

Autor: [Bernhard Jacobs](#), Medienzentrum der Philosophischen Fakultät der Universität Saarbrücken
 created: 5.1.1999; last update 6.1.1999 ; [Download als Zip-Datei](#) (Version 20.1.1999) zum Offline-Lesen (pdf-Version vom 26.8.2004; nur formale Änderungen vorgenommen.)
 URL des Originals: <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/tablgraf/index.htm>

Tabelle oder Graphik - Was ist besser ?

[Zusammenfassung](#)

[Problemstellung](#)

[Einige kritische Anmerkungen zur empirischen Forschung](#)

[Empirische Studien zum Vergleich Graphik vs. Tabelle](#)

[Ablesen von einzelnen Daten \(Pointreading\)](#)

[Beziehungen zwischen Daten](#)

[Relationen zwischen einzelnen Daten \(local comparison\)](#)

[Relationen zwischen mehreren Daten](#)

[Vergleiche von Datengruppen \(global comparison\)](#)

[Erkennen von Trends und Trendinformationen \(Synthesis\)](#)

[Interaktionsstudien](#)

[Marginale Unterschiede zwischen Tabelle und Graphik](#)

[Beispiele für Fragestellungen an Graphik und Tabelle zum Ausprobieren](#)

[Notwendige Bedingungen für den sinnvollen Einsatz graphischer Präsentationen](#)

[Die wichtigsten Argumente für den Einsatz von Graphiken](#)

[Das Ordnen der Daten](#)

[Einige pädagogische Schlussbemerkungen](#)

[Anhang](#)

[Literatur](#)

Zusammenfassung:

Ob sich Tabelle oder Graphik eher zur Präsentation von Daten eignen, hängt im wesentlichen von der gewünschten Information ab, die man der Präsentation entnehmen will. Im Mittelpunkt der Arbeit steht eine nähere Analyse der Interaktion zwischen Fragestellung und Präsentationsform im Hinblick auf die Genauigkeit und Schnelligkeit der Informationsentnahme. Unter Hinzuziehung empirischer Arbeiten werden die jeweiligen Vor- bzw. Nachteile der Präsentationen belegt und diskutiert. Vereinfacht ausgedrückt lässt sich empirisch relativ klar gestützt behaupten: Tabellen haben Stärken beim Identifizieren der einzelnen Daten und dem Erkennen relativ einfacher Beziehungen bei wenigen Daten, Graphiken eignen sich für komplexere, anspruchsvollere Vergleiche mit vielen Daten. Zur besseren Veranschaulichung werden dem Leser mehrere Fragestellungen an bestimmte Daten zum eigenen Ausprobieren angeboten. Abschließend wird das Für und Wider des Einsatzes der Präsentationen näher ausgeführt und beiden Präsentationsformen ihre Daseinsberechtigung zugewiesen.

Problemstellung

Was ist besser zum Essen - Ein Löffel oder eine Gabel ? Die Antwort heißt. Es kommt darauf an. Teste die Frage mit Suppe und der Löffel gewinnt, teste sie mit einem Steak und der Löffel verliert, teste die Frage mit Kartoffelbrei und der Wettstreit mag unentschieden ausgehen! Dieses Beispiel stammt von Coll und Coll (1993) und war als Reaktion auf die divergierenden Ergebnisse der empirischen Forschung zur Präsentation von Daten gedacht.

Die Autoren zitieren mehrere Untersuchungen, die je nach Studie im Ergebnis alle Möglichkeiten bieten:

1. Die einen finden günstigere Ergebnisse für Tabellen,
2. andere bessere für Graphiken,
3. und auch diejenigen Studien dürfen da nicht fehlen, die nachweisen, dass es keinen Unterschied zwischen den Präsentationsformen gibt.

"A consensus is that the literature is in disarray" (Coll und Coll 1993, S. 745).

Ungerührt von diesen, in unserer Wissenschaft ja keineswegs unüblichen, empirischen Verwirrungen werden in der Praxis munter Tabellen wie Graphiken verwendet. Will empirische Forschung fundierte Empfehlungen für die Praxis bereitstellen, so ist das Problem zu beantworten, worauf es denn ankommt, dass einmal Tabelle, das andere mal die Graphik vorteilhafter ist und gelegentlich auch keine klaren Unterschiede zu erwarten sind. Die Fragestellungen an die Daten scheinen hier eine wichtige Rolle zu spielen, aber dieser Hinweis führt nur weiter, wenn die Interaktionen zwischen Fragestellungen und Präsentationsformen deutlich expliziert und nach Möglichkeit auch belegt werden. Als graphische Alternativen zur Tabelle werden hier meist das Säulendiagramm und das Liniendiagramm herangezogen. Beide Graphikformate gehören nicht nur zu den bekanntesten, sondern auch zu den besten Präsentationsgraphiken und kommen sowohl in der Praxis wie im Wissenschaftsbetrieb öfter zum Einsatz. Von den möglichen Funktionen einer Präsentation steht hier als entscheidendes Erfolgskriterium im Mittelpunkt, wie genau und wie schnell der Leser Daten bzw. die Beziehungen zwischen den Daten aus der sichtbaren Präsentation entnehmen kann.

Einige Probleme der empirischen Forschung von Datenpräsentationen

Im Vergleich zur Erforschung von Texten, Bildern oder Concept-maps sind empirische Studien zur Präsentation von Daten noch relativ simpel zu konzipieren und es mag zunächst verwundern, wieso der Vergleich Graphik vs. Tabelle konsistente Ergebnisse vermissen lässt. Wie die Forschungspraxis jedoch in vielen Bereichen aufzeigt, ist es keineswegs trivial, Fragestellungen empirisch zu untersuchen, die an sich so trivial erscheinen. Beim Versuch, die Ergebnisse der Forschung zur Präsentation von Daten hinreichend zu verstehen, stoße ich häufig auf einige der nachfolgenden Probleme:

1. Es gibt nicht die Tabelle oder die Graphik, sondern immer nur bestimmte Realisationen dieser Präsentationsformen. Beide Präsentationsformen müssen für ihre Zwecke möglichst gut konzipiert sein, denn es macht keinen Sinn, eine gute Tabelle mit einer schlechten Graphik zu vergleichen. Häufig werden keine oder zu wenige Beispiele der geprüften Präsentationsformen gezeigt. Es bleibt dann schwer abzuschätzen, in wie weit ein fairer Vergleich vorliegt und nicht selten fällt mir spontan ein, wie man etwa eine Graphik hätte besser gestalten können. So wurde etwa in vielen Studien auf den Einsatz von Farbe in Graphiken verzichtet. Insbesondere bei älteren Studien sind gelegentlich Zahlen in der Graphik angebracht (z.B.: Washburne (1927), Feliciano, Powers & Kearn (1963)) und ein Vergleich zur Tabelle erscheint mir dann recht fragwürdig.
2. In einer Graphik wie in einer Tabelle lassen sich die Daten in unterschiedlicher Weise anordnen. Es macht einen Unterschied, ob eine Präsentation nur aus einer Datenreihe besteht oder komplexere Formen mit mehreren Datenreihen untersucht werden, weil

sich vor allem bei Graphen mit mehreren Datenreihen im Vergleich zur Tabelle deutlich längere Orientierungszeiten ergeben, um die semantische Bedeutung der Daten zu erkennen (Lohse 1993a,b). Ob diese längeren Orientierungszeiten eintreten und wie stark sie ausfallen, hängt aber auch von der Qualität der Graphik und der jeweiligen Untersuchungsmethode ab. Bei mehreren Datenreihen wurden meist [superpositionierte Graphen](#) getestet. Bei manchen Fragestellungen kann ich mir vorstellen, dass der Vergleich Tabelle vs. Säulen -oder Liniendiagramm unter der Graphanordnung Juxtaposition anders ausgefallen wäre.

3. Beim Vergleich Tabelle vs. Graphik sind hauptsächlich 2 Vorgehensweisen zu unterscheiden:
 - a. Die Vp sieht bei jedem Testitem mit dem Beginn der Zeitmessung eine Präsentation aus einem neuen, ihr unbekannten Bereich einschließlich der Fragestellung an diese Präsentation. Sie muss demnach die semantische Bedeutung der Präsentationsbestandteile erst herstellen und den Sinn der Fragestellung verstehen, was alles in die Zeitmessung mit eingeht. Lohse (1993a) konnte aufzeigen, dass dann selbst bei einem relativ simplen Vergleich wie "Welcher von 2 Datenwerten ist der größere?" fast 2/3 der gesamten Zeit in einem - allerdings komplexen superpositionierten - Säulendiagramm für die semantische Analyse draufgeht und der eigentliche Größenvergleich nur noch etwas mehr als 1/3 der Zeit ausmacht.
 - b. Die Vp kennt die Fragestellung und die Bedeutung der Graphikbestandteile (z.B. Ordinate, Abszisse, Rubriken), bevor die Präsentation überhaupt erscheint. Lediglich die Daten sind vor der Darbietung unbekannt. Unter b) werden vornehmlich Wahrnehmungsprozesse bzw. das unterschiedliche Operieren mit Zahlen oder visuellen Objekten untersucht und hier können andere Ergebnisse herauskommen als bei Methode a).

Insofern müssen folgende zwei Behauptungen keineswegs im Widerspruch stehen: "Man kann 2 Säulen in einem Säulendiagramm schneller miteinander vergleichen als 2 Zahlen in einer Tabelle", aber die Frage "Welche von 2 Rubriken beinhaltet den größten Wert?" in einer Tabelle eher beantworten als in einem Säulendiagramm. Neben den in a und b genannten Untersuchungstypen gibt es weitere Varianten, etwa die, nach der Präsentationsvorgabe gleich mehrere Fragen zu stellen, die dann mit Hilfe der vorgegeben Präsentation beantwortet werden sollen. Grundsätzlich ist zu beachten, dass absolute Zeiten für bestimmte Fragestellungen über verschiedene Studien schwer miteinander zu vergleichen sind, weil die Reaktionsgeschwindigkeiten nicht nur von den speziellen Präsentationen und den zugrunde liegenden Daten, sondern auch von den Erhebungsmethoden abhängen.

4. Manche Untersuchungen (z.B. [Engberg & Wallace](#)) vergleichen Tabelle und graphische Präsentationsformen an Hand einiger Fragestellungen, fassen dann bei der Auswertung die Ergebnisse aber über alle Fragestellungen zusammen. Was auch immer hier herauskommen mag, die Interaktion zwischen Fragestellung und Präsentation kann so ja nicht geprüft werden und das Gesamtergebnis hängt z.B. davon ab, wie viele der, die eine Präsentation begünstigenden, Fragestellungen getestet wurden. Glücklicherweise kommt dieser Forschungstyp heute nicht mehr häufig vor.

5. Bei einigen Experimenten werden die Ergebnisse nach bestimmten Fragetypen differenziert mitgeteilt. Es ergeben sich meiner Meinung nach jedoch gewisse Schwierigkeiten, die Konsistenz der Fragen für die Klassifikation des Fragetyps einzuschätzen. Da ist dann z.B. von einfachen oder komplexen Fragestellungen die Rede, von symbolischen und räumlichen Fragestellungen. Aber insgesamt ist nicht ganz durchsichtig, ob die untersuchten Fragestellungen innerhalb der Frageklassifikation inhaltlich homogen und wie repräsentativ sie für den Fragetyp sind. Selten werden alle Fragestellungen explizit aufgelistet und an einem Beispiel vorgeführt, so dass man dann die Konstruktvalidität der Frageklassifikation nicht einmal überprüfen kann. Wenn etwa vom Erkennen eines Trends die Rede ist, so kann dies ganz Unterschiedliches bedeuten, aber ob die Graphik hier besser als eine Tabelle abschneidet, hängt maßgeblich davon ab, wie man den Trend definiert.

