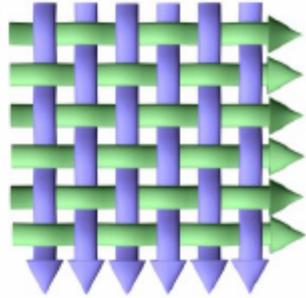


Sonderforschungsbereich 559

**Modellierung großer
Netze in der Logistik**



Technical Report 03005

ISSN 1612-1376

Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für GNL

Teilprojekt M9:

Jochen Bernhard,
Miroslav Dragan,
Sigrid Wenzel

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

Dortmund, den 27. November 2003

Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Visualisierungsverfahren.....	4
2.1	Diagramme	4
2.2	Tabellen.....	6
2.3	Karten	7
3	Klassifizierung der Visualisierungsverfahren aus graphischer Sicht	9
3.1	Darstellungsdimension.....	10
3.2	Repräsentation	11
3.3	Darstellungsform.....	11
3.4	Skalierung.....	12
3.5	Planare geometrische Projektion.....	13
3.6	Zeitrepräsentation im graphischen Modell	13
3.7	Präsentationszeitverhalten	14
3.8	Interaktion.....	14
4	Klassifizierung der Visualisierungsverfahren aus Informationssicht.....	14
4.1	Primäre Funktion	15
4.2	Art der darzustellenden Information.....	16
4.3	Informationsstruktur.....	16
4.4	Informationscodierung	17
4.4.1	Messniveau.....	17
4.4.2	Dimension der abhängigen Variablen	17
5	Nutzung der Taxonomie in der Anwendung.....	18
5.1	Einordnung von Visualisierungsverfahren nach der Taxonomie.....	18
5.2	Ziel- und aufgabenbasierte Anwenderanforderungen	19
5.3	Kriterienabgleich und Verfahrensauswahl	19
6	Ausblick	21
7	Literatur	22

1 Einleitung

Visualisierungsverfahren werden im Kontext der Simulation in Produktion und Logistik zum einen im Bereich der Informationsbeschaffung, Eingangsdatenaufbereitung und Validierung, zum anderen bei der Präsentation von Simulationsergebnisdaten eingesetzt. Der Anstieg der zugrunde liegenden Datenmengen und die Notwendigkeit, die Daten für verschiedene Zielgruppen im Unternehmen zu einer verwertbaren Information aufgabenbezogen und handlungsorientiert aufzubereiten, bedingen den zielgerichteten Einsatz der Visualisierungsverfahren bei der Modellierung und Simulation von Produktions- und Logistiksystemen. Die heute in diesem Anwendungsgebiet eher unter pragmatischen Gesichtspunkten stattfindende Nutzung der Visualisierungsverfahren ist häufig hinsichtlich der Expressivität (alleinige und unverfälschte Wiedergabe der in den Daten enthaltenen Information) und Effektivität (Beachtung von Zielsetzung, Anwendungskontext, Zielgruppe und Ausgabemedium zur intuitiven Vermittlung) zu hinterfragen [Luk93]. Bereits vor über 10 Jahren schrieb Robertson [Rob91] hierzu „The choice of representation should depend on context.“ In den jeweiligen Anwendungsfeldern fehlen jedoch bisher die entsprechenden Regelwerke zur Nutzung. Je nach Art des Verfahrens ergeben sich aber Anwendungsrestriktionen hinsichtlich der konkreten Aussagefähigkeit eines Verfahrens und der Interpretierbarkeit der Darstellung in Bezug auf einen bestimmten Sachverhalt. Am Beispiel von Simulationsergebnisdaten sei dies verdeutlicht: So liefert eine 3D-Animation keine Aussage über eine statistische Bewertungsgröße wie Durchsatz, während eine statistische Aufbereitung von Bewertungsgrößen keine Transparenz hinsichtlich des dynamischen Ablaufverhaltens vermittelt.

Der VDI-Fachausschuss „Simulation und Visualisierung“ des Fachbereichs A5 „Modellierung und Simulation“ des VDI-FML (Fördertechnik Materialfluss Logistik) hat bereits vor fünf Jahren an diesem Diskussionspunkt angesetzt. Seine Arbeiten mündeten in einem Klassifikationsschema für Visualisierungsverfahren zur Nutzung aus Anwendersicht im Kontext der Simulation von Produktions- und Logistiksystemen, das ausführlich in der VDI-Richtlinie 3633, Blatt 11 (vgl. [Wen02] und [VDI03]) erläutert wird. Mit diesem Klassifikationsschema werden dem Anwender die vielfältigen Ausprägungen der Verfahren verdeutlicht und erste wertvolle Argumentationshilfen für den Einsatz der statischen und dynamischen Visualisierungsverfahren geliefert.

Das Teilprojekt M9 „Methoden der Informationsgewinnung“ (vgl. u.a. auch [WBJ01] und [WBe03]) hat u.a. auch die bestehenden Defizite in der Nutzung der Visualisierungsverfahren in der Anwendung aufgegriffen und unterstützt die aufgaben- und handlungsorientierte Verfahrens- bzw. Methodenauswahl für die Modellierung von GNL. Über Klassifikationsmechanismen und Metainformationsdefinitionen wird im Rahmen des Projektes ein Methodenbaukasten aufgebaut. Basis des Methodenbaukastens und der Methodennutzung ist eine – unter dem Fokus der Differenzierung nach graphischer Sicht und nach der mit dem Visualisierungsverfahren darzustellenden Informationssicht – neu entwickelte Taxonomie für Visualisierungsverfahren [WBJ03], die einerseits die Einordnung aller für das Anwendungsfeld relevanten Visualisierungsverfahren und andererseits die Bedarfsabfrage aus Anwendersicht zur Verfahrensauswahl erlaubt.

Im Folgenden werden sowohl bestehende Klassifikationen als auch die entwickelte Taxonomie für Visualisierungsverfahren mit den Klassifikationskriterien aus graphischer Sicht und aus Informationssicht sowie die zugehörigen Merkmalsausprägungen vorgestellt und die Anwendungsmöglichkeiten für die modellgestützte Analyse in GNL erläutert.

2 Visualisierungsverfahren

Das Ergebnis der Nutzung eines Visualisierungsverfahrens sollte eine bezüglich der Expressivität und Effektivität adäquate visuelle Darstellung einer Information sein. Anhand der Form der Darstellung und der Hauptfunktion des Verfahrens ist es möglich, für die Visualisierungsverfahren Klassifizierungen vorzunehmen. Eine mögliche Unterscheidung umfasst die Differenzierung in statische und dynamische Verfahren [SMü00]. Statische Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass die Änderung ihrer Darstellung ausschließlich durch Interaktionen erfolgen kann. Findet die Zeit als zusätzliche Dimension Berücksichtigung, können zeitdynamische Veränderungen visualisiert werden (automatisierte Veränderung der Darstellung über die Zeit). Beispiele hierfür sind sich bewegende Fahrzeuge in einer Fabrikhalle. Im Falle einer *diskreten* Zeitrepräsentation erfolgen Veränderungen für den Betrachter wahrnehmbar zu bestimmten Zeitpunkten, im *kontinuierlichen* Fall erfolgen die Änderungen für den Betrachter stetig. Handelt es sich in diesem Zusammenhang um eine Veränderung der Darstellung auf einem Modell-Layout, so bezeichnet man diese Verfahren in den Anwendungsdisziplinen auch als Animation. Werden Zustandsgrößen oder Kennzahlen online über die Zeit mitgeführt und verändert, spricht man von Monitoring.

Abbildung 1 stellt einen Auszug aus einer Klassifizierung nach Art der Darstellungsform dar. Hierbei liegt der Fokus auf den statischen Visualisierungsverfahren, da sich die hier durchgeführte Klassifikation der Visualisierungsverfahren in erster Linie auf die Visualisierung der Information zur Bestimmung der Eingangsdaten für die Modellierung von GNL bezieht. In diesem Kontext spielen Monitoring und Animation eine untergeordnete Rolle.

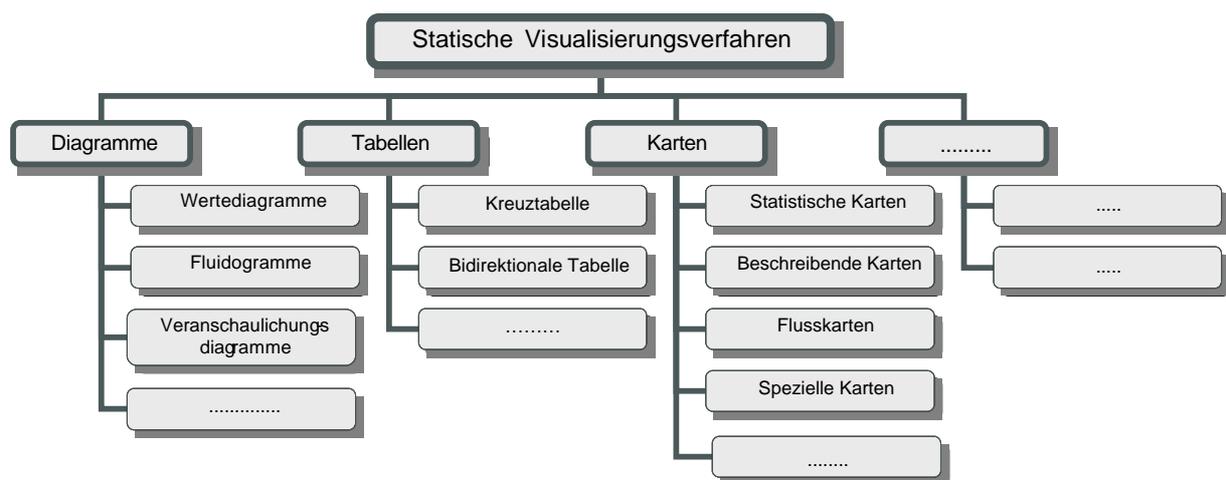


Abbildung 1: Übersicht über statische Visualisierungsverfahren.

