente und Datenreihen oder der Schwierigkeit, Labels den Daten zuzuordnen.

erleichtert oder erschwert wird. Hier interessiert hauptsächlich, ob die schnellere Beantwortung von Fragen durch bessere Wahrnehmung in den einzelnen Bedingungen zustande kommt und wie diese verbesserte Wahrnehmung begründet werden könnte. Hieraus könnten sich langfristig manche Problemstellungen ableiten, die angewandte Forschung mit "reiner Forschung" verbinden ließen, z.B.: "Wie werden bestimmte visuelle Variablen zusammengefasst, z.B. Säulen addiert, oder Säulenmengen miteinander verglichen? Welche Wahrnehmungsprozesse gelingen präattentiv, bei welchen muss selektiv weiter gesucht werden? Wie kann die Beantwortung einer Frage in Teilprozesse zergliedert werden?"

Mehrere Fragestellungen an einen Graphiktyp oder für jede Fragestellung einen anderen Graphiktyp?

Gäbe es keine Interaktion zwischen Graphiktyp und Fragestellung, würde eine graphische Präsentationsform genügen. Die Praxis kennt demgegenüber vermutlich nicht zu Unrecht sehr viele unterschiedliche graphische Präsentationsformen und von jedem ernst zu nehmende Chartprogramm erwartet man die entsprechenden Optionen. Insofern wäre es wünschenswert, für eine bestimmte Fragestellung jeweils die optimale graphische Präsentation zu kennen.

Nicht selten will man einen Datensatz aber auch von unterschiedlichen Perspektiven aus betrachten und stellt dann mehrere Fragen an dieselben Daten. Im Zeitalter des Computers ließe sich dieses Problem natürlich diagnostisch einfach lösen, indem die Daten menuorientiert je nach Fragestellung in der optimalen Präsentationsform präsentiert werden.

Eine andere Strategie bestünde darin, ein Graphikformat zu wählen, welches die meisten anstehenden Fragen in einem hinreichend befriedigenden Maße beantworten lässt und insgesamt quasi im Mittelwert der Fragestellungen sonstigen Präsentationen überlegen wäre. **Gelegentlich hat man gar keine Fragestellung an eine Graphik, sondern entwickelt diese erst aufgrund der Graphik und insbesondere diese Graphiken müssen mehrere Fragen beantworten lassen.**

Vorliegende Forschung ist an beiden Fragen interessiert, sowohl an den Stärken und Schwächen einzelner Graphikformate wie auch an der Allroundfähigkeit bestimmter Graphikformate. Diese Ausrichtung führt dazu, dass hier auch solche Fragen an die Präsentation gestellt werden, die mit den verwandten Graphiktypen nur suboptimal beantwortet werden können.

Die graphischen Präsentationsformen der Untersuchungen

Wenn man mehrere Verläufe graphisch darstellen will, so kann man für jede Datenreihe ein gesondertes Diagramm (Juxtaposition) oder alle Verläufe in einem einzigen Diagramm (Superposition) präsentieren. Innerhalb dieser Graphanordnung erschienen als Graphiktypen Säulendiagramm und Liniendiagramm sinnvoll.

Die Graphtypen

Ein bestimmter Graphtyp manifestiert sich in verschiedensten Varianten und es ist fraglich, in wie fern diese Varianten die grundlegende Definition des angestrebten Graphtyps erfüllen. Wann genau kann man von einem Säulendiagramm sprechen? Handelt es sich noch um ein reines Liniendiagramm, wenn auf der Linie die Größenwerte der einzelnen Rubriken hier in besonderer Weise als Punkte markiert sind, oder soll man dann besser von einem Punkteliniendiagramm sprechen? Die untersuchten Graphen sind sehr einfach gehalten und sollten weitgehend den elementaren Grundformen der Graphtypen entsprechen. Zusätzlich sind sie so

konstruiert worden, dass mehrere Fragestellungen auch möglichst gut beantwortet werden können. Rubrikenmarkierungen bei Liniendiagrammen sind z.B. unverzichtbar, wenn man bestimmte Rubriken miteinander vergleichen will. Es wurde zumindest ein fairer Vergleich der Graphikvarianten angestrebt, denn 'Unless the design of all displays is optimal, conclusions drawn from the comparisons have to be regarded as tentative only' (Meyer Shinar & Leiser, 1996, submitted for publication) Grundsätzlich werden zu allen Fragestellungen Graphbeispiele (meistens im Original) gezeigt. Diese Beispiele erfüllen jeweils die speziellen experimentellen Festlegungen und repräsentieren streng genommen mögliche Beispiele, da die tatsächlichen Graphen jeweils nach bestimmten Regeln einschließlich Zufallseinflüssen generiert wurden, um eine möglichst hohe Anzahl unterschiedlicher Graphen zu testen.

Die Graphanordnungen

Als grundsätzliche Möglichkeiten der Graphanordnung (siehe dazu auch Bertin 1974, S. 109) bieten sich an:

- A) mehrere Datenreihen in einem Diagramm (Superposition, Multiple Line Diagramm nach Schutz 1961b) oder
- B) jede Datenreihe in einem gesonderten Diagramm (Juxtaposition, Multiple Graph Diagramm nach Schutz 1961b).

Punkt B erlaubt mehrere Anordnungsvarianten. Gelegentlich wurden innerhalb der Anordnungsform Juxtaposition die Sonderformen horizontale vs. vertikale Anordnung gegeneinander getestet. Für die meisten Fragestellungen wurde auf diese Differenzierung verzichtet nicht und zuletzt aus pragmatischen Gründen der Darstellbarkeit meistens die hier übliche Anordnungsvariante verwendet:

Anordnungsvarianten unter Juxtaposition			
(Die Zahlen unter Anordnung entsprechen der Diagrammnummer z.B. 1 2 = erstes Diagramm links, zweites Diagramm rechts)			
Anzahl der Datenreihen	Übliche Anordnung	horizontale Anordnung	vertikale Anordnung
2	1 2	1 2	1 2
4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
8	1 2 3 4 5 6 7 8	-	-

Um die einzelnen Datenreihen in der Graphenordnung Superposition wahrzunehmen und voneinander abgrenzen zu können, sollte eine visuelle Variable mit bestmöglicher Selektivität verwendet werden. Deshalb wurde die Farbe gewählt, die in der Literatur ziemlich übereinstimmend als eine der besten Codierungsarten für mehrere Datenreihen gilt (z.B. Bertin 1974, S. 99, Schutz 1961b, Casali und Gaylin 1988, S.41, Lohse (1993, S.218), Travis 1991, S. 122). Aufgrund soft- und hardwaretechnischer Probleme der freien Wahl beliebiger Farben wurden keine Anstrengungen unternommen, die jeweils physiologisch optimalen Farben zu wenden. Hier wurden bestimmte Vereinfachungen und Standardisierungen vorgenommen (z.B. 1 Datenreihe immer blau, 2. Datenreihe immer rot, siehe die vielen Beispiele). Ein gewisses, hier nicht näher diskutierbares Problem liegt darin, einen fairen Vergleich zwischen Superposition und Juxtaposition zu ermöglichen. Unbedingt notwendig erschien es beispielsweise die Ordinaten-Abszissen-Verhältnisse aller Graphen konstant zu halten.

Experimentelles Design

Alle Experimente basieren auf dem Prinzip der Wiederholungsmessung, in dem jede Vp alle Bedingungen durchläuft. Die Darbietungsreihenfolge innerhalb einer Fragestellung (the order of trials within each task) wurde stets nach Zufall vorgenommen, die Reihenfolge der Fragestellungen hingegen war stets konstant gehalten.

Das Konstruktionsprinzip der experimentellen Bedingungen ist recht kompliziert und kann hier nur angedeutet werden:

- Um die Zuverlässigkeit des Experimentes zu erhöhen, mussten die Vpn zu einer bestimmten experimentellen Bedingung mehrere Graphen beurteilen (trials realisieren).
- Um unerwünschte Erinnerungseffekte auszuschalten, erhielten die Vpn für die zu vergleichenden Bedingungen nicht exakt dieselben Daten in den Graphen.
- Um die externe Validität der UV zu erhöhen, erhielten die einzelnen Versuchspersonen zum Teil unterschiedliche Anforderungen und verschiedene Daten in den Graphen.

Das Vorgehen führt insgesamt dazu, dass in den Experimenten sehr viele variable Datenkonstellationen getestet werden konnten, wodurch die Generalisierbarkeit der Befunde im Hinblick auf die Daten eine solide Basis erhält. Zugleich wurde durch die Wiederholungsmessung sowie eine Reihe von Randomisierungsprozessen die interne Validität des Versuchsplans weitestgehend gesichert. Der mit der Prozedur verbundene Verzicht auf eine Reduzierung der Fehlervarianz sowie die Einbuße an statistischer Effizienz des Versuchsplans wurde demgegenüber in Kauf genommen.

Allgemeines Vorgehen

Vor der eigentlichen Testphase erhielten die Vpn hinreichende Instruktionen über den speziellen Aufgabentyp mit entsprechenden Graphenbeispielen. Anschließend mussten die Vpn mindestens 2 Beispiele durchführen, konnten darüber hinaus aber beliebig viele Beispiele ausprobieren, und erhielten stets die Anweisung, erst dann mit dem eigentlichen Versuch zu beginnen, wenn die Anforderungen ganz klar waren.

Überblick: Prozedur für jeden Versuchsdurchgang		
Schritte	Implizite Instruktion	Nähere Bemerkungen
1	Lese die Frage, ohne die Grafik zu sehen	Einprägen der Fragestellung, z.B: Haben zwei Datenreihen den gleichen Trend ?
2	Klick auf die Leertaste, um die Grafik auf den Bildschirm zu bringen	Zeitmessung beginnt
3	Schau auf die Grafik.	Bemühung, die Antwort zu finden, während man die Grafik sieht.
4	Klick auf die Leertaste, um die Grafik vom Bildschirm verschwinden zu lassen	Zeitmessung endet
5	Gebe die Antwort ein	Beantwortung der Frage durch Tasteneingabe oder Anklicken

Die Vp sah zunächst auf dem Bildschirm eine konkrete Frage: z.B.: 'Welchen Trend weist die rote Datenreihe auf?'. Sie erhielt die Anweisung aus der nachfolgenden Präsentation, die Frage **so schnell wie möglich, aber dennoch korrekt** zu beantworten. Durch Tastendruck der Vp auf die Leertaste verschwand die Fragestellung und die graphische Präsentation wurde sichtbar. Durch einen erneuten click on space bar, der die Graphik zum Verschwinden brachte, sollte die Vp den Zeitpunkt ihrer Antwort bestimmen. Anschließend gab sie die Antwort, meist in Form von MC- oder Short Answer-Aufgabentyp ein.

sehr wichtig: Die Vpn mussten keine Labels irgendwelchen Datenreihen oder Diagrammen zuordnen. Insofern entfiel etwa die Anforderung: Welche Datenreihe repräsentiert die blaue Linie oder welche Datenreihe repräsentiert das Diagramm 1? Es wurde direkt nach der blauen Linie oder dem Diagramm 1 gefragt, weil nicht die kognitive Orientierung, sondern der Wahrnehmungsaspekt im Vordergrund stand.

Graphikexperiment 1

Der Einfluss von Graphtyp und Graphanordnung auf das Graphverstehen bei der Analyse von Verläufen

Zusammenfassung:

Wenn man mehrere Verläufe graphisch darstellen will, so kann man für jede Datenreihe ein gesondertes Diagramm (*Juxtaposition*) oder alle Verläufe in einem einzigen Diagramm (*Superposition*) präsentieren. Innerhalb dieser Graphanordnung erschienen als Graphiktypen *Säulendiagramm* und *Liniendiagramm* sinnvoll. Ausgehend von der Hypothese, dass Unterschiede zwischen den Graphikvarianten mit zunehmender Schwierigkeit deutlicher hervortreten, wurde die Anzahl der Datenreihen variiert. Ziel der Untersuchung war die empirisch zu überprüfende Frage, welchen Einfluss diese 3 Faktoren auf das Erkennen von Kurvenverläufen ausüben, wobei die Wahrnehmung von Kurvensteigungsveränderungen im Vordergrund stand. Zu diesem Zweck wurde ein recht kompliziertes Computereperiment entworfen, dem sich 20 Vpn unterworfen haben.

Wie schon früher nachgewiesen, sind Säulendiagramm und Liniendiagramm vergleichbar gut geeignet, einen Kurvenverlauf bei einer einzigen Datenreihe wahrzunehmen. Dies könnte der Grund dafür sein, dass unter der Graphanordnung Juxtaposition im Wesentlichen keine Graphtypunterschiede auftreten, unabhängig davon, wie viele Datenreihen präsentiert werden. Nur unter der Anordnung Superposition wächst der Vorteil des Liniendiagramms zugunsten des Säulendiagramms mit zunehmender Anzahl der Datenreihen recht deutlich. Jedoch ist die Anordnung Superposition spätestens bei 8 Datenreihen unabhängig von Graphtyp überfordert. Das superpositionierte Liniendiagramm hält bis zu 4 Datenreihen mit der Graphanordnung Juxtaposition mit, ist jedoch bei 8 Datenreihen fehleranfälliger.

Die Untersuchung ist der erste Teil einer im Weiteren geplanten umfangreichen Testserie, in deren Mittelpunkt die Spezifizierung von Interaktionen zwischen Fragestellungen und Graphikvarianten steht.

Schlagworte:

- **Medien**
 - Mediengestaltungsmittel, Illustration, Präsentationsmodi
- **Graphiken Charts**
 - Säulendiagramm, bar char, bar graph
 - Liniendiagramm, line graph
- **Graphanordnung**
 - Superposition, Juxtaposition
- **Verlauf, trendline**
graphical perception

Einstieg in das Thema:

Wie in einer früheren Untersuchung nachgewiesen, sind graphische Präsentationen bei vielen Fragestellungen einer tabellarischen Präsentation klar überlegen. Von insgesamt 10 untersuchten Aufgabenstellungen zeigte sich der durchschlagende Vorteil der graphischen Präsentation gegenüber der Tabelle beim Erkennen von Trends. Damit kann eine Grundsatzfrage des graphischen Problems von Bertin (1974). "**Soll man eine Graphik anfertigen?**" zumindest

für diese Fragestellungen getrost mit "Ja" beantwortet werden. Während in einer Tabelle die Daten sequentiell analysiert und zum Teil kognitiv verarbeitet werden müssen, sind Verläufe graphisch zum Teil präattentiv auf einen Blick erkennbar. Die günstigere Wahrnehmung durch die Graphik erweitert so die Erkennbarkeit komplizierterer Beziehungen und ermöglicht auch die Beantwortung anspruchsvollerer Fragestellungen an einen Datensatz.

Komplexer werden Datenmengen, wenn mehrere Datenreihen gleichzeitig in einer Präsentation dargestellt werden sollen. Hier sind graphische Präsentationen praktisch notwendig, um in zumutbarer Zeit bestimmte Relationen überhaupt erkennen zu können. Es ist erstaunlich, dass in solchen Bereichen, in denen Graphiken quasi konkurrenzlos die Urdaten wahrnehmbar erscheinen lassen, kaum Forschungen durchgeführt wurden, um optimale Graphiktypen oder Anordnungen aufzuspüren. Diesem Defizit soll durch dieses und die nachfolgenden Experimente entgegengewirkt werden, wobei sich die Analyse mit dem Säulendiagramm und dem Liniendiagramm auf die bekanntesten und vermutlich am häufigsten angewandten Graphiktypen beschränkt.

Hypothesen

Die Hypothesen wurden (noch wesentlich detaillierter als hier mitgeteilt) vor dem Experiment in einem Umschlag Zeugen ausgehändigt.

1. Liniendiagramm und Säulendiagramm sind vergleichbar gut geeignet, Kurvenverläufe bei einer Datenreihe zu erkennen.
2. Die Graphiktypen unter der Bedingung Juxtaposition sind vergleichbar gut geeignet, Kurvenverläufe zu identifizieren, unabhängig von der Anzahl der Datenreihen.
3. Unter der Graphanordnung Superposition ist das Liniendiagramm dem Säulendiagramm überlegen (d.h. es beansprucht weniger Zeit). Dies gilt bereits für 2 Datenreihen. Der Unterschied zwischen Liniendiagramm und Säulendiagramm wächst zudem mit steigender Datenreihenanzahl.
4. Hinsichtlich der beiden Graphikvarianten unter Juxtaposition und Superlinie kann keine klare Erwartung ausgesprochen werden. Wenn überhaupt Unterschiede auftreten, dann am ehesten bei 8 Datenreihen zugunsten von Juxtaposition.

Die unabhängigen Variablen

Als UV wurden variiert:

Faktoren (Stufen)

- A Anzahl der Datenreihen (1, 2, 4, 8- Datenreihen)
- B Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)
- C Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm)

Alle Faktoren sind Messwiederholungsfaktoren.

Die abhängigen Variablen

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

Entscheidende abhängige Variable ist die Zeit von der Darbietung der Präsentation bis zur Entscheidung der VP, die Frage als beantwortet zu betrachten. Die VP sollte dabei so schnell wie möglich, aber dennoch genau, die Frage beantworten. Der gesamte Ablauf wird von der VP selbst kontrolliert: Sie liest die spezielle Fragestellung durch, bestimmt durch Tastendruck den Beginn der Graphikpräsentation und beendet durch erneuten Tastendruck die Reizdarbietung. Anschließend gibt sie die Antwort ein.

Die Konstruktion des experimentellen Bedingungen

Die aktuellen Graphiken für die einzelnen experimentellen Bedingungen waren nach gewissen Regeln parallelisiert. Jede Vp bearbeitete andere Daten. Die Daten in den Graphiken wurden auf der Basis bestimmter Funktionen generiert und variable Teile der Funktionen nach Zufall innerhalb bestimmter Bereiche variiert. So konnte eine große Vielfalt unterschiedlicher Datenkonstellationen getestet werden und die externe Validität entscheidend verbessert werden.

Das genaue experimentelle Vorgehen, die Explizierung des Versuchsplans, eine Simulation möglicher Kurvenverläufe, Graphbeispiele für alle experimentellen Bedingungen und 2 Experimente aus Graphikexperiment 1 liegen als Toolbookdateien vor und können vom Netz bezogen werden

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 20 Vpn teil. 16 Vpn waren Student(inn)en der Erziehungswissenschaft, die im WS 1993/1994 das vom Verfasser geleitete Seminar "Einführung in die Versuchsplanung" belegten. Die restlichen 4 waren studentische Hilfskräfte und Mitarbeiter der Universität.

Versuchsablauf

Die studentischen Versuchspersonen absolvierten das Experiment im CIP-Raum der Philosophischen Fakultät in Gruppen von 3 bis 7, jeder für sich an einem eigenen Computer. Die übrigen VPn führten das Experiment alleine meistens in ihrem Arbeitszimmer durch.

Der gesamte Versuchsablauf wurde vom Computerprogramm übernommen. Die Vpn mussten dabei vor jeder experimentellen Bedingung jeweils Beispielaufgaben durchführen und erhielten die Instruktion, erst dann mit dem Versuch zu beginnen, wenn die Aufgabenstellung ganz klar war. Das Experiment dauerte insgesamt ca. 70 bis 100 Minuten.

Die speziellen Fragestellungen der Untersuchung

Das Erkennen eines Trends wurde hier auf das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Steigung eines Kurvenverlaufs reduziert. Es sollte erkannt werden, welches Vorzeichen bzw. welche Vorzeichenentwicklung die Steigung einer Datenreihe aufweist.

Zwei verschiedene Aufgabenstellungen sollten in unterschiedlicher Weise ein Erkennen von Verläufen erfassen:

- **Erkenne Verlauf!**

Die Datenreihe wurde vorgegeben und das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Steigung dieser Datenreihe sollte erkannt werden.

- **Finde Datenreihe!**

Eine bestimmte Vorzeichenentwicklung (z.B. -,+) wurde vorgegeben. Aus mehreren Datenreihen sollte diejenige Datenreihe, die den geforderten Verlauf aufwies, identifiziert werden.

Nur bei "Erkenne Verlauf!" kann konventionelles Liniendiagramm und Säulendiagramm getestet werden, weil bei "Finde Datenreihe!" mindestens 2 Kurvenverläufe vorliegen müssen.

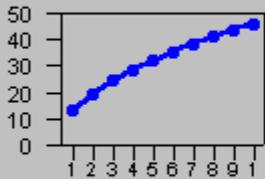
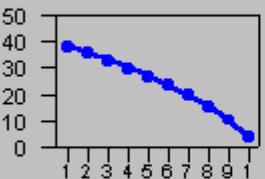
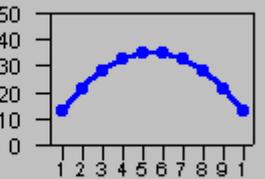
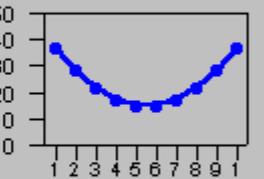
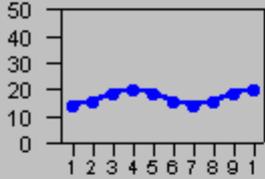
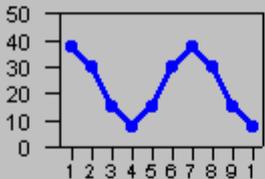
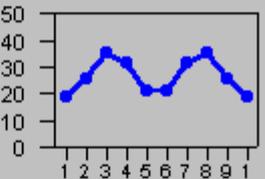
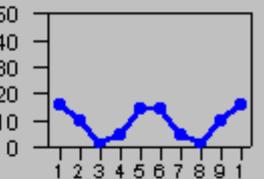
Erkenne das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Steigung des Kurvenverlaufs bei einer Datenreihe!

Hier wurde ein Kurvenverlauf in Form eines Liniendiagramms oder Säulendiagramm vorgegeben und die Vp musste das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung dieses Verlaufs identifizieren:

Instruktionsbeispiel vor der Versuchsdurchführung

Erkenne Verlauf 1 Datenreihe

Beispiele für mögliche Kurvenverläufe (Liniendiagramm)

<p>+</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>-</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>+ -</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>- +</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>
<p>+ - +</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>- + -</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>+ - + -</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>	<p>- + - +</p>  <p>Meßzeitpunkte</p>

Sie sehen hier alle möglichen Vorzeichenentwicklungen der Kurvenverläufe, nun jeweils in einem Liniendiagramm.
 Das 3. Diagramm von links oben zeigt den Verlauf **Anstieg Abfall (+ -)**,
 Das 1. Diagramm von links unten zeigt **Anstieg Abfall Anstieg (+ - +)**.

Alle im Versuch vorkommenden Verläufe werden eine der 8 möglichen Vorzeichenentwicklungen aufweisen. Die einzelnen Verläufe müssen aber nicht genau so aussehen, wie hier dargestellt, sondern können variieren

Index

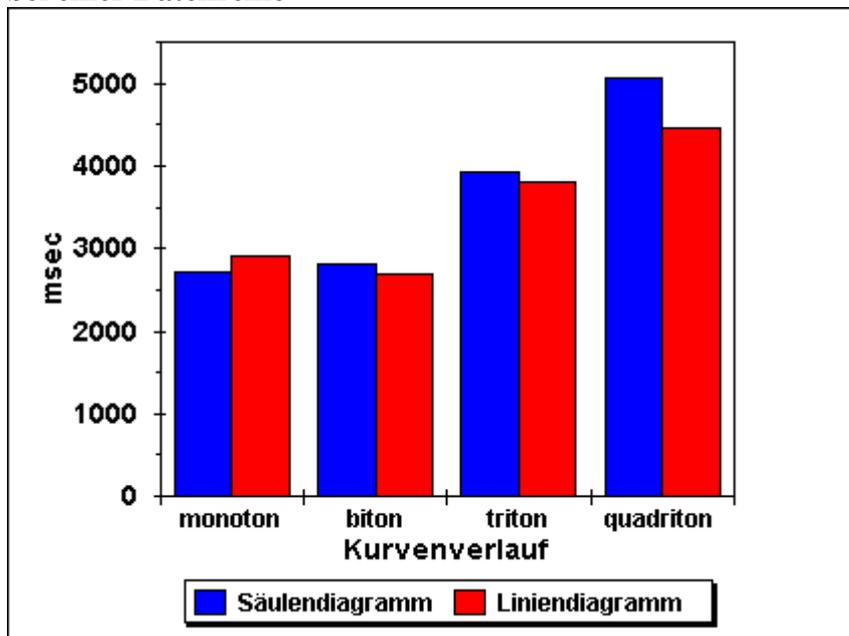
zum ersten Beispiel

zurück

Im Experiment wurde jeweils nur eine Kurve vorgegeben. Den Kurven lagen bestimmte Funktionen zugrunde: Innerhalb einer Funktion wurden mehrere Zufallsprozesse eingebaut, die dafür sorgen sollten, dass hinreichende Variationen z.B. bzgl. Niveau und Steigung vorkommen können. So kann etwa die Sinusfunktion des quadratischen Kurvenverlaufs mit hoher Amplitude die gesamte Graphik ausfüllen, aber auch eine kaum merkbare Wellenbewegung am oberen Rand einer Graphik hervorbringen. Bedingt durch diesen Versuchsaufbau erhalten die Vp unterschiedliche Realisationen eines Verlaufs.

Ergebnisse

Zeit zum Erkennen der Vorzeichenentwicklung eines Kurvenverlaufs bei einer Datenreihe



Verlauf

Vorzeichenentwicklung
des Kurvenverlaufs

monoton: Mittelwerte aus + und -
 biton: Mittelwerte aus + - und - +
 triton: Mittelwerte aus + - + und - + -
 quadriton: Mittelwerte aus + - + - und - + - +

wichtige Ergebnisse:

- Liniendiagramm und Säulendiagramm unterscheiden nicht signifikant voneinander. Dies gilt sowohl für die Zeit (siehe Abbildung) als auch für die Genauigkeit.
- Die Interaktion zwischen Verlaufsarten und Graphiktypen ist nicht signifikant.

Erkenne bei mehreren Datenreihen das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Steigung des Kurvenverlaufs einer bestimmten Datenreihe!

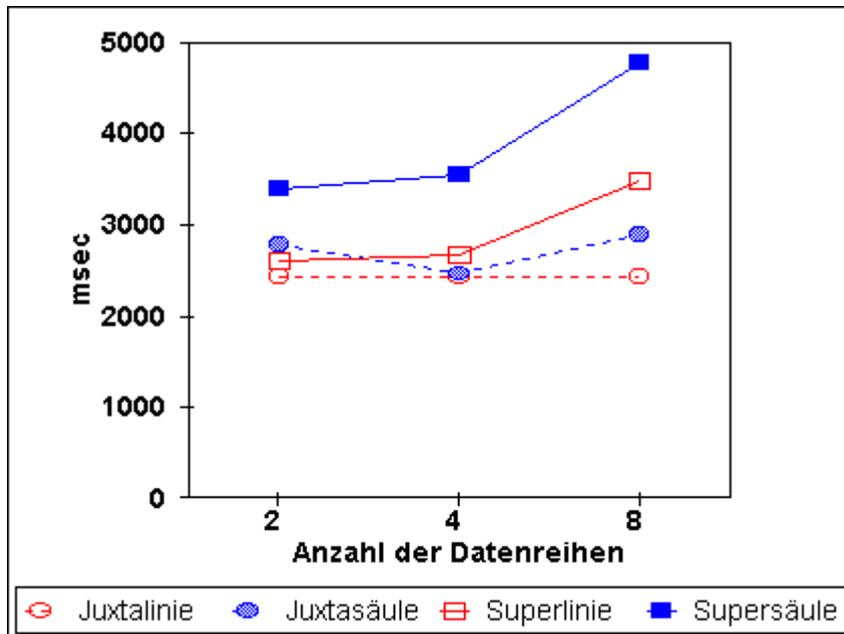
Die graphische Präsentation umfasste 2, 4 oder 8 Datenreihen. Bevor der Proband die Graphik sah, erhielt er die Instruktion, sich eine ganz bestimmte Datenreihe zu merken, weil deren Verlauf in der bald folgenden Präsentation erkannt werden sollte, also: **Welchen Verlauf hat eine bestimmte Datenreihe?** Diejenige Datenreihe, deren Verlauf bestimmt werden sollte, wird im folgenden Zieldatenreihe genannt.

Bei der Graphanordnung "Superposition" wurde die Zieldatenreihe durch die Farbe (z.B.: **Welchen Verlauf hat die rote Datenreihe?**), bei der Graphanordnung "Juxtaposition" durch die Diagrammnummer (z.B.: **Welchen Verlauf hat die Datenreihe im Diagramm Nr. 2?**) spezifiziert.

Die Schwierigkeit bei dieser Aufgabe liegt darin, die Zieldatenreihe aus der Gesamtpräsentation herauszulösen und sich nicht von den zielirrelevanten Verläufen stören zu lassen.

Ergebnisse

Zeit zum Erkennen der Vorzeichenentwicklung einer vorgegebenen Datenreihe (Erkenne Verlauf bei mehreren Datenreihen!)



Beispielfragestellungen: Welchen Verlauf zeigt die rote Datenreihe ?

Welchen Verlauf zeigt die Datenreihe in Diagramm 4 ?

Juxtalinie = Liniendiagramm unter Juxtaposition

Juxtap Säule = Säulendiagramm unter Juxtaposition

Superlinie = Liniendiagramm unter Superposition (so eine Graphik wird hier dargestellt)

Supersäule = Säulendiagramm unter Superposition

Wichtige Ergebnisse

- Supersäule benötigt für jede Stufe des Faktors "Anzahl der Datenreihen" signifikant mehr Zeit als alle übrigen Graphvarianten.
- Bei 8 Datenreihen erzielt Juxtalinie gegenüber Superlinie signifikant schnellere Zeiten und signifikant höhere Genauigkeiten.

Finde aus mehreren Datenreihen die Datenreihe mit einer bestimmten Vorzeichenentwicklung des Kurvenverlaufs!

Die graphische Präsentation umfasste 2, 4 oder 8 Datenreihen. Vor der Graphikpräsentation wurde ein bestimmter Verlauf (= Zielverlauf) **verbal** vorgegeben, den sich die Vp merken sollte. Unmittelbar nach der Graphikpräsentation sollte diejenige Datenreihe, welche den Zielverlauf aufwies, identifiziert werden, also z.B.: **Welche Datenreihe zeigt den Verlauf "Anstieg Abfall" ?** Bei Superposition musste die korrekte Farbe der Datenreihe, bei Juxtaposition die richtige Diagrammnummer identifiziert werden.

Die Schwierigkeit bei dieser Fragestellung liegt darin, den zutreffenden Verlauf aus mehreren möglichen Verläufen zu entdecken.

Instruktionsbeispiele für Supersäule mit 4 Datenreihen sowie für Juxtalinie mit 4 Datenreihen vor Durchführung des Versuchs

Finde Datenreihe! 4 Datenreihen

Diagramm 1 : Niederschläge

Welche Datenreihe zeigt den Verlauf "Anstieg Abfall" ?
 richtige Lösung: **Die grüne Datenreihe.**
 Welche Datenreihe zeigt den Verlauf "Abfall Anstieg" ?
 richtige Lösung: **Die rote Datenreihe.**
 Hier sehen Sie ein Säulendiagramm. Es werden aber auch Liniendiagramme dargestellt.

Index
 zum zweiten Beispiel
 zurück

Finde Datenreihe! 4 Datenreihen

Diagramm 1

Meßzeitpunkte

Diagramm 2

Meßzeitpunkte

Anordnung der Diagramme:

1	2
3	4

Diagramm 3

Meßzeitpunkte

Diagramm 4

Meßzeitpunkte

Welches Diagramm zeigt den Verlauf "Abfall Anstieg Abfall Anstieg" ?
 Lösung: **Diagramm Nr. 1**

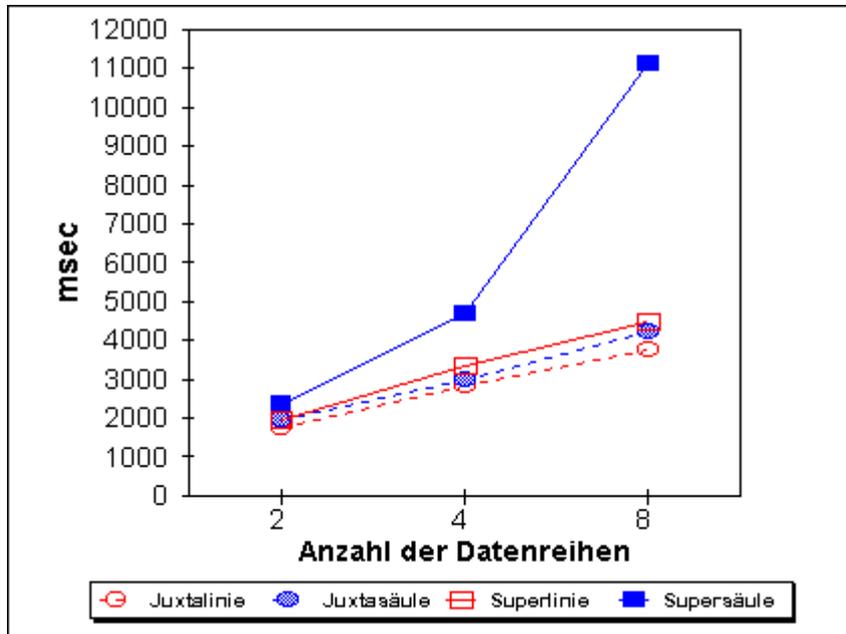
Welches Diagramm zeigt den Verlauf "Abfall" ?
 Lösung: **Diagramm Nr. 3**

Bitte beachten Sie die Anordnung der Diagramme! Sie ist stets gleich:
 D.h. zum Beispiel: Diagramm 3 ist immer links unten.

