

# Visualisierung zeitlicher Verläufe auf geographischen Karten

Christian Tominski, Petra Schulze-Wollgast, Heidrun Schumann  
Institut für Computergraphik, Fachbereich Informatik, Universität Rostock

## Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden leistungsfähige Methoden entwickelt, die mehrdimensionale Datenmengen visualisieren können. Auch für die Darstellung zeitlicher Verläufe sind verschiedene Techniken bekannt. Die Verbindung dieser Techniken mit einer Kartendarstellung ist jedoch bisher noch offener Forschungsgegenstand.

Zur Kombination von Zeit- und Kartendarstellung werden verschiedene Konzepte vorgestellt und am Beispiel von Gesundheitsdaten diskutiert. Hierzu zählen:

- Ikonifizierung und Positionierung,
- Verwendung der 3. Dimension als Zeitachse über einer Karte,
- spezielle Ausprägungen des Mehrfensterkonzepts.

Es wird ein allgemeines Framework beschrieben, das unter Verwendung des Konzeptes *Ikonifizierung und Positionierung* komplexe Gesundheitsdaten über der Karte von Mecklenburg-Vorpommern in unterschiedlicher Granularität visualisiert. Damit wird eine einfache und intuitive Auswertung der vorliegenden Gesundheitsdaten ermöglicht.

## 1 Einleitung

Moderne Datenbanksysteme speichern heutzutage immense Datenmengen. Durch Visualisierung wird versucht, die Gewinnung von Informationen aus solchen Datensätzen zu vereinfachen. Hierzu

erfolgt eine Abbildung der Daten auf visuelle Objekte, so dass sie möglichst einfach und intuitiv vom menschlichen visuellen System erfassbar sind.

Visualisierungsmethoden werden heute nahezu überall eingesetzt. So werden zum Beispiel Aktienkursverläufe als interaktiv manipulierbare Diagramme dargestellt oder die Veröffentlichung von Wahlergebnissen mit Grafiken untermauert. Es liegt nahe, die Vorteile der Visualisierung auch für die Auswertung von Gesundheitsdaten zu nutzen. Dies sind Daten, die neben einer räumlichen Abhängigkeit („Wo ist eine Krankheit aufgetreten?“) auch eine zeitliche Komponente enthalten („Wann ist eine Krankheit aufgetreten?“).

Für die Visualisierung eines Zeitbezuges gibt es verschiedene klassische Methoden wie zum Beispiel das Zeitdiagramm. Neuere Techniken wie die Spiraldarstellung (Weber et al. 2000) oder der *Theme River* (Havre et al 2000) belegen die Bedeutung der Visualisierung zeitlicher Verläufe.

Auf die Darstellung räumlicher Bezüge sind GIS spezialisiert. Sie bieten ein breites Spektrum von Techniken zur Präsentation von Karten und raumabhängigen Daten. Die Darstellung von zeitlichen Verläufen auf Karten ist bisher jedoch nur wenig untersucht worden. Dies gilt insbesondere für die gleichzeitige Darstellung mehrerer Parameter. Mögliche Kombinationen von Karten- und Zeitdarstellung werden im Folgenden untersucht.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Visualisierung

Das Hauptziel der Visualisierung ist die Abbildung von Daten auf geometrische Primitive und deren Attribute (zum Beispiel Form, Farbe usw.). Dies soll

Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Schriften, Band 7: Visualisierung und Erschließung von Geodaten. Beiträge des Seminars GEOVIS 2003, 27.–28. Februar 2003, Hannover, 47–57

nach Schumann und Müller (2000) so geschehen, dass die Darstellung

- expressiv,
- effektiv und
- angemessen

ist. Von einer expressiven Darstellung spricht man, wenn die in den Daten enthaltenen Informationen – und nur diese – angezeigt werden. Werden die Eigenschaften des menschlichen visuellen Systems optimal angesprochen, so dass ein Bild schnell und intuitiv interpretierbar ist, so gilt das Effektivitätskriterium als erfüllt. Angemessen ist eine Visualisierung, wenn Nutzen und Aufwand bei der Erstellung des Bildes in einem ausgewogenen Verhältnis stehen.

Für die Erzeugung von Bildern aus Daten sind mehrere Schritte notwendig, die nacheinander durchlaufen werden. Die so bezeichnete Visualisierungs-Pipeline besteht aus den Prozessen *filtering*, *mapping* und *rendering*. Das heißt, dass zunächst die Daten gefiltert (zum Beispiel um Nullwerte zu eliminieren oder die Datenmenge einzuschränken), danach auf geometrische Primitive und deren Attribute abgebildet und anschließend durch den Rendering-Schritt in Bilddaten überführt werden. Hierbei hat das Mapping den weitaus größten Einfluss auf die Expressivität, Effektivität und Angemessenheit der Darstellung.

Sollen sehr große Datenmengen visualisiert werden, reicht der verfügbare Anzeigeplatz oft nicht aus. Die Informationsvisualisierung bietet interessante Konzepte, um dennoch eine visuelle Analyse großer Datenmengen zu ermöglichen. Jene, die für die hier vorgestellten Techniken von Bedeutung sind, sollen kurz eingeführt werden.

- *Übersicht und Detail*: In getrennten Bereichen der Anzeige werden detailreiche Darstellung der Daten und Übersichtsdarstellung angeboten.
- *Fokus und Kontext*: Die Verbindung von detaillierter (Fokus) und Übersichtsdarstellung (Kontext) wird mit einem Bild realisiert.
- *Semantischer Zoom*: Hierbei wird der Informationsgehalt der Darstellung verändert (nicht die graphischen Daten selbst), um bei Bedarf zusätzliche Details sichtbar zu machen.

- *information hiding*: Unwichtige Bereiche der Darstellung werden ausgeblendet oder mit graphischen Mitteln (zum Beispiel Farbintensität) abgeschwächt dargestellt.

