

Präsentation von Verlaufsdaten in Liniendiagramm und Säulendiagramm ¹

Zusammenfassung:

Zunächst werden graphische Präsentationen sonstigen Möglichkeiten der Datenpräsentation gegenübergestellt. In diesem Zusammenhang sind auch Befunde zum Vergleich Graphik vs. Tabelle aufschlußreich. Es werden Vorschläge zur Spezifikation geeigneter Fragestellungen an die Graphik unterbreitet. Dazu gehören vornehmlich solche Fragestellungen, die zur Beantwortung die Daten in ihrer Gesamtheit erfordern und eine gewisse Struktur aufweisen, was insbesondere für die Analyse von Verläufen Geltung hat. Anhand einiger Experimente wird der Einfluß des Graphtyps (Liniendiagramm vs. Säulendiagramm), der Graphanordnung (Superposition, Juxtaposition) und der Anzahl der Datenreihen (1,2,4, 8) auf die Genauigkeit und Schnelligkeit des Erkennens mehrerer verlaufsrelevanter Fragen an die Präsentation untersucht. Wenngleich die Ergebnisse auch von der Erfassungsmethode abhängen, so sprechen die Befunde letztlich in ziemlich konsistenter Weise statistisch überzeugend für den Vorteil des Liniendiagramms beim Erkennen von Verlaufsqualitäten.

Einleitung

Eine graphische Darstellung von Daten macht dann einen Sinn, wenn es gelingt, numerische Relationen derart in visuelle Variablen umzusetzen, daß die Beziehungen dieser Variablen durch Wahrnehmung einfacher, d.h. mit geringerem geistigen Aufwand zu erfassen sind als ohne Graphik, wobei jedoch keine oder nur unwesentliche Abstriche an der Genauigkeit der zielrelevanten Relationen in Kauf zu nehmen sind. Die graphische Präsentation bildet somit eine Analogie, welche die Beziehungen im eigentlich interessierenden Zielbereich transparent machen soll. Zugleich ist jede Präsentationsgraphik mit all jenen Problemen behaftet, mit der jede Analogie konfrontiert ist.

In der Regel dient eine Tabelle als Grundlage zur Erstellung von graphischen Präsentationen, woraus bereits folgt, daß die graphische Darstellung immer nur höchstens so genau sein kann, wie die Zahlen der zugrundeliegenden Tabelle. Deshalb wäre es auch unangebracht, überhaupt eine Graphik zu erwägen, wenn das Hauptziel der Präsentation in der Mitteilung exakter Daten bestünde. Zudem unterliegt unsere Wahrnehmung gewissen Beschränkungen und sie ist anfällig für optische Täuschungen. Zu einer unvermeidlichen Genauigkeitseinbuße im Sinne eines random errors können so noch falsche Eindrücke im Sinne eines bias hinzukommen. (z.B.: Cleveland, 1985, S. 276; Jacobs, B. (5.4.1995): Schätzung von Größenverhältnissen zweier Säulen- und Kreisflächen. Online in Internet: URL: <http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Software/chart.html> [Stand 5.4.1995]; Clara Fitzgerald & Christopher Currie: Pogendorff Illusion Description. Online in Internet: URL: http://kahuna.psych.uiuc.edu/ipl/vis/pogendorff/poggend_desc.html [Stand 10.1.1997])

Graphische Präsentationen von Daten setzen hohe Anforderungen an den Leser und den Graphdesigner und sollten vornehmlich dann eingesetzt werden, wenn dadurch relativ durchsichtig wichtige Beziehungen zwischen den Daten unmittelbar und möglichst verzerrungsfrei wahrgenommen werden können.

¹ Nähere umfangreiche Angaben (z.B. Arbeitsberichte, Beispielgraphen, Experimente, detaillierte Statistiken usw.) können entnommen werden aus:

Jacobs, B. (1995, Juli 17). Experimentelle Analysen zur graphischen Präsentation von Daten in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. [WWW document]. URL <http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/Grafikexperiment.html>

Formen der Datenpräsentation

Die Präsentation von Daten läßt sich grob in 3 Kategorien einteilen:

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

Die narrative Datenpräsentation bettet die Daten in Fließtext ein und kann recht sinnvoll sein, wenn nur wenige Daten mitgeteilt werden, deren Beziehungen untereinander entweder recht einfach oder von untergeordnetem Interesse sind. (Beispiel: Die Höchsttemperaturen betragen heute 12 Grad, in der Nacht Abkühlung auf 4 Grad. Morgen Temperaturanstieg auf 16 Grad.)