6. Am sinnvollsten finde ich noch Studien, welche Ergebnisse zu ganz spezifischen Fragestellungen mitteilen. Wenn aber eine ganz spezielle Fragestellung getestet wird, z.B.: "Finde den höchsten Datenwert!", ist oft schwer einzuschätzen, wie repräsentativ diese Fragestellung untersucht wurde. Die Daten können in ganz erheblicher Weise variieren und wenn man nur wenige Graphiken als Reizmaterial verwendet, ist die Generalisierbarkeit der Ergebnisse stark eingeschränkt. Die Unterschiede zwischen Tabelle und Graphik hängen zum Teil auch von den verwendeten Daten ab. Ich kann Daten konstruieren, die systematisch die Tabelle oder das Säulendiagramm begünstigen. Eine mathematische Funktion lässt sich graphisch direkt global erfassen, unterscheidet sich aber von empirischen Daten, die häufig nicht einmal an eine Funktion assimiliert werden können.

Schwer verständliche Ergebnisse lassen sich möglicherweise auf einige der oben angesprochenen Probleme zurückführen. Hier kann kein umfassender empirischer Überblick geleistet werden. Die Analyse beschränkt sich vornehmlich auf die mir bekannten Untersuchungen und legt hier Wert darauf, dass zumindest die getesteten Fragestellungen eindeutig (etwa durch Beispiele) expliziert wurden.

Empirische Untersuchungen zum Vergleich Graphik vs. Tabelle

Ablesen von einzelnen Daten (Pointreading)

Graphiken werden auf der Basis von Tabellen erstellt, woraus bereits folgt, dass die graphische Darstellung immer nur höchstens so genau sein kann, wie die Zahlen der zugrunde liegenden Tabelle. Da zudem die Wahrnehmung gewissen Zufallsfehlern und möglichen Täuschungen unterliegt, sind bestimmte Maßeinheiten visuell-räumlicher Objekte, für welche die Zahlen stehen (z.B. Position, Länge, Steigung, Winkel usw.), niemals so genau wie die symbolisch vermittelten Zahlen wahrzunehmen. Wenn es um das Ablesen eines bestimmten Datums geht und höchstmögliche Genauigkeit von hoher Wichtigkeit ist, gibt es demnach schon theoretisch keine Alternative zur Tabelle. Das bräuchte man empirisch eigentlich gar nicht zu testen. Hier wäre höchstens interessant zu wissen, wie hoch die Genauigkeit in einer Graphik einzuschätzen ist.

Ablesefehler in Säulendiagramm und Liniendiagramm

Entsprechende Untersuchungen hat Jacobs für einige (sehr gut konzipierte) Säulendiagrammvarianten (siehe [Point Reading in bar chart](#) (Jacobs 1989)), sowie für etliche Säulen- und Liniendiagrammversionen durchgeführt (Jacobs 1995b, siehe [Wie lautet der exakte Wert eines bestimmten Datenelementes?](#)). Der durchschnittliche Betrag der Abweichung vom korrekten Ergebnis liegt für alle von Jacobs getesteten Varianten ungefähr zwischen 1 und 1.5 Prozent, gemessen an der Höhe der Ordinate. Basierend auf den Daten von Jacobs (1995b) wurde für insgesamt 6 verschiedene Diagrammvarianten jeweils das 95% ige Perzentil des Durchschnittsfehlers der Probanden ermittelt. Die Werte schwanken zwischen 2.5 bis 3.5%, was bedeutet, dass 95% aller Probanden im Durchschnitt den exakten Wert um höchstens 3,5 % Abweichung einschätzen. Das Fehlerausmaß hängt allerdings von verschiedenen Faktoren ab (z.B. von der Anzahl der Daten, der Position des Datums, der Höhe der Ordinate, der Einteilung der Tick-marks und den Zahlenbenennungen an der Ordinate), die in den durchgeführten Untersuchungen ziemlich gut gewählt wurden, weswegen die Ergebnisse nicht bedenkenlos auf alle möglichen Diagramme verallgemeinert werden können. Bei der Tabelle sollte man Fehlerwerte von 0 als faire Vergleichsbasis zugrunde legen, da falsche tabellarische Angaben der Probanden eigentlich nur als Verwechslungen gedeutet und somit ähnlich wie riesige Abweichungen in der Graphik als Ausreißer betrachtet werden müssten. Aus diesem Grunde habe ich für Pointreading nie einen Vergleich Graphik vs. Tabelle angestrengt. Wichtig sind aber vielleicht doch Befunde, die nachweisen, dass das Ablesen der Daten in der Tabelle nicht nur genauer, sondern vor allem auch schneller vollzogen werden kann als in einer Graphik.

Vergleich Tabelle vs. Graphik zum Ablesen eines Größenwertes

Bestmögliche Graphik gegen Tabelle

Wenn man die Tabelle mit einer graphischen Präsentation der Daten vergleichen will und das Hauptziel der Präsentation darin besteht, exakte Werte abzulesen, dann dürfte als bestmögliche Graphik das Säulendiagramm noch am ehesten als der entscheidende Konkurrent zu betrachten sein. In der Untersuchung von Meyer Shinar & Leiser. (1997, S.275) konnte Pointreading im Säulendiagramm signifikant schneller als im Liniendiagramm vollzogen werden, in der Untersuchung von Jacobs (1995b) benötigten Liniendiagramme zwar nicht signifikant, aber numerisch konsistent mehr Zeit zum Extrahieren eines genauen Größenwertes und in der Studie von Wilson & Addo (1994b) schnitt das vertical bar chart beim Pointreading günstiger ab als Liniendiagramm, horizontal bar chart, divided bar chart und pie chart. Ebenso lieferte die Untersuchung von Lohse (1993a, S.219) bei Pointreading günstigere Werte für das Säulendiagramm gegenüber dem Liniendiagramm (im Liniendiagramm mehr Fehler).

Befunde

Erste Befunde zum besseren Ablesen von Daten aus Tabellen finden sich schon bei Carter (1947). Er fand heraus, dass Zahlen aus einer Tabelle gegenüber einem Liniendiagramm schneller und genauer ermittelt werden konnten.

Die einzige mir bekannte Untersuchung, welche sowohl explizite Genauigkeitsdaten und Reaktionsgeschwindigkeiten in Form von Zahlen mitteilte, ist die von Wilson & Addo (1994a). Tabelle und Säulendiagramm umfassten 12 Größenwerte auf der X-Achse. Aufgabe der Vp war es, einen bestimmten Größenwert anzugeben, z.B.: "What is the quantity in period 3 ?" Eine Wertangabe wurde als korrekt eingestuft, wenn der Betrag der Abweichung vom tatsächlichen Wert $\leq 5\%$ betrug (- sonst wäre wohl das Säulendiagramm völlig chancenlos gewesen). Die auf Seite 348 angegebenen Daten werden hier zum besseren Verständnis in Sekunden transformiert dargestellt sowie fehlende Werte notfalls aufgrund vorhandener Angaben geschätzt.

Tabelle 1: Ablesen von Größenwerten aus Tabelle und Säulendiagramm transformierte und ergänzte Ergebnisse aus Wilson & Addo (1994a)		
N=36 (repeated Meas.)	Fehler in %	Zeit in Sekunden
Tabelle Mittelwert und (Streuung)	0 (0)	6.0 (2.1)
Säulendiagramm Mittelwert und (Streuung)	25 (44)	10.2 (5.0)
t-Test und Signifikanz	t (35) = 3.42, p<.01	min t (35) = 4.73, p<.01
Effektstärkeschätzung d	.80	1.11

Die Tabelle ist dem Säulendiagramm bzgl. der Genauigkeit (Angaben Autoren) signifikant überlegen. Die Fehler beim Säulendiagramm sind höher einzuschätzen als in den Untersuchungen von Jacobs (1989,1995b). Ein Signifikanztest für die Zeit wird nicht mitgeteilt. Der Zeitvorteil der Tabelle gegenüber dem Säulendiagramm ist jedoch im ungünstigsten Falle mindestens auf dem 1% Niveau signifikant, wie eine konservative Verrechnung der vorhandenen Daten nach t-Test für unabhängige Stichproben (hier als min t bezeichnet) ([Significance of the Difference Between Two Independent Sample Means](#)) aufzeigt. Die Effektstärke wurde mittels der angegebenen Daten geschätzt nach der Formel $d = (M_{\text{Säulendiagramm}} - M_{\text{Tabelle}}) / \text{gemeinsame Standardabweichung}$. Danach ist sowohl der Genauigkeits- wie die Zeitvorteil der Tabelle von klarer praktischer Bedeutsamkeit.

Meyer, Shinar & Leiser (1997) teilen zwar keine Genauigkeitsdaten mit, konnten aber in Experimenten die schnellere Extraktion eines Wertes aus der Tabelle klar bestätigen. Die Präsentationen des ersten Experimentes umfassten 5 Rubriken auf der X-Achse und 3 Datenreihen in der Anordnung Superposition. Aufgabe der Vp war es, den Größenwert einer bestimmten Rubrik für eine bestimmte Datenreihe abzulesen (reading the exact value of a data point, z.B. "How many roses were sold on Day 3?"). "For reading of exact values, reaction times for tables were significantly faster than for bar graphs..." (S.275). Einer entsprechenden Ergebnisgraphik auf S. 276 ist zu entnehmen, dass der Vorteil für die Tabelle etwa 1.25 Sekunden beträgt. Das entspricht in etwa einem Zeitvorteil der Tabelle ca. 33 % bezogen auf das Säulendiagramm.

In Experiment 2 wurden Rubrikenanzahl und Anzahl der Datenreihen variiert. Die Autoren berichten über die Gesamtergebnisse und resümieren: "The reading of exact values showed the clearest advantage of tables over the two graphs... p<.0001)", S. 281. Der entsprechenden graphischen Abbildung auf S. 282 entnehme ich, dass die Probanden für das Ablesen aus der Tabelle ca. 60% der Zeit benötigten, die für das Ablesen aus einem Säulendiagramm erforderlich war.

Lohse (1993a und 1993b) konnte ebenfalls klar nachweisen, dass Pointreading in einer Tabelle schneller gelingt als in einem superpositionierten bar chart und line graph. Lohse versteht unter dem Label "Point Read" allerdings nicht das exakte Ablesen eines Größenwertes, sondern eine Entscheidung darüber, ob ein vorgegebener Größenwert einen bestimmten Zahlenwert überschreitet, mindestens erreicht oder unterschreitet.

Beispiele: " Did tin exceed \$8.00 per pound in 1981?"; "In July, is the normal temperature in Bismark less than 75?".

Aus den Ergebnisgraphiken (Lohse 1993a, S.219) schätze ich ab, dass beim so erfassten Datenlesen sehr wenige Fehler gemacht wurden, und Tabelle und Säulendiagramm vergleichbare Genauigkeiten erzielten. Dieses Ergebnis kann nur so erklärt werden, dass die Abweichungen von den erfragten Zielmarken ziemlich hoch ausfielen, was die graphischen Präsentationen begünstigt. In beiden Untersuchungen konnten die Fragen in der Tabelle jedoch signifikant schneller beantwortet werden als in einem Säulen- und Liniendiagramm. Ich schätze den Geschwindigkeitsvorteil der Tabelle gegenüber dem Säulendiagramm auf 1.25 Sekunden ein, wodurch die Fragen tabellarisch in ca. 77% der, für das Säulendiagramm benötigten, Zeit entschieden werden konnten.

[Smith \(1998\)](#) [Version vom 1.7.1998] verglich unter anderem Tabelle und mehrere Graphiken anhand einiger Fragestellungen, die theoretisch klar Vorteile für die Tabelle erwarten ließen. Zu dieser Gruppe (Group I) von Aufgaben gehörten Fragestellungen, welche das Ablesen eines bestimmten Datenwertes für eine bestimmte Rubrik erforderten oder aber Fragestellungen, die exakte Daten vorgaben, zu denen dann Rubriken oder Datenreihen gefunden werden mussten, die diesem Wert am nächsten kamen. Die Aufgaben konnten mit Hilfe der Tabelle deutlich ($p < .001$) schneller gelöst werden als mit allen untersuchten Graphiktypen (Säulendiagramm, Liniendiagramm, Scatterplot), während die Graphikvarianten keinerlei Zeitunterschiede aufwiesen.

Die Überlegenheit der Tabelle zeigt sich vornehmlich dann, wenn exakte Daten abgelesen und gegebenenfalls Rechnungen mit diesen Daten vorgenommen werden müssen.