## 2.2 Zeit- und raumabhängige Daten

Ausgangspunkt für jede Visualisierung ist die Beschreibung der Daten. Hierbei wird zwischen dem Beobachtungsraum (Bezugsraum in dem Daten erfasst werden) und den Merkmalen (erfasste Daten) unterschieden. Ist eine Dimension des Beobachtungsraumes mit der physikalischen Größe Zeit assoziiert, so spricht man von Daten mit Zeitbezug. Die Zeitabhängigkeit kann in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten. Man unterscheidet Daten mit:

- statischem,
- quasistatischem
- dynamischem

*Zeitbezug*. Liegt in den gesamten Daten nur ein einziger Zeitpunkt oder -raum vor, so handelt es sich um statische Daten. Sind hingegen mehrere diskrete Zeitangaben in den Daten vorhanden, wie zum Beispiel bei der Erfassung der täglichen Schlusskurse eines Aktienwertes, so wird von quasistatischen Daten gesprochen. Dynamische Daten weisen eine kontinuierliche Zeitachse auf. Sie treten zum Beispiel bei der Erfassung von Zeitreihen aus technischen Prozessen auf.

Liegen dem Beobachtungsraum Ortskoordinaten zu Grunde, die ein zwei- oder dreidimensionales Bezugssystem definieren, so handelt es sich um Daten mit Raumbezug. Je nach Gültigkeit der Daten in einem Beobachtungspunkt unterscheidet man raumabhängige Daten mit

- punktuell,
- lokalem oder
- globalem

*Wirkungskreis*. Während bei punktuellem Wirkungskreis Daten nur im Beobachtungspunkt gültig sind, erstreckt sich bei lokalem Wirkungskreis der Gültigkeitsbereich in einem lokalen Gebiet um den Beobachtungspunkt. Gelten die Daten im gesamten Beobachtungsraum, so spricht man von einem globalen Wirkungskreis.

Aus den genannten Ausprägungen von Zeitbezug und Wirkungsbereich raumabhängiger Daten resultieren verschiedene, jeweils speziell angepasste Visualisierungstechniken.

Die hier verwendeten Gesundheitsdaten enthalten eine Datumsangabe sowie eine Gebietskennung. Es handelt sich also um quasistatische Daten mit lokalem Wirkungsbereich.

### 3 Konzepte für die Visualisierung zeitlicher Verläufe

Die im Folgenden vorgestellten Konzepte zur Kombination von Zeitvisualisierung mit Kartendarstellungen setzen voraus, dass die zu visualisierenden Daten einen quasistatischen Zeitbezug aufweisen. Darüber hinaus wird von einer statischen Karte ausgegangen. Das heißt, dass die Karte für ein gewisses Zeitintervall als unverändert interpretiert wird.

#### 3.1 Ikonifizierung und Positionierung

Im Bereich der Visualisierung versteht man unter einer Ikone ein exakt positionierbares graphisches Primitiv, das mehrere Merkmale in geometrischen Charakteristika (zum Beispiel Länge, Winkel) bzw. in Darstellungsattributen (zum Beispiel Farbton, -intensität) verschlüsselt.

Für die Kombination von Zeitvisualisierungen mit Karten wollen wir das Konzept der *Ikonifizierung und Positionierung* einführen. Unter Ikonifizierung wird hier der Prozess der Verkleinerung der ursprünglichen Zeitdarstellung verstanden, bei dem ein graphisches Primitiv mit den Eigenschaften einer Ikone entsteht.

Verschiedene Techniken zur Visualisierung zeitlicher Verläufe eignen sich auch unterschiedlich gut für die Ikonifizierung. Eine Ikonifizierung ist nur dann sinnvoll, wenn die bevorzugte Technik zur Zeitvisualisierung in ikonifizierter Form noch aussagekräftig ist. Im Idealfall behält die entstandene Ikone die Aussagekraft der ursprünglichen Technik bei. Das Erkennen eines gewissen Überblicks über die verschlüsselten Merkmale kann als Minimalanforderung formuliert werden. Techniken, die kompakte Darstellungen erzeugen, sind besser geeig-

net als Techniken, die mit Linien- oder Pixelgraphiken arbeiten und hochgranulare Bilder liefern.

Bei der Ikonifizierung ergibt sich die Frage nach der Größe der Ikonen. Diese muss in Abhängigkeit der vorgesehenen Darstellung auf der Karte bestimmt werden. Es sind zwei Vorgehensweisen denkbar:

- Alle Ikonen haben die gleiche Größe,
- die Ikonen werden in unterschiedlicher Größe dargestellt.

Gleich große Ikonen haben den Vorteil, dass sie vergleichende Aussagen zulassen. Um Verdeckungen der Ikonen auf der Karte zu vermeiden, müsste man sich jedoch bei der Berechnung der Größe am kleinsten für eine Ikone verfügbaren Anzeigebereich orientieren. Sehr kleine Ikonen können dann aber nur noch schwer analysiert werden. Darüber hinaus kommt es bei stark differierenden Gebietsausdehnungen auf einer Karte (zum Beispiel Bundesländer Hamburg vs. Mecklenburg-Vorpommern) zur Verschwendung von Anzeigepplatz.

Lässt man unterschiedlich große Ikonen zu, so kann der verfügbare Anzeigepplatz besser ausgenutzt werden. Details der größeren Ikonen sind dann besser erkennbar. Allerdings erschweren unterschiedlich große Ikonen die Ableitung vergleichender Aussagen. Darüber hinaus kann es zu einer nicht mehr expressiven Darstellung kommen.

Es ist je nach Anwendungsszenario zu prüfen, welcher der beiden Wege beschritten werden soll. Sinnvoll ist es deshalb, dem Nutzer eine Auswahlmöglichkeit zu bieten bzw. die Ikonengröße interaktiv veränderbar zu machen.