Bei einer tabellarischen Präsentation werden die Daten in irgendeiner Form systematisch geordnet. Der Orientierungsvorteil gegenüber der narrativen Präsentation wächst mit der Anzahl der Daten und der Komplexität der angestrebten Vergleiche.

Bei einer graphischen Präsentation werden die Daten der Tabelle visuell umgesetzt. Es kommen weitere Interpretationsanforderungen auf den Leser zu und es kann einiger Praxis bedürfen, bis der Leser das geeignete Graphschema aufgebaut hat, innerhalb dessen die Daten überhaupt einen Sinn ergeben.

Alle 3 Präsentationsformen haben ihre Berechtigung. Ich habe schon in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung eine Graphik mit einem einzigen Datum gesehen. Die narrative Darstellung desselben Datums hätte mich hier lange nicht so verwirrt. Auch die Entscheidung für Tabelle oder Graphik ist nicht immer angesagt, da gelegentlich beides zusammen angebracht ist.

Tabelle vs. Graphik

Eine Grundsatzfrage des graphischen Problems nach Bertin (1974) lautet: Soll man eine Graphik anfertigen? Ich will diese Frage wie folgt beantworten: Nur wenn Graphiken Tabellen, als den sparsameren Mitteln, überlegen sind, lohnt sich letztlich ihre Erstellung. Die empirischen Ergebnisse zum Vergleich 'Tabelle vs. Graphiken' hinterlassen aber leider kein eindeutiges Bild. Während etwa Jacobs (1994) seine Forschung mit der Intention betrieb, Vorteile für die Graphik zu finden und die Ergebnisse als klaren Beweis für den Vorteil von Säulendiagrammen gegenüber Tabellen wertet, der gemittelt über alle Aufgaben für alle Vpn Geltung hat, spricht Meyer (1996, S. 9) von einem "...clear advantage of tables over the graphic displays ... [gemeint sind Säulendiagramm und Liniendiagramm (Anmerkung des Verfassers)] und resumiert weiter (1996, S. 19): "However the results showed that even after extended experience graphic displays had no advantage over tables." Vieles, was hier wie ein Widerspruch anmutet, läßt sich jedoch verständlich machen, wenn man die Fragestellungen an die Präsentationen sowie die Untersuchungsbedingungen näher analysiert.

Natürlich sind Tabellen jeder Graphik überlegen, wenn es um das Herausfinden eines einzelnen Datums geht (z.B.: 'Wie hoch war der DAX am 23.12.1996?') und Meyer (1996) hat empirisch eindeutig nachgewiesen, daß 'point reading' mit einer Tabelle signifikant genauer und schneller funktioniert als in einem Säulen- oder Liniendiagramm. Zudem können Tabellen bei mehreren Datenreihen gewisse Vorteile gegenüber Graphiken haben, die in der unterschiedlich guten Zuordnung von Kategorien zu den Daten begründet sind. Wie Lohse (1993) z.B. festgestellt hat, braucht man bei einer Graphik ca. eine Sekunde länger als in einer Tabelle, um entscheiden zu können,

welche Kategorie zu welcher Datenreihe gehört, da man in der Graphik diese Zuordnung relativ umständlich durch eine Legende vornehmen mußte und die Bezeichnungen nicht, wie Milroy & Poulton (1978) empfehlen würden, direkt an den Datenreihen angebracht waren. Im übrigen ist anzunehmen, daß bei sehr vielen Datenreihen (z.B. die durchschnittlichen Monatstemperaturen eines Jahres für alle europäischen Hauptstädte) die Darstellung nur noch tabellarisch vorgenommen werden kann und Graphiken überfordert sind.

