

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Zentrum für Innovationskompetenz - Verbundvorhaben:
MPM - Modelle für Personalisierte Medizin;

TV5: Kontextsensitive Visualisierungen
zur Entscheidungsunterstützung im Tumorboard

Zuwendungsempfänger: GTV - Gesellschaft für Technische Visualistik mbH
Würzburger Straße 58
01187 Dresden

Förderkennzeichen: 03Z1L512E

Vorhabenbezeichnung: Zentrum für Innovationskompetenz - Verbundvorhaben:
MPM - Modelle für Personalisierte Medizin;
TV5: Kontextsensitive Visualisierungen zur Entscheidungsunter-
stützung im Tumorboard

Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2019 bis 30.11.2022

Berichtszeitraum: 01.12.2019 bis 30.11.2022

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzbericht.....	3
I.1 Das Vorhabenziel.....	3
I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Projektbeginn	3
I.3 Ablauf und Ergebnisse des Vorhabens	3
I.3.1 Dokumentation situationsbezogener Informationsbedürfnisse im Tumorboard.....	3
I.3.2 Softwareframework zur Entwicklung kontextbezogener interaktiver Informationsvisualisierungen	3
I.3.3 Anwendungssystem für eine verteilte Eingabe situationsbezogener Informationserfassung.....	4
I.3.4 Interaktive Informationsvisualisierung zur Entscheidungsunterstützung im Tumorboard.....	4
I.3.5 Test und Überprüfung der interaktiven Visualisierung im Kontext eines Tumorboards.....	4
II. Eingehende Darstellung.....	5
II.1 Durchgeführte Arbeiten im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung.....	5
II.1.1 Analyse der Anforderungen an eine interaktive Visualisierung im Kontext des Tumorboards.....	5
II.1.2 Entwurf eines Softwareframeworks für ein formalisiertes Visualisierungsdesign	7
II.1.3 Implementierung und Tests von Visualisierungskomponenten des Softwareframeworks	8
II.1.4 Implementierung und Tests von Interaktionskomponenten des Softwareframeworks.....	9
II.1.5 Spezifikation und Implementierung von Schnittstellen zur Datenintegration.....	9
II.1.6 Implementierung der Datenanbindung aus den unterschiedlichen Systemen	10
II.1.7 Entwicklung eines Interaktionsdesigns unter Einbeziehung mobiler und stationärer Ein- und Ausgabegeräte im Tumorboard	10
II.1.8 Konzeption und Gestaltung einer Informationsvisualisierung für das Tumorboard.....	11
II.1.9 Konzeption und Gestaltung eines multi-user Interaktionsdesigns zur kontextsensitiven Nutzung der Informationsvisualisierung im Tumorboard.....	13
II.1.10 Implementierung einer Informationsvisualisierung für das Tumorboard.....	13
II.1.11 Implementierung der kontextsensitiven Ergebnisauswertung der unterschiedlichen Eingaben durch die Teilnehmer des Tumorboards	14
II.1.12 Test und Evaluation der interaktiven Visualisierung im Kontext des Tumorboards	15
II.2 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	17
II.2.1 Beschäftigtes Personal	17
II.2.2 Reisekosten und vorhabenspezifische Anlagen	17
II.3 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit	17
II.3.1 Quantitative Ergebnisse.....	17
II.3.2 Qualitative Ergebnisse	18
II.4 Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	18
II.5 Der während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	19
II.6 Die erfolgten und geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	19

I. Kurzbericht

I.1 Das Vorhabenziel

Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Anwendung komplexer digitaler Patientenmodelle liegt in der geeigneten Integration von Methoden und Werkzeugen zur Unterstützung der Arzt-Patient-Beziehung. Hierbei besteht die Herausforderung, dass die digitale Unterstützung an den Anforderungen der Anwender ausgerichtet und deren Bedürfnisse hinsichtlich der Informations- und Wissensvermittlung erfüllt sein müssen.

Das Ziel im gegenständlichen Vorhaben war es, die immense Komplexität von patientenspezifischen Daten und Informationen in eine kontextsensitive interaktive Visualisierung zu überführen und somit die patientenspezifische modellgestützte Therapie, insbesondere beim Einsatz im Tumorboard, zu unterstützen. Für die Teilnehmer eines Tumorboards steht mit Abschluss des Vorhabens ein Werkzeug zur Verfügung, welches die Komplexität von personalisierten Patienteninformationen auflöst und Argumente für Therapieentscheidungen unterstellt.

I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Projektbeginn

Mit Projektbeginn bestanden verschiedene konzeptionelle und theoretische Ansätze, die durch unterschiedliche Werkzeuge und Visualisierungsbibliotheken zur Erreichung der Vorhabenziele qualifiziert werden konnten. Darüber hinaus existierten unterschiedliche Expertenwerkzeuge sowie Verfahren und Methoden, welche für die Konzeption und die Entwicklung von Informationsvisualisierungen eingesetzt werden konnten. Jedoch gab es keine etablierten Methodiken und darauf aufbauende Visualisierungsansätze, die eine Situations- und Patientenanalyse als Einflussgröße auf komplexe, multidimensionale Datensätze adressieren und ferner für eine Entscheidungsunterstützung qualifiziert waren.

I.3 Ablauf und Ergebnisse des Vorhabens

I.3.1 Dokumentation situationsbezogener Informationsbedürfnisse im Tumorboard

Die Durchführung verschiedener Nutzer- und Datenanalysen diente zu Projektbeginn der Erfassung der Anforderungen an eine interaktive Visualisierung im Kontext des Tumorboards. Mittels einer Kontextanalyse konnten die konkreten Rahmenbedingungen und Gegebenheiten im Tumorboard erfasst, analysiert und dokumentiert werden. Hierbei konnten Anforderungen aus den räumlichen Gegebenheiten und den gegebenen Rahmenbedingungen eines Tumorboards für die Entwicklung einer unterstützenden Anwendung abgeleitet werden. Ferner erfolgte die Durchführung einer Datenanalyse, durch die patienten-, untersuchungs- und therapiespezifische Daten sondiert und strukturiert aufgearbeitet werden konnte, um die Erkenntnisse in Form einer Informationsarchitektur für die weiterführenden Entwicklungen zu nutzen. In einer dritten Analyse erfolgte die Betrachtung der Prozesse, Abläufe und Gesprächssituationen im Tumorboard. Aus der im Rahmen des Tumorboards vorgegebene Agenda und die strukturierten Abläufe bei der Bearbeitung bzw. Besprechung eines Patienten konnten durch die Analyse wichtige Anforderungen und Vorgaben sowie wesentliche Nutzungsszenarien herausgearbeitet und dokumentiert werden.

I.3.2 Softwareframework zur Entwicklung kontextbezogener interaktiver Informationsvisualisierungen

Mit dem Ziel, einen zugrundeliegenden Datensatz strikt von der Repräsentation zu trennen sowie wiederverwendbare Komponenten für interaktive Informationsvisualisierungen zu erstellen, wurde die Visualisierungsbibliothek Visual Data Language (ViDaLa) entwickelt. ViDaLa wurde auf Basis von Javascript und Webtechnologien umgesetzt. Auf dieser softwaretechnologischen Grundlage

können nunmehr zweidimensionale Visualisierungen erstellt werden. Mittels ViDaLa ist es möglich, eine Datenstruktur, wie beispielsweise eine digitale Patientenakte, durch definierbare Elemente und Komponenten zu beschreiben und durch deren Zusammensetzung abzubilden. Dieser durch ViDaLa bereitgestellten generischen und gleichzeitig dynamischen Struktur kann durch Visualisierungselemente eine visuelle Form gegeben werden, welche schließlich in einer Informationsvisualisierung zusammengesetzt werden.

