

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# AutoPiLoT: Sachbericht 2023

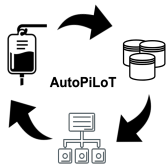
Bundesministerium für Gesundheit  
53107 Bonn

Essen, den 31.03.2023

|                           |                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titel des Projekts</b> | <b>Automatisierte leitlinienkonforme Patientenindividuelle Blutproduktezuordnung und smartes Logistikmanagement in der Transfusionsmedizin (AutoPiLoT)</b> |
| <b>Förderkennzeichen</b>  | 2519DAT713                                                                                                                                                 |
| <b>Laufzeit</b>           | 01.04.2020 bis 31.12.2022                                                                                                                                  |
| <b>Fördersumme</b>        | 1.799.412,00 €                                                                                                                                             |

|                             |                                                                                                        |             |                       |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|
| <b>Projektleitung</b>       | Prof. Dr. med. Peter Horn<br>Institut für Transfusionsmedizin (ITM)<br>Universitätsklinikum Essen, AÖR |             |                       |
| <b>Kontaktdaten</b>         | E-Mail-Adresse: Peter.Horn@uk-essen.de<br>Telefon: 0201 723 4200<br>Fax: 0201 723 5945                 |             |                       |
| <b>Projektmitarbeitende</b> | Brieske, Christian Martin                                                                              | UKE ITM     | 01.04.2020-31.12.2022 |
|                             | He, Donghui                                                                                            | UKE IKIM    | 01.06.2020-30.09.2022 |
|                             | Heimes, Simon                                                                                          | FH Dortmund | 01.06.2020-30.04.2022 |
|                             | Engelke, Merlin                                                                                        | UKE IKIM    | 01.02.2022-30.09.2022 |
|                             | Kureishi, Anisa                                                                                        | UKE ITM     | 01.01.2021-30.09.2022 |
|                             | Langer, Samantha                                                                                       | UKE ITM     | 01.10.2020-15.06.2021 |
|                             | Martel, Tatjana                                                                                        | FH Dortmund | 01.10.2020-30.09.2022 |
|                             | Ayyüce, Ahmet Civan                                                                                    | FH Dortmund | 01.06.2022-31.12.2022 |
|                             | Moyrer, Siegfried                                                                                      | UKE ITM     | 01.06.2020-31.12.2022 |
|                             | Ostermann, Ilka                                                                                        | UKE ITM     | 01.05.2020-31.12.2022 |
|                             | Skibbe, Susanne                                                                                        | UKE ITM     | 01.10.2020-30.09.2022 |
|                             | Stambouli, Oumaima                                                                                     | UKE ITM     | 17.06.2021-30.09.2022 |
|                             | Wossidlo, Natalie                                                                                      | UKE ITM     | 01.11.2021-31.12.2022 |
|                             | Börger, Verena                                                                                         | UKE ITM     | 01.04.2020-30.09.2020 |
|                             |                                                                                                        |             | 01.07.2022-31.12.2022 |
|                             | Becker, Matthias                                                                                       | UKE ITM     | 01.04.2020-31.12.2020 |
|                             | Flaschel, Nils                                                                                         | UKE IKIM    | 01.05.2021-28.02.2022 |
|                             | Hosch, Rene                                                                                            | UKE IKIM    | 01.04.2020-30.04.2021 |
|                             | Koitka, Sven                                                                                           | UKE IKIM    | 01.04.2020-30.04.2021 |
|                             | Mölders, Judith                                                                                        | UKE IKIM    | 15.11.2022-31.12.2022 |
|                             | Pelka, Obioma                                                                                          | UKE IKIM    | 01.04.2020-30.09.2022 |
|                             | Roser, Mario Vincent                                                                                   | UKE IKIM    | 15.09.2021-15.01.2022 |
|                             | Schmidt, Cynthia                                                                                       | UKE ITM     | 01.05.2022-31.12.2022 |
|                             | Skribbe, Susanne                                                                                       | UKE ITM     | 01.10.2022-30.11.2022 |

|  |                                |             |                    |
|--|--------------------------------|-------------|--------------------|
|  | Abel, Katharina                | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Karapetjan, David              | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Korkmaz, Aylin                 | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Nath, Pia                      | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Schily, Anton                  | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Brunstein, Mona                | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Enver, Deniz                   | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Kaya, Sara Erma                | UKE IKIM    | SHK                |
|  | Hake, Laurin                   | FH Dortmund | SHK                |
|  | Soleman, Wa Ode lin Arliani    | FH Dortmund | SHK                |
|  | Damm, Birte                    | FH Dortmund | SHK                |
|  | Elia, Sansimon                 | FH Dortmund | SHK                |
|  | Ratert, Fabian                 | FH Dortmund | SHK                |
|  | Eigenleistungen des Personals: |             |                    |
|  | Böckmann, Britta               | FH Dortmund | Teilprojektleitung |
|  | Farnad, Ladan                  | UKE ITM     | 10 %               |
|  | Lenz, Veronika                 | UKE ITM     | 5 %                |
|  | Luft, Alex                     | UKE IKIM    | 10 %               |
|  | Motzigkeit, Ellen              | UKE ITM     | 10 %               |
|  | Nensa, Felix                   | UKE IKIM    | Teilprojektleitung |
|  | Temme, Christian               | UKE ITM     | 10 %               |
|  | Ulrich, Moritz                 | UKE IKIM    | 10 %               |



