

2. Kartengraphik nach Bertin

Einleitung

Ziel dieser Lerneinheit ist die Vermittlung des grundlegenden Aufbaus eines graphischen Zeichensystems. Der Lernende soll einen Einblick in die Vielfältigkeit der kartographischen Ausdrucksformen vermittelt bekommen und die Sinne für prägnante Darstellungsmöglichkeiten schärfen.

Die Semiotik von Bertin ist die weitgehend anerkannte Grundlage jeder kartographischen Gestaltung. Neben der Ordnung der kartographischen Zeichen spielen darin die graphischen Variationen, die sich auf alle Ebenen und unbewegliche Zeichen anwenden lassen, eine entscheidende Rolle für die Vielfältigkeit kartographischer Ausdrucksformen. Die graphischen Zeichen können sowohl über eine eigene Aussage verfügen, als auch im Kontext mit anderen Zeichen ein graphisches Gefüge bilden. In diesem Zusammenhang müssen die Eigenschaften des graphischen Bildes, die Regeln der graphischen Darstellung und Probleme bei graphischen Darstellungen behandelt werden. Hierzu gehören die Darstellung der dritten Dimension und die visuelle Selektion übereinander gelagerter graphischer Bilder bei der Darstellung komplexer Sachverhalte.

Die graphischen Mittel zur Transkription von Ähnlichkeits-, Ordnungs- und Proportionalitätsbeziehungen sind neben den zwei Dimensionen der Ebene die sechs Möglichkeiten der graphischen Variation von Zeichen: Größe, Helligkeit, Muster, Farbe, Richtung und Form.

Die graphischen Variablen eignen sich in unterschiedlicher Weise zur Darstellung selektiver, assoziativer, geordneter und quantitativer Größen und entfalten in Abhängigkeit von der Symbolgeometrie unterschiedliche Wirkung bei der Implantation in das graphische Gefüge. Die Kenntnis der Bertin'schen Semiotik bildet die Voraussetzung für den fachkompetenten Einsatz von Symbolen in Diagrammen, Netzen und Karten.

Inhalt

2. Kartengraphik nach Bertin

2.1 Analyse der Information	3
2.1.1 Invariante und Komponenten	3
2.1.2 Anzahl der Komponenten	3
2.1.3 Länge der Komponenten	3
2.1.4 Gliederungsstufen der Komponenten	4
2.2 Semiologie des graphischen Systems	4
2.2.1 Graphik	4
2.2.2 Die acht visuellen graphischen Variablen nach Bertin	4
2.2.3 Gliederungsstufen der Wahrnehmung.....	5
2.2.4 Darstellung der Ebene	5
2.2.5 Darstellung der dritten Dimension	7
2.2.6 Probleme und Regeln der graphischen Darstellung.....	10
2.3 Anwendung des graphischen Systems	13
2.3.1 Diagramme	13
2.3.2 Netze	14
2.3.3 Karten.....	15

2.1 Analyse der Information

„Gedanken lassen sich nur durch ein System von Zeichen (Code) ausdrücken.“ [BERTIN 1974]

So stellt beispielsweise die Gesichtsmimik eine natürliche Kodierung dar, die man lernen muss, um mit Mitmenschen kommunizieren zu können.

Die graphische Darstellung entspricht der Umsetzung eines Gedankens, einer durch ein beliebiges Zeichensystem bekannten „Information“, in das graphische Zeichensystem.

Jede Umsetzung eines Gedankens in ein Zeichensystem erfordert notwendigerweise die Trennung des Inhalts von der Form. Das bedeutet eine Differenzierung der Elemente in die Menge der Elemente, die unabhängig vom Zeichensystem konstant bleiben und der Menge der verfügbaren Mittel der bei der Anwendung herrschenden Gesetze.

Wenn es sich darum handelt, die Mittel, die Eigenschaften und die Grenzen des graphischen Systems zu untersuchen, muss man zuvor den **Inhalt** (die Information) von der **Form** (den Mitteln des graphischen Systems) **trennen**. [BERTIN 1974]

In der graphischen Darstellung bezeichne man als **INFORMATION** den transkribierbaren Inhalt eines Gedankens. Dieser Inhalt besteht seinem Wesen nach aus einer oder mehreren in bezug auf den Gedanken ursprünglichen Beziehungen zwischen einer endlichen Menge von Variationsbegriffen und einer Invarianten. [BERTIN 1974]

In diesem Zusammenhang beschreibt der Begriff „Information“ die zu transkribierende Nachricht.

2.1.1 Invariante und Komponenten

In einer zu transkribierenden Information bezeichne man den Begriffsinhalt, der allen ursprünglichen Beziehungen gemeinsam ist, als **INVARIANTE** und die verwendeten Variationsbegriffe als **KOMPONENTEN**. [BERTIN 1974]

Die Invariante beschreibt das Thema der Darstellung und die einzelnen Komponenten der Darstellungsmittel durch die Variation der Zeichen.

Die Komponenten des graphischen Zeichensystems werden in die **visuellen Variablen** und die beiden Variablen der Ebene, die **Dimensionen der Ebene**, differenziert.

2.1.2 Anzahl der Komponenten

Die Anzahl der Komponenten ist durch die visuelle menschlichen Wahrnehmung beschränkt. Daher teilt man die Komponente in einzelne Kategorien ein.

Beispiel: Hund, Katze, Maus, usw. sind Kategorien der Komponente Haustiere.

2.1.3 Länge der Komponenten

Die Komplexität einer Abbildung ist abhängig von der Anzahl der Kategorien (Klassen) einer Komponente. Die Länge der Komponente setzt sich aus der Anzahl der Klassen zusammen.

Beispiel: Die Komponente Geschlecht besitzt die Länge 2 (männlich und weiblich).

2.1.4 Gliederungsstufen der Komponenten

Die Graphik stellt die Beziehungen zwischen den Komponenten oder Kategorien dar. Dabei können diese Beziehungen durch die drei Gliederungsstufen der Wahrnehmung beschrieben werden (s. S. 5). Jede Komponente und jede Variable gehören zu einer dieser Stufen:

- Qualitative (kombinatorische) Stufe
- Ordnungsstufe
- Quantitative (metrische) Stufe

Die **GLIEDERUNGSSTUFEN** bilden den Bereich allgemeiner Bedeutungen und der grundsätzlichen Analogien, die durch die graphische Transkription angestrebt werden können. [Bertin 1974]

2.2 Semiotik des graphischen Systems

2.2.1 Graphik

„Die graphische Darstellung gehört zu den Zeichensystemen, die sich der Mensch geschaffen hat, um die für ihn notwendigen Beobachtungen festzuhalten, zu begreifen und mitzuteilen.“ [Bertin 1974]

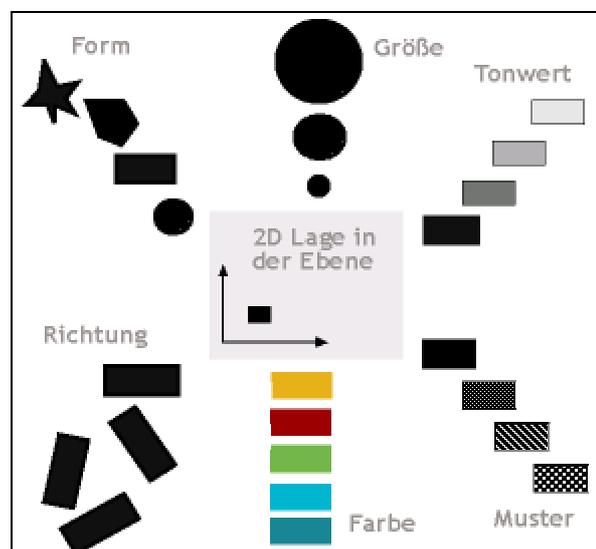
Die Graphik umfasst die Gesamtheit von Diagrammen, Netzen und Karten, die sich aus der Umschreibung räumlich kleiner Strukturen über Pläne und Karten bis hin zur Wiedergabe komplexer Sachverhalte erstrecken.

2.2.2 Die acht Variablen nach Bertin

Bertin untersucht die visuell wahrnehmbaren Variationsmöglichkeiten graphischer Zeichen. Er unterscheidet dabei zwischen acht verschiedenen Variablen: Die Komponenten eines graphischen Zeichensystems werden als **visuelle Variablen** bezeichnet. Diese sind Farbe, Form, Muster, Tonwert, Richtung und Größe; zwei weitere Variablen dienen der Beschreibung der Ebene und gelten als **Dimensionen der Ebene**.

Eine graphische Darstellung besteht immer aus mindestens drei homogenen und geordneten Variablen. Diese sind zum einen die Dimensionen der Ebene (z.B. Kartesische Koordinaten) und zum anderen eine visuelle graphische Variable zur Beschreibung der dritten Dimension.

Die Abbildung veranschaulicht diese Aussage. Das schwarze Rechteck auf dem hell-grauen Quadrat, von Bertin als gestaltloser Fleck definiert, ist in Bezug auf seine Lage in der Ebene variabel. Das Objekt gibt durch die Festlegung seiner Koordinaten die Dimensionen der Ebene an. Des Weiteren kann es, wenn es über eine bestimmte Ausdehnung verfügt, unterschiedliche Merkmale tragen. Das Objekt ist variabel in: Größe, Form,



Tonwert, Muster, Richtung und Farbe.

Im Folgenden werden zunächst die **Ortsvariablen** der Ebene und im Anschluss daran die Variablen der 3. Dimension, die **Farb-Muster-Variablen**, erläutert.