Im Folgenden werden in Anlehnung an [Har99] die in Abbildung 1 dargestellten Visualisierungsverfahren näher beschrieben. Hierbei entscheidet zunächst die Darstellungsform über die Zugehörigkeit zu einer der drei „visuellen“ Klassen: Diagramme, Tabellen und Karten. Innerhalb der drei Klassen können, in Abhängigkeit von der Darstellungsform und/oder der Hauptfunktion des Visualisierungsverfahrens, weitere Einteilungen vorgenommen.

2.1 Diagramme

Unter Diagrammen versteht man eine strukturierte graphische Anordnung von Zeichen, Symbolen und Ikonen zur Anzeige von Information und Daten (vgl. auch [VDI03]), die mindestens zwei Dimensionen aufweisen. Diagramme dienen sowohl der Darstellung quantitativer Daten als auch der Vermittlung abstrakter, qualitativer Information. Es können unter der Vielzahl von Diagrammartentypen folgende Kategorien identifiziert werden:

Wertediagramme

Wertediagramme verfolgen das Ziel, quantitative Zusammenhänge zwischen einer bzw. mehreren Gruppen von Information, wie z.B. empirischen Messwerten oder Funktionsverläufen, graphisch darzustellen. Hauptmerkmal dieser Visualisierungsverfahren ist die Benutzung einer, zwei oder mehrerer Achsen, die unterschiedliche Skalierung haben können. Die vorwiegend symbolische Darstellung, kombiniert mit diskreter oder kontinuierlicher Zeitrepräsentation, ergänzt ihre Charakteristik. Bekannte Vertreter der Wertediagramme sind Flächendiagramme (Abbildung 2), Balkendiagramme, Punktediagramme, Histogramme, Kreisdiagramme etc.

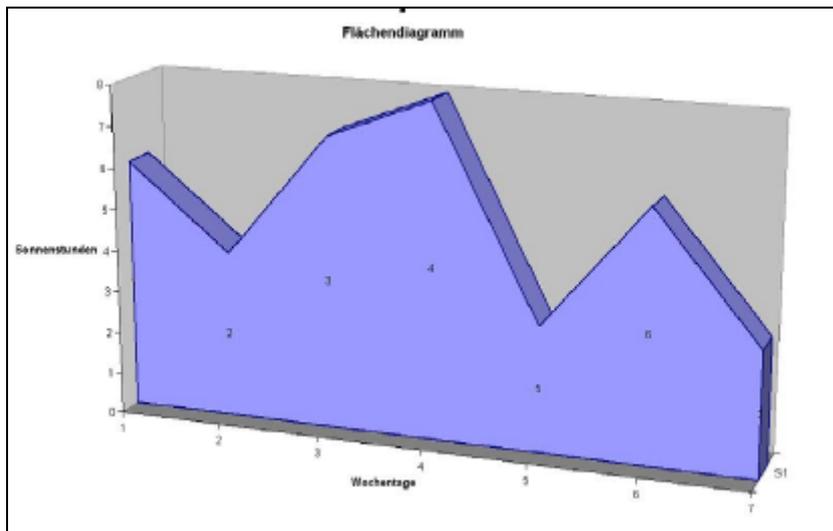


Abbildung 2: Beispiel: Flächendiagramm.

Fluidogramme

Zeitliche Abläufe, wie die Abfolge von Ereignissen oder Beschreibung von Prozessen, werden mit Hilfe von Fluidogrammen visualisiert. Bei dieser, generell zweidimensionalen achsenlosen Darstellung qualitativer Information, kann die Detailstufe variiert werden. Die Hauptinformation, wie z.B. Ereignisse, wird meist durch Schrift übertragen. Ergänzende Information wird mit Hilfe von Symbolen, Farben etc. kodiert. Die Abbildung 3 zeigt einen bekannten Repräsentanten dieser Klasse, das Flussdiagramm.

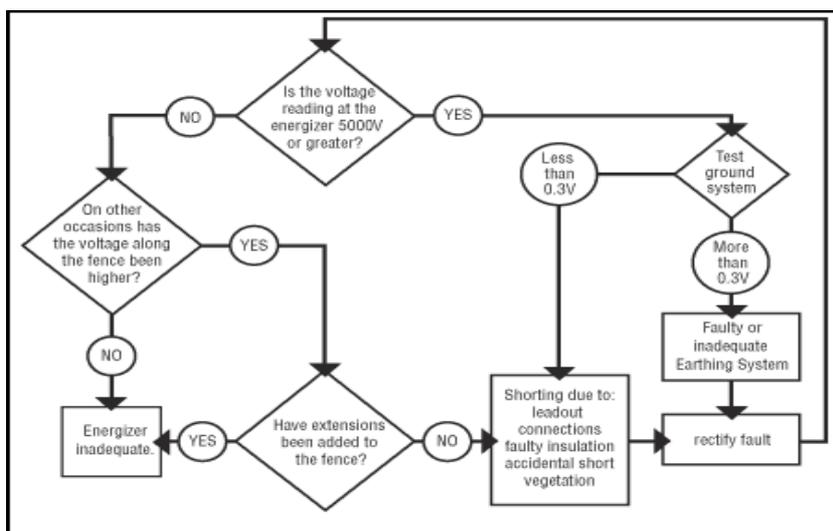


Abbildung 3: Beispiel: Flussdiagramm

(Quelle: <http://www.electrobraid.com/manual/page34.html>, 11.09.2003).

Veranschaulichungsdiagramme

Veranschaulichungsdiagramme dienen der Visualisierung formaler und logischer Zusammenhänge. Mittels dieser Klasse von Diagrammen besteht die Möglichkeit, Ideen, Konzepte sowie Abhängigkeiten darzustellen. Die Darstellung erscheint hier oft sehr abstrakt. In vielen Veröffentlichungen, in denen eine Differenzierung zwischen rein wissenschaftlicher Visualisierung und Informationsvisualisierung erfolgt, sind diese Verfahren typische Vertreter für die Informationsvisualisierung. Ein Beispiel dieser Art ist das Organisationsdiagramm (Abbildung 4).

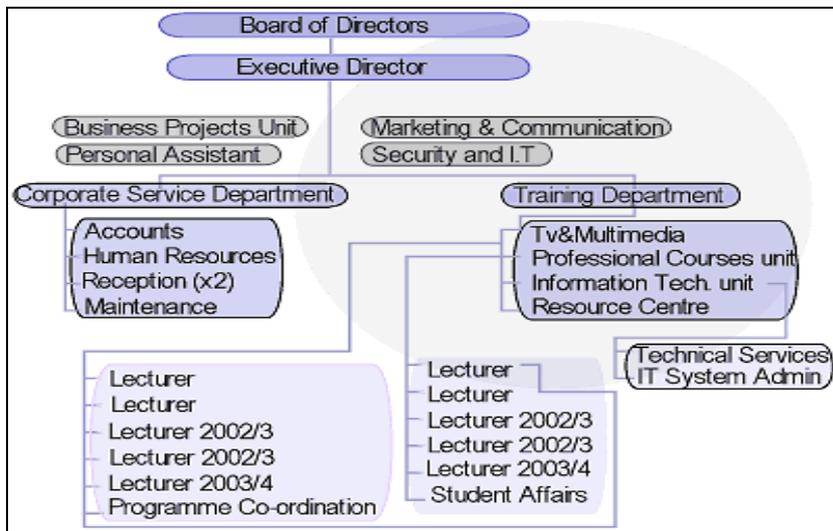


Abbildung 4: Beispiel: Organisationsdiagramm
(Quelle: www.nemisa.co.za/organigram/organigram.GIF , 03.11.2003).

2.2 Tabellen

Tabellen sind Visualisierungsverfahren, bei denen die Information als strukturierte visuelle Anordnung in Zeilen und Spalten dargestellt wird. Der Inhalt der einzelnen Zellen kann dabei zwischen Darstellungsformen wie Schrift, Diagramm oder Karte variieren. Zeichenfolgen werden hierbei priorisiert verwendet. Zu den Hauptgründen, warum Tabellen eingesetzt werden, zählen die präzise quantitative Informationsdarstellung, ihre Kompaktheit sowie ihre Verwendung als schnelle Referenz bei großen Datenmengen. Tabellen treten in verschiedenen Formen auf. Abbildung 5 zeigt drei Beispiele: links eine einfache Tabelle, in der Mitte eine Kreuztabelle und rechts ein Spezialfall der Kreuztabelle, eine halb-bidirektionale Tabelle.

Merkmale	Merkmal-Ausprägung	Merkmal 1		Merkmal 2		
		Merkmal 1.1	Merkmal 1.2	Merkmal 2.1	Merkmal 2.2	
Merkmal 1	1986					
Merkmal 2	1990					
Merkmal 3	1976					
Merkmal 4	1974					
		Merkmal 3	32	34	33	49
		Merkmal 4	4	54	23	88
		Merkmal 5	34	33	2	44
		Merkmal 6	45	32	2	23

Merkmal 1						
15	Merkmal 2					
16	34	Merkmal 3				
15	45	11	Merkmal 4			
45	15	10	35	Merkmal 5		
44	32	22	15	43	Merkmal 6	
15	135	185	45	15	43	Merkmal 7

Abbildung 5: Beispiel: Tabellentypen (angelehnt an [Har99]).

2.3 Karten

Karten sind für die graphische Darstellung von Information bzgl. deren räumlich-geographischer Lage zuständig. Sie finden ihren Einsatz vor allem bei Anwendungen, bei denen die geographische Verteilung im Vordergrund steht. Zur Unterteilung von Karten können vier Kategorien gebildet werden: statistische Karten, beschreibende Karten, Flusskarten sowie spezifische Karten. Die Kombination verschiedener Typen untereinander kann in vielen Fällen zu einer besseren Visualisierung beitragen.