Sind die Ikonen erzeugt, müssen sie auf der Karte positioniert werden. Auch hier sind verschiedene Alternativen möglich. So können Ikonen

- direkt,
- semidirekt oder
- indirekt

dargestellt werden. Bei der direkten Darstellung wird die Ikone auf der Karte exakt über dem projizierten Beobachtungspunkt positioniert. Dies führt jedoch in der Regel zu Überlappungen der Ikonen. Durch lokale Verschiebung der Ikonen (semidirekte Darstellung) können Überlappungen minimiert

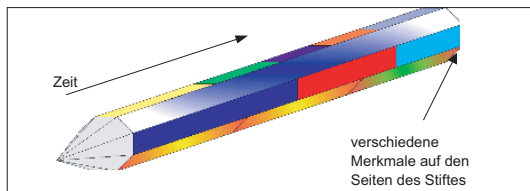


Abb. 1: Lexis pencil

werden. Dieser Optimierungsprozess ist jedoch sehr rechenaufwendig und wird daher in interaktiven Systemen nur sehr selten eingesetzt. Bei der indirekten Positionierung werden die Ikonen getrennt von der Karte dargestellt. Eine Verbindung von Ikonen und Karte ist dann durch Annotationen möglich.

Eine Kombination aus direkter und indirekter Darstellung ist sinnvoll, da bei der Ikonifizierung im Allgemeinen feine Details der Zeitdarstellung verloren gehen. So kann zum Beispiel das Übersicht & Detail-Konzept realisiert werden, indem auf der Karte alle Ikonen direkt angezeigt, während wenige ausgewählte Ikonen zusammen mit Annotationen getrennt von der Karte vergrößert dargestellt werden.

Mit Hilfe des Konzeptes der *Ikonifizierung und Positionierung* lassen sich die Vorteile bestehender Verfahren auch in Kombination mit einer Kartendarstellung nutzen. Die Verwendung von *Ikonifizierung und Positionierung* im entwickelten *Framework* (vgl. Kap. 4) zur Visualisierung von Gesundheitsdaten untermauert die Eignung für die Darstellung zeitlicher Verläufe auf Karten.

### 3.2 Verwendung der 3. Dimension als Zeitachse über einer Karte

Erfolgt die Kartendarstellung in einem virtuellen 3D-Raum, so kann die dritte Dimension zur Repräsentation der Zeit verwendet werden. Hierfür werden die Zeitpunkte eines betrachteten Zeitraumes auf Punkte oder Intervalle der z-Achse des 3D-Raumes abgebildet. Jedem Zeitpunkt wird so ein eigener Darstellungsbereich zugeordnet. Bei einer hohen Anzahl von Zeitpunkten kann es jedoch dazu kommen, dass in der Darstellung mehrere Zeitpunkte auf ein einzelnes Pixel projiziert werden. Dies muss zur Wahrung der Expressivität durch eine Verringerung der Anzahl der betrachteten Zeitpunkte oder

geeignete Fokus-und-Kontext-Techniken vermieden werden.

Im Folgenden werden drei Beispiele zur Visualisierung zeitlicher Verläufe auf Karten vorgestellt, die auf diesem Konzept beruhen.

#### 3.2.1 Lexis pencils über der Karte

Dieses Beispiel verwendet die bei Francis und Pritchard (1997) beschriebenen *lexis pencils*. Hierbei handelt es sich um bleistiftähnliche geometrische Objekte. Auf den Seiten der Objekte lassen sich mehrere zeitabhängige Merkmale abbilden. Die Spitze eines *lexis pencil* ermöglicht darüber hinaus ein exaktes Positionieren auf der Karte (Abb. 1).

Zur Darstellung auf der Karte muss für jeden Beobachtungspunkt ein *lexis pencil* berechnet werden. Diese lassen sich dann senkrecht über den Beobachtungspunkten der Karten positionieren (Abb. 2). Bei einer großen Anzahl oder lokalen Häufungen von Beobachtungspunkten kann es jedoch durch Verdeckungen zu unübersichtlichen Darstellungen kommen.

Hier bietet sich die Nutzung des Fokus-und-Kontext-Konzeptes an. So kann für einen Beobachtungspunkt von Interesse der Durchmesser des zugehörigen *lexis pencil* vergrößert werden, während die Radien der benachbarten Pencils abnehmen. Der zeitliche Verlauf im ausgewählten Beobachtungspunkt kann dann sehr gut ausgewertet werden. Die verkleinerten *lexis pencils* lassen immer noch einen Überblick über die Daten der Nachbargebiete zu.

Interaktive Navigation durch den virtuellen 3D-Raum ermöglicht dem Anwender die explorative Analyse der Daten. Während der Bewegung im Raum ist es jedoch sinnvoll, die Orientierung der Lexis Pencils bezüglich des Betrachters beizubehalten.

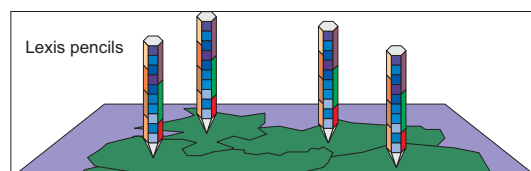


Abb. 2: Interaktive Lexis Pencils über der Karte

halten. Nur so sind trotz Veränderung der Kartenansicht stets die gleichen Merkmale für den Nutzer sichtbar. Eine Auswahl der Merkmale kann durch separate Rotation der Lexis Pencils erreicht werden. Je nach Anwendungsszenario bietet sich das gleichzeitige Rotieren aller Lexis Pencils oder nur eines einzelnen an.

Die Abbildung mehrerer Merkmale auf die Seiten eines Lexis Pencil ermöglicht das Auffinden von Korrelationen in den Daten. Hierfür ist die Anordnung der Merkmale auf dem Lexis Pencil von besonderer Bedeutung. Durch Verwendung des informationstheoretischen Ansatzes aus *Theisel* (1995) zur Bestimmung von stark korrelierenden Merkmalen kann die Vorberechnung einer günstigen Merkmalsanordnung erfolgen. Dadurch wird sichergestellt, dass zusammenhängende Merkmale auf benachbarten Seiten des Lexis Pencils abgebildet werden, was die visuelle Auswertung der Korrelation erheblich erleichtert.