2.2.3 Gliederungsstufen der Wahrnehmung

Folgende drei Gliederungsstufen lassen sich durch Wahrnehmung ihrer Eigenart beschreiben. Jede Komponente und jede Variable gehören zu einer dieser Stufen:

- **Qualitative (kombinatorische) Stufe:** sie umfasst alle einfachen Unterscheidungsmerkmale. Sie lässt sich weiter untergliedern in:
 - Eine Variable ist **selektiv**, wenn man spontan alle Beziehungen isolieren kann, die ein und dieselbe Kategorie dieser Variablen betreffen.
 - Eine Variable ist **assoziativ**, wenn man spontan alle Beziehungen zusammenfassen kann, die durch diese Variable differenziert werden.
- **Ordnungsstufe:** Sie ordnet alle Elemente nach allgemeingültigen Grundsätzen; diese Stufe enthält alle Begriffe, die die Aussage erlauben: Dies ist mehr als jenes und weniger als solches.
- **Quantitative (metrische) Stufe:** Sie wird genutzt, wenn die Komponente über eine Maßeinheit verfügt.

2.2.4 Darstellung der Ebene

Die Ebene ist der homogene und zweidimensionale Träger jeder graphischen Darstellung. Auf Grund ihrer Homogenität folgert BERTIN, dass auch die Zeichensetzung innerhalb der Darstellungsfläche immer homogen ist. Innerhalb der Darstellungsfläche bedeutet ein Fehlen von Zeichen, dass die durch die Zeichen zu repräsentierenden Sachverhalte an dieser Stelle nicht vorhanden sind. Außerdem fordert er, dass die einmal gewählte Darstellungsart innerhalb einer Darstellungsfläche nicht geändert werden darf. Innerhalb einer Darstellungsfläche erscheint jede visuelle Variation informationstragend.

Gliederungsstufen der Ebene

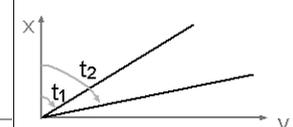
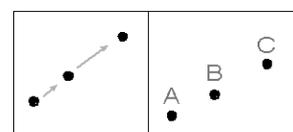
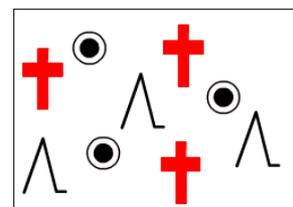
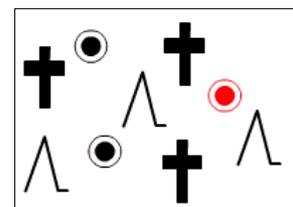
Die Variablen der Ebene sind die Einzigen, die mit allen Eigenarten der Wahrnehmbarkeit darstellbar sind. Damit verfügen sie über die höchste Gliederungsstufe und können so zur Darstellung von Komponenten jeder Gliederungsstufe dienen.

Die Variation der Lage ist **selektiv**. Zwei oder mehrere gleichwertige Zeichen, die nur auf Grund ihrer Lage differenziert werden, können unabhängig isoliert von einander betrachtet werden.

Die Variation der Lage ist **assoziativ**. Gleichartige Zeichen können trotz ihrer Lage innerhalb der Darstellungsfläche zusammen betrachtet werden.

Die Variation der Lage ist **geordnet**. Die drei Punkte sind längs einer Linie geordnet, die Pfeile geben die Richtung an. Die Punkte A, B und C sind geordnet. Sie werden stets in geordneter Reihenfolge wahrgenommen: ABC oder CBA.

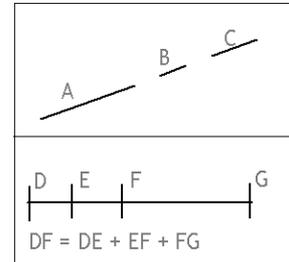
Die Linien können durch die Öffnung des Richtungswinkels (t) differenziert werden.



Die Variation der Lage ist **quantitativ**. In diesem Fall kann die Variable spontan durch ein Zahlenverhältnis beschrieben werden. Bei der gegenüber liegenden Abbildung könnte der Betrachter, innerhalb gewisser Toleranzgrenzen, folgende Verhältnisse aufstellen: $A > C > B$.

In der Ebene können Gleichheiten von Strecken und Winkeln sowie Additionen von Strecken und Winkeln dargestellt werden.

Die graphische Darstellung nutzt die Eigenschaften der Ebene, um Ähnlichkeits-, Ordnungs- oder Proportionalitätsbeziehungen von einem Gefüge von Informationen sichtbar zu machen.



Imposition der Ebene

Die **Imposition** bezeichnet die Art der Verwendung der beiden Dimensionen der Ebene. Ihre graphische Darstellung hängt von der Art der darzustellenden Beziehungen ab. Die graphischen Darstellungen können in vier Gruppen eingeteilt werden: Diagramme, Netze, Karten und Symbole. [BERTIN 1974]

Diagramme

Sie stellen die Beziehung zwischen allen Elementen einer Komponente und allen Elementen einer anderen Komponente dar.

Ein Diagramm wird folgendermaßen konstruiert:

1. die Darstellung der Komponenten wählen
2. die Beziehungen eintragen

Beispiel: Kursverlauf einer Aktie



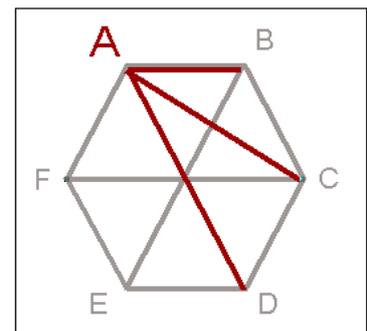
Netze

Die Netze stellen die Beziehung zwischen allen Elementen ein und derselben Komponente dar. Ihre Konstruktion ergibt ein Netz.

Die Konstruktion eines Netzes erfolgt in umgekehrter Reihenfolge wie die eines Diagrammes:

1. zuerst werden die Beziehungen eingetragen
2. daraus kann die Darstellung der Komponenten abgeleitet werden; Netze mit der geringsten Anzahl an Schnittpunkten sind dabei zu bevorzugen.

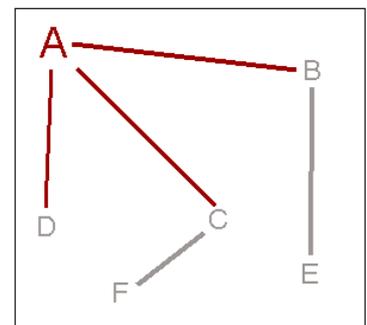
Beispiel: Ein Gespräch zwischen den Personen A, B, C, D, E und F.



Karte

Die Karte stellt Beziehungen dar, die zwischen allen Elementen ein und derselben, in diesem speziellen Fall einer geographischen Komponente, existieren. Die Lage auf der Erdoberfläche wird in die Ebene projiziert: Das Netz wird zur Karte.

Im Gegensatz zum Netz lässt die Karte keine willkürliche Umordnung zu. Die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche ist eindeutig. Diese Art der graphischen Darstellung kann nur durch die Reduktion einiger Beziehungen vereinfacht werden.



Die Konstruktion der Karte ist denkbar einfach:

1. die Lage auf der Erdoberfläche in die Ebene projizieren
2. die Beziehungen eintragen

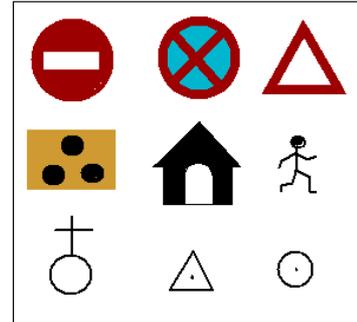
Beispiel: Ein geographisches Straßennetz

Symbole

Bei den Symbolen besteht eine Beziehung zwischen den einzelnen Zeichen der Ebene und dem Betrachter. Diese Art von Beziehung gehört nicht mehr zum engeren Bereich der graphischen Darstellung, sondern zur **Symbolik**.

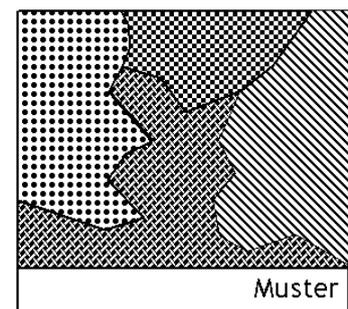
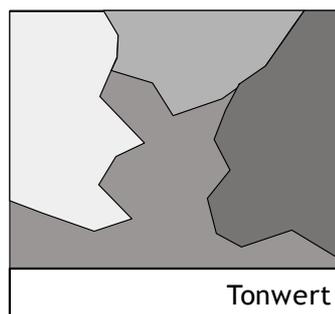
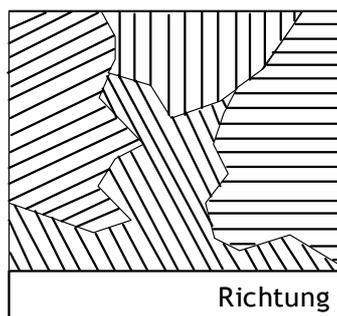
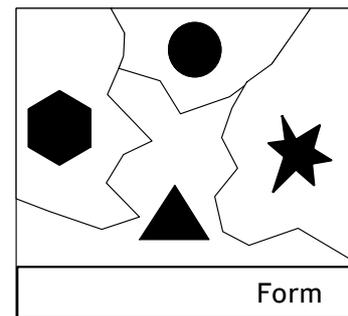
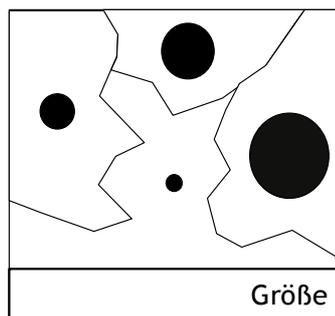
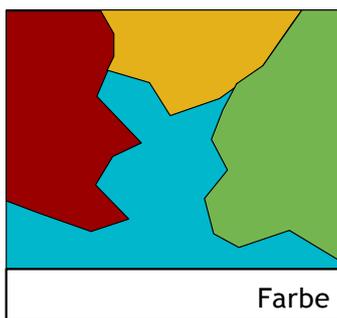
Hier werden bildhafte Form- und Farb-Analogien genutzt, die lediglich das Ergebnis von Gewohnheit sind. Sie können im Unterschied zu den grundlegenden Analogien der Unterscheidbarkeit, der Ähnlichkeit, der Ordnung und der Quantität niemals eine Allgemeingültigkeit erlangen.