I.3.3 Anwendungssystem für eine verteilte Eingabe situationsbezogener Informationserfassung

Die durchgeführten Analysen, die bereitgestellten Datenquellen und Datenstrukturen sowie das entwickelte „ViDaLa“ -Framework bilden die datenseitige Grundlage für die Entwicklung eines Anwendungssystems zur Entscheidungsunterstützung im Tumorboard. Die Zusammenführung der Informationen, welche für die Informationserfassung im Tumorboard erforderlich war, wurde durch die Entwicklung und Anbindung von Schnittstellen an das Anwendungssystem realisiert. Die Schnittstellen ermöglichen es, die verteilten Daten als Eingaben für das Anwendungssystem zu nutzen. Die hierdurch bereitgestellten Daten werden durch das ViDaLa-Framework restrukturiert und anschließend für eine interaktive Informationsvisualisierung qualifiziert. In der Folge stehen für das Tumorboard Daten zur Person, aus Untersuchungen, Studienergebnissen als auch vergleichbaren Fällen zur Verfügung, die aus verschiedenen Systemen und Datenbanken abgerufen werden. Ferner wurde die nutzerseitige Eingabe für eine situationsbezogene Informationserfassung durch eine Sprachsteuerung realisiert.

I.3.4 Interaktive Informationsvisualisierung zur Entscheidungsunterstützung im Tumorboard

Die interaktive Datenvisualisierung erfüllt die in der Analyse identifizierten und aufgearbeiteten Anforderungen des Tumorboards. Die Anwendung ist in der Folge in zwei miteinander verbundene Bereiche aufgeteilt: einen Präsentations- und einen Explorationsbereich. Im Rahmen der Präsentation unterstützt die Anwendung die Vorstellung einer Patientenakte durch den präsentierenden Arzt. Hierbei bietet die Anwendung einen Überblick über die wesentlichen Bereiche der Patientenakte, die für die Herbeiführung einer Entscheidung im Tumorboard erforderlich sind. Die Themenreihenfolge kann durch den behandelnden Arzt im Vorfeld der Präsentation festgelegt werden. Die Durchführung der Präsentation erfolgt durch den Arzt mittels Sprachsteuerung oder mittels konventioneller Interaktion, wobei diese dem Arzt redundant zur Verfügung steht. Der explorative Teil der Anwendung dient der schnellen und direkten Bereitstellung von Informationen aus der Patientenakte im Sinne einer sprachgesteuerten Schnellsuche innerhalb der digitalen Patientenakte. Hierdurch ist allen Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, mittels Sprache Informationen aus der Patientenakte aufzurufen. Die interaktive Anwendung bildet somit den gesamten Ablauf eines Tumorboards (erst Präsentation und nachfolgend Diskussion zur Entscheidungsfindung) ab und unterstützt die Teilnehmer des Tumorboards situationsbezogen über den gesamten Vorgang.

I.3.5 Test und Überprüfung der interaktiven Visualisierung im Kontext eines Tumorboards

Im Rahmen des Vorhabens konnte abschließend das Gesamtsystem, bestehend aus Datenbackend, interaktiver Informationsvisualisierung und bereitgestellter Sprachsteuerung, verprobt werden. Eine fiktive Patientenakte diente als Grundlage für die Durchführung eines (fiktiven) Tumorboards. Mittels Sprachsteuerung konnte eine Patientenakte aufgerufen und die Präsentation des Patienten vollzogen werden. Ferner konnten im Rahmen einer Diskussion von allen Teilnehmern des Tumorboards Informationen zum Patienten per Spracheingabe angefordert werden. Die gewünschten Informationen wurden in der Anwendung zur Verfügung gestellt. Abschließend konnte die im Tumorboard getroffene Therapieentscheidung im System festgehalten und der Gesprächsverlauf dokumentiert werden.

II. Eingehende Darstellung

Das Vorhaben „MPM – Modelle für personalisierte Medizin“ verfolgt das Ziel, eine wissenschaftliche und methodische Grundlage für modellbasierte, personalisierte Behandlungen zu schaffen, die in einer Vielzahl von klinischen Situationen eingesetzt werden können. Das Vorhaben adressiert wissenschaftliche Fragestellungen im Bereich der Modellierung und semantischen Datenintegration als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Assistenzanwendungen für die personalisierte Tumortherapie. Damit wird ein gemeinsames Verständnis der Arbeitsabläufe, Patientendaten und Entscheidungsverfahren als Basis für die Einbindung in die klinische Praxis bereitgestellt. Die große Komplexität der Daten und Prozesse erfordert die Entwicklung spezifischer Anwendungen für die jeweiligen Einsatzszenarien und Nutzergruppen entlang der Tumorbehandlungskette. Im Projekt werden sowohl Anwendbarkeit und Mehrwert einzelner Assistenzsysteme, als auch die Integration entlang des Behandlungspfades demonstriert.

Im gegenständlichen Teilvorhaben „Kontextsensitive Visualisierungen zur Entscheidungsunterstützung im Tumorboard“ wird das Ziel verfolgt, die immense Komplexität von patientenspezifischen Daten und Informationen in eine kontextsensitive interaktive Visualisierung zu überführen und somit die patientenspezifische modellgestützte Therapie, insbesondere beim Einsatz im Tumorboard, zu unterstützen. Im Nachfolgenden werden die Arbeiten und die aus den Arbeiten hervorgegangenen Ergebnisse beschrieben und erläutert.

II.1 Durchgeführte Arbeiten im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung

II.1.1 Analyse der Anforderungen an eine interaktive Visualisierung im Kontext des Tumorboards

Eine umfassende Analyse stand zum Projektbeginn im Fokus der Projekttätigkeiten. Das Ziel war es, einen umfassenden Blick auf das Tumorboard und die verwendeten Informationen zu erhalten. Im Rahmen der Bearbeitung des Arbeitspaketes erfolgte daher die Durchführung verschiedener Analysen zur Erfassung der Anforderungen an eine interaktive Visualisierung im Kontext des Tumorboards. Dies beinhaltete zum einen eine Datenanalyse. Hierbei wurden gemeinsam mit dem Projektpartner ICCAS patienten-, untersuchungs- und therapiespezifische Daten sondiert und strukturiert aufgearbeitet. Die Analyse wurde durch die Bereitstellung von Beispieldaten durch das ICCAS wesentlich unterstützt. Die Ergebnisse aus der Datenanalyse wurden dokumentiert und dienten als Grundlage für die nachfolgenden Arbeitspakete.

Weiterhin wurde eine Kontextanalyse durchgeführt. Aufgrund der pandemischen Situation war die Durchführung lediglich remote möglich. Dennoch konnten im Rahmen der Analyse die konkreten Rahmenbedingungen und Gegebenheiten im Tumorboard erfasst, analysiert und dokumentiert werden. Vor allem die Räumlichkeiten, die im Tumorboard eingesetzten technischen und technologischen Werkzeuge sowie der Einsatz von mobilen Geräten standen im Fokus der Analyse. Die Analyseergebnisse bilden eine wesentliche Voraussetzung für den Entwurf der Gesamtanwendung.

In einer dritten Analyse erfolgte die Betrachtung der Prozesse, Abläufe und Gesprächssituationen im Tumorboard. Aus der im Rahmen des Tumorboards vorgegebenen Agenda und den strukturierten Abläufen bei der Bearbeitung bzw. Besprechung der Agendapunkte konnten durch die Analyse wichtige Anforderungen und Vorgaben sowie wesentliche Nutzungsszenarien herausgearbeitet und dokumentiert werden. Die Erkenntnisse, die aus den Abläufen innerhalb des Tumorboards sowie aus den vorbereitenden Schritten gewonnen werden konnten, dienen im Entwurfsprozess der Gesamtanwendung als strukturelle Grundlage.