Statistische Karten

Statistische Karten (Abbildung 6) dienen der Visualisierung raumbezogener Information quantitativer Art. Die dabei darzustellende Quantität kann auf verschiedene Art und Weise realisiert werden. Sowohl Zahlen, Farben und Schattierungen als auch integrierte Diagramme zählen zu den möglichen Kodierungsformen.



Abbildung 6: Beispiel: Statistische Karte

(Quelle: http://www.region.york.on.ca/nr/york/finance/AnnualReport2001/york_statistical_review.asp, 11.09.2003).

Beschreibende Karten

Die Aufgabe einer beschreibenden Karte ist die Darstellung von Information, wie z.B. Wegbeschreibung oder raumbezogene Organisationsstruktur. Obwohl es keine Vorschrift gibt, was eine beschreibende Karte ausmacht, wird zumeist quantitative Information außer Betracht gelassen. Stattdessen wird versucht, anhand einer symbolischen Darstellung qualitative Aussagen zu vermitteln. Die Abbildung 7 zeigt eine graphische Wegbeschreibung als Beispiel.

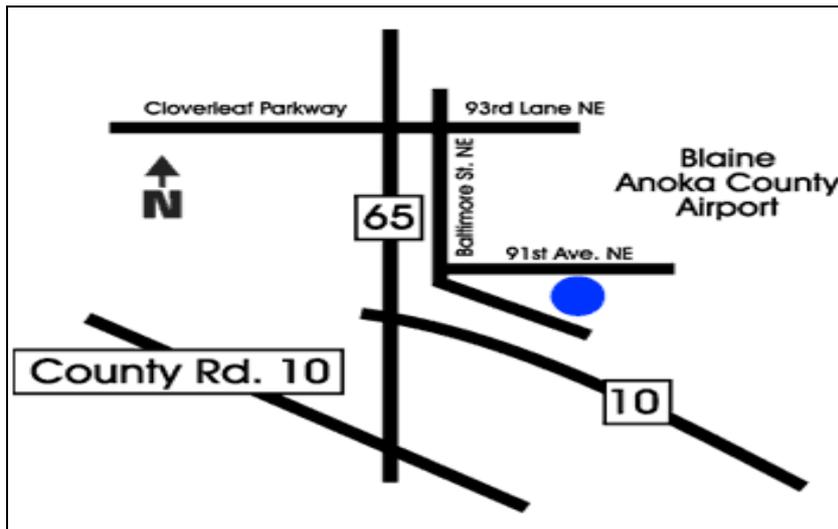


Abbildung 7: Beispiel: Beschreibende Karte
 (Quelle: <http://www.tollgas.com/locations/blaine.htm>, 11.09.2003).

Flusskarten

Diese Karten finden Anwendung bei raumbezogenen Fragestellungen in Verbindung mit der Darstellung von Wegen oder Flüssen. Die Repräsentation der Wege erfolgt mittels Pfeilen mit Startpunkt, Richtung und Ziel. Die Dicke der Pfeile bezeichnet häufig den Volumenstrom. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel für eine Flusskarte.

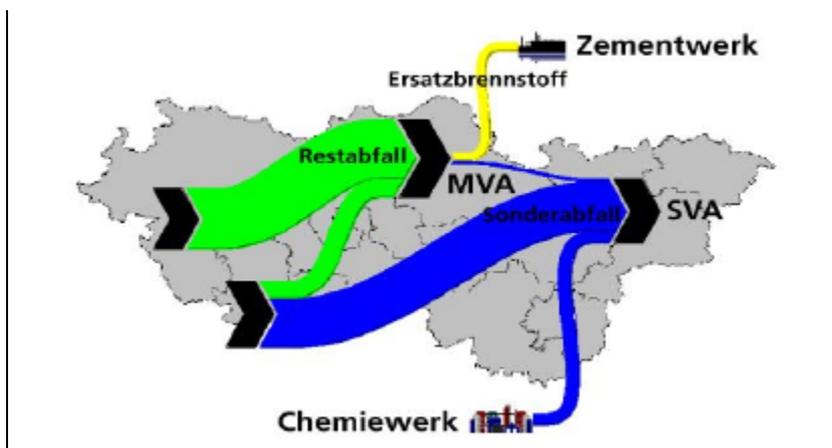


Abbildung 8: Beispiel: Flusskarte
 (Quelle: <http://www.eco2l.de/images/divers/Sankey-Diagramm.jpg>, 03.09.2003).

Spezielle Karten

Bei Karten dieser Kategorie ist die Zuordnung in die drei oben beschriebenen Kategorien aufgrund ihrer spezifischen Eigenarten nicht eindeutig gegeben. Beispielsweise bilden die Wetterkarten oder die topologischen Karten (Abbildung 9) jeweils eine eigene Klasse und werden deshalb unter „speziell“ angeordnet.

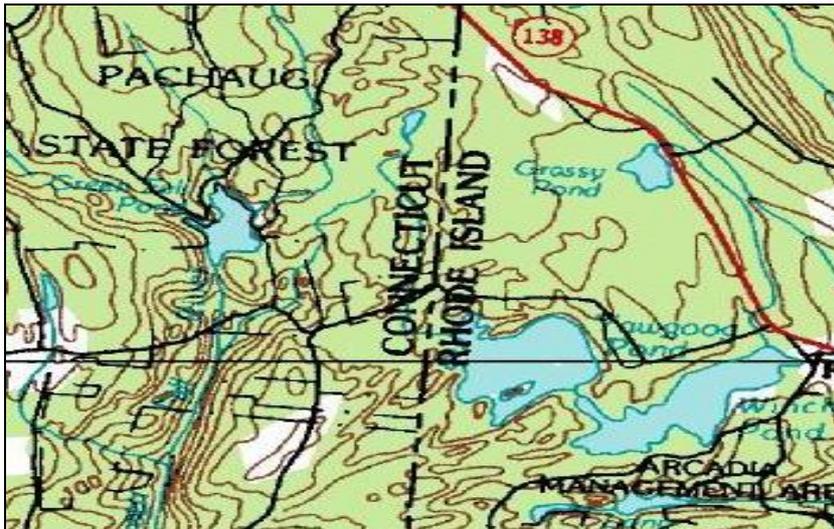


Abbildung 9: Beispiel: Topologische Karte

(Quelle: <http://www.mdc.net/~dbrier/yawgoog/trails/app.html>, 11.09.2003).

Im Unterschied zur oben erläuterten Klassifikation für Visualisierungsverfahren nach der Darstellungsform wird in den folgenden Kapiteln ein detailliertes Schema vorgestellt, mit dem eine eindeutige Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für die Anwendung ermöglicht wird. Der hierfür erstellte Kriterienkatalog berücksichtigt sowohl die rein graphischen Aspekte der Visualisierungsverfahren als auch Kriterien aus Sicht der darzustellenden Information. Die verwendete Darstellung als morphologischer Kasten bietet dabei die Möglichkeit, durch die spezifische Belegung der Kriterienausprägungen jedes Visualisierungsverfahren eindeutig zu klassifizieren.

3 Klassifizierung der Visualisierungsverfahren aus graphischer Sicht

Die Klassifikationskriterien aus generischer bzw. graphischer Sicht basieren auf Vorarbeiten des Fachausschusses „Simulation und Visualisierung“ des Fachbereichs A5 „Modellierung und Simulation“ des VDI-FML (Fördertechnik Materialfluss und Logistik) [Wen02], [VDI03], der sich mit der Nutzung der Visualisierungsverfahren in der Simulation in Produktion und Logistik auseinandersetzt, und umfassen vor allem Kriterien der Computergraphik zur Bewertung eines Visualisierungsverfahrens. Diese Kriterien (vgl. Abbildung 10) wurden bezüglich der Informationsgewinnung zur modellgestützten Analyse von Produktions- und Logistiksystemen angepasst und verallgemeinert.

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
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationszeitverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Abbildung 10: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren aus graphischer Sicht.

Die Adaption und Erweiterung der Kriterien bezogen sich in erster Linie auf die Streichung der rein simulationsbezogenen Kriterien aus [VDI03], um die Anwendung der Taxonomie nicht auf deren Einsatz in der Simulation zu beschränken, und auf die Ergänzung weiterer graphischer Kriterien wie die Skalierung des Bezugssystems und die planare geometrische Projektion.

Die Kriterien und Ausprägungen der Klassifizierung aus graphischer Sicht werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

3.1 Darstellungsdimension

Die Darstellungsdimension wird durch die Anzahl der verwendeten Dimensionen wie folgt festgelegt. I.d.R. bestimmt die Anzahl der Koordinatenachsen die Dimensionalität [VDI03]:

- **1D:**
Unter eindimensionaler Darstellung ist eine Darstellungsform gemeint, die keine zweite Dimension benötigt, z.B. Prozessfortschrittsbalken.
- **2D:**
Die 2-dimensionale Darstellung gilt als Standarddimension vieler Diagramm- und Kartenarten.
- **2½D:**
Die 2½-dimensionale Darstellung ist eine aus einer 2D-Vorlage entwickelte 3D-Darstellung, deren Ergebnis einen künstlichen, räumlichen Eindruck erzeugt.
- **3D:**
Eine 3-dimensionale Darstellung besitzt drei explizit definierte Dimensionen. Bei der Aufspannung eines geometrischen 3D-Raumes ermöglichen 3D-Visualisierungsverfahren die Ansicht der dargestellten Objekte aus jeder beliebigen Position im Beobachtungsraum.