Ob und wie stark der Vergleich "Tabelle vs. Graphik" zugunsten welcher Präsentation ausfällt, hängt neben Schwierigkeit und Komplexität des Vergleichs (etwa operationalisiert über die Anzahl der Datenwerte pro Datenreihe bzw. die Anzahl der Datenreihen), der Adäquanz der Präsentationsrealisierung, der praktischen Erfahrung der Leser mit bestimmten Darstellungsformaten, auch vom geforderten Vergleich ab (siehe Meyer 1996). Und hierbei gibt es auch Fragestellungen, bei denen die Graphik insbesondere bei hoher Komplexität gegenüber einer Tabelle ganz eindeutig im Vorteil ist. Es sind dies meiner Meinung nach Fragestellungen, bei denen

1. mehrere Daten auf einmal miteinander verglichen werden müssen. (Beispiel: In welchem Monat wird die höchste Temperatur erreicht?)²
2. Daten aggregiert werden und Vergleiche auf der Basis dieser Aggregationen (quasi auf Gruppenebene) vorgenommen werden müssen. (Beispiel: Fällt im ersten Halbjahr mehr Regen als im zweiten Halbjahr?, wobei die Daten aus den 12 Monaten zugrundeliegen).
3. Strukturen, Muster oder qualitative Merkmale erfaßt werden sollen. (Beispiel: Welchem Verlauf folgt eine Datenreihe? oder : Liegt eine semidisordinale Interaktion vor?)

Bei allen diesen Fragestellungen hat Jacobs (1994) ziemlich deutliche Vorteile für die Graphik gegenüber der Tabelle empirisch nachweisen können, sodaß der weitere Forschungsprozeß folgerichtig die Frage akzentuierte, welches Graphikformat für welche Fragestellung am ehesten geeignet erscheint.

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

1. Fragen, die sich nur aus einem einzigen Element der Datenreihe ergeben. Z.B.: Wie hoch ist der Größenwert zum Meßzeitpunkt x?

² Zu Fragestellung "Wo ist der maximale Wert" fand Meyer (1996) eine Interaktion zwischen Präsentationsformen und Anzahl der Daten in einer Datenreihe. Der anfängliche Vorteil der Tabelle gegenüber Säulendiagramm und Liniendiagramm auf der Basis des Vergleich von 3 Datenwerten schrumpfte bei 5 Datenwerten bereits merklich ab und war bei 7 Daten verschwunden. In der Studie von Jacobs (1994) lagen 12 Datenwerte zugrunde und hier war das Säulendiagramm der Tabelle signifikant überlegen.

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 wurden Fragestellungen entwickelt, 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 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 gelangen präattentiv, bei welchen muß selektiv weiter gesucht 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 ernstzunehmenden 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 dargeboten werden.

Eine andere Strategie bestünde darin, ein Graphikformat zu wählen, welches die meisten anstehenden Fragen in einem hinreichend befriedigendem Maße beantworten läßt und insgesamt, quasi im Mittelwert der Fragestellungen sonstigen Präsentationen überlegen wäre. Gelegentlich hat man gar keine spezielle Fragestellung an eine Graphik, sondern entwickelt diese erst aufgrund der Graphik. Insbesondere diese Graphiken müssen mehrere Fragen beantworten lassen. Hierunter fällt vor allem der anspruchsvolle Ansatz, Beziehungen entdecken zu können, auf die man ohne Graphik nie gekommen wäre.

Eigene Untersuchungen zur Effizienz von Graphiken im Hinblick auf das Erkennen von Kurvenverläufen

Das gesamte Forschungsprojekt war sowohl an den Stärken und Schwächen einzelner Graphikformate als auch an der Allroundfähigkeit bestimmter Graphikvarianten interessiert, obgleich an dieser Stelle lediglich auf den Teilbereich des Erkennens von Verläufen eingegangen wird (Jacobs 1994b, Jacobs 1995a). Die kargen empirischen Befunde zur Testung der Frage, welche Graphvariante zum Erkennen von Kurvenverläufen einer konkurrierenden Variante überlegen sei, sind nicht einheitlich. Schutz (1961a) fand Vorteile für das Liniendiagramm ge-

genüber dem Säulendiagramm, während Casali & Gaylin (1988) keinerlei Unterschiede zwischen verschiedenen Graphvarianten finden konnten und Jacobs (1994a) diesbezüglich uneinheitliche Ergebnisse vorlegte. In einem relativ umfangreichen Projekt wurde mehreren Fragestellungen zum Erkennen von Kurvenverläufen mit unterschiedlichen Untersuchungsansätzen nachgegangen.