Allgemein bezeichnet man jede Darstellung mit Hilfe der Zeichen eines graphischen Systems als **Zeichnung** oder **Graphik**, unabhängig davon, zu welcher der vier Gruppen sie gehört.



2.2.5 Darstellung der dritten Dimension

Die Darstellung einer dritten Dimension ist durch die Verwendung der graphischen Variablen zusätzlich zu den Ortsvariablen der Ebene möglich. BERTIN bezeichnet die Verwendung dieser Kombination der **Farb-Muster-Variablen** als **Elevation** oder **Variation der 3. Dimension**. Mit Hilfe dieser Farb-Muster-Variablen kann beispielsweise die Qualität zweier Städte in einer Karte durch eine Variation der Variablen Größe, Tonwert, Füllung, Farbe, Richtung, Form oder eine Kombination einer oder mehrerer dieser Variationen unterschieden werden.



Die Variablen der 3. Dimension finden nicht nur in der Karte Anwendung, sondern bei allen graphischen Darstellungen mit mehr als einer Dimension.

Worin liegt nun der Unterschied zwischen den Dimensionen der Ebene und den Variablen der 3. Dimension?

Die beiden Variablen der Ebene bilden die Grundkonstruktion. Sie geben der Fläche eine Bedeutung: Zahlenwerte, Kategorien, Zeit in Diagrammen oder beispielsweise Raum in der Karte. Die Variablen der 3. Dimension liegen sozusagen über der Ebene und sind daher unabhängig von ihr.

Gliederungsstufen der Komponenten der Farb-Muster-Variablen

Die Ebene ist selektiv, assoziativ, geordnet und quantitativ. Die Farb-Muster-Variablen hingegen besitzen nur einen Teil dieser Eigenschaften.

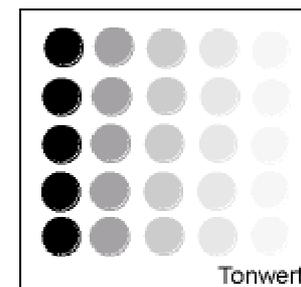
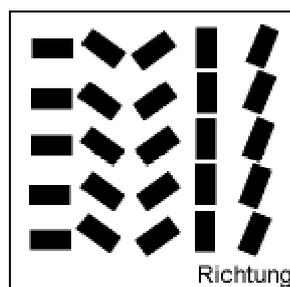
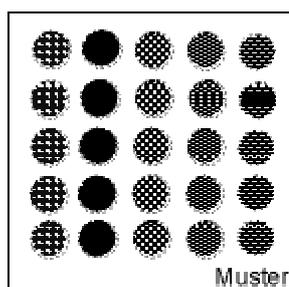
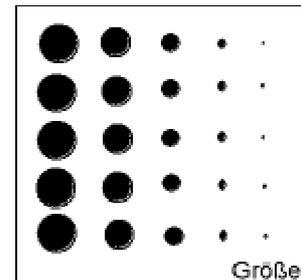
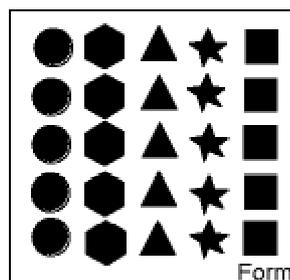
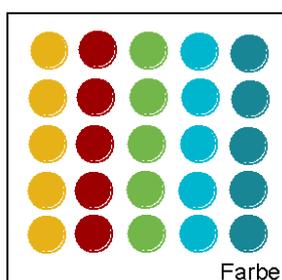
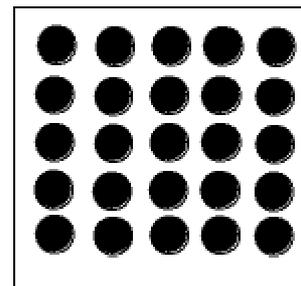
Die assoziative Wahrnehmung

Bertin schlägt zur Prüfung einer Variation von graphischen Zeichen auf ihre Assoziativität, folgendes Verfahren vor:

Als Basis dient ein **homogenes Punktgitter**. Kann der Betrachter trotz einer visuellen Variation innerhalb des entsprechenden Gitters dessen Homogenität erkennen, dann ist die Variation homogen, ansonsten ist sie dissoziativ.

Die graphischen Variablen Farbe, Form, Richtung und Muster sind assoziativ wahrnehmbar. Innerhalb einer assoziativen Variablen ändert sich die Sichtbarkeit der Zeichen nicht.

Größe und Tonwert sind dissoziativ. Sie sind nicht mit der gleichen Deutlichkeit wahrnehmbar, und in einiger Entfernung vom Betrachter scheinen sie zu verschwinden.



Dieses Prinzip lässt sich auch auf linien- und flächenhafte Ausprägungen übertragen.

Die selektive Wahrnehmung

Bei der Selektion eines graphischen Zeichens innerhalb einer Kartengraphik begibt sich der Betrachter auf die Suche nach der Antwort auf die Frage: „Wo ist diese bestimmte Kategorie?“. Dafür muss der Betrachter alle Elemente dieser Kategorie mit den Augen isolieren, d.h. er muss von allen anderen Zeichen absehen und nur das gesuchte Bild betrachten.

Erfolgt diese Wahrnehmung spontan, so ist die Variable selektiv, und ihre Kategorie bildet eine Familie. Muss der Betrachter die graphische Variable jedoch Zeichen für Zeichen suchen, dann ist sie nicht selektiv.

Die Selektierbarkeit einzelner Variablen kann vom Betrachter durch folgenden Verfahrensablauf getestet werden. Man betrachtet jedes einzelne Bild der folgenden Abbildung und versucht die Zeichen der gleichen Kategorie zu isolieren, das sich ergebende graphische Bild zu erkennen und im Gedächtnis zu behalten.

Derartige Tests ergeben, dass in allen drei Implantationen die Form nicht selektiv ist. In der flächenhaften Implantation trifft dies darüber hinaus auch auf die Richtung zu.

Die geordnete Wahrnehmung

Mit der geordneten Wahrnehmung versucht man die Varianten in eine Reihenfolge zu ordnen, um zu vergleichen. Eine Variable ist geordnet, wenn ein Vergleich spontan vollzogen werden kann. Erfordert der Vergleich jedoch eine eingehende Analyse, so ist die Variable nicht geordnet.

Ist eine Variable geordnet, dann kann der Betrachter auf das Lesen der Legende verzichten, um die Kategorien in eine Reihenfolge zu bringen.

Als Test schlägt BERTIN vor, einen Leser spontan die allgemein gültige Reihenfolge der Zeichen bei jeder Variablen erzeugen zu lassen.

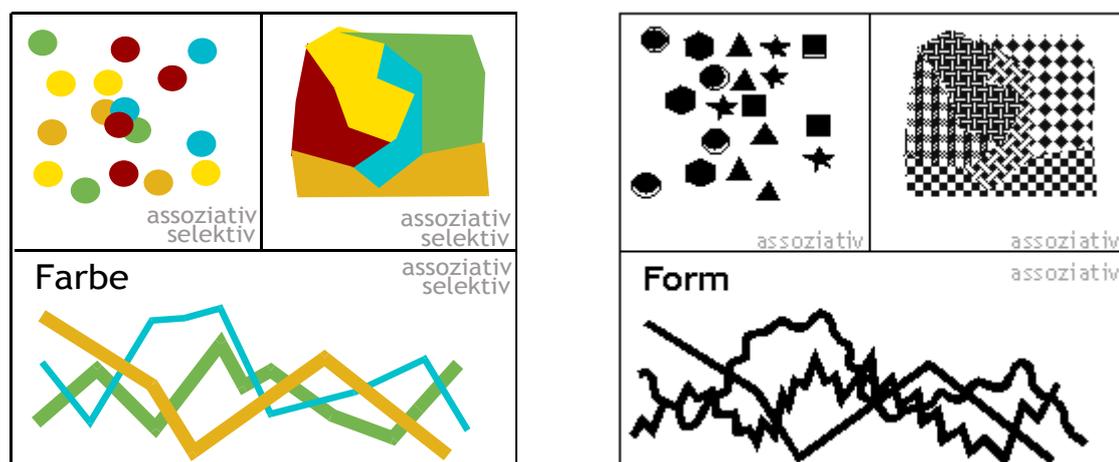
Betrachtet man die folgenden Abbildungen (s. S. 8/9), so lässt sich deutlich erkennen, dass die Variablen Form, Richtung und Farbe nicht geordnet sind.