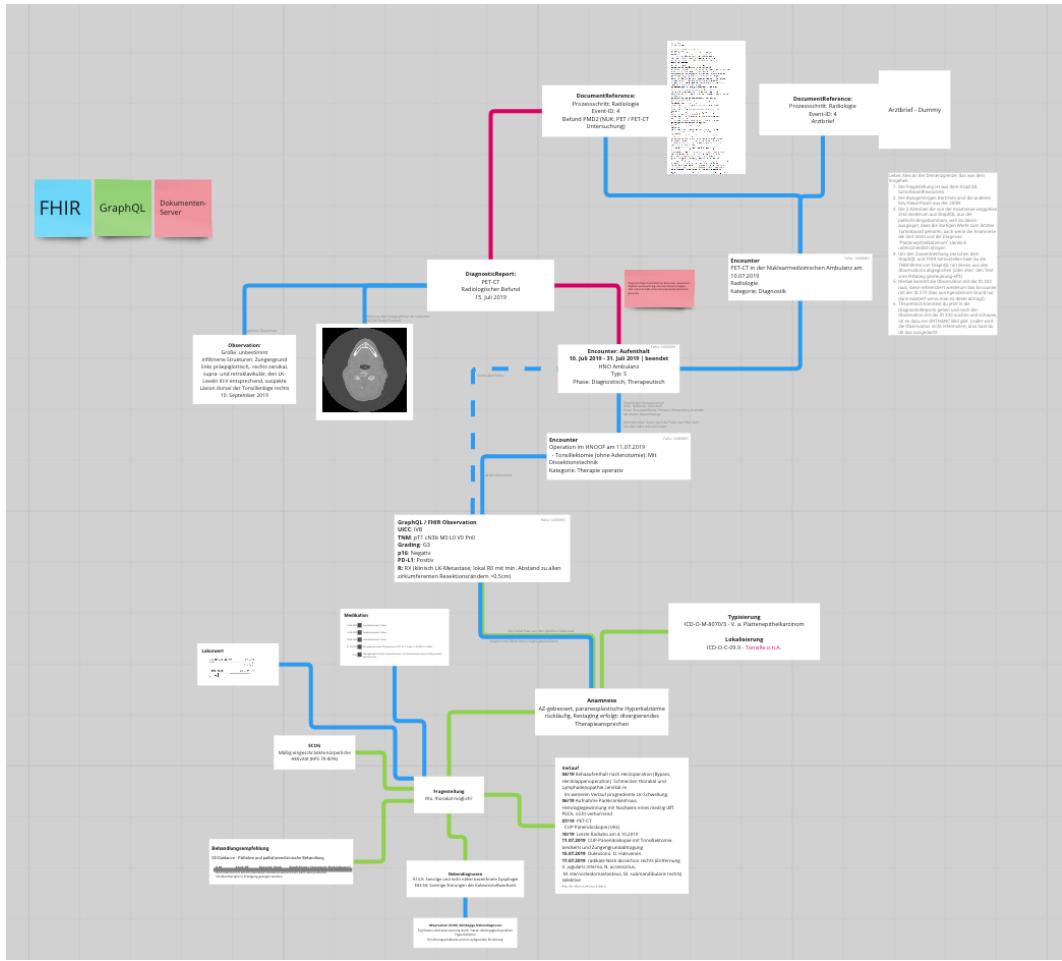


Abbildung 1: Ergebnis der Daten- und Infrastrukturanalyse zeigt die bereitstehenden Patienteninformationen

Darüber hinaus konnten durch Interviews mit den Mitarbeitern des Uniklinikums Leipzig zusätzliche Nutzungsanforderungen identifiziert werden, welche die Art und Weise der Nutzung einer kontextsensitiven Visualisierung zur Entscheidungsunterstützung beinhalten. Hierbei wurden auch Anforderungen identifiziert und erfasst, die sich pandemiebedingt aus geänderten Rahmenbedingungen bei der Durchführung des Tumorboards ergeben haben.

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgte die Analyse des Entwurfs- und Entwicklungsprozesses von Informationsvisualisierungen. Hierdurch konnten weitere Anforderungen an Visualisierungskomponenten und Softwareframeworks herausgearbeitet und beschrieben werden. Dies bildete die Grundlage für die Identifikation notwendiger Softwarekomponenten zur Entwicklung eines Softwareframeworks für ein formalisiertes Visualisierungsdesign.

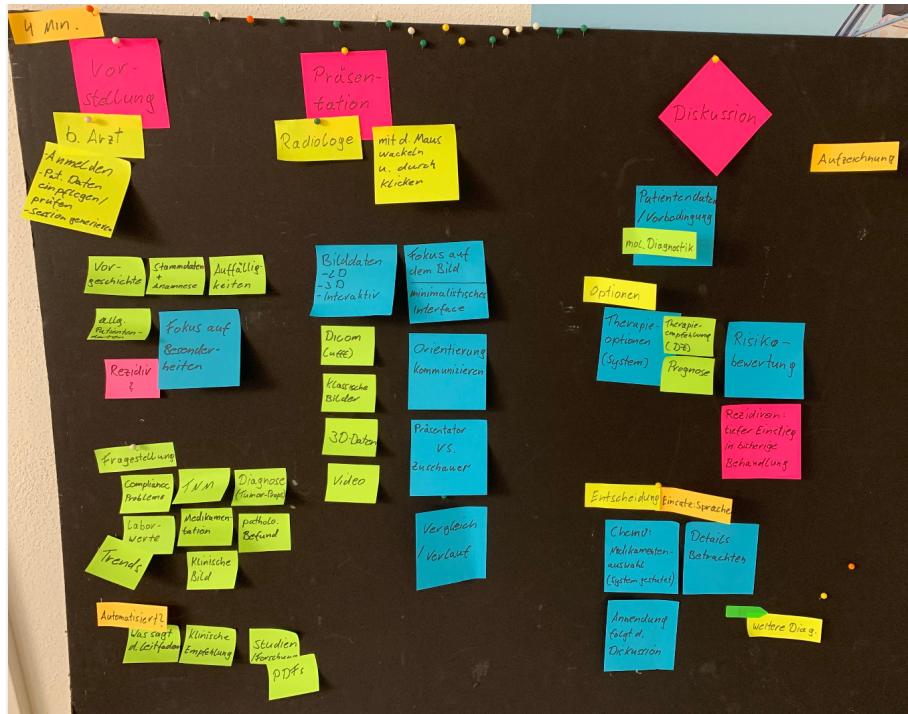


Abbildung 2: Erfassung von Informationen zu Abläufen und Datengrundlagen im Rahmen eines Workshops

II.1.2 Entwurf eines Softwareframeworks für ein formalisiertes Visualisierungsdesign

Zunächst wurde in diesem Arbeitspaket eine umfassende Betrachtung bestehender Visualisierungsframeworks und Softwarebibliotheken zur grafischen Darstellung von Informationen durchgeführt. Der Fokus lag hierbei auf Software, die den Entwurf und die Erstellung von Informationsvisualisierungen im Webbrowser ermöglichen. Durch eine Bereitstellung einer kontextsensitiven Visualisierung über den Browser wird eine wichtige Anforderung erfüllt, die sich aus der Kontextanalyse im vorherigen Arbeitspaket ergeben hat.

Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse zeigten weiterhin, dass für eine kontextsensitive Visualisierung im Tumorboard eine komplexe und gleichzeitig flexible Software zur Visualisierung benötigt wird. Die Technologierecherche ergab eine große Anzahl und eine Vielgestaltigkeit bei Softwareframeworks als auch Softwarebibliotheken. Das Spektrum der betrachteten Softwarebibliotheken erstreckte sich einerseits auf Diagrammvorlagen mit grafischer Benutzeroberfläche für eine Konfiguration der Visualisierung (beispielsweise RAWGraphs (<https://rawgraphs.io/>)) und andererseits auf Funktionen auf Basis von Code-Schemata (beispielsweise D3 (<https://d3js.org/>)). Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse der Recherche aber auch, dass auf dem Markt keine Software existiert, welche die Anforderungen an ein Softwareframework für ein formalisiertes Visualisierungsdesign erfüllt. Gleichwohl konnten durch die Analyse Softwareframeworks identifiziert werden, auf denen der Entwurf einer solchen Software aufbaut. Die folgenden Softwarekomponenten bilden die Grundlage für das entwickelte Softwareframework:

- D3 - ist eine JavaScript-Bibliothek zur Visualisierung von Daten mithilfe von Webstandards. Die Bibliothek kombiniert leistungsstarke Visualisierungs- und Interaktionstechniken mit einem datengesteuerten Ansatz zur DOM-Manipulation.
- LitElement - ist eine Softwarebibliothek zum Erstellen von Webkomponenten. LitElement ermöglicht das Rendern von Elementen auf Basis des Shadow-DOM und ermöglicht mittels einer API, Eigenschaften und Attribute dieser Elemente zu verwalten.
- RxJS - ist eine Bibliothek für die reaktive Programmierung, um die Erstellung von asynchronem oder callback-basiertem Code zu vereinfachen.