# AutoPiLoT: Sachbericht 2023

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Zusammenfassung</b>                                                            | <b>1</b>  |
| <b>2. Einleitung</b>                                                                 | <b>2</b>  |
| <b>3. Erhebungs- und Auswertungsmethodik</b>                                         | <b>3</b>  |
| 3.1. Projektkomponente: KI-gestützte Vorhersagemodelle                               | 5         |
| 3.2. Projektkomponente: KI-basiertes Empfehlungssystem                               | 8         |
| 3.3. Projektkomponente: KI-basiertes Expertensystem                                  | 9         |
| 3.4. Projektkomponente: Spender-App                                                  | 11        |
| 3.5. Einbindung der Projektkomponente im SHIP System - AutoPiLoT Dashboard           | 12        |
| <b>4. Arbeits- und Zeitplan</b>                                                      | <b>13</b> |
| <b>5. Ergebnisse und Diskussion</b>                                                  | <b>14</b> |
| 5.1. Ergebnis: KI-gestützte Vorhersagemodelle                                        | 14        |
| 5.2. Ergebnis: KI-basiertes Empfehlungssystem                                        | 16        |
| 5.3. Ergebnis: KI-basiertes Expertensystem                                           | 16        |
| 5.4. Ergebnis: Spender-App                                                           | 20        |
| 5.5. Ergebnis: Einbindung der Projektkomponente im SHIP System - AutoPiLoT Dashboard | 22        |
| <b>6. Gender-Mainstreaming-Aspekte</b>                                               | <b>26</b> |
| <b>7. Verbreitung und Verwertung</b>                                                 | <b>28</b> |
| <b>8. Publikationsverzeichnis</b>                                                    | <b>29</b> |
| <b>9. Literaturverzeichnis</b>                                                       | <b>29</b> |

## 1. Zusammenfassung

Ziel des Projektes „Automatisierte leitlinienkonforme Patientenindividuelle Blutproduktezuordnung und smartes Logistikmanagement in der Transfusionsmedizin“ (AutoPiLoT) ist es, den patientenbezogenen Einsatz und die Bevorratung mit zellulären Blutprodukten zu verbessern, indem die im Krankenhaus vorhandenen großen Mengen an digitalen Gesundheitsdaten systematisch genutzt werden, um optimierte Entscheidungen zu treffen.

Um dieses Ziel zu erreichen setzte sich das Projekt aus verschiedenen Aspekten zusammen.

(1) Einer der Ansätze befasste sich mit der Künstliche Intelligenz (KI)-gestützten Vorhersage des individuellen Transfusionsbedarfs. Das Modell soll auf Ebene der einzelnen behandelten Person entscheiden, ob innerhalb von drei Tagen eine Thrombozytengabe erforderlich ist. Für dieses Modell wird täglich überprüft, bei welchen Personen in den letzten sieben Tagen Blutbildmessungen durchgeführt wurden und wer Transfusionen erhalten hat. Relevante Behandlungen werden in die Analyse einbezogen. Aus diesen Daten wird für jede behandelte Person eine siebentägige Krankengeschichte interpoliert. Alle Datensätze werden anschließend in einem Dataframe zusammengeführt, auf dessen Basis Klassifikationsmodelle trainiert werden, die erkennen, ob eine Person überhaupt transfundiert wird. Im nächsten Schritt werden weitere Klassifikationsmodelle trainiert, die eine Vorhersage über zugeordnete Thrombozyten- und Erythrozytentransfusionen mit der entsprechenden Wahrscheinlichkeit ermöglichen. Mit diesem Modell konnte eine spezifische Erkennung von Personen erreicht werden, die keine Thrombozytentransfusion benötigen. Es kann im Hintergrund der klinischen Routine eingesetzt werden, um eine optimale Nutzung der Blutprodukte zu gewährleisten.

(2) Ein weiterer Teilaspekt des Projektes beschäftigte sich mit der Entwicklung eines KI-basierten Expertensystems. Dieses System stützt sich stark auf die Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten der Bundesärztekammer (BÄK). Im ersten Schritt wurden die Leitlinien in Form eines Entscheidungsbaums formuliert und es erfolgte eine Programmierung und das Debugging eines Prototyps. Die Ergebnisse des Expertensystems wurden dann mit der tatsächlich erfolgten Transfusion verglichen. Die Ergebnisse dieser Studie haben die Nützlichkeit eines Expertensystems zur Unterstützung von Ärztinnen und Ärzten bei Transfusionsentscheidungen, insbesondere von neuen Ärztinnen oder Ärzten in der Ausbildung, stark unterstützt.