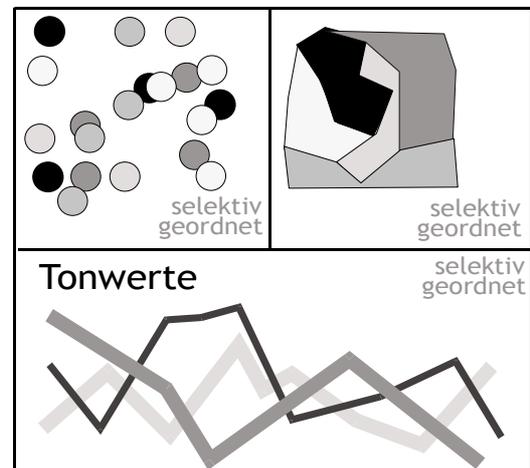
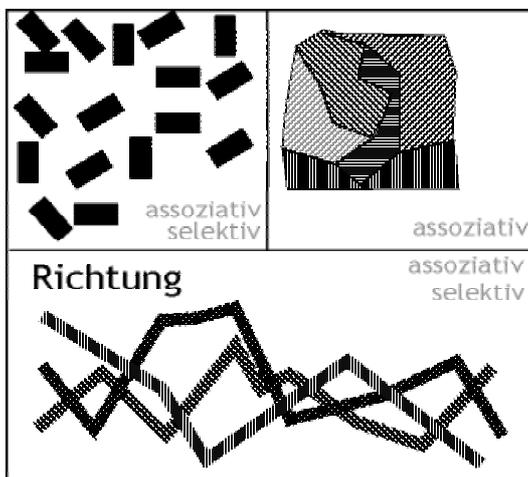
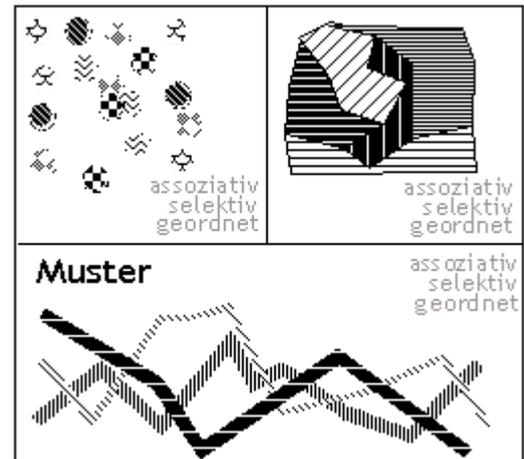
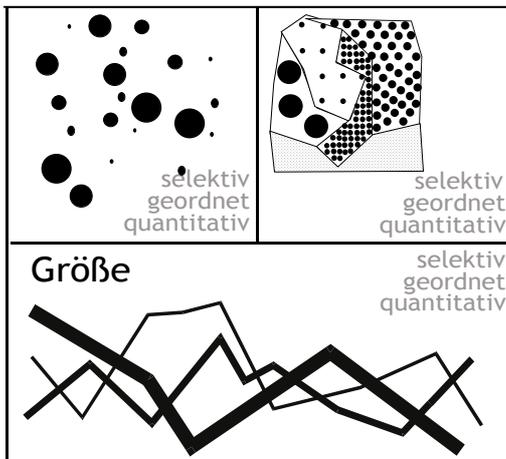
Die quantitative Wahrnehmung

Bei der quantitativen Wahrnehmung versucht man die Beziehung zwischen den Zeichen durch zählbare Maßeinheiten auszudrücken.

Eine Variable ist quantitativ, wenn der Betrachter ohne zu Hilfenahme einer Legende zahlenmäßige Verhältnisse spontan erfassen kann. Eine solche Einschätzung des Betrachters könnte lauten: Dies ist das Doppelte, das Achtfache von jenem.

Betrachtet man nochmals die Abbildungen (s. S. 8/9), so erkennt man, dass nur die graphische Variable Größe einen solchen Vergleich zulässt.

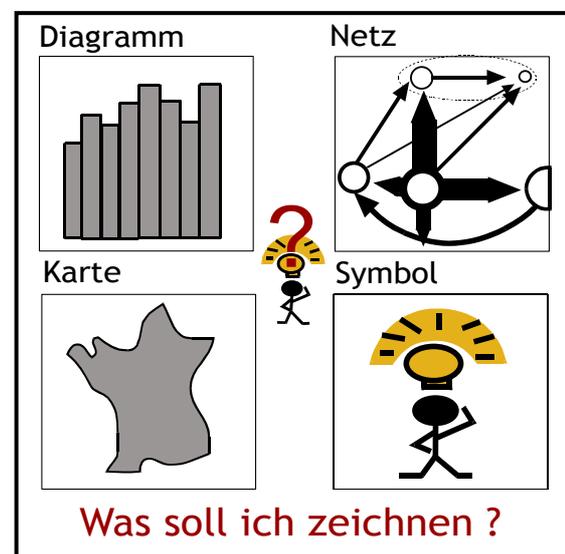




2.2.6 Probleme und Regeln der graphischen Darstellung

Das graphische Problem lässt sich durch die Fragen „Soll man eine Zeichnung anfertigen?“ und „Welche Zeichnung soll man anfertigen?“ beschreiben.

Das graphische Zeichensystem bietet dem Anwender eine Vielzahl an graphischen Konstruktionsmöglichkeiten im Bereich der vier Gruppen (Diagramme, Netze, Karten und Symbole), sowie die Gestaltung des Objektes durch eine der acht graphischen Variablen oder die Kombination dieser, zur Transkription der beabsichtigten Informationen.



Die Theorie des graphischen Bildes

Es gibt viele Konstruktionsmöglichkeiten für graphische Darstellungen. Unter Nutzung der Kenntnis der Beziehungen zwischen Komponenten und Variablen können Konstruktionen erzeugt werden die entweder „gute“, „weniger gute“ oder „schlechte“ graphische Bilder liefern.

BERTIN stellt ein Kriterium auf, mit dessen Hilfe die Konstruktion klassifiziert und die unbestreitbar beste Konstruktion gekennzeichnet werden kann. Er bezeichnet dieses Kriterium als **Prägnanz** und definiert es mit folgenden Worten:

„Wenn eine Konstruktion zur richtigen und vollständigen Beantwortung einer gestellten Frage unter sonst gleichen Voraussetzungen eine kürzere Betrachtungszeit erfordert als eine andere Konstruktion, so bezeichne man diese als prägnanter in Bezug auf die gestellte Frage.“ [Bertin 1974]

Des Weiteren definiert er das **graphische Bild** als: „die visuell erfassbare, bedeutungstragende Form, die mit einem Minimum an Zeitaufwand wahrgenommen werden kann.“

Die Funktionen der graphischen Darstellung

Das graphische Bild ist auf drei visuelle Variablen beschränkt. Informationen mit mehr als drei Komponenten bilden ein Kommunikationsproblem.

Um einen Sachverhalt richtig darzustellen, muss die graphische Gestaltung an der spezifischen Frage im Sinne des Prägnanzprinzips ausgerichtet werden. Erst durch die Erkenntnis, wie der Mensch seine Wahrnehmungsmöglichkeiten zur Kenntniserweiterung nutzt, ist es dem Kartengestalter möglich, die beste (prägnanteste) graphische Darstellung zu erzeugen. Denn um eine graphische Information zu verstehen, muss der Betrachter einer oder mehrerer graphischer Darstellungen in der Lage sein, diese im Gedächtnis zu speichern.

Die Informationsverarbeitung

BERTIN beschreibt die Informationsverarbeitung folgendermaßen:

Die Zeichnung ist ein künstliches Gedächtnis, das das menschliche Gedächtnis **substituiert**.

Dabei ist die Vereinfachung von Information bei der Kommunikation unabdingbar. Eine logische Vereinfachung, eine **Weiterverarbeitung** der Information, kann beispielsweise durch die Vereinfachung des Graphischen Bildes erfolgen.



Die allgemeinen Konstruktionsregeln

Die Informationskomponente muss vor der Konstruktion einer graphischen Darstellung bezüglich ihrer Anzahl, Stufe und Länge genau festgelegt werden.

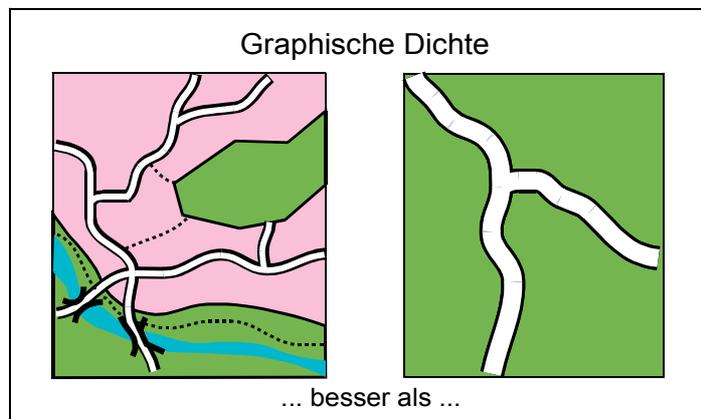
- Die erste Regel der graphischen Konstruktion fordert, dass die Information als Ganzes durch ein Minimum von graphischen Bildern konstruiert wird. Dem Betrachter sollen so die Informationen schnell und vollständig, durch ein Minimum von Wahrnehmungsmomenten, zugänglich gemacht werden.
- Das graphische Bild ist zu vereinfachen, ohne dabei die Anzahl der Beziehungen zu reduzieren.
- Das graphische Bild muss in der Form so reduziert werden, dass die Darstellung klare und prägnante Aussagen vermittelt.

Das Bild besteht aus drei homogenen und geordneten Variablen: die beiden Dimensionen der Ebene und einer Variablen der 3. Dimension (Farbe, Form, Muster, Tonwert, Richtung und Form). Demnach kann jede Information mit maximal drei Komponenten durch die Konstruktion eines Graphischen Bildes transkribiert werden.