3.2 Repräsentation

Die Repräsentation bezeichnet die visuelle Beschreibung der Information bzw. ihrer Ausprägungen. Sie wird durch folgende Ausprägungen beschrieben [VDI03]:

- *symbolisch:*
Die Kodierung der Information erfolgt durch Zeichen oder für einen Anwendungsbereich festgelegte, abstrakte Symbole.
- *ikonisch:*
Die ikonische Repräsentation vermittelt die in dem verwendeten Ikon unmittelbar dargestellte Bedeutung. Sie kann einen geringen (stilisiert) oder aber hohen (realitätsnah) Realitätsbezug aufweisen.
- *fotorealistisch:*
Die fotorealistische Repräsentation gibt einen Ausschnitt aus der Realität sehr vorbildgetreu wieder und weist eine hohe Realitätsnähe auf.

3.3 Darstellungsform

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

- *Schrift:*
Unter Schrift versteht man eine endliche Zeichenfolge.
- *Tabelle:*
Tabelle ist eine strukturierte visuelle Anordnung von Zeichen.
- *Diagramm:*
Unter einem Diagramm versteht man die strukturierte graphische Anordnung von Zeichen, Symbolen oder Ikonen.
- *Zeichnung:*
Eine Zeichnung ist eine vom Original abstrakte Darstellungsform, die nur 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.

3.4 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. Zu den am meisten verbreiteten Skalierungsarten [Har99] (Abbildung 11) zählen:

- *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 gleich bleibendem 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:*
Kategorisierende Skalierung wird oft in Verbindung mit nominalen Daten (z.B. Automarken) benutzt. Zwar können die Markierungen dieser Skalierung geordnet werden (z.B. alphabetisch), sie ermöglichen aber nicht die Ermittlung einer Rangordnung.

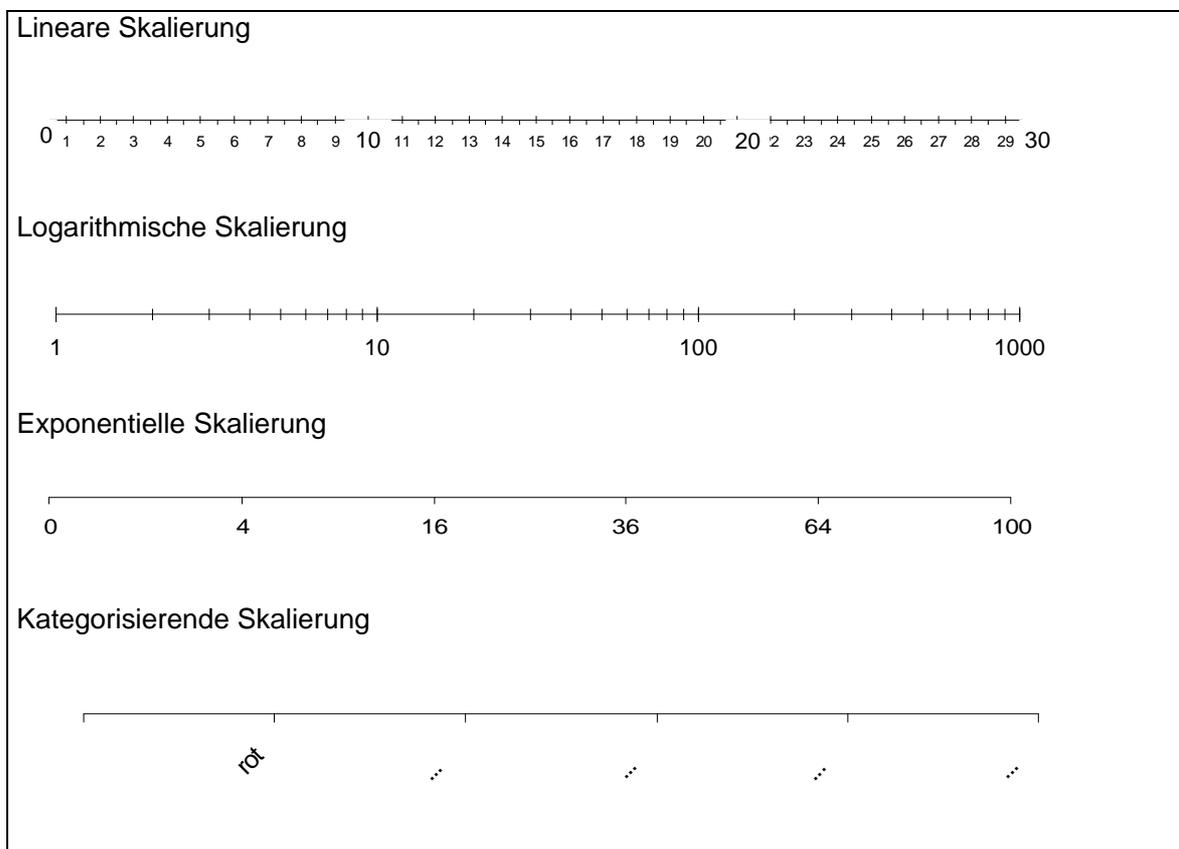


Abbildung 11: Ausprägungen des Kriteriums Skalierung.

3.5 Planare geometrische Projektion

Unter Projektion versteht man allgemein die Transformation der 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. Die Verwendung der planaren geometrischen Projektion ist für die 2D-Ebene optional; für die 3. Dimension erfolgt eine Projektion des Raumes auf die Ebene. Zu den wichtigsten Projektionsarten zählen folgende planare geometrischen Projektionen [FDF+94]:

- *orthogonal:*
Bei der orthogonalen Projektion liegt das Projektionszentrum im Unendlichen. Die Projektionsstrahlen verlaufen parallel zueinander und senkrecht zur Bildebene. Zu den orthogonalen Projektionen zählen der Grund-, Auf-, und Seitenriss sowie die axonometrischen Projektionen.
- *schief:*
Die schiefe Projektion unterscheidet sich nur gering von der orthogonalen Projektion. Die Projektionsstrahlen treffen hier nicht senkrecht, sondern schräg auf die Bildebene. Bekannte Vertreter der schiefen Projektion sind die Kavalier-Kabinett- und Militärprojektion.
- *perspektivisch:*
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 12 zeigt ein Balkendiagramm unter Verwendung der perspektivischen Projektion.

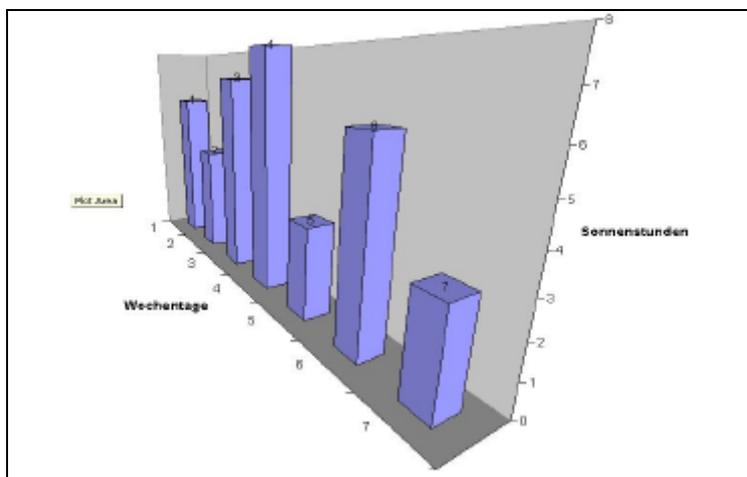


Abbildung 12: Beispiel: Balkendiagramm mit perspektivischer Projektion.

3.6 Zeitrepräsentation im graphischen Modell

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

- *keine:*
Das graphische Modell ist statisch.
- *diskret:*
Es finden nur zu bestimmten Zeitpunkten Veränderungen im graphischen Modell statt.

- *kontinuierlich:*
Das graphische Modell verändert sich in einem stetigen Verlauf über die Zeit.

3.7 Präsentationszeitverhalten

Das Präsentationszeitverhalten beschreibt die Art und Weise, in der sich das Bild bzw. die Bildfolge des graphischen Modells dem Betrachter im Zeitverlauf darstellt [VDI03]:

- *Standbild:*
Die Präsentation erfolgt als statisches Bild.
- *nicht proportionales Bewegbild:*
Bilder werden zu bestimmten Zeitpunkten, unproportional bzgl. der Zeit, nacheinander geordnet eingeblendet.
- *proportionales Bewegbild:*
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.

3.8 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 graphischen 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, d.h. mit dem Simulationsmodell, wäre eine Interaktion durch Veränderung der Simulationsparameter gegeben.
- *in und mit dem Modell:*
Der Betrachter ist ein Teil der Visualisierung (Virtuellen Welt) und hat demnach interaktiven Einfluss auf die Visualisierung und auf das zugrunde liegende (Daten-) Modell.

4 Klassifizierung der Visualisierungsverfahren aus Informationssicht

In Ergänzung zu den in Kapitel 3 aufgeführten Kriterien aus graphischer Sicht vervollständigen die Kriterien aus Informationssicht die Taxonomie der Visualisierungsverfahren. Als Basis zur Entwicklung der Taxonomie aus Informationssicht dienten verschiedene Arbeiten zur Klassifikation und Taxonomiebildung für Visualisierungsverfahren (vgl. z.B. [Chi00], [Fri98], [SMü00], [PHP02]). Diese fokussieren sich allerdings maßgeblich auf eine Systematisierung aus Sicht der zu visualisierenden Daten. Begründet

durch den Einsatz der Verfahren im Kontext der Informationsvisualisierung 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. Information ist kommuniziertes und formalisiertes Wissen und dient der Wissensvermehrung (angelehnt an [DIN95], [NTa97]).

Kriterium		Ausprägung							
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variablen	keine	1-D	2-D	3-D	n-D			

Abbildung 13: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren aus Informationssicht.

