

# VISUEXPLORE: GEWINNUNG NEUER MEDIZINISCHER ERKENNTNISSE DURCH VISUELLE EXPLORATION

Rind A<sup>1</sup>, Aigner W<sup>1</sup>, Miksch S<sup>1</sup>, Turic T<sup>1</sup>, Pohl M<sup>2</sup>

## **Kurzfassung**

*Die wachsende Informationsflut ist eine zentrale Herausforderung für die medizinische Praxis. Interaktive Methoden der Informationsvisualisierung sind vielversprechende Instrumente, um diese zu bewältigen und bestmöglich auf individuelle Krankengeschichten einzugehen. Wir präsentieren VisuExplore, eine Anwendung zur visuellen Exploration von medizinischen Daten, sowie deren benutzerInnen-zentrierten Entwicklungsprozess. Schlüsselanforderungen des Prototyps sind Flexibilität in der Wahl der darzustellenden Parameter sowie intuitiv interpretierbare Visualisierungen.*

## **Abstract**

*Physicians face information overload as a central challenge in medical care. Interactive Information Visualization methods are promising tools for physicians to overcome information overload and focus on individual patient histories. We present VisuExplore, an interactive Information Visualization prototype for exploring patient data as well as its user-centered design and development process. Key requirements of the prototype are the flexible selection of medical parameters to display and intuitively understandable visualizations.*

**Keywords** – *Information Visualization, Medical Information Systems, User-centered Design*

## **1. Einleitung**

Der klinische Einsatz modernster Technologie führt zu einer kontinuierlichen Steigerung sowohl des Umfangs als auch der Komplexität der zur Verfügung stehenden medizinischen Daten. Die Fragmentierung dieser Daten auf zahlreiche Bildschirmformulare bzw. elektronisch archivierte Befunddokumente erschwert die Übersicht über den Krankheitsverlauf der PatientInnen zu gewinnen und kann Behandlungsfehler verursachen [2]. So gaben in einer Studie 46% der befragten ÄrztInnen an, dass sie mehrmals pro Woche über die Medikation von PatientInnen unsicher sind, weil diese Informationen auf bis zu 20 Bildschirmformulare verteilt sind [6]. Folglich fragen die AnwenderInnen von Krankenhausinformationssystemen (KIS) verstärkt nach alternativen und möglichst intuitiven Visualisierungssystemen.

Interaktive *Informationsvisualisierung* (InfoVis) ist ein Instrument um die steigende Informationsflut beherrschbar zu machen und auf User Interface Ebene die Integration verschiedener, heteroge-

---

<sup>1</sup> Department für Information und Knowledge Engineering (ike), Donau-Universität Krems

<sup>2</sup> Institut für Gestaltungs- und Wirkungsforschung (igw), Arbeitsbereich Human Computer Interaction, Technische Universität Wien

ner Informationsquellen zu unterstützen. InfoVis ermöglicht ÄrztInnen aktuelle und vergangene Informationen über PatientInnen übersichtlich und explorativ zu analysieren, sodass sie auf individuelle Krankheitsverläufe eingehen und die bestmögliche Therapie bei erhöhter medizinischer Qualität bieten können. Dabei spielt gerade im medizinischen Kontext der zeitliche Bezug der Daten eine zentrale Rolle, wobei die komplexe Struktur der Zeit und divergierende Zeitmodelle der einzelnen Erfassungssysteme berücksichtigt werden müssen [1]. Mittels zeit-orientierten InfoVis Anwendungen sind ÄrztInnen in der Lage, Zustandsänderungen von PatientInnen, zeitliche Abläufe von gesetzten Maßnahmen, oder die Erkennung von Trends, Mustern und Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern zu analysieren (vgl. [9]). Um mit derart umfangreichen und komplexen medizinischen Datensets zu arbeiten, sind statische Bilder unzureichend. Die ÄrztInnen benötigen anspruchsvolle Interaktionsmechanismen, die selbstverständlich auch leicht benutzbar sein müssen, damit die PatientInnenversorgung nicht verzögert wird.

Als Beitrag zum interdisziplinären Forschungsfeld eHealth präsentieren wir VisuExplore, eine interaktive Visualisierungsmethode, die die Darstellung medizinischer Daten aus dem KIS ermöglicht und damit ÄrztInnen im Klinikalltag unterstützt. Diese können mehrere medizinische Parameter von heterogener Zeit- und Datenstruktur auswählen und diese auf einfache und eindeutig interpretierbare Weise analysieren. Am Beginn stellen wir unseren Entwicklungsprozess als Fallbeispiel für interdisziplinäre Zusammenarbeit vor und geben einen Überblick der Anforderungen aus unserer einführenden BenutzerInnenstudie.