Soll hingegen die Summe oder der Mittelwert aus mehreren Daten geschätzt werden, dann kann dies, wie in einer Studie von Jacobs 1990 nachgewiesen, Vorteile für die Graphik erbringen. Hier war der Durchschnitt aus 12 Daten in Form einer Zahlenschätzung verlangt worden und das Säulendiagramm erzielte etwas günstigere Genauigkeitswerte und deutlich schnellere Reaktionszeiten als die Tabelle. Die günstigste Präsentation hängt folglich davon ab, ob man sich mit Datenschätzungen in einem eher globalen Sinne begnügen will oder exakte Werte verlangen soll, was von praktischen Erwägungen abhängt. Tuttle & Kershaw (1998) untersuchten Qualitätsbewertungen anhand von 5 Kriterien, die zum einen auf der Basis einer globalen Einschätzung (holistische Entscheidungsstrategie), zum andern erst nach der Aufforderung, alle Kriteriumswerte aufzuschreiben und zu addieren (analytische Strategie), vorgenommen werden sollten. Die Kriterien waren dabei gleich zu gewichten, womit der Summe bzw. dem Durchschnitt der Kriterien die entscheidende Bewertungsgrundlage galt. Die 5 Kriteriumswerte wurden entweder in einem Säulendiagramm oder in einer Tabelle dargestellt. Die Daten bestätigen weitgehend die erwartete Wechselwirkung zwischen Präsentationsform und der durch die Instruktion nahe gelegten Bewertungsstrategie. Unter Anwendung der holistischen Entscheidungsstrategie ergaben sich Vorteile für das Säulendiagramm und bei der analytischen Strategie Vorteile für die Tabelle.

Resümee zum Ablesen von Datenwerten

Alle Befunde bestätigen meist ziemlich eindrucksvoll und überzeugend die an sich recht triviale Vermutung, dass Tabellen Graphiken überlegen sind, wenn exakte Daten aus der Präsentation entnommen werden müssen bzw. Fragestellungen anstehen, die genaue Antworten verlangen, welche die Kenntnis exakter Werte erfordern. Den Zockern an den Geldmarktbörsen genügt kein Säulendiagramm, aus dem man noch erkennen kann, dass der Dollar zur Zeit bei ca. 0.83 Euro steht, sondern die dann folgenden Stellen nach dem Dezimalpunkt sind für diese ganz entscheidend und deshalb müssen hier Zahlen genannt werden. Trotz der zunehmenden Visualisierung von Daten in den Medien präsentieren die Fernsehanstalten zu Recht die Lottozahlen weiterhin immer noch als Zahlen.

Die Präsentation der Daten in einer Tabelle darf aber nicht mit der Darstellung von Telefonnummern in einem Telefonbuch verwechselt werden. Übermäßige Genauigkeit ist in vielen Fällen schon von der Zuverlässigkeit der Daten her nicht gerechtfertigt und Ehrenberg (1977a) plädiert dafür, in Tabellen Zahlen radikal auf 2 signifikante Ziffern zu reduzieren, um Zahlenvergleiche zu vereinfachen. Die so in Kauf genommenen, meistens relativ irrelevanten,

Rundungsfehler könnten in manchen Fällen nicht mehr sehr weit von den Fehlern in einem gut konzipierten Säulendiagramm entfernt sein. Aus diesem Grund wäre es auch in den meisten Fällen unnötig, etwa an den Säulen zusätzlich noch Zahlen anzubringen, nur um die Genauigkeit zu verbessern. Bringt man dennoch in einer Graphik zusätzlich Zahlen für jedes Datum an, dann hat man, Ehrenberg (1977a) zufolge, aus der Graphik eine schlechte Tabelle erzeugt.

Selbst wenn an der Genauigkeit gewisse Abstriche tolerierbar sind, man kann die Daten aus der Tabelle deutlich schneller lesen. Der Zeitvorteil der Tabelle gegenüber dem Säulendiagramm hängt sicher von verschiedenen Bedingungen ab, lässt sich aber, bisherigen empirischen Ergebnissen zufolge, ganz grob auf mindestens ein Drittel beziffern. In dieser Zahl ist die semantische Analyse (z.B. "Wo liegt die Rubrik, deren Wert abgelesen werden soll") enthalten. Das reine Ablesen einer Zahl kann sicher noch deutlich schneller vollzogen werden als das reine Abschätzen einer Säulengröße, was sich etwa klar zeigen müsste, wenn man die Leser auffordern würde, alle Werte in einer Präsentation möglichst schnell aufzusagen. Deshalb besteht überhaupt kein Zweifel daran, dass Tabellen zum Ablesen von einzelnen Daten konkurrenzlos die Präsentation der ersten Wahl darstellen.

Nur wenn Relationen zwischen Daten von Relevanz sind, sollte die Erstellung von Graphiken in Erwägung gezogen werden. Dann aber auch nur, wenn keine übermäßige Genauigkeit verlangt wird, denn auch für alle möglichen Beziehungen zwischen den Daten gilt: Wenn Genauigkeit sehr hohe Priorität hat, müssen Relationen durch Zahlen errechnet werden. Aus diesem Grunde werden statistische Berechnungen ja auch aus Zahlentabellen errechnet und nicht auf der Basis graphischer Objekte geschätzt. Andererseits präsentiert man dem Leser natürlich meist auch keine Tabelle, damit der nun zu rechnen anfängt.

Beziehungen zwischen Daten

Beim Ablesen eines bestimmten Größenwertes spielen die übrigen Größenwerte keine Rolle. Sie stören eher und bei einer interaktiven Präsentation wäre es dann angebracht, nur diejenigen Größenwerte überhaupt zur Darstellung zuzulassen, die für den Nutzer von Interesse sind. **Der Sinn einer tabellarischen wie graphischen Präsentation liegt vornehmlich in der Möglichkeit, Vergleiche zwischen den Daten anzustellen, also vielfältige Relationen zwischen den Daten erkennen zu können.** Die Menge der möglichen Beziehungen zwischen den Daten und damit die Anzahl möglicher Fragestellungen an die Präsentationen sind ungeheuer groß. Empirische Forschung muss notgedrungen eine Auswahl treffen und sich auf die wesentlichen Beziehungen konzentrieren.

Relationen zwischen einzelnen Daten (local comparison)

Betrachtet man nur Relationen zwischen einzelnen Datenelementen, dann sind vor allem die Verhältnisse zwischen 2 Werten sowie die Beziehung "größer/kleiner" von Interesse bzw. gelegentlich untersucht worden. Nach Carswell (1992) sind dies Fragen vom Typ 'local comparison'.

Verhältnis zweier Werte

Spence (1990) verglich in einem soliden, umfassenden psychophysikalischen Experiment mehrere Graphikformate und eine Tabelle im Hinblick auf das Verhältnis zweier Größenwerte. Die Präsentation umfasste lediglich 2 direkt nebeneinander angeordnete Daten und die Vpn mussten das Verhältnis dieser Daten anhand einer Strecke (,also graphisch) einstellen. Aus den auf S. 688 abgebildeten Dotcharts entnehme ich, dass dieser Größenvergleich in der Tabelle minimal genauer als im Kreisdiagramm und ca. 0.5 % genauer als im Säulendiagramm ausfiel, die Vergleiche allerdings in den graphischen Präsentationen deutlich schneller vollzogen wurden als in der Tabelle.

- Zeitvorteil Säulendiagramm vs. Tabelle ca. 3 Sekunden,
- Zeitvorteil Kreisdiagramm vs. Tabelle ca. 2 Sekunden.

Da der Genauigkeitsunterschied zwischen Tabelle und den beiden oben genannten Graphiken unabhängig von Signifikanzerwägungen deutlich unter 1 Prozent liegt, scheinen beide Graphikvarianten für das Abschätzen von Verhältnissen zwischen 2 Daten zumindest eine echte Alternative zur Tabelle zu sein. Der Schnelligkeitsvorteil spricht dafür, dass derartige Vergleiche graphisch deutlich einfacher vorzunehmen sind. Zwar ist zu erwarten, dass die Fehler in einer umfangreicheren, ökologisch validen, Präsentation gegenüber der Tabelle noch etwas höher ausfallen werden. Aber es ist erstaunlich, dass in einer Studie von Jacobs (siehe [Estimating One Value as a Percentage of Another \(Ratios\)\)](#) Größenvergleiche zwischen 2 beliebigen Säulen in einem 12 Säulen umfassenden Säulendiagramm nur ca. 1 % mehr Fehler ergaben als in der Studie von Spence (1990) und deshalb glaube ich, dass für die Schätzung von Verhältnissen zweier Daten die graphischen Präsentationen auch in der Praxis gewisse Vorteile gegenüber der Tabelle versprechen.

A größer B

Die einfachste Aufgabe lautet hier: "Ist Datum A größer als Datum B". Die Ergebnisse zu diesem simplen Vergleich sind nicht einheitlich. Jacobs (1990) fand einen signifikanten Zeitvorteil von 0,8 Sekunden für das Säulendiagramm, Lohse (1993a und 1993b) signifikant schnellere Zeiten für die Tabelle, Spence und Lewandowsky (1991, S. 71 ,73) sowie Wilson & Addo (1994a, S.348) eher vergleichbare Resultate für beide Präsentationsformen. Es spricht einiges dafür, dass man 2 Säulen in einem Säulendiagramm schneller miteinander vergleichen kann als 2 Zahlen in einer Tabelle, aber der Zeitbedarf zur Identifikation der jeweils zu vergleichenden Elemente ist in der Tabelle geringer als in manchen Graphen, wie Lohse (1993a) durch Augenbewegungsstudien nachweisen konnte. Der Zeitvorteil des Säulendiagramms bei Jacobs (1990) ist insofern verständlich, weil hier die Anforderungen zur Identifizierung der Vergleichselemente in Tabelle und Graphik sehr ähnlich und deutlich einfacher als bei Lohse (1993a,b) waren. Ungeachtet dieser Divergenzen und mit Blick auf die praktische Bedeutsamkeit schätze ich die Studien in der Gesamtheit so ein, dass Tabelle und Säulendiagramm beim einfachsten aller Größenvergleiche meistens ziemlich ähnlich abschneiden. Denn die Genauigkeitsunterschiede sind minimal und potentielle Zeitunterschiede liegen pro Vergleich unter einer Sekunde, so dass merkliche Präsentationsunterschiede nur bei sehr vielen derartiger Vergleiche ins Gewicht fallen. Viele Vergleiche stünden etwa an, wenn man bei 2 Datenreihen über alle x-Level der Abszisse entscheiden müsste, wie häufig Datenreihe A einen größeren Wert als Datenreihe B aufweisen würde. Hier wären meiner Meinung nach z.B. klare Vorteile für das Liniendiagramm gegenüber der Tabelle zu erwarten.

Relationen zwischen mehreren Daten

maximaler bzw. minimaler Wert:

Bei der Frage nach dem maximalen oder minimalen Größenwert müssen mehrere Daten miteinander verglichen werden. Meyer, Shinar & Leiser (1997) fanden hier Vorteile für die Tabelle. In einer 3 Datenreihen mit jeweils 5 Datenwerten umfassenden Präsentation musste aus einer der Datenreihen der höchste Wert identifiziert werden. Eine andere Aufgabenstellung verlangte die Identifikation derjenigen Datenreihe, die unter einer Rubrik der x-Achse den höchsten Wert erzielte. In 2 Experimenten konnte die Überlegenheit der Tabelle gegenüber Säulen- und Liniendiagramm jeweils für beide Aufgabentypen nachgewiesen werden. Demgegenüber ließ sich in einer Studie von Jacobs (1990) auf der Basis eines konventionellen Säulendiagramms mit 12 Säulen maximaler bzw. minimaler Wert signifikant genauer und schneller identifizieren als in einer Tabelle.

Der Vorteil für die Graphik (Säulendiagramm) gegenüber der Tabelle nimmt mit wachsender Anzahl der zu vergleichenden Datenwerte zu. Diese Hypothese konnte in einem Selbstversuch ganz überzeugend bestätigt werden (siehe dazu: Jacobs (1998, [Identifikation des größten Wertes in Tabelle und Säulendiagramm](#)). Ich persönlich finde den höchsten Säulenwert in einem 32 Säulen umfassenden Säulendiagramm eher als die höchste Zahl unter 4 Zahlen ([Nachweis!](#)). Jacobs (1999) konnte die Ergebnisse seines Selbstversuchs durch ein nachfolgendes [Gruppenexperiment](#) klar stützen. Bereits ab 4 zu vergleichenden Datenwerten identifizierten alle 23 Vpn den maximalen Wert schneller in einem Säulendiagramm als in einer Tabelle.