Index
 zum ersten Beispiel
 zurück

Ergebnisse:

Zeit zum Erkennen der Datenreihe mit einem vorgegebenen Verlauf (Finde Datenreihe!)



Beispielfragestellungen:

Welche Datenreihe zeigt den Verlauf "Anstieg, Abfall"

Welches Diagramm zeigt den Verlauf "Abfall, Anstieg, Abfall"

Wichtige Ergebnisse

- Supersäule benötigt für jede Stufe des Faktors "Anzahl der Datenreihen" signifikant mehr Zeit als alle übrigen Graphvarianten, die sich ihrerseits bzgl. der Zeit bei keiner Bedingung bedeutsam voneinander unterscheiden..
- Bei 8 Datenreihen werden unter Juxtaposition signifikant weniger Fehler gemacht als unter Superposition. Juxtalinie erzielt signifikant genauere Prozentsätze als Superlinie und Juxtasäule signifikant genauere Werte als Supersäule.

Schlussfolgernde Empfehlungen:

1. Bei einer Datenreihe sind Liniendiagramm und Säulendiagramm vergleichbar gute Graphypen, um Verläufe zu erkennen.
2. Bereits ab der zweiten Datenreihe liefert das Säulendiagramm in der Graphanordnung "Superposition" ungünstigere Zeitwerte als die übrigen Graphvarianten. Das ist wahrnehmungspsychologisch zumindest plausibel. Bis zur vierten Datenreihe sind superpositioniertes Liniendiagramm und die Graphikvarianten unter Juxtaposition vergleichbar gut geeignet. Superlinie kann somit bis zu mindestens 4 Datenreihen beim Erkennen von Kurvenverläufen mit Juxtaposition mithalten, lässt aber darüber hinaus deutliche Vorteile für andere Fragestellungen erwarten.
3. Spätestens ab 8 Datenreihen empfiehlt sich die Graphanordnung Juxtaposition, wobei unter dieser Graphanordnung der Graphiktyp kaum eine wesentliche Rolle spielt. Die Graphanordnung Superposition ist vornehmlich wegen der mangelnden Genauigkeit bei 8 Datenreihen überfordert. Dies gilt auch für das Liniendiagramm in der Anordnung Superposition.

Grafikexperiment 2

Experimentelle Analysen zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen im Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

Zusammenfassung:

Die Erweiterung des Graphikexperiments 1 bestand in der Überprüfung des Einflusses von **Graphtyp** (Liniendiagramm, Säulendiagramm), **Graphanordnung** (Superposition, Juxtaposition) und **Anzahl der Datenreihen** (=Kurvenverläufe) auf die Schnelligkeit und Genauigkeit der Beantwortung bestimmter Fragen. Dabei interessierten hier vornehmlich solche Fragestellungen, welche die Daten einer Datenreihe in ihrer Gesamtheit betreffen und deren Beantwortung ein ganzheitliches Erfassen der Beziehungen bedarf. Es handelt sich dabei um Fragen nach dem Verlaufstyp einer Datenreihe, nach Abweichungen von einem erwarteten Verlauf oder nach Ähnlichkeiten bzw. Unähnlichkeiten von Trends mehrerer Verläufe. Die Vorteile einer speziellen graphischen Präsentation sollten dabei primär durch eine günstigere Wahrnehmung zustande kommen.

Zur Überprüfung wurde ein komplexes Computerprogramm entwickelt, dem ein Datengenerator zur Konstruktion künstlicher Daten zugrunde lag. Dadurch stand eine große Palette unterschiedlicher Datenkonstellationen zur Verfügung. 25 studentische Vpn nahmen am Experiment teil.

Alle Ergebnisse sprechen in ziemlich konsistenter Weise statistisch überzeugend für den Vorteil des Liniendiagramms bei derartigen Fragestellungen.

Schlagworte:

Präsentationsmodi, Diagramme, Charts, Graphs, bar chart, line graph, graphical displays, graphical perception

Einstieg in das ThemaT

Graphische Präsentationen von Daten erweisen sich insbesondere dann als fruchtbar, wenn eine tabellarische Darstellung die Beziehungen zwischen den Daten nicht mehr oder nur noch mit sehr hohem Aufwand erkennen läßt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Verläufe mehrerer Datenreihen auf einmal analysiert werden müssen. Dann stellt sich meistens nicht die Frage, ob eine Graphik hilfreich ist, sondern welche Graphik in welcher Anordnung für welche Fragestellung am ehesten geeignet ist.

Die Vorteile einer speziellen graphischen Präsentation sollen dabei primär durch günstigere Wahrnehmung zustande kommen. Im Mittelpunkt unserer Forschung steht letztlich das Problem, wie die Relationen zwischen Zahlen möglichst gut so in räumliche Relationen umgesetzt werden können, damit derjenige, der weiß, welche Relationen er in der Graphik erkennen soll, diese auch auch möglichst schnell und hinreichend genau wahrnehmen kann. Von zentraler Bedeutung der Untersuchung ist die Überprüfung der Fragestellung, wie Verläufe besonders gut wahrgenommen werden können, wenn typische Verlaufscharakteristika eher ganzheitlich erfaßt werden müssen. Vorliegende Untersuchung knüpft direkt an Experiment 1 an, modifiziert eine zentrale Fragestellung und ergänzt die Analyse um weitere Fragestellungen. Wie dort werden auch hier als Graphiktypen Säulendiagramm und Liniendiagramm in Superposition und Juxtaposition analysiert.

Die unabhängigen Variablen

- Faktoren (Stufen)
- A Anzahl der Datenreihen (1, 2, 4, 8- Datenreihen)
- B Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)
- C Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm)

Alle Faktoren sind Meßwiederholungsfaktoren.

Die abhängigen Variablen

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

Die Daten in den Graphiken

Die Daten in den Graphiken wurden auf der Basis bestimmter Funktionen generiert. Variable Teile der Funktionen wurden nach Zufall innerhalb bestimmter Bereiche variiert. Eine linear positive Funktion produziert so z.B. immer eine Gerade mit positiver Steigung, jedoch wurden hier der y-Achsenabschnitt und die Steigung bestimmten Zufallsprozessen unterworfen, wodurch steile und flache Kurven an unterschiedlichen Positionen im Graph zustande kamen.

Die Graphiken für die einzelnen experimentellen Bedingungen waren nicht identisch. Sie wurden nach gewissen Regeln parallelisiert. Jede Vp bearbeitete andere Daten. So konnte eine große Vielfalt unterschiedlicher Datenkonstellationen getestet werden und die externe Validität entscheidend verbessert werden.

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 25 Vpn teil. Die eine Hälfte davon waren überwiegend mathematisch naturwissenschaftlich orientierte Seminarteilnehmer eines vom Verfasser geleiteten Seminars, die andere Hälfte rekrutierte sich aus erziehungswissenschaftlichen Studenten eines Statistikseminars.

Versuchsablauf

Die studentischen Versuchspersonen absolvierten das Experiment im CIP-Raum der Philosophischen Fakultät in Gruppen von 3 bis 8, jeder für sich an einem eigenen Computer. Der gesamte Versuchsablauf wurde vom Computerprogramm übernommen. Die Vpn mussten dabei vor jeder experimentellen Bedingung jeweils Beispielaufgaben durchführen und erhielten die Instruktion, erst dann mit dem Versuch zu beginnen, wenn die Aufgabenstellung ganz klar war. Zu jeder experimentellen Bedingung wurden mehrere Graphen getestet, die bei der Auswertung zu Testwerten zusammengefasst wurden. Der gesamte Ablauf wird von der Vp selbst kontrolliert: Sie liest jeweils die spezielle Fragestellung durch, bestimmt durch Tastendruck den Beginn der Graphikpräsentation und beendet durch erneuten Tastendruck die Reizdarbietung. Anschließend gibt sie die Antwort durch Mausklick ein.

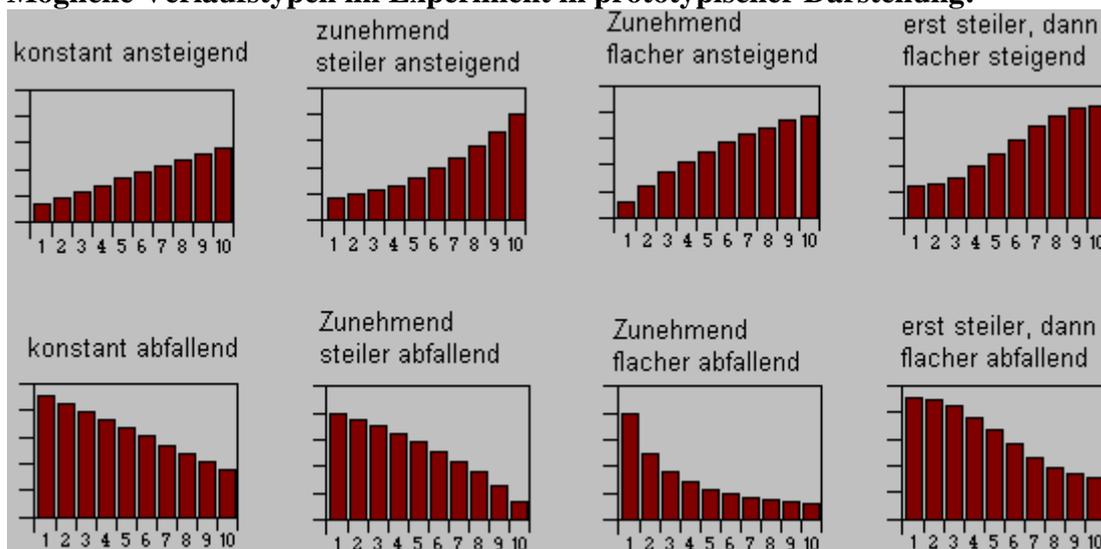
Identifizieren eines bestimmten Kurvenverlauftyps

In Experiment 1 sowie in einem früheren Experiment wurde das Erkennen eines Kurvenverlaufs auf das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Kurvensteigung reduziert. Ein u-förmiger Verlauf musste so als ein Muster von "-", "+" identifiziert werden. In beiden Experimenten wurde übereinstimmend festgestellt, dass Liniendiagramm und Säulendiagramm bei einer Datenreihe sowohl hinsichtlich Genauigkeit als auch hinsichtlich der benötigten Zeit vergleichbare Ergebnisse erzielten.

Möglicherweise fördert diese in Experiment 1 geprüfte Aufgabenstellung sequentielles Suchen und Bestätigen und verhindert ganzheitliche Wahrnehmung. Um ein eher ganzheitliches Erfassen von Kurvenverläufen zu testen, wurde daher hier eine andere Erfassungsmethode gewählt. Im Wesentlichen ging es darum, eine graphisch dargestellte Kurve einem bestimmten Funktionstyp zuzuordnen bzw. den allgemeinen Funktionstyp in einer konkreten Darstellung zu erkennen.

Intuitiv schien ein Vorteil für das Liniendiagramm eher wahrscheinlich, weil eine Linie den Verlauf als Ganzes prägnanter darstellt als Säulen, deren Verbindung zu einer zusammengehörigen Einheit möglicherweise mental erst konstruiert werden muss.

Mögliche Verlaufstypen im Experiment in prototypischer Darstellung:



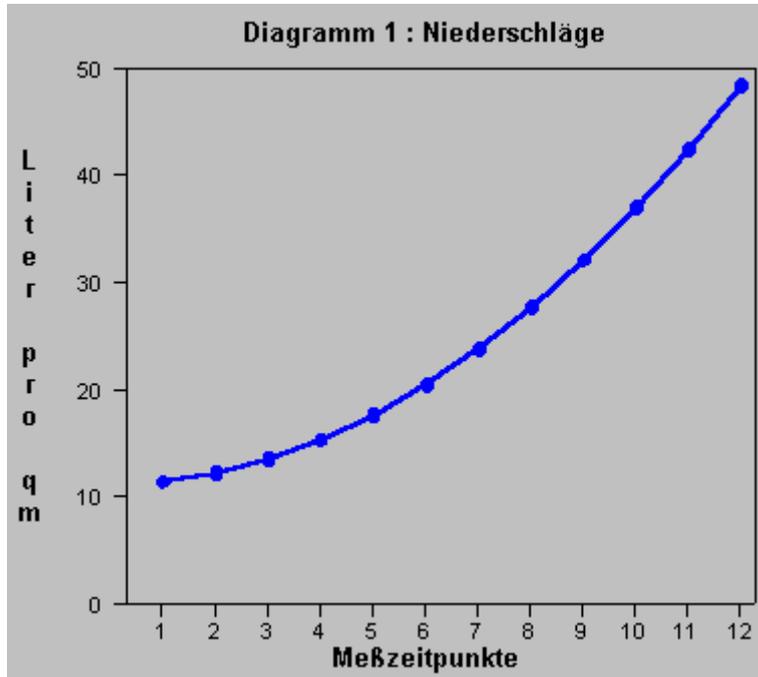
Die Vp musste sich zunächst die oben dargestellten Funktionen genauer ansehen.

Experimenteller Ablauf:

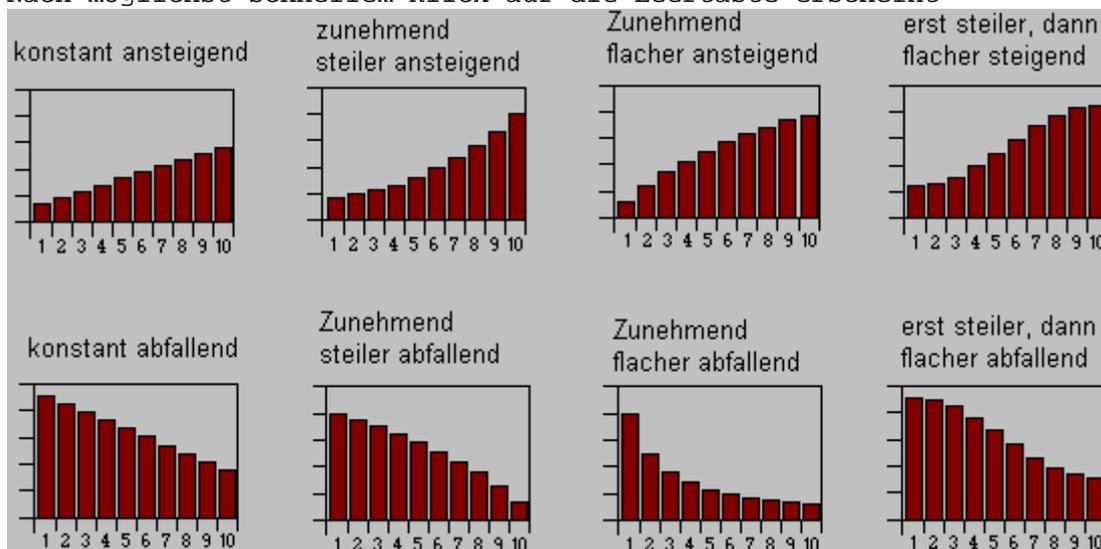
Der Vp wurde eine Graphik präsentiert und sie musste den dazugehörigen Funktionstyp identifizieren. Die experimentellen Graphen in Form eines Liniendiagramms oder Säulendiagramms entsprachen einem der oben gezeigten Typen, variierten aber nach Zufall hinsichtlich bestimmter Merkmale (Steigung, y-Achsenabstand).

Beispiel

Durch Druck auf die Leertaste wird das Diagramm angefordert. Beim Erscheinen des Diagramms sollte die Vp möglichst schnell, aber dennoch genau entscheiden, um welchen Verlaufstyp es sich handelt. Danach sofort auf "Ihre Entscheidung" klicken!



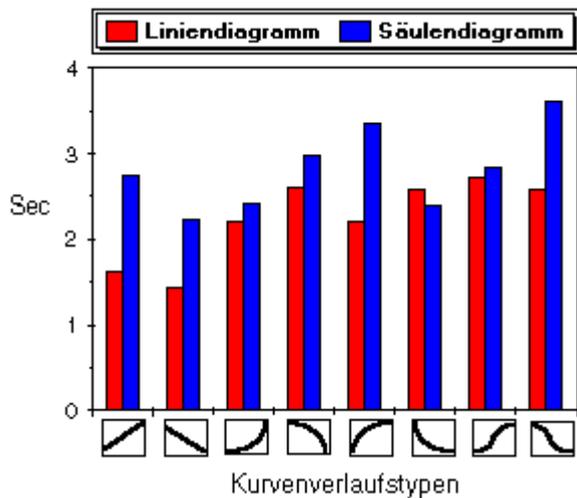
Nach möglichst schnellem Klick auf die Leertaste erscheint



Zu welchem Funktionstyp gehörte der Beispielgraph ?

Die Vp musste nun den entsprechenden Funktionstyp anklicken.

Ergebnisse zur Identifizierung eines Kurvenverlauftyps



Wichtige Ergebnisse:

- Liniendiagramm erbringt signifikant genauere Ergebnisse als Säulendiagramm.
- Liniendiagramm liefert signifikant schnellere Entscheidungszeiten als Säulendiagramm (siehe obige Abbildung).
- Die Interaktion zwischen Graphiktypen und Verlaufstypen ist insignifikant.

Finde unter mehreren Datenreihen die Datenreihe mit einem bestimmten Verlaufstyp!

In einer Präsentation waren 2, 4 oder 8 Datenreihen (=Kurvenverläufe) vorhanden. Bevor die Vp die Präsentation zu Gesicht bekam, wurde ihr der Prototyp eines bestimmten Verlaufes graphisch vorgegeben. Aufgabe der Vp war es, aus der nachfolgenden Präsentation diejenige Datenreihe zu identifizieren, deren Verlauf ein zutreffendes Beispiel für den prototypischen Verlauf aufwies.

Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtasäule, Juxtalinie.

Es wurden ähnliche Ergebnisse wie in Experiment 1 erwartet mit dem Unterschied, dass Juxtalinie hier günstigere Ergebnisse aufweisen sollte als Juxtasäule, weil sich das Liniendiagramm zum Erkennen von Kurvenverläufen, so wie sie hier geprüft wurden, als günstiger erwiesen hat.

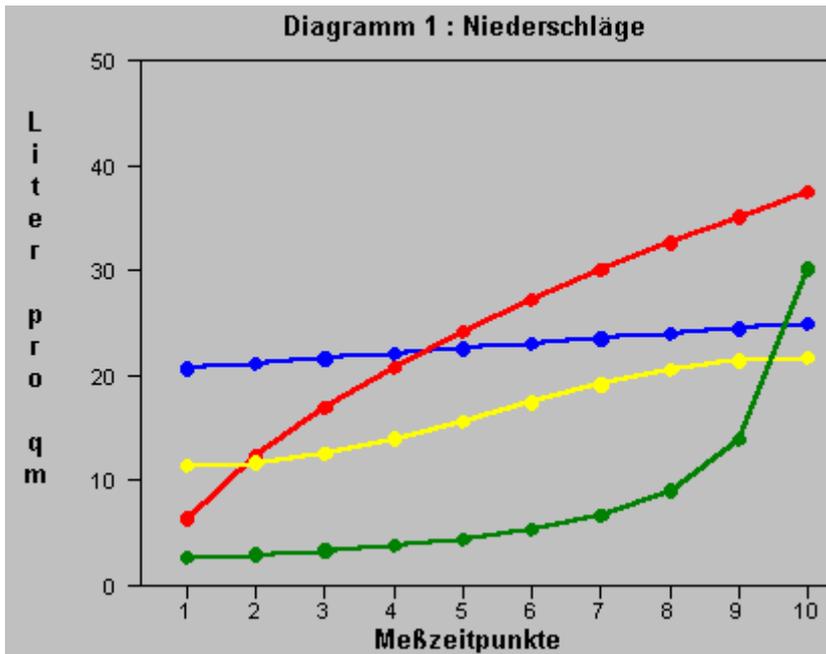
Experimenteller Ablauf:

Vp sah einen zunächst einen bestimmten Kurvenverlauf



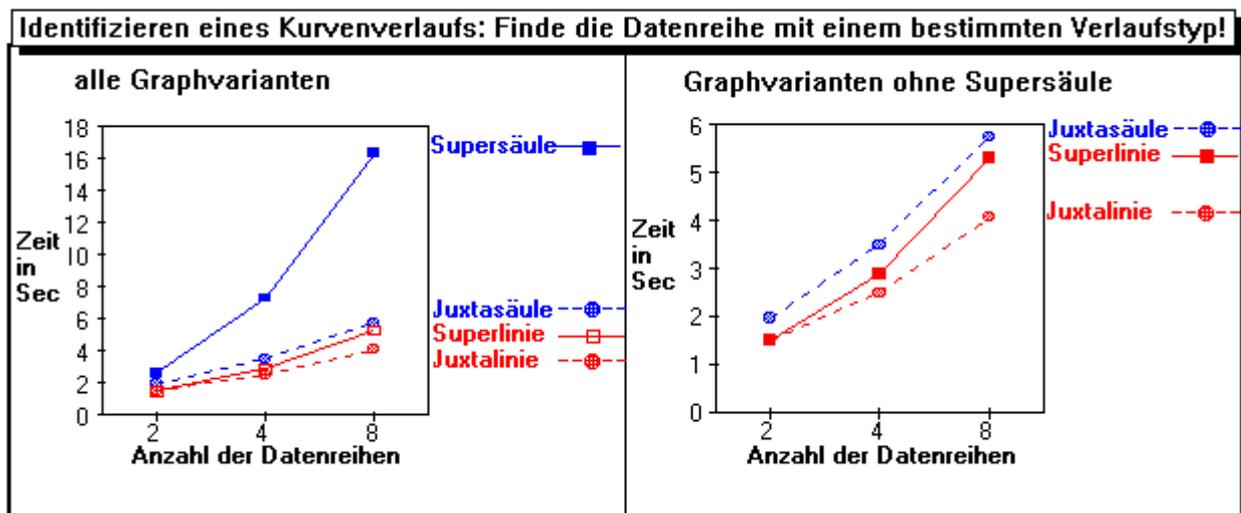
Entdecke die Datenreihe mit nebenstehendem Verlauf !

Durch Klick auf die Leertaste erscheint ein Diagramm. Beim Erscheinen des Diagramms sollte die Vp möglichst schnell, aber dennoch genau entscheiden, welche Datenreihe einen wie oben dargestellten Verlaufstyp aufweist.



Im vorliegenden Beispiel musste die Vp die Farbe der Datenreihe eingeben. Im Falle von Juxtaposition musste die Vp die Nummer des Diagramms angeben.

Ergebnisse

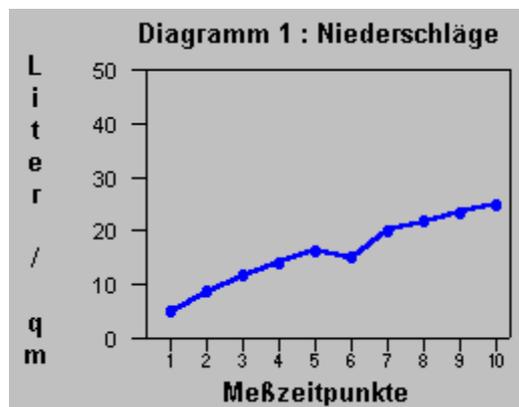


Wichtige Ergebnisse:

- Bereits ab 2 Datenreihen ist Superlinie günstiger als Supersäule.
- Unter der Bedingung Juxtaposition ist das Liniendiagramm dem Säulendiagramm stets überlegen. Der beim Erkennen von Kurvenverläufen gefundene Graphtypunterschied ist hier quasi mehrfach bestätigt worden.
- Superlinie kann bis 4 Datenreihen mit Juxtalinie mithalten. Erst ab 8 Datenreihen schneidet Superlinie statistisch nachweislich etwas schlechter ab.

Erkennen einer Abweichung vom idealen Kurvenverlauf

Ein wesentlicher Vorteil der Graphik ist die unmittelbare Wahrnehmung bestimmter Phänomene, die als Auffälligkeiten direkt ins Auge springen und einen Pop-out-Effekt provozieren können. Als Auffälligkeit wurde hier eine klar wahrnehmbare Störung innerhalb eines ansonsten idealen Kurvenverlaufs angesehen.



In der Abbildung erwartet man offenbar einen zunehmend flacher ansteigenden Verlauf, der im Messzeitpunkt 6 gestört erscheint. Aufgabe der Vp war es, jeweils zu erkennen, ob eine derartige Abweichung in der Graphik vorhanden war oder nicht. Die Lokalisation der Störung wurde nicht verlangt, lediglich die Wahrnehmung irgendeiner Störung von irgendeinem idealen Verlauf. Denn auch um welchen Verlauf es sich handelt, wurde der Vp nicht mitgeteilt. Sie musste quasi spontan die Abweichung wahrnehmen.

Ergebnisse

Hinsichtlich des Prozentsatzes der korrekten Lösungen erzielten Liniendiagramm und Säulendiagramm vergleichbare Genauigkeitswerte. Die Einschätzungen lassen sich aber mit Hilfe eines Liniendiagramms klar schneller entscheiden, wie nachfolgende Tabelle eindrucksvoll aufzeigt:

Zeit in Sekunden:

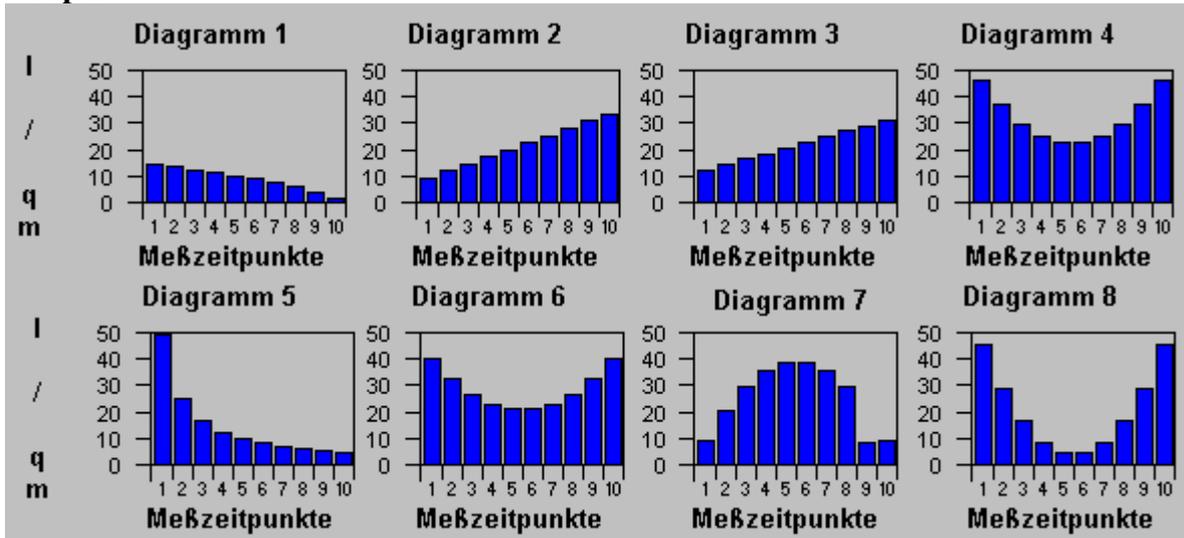
Variable	M	s	t	df	p	Sign.N.	Effektstärke
Liniendiagramm	1,02	0,45					
Säulendiagramm	1,40	0,61	4,42	23	,000	p<,01	0,68

Welche Datenreihe zeigt eine Abweichung vom idealen Verlauf?

In einer Präsentation waren 2, 4 oder 8 Datenreihen (=Kurvenverläufe) vorhanden. Eine dieser Datenreihen wies irgendeine Abweichung vom idealen Verlauf auf und diese Datenreihe musste erkannt werden, indem die Vp entweder die Farbe oder die entsprechende Diagrammnummer identifizieren musste. Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtassäule, Juxtalinie.

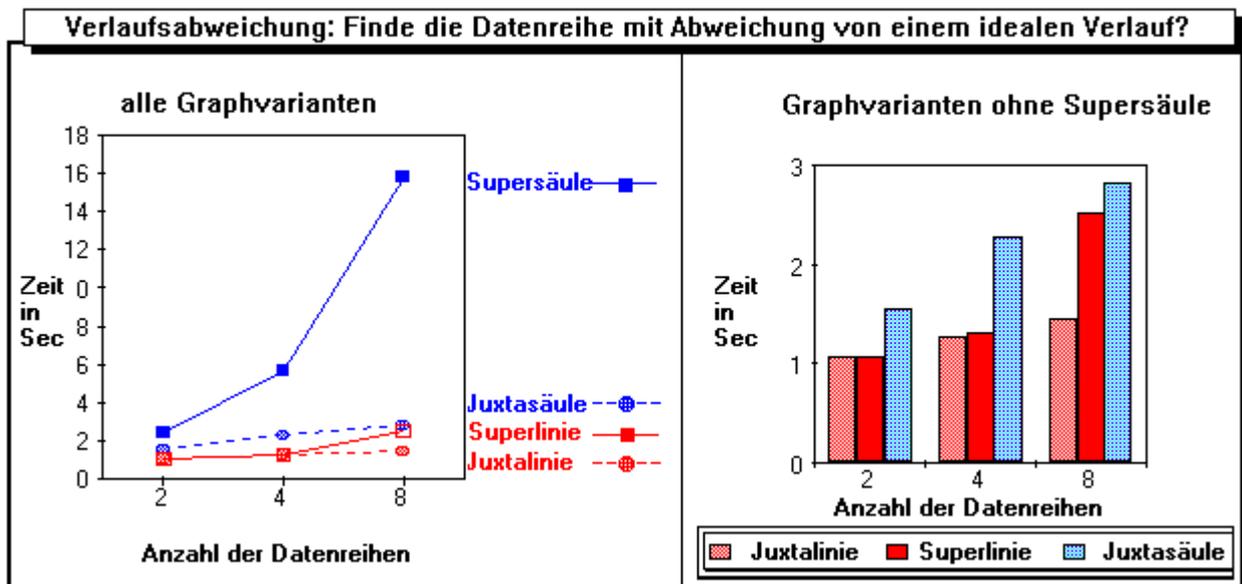
Es wurden klare Vorteile für das Liniendiagramm erwartet, die sich mit wachsender Anzahl der Kurvenverläufe umso klarer nachweisen lassen.

Beispiel



Welches Diagramm zeigt eine Abweichung vom idealen Kurvenverlauf? Die Vp musste nun die korrekte Diagrammnummer (hier 7) eingeben. Im Falle von Superposition musste die Vp die Farbe der Datenreihe angeben.

Ergebnisse:



Wichtige Ergebnisse:

- Bereits ab 2 Datenreihen ist Supersäule signifikant allen übrigen Graphvarianten unterlegen.
- Juxtalinie ist Juxtassäule wie erwartet stets überlegen.
- Superlinie kann bis 4 Datenreihen mit Juxtalinie mithalten. Erst ab 8 Datenreihen schneidet Superlinie statistisch nachweislich schlechter ab.

Weisen n Datenreihen den gleichen Verlaufstyps auf oder nicht?

Der Vergleich von Kurvenverläufen ist eine wichtige und anspruchsvolle Fragestellung an graphische Präsentationen, die bis heute selten empirisch untersucht wurde. Casali und Gaylin (1988) fanden keinerlei Graphotypunterschiede zwischen Liniendiagramm und Säulendiagramm bei Fragestellungen zu Trendvergleichen. In einer eigenen früheren Untersuchung konnte hingegen klar nachweisen werden, dass 2 Trends in einem Liniendiagramm schneller miteinander verglichen werden konnten als in einem Säulendiagramm. Hier wurde einer ähnlichen Fragestellung mit einer anderen Erfassungsmethode nachgegangen und zusätzlich noch die Graphanordnung Superposition und Juxtaposition gegeneinander getestet. Es wurden klare Vorteile für das Liniendiagramm erwartet, die sich mit steigender Komplexität des Vergleichs umso klarer herauskristallisieren sollten.

In einer Präsentation waren 2, 4 oder 8 Datenreihen (=Kurvenverläufe) vorhanden. Daraus wurden folgende experimentelle Bedingungen konstruiert:

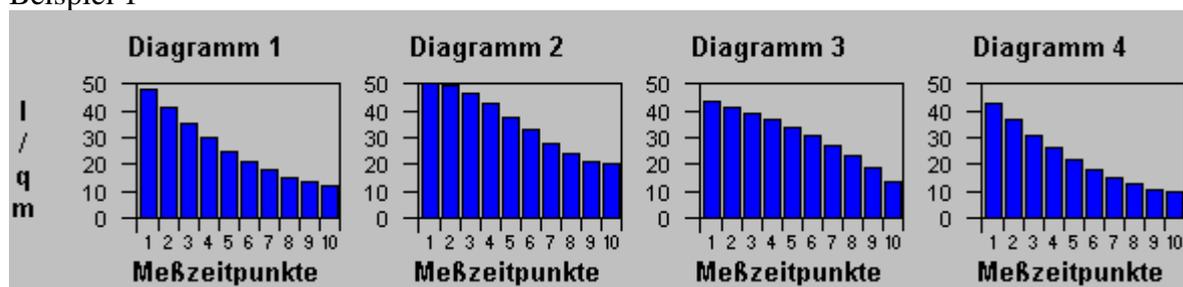
- **2 Datenreihen = niedrige Komplexität;** Fragestellung: Weisen 2 Datenreihen den gleichen Funktionstyp auf oder nicht ?
- **4 Datenreihen = mittlere Komplexität;** Fragestellung: Weisen 2 Datenreihen den gleichen Funktionstyp auf oder nicht ?
- **8 Datenreihen = hohe Komplexität;** Fragestellung: Weisen 3 Datenreihen den gleichen Funktionstyp auf oder nicht ?

Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtapasäule, Juxtalinie, für hohe Komplexität jedoch nur Liniendiagramme.