(3) Zur Herstellung von Blutprodukten sind freiwillig spendende Personen von zentraler Bedeutung. Um diese besser zu informieren, wurde im Rahmen des Projekts eine Blutspende-App entwickelt. Zweck der Spenden-App ist es, den Prozess der Blutspende für Spender und Spenderinnen möglichst einfach zu gestalten und sie zum regelmäßigen Blutspenden zu animieren. Die App wurde mithilfe von Xamarin für iOS und Android programmiert, um die Zugänglichkeit und Marktreichweite der App zu maximieren. In der Testphase wurde eine Feedback-Sammlung durchgeführt, welche sehr positive Ergebnisse erbrachte und die Nützlichkeit einer App zur Gewinnung und Anbindung von Spender und Spenderinnen demonstrierte.

(4) Der vierte Aspekt des Projektes beschäftigte sich mit der Einbindung der anderen Projektbestandteile in die “Smart Hospital Information Platform” (SHIP)-Umgebung. Hierzu wurde ein AutoPiLoT-Monitor für das ITM in das SHIP-System integriert. Der AutoPiLoT-Monitor ermöglicht eine visuelle quantitative Anzeige von Blutprodukten, die an der Universitätsmedizin Essen (UME) und ihren Partnerkliniken gelagert werden. Blutprodukte werden nach Produkttyp (EK, TK, Plasma) kategorisiert und dann weiter unterteilt nach Lagerort, Kreuzprobenstatus, Blutgruppen und Verfallsdatum. Der AutoPiLoT-Monitor ermöglicht eine effiziente und unkomplizierte Überwachung der verfügbaren Blutprodukte. Hierdurch wird eine frühzeitige Erkennung eines kritischen Mangels und

eine Reduzierung der zeitaufwändigen Suche im Laborinformationssystem nach entsprechenden Blutprodukten erreicht.

## 2. Einleitung

Die Versorgung von Patientinnen und Patienten mit Blutprodukten stellt weltweit eine zunehmend große Herausforderung dar. In Deutschland werden täglich etwa 15.000 Blutkonserven benötigt. Allein an der UME werden jährlich rund 45.000 Blutprodukte transfundiert, davon etwa 30.000 Erythrozytenkonzentrate, 10.000 Thrombozytenkonzentrate und 5.000 Einheiten frisches Gefrierplasma.<sup>1</sup> Die Versorgung mit Blutprodukten basiert auf altruistischen Spenden. Es wird zudem erwartet, dass der anhaltende demografische Wandel den relativen Mangel an spendenden Personen und damit den Mangel an verfügbaren Blutprodukten weiter verschärfen wird.<sup>2; 3</sup> Daher wird die optimale Nutzung dieser wertvollen Ressource aus medizinischer, ethischer und wirtschaftlicher Sicht immer wichtiger. Um diese Probleme zu lösen, ist die Verbesserung des Logistikmanagements in der Transfusionsmedizin von entscheidender Bedeutung.

Aktuelle Bestrebungen des sog. Patient Blood Managements (PBM) beschäftigen bereits den Deutschen Bundestag.<sup>4</sup> Programme zur Implementierung eines PBM sind an den meisten deutschen Kliniken etabliert, jedoch werden hier die bereits vorliegenden patienten- und krankenhausspezifische Daten zu wenig genutzt.

Ziel des Projektes „Automatisierte leitlinienkonforme Patientenindividuelle Blutproduktezuordnung und smartes Logistikmanagement in der Transfusionsmedizin“ ist es, den Patienten und Patientinnen bezogenen Einsatz und die Bevorratung mit zellulären Blutprodukten zu verbessern, indem die im Krankenhaus vorhandenen großen Mengen an digitalen Gesundheitsdaten systematisch genutzt werden, um optimierte Entscheidungen zu treffen. Dabei verfolgen wir fünf sich komplementierende Ansätze zur Erhöhung der Patienten und Patientinnen Sicherheit, der Versorgungsqualität und der Wirtschaftlichkeit bei der Versorgung von erkrankten Personen mit Blutprodukten:

1. Verbesserung der Patienten und Patientinnen Sicherheit durch KI-gestützte Vorhersagen des individuellen Transfusionsbedarfs
2. Optimierung der klinikweiten Lagerhaltung von Blutprodukten durch KI-gestützte Vorhersagen des klinikweiten Bedarfs
3. Verbesserung der Patienten und Patientinnen Sicherheit durch KI-gestützte Entscheidungsunterstützung zur leitliniengestützten Blutprodukte-Anforderung
4. Entwicklung einer Blutspende-App zur individuellen Ansprache potenzieller Spender und Spenderinnen
5. Einsparung von Arbeitszeit des Fachpersonals bei der Auswahl von Blutprodukten bei mindestens gleichbleibender Qualität