Erstellung einer Rangordnung:

Das Umordnen aller Datenwerte in eine Rangordnung kann als umfassender größer/kleiner-Vergleich aufgefasst werden. Diese Aufgabe gelingt im Säulendiagramm deutlich besser als in der Tabelle und die Unterschiede zugunsten des Säulendiagramms steigen mit wachsender Anzahl der Datenelemente. (siehe dazu: [Identifying of Relations between values](#)).

Gesamteinschätzung

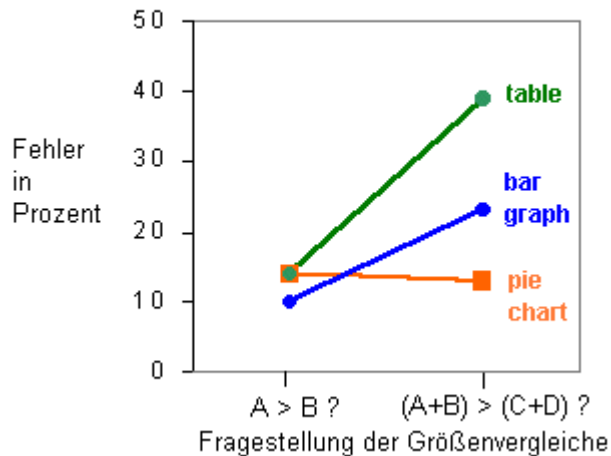
Bei wenigen zu vergleichenden Datenwerten kann eine Tabelle mit einem Säulendiagramm durchaus konkurrieren, wenn es darum geht, den höchsten oder niedrigsten Wert zu identifizieren. Die hier zu erwartenden Zeitunterschiede sind nicht allzu bedeutsam. Die maximale Säule müsste man zwar schneller erkennen können als die größte Zahl, der Orientierungsvorteil der Tabelle für die Zuordnung der semantischen Bedeutung der Daten gleicht diesen Vorteil aber insbesondere bei Präsentationen mit mehreren Datenreihen wieder aus. Größer/kleiner Vergleiche begünstigen das Säulendiagramm gegenüber der Tabelle umso klarer, je mehr Vergleiche dieser Art zur Beantwortung der Fragestellung notwendig sind. Dieser Vorteil lässt sich meiner Meinung nach auf alle graphischen Präsentationen generalisieren, welche im Sinne Clevelands (1985) einen Vergleich "on the position along a common scale" sowie klare Anhaltspunkte für die Zuordnung des Datenwertes zur Rubrik auf der x-Achse erlauben (z.B. auf ein Liniendiagramm, dessen Datenwerte Punkte oder sonstige gut sichtbare Symbole beinhaltet).

Vergleiche von Datengruppen (global comparison)

Die Aggregation mehrerer Datenelemente zu einer Gruppe erfordert in der Tabelle die Zusammenfassung der Werte etwa über Ausrechnen oder Abschätzen der Summe oder des Durchschnitts, in einer Graphik die Orientierung auf ein neues Wahrnehmungsgebilde. So könnte man sich vorstellen, dass mehrere Säulen zu einer mehr oder weniger unregelmäßigen Fläche zusammengefasst werden, in einem Liniendiagramm über mehrere Datenwerte eine virtuelle Durchschnittlinie abgeschätzt wird oder in einem Kreisdiagramm Kreissegmente visuell addiert werden. Derartige Operationen sind zwar meist mit einem Genauigkeitsverlust verbunden, aber auf der Basis der Gruppenbildung sind größere Einheiten direkt miteinander vergleichbar und wesentliche Unterschiede zwischen den dann zu vergleichenden Gruppenelementen sind häufig immer noch deutlich zu erkennen.

Abbildung 1

Interaktion zwischen Fragestellung und Präsentationsform nach Daten von Spence und Lewandowsky (1991)



Spence und Lewandowsky (1991) konnten nachweisen, dass die Graphik gegenüber der Tabelle Vorteile aufweist, wenn man von der Ebene der Einzelvergleiche den Größenvergleich auf die Gruppenebene verlagert.

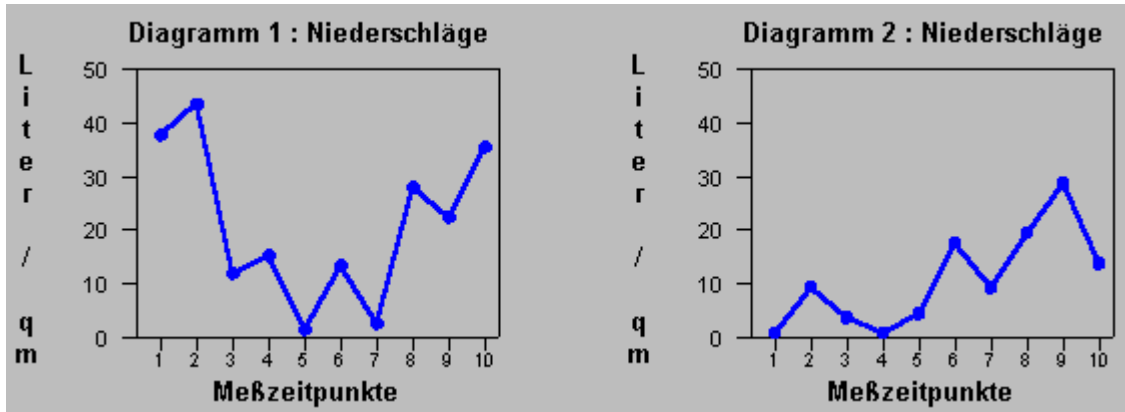
Vpn sahen eine Sekunde lang Präsentationen von Tabellen, Säulendiagrammen und Kreisdiagrammen und mussten dann entscheiden, ob Datenelement A größer als B ausfiel bzw. ob die Addition der Datenelemente A und B höher ausfiel als die Addition der Datenelemente C und D. Abbildung 1 zeigt ein Teilergebnis der Untersuchung in einer gegenüber dem Original auf Seite 73 modifizierten Form. Man kann deutlich die Interaktion

zwischen den Präsentationsformen und der Schwierigkeit der Fragestellung zum Größenvergleich erkennen. Ließ man den Vpn hinreichend Zeit, so waren keine Präsentationsunterschiede in der Genauigkeit auszumachen. Aus der Abbildung 1 geht hervor, dass es offenbar mit Hilfe der Graphiken einfacher ist, den Summenvergleich durchzuführen, weil in kürzerer Zeit weniger Fehler gemacht wurden als in der Tabelle.

Wie Jacobs 1990 (siehe [Comparison of Data Groups](#)) nachweisen konnte, steigt der Vorteil der Graphik gegenüber der Tabelle mit wachsender Anzahl der zu einer Gruppe gehörenden Elemente deutlich an. Aufgabe der Vpn war es, jeweils 2 Gruppen aus mehreren Datenelementen im Hinblick auf die Relation größer/kleiner abzuschätzen. Die Vpn wurden aufgefordert, Schätzungen vorzunehmen und nicht etwa in der Tabelle die Werte zu errechnen. Bei vergleichbarer Genauigkeit war diese Aufgabe im Säulendiagramm schneller zu lösen und der Vorteil des Säulendiagramms wuchs mit zunehmender Anzahl der für die Summenbildung notwendigen Elemente. Es scheint so zu sein, dass der Zeitbedarf für die Gruppierung der Säulen zu einer Säulengruppe weitgehend unabhängig von der Anzahl der Säulen ist, während in einer Tabelle jeder zusätzliche Datenwert quasi sequentiell hinzu addiert bzw. geschätzt werden muss. Auch hier ist wiederum eine klare ordinale Interaktion zwischen Präsentationsform und Anzahl der Datenelemente zu Gunsten der graphischen Präsentation festgestellt worden, die auf eine eher parallele Informationsverarbeitung bei Graphiken schließen lässt.

Um eine Gruppe bilden zu können, müssen die Datenelemente so angeordnet bzw. gestaltet werden, damit z.B. nach den Gesetzen der Gestalttheorie Gruppierungen erleichtert bzw. gefördert werden, so dass die entsprechenden Gruppenelemente spontan wahrgenommen werden können. Hier spielen vornehmlich die Merkmale "räumliche Nähe" und "farbliche Differenzierung" eine wesentliche Rolle.

Beispiel 1 : Veranschaulichung zum Vergleich von Relation in Datengruppen.



Obige Befunde beziehen sich immer auf die Größenvergleiche der Summe oder des Durchschnitts von Datenelementen. Hier versprechen aber auch andere Relationen als die Addition Vorteile für die Graphik, z.B. die Variabilität. In Beispiel 1 sollen Diagramm 1 in seiner Gesamtheit mit 10 Datenwerten mit Diagramm 2, welches ebenfalls 10 Datenelemente enthält, verglichen werden. Aus der Gegenüberstellung geht z.B. unmittelbar hervor, dass in Diagramm 1 sowohl die Summe als auch die Variabilität des Niederschlags höher ausfällt als in Diagramm 2. Derartiges aus der Tabelle zu erkennen, dauert seine Zeit. Außerdem lassen sich relativ schnell spontan bestimmte Teile aus den Graphiken gruppieren, wodurch globalere Vergleiche ermöglicht werden, etwa: "Die ersten 4 Daten aus Diagramm 1 sind alle größer als die ersten 4 Daten in Diagramm 2."

Erkennen von Trends und Trendinformationen (Synthesis nach Carswell)

Ogleich es intuitiv plausibel klingt, Trends eher in einer dafür geeigneten Graphik, etwa dem Liniendiagramm, besonders gut zu erfassen, findet man in der Forschungsliteratur Experimente, welche im direkten Vergleich von Tabelle und Graphik die Tabelle als die bessere Darstellungsform zum Erkennen von Trends ausweisen.

Lohse (1993a, S. 218) fand heraus, dass Trends in einer Tabelle (bei vergleichbarer Genauigkeit) signifikant schneller erkannt wurden als in einem Säulen- und Liniendiagramm. Die Präsentationen beinhalteten umfangreiche Daten (6 Datenreihen mit je 12 Datenwerten) und die Graphiken waren in Superposition angeordnet. Typische Fragen (persönliche Mitteilung von Lohse in einer Email vom 18.9.1998) zu Trends lauteten: "From March to May, did Compaq's stock price increase?" oder "From 1985 to 1986, did the transportation index increase?" In Lohse (1993b) beziehen sich die Beispielfragen zum Trend auf einfache Fragen nach einem Anstieg oder Abfall in einem bestimmten Kurvenbereich (z.B. "From 1976 to 1980, did tantalum prices increase?"). Auch in dieser Untersuchung konnte Lohse schnellere Zeiten für die Tabelle gegenüber Liniendiagramm und Säulendiagramm bestätigen. In beiden Studien verbesserten farbliche Darstellungen der Graphen signifikant die Zeiten für die Graphen - die aber auch so immer noch nicht die Schnelligkeit der Tabelle erreichen konnten,

allerdings aber auch nicht mehr weit davon entfernt waren - was auf jeden Fall dafür spricht, nach Möglichkeit die Datenreihen bei Graphen farblich zu differenzieren.

Meyer, Shinar & Leiser (1997) stellten ebenfalls Vorteile für die Tabelle beim Erkennen von Trends fest. Als graphische Präsentationen fungierten superpositionierte Säulen -und Liniendiagramme. Die Aufgabe zur Identifikation eines Trends war relativ einfach. Es musste lediglich entschieden werden, ob die Daten einer Datenreihe einen eher ansteigenden oder abfallenden Trend aufwiesen. "For reading of trends, there was a significant difference between the table and the two graphic displays....(S. 275)" zugunsten der Tabelle. Dieses Ergebnis konnte allerdings im zweiten Experiment nicht klar repliziert werden, da der Unterschied zwischen Tabelle und den Graphikpräsentationen (S. 281) eine für übliches Signifikanzniveau erforderliche Wahrscheinlichkeit von 5% jedenfalls nicht unterschritt.

