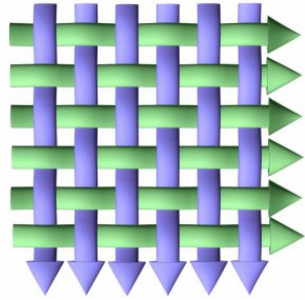


Sonderforschungsbereich 559

**Modellierung großer
Netze in der Logistik**



Technical Report 05001

ISSN 1612-1376

**Evaluation und Erweiterung der Kriterien zur
Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für
GNL**

Teilprojekt M9:

Jochen Bernhard,
Miroslaw Dragan

Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 2-4
44227 Dortmund

Sigrid Wenzel

Universität Kassel
Kurt-Wolters-Straße 3
34125 Kassel

Dortmund, den 20. Dezember 2005

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Evaluation der Taxonomie und ihre Ergebnisse	3
3	Konkretisierung des Informationsbegriffs	4
4	Erweiterte und modifizierte Klassifizierung der Visualisierungsverfahren	6
	4.1 Klassifizierung aus grafischer Sicht	6
	4.2 Klassifizierung aus Informationssicht.....	11
5	Beispiele	14
6	Charakterisierung der darzustellenden Information aus Anwendersicht	19
7	Ausblick und weitere Arbeiten	20
8	Literatur	21

1 Einleitung

Für die Schaffung von Informationstransparenz und zur Verdeutlichung von Sachverhalten spielt die Informationsvisualisierung eine entscheidende Rolle. Allerdings wird dem Fachanwender aufgrund der hohen Anzahl an möglichen Visualisierungsverfahren häufig die Entscheidung hinsichtlich der Auswahl des für seine Aufgabe geeigneten Verfahrens zur Erreichung einer effizienten und effektiven Visualisierung erschwert. In dem Technical Report 03005 „Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für GNL“ [BDW03] hat das Teilprojekt M9 „Methoden der Informationsgewinnung“ im SFB 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ diesen Sachstand bereits aufgegriffen und eine Klassifikation von Visualisierungsverfahren zum Einsatz bei der Modellierung und Simulation in Produktion und Logistik vorgestellt, die als Hilfsmittel zur Auswahl geeigneter Verfahren dienen soll.

Aufbauend auf den dort erläuterten Ergebnissen erfolgte im Rahmen der weiteren Arbeiten eine ausführliche Evaluation der erarbeiteten Taxonomie, die – im Gegensatz zu bisherigen Ansätzen aus der Literatur – erstmals eine klare Trennung nach grafischen Klassifikationskriterien und Kriterien aus Informationssicht verfolgt. Neben der Evaluation unter Nutzung von Visualisierungsverfahren aus der Literatur (z. B. [Chi00], [Har99], [Fri98], [SMü00], [PHP02]) und den gängigen Visualisierungsverfahren, die im Rahmen des SFB 559 Verwendung finden, wurde die Taxonomie auch national und international (vgl. [BWe04] und [WBJ03]) zur Diskussion gestellt und reflektiert. Die Ergebnisse der Evaluation führten im Nachgang zur Überarbeitung und Anpassung der Taxonomie.

Während in Kapitel 2 die wesentlichen Ergebnisse der Evaluation zusammenfassend dargestellt werden, beschreibt Kapitel 3 die sich aus der Evaluation abgeleitete erweiterte Form des Informationsbegriffs. Kapitel 4 stellt die Taxonomie der Visualisierungsverfahren aufbauend auf der in [BDW03] sowie [WBJ03] vorgestellten Klassifikation aus grafischer Sicht und Informationssicht vor und ergänzt diese um die während der Evaluation ermittelten Aspekte. Kapitel 5 gibt einen umfassenden Überblick an Beispielen für Visualisierungsverfahren, die entsprechend der Taxonomie eingeordnet sind und für die Evaluation Verwendung gefunden haben. Kapitel 6 behandelt die Nutzung der Taxonomie aus der Anwendersicht. Ziel ist hier, für eine gegebene Information potentiell nutzbare Visualisierungsverfahren systematisch zu ermitteln. Abschließend werden im Anhang die Beispiele aus dem Kapitel 5 sowie weitere Visualisierungsverfahren tabellarisch anhand der im Kapitel 4 beschriebenen Kategorien klassifiziert.

2 Evaluation der Taxonomie und ihre Ergebnisse

Die Evaluation der Taxonomie [BDW03] erfolgte über die Einordnung verschiedener konkreter Visualisierungsverfahren nach den Ausprägungen der in der Taxonomie enthaltenen Kriterien, wobei in die Untersuchung

- verschiedene Typen von Visualisierungsverfahren wie Wertediagramme, Organigramme, Flussdiagramme, Karten, etc.,
- verschiedene Ausprägungen eines Visualisierungstyps, wie z. B. einfaches, gestapeltes und kumulatives Balkendiagramm

sowie

- hybride Verfahren wie z. B. Karte mit einem Netzwerk, Karte mit einem Wertediagramm, Karte mit einem Flussdiagramm, Tabelle mit Diagrammen als Inhalt der Zellen

einbezogen wurden. Darüber hinaus wurde die Taxonomie unter Fachanwendern diskutiert und hinsichtlich der Verständlichkeit und Eindeutigkeit der Begrifflichkeit überprüft.

Als Ergebnis der Evaluation lassen sich zusammenfassend folgende wesentliche Schwächen festhalten:

1. Die verwendete Terminologie muss z. T. nochmals präzisiert werden; Begriffe sind noch eindeutiger zu definieren und untereinander abzugrenzen sowie in Bezug zur gängigen (z. T. umgangssprachlichen) Verwendung zu prüfen (Beispiel: Unterschied zwischen Symbol und Zeichen).
2. Die Eindeutigkeit der bestehenden Taxonomie in Bezug auf die Kriterienzuordnung zu unterschiedlichen Visualisierungsverfahren ist nicht in hinreichendem Maße gegeben. Dieser Sachverhalt gestaltet sich insofern als ungünstig, da die Taxonomie als Basismethode zur Verfahrensauswahl Verwendung finden soll.
3. Die Verwendung einzelner Kriterien steht z. T. in zu engem Bezug zur Festlegung eines anderen Kriteriums (Beispiel: Das Auftreten verschiedener Messniveaus innerhalb eines Visualisierungsverfahren in Abhängigkeit von der Anzahl der abhängigen Variablen).
4. Einzelne Kriterien haben eine zu eingeschränkte Sichtweise, wodurch sich ein Visualisierungsverfahren nur unzureichend beschreiben und auswählen lässt (Beispiel: Das Kriterium der *Dimension der abhängigen Variablen* geht implizit von der Darstellung nur einer unabhängigen Variable in einem Verfahren aus).
5. Aus der Anwendung erscheint nicht offensichtlich, ob die Verwendung der Kriterien für die Visualisierung einer Information oder eines Teils einer Information gelten soll. In diesem Zusammenhang ist der Informationsbegriff zu präzisieren und neu zu strukturieren.

Mit diesen Evaluationsergebnissen ergeben sich folgende grundsätzliche Änderungen der bestehenden Taxonomie:

1. Präzisierung der verwendeten Terminologie
2. Konkretisierung und Verbesserung des Kriteriums „Repräsentation“ innerhalb der Klassifikation aus grafischer Sicht
3. Ergänzung der Klassifikation aus grafischer Sicht um das Kriterium „Visuelle Variable“
4. Überarbeitung des Informationsbegriffs (vgl. Kapitel 3)
5. Anpassung der Klassifikation aus Informationssicht aufgrund der Einführung der Informationskomponenten

Die überarbeitete neue Taxonomie ist in Kapitel 4 beschrieben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Verständlichkeit wird sich dort allerdings nicht nur auf die Beschreibung der Änderungen und Erweiterungen fokussiert, sondern es wird die vollständige Klassifikation dargestellt und erläutert.

Mit der Überarbeitung der Klassifikation ist die Taxonomie in ihrer Gesamtheit vollständiger und eindeutiger geworden. Die Praxistauglichkeit und Verwendbarkeit als Basis des zu entwickelnden Methodenbaukastens sind insofern sichergestellt.

3 Konkretisierung des Informationsbegriffs

Wie bereits in [BDW03] ausgeführt unterscheidet die hier vorgestellte Klassifizierung explizit zwischen Information und Daten:

- *Daten* bestehen aus analogen oder digitalen Signalen oder Zeichen (Syntax) und dienen der Repräsentation und Darstellung von Information zum Zwecke der Verarbeitung (vgl. [DIN95]).

- *Information* umfasst Aussagen und Beschreibungen zu Eigenschaften und Strukturen bestimmter Gegenstände oder Sachverhalte (Semantik); sie wird mitgeteilt und entgegengenommen und ist aufgrund der Sender-Empfänger-Relation zweckgebunden. Information wird durch Daten codiert und ist kommuniziertes sowie formalisiertes Wissen, das der Wissensvermehrung dient (angelehnt an [DIN95] und [NTa97]).