Um diese verschiedenen Projektziele zu erreichen besteht das AutoPiLoT-Projekt aus verschiedenen Komponenten. Die ersten beiden Komponenten beschäftigen sich mit der Entwicklung von KI-gestützten Vorhersagemodellen. Hierzu wurde ein Modell für den klinikweiten Blutproduktverbrauch entwickelt und ein anderes Modell, welches den Schwerpunkt auf die individuelle Vorhersage legt. Bei der dritten Komponente handelt es sich um die Entwicklung eines KI-basierten Expertensystems, das gemäß individueller Patienten und Patientinnen Eigenschaften sowie einer Richtlinienimplementierung die Anforderung von geeigneten Blutprodukten empfiehlt. Die vierte Komponente beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Spenden-App, die eine direktere und dynamische Kommunikation mit blutspendenden Personen ermöglicht. Die letzte Teilkomponente dient der Einbindung

der anderen Projektbestandteile in die SHIP-Umgebung in Form mehrerer SHIP-Apps und Workflow-Integration in die Krankenhausprozesse.

In den folgenden Kapiteln wird zunächst das methodische Vorgehen beschrieben. Daraufhin werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte vorgestellt und diskutiert. Abschließend wird auf die Verbreitung und Verwertung der Projektergebnisse eingegangen.

### 3. Erhebungs- und Auswertungsmethodik

Der überwiegende Teil der medizinischen Datenspeicherung und des Datenaustauschs in Deutschland findet weiterhin nicht standardisiert und nicht strukturiert statt. Erschwerend kommt hinzu, dass viele medizinische Fachgebiete sich im Laufe der Zeit in Bezug auf die IT Insellösungen geschaffen haben, so dass auch der fachgebietsübergreifende Datenaustausch innerhalb einer Krankenhausorganisation oft nur bedingt möglich ist. Zwar verfügen die meisten Krankenhäuser über ein zentrales Krankenhausinformationssystem (KIS), jedoch findet auch hier meist keine vollständige Zusammenführung der Daten statt, so dass für einen vollständigen Patienten und Patientinnen zentrischen Datenkontext weiterhin diverse Subsysteme abgefragt werden müssen. An der UME wurde zur konkreten Lösung dieses Problems die “Smart Hospital Information Platform” (SHIP) entwickelt. Dieses System ist als Container für webbasierte Applikationen konzipiert und stellt solchen Applikationen eine Integration in die IT-Infrastruktur der Universitätsmedizin sowie Zugriff auf Daten aus den diversen klinischen Subsystemen zur Verfügung. In den vergangenen Jahren wurde an der UME eine Vielzahl von Applikationen auf Basis von SHIP entwickelt, welche sowohl im Forschungskontext als auch in der klinischen Routine eingesetzt werden. Die Daten werden aus den klinischen Subsystemen durch einen kontinuierlichen ETL- Prozess extrahiert und in Form von FHIR gespeichert und über eine HTTP-basierte RESTful Schnittstelle den SHIP Applikationen zugänglich gemacht. Bestandteil des ETL Prozesses ist das Mapping krankenhauses- und herstellerepezifischer Codierungen auf allgemeingültige Systeme wie SNOMED CT<sup>5</sup> oder LOINC<sup>6</sup>. Neben der Zusammenstellung retrospektiver Datensätze für das Training der beschriebenen prädiktiven Modelle, wird es möglich sein, Prototypen dieser Modelle sowie des beschriebenen Expertensystems für eine prospektive klinische Evaluation als SHIP Applikationen zu implementieren und damit unmittelbar am PoC in der klinischen Routine zu evaluieren. Dabei erfolgt die Integration in das KIS (medico) beispielsweise über einen parametrisierten Aufruf mit Übergabe des Kontexts der nutzenden Person sowie der behandelten Person. Neben der Software stehen in der SHIP Infrastruktur umfangreiche Hardwareressourcen in Form eines redundant verteilten Objektspeichers mit derzeit über einem Petabyte Netto-Speicherkapazität sowie mehrere CPU- und GPU-Cluster zur Verfügung, die bei Bedarf zum Training komplexer Modelle genutzt werden können.

Die UME ist als Kooperationsmitglied im SMITH (Smart Medical Information Technology for Healthcare) Konsortium an der Medizininformatik-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung beteiligt<sup>7</sup>. Dabei arbeitet das im Rahmen dieser Initiative in Essen gegründete Datenintegrations-Zentrum personell, räumlich und inhaltlich unter dem Dach des Instituts für Künstliche Intelligenz in der Medizin (i.Gr.) eng mit dem SHIP Entwicklerteam zusammen. Das Laborinformationssystem SWISSLAB wurde bereits an SHIP angebunden, so dass die Daten des ITM in Form von FHIR Ressourcen vorliegen und über standardisierte Schnittstellen abrufbar sind.