Im Ergebnis beschreibt der Entwurf des Softwareframeworks eine komponentengestützte Bibliothek auf Basis hierarchischen Databindings. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit und Flexibilität der JavaScript-Visualisierungsbibliothek D3 erhöht, um nutzerzentrierte Informationsvisualisierungen unter Einbindung komplexer und mehrdimensionaler Datensätze zu entwickeln. Das bedeutet, dass Elemente komplexe, aber wiederverwendbare Bausteine der Visualisierung sind. In diesen Bausteinen werden das Aussehen, die Logiken und die Algorithmen aber auch Schnittstellen gekapselt bereitgestellt. Der im Rahmen des Arbeitspaketes entstandene Softwareentwurf beschreibt einen modularen Werkzeugkasten für interaktive Datenvisualisierungen. Dieser ermöglicht zum einen die aufwandsarme Entwicklung interaktiver Anwendungen und zum anderen individuelle Darstellungen und Ergebnispräsentationen. Des Weiteren können Daten mithilfe des Softwareframeworks kontextspezifisch in Echtzeit die Darstellungen beeinflussen. Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass das Softwareframework die im ersten Arbeitsschritt erhobenen Anforderungen erfüllt, um interaktive Datenvisualisierungen zu entwickeln und im Speziellen im Kontext des Tumorboards zum Einsatz zu bringen.

II.1.3 Implementierung und Tests von Visualisierungskomponenten des Softwareframeworks

Auf Basis der gewählten Technologien, den identifizierten Softwarebibliotheken und des erstellten Entwurfes erfolgte in diesem Schritt die Implementierung von Softwarekomponenten für die Anzeige von Informationen und der Interaktion mit diesen in einer Visualisierung. Die wesentlichen Features des Frameworks werden im Folgenden vorgestellt:

- *Separate Visualisierungsflächen* - Das Softwareframework bietet die Möglichkeit, mehrere Abbildungsflächen aufzuspannen. Alle Fläche sind dabei an eine Datenquelle gebunden, modellieren diese aber separat und haben keine Abhängigkeiten zueinander. Das ermöglicht das parallele Darstellen von komplexen mehrdimensionalen Daten aus verschiedenen Blickwinkeln. Ein bibliothekseigenes Event- und Messagesystem erlaubt die Kommunikation von Daten und Interaktionen zwischen den Visualisierungsflächen, ohne mit anderen Applikationen zu konkurrieren oder zu interferieren.
- *Datendekoder* für eine stabile Datenbasis - Komplexe und mehrdimensionale Datensätze bieten nicht zwangsläufig eine hierarchische Datenstruktur, die zur Initialisierung der Visualisierungsbasteine notwendig ist. Um eine kompatible und strukturierte Datenbasis zu gewährleisten, bietet die Bibliothek frei konfigurierbare Datendekoder. Diese transformieren den Datenstrom und testen ihn gegen festgelegte Regeln. So kann eine Visualisierung auf variierende Komplexität zentral angepasst werden.
- *Textmetriken auf GPU-Ebene* - Metriken von textbasierten Komponenten sind je nach Visualisierungsszenario ausschlaggebend für Layout- und Positionierungsprozesse in einer Darstellung. Die dynamische Natur von Typografie wie Lauflängen oder Versalhöhen schließen statische Berechnungen aus. Gängige Praxis zur Berechnung von Textmetriken im JavaScipt ist die Verwendung von DOM-Schnittstellen. Dieser imperative Ansatz verringert bei einer großen Anzahl von darzustellenden Elementen die Responsivität der Anwendung. Im Rahmen der Entwicklung wurde eine Schnittstelle implementiert, die das Berechnen der Metriken in den asynchronen Callstack des Browsers verlagert, um das Blockieren der Benutzeroberfläche zu verhindern. Des Weiteren wird für das Rendern und Abmessen von Schrift ein Canvas-Element verwendet, welches bei einem dedizierten Grafikprozessor die CPU entlastet und den Prozess beschleunigt.

Zur Überprüfung der Funktionalitäten, der Schnittstellen und der Anwendbarkeit des Softwareframeworks in den auf dem Markt befindlichen Browsern wurden umfangreiche Funktions-, Komponenten und Performance-Tests erstellt und durchgeführt. Darüber hinaus wurden für die Überprüfung der gesamtheitlichen Anwendbarkeit des Softwareframeworks verschiedene proto-

typische Anwendungen implementiert sowie bestehende Prototypen mit dem entwickelten Softwareframework verknüpft.

II.1.4 Implementierung und Tests von Interaktionskomponenten des Softwareframeworks

Auf Basis der gewählten Technologien, den identifizierten Softwarebibliotheken und des erstellten Entwurfes erfolgte die Implementierung von Softwarekomponenten für die Interaktion des Nutzers mit dem interaktiven System. Die wesentlichen Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt:

- Gekapseltes Event- und Messagesystem - Visualisierungsbausteine werden über ein hierarchisches Databinding initialisiert und in eine virtuelle Baumstruktur eingehängt. Die Implementierung eines gekapselten Event- und Messagesystems erweitert die durch die Baumstruktur gegebene Möglichkeit der vertikalen Kommunikation um eine horizontale Option. Komponenten können so unabhängig ihrer Position innerhalb der Struktur kommunizieren oder sich beeinflussen. Ferner bieten die implementierten Services offene Schnittstellen, um Impulse in der Anwendung zu verteilen.
- Reaktive Vernetzung von Komponenten - Die Anwendung reaktiver Programmierparadigmen ermöglicht es, komplexe Visualisierungsbausteine zu konstruieren, die autonom operieren und autark auf Nutzerinteraktionen oder Datenströme reagieren. Komponenten und Services können sich so untereinander Vernetzen ohne Abhängigkeiten zueinander aufzubauen. Ohne starke Abhängigkeiten können einzelne Visualisierungsbausteine oder ganze Strukturen kontextsensitiv manipuliert oder ausgetauscht werden.
- Komponenten-Lifecycle - Um die Vernetzung von Services und Komponenten automatisiert zu verwalten, wurden die Visualisierungsbausteine um Lifecycle-Methoden ergänzt. Dabei wird zwischen Initialisierung, Einhängen in die virtuelle Baumstruktur, Render-Prozessen und Abmelden unterschieden. Jede dieser Abschnitte in diesem Zyklus hat Schnittstellen, um eine Komponente statusspezifisch anzupassen und gegebenenfalls weiter zu vernetzen.

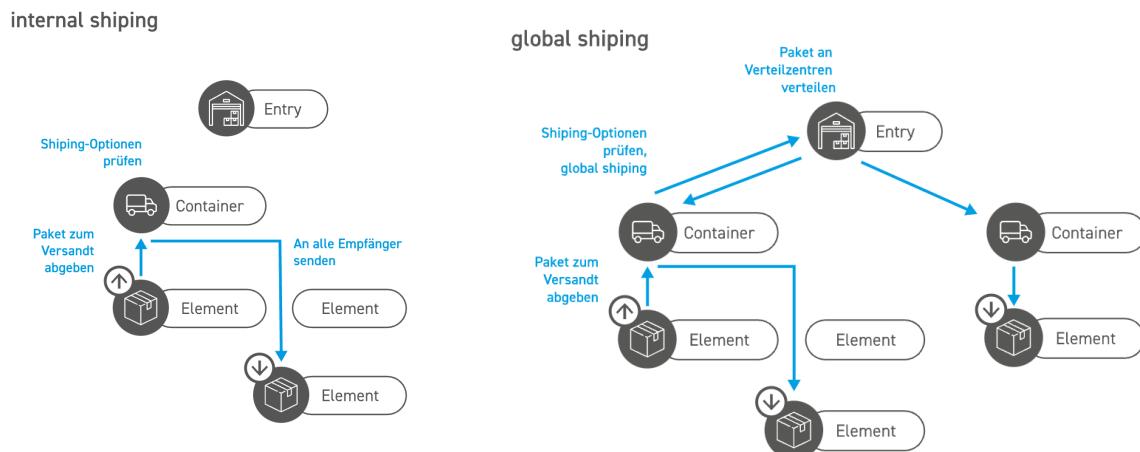


Abbildung 3: Darstellung der ViDaLa Event und Messaging-Struktur, welche das Versenden und Empfangen von Events innerhalb und zwischen Containern ermöglicht.