## 2. BenutzerInnen-zentrierter Entwicklungsprozess

Das ausführliche Studium der BenutzerInnen, der Aufgaben und der Daten ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor sowohl für InfoVis Projekte [7] als auch im klinische Umfeld [2, 6]. Im Rahmen des Forschungsprojekts VisuExplore arbeitet ein interdisziplinäres Team aus InfoVis Forschenden, ÄrztInnen an einem Landesklinikum, Human-Computer-Interaction (HCI) Forschenden und KIS ExpertInnen zusammen. Dabei setzen wir folgende User-centered Design Methoden [10] ein (vgl. *Abbildung 1*):

- Leitfadeninterviews mit fünf ÄrztInnen, um einen einführenden Einblick in allgemeine Anforderungen, medizinische Aufgaben und Parameter zu erhalten.
- Kontextuelle Beobachtung eines Arztes und einer Krankenschwester bei der Untersuchung von PatientInnen, um zu weitergehenden Einblicken in die BenutzerInnenbedürfnisse zu gelangen.
- Im Anschluss wurde ein iterativer Designprozess gestartet, wobei die Visualisierungs- und Interaktionsentwürfe der InfoVis ExpertInnen jeweils von den beteiligten ÄrztInnen und HCI ExpertInnen begutachtet werden. Für die ersten Iterationen wurden Mockups auf Papier verwendet, später Software Prototypen.
- Im Laufe der abschließenden Iterationen sind Usability Experimente und eine Feldstudie geplant.

Als den Entwicklungsprozess begleitendes medizinisches Szenario wurde eine *Diabetesambulanz* gewählt. Dabei strebte das Entwicklungsteam ein hohes Maß von Flexibilität an, sodass der Prototyp auf andere Ambulanzen oder Kliniken übertragbar ist.

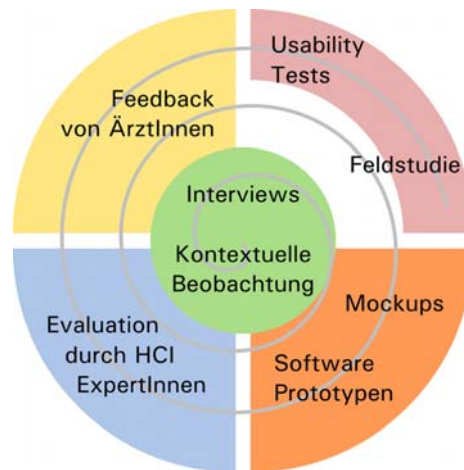


Abbildung 1: BenutzerInnen-zentrierter Entwicklungsprozess im VisuExplore Projekt

### 3. Anforderungen

Im Zug der einführenden Interviews mit fünf ÄrztInnen und der kontextuellen Beobachtung traten die folgenden zentralen Anforderungen zutage:

- Einfache BenutzerInnenschnittstelle: Die Schnittstellen müssen besonders klar und einfach zu bedienen sein und eindeutige Erkenntnisse ermöglichen.
- Flexibel für verschiedenste medizinische Parameter: Individuelle Krankheitsverläufe einzelner PatientInnen bzw. verschiedene medizinische Disziplinen benötigen unterschiedliche Gruppen von Parametern.
- Zeit-orientierte Daten: Verschiedene Messungen eines Parameters über die Zeit sollen verglichen werden können.
- Vergleich mehrerer PatientInnen: Daten von mehrerer PatientInnen sollen vergleichbar sein, zum Beispiel um abzuschätzen, wie eine bestimmte Therapie wirkt.
- Interaktivität: Verschiedenste Interaktionstechniken wie Zoomen, Filtern, Gruppierung, das Öffnen medizinischer Dokumente direkt aus der Visualisierung und das Einfügen von Annotationen sollen unterstützt werden.

### 4. Interaktiver Prototyp

Basierend auf diesen Anforderungen entwickelten wir einen Prototyp zur interaktiven visuellen Exploration medizinischer Daten. *Abbildung 2* zeigt eine typische Ansicht des Prototyps mit vier Visualisierungen, die parallel zur horizontalen Zeitachse angeordnet sind. Dabei handelt es sich um allgemein bekannte Darstellungstechniken für qualitative und quantitative Daten: Ereignis-, Linien-, Balken- und Intervalldiagramme. Als Grundpaket des VisuExplore Prototyps sind diese für ÄrztInnen ohne Einarbeitung zu bedienen und zu interpretieren.