Zu den Kriterien aus Informationssicht zählen zum einen die zweckbezogene primäre Funktion des Visualisierungsverfahrens, zum anderen die Beschreibung der durch das Visualisierungsverfahren darstellbaren und vermittelbaren Information selbst. Die einzelnen Kriterien werden im Folgenden näher erläutert (vgl. Abbildung 13).

4.1 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 einer exakten Merkmalsausprägung der darstellbaren Information, z.B. bei einer quantitativen Information die eines Wertes.
- *Lokalisierung*: Relative oder absolute Orts- und Lagebestimmung einzelner Informationsmerkmale. Hierzu zählt beispielsweise die räumliche Lokalisierung bei einer beschreibenden Karte.
- *Korrelation*: Aufzeigen direkter Beziehungen zwischen Informationsmerkmalen. Beispielsweise ermöglicht ein Ablaufdiagramm das Ermitteln der direkten Beziehung zwischen Funktionsverläufen.
- *Assoziation*: Aufzeigen indirekter Beziehungen zwischen Informationsmerkmalen.

- *Vergleich*: Gegenüberstellung von Informationsmerkmalen 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 Information nach bekannten Eigenschaften zum Aufzeigen von Unterschieden mit dem Ziel einer Bündelung oder Clusterbildung.
- *Klassifikation*: Einteilung von Information nach bekannten Kriterien, z.B. durch eine Taxonomie, mit dem Ziel der Separierung.

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

4.2 Art der darzustellenden Information

Die Unterscheidung zwischen einer qualitativen und quantitativen Information ergibt sich durch die Beschaffenheit der Information. 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 nur quantitative Information darstellt.

4.3 Informationsstruktur

Die Informationsstruktur stellt ein erkennbares formales Muster dar, welches beschreibt, wie die Merkmale der Information untereinander in Beziehung stehen. Eine Information kann dadurch, dass sie aus weiteren Informationseinheiten besteht, einen Verbund bilden, der eine bestimmte Struktur annimmt. Die Strukturen können sich wie folgt unterscheiden (vgl. hierzu auch [SMü00] und [PHP02]):

- *unabhängig*:
Die Merkmale einer Information treten in keinem formalen bzw. logischen Zusammenhang auf. In diesem Fall besitzen die Informationsmerkmale kein erkennbares Muster und sind damit unabhängig von anderen Informationsmerkmalen.
- *relational*:
Eine relationale Informationsstruktur beschreibt eine einfache Beziehung zwischen den Informationsmerkmalen. Beispielsweise definiert die „<-“-Relation bei quantitativer Information eine mögliche relationale Informationsstruktur.
- *kreisförmig*:
In Ergänzung zur relationalen Informationsstruktur werden hier kreisförmige Beziehungen der Merkmale darstellbar, beispielsweise Eckpunkte eines geschlossenen Polygonzuges.
- *hierarchisch*:
Die hierarchische Struktur zeichnet sich dadurch aus, dass die Beziehung der Merkmale einer Information 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 Merkmale ohne definierte Hierarchie untereinander in Beziehung stehen. Die Verbindung der Merkmale einer Information kann dabei gerichtet oder ungerichtet sein. Netzwerkdiagramme, die zu der Kategorie der Veranschaulichungsdiagramme gehören, sind ein Beispiel für Verfahren, die netzwerkartige Informationsstruktur effektiv darstellen können.

4.4 Informationscodierung

Die Informationscodierung charakterisiert die Daten, über die die zu visualisierende Information codiert werden kann. Die Informationscodierung wird durch das Messniveau und die Dimension der abhängigen Variablen beschrieben.

4.4.1 Messniveau

Das Messniveau gibt die Abbildungsgenauigkeit an und bestimmt damit die für den Anwender aus der Information ableitbaren Aussagen. Das Messniveau kann sowohl diskret als auch kontinuierlich ausgeprägt sein und wird wie folgt unterschieden:

- Der *nominale* Wertebereich ermöglicht nur Aussagen über die Gleichheit oder Ungleichheit von Merkmalsausprägungen einer Information. Beispiele hierfür ist die „Farbe“ mit den Ausprägungen „rot“, „grün“, „gelb“ usw. Die Festlegung einer Rangordnung sowie mathematische Verknüpfungen sind nicht möglich.
- Der *ordinale* Wertebereich ermöglicht den Vergleich von Information, z.B. im Sinne von „>/=<“-Relationen. Diese Art der Informationscodierung ermöglicht die Aufstellung einer Rangordnung, die Differenzen zwischen einzelnen Ausprägungen sind aber nicht feststellbar.
- Der *intervallskalierte* Wertebereich ermöglicht die Darstellung von Information 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 *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.

4.4.2 Dimension der abhängigen Variablen

Die *Dimension der abhängigen Variablen* ergibt sich durch die Anzahl der Werte, die pro Beobachtungspunkt darstellbar sind. Die Ausprägungsvarianten reichen hier von keine bis multidimensional. Insbesondere Visualisierungsverfahren für multidimensionale Variablen sind seit Jahren Gegenstand der Forschung (vgl. [SMü00], etc.).

5 Nutzung der Taxonomie in der Anwendung

Die in Kapitel 2 und 3 vorgestellte Taxonomie wurde entwickelt, um eine bessere Nutzung der Visualisierungsverfahren in der Anwendung zu ermöglichen. Voraussetzung hierfür ist zunächst die weitestgehend vollständige Einordnung aller für das zu betrachtende Anwendungsumfeld relevanten Visualisierungsverfahren nach den oben beschriebenen Kriterien. Der Anwender wiederum nutzt die gleiche Taxonomie, um seine Anforderungen bezüglich der Aufgabenstellung, des Zwecks der Darstellung und weiteren Erfordernissen, beispielsweise Konventionen aus dem Arbeitsumfeld, zu formulieren. Mit Hilfe eines programmtechnisch realisierbaren Kriterienabgleichs der Anwenderanforderungen mit der Menge aller Visualisierungsverfahren erhält der Anwender eine Klasse an potentiell nutzbaren Visualisierungsverfahren oder im Idealfall genau ein Visualisierungsverfahren. Die endgültige Auswahl eines Verfahrens erfolgt letztlich manuell durch den Anwender aufgrund von erweiterten Kriterien wie Erstellungsaufwand (Wie hoch ist der Aufwand zur Aufbereitung der Visualisierung?) und zielgruppenspezifischem Interpretationsaufwand (Wie effektiv ist die Visualisierung, d.h. wie lange benötigt der Endanwender zum Erfassen und Verarbeiten der zu vermittelnden Information?).

Zur Evaluation der Nutzbarkeit der Taxonomie sind unterschiedliche Visualisierungsverfahren beispielhaft nach den Kriterien eingeordnet worden (vgl. Anhang A). Darüber hinaus wird in den Kapiteln 5.1 bis 5.3 die mögliche Vorgehensweise zur Nutzung der Taxonomie erläutert. In Kapitel 5.1 werden dazu die für das Beispiel notwendigen Visualisierungsverfahren nach der Taxonomie klassifiziert. In Kapitel 5.2 erfolgt die Festlegung der entsprechenden Anwenderanforderungen, die in Kapitel 5.3 über einen Kriterienabgleich mit den eingeordneten Verfahren zur Verfahrensauswahl führen.

5.1 Einordnung von Visualisierungsverfahren nach der Taxonomie

Zur Verdeutlichung der Einordnung von Visualisierungsverfahren in die Taxonomie werden im Folgenden einige in der Simulation für Produktion und Logistik gängige Verfahren beispielhaft eingeordnet (vgl. auch Anhang A).

Das einfache Balkendiagramm ist charakterisiert durch eine 2D-Darstellungsdimension, einer symbolische Repräsentation und einem in der Regel linearen, kategorisierenden oder logarithmischen Maßstab ohne Projektion; es beinhaltet entweder gar keine oder eine diskrete Form der Zeitrepräsentation und stellt sich als Standbild ohne Interaktion dar. Es ermöglicht die Darstellung von zumeist quantitativer Information, aber in Kombination mit einem Wertecenter, beispielsweise als Histogramm, auch qualitativer Information zur Identifikation, zum Vergleich und zum Aufzeigen von Merkmalen und Mustern relationaler Information. Die Informationscodierung erfolgt über ein diskretes Messniveau und eindimensionale abhängige Variablen.

Im Gegensatz zum einfachen Balkendiagramm nutzt das einfache Liniendiagramm keinen kategorisierenden, dafür zusätzlich einen exponentiellen Maßstab. Repräsentiert die unabhängige Variable die Zeit, ist eine kontinuierliche Zeitrepräsentation im graphischen Modell möglich.

Das einfache Scatter-Diagramm unterscheidet sich hinsichtlich seiner Ausprägungen nicht vom einfachen Balkendiagramm. Es fällt aufgrund der vorliegenden Taxonomie in die gleiche Verfahrensklasse.

Das Sankey-Diagramm ist eine abstrakte symbolische Zeichnung und besitzt keinen Maßstab. Es wird zur Identifikation, zur Lokalisierung und zum Aufzeigen von Korrelationen und Assoziationen relationaler und netzwerkartiger Information auf der Basis von mehrdimensionalen abhängigen Variablen verwendet.

Die 3D-Animation ist charakterisiert durch eine 3D-Darstellungsdimension, einer stilisierten, realitätsnahen oder fotorealistischen Repräsentation, einem linearen Maßstab und einer meist perspektivischen, aber auch orthogonalen Projektion. Sie kann sowohl eine diskrete als auch kontinuierliche Form der Zeitrepräsentation beinhalten und eine Interaktion mit dem graphischen Modell und/oder dem Simulationsmodell zur Verfügung stellen. Sie ermöglicht die Darstellung von qualitativer Information zur Lokalisierung, zum Vergleich, zur Korrelation und Assoziation beliebiger Informationsstrukturen. Die Informationscodierung erfolgt über ein diskretes und/oder kontinuierliches Messniveau (z.B. die Zeit) und mehrdimensionale abhängige Variablen (Geometrien, Zeit, Zustandsräume).