Aufgrund der Ergebnisse der Evaluation ist die ausschließliche Betrachtung des abstrakten Begriffspaares Information – Datum nicht ausreichend, sondern der Begriff Information bedarf einer weiteren Konkretisierung:

1. Die Inhalte einer Information bestehen aus *Informationsobjekten*, die in Beziehung zueinander stehen können.
2. Informationsobjekte sind Instanzen einer *Informationskomponente* im Sinne einer Instanz einer Klasse in der objektorientierten Programmierung. Die Informationskomponente beinhaltet die gemeinsamen Eigenschaften/Attribute der Objekte.
3. Die Art der Beziehungen zwischen den Informationsobjekten wird als *Informationsstruktur* bezeichnet. Bestehen Beziehungen zwischen Objekten unterschiedlicher Informationskomponenten, kann dies gleichzeitig auch eine grundsätzliche Beziehung zwischen den betroffenen Informationskomponenten darstellen.

Mit dieser Darstellung lehnen sich die Autoren an [Wün98] an, nach dem der *Inhalt einer Information* aus einer Menge von Informationsobjekten und einer Informationsstruktur besteht, die die Beziehung zwischen den Informationsobjekten beschreibt. Gleichartige Informationsobjekte bilden eine Informationsklasse, die so genannte Informationskomponente [Ber74].

Beispiel: Die in der unteren Abbildung dargestellte Information beinhaltet drei Informationskomponenten (Anzahl Defekte/1000Fahrzeuge, Werk, Jahr), die in Beziehung zueinander stehen. Beispielsweise sind auf der X-Achse die Informationsobjekte A, B, C, die zu der Informationskomponente „Werk“ gehören, dargestellt.

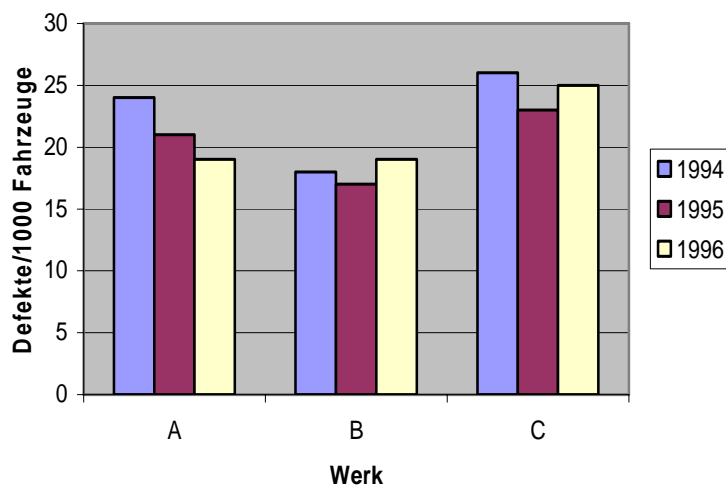


Abbildung 1: Vergleich von drei Werken anhand der Anzahl defekter Fahrzeuge in drei aufeinander folgenden Jahren.

4 Erweiterte und modifizierte Klassifizierung der Visualisierungsverfahren

4.1 Klassifizierung aus grafischer Sicht

Die Taxonomie für Visualisierungsverfahren aus grafischer Sicht [WBJ03] wurde im Wesentlichen an den erweiterten Informationsbegriff angepasst und um das Kriterium „Visuelle Variable“ erweitert, um dem Aspekt der grafischen Ausgestaltung sowie der visuellen Codierung von Informationskomponenten Rechnung zu tragen. Des Weiteren wurden die Definitionen der einzelnen Kriterien nochmals eindeutiger formuliert und konkretisiert.

Kriterium	Ausprägung						
Darstellungsdimension	1-D	2-D	2 ½-D	3-D			
Repräsentation	symbolisch/ Zeichen	symbolisch/ abstraktes Symbol	ikonisch/ stilisierte Abbildung	ikonisch/ realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Visuelle Variable	Geometrisches Bezugssystem	Größe	Ausrichtung	Form	Farbe	Muster	Helligkeit
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im grafischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentations- zeitverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegtbild	proportionales Bewegtbild / Zeitupe	proportionales Bewegtbild / Echtzeit	proportionales Bewegtbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem grafischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Abbildung 2: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren aus grafischer Sicht (in Anlehnung an [VDI03]).

Darstellungsdimension

Die Darstellungsdimension beschreibt die Anzahl der visuell unmittelbar ersichtlichen verwendeten Dimensionen. Sie tritt in Anlehnung an [VDI03] in folgenden Ausprägungen auf:

- **1-D:**
Unter eindimensionaler Darstellung ist eine Darstellungsform gemeint, die keine weitere Dimension benötigt, z. B. Prozessfortschrittsbalken.
- **2-D:**
Die Standarddimension bei vielen Diagramm- und Kartenarten.
- **2½-D:**
Die 2½-dimensionale Darstellung ist eine aus einer 2-D-Vorlage entwickelte 3-D-Darstellung, deren Ergebnis einen künstlichen, räumlichen Eindruck erzeugt.

- **3-D:**
Eine dreidimensionale Darstellung besitzt drei explizit definierte Dimensionen. Damit ermöglichen 3-D-Visualisierungsverfahren die Ansicht der dargestellten Objekte aus jeder beliebigen Position im Beobachtungsraum.

Repräsentation

Die Repräsentation bezeichnet die möglichen Formen der visuellen Beschreibung von Information. Sie wird durch folgende Ausprägungen beschrieben [VDI03], [DIN98]:

- **symbolisch:**
Die Codierung der Information erfolgt durch Zeichen oder abstrakte Symbole. Zeichen repräsentieren die Elemente einer gleichartigen endlichen Menge, z. B. Schriftzeichen, Impulsfolgen. Ein abstraktes Symbol vermittelt erst durch eine für einen bestimmten Anwendungsbereich festgelegte Konvention seine Bedeutung. Die Zuordnung zwischen dem Symbol und dessen Bedeutung ist allerdings in unterschiedlichen Kontexten beliebig. Beispiele für Symbole sind chemische und mathematische Symbole, Bezeichnungen für physikalische Größen, aber auch frei erfundene Sinnbilder, sofern ihre Bedeutung in einem Anwendungsbereich eindeutig festgelegt ist.
- **ikonisch:**
Im Gegensatz zum Symbol vermittelt die ikonische Repräsentation die in dem verwendeten Ikon unmittelbar dargestellte Bedeutung und kommt ohne Codekonvention aus. Eine ikonische Abbildung beruht deshalb immer auf einer Ähnlichkeit zwischen ihrer Bedeutung und ihrer Abbildung. Eine ikonische Repräsentation kann einen geringen (stilisiert) oder aber hohen (realitätsnah) Realitätsbezug aufweisen.
- **fotorealistisch:**
Die fotorealistische Repräsentation gibt einen Ausschnitt aus der Realität sehr originalgetreu wieder und weist eine hohe Realitätsnähe auf.

Darstellungsform

Die Darstellungsform eines Visualisierungsverfahrens umfasst die Gesamtdarstellung des Sachverhaltes unter Nutzung verschiedener Repräsentationen [VDI03]:

- **Schrift:**
Unter Schrift versteht man eine endliche Zeichenfolge.
- **Tabelle:**
Eine Tabelle ist eine strukturierte visuelle Anordnung von Zeichen.
- **Diagramm:**
Unter einem Diagramm versteht man die strukturierte grafische Anordnung von Zeichen, Symbolen oder Ikonen.
- **Zeichnung:**
Eine Zeichnung ist eine vom Original abstrakte Darstellungsform, die zumindest in ihrer topologischen Struktur Originalähnlichkeit aufweist.
- **Bild:**
Die Darstellung als Bild erreicht eine hohe Ähnlichkeit mit dem Original.
- **Virtuelle Welt:**
Virtuelle Welt zeichnet sich i. d. R. durch eine hohe visuelle Originalähnlichkeit aus und stellt für den Betrachter eine erlebbare dreidimensionale Umgebung dar.

- *Erweiterte Realität:*
Erweiterte Realität beschreibt eine um virtuelle Objekte/Szenen erweiterte Realität.