Jacobs (1990) hat demgegenüber ganz überzeugende Befunde für den Vorteil der graphischen Präsentationen gegenüber der Tabelle beim Erkennen von Trends vorgelegt. (siehe: [Identifying of the Gradient's Sequence of Signs of a Trend](#)). Hierbei mussten die Vpn das Vorzeichen bzw. die Vorzeichenentwicklung der Steigung einer 12 Daten umfassenden Datenreihe einschätzen. Sowohl von der Genauigkeit, wie von der Schnelligkeit erzielten Säulendiagramm und Liniendiagramm praktisch recht bedeutsam bessere Ergebnisse als die Tabelle.

Das ist auch theoretisch zu erwarten, weil die Tabelle eine sequentielle Suche aller Zahlen erfordert, in der Graphik hingegen wenigstens zum Teil eine parallele bzw. globale Erfassung der Trendinformationen vorgenommen werden.

Je komplexer die Vergleiche werden, um so bedeutsamer müssten sich eigentlich die Vorteile für die Graphik nachweisen lassen: Belege dafür liefert etwa die Untersuchung von Coll, Thyagarajan und Chopra (1991) Probanden mussten aus einem Liniendiagramm bzw. aus einer Tabelle, welche X-Werte den Y-Werten gegenüberstellte, die mathematische Gleichung für die Beziehung zwischen den Daten erkennen. Aus 5 möglichen Gleichungen war die zutreffende Gleichung auszuwählen, die im gegebenen Fall $I = (V/5)^2$ lautete. Die Zeitunterschiede zugunsten des Liniendiagramms (mit speziellen Gitterlinien zur Ordinate) sind hochsignifikant ($p < .0001$) und praktisch recht bedeutsam. Zwar werden keine Effektstärken mitgeteilt, die Daten erlauben auch keine Schätzung derselben. Aber der Vorteil für die Graphik betrug immerhin 21 Sekunden und die Aufgabe wurde mit dem Liniendiagramm in ca. 70% der Zeit beantwortet, die für die Tabelle notwendig war. Bei einer weiteren, noch schwierigeren Problemlöseaufgabe war das Liniendiagramm ebenfalls der Tabelle klar überlegen.

Meyer; Gopher und Levy (1997) vermuten zu Recht, dass der Vorteil einer Graphik sich vornehmlich dann zeigt, wenn den Daten eine Struktur zugrunde liegt und die Aufgabe eine Nutzung dieser Struktur erfordert. Die Autoren konstruierten folglich Aufgaben, bei denen man erkennen musste, ob gewisse Parametereinstellungen an zwei Funktionen gleich blieben oder sich geändert hatten. Aus einem Liniendiagramm, welches die Funktionen graphisch darstellte, war deutlich genauer zu erkennen, welcher Zustand jeweils vorlag als aus den 2 Zahlenreihen einer Tabelle. Mit Hilfe eines superpositionierten Liniendiagramms wurden 86% der Aufgaben, bei der Tabelle nur 67% richtig gelöst, was einem hochsignifikanten Unterschied ($p < .001$) entspricht. In einem Experiment von Shamo, Meyer & Gopher (1996) sahen die Vpn nacheinander mehrere Segmente von Datenreihen und mussten abschließend entscheiden, wie sich der Trend weiterentwickeln würde. Nur unter der Bedingung der Vorgabe strukturierter Datenreihen (Sinuskurven), nicht jedoch bei recht unstrukturierten Daten, schätzten die Vpn den zu erwartenden Trend im Liniendiagramm signifikant genauer ein als mit Hilfe einer Tabelle.

Auch frühere Experimente belegen, dass sich Vorhersagen der weiteren Entwicklung mit Graphiken besser realisieren lassen als mit einer Tabelle. "...forecasts are significantly faster and more accurate when based on graphed information than when based on numeric information (Jarvenpaa, 1989; Carey and White, 1991)" (zitiert nach Smith (ohne Datum))

[Smith \(1998\)](#) [Version vom 1.7.1998] verglich unter anderem Tabelle und Liniendiagramm anhand mehrerer Fragestellungen, die theoretisch klar Vorteile für das Liniendiagramm erwarten ließen, weil sie in irgendeiner Weise die Analyse eines Trends erfordern. Zu dieser Gruppe (Group IV) von Aufgaben gehören etwa die Fragestellungen:

- Which product line had the largest difference in sales between any two consecutive months ? (A, B, C or D)
- Which product line has the largest number of months showing consecutive falls in gross profit ? (A, B, C or D)

Bei diesen Fragestellungen schnitt das Liniendiagramm signifikant besser ab als die Tabelle. Smith teilt leider nur Durchschnittsergebnisse und keine Standardabweichungen mit (Tabelle 55.8 sec. Liniendiagramm 42,7 sec), womit das Ausmaß des Effektes nicht klar eingeschätzt werden kann.

Resümee zum Erkennen von Trends

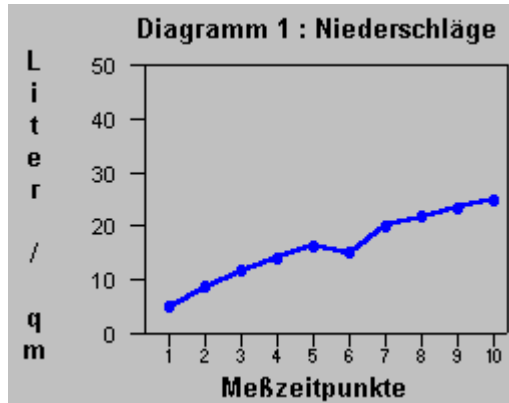
Es kann hier nicht im einzelnen geklärt werden, warum sich die Vorteile für die graphischen Präsentationen nicht konsistent nachweisen ließen. Mögliche Gründe für die theoriwidrige Überlegenheit der Tabelle bei Meyer Shinar & Leiser (1997) sowie Lohse (1993a,b) sind zu suchen in den speziellen, vermutlich zu einfachen Fragestellungen (nur Anstieg oder Abfall), den relativ wenigen Daten, anhand derer der Trend abgeschätzt werden musste, den komplexen, aber suboptimal konzipierten Graphen (z.B. Legenden für die Datenreihen) und dem experimentellen Vorgehen. Es liegen jedenfalls hinreichende Befunde vor, die zum Teil ganz klar und in einem praktisch bedeutsamen Ausmaß die Überlegenheit der graphischen Präsentationen gegenüber der Tabelle beim Erkennen von Trends bzw. Trend relevanter Information belegen. Das Liniendiagramm ist zum Erkennen von Trends etwas günstiger als das Säulendiagramm, wenngleich dies nicht in jeder Studie nachgewiesen werden konnte. Allerdings lassen sich Vorteile des Liniendiagramms gegenüber dem Säulendiagramm empirisch belegen bei Schutz (1961), Jacobs (1990, für Trendvergleiche), Jacobs (1995a, siehe [Experimental Analyses of How Trends in Curves are Perceived and Compared in Line Graphs and Bar Graphs...](#)) Carswell, Frankenberg & Bernhard (1991), Tan (1994, z.B. S. 445), Meyer, Shinar & Leiser (1997, Experiment 1) sowie Smith (1998).

Auch hier wird man mit sehr hoher Sicherheit eine Interaktion zwischen Präsentationsform und Anzahl der Datenelemente zu Gunsten der graphischen Präsentationen finden, was ein ganz einfaches Beispiel eindrucksvoll aufzeigen soll: Soll eine Vp aus einer Präsentation erkennen, ob ein u-förmiger Verlauf vorliegt, so wird der Unterschied zwischen Tabelle und Liniendiagramm bei 100 Daten ganz deutlich höher sein als bei 5 Daten. Bei der Graphik kommt es darauf an, in einem globalen Sinne die Struktur zu erkennen, in der Tabelle muss die Struktur mühsam Schritt für Schritt mental aufgebaut werden. So habe ich auch keinen Zweifel daran, dass etwa alle in der Experimentalserie "[zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen](#)" geprüften Fragestellungen ganz eindeutige Vorteile für die graphischen Präsentationen gegenüber der Tabelle erbringen würden. Bei manchen der dort gestellten Fragen ist die Tabelle hoffnungslos überfordert und keiner würde

sich die Mühe machen, derartige Fragen überhaupt mit Hilfe der Tabelle anzugehen. Hier sind Graphiken daher zum Verständnis geradezu erforderlich.

Die höchste Form graphischer Vermittlung von Daten ist das graphische Bild nach Bertin (1974). Dort sieht man auf einen Blick die Gesamtkonstellation der Präsentation als eine Wahrnehmungseinheit. Derartige Strukturen sind meist ideale Gebilde, die in der Mathematik häufig, in der Empirie (zumindest im Bereich der Sozialwissenschaften) hingegen selten vorkommen. Es ist erstaunlich, wie schnell man auch Abweichungen von idealen Verläufen erkennt.

Beispiel 2: Abweichung von einer einfachen mathematischen Funktion



Studenten benötigten im Durchschnitt 1 Sekunde, um entscheiden zu können, dass an Verläufen, wie einer in Beispiel 2 gezeigt wird, irgendwo irgendeine Abweichung von einem idealen Verlauf vorliegt. Es ist äußerst unwahrscheinlich in einer Sekunde überhaupt 10 Zahlen richtig wahrnehmen zu können.

Da empirische Ergebnisse meistens Abweichungen von idealen Strukturen aufweisen, mag gelegentlich erhebliche Zeit vergehen, aus dem Gemenge der Daten irgendein Muster oder Ähnlichkeiten zu sinnvollen Strukturen aufzubauen, ein Grund dafür, warum manche Forscher ideale Kurven durch ihre Daten legen. Die empirischen Ergebnisse zeigen ganz eindrucksvoll, dass Liniendiagramme Tabellen dann klar überlegen sind, wenn das Reizmaterial aus idealen Funktionen besteht und die Fragestellung das Erkennen dieser Funktion verlangt. Je mehr man sich aber an einzelnen Abweichungen aufhalten muss, weil die Daten klare Strukturen vermissen lassen, desto sequentieller verläuft die Suche und dann schwindet auch der Wert einer Graphik gegenüber der Tabelle, es sei denn, man nimmt die Sache etwas humorvoller auf und argumentiert: "Aus der Graphik sehe ich das Chaos direkt und muss es nicht mühsam aus der Tabelle ergründen."

Interaktionsstudien

Die oben genannten Ergebnisse bezogen sich auf Vor- oder Nachteile für eine der Präsentationen. Im folgenden sollen 2 Untersuchungen, die auch oben schon angesprochen wurden, etwas umfassender gewürdigt werden, weil sie die Interaktion zwischen Fragestellung und Präsentationsform gezielt untersucht und disordinale Wechselwirkungen bestätigt haben. Ich stelle die Ergebnisse hier so dar, dass diese Interaktionsbeziehungen auch deutlich in Erscheinung treten.

Coll (1992) verwandte in ihren Experimenten als Präsentationen Tabelle und Säulendiagramm. Die Präsentationen umfassten 2 bzw. 3 Datenreihen mit jeweils 5 bzw. 6 Rubriken auf der x-Achse. 2 verschiedene Fragetypen wurden unterschieden:

Specific value Questions:

Das sind Fragen, welche die Angabe exakter Daten erfordern. Allerdings wurden nicht einzelne Werte, sondern kompliziertere Operationen mit einzelnen Werten (z.B. Differenzen zwischen oder Summen von Werten) verlangt.

Beispiele: *What is the difference between the two classes of workers in 1970? The total farm income from all three products in 1960 was (billions of dollars)*

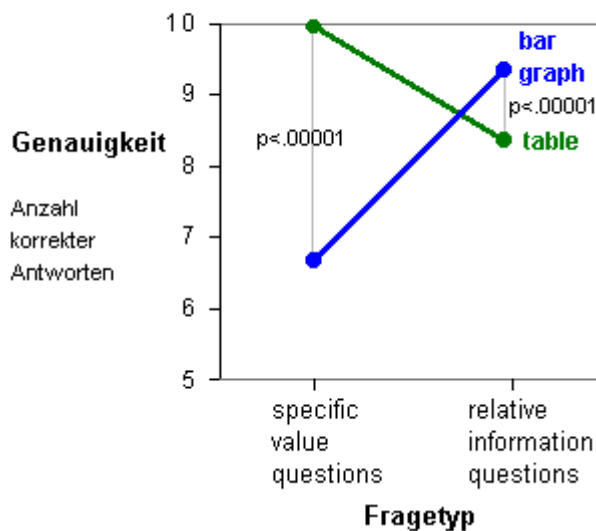
Relative information questions

Hierbei wird nach Relationen zwischen den Größenwerten gefragt. Meistens spielt dabei die Relation größer/kleiner eine Rolle und zum Teil sind die Fragestellungen ziemlich komplex.