Aufgabenbeispiele

Die Vp sollte so schnell wie möglich, aber auch korrekt entscheiden, ob die Präsentation 2 Datenreihen mit gleichem Funktionstyp beinhaltet oder nicht

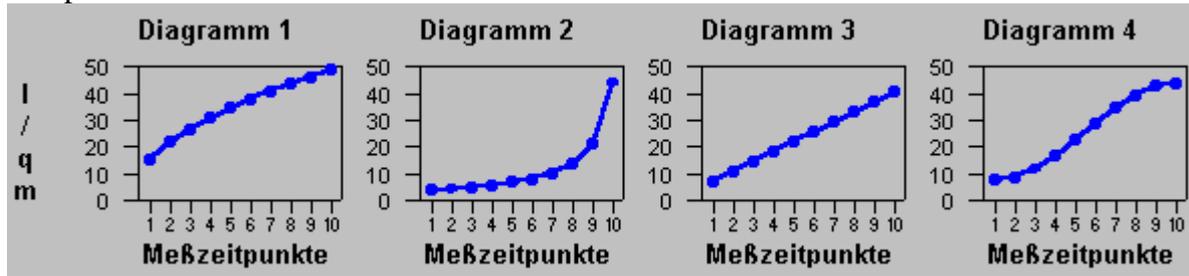
Beispiel 1



Gibt es 2 Kurvenverläufe mit gleichem Funktionstyp oder nicht ?

Ja, Diagramm 1 und Diagramm 4 unterliegen demselben Funktionstyp.

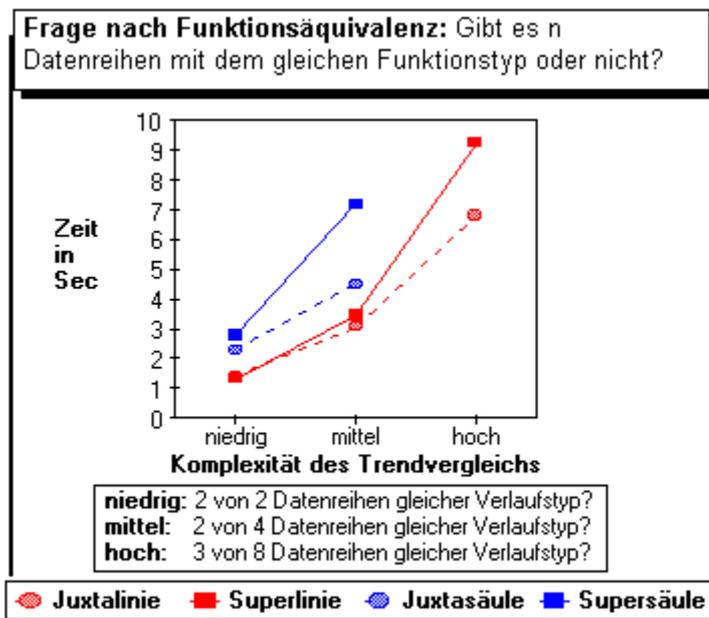
Beispiel 2



Gibt es 2 Kurvenverläufe mit gleichem Funktionstyp oder nicht?

Nein, alle Kurven unterliegen einem anderen Funktionstyp.

Ergebnisse

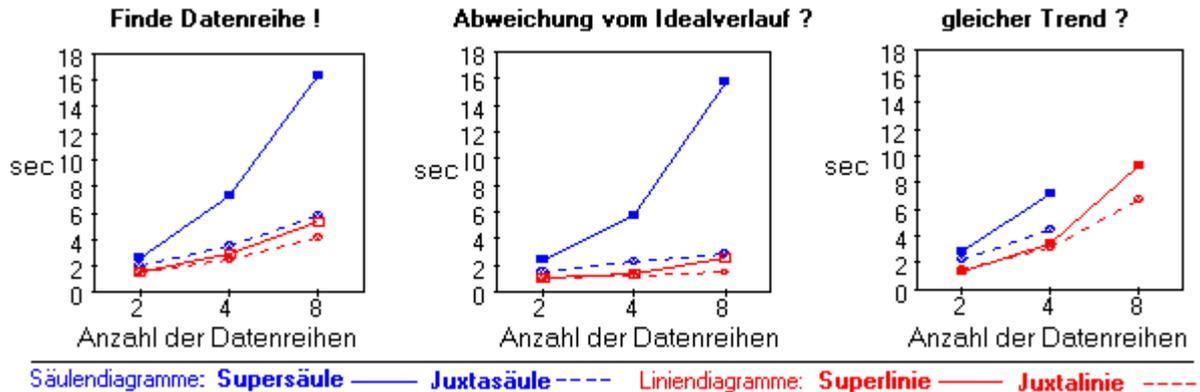


Wichtige Ergebnisse:

- Bereits bei der niedrigsten Komplexitätsstufe erreicht der Unterschied zwischen Superlinie und Supersäule eine Effektstärke von größer 1.
- Juxtalinie ist Juxtasäule stets signifikant überlegen.
- Für einfache Trendvergleiche auf der Basis von Gesamtkurven sind beide Liniendiagrammvarianten gleich gut geeignet. Mit zunehmender Schwierigkeit gewinnt Juxtalinie gegenüber Superlinie. Bei der höchsten Komplexitätsstufe ist der Vorteil von Juxtalinie gegenüber Superlinie ganz eindeutig.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse für die verschiedenen Fragestellungen zeigen insgesamt eine erstaunliche Konsistenz:



- **Das Liniendiagramm hat sich als eindeutig günstiger für die Wahrnehmung von Verläufen erwiesen.** Diese Überlegenheit zeigt sich dann, wenn Verläufe eher ganzheitlich erfaßt werden müssen bzw. wenn spezielle Charakteristika von Verläufen wie Verlaufstypen und Verlaufsabweichungen erkannt werden müssen sowie, wenn mehrere Verläufe miteinander verglichen werden sollen.
- **Auch bei einer Datenreihe ist das Liniendiagramm durchweg günstiger als das Säulendiagramm.** Es ist damit die Präsentationsgraphik der ersten Wahl, wenn typische Charakteristika und Nuancen von Kurvenverläufen entdeckt werden sollen.
- **Die Ergebnisse für Supersäule fallen mit Abstand schlechter aus als die aller übrigen Graphvarianten,** was psychologisch entsprechend den Gesetzen der Gestaltpsychologie einsichtig ist. Der Unterschied steigt mit wachsender Anzahl der Datenreihen rasant an. Wenn für die hier untersuchten Fragestellungen überhaupt ein Säulendiagramm in Erwägung gezogen wird, so wäre Juxtalinie klar Supersäule vorzuziehen.
- **Die echten Alternativen hinsichtlich der Entscheidung, welche Präsentation für die getesteten Fragestellungen mit mehreren Verläufen geeigneter erscheint, lauten: "Juxtalinie oder Superlinie?".** Bis 4 Datenreihen lieferten Superlinie und Juxtalinie meistens recht vergleichbare Ergebnisse. Erst bei 8 Datenreihen fällt Superlinie gegenüber Juxtalinie konsistent ab. Superlinie stößt hier an ihre Grenzen und es bleibt zu überlegen, ob im Falle sehr vieler Datenreihen (spätestens ≥ 8) diese in gesonderten Diagrammen dargestellt werden sollten oder gegebenenfalls eine Kombination aus Juxtalinie und Superlinie sinnvoll erscheint.

Grafikexperiment 3

Globale Vergleiche, lokale Vergleiche und Größenschätzungen in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

Zusammenfassung

In Fortführung des von Jacobs 1994 begonnenen Projektes befasst sich diese Untersuchung mit weiteren Fragestellungen, die mit Hilfe graphischer Präsentationen beantwortet werden sollten. Als Graphiktypen dienten Säulendiagramm und Liniendiagramm in den Graphanordnungen Superposition und Juxtaposition. Innerhalb von Juxtaposition wurden zum Teil horizontale gegen vertikale Graphpositionierungen getestet. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Frage, welche dieser Graphikvarianten sich für **globale Vergleiche**, insbesondere zur **Einschätzung von Summen bzw. Mittelwerten und Variabilitäten von Datenreihen**, am besten eignen. In Ergänzung dazu wurden lokale Vergleiche sowie Größenschätzungen für alle Graphikvarianten überprüft.

Ein komplexes Computerprogramm steuerte den Versuchsablauf. Das Programm generierte nach ganz bestimmten Regeln für jede Versuchsperson andere Daten für die einzelnen experimentellen Bedingungen und konnte so eine Vielfalt unterschiedlicher Datenkonstellationen zur Verfügung stellen. 25 studentische Versuchspersonen nahmen honorarfrei am Experiment teil.

Für den Vergleich von Summen bzw. Mittelwerten von Datenreihen hängt der jeweilige Vorteil des Graphtyps von der Graphanordnung ab. Beim Vergleich von Variabilitäten ist das Liniendiagramm dem Säulendiagramm klar überlegen. Wenn es um Größenvergleiche von Datenreihen innerhalb einer bestimmten Rubrik geht, spielt der Graphtyp keine Rolle; jedoch ist der Vorteil von Superposition gegenüber Juxtaposition eindeutig und erzielt eine klare praktische Bedeutsamkeit. In allen Graphikvarianten können die Größenwerte gut eingeschätzt werden.

Schlagworte: Präsentationsmodi, Diagramme, charts, graphs, bar chart, line graph, graphical displays, graphical perception

Einstieg in das Thema

Wie in einem früheren Experiment nachgewiesen, liegt ein wesentlicher Vorteil der graphischen Präsentation von Daten gegenüber einer Tabelle im Vermögen der räumlichen Wahrnehmung, mehrere Daten sehr schnell zu einer Einheit zusammenzufassen und auf dieser Basis wesentlich leichter Vergleiche zwischen Datengruppen durchzuführen. Neben den einzelnen Größenwerten bekommt man auf einen Blick einen ungefähren Eindruck vom Durchschnitt und der Variabilität der Daten. Derartige Abschätzungen sind z.B. relevant bei der schnellen Überprüfung der Fragen, ob sich die Stufen eines Faktors in einer mehrfaktoriellen VA bedeutsam voneinander unterscheiden oder ob klare Schwankungsunterschiede im Aktienkursverlauf an verschiedenen Börsenplätzen auszumachen sind. Nach Carswell (1992) sind dies Fragen nach globalen Vergleichen, nach Bertin (1974) Fragen auf der mittleren oder gar höchsten Stufe des Erfassens.

Lokale Vergleiche liegen dann vor, wenn einzelne Größenwerte miteinander verglichen werden sollen (z.B.: Welche der 4 umsatzstärksten Firmen erzielte im Jahre 1993 den höchsten Umsatz?). Bei einer Größenschätzung soll der exakte Datenwert (etwa der genaue Umsatz von Firma A) aus der Graphik geschätzt werden. Obgleich man mit Hilfe von Tabellen Daten sicher genauer angeben kann als mit Hilfe von Graphiken, und Tabellen möglicherweise bei lokalen Vergleichen manchmal mit Graphiken mithalten können, will der Graphikdesigner auch derartige Fragen häufig in hinreichender Weise aus einer graphischen Präsentation beantwortet wissen.

Die unabhängigen Variablen

Faktoren (Stufen) für globale Vergleiche

- A Anzahl der Datenreihen (2, 4, nur beim Summenvergleich auch 8)
- B Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition)
- C Graphtyp (Säulendiagramm, Liniendiagramm)

Bei den lokalen Vergleichen und den Größenschätzungen wurden nur Graphanordnung und Graphtyp variiert. Die Einzeldiagramme unter Juxtaposition wurden bis zu 4 Datenreihen in zwei Varianten angeordnet:

Einzeldiagrammpositionierung unter Juxtaposition:

- horizontal (alle Einzeldiagramme nebeneinander)
- vertikal (alle Einzeldiagramme untereinander)

Im Falle von 8 Datenreihen wurden die Einzeldiagramme in 2 Viererzeilen untereinander positioniert. Alle getesteten Faktoren sind Messwiederholungsfaktoren.

Die abhängigen Variablen

- **Zeit** (bis zur Beantwortung der Frage)
- **Genauigkeit:**
 - Prozentsatz der richtigen Antworten. Für die grafische Darstellung der Daten wird der Prozentsatz der falschen Antworten verwendet, da dann beide Messvariablen in die theoretisch gleiche Richtung weisen.
 - für Größenschätzungen: Betrag der Abweichung vom korrekten Ergebnis.

Eine Graphikvariante ist einer anderen nur dann überlegen, wenn sie bei mindestens gleicher Genauigkeit kürzere Zeiten aufweist.

Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 25 VPn unentgeltlich teil. Die meisten davon waren Student(inn)en der Erziehungswissenschaft, die im SS 1994 ein Seminar in Statistik 2 belegten. Die übrigen VPn rekrutierten sich aus sonstigen, vom Verfasser angesprochenen Studenten und Mitarbeiter der Universität.

Versuchsablauf

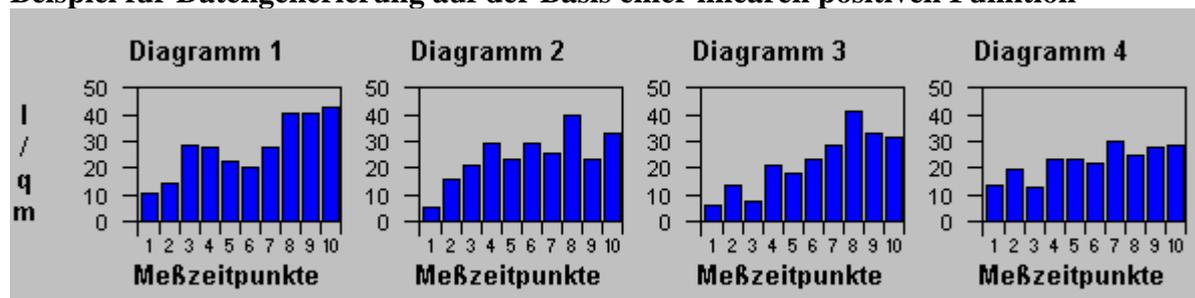
Die studentischen Versuchspersonen absolvierten das Experiment in Gruppen im CIP-Raum der Philosophischen Fakultät, jeder für sich an einem eigenen Computer. Der gesamte Versuchsablauf wurde vom Computerprogramm übernommen. Die Vpn mussten dabei vor jeder experimentellen Bedingung jeweils Beispielaufgaben durchführen und erhielten die Instruktion, erst dann mit dem Versuch zu beginnen, wenn die Aufgabenstellung ganz klar war. Zu jeder experimentellen Bedingung wurden mehrere Graphen getestet, die bei der Auswertung zu Testwerten zusammengefasst wurden.

Der gesamte Ablauf wird von der Vp selbst kontrolliert: Sie liest jeweils die spezielle Fragestellung durch, bestimmt durch Tastendruck den Beginn der Graphikpräsentation und beendet durch erneuten Tastendruck die Reizdarbietung. Anschließend gibt sie die Antwort durch Mausklick oder Zahleneingabe ein.

Die Konstruktion der Daten in den Graphiken

Eine Datenreihe setzt sich wie folgt zusammen: Zunächst wurden die Elemente einer Datenreihe mittels einer mathematischen Funktion bestimmt. Somit entstanden ideale Funktionsverläufe, ähnlich wie sie in den früheren Grafikexperimenten verwandt wurden. Da diese Funktionen aber bereits bestimmte Variationen z.B. hinsichtlich Steigung und y-Achsenabschnitt aufwiesen, führte dieser erste Datengenerierungsprozess bei derselben Funktion bereits zu verschiedenen Daten. In einem zweiten Schritt wurde nun jeder Funktionswert (das ideale Datum) durch eine weitere Zufallsprozedur in Form einer variablen Abweichung nach oben oder unten modifiziert. Auf diese Weise entstehen Datenreihen, denen man irgendeine Art von Verlauf ansehen könnte, wenn man sich die Zufallsstreuung als heraus partialisiert denkt. Diese Datenreihen sind quasi konstruktive wissenschaftliche Graphen, denen angenäherte Strukturen zugrunde liegen, die lediglich "infolge der Unbilden der Empirie" entsprechend verwässert sind.

Beispiel für Datengenerierung auf der Basis einer linearen positiven Funktion



Konstruktion der experimentellen Bedingungen

Nach bestimmten Regeln wurde zunächst festgelegt, welche Teilmenge von zugrundeliegenden Funktionen für alle experimentellen Bedingungen ausgewählt werden sollen. 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.

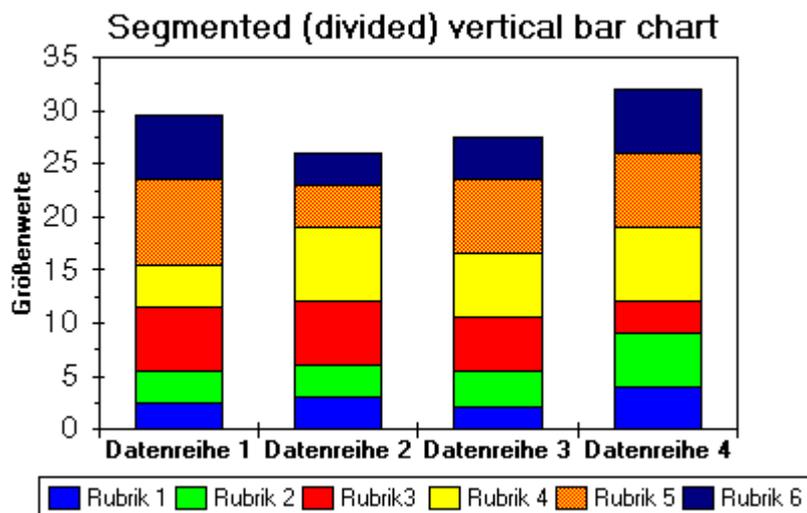
Vergleichbarkeit der Anforderungen

Alle Fragestellungen dieser Untersuchung erfordern bestimmte Schätzleistungen, die aus experimentellen Gründen in gewisser Weise standardisiert wurden, um einerseits die Anforderungen über die experimentellen Bedingungen annähernd gleich zu halten und um andererseits zu triviale Einschätzungen zu verhindern. So wurde etwa festgelegt, dass die Datenreihe mit dem höchsten Mittelwert einen um genau 12,5% höheren Mittelwert aufweisen musste als der Mittelwert der Datenreihe mit dem zweithöchsten Mittelwert. Um Unterschiede zwischen den einzelnen Graphikvarianten nachweisen zu können, durften die Aufgaben nicht zu leicht ausfallen. Sie sollten idealerweise anspruchsvoll und zugleich eindeutig lösbar sein, was sicher nur teilweise gelingen konnte. Dieses Konstruktionsprinzip ist bei der Interpretation der Befunde zu berücksichtigen. Die Ergebnisse lassen sich nicht bedenkenlos generalisieren.

Welche Datenreihe zeigt die größte Summe bzw. den höchsten Mittelwert?

In der Untersuchung von Jacobs (1990) konnte klar belegt werden, dass der Vergleich von 2 Datengruppen, die jeweils aus mehreren Rubriken bestehen, in einem Säulendiagramm bei vergleichbarer Genauigkeit schneller vollzogen wurde als in einer Tabelle. Der Präsentationsunterschied wuchs mit steigender Anzahl der zu einer Gruppe gehörenden Elemente und ließ sich sehr deutlich beim Vergleich von 2, jeweils aus 12 Datenelementen bestehenden, Datenreihen nachweisen.

Es ist demnach hinreichend klar, dass graphische Präsentationen für diese Gruppenvergleiche Tabellen überlegen sind, unklar war jedoch, welche Graphikvariante sich besonders für derartige Fragestellungen eignet. Sofern hauptsächlich der Wahrnehmung von Summenunterschieden von Datenreihen zentrale Bedeutung beigemessen wird, würden sich natürlich segmentierte Graphen anbieten:



Die Summen bzw. Mittelwerte der Datenreihen sind hier schnell in eine Rangfolge zu bringen. Ebenso lassen sich recht gut Prozentsätze der Rubriken an der gesamten Datenreihe schätzen. Dafür sind aber die Größenwerte der Rubriken schwer zu bestimmen und Verlaufsanalysen so gut wie überhaupt nicht mehr vorzunehmen. Obgleich die hier analysierten Graphen für die Summenvergleiche somit sicher nicht die optimale Graphikpräsentationen dar-

stellen, stehen derartige Vergleiche häufig an und hier interessiert eben, welches der suboptimalen Graphikformate dann noch am ehesten geeignet erscheint.

Versuchsaufbau

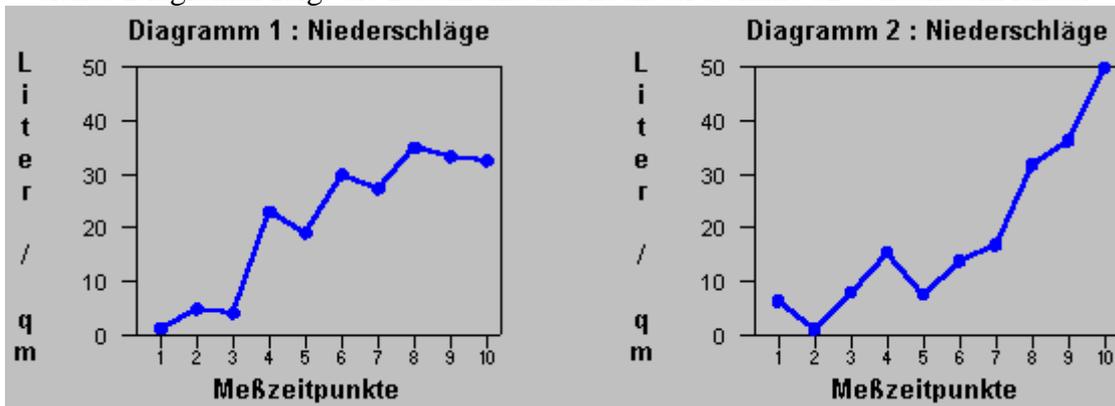
In einer Präsentation waren 2, 4 oder 8 Datenreihen (=Kurvenverläufe) vorhanden. Aufgabe der VP war es, aus der Präsentation diejenige Datenreihe zu identifizieren, deren Gesamtsumme bzw. deren Mittelwert im Vergleich zu allen anderen Datenreihen am höchsten ausfiel. Alle Präsentationen waren so aufgebaut, dass die zutreffende Datenreihe in ihrer Summe um 12.5% höher ausfiel als die zweithöchste Datenreihe. Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtassäule, Juxtalinie. Es lagen keine klaren Erwartungen für den Vorteil irgendeiner Graphikvariante zugrunde, so dass die Prüfung rein explorativen Charakter annimmt.

Beispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welche Datenreihe die höchste Summe bzw. den höchsten Mittelwert aufweist !

Beispiel 1: 2 Datenreihen, Juxtalinie

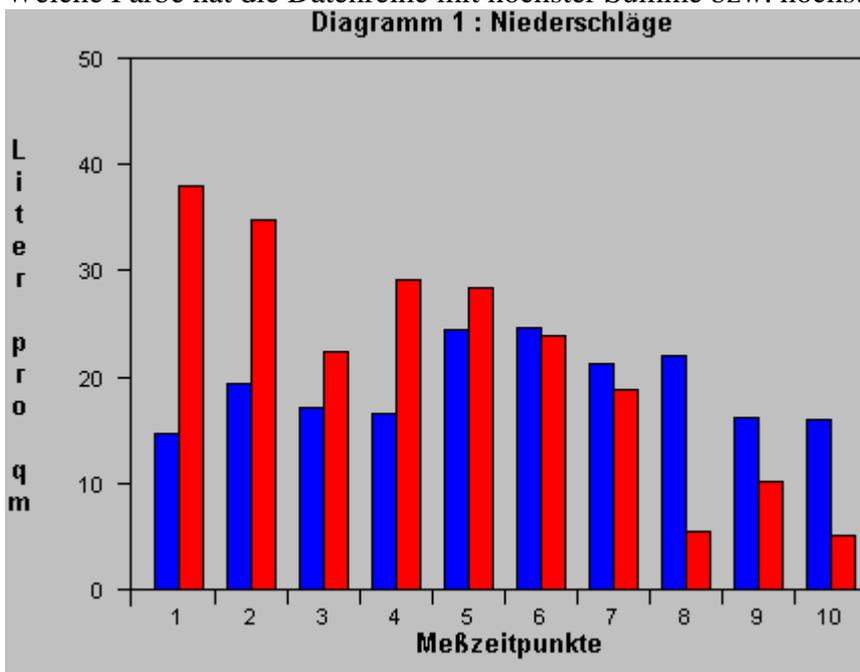
Welches Diagramm zeigt die Datenreihe mit höchster Summe bzw. höchstem Mittelwert ?



[richtig: die linke Graphik, Diagramm Nr. 1]

Beispiel 2: 2 Datenreihen, Supersäule

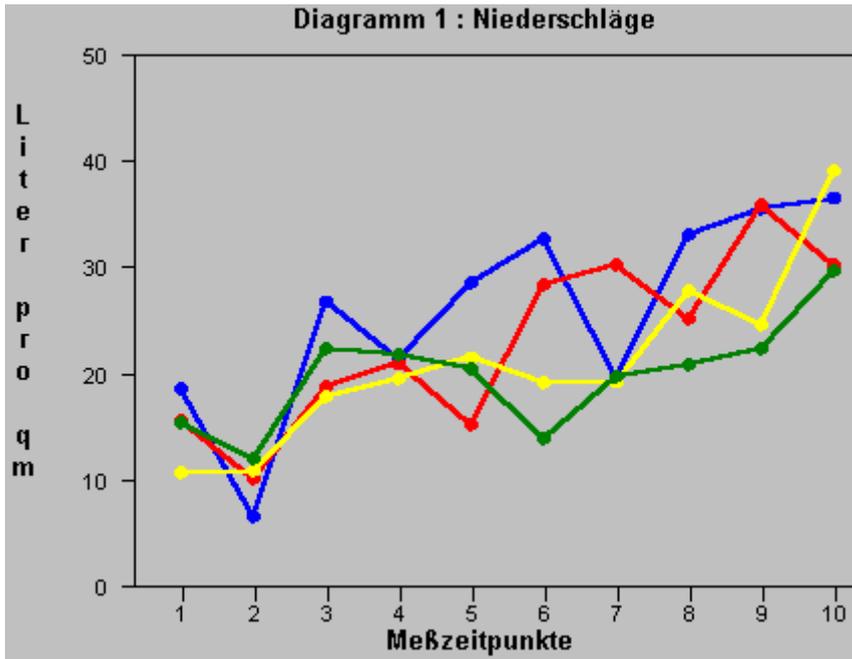
Welche Farbe hat die Datenreihe mit höchster Summe bzw. höchstem Mittelwert ?



richtig: die rote Datenreihe

Beispiel 3: 4 Datenreihen, Superlinie

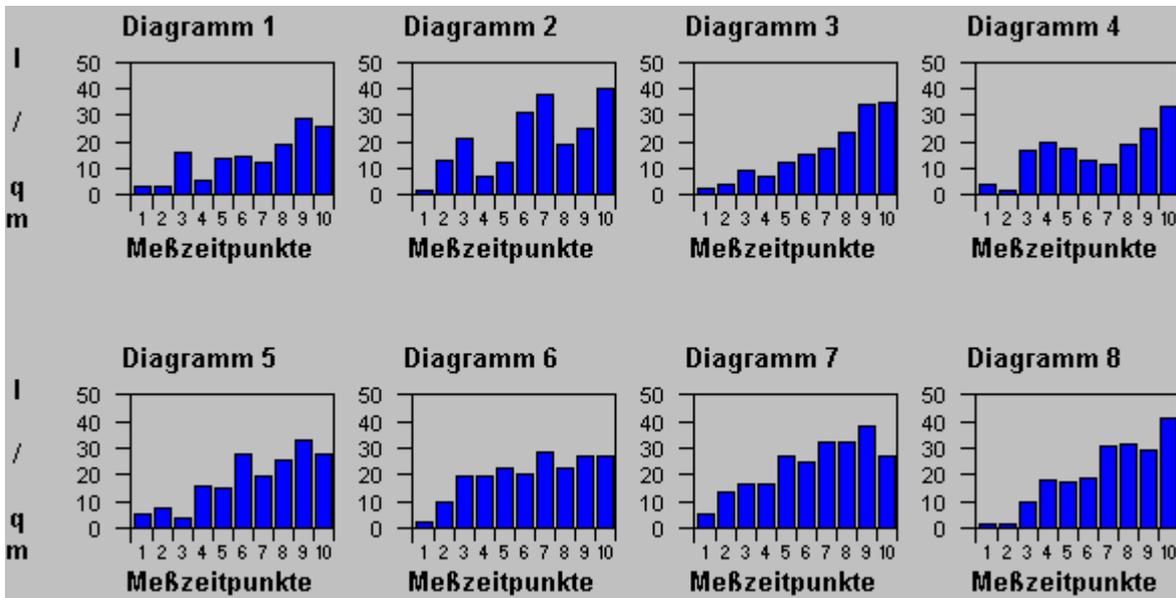
Welche Farbe hat die Datenreihe mit höchster Summe bzw. höchstem Mittelwert ?



richtig: die blaue Datenreihe

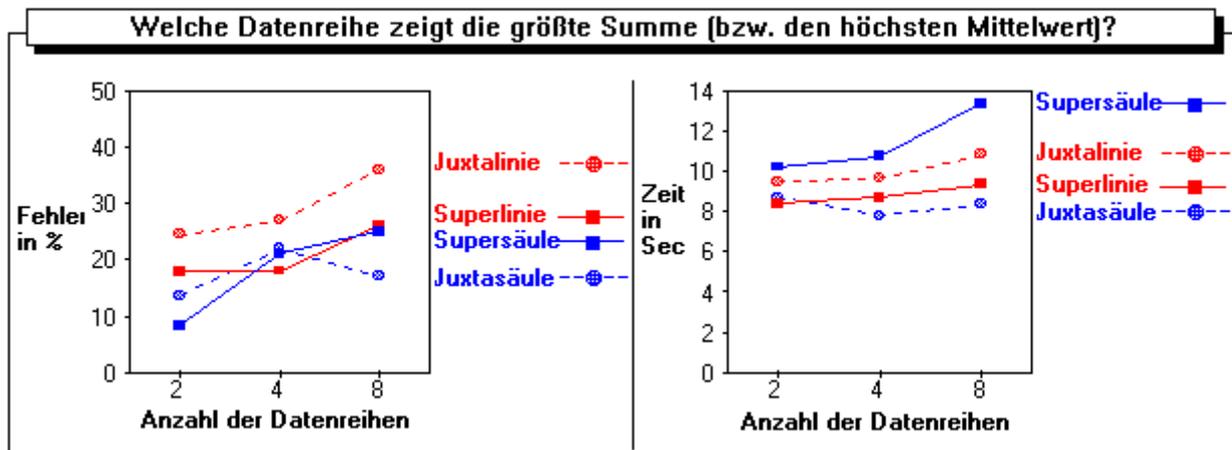
Beispiel 4: 8 Datenreihen, Juxtapäule

Welches Diagramm Farbe zeigt die Datenreihe mit höchster Summe bzw. höchstem Mittelwert ?



richtig: das Diagramm Nr. 7

Ergebnisse:



Wichtige Ergebnisse

- Juxtalinie ist bzgl. der Genauigkeit allen übrigen Graphvarianten signifikant unterlegen.
- Unter der Graphanordnung Juxtaposition ist das Säulendiagramm besser geeignet, Summen- bzw. Mittelwertvergleiche durchzuführen. Denn Juxtapäule schneidet sowohl bei der Zeit als auch bei der Genauigkeit in allen Fällen günstiger ab als Juxtalinie.
- Unter der Graphanordnung Superposition sind beide Graphiktypen bei 2 Datenreihen in etwa gleich gut einzuschätzen. Die Vergleiche lassen sich jedoch mit zunehmender Anzahl von Datenreihen mit Superlinie schneller durchführen.

Welche Datenreihe zeigt die größte Variabilität bzw. Fluktuation?

Neben dem Mittelwert ist die Streuung ein wichtiges Maß für die zusammenfassende Beschreibung von Daten. Kann man so etwas wie die Variabilität von Werten in einer Graphik direkt sehen und Größenvergleiche hinsichtlich der Fluktuationen von Messwerten vornehmen? Hierzu gehören z.B. ganz typische Fragen wie "Gab es im Monat August in Deutschland mehr Temperaturschwankungen (über alle Tage hinweg) als in Schweden?".

Messung von Variabilität:

Ein Hauptproblem bei der Überprüfung der oben formulierten Fragestellung liegt im Finden eines geeigneten, wahrnehmungssensitiven Maßes für Variabilität. Als Streuungsmaß sollte ein Kennwert gefunden werden, welcher die aufeinanderfolgenden Änderungen in einem Verlauf widerspiegelt. Wir nennen dieses Maß Fluktuation. Die Fluktuation ist definiert als die Summe des Betrags der Abweichungen der Größenwerte von ihren jeweiligen Vorgängergrößenwerten.

$$Fluktuation = \sum_{i=2}^n |x_i - x_{i-1}|$$

Simulationsversuche auf der Basis der Datengenerierungsregeln für die Konstruktion unserer experimentellen Graphen ergaben, dass die Fluktuation mit der Standardabweichung $\cdot 50$ ($n =$

1800) korreliert. In einem Liniendiagramm entspricht die Fluktuation vollkommen der Länge der Linie. So wurde den VPn die Fluktuation in der Instruktionsphase auch verdeutlicht. "Eine Graphik zeigt eine höhere Variabilität als eine andere, wenn sie insgesamt eine längere Linie aufweist." Beim Säulendiagramm wurden in der Instruktionsphase die Säulen mit Linien verbunden, um anhand eines Beispiels ganz anschaulich aufzuzeigen, welches von 2 Diagrammen die höhere Variabilität aufzeigt.