Visuelle Variable

Im Gegensatz zu den ersten drei Kriterien, in denen die grafische Gesamtdarstellung beschrieben wird, kommt es bei diesem Kriterium auf die Art und Weise an, wie die Informationsobjekte visuell codiert werden können. Eine visuelle Variable kann dabei der Differenzierung sowohl zwischen Informationskomponenten als auch zwischen Informationsobjekten innerhalb einer Informationskomponente dienen. Die Ausprägungen des Kriteriums sind im Folgenden aufgeführt und orientieren sich an [Ber74]:

- *Geometrisches Bezugssystem:*
Ein geometrisches Bezugssystem beschreibt die Lage (Position) der von einem Visualisierungsverfahren dargestellten grafischen Elemente. Beispielsweise wird durch die grafischen Koordinaten bei der Verwendung einer Karte ein zweidimensionales Bezugssystem definiert. Typische geometrische Bezugssysteme sind die kartesischen, polaren, parallelen oder geografischen Koordinatensysteme. Bei einer tabellarischen Darstellung codiert das geometrische Bezugssystem die logische Zuordnung von Zeilen und Spalten.
- *Größe/Ausrichtung/Form/Farbe/Muster/Helligkeit:*
Diese grafischen Elemente können in ihrer Ausprägung variieren und erlauben somit die grafische Codierung ggf. mehrerer Informationskomponenten sowohl ohne als auch unter Verwendung eines zusätzlichen Bezugssystems. Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die Verwendung der Ausprägungen dieses Kriteriums im Bezug auf die grafische Darstellung der grafischen Primitive wie Punkt, Linie und Fläche.

	Punkt	Linie	Fläche
Form			
Ausrichtung			
Farbe			
Muster			
Helligkeit			
Größe			

Abbildung 3: Beispiel für unterschiedliche Ausprägungen von Punkten, Linien und Flächen (angelehnt an [Rob99])

Skalierung

Das Kriterium Skalierung berücksichtigt den für das geometrische Bezugssystem gewählten Maßstab. Unterschiedliche Achsenmarkierungen, Abstände zwischen den Markierungen sowie das Verhältnis zwischen den einzelnen Abständen führen zu einer unterschiedlichen Skalierung der einzelnen Informationskomponenten.

- *keine:*
Es wird keine Skalierung verwendet, z. B. bei Nichtverwendung eines geometrischen Bezugssystems.
- *linear:*
Der linearen Skalierung liegt ein linearer Maßstab, beispielsweise in Form einer diskreten, äquidistanten Achseneinteilung von 1, 2, ..., n zugrunde.
- *logarithmisch:*
Die logarithmische Skalierung ist ein in Dekaden eingeteilter Maßstab. Beispielsweise sind die Abstände zwischen den Hauptmarkierungen gleich. Die dazugehörigen Werte unterscheiden sich jedoch um einen konstanten Faktor.
- *exponentiell:*
Auf einer exponentiellen Skala nehmen die Werte, bei einem gleich bleibenden Abstand zwischen den Markierungen, eine Potenz einer linearen Skalierung an. Nimmt man als Ausgangsbasis die lineare Skalierung mit den Markierungen 0, 1, 2, 3, 4, 5, ..., und 2 als Potenz an, so bekommen die Markierungen einer exponentiellen Skala die Werte 0, 1, 4, 9, 16, 25,
- *kategorisierend:*
Eine kategorisierende Skalierung wird oft in Verbindung mit einem nominalen Messniveau der Informationskomponenten (z. B. Automarken) benutzt. Zwar können die Ausprägungen dieser Skalierung geordnet werden (z. B. alphabetisch), hingegen ist keine Ermittlung einer Rangordnung möglich.

Die obigen vier Ausprägungen (im Falle einer vorliegenden Skalierung) zählen zu den meist verbreiteten Skalierungsarten (angelehnt an [Har99]).

Planare geometrische Projektion

Unter einer planaren geometrischen Projektion versteht man die Transformation geometrischer Objekte eines n-dimensionalen Raumes in einen Raum niedrigerer Dimensionalität. Die Projektion entsteht durch Projektionsstrahlen, die ausgehend von einem Projektionszentrum durch jeden Punkt des Objektes verlaufen und dabei eine Projektionsebene schneiden.

- *keine:*
Es wird keine Projektion verwendet.

Zu den wichtigsten hier relevanten Projektionsarten zählen nach [FDF+94]:

- *orthogonal:*
Bei der orthogonalen Projektion liegt das Projektionszentrum im Unendlichen. Die Projektionsstrahlen verlaufen parallel zueinander und senkrecht zur Projektionsebene. Zu den orthogonalen Projektionen zählen der Grund-, Auf- (Abbildung 4a) und Seitenriss sowie die axonometrischen Projektionen (Abbildung 4b). Bei der axonometrischen Projektion liegt keine Ebene des Objektes parallel zur Projektionsebene. Dies ermöglicht das gleichzeitige Zeigen mehrerer Seiten eines Objektes. Dabei werden jedoch die Winkel und Längen verzerrt dargestellt.
- *schief:*
Die schiefe Projektion unterscheidet sich nur gering von der orthogonalen Projektion.

Die Projektionsstrahlen treffen hier nicht senkrecht, sondern schräg auf die Projektionsebene. Die Ebenen, die parallel zur Projektionsebene liegen, bleiben winkel- und längentreu. Bekannte Vertreter der schiefen Projektion sind die Kavalier- (Abbildung 4c) und Kabinettprojektion. Während bei der Kavalierprojektion die in die Tiefe gehenden Geraden längentreu dargestellt werden, wird bei der Kabinettprojektion die Tiefe um die Hälfte verkürzt. Bei beiden werden die in die Tiefe gehenden Seiten des Objektes winkerverzerrt dargestellt.

- *perspektivisch:*
Eine perspektivische Projektion zeichnet sich dadurch aus, dass das Projektionszentrum einen endlichen Abstand zur Projektionsebene besitzt. Aufgrund dieser Tatsache laufen parallele Geraden, die nicht parallel zur Projektionsebene verlaufen, in einem Fluchtpunkt zusammen (Abbildung 4d).

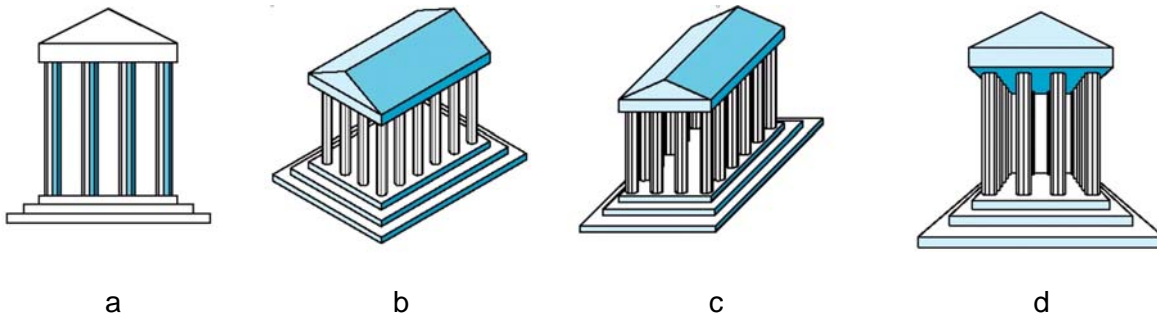


Abbildung 4: Beispiele für verschiedene planare geometrische Projektionen

Zeitrepräsentation im grafischen Modell

Die Ausprägungen der Zeitrepräsentation im grafischen Modell bestimmen, ob und in welcher Form ein Verhalten über die Zeit im Modell dargestellt wird:

- *keine:*
Das grafische Modell ist statisch.
- *diskret:*
Es finden zu bestimmten Zeitpunkten Veränderungen im grafischen Modell statt.
- *kontinuierlich:*
Das grafische Modell verändert sich kontinuierlich.

Präsentationszeitverhalten

Das Präsentationszeitverhalten beschreibt die Art des dem Betrachter dargestellten Zeitbezuges:

- *Standbild:*
Die Präsentation erfolgt als statisches Bild.
- *nicht proportionales Bewegtbild:*
Bilder werden zu bestimmten Zeitpunkten, unproportional bzgl. der Zeit, nacheinander geordnet eingeblendet.
- *proportionales Bewegtbild:*
Die Abfolge geschieht hier proportional zu der Zeitachse. Der Bezug zu der Originalzeit wird durch Zeitlupe, Zeitraffer und Echtzeit beschrieben. Die Bildabfolge verläuft in Zeitlupe langsamer, im Zeitraffer schneller als in der Originalzeit. Eine in Echtzeit dargestellte Präsentation entspricht dem Originalzeitverlauf.

Interaktion

Das Kriterium Interaktion beschreibt die Möglichkeiten des Benutzers hinsichtlich Wahrnehmung und Einflussnahme während der Präsentation. Ein System wird als interaktiv bezeichnet, wenn es Benutzereingaben erlaubt und die Systemantwort so schnell erfolgt, dass der Benutzer diese in seinem Arbeitsablauf typischerweise einbezieht [VDI03]:

- *keine:*
Eine Interaktion ist nicht möglich.
- *als Navigation in der Präsentation:*
Die Interaktion beschränkt sich auf das Anhalten und Fortsetzen der Präsentation.
- *mit dem grafischen Modell:*
Der Betrachter beeinflusst den Visualisierungsprozess durch Veränderung der Visualisierungsparameter.
- *mit dem Datenmodell:*
Der Betrachter beeinflusst den Visualisierungsprozess durch Veränderung der Datenausprägung. Bei einer Simulation wäre eine Interaktion durch Veränderung der Parameter im Simulationsmodell gegeben.
- *in und mit dem Modell:*
Der Betrachter ist ein Teil der Visualisierung (Virtuellen Welt) und hat interaktiven Einfluss auf die Visualisierung und auf das zugrunde liegende (Daten-) Modell.