Beispiele: *During which year was the number of office workers employed more than the production workers? In which year did income for only two of the three crops show an increase over the income of the preceding year?*

Abbildung 2

Disordinale Interaktion zwischen Fragetyp und Präsentationsform nach Coll (1992)



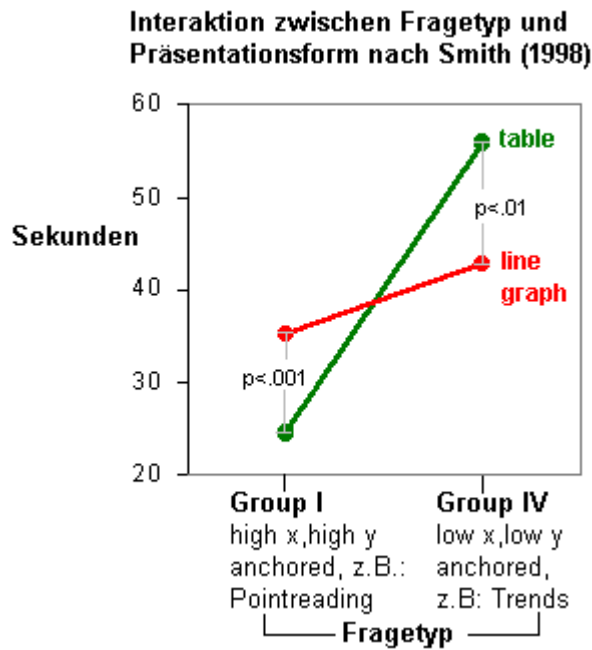
Da exakte Werteangaben aus graphischen Darstellungen mit dem Aufgabentyp Short Answer offenbar praktisch nicht zu erwarten sind, waren alle Aufgaben im MC-Format zu beantworten, wodurch alle Angaben der Vpn eindeutig als richtig oder falsch bewertet werden konnten. Diese so erfassten Genauigkeiten, welche eindeutig die Graphik bevorteilen, dienten auch als alleiniges Erfolgskriterium. Insgesamt wurden 10 Fragen gestellt, womit die Höchstpunktzahl 10 betragen kann.

Die Abbildung 2, hier anders als bei Coll (1992) dargestellt, fasst das Hauptergebnis der Untersuchung zusammen. Die klare disordinale Interaktion besagt, dass specific value questions ganz eindeutig genauer mit Hilfe der Tabelle beantwortet werden können und dass ein Säulendiagramm genauere Antworten auf relational info questions ermöglicht als die Tabelle. Dieses Muster war auch in einer weiteren Untersuchung (Coll, Coll & Thakur 1994) bei mehreren Datenreihen festgestellt worden. Leider werden in beiden Untersuchungen keine differenzierten Ergebnisse zur benötigten Zeit mitgeteilt, sondern lediglich berichtet, dass im Durchschnitt aller Aufgaben die Tabelle günstiger abschnitt.

[Smith \(1998\)](#) überprüfte eine theoretische Klassifikation von Tan and Benbasat (1990), die Aussagen darüber zulassen soll, welche Fragestellungen mit welcher Präsentation besonders

gut beantwortet werden können. Uns sollen hier nur die erwarteten Unterschiede zwischen Tabelle und Liniendiagramm interessieren. Die Tabelle weist demnach Vorteile auf, wenn Aufgabenstellungen anstehen, welche die Identifikation der Rubriken auf der x-Achse und die Analyse der Werte auf der Ordinate (y-Achse) erfordern. Typische high-X-anchoring, high-Y-anchoring- tasks beziehen sich z.B. auf das Ablesen eines Datenwertes.

Abbildung 3



Das Liniendiagramm eignet sich eher für Fragen, welche sich direkt auf Eigenschaften oder Vergleiche zwischen Datenreihen beziehen, etwa, aus mehreren Datenreihen eine bestimmte Datenreihe aussuchen, die bestimmte Eigenschaften aufweist. Solche Aufgabenstellungen erfordern keine detaillierte Analyse der Rubriken auf der X-Achse (low X-anchoring task) und keine genaue Inspektion der Werte auf der y-Achse (low Y-anchoring task). Sie zeichnen sich theoretisch vielmehr durch ein hohes entity-anchoring aus, weil nur Charakteristika der Datenreihen und Vergleiche zwischen diesen Datenreihen erforderlich sind. Derartige Vergleiche sind möglich, ohne die Rubriken bzw. die Ordinatenwerte im einzelnen zu kennen, etwa: Welche von den 3 Datenreihen zeigt den höchsten Anstieg

zwischen 2 Rubriken? Ungeachtet der theoretischen Klassifikation beziehen sich die Fragestellungen der Group I vorwiegend auf Pointreading, die Fragestellungen der Group IV überwiegend auf Trendinformationen. Wie die Abbildung 3 zeigt, schneidet die Tabelle beim Pointreading besser ab als das Liniendiagramm während das Erkennen von Trendinformationen im Liniendiagramm besser gelingt als mit Hilfe der Tabelle. (Die Angaben zu den Sekunden beziehen sich höchstwahrscheinlich auf die Summe aus jeweils mehreren Fragestellungen.)

Marginale Unterschiede zwischen Tabelle und Graphik

Sind keine klaren Unterschiede zwischen Tabelle und Graphik zu erwarten, dann wäre die Tabelle vorzuziehen, da sie das sparsamere Medium darstellt. Mir ist keine Untersuchung bekannt, welche gezielt solche Fragestellungen anging, die eine vergleichbare Effizienz für Tabelle und Graphik erwarten ließen. In diesem Zusammenhang fallen mir ein

Wenige Daten und simple Vergleiche

Unbedeutende Unterschiede zwischen Tabelle und Graphik sind meistens bei relativ wenigen Daten und zugleich recht simplen Vergleichen anzunehmen. Diese Annahme leitet sich aus der mehrfach nachgewiesenen Interaktion zwischen Präsentationsform und Anzahl der Daten ab. Man braucht nicht unbedingt eine Graphik einzusetzen, um abzuschätzen, welcher von 3 Werten der größere oder welcher von 4 Werten der kleinste ist. Das gilt insbesondere für Präsentationen mit bisher unbekanntem Inhalt, wo zunächst die Bedeutung der Variablen erkannt werden muss. Der Hang zur Visualisierung treibt einige dazu, 2 Daten in einer umfangreichen graphischen Abbildung vorzustellen, wo meist schon die verbale Mitteilung den gleichen Zweck erfüllen würde.

In einem Kreisdiagramm können überhaupt nur wenige Daten dargestellt werden. Dennoch hat sich diese Form in der Praxis durchgesetzt. Hier wird das Verhältnis eines Teils zum Ganzen abgeschätzt. Dieses Verhältnis könnte man aus einer Tabelle exakt ablesen. Aus der obigen [Abbildung 1](#) geht auch hervor, dass die Tabelle einem Kreisdiagramm beim einfachen Vergleich "Welcher von zwei Werten ist der größere" ebenbürtig ist und sich ein Kreisdia-

gramm eigentlich nur lohnen würde, wenn globalere - oder sonst anspruchsvollere Vergleiche angestrengt werden würden. Auch die Fragestellung eines qualitativ relativ anspruchslosen Trends in Sinne von "Geht's aufwärts oder abwärts?" lässt sich aus der Tabelle mit wenigen Daten ähnlich gut wie in einer Graphik beantworten. Gewisse grobe Vergleiche mit überschaubaren Daten sind in beiden Präsentationsformen vergleichbar gut realisierbar. Hier spielt möglicherweise die Erfahrung des Lesers eine entscheidende Rolle.

Eine häufig zitierte Passage von Tufte (1983, S.56) "Tables usually outperform graphics in reporting on small data sets of 20 numbers or less" ist jedoch in dieser Allgemeinheit sicher falsch, weil es nicht nur auf die Anzahl der Daten, sondern auch auf den Vergleich mit den Daten ankommt. Schon die Schätzung von Verhältnissen zwischen 2 Daten bringt Vorteile für die Graphik (siehe [Verhältnis zwischen 2 Daten](#)). Die wenigsten psychologischen Variablen erfüllen allerdings die Voraussetzungen für diesen Vergleich. Wenige Daten können recht komplexe Beziehungen aufweisen. Ein Blick auf [Abbildung 3](#) zeigt unmittelbar eine Interaktion und hier lohnt es sich, eine Graphik einzusetzen, obgleich nur 4 Daten zugrunde liegen, weil die Daten als graphisches Bild verstanden werden können und das spezielle Interaktionsmuster direkt sichtbar ist.

Aufwändige und umständliche Vergleiche

"Graphs usually fail if they do not have a simple story-line to tell." (Ehrenberg (1977b, S.87). Gelingt es nicht, die geforderten Relationen in der Graphik relativ unmittelbar zu erkennen, und muss man eine Reihe umfangreicher Operationen mit den graphischen Elementen anstellen, also den Vergleich quasi mental aufwendig konstruieren, dann werden ähnliche Anforderungen wie an das Rechnen mit Zahlen gestellt. Statt einer einfachen Wahrnehmungsaufgabe wird dann eine anspruchsvolle Abwägaufgabe verlangt. Beispiel: "Ist der Anstieg aller 4 Datenreihen von Zeitpunkt 2 bis 6 im Durchschnitt steiler als die Summe des durchschnittlichen Abfalls von Zeitpunkt 9 bis 11 und 13 bis 15 ? Je nach Datenlage kann es sehr schwierig sein die geforderten Einzeloperationen zuverlässig durchzuführen, weil sich die Fehler kumulativ erhöhen. Ob der Vergleich überhaupt graphisch solide durchführbar ist, hängt dann von den Daten ab. Derartige Vergleiche sind in Tabelle wie in der Graphik sehr schwer durchzuführen, beanspruchen immense Zeit und werden nur von wenigen Lesern überhaupt realisiert. Im Zweifelsfalle ist die Tabelle vorzuziehen. Ein guter Autor würde hier aber das Ergebnis des Vergleichs sowieso verbal mitteilen, wenn es sich um eine wichtige Relation handeln würde.

Beispiele für Fragestellungen an Graphik und Tabelle zum Ausprobieren

Auf einer eigenen html-Seite [Beispiele](#) werden hypothetische Daten in Tabellenform und in einem Liniendiagramm dargestellt. Zu diesen Daten werden Fragen gestellt, die der Leser in beiden Präsentationsformen beantworten kann, um sich selbst einen Eindruck von der Schwierigkeit der Beantwortung in beiden Präsentationsformen bilden zu können.

Notwendige Bedingungen für den sinnvollen Einsatz graphischer Präsentationen

Wie die Ausführungen insgesamt belegen, und eigene Versuche möglicherweise nahe legen, sind Graphiken in vielen Fällen hilfreich. Sie können ihre Vorteile gegenüber der Tabelle aber nur dann ausspielen, wenn wenigstens 2 Bedingungen möglichst gut erfüllt sind.

1. Die verbalen Bezeichnungen für die Daten müssen so gewählt werden, dass eine direkte Zuordnung der Daten zur Bedeutung, für was sie stehen, vorgenommen werden kann. Unterschiedliche Datenreihen müssen sich sehr schnell und zweifelsfrei unterscheiden lassen, wozu Farbe hervorragend geeignet ist. Am besten schreibt man die Bezeichnungen sehr nah an die Daten und nicht in eine Legende (siehe Milroy. & Poulton (1978)). Es ist aber nicht einfach, hier einerseits durch räumliche Nähe von Bezeichnung zu Daten die Zuordnung zu erleichtern und gleichzeitig im Sinne Cleverlands den Datenbereich frei zu lassen. ("Do not allow data labels in the data region..." Cleveland 1985, S.45). Wie Blickbewegungsuntersuchungen von Carpenter und Shah (1998) an recht komplexen Liniendiagrammen ergaben, verwendeten die Probanden zur Beantwortung einer komplexen Fragestellung nur ca. 1/3 ihrer Inspektionszeit für den eigentlichen Vergleich der Daten. "Indeed, the majority of time spent in graph comprehension involves reading and re-reading information from the axes and label regions of the graph (x, y, and z) and less time is spent solely on the pattern of lines in the graph." Aber nur der Mustervergleich verspricht in der Graphik klare Vorteile gegenüber der Tabelle.