### 3.2.2 Helices über der Karte

In *Weber et al.* (2000) wird die Spiraldarstellung zur Visualisierung zeitabhängiger Daten vorgestellt. Die ebenfalls dort vorgeschlagene dreidimensionale Erweiterung zur Darstellung großer Datenmengen – die Abbildung der Merkmale auf eine Helix – eignet sich auch zur Visualisierung über einer Karte.

Wird eine Helix in der grafischen Darstellung als schmales Band repräsentiert, so lassen sich dort mehrere Merkmale farbkodiert nacheinander abbilden. Ähnlich wie bei den *lexis pencils* erfolgt eine Darstellung mehrerer Helices über den Beobachtungspunkten der Karte. Ihre Orientierung zum Be-

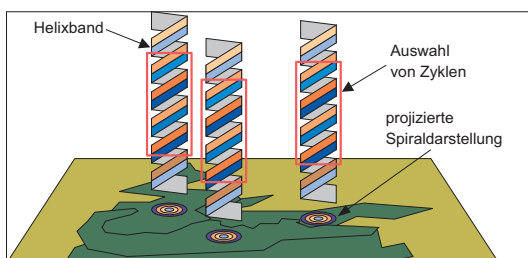


Abb. 3 Helices mit Spiraldarstellungen (Skizze)

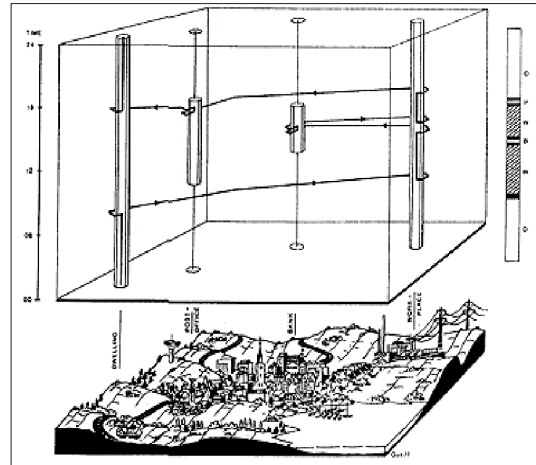


Abb. 4: Carlsteins Darstellung; aus *Southall und White* (1997)

trachter muss bei der Navigation im 3D-Raum ebenfalls erhalten bleiben. Zum Auffinden von Periodizitäten in den Daten bietet sich das interaktive Verändern der Anzahl der pro Helixzyklus abgebildeten Zeitpunkte an.

Die Helixform bedingt, dass während der Visualisierung keine volle Zyklen sichtbar sind. Es ist sinnvoll, zusätzlich zur Darstellung der Helices einen ausgewählten Teilbereich als Spiraldarstellung auf die Karte zu projizieren, um diesen Nachteil zu minimieren (Abb. 3).

### 3.2.3 Maximumanalyse

Für einige Anwendungen ist es interessant, anstelle der gesamten Datenmenge nur gewisse Eigenschaften auszuwerten, zum Beispiel die Maximalwerte.

*Carlstein* (1978) veröffentlichte eine Technik zur Darstellung der zeitlichen Veränderung des Aufenthaltsortes eines Individuums (Abb. 4). Nach *Southall und White* (1997) ist diese Darstellungsform in der Vergangenheit auf Grund des hohen Aufwandes bei deren Erstellung nur sehr selten eingesetzt worden. *Southall und White* stellen jedoch auch fest, dass sich derartige Visualisierungen mit den zur Verfügung stehenden Mitteln der Computergraphik heute leicht realisieren lassen.

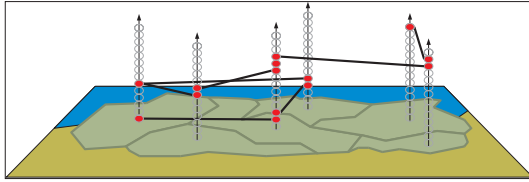


Abb. 5: Maximumanalyse

Die Idee *Carlsteins* lässt sich aufgreifen, um Maximalwerte zeitlicher Verläufe über einer Karte darzustellen. Hierzu erfolgt zunächst für jeden räumlichen Beobachtungspunkt die Positionierung einer senkrecht zur Karte stehenden Zeitachse. Alle so definierten Zeitachsen sind einheitlich skaliert. Für jeden Zeitpunkt des betrachteten Zeitraumes erfolgt die Ermittlung des Beobachtungspunktes mit maximaler Merkmalsausprägung. Jene Zeitpunkte, für die ein Maximum vorliegt, werden auf den entsprechenden Zeitachsen markiert. Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise kann man sich vorstellen, dass sukzessiv für jeden Zeitpunkt eine Perle auf jede Zeitachse geschoben wird: eine rote bei Zeitpunkten mit maximaler Merkmalsausprägung, für alle anderen eine farblose. So ist für jeden Beobachtungspunkt erkennbar, ob und wann ein Maximum vorliegt.

Die Analyse der räumlichen Zusammenhänge kann in hohem Maße erleichtert werden, indem zeitlich aufeinander folgende Maxima zusätzlich durch Linien verbunden werden (Abb. 5). Zu beachten ist jedoch, dass bei den Zeitpunkten, für die in mehreren Beobachtungspunkten derselbe maximale Datenwert vorliegt, eine Aufspaltung des Linienzuges erfolgt.

Die vorgestellten Beispiele zur Ausnutzung der dritten Dimension als Zeitachse lassen sich in verschiedenen Anwendungsszenarien mit unterschiedlicher Eignung einsetzen. Während *Lexis Pencils* lineare Zeitverläufe sehr gut abbilden können, eignen sich *Helices* besser zu Veranschaulichung zyklischer Vorgänge. Für die Visualisierung von Gesundheitsdaten, bei der es auf das Erkennen von Ausbreitungen ankommt, ist die Maximumanalyse besonders zweckmäßig.