Die allgemeinen Regeln der Lesbarkeit - Trennungsregeln

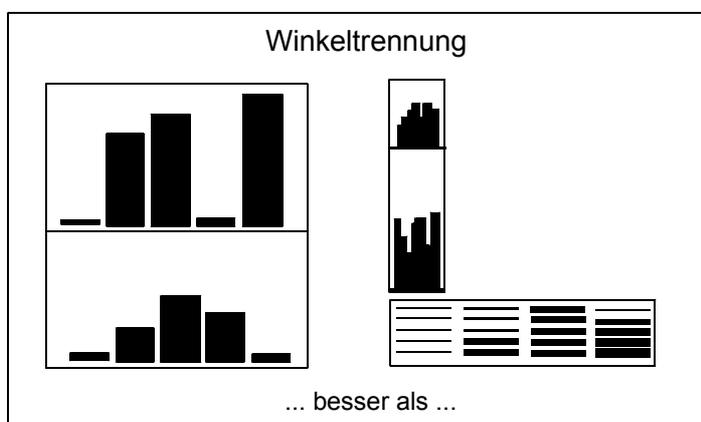
BERTIN unterscheidet zwischen drei verschiedenen Regeln der Lesbarkeit: der graphischen Dichte, der Winkeltrennung (Winkel-Lesbarkeit) und der Farb-Muster-Trennung (Lesbarkeit der Farb-Muster-Variablen). Die Anwendung dieser Trennungsregeln optimiert die Lesbarkeit des graphischen Bildes.

Das Prinzip der **graphischen Dichte** veranschaulichen die beiden Kartenausschnitte. Sie verfügen jeweils über einen unterschiedlichen Informationsgehalt. Während die linke Karte eine optimale Menge an graphische Elementen pro Flächeneinheit vorweist, ist der Informationsgehalt der rechten Abbildung so gering, dass der Betrachter keine Aussagen aus der Kartengraphik ableiten kann.



Die Abbildung zeigt Beispiele der **Winkeltrennung**. In gleicher Weise wie oben muss eine Skala für die Bewertung der graphischen Darstellung auf der Grundlage der wahrnehmbaren Kontraste erstellt werden.

Das Auge muss in der Lage sein, die visuellen Variablen, hier die Dimensionen der Ebene, zu trennen, es darf durch die Winkel-Kontraste nicht erdrückt werden.



2.3.2 Netze

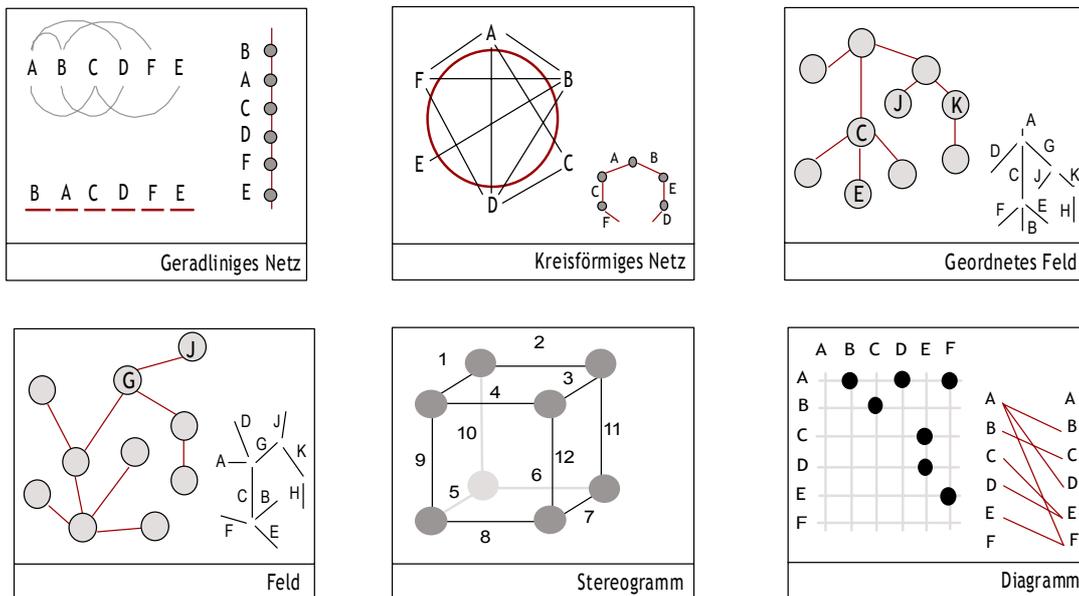
Die graphische Darstellung ist ein Netz (siehe S.5), wenn die Beziehungen in der Ebene zwischen allen Elementen ein und derselben Komponente zum Ausdruck kommen.

Das Netz wird konstruiert, indem zuerst alle Beziehungen provisorisch erstellt werden. Im Anschluss daran wird die einfachste und prägnanteste Darstellung ermittelt. Dieses **Konstruktionsprinzip** unterscheidet das Netz vom Diagramm.

Netze bieten die Möglichkeit der schnellen Transkription verbaler Informationen in einem graphischen Bild durch die beiden Dimensionen der Ebene. Solche Konstruktionen ermöglichen ein erstes Ordnen und Betrachten der Struktur des Beziehungssystems, wobei möglicherweise eine aus dieser Struktur abgeleitete, einfachere Konstruktion (Transformation) erstellt werden kann. Treten drei oder mehr Komponenten auf, so werden die Farb-Muster-Variablen genutzt.

Die Implantation verfügt über die drei elementaren Grundfiguren: Punkt, Linie und Fläche. Die Imposition beschreibt die Gliederung dieser Figuren (rechtwinklig oder kreisförmig) sowie das Bilden eines geordneten Feldes. Das Stereogramm kann zudem Raumtiefe vermitteln und ein Netz im dreidimensionalen Raum entstehen lassen.

Durch die Kombination von Implantation und Imposition lassen sich folgende mögliche Netze konstruieren.



Die **geradlinige Konstruktion** ordnet die Elemente.

Die **kreisförmige Konstruktion** verteilt alle Elemente auf einen Kreis, so dass jede Verbindung durch eine Gerade transkribiert werden kann.

Bei dem **Feld** verfügt man für die Anordnung der einzelnen Elemente über den gesamten Raum.

Das **geordnete Feld** ist in seinen beiden Dimensionen der Ebene sortiert.

Das **Stereogramm** zeigt das Netz im dreidimensionalen Raum.

Jedes Netz kann auch in einem **Diagramm** dargestellt werden. Dafür benötigt man die Darstellung der Komponente genau zweimal. Dabei kann das Netz auf zwei unterschiedliche Arten als Diagramm dargestellt werden.

Die prägnanteste Darstellung eines Netzes ist die mit der geringsten Anzahl von bedeutungstragenden Schnittpunkten. Bei nicht allzu komplexen Informationen haben sich Kreis-Konstruktionen als beste visuelle Lösung herausgestellt. Ist die Information jedoch sehr komplex, so bietet sich eine graphische Matrix zur Vereinfachung der Darstellung an.

2.3.3 Karten

Die Karte ist ein geordnetes Netz. Die Komponenten der Ebene besitzen einen geographischen Bezug. Sie referenzieren die Lage der einzelnen Kartenobjekte auf der Erdoberfläche.

Der geographische Raum bildet ein Kontinuum, das in abstrahierter Form in einer Karte visualisiert wird. Der Mensch entscheidet über den Abstraktionsgrad. Daher existieren keine „exakten Karten“, sondern generalisierte Informationen, die der Kartograph oder auch Topograph je nach Maßstab lagerichtig bis hin zum Grad der Raumtreue in abstrahierter Form kartiert.

Das geographische Netz, die Karte, nutzt die beiden Dimensionen der Ebene. Zur graphischen Transkription weiterer Informationen bleiben nur noch die Farb-Muster-Variablen übrig. Eine Karte kann nur dann als graphisches Bild betrachtet werden, wenn sie nur über zwei Komponenten, die geographische und eine geordnete Farb-Muster-Variable, verfügt. Sollen mehr als zwei Komponenten verwendet werden, muss man sich entscheiden, ob mehrere Karten konstruiert werden, oder ob sich mehrere Komponenten innerhalb einer Kartengraphik überlagern sollen.

Die Karte ist kein graphisches Bild mehr, wenn mehrere Komponenten zur Darstellung der dritten Dimension genutzt werden.

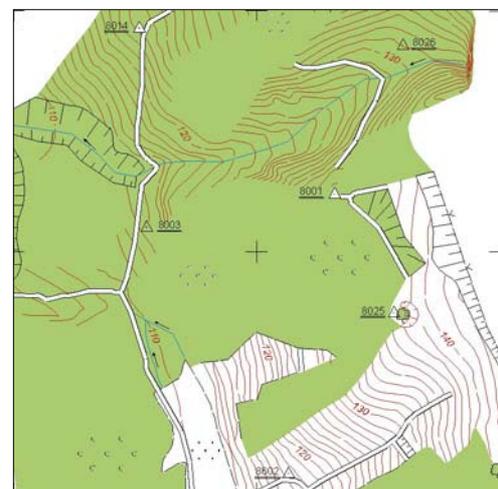
Kartogramme entsprechen einer Reihe von Diagrammen, die in einem geographischen Netz angeordnet sind.

Kartographische Anamorphosen sind Konstruktionen die das geographische Netz verzerren, um eine nicht geographische Komponente darzustellen. Ihre Konstruktion kann ein graphisches Bild ergeben, aber die geographische Identifizierung von Informationen ist auf Grund der Genauigkeit nicht mehr von Belang.