4.2 Klassifizierung aus Informationssicht

Die Änderungen zur Taxonomie aus Informationssicht beziehen sich maßgeblich auf die Anpassung an den erweiterten Informationsbegriff (vgl. Kapitel 3). So baut nun die Informationscodierung auf dem Begriff der Informationskomponente und ihrem Messniveau auf. Demzufolge ist das Messniveau informationskomponentenabhängig; die „Dimension der abhängigen Variable“ fällt weg.

Bei dem Kriterium „Art der darstellbaren Information“ entfällt die Ausprägung „qualitativ und quantitativ“, da sie durch die gleichzeitige Auswahl beider Ausprägungen ohne inhaltliche Veränderung ersetzt werden kann.

Kriterium		Ausprägung							
		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darstellbaren Information		qualitativ	quantitativ						
Informationsstruktur		unabhängig	sequentiell	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig		
Informations-codierung	Anzahl darstellbarer Informationskomponenten	1	2	3	4	5	6	7	n
	Messniveau der Informationskomponenten	nominal diskret	ordinal diskret	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich		

Abbildung 5: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren aus Informationssicht.

Primäre Funktion

Die primäre Funktion eines Visualisierungsverfahrens kennzeichnet die Problemstellung, die mit dem Visualisierungsverfahren gelöst werden soll. Sie umfasst damit auch die Anforderungen an das Visualisierungsverfahren, die erfüllt werden müssen, um der Intention zur Informationsvermittlung gerecht zu werden. Zu den Ausprägungen dieses Kriteriums zählen in Anlehnung an [SMü00] und [Fri98] folgende Problemklassen:

- *Identifikation*: Ermittlung exakter Werte aus der darstellbaren Information.
- *Lokalisierung*: Relative oder absolute Orts- und Lagebestimmung einzelner Informationsobjekte. Hierzu zählt beispielsweise die räumliche Lokalisierung bei einer beschreibenden Karte.
- *Korrelation*: Aufzeigen direkter Beziehungen zwischen Informationsobjekten. Beispielsweise ermöglicht ein Ablaufdiagramm das Ermitteln der direkten Beziehung zwischen Funktionsverläufen.
- *Assoziation*: Aufzeigen indirekter Beziehungen zwischen Informationsobjekten.
- *Vergleich*: Gegenüberstellung von Informationsobjekten mit dem Ziel, Gemeinsamkeiten und Unterschiede hervorzuheben.
- *Struktur und Muster*: Aufzeigen charakteristischer Merkmale und Muster, wie z. B. Rangfolgen, Ausreißer oder Trends.
- *Gruppierung*: Einteilung von Informationsobjekten nach bekannten Eigenschaften zum Aufzeigen von Unterschieden mit dem Ziel einer Bündelung oder Clusterbildung.
- *Klassifikation*: Einteilung von Informationsobjekten nach bekannten Kriterien, z. B. durch eine Taxonomie, mit dem Ziel der Separierung.

Die Zuordnung eines Verfahrens zu den Ausprägungen des Kriteriums „Primäre Funktion“ ist nicht eindeutig, d. h. ein Verfahren kann ggf. mehrere Intentionen erfüllen.

Art der darstellbaren Information

Die Unterscheidung zwischen qualitativer und quantitativer Information ergibt sich durch die Beschaffenheit der darstellbaren Informationsobjekte. Qualitative Information spiegelt Ideen und Zusammenhänge wider, die mathematisch nicht beschreibbar und zahlenmäßig nicht darstellbar sind. Dagegen kann quantitative Information durch Ausmaße („Wie viel“) beschrieben werden. Beispielsweise wird über ein Organisationsdiagramm als Visualisierungsverfahren in erster Linie qualitative Information vermittelt, während ein Liniendiagramm primär quantitative Information darstellt.

Informationsstruktur

Die Informationsstruktur stellt ein erkennbares formales Muster dar, das beschreibt, wie die Informationsobjekte einer Information untereinander bzw. wie gleichartige Informationsobjekte einer Informationskomponente zu gleichartigen Informationsobjekten einer anderen Informationskomponente in Beziehung stehen. Eine Information kann dadurch, dass sie aus mehreren Informationsobjekten besteht, einen Verbund bilden, der eine bestimmte Struktur annimmt. Die Strukturen können sich wie folgt unterscheiden (vgl. hierzu Abbildung 6 sowie [SMü00] und [PHP02]):

- *unabhängig*: Die Informationsobjekte treten in keinem formalen bzw. logischen Zusammenhang auf. In diesem Fall besitzt die Informationsstruktur kein erkennbares Muster, die Informationsobjekte sind damit unabhängig voneinander.

- *sequentiell:*
Eine sequentielle Informationsstruktur ordnet die Informationsobjekte in Form einer Liste (Folge) an.
- *relational:*
Eine relationale Informationsstruktur stellt Informationsobjekte von mindestens zwei Informationskomponenten zueinander in Beziehung (z. B. Anzahl defekter Fahrzeuge pro Produktionsjahr).
- *kreisförmig:*
Die kreisförmige Informationsstruktur beschreibt kreisförmige Beziehungen zwischen Informationsobjekten, beispielsweise können Informationsobjekte als Eckpunkte eines geschlossenen Polygonzuges dargestellt werden.
- *hierarchisch:*
Die hierarchische Struktur zeichnet sich dadurch aus, dass die Informationsobjekte in einer Baumstruktur organisiert sind. Ein Baum besteht aus Knoten, die untereinander in Beziehung stehen (Eltern-Kind-Beziehung). Jeder Knoten innerhalb der Baumhierarchie kann wiederum auf endlich viele Knoten verweisen; verweist ein Knoten auf keine weiteren Knoten, wird dieser als Blatt bezeichnet. Umgekehrt besitzt außer der Wurzel jeder Knoten genau einen übergeordneten Knoten.
- *netzwerkartig:*
Netzwerkstrukturen zeichnen sich dadurch aus, dass die Informationsobjekte ohne definierte Hierarchie untereinander in Beziehung stehen. Die Verbindung der Informationsobjekte kann dabei gerichtet oder ungerichtet sein. Netzwerkdiagramme, die zu der Kategorie der Veranschaulichungsdiagramme gehören, sind ein Beispiel für Verfahren, die eine netzwerkartige Informationsstruktur effektiv darstellen können.

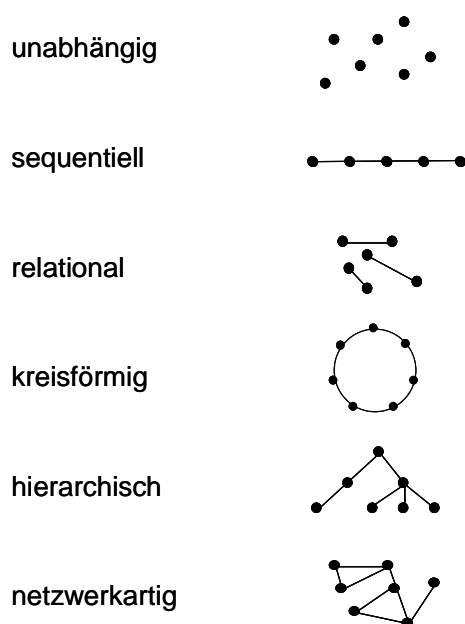


Abbildung 6: Unterschiedliche Informationsstrukturen

Informationscodierung

Die Informationscodierung charakterisiert Form und Umfang, über die die Information visuell codiert werden kann. Dabei sind die Informationsobjekte einer Information mindestens zu einer Informationskomponente zusammenzufassen. Die Informationscodierung wird durch die Anzahl darstellbarer Informationskomponenten sowie deren Messniveaus beschrieben.

Anzahl der darstellbaren Informationskomponenten

Das Potential eines Visualisierungsverfahrens wird durch die Anzahl der sinnvoll darstellbaren Informationskomponenten bestimmt.