### 3.3 Spezielle Mehrfenster-Techniken

Zur Realisierung von Mehrfenstertechniken wird für jeden Zeitpunkt ein Bild (Fenster) erzeugt. Diese Fenster werden anschließend auf dem Bildschirm angeordnet. Mehrfenstertechniken eignen sich besonders für Daten mit quasistatischem Zeitbezug und einer geringen Menge an Zeitpunkten. Für die im Folgenden vorgestellten speziellen Anordnungen wird davon ausgegangen, dass jedes Fenster die Kartendarstellung (zum Beispiel Choroplethenkarte) eines bestimmten Zeitpunktes enthält.

Lineare Anordnungen der Fenster bieten sich an, um den linearen Charakter der den Daten zu Grunde liegenden Zeitachse zu veranschaulichen. Eine horizontale (seltener vertikale) Aneinanderreihung der einzelnen Fenster ergibt das Gesamtbild der Visualisierung (Abb. 6 oben). Bei einer kleinen Anzahl von Fenstern ist diese Anordnung problemlos möglich. Nimmt die Anzahl jedoch zu, so reicht der Anzeigepplatz nicht mehr für die Darstellung aller Fenster aus.

Die Beschränkung der Darstellung auf eine Teilmenge der Fenster stellt hier eine mögliche Lösung dar. Zur Auswahl einer solchen Teilmenge zeitlich aufeinander folgender Fenster stellen wir eine neue intuitive Technik vor. Das Sinnbild eines Kleinbild-Fotofilms, der von einer Filmrolle auf eine andere gespult wird, ist jedermann geläufig. Es liegt nahe, dies als Metapher für die Auswahl einer Sequenz von Fenstern zu verwenden. Hierzu werden jeweils links und rechts der horizontalen Anordnung „Filmrollen“ positioniert (Abb. 6 Mitte). Auf intuitive

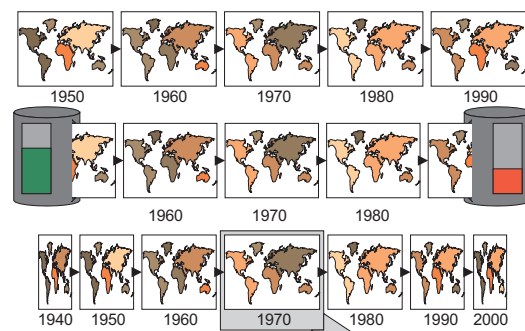


Abb. 6 Lineare Anordnung von Fenstern

Weise kann dann durch Interaktion ein Teil der Fenster sichtbar gemacht werden. Füllstandsanzeigen verdeutlichen hierbei die aktuelle Position auf der Zeitachse.

Bei der Beschränkung auf eine Teilmenge von Fenstern ist der Überblick über die gesamten Daten nicht mehr gegeben. Dieses Problem kann mit Hilfe des Fokus-und-Kontext-Konzeptes gelöst werden. Durch Skalierung der Fenster wird der benötigte Anzeigeplatz so verringert, dass alle Fenster darstellbar sind. Im Zentrum der Darstellung (Fokus) werden die Fenster nicht skaliert angezeigt. Links und rechts davon erfolgt die mit Abstand zum Fokus zunehmende Verkleinerung der Fenster (Kontext) (Abb. 6 unten). Im Kontextbereich gehen dann zwar feine Detailinformationen verloren, der Überblick über die gesamten Daten bleibt jedoch stets erhalten. Durch interaktives Verschieben des Fokusbereiches kann der Anwender jedes Fenster in seiner ursprünglichen Größe betrachten. Bei einer sehr hohen Anzahl an Fenstern ist auf Grund der zu starken Verkleinerung im Kontextbereich eine Kombination mit der beschriebenen Filmrollenmetapher sinnvoll.

Die vorgestellten Mehrfensteranordnungen und Interaktionskonzepte sind intuitiv verständlich und ermöglichen die Visualisierung zeitlicher Verläufe auf Karten. Durch Abstraktion von der konkreten Visualisierung bzw. Kartendarstellung ist der Einsatz der Mehrfenstertechnik in vielen Anwendungsbereichen denkbar und sinnvoll. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass die Anzahl der darstellbaren Fenster beschränkt ist.

## 4 Das Framework *LandVis*

Das vorgestellte Konzept der *Ikonifizierung und Positionierung* wurde für die Visualisierung von Gesundheitsdaten in einem Framework umgesetzt. Die Darstellung erfolgt auf einer in unterschiedlicher Granularität vorliegenden Karte Mecklenburg-Vorpommerns. Wichtige Anforderungen und Eigenschaften sowie umgesetzte Visualisierungstechniken des Frameworks *LandVis* werden nachstehend erläutert.

An die Implementierung des Frameworks wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Die Visualisierung muss die Forderungen nach Expressivität, Effektivität und Angemessenheit erfüllen.
- Die Darstellung der Karte muss auf Grund ihrer zentralen Bedeutung in allen Granularitätsstufen konsistent sein.
- Es muss ein hoher Grad an Nutzerfreundlichkeit erreicht werden. Der angestrebte hohe Grad an Interaktivität erfordert ein gutes Laufzeitverhalten.
- Das Framework muss so gestaltet sein, dass es plattformübergreifend einsetzbar ist und leicht um weitere Visualisierungstechniken erweitert werden kann.

Um den vorstehenden Anforderungen gerecht werden zu können, sind folgende Voraussetzungen an Hard- und Software sowie die Datenhaltung zu erfüllen:

- Es wird vorausgesetzt, dass eine Java-Laufzeitumgebung der Version 1.4 oder höher vorhanden ist.
- Für die Datenhaltung muss ein Datenmanagement-System (DBMS) zur Verfügung stehen.
- Die minimalen Systemanforderungen der Java-Laufzeitumgebung und des DBMS müssen erfüllt werden.