Karten mit einer Komponente

Karten mit einer Komponente visualisieren die geographische Lage von Punkten, Linien und Flächen im Raum. Die Lage ist invariant und homogen. Diese Karten können sehr komplex sein, lassen jedoch außerordentliche Präzision bei der Anordnung zu. Durch ihre klare Struktur können die Informationen gut vom Betrachter interpretiert werden.

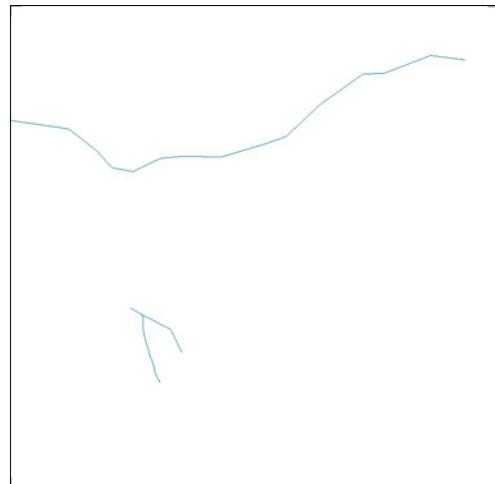
Unabhängig von der Stufe der Erfassung stellen sie ein graphisches Bild dar. Die vier folgenden Abbildungen zeigen graphische Bilder (Layer), die zusammengesetzt eine topographischen Karte bilden. Jedes dieser einzelnen graphischen Bilder (Layer) stellt unterschiedliche Informationen dar.



Topographische Karte



Wald



Gewässer



Wege, künstliche Böschung



Höhenlinien, natürliche Böschungen

Karten mit zwei Komponenten

In diesem Fall werden Karten mit zwei Komponenten, bzw. drei Variablen in einem Graphischen Bild dargestellt. Die Beziehung zwischen der geographischen und der Farb-Muster-Variablen können qualitativer, geordneter und quantitativer Ausprägung sein.

Die dritte Variable muss jedoch geordnet sein, da ansonsten Überlagerungen von graphischen Bildern entstehen. Das bedeutet wiederum, dass der Aufwand der Selektion von Informationen um so größer wird, je komplexer die Bilder sind.

Im Folgenden werden Beispiele der drei Implantationen punkthaft, linienhaft und flächenhaft aufgeführt.

Beispiel für eine geographische und eine qualitative Komponente

Unabhängig von der Implantation kann die Güte der qualitativen Komponente durch die folgende Frage beschrieben werden: „Können die Qualitativen-Kategorien der Informationen nach visuellen Aspekten geordnet werden?“

Punkthafte Darstellung

Vom graphischen Standpunkt aus ist das Erstellen einer visuellen Ordnung immer durch die Verwendung der graphischen Variablen Größe, Tonwert und Muster möglich.



Linienhafte Darstellung

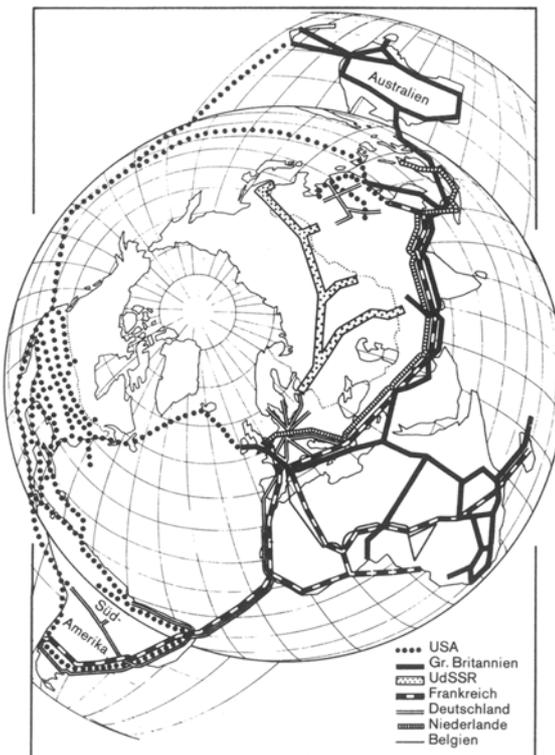
Die geographischen Angaben des Bezugsgrundlage werden oft durch Linien dargestellt, z.B. Längen- und Breitenkreis, Küsten, Flüsse und Grenzen.

Bei der Implantation von Linien muss der Bearbeiter einen besonderen Fokus darauf richten, die Elemente des Kartengrunds deutlich von denjenigen zu trennen, die spezielle Informationen tragen.

Daher werden bei GEO-qualitativen-Problemen zwei Sichtbarkeitsstufen eingeführt: hellere für den Kartengrund und dunklere für spezielle Informationen.

Flächenhafte Darstellung

Dieses Beispiel zeigt Wälder, die nach ihren Baumbeständen differenziert sind.



Überregionale Fluglinien 1938
[Quelle: Bertin 1974]



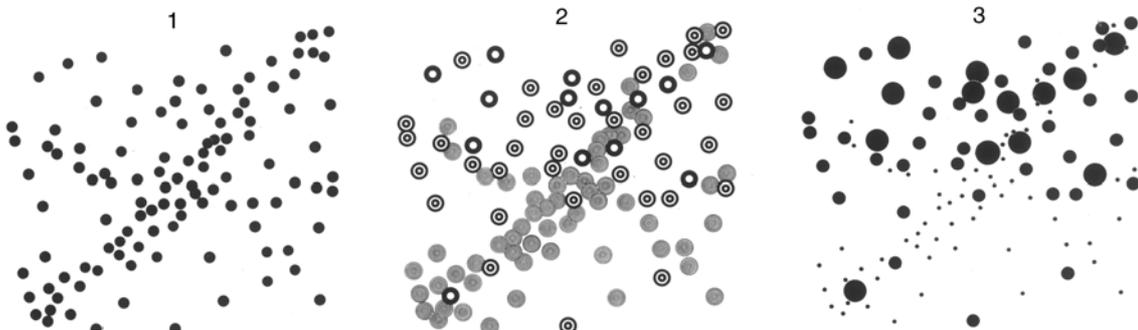
Wälder nach Baumarten differenziert
[Quelle: Bertin 1974]

Beispiele für eine geographische und eine geordnete Komponente in Karten

Eine Komponente ist nur dann geordnet, wenn sich ihre Kategorien in einer allgemein gültigen Reihenfolge ordnen lassen, und wenn man die Kategorien als a priori äquidistant betrachten kann. Die Transkription muss versuchen, diese Abstandsgleichheit zu erhalten.

Punkthafte Darstellung

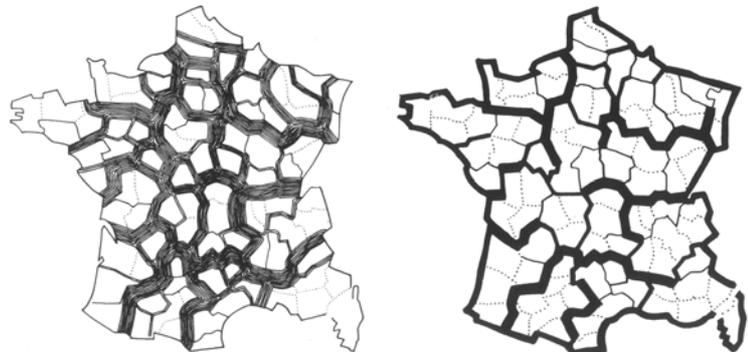
Abbildung 1 zeigt einen Punkthaufen, dessen einzelne Punkte in Abb. 2 als Tonwert-Variation unterschieden werden. Das graphische Bild der Abb. 2 ähnelt Abb.1, aber nicht Abb. 3. In den Abb.2 und 3 lässt sich in den Kategorien der Punkte eine Ordnung erkennen.



[Quelle: Bertin 1974]

Linienhafte Darstellung

Die Variation der Breite von Linien bietet für das Problem der geordneten linienhaften graphischen Darstellung die einfachste und prägnanteste Lösung.

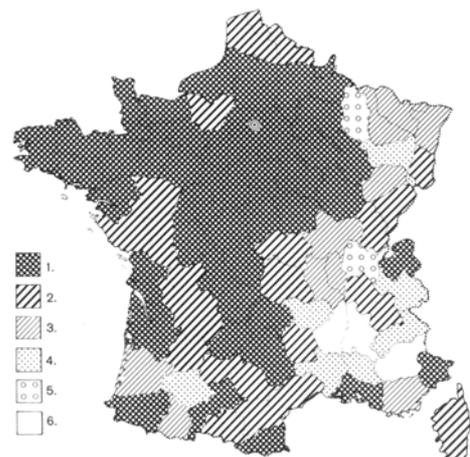


[Quelle: Bertin 1974]

Flächenhafte Darstellung

Bei diesem Problem nutzt man die Tonwert-Variation, die man durch Raster erstellen kann. Redundanz mit Muster, Form und Richtung begünstigen das Selektieren der Information.

Die rechts stehende Karte ist ein typisches Beispiel für eine geordnete Folge. In diesem Fall bildet Schwarz nicht die erste Stufe (stattdessen wurde ein dunkles Muster verwendet), da Schwarz infolge der großflächigen Ausbreitung das Bild zu schwer werden ließe.