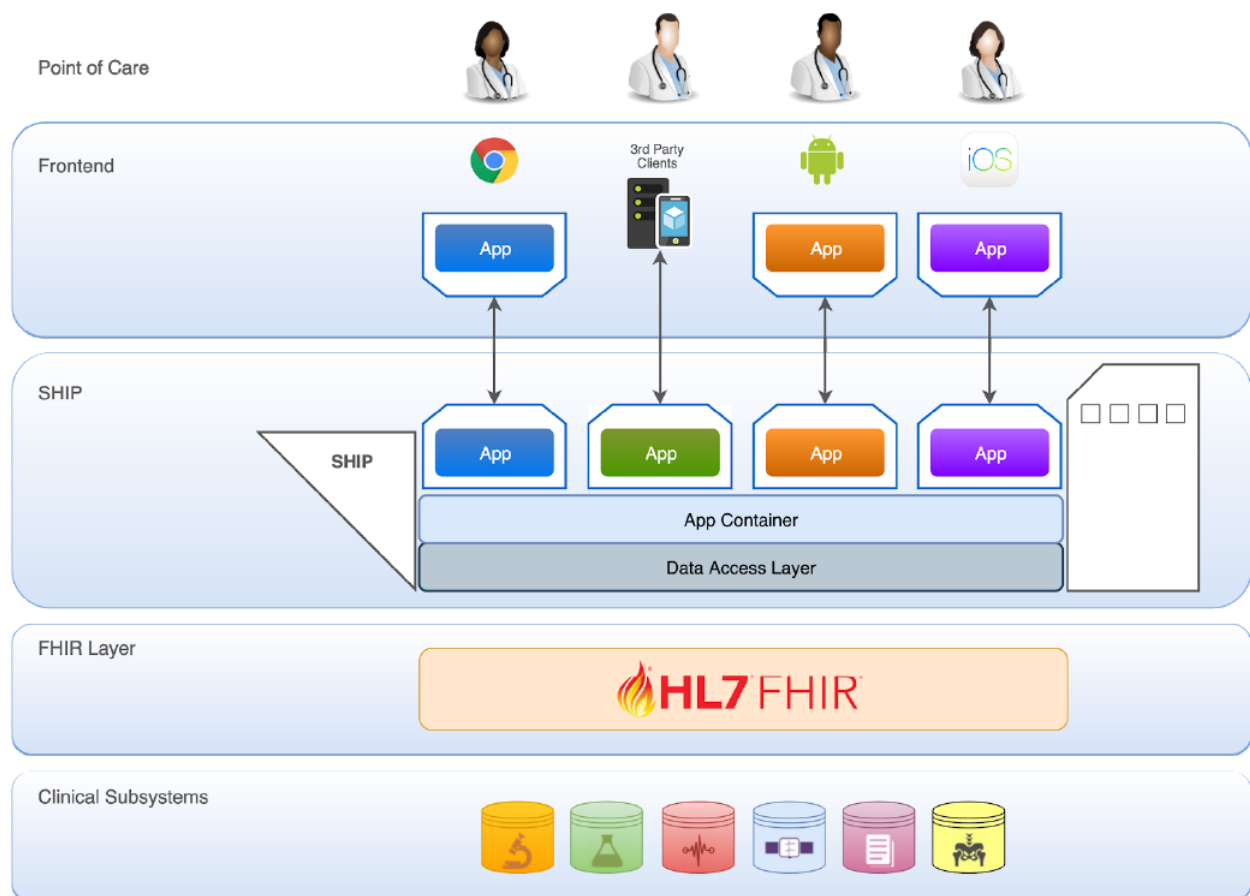


Abbildung 1 Schichtenarchitektur der "Smart Hospital Information Platform" (SHIP). Ein Zugriff auf pseudonymisierte FHIR Ressourcen kann zur Zusammenstellung von Trainingsdatensätzen erfolgen und Prototypen kann als SHIP App nahtlos am Point of Care evaluiert werden