Versuchsaufbau

In einer Präsentation waren 2 oder 4 Datenreihen (=Kurvenverläufe) vorhanden. Aufgabe der VP war es, aus der Präsentation diejenige Datenreihe zu identifizieren, deren Fluktuation im Vergleich zu allen anderen Datenreihen am höchsten ausfiel. Alle Präsentationen waren so aufgebaut, dass die zutreffende Datenreihe eine 20% bis 30% höhere Fluktuation aufwies als die Datenreihe mit der zweithöchsten Fluktuation. Diese Festlegung erwies sich im Nachhinein als offenbar sehr schwierig.

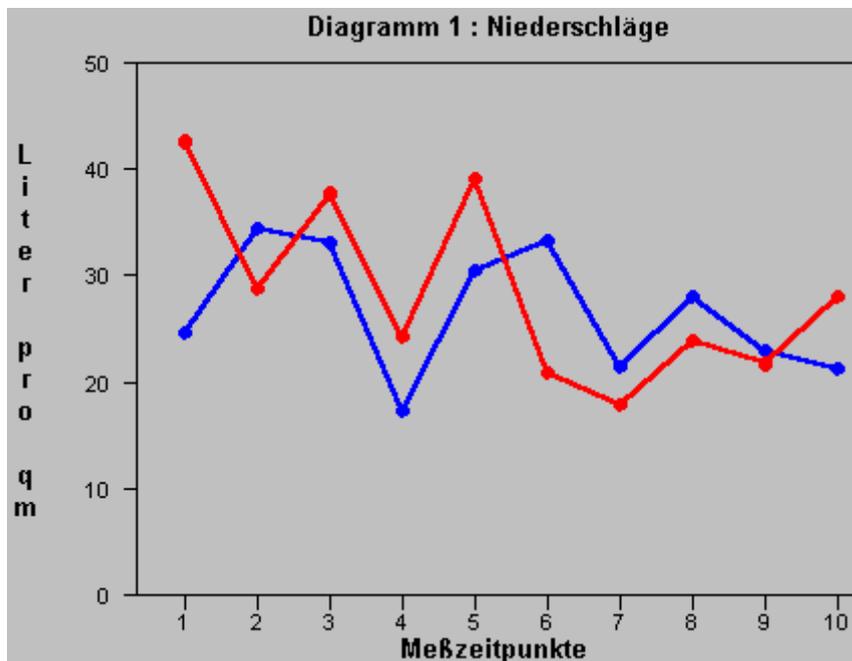
Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtassäule, Juxtalinie.

Aufgabenbeispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welche Datenreihe die höchste Fluktuation bzw. Variabilität aufweist !

Beispiel 1: 2 Datenreihen, Superlinie

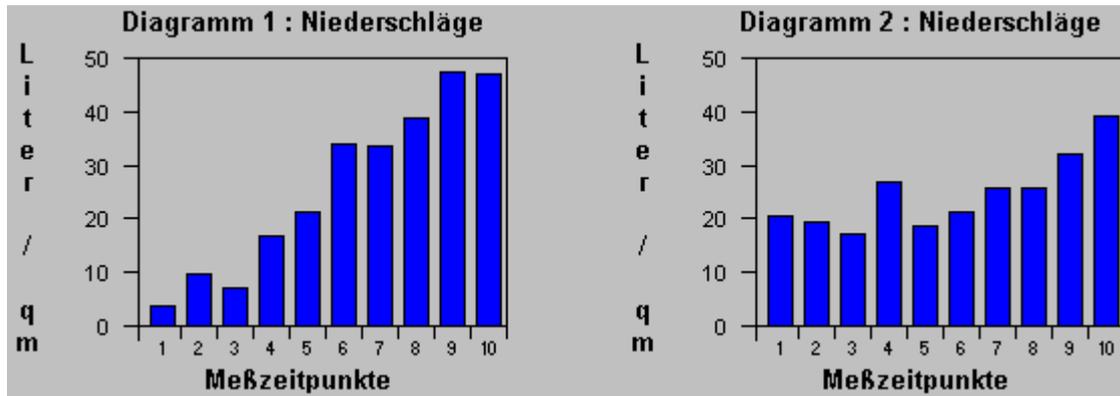
Welche Datenreihe zeigt die größte Variabilität ?



richtig: die rote Datenreihe

Beispiel 2: 2 Datenreihen, Juxtaposition

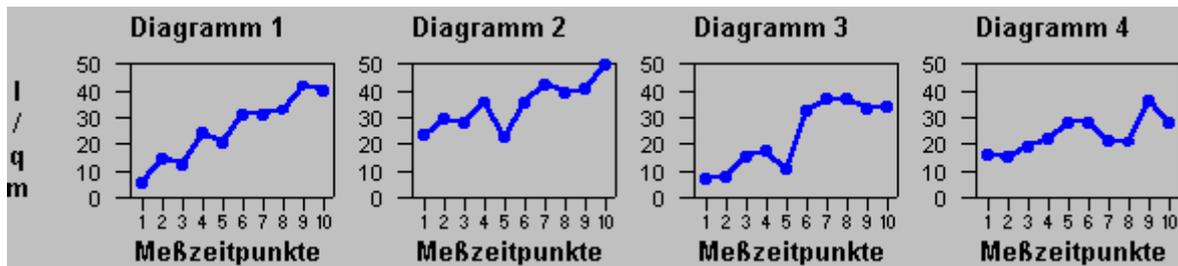
Welches Diagramm zeigt die größte Variabilität ?



richtig: die linke Datenreihe (das Diagramm Nr.1)

Beispiel 3: 4 Datenreihen, Juxtalinie

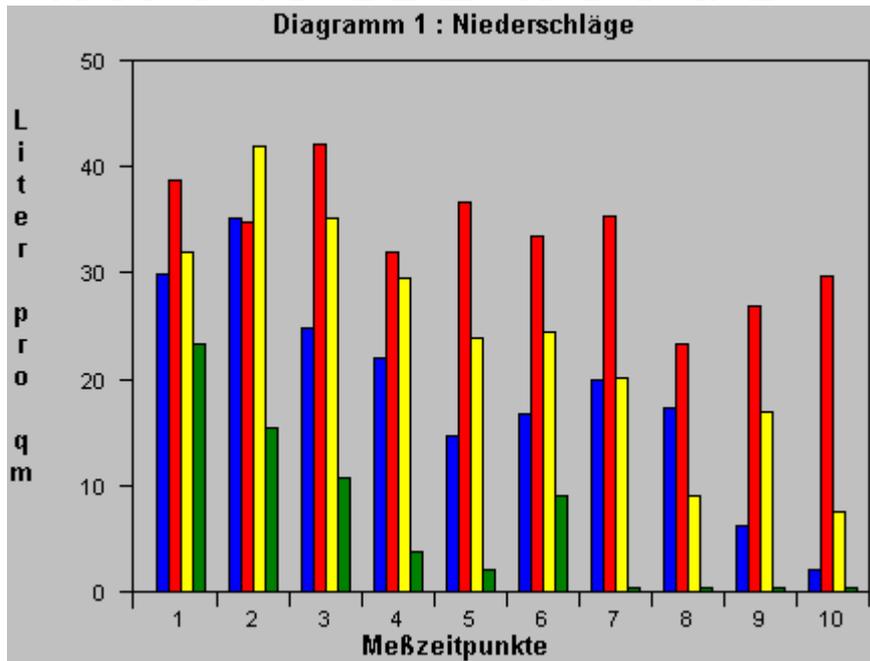
Welches Diagramm zeigt die Datenreihe mit höchster Variabilität ?



richtig: das Diagramm Nr. 2

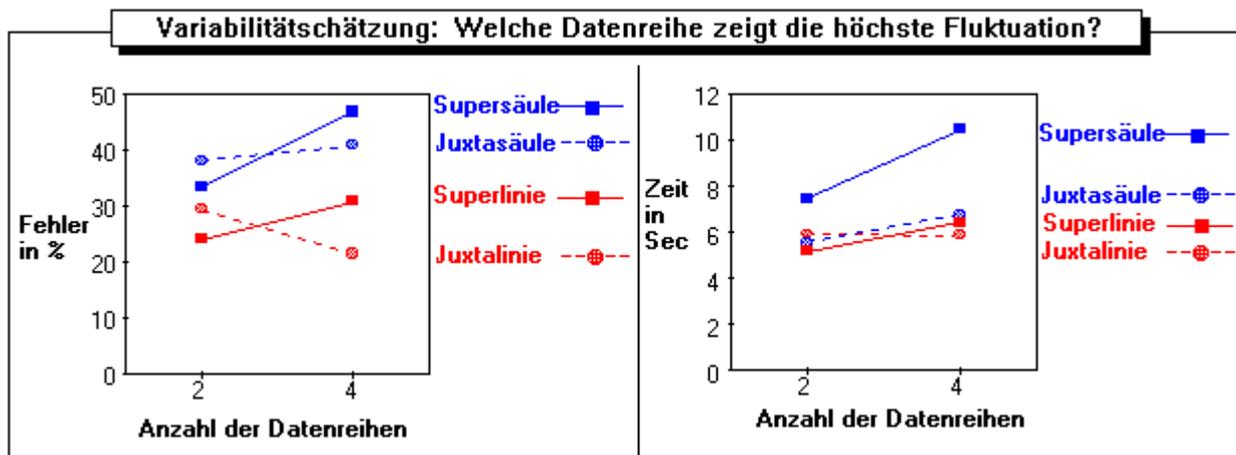
Beispiel 4: 4 Datenreihen, Supersäule

Welche Farbe hat die Datenreihe mit der höchsten Variabilität ?



richtig: die gelbe Datenreihe

Ergebnisse



Wichtigstes Ergebnis:

- Liniendiagramme sind für Variabilitätseinschätzungen besser geeignet als Säulendiagramme.

Welche von 4 Datenreihen zeigt zu einem bestimmten Zeitpunkt den höchsten Wert?

Gelegentlich interessiert im Falle mehrerer Datenreihen, wie die Größenrelationen der Daten bei einer bestimmten Rubrik (z.B. zu einem bestimmten Zeitpunkt) aussehen. So will man etwa aus jährlichen Verlaufsanalysen verschiedener Autofirmen ablesen, welche Firma im Jahre 1993 die meisten Autos verkauft hat. Carswell (1992) subsumiert solche Fragen unter local comparison. Wenn sich der lokale Vergleich auf Elemente aus verschiedenen Datenreihen bezieht, ist die Graphanordnung Superposition aus mehreren Gründen Juxtaposition überlegen:

1. Werden die Diagramme unter Juxtaposition nebeneinander angeordnet, so muss gegenüber Superposition mehrmals die zu vergleichende Rubrik identifiziert werden und die zu vergleichenden Werte stehen weiter auseinander.
2. Werden die Diagramme unter Juxtaposition untereinander angeordnet, so können die zu vergleichenden Werte nicht anhand derselben gemeinsamen Skala verglichen werden. (siehe Cleavelands Unterscheidung: Position along a common scale vs. position along identical nonaligned scales 1985). Zudem hat Superposition auch hier einen Proximity-Vorteil, weil die zu vergleichenden Werte in engerer räumlichen Beziehung stehen.

Die Überlegenheit von Superposition gegenüber Juxtaposition wurde in der Untersuchung von Schutz (1961) für den Graphtyp Liniendiagramm klar demonstriert. Insofern war die Erwartung eines Vorteils von Superposition gegenüber Juxtaposition ganz eindeutig.

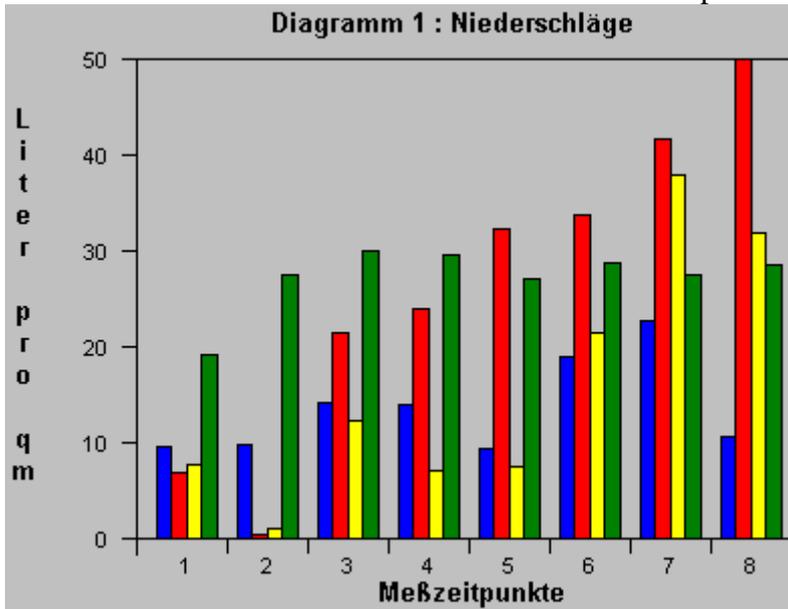
Versuchsaufbau

In jeder Präsentation waren 4 Datenreihen mit jeweils 8 Rubriken vorhanden. Aufgabe der VP war es, aus der Präsentation diejenige Datenreihe zu identifizieren, die bei einer bestimmten Rubrik (=Zielrubrik) den höchsten Wert aufwies. Die Position der Zielrubrik wurde nach Zufall bestimmt. Zudem wurde festgelegt, dass der höchste Größenwert (=zutreffende Wert) genau 10% höher ausfiel als der zweithöchste Größenwert. Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Superlinie, Juxtassäule, Juxtalinie.

Aufgabenbeispiele

Beispiel 1: Supersäule: größter Wert bei Messzeitpunkt 7 ?

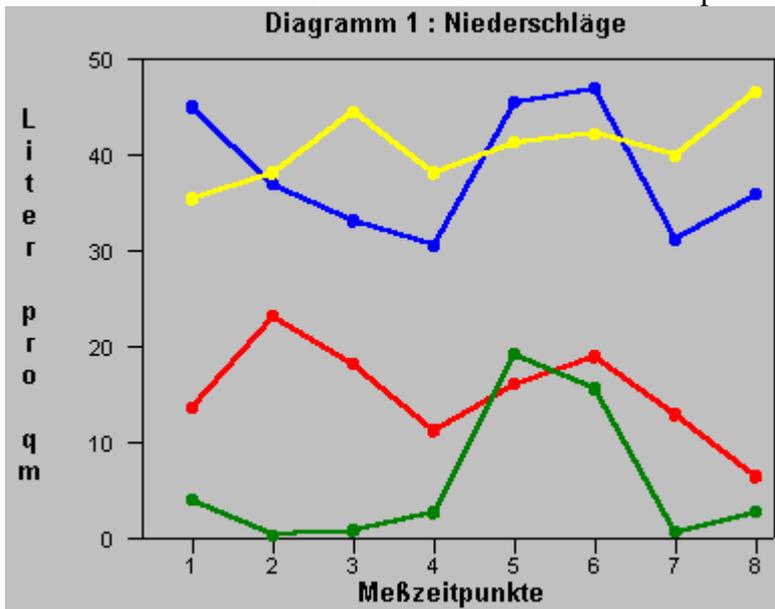
Welche Datenreihe weist den höchsten Wert zum Zeitpunkt 7 auf ?



richtig: die rote Datenreihe

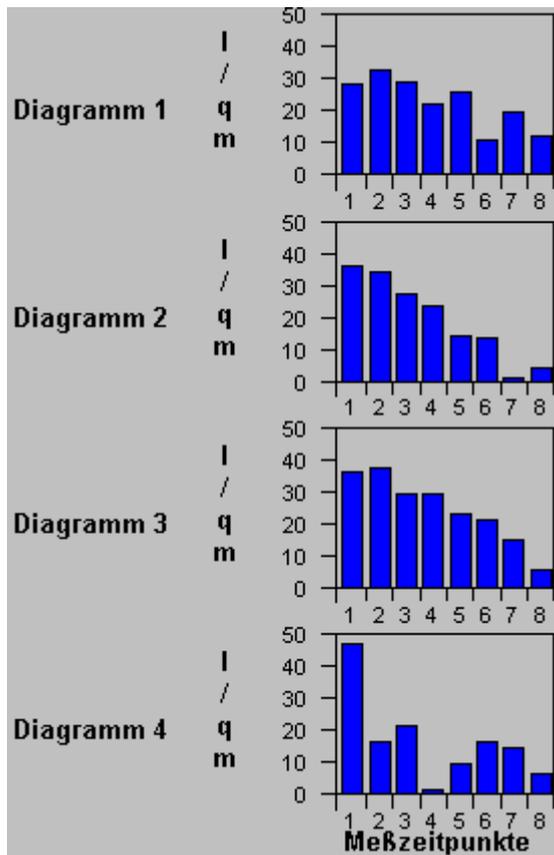
Beispiel 2: Superlinie: größter Wert bei Messzeitpunkt 5 ?

Welche Datenreihe weist den höchsten Wert zum Zeitpunkt 5 auf ?



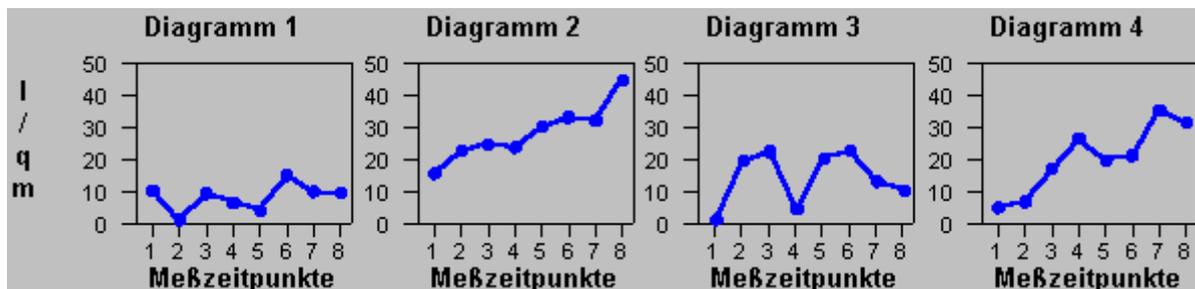
richtig: die blaue Datenreihe

Beispiel 3: Juxtapäule: größter Wert bei Messzeitpunkt 2 ?
Welches Diagramm weist zum Zeitpunkt 2 den höchsten Wert auf ?



richtig: Diagramm 3

Beispiel 4: Juxtaline: größter Wert bei Messzeitpunkt 3 ?
Welches Diagramm weist zum Zeitpunkt 3 den höchsten Wert auf ?



richtig: Diagramm 2

Ergebnisse: arithmetische Mittelwerte (N=25)

	Fehler in %		Zeit in sec	
	Säule	Linie	Säule	Linie
Superposition	8	15	3,0	3,0
Juxtaposition	19	16	6,1	6,9

- Die Graphanordnung Superposition ist der Graphanordnung Juxtaposition bzgl. Genauigkeit und Zeit eindeutig überlegen. Die entsprechenden Varianzanalysen ergaben für beide Messvariablen jeweils einen auf dem Promilleniveau signifikanten Haupteffekt "Graphanordnung" zugunsten von Superposition.
- Es sind keinerlei Unterschiede zwischen den Graphiktypen (Liniendiagramm, Säulendiagramm) nachzuweisen.
- Die vertikale oder horizontale Graphpositionierung unter Juxtaposition (hier keine Ergebnisdarstellung) hat keinen Einfluss auf Zeit und Genauigkeit.

Wie lautet der exakte Wert eines bestimmten Datenelementes?

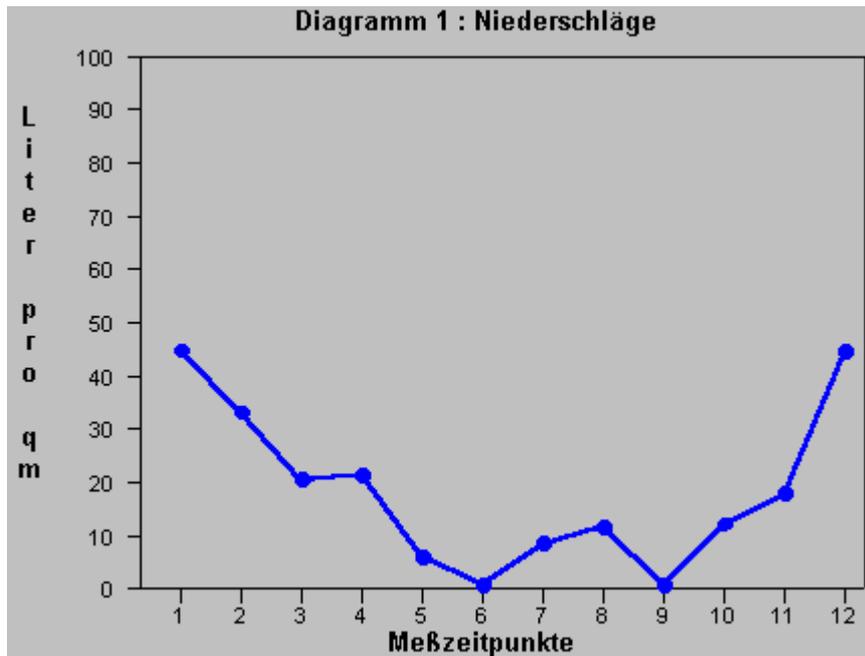
In der Regel dient eine Tabelle als Grundlage für die Erstellung von Graphiken, woraus bereits folgt, dass die graphische Darstellung immer nur höchstens so genau sein kann wie die Zahlen der zugrunde liegenden Tabelle. Deshalb wäre es auch unangebracht, überhaupt eine Graphik zu erwägen, wenn das Hauptziel der Präsentation in der Mitteilung der exakten Daten bestünde. Wenn hier dennoch Schätzungen von Größenwerten getestet werden, so liegt der praktische Grund darin, dass man neben dem eigentlichen Zweck der Graphik zusätzlich noch möglichst genau die Daten mitteilen will. Die durchgeführte Untersuchung kann hierzu dem Graphikdesigner empirisch fundierte Anhaltspunkte für das angestrebte Genauigkeitsniveau geben und klären helfen, ob man zur Graphik zusätzlich Zahlen mitzuteilen braucht oder nicht.

Neben Zahlen bieten sich im Bedarfsfall auch graphische Möglichkeiten an, die Genauigkeit zu verbessern. Durch die Verwendung eines Gitternetzes läßt sich die Genauigkeit der Größenschätzung nachweislich noch deutlich steigern (siehe Jacobs 1989).

Versuchsaufbau

Die erste Testserie galt dem Vergleich Säulendiagramm vs. Liniendiagramm mit jeweils einer Datenreihe.

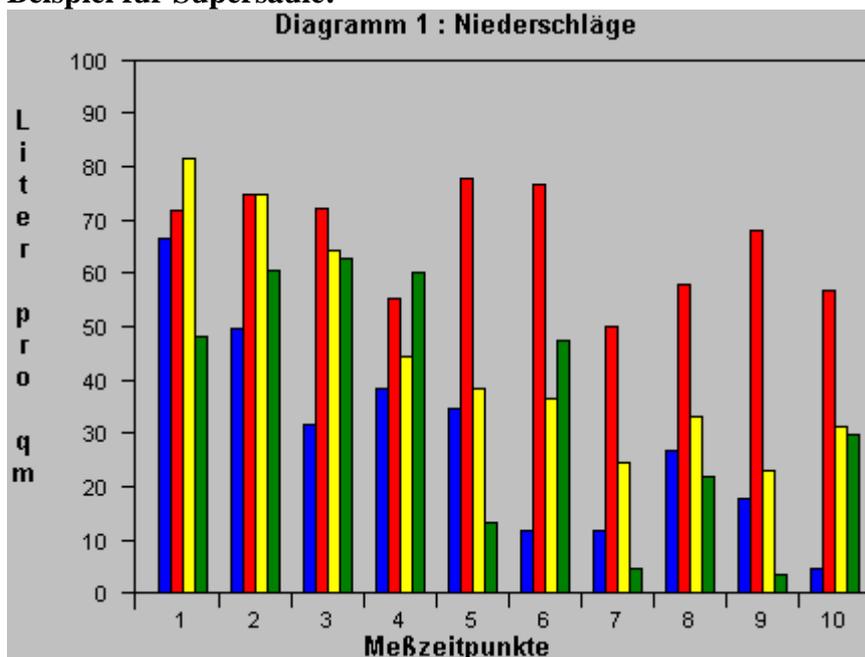
Beispiel für Liniendiagramm:



Wie viel Niederschlag ist zum Messzeitpunkt 5 gefallen ?
(zutreffender Wert = 6)

In der nachfolgenden Testserie wurden die 4 Graphikvarianten, (Supersäule, Superlinie, Juxtasäule, Juxtalinie) jeweils mit 4 Datenreihen gegeneinander getestet. Jede Graphikvariante umfasste 10 Rubriken.

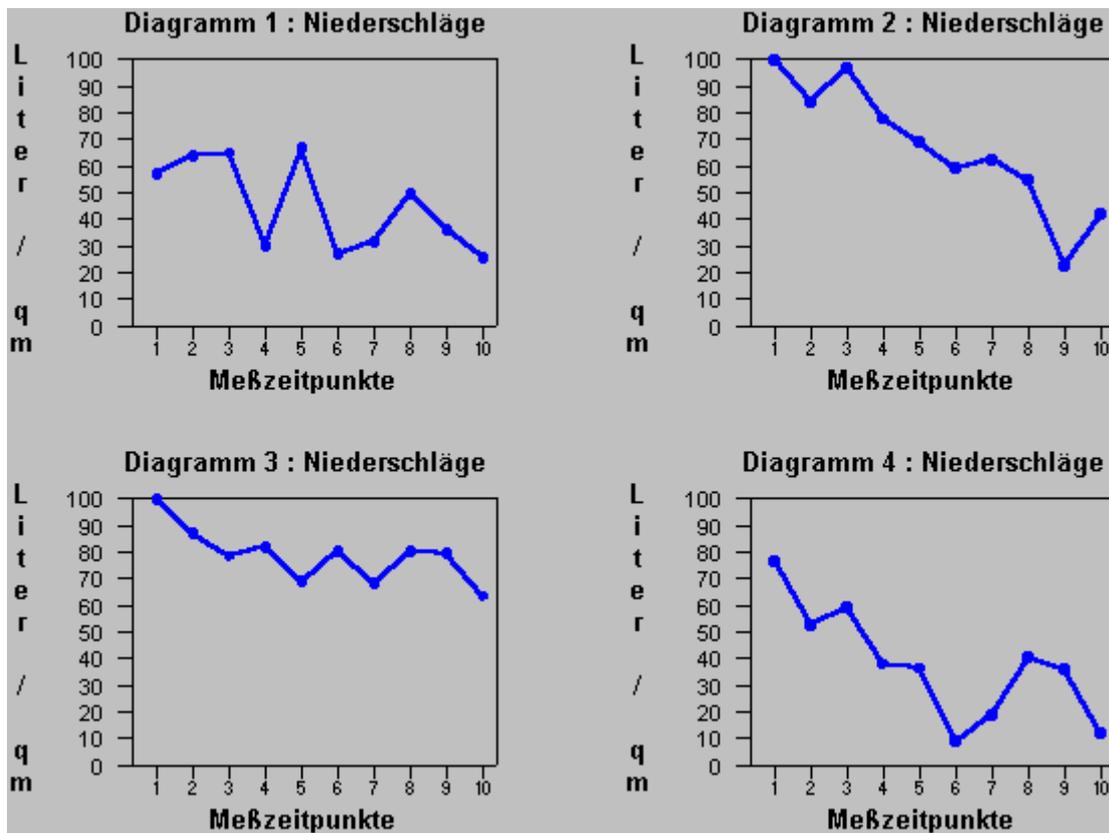
Beispiel für Supersäule:



Wie viel Niederschlag ist bei der roten Datenreihe zum Messzeitpunkt 9 gefallen ?
(zutreffender Wert = 68)

Beispiel für Juxtalinie:

Im Falle von Juxtaposition waren die Einzelgraphiken in Zweierreihen untereinander angeordnet:



Wieviel Niederschlag ist in Diagramm 3 zum Messzeitpunkt 4 gefallen ?
(zutreffender Wert = 82)

Fehlermessung

Als Fehler wird hier der Betrag der Abweichung der Schätzung vom zutreffenden Wert erfasst.

Fehler = |Schätzung-korrektער Wert|

Wegen der Ordinatenkonstruktion entspricht dieser Fehler zugleich dem Prozentsatz gemessen an der Ordinatenhöhe. Die Größenwerte konnten nur ganze Zahlen annehmen. Die Ordinate wies eine Spannweite von 0 bis 100 auf, die Zahlen an der Ordinate waren in 10-er Schritten angebracht und es war festgelegt worden, dass die Größenwerte nur ganze Zahlen zwischen 1 und 100 annehmen können.

Ergebnisse für konventionelles Säulendiagramm und Liniendiagramm

arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen; N=25

(Fragestellung z.B.: "Wie viel Niederschlag ist zum Messzeitpunkt 8 gefallen?")

	Fehler Schätzung-korrekt		Zeit in Sekunden	
	M	s	M	s
Säulendiagramm	1.16	0.79	5.21	1.36
Liniendiagramm	1.25	0.82	5.54	1.13

$$t(24) = -1.20 \text{ (ns)} \qquad -0.51 \text{ (ns)}$$

Ergebnisse für alle Graphvarianten mit 4 Datenreihen

arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen; N=25

(Fragestellung z. B.: "Wie viel Niederschlag ist zum Messzeitpunkt 3 bei der roten Datenreihe gefallen? bzw.

Wie viel Niederschlag ist zum Messzeitpunkt 6 im Diagramm Nr. 3 gefallen?")

	Fehler Schätzung-korrekt		Zeit in Sekunden	
	M	s	M	s
Supersäule	1.07	0.58	5.40	1.49
Superlinie	1.13	0.61	5.55	1.67
Jxtasäule	1.34	0.49	5.56	1.32
Juxtalinie	1.44	0.79	5.68	1.46

$$F(3, 69) = 2.38 \text{ ns} \qquad 0.49 \text{ ns}$$

Ergebnisbewertung

Angesichts der relativ geringen praktischen Bedeutung von point reading für die Auswahl einer Graphik, der durchweg passablen Genauigkeits- und der sehr vergleichbaren Zeitwerte für alle Graphikvarianten scheint die Schlussfolgerung angemessen, alle hier getesteten Varianten als im Prinzip für diese Fragestellung ziemlich gleichwertig einzustufen. Es macht wenig Sinn, point reading als entscheidendes Auswahlkriterium für eine der hier getesteten Graphvarianten zu verwenden.

Schlussfolgerungen

Globale Vergleiche

- **Wahrnehmung von Summen bzw. Mittelwerten:**

Der günstigste Graphiktyp zur Wahrnehmung von Summen bzw. Mittelwertsunterschieden von Datenreihen hängt von der Graphanordnung ab. Unter Juxtaposition eignet sich das Säulendiagramm eindeutig eher als das Liniendiagramm, da Jxtasäule stets genauere Werte lieferte als Juxtalinie. Aus diesem Ergebnis ließe sich eventuell auch die Hypothese ableiten, dass globale Vergleiche (Gruppendaten) innerhalb einer Datenreihe im Säulendiagramm besser gelingen als im Liniendiagramm. Unter Super-

position sind beide Graphiktypen bei 2 Datenreihen annähernd vergleichbar, bei mehr Datenreihen liegt der Vorteil beim Liniendiagramm.

- **Wahrnehmung von Variabilität:**

Die Wahrnehmung von Variabilität gelingt im Liniendiagramm in beiden Graphanordnungen zuverlässig besser als im Säulendiagramm. Die Fluktuation wurde als Summe des Betrags der Abweichung aller Größenwerte von den jeweiligen Vorgängergrößenwerten definiert. Im Liniendiagramm entsprach dieses Maß exakt der Länge der Linie und diese ist offenbar unmittelbarer wahrzunehmen als die Summe, der Durchschnitt oder ganz global die Unterschiedlichkeit aus mehreren Differenzen, die im Säulendiagramm abzuschätzen sind.

- **Schlussfolgerung zu Summen -und Variabilitätsvergleichen:**

Es ist ganz klar, dass die hier analysierten Graphikpräsentationen dann nicht optimal sind, wenn der Vergleich von Mittelwerten oder Streuungen mehrerer Datenreihen von zentralem Interesse sind. Für solche Spezialfragestellungen ist z.B. das Boxplot von Tukey wesentlich effizienter und informativer. Die hier gefundene mangelnde Präzision des Urteils kann den Statistiker sicher nicht befriedigen, weswegen die numerische Mitteilung der entsprechenden Statistiken gewiss oft wünschenswert ist. Spontane zuverlässigere Einschätzungen werden aber sicher mit zunehmender Unterschiedlichkeit umso wahrscheinlicher und können so einen ersten groben Eindruck vermitteln. Um die Wahrnehmung der Unterschiede zu fördern, kann (bzw. muss) man, einem Vorschlag Kosslyn's (1994) folgend, notfalls die Ordinatenbegrenzungen so modifizieren, dass eine höhere Auflösung entsteht.

Replikation des Experimentes von Schutz (1961)

Das Experiment von Schutz (1961) konnte bzgl. der hier getesteten Aspekte im Wesentlichen erfolgreich repliziert werden. Was Schutz (1961) für das Liniendiagramm feststellte, gilt in gleichem Maße für das Säulendiagramm.

- **lokale Vergleiche:**

In der Anordnung Superposition ist es wegen der räumlichen Nähe deutlich einfacher als unter der Graphanordnung Juxtaposition, zu entscheiden, welche Datenreihe bei welcher Rubrik den höchsten Wert aufweist. Die Unterschiede zwischen den Graphanordnungen lassen sich sowohl bei der Genauigkeit als auch bei der Zeit statistisch überzeugend nachweisen. Die Unterschiede sind ohne Frage von praktischer Bedeutsamkeit und sind derartige Vergleiche von zentraler Relevanz, sollten die Daten in Superposition dargestellt werden.