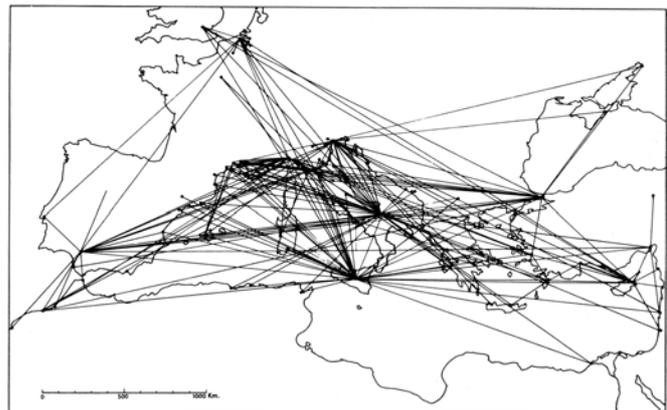
[Quelle: Bertin 1974]

Darstellung der Bewegung in der Ebene

Die Zeit kann als Parameter in jede Art der Analyse mit einbezogen werden. Enthält eine Information die Zeit-Komponente, so bringen die Beziehungen eine Variation zum Ausdruck, z.B. Variation des Preises oder der Größe. Da die Zeit linear ist, genügt zu ihrer Darstellung eine Dimension der Ebene. Die andere Dimension kann frei gewählt werden.

Enthält eine Information zugleich die Zeit-Komponente und eine geographische Komponente, so bringen die Beziehungen Bewegungen zu Ausdruck, z.B. Wanderbewegungen oder demographische Bewegungen. Wenn nun beide Dimensionen der Ebene zur Darstellung des Raumes verwendet wurden, bleibt keine Dimension übrig, um die Komponente Zeit darzustellen. Es existieren dann drei mögliche Lösungen:

- Eine Serie von graphischen Bildern. Diese Lösung erzeugt oft eine lange Reihe von Bildern, die auf Grund ihrer Vielzahl schlecht lesbar sind.
- Darstellung von Spur und Richtung des Bewegten. Hier werden stetige Bewegungen in der Ebene suggeriert.
- Verwendung einer visuellen Variablen der 3. Dimension. Bei dieser Variante kann die Variable Zeit in geordnete Kategorien aufgeteilt und durch Stufen in geordneten Farb-Muster-Variablen dargestellt werden. Diese Form der Darstellung suggeriert im allgemeinen keine Bewegung in der Ebene, sondern es handelt sich um eine Darstellung der Art „geographisch geordnet“



Seehandelsbeziehungen zwischen den Städten Europas und den Häfen des Mittelmeers [Quelle: Bertin 1974]

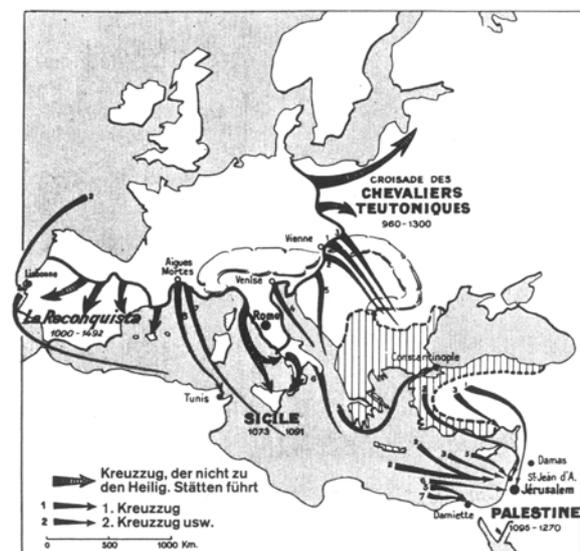
Nicht gerichtete Bewegung

Strahlenförmig angeordnete Striche geben die Bedeutung der Bewegung für das dargestellte graphische Bild an.

Gerichtete Bewegung

Der Pfeil ist oft die prägnanteste und einzige Möglichkeit, um gerichtete komplexe Bewegungen von Punkten, Linien oder Flächen innerhalb einer Darstellung zu vermitteln.

Das Beispiel zeigt die europäische Expansion um das Jahr 1000. Die dunklen Zonen der Expansionsbewegung heben sich deutlich von den hellen Gebieten der Ausgangssituation ab.



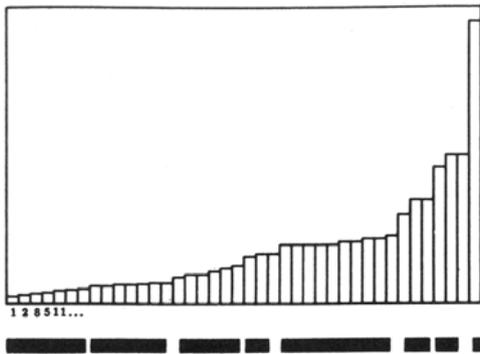
Europäische Expansion um das Jahr 1000 [Quelle: Bertin 1974]

Beispiele für geographische und quantitative Komponenten in Karten

Eine Komponente ist quantitativ, wenn die graphische Darstellung eine durch Zahlenwerte gelieferte **Abstandsvariation** (Klasseneinteilung s. Le 4 Kapitel 3.5) zwischen einzelnen Kartenobjekten beschreibt.

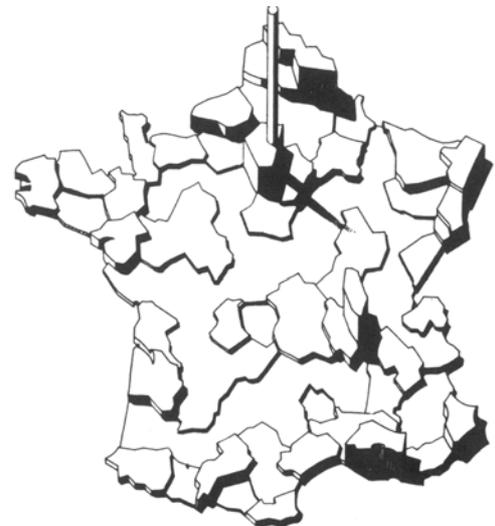
Ordnet man die Kategorien auf einer Linie an, so zeigt das graphische Bild ein **Verteilungshistogramm**. Die Stufen des Histogramms sind unabhängig von der geographischen Ordnung.

Bilden die Kategorien ein (geographisches oder nicht-geographisches) Netz, dann ergibt die graphische Darstellung ein Relief in Form eines **dreidimensionalen Histogramms**. Der visuellen Gruppierung entsprechen Terrassen-Niveaus.



Histogramm

[Quelle: Bertin 1974]



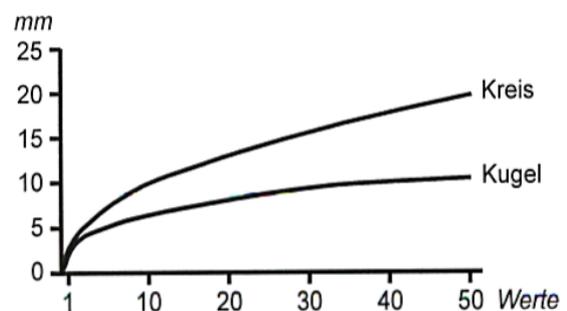
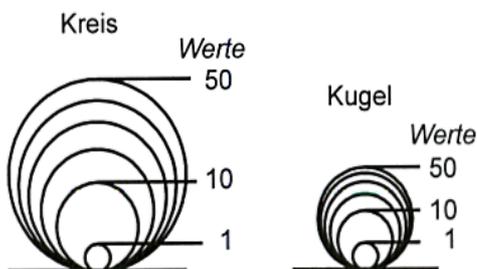
Relief

[Quelle: Bertin 1974]

Punkthafte Darstellung

Der Kreis ist die einfachste und am schnellsten zu konstruierende Figur. Dabei wird die Werteskala für Kreisflächen durch die Berechnung der Radien bestimmt.

Die Werteskala für geometrische Figuren wird auf der Basis, dass deren Flächeninhalt proportional zur Werteinheit ist, konstruiert.



Statistische Untersuchungen ergeben, dass Kreis- oder Volumenwerteklassen oft zu Fehleinschätzungen seitens des Kartenlesers führen, sofern auf die Darstellung einer Legende verzichtet wird.

Linienhafte Darstellung

In diesem Fall sind die Linienbreiten entsprechend den darzustellenden Quantitäten proportional.

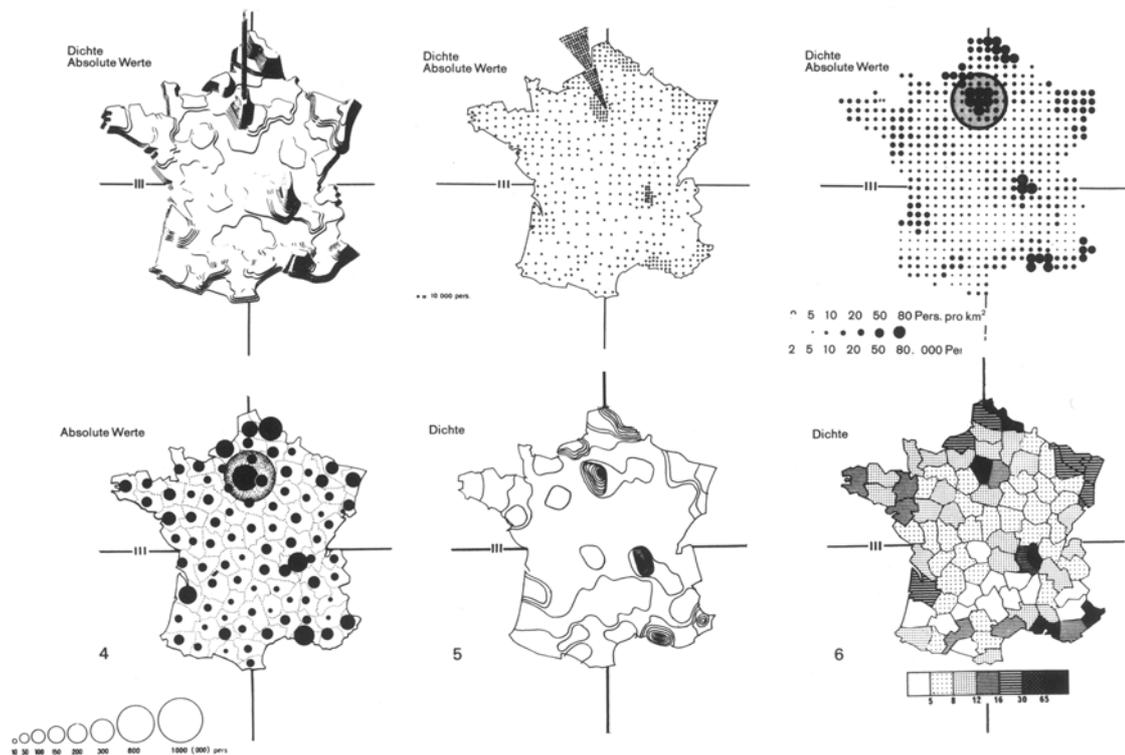


r. Abb.) Eisenbahn-Personenverkehr in Frankreich
l. Abb.) Eisenbahn-Güterverkehr in Frankreich

[Quelle: Bertin 1974]

Flächenhafte Darstellung

Bei flächenhaften graphischen Darstellungen beziehen sich die Werte auf die ganze Zählfläche.