Messniveau der Informationskomponenten

Jede Informationskomponente weist ein Messniveau auf. Das Messniveau gibt die Abbildungsgenauigkeit an und bestimmt damit die für den Anwender aus der Information ableitbaren Aussagen. Das Messniveau wird wie folgt unterschieden:

- Das *nominale* Messniveau ist ausschließlich diskret und ermöglicht nur Aussagen über die Gleichheit oder Ungleichheit von Informationsobjekten. Beispiel hierfür ist die „Farbe“ als Informationskomponente mit deren Informationsobjekten „rot“, „grün“, „gelb“ usw. Die Festlegung einer Rangordnung sowie mathematische Verknüpfungen sind nicht möglich.
- Das *ordinale* Messniveau ist ausschließlich diskret und ermöglicht den Vergleich von Informationsobjekten, z. B. im Sinne von „>/=<“-Relationen. Diese Art der Informationscodierung ermöglicht die Aufstellung einer Rangordnung, Unterschiede zwischen einzelnen Informationsobjekten sind aber nicht feststellbar.
- Das *intervallskalierte* Messniveau ermöglicht die Darstellung von Informationsobjekten mit relativem Skalenbezug, so dass nur Differenzen und Summen verglichen werden können. So ist beispielsweise feststellbar, dass die Differenz der Temperaturen zwischen -5° Celsius und -8° Celsius gleich der Differenz zwischen 10° Celsius und 13° Celsius ist. Hingegen sind keinerlei Aussagen über das Verhältnis zwischen den Daten möglich: Falsch wäre die Behauptung, dass es bei 10° Celsius doppelt so warm ist wie bei 5° Celsius, weil es keinen „natürlichen“ Nullpunkt gibt. Das intervallskalierte Messniveau kann sowohl diskret als auch kontinuierlich sein.
- Das *verhältnisskalierte* Messniveau erweitert das intervallskalierte Messniveau um einen „natürlichen“ Nullpunkt, wie z. B. den absoluten Nullpunkt der Kelvin-Temperaturskala. Hier sind auch Operationen wie Multiplikation und Division erlaubt.

5 Beispiele

Zur Verdeutlichung der Nutzbarkeit der Klassifikation werden im Folgenden einige Visualisierungsverfahren vorgestellt und gemäß der im Kapitel 4 aufgezeigten Kriterien klassifiziert. Nach der ausführlichen Behandlung der Balkendiagramme erfolgt die Klassifikation eines Punkt- und Flussdiagramms sowie einer Tabelle. Abschließend soll das aus einer Karte und einem Netzdiagramm aufgebaute Mischverfahren die Eignung der Klassifikation bei Verwendung hybrider Visualisierungsverfahren in der Praxis verdeutlichen. Des Weiteren werden im Anhang viele weitere Visualisierungsmethoden ausführlich klassifiziert. Bei der Untersuchung der Visualisierungsverfahren wurden zunächst mit Priorität die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 559 eingesetzten Verfahren berücksichtigt. Aufgrund der Vielfalt der klassifizierten Verfahren ist allerdings die Allgemeingültigkeit auch für andere Anwendungsgebiete gegeben.

Balkendiagramm

Balkendiagramme zählen zu den bekanntesten Visualisierungsverfahren; ihr Einsatz ist interdisziplinär. Die Einsatzgebiete in der Logistik umfassen u. a. die Visualisierung von Information wie z. B. Maschinenbelegungspläne, Auftragserledigung, Arbeitskräfte- oder Fahrzeugeinsatz. Balkendiagramme können sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Form sowie gruppiert oder gestapelt auftreten. Die Abbildung 7 stellt vier verschiedene vertikale Balkendiagramme dar. Das erste Balkendiagramm (Abbildung 7a) stellt die Anzahl

defekter Fahrzeuge pro 1000 Stück in drei verschiedenen Produktionswerken dar. Die drei folgenden Balkendiagramme b, c und d erweitern die Information um den zeitlichen Aspekt, nämlich die zeitliche Unterscheidung in drei aufeinander folgenden Jahren. Trotz verschiedener Typen von Balkendiagrammen existieren Eigenschaften, die für alle Balkendiagramme gleich sind. Anhand der oben beschriebenen Klassifizierung sind dies aus der grafischen Sicht die symbolische Repräsentation (sowohl Zeichen als auch abstraktes Symbol), die Darstellung in Form eines Diagramms, das geometrische Bezugssystem als grundlegende visuelle Variable, Standbild als Präsentationszeitverhalten sowie in der Regel keine Interaktion. Die Darstellungsdimension kann zwischen 2-D (Abbildung 7a, Abbildung 7b), 2½-D (Abbildung 7c) sowie 3-D (Abbildung 7d) variieren. Während im Fall 2-D sowie 2 ½-D das geometrische Bezugssystem zwei Informationskomponenten codiert, verlangt die Benutzung eines dreidimensionalen Balkendiagramms (Abbildung 7d) nach einer Information, bestehend aus mindestens drei Informationskomponenten. Eine Alternative zur Benutzung der dritten Dimension bietet auch die Verwendung einer weiteren visuellen Variable, z. B. in Form von Farbe (Abbildung 7b) oder Muster (Abbildung 7c). Analog könnte man statt Farbe und Muster auch Helligkeit oder Form verwenden. In allen vier Beispielen haben wir mit einer kategorisierenden und einer linearen Skalierung zu tun. Die ersten zwei Beispiele (Abbildung 7a, Abbildung 7b) benutzen keine Projektion, bei den anderen (Abbildung 7c, Abbildung 7d) wird die schiefe Projektion eingesetzt. Die Zeitrepräsentation ist mit der Unterscheidung der drei aufeinander folgenden Jahre in den Beispielen Abbildung 7b, Abbildung 7c, Abbildung 7d in diskreter Form gegeben.