Die graphischen Präsentationsformen der Untersuchung

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 Graphanordnungen erschienen als Graphiktypen Säulendiagramm und Liniendiagramm sinnvoll. Beide Graphiktypen erfüllen im übrigen von den Wahrnehmungsbedingungen her das höchste Genauigkeitsniveau unter allen möglichen visuellen Vergleichsvariablen sensu Cleveland (1985), nämlich "position along a common scale".

Die Graphtypen

Ein bestimmter Graphtyp manifestiert sich in verschiedensten Varianten und es ist fraglich, inwiefern 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 wie 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. 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).

Die Graphanordnungen

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

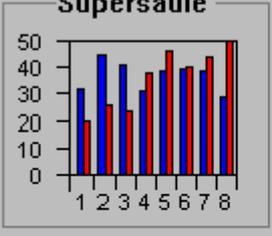
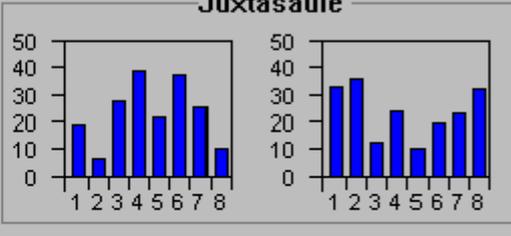
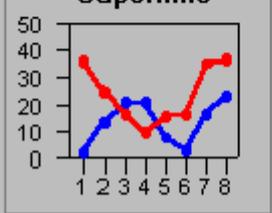
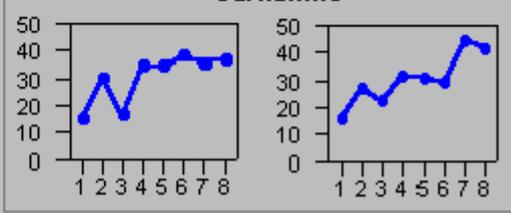
- a) mehrere Datenreihen in einem Diagramm (Superposition, Multiple Line Diagramm nach Schutz, 1961b);
- b) jede Datenreihe in einem gesonderten Diagramm (Juxtaposition, Multiple Graph Diagramm nach Schutz, 1961b).

Innerhalb von b) gäbe es noch mehrere Anordnungsvarianten (etwa vertikale oder horizontale Positionierung der Einzelgraphiken unter Juxtaposition), die hier nach pragmatischen Gesichtspunkten der Darstellbarkeit auf dem Bildschirm realisiert wurden.

Die Graphikvarianten

Aus Graphiktyp und Graphikanordnung ergeben sich im Falle mehrerer Datenreihen folgende Graphikvarianten:

Tabelle 1: Untersuchte Graphikvarianten im Falle mehrfacher Datenreihen

		Graphanordnung	
		Superposition	Juxtaposition
Graphtyp	Säulen- diagramm	<p>Supersäule</p> 	<p>Juxtasäule</p> 
	Linien- diagramm	<p>Superlinie</p> 	<p>Juxtalinie</p> 

Experimenteller Versuchsplan

Alle Fragestellungen wurden durch Computerexperimente überprüft, die auf dem Prinzip der Wiederholungsmessung beruhen, in dem jede Vp alle Bedingungen durchläuft.

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.
- 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.

Generelles Vorgehen

Vor der eigentlichen Testphase erhielten die Vpn hinreichende Instruktionen über die spezielle Fragestellung mit entsprechenden Graphbeispielen. Anschließend mußten sie mindestens 2 Beispiele durchführen, konnten darüberhinaus aber beliebig viele Beispiele ausprobieren. Sie bekamen stets die Anweisung, erst dann mit dem eigentlichen Versuch zu beginnen, wenn die jeweilige Aufgabenstellung verstanden war.

Die Vp sah zunächst auf dem Bildschirm nur eine konkrete Frage wie 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 Tastendruck auf die Leertaste, der die Graphik zum Verschwinden brachte, bestimmte die Vp den Zeitpunkt ihrer Antwort. Anschließend gab sie die Antwort, meist in Form von MC- oder Short Answer-Aufgabentyp ein. Als abhängige Variablen dienten Entscheidungszeit und Korrektheit der Antworten.