[Quelle: Bertin 1974]

Abb. 1: Variation der Größe im dreidimensionalen Raum. Die graphische Darstellung zeigt ein Relief oder eine stereographische Darstellung.

Abb. 2: Variation der Anzahl der Werteinheiten pro Fläche.

Abb. 3: Variation der Größe von regelmäßig über die gesamte Fläche verteilter Punkte. Das graphische Bild entspricht einem Gitter von kreisförmigen Punkten variabler Größe.

Abb. 4: Ein Zeichen pro Flächeneinheit.

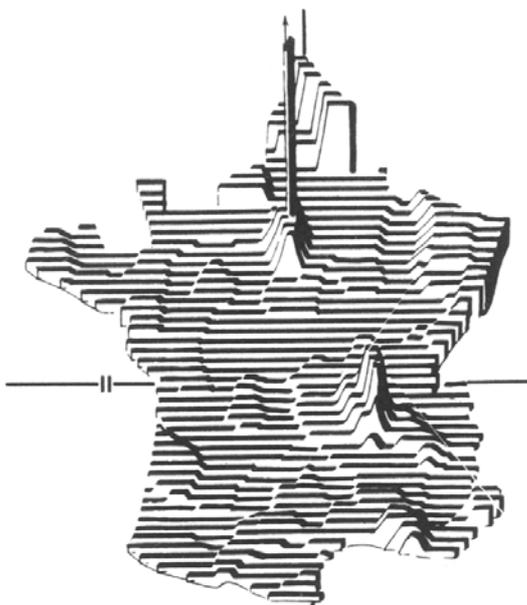
Abb. 5: Isolinien. Mit Hilfe der äquidistanten Isolinien kann man einen Gradienten, ein Gefälle, zu benachbarten Flächen veranschaulichen. Ein Gesamtvergleich innerhalb einer Serie dieser Karten ist nicht möglich.

Abb. 6: Unabhängig von den Zeichnungen entstandene Tonwert-Skala. Wie bereits am Anfang dieses Kapitels erläutert, transkribieren diese Tonwerte eine geordnete Komponente, jedoch keine quantitative Komponente.

Die stereographische Darstellung (Perspektive)

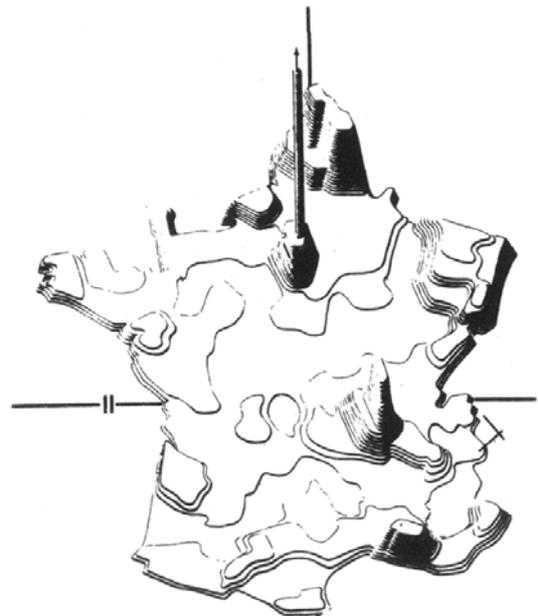
Die rechte Abbildung zeigt regelmäßige **äquidistante Vertikal-Schnitte**. Diese Konstruktion dient zum Erzeugen von topographischen Reliefs. Die Vertikalschnitte werden aus Karten mit Höhenlinien durch eine entsprechend äquidistante Geradenschar abgeleitet.

Diese linke Abbildung zeigt **regelmäßige äquidistante Horizontal-Schnitte**. Eine solche graphische Darstellung wird mit Hilfe der Informationen der Höhenlinien erzeugt. Um einen plastischen Raumeindruck zu erhalten, werden dabei die hinteren Informationen ausgelassen.



Regelmäßige Vertikalschnitte

[Quelle: Bertin 1974]

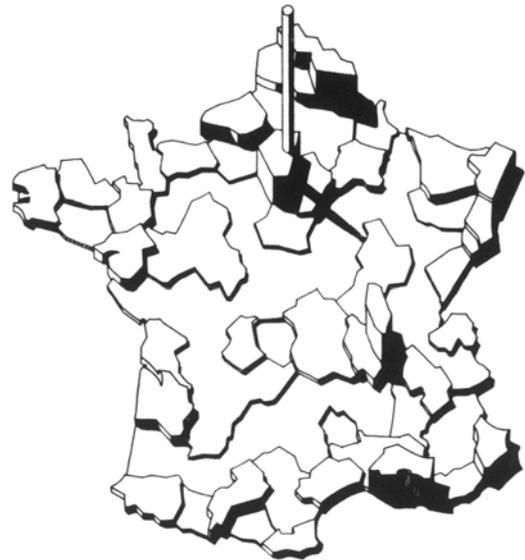


Regelmäßige Horizontaleschnitte

[Quelle: Bertin 1974]

Die **Kombination** aus den beiden vorherigen Bildern führt zu der graphischen Darstellung der Hüllen, der Silhouette des Körpers.

Die Regelmäßigkeit der Schnitte wird in diesem Beispiel durch eine andere vorherrschende Regelmäßigkeit ersetzt. So kann man bspw. die ebene Form der gewählten Quantität entsprechend durch den Höhenmaßstab vertikal auftragen und die sichtbaren Vertikalflächen schwarz einfärben. Verdeckte Vertikalflächen sollen so wenig wie möglich auftreten.

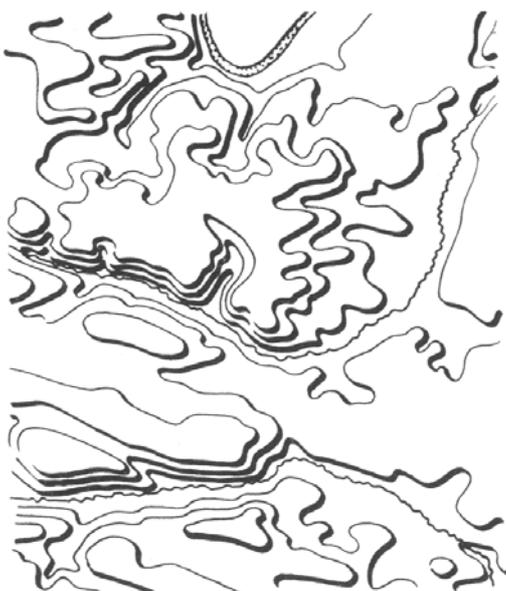


Hülle eines Körpers (Envelope)
[Quelle: Bertin 1974]

Isolinien

Isolinien werden als quantitative Komponenten der 3. Dimension genutzt. Sie repräsentieren äquidistante Werteinheiten. In einer graphischen Darstellung können sie jedoch weder die Gesamterhebung noch den Umfang des Volumens, die Höhe oder die Gefällerrichtung angeben. Die Gefällerrichtung wird im Allgemeinen in topographischen Karten durch eine Farbreihe (zusätzliche Farben oder Tonwerte) oder durch Schatten (Schummerung) angedeutet.

Das einfachste Verfahren ist jedoch die Schattierung der Isolinien. Dabei kommt das Licht (linke Abb.) von links oben (NW) was dem meisten Menschen als angenehm erscheint, da sie Rechtshänder sind. Die rechte Abb. zeigt das gleiche graphische Bild mit einer Ausleuchtung von oben.



[Quelle: Bertin 1974]

Fazit

Diese Lerneinheit sollte einen Einblick in die vielfältigen Ausdrucksmöglichkeiten der graphischen Transkription mit den Mitteln der nonverbalen Informationsübermittlung bzw. Erkenntniserweiterung, durch ein graphisches Zeichensystem vermitteln.

Innerhalb der Lerneinheit wurde der Fokus auf die Beschreibung von prägnanten Ausdrucksmitteln für die Gestaltung von graphischen Bildern gelegt.

Auch heutzutage bildet die Semiotik von Jaques Bertin eine weitgehend anerkannte Grundlage der kartographischen Gestaltung.

Literaturverzeichnis

Bertin 1974 Bertin, J.: **Graphische Semiologie - Diagramme, Netze, Karten**. Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1974 [ISBN 3-11-003660-6]

Bertin 1982 Bertin, J.: **Graphische Darstellungen und die graphische Weiterverarbeitung der Information**. Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1982