II.1.5 Spezifikation und Implementierung von Schnittstellen zur Datenintegration

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgte die Spezifikation und Implementierung einer Schnittstelle, um die Ergebnisse der Situationsanalyse als Eingangsdaten in die Anwendung zu überführen. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, die Anwendung an den Kontext des gegenständlichen Tumorboards anzupassen. Im Rahmen des Arbeitspaketes konnte in Zusammenarbeit mit dem Projekt partner ICCAS sowohl die Spracherkennungssoftware konfiguriert als auch die Verfügbarkeit

eines medizinischen Vokabulars erreicht werden. Die Schnittstelle hierfür wurde seitens des Projektpartners voiceINTERconnect bereitgestellt. Diese Schnittstelle wurde entsprechend durch eine softwaretechnologische Erweiterung zur Abnahme der bereitgestellten Informationen vervollständigt. In der Folge ermöglicht die Schnittstelle eine Sprachsteuerung der Anwendung. Somit wird das übergeordnete Ziel erreicht, die Anwendung weitestgehend ohne Eingabe von Befehlen durch zusätzliche Peripheriegeräte zu realisieren. Dies wird durch zwei unterschiedliche grundlegende Datenobjekte bewerkstelligt, die via Schnittstelle abgerufen werden. Einerseits werden auf Basis des MQTT-Protokolls, mittels JSON-Objekten, Daten abgerufen, die semantische Informationen des Gesprochenen enthalten. Andererseits werden über die Schnittstelle 'Events' kommuniziert, die als Grundlage dienen, Aktionen in der Anwendung auszulösen. Hierdurch wird eine aktive Steuerung der Anwendung ermöglicht.

II.1.6 Implementierung der Datenanbindung aus den unterschiedlichen Systemen

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes erfolgt die Implementierung einer Datenanbindung der seitens ICCAS bereitgestellten Patienteninformationen. Hierbei handelt sich um einen Datensatz eines fiktiven Patienten, der im Rahmen des Tumorboards thematisiert wird. Der Zugriff auf die Informationen erfolgt durch die softwaretechnologische Anbindung mehrerer Serverinstanzen, die durch den Kooperationspartner ICCAS gepflegt und aktualisiert werden.

Zum einen werden über einen FHIR-Server, welcher die Primärdaten des Patienten in sogenannten „Ressourcen“ abbildet, Informationen abgerufen. Zum anderen stehen durch die Implementierung Daten des "Digitalen Zwillings" via GraphQL-Schnittstelle zur Verfügung. Mittels dieser Schnittstelle sind berechnete Sekundärdaten (beispielsweise aus den Primärdaten) verfügbar. Hierdurch können beispielsweise Handlungsempfehlungen, welche im Rahmen des MPM-Projektes erarbeitet wurden, in die Anwendung überführt werden. Darüber hinaus besteht die Anforderung, radiologische Bilder im Tumorboard bereitzustellen. Daher wurde eine entsprechende Schnittstelle im Rahmen des Arbeitspaketes implementiert, wodurch PET, MRT und PET-CT Aufnahmen abgerufen werden können. Diese werden durch einen ORTHANC-Server zur Verfügung gestellt, welcher die Bilder im DICOM-Format bereitstellt. Für eine effiziente Verarbeitung der Daten in der Anwendung stehen diese einheitlich im JSON-Format zur Verfügung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch die gegenständliche Implementierung der Schnittstellen und Datenabrufe ein vollständiges Datenbild eines Patienten in der Anwendung bereitgestellt werden kann.

II.1.7 Entwicklung eines Interaktionsdesigns unter Einbeziehung mobiler und stationärer Ein- und Ausgabegeräte im Tumorboard

Auf Basis der Ergebnisse der Kontextanalyse wurde im Rahmen des Arbeitspaketes eine Informationsarchitektur erstellt. Diese bildete eine wichtige Grundlage, um Aspekte der Navigation und Interaktion innerhalb einer verteilten Anwendung und des Wissenstransfers zwischen den Teilnehmern des Tumorboards hinsichtlich der Informationscharakteristiken und deren semantischen Verknüpfungen zu beschreiben. Mittels der Erkenntnisse aus der Informationsarchitektur wurden folgende Aspekte des Interaktionsdesigns abgeleitet:

- *Geführter Ablauf der Patientenvorstellung* – Die Informationsarchitektur führte zu einem Interaktionsdesign, welches den Präsentationscharakter einer Patientenvorstellung unterstützt. Der Fokus des Interaktionsdesigns liegt hierbei auf einer interaktionsarmen Nutzerführung durch die dargestellten Informationsräume. Hierdurch wird das Ziel erreicht, die benötigten Informationen darzustellen und dabei den Interaktionsaufwand des Nutzers mit dem System zu minimieren. Die Anwendung soll in diesem Teil des Tumorboards der „visuelle Begleiter“ des Präsentators sein.

- *Freier Zugang zu Informationen in Gesprächs- bzw. Diskussionssituationen* – die Informationsarchitektur beschreibt ferner einen zweiten Teil des Tumorboards, welcher einen explorativen und individuellen Charakter aufweist. In der Folge wurde ein Interaktionsdesign konzipiert, welches die nutzerzentrierte Interaktion mit dem System in den Vordergrund stellt. Hierbei ist es für jeden Anwender individuell möglich, aber auch im Rahmen der Präsentation auf dem Ausgabegerät des Tumorboards, Informationen des Patienten aufzurufen.
- *Umgang mit geteilten Patienteninformationen* – Eine wesentliche Eigenschaft des Interaktionsdesigns ist die ubiquitäre Verfügbarkeit der im Tumorboard dargestellten Informationen. Das Konzept sieht vor, dass jeder Nutzer zwischen der Präsentationssicht und einer individuellen Sicht auf den Patienten wechseln kann.
- *Interaktion mit persönlichen Annotationen zu geteilten Patienteninformationen* – Das Konzept sieht vor, dass jeder Nutzer der Anwendung, auf dem mobilen als auch stationären Endgerät des Tumorboards, Informationen zum Patienten hinterlegen kann, um diese zu einem anderen Zeitpunkt wiederum aufzurufen und hierdurch in das Tumorboard einzubringen.

II.1.8 Konzeption und Gestaltung einer Informationsvisualisierung für das Tumorboard

Das UI-Konzept sowie die Gestaltung der UI-Sichten und visuellen Elemente wurden auf Basis der Ergebnisse der Analyse und der Datenbereitstellung erarbeitet. Konzept und Gestaltung der Anwendung spiegeln die Zweiteilung des Tumorboards wider. Die Datengrundlage der Gesamtanwendung bilden die Informationen, welche via Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden. Die Anwendung unterstützt den ersten Teil des Tumorboards mit grafisch untersetzten Informationseinheiten des Patienten. Hierdurch wird die visuelle Begleitung des Vortragenden ermöglicht. Hierzu wurden die folgenden Sichten konzipiert und gestaltet.

- Überblicksansicht aller Patienten eines Tumorboards
- Informationen über den Patienten
- Informationen zur Erstanamnese
- Bisheriger Therapieverlauf
- Informationen zu Nebendiagnosen
- Aktuelles TNM-Staging
- Auswertung der medizinischen Bildaufnahmen
- Sicht mit Informationen zum Therapievorschlag

Der Fokus der Gestaltung der Sichten und visuellen Elemente lag auf einem visuellen Minimalismus, um den Betrachtern/Nutzern der Anwendung eine der Situation angemessene Menge und Komplexität der dargebotenen Informationen darzubieten.

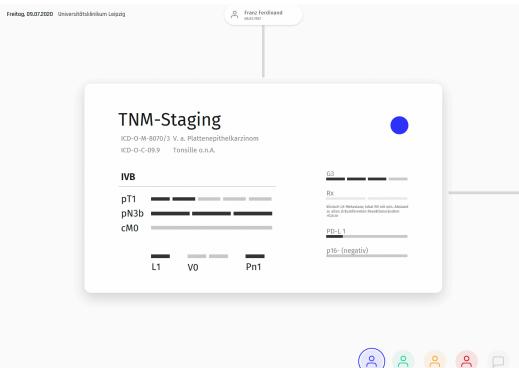


Abbildung 4: UI-Entwurf einer Sicht auf die Patientenakte im Rahmen der Präsentation



Abbildung 5: UI-Entwurf zur Präsentation von medizinischen Aufnahmen im Rahmen des Tumorboards

Die Konzeption und Gestaltung der Visualisierung für den Diskussionsteil des Tumorboards legt den Fokus auf die visuelle Kommunikation von Informationszusammenhängen und deren Gewichtung im Kontext der Therapieentscheidung im Rahmen dessen. Ferner erfolgte die Umsetzung von visuellen UI-Elementen, um den Verlauf des Tumorboards, die beteiligten Personen und deren Aktivitäten in der Benutzungsschnittstelle der Anwendung darzustellen. Hierdurch wird die Präsentation des Patienten durch den verantwortlichen Arzt visuell und situationsbezogen unterstützt.