Die Interaktionstechniken des Prototyps erlauben es ÄrztInnen, sich einen Überblick über mehrere medizinische Parameter zu verschaffen und auf relevante Teile der Daten zu fokussieren. Sie können Visualisierungen mit einem oder mehreren zusätzlichen Parametern hinzufügen oder die Größe und Reihenfolge der Visualisierungen ändern. Des Weiteren ist es möglich entlang der Zeitachse zu navigieren und zu zoomen, indem man die Maus zieht, die entsprechenden Buttons klickt oder eine vordefinierte Ansicht (z.B. letztes Jahr) wählt. ÄrztInnen können auch Datenelemente auswählen, um diese hervorzuheben und weitere Details abzulesen.

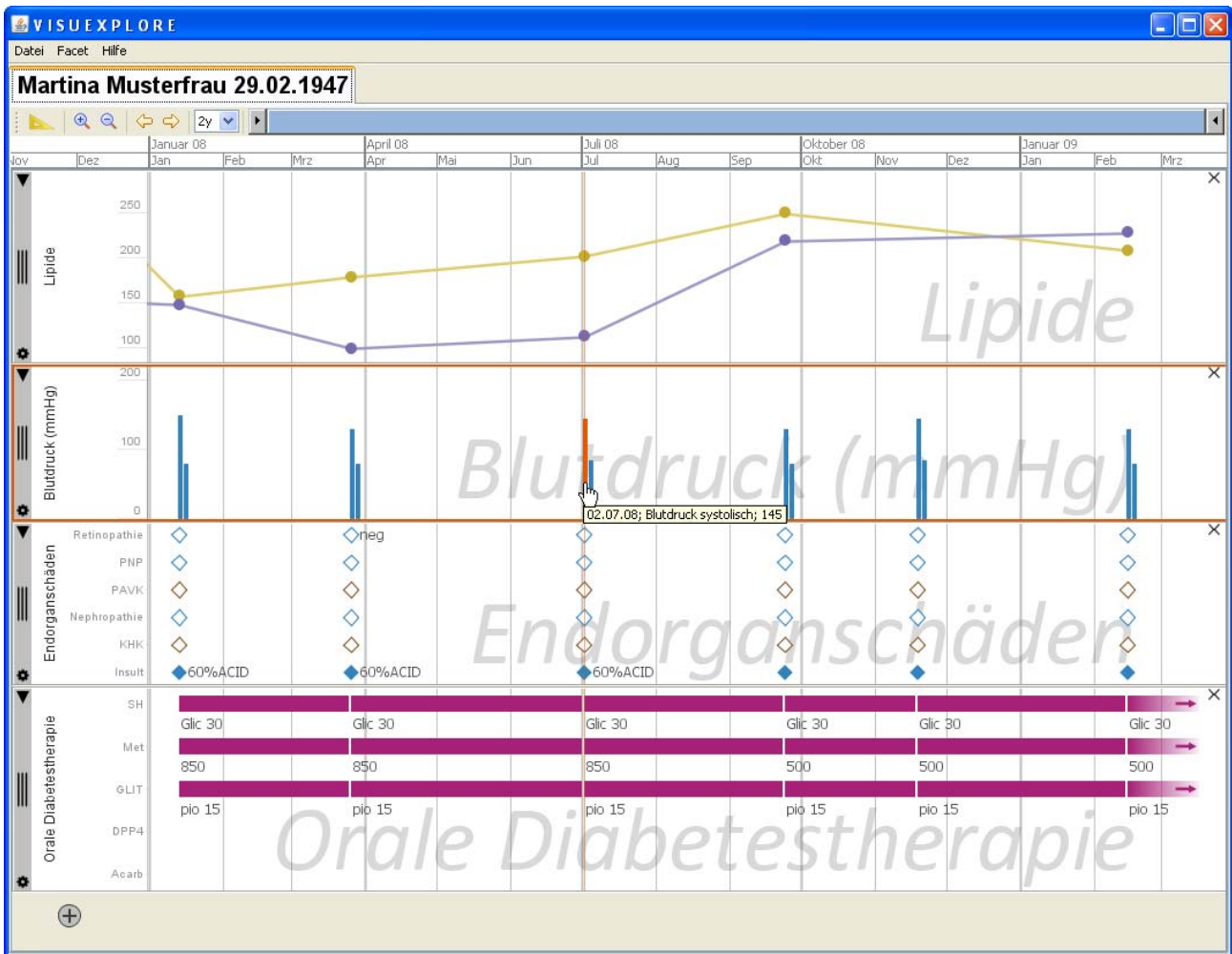


Abbildung 2: VisuExplore Prototyp mit Daten einer Diabetespatientin (anonymisiert)