- **Schätzung von Größenwerten:**

Die Schätzung von Größenwerten gelingt erstaunlich präzise, so dass man in vielen Fällen auf die Angabe von Zahlen verzichten kann. Die Schätzung ist unter beiden Graphikanordnungen weitgehend gleich gut bzw. die gefundenen Unterschiede sind praktisch ohne nennenswerten Belang.

Graphpositionierung unter Juxtaposition

Beim überwiegenden Teil der hier getesteten Fragestellungen spielte es keine Rolle, ob die Diagramme unter der Graphanordnung Juxtaposition nebeneinander oder untereinander angeordnet waren. Eventuell gleichen sich Vor- und Nachteile beider Varianten aus. Lediglich beim Summen- bzw. Mittelwertsvergleich konnten gewisse Hinweise dafür gefunden werden, dass die horizontale Positionierung im Liniendiagramm günstiger erscheint.

Grafikexperiment 4

Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Liniendiagramm und Säulendiagramm 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. Unter günstigen Datenkonstellationen springen derartige Auffälligkeiten direkt ins Auge, aber auch unter schwierigeren Datenlagen erleichtert die räumliche Wahrnehmung den Suchprozess erheblich und führt zu einem schnelleren Ergebnis als eine tabellarische Identifizierung. Hauptanliegen des Experimentes war auch hier die empirische Klärung, welcher Graphotyp (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 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, charts, graphs, bar chart, line graph, graphical displays, graphical perception

Einstieg in das Thema

Der Einsatz von Graphiken erscheint dann besonders nützlich, wenn die relevanten Beziehungen zwischen den Daten infolge der räumlichen Anordnung der Daten einfacher zu erfassen sind als in einer Tabelle. In einer Graphik können mehr Daten auf einen Blick gleichzeitig in Augenschein genommen werden. Bestimmte Daten lassen sich zu Datengruppen bzw. Dateneigenschaften zusammenfassen, so dass die Wahrnehmung entlastet wird und für anspruchsvolle Vergleiche noch aufnahmefähig erscheint. Hier 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 mögli-

cherweise der größte Unterschied zwischen den Datenreihen besonderes Gewicht. Auch kann der mögliche Schnittpunkt dieser Datenreihen als Umkippen der Größenverhältnisse eine herausragende Bedeutung erhalten. **Diese Fragestellungen 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.

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 der Einzelgraphiken unter Juxtapositionen Variationen unterworfen wird.

Probleme der kognitiven Orientierung interessieren hier nicht. Die Bedeutung der einzelnen Bestandteile der Graphik 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.

Die unabhängigen Variablen

Je nach Fragestellung wurden verschiedene Variablen geprüft, die dort genauer expliziert werden. Als relevante **Faktoren** (Stufen) werden insgesamt untersucht:

- **Graphtyp** (Säulendiagramm, Liniendiagramm)
- **Graphanordnung** (Superposition, Juxtaposition)
- **Graphpositionierung unter Juxtaposition** (horizontal (alle Graphiken nebeneinander), vertikal (alle Graphiken untereinander))
- **Gitternetz** (ja, nein)
- **Suchrichtung** (maximaler Wert, minimaler Wert)
- **Aufgabenschwierigkeit** (leicht, schwer)

Alle getesteten Faktoren sind Messwiederholungsfaktoren. Beim Vergleich Juxtaposition gegen Superposition wurde der Mittelwert aus den beiden Graphpositionierungsvarianten verwendet.

Die abhängigen Variablen

- **Zeit** (bis zur Beantwortung der Frage)
- **Genauigkeit:**
 - Prozentsatz der richtigen Antworten. Für die grafische Darstellung der Daten wird der Prozentsatz der falschen Antworten verwendet, da dann beide Messvariablen in die theoretisch gleiche Richtung weisen.
 - für Verhältnisschätzung: Betrag der Abweichung vom korrekten Ergebnis.

Eine Graphikvariante ist einer anderen nur dann überlegen, wenn sie bei mindestens gleicher Genauigkeit kürzere Zeiten aufweist.

Versuchspersonen

Für die Untersuchung stellten sich 46 Student(inn)en kostenfrei zur Verfügung. Bei den Student(inn)en handelt es sich vorwiegend um Erstsemester, die gerade mit ihrem Studium begonnen hatten und ein Statistikseminar in Erziehungswissenschaft bzw. Psychologie belegten.

Versuchsablauf

Alle Probanden absolvierten das Experiment im CIP-Raum der Philosophischen Fakultät in Gruppen von 3 bis 9, jeder für sich an einem eigenen Computer. Die Untersuchung dauerte je nach Arbeitsgeschwindigkeit der Vp ca. 1,5 bis 2 Stunden. 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. Die Darbietungsreihenfolge der Graphiken wurde jeweils nach Zufall bestimmt. Zu jeder experimentellen Bedingung wurden mehrere Graphen getestet, die bei der Auswertung zu Testwerten zusammen gefasst 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 Konstruktion der Daten in den Graphiken

Ähnlich wie in Grafikexperiment 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.

Konstruktion der experimentellen Bedingungen

Die Konstruktion der experimentellen Bedingungen basiert im Prinzip auf dem in den früheren Experimenten durchgeführten Verfahren. Im Gegensatz zu üblichen Gruppenexperimenten erhielten die VPn für identische experimentelle Bedingungen nicht dasselbe Reizmaterial bzgl. der Daten in den Graphiken. Innerhalb einer VP ist die Vergleichbarkeit der experimentellen Bedingungen durch parallele Aufgaben gewährleistet worden. VP 2 bearbeitete aber teilweise strukturell andere Datenkonstellationen als VP 1 bei derselben experimentellen Bedingung (z.B. andere Funktionstypen). Auf diese Weise konnte bei hinreichender interner Validität die externe Validität deutlich gesteigert werden, weil im Gesamtexperiment so sehr viele variable Datenkonstellationen getestet werden konnten.

Vergleichbarkeit der Anforderungen:

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. Wegen dieser Spezifikationen werden hier auch für alle Fragestellungen eigene Graphiken gezeigt. Denn diese Graphiken erfüllen als konkrete Beispiele die festgelegten experimentellen Bedingungen.

Finde den extremen Größenwert bei einer Datenreihe!

Neben der Wahrnehmung von Kurvenverläufen und dem Vergleichen von Datengruppen sind graphische Präsentationen besonders geeignet, Größenwerte miteinander zu vergleichen und in eine Rangfolge zu bringen. In einer früheren Untersuchung (Jacobs 1990) konnte eindrucksvoll nachgewiesen werden, dass bzgl. des Erkennens der Relation "größer/kleiner" die graphische Präsentation (Säulendiagramm) der Tabelle in mehrfachen Versuchen deutlich und konsistent überlegen war. Es lohnt sich demnach für derartige Fragestellungen Graphiken einzusetzen.

In einer Graphik markieren höchster und niedrigster Größenwert interessante Orientierungspunkte und in diesem experimentellen Teil ging es um die Frage, ob das Liniendiagramm oder das Säulendiagramm extreme Größenwerte leichter identifizieren lässt.

Hypothesen:

Die Erwartung geht davon aus, dass der extreme Größenwert bei beiden Graphiktypen nahezu gleichschnell 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 gegenüber dem Liniendiagramm ist daher vornehmlich bei der Identifizierung des maximalen Wertes zu erwarten und müsste verschwinden, wenn durch ein Gitternetz die Zuordnung im Liniendiagramm verbessert wird.

Versuchsaufbau:

Der Versuchsaufbau kann als 3 faktorielles Repeated-Measurement-Design mit den Faktoren **Graphyp** (Säulendiagramm Liniendiagramm), **Gitternetz** (mit, ohne) und **Suchrichtung** (minimaler Wert, maximaler Wert) wie folgt dargelegt, spezifiziert werden:

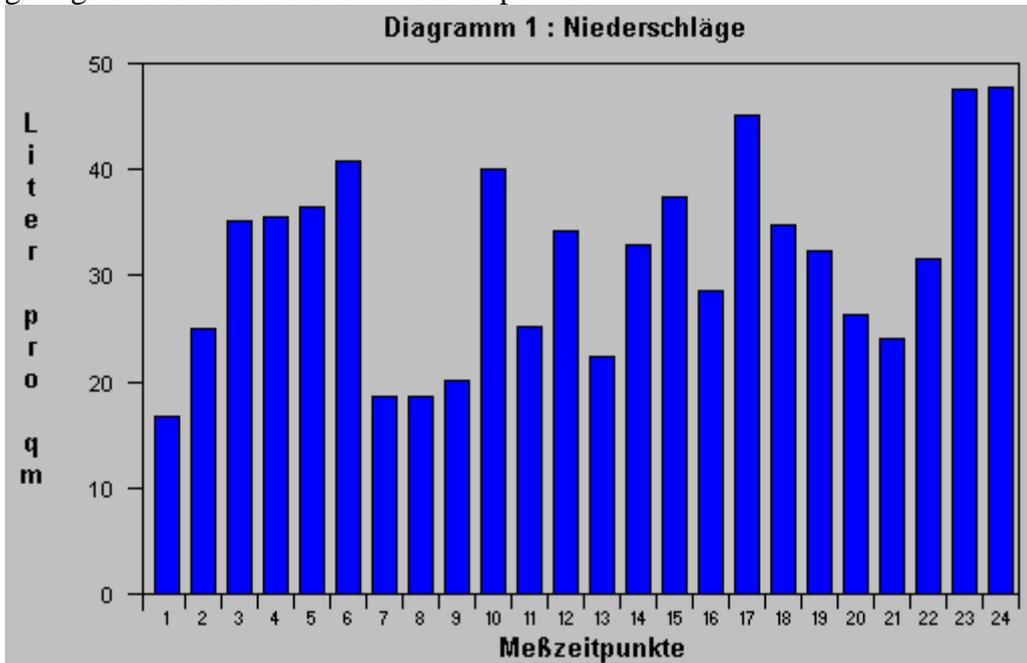
	Säulendiagramm		Liniendiagramm	
	mit Gitter	ohne Gitter	mit Gitter	ohne Gitter
maximaler Wert?	2	2	2	2
minimaler Wert?	2	2	2	2

Die Zahlen entsprechen der Anzahl der Präsentationen pro Bedingung. Alle Präsentationen waren so konstruiert, dass der extreme Größenwert 1/25 der Ordinatenlänge extremer ausfiel als der dem extremen Wert am nächsten kommende Größenwert.

Aufgabenbeispiele

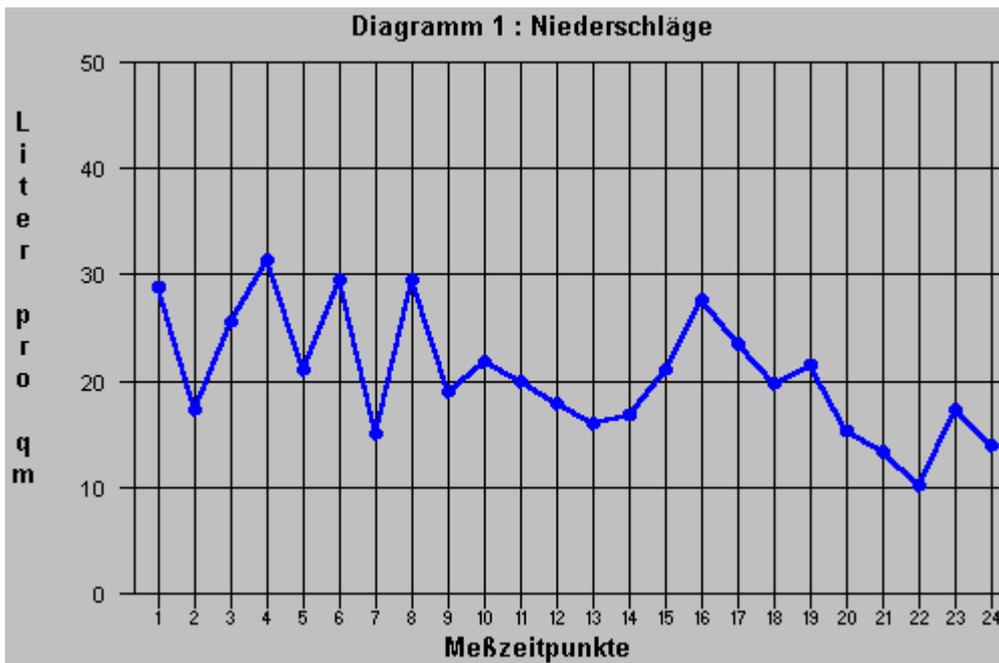
Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welcher Messzeitpunkt den geforderten extremen Größenwert aufweist !

Beispiel 1: Säulendiagramm ohne Gitter:
geringster Wert bei welchem Messzeitpunkt ?



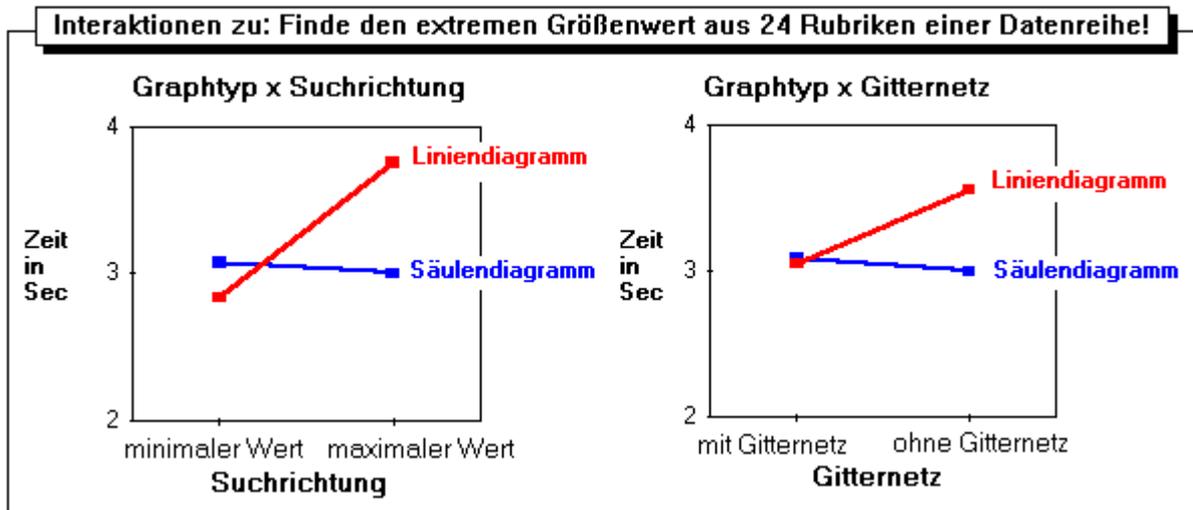
richtig = 1

Beispiel 2: Liniendiagramm mit Gitter:
höchster Wert bei welchem Messzeitpunkt ?



richtig = 4

Ergebnisse: arithmetische Mittelwerte (N=46)



- Beide Graphiktypen erzielen eine sehr vergleichbare, hohe Genauigkeit von über 95% korrekter Antworten.
- Nur bei der Identifizierung des maximalen Wertes liefert das Säulendiagramm günstigere Zeiten als das Liniendiagramm (*signifikante Interaktion zwischen Graphiktypen und Suchrichtung*)
- Durch ein Gitter verschwindet der Vorteil des Säulendiagramms gegenüber dem Liniendiagramm (*signifikante Interaktion zwischen Graphiktypen und Gitternetz*).

Finde den extremen Größenwert bei zwei Datenreihen!

Hier war ebenfalls die Identifizierung der extremen Größenwerte verlangt. Allerdings wurden 2 Datenreihen mit jeweils 12 Rubriken zugrunde gelegt, um neben Graphypunterschieden auch die Unterschiede in der Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) testen zu können. Mithin wurden hier die vier Graphvarianten Supersäule, Superlinie, Juxtassäule und Juxtalinie gegeneinander getestet. Dabei war jeweils der höchste oder der 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). Es musste nur der Messzeitpunkt genannt werden, der den extremen Größenwert beinhaltete, nicht aber die Datenreihe, zu der der Größenwert gehörte.

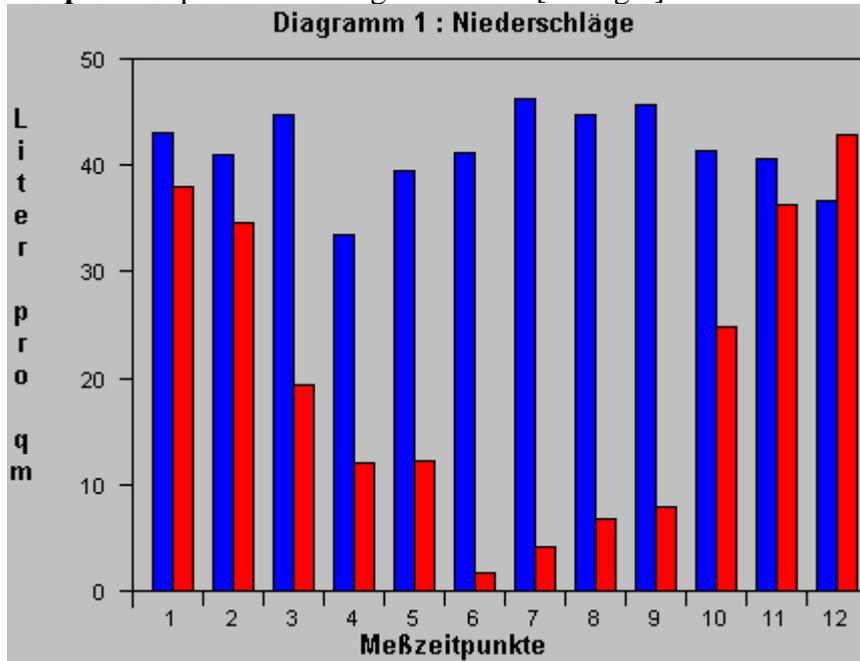
Versuchsaufbau

Man kann den Versuchsaufbau als 3 faktorielles Repeated-Measurement-Design mit den Faktoren **Graphyp** (Säulendiagramm, Liniendiagramm), **Graphanordnung** (Superposition, Juxtaposition) und **Suchrichtung** (minimaler Wert, maximaler Wert) deuten. Innerhalb der Graphanordnung Juxtaposition wurde darüber hinaus noch die Positionierung der Einzelgraphiken (horizontal, vertikal) variiert. Alle Präsentationen waren so konstruiert, dass der extreme Größenwert 1/25 der Ordinatenlänge extremer ausfiel als der dem extremen Wert am nächsten kommende Größenwert.

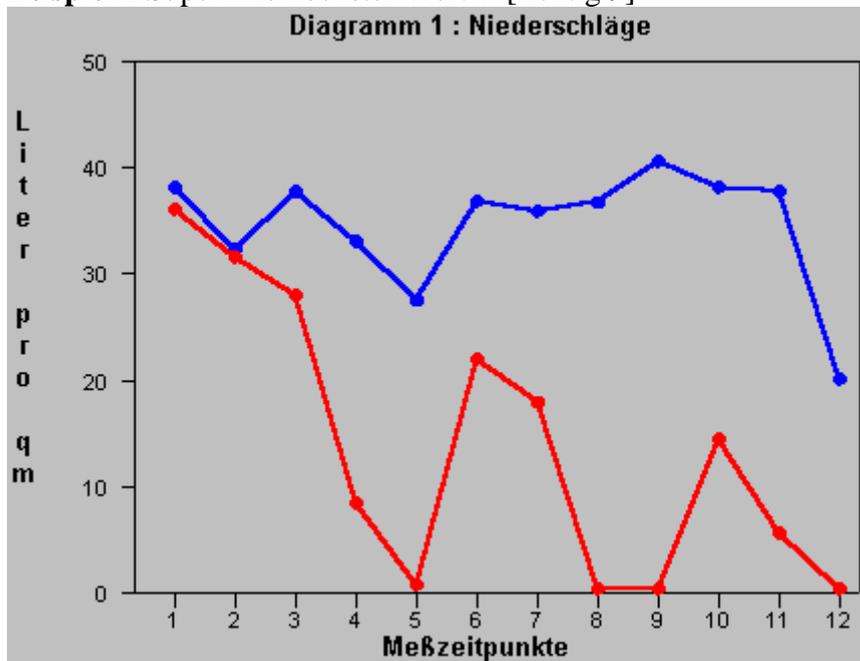
Aufgabenbeispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welcher Messzeitpunkt den geforderten extremen Größenwert aufweist !

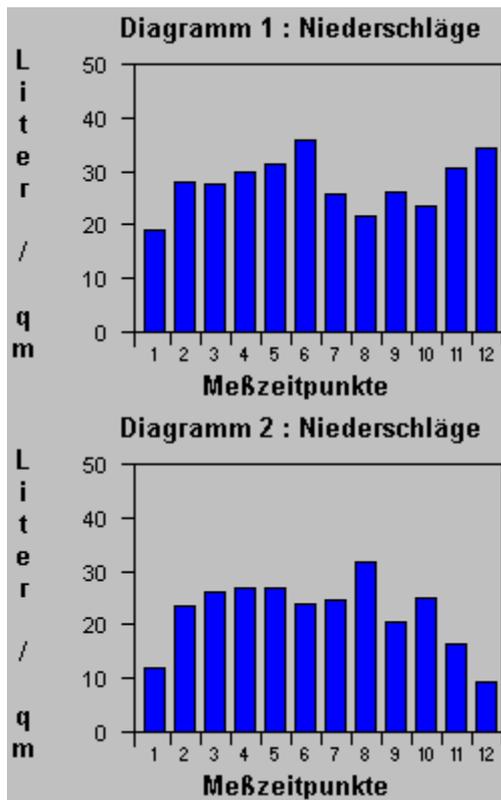
Beispiel 1 Supersäule niedrigster Wert ? [richtig 6]



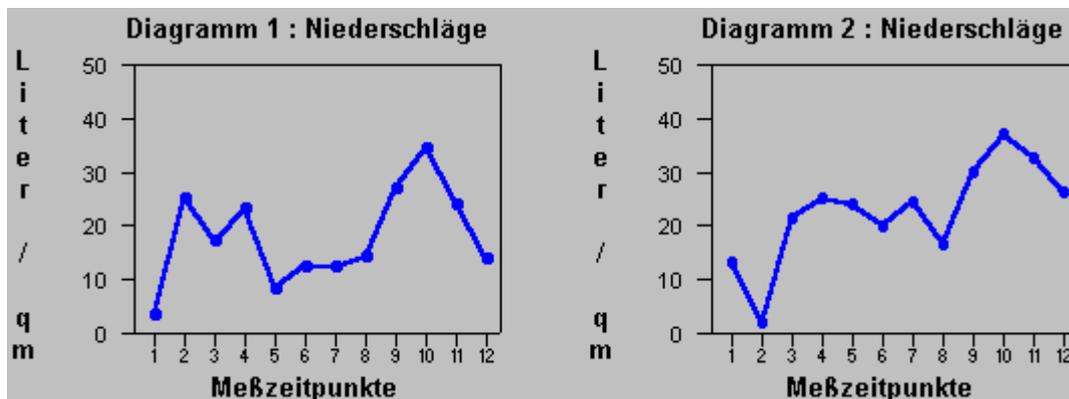
Beispiel 2 Superlinie höchster Wert ? [richtig 9]



Beispiel 3 Juxtapäule, vertikale Graphpositionierung niedrigster Wert ? [12]



Beispiel 4 Juxtalinie, horizontale Graphpositionierung höchster Wert ? [10]



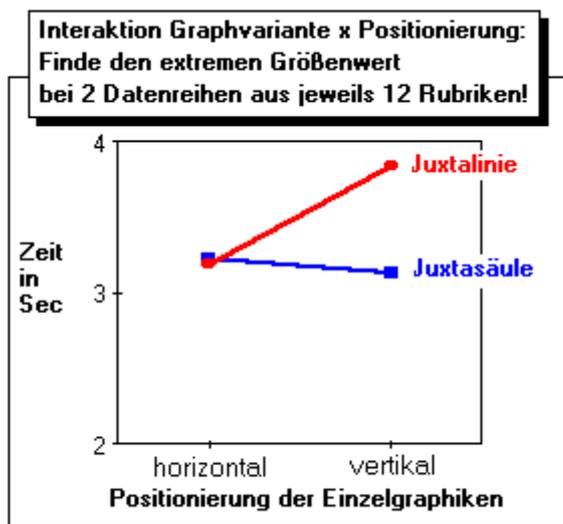
Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (Zeit in Sekunden) (N=46)

Graphanordnung	Super	Graphtyp	
		Säule	Linie
		2.7	2.9
	Juxta	3.2	3.5

- Alle Graphikvarianten erzielten eine sehr vergleichbare, hohe Genauigkeit von über 95% korrekter Antworten.

- Von allen möglichen Faktoren erzielte nur die Graphanordnung einen eindeutigen signifikanten Zeiteffekt zugunsten von Superposition. Der Vorteil von Superposition ist höchstwahrscheinlich auf die engere räumliche Nähe der zu vergleichenden Datenelemente zurückzuführen.
- Innerhalb von Superposition konnte die bei einer Datenreihe gefundene Interaktion zwischen Graphtyp und Suchrichtung klar bestätigt werden. Auch hier ist es im Säulendiagramm einfacher als im Liniendiagramm den maximalen Wert zu identifizieren.
- Innerhalb von Juxtaposition konnte die bei einer Datenreihe gefundene Interaktion zwischen Graphtyp und Suchrichtung nicht signifikant bestätigt werden, obwohl die numerischen Daten klar in die Richtung zeigen, dass der maximale Wert im Säulendiagramm (3.2 s) schneller zu identifizieren ist als im Liniendiagramm (3.8 s.)

Ergebnisse zur Graphpositionierung unter Juxtaposition (N=46)



Die Graphpositionierung wirkt sich nur im Liniendiagramm zugunsten einer horizontalen Anordnung aus (*signifikante Interaktion zwischen Graphvariante und Graphpositionierung*).

Welcher Kurvenabschnitt 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, aber nicht ausschließlich bei Verlaufsinformationen sinnvoll. Praktisch finden sie z.B. Verwendung, wenn der entscheidende Konjunkturerinbruch in einem Konjunkturzyklus identifiziert werden soll. Der steilste Anstieg im Liniendiagramm entspricht im Säulendiagramm dem maximalen Unterschied eines Datenelementes von seinem Vorgängerelement.

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.

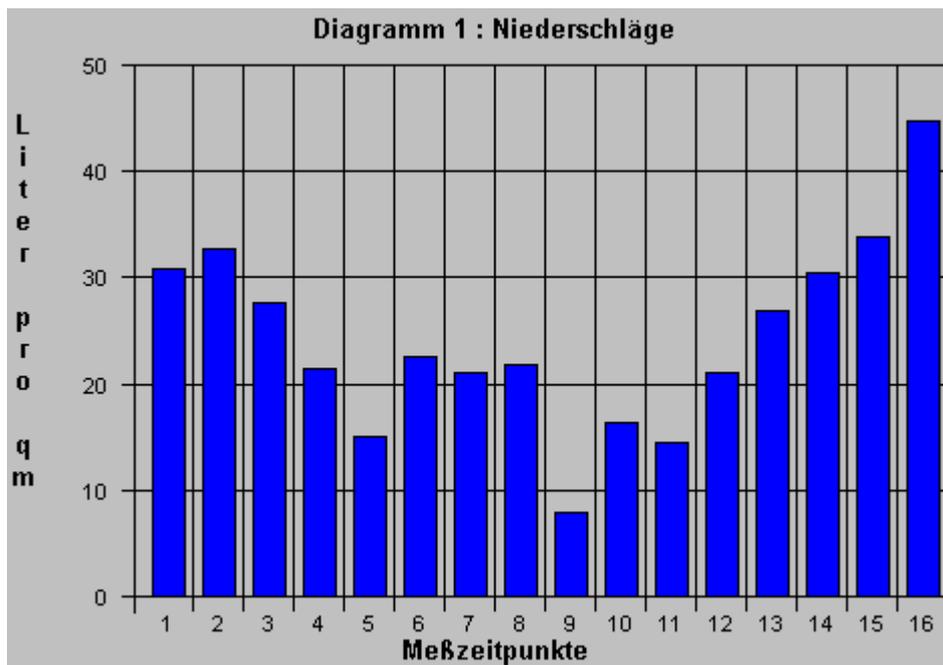
Experimenteller Aufbau

Es sollte bei aller Variation der unterschiedlichen Datenkonstellationen ein eindeutiges und für alle Aufgaben vergleichbares Kriterium der extremen Steigung eines Kurvensegments geben. Deshalb wurde festgelegt, dass die extreme Steigung eines Kurvensegments 20 Prozent extremer ausfallen sollte als die der extremen Steigung irgendeines anderen Kurvenelements am nächsten kommende Steigung. Aufgabe der Vp war es, den Messzeitpunkt des Kurvensegments 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. Der ganze Versuchsaufbau kann als 2x2x2 faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren **Graphiktypen** (Säulendiagramm, Liniendiagramm), **Gitternetz** (ja, nein) und **Suchrichtung** (steilster Anstieg, tiefster Abfall) gedeutet werden.

Aufgabenbeispiele

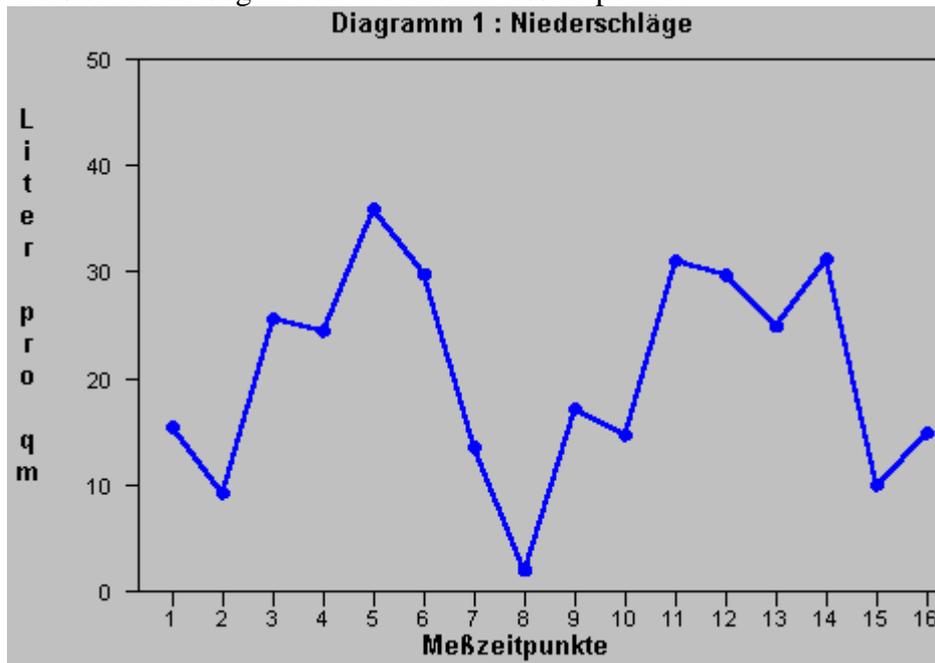
Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, bei welchem Messzeitpunkt der steilste Anstieg oder der tiefste Abfall beginnt !

Beispiel 1: Supersäule mit Gitternetz größter Anstieg ?
Höchster Anstieg beginnt bei welchem Messzeitpunkt ?



Antwort 15 ist hier richtig

Beispiel 2: Superlinie ohne Gitternetz tiefster Abfall ?
Tiefster Abfall beginnt bei welchem Messzeitpunkt ?



Antwort 14 ist hier richtig

Ergebnisse

Mittelwert **M** und Standardabweichung **s**; (N=46)

	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	

Von allen möglichen Faktoren erzielte nur der Graphtyp einen klaren signifikanten Zeiteffekt. Im Liniendiagramm kann die extreme Steigung schneller identifiziert werden.

Finde die extreme Steigung bei zwei Datenreihen!

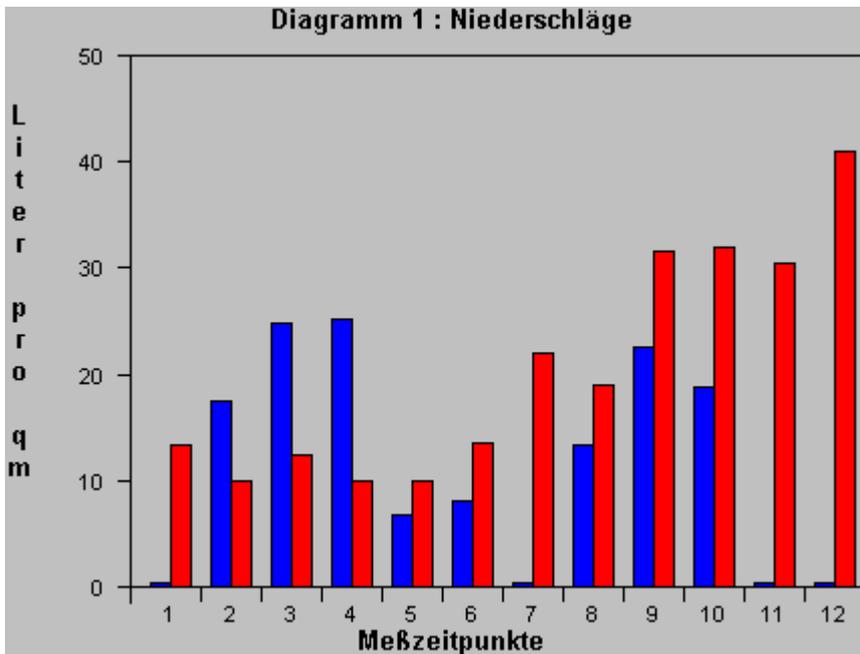
Die Aufgabe verlangt eine longitudinale Analyse der Steigungsabschnitte in beiden Datenreihen und stellt insofern eine Erschwerung gegenüber der Analyse einer Datenreihe dar. Dabei gelten alle Kurvensegmente der Gesamtpräsentation als die Elemente, aus denen die extreme Veränderung zu identifizieren war. Wenn z.B. die jährlichen Produktionsdaten zweier Autofirmen vorliegen, so interessiert hier derjenige Abschnitt, in dem beispielsweise die höchste jährliche Steigerung überhaupt erzielt wurde, wobei dieser Abschnitt bei Firma A oder B liegen kann. Als Graphikvarianten wurden Supersäule, Superlinie, Juxtassäule und Juxtalinie getestet. Auch hier wurde für alle Präsentationen festgelegt, dass die extreme Steigung 20% extremer ausfallen sollte als die der extremen Steigung am nächsten kommende Steigung. Der Versuchsaufbau kann als 2x2 faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren **Graphtyp** (Liniendiagramm, Säulendiagramm) und **Graphanordnung** (Superposition, Juxtaposition) gedeutet werden.