Der Aufbau der Explorationssicht setzt sich aus den folgenden UI-Bereichen zusammen:

- Zeitleiste mit Ereignissen des Patienten, bspw. Untersuchungszeitpunkte oder Krankenhausaufenthalte.
- Filterbereich zur Eingrenzung der Ergebnismenge
- Präsentationsbereich zur Darstellung der Patienteninformationen

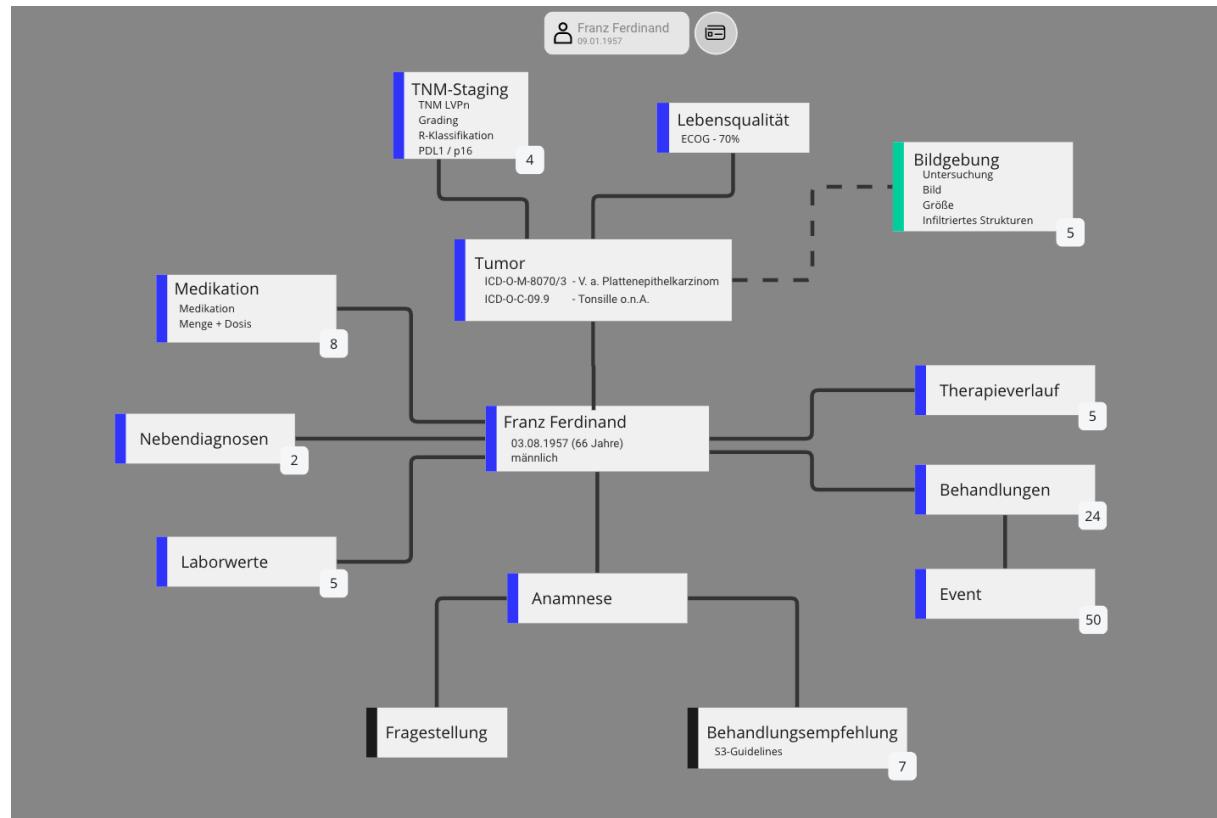


Abbildung 6: Überblick über die Informationsarchitektur, die als Grundlage für den Entwurf der Explorationssichten dient.

II.1.9 Konzeption und Gestaltung eines multi-user Interaktionsdesigns zur kontextsensitiven Nutzung der Informationsvisualisierung im Tumorboard

Das Interaktionsdesign basiert auf den Ergebnissen des Arbeitspaketes 4.3.7. Die Entwicklung des Interaktionsdesigns adressiert die verschiedenen Teilespekte des Tumorboards sowie die Interaktionsräume der unterschiedlichen Beteiligten und deren Rollen innerhalb des Tumorboards. Das Interaktionsdesign wurde hierzu multimodal konzipiert.

- *Interaktion mittels Sprachsteuerung* – Das Design ermöglicht es, die Interaktion des Nutzers mit der Anwendung alleinig über die Sprachsteuerung zu vollziehen. Hierbei liegt der Fokus auf dem Ablauf der Patientenpräsentation sowie der anschließenden Diskussion zur Therapieentscheidung.
- *Anwendung mittels Maus/Gesten-Interaktion* – Die Anwendung kann vollumfänglich mittels Maus auf einem Computer bzw. über Gesten auf einem Mobilgerät gesteuert werden. Diese Interaktion ist redundant zur Sprachsteuerung.
- *Eingabe mittels Tastaturinteraktion* – Darüber hinaus werden zusätzliche Funktionen (beispielsweise das Erfassen von Anmerkungen oder Annotationen) für den Anwender zur Verfügung gestellt. Der Interaktionsumfang umfasst damit einen größeren Funktionsumfang als die Interaktion mittels Sprachsteuerung.
- *Nutzung der Anwendung im Präsentationsteil des Tumorboards* – Die Anwendung verfügt über einen Interaktionsumfang der speziell für einen Präsentationsablauf erstellt wurde. Wesentliche Eigenschaften des Interaktionsdesigns sind die visuelle Unterstützung der Präsentation durch "begleitende Interaktionen" und die intuitive Präsentationsführung.
- *Nutzung der Anwendung im Diskussionsteil des Tumorboards* – Ein weiteres Interaktionsdesign, welches auf dem Gesamtinteraktionskonzept aufbaut, fokussiert den Diskussionsteil des Tumorboards. Den Schwerpunkt hierbei bildet der Interaktionsraum zur Exploration über die Datenmenge und deren Relationen sowie verschiedener Teilvisualisierungen der Informationsmenge.

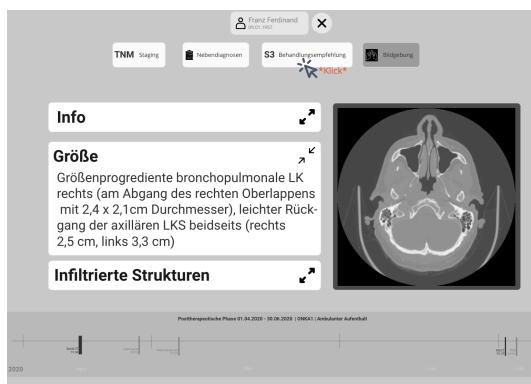


Abbildung 7: Entwurf der Nutzerinteraktion mittels Maussteuerung

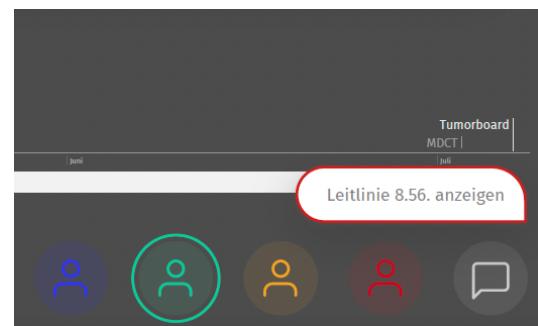


Abbildung 8: Entwurf der Nutzerinteraktion mittels Sprachsteuerung

II.1.10 Implementierung einer Informationsvisualisierung für das Tumorboard

Aufbauend auf den UI-Entwürfen erfolgte die Implementierung der interaktiven Informationsvisualisierung. Hierbei bildet die im Rahmen des Projektes entwickelte Visualisierungsbibliothek ViDaLa die technologische Grundlage der prototypischen Umsetzung. Die Javascript-Bibliothek D3 wirkt unterstützend und hilft dabei, die Daten zu laden und an die entsprechenden visuellen Elemente zu binden.