Zusätzliche zeitbasierte Visualisierungs- und Interaktionstechniken erweitern den Prototyp. Zum Beispiel zeigt die Dokumentenvisualisierung medizinische Dokumente wie Befunde oder Arztbriefe im Zeitverlauf als Symbole an (vgl. *Abbildung 3*). ÄrztInnen können auf ein Symbol klicken, um das entsprechende Dokument zu öffnen.

Als Grundlage für die InfoVis Komponenten dient die Java Bibliothek *prefuse* [5]. Der Prototyp ist an das *mpa Clinical Data Repository* von Systema über JDBC angebunden und verarbeitet die dort gespeicherten medizinischen Daten. Gerade auch für die Datenintegration aus mehreren KIS oder Legacy Systemen ist *VisuExplore* auf User Interface Ebene sinnvoll, jedoch sind Integration und Vorverarbeitung auf Datenebene nicht zentraler Forschungsgegenstand des Projekts.

## 5. Vergleich zum Stand der Forschung

Mit der *Critical Care Patient Visualization* [4] können ÄrztInnen medizinische Parameter auswählen und diese in frei verschiebbaren Scatterplots organisieren. Dadurch eignet sich dieser Prototyp in erster Linie für quantitative Daten. Im Gegensatz zu *VisuExplore* sind die Daten hier nicht an einer gemeinsamen Zeitachse ausgerichtet. *LifeLines* [8] visualisiert die Ereignisse einer gesamten Krankengeschichte mittels horizontalen Balken. Diese Ereignisse sind zu Facetten wie Klinikauf-

enthalte, Tests und Medikation gruppiert und lassen sich in Detailansicht öffnen. VisuExplore übernimmt viele Konzepte aus LifeLines wie die Ausrichtung an einer gemeinsamen Zeitachse, die Gruppierung von Parametern zu Facetten oder das Intervalldiagramm und erweitert diese um Visualisierung quantitativer Daten und Funktionen zum Auswählen und Reorganisieren von Parametern. Auch Midgaard [3] basiert auf LifeLines und stellt eine Darstellungstechnik für quantitative Daten bereit, die sich dem verfügbaren Bildschirmplatz optimal anpasst. Auch bietet Midgaard die Flexibilität, die Größe von Parametervisualisierungen zu ändern, aber erlaubt keine Auswahl oder Änderung der Reihenfolge.

Existierende Forschungsprototypen für die interaktive Visualisierung medizinischer Daten (vgl. [9]) sind meist auf ein bestimmtes medizinisches Szenario eingeschränkt und stellen eine fixe Auswahl an Parametern dar. Weiters stellen viele Prototypen nur ein einzige Darstellungstechnik bereit, sodass nur die Visualisierung entweder qualitativer oder quantitativer Daten möglich ist.

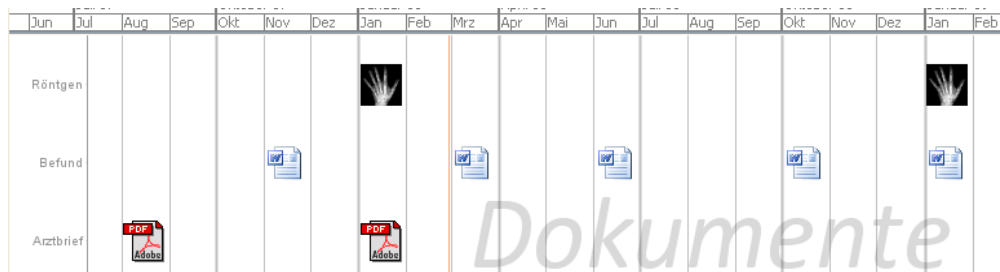


Abbildung 3: Interaktive Dokumentenvisualisierung

## 6. Ausblick

Die Entwicklung des VisuExplore Prototyps ist noch nicht abgeschlossen und weitere Visualisierungs- und Interaktionstechniken sollen hinzugefügt werden. Insbesondere sollen Daten von PatientInnenkohorten integriert werden. Zum Beispiel könnten ÄrztInnen die Entwicklung der Werte eines/r PatientIn über die Zeit mit der Kohorte vergleichen. Weiters planen wir, eine Annotationsfunktion einzubauen, sodass ÄrztInnen ihre medizinischen Erkenntnisse direkt in der Visualisierung erfassen können.