Die Medizininformatik der FH Dortmund hat langjährige Erfahrung in Forschungsprojekten, die sich mit der strukturierten Modellierung von Leitlinien, der elektronischen Nutzung von Behandlungspfaden und *standard operating procedures* (SOPs) beschäftigen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf personalisierten leitlinienbasierten Behandlungsvorschlägen am „Point of Care“. Um den Inhalt einer Leitlinie für eine Pfadentwicklung nutzbar zu machen, wurde an der FH Dortmund ein Metamodell entwickelt, mit dessen Hilfe sich die Inhalte der Leitlinien klassifizieren, anreichern und anschließend in Behandlungspfade überführen lassen (PathGuide). Darauf aufbauend wurde eine Software entwickelt, die Behandlungspfade visualisiert und mithilfe der personenbezogenen Patientendaten die individuelle Position der jeweiligen behandelten Person identifiziert. Durch die formalisierte Beschreibung des jeweiligen Patienten und Patientinnen Kontextes basierend auf der elektronischen Patientenakte, können passende Abschnitte einer ebenfalls formalisierten Leitlinie auf Basis einer gemeinsamen Terminologie wie z.B. UMLS<sup>8</sup> oder SNOMED CT zugeordnet und angezeigt werden. Die Medizininformatik der FH Dortmund verfügt über umfangreiche Erfahrungen in Nutzer und Nutzerinnen freundlichem und partizipativem Design von Patienten und Patientinnen orientierten Apps. Die Entwicklung von Apps für erkrankte Personen ist geprägt durch sehr unterschiedliche Zielbereiche, Zielgruppen und Anwendungsgebiete sowie durch die enge Zusammenarbeit mit medizinischen Fachpersonen und Vertretungen aus Industrie und Wirtschaft. Das ITM deckt im Rahmen der Patienten und Patientinnen Versorgung der UME folgende Bereiche ab: Blutspendedienst, immunhämATOlogische Diagnostik, Depotführung und Versorgung mit Blutprodukten, Zellprozessierung und immungenetische Transplantationsdiagnostik im Rahmen von Organ- und Blutstammzelltransplantationen. Als Klinikum der Maximalversorgung werden häufig komplexe

Fallkonstellationen zur immunhämatologischen Spezialdiagnostik bearbeitet. Da an der UME mehrere operative Zentren bestehen, sind auch transport- und lagerlogistische Fragen unter dem Gesichtspunkt einer Akutversorgung eine Alltagsproblematik. Die Herstellung von Blutprodukten im Blutspendedienst des Institutes ist, soweit möglich, bereits Großteils automatisiert sowie IT-unterstützt und -kontrolliert. Auch die Anforderung und Dokumentation auf Patienten und Patientinnen Seite erfolgt bereits IT-gestützt.

Zur Umsetzung der Projektziele bestand das AutoPiLoT-Projekt aus verschiedenen Komponenten. Da jeder dieser Komponenten sich mit einer unterschiedlichen Methodik beschäftigt werden diese im folgenden Kapitel separat aufgelistet.

### 3.1. Projektkomponente: KI-gestützte Vorhersagemodelle

Die Vorhersagemodelle für den klinikweiten Blutproduktverbrauch wurden im Jahr 2021 weiterhin entwickelt und verfeinert. Folgende Daten werden für die Vorhersagen des klinikweiten Blutproduktverbrauchs auf täglicher Basis aus FHIR gezogen:

- zugeordnete Blutaussgaben
- eine Summe bestimmter Zustände von Erkrankten (z. B. Anämie, Leukämie, Herzerkrankungen, usw.)
- eine Summe bestimmter bevorstehender Behandlungen (z. B. bevorstehende Knochenmarktransplantationen, bevorstehende Operationen, Beatmung durch eine Herz-Lunge-Maschine, usw.)
- Statistiken über bestimmte Patienten und Patientinnen Zustände, klinische Beobachtungen und Behandlungen
- Medikament Gaben

Mit diesen Daten wurden fünf unterschiedliche KI-Ansätze entwickelt:

1. Ein NeuralProphet Modell, das verschiedene Patienten und Patientinnen Eigenschaften als exogene Daten einnimmt.
2. Recurrent Neural Networks (z. B. Long Short-Term Memory, Gated Recurrent Unit), die Zeitreihen d. h. eine Folge von Datenpunkten, die durch eine zeitliche Entwicklung verbunden sind, als Input nehmen.
3. Recurrent Neural Networks mit Multi-Inputs, die Vektoren aus statistischen Werten zu Patienten und Patientinnen Zuständen, Beobachtungen, usw. als weitere Inputs an die Outputs verketteten.
4. Boosted Trees (Extreme Gradient Boosting and Light Gradient Boosting Machine) mit „lagged“ Features, die jeden Tag einen Vektor mit allen Patienten und Patientinnen Zuständen, Beobachtungen usw. zusammen mit denselben Infos zum vorherigen Tag und dem Tag zuvor usw. hinzufügen.
5. Eine Neural Basis Expansion Analysis-Architektur mit einer DART Library, die auf rückwärts- und vorwärts-gerichteten residual links und einem sehr tiefen Stack vollständig verbundener Layer basiert.

Der erste dieser Ansätze wird derzeit bevorzugt. Bei allen Modellen liegt der Mean Average Error der Vorhersagen zwischen fünf und sieben Blutprodukten. Ein anderer Schwerpunkt wird auf die individuellen und stationsspezifischen Vorhersagemodelle gelegt. Diese beiden Arten von Modellen liefern Vorhersagen zum Transfusionsbedarf einzelner behandelte Personen sowie zum Bedarf der

einzelnen Stationen an Blutprodukten und tragen damit zur weiteren Verfeinerung der klinikweiten Modelle bei.