Das Verknüpfen der Daten beziehungsweise das Erstellen von datenbasierten Entitäten erfolgt mittels ViDaLa, während die Abbildung eines abstrakten Elementes auf eine konkrete Form in einer SVG mittels D3 realisiert wird.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde die Anbindung der Patientendaten an die Anwendung realisiert, sodass diese im Tumorboard stets aktuell zur Verfügung stehen. Hierzu erfolgte die Implementierung eines Dienstes in Form eines Datenlayers, welcher die nachfolgend aufgeführten Datenschnittstellen interpretiert, transformiert und zusammenführt:

- Orthanc-Server (DICOM / für radiologische Bilddaten)
- FHIR-Server (für Patienteninformationen)
- Rest-Server/GraphQL (für Therapieinformationen)

Des Weiteren erfolgte die Anbindung eines netzwerkinternen MQTT Broadcasts über Websockets. Dieser Service verbindet das Mikrofon-Array, welches für die Sprachsteuerung genutzt wird, mit einem Raspberry Pi. Dieser Mini-Computer sendet das Audiosignal wiederrum an ein NUC, welcher es via Natural Language Processing (NLP) verarbeitet. Das durch NLP transkribierte Audiosignal wird nachfolgend als Broadcast über das Netzwerk versendet. Die Anwendung empfängt und verarbeitet das Gesprochene und gleicht den Input mit den verfügbaren Daten ab oder reagiert auf Befehle zur Steuerung der Anwendung.

Darüber hinaus erfolgte die Entwicklung der Anwendung unter Einsatz von HTML, CSS und unter Einsatz von WebComponents, die mit der ViDaLa-Bibliothek verknüpft werden. Die Anwendung ist folglich als Web-Anwendung konzipiert und umgesetzt und somit in allen gängigen Browser nutzbar. Sie kann sowohl eigenständig als auch eingebettet in einer zur Verfügung gestellten Plattform in Form eines Widgets oder Plugins ausgeführt werden. Die Daten, auf denen die prototypische Umsetzung des erstellten Konzepts erfolgt, stehen über die entwickelten Schnittstellen in der Anwendung zur Verfügung. Dabei werden die Patienteninformationen der Anwendung im JSON-Format zur Verfügung gestellt.

II.1.11 Implementierung der kontextsensitiven Ergebnisauswertung der unterschiedlichen Eingaben durch die Teilnehmer des Tumorboards

Die Interaktion mit dem System erfolgt durch eine Sprachsteuerung. Diese dient sowohl in der Präsentation als auch in der Exploration zum direkten Abruf von Patienteninformationen. In der Phase der Patientenpräsentation erfolgt dies durch die Implementierung von Sprachbefehlen, die zur Steuerung durch die Themen der Patientenpräsentation dient. Hierdurch wird es möglich, durch die einzelnen Sichten zu navigieren.



Abbildung 9: Ablauf der einzelnen Sichten im Präsentationsmodus, die durch Sprachsteuerung direkt abgerufen oder sequenziell durchlaufen werden können.

Im Tumorboard folgt im Anschluss der Präsentation der Patienteninformationen die Diskussion zur Entscheidungsfindung. In dieser Phase des Tumorboards unterstützt der Explorationsbereich der Anwendung die Teilnehmer des Tumorboards bei der gezielten Suche nach Informationen zum Patienten. Diese Interaktion und die daraus resultierenden Ergebnisdarstellungen einer Suchanfrage werden ebenfalls durch die Sprachsteuerung initiiert. Durch die Aktivierung der Sprachsteuerung mit dem Codewort „Computer“ können die Teilnehmer Informationen aus der Patientenakte erfragen. Das Ergebnis der Anfragen wird in einer Sicht der Anwendung präsentiert. Die Fragen können sich auf folgende Bereiche der Patientenakte beziehen:

- Informationen zu Stammdaten des Patienten
- Zeitpunkte von Untersuchungen
- Zeiträume von Behandlungen
- Untersuchungsergebnisse und Laborwerte
- Informationen aus Nebendiagnosen
- TNM-Staging
- Daten aus der Bildgebung
- Behandlungsentscheidungen vergangener Behandlungen

Die Interaktionen, die durch die Sprachsteuerung zur Verfügung stehen, sind darüber hinaus personalisiert, sodass unterschiedliche Personen zuordenbar das System nutzen können. Zusätzlich kann das System aber auch konventionell mit Maus- oder Touch-Interaktion genutzt werden, um den Einsatz des Systems auch ohne Sprachsteuerung sicherzustellen.

II.1.12 Test und Evaluation der interaktiven Visualisierung im Kontext des Tumorboards

Das ViDaLa-Framework dient als Grundlage für die interaktive Datenvisualisierung. Daher wurde im Rahmen der Entwicklung der Anwendung implizit das Framework auf dessen Anwendbarkeit überprüft. Zur Bewertung des ViDaLa-Frameworks dienten die unterschiedlichen Datenquellen als

Grundlage zur Erzeugung der digitalen Patientenakte für das Tumorboard. Die Patienteninformationen standen nach Aufbau der Informationsarchitektur als komplexer und mehrdimensionaler Datensatz zur Verfügung. Um die digitale Patientenakte im Tumorboard anzuwenden, wurden die ViDaLa-Komponenten eingesetzt, um die verteilten Daten zu strukturieren, die digitalen Krankenakten der Patienten an grafische UI-Elemente zu binden und Interaktionen auf diesen Elementen mit den darunterliegenden Datenstrukturen zu verknüpfen.

Die Entwicklung einer Informationsvisualisierung auf Basis von ViDaLa ermöglicht es, eine komplexe Visualisierung aus wiederverwendbaren Bausteinen zu generieren. Damit kann die Softwarebibliothek, wie nachfolgende Grafik zeigt, als Komponentenbibliothek verortet werden. Diese ermöglicht einerseits durch den wiederverwendbaren Charakter die Reduzierung des Implementierungsaufwands, andererseits durch den modularen Charakter eine stetige Erweiterung der Bibliothekskomponenten. Hierdurch können Grundkomponenten der Bibliothek zu kombinierten Strukturen zusammengeführt und als wiederum eigenständige Komponenten zum Einsatz kommen.



Abbildung 10: Einordnung der Visualisierungsbibliothek „ViDaLa“ im Vergleich zu bestehenden Softwarewerkzeugen zur Erzeugung interaktiver Visualisierungen

Abschließend konnte im Rahmen des Vorhabens das Gesamtsystem, bestehend aus Datenbackend, interaktiver Informationsvisualisierung und bereitgestellter Sprachsteuerung, verprobt werden. Eine fiktive Patientenakte diente als Grundlage für die Durchführung eines (fiktiven) Tumorboards. Mittels Sprachsteuerung konnte eine Patientenakte aufgerufen und die Präsentation des Patienten vollzogen werden. Ferner konnte im Rahmen einer Diskussion von allen Teilnehmern des Tumorboards Informationen zum Patienten per Spracheingabe angefordert werden. Die gewünschten Informationen wurden in der Anwendung zur Verfügung gestellt. Abschließend konnte die im Tumorboard getroffene Therapieentscheidung im System festgehalten und der Gesprächsverlauf dokumentiert werden.

II.2 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das Projekt konnte mit dem geplanten Personal und durch die enge und konstruktive Zusammenarbeit mit dem Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) und der voiceINTERconnect gmbH durchgeführt werden.