Aufgabenbeispiele:

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, bei welchem Messzeitpunkt der höchste Anstieg beginnt !

Beispiel 1: Supersäule höchster Anstieg ?

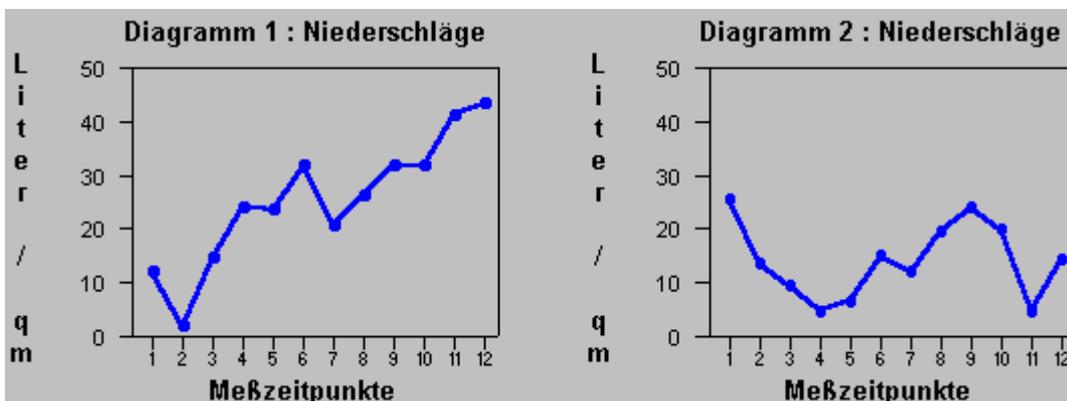
Höchster Anstieg beginnt bei welchem Messzeitpunkt?



Man muss sich alle Anstiege der roten Datenreihe und alle Anstiege der blauen Datenreihe anschauen. Tut man dies, so stellt man fest, dass von allen Anstiegen in beiden Datenreihen derjenige von Messzeitpunkt 1 nach 2 der blauen Datenreihe das größte Ausmaß erzielt. Der höchste Anstieg in der gesamten Präsentation beginnt somit beim Messzeitpunkt 1. Sie müssten als Antwort also 1 eingeben, brauchen aber nicht die Farbe der Datenreihe anzugeben.

Beispiel 2 Juxtalinie, horizontale Graphpositionierung höchster Anstieg ?

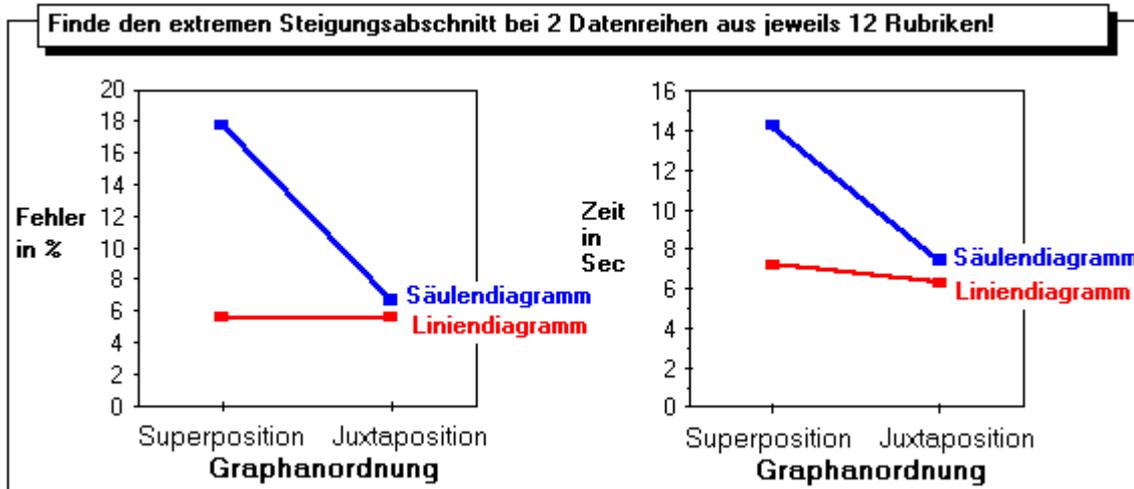
Höchster Anstieg beginnt bei welchem Messzeitpunkt ?



2 ist richtig, weil von Messzeitpunkt 2 nach 3 der steilste Anstieg festzustellen ist. Der steilste Anstieg ist hier in Diagramm 1 zu finden.

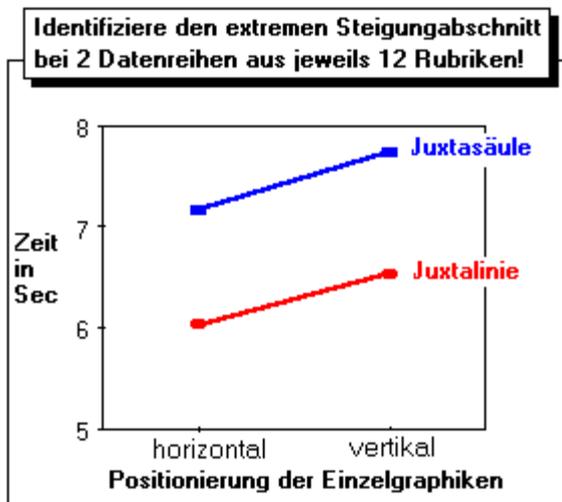
Auf die Darstellung weiterer Beispiele wurde verzichtet. Die Graphiken ähneln von der Struktur her den Graphiken zur Fragestellung "Finde den extremen Größenwert bei 2 Datenreihen!"

Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (N=46)



- Supersäule ist allen übrigen Graphvarianten bzgl. Genauigkeit und Zeit signifikant unterlegen.
- Superlinie, Juxtalinie und Juxtasäule erzielen eine vergleichbare Fehleranzahl, unter Juxtalinie lassen sich die Aufgaben am schnellsten lösen.

Ergebnisse zur Graphpositionierung unter Juxtaposition (N=46)



- Juxtalinie erzielt signifikant günstigere Zeiten als Juxtasäule.
- Die bei einer Datenreihe gefundene Überlegenheit des Liniendiagramms konnte hier somit bestätigt werden.
- Die Unterschiede in der Graphpositionierung sind nicht signifikant. Es spielt demnach keine Rolle, ob die Einzelgraphiken unter Juxtaposition übereinander oder untereinander positioniert werden.

Welche Datenreihe zeigt den höchsten Anstieg in einem bestimmten Datenbereich?

In einer früheren Aufgabenstellung ging es um Steigungsvergleiche innerhalb einer Datenreihe, hier interessieren nun Steigungsunterschiede zwischen Datenreihen innerhalb eines bestimmten Datenbereiches. 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 Boomphase den steilsten Zuwachs zu verbuchen hat. Die Beantwortung der Frage erfordert zunächst einmal eine Herauslösung des interessierenden Datenbereiches (hier des Messzeitpunktebereichs). Liegen die Messzeitpunkte des relevanten Datenbereiches direkt nebeneinander, so ist ein klassischer Steigungsvergleich möglich, weil die Messzeitpunkte in einem Liniendiagramm dann durch Gerade 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:

$$D = (\text{Größenwert des Messzeitpunkts } x+n) - (\text{Größenwert des Messzeitpunktes } x)$$

Bei welcher von 4 Datenreihen ist D am größten?

Hypothesen

Aus den Ergebnissen zum Erkennen, Identifizieren und Vergleichen von Verläufen (Experiment 2) 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.

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 letzten Aufgaben die Identifizierung des Datenbereichs schwieriger ist, was anhand der empirischen Ergebnisse später auch ganz eindeutig belegt werden konnte.

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

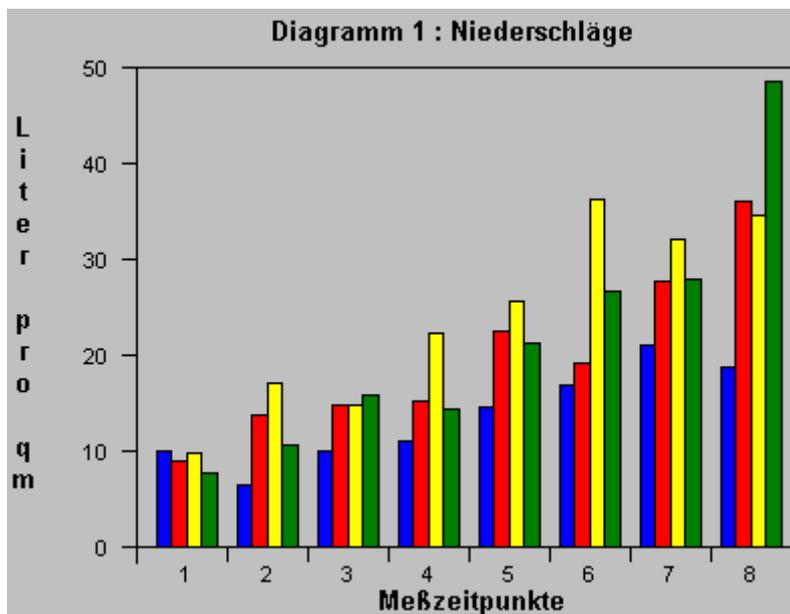
- der zweitsteilste Anstieg musste mindestens einen Anstieg von $1/25$ der y-Achse aufweisen, musste sich also als erkennbar positiven Anstieg wahrnehmen lassen.
- der steilste Anstieg sollte genau 50% steiler als der zweitsteilste Anstieg sein.

Aufgabenbeispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welche Datenreihe insgesamt den größten Anstieg im geforderten Messzeitpunktbereich aufweist!

Beispiel 1 Supersäule: Bereich: 1 bis 8

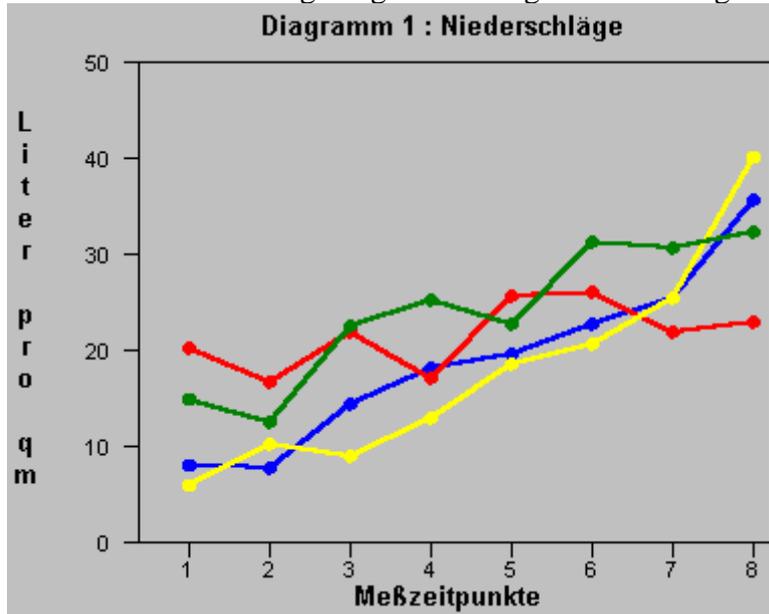
Welche Datenreihe zeigt insgesamt den größten Anstieg von Messzeitpunkt 1 nach 8 ?



richtig: Messzeitpunkt 1 bis 8 (grün)

Beispiel 2: Superlinie: Bereich 3 bis 7

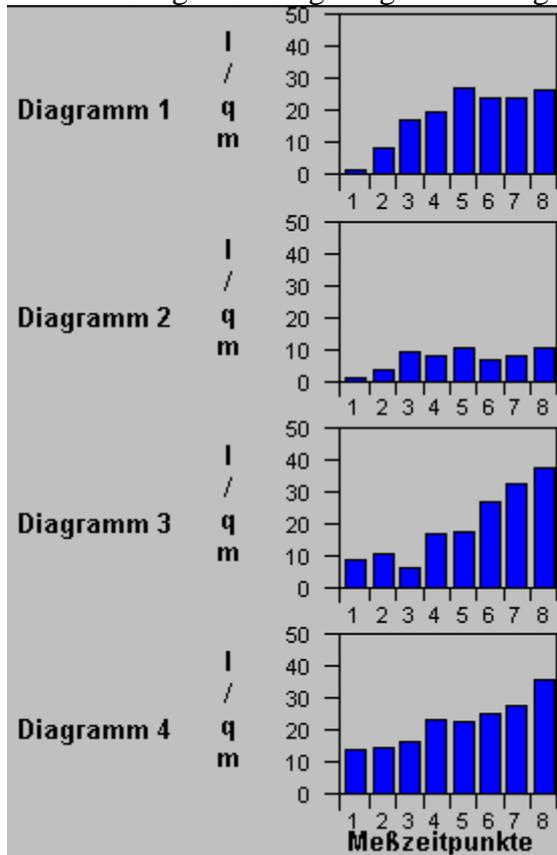
Welche Datenreihe zeigt insgesamt den größten Anstieg von Messzeitpunkt 3 nach 7 ?



richtig: gelb

Beispiel 3: Juxtapäule vertikal: Bereich: 3 bis 4

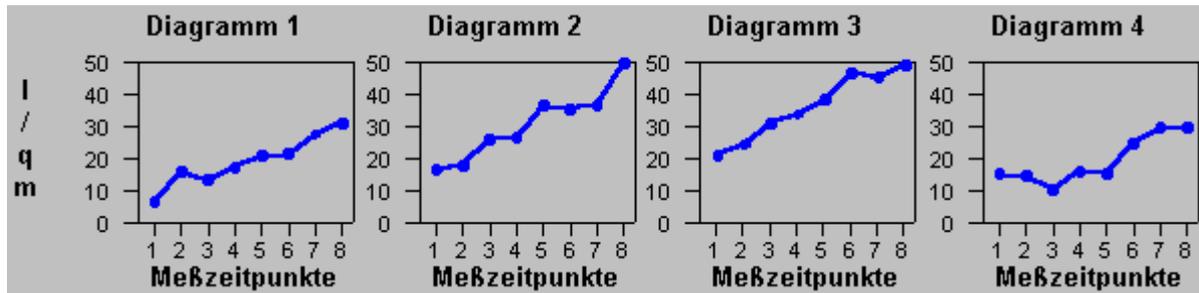
Welches Diagramm zeigt insgesamt den größten Anstieg von Messzeitpunkt 3 nach 4 ?



richtig: Messzeitpunkt 3 bis 4 (Diagramm 3)

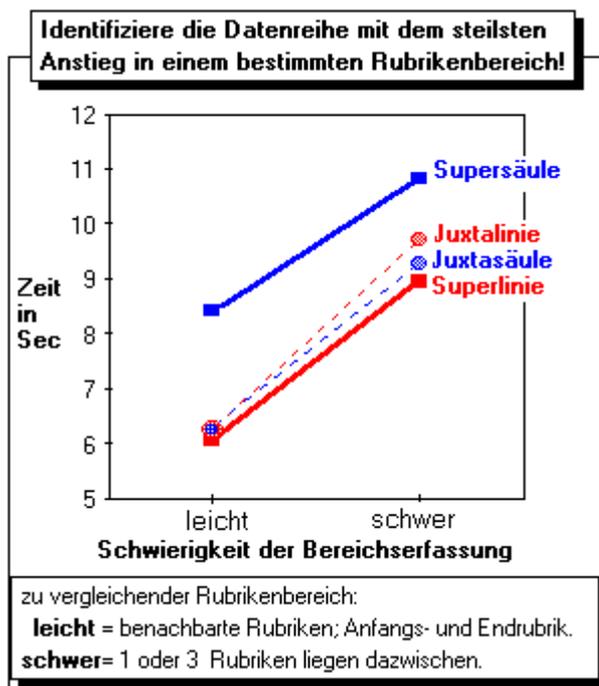
Beispiel 4: Juxtalinie horizontal: Bereich: 4 bis 8

Welches Diagramm zeigt insgesamt den größten Anstieg von Messzeitpunkt 4 nach 8 ?



richtig: Messzeitpunkt 4 bis 8 (Diagramm 2)

Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (N=46)



- Supersäule erfordert signifikant mehr Zeit als alle übrigen Graphvarianten, die sich ihrerseits nicht voneinander unterscheiden..
- Hinsichtlich der Genauigkeit gibt es keine Unterschiede zwischen allen Graphvarianten, da stets über 90% der Aufgaben richtig gelöst wurden.
- Die Anordnung der Einzeldiagramme unter Juxtaposition hat keinen Effekt. Es ist also gleichgültig, ob die Graphiken nebeneinander oder untereinander angeordnet sind.

Differenzierte Ergebnisse

Vergleich von Steigungen bei direkt nebeneinander liegenden Rubriken (Zeiten in sec; Mittelwerte: N=46)

Super- säule	Super- linie	Juxta- säule	Juxta- linie
8,6	5,2	6,4	6,4

- Superlinie erzielt signifikant günstigere Zeiten als beide Graphvarianten unter Juxtaposition.
- Für Juxtasäule und Juxtaline erlaubt die vertikale Positionierung der Einzelgraphiken schnellere Beantwortungszeiten (jeweils ca. 1 Sekunde) als die horizontale Graphpositionierung.

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 auseinanderklaffen. 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. Die Fragestellung ist aber nicht auf Verläufe beschränkt. 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. Die Aufgabe ist unter der Graphanordnung Juxtaposition aus mehreren Gründen schwieriger als unter Superposition. In horizontaler Graphpositionierung muss zweimal die Rubrikenposition identifiziert werden, der Abstand der zu vergleichenden Datenelemente ist größer und es liegen zwischen den zu vergleichenden Datenelementen 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 günstigere Werte liefern würde.

Versuchsaufbau und Ablauf

Als Graphikvarianten dienten die Supersäule, Juxtasäule, Superlinie und Juxtalinie. Die Einzelgraphiken unter Juxtaposition waren vertikal angeordnet. Aufgabe der Vp war es, die dem Betrage nach größte Differenz der beiden Datenreihen aus allen 10 Rubrikenpaare 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

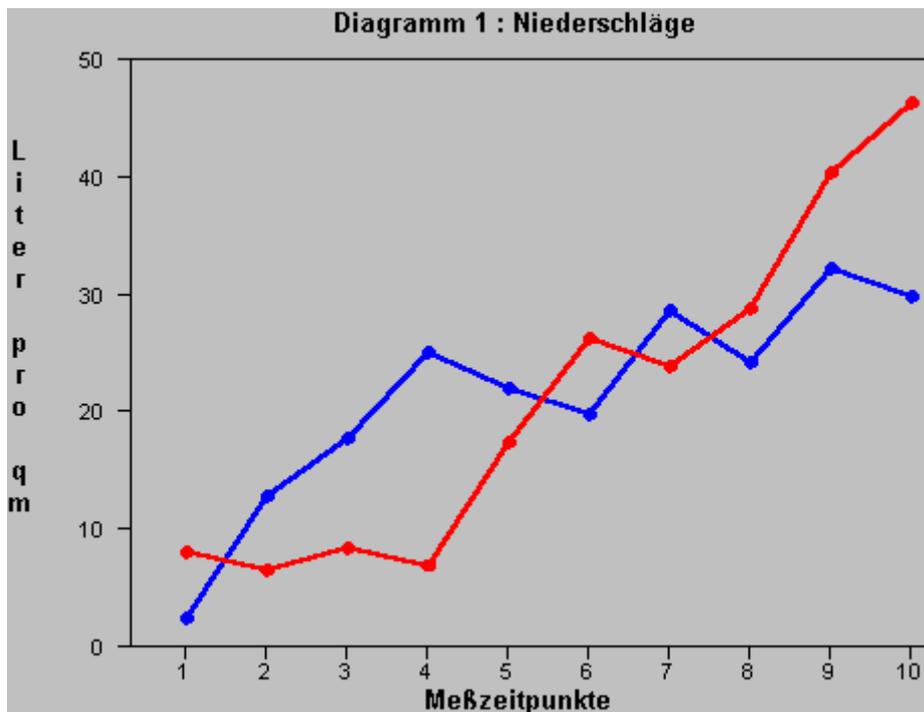
konstruiert worden, dass der größte Unterschied 20% höher ausfiel als der zweithöchste Unterschied. Der größte Unterschied wie auch der zweithöchste Unterschied konnte an verschiedenen Positionen liegen und insgesamt sorgte das Programm für eine hinreichende Datenvielfalt, die letztlich eine solide Gesamtschätzung garantieren sollte.

Aufgabenbeispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, bei welchem Messzeitpunkt der dem Betrage nach größte Unterschied vorliegt!

Beispiel 1: Superlinie größter Unterschied ?

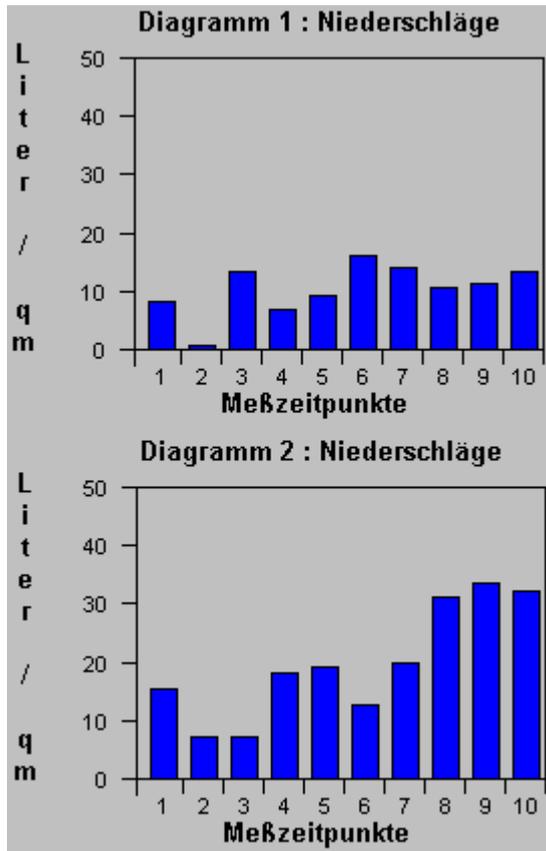
Bei welchem Messzeitpunkt unterscheiden sich die Datenreihen am meisten ?



Die richtige Lösung ist 4, da der Unterschied zwischen der blauen und der roten Datenreihe zum Zeitpunkt 4 am größten unter allen möglichen Messzeitpunkten ausfällt. Entscheidend ist der Betrag des Unterschieds. Es ist demnach gleichgültig, ob die blaue Linie über der roten Linie liegt oder umgekehrt. Es kommt nur auf die Größe des Unterschieds an.

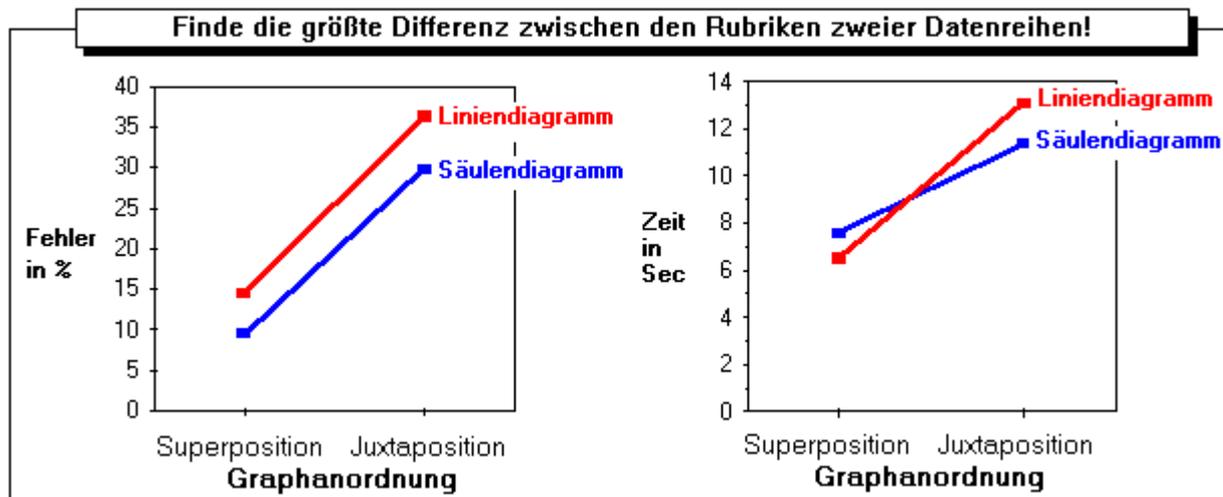
Beispiel 2: Juxtaposition größter Unterschied ?

Bei welchem Messzeitpunkt unterscheiden sich die Datenreihen am stärksten ?



Beim Messzeitpunkt 9, weil hier der Unterschied zwischen der Säule im Diagramm 1 und der Säule im Diagramm 2 am größten unter allen möglichen Messzeitpunkten ist. Zum Messzeitpunkt 9 ist die Differenz zwischen Diagramm 1 und Diagramm 2 negativ. Die Richtung der Differenz ist aber gleichgültig. Entscheidend ist der absolute Betrag des Unterschieds.

Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (N=46)



- Sowohl bei der Fehleranzahl als auch bei der Zeit schneidet Superposition hochsignifikant günstiger ab als Juxtaposition.
- Weder bei der Fehleranzahl noch bei der Zeit wird der Hauptfaktor Graphyp signifikant
- Hinsichtlich der Zeit ergibt sich eine klare signifikante disordinale Interaktion zwischen Graphyp und Graphanordnung.
- Die Analyse hat eindeutig gezeigt, dass zur Abschätzung von Differenzen superpositionierte Präsentationen klar juxtapositionierten Präsentationen vorzuziehen sind. Die hier gefundenen Unterschiede sind massiv und praktisch recht bedeutsam, während die Graphypunterschiede weniger wichtig sind.

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 Umkippen 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.

Hypothesen

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 ist der Schnittpunkt selbst nicht sichtbar, sondern muss kognitiv erschlossen werden. 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. 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.

Versuchsaufbau

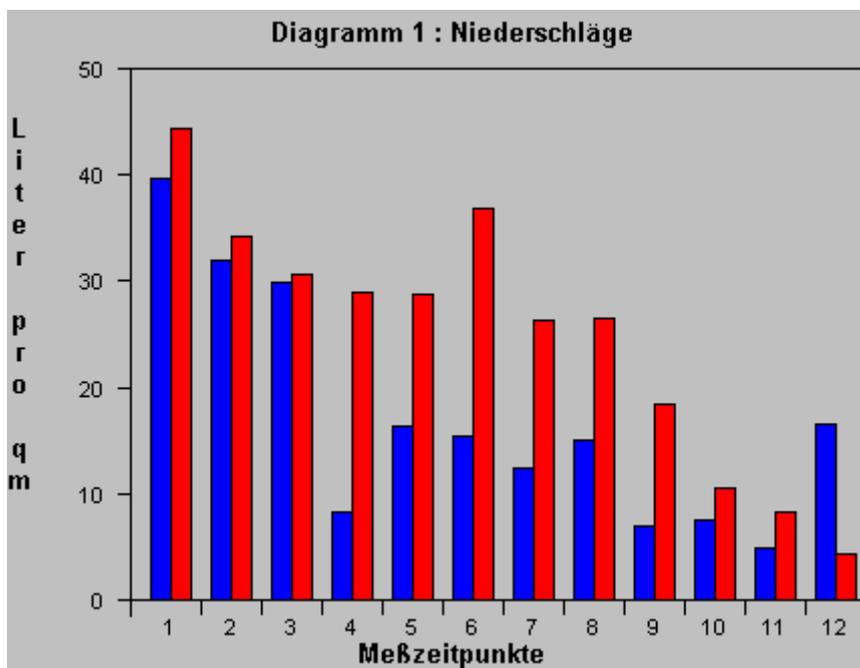
Als Graphikvarianten dienten Supersäule, Juxtasäule, Superlinie und Juxtalinie. Die Einzelgraphiken unter Juxtaposition waren vertikal positioniert. Aufgabe der Vp war es, denjenigen Messzeitpunkt zu bestimmen, der unmittelbar dem Umkippen der Größenrelationen beider Datenreihen folgte ("Bei welchem Messzeitpunkt ändern sich die Größenverhältnisse der beiden Datenreihen?"). 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.

Aufgabenbeispiele:

Ein Beispiel anklicken und beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, bei welchem Messzeitpunkt die Größenverhältnisse beider Datenreihen umkippen!

Beispiel 1: Supersäule

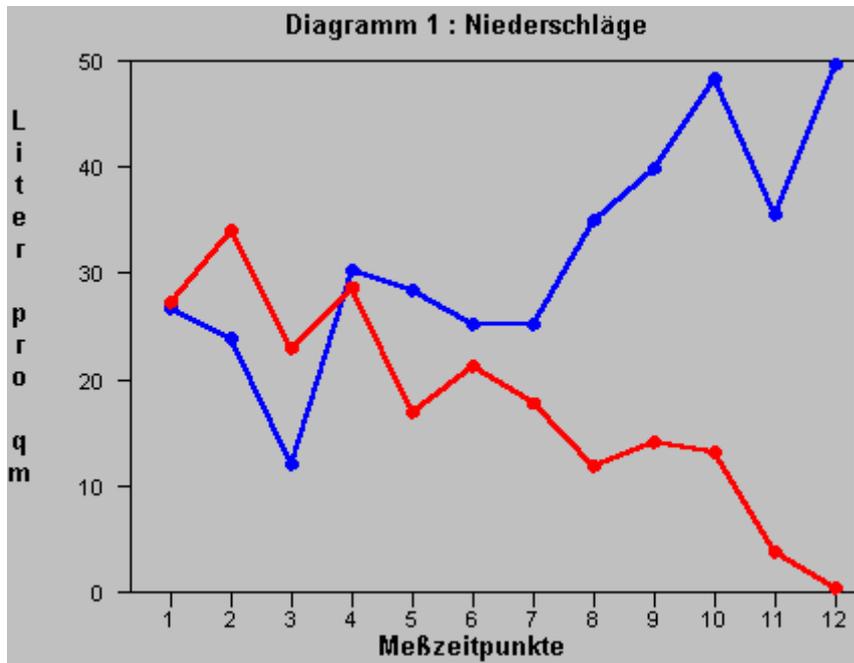
Bei welchem Messzeitpunkt ändern sich die Größenverhältnisse ?



richtig = Messzeitpunkt 12

Beispiel 2 : Superlinie

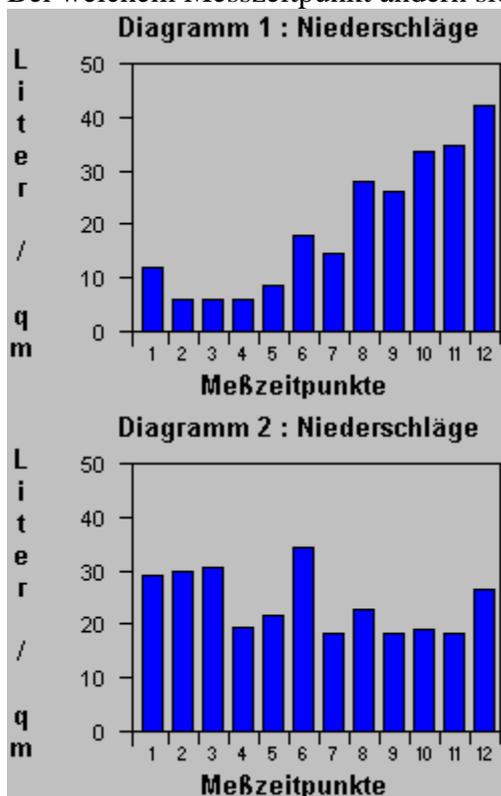
Bei welchem Messzeitpunkt ändern sich die Größenverhältnisse ?



richtig = Messzeitpunkt 4

Beispiel 3 : Juxtaposition

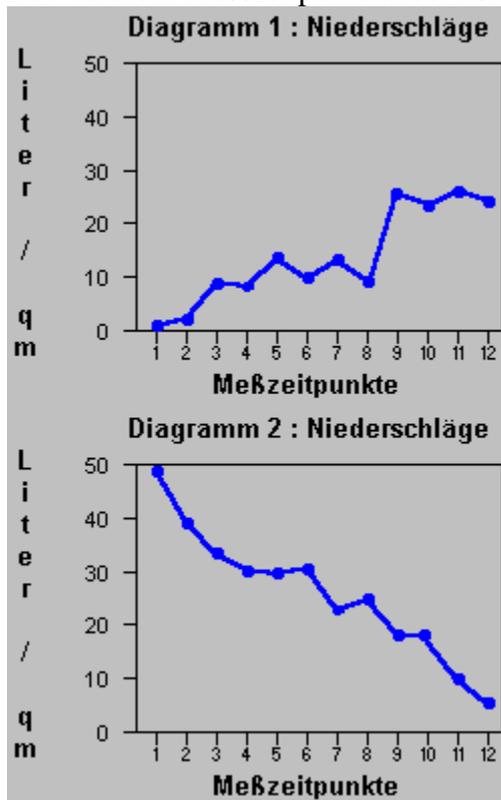
Bei welchem Messzeitpunkt ändern sich die Größenverhältnisse ?



richtig = Messzeitpunkt 8

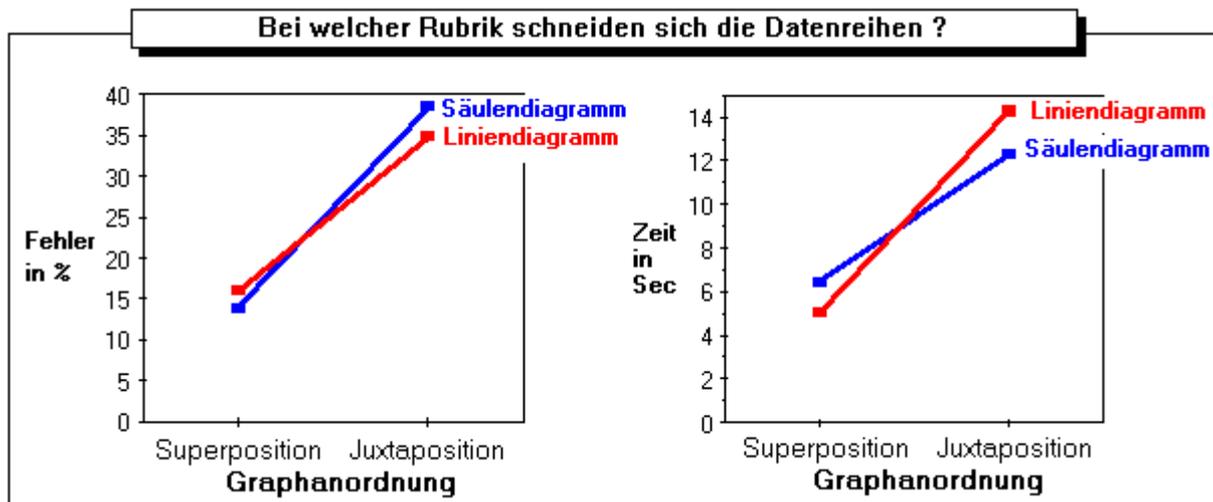
Beispiel 4 : Juxtalinie

Bei welchem Messzeitpunkt ändern sich die Größenverhältnisse ?



richtig = Messzeitpunkt 9

Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (N=46)



- Sowohl bei der Fehleranzahl als auch bei der Zeit schneidet Superposition hochsignifikant günstiger ab als Juxtaposition.
- Weder bei der Fehleranzahl noch bei der Zeit wird der Hauptfaktor Graphtyp signifikant.
- Hinsichtlich der Zeit ergibt sich eine klare signifikante disordinale Interaktion zwischen Graphtyp und Graphanordnung. Unter Superlinie ist die Frage statistisch eindeutig ($p < .001$) schneller zu lösen als unter Supersäule. Der Vorteil von Juxtassäule vs. Juxtalinie kann hingegen nur schwach gesichert werden ($p < .05$).
- Die Analyse hat hier, ähnlich wie bei der Abschätzung der maximalen Differenz eindeutig gezeigt, dass zur Identifizierung des Schnittpunkts zweier Datenreihen superpositionierte Präsentationen klar juxtapositionierten Präsentationen vorzuziehen sind. Unter Superposition ist Superlinie die beste Präsentation.