Derzeit fließen folgende FHIR-Daten in die Vorhersagemodelle ein: Verbrauch biologischer Produkte, klinische Beobachtungen, klinische Encounters (z. B. Krankenhauseinweisung, Krankenhausentlassung, Tod), Patienten und Patientinnen Zustand, Laborwerte, verordnete Medikamente, Medikamenteneinnahme und die Anforderung von Medikamenten für die zu behandelnden Person.

Für die individuellen Modelle wird FHIR täglich dahingehend überprüft, bei welchen behandelten Personen in den letzten sieben Tagen Blutbildmessungen durchgeführt wurden und wer Transfusionen erhalten hat. Relevante Behandlungen, wie beispielsweise Knochenmarktransplantationen (KMT) oder Herzoperationen, werden in die FHIR-Suche einbezogen. Aus diesen Daten wird für jede behandelte Person eine siebentägige Krankengeschichte interpoliert. Diese Daten werden mit Pystore (Fastparaquet+Dask) in eine Sammlung geladen und jeder Datensatz wird als einzelnes Sample in der größeren Sammlung von Trainings- und Testdatensätzen betrachtet. Aus allen Datensätzen wird ein nested Dataframe erstellt, in dem die Zeilen Patienten und Patientinnen Eigenschaften sind und die Spalten die siebentägige Krankengeschichte des Patienten darstellen (Abbildung 2). Mit diesem nested Dataframe von Trainingsdaten wird eine Feature-Extraktion mit TSFresh oder Rocket/miniRocket durchgeführt. Zeitreihen werden mit Feature-Vektoren dargestellt. Features wie Patienten und Patientinnen Zustand, Alter und Geschlecht werden verkettet.

|    | ÷ value_tkz | ÷ value_zthra | ÷ weekday | ÷ is_weekend | ÷ is_holiday | ÷ is_real_zthra_value |
|----|-------------|---------------|-----------|--------------|--------------|-----------------------|
| 0  | 0.00000     | 76.00000      | 5         | 1            | 0            | 1                     |
| 1  | 0.00000     | 65.00000      | 5         | 1            | 0            | 0                     |
| 2  | 0.00000     | 55.00000      | 5         | 1            | 0            | 0                     |
| 3  | 0.00000     | 44.00000      | 5         | 1            | 0            | 1                     |
| 4  | 0.00000     | 45.00000      | 6         | 1            | 0            | 0                     |
| 5  | 0.00000     | 46.00000      | 6         | 1            | 0            | 1                     |
| 6  | 0.00000     | 47.00000      | 6         | 1            | 0            | 0                     |
| 7  | 0.00000     | 48.00000      | 6         | 1            | 0            | 1                     |
| 8  | 0.00000     | 52.00000      | 0         | 0            | 0            | 0                     |
| 9  | 0.00000     | 55.00000      | 0         | 0            | 0            | 1                     |
| 10 | 0.00000     | 50.00000      | 0         | 0            | 0            | 0                     |
| 11 | 0.00000     | 46.00000      | 0         | 0            | 0            | 1                     |
| 12 | 0.00000     | 46.00000      | 1         | 0            | 0            | 1                     |
| 13 | 0.00000     | 44.00000      | 1         | 0            | 0            | 0                     |
| 14 | 0.00000     | 41.00000      | 1         | 0            | 0            | 1                     |
| 15 | 0.00000     | 42.00000      | 1         | 0            | 0            | 0                     |
| 16 | 0.00000     | 44.00000      | 2         | 0            | 0            | 1                     |
| 17 | 1.00000     | 84.00000      | 2         | 0            | 0            | 0                     |
| 18 | 0.00000     | 84.00000      | 2         | 0            | 0            | 0                     |
| 19 | 0.00000     | 84.00000      | 2         | 0            | 0            | 1                     |
| 20 | 0.00000     | 79.00000      | 3         | 0            | 0            | 1                     |
| 21 | 0.00000     | 74.00000      | 3         | 0            | 0            | 0                     |
| 22 | 0.00000     | 69.00000      | 3         | 0            | 0            | 0                     |
| 23 | 0.00000     | 64.00000      | 3         | 0            | 0            | 1                     |
| 24 | 0.00000     | 65.00000      | 4         | 0            | 0            | 1                     |
| 25 | 0.00000     | 62.00000      | 4         | 0            | 0            | 0                     |
| 26 | 0.00000     | 58.00000      | 4         | 0            | 0            | 0                     |
| 27 | 0.00000     | 55.00000      | 4         | 0            | 0            | 1                     |
| 28 | 0.00000     | 55.00000      | 5         | 1            | 0            | 0                     |