Im Gegensatz zur 3D-Animation unterscheidet sich die 2D-Animation durch eine reine 2D-Darstellungsdimension mit einer zumeist ikonischen, aber auch symbolischen Repräsentation. Sie besitzt in der Regel keinen Maßstab und ermöglicht nur eine eingeschränkte Lokalisierung auf der Basis von zwei und mehrdimensionalen abhängigen Variablen.

5.2 Ziel- und aufgabenbasierte Anwenderanforderungen

Zur Veranschaulichung der Formulierung der ziel- und aufgabenbasierten Anwenderanforderungen zur Auswahl eines Visualisierungsverfahrens wird im Folgenden ein typisches Anwendungsszenario herangezogen, und zwar die simulationsgestützte Analyse einer Kommissionieranlage. Ein typisches Simulationsergebnis für dieses Szenario umfasst das Verhalten eines Kommissionierlagers über die Zeit. Hierbei stellt die Lagerbelegung eine zentrale Kennzahl dar, woraus sich folgende unterschiedliche Visualisierungsanforderungen ergeben können:

- Die Visualisierung des Belegungsverlaufs im Tagesintervall erfordert die Darstellung von zweidimensionalen, diskreten Messgrößen (Zeit, Wert) zum Aufzeigen von typischen Charakteristiken und Mustern und zur Identifikation der absoluten Belegungsmittelwerte im gegebenen Intervall.
- Die Visualisierung des kontinuierlichen Belegungsverlaufs erfordert die Darstellung von zweidimensionalen, diskreten Messgrößen (Zeit, Wert) zum Aufzeigen von typischen Charakteristiken und Mustern und zur Identifikation der absoluten Belegung zu jedem Zeitpunkt einer Zustandsänderung.
- Die Visualisierung der Belegungsverteilung erfordert die Darstellung von zweidimensionalen, diskreten Messgrößen (Wertebereich, Anzahl) zur Identifikation der absoluten Anzahl von Messpunkten für ein Belegungsintervall. Zusätzliche Information ist über typische Charakteristiken und Muster wie Minimum, Mittelwert, Maximum und Standardabweichung der Verteilung dargestellt.
- Die Visualisierung von zu- und abfließenden Objektströmen erfordert die Darstellung von eindimensionalen, diskreten, vernetzten Messgrößen zur Identifikation und zum Aufzeigen von Korrelationen und Assoziationen der absoluten Anzahl von Objekten, die pro Zeiteinheit durch das Lager fließen.
- Die Visualisierung von gesamtsystemischen Wechselwirkungen erfordert die Darstellung von multidimensionalen Messgrößen zur Identifikation, zum Vergleich, zur Lokalisierung und zum Aufzeigen von Korrelationen und Assoziationen des Systemverhaltens mit dem Fokus auf das Zwischenlager.

5.3 Kriterienabgleich und Verfahrensauswahl

Aufgrund der in Kapitel 5.2 aufgestellten Anforderungen erfolgt zunächst ein Abgleich mit den in Kapitel 5.1 kategorisierten Visualisierungsverfahren (vgl. Abbildung 14). Die endgültige Auswahl des Verfahrens aus der Klasse der potentiell möglichen Verfahren wird

aufgrund der anzusprechenden Zielgruppe und des zu erwartenden Erstellungsaufwandes entschieden.

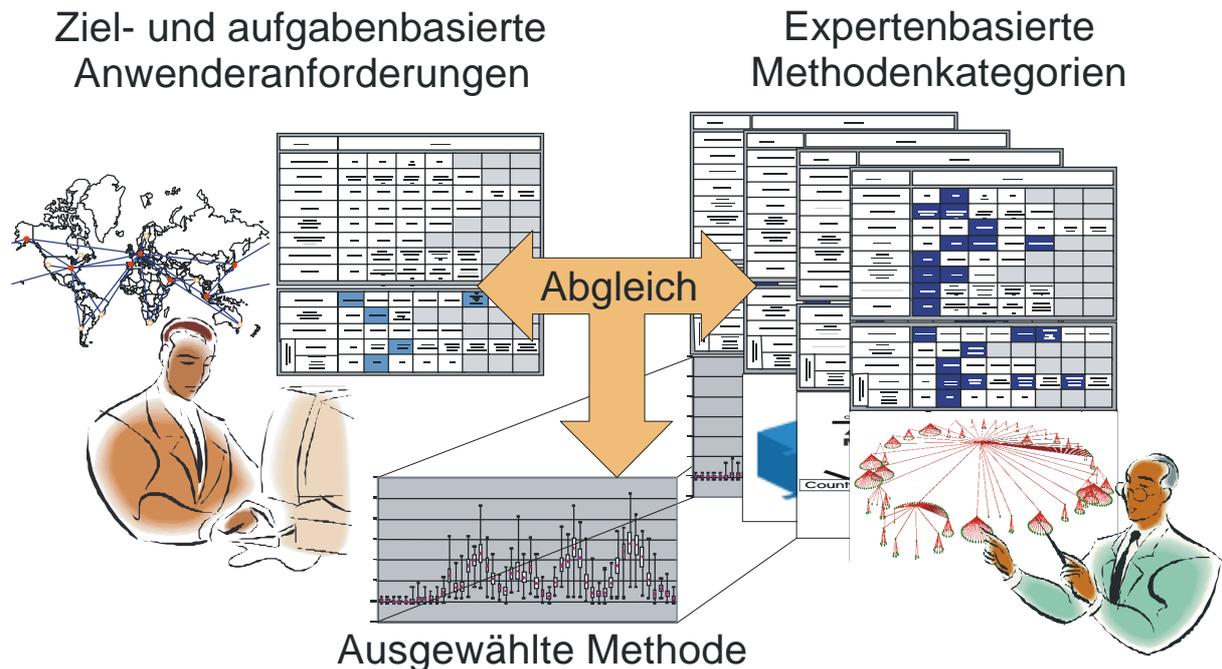


Abbildung 14: Nutzung der Taxonomie in der Anwendung.

Der Belegungsverlauf in Intervallschritten kann sowohl durch ein einfaches Balkendiagramm als auch ein einfaches Scatter-Diagramm visualisiert werden. Der Erstellungsaufwand ist mit Hilfe verbreiteter Softwarewerkzeuge niedrig, die Entscheidung für eines dieser Diagrammarten erfolgt nur aufgrund von zielgruppenspezifischen Konventionen.

Im Gegensatz dazu kann der Belegungsverlauf zu jedem Zeitpunkt einer Zustandsänderung sinnvoll nur mit einem einfachen Liniendiagramm visualisiert werden, weil dieses eine kontinuierliche Darstellung der abhängigen Variablen ermöglicht. Hierbei ist aber darauf zu achten, dass die Verbindung der einzelnen Messpunkte nur als Treppenfunktion (Interpolation 0. Grades) korrekt ist, da eine Belegungsänderung nicht kontinuierlich, sondern diskret erfolgt. Die falsche Anwendung des Liniendiagramms ist übrigens ein in der Praxis häufig zu beobachtender Fehler und führt insbesondere unter dem Aspekt der Expressivität zu einer Verfälschung der zu vermittelnden Information.

Die Belegungsverteilung kann wiederum sowohl mittels eines einfachen Balkendiagramms oder eines einfachen Scatter-Diagramms visualisiert werden. Aufgrund der vorausgesetzten Gleichverteilung innerhalb einer Belegungsklasse ist das einfache Balkendiagramm zur Darstellung dieses Sachverhaltes das geeignete und in der Anwendung genutzte Verfahren.

Zu- und abfließende Objektströme werden zumeist als Sankey-Diagramm visualisiert. Dieses ermöglicht die statische Darstellung quantitativer Mengenströme bei gleichzeitiger Illustration der netzwerkartigen Informationsstruktur.

Die dynamische Visualisierung von zumeist qualitativen gesamtsystemischen Wechselwirkungen kann sowohl durch eine 2D-Animation als auch eine 3D-Animation visualisiert werden. Die Auswahl muss hierbei aufgrund des Erstellungsaufwandes, der bei der 3D-Animation meist weitaus höher ist als bei der 2D-Animation, und der anzusprechenden Zielgruppe erfolgen. Je weniger Detailwissen bezüglich des simulierten Systems bei der Zielgruppe vorhanden ist, desto eher sollte eine möglichst realitätsnahe 3D-Animation zur anschaulichen Visualisierung gewählt werden [VDI03].

6 Ausblick

Die entwickelte Taxonomie für Visualisierungsverfahren zum Einsatz innerhalb der modellgestützten Analyse von Produktions- und Logistiksystemen ist im Rahmen verschiedener Arbeiten entstanden und zusammengeführt worden. Der graphische Teil der Taxonomie ist maßgeblich im Rahmen einer Richtlinienerstellung gemeinsam mit Anwendern entwickelt und anhand von typischen Visualisierungsbeispielen validiert worden, so dass deren Anwendbarkeit sichergestellt ist [Wen02], [VDI03].

Da ergänzend hierzu die Anwender immer wieder ihre Aufgaben zu den Visualisierungsverfahren in Bezug setzen müssen, stellte sich allerdings die Frage nach der zu visualisierenden und damit aus der Visualisierung ableitbaren Information. Dieser Sachverhalt hat zur zusätzlichen Differenzierung der Verfahren aus Informationssicht geführt. Zurzeit wird dieser ergänzende Teil der Taxonomie ebenfalls mit Anwendern innerhalb des SFB 559 hinsichtlich seiner Praktikabilität evaluiert.