Finde die Rubrik mit der höchsten Summe (bzw. dem höchsten Mittelwert)?

In einer Präsentation mit 4 Datenreihen kommen auf jede Rubrik 4 Datenelemente. Vergleicht man nun die Rubriken, so muss man die 4 Elemente der unterschiedlichen Datenreihen zusammenfassen und auf Summen- bzw. Mittelwertsbasis den Rubrikenvergleich durchführen. Wenn z.B. die Datenreihen aus 4 Länder bestehen und die Rubriken Produkte kennzeichnen, dann kann es von Interesse sein, das Produkt mit den insgesamt besten Verkaufszahlen zu identifizieren. Die Aufgabe unterscheidet sich von dem in Experiment 3 geforderten Mittelwertvergleich von Datenreihen insofern, als hier die jeweiligen Elemente der vier Datenreihen zur Gruppenbildung herangezogen werden müssen. Dabei muss man von der Datenreihenvariable abstrahieren und nur die Rubrikenmenge vergleichen.

Hypothesen

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 Graphypvergleichs 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 übereinanderliegenden, durch Linien verbundenen kleinen Kreise ? Diesbezgl. lag keine klare Erwartung zugrunde.

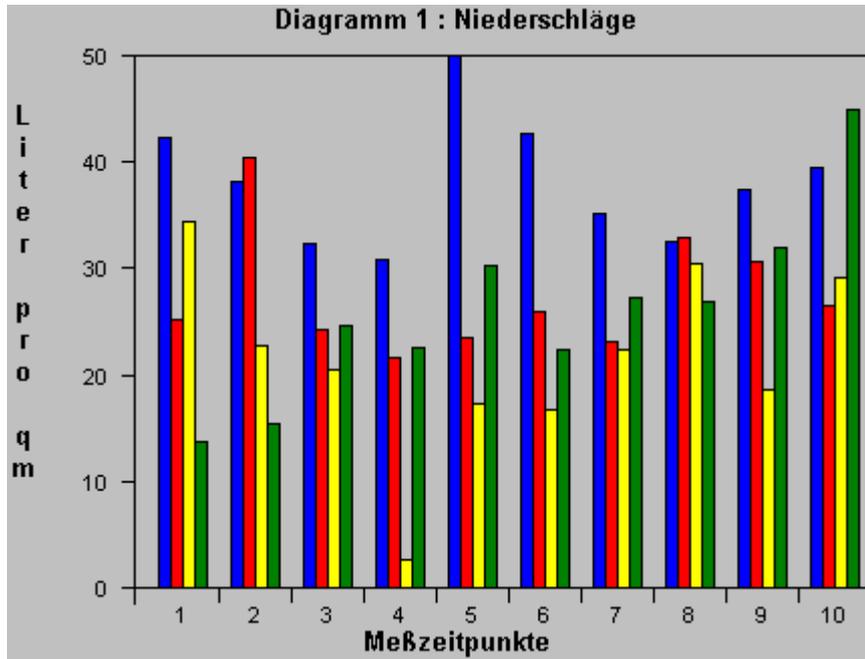
Versuchsaufbau

Untersucht wurden die Graphikvarianten Supersäule, Superlinie, Juxtasäule und Juxtalinie. Unter Juxtaposition wurde horizontale und vertikale Positionierung der Einzeldiagramme verwendet. Aufgabe der Vp war es, die extreme Rubrikensumme bzw. den extremen Rubrikenmittelwert zu identifizieren. 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.

Aufgabenbeispiele:

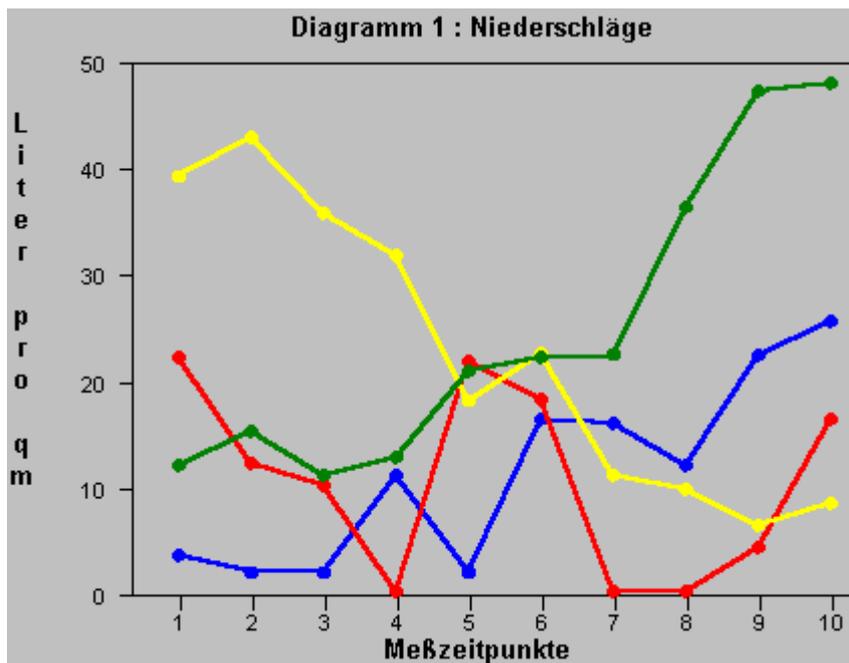
Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, zu welchem Messzeitpunkt insgesamt am meisten bzw. am wenigsten Niederschlag fiel!

Beispiel 1 Supersäule: geringster Niederschlag ?
geringster Niederschlag insgesamt zu welchem Messzeitpunkt ?



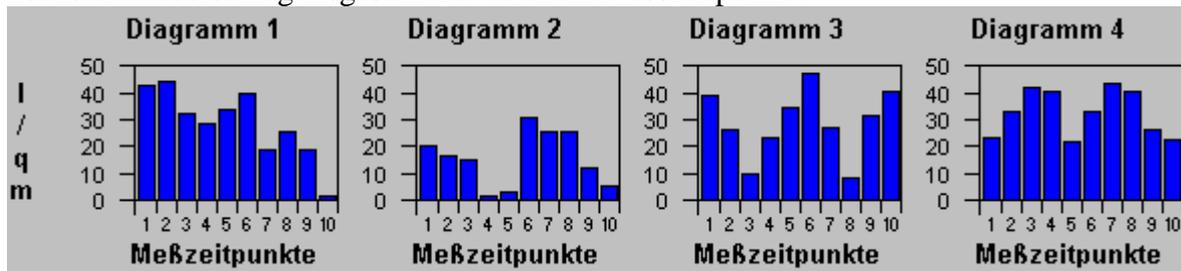
richtig: Messzeitpunkt 4

Beispiel 2: Superlinie: höchster Niederschlag ?
höchster Niederschlag insgesamt zu welchem Messzeitpunkt ?



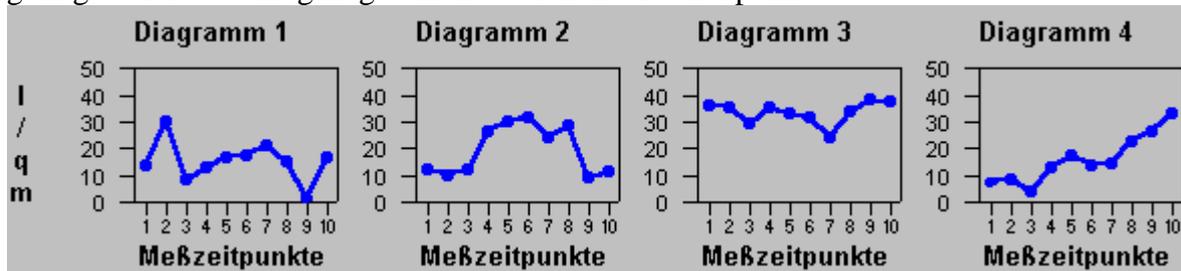
richtig: Messzeitpunkt 10

Beispiel 3: Juxtaposition horizontal: höchster Niederschlag ?
höchster Niederschlag insgesamt zu welchem Messzeitpunkt ?



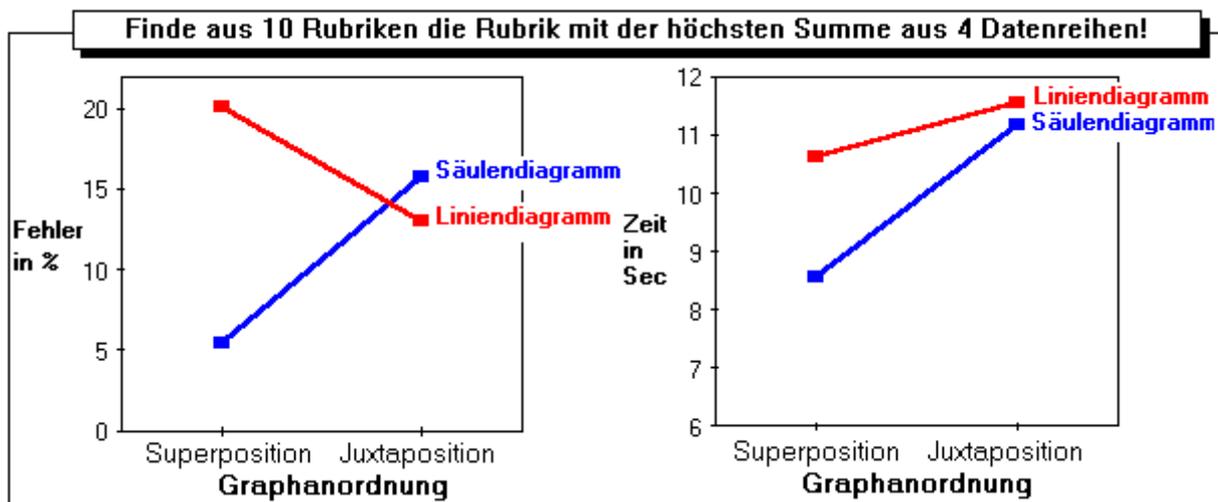
richtig: Messzeitpunkt 6

Beispiel 4: Juxtalinie horizontal: geringster Niederschlag ?
geringster Niederschlag insgesamt zu welchem Messzeitpunkt ?



richtig: Messzeitpunkt 3

Ergebnisse für alle Graphikvarianten: (N=46)



- Wie die Graphik eindrucksvoll belegt, geht als Sieger des Vergleiches eindeutig Supersäule hervor. Supersäule ist sowohl bei der Genauigkeit als auch bei der Zeit allen anderen Graphvarianten signifikant überlegen.
- Die auch statistisch klar belegbaren Wechselwirkungen besagen im Wesentlichen, dass der Vorteil von Superposition nur für das Säulendiagramm Geltung hat.
- Die Anordnung der Einzeldiagramme unter Juxtaposition (hier keine Ergebnisdarstellung) hat keinen Effekt. Es ist also gleichgültig, ob die Graphiken untereinander oder übereinander angeordnet sind.

Schätzung von Verhältnissen zweier Größenwerte

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. Die Überprüfung der Fragestellung wurde auf die Graphanordnung Superposition beschränkt, einzig und allein deshalb, um die Vpn nicht weiter über Gebühr zu belasten. **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.

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 die Hypothese geäußert, dass Säulendiagramm sei für eine derartige Fragestellung besser geeignet als das Liniendiagramm. Die Begründung dafür wurde aber durch die Befunde in Experiment 3 erschüttert, da 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 mit einander 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.

Versuchsaufbau

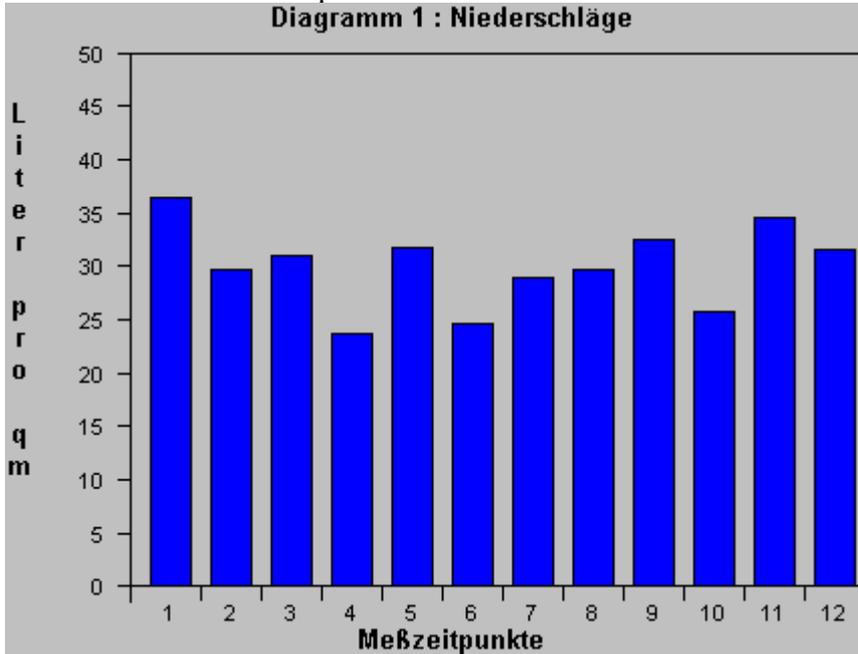
Für Säulendiagramm und Liniendiagramm wurden je 5 Präsentationen dargeboten. Jede Präsentation umfasste 12 Rubriken. Bei zwei der 5 Aufgaben lagen die zu vergleichenden Rubriken direkt nebeneinander, bei einer Aufgabe war zwischen den zu vergleichenden Größenwerten eine weitere Rubrik positioniert und bei den restlichen beiden Aufgaben drängten sich zufallsbedingt mindestens 2 und höchstens 10 Rubriken zwischen die zu schätzenden Größenwerte. 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 Zufallsprinzipien bestimmt, die alle auf dem Prinzip basierten, jeweils zufällig ein Rubrikenpaar aus dem Universum aller möglichen Rubrikenpaare mit den definierten Aufgabenmerkmalen zu ziehen.

Aufgabenbeispiele

Beim Erscheinen der Graphik möglichst schnell, aber auch korrekt entscheiden, welches Verhältnis die beiden Messzeitpunkte als Prozentsatz des kleinen Wertes am größeren Wert aufweisen!

Beispiel 1: Säulendiagramm: Verhältnis Messzeitpunkt 7 zu 9 = ?

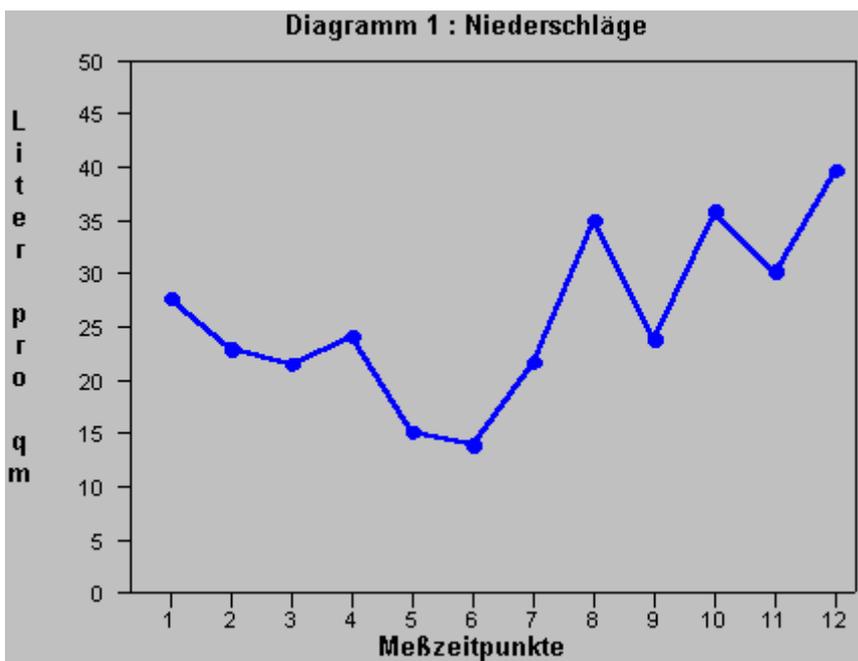
Verhältnis von Messzeitpunkt 7 zu 9 in % des kleineren Wertes am größeren Wert ?



Verhältnis Messzeitpunkt 7 zu 9 = 89 %

Beispiel 2: Liniendiagramm: Verhältnis Messzeitpunkt 1 zu 4 = ?

Verhältnis von Messzeitpunkt 1 zu 4 in % des kleineren Wertes am größeren Wert ?



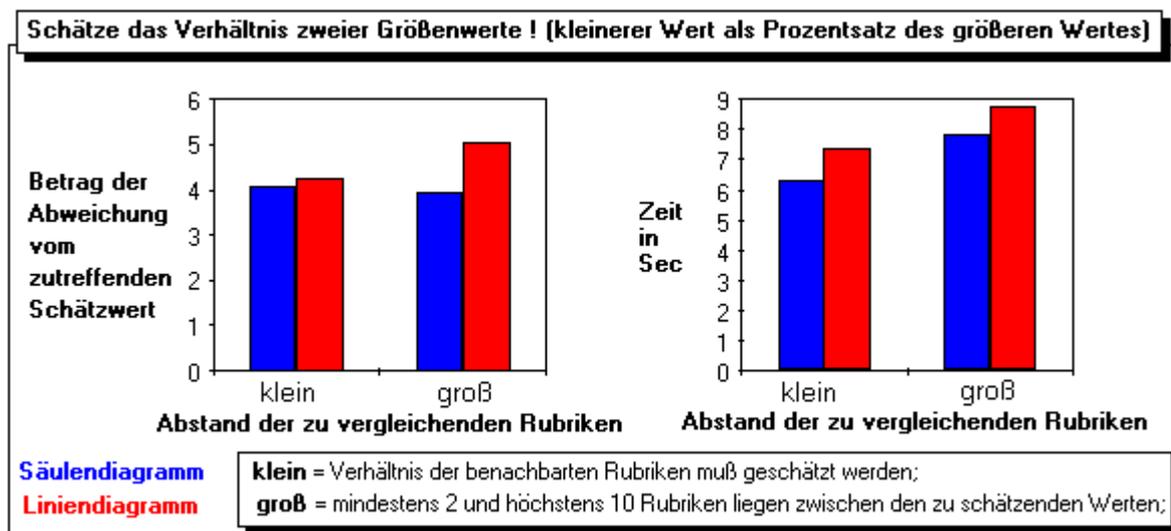
Verhältnis Messzeitpunkt 1 zu 4 = 87 %

Ergebnisse:

Mittelwerte und Standardabweichungen,
sowie *t*-Test für abhängige Stichproben: (N=44)

	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

- Im Säulendiagramm kann die Fragestellung schneller beantwortet werden.



- Je weiter die Rubriken auseinander liegen, desto mehr Zeit braucht man für die Einschätzung. Es lassen sich aber erwartungswidrig keine Genauigkeitsunterschiede nachweisen.
- Der Vorteil des Säulendiagramms kann nur für die Zeit statistisch gesichert werden. Die Wechselwirkung zwischen Graphtyp und "Abstand der Rubriken" ist weder bei der Zeit noch bei der Genauigkeit signifikant.

Schlussfolgerungen

Die abschließende Diskussion erfordert eine sorgfältige Differenzierung, weil neben klaren Graphanordnungseffekten häufig Interaktionen zwischen Graphtyp und Graphanordnung vorliegen. 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 Graphypunterchiede innerhalb einer Graphanordnung nachweisen, die jedoch insgesamt nicht so überwältigend sind.

Superposition vs Juxtaposition

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?". Hier wurde diese elementare Fragestellung ausgeweitet. Zum einen galt es, den Schnittpunkt zweier Datenreihen zu identifizieren. Als weitere Fragestellung mussten Größenvergleiche von Differenzen vorgenommen werden. 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 Graphypunterchiede sind im Vergleich zum Effekt der Graphanordnung eher nebensächlich. Bei derartigen Aufgabenstellungen muss man in jedem Falle Superposition verwenden.

Für Steigungsvergleiche ist Juxtaposition jedoch konkurrenzfähig und etwa gegenüber Superlinie stets klar überlegen. Sowohl im longitudinalen Steigungsvergleich, wie auch beim Vergleich von Kuvensegmenten verschiedener Datenreihen konnten beide Graphvarianten unter Juxtaposition bis auf eine Ausnahme 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.

Steigungsvergleiche und Graphyp

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 Graphypunterchied bestätigte sich erneut, als die extreme Steigung bei 2 Datenreihen gefunden werden musste. 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 longitudinalen 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.

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 verschiedenfarbige 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 übereinanderliegende 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.

Die Graphiktypen unter den verschiedenen Graphanordnungen

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 ihrer 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 relativ konsistent. Der Unterschied ist von der Größe insgesamt jedoch nur von theoretischer Bedeutung. Auch beim Vergleich der größten Rubrikendifferenz ist ein Herausisolieren von Datenreihen nicht notwendig und hier sind die Unterschiede zwischen Liniendiagramm und Säulendiagramm nicht sehr groß.

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.

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 die 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 Längeninformaton, 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.

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 liegenden 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 Ergebnissen 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.

Zusammenfassende Bewertung der Graphikexperimente

Arten der Datenpräsentation

Die Präsentation von Daten lässt sich grob in 3 Kategorien einteilen.

1. **narrative** Datenpräsentation
2. **tabellarische** Datenpräsentation
3. **graphische** Datenpräsentation

Es wird davon ausgegangen, dass die Klassifikation ordinales Skalenniveau in dem Sinne besitzt, dass die Leichtigkeit der Informationserfassung, aber auch die Interpretationsvoraussetzungen, mit steigender Kategoriennummer (bzw. Rubrikenanzahl) anwachsen. Die hierbei jeweils zu erwartenden Unterschiede von einer Stufe zu anderen sind im Mittel recht bedeutsam

Konkretes Beispiel für 3 Formen der Datenpräsentation

Versuchsbeschreibung:

Die Vpn bekamen Daten zu monatlichen Niederschlägen vorgelegt und mussten dann entscheiden, ob z.B. im ersten Jahresviertel mehr Niederschlag fiel als im letzten Jahresviertel. Um diese Frage beantworten zu können, muss jeweils die Summe aus 3 Rubriken (hier die der 3 Monate der Jahresviertel) gebildet und auf der Basis dieser Summen der Größenvergleich vorgenommen werden. Danach mussten Jahreshälften und anschließend Jahre miteinander verglichen werden, wodurch die Anzahl der zu einer Gruppe gehörenden Rubriken entsprechend erhöht wurde. Hauptfrage war, ob derartige Aufgaben mit einem Säulendiagramm schneller zu entscheiden sind als mit einer Tabelle.

narrativ

Ergebnisse für Säulendiagramm und Tabelle zur Fragestellung:

Welche von 2 Datengruppen erzielt die höchste Summe bzw. den höchsten Mittelwert?

Lagen zum Größenvergleich 2 Gruppen vor, die jeweils drei Rubriken umfassten, benötigte man bei der Tabelle 9,2 Sekunden und beim Säulendiagramm 6,5 Sekunden. Die Zeit stieg erwartungsgemäß an, als die Gruppengröße auf 6 Rubriken anwuchs. Die Entscheidungszeit betrug für die Tabelle nun 15,3 Sekunden, während man den Vergleich beim Säulendiagramm mit 7,7 Sekunden in etwa der Hälfte der Zeit bewältigte. Mussten schließlich Gruppen miteinander verglichen werden, die sich jeweils aus 12 Rubriken zusammensetzten, ergaben die Werte für die Tabelle 17,5 und für das Säulendiagramm 7,9 Sekunden.

tabellarisch

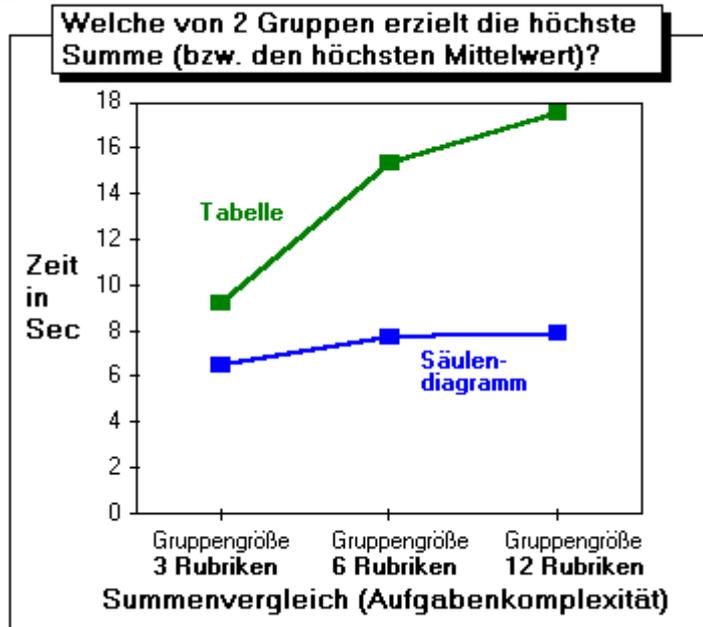
Ergebnisse für Säulendiagramm und Tabelle zur Fragestellung:

Welche von 2 Datengruppen erzielt die höchste Summe bzw. den höchsten Mittelwert?

Zeit in Sekunden:

	Grupengröße 3 Rubriken	Gruppengröße 6 Rubriken	Gruppengröße 12 Rubriken
Tabelle:	9.2	15.3	17.5
Säulendiagramm:	6.5	7.7	7.9

graphisch



Auch der Übergang von der narrativen zur tabellarischen Präsentation bewirkt meiner Meinung nach mehr als diejenigen Effekte, die in den Graphikexperimenten zu vermuten waren. Alle Datenpräsentationen haben ihre Berechtigung und sollten nicht als sich ausschließende Alternativen betrachtet werden.

Forschungsansatz

Die hier angestrebte Forschung befasste sich mit Fragen der Optimierung innerhalb der höchsten Erfassungsstufe. Dazu wurden Graphiktypen ausgewählt, die als ernstzunehmende Konkurrenten aufgefasst werden können, für viele Fragestellungen brauchbar erscheinen und sich in der Praxis weitgehend durchgesetzt haben. Säulendiagramm und Liniendiagramm weisen zudem vielleicht mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede auf, so dass weder massive Effekte noch verblüffende Überraschungen erwartet werden konnten.

Versuch einer Gesamtübersicht

Die Fülle der in den Graphikexperimenten mitgeteilten Ergebnisse ist schwer zu überblicken und die graphischen Präsentationen selbst lassen keine zwingenden Aussagen etwa zur Signifikanz oder der praktischen Bedeutsamkeit der Befunde zu. Nachfolgend wird der Versuch unternommen, die Vielfalt der Befunde übersichtlich darzustellen und hinsichtlich ihrer Bedeutung zu interpretieren, wobei sich die Darstellung nur auf die wichtigsten Ergebnisse konzentrieren kann. Genauigkeit und Zeit werden zu einem Urteil zusammengefasst. Dies kann nicht ganz ohne subjektive Wertung geschehen, aber das Bemühen um einen vertretbaren Gesamtüberblick erscheint an dieser Stelle wichtiger als absolute Exaktheit. Dem Kritiker bleiben ja die Arbeitsberichte mit all ihren Zahlen und Signifikanztests. Zugleich dient die Übersicht der thematischen Einordnung der Experimente.

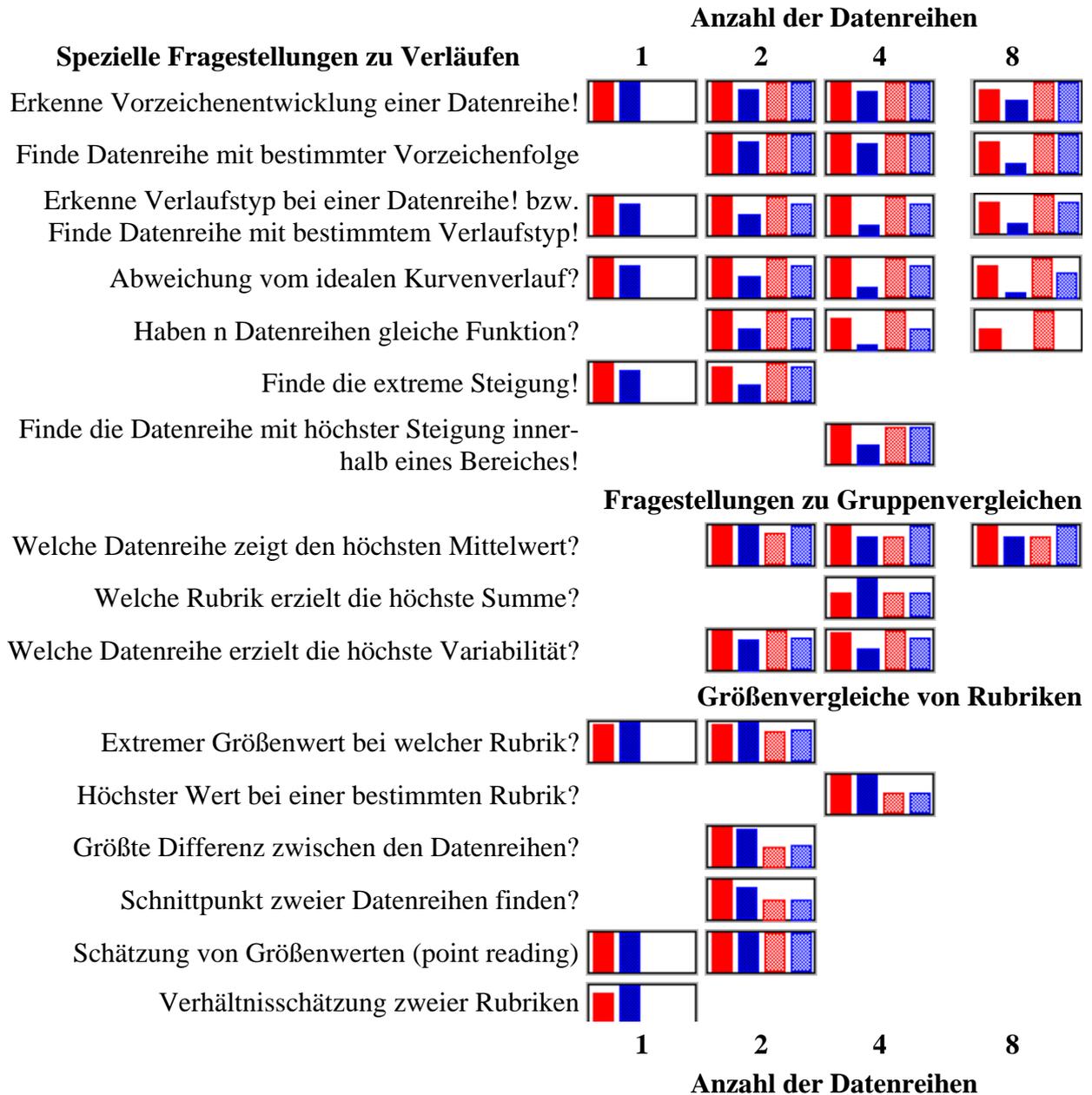
Die Darstellung bedient sich graphischer Elemente, die jedoch nur im Zusammenhang mit den explizierten Regeln eine Bedeutung haben. Es werden zwar Säulen dargestellt, aber es handelt sich dabei nicht um konventionelle Säulendiagramme.