Experiment 1

Das erste Experiment untersuchte das Erkennen und Identifizieren von Verläufen, wobei ein Verlauf nach dem Vorzeichen der Steigung bzw. der Vorzeichenentwicklung der Kurvensteigung (etwa "- +" für einen u-förmigen Verlauf) erfaßt werden mußte. 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.: "Anstieg, Abfall, Anstieg") wurde vorgegeben. Aus mehreren Datenreihen sollte diejenige Datenreihe, die den geforderten Verlauf aufwies, identifiziert werden.

Als wesentliche Ergebnisse aus Experiment 1 lassen sich zusammenfassen:

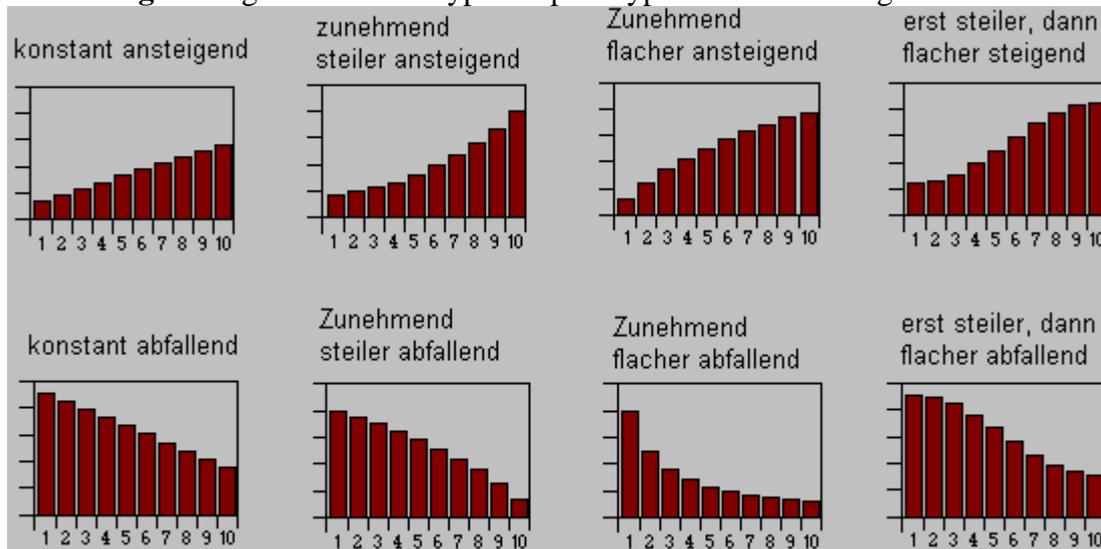
Bei einer Datenreihe sind konventionelles Liniendiagramm und Säulendiagramm vergleichbar gute Graphentypen, um (die so erfaßten) Verläufe zu erkennen. Sowohl hinsichtlich der Zeit als auch hinsichtlich der Genauigkeit lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Graphiktypen statistisch nachweisen, womit die Ergebnisse von Jacobs (1994a) repliziert wurden. Umfaßt die Präsentation mehr als eine Datenreihe, so liefert Supersäule ab der zweiten Datenreihe ungünstigere Werte als die übrigen Graphvarianten. Das ist wahrnehmungspsychologisch zumindest plausibel. Bis zu 4 Datenreihen sind Superlinie und die Graphikvarianten unter Juxtaposition vergleichbar gut geeignet. Spätestens bei 8 Datenreihen ergeben sich Vorteile für beide Graphvarianten unter Juxtaposition gegenüber Superlinie.