### 4.1 Datenverwaltung

Die verwendeten Gesundheitsdaten werden durch Krankenkassen erfasst und unterliegen den Datenschutzbestimmungen. Zur Visualisierung steht die Anzahl der Neuerkrankungen für bestimmte Krankheiten bzw. Diagnosen zur Verfügung. Sie kann pro Zeiteinheit (Tag, Woche, Monat, Quartal, Jahr) und pro Raumeinheit (Land, Landkreis, Postleitzahlgebiet) abgefragt werden. In einem DBMS (System *MySQL*) sind die Daten auf vier Tabellen verteilt. Die separaten Diagnose-, Gebiets-, Zeit- und Neuerkrankungstabellen sind hierbei durch Fremdschlüsselbeziehungen miteinander verknüpft.

Die Kartendaten liegen für drei Granularitätsstufen im *Ivis*-Format (Tominski 2001) vor. Dieses Format erlaubt die topologische Speicherung einer Kartenhierarchie. Der vorliegende Datensatz enthält die hierarchische Beschreibung Mecklenburg-Vorpommerns für die drei Hierarchiestufen Bundesland, Landkreise und PLZ-Gebiete.

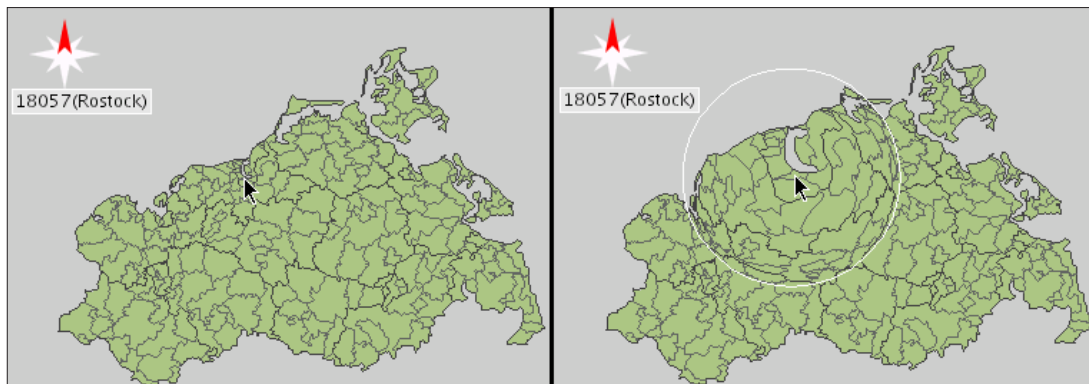


Abb. 7: Die kartographische Lupe aus *LandVis*

## 4.2 Kartendarstellung

Für die Darstellung des Bezugssystem der Gesundheitsdaten wurde eine zweidimensionale Kartendarstellung entwickelt. Auf der Karte erfolgt die Repräsentation der Gebiete als ausgefüllte Polygone, wobei die Gebietsgrenzen durch Linienzüge gesondert hervorgehoben sind. Eine Übersichtskarte wird in einem separaten Fenster angeboten und so das Konzept *Übersicht und Detail* umgesetzt. Die nachteilige Verdeckung der Karte durch das Übersichtsfenster wird durch Verwendung von Transparenz minimiert.

Zur Realisierung des Fokus-und-Kontext-Konzeptes für die Kartendarstellung wurde eine Lupenfunktion (Theisel 1995) umgesetzt. So kann ein Bereich von Interesse auf der Karte vergrößert dargestellt werden, ohne dass der Überblick über die gesamte Karte verloren geht. Hierzu werden vor Beginn des Darstellungsprozesses die Positionen aller Punkte der Karte durch eine Fischaugen-Transformation verschoben. Abbildung 7 zeigt, wie durch eine solche Transformation feine Details der Karte besser sichtbar gemacht werden können.

## 4.3 Visualisierungstechniken

Für das Konzept der *Ikonifizierung und Positionierung* werden Visualisierungen zu Ikonen verkleinert und auf der Karte positioniert. In das Framework *LandVis* wurden mehrere Techniken integriert. Dies sind im Einzelnen:

### ThemeRiver

In Havre et al. (2000) wird die ThemeRiver-Technik zur Darstellung zeitlicher Veränderungen vorgestellt. Diese Technik wurde für die Visualisierung von Gesundheitsdaten übernommen.

Das prinzipielle Vorgehen beim Erstellen der Ikone ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Anzahl der Krankheitsfälle wird für jede der  $n$  ausgewählten Krankheiten sowie jeden Zeitpunkt des betrachteten Zeitraums vom DBMS abgefragt. Für jeden Zeitpunkt erfolgt dann das Abtragen der Werte auf  $n+1$  übereinander angeordnete Stützpunkte (ähnlich wie es bei gestapelten Stabdiagrammen der Fall ist).

Im Gegensatz zur klassischen Diagrammform sind die Stützpunkte hier über der Abszisse (Zeitachse) zentriert. Zu einer Krankheit gehörende Stützpunkte werden durch Kurvenstücke verbunden. Die Bereiche zwischen jeweils zwei Kurven

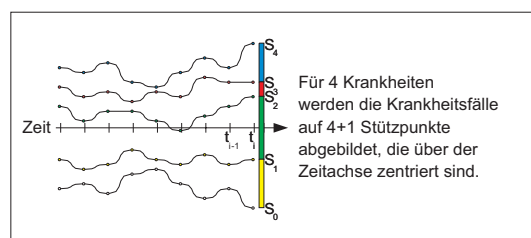


Abb. 8 Erstellung des ThemeRivers (Skizze)



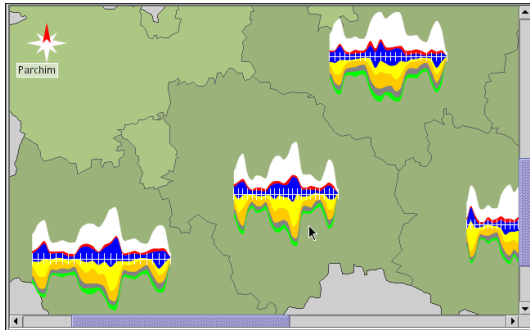


Abb. 9: ThemeRiver auf der Karte

werden anschließend mit speziellen Farben gefüllt. Die Farben sind mit der zum ausgefüllten Bereich gehörenden Krankheit assoziiert. In Abbildung 9 sind so erzeugte ThemeRiver-Ikonen auf einer Karte dargestellt.