Ergebnisübersicht:

Codierung der Graphvarianten

	Superlinie		Supersäule
	Juxtalinie		Jxtasäule

(Bei einer Datenreihe: blau=Säulendiagramm, rot=Liniendiagramm)



Interpretationsregeln:

1. Je höher die Säule im Vergleich zu einer anderen Säule, desto vorteilhafter ist eine Graphikvariante im Vergleich zu einer anderen. Die Höhe einer Säule sagt aber nichts aus über die absolute Eignung einer Graphikvariante.

2. Die Größenunterschiede zwischen den Säulen haben hauptsächlich ordinale Bedeutung:
 - 2.1. **hauchdünn:** gerade noch erkennbar
 - 2.1.1. Unter bestimmten Bedingungen, jedoch nicht immer, ist eine Graphikvariante signifikant einer anderen Graphikvariante überlegen
 - 2.1.2. Die Messwerte für Genauigkeit und Zeit sind numerisch erkennbar gegenläufig, ein signifikanter Unterschied lässt sich aber nur bei einer Variablen nachweisen.
 - 2.2. **klar erkennbar:** ca. 20% Unterschied. Eine Graphikvariante schneidet signifikant auf mindestens einer AV besser ab und es gibt keine starken Gegenläufigkeiten beider AV.
 - 2.3. **ganz deutlich:** ca 50% Unterschied. Die gefundenen signifikanten Unterschiede gelten meist für beide Messvariablen und/oder erreichen bei mindestens einer Messvariablen eine klare praktische Bedeutsamkeit (Effektstärke ≥ 1).
3. Die Relationen zwischen den Graphikvarianten sind nur innerhalb einer Testserie (=Kästchen) bedeutsam. Vergleiche derselben Graphikvariante über verschiedene Fragestellungen sind bedeutungslos.
4. Nicht sichtbare Säulen bedeuten: Graphvarianten wurden nicht getestet.



Interpretationsbeispiel:

Juxtalinie erzielt insgesamt das beste Ergebnis. Superlinie schneidet geringfügig schlechter ab (hauchdünner Unterschied zwischen Juxtalinie und Superlinie). Juxtalinie und Superlinie sind Juxtasäule signifikant überlegen (klar erkennbarer Unterschied beider Liniendiagramme gegenüber Juxtasäule). Juxtalinie, Juxtasäule und Superlinie erzielen signifikant günstigere Resultate als Supersäule (mindestens klar erkennbare Unterschiede). Der Unterschied zwischen den Liniendiagrammen und Supersäule ist recht massiv und von praktischer Bedeutsamkeit (ganz deutlicher Unterschied).

Interpretation

Ergebnisse für konventionelles Liniendiagramm und Säulendiagramm.

Die blauen und roten Säulen **bei einer Datenreihe** repräsentieren die Ergebnisse für konventionelles Säulendiagramm und Liniendiagramm. Hier wird erkennbar, dass das Liniendiagramm bei fast allen Fragestellungen, die sich auf Verlaufseigenschaften der Daten beziehen, dem Säulendiagramm überlegen, beim Erkennen von Extremwerten und der Schätzung von Größenwerten dem Säulendiagramm ebenbürtig, und nur bei der Verhältnisschätzung zweier Größenwerte dem Säulendiagramm unterlegen ist.

Ergebnisse für mehrere Datenreihen

Abschätzung von verlaufsrelevanter Information

Wenn mehrere Datenreihen vorliegen und es um das Erkennen von Kurvenverläufen, das Vergleichen von Kurventrends, sowie das Abschätzen von Steigungsunterschieden geht, nimmt der Vorteil von Superlinie gegenüber Supersäule in der Regel mit wachsender Anzahl der Datenreihen zu. Unter Superposition zeichnet sich somit ein klarer Vorteil für den Graphotyp Liniendiagramm ab. Supersäule ist bei derartigen Vergleichen allen übrigen Graphikvarianten klar unterlegen. Die Unterschiede zwischen den juxtapositionierten Graphvarianten sind nicht sehr groß, jedoch setzt sich häufiger, insbesondere bei schwierigen Fragestellungen, Juxtalinie gegenüber Juxtasäule durch, offenbar deshalb, weil sich, wie beim Vergleich der konventionellen Graphiktypen bereits nachgewiesen, Linien für das Erkennen von Verlaufsqualitäten besser eignen als Säulen. Sehr konsistent gelingt der Nachweis, daß die Leistungs-

fähigkeit von Superlinie spätestens bei 8 Datenreihen gegenüber Juxtalinie abfällt. Bei der recht schwierigen Frage nach der Funktionsäquivalenz mehrerer Datenreihen ist der Unterschied ganz klar festzustellen.

Vergleich von Gruppen:

Müssen Einzelelemente zu Gruppen zusammengefasst werden und basiert der dann folgende Vergleich auf der Gruppensumme bzw. dem Gruppenmittelwert, so muss man unterscheiden, was gruppiert werden muss. Es zeigt sich übereinstimmend, daß derartige Leistungen mit nebeneinander stehenden Säulen besser gelingt als mit Linien, da Juxtasäule beim Mittelwertvergleich von Datenreihen Juxtalinie konsistent überlegen ist. Diese Befunde geben Anlass zu der Vermutung, daß auch für Gruppenvergleiche innerhalb einer Datenreihe das Säulendiagramm vielleicht besser abschneidet als das Liniendiagramm.

Juxtasäule kann hier durchweg mit Superlinie konkurrieren, obwohl die räumliche Nähe der Linien bei Superlinie viel enger ist. Supersäule fällt gegenüber Superlinie ab 4 Datenreihen ab, jedoch stehen bei Supersäule die zu vergleichenden Säulen nicht nebeneinander. Beim Summenvergleich über die Rubriken stehen die für die Gruppenbildung relevanten Säulen wieder nebeneinander und dieser Vorteil führt dazu, daß Supersäule gegenüber allen übrigen Graphvarianten besser abschneidet.

Die Gruppenvergleiche zur Variabilität basierten auf einem Fluktuationsbegriff, der möglicherweise Verlaufseigenschaften (Kriterium hier: die Länge der Linie) favorisieren, wodurch die Vorteile für die Liniendiagramme erklärt werden könnten.

Vergleich zwischen Einzelelementen verschiedener Datenreihen

Beim Größenvergleich von Einzelelementen (Rubriken) erbringt die Graphanordnung Superposition Vorteile gegenüber Juxtaposition, die sich insbesondere beim Vergleich von Elementen aus verschiedenen Datenreihen ganz deutlich nachweisen lassen. Erfordert die Beantwortung der Fragestellung den Vergleich zwischen den Einzelelementen aus verschiedenen Datenreihen (höchster Wert bei bestimmter Rubrik?, höchste Differenz bei welcher Rubrik?, Schnittpunkt zweier Datenreihen), so ist zeigt sich übereinstimmend die Schwäche der Graphanordnung Juxtaposition gegenüber Superposition. Die zu vergleichenden Elemente liegen viel weiter auseinander und können nicht anhand einer gemeinsamen Skalen bewertet werden.

Kombinationsweltmeister der graphischen Präsentationen

Ausgangssituation

Nach Durchführung aller Experimente des Projektes liegt nun folgende Situation vor:

- Für jede der untersuchten Graphikvarianten läßt sich mindestens eine Fragestellung finden, bei der diese bessere Ergebnisse lieferte als eine andere Variante.
- 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. Zudem ist völlig klar, daß es auch hier überhaupt nicht getestete Fragestellungen gibt, für die spezielle Graphikvarianten sicher besser geeignet sind.

Forschungsziel

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 aber auch eine Graphikpräsentation gesucht worden, die 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. Allerdings können die Graphikexperimente natürlich nicht beanspruchen, eine repräsentative Stichprobe aller möglichen Fragestellungen an die Graphikvarianten getestet zu haben.

Kombinationsweltmeister

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.

Forschungsertrag?

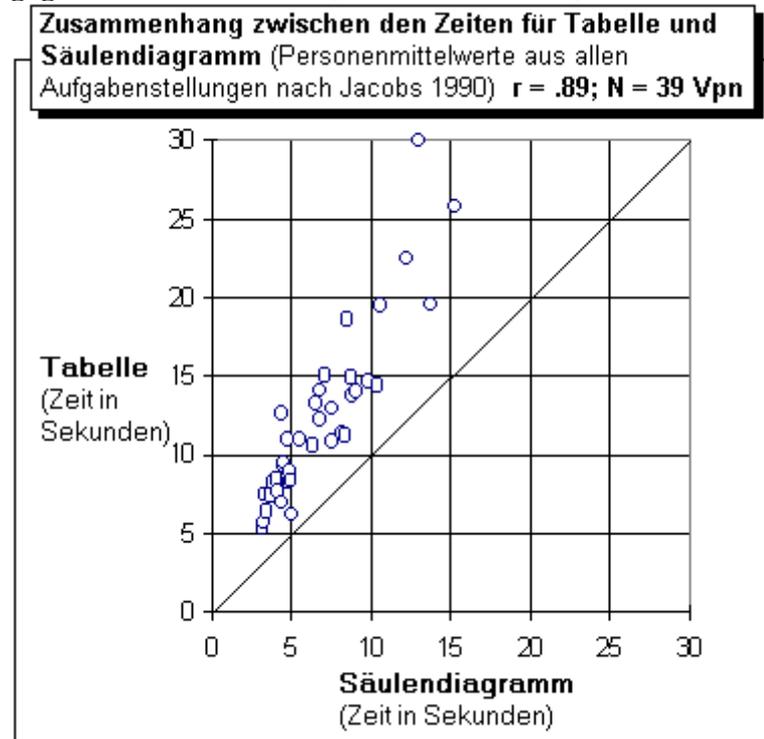
Das Ergebnis scheint den Praktikern recht zu geben. *"Cartesian line graphs are the preferred method of displaying multidimensional scientific data not only in economics, physics and engineering, but also in in particular fields of medical sciences, such as biochemistry, pharmacology and physiology. 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 im ernsthaften Bemühen um Erkenntnis 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!

Unterschiede zwischen Personen

Wie schon bei Jacobs (1990) festgestellt, unterscheiden sich die Personen recht deutlich in ihrer Geschwindigkeit, die gestellten Aufgaben zu beantworten.

Nachgewiesene Zeitvorteile für Säulendiagramm gegenüber der Tabelle (nach Jacobs 1990)

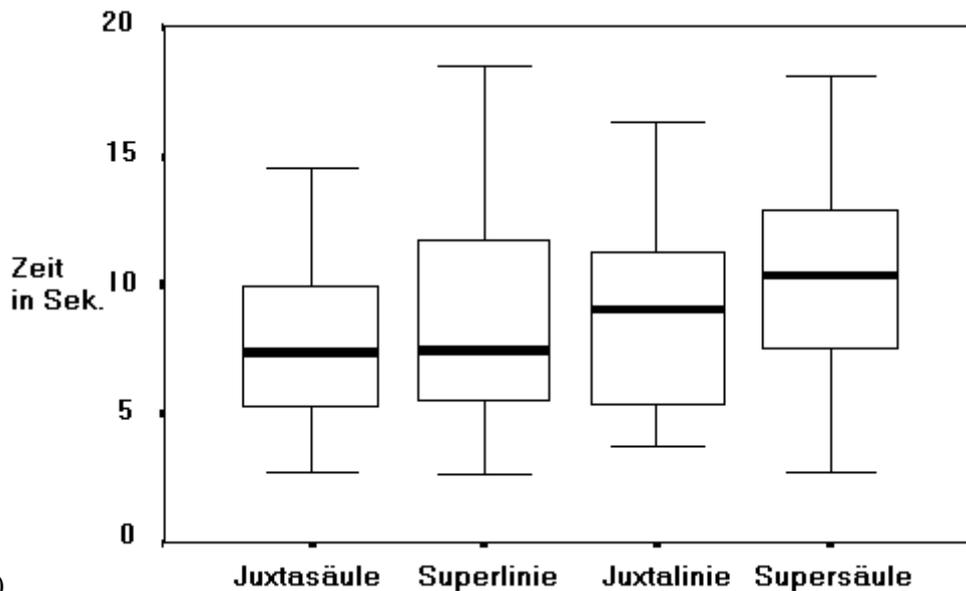


wichtigste Ergebnisse:

- Alle Vpn benötigten für das Säulendiagramm weniger Zeit als für die Tabelle.
- Die Vpn unterscheiden sich recht deutlich in der Schnelligkeit, Aufgaben anhand von Datenpräsentationen zu lösen.
- Die Zeiten für Tabelle und Säulendiagramm korrelieren recht hoch. Denn wer schnell bei Tabellen entscheidet, tut dies auch beim Säulendiagramm.

Die hier gezeigten Ergebnisse zu den Graphikvarianten basieren meistens auf Mittelwerten und können die zum Teil sehr starken Unterschiede zwischen den Personen nicht widerspiegeln. Nachfolgende Zusammenfassung bezieht sich ausschließlich auf die Zeiten, da bei der Genauigkeit wegen der insgesamt sehr hohen Erfolgsquoten keine zuverlässigen Personenunterschiede ermittelt werden konnten.

Tukey's Boxplot beispielhaft aufgezeigt für die Ergebnisse zur Fragestellung:
 "Welche von 4 Datenreihen zeigt den höchsten Mittelwert bzw. die höchste Summe?"



Die mittleren Balken repräsentieren den Median.

Untere und obere Begrenzungen der Kästchen geben das Percentil 25 und 75 wieder.

Die Endbegrenzungen markieren die Extremwerte, wobei hier 2 Ausreißer ausgeblendet wurden.

Diese Unterschiede reflektieren nicht in jedem Falle die Fähigkeit, sondern in erster Linie die Entscheidungszeit, da die Vpn die Präsentationen so lange anschauen konnten, wie sie diese für eine Entscheidung benötigten. Diese Zeiterhebung erscheint mir aber das für die Praxis bedeutsamste Maß zu sein.

Die so zu interpretierenden Personenunterschiede sind:

- zuverlässig für die einzelnen Graphikvarianten
- präsentationsübergreifend für eine bestimmte Fragestellung
- relativ aufgabenübergreifend, d.h. sie gelten für verschiedene Fragestellungen

Reliabilitäten (Cronbach's Alpha) für alle Graphikvarianten

Graphvariante	Reliabilität (Median)	Anzahl der Tests
Liniendiagramm	.87	7
Säulendiagramm	.86	7
Superlinie	.70	28
Juxtalinie	.74	28
Supersäule	.68	27
Justasäule	.72	27

Interpretationsbeispiel für Superlinie:

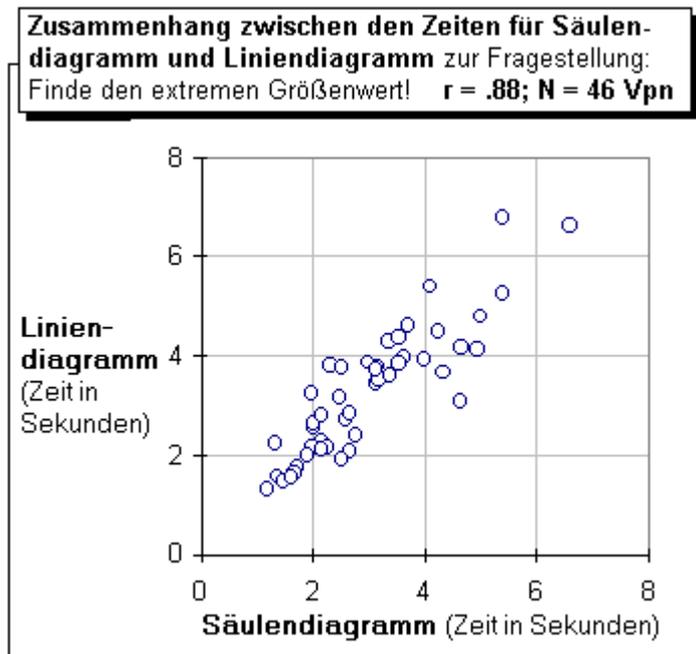
Die Graphikvariante Superlinie wurde insgesamt bei 28 Testserien jeweils mit mehreren Aufgaben getestet. Die Reliabilität der Zeiten für die Aufgaben jeder Testserie wurden mittels Cronbachs Alpha ermittelt, so dass für Superlinie insgesamt 28 Reliabilitäten erfasst wurden. Der Median aus diesen 28 Reliabilitäten beträgt .70.

Bedenkt man, das die Anzahl der Präsentationen pro Testserie (=spezielle Fragestellung) für jede Graphvariante zwischen 3 und 8 schwankt, so sind die erzielten Reliabilitäten recht zufriedenstellend einzuschätzen und die entsprechenden Fragestellungen insgesamt recht zuverlässig überprüft worden. Zugleich repräsentieren diese Koeffizienten die Unterschiedlichkeit der Personen für eine bestimmte Fragestellung bei einer bestimmten Graphikvariante.

Präsentationsübergreifende Unterschiede zwischen den Personen

Die Korrelationen zwischen den Zeiten für Säulendiagramm und Liniendiagramm wurden für alle 7 Fragestellungen berechnet. Der Median dieser Korrelationen beträgt .84.

Nachfolgende Graphik stellt besonders schöne Daten für eine Fragestellung dar. Jeder Kreis repräsentiert das Zeitergebnis einer Vp für Säulendiagramm und Liniendiagramm.



Man sieht deutlich die Unterschiede zwischen den Personen sowie den Zusammenhang." **Wer schnell im Säulendiagramm entscheidet, beantwortet die Fragen auch schnell im Liniendiagramm."**

Eine stichprobenartige augenscheinliche Inspektion der Zusammenhänge zwischen den Zeiten für die Graphikvarianten Supersäule, Superlinie, Juxtasäule und Juxtaline ergab in der Tendenz ähnliche, wenn auch meist nicht so hohe Korrelationen und bestätigte insgesamt überzeugend die präsentationsübergreifenden Unterschiede bei einer Fragestellung.

Aufgabenübergreifende Unterschiede zwischen Personen

Wegen unterschiedlicher Vpn in den 4 Graphikexperimenten kann keine umfassende Analyse vorgenommen werden. Für Liniendiagramm und Säulendiagramm ließen sich insgesamt jeweils 3 Zusammenhänge zwischen verschiedenen Fragestellungen ermitteln, die zwischen .38 und .69 schwanken. Die Interkorrelationen zwischen den Fragestellungen für alle Graphikvarianten beschränkt sich auf Graphikexperiment 4, da hier eine relativ große und homogene Stichprobe zugrunde liegt.

Interkorrelationen der Zeiten für verschiedene Fragestellungen aus Graphikexperiment 4

Graphvariante	Median der Interkorrelationen	Anzahl der Interkorrelationen
Liniendiagramm	.54	2
Säulendiagramm	.45	2
Superlinie	.32	15
Juxtalinie	.47	15
Supersäule	.48	15
Juxtasäule	.48	15

Interpretationsbeispiel für Superlinie:

Mit der Graphikvariante Superlinie wurden 6 verschiedene Fragestellungen überprüft. Daraus ergeben sich 15 Interkorrelationen zwischen den Zeiten aus allen Fragenstellungen. Der Median aus allen 15 Korrelationen beträgt .32

Insgesamt sind mäßige positive Interkorrelationen zwischen den Zeiten für verschiedene Aufgabenstellungen festzustellen, die jedoch im gegebenen Rahmen aufgabenübergreifende Personenunterschiede belegen.

Fähigkeit oder Erfahrung?

Die durchgeführten Studien können nicht klären, wie die zum Zeitpunkt der Untersuchung festgestellten Personenunterschiede zustande gekommen sind, so dass letztlich unklar bleibt, wie groß der rein wahrnehmungsbedingte Einfluss für diese Unterschiede ist. Graphiken zutreffend und schnell erfassen und interpretieren zu können, erfordert einige Übung und Erfahrung, und die entsprechende Performanz kann durch intensives Training höchstwahrscheinlich verbessert werden.

Einige Klarstellungen und weitergehende Implikationen

Einordnung der Graphikexperimente

Eine graphische Darstellung macht dann einen Sinn, wenn es gelingt, numerische Relationen so in visuelle Variablen umzusetzen, dass die Beziehungen dieser Variablen durch Wahrnehmung einfacher, d.h. mit geringerem geistigen Aufwand zu erfassen sind, wobei jedoch keine oder nur unwesentliche Abstriche an der Genauigkeit der zielrelevanten Relationen in Kauf zu nehmen sind. Das Hauptziel der hier durchgeführten Forschung bezog sich auf die Wahrnehmung von Beziehungen graphischer Elemente. Welche Beziehungen sind bei welcher Graphvariante besonders leicht zu entdecken?

Pädagogische Implikationen

Was potenziell besser wahrnehmbar ist, führt in der pädagogischen Praxis nicht zwingend zu besseren Ergebnissen. So wurden in den Graphikexperimenten eine Reihe pädagogischer Probleme ausgeklammert, die von den praktischen Erfordernissen vielleicht viel wichtiger erscheinen. Ich habe gar nicht so selten schon Minuten damit verbracht, aus einer Graphik zu entziffern, was dort eigentlich dargestellt werden sollte. Die hier gefundenen Effekte bewegen sich dagegen alle im Sekundenbereich. Es ist unstrittig, dass die graphischen Elemente allein

nicht ausreichen, um ein hinreichendes Verständnis zu ermöglichen. Auf was man sonst noch beim Erstellen einer Graphik achten soll, kann man z.B. unter Kosslyn (1989,1994) und Cleveland (1985) nachlesen.

Neben den hier gefundenen Ergebnissen sollten auf jeden Fall weitere Gesichtspunkte beachtet werden. Eine Graphik darf z.B. nicht zu unsinnigen Fehldeutungen Anlass geben bzw. dazu missbraucht werden, da keineswegs jede durchaus sichtbare Relation in der Wahrnehmung eine vernünftige Entsprechung in der Bedeutung der Daten hat. Aus einer Graphik mit den Intelligenztestmittelwerten von Personen mit Bildungsabschluss "Abitur" und "Hauptschule" mag hervorgehen, dass die Säule der Hauptschüler eine Höhe von ca. 75 % der Abiturienten erreicht. Daraus aber abzuleiten, Hauptschüler verfügten über 75 % der Intelligenz von Abiturienten wäre solch eine naheliegende, absurde Schlussfolgerung. Wir haben es hier mit den üblichen Problemen zu tun, mit der jede Analogie behaftet ist. Insofern setzt die graphische Präsentation ein bestimmtes Wissen beim Leser voraus, um überhaupt richtig interpretiert werden zu können.

Einbeziehen von Emotionen und Kognitionen

Ganz schwierig wird es, wenn man das Vorwissen der Graphikleser mitberücksichtigen muss und dann auch noch die Emotionen und Kognitionen des Rezipienten einbeziehen will. Der fühlt sich womöglich in ein früheres Zeitalter versetzt, weil die Säulen nicht dreidimensional dargestellt wurden, denkt bei Linien zwingend an einen Verlauf, auch wenn dieser gar nicht vorhanden ist, stellt Vergleiche mit visuellen Variablen an, die inhaltlich keinen Sinn ergeben. usw. Die Komplexität der hier vorgelegten Forschung ist dagegen relativ simpel.

Anregungen zum Lesen einer Graphik

In den Experimenten wurden die Fragen explizit vorgegeben und die Auseinandersetzung mit der Graphik quasi erzwungen. Welcher Leser stellt sich spontan derartige Fragen? Wie kann der Leser dazu bewegt werden, die richtigen Fragen an Graphiken zu stellen? Es hängt sicher auch von sonstigen Instruktionen ab, ob überhaupt und wenn ja, welche Fragen der Graphikleser letztlich auch beantworten will.

Die Bedeutung des Designs bei graphischen Darstellungen

Ziel vieler Chartdesigner ist es, durch extravagante Darstellungen zunächst einmal Aufmerksamkeit zu provozieren, offenbar deshalb, damit der Leser die Graphik überhaupt zur Kenntnis nimmt und irgendein Interesse aktiviert wird. Die hier getesteten Graphiken haben sich auf die unverzichtbaren Codierungsaspekte beschränkt und sind so ziemlich sparsam ausgefallen. Ob die durch Chartprogramme nun leicht verfügbaren Sonderversionen wie z.B. dreidimensionale Darstellungen in verschiedenen Drehrichtungen für das Erkennen von Beziehungen deutliche Vorteile erbringen, wage ich zu bezweifeln. Gar nicht so selten habe ich den Eindruck, das Outfit mancher Graphiken habe Vorrang vor dem Erkennen der Beziehungen zwischen den Daten und Sinn der Graphikpräsentation sei es, in erster Linie zu beeindrucken.

Konstruktion geeigneter Graphiken

Hier wurden bekannte Graphikvarianten gegeneinander getestet, die sicherlich für manche Fragestellungen weniger geeignet sind und die zudem ab einer gewissen Komplexitätsstufe überfordert sind. Die Alternative zur Prüfung bestehender Varianten ist die Konstruktion neuer Graphikvarianten, die bestimmte Fragestellungen trotz hoher Komplexität wahrnehmungsmäßig noch begreifbar machen. Damit beschäftigt sich die **Exploratory Data Analysis** und Cleveland (1993) gibt einen interessanten Überblick der entsprechenden hochkomplexen Verfahren. Diese Graphikpräsentationen setzen allerdings sehr hohe Anforderungen an den Leser,

der das neue Graphschema zunächst erwerben muss, innerhalb dessen die Daten erst einen Sinn machen. Solche Spezialgraphiken eignen sich vornehmlich für Spezialisten.

Der Stellenwert graphischer Präsentationen in der Wissenschaft

Als fruchtbares Erkenntnistool erwies sich die Graphik dann, wenn sie zum Erkennen von Beziehungen führte, auf die man ohne Graphik nie gekommen wäre. In dieser Funktion wird sie vermutlich viel zu selten eingesetzt.

Gemessen an einer wissenschaftlichen Gesamtarbeit gehört die graphische Präsentation von Daten allerdings eindeutig zu den eher unwichtigen Aufgaben. Bei empirischen Studien kann sie meist als relativ unbedeutender letzter Schritt im Wissenschaftsprozess angesehen werden, der nur der Verbesserung von Wissenschaftsrezeption dient. Wenn bei den wissenschaftlichen Kernaufgaben, etwa bei der Versuchsplanung Mist gebaut wurde, kann eine ganz einfache und einsichtige Empfehlung dafür ausgesprochen werden, wie diese Daten dargestellt werden sollten, nämlich "überhaupt nicht".

Viel wichtiger als die Frage *"Wie sollen Daten präsentiert werden?"* sind die Fragen: *"Wie kommen Daten zustande und was sagen sie letztlich aus?"*. Damit die Daten bei den hier dargestellten Experimenten etwas aussagen, wurde viel Energie in den Versuchsaufbau gesteckt. Der experimentelle Aufbau ist recht kompliziert, aber auch recht interessant.

Graphische Präsentationen wissenschaftlicher Ergebnisse sollen die wesentlichen Ergebnisse übersichtlich und leicht erfassbar wiedergeben und können bei sorgfältiger Planung erheblich zum Verständnis der Resultate beitragen.

Gibt es objektive Graphiken?

Ich halte es für nahezu unmöglich, Daten graphisch objektiv zu präsentieren, was nicht ausschließen muss, sich um Regeln zur Förderung von Intersubjektivität zu bemühen. Ich habe für die Darstellung der eigenen Ergebnisse den verfügbaren Spielraum bei der Konstruktion von Graphiken hier so genutzt, dass diese letztlich (fast) so aussehen, wie ich sie sehen will, habe aber unter Abwägung vieler Aspekte stets versucht, die Graphiken zu den experimentellen Ergebnissen möglichst fair darzustellen. Weil ich die Ergebnisse fair darstellen wollte, habe ich gelegentlich auf optimale Bedingungen zur Wahrnehmungsdifferenzierung der Graphikvarianten verzichtet.

Zur Förderung der Objektivität von Graphiken könnte beitragen, zur Graphik ein entsprechendes Tabellenkalkulationsdokument zur Verfügung zu stellen, welches, direkt in ein Chartprogramm überführt, die Möglichkeit böte, die Graphik nach eigenen Vorstellungen zu modifizieren.

Gute Graphiken

Gute Graphiken sind solche Graphiken, bei denen sich die wesentlichen Beziehungen der Wahrnehmung quasi aufdrängen (das graphische Bild nach Bertin (1974)). Ob dies der Fall sein kann, hängt in nicht unbeträchtlichem Maße von den Daten selbst ab. Diese müssen eine gute Gestalt aufweisen. Wenn ein Wissenschaftler also daran interessiert ist, seine Ergebnisse besonders gut graphisch darzustellen, so sollten seine Überlegungen bereits vor der Datenerhebung beginnen und das Ziel anstreben, Daten mit sinnvollen Strukturen zu produzieren.

Literatur

- Bertin, J. (1974). Graphische Semiologie ((übersetzt von G. Jensch, D. Schade, W. Scharfe). Berlin: Walter de Gruyter.
- Carswell, C. M. (1992). Choosing specifiers: An Evaluation of the basic tasks model of graphical perception. *Human Factors*, 34, 535-554.
- 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.
- Cleveland, W. S. (1993). *Visualizing data*. Murray Hill, NJ: AT&T Bell Lab
- Croxtton, R. E. :. S., H. (1932). Graphik comparison by bars, squares, circles and cubes. *Journal of American Statistical Association.*, 27, 54-60.
- Croxtton, 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.
- Feliciano S.D., Powers, R. D. & Kearl, B. E. (1963). The presentation of statistical information. *AV Communication Review*, 11, 32-39.
- 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 Graphotyp 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
URN: [urn:nbn:de:bsz:291-psydok-379](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:291-psydok-379)
URL: <http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2003/37/>
- Jacobs, B. (1995). 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
URN: [urn:nbn:de:bsz:291-psydok-328](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:291-psydok-328)
URL: <http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2003/32/>
- Jacobs, B. (1995). 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
URN: [urn:nbn:de:bsz:291-psydok-336](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:291-psydok-336)
URL: <http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2003/33/>

- Jacobs, B. (1995). Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken. Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 17. (Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 4
URN: [urn:nbn:de:bsz:291-psydok-347](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:291-psydok-347)
URL: <http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2003/34/>
- Kosslyn, St. M. (1989). Understanding Charts and Graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 185-226.
- Kosslyn, St. M. (1994). *Elements of Graph Design*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Lewandowsky S. & Spence, I. (1989). Discriminating strata in scatterplots. *Journal of American Statistical Association*, 84, 682-688.
- Macdonald-Ross, M. (1977). How numbers are shown: A review of research on the presentation of quantitative data in texts. *AV Communication*, 25, 359-404.
- 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.
- Milroy, R. & Poulton E.C. (1978). Labelling Graphs for Improved Reading Speed. *Ergonomics*, 21, 55-61.
- Peterson, L. & Schramm, W. (1954). How accurately are different kinds of graphs are read ?. *AV Communication Review*, 2, 178-189.
- Pinker, St. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Hrsg.), *Artificial intelligence and the future of testing* (S. 73-126). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Poulton, E. C. (1985). Geometric illusions in reading graphs. *Perception & Psychophysics*, 37, 543-548.
- Rinck, M. (1989). *Die Strukturierung von Wissen durch statistische Graphen*. Marburg: Dissertation.
- Schnotz, W. (1994). Wissenserwerb mit logischen Bildern. In B. Weidenmann (Hrsg.), *Wissenserwerb mit Bildern* (S. 95-147). Bern: Hans Huber.
- Schutz, H. G. (1961a). An evaluation of formats for graphic trend displays- Experiment II. *Human Factors*, 3, 99-107.
- Schutz. (1961b). An Evaluation of Methods for Presentation of Graphik Multiple Trends - Experiment III. *Human Factors*, 3, 108-119.
- 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.
- Travis, D. (1991). *Effective color displays: Theory and Practice*. New York: Academic Press.
- Tremmel, L. (1992). *Untersuchungen zu optimalen Symbolen in graphischen Darstellungen*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21, 14-23.
- Washburne, J. N. (1927). An experimental study of various graphs, tabular and textual methods of presenting quantitative material. *Journal of Educational Psychology*, 18, 361-376 und 465-476.

Projekttitle:

Experimentelle Analysen zur graphischen Präsentation von Daten in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition.

Projektart:

Eigenprojekt des Medienzentrums.

Projektzeitraum:

...1993-1995

Projektstatus:

abgeschlossen

Projektmitarbeiter:

Funktion	Name des Mitarbeiters	Aufgabengebiet
Projektleiter:	B. Jacobs	Idee, Konzeption, Organisation und Verantwortung
wissenschaftlicher Mitarbeiter:	B. Jacobs	Umsetzung der Idee und Konzeption. Erstellung der Arbeitsberichte
Programmierer:	B. Jacobs	Programmierung aller Experimente und sonstiger softwarerelevanter Problemstellungen
wissenschaftliche Hilfskraft:	B. Jacobs	Mithilfe bei der Programminstallationen, Datenverarbeitung, Versuchsdurchführung. Botengänge usw.