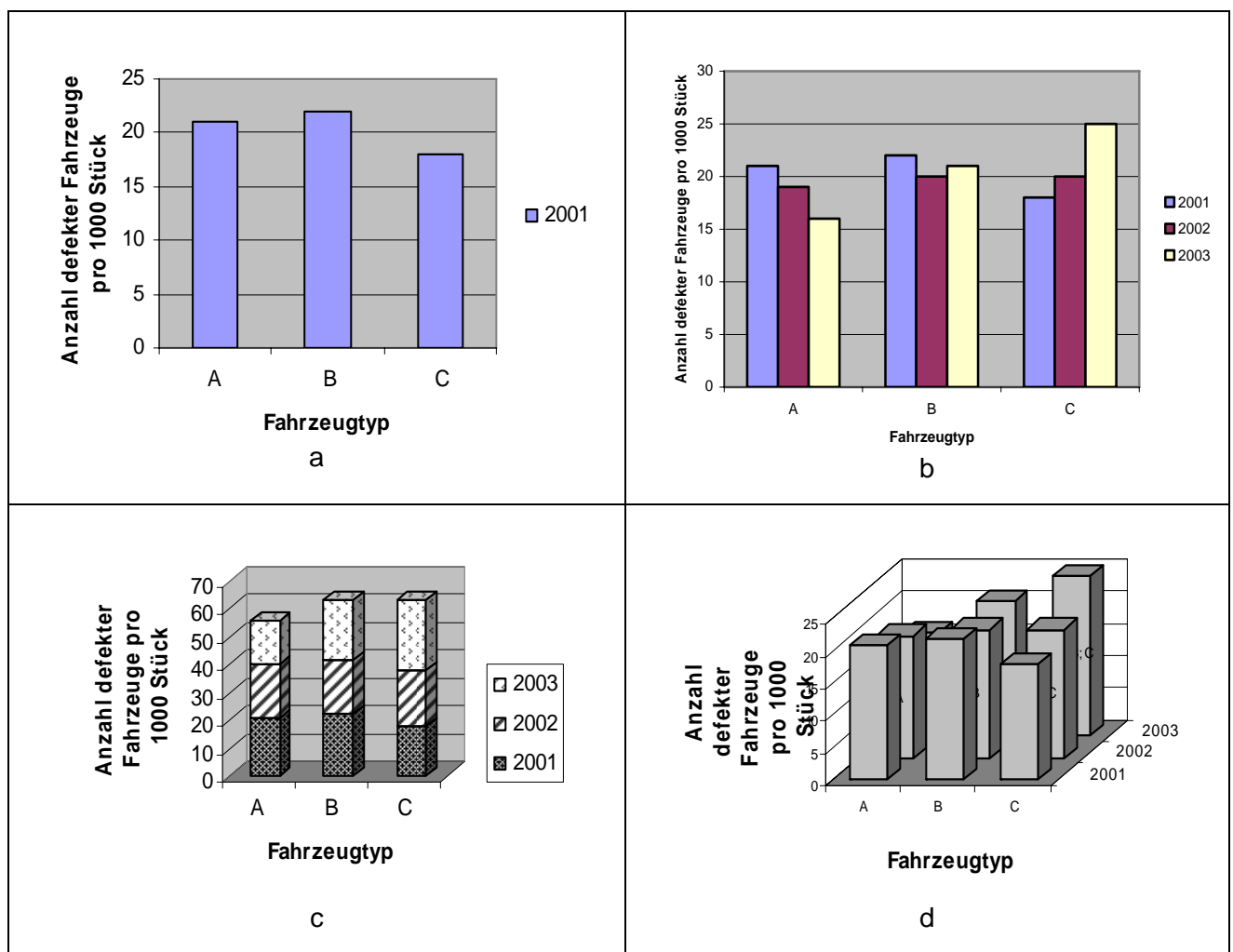


Abbildung 7: Beispiele für Balkendiagramme

Aus Informationssicht dienen Balkendiagramme in erster Linie der Identifikation, der Lokalisierung sowie dem Vergleich. Ferner kann die Benutzung der Balkendiagramme zur Darstellung gewisser Strukturen und Muster wie Tendenzen bzw. Trends beitragen. So kann der Betrachter dem gruppierten Balkendiagramm (Abbildung 7b) direkt eine qualitative Tendenz entnehmen. In diesem Fall entwickelte das Werk A eine stetige Verbesserung der Produktionsqualität in der dreijährigen Zeitzone. Diese Erkenntnis kann nicht direkt dem gestapelten Balkendiagramm entnommen werden. Das Gleiche gilt für Beispiel 6d, in dem die Perspektive zu einer Verdeckung der hinteren Balken führt. Ebenso kann die Art der darstellbaren Information wie im Beispiel 6c sowohl quantitativ als auch qualitativ sein. Die darstellbare Informationsstruktur kann nur einen relationalen Charakter besitzen. So ordnet die Informationsstruktur im Beispiel 6a den Informationsobjekten der Informationskomponente „Werk“ jeweils Informationsobjekte der Informationskomponente „Anzahl defekter Fahrzeuge pro 1000 Stück“ zu. In den Fällen 6b, 6c und 6d wird immer einem Tupel, bestehend aus „Werk“ und „Jahr“, die Anzahl der Defekte zugeordnet. Balkendiagramme stellen mindestens zwei Informationskomponenten dar. Zusätzlich muss mindestens eine der Informationskomponenten diskret sein. In diesem Fall ist es jeweils die nominale Informationskomponente „Werk“. Im Falle vertikaler Balkendiagramme wird sie auf der X-Achse (Abszisse) aufgetragen, bei horizontaler Ausführung entsprechend auf der Y-Achse (Ordinate). Die übrigen Informationskomponenten sind bei allen vier Beispielen ebenfalls diskret; die Komponente „Jahr“ (nur bei Beispielen 6b, 6c, 6d vorhanden) ist ordinal diskret, die Komponente „Anzahl defekter Fahrzeuge pro 1000 Stück“ verhältnisskaliert diskret.

Punktdiagramm

Reine Punktdiagramme, auch Streudiagramme oder Scatter-Plots genannt, werden in erster Linie verwendet, um relational strukturierte Informationen ohne primär erkennbare Trends grafisch mit Hilfe des geometrischen Bezugssystems zu veranschaulichen. Trotzdem ist es möglich, z. B. durch Verwendung der Farbe als visuelle Variable, zusätzliche Information zu codieren. Als Beispiel soll das in der Abbildung 8 dargestellte Punktdiagramm dienen. Das Verfahren visualisiert die Einteilung der Flugzeuge an einem Flughafen in 6 Cluster bezüglich des Frachtgewichtes, der Anzahl der Gepäckstücke und der Anzahl der Passagiere. Durch die Anwendung der schiefen planaren Projektion erhält man eine dreidimensionale Darstellung mit linearer Skalierung auf jeder Achse. Des Weiteren handelt es sich um ein Standbild ohne Zeitrepräsentation und Interaktion. Aus grafischer Sicht ähnelt das Punktdiagramm stark dem Balkendiagramm.

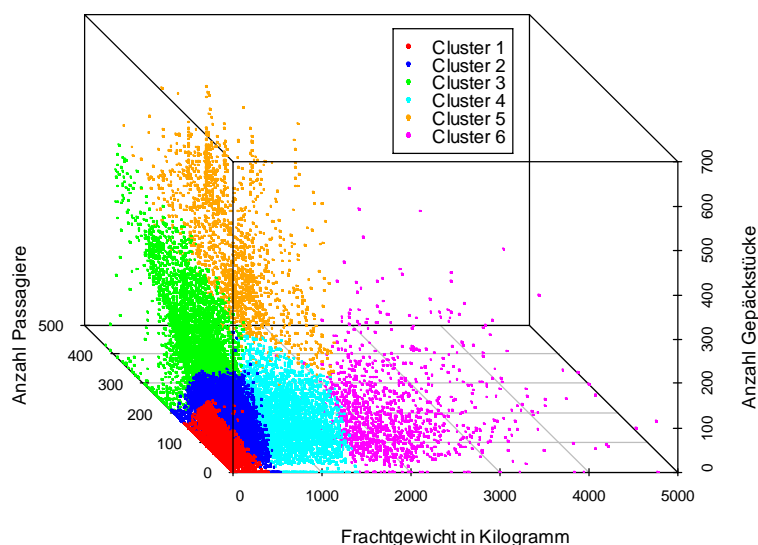


Abbildung 8: Beispiel für ein Punktdiagramm

Aus Informationssicht unterscheidet sich das Punktdiagramm gegenüber dem Balkendiagramm. Im Gegensatz zu den Balkendiagrammen ist hier die primäre Funktion in Form der Identifikation, Lokalisierung sowie Vergleich nur eingeschränkt gegeben. Die Zuordnung der Punkte zu dem jeweiligen Informationsobjekt ist im obigen Beispiel nur bezüglich der Clusterzugehörigkeit möglich. Die primäre Funktion ist demnach die Gruppierung. Die dargestellte Information ist qualitativ und beinhaltet vier Informationskomponenten, nämlich Frachtgewicht, Anzahl der Gepäckstücke, Anzahl der Passagiere sowie die Zugehörigkeit zu einem der sechs Cluster. Das Messniveau der Informationskomponente Cluster ist ordinal diskret. Die Komponente „Frachtgewicht“ ist verhältnisskaliert kontinuierlich, die übrigen zwei Informationskomponenten weisen ein verhältnisskaliertes diskretes Messniveau auf.

Flussdiagramm

Flussdiagramme visualisieren eine zeitliche Abfolge von Prozessen bzw. Ereignissen. Das in der Abbildung 9 dargestellte Beispiel für ein Flussdiagramm stellt ein Ablaufschema beim Meldebestandsverfahren dar. Das zweidimensionale Diagramm wird mit Hilfe von Zeichen sowie abstrakten Symbolen repräsentiert. Als visuelle Variable wird die „Form“ verwendet: Über drei Formausprägungen unterscheidet man die Informationskomponenten „Ereignisart“, „Bedingungsart“ sowie die Beziehung zwischen den beiden Informationskomponenten (Informationsstruktur).

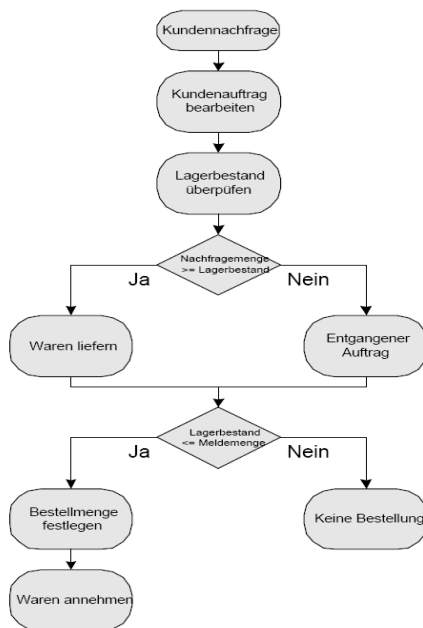


Abbildung 9: Beispiel für ein Flussdiagramm

Aus Informationssicht wird das ausschließlich qualitative Visualisierungsverfahren durch die primären Funktionen Korrelation und Assoziation sowie durch die netzwerkartige Informationsstruktur charakterisiert. Beide Informationskomponenten weisen ein nominales, diskretes Messniveau auf.

Tabelle

Tabellen eignen sich einerseits zu einer sehr präzisen Darstellung von relational strukturierten Informationen, andererseits bilden Tabellen oft den Ausgangspunkt vieler Wertediagramme. Obwohl Tabellen meistens quantitative Informationen darstellen, eignen sie sich auch für die Darstellung qualitativer Informationen, wie das Beispiel in der Abbildung 10 zeigt. Die zweidimensionale Tabelle besitzt als visuelle Variable nur das durch die Position der Tabelleneinträge gegebene geometrische Bezugssystem.