#### Zeitrad

Das Zeitrad ist eine von uns entwickelte Technik, mit der es möglich ist, mehrere zeitabhängige Merkmale zu visualisieren. Dazu werden um eine zentrale Zeitachse acht Merkmalsachsen angeordnet. Der visuelle Zusammenhang von Zeit und Merkmalsausprägungen wird durch Linien zwischen den Zeitobjekten auf der Zeitachse und korrespondierenden Werten auf der Merkmalsachse hergestellt.

Wie Abbildung 10 verdeutlicht, ist für die ober- und unterhalb der Zeitachse liegenden Merkmalsachsen eine gute Auswertung der Daten möglich. Dies gilt für die vier schräg zur Zeitachse angeordneten Merkmalsachsen nur noch eingeschränkt, für die zwei senkrecht zu ihr stehenden gar nicht. Durch

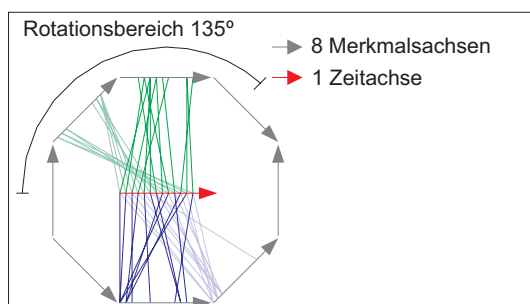


Abb. 10: Das Zeitrad

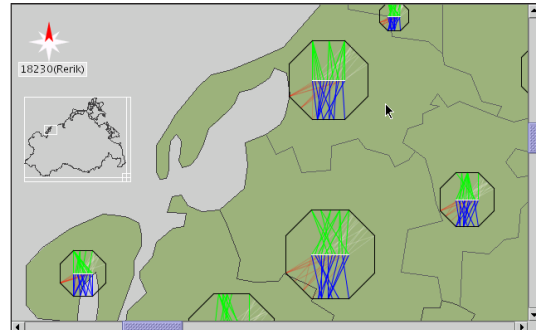


Abb. 11: Darstellung des Zeitrades auf der Karte

Rotieren der Merkmalsachsen um die Zeitachse kann jedes Merkmal in die Position der besten Auswertung bewegt werden.

Da es bei einer hohen Anzahl von Zeitobjekten durch Überschneidungen schnell zu unübersichtlichen Darstellungen kommen kann und um der unterschiedlichen Auswertbarkeit der Merkmalsachsen gerecht zu werden, kommt eine spezielle Anzeigestrategie zum Einsatz: Die Linien der senkrecht stehenden Achsen werden ausgeblendet (*information hiding*), die der schräg stehenden nur mit abgeschwächter Farbintensität angezeigt. In voller Intensität werden nur die Linien der beiden gut auswertbaren Merkmalsachsen dargestellt. Abbildung 11 zeigt, dass Zeitrad-Ikonen gut zur Zeitvisualisierung auf Karten geeignet sind.

#### Maximumikone

Ähnlich einem analogen Messinstrument besteht die Maximumikone aus einem Zeiger und einer kreisrunden Skala, die die Zeitachse repräsentiert.

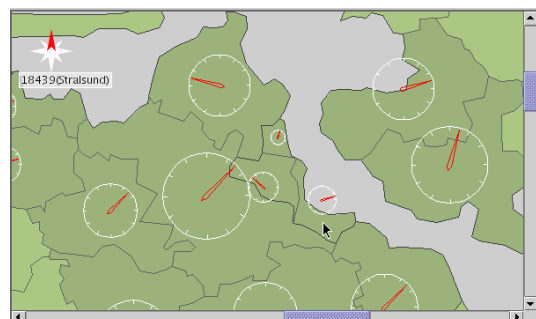


Abb. 12: Maximumikonen auf der Karte

Das Zeitobjekt, für welches eine maximale Merkmalsausprägung vorliegt, kann so markiert werden. Die Darstellung der Ikonen auf der Karte lässt dann ein Erkennen der räumlichen Entwicklung einer Krankheit zu (Abb. 12).

Mit den vorgestellten Techniken und durch die Umsetzung des Konzeptes der *Ikonifizierung und Positionierung* stellt *LandVis* ein leicht um neue Visualisierungstechniken erweiterbares Framework dar, das sich sehr gut für die Visualisierung zeitlicher Verläufe auf Karten eignet. Dies gilt im Speziellen auch für die verwendeten Gesundheitsdaten. Die Abbildung 13 zeigt, wie die Funktionen der transparenten Übersichtskarte, der kartographischen Lupe und der Ikonendarstellung (hier ThemeRiver) im Framework *LandVis* zusammenwirken.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Visualisierung zeitlicher Verläufe auf geographischen Karten wurden drei Konzepte vorgestellt. Das Konzept der *Ikonifizierung und Posi-*

*tionierung* wurde in einem allgemeinen Framework realisiert. Durch Integration bekannter und neuer Visualisierungstechniken ist ein System entstanden, das die expressive und effektive Analyse komplexer Gesundheitsdaten über der Karte von Mecklenburg-Vorpommern ermöglicht.

Der modulare Aufbau des Frameworks *LandVis* erlaubt die einfache Integration neuer Ikonen. So liegt es nahe, weitere Techniken zu finden, die eine *Ikonifizierung und Positionierung* auf Karten zulassen. Erste Untersuchungen zeigen, dass dies zum Beispiel für die Spiraldarstellung aus Weber et al. (2000) durchführbar ist. Diese Technik erleichtert das Auffinden von Periodizitäten in zeitlichen Verläufen und ist somit besonders für die Visualisierung von Gesundheitsdaten geeignet.