Abbildung 2 Ein nested Dataframe von einem anonymisierten Patienten oder Patientin, dessen oder deren Daten für das Training der Modelle verwendet wurden

|    | date                | value_zthra | value_tkz | code | substance | is_real_zthra_value | weekday | is_weekend | is_holiday |
|----|---------------------|-------------|-----------|------|-----------|---------------------|---------|------------|------------|
| 0  | 2019-07-16 00:00:00 | 72.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 1       | 0          | 0          |
| 1  | 2019-07-16 12:00:00 | 70.00000    | 0         | 0    | Cytarabin | 0                   | 1       | 0          | 0          |
| 2  | 2019-07-17 00:00:00 | 68.00000    | 0         | 0    | Cytarabin | 1                   | 2       | 0          | 0          |
| 3  | 2019-07-17 12:00:00 | 77.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 2       | 0          | 0          |
| 4  | 2019-07-18 00:00:00 | 86.00000    | 0         | 0    | Cytarabin | 1                   | 3       | 0          | 0          |
| 5  | 2019-07-18 12:00:00 | 92.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 3       | 0          | 0          |
| 6  | 2019-07-19 00:00:00 | 97.00000    | 0         | 0    | 0         | 1                   | 4       | 0          | 0          |
| 7  | 2019-07-19 12:00:00 | 94.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 4       | 0          | 0          |
| 8  | 2019-07-20 00:00:00 | 91.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 5       | 1          | 0          |
| 9  | 2019-07-20 12:00:00 | 88.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 5       | 1          | 0          |
| 10 | 2019-07-21 00:00:00 | 85.00000    | 0         | 0    | 0         | 1                   | 6       | 1          | 0          |
| 11 | 2019-07-21 12:00:00 | 73.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 6       | 1          | 0          |
| 12 | 2019-07-22 00:00:00 | 61.00000    | 0         | 0    | 0         | 1                   | 0       | 0          | 0          |
| 13 | 2019-07-22 12:00:00 | 61.00000    | 0         | 0    | 0         | 0                   | 0       | 0          | 0          |

Abbildung 3 Ein weiteres nested Dataframe von einem anonymisierten Patienten oder Patientin, dessen oder deren Daten für das Training der Modelle verwendet wurden

|    | date                | value_zthra | value_tkz | code | substance | is_real_zthra_value | weekday | is_weekend | is_holiday |
|----|---------------------|-------------|-----------|------|-----------|---------------------|---------|------------|------------|
| 0  | 2019-07-16 00:00:00 | 72          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 1       | 0          | 0          |
| 1  | 2019-07-16 12:00:00 | 70          | 0         | 0    | Cytarabin | 0                   | 1       | 0          | 0          |
| 2  | 2019-07-17 00:00:00 | 68          | 0         | 0    | Cytarabin | 1                   | 2       | 0          | 0          |
| 3  | 2019-07-17 12:00:00 | 77          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 2       | 0          | 0          |
| 4  | 2019-07-18 00:00:00 | 86          | 0         | 0    | Cytarabin | 1                   | 3       | 0          | 0          |
| 5  | 2019-07-18 12:00:00 | 92          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 3       | 0          | 0          |
| 6  | 2019-07-19 00:00:00 | 97          | 0         | 0    | 0         | 1                   | 4       | 0          | 0          |
| 7  | 2019-07-19 12:00:00 | 94          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 4       | 0          | 0          |
| 8  | 2019-07-20 00:00:00 | 91          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 5       | 1          | 0          |
| 9  | 2019-07-20 12:00:00 | 88          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 5       | 1          | 0          |
| 10 | 2019-07-21 00:00:00 | 85          | 0         | 0    | 0         | 1                   | 6       | 1          | 0          |
| 11 | 2019-07-21 12:00:00 | 73          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 6       | 1          | 0          |
| 12 | 2019-07-22 00:00:00 | 61          | 0         | 0    | 0         | 1                   | 0       | 0          | 0          |
| 13 | 2019-07-22 12:00:00 | 61          | 0         | 0    | 0         | 0                   | 0       | 0          | 0          |

Abbildung 4 Dasselbe nested Dataframe des anonymisierten Patienten oder Patientin, dargestellt

Da ein Großteil der behandelten Personen keine Transfusion erhält, ist eine einfache Regression der Daten nicht geeignet. Daher werden Klassifikationsmodelle trainiert, die erkennen, ob eine einzelne Person überhaupt transfundiert wird. Im nächsten Schritt werden Classifiers trainiert, die eine Vorhersage über zugeordnete Thrombozyten und Erythrozyten mit der entsprechenden Wahrscheinlichkeit der Transfusion liefern. Die täglichen Outputs der Classifiers können aggregiert oder als Vektoren dargestellt werden. Die Output-Werte der Classifiers werden wiederum als Trainingsdaten für die klinikweiten Vorhersagemodelle dienen.