Planungsaufgabe	Bezeichnung	Datenformat
Absatzplanung	Absatzplan	Bedarfsplan
	Absatzplanposition	Bedarf
Netzwerkplanung	Beschaffungsprogrammplan	Bedarfsplan
	Beschaffungsprogrammplanposition	Bedarf
	Distributionsprogrammplan	Bedarfsplan
	Distributionsprogrammplanposition	Bedarf
Beschaffungsplanung	Beschaffungsplan	Bedarfsplan
	Beschaffungsplanposition	Bedarf
Auftragsplanung	Auftrag	Bedarfsplan
	Auftragsposition	Bedarf
Produktionsbedarfsplanung	Fremdbedarfsplan	Bedarfsplan
	Fremdbedarf	Bedarf
Produktionskapazitätsplanung	Sekundärbedarfsplan	Bedarfsplan
	Sekundärbedarf	Bedarf
Distributionsplanung	Lieferplan	Bedarfsplan
	Lieferplanposition	Bedarf

Abbildung 10: Beispiel für eine Tabelle

Die drei Informationskomponenten „Planungsaufgabe“, „Bezeichnung“ und „Datenformat“ besitzen nominales, diskretes Messniveau. Die rein qualitative Tabelle eignet sich besonders gut für die Korrelation und den Vergleich.

Karte-Netzwerk-Kombination

Als letztes Beispiel soll ein zusammengesetztes (hybrides) Visualisierungsverfahren klassifiziert werden. Das in der Abbildung 11 dargestellte Verfahren visualisiert ein Flughafennetz auf einer Weltkarte. Demnach besteht das Verfahren aus einer Karte und einem auf der Karte abgebildetem Netzwerk. Aus diesem Grund treten hier gleichzeitig zwei Darstellungsformen auf, nämlich die Zeichnung stellvertretend für die Karte sowie ein Diagramm in Form eines Netzwerks. Aufgrund einer vorhandenen, jedoch geringen Abbildungstreue der Weltkarte, handelt es sich um eine stilisierte Abbildung, verbunden mit einer symbolischen Repräsentation zwecks Netzwerkdarstellung. Die visuellen Variablen sind das geometrische Bezugssystem, die Form sowie die Farbe. Das simultane Auftreten der Farbe und Form für die Codierung des Flughafentyps verursacht hier zwar Redundanz, kann jedoch zur besseren Unterscheidung beitragen. Die visuelle Variable „Form“ wird bei diesem Verfahren auch zur Codierung der netzwerkartigen Informationsstruktur verwendet. Das Verfahren ist ein Standbild, verwendet keine Skalierung, keine Projektion, keine Zeitrepräsentation sowie keine Interaktion.

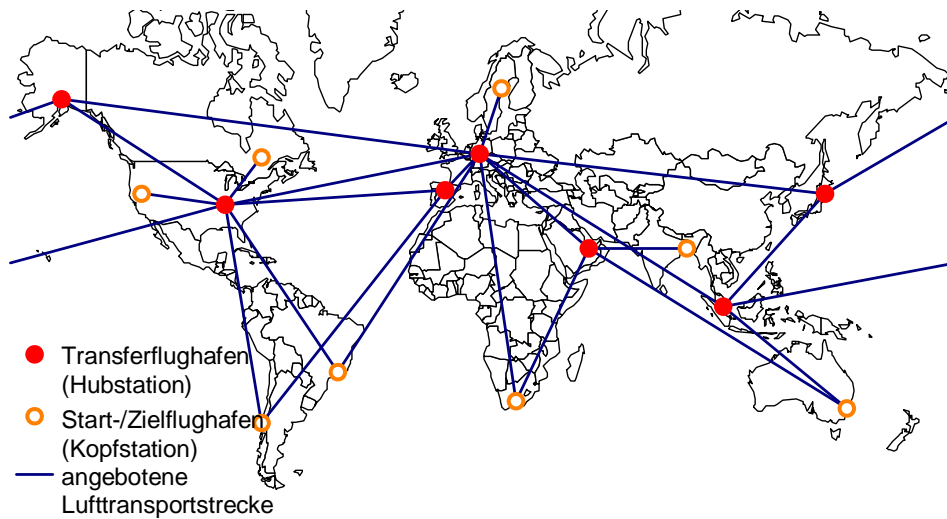


Abbildung 11: Kombination einer Karte mit einem Netzwerk

Als primäre Funktionen gelten Lokalisierung (geografische Lage der Flughäfen) die Korrelation (direkte Verbindung zwischen Flughäfen) sowie Assoziation (indirekte Verbindung zwischen Flughäfen). Die dargestellte Information ist qualitativ, weist eine netzwerkartige Struktur auf und besteht aus der nominalen diskreten Informationskomponente „Flughafentyp“ sowie der verhältnisskalierten kontinuierlichen Informationskomponente „geografische Lage der Flughäfen“.

6 Charakterisierung der darzustellenden Information aus Anwendersicht

Anhand der im Kapitel 4 vorgestellten Klassifizierung von Visualisierungsverfahren ist es möglich, ein gegebenes Visualisierungsverfahren aus grafischer Sicht und aus Informationssicht zu klassifizieren. Die Taxonomie wurde allerdings in erster Linie entwickelt, um die Nutzung der Visualisierungsverfahren in der Anwendung zu verbessern. Für den Anwender soll die Taxonomie eine Hilfestellung für eine schnelle und gezielte Suche nach einem Visualisierungsverfahren darstellen. Ausgehend von einer Menge bereits klassifizierter Visualisierungsverfahren soll die Nutzung der Taxonomie darin bestehen, die Menge der für den Anwender in Frage kommenden Visualisierungsverfahren einzuschränken. Im Gegensatz zu einer Klassifizierung eines Visualisierungsverfahrens, bei der das Visualisierungsverfahren selbst den Ausgangspunkt bedeutet, stellt für den Anwender die zu visualisierende Information die Grundlage dar. Ausgehend von einer Information muss der Anwender zuerst die erwünschte primäre Funktion definieren, festlegen, was darzustellen ist, und letztlich entscheiden, wie die Darstellung grafisch umgesetzt werden soll. Dieses Vorgehen spiegelt sich in dem Klassifikationsschema aus Anwendersicht (Abbildung 12) wider. Demnach entscheidet der Anwender im ersten Schritt, welche primäre Funktion das gesuchte Visualisierungsverfahren erfüllen muss und ob es sich bei der gegebenen Information um eine qualitative oder/und quantitative Information handelt. Anschließend erfolgt die Charakterisierung der Informationsstruktur und der Informationskomponenten für die Visualisierung. In diesem Schritt hat der Anwender die Möglichkeit, den zu visualisierenden Informationsinhalt einzuschränken. Dies kann z. B. durch den Verzicht auf die Darstellung bestimmter Informationskomponenten oder durch Fokussierung auf eine Unterstruktur der Informationsstruktur geschehen. Die anschließende Auswahl der Ausprägungen aus grafischer Sicht ermöglicht dem Anwender die Formulierung seiner Wünsche bezüglich der Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Zu den hier einfließenden Faktoren zählen allerdings auch die Zielgruppe, das benutzte Medium, Verfügbarkeit und Vertrautheit mit Darstellungsformen und Erstellungswerkzeugen sowie Vorgaben aus dem

Arbeitsumfeld. Als Ergebnis der drei Schritte erhält der Anwender ein einzelnes Verfahren oder eine Menge der seinen Anforderungen genügenden Verfahren, aus denen er nach subjektivem Empfinden und dem zu erwartenden Erstellungsaufwand ein geeignetes Verfahren auswählt.

Kriterium	Ausprägung							
	Identifikation	Korrelation	Lokalisierung	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Primäre Funktion	qualitativ	quantitativ						
Art der darzustellenden Information								
Anzahl darzustellender Informationskomponenten	1	2	3	4	5	6	7	n
Messniveau der Informationskomponenten	nominal diskret	ordinal diskret	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich		
Informationsstruktur	unabhängig	sequentiell	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig		
Darstellungsdimension	1-D	2 ½-D	2-D	3-D				
Repräsentation	symbolisch/ Zeichen	symbolisch/ abstraktes Symbol	ikonisch/ stilisierte Abbildung	ikonisch/ realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch			
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität	
Visuelle Variable	Geometrisches Bezugssystem	Größe	Ausrichtung	Form	Farbe	Muster	Helligkeit	
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend			
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch				
Zeitrepräsentation im grafischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich					
Präsentationszeitverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegtbild	proportionales Bewegtbild / Zeitlupe	proportionales Bewegtbild / Echtzeit	proportionales Bewegtbild / Zeitraffer			
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem grafischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)			

Abbildung 12: Klassifizierung aus der Anwendersicht

7 Ausblick und weitere Arbeiten

Aufbauend auf den oben beschriebenen Kriterien zur Klassifizierung von Visualisierungsverfahren wurde durch die umfassende Einordnung der für das Anwendungsfeld GNLT typischen Methoden implizit die Basis zur Festlegung von Methodenkategorien gebildet, die sich aus der Zusammenfassung von Methoden ähnlicher oder gleicher Merkmalsausprägungen ergeben. Die so ermittelten Methodenkategorien stellen eine Auswahl an in gleichem Maße für eine konkrete Anwendung geeigneten Methoden dar. Zusammen mit den Methodenkategorien für Datenerhebung [HJL04] und Statistik [FKK05] legen sie die Basis für den Ausbau des Methodenbaukastens fest: Auf Methodenseite werden sowohl die Kriterien zur Klassifikation als auch für jede Methode die konkreten Merkmalsausprägungen als Basis für die implizite Zuordnung zu einer definierten Methodenkategorie hinterlegt. Zusätzlich werden ergänzende Kriterien für die Bildung von Informationskategorien eingebunden und mit den Methodenkategorien hinsichtlich kontextabhängiger Nutzbarkeit vernetzt. Die Vernetzung erfolgt hierbei zunächst separat für die Methoden der eingebundenen Disziplinen Datenerhebung, Statistik und Visualisierung. Eine synergetische, disziplinübergreifende Nutzung der Methoden wird durch eine Vernetzung der Inhalte untereinander und durch anwendungsbezogene Auswahlmechanismen auf der Basis von Metainformationen erreicht.