Darüber hinaus soll in weiteren Arbeiten insbesondere das Konzept zur Verwendung der dritten Dimension als Zeitachse über einer Karte in das Framework *LandVis* eingebettet werden. Die Umsetzung der Maximumanalyse erscheint hier in Bezug

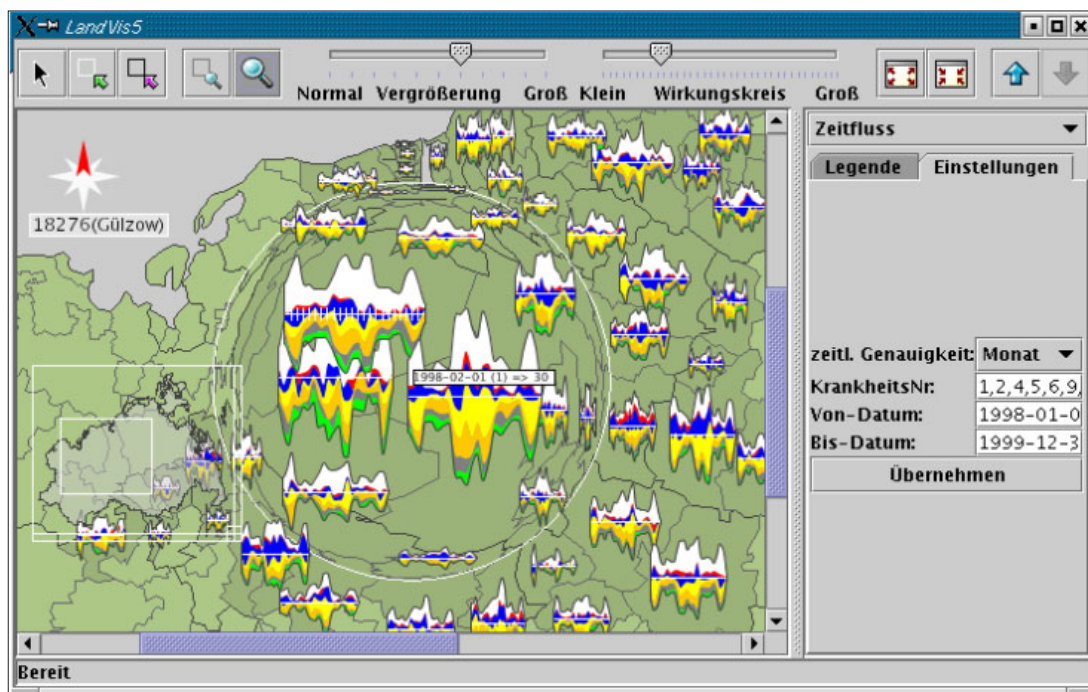


Abb. 13 Abbildung des Frameworks *LandVis*

auf die verwendeten Gesundheitsdaten sehr interessant.

Im Rahmen weiterer Untersuchungen ist die Durchführung von Anwendbarkeits-Tests mit Nutzern verschiedener Anwendungsbereiche (zum Beispiel Ärzte, Apotheker, Angestellte der Krankenkassen usw.) sinnvoll. So können mehr valide Aussagen über die Eignung der verschiedenen Techniken zur Lösung unterschiedlicher Problemstellungen gewonnen werden. Ebenfalls lässt sich ermitteln, ob entweder 3D-Darstellungen oder Ikonen besser zur Visualisierung zeitlicher Verläufe auf Karten geeignet sind.

Der Aspekt der Navigation in den Daten ist bisher noch nicht genauer untersucht worden. Für das einfache und somit schnelle Auffinden verschiedener Beobachtungspunkte in einem raum- und zeitabhängigen Bezugssystem sind spezielle Navigationsstrategien zu entwickeln. So stellt zum Beispiel die Integration einer Historie (ähnlich wie von Web-Browsern bekannt) eine sinnvolle Erweiterung des Frameworks dar. Der Anwender kann dann mit minimalem Aufwand bereits besuchte Beobachtungspunkte erneut anzeigen lassen.

## 5 Literatur

*Carlstein, T. et al. (1978): Human activity and time geography. Edward Arnold, London.*

*Francis, B., Pritchard, J. (1997): Visualisation of historical events using lexis pencils. Centre for Applied Statistics, Fylde College, Lancaster University.*

*Götze, C. (1997): Modellauswahl und Tests von Daten spezieller Verteilungsklassen und deren Visualisierung im Internet. Diplomarbeit, Universität Rostock.*

*Havre, S., Hetzler, B., Nowell, L. (2000): ThemeRiver: visualizing theme changes over time. In: Proceedings of InfoVis 2000, IEEE Computer Society, Los Alamitos, 115–123.*

*Rase, W.-D. (1997): Fischauge-Projektionen als kartographische Lupen. In: Dollinger, Strobl (Hrsg.), Angewandte geographische Informationsverarbeitung. Salzburger Geographische Materialien, Heft 25, 115–122.*

*Schumann, S., Müller, W. (2000): Visualisierung – Grundlagen und allgemeine Methoden. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.*

*Southall, H., White, B. (1997): Mapping the life course: visualising migrations, transitions and trajectories. Department of Geography, Queen Mary & Westfield College, University of London.*

*Theisel, H. (1995): Analyse und Visualisierungshilfe für mehrdimensionale wissenschaftliche Daten. In: Informatik F&E, 10(2), 91–98.*

*Tominski, C. (2001): Kartendarstellung mit Fokus & Kontext-Technik. Studienarbeit, Universität Rostock.*

*Weber, M., Alexa, M., Müller, W. (2000): Visualizing time-series on spirals. In: Proceedings of InfoVis 2001, IEEE Computer Society, Los Alamitos.*