Um dem Anwender eine Arbeitsumgebung zur Auswahl von Visualisierungsverfahren im Rahmen der Modellierung und Simulation in Produktion und Logistik bereitzustellen, werden in den weiteren Forschungsarbeiten die bisherigen Ergebnisse in Form einer vollständigen Verfahrensklassifizierung (Fortführung der im Anhang begonnenen Klassifikation) und anschließenden Bildung von Verfahrenskategorien vervollständigt, um eine umfassende Einsetzbarkeit in der Anwendung sicherzustellen. An dieser Stelle sind ebenfalls Kriterien zur Bildung von Informationskategorien notwendig, die in der Vernetzung mit den Verfahrenskategorien eine stärkere kontextbezogene Nutzbarkeit der Visualisierungsverfahren zulassen. Die Arbeiten sollen in der beantragten Phase 3 des SFB 559 in diese Richtung fortgeführt werden.

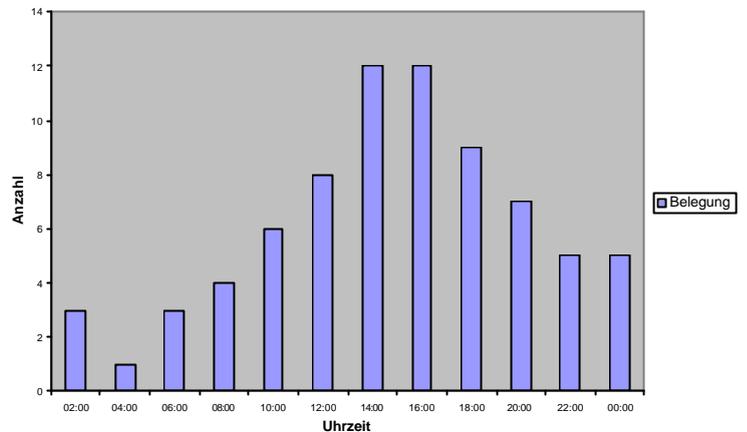
7 Literatur

- [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] DIN44300-1: Deutsches Institut für Normung e.V.: Informationsverarbeitung – Teil 1. Beuth Verlag, Berlin, 1995.
- [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.
- [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.
- [Luk93] Lukoschek, K.: Die Expressivität als ein Kriterium für die Wirksamkeit visueller Repräsentation. Preprints aus dem Fachbereich Informatik, Universität Rostock (1993) 4.
- [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.
- [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.
- [WBJ01] Wenzel, S.; Becker, C.; Jodin, D.: Methoden der Informationsgewinnung zur Bestimmung des Eingangsdatenraums für Simulationsmodelle in der Logistik. In: K. Panreck, F. Dörrscheidt (Hrsg.): Tagungsband zum 15. Symposium ASIM 2001 Simulationstechnik, Paderborn, Reihe: Fortschritte in der Simulationstechnik, SCS Verlag BVBA, Ghent, 2001, S. 417-422.
- [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.

Anhang

Einfaches Balkendiagramm

Das einfache Balkendiagramm zählt zu den quantitativen Visualisierungsverfahren, die für die Darstellung diskreter Datensätze geeignet sind. Die Verwendung als Histogramm ermöglicht zusätzlich auch die Darstellung von qualitativen Informationsmerkmalen, beispielsweise eine Verteilung.

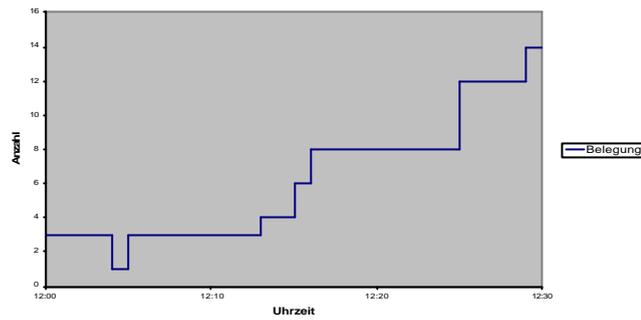


Quelle:

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	photorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Liniendiagramm



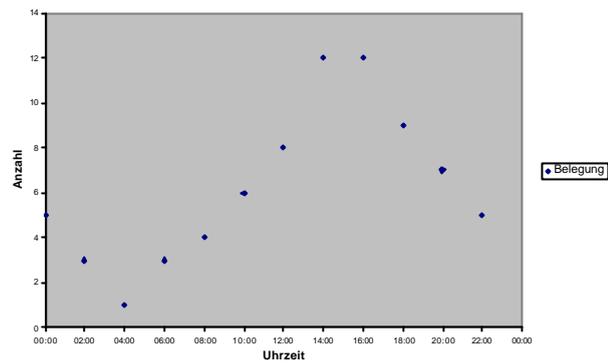
Liniendiagramme gehören zu den bekanntesten Wertediagrammen. Die Visualisierung erfolgt durch einen Linienzug, der einen kontinuierlichen Verlauf bzw. Trend darstellt.

Quelle:

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Scatter-Diagramm



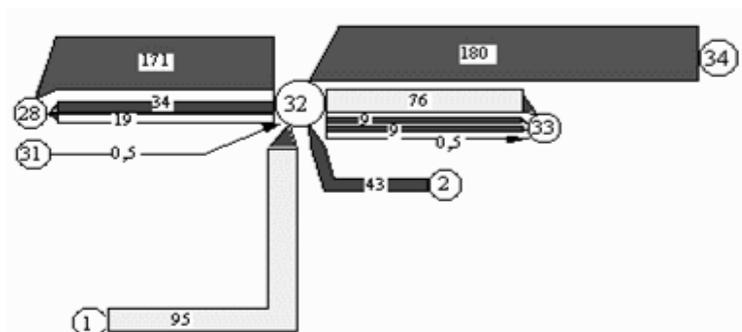
Scatter-Diagramme zählen neben den Balkendiagrammen zu quantitativen Visualisierungsverfahren in Verbindung mit diskreten Datensätzen.

Quelle:

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	photorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Sankey-Diagramm



Sankey-Diagramme sind Flussdiagramme, die Ströme in einem System (Anzahl, Gewicht, Volumen, etc.) visualisieren. Die Breite der Flusspfeile ist proportional zur Flussmenge.

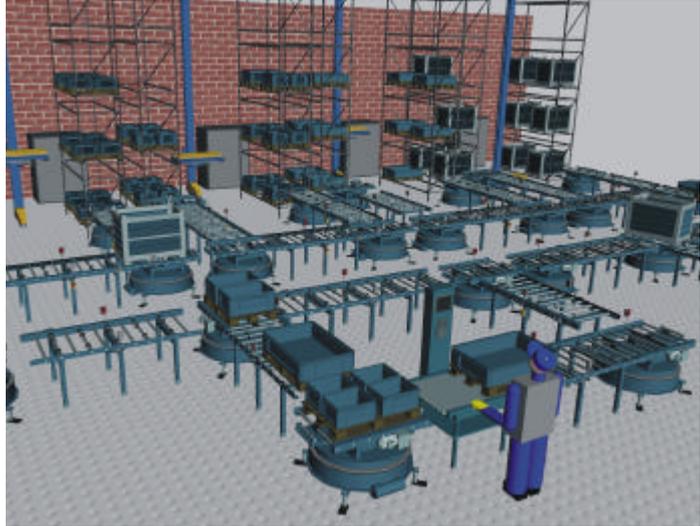
Quelle:

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

3D-Animation

Die Animation bezeichnet die Erzeugung und Präsentation von Bildfolgen, in denen Änderungen einen visuellen Effekt bedingen. Die hier klassifizierte 3D-Animation eines Simulationsmodells basiert auf einem proportionalen Simulationsmodell. Aufgrund der direkten Kopplung zwischen Animation und Simulation erfolgt eine Interaktion sowohl innerhalb des grafischen Modells als auch mit dem Simulationsmodell. Ziel einer 3D-Animation im Bereich der Simulation ist die maßstäbliche und realistische Darstellung des simulierten Systems, der dynamischen Abläufe sowie der gesamtsystemischen Zusammenhänge.



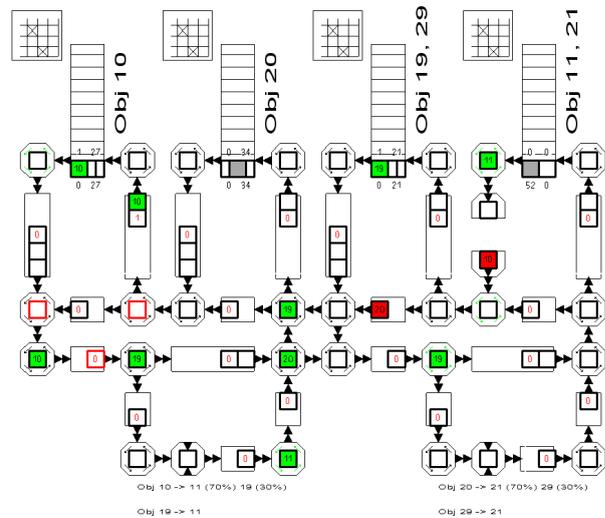
Quelle: Fraunhofer IML, Dortmund.
3D-Animation einer Kommissionierzone

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

2D-Animation eines Simulationsmodells

Die Animation bezeichnet die Erzeugung und Präsentation von Bildfolgen, in denen Änderungen einen visuellen Effekt bedingen. Die hier klassifizierte 2D-Animation eines Simulationsmodells basiert auf einem symbolischen und auch ikonischen, nicht-proportionalen Simulationsmodell. Da keine direkte Kopplung zwischen Animation und Simulation existiert, erfolgt eine Interaktion nur innerhalb des grafischen Modells. Ziel einer 2D-Animation im Bereich der Simulation ist die Darstellung der dynamischen Abläufe sowie der gesamtsystemischen Zusammenhänge eines modellierten Systems.