Die Zuordnung der Daten zu ihrer Bedeutung ist in einer Tabelle durchsichtiger und damit schneller erkennbar als in jeder Graphik. Man denke hier nur etwa an manche Säulen- oder Liniendiagramme, welche die Beschriftung der Ordinate in vertikaler Buchstabenanordnung realisieren, was der üblichen Leserichtung widerspricht. In einer Tabelle kann auch jedes Datum zweifelsfrei identifiziert werden, da Schwierigkeiten wie Datenüberlappungen dort gar nicht erst auftreten.

2. Die wichtigen Relationen müssen wahrnehmungsmäßig klar erkennbar sein, so dass sie ohne schwieriges Abwägen verzögerungsfrei direkt wahrgenommen werden können. Ob dies der Fall ist, hängt auch von den Daten ab. Hier kann das schwierige Problem anstehen, Beziehungen deutlicher hervortreten zu lassen (z.B. durch Skalendeckung der Ordinate) und gleichzeitig die Fairness der Präsentation zu wahren.

Manchmal empfiehlt sich eine Tabelle allein schon deshalb, weil die Graphik aufgrund obiger Probleme Unklarheiten oder Mehrdeutigkeiten nach sich zöge.

Zusammenfassung: Die wichtigsten Argumente für den Einsatz von Graphiken

Tabellen können gegenüber bestimmten Säulen- und Liniendiagramme insbesondere bei komplexeren Präsentationen gewisse Orientierungsvorteile im Hinblick auf die semantischen Anforderungen beim Lesen einer Präsentation haben. Wie die Experimente von Lohse (1993a,b) und Meyer, Shinar & Leiser (1997) aufzeigten, lassen sich dann zumindest relativ einfache Fragestellungen mit Hilfe der Tabelle besser beantworten als durch ein Säulen -oder Liniendiagramm. Durch gut durchdachtes graphisches Design müsste es aber durchaus gelingen, die Zuordnung der Daten zu ihrer Bedeutung in der Graphik ziemlich transparent zu gestalten und so die semantischen Nachteile gegenüber der Tabelle zu minimieren. Bei wiederkehrenden Präsentationen (etwa Wahlergebnisse am Wahlabend) hat sich das Problem der Semantik durch entsprechende Erfahrung weitgehend erledigt. Unter diesen Bedingungen dürften Graphiken und Tabellen bei überschaubaren Daten und relativ einfachen Fragestellungen annähernd vergleichbar gut abschneiden, sofern die Rezipienten häufiger Tabellen und Graphiken lesen und die Nutzung der Präsentation hinreichend beherrschen.

Liegen die Hauptziele der Präsentation in möglichst schnellem Erkennen wesentlicher Beziehungen zwischen den Daten und nicht in der genauen Extraktion von Einzelwerten oder der

Erfassung mathematisch exakter Beziehungen, dann erweist sich die Graphik der Tabelle vornehmlich unter folgenden Voraussetzungen als überlegen:

- Es müssen relativ viele Vergleiche durchgeführt werden, weil sich dann die syntaktischen Vorteile der räumlichen Anordnungen gegenüber den symbolischen Zahlen voll auswirken können. Viele Vergleiche kommen zustande durch viele Fragen an die Präsentation und/oder durch anspruchsvollere Aufgabenstellungen.
 - Je mehr Fragestellungen anhand einer Präsentation beantwortet werden sollen, desto mehr profitiert man von der Graphik selbst bei einfachen Vergleichen, weil die meist geringen Vorteile der Graphik bei einfachen Vergleichen durch die Menge der Vergleiche kumulativ anwachsen und dann ins Gewicht fallen können.
 - Die Aufgabenstellung erfordert zu ihrer Lösung das Durchsuchen und Vergleichen vieler Datenwerte und stellt somit recht aufwendige Anforderungen für das Operieren mit Zahlen. In einer Datenreihe müssen beispielsweise alle Daten tabellarisch vollständig, meist sequentiell, inspiziert werden, um etwa den höchsten Wert, den steilsten Anstieg oder die Form eines Verlaufs zu verifizieren. Hier gewinnt die Graphik viel Zeit durch die zumindest partielle, parallele Informationsverarbeitung der Daten
- Daten können irgendwie ziemlich spontan in Gruppen zusammengefasst werden, wobei die Zusammenfassung eine Gestalt oder ein leicht wahrnehmbares Objekt der Wahrnehmung ist (etwa direkte Wahrnehmung einer Differenz, visuelle Addition). Die Aggregation der Daten vollzieht sich dabei als eine einfache Wahrnehmungsgruppierung (graphischer Chunk) und mit den Gruppen können Vergleiche vorgenommen werden. Der Vorteil der visuellen Gruppenbildung gegenüber der mühsamen Zahlenschätzung steigt mit wachsender Anzahl der Elemente einer Gruppe. Die Anforderungen an die Gruppierung und an einen möglichen Gruppenvergleich kann mehr oder weniger anspruchsvoll sein
- Die Überlegenheit der Graphik ist offensichtlich, wenn der Zusammenhang zwischen den Daten augenscheinlich als komplexere Relation identifiziert werden muss und sich die Daten relativ mühelos zu einem idealen Gebilde assimilieren lassen, dem ziemlich schnell im globalen Sinne ein prägnante Bedeutung zugewiesen werden kann. z.B. das Erkennen einer Datenreihe als ganz spezieller Verlauf. Gelegentlich werden zumindest Teile der Graphik als direkt verständliche Konfigurationen begriffen. Dann sind auch anspruchsvolle Vergleiche zwischen den so gruppierten, qualitativen Einheiten möglich (etwa Trendvergleiche innerhalb oder zwischen Datenreihen).
- Im Idealfall bietet die Graphik in ihrer Gesamtheit ein direkt erkennbares graphisches Bild (z.B.: die unmittelbare Wahrnehmung einer spezifischen Interaktion.). Je mehr Struktur (erkennbares sinnvolles verständliches Muster) eine Graphik bzw. Teile der Graphik aufweisen, desto größer ist der Vorteil der Graphik gegenüber der Tabelle und umso besser haftet die Präsentation im Gedächtnis.

Mit zunehmender Anzahl der Daten und wachsender Komplexität der Fragestellungen wird sich die Graphik selbst bei suboptimaler Gestaltung gegenüber der Tabelle durchsetzen. In vielen Fällen sind die geforderten Vergleiche dann nur noch mit Graphiken durchführbar und die Tabelle einfach überfordert.

Das Ordnen der Daten

Manche Such -und Vergleichsoperationen sind unnötig, wenn man die Daten vernünftig in einer Präsentation anordnet. Wo immer möglich sollte man daher bei jeder Präsentation zunächst prüfen, wie man die Daten so anordnen kann, dass wichtige Beziehungen möglichst einfach erkennbar werden. **Die Anordnung der Daten in der Präsentation ist häufig wichtiger als die Entscheidung für eine bestimmte Präsentationsform.**

Ehrenberg (1977a) und darauf fußend Wainer (1997) haben etliche Vorschläge unterbreitet, wie man Tabellen darstellen sollte, die derartige Ordnungsprinzipien aufweisen, unter anderem z.B.

- Die Daten der Größe nach anordnen (funktioniert nicht immer. z.B. nicht bei Verläufen).
- Durchschnittswerte für Zeilen und Spalten mitteilen.

Allein diese Maßnahmen können selbst bei vielen Daten die nachgewiesenen Vorteile der Graphik gegenüber der Tabelle beim Identifizieren des maximalen Wertes, der Erstellung der Rangfolge oder dem Vergleich von Summen bzw. Mittelwerten zunichte machen. Durch weitere Kennwerte, etwa der Mitteilung der Standardabweichung für die Datenreihen lassen sich auch Variabilitätsvergleiche hervorragend in Tabellen durchführen. Allerdings kann sich die Tabelle durch die Anreicherung der zusätzlichen Angaben auch verkomplizieren. Aber, wenn oben angesprochene Vergleiche die wichtigsten sind, und es gibt gar nicht so schrecklich viele Untersuchungen, bei denen sich noch anspruchsvollere Vergleiche quasi aufdrängen würden, dann wäre eine so verbesserte Tabelle eine gute Präsentationsentscheidung.

Natürlich verbleiben eine Reihe weiterer Relationen, die man unmöglich alle in der Tabelle vereinfachen kann, die in der Graphik aber schnell zu realisieren sind (z.B. größte Differenz zwischen zwei Datenreihen, der stärkste Anstieg in einer bestimmten Datenreihe, der größte Abfall in einer Gesamtpräsentation mit mehreren Datenreihen usw.). Sehr anspruchsvolle Relationen wie bzw. Muster sind auch bei bestmöglicher Anordnung nur sehr schwer in Tabellen erkennbar bzw. überhaupt nur für den sehr geübten Spezialisten aus einer Tabelle zu entnehmen. Auch für Graphiken gilt, dass die Anordnung der Daten ganz erheblich bestimmt, was der Leser als Beziehung wahrnimmt. So gelingt es den wenigsten - mich eingeschlossen -, spontan wahrzunehmen, wie etwa [Abbildung 3](#) aussehen würde, wenn man die Präsentationsformen Tabelle und Liniendiagramm auf der Abszisse dargestellt hätte (Shah & Carpenter (1995)). Das graphische Bild einer derartigen Anordnung sieht jedenfalls ganz anders aus und der Leser hätte höchstwahrscheinlich auch mehr Schwierigkeiten, zu verstehen, was ich mit [Abbildung 3](#) sagen wollte. Die sinnvolle Anordnung der möglichen Bestandteile im Liniendiagramm ist zentraler Bestandteil der Dissertation von Rinck (1989).

Manche aufwendigen Operationen entfallen, wenn man die "richtigen Daten" in der Präsentation darstellt. Sind beispielsweise die Unterschiede zwischen 2 Zeitreihen im Zeitverlauf von zentraler Relevanz, dann sollte man direkt die Differenzen der Zeitreihen im Verlauf darstellen und nicht unbedingt beide Zeitverläufe, wo dann der Leser die Differenzentwicklung quasi selbst herstellen muss und in einer Graphik dann auch optischen Täuschungen ausgeliefert ist (z.B.: Cleveland 1985, S.276).

Einige pädagogische Schlussbemerkungen

Sicher muss man insgesamt abwägen, wie viel an originären Daten man dem Leser zumuten will, wann die Mitteilung von aggregierten Daten oder zusammenfassender Statistiken angebracht ist und unter welchen Umständen es sinnvoll ist, die wesentlichen Beziehungen zwi-

schen den Daten ohne Präsentation einfach verbal zu beschreiben. Warum soll ich einem noch ein Scatterplot zeigen, wenn ich ihm gleich mitteilen kann, " $r = .59$, $N = 249$, $p < .001$ ". Wohl deshalb, damit der Leser auch einen Eindruck davon bekommt, was ein $r = .59$ im gegebenen Fall eigentlich besagt? Warum ein Kreisdiagramm einsetzen, wenn man die Prozentsätze auch tabellarisch darstellen kann und die Daten sicher genauer und schneller in der Tabelle ablesen kann? Unter anderem vielleicht auch deshalb, weil ich in einem Kreisdiagramm direkt den Anteil am Gesamten, in der Tabelle aber nur Zahlen sehe, denen ich diese Bedeutung erst mal zuweisen muss. Die graphische Präsentation erscheint infolge der Anschaulichkeit plastisch und unmittelbar. Bestimmte Beziehungen drängen sich auch ungefragt eher auf, weil sie so offensichtlich ins Auge springen. Mithin ist zu erwarten, dass der Leser einer Graphik mehr Aufmerksamkeit zuwendet und sich intensiver mit ihr auseinandersetzt, die Daten hier irgendwie überzeugender wirken und auch besser im Gedächtnis haften bleiben.