II.2.1 Beschäftigtes Personal

Das Projekt wurde durch zwei Mitarbeiter bearbeitet. Mitarbeiter 1 (Dr.-Ing. Jan Wojdziak) war für die Konzeption, Entwurf der interaktiven Anwendung und die Koordination zwischen den Partnern zuständig. Mitarbeiter 2 (Tom Geißler) war indes mit der Gestaltung und Implementierung der Anwendung betraut und ferner für Datenanbindung und die Schnittstellen verantwortlich. Durch die Mitarbeiter erfolgten die Durchführung und der Abschluss der Arbeitspakete im Rahmen des Projektes. Sowohl Herr Wojdziak als auch Herr Geißler waren über den gesamten Projektzeitraum im Projekt tätig.

II.2.2 Reisekosten und vorhabenspezifische Anlagen

Es erfolgte keine Inanspruchnahme von Reisemitteln, da aufgrund der Coronapandemie zunächst keine Reisen möglich waren. Mit Wegfall der Reisebeschränkungen im Allgemeinen und der Besuchsbeschränkungen im Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) im Speziellen konnte der persönliche Austausch wieder stattfinden. Die entstanden Kosten für die Reisen nach Leipzig (ICCAS) und innerhalb Dresdens (voiceINTERconnect) erfolgten auf Basis von bestehenden Eigenmitteln der Gesellschaft für Technische Visualistik, sodass zusätzliche Kosten vermieden werden konnten. Ferner konnte auf die Beschaffung neuer Hardware (mobile Geräte) verzichtet werden, da sich in der Analysephase des Projektes zeigte, dass der Einsatz von Mobilgeräten, in Form von Tablets und Telefonen, nicht in Prozessablauf des Tumorboards nutzbringend integrierbar waren. Daher wurde von der Beschaffung dieser Geräte im Rahmen des Projektes abgesehen.

II.3 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Im Projektverlauf erfolgten gestalterische und softwaretechnologische Entwicklungen, die im Bezug auf den Einsatz von interaktiven Visualisierungen bei der Entscheidungsunterstützung hinsichtlich der Wissensvermittlung eine Verbesserung aufweisen. Diese werden aufbauend auf den Ausführungen in Abschnitt II.1 nachfolgend aufgeführt. Dabei wird die Beurteilung der geleisteten Arbeit in qualitativer und quantitativer Hinsicht dargelegt.

II.3.1 Quantitative Ergebnisse

Innerhalb der Projektlaufzeit erfolgten Entwicklungen am Visualisierungs-Framework „ViDaLa“. Die folgenden Ergebnisse beschreiben den Umfang der Softwarebibliothek:

- Komponentengestützte Bibliothek auf Basis hierarchischen Databindings
- Komponenten als wiederverwendbarer Baustein
 - des Aussehens von Datenelementen
 - von Logiken
 - von Algorithmen
 - von Datenschnittstellen
 - von Interaktionsmechanismen
 - von Events

Des Weiteren bietet die Bibliothek folgenden funktionalen Umfang:

- gekapseltes Event- und Messagesystem

- separate Visualisierungsflächen
- Datendekoder für eine stabile Datenbasis
- Berechnen von Textmetriken auf GPU-Ebene
- Verwalten von SVG-Ebenen
- reaktive Vernetzung von Komponenten
- Komponenten-Lifecycle

Ferner erfolgte die Entwicklung einer interaktiven Datenvisualisierung für das Tumorboard. Die folgenden Ergebnisse beschreiben den Umfang der Anwendung.

- Interaktive Anwendung zur Präsentation von Patientenakten
- Interaktive Anwendung zur Exploration von digitalen Patientenakten
- Anbindung an verschiedene kliniknahe Systeme und automatische Strukturierung der Daten
- Sprachsteuerung zur Interaktion mit dem System
- Maus- und Touch-Steuerung zur Interaktion mit dem System
- Tastatureingabe zur Annotation von Daten

II.3.2 Qualitative Ergebnisse

Im Hinblick auf die Nutzungsanforderungen, Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, die durch Beteiligte des Tumorboards kommuniziert wurden, konnten im Rahmen des Vorhabens folgende qualitative Resultate erreicht werden:

- Die Entwicklung einer Visualisierungsbibliothek führte zu einer Reduzierung von Entwicklungsaufwänden, da durch die wiederverwendbaren Komponenten der zu erstellende Quellcode reduziert wird.
- Die Visualisierungsbibliothek bietet eine einfache und aufwandsarme Erweiterbarkeit, sodass Komponenten (bspw. Zeitstrahl als kombinierte Grundform) integriert werden können.
- Die Anwendbarkeit der Visualisierungsbibliothek ist nicht auf den medizinischen Bereich beschränkt. Durch den generischen Charakter konnte ViDaLa bereits während der Projektlaufzeit in Testprojekten im Automobil und Logistikbereich angewendet werden.
- Die Vorbereitungszeit für die Patientenvorstellung im Tumorboard wird reduziert, da die Patientenakten einer prozessualen Vorgabe zusammengestellt und in der Anwendung zur Anzeige gebracht werden können.
- Die grafische Auswertung der Patientendaten ist bei der Durchführung von Tumorboards essenziell. Die im Vorhaben entworfenen Sichten auf Patienteninformationen erbrachten im Hinblick auf die analysierten Nutzungsanforderungen gute Ergebnisse im Hinblick auf die Akzeptanz bei den Tumorboard-Teilnehmern.

II.4 Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse liegt in der Visualisierungsbibliothek ViDaLa und deren Anwendung zur Erstellung von interaktiven Visualisierungen in unterschiedlichen Bereichen und Branchen. Gleichzeitig ist auch die Weiterentwicklung der im Vorhaben realisierten Klinikanwendung eine Möglichkeit zur Verwertung der Vorhabenergebnisse. Die wesentlichen Ergebnisse des Projekts hinsichtlich einer Verwertung bestehen in den folgenden Punkten:

- Durch die Erarbeitung von neuen Konzepten und Methoden zur Informationsvermittlung und der Unterstützung bei der Entscheidungsfindung im klinischen Kontext, ist die Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen aus dem Bereich der Kliniksoftware avisiert. Hiermit ist das Ziel verbunden, die entwickelte Anwendung als integrierbaren Baustein in bestehende Klinikanwendungen zur Verfügung zu stellen.
- Die im Rahmen des Projektes entwickelte ViDaLa-Bibliothek konnte erfolgreich als Unterstützung in der Anwendungsentwicklung für das Tumorboard eingesetzt werden. Dabei ist der Einsatz nicht auf den medizinischen Bereich beschränkt. Die Bibliothek kann in allen Bereichen (besonders aber im Automobil- und Pharmabereich) eingesetzt werden, da die Visualisierung von Daten und Prozessen branchenübergreifend benötigt wird.
- Mit der Visualisierungsbibliothek können in der Entwicklung von interaktiven Anwendungen sowohl Zeit als auch Ressourcen eingespart werden. Mit einer Weiterentwicklung der Softwarebibliothek kann diese mittelfristig als Produkt angeboten werden. Dieses wäre dann vor allem für Softwareentwicklungsunternehmen interessant, die ViDaLa in die Entwicklung ihrer Anwendungen integrieren können.

Kurzfristig werden alle beschriebenen Möglichkeiten weiterverfolgt. Gleichzeitig findet aber eine Analyse statt, die eine für die im Vorhaben erarbeiteten Ergebnisse bestmögliche Verwertung bietet.

II.5 Der während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Bereich kontextsensitiver Visualisierungen, insbesondere bei der Unterstützung von Therapieentscheidungen, liegen dem Zuwendungsempfänger keine Informationen vor, die darauf hinweisen, dass an anderer Stelle Fortschritt erzeugt wurde. Auch im Bereich einer Visualisierungsbibliothek, die die generische Strukturierung von Daten und deren visuelle Darstellung in Form wiederverwendbarer, modularer Komponenten in den Fokus stellt, ist keine Neuerung bekannt.

II.6 Die erfolgten und geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse

Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte im Rahmen des Regions4PerMed Best Practices Awards. Die „Best Practices“ prämierten Projekte und Initiativen, welche die Umsetzung der personalisierten Medizin auf regionaler Ebene erfolgreich vorantreiben. Darüber hinaus ist die Veröffentlichung der Ergebnisse aus der Entwicklung des ViDaLa Frameworks geplant. Die Veröffentlichung wird im wissenschaftlichen Rahmen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion erfolgen. Die konkreten Vorbereitungen sind in Arbeit.