Schlussendlich ist die entscheidende Frage, ob und in welchem Ausmaß InfoVis Anwendungen im Klinikalltag verwendet werden können: Für wieviel Interaktivität bleibt ÄrztInnen Zeit? Diese Frage muss mittels BenutzerInnenstudien beantwortet werden; vor allem Feldstudien sind dazu eine geeignete Methode.

## 7. Zusammenfassung

InfoVis stellt ein mächtiges Instrument zur PatientInnenbehandlung dar, indem sie ÄrztInnen bei der Bewältigung der Informationsflut unterstützt und den Fokus auf die individuellen Krankheitsverläufe der PatientInnen legt. In diesem Beitrag stellten wir VisuExplore vor, eine interaktive InfoVis Anwendung zur Exploration medizinischer PatientInnendaten. Durch einen benutzerInnenzentrierten Design- und Entwicklungsprozess werden ÄrztInnen in das Projekt miteinbezogen, sodass deren Bedürfnisse und Anforderungen berücksichtigt werden. Unser VisuExplore Prototyp visualisiert eine flexible Auswahl von medizinischen Parametern im Zeitverlauf. Er stellt eine Rei-

he von Interaktionstechniken bereit und ist dahingehend optimiert, dass diese leicht zu bedienen und die erzeugten Visualisierungen eindeutig interpretierbar sind.

## 8. Danksagungen

Das Projekt wird vom Brückenschlagprogramm der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (Projektnummer 814316) unterstützt. Wir danken unseren Projektpartnern: NÖ Gesundheits- und Sozialfonds, NÖ Landeskliniken-Holding, Landesklinikum Krems, Systema.

## 9. Literatur

- [1] AIGNER, W., MIKSCH, S., MÜLLER, W., SCHUMANN, H., TOMINSKI, C., Visualizing Time-oriented Data - A Systematic View, in: Computers & Graphics. Bd. 31 (2007), S. 401-409.
- [2] ASH, J. S., BERG, M., COIERA, E., Some unintended consequences of information technology in health care: the nature of patient care information system-related errors, in: Journal of the American Medical Informatics Association. Bd. 11 (2004), S. 104-112.
- [3] BADE, R., SCHLECHTWEG, S., MIKSCH, S., Connecting Time-Oriented Data and Information to a Coherent Interactive Visualization, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2004), ACM 2004, S. 105–112.
- [4] FAIOLA, A., HILLIER, S., Multivariate Relational Visualization of Complex Clinical Datasets in a Critical Care Setting: A Data Visualization Interactive Prototype, in: Proceedings of the 10th International Conference on Information Visualization (IV 2006), IEEE 2006, S. 460–468.
- [5] HEER, J., CARD, S. K., LANDAY, J. A., prefuse: A Toolkit for Interactive Information Visualization, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005), ACM 2005, S. 421–430.
- [6] KOPPEL, R., METLAY, J. P., COHEN, A., ABALUCK, B., LOCALIO, A. R., KIMMEL, S. E., et al., Role of Computerized Physician Order Entry Systems in Facilitating Medication Errors, in: Journal of the American Medical Association. Bd. 293 (2005), S. 1197–1203.
- [7] MUNZNER, T., A Nested Process Model for Visualization Design and Validation, in: Transactions on Visualization and Computer Graphics. Bd. 15 (2009), S. 921–928.
- [8] PLAISANT, C., MUSHLIN, R., SNYDER, A., LI, J., HELLER, D., SHNEIDERMAN, B., LifeLines: Using Visualization to Enhance Navigation and Analysis of Patient Records, in: Proceedings of the American Medical Informatics Association Annual Fall Symposium, AMIA 1998, S. 76–80.
- [9] RIND, A., Interactive Information Visualization in Patient Care and Clinical Research: State of the Art, Technical Report IKE-TR-2009-01, Donau-Universität Krems 2009.
- [10] SHARP, H., ROGERS, Y., PREECE, J., Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction, Second edition, Wiley & Sons, Chichester 2007.

### Corresponding Author

Alexander Rind

Department für Information und Knowledge Engineering (ike), Donau-Universität Krems

Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30, A-3500 Krems

Email: alexander.rind@donau-uni.ac.at