Gute Tabellen wie gute Graphiken sind das Ergebnis einer Interpretationsleistung des Autors. Er muss die Daten so darstellen, dass die ihm wichtig erscheinenden Beziehungen von den Rezipienten korrekt und möglichst einfach erkannt werden können. Die Beziehungen in Graphiken sind zwar häufig einfacher zu erkennen, aber auch leichter zu manipulieren (siehe dazu z.B. Ansätze zur Messung von Graphmanipulation von [Smith](#) [23.12.1998]). Deshalb gilt ganz allgemein: Lieber keine Graphik als eine schlechte Graphik, die zu Missverständnissen Anlass gibt! Aber selbst wenn der Graphdesigner strikte Fairness der Präsentation anstrebt und realisiert, sind Graphiken immer noch leichter misszuverstehen als Zahlen. Insofern sind **Tabellen im Normalfall objektiver als Graphiken**, wenn man mal davon absieht, dass etwa durch obskure Indizierung bzw. Verrechnung auch Zahlen ganz schön manipulierbar sind. Außerdem sind Tabellen voraussetzungsloser und möglicherweise weniger Schema behaftet als Graphiken. Manch einer mag vorschnell dem falschen "mentalen Modell" eines Liniendiagramms erliegen, wenn er die Linien ungeprüft als Verläufe deutet - oder zumindest Intervallskalenniveau auf der X-Achse voraussetzt-, weil keineswegs immer Verläufe zugrunde liegen und die Abszissenvariable nicht einmal Ordinalskalenniveau aufweisen muss, wie einige Darstellungen der Interaktionen in diesem Artikel beweisen. Einer Untersuchung von Hastie und Simkin (1987, S.454) zufolge, aktivierten die meisten Probanden, konfrontiert mit einem Säulendiagramm, spontan Vergleiche zwischen den Größenwerten. Nicht auszudenken, welche Fehldeutungen dann nahe liegen könnten, etwa: "Aha, Die Hochbegabten sind ungefähr doppelt so intelligent wie die Schwachsinnigen, aber 3 Schwachsinnige zusammen überflügeln klar die Intelligenz eines Hochbegabten." Es ist trivial anzumerken, dass beim Einsatz einer Präsentation die Eigenschaften des Lesers wie fachspezifisches Vorwissen oder Erfahrung im Umgang mit Daten und Graphiken sowie notwendige Maßnahmen im Bereich der Instruktion wie etwa Text begleitende Unterstützung der Graphik mitberücksichtigt werden müssen.

Die Lösung sollte nicht sein: "Wenn's etwas anstrengend wird, dann muss es immer eine Graphik sein". Es ist schon aus Nützlichkeitserwägungen schwer zu begründen, wegen minimaler Zeitvorteile stets aufwendige Präsentationen darzustellen. Das wäre nur gerechtfertigt, wenn wenig Zeit für die Präsentation zur Verfügung stünde und die semantische Bedeutung der Darstellung unproblematisch erscheint. Graphiken sollten deshalb vornehmlich dann zu Anwendung kommen, wenn begründeter Verdacht besteht, der Leser bringe in einer Tabelle nicht mehr die Fähigkeit oder die Geduld auf, die wichtigen Beziehungen zuverlässig nachzuvollziehen. Es werden auch in der wissenschaftlichen Literatur gelegentlich Graphiken eingesetzt, von denen ich zu behaupten wage, eine Tabelle oder "gar keine Präsentation" wäre besser gewesen (siehe **Beispiele zum Thema: [Es muss nicht immer eine Graphik sein](#)**). Tufte (1983 S.168) bringt es auf prägnante Art recht kompromisslos zur Sprache: "The

simple things belong in tables or in the text; graphics can give a sense of large and complex data sets that cannot be managed in any other way."

Sich aus den Daten einer Tabelle eine Graphik vorstellen bzw. eine graphische Skizze anfertigen, die Daten tabellarisch und graphisch (multimodal) betrachten, graphische Relationen mit statistischen Kennwerten vergleichen usw. sind Tätigkeiten, die dem geübten Experten ein besseres Verständnis der Daten vermitteln und ihn vor gezielter oder unbeabsichtigter Manipulation weitgehend schützen. **Wer wirklich an Daten interessiert ist, will daher meistens beides sehen: Tabelle und Graphik.**

Ein Blick in die Zukunft lässt erwarten, dass im Zuge der neuen Medien interaktive Graphiken vielleicht einmal standardmäßig zum Repertoire eines Hypertextes gehören werden. Dies entbindet den Autor jedoch nicht davon, dem Leser eine aussagekräftige Präsentation anzubieten. Ansonsten verlagert sich das Problem "Tabelle oder Graphik - Was ist besser ?" lediglich ein wenig und für den Leser erschwerend heißt es dann: "Was ist besser zum Anklicken - Eine dieser vielen möglichen Graphiken oder doch lieber eine Präsentation aus der Menge der möglichen Tabellen?"

Anhang:

Nachfolgende URL's verweisen auf html-Seiten, welche zu dem vorliegenden Dokument gehören und nur aus pragmatischen Erwägungen ausgegliedert wurden:

- [Beispiele zur Beantwortung von Fragestellungen](#) an Tabelle und Liniendiagramm zum eigenen Ausprobieren.
- [Es muss nicht immer eine Graphik sein.](#)

Literatur

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

Carey, J. M., and White, E. M., 1991, "The effects of graphical versus numerical response on the accuracy of graph-based forecasts," Journal of Management, 17 (1), 77-96. zitiert nach Smith (ohne Datum)

Carswell, C. M. (1992). Choosing specifiers: An Evaluation of the basic tasks model of graphical perception. Human Factors, 34, 535-554.

Carswell, C.M., Frankenberger, S. & Bernhard, D. (1991). Graphing in depth: perspectives on the use of three-dimensional graph to represent lower-dimensional data. Behaviour & Information Technology, Vol 10, No 6, 459-474.

Carpenter, P.A & Shah, P. (1998). A model of the perceptual and conceptual Processes in Graph Comprehension. Journal of Experimental Psychology: Applied Volume 4, Number 2

Carter, L.F. (1947). An experiment on the design of tables and graphs used for presenting numerical data. Journal of Applied Psychology, 31, 640-650

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

Coll, J. H. (1992). An experimental study of the efficacy of tables versus bar graphs with respect to type of task. Information Management 23, pp. 45-51

- Coll, J.H. & Coll, R. (1993) Tables and Graphs: A Classification scheme for Display Presentation Variables and a framework for research in this area. Information Processing & Management Vol. 29, No 6. pp. 745-750
- Coll, R. A., Coll, J. H., Thankur G. (1994). Graphs and Tables A Four-Factor Experiment. Volume 37, Communications of the ACM. No 4, April 1994. 77-86
- Coll, R., Thyagarajan, A. & Chopra, S. (1991). An Experimental Study Comparing the Effectiveness of Computer Graphics Data vers Computer Tabular Data. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 21, Nr. 4, pp. 897-900
- Engberg, J.M & Wallace, F.L.(ohne Datum) [Information Extraction from Different Data Representation Forms on a CRT: Charts and Tables](#) ,
URL: <http://curly.cis.unf.edu/research/janice.txt> [gesichtet am 15.9.1998]
- Ehrenberg, A.S.C. (1977a). Rudiments of numeracy. Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 140, pp. 277-297.
- Ehrenberg, A.S.C. (1977b). Graphs or Tables? The Statistician. 27, 67-96.
- 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 1990)
- Jacobs, B. (1995a). Experimentelle Analysen zur Wahrnehmung von Kurvenverläufen und Kurvenvergleichen in Säulendiagramm und Liniendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken. Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 15. (Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 2 ;[pdf-Datei](#) (414 KB)
- Jacobs, B. (1995b). Globale Vergleiche, lokale Vergleiche und Größenschätzungen in Liniendiagramm und Säulendiagramm unter Superposition und Juxtaposition. Saarbrücken. Arbeitsberichte des Medienzentrums der Universität des Saarlandes, Nr. 16.(Umfangreiche Darstellung von Graphikexperiment 3; [pdf-Datei](#) (260 KB))
- Jacobs, B. (1998).
[Identifikation des größten Wertes in Tabelle und Säulendiagramm](#).
URL: <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/tabgraph/maxwert.htm> [31.8.1998]
- Jacobs, B. (1999).
[Identifikation des größten Wertes in Tabelle und Säulendiagramm Gruppenversuch](#).
URL: <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/tabgraph/maxwertalle.htm> [4.1.1999]
- Jarvenpaa, S. L., 1989, "Effect of task demand and graphical format on information processing strategies," Management Science, 35(3), 285-303.
zitiert nach Smith (ohne Datum)

- Lohse, G. L. (1993a). Eye Movement-Based Analyses of Graphs and Tables: The next Generation. Proceedings of the Fourteenth International Conference on Information Systems. Orlando, FL. 213-224.
- Lohse, G. L. (1993b). A cognitive model of understanding graphical perception. Human-Computer Interaction, Vol 8. pp. 353-388.
- Meyer, J., Shinar, D. & Leiser, D. (1997). Multiple factors that determine performance with tables und graphs. Human Factors, 1997,39(2), 268-286
- Meyer, J., Gopher, D. & Levy, J. (1997) Discrimination between functions in Tables and graphs. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting. 1348-1351.
- Milroy, R. & Poulton E.C. (1978). Labelling Graphs for Improved Reading Speed. Ergonomics, 21, 55-61.
- Rinck, M. (1989). Die Strukturierung von Wissen durch statistische Graphen. Marburg: Dissertation.
- Shamo, M.K., Meyer, J. & Gopher, D. Predicting Values and Trends from Tables and Graphs. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting, 1151-1154.
- Schutz, H. G. (1961). An evaluation of formats for graphic trend displays- Experiment II. Human Factors, 3, 99-107.
- Shah, P. & Carpenter, P.A.(1995). Conceptual limitations in comprehending line graphs. Journal of Experimental Psychology: General. Vol. 124, No. 1, 43-61
- Simkin, D. & Hastie, R. (1987). An Information-Processing Analysis of Graph Perception. Journal of the American Statistical Association, Vol. 82, No. 398, 454 - 465.
- Smith, S. (ohne Datum). [The frequency of distorted graphs in investment-related information, and their effect on judgement.](#)
 URL: <http://www.dis.unimelb.edu.au/staff/stephen/summaryofPhD.html>
 [gesichtet am 3.11.1998]
- Smith, S. (1998). [The interaction between graph type and question type on response speed and confidence.](#)
 URL:http://www.dis.unimelb.edu.au/staff/stephen/Graph_paper_submitted_to_ACJ.html
 [gesichtet am 23.8.1998]
- Smith, S. [Definition and Measurement of graphical distortion.](#)
 URL: http://www.dis.unimelb.edu.au/staff/stephen/Definition_of_distortion.doc
 [gesichtet am 23.12.1998]
- Tuttle, B.M. & Kershaw, R. (1998), "Information presentation and judgment from a Cognitive fit perspective." Journal of Information Systems, 12, 1, Spring, 1-17.
- Tan, J. K. H. and Benbasat, I. (1990): Processing of Graphical Information: A Decomposition Taxonomy to Match Data Extraction Tasks and Graphical Representations, Information Systems Research. 416-439.
 (zitiert nach Smith (1998))
- Tan, J. K. H. Human Processing of Two-Dimensional Graphics: Information Volume Concepts and Effects in Graph-Task Fit Anchoring Frameworks. International Journal of Human-Computer Interaction, 6 (4), 1994, pp. 414-456.
- Tufte, E.R. (1983). The visual display of quantitative information. Graphics Press Cleshire.

Wainer, H. (1997). Improving tabular displays, With NAEP tables as examples and inspirations. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 22, pp. 1-30.

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.

Wilson, E.V., & Addo, T.B.A. (1994a). The joint effects of interactions between data display and task variables on task performance. In J.I. DeGross, S.L. Huff, & M.C. Munro (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference on Information Systems* (pp. 241-353). Vancouver, B.C.

Wilson, E.V., & Addo, T.B.A. (1994b). An investigation of the relative presentation efficiency of computer-displayed graphs. *Information Management* 26, 105-115.

created 5.1. 1999, last update 6.1.1999, [Bernhard Jacobs](#), pf00bj@rz.uni-sb.de