Experiment 2

Mit Experiment 1 war zweifellos das Erkennen von Kurvenverläufen nicht umfassend operationalisiert worden. Man mag einwenden, wesentliche Kennzeichen und Nuancen von Kurvenverläufen damit überhaupt nicht erfaßt zu haben. So ist z.B. ein leichter konstanter Anstieg und ein sehr steil positiv beschleunigter Anstieg vom Vorzeichen der Steigung her identisch, jedem vernünftigen Menschen hingegen als ganz unterschiedlicher Verlauf evident. Möglicherweise fördert die in Experiment 1 geprüfte Aufgabenstellung sequentielles Suchen und Bestätigen und verhindert ganzheitliche Wahrnehmung. Jedenfalls sind wesentliche Eigenschaften von Kurvenverläufen, wie z.B. Steigungsänderungen auch bei gleichem Vorzeichen überhaupt nicht wahrnehmungsrelevant. Um ein eher ganzheitliches Erfassen von Kurvenverläufen zu testen, wurde daher 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. Zu Beginn wurde die Vp mit folgenden Funktionstypen konfrontiert:

Abbildung 1: Mögliche Verlaufstypen in prototypischer Darstellung



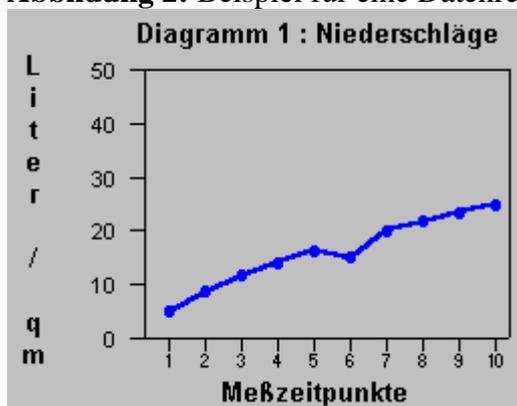
Im Verlauf des Experiments wurden dem Probanden mehrere, nach bestimmten Regeln variierte Beispiele der prototypischen Verläufe dargeboten und er mußte dann entscheiden, zum welchem Funktionstyp das jeweilige Beispiel gehörte (Begriffsidentifizierung).

Bei dieser Fragestellung erzielte das konventionelle Liniendiagramm gegenüber dem entsprechenden Säulendiagramm signifikant weniger Fehler ($z = 2.19$, 2-Tailed, $p = .0284$, $p < .05$) und benötigte signifikant weniger Zeit ($F(1,24) = 21.72$, $p < .01$).

Untersuchungen mit mehreren Datenreihen in einer Präsentation bestätigten konsistent, daß Liniendiagramme für derartige Fragestellungen (Finde Datenreihe!, siehe Abbildung 4) Säulendiagrammen überlegen sind.

Bei einer weiteren Fragestellung ging es darum, irgendeine Abweichung von einem Idealverlauf zu erkennen. Ein wesentlicher Vorteil der Graphik ist die unmittelbare Wahrnehmung bestimmter Phänomene, die als Auffälligkeiten direkt ins Auge springen und einen Popout-Effekt provozieren können. Als Auffälligkeit wurde hier eine klar wahrnehmbare Störung innerhalb eines ansonsten idealen Kurvenverlaufs angesehen:

Abbildung 2: Beispiel für eine Datenreihe mit Abweichung vom Idealverlauf

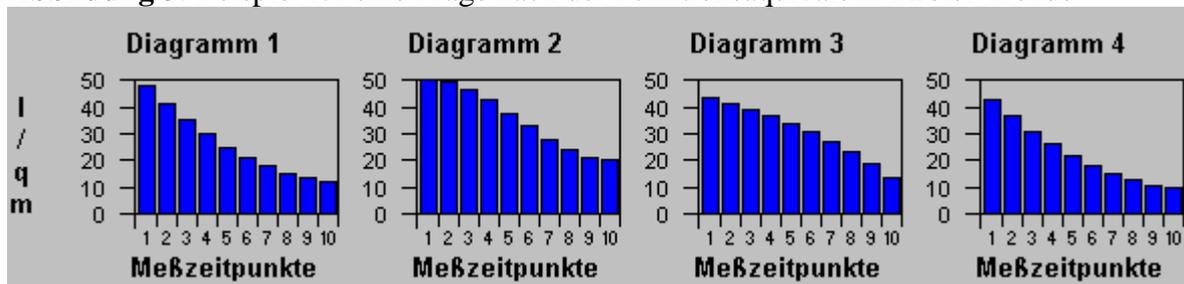


(Zum Meßzeitpunkt 6 erwartet man einen höheren Wert).