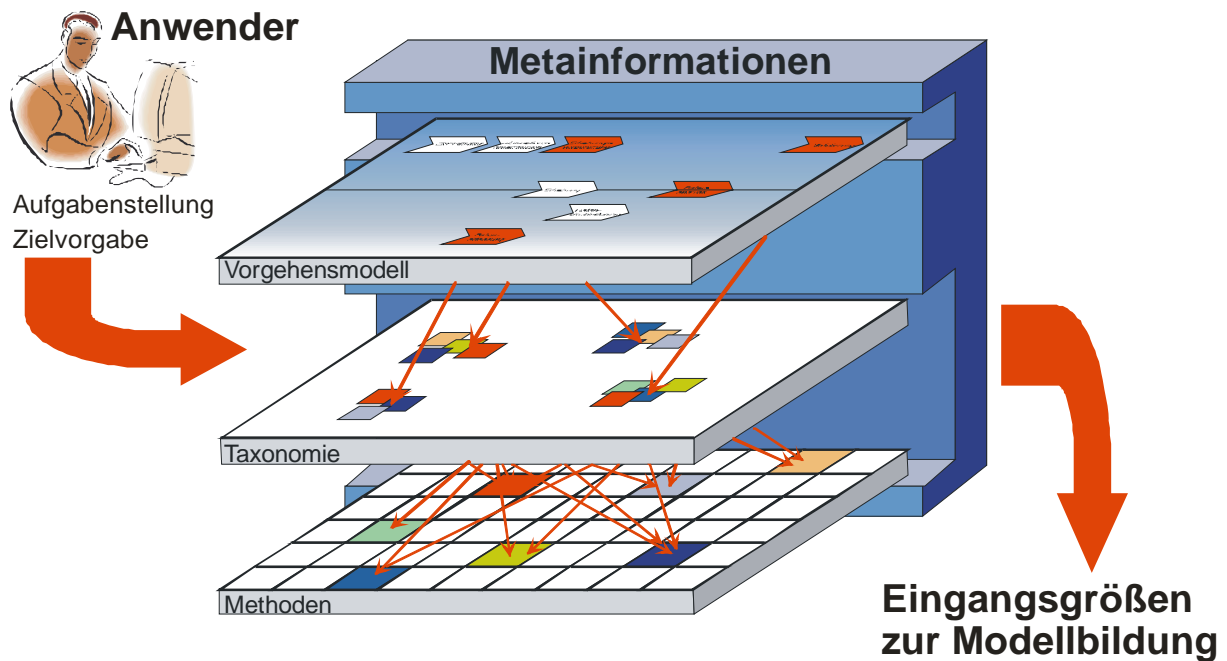


Abbildung 13: Methodennutzungsmodell

Alle oben genannten Arbeitsergebnisse fließen zusammen mit einem bereits erarbeiteten Vorgehensmodell [WBe03] in die Entwicklung des Methodennutzungsmodells (siehe Abbildung 13) ein, in dem sowohl die Synthese zwischen dem einzusetzenden Methodenbaukasten und dem erarbeiteten Vorgehensmodell hergestellt als auch die Synergien zwischen den einzelnen Teildisziplinen in Form von Verknüpfungen und Abhängigkeiten bezüglich der einzusetzenden Methoden genutzt werden. Dazu ist die Konzeption und Realisierung einer Metainformationsschicht geplant, die den Anwender zielgerichtet – bei gleichzeitiger Qualitätsbewertung der in den einzelnen Prozessschritten erzielten Ergebnisse – durch die Informationsgewinnung führt.

8 Literatur

- [BDW03] Bernhard, J.; Dragan, M.; Wenzel, S.: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für GNL, Sonderforschungsbereich 559 – „Modellierung großer Netze in der Logistik“, Technical Report 03005, Dortmund, 2003.
- [Ber74] Bertin, J.: Graphische Semiologie. Diagramme Netze Karten. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1974.
- [BWe04] Bernhard, J.; Wenzel, S.: Eine Taxonomie für Visualisierungsverfahren zur Anwendung in der Simulation in Produktion und Logistik. In: Schulze, T.; Schlechtweg, S.; Hinz, V.: Simulation und Visualisierung 2004, SCS, Erlangen, 2004, S. 85-96.
- [Chi00] Chi, E. H.: A Taxonomy of Visualization Techniques using the Data State Reference Model. In: Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization, 2000, S. 69-75.
- [DIN95] DIN 44300-1: Deutsches Institut für Normung e.V.: Informationsverarbeitung – Teil 1. Beuth Verlag, Berlin, 1995.
- [DIN98] DIN 44300-2: Deutsches Institut für Normung e.V.: Informationsverarbeitung – Teil 2. Beuth Verlag, Berlin, 1998.

- [FDF+94] Foley, J. D.; van Dam, A.; Feiner S. K.; Hughes J. F.; Phillips, R. L.: Grundlagen der Computergraphik – Einführung, Konzepte, Methoden. Addison-Wesley, Bonn, Paris, 1994.
- [FKK05] Fender, T.; Kuhnt, S.; Krampe, A.: Kriterien für die Kategorisierung statistischer Methoden im Rahmen eines Methodennutzungsmodells zur Informationsgewinnung in GNL. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03006, 2003, ISSN 1612-1376.
- [Fri98] Frick, A.: Visualisierung von Programmabläufen, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 10, No. 561, 1998.
- [Har99] Harris, R. L.: Information Graphics. A Comprehensive Illustrated Reference. Visual Tools for Analyzing, Managing, and Communicating. University Press, Oxford, 1999.
- [HJL04] Hömberg, K.; Jodin, D.; Leppin, M.: Methoden der Informations- und Datenerhebung. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 04002, 2004, ISSN 1612-1376.
- [NTa97] Nonaka, I.; Takeuchi, H.: Die Organisation des Wissens. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 1997.
- [PHP02] Pfitzner, D.; Hobbs, V.; Powers, D.: An Unified Taxonomic Framework for Information Visualization. In: Proc. Australian Symposium on Information Visualization. Adelaide, Australia, 2002, S. 57-66.
- [Rob91] Robertson, P. K.: A Methodology for Choosing Data Representations. In: IEEE Computer Graphics & Applications 11 (1991) 3, S. 56-67.
- [Rob99] Roberts, J. C.: Display Models for Visualization. In: Banissi, E.; Khosrowshahi, F.; Sarfraz, M.; Tatham, E.; Ursyn, A. (Hrsg.): Information Visualization IV'99. Proceedings International Conference on Information Visualization, IEEE Computer Society, July 1999, S. 200-206.
- [SMü00] Schumann, H.; Müller, W.: Visualisierung. Springer, Berlin, 2000.
- [VDI03] VDI 3633 Blatt 11: Simulation und Visualisierung. VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik. 8. Aufl., Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Beuth Verlag, Berlin, 2003.
- [WBe03] Wenzel, S.; Bernhard, J.: Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung für die Modellierung von Logistiksystemen. In: Hohmann, R. (Hrsg.): Simulationstechnik; Tagungsband zum 17. Symposium in Magdeburg, Reihe Frontiers in Simulation, FS 13, SCS-Europe BVBA, Ghent, 2003, S. 379-384.
- [WBJ03] Wenzel, S.; Bernhard, J.; Jessen, U.: A Taxonomy of Visualization Techniques for Simulation in Production and Logistics. In: Chick, S.; Sanchez, P. J.; Ferrin, D.; Morrice, D. J. (Hrsg.): Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. New Orleans, Louisiana, USA, 2003, S. 729-736.
- [Wen02] Wenzel, S.: VDI 3633, Blatt 11: Simulation und Visualisierung – Ein Statusbericht. In: Tavangarian, D.; Grützner, R.: Tagungsband zum 16. Symposium ASIM 2002 Simulationstechnik, Rostock. Fortschrittsberichte Simulation Frontiers in Simulation, SCS-Europe BVBA, Ghent, 2002, S. 492-497.
- [Wün98] Wünsche, V.: Eine Begriffswelt für die Informationsvisualisierung. In: Rostocker Informatik-Berichte (1998) 21. Rostock, 1998, S. 113-132.