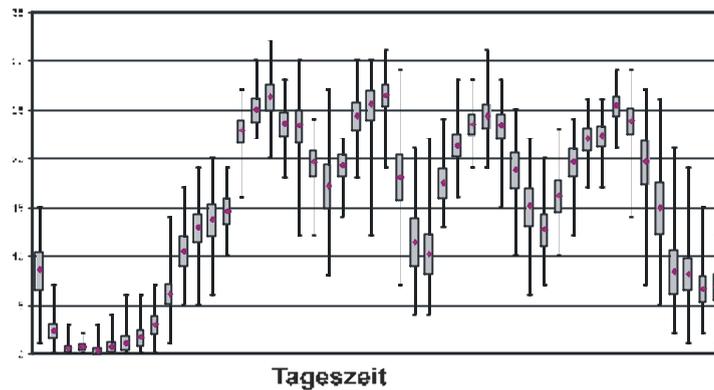


Quelle: Fraunhofer IML, Dortmund. Animiertes Simulationsmodell einer Kommissionierzone

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	fotorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Box-Plot



Boxplots gehören zu den statistischen quantitativen Wertediagrammen, die mehrdimensionale Datensätze anzeigen. Gewöhnlich stellt ein Boxplot den minimalen und den maximalen Wert, den Median, sowie die unteren bzw. oberen 25 % des Datensatzes (Quartile) dar. Das Beispiel zeigt die Verteilung einer Anzahl von Aktionen pro halbe Stunde über einen Tag.

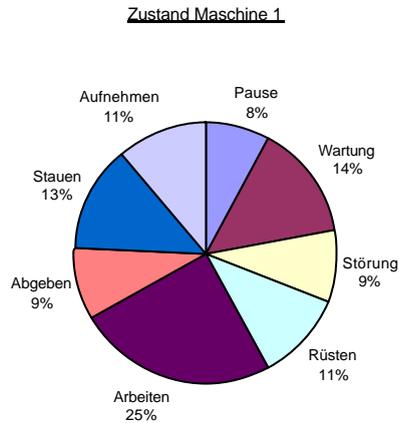
Quelle: SFB 559, Technical Report 02066, ISSN 1612-1376

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	forealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion	Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation	
Art der darzustellenden Information	qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ						
Informationsstruktur	unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig				
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Kreisdiagramm

Kreisdiagramme (auch Tortendiagramme genannt) gehören zu den Wertediagrammen, die Häufigkeitsverteilungen darstellen. Die Größe der Fläche der einzelnen Sektoren ist proportional zu deren repräsentierten Wert.



Quelle:

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	photorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild / Zeitlupe	proportionales Bewegbild / Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Beschreibende Karte (Anfahrtsskizze)

Eine beschreibende Karte, wie hier die Anfahrtsskizze des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik in Dortmund, stellt ein Beispiel für ein qualitatives Visualisierungsverfahren dar.

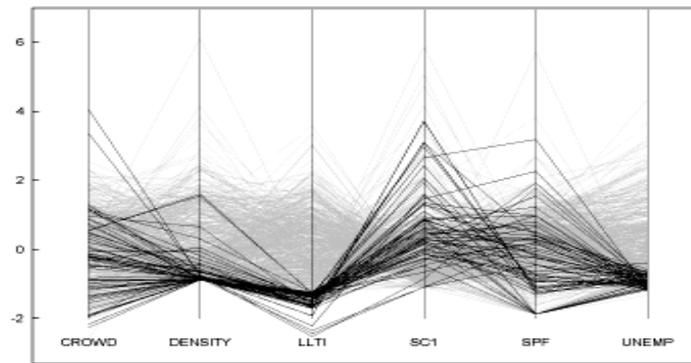


Quelle: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, 44227 Dortmund

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	photorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Parallele Koordinaten



Parallele Koordinaten gehören zu den Wertediagrammen. Das Besondere an diesen Diagrammen ist die parallele Anordnung von Koordinatenachsen mit äquidistantem Abstand. Jeder Punkt des n-dimensionalen Datensatzes wird auf den jeweiligen Achsen aufgetragen. Parallel Koordinaten werden daher in Verbindung mit multidimensional codierten Informationen benutzt.

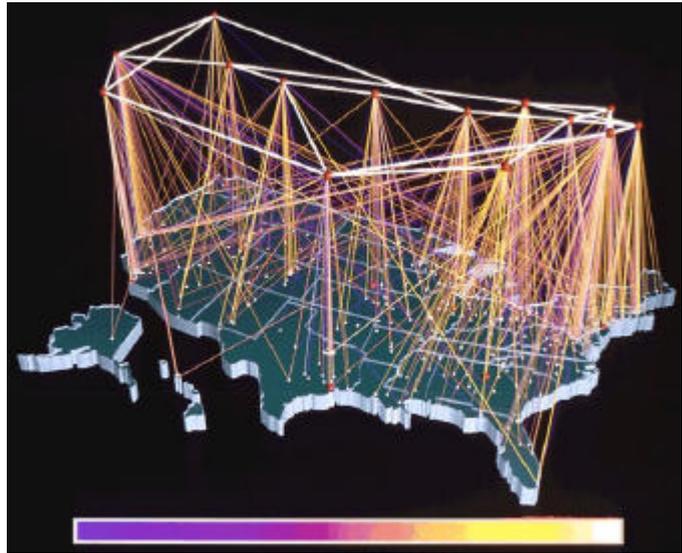
Quelle: <http://www.agocg.ac.uk/reports/visual/casestud/brunsdon/fig11.gif> (20.11.2003)

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	photorealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Karte mit Netzwerkstruktur

Das Visualisierungsverfahren zeigt eine Internet-Struktur in den USA und beschreibt das übertragene Datenvolumen in Form von Farbe. Die Werte variieren zw. 0 Bytes , kodiert durch purpurrote (dunkle) Darstellung und 100 Billionen Bytes (weiße Darstellung).



Quelle:
<http://archive.ncsa.uiuc.edu/SCMS/DigLib/stills/1457.cox.1g.gif> (20.10.2003)

Einordnung aus der graphischen Sicht							
Darstellungsdimension	1D	2D	2 ½D	3D			
Repräsentation	symbolisch / Zeichen	symbolisch / abstraktes Symbol	ikonisch / stilisierte Abbildung	ikonisch / realitätsnahe Abbildung	forealistisch		
Darstellungsform	Schrift	Tabelle	Diagramm	Zeichnung	Bild	Virtuelle Welt	Erweiterte Realität
Skalierung	keine	linear	logarithmisch	exponentiell	kategorisierend		
Planare geometrische Projektion	keine	orthogonal	schief	perspektivisch			
Zeitrepräsentation im graphischen Modell	keine	diskret	kontinuierlich				
Präsentationsverhalten	Standbild	nicht proportionales Bewegbild	proportionales Bewegbild/ Zeitlupe	proportionales Bewegbild/ Echtzeit	proportionales Bewegbild / Zeitraffer		
Interaktion	keine	Navigation in der Präsentation	mit dem graphischen Modell	mit dem Datenmodell	in und mit dem Modell (Immersion)		

Einordnung aus der informationsbezogenen Sicht									
Primäre Funktion		Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
Art der darzustellenden Information		qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
Informationsstruktur		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
Informationskodierung	Messniveau	kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervallskaliert diskret	intervallskaliert kontinuierlich	verhältnisskaliert diskret	verhältnisskaliert kontinuierlich
	Dimension der abhängigen Variable n	keine	1D	2D	3D	nD			

Sonderforschungsbereich 559

Bisher erschienene Technical Reports

- 02001 Bernd Hellingrath, Matthias Keller, Markus Witthaut: Klassifizierung von Dispositionsstrategien großer Logistiknetze
- 02003 Marcel Beller, Frank Laakmann, Niklas Stracke, Georg Wiesinger: Workbench, Workbench zur Unterstützung der Planung logistischer Netze
- 02004 Mirko Eickhoff, Michael Hierweck: Hands On B1-Tools – Eine beispielorientierte Einführung in die Anwendung der B1-Tools
- 02005 Martin Käppner, Frank Laakmann, Niklas Stracke: Dortmunder Prozesskettenparadigma – Grundlagen
- 02006 Ralf Hieber, Frank Laakmann, Jörg Nienhaus, Niklas Stracke: Erfahrungen zur Modellierung von Prozessen in Unternehmensnetzwerken und Vorschläge für Ergänzungen des SCOR-Modells
- 02007 Michael Kaczmarek: Definition von Anforderungen an die Modellierung und Analyse der Supply Chain
- 03001 Falko Bause: Semantik des B1-Paradigmas – Spezifikation des ProC/B-Formalismus anhand der Umsetzung in HiSlang
- 03002 Anne Schulze im Hove, Frank Stüllenberg: Die Netzwerk-Balanced Scorecard als Instrument des Netzwerk-Controlling.
- 03003 Norman Baum, Jochen Bernhard, Heinrich Frye, Sigrid Wenzel: Kooperation A5, M9 – Simulation des Frachtumschlages im Flugverkehrsnetz
- 03004 Falko Bause, Jochen Bernhard, Thomas Fender, Kay Hömberg, Dirk Jodin, Marcus Völker, Sigrid Wenzel: Standardisierte Beschreibung von Eingangsdaten für die Simulation auf Basis des Prozesskettenparadigmas
- 03005 Jochen Bernhard, Miroslaw Dragan, Sigrid Wenzel: Klassifikation von Visualisierungsverfahren für GNL

Alle Technical Reports können im Internet unter
<http://www.sfb559.uni-dortmund.de/>
abgerufen werden. Für eine Druckversion wenden Sie
sich bitte an die SFB-Geschäftsstelle
e-mail: grosseca@iml.fhg.de