Die Lokalisation der Störung wurde nicht verlangt, lediglich die Wahrnehmung irgendeiner Störung von irgendeinem idealen Verlauf. Denn auch um welchen Verlauf es sich handelte, wurde der Vp nicht mitgeteilt. Sie mußte quasi spontan die Abweichung wahrnehmen. Bei einer Datenreihe sind derartige Fragen in einem Liniendiagramm signifikant schneller festzustellen als in einem Säulendiagramm ($t(23) = 4,42$; $p < .01$). Sind in einer Präsentation mehrere Datenreihen vorhanden, so läßt sich diejenige Datenreihe mit der Abweichung schneller aus einem Liniendiagramm identifizieren als aus einem Säulendiagramm.

Jacobs (1994a) konnte klar nachweisen, daß 2 Trends in einem Liniendiagramm schneller miteinander verglichen werden können als in einem Säulendiagramm. Dem scheinen die Ergebnisse von Casali und Gaylin (1988) zu widersprechen, die keinerlei signifikante Unterschiede in der Genauigkeit und in der Entscheidungszeit zwischen den Graphiktypen für alle untersuchten Fragestellungen des Trendreadings und des Trendcomparisons festgestellt hatten. In der vorliegenden Untersuchung war es Aufgabe der Vp, jeweils zu entscheiden, ob in einer Präsentation 2 bzw. mehrere Verläufe vom selben Funktionstyp vorhanden waren oder nicht.

Abbildung 3: Beispiel für eine Frage nach der Funktionsäquivalenz zweier Trends

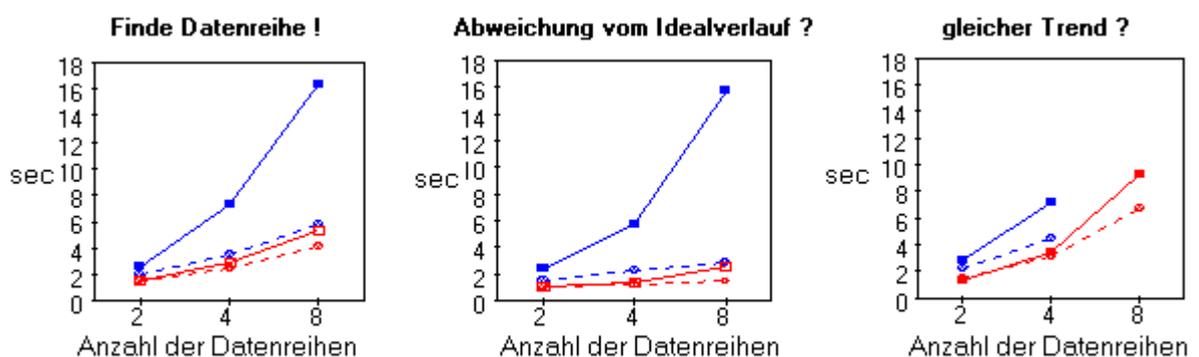


Gibt es 2 Trends mit dem gleichen Verlaufstyp ?

Ja, Diagramm 1 und Diagramm 4 weisen den gleichen Verlaufstyp auf.

Innerhalb der Fragestellung wurde auch die Komplexität des Vergleichs variiert. Konsistent zeigt sich auch hier, daß die Aufgaben innerhalb von Liniendiagrammen einfacher zu lösen sind als innerhalb von Säulendiagrammen. Das war klar erwartet worden, weswegen auf der höchsten Schwierigkeitsstufe nur noch Liniendiagramme gegeneinander getestet wurden. Die Ergebnisse für die verschiedenen Fragestellungen in Abbildung 4 zeigen insgesamt eine erstaunliche Konsistenz, wie an den Befunden für mehrere Datenreihen anschaulich sichtbar wird.

Abbildung 4: Zusammenfassende Ergebnisse zu Experiment 2 (bei mehreren Datenreihen)



Säulendiagramme: **Supersäule** — **Juxtasäule** — — — Liniendiagramme: **Superlinie** — **Juxtaline** — — —
 (mit freundlicher Genehmigung von Jacobs, 1995; Online in Internet:
<http://www.phil.uni-sb.de/FR/Medienzentrum/Grafikexperiment/zwei/zusammen.gif> [Stand 1.1.1997])

Pädagogische Schlußfolgerungen

Der nicht selten geäußerte, gut gemeinte pädagogische Rat, Ergebnisse graphisch darzustellen, um die Daten zu veranschaulichen, kann falsch sein und bleibt so lange unbestimmt, wie nicht hinreichend begründet werden kann, unter welchen Bedingungen eine Graphik sinnvoll ist und welche der möglichen Graphikvarianten die geforderte Fragestellung besonders gut beantworten läßt. Wie bei allen pädagogischen Ratschlägen sind dabei implizit immer eine Fülle weiterer Rahmenbedingungen wie etwa Funktion des Mediums (z.B. Basis für eine unmittelbare Entscheidungsgrundlage, Behalten der Information, Wecken von Aufmerksamkeit), konkrete Ausgestaltung der Graphik, bisherige Erfahrungen mit Graphiken und Daten (Anfänger, Experte), die Motivation des Lesers, die Einbettung der Graphik in weitere Instruktionen usw. zu berücksichtigen (siehe z.B.: Cleveland (1985), Kosslyn (1989), Kosslyn (1994), Meyer (1996)).

Im Rahmen dieser Einschränkungen glaube ich generalisierend behaupten zu können, Graphiken seien insbesondere dann fruchtbar, wenn Fragestellungen anstehen, die mit Hilfe von Tabellen nur recht umständlich beantwortet werden können und dies wird umso eher der Fall sein, je mehr Struktur die Daten aufweisen.

Bezogen auf **die Wahrnehmung von Verläufen** sind folgende Empfehlungen empirisch untermauert:

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 beim Vergleich mehrerer Verläufe.

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. (Daher sollten insbesondere Interaktionen, selbst wenn keine Verläufe vorliegen, mit Liniendiagrammen dargestellt werden!)

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.

Superpositioniertes Liniendiagramm ist für Verlaufsanalysen sicherlich recht brauchbar, eignet sich aber den sonstigen Ergebnissen zufolge (Jacobs 1995b, 1995c) auch für viele weitere Fragestellungen und wurde auf der Basis des von meiner Forschung durchgeführten Präsentationswettstreites zum "Kombinationsweltmeister der graphischen Präsentationen im Hinblick auf günstige Wahrnehmung" erkoren.

Literatur

- Bertin, J. (1974). Graphische Semiologie (übersetzt von G. Jensch, D. Schade, W. Scharfe). Berlin: Walter de Gruyter.
- Casali, J. G. & Gaylin, K. B. (1988). Selected graph design variables in four interpretation tasks: a microcomputer-based pilot study. *Behaviour and Information Technology*, 7, 31-49.
- Cleveland, W. S. (1985). *The Elements of Graphing Data*. Monterey, California: Wadsworth advanced Books and Software.
- Jacobs, B. (1994a). Graphische vs. tabellarische Präsentation von statistischen Daten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 8, 73-84.
- Jacobs, B. (1994b). Der Einfluß von Graphtyp und Graphanordnung auf das Graphverstehen bei der Analyse von Verläufen. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 13.
- Jacobs, B. (1995a). Experimentelle Analysen zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 15.
- Jacobs, B. (1995b). Globale Vergleiche, lokale Vergleiche und Größenschätzungen in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 16.
- Jacobs, B. (1995c). Die Wahrnehmung besonderer Relationen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken: Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 17.
- 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.
- Lohse, G. L. (1993). Eye Movement-Based Analyses of Graphs and Tables: The next Generation. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Information Systems*. Orlando, FL. 213-224.
- Meyer, J. (1996). Performance with tables and graphs. Effects of training and a Visual Model. Submitted for publication. (Paper sent to me with the date 28. Oct. 1996)
- Meyer, J., Shinar, D. & Leiser, D. (1996). Multiple factors that determine performance with tables und graphs. (Submitted for publication in *Human Factors*)
- Milroy, R. & Poulton E.C. (1978). Labelling Graphs for Improved Reading Speed. *Ergonomics*, 21, 55-61.
- Schutz, H. G. (1961a). An evaluation of formats for graphic trend displays- Experiment II. *Human Factors*, 3, 99-107.
- Schutz, H. G. (1961b). An Evaluation of Methods for Presentation of Graphic Multiple Trends - Experiment III. *Human Factors*, 3, 108-119.

Autor: Bernhard Jacobs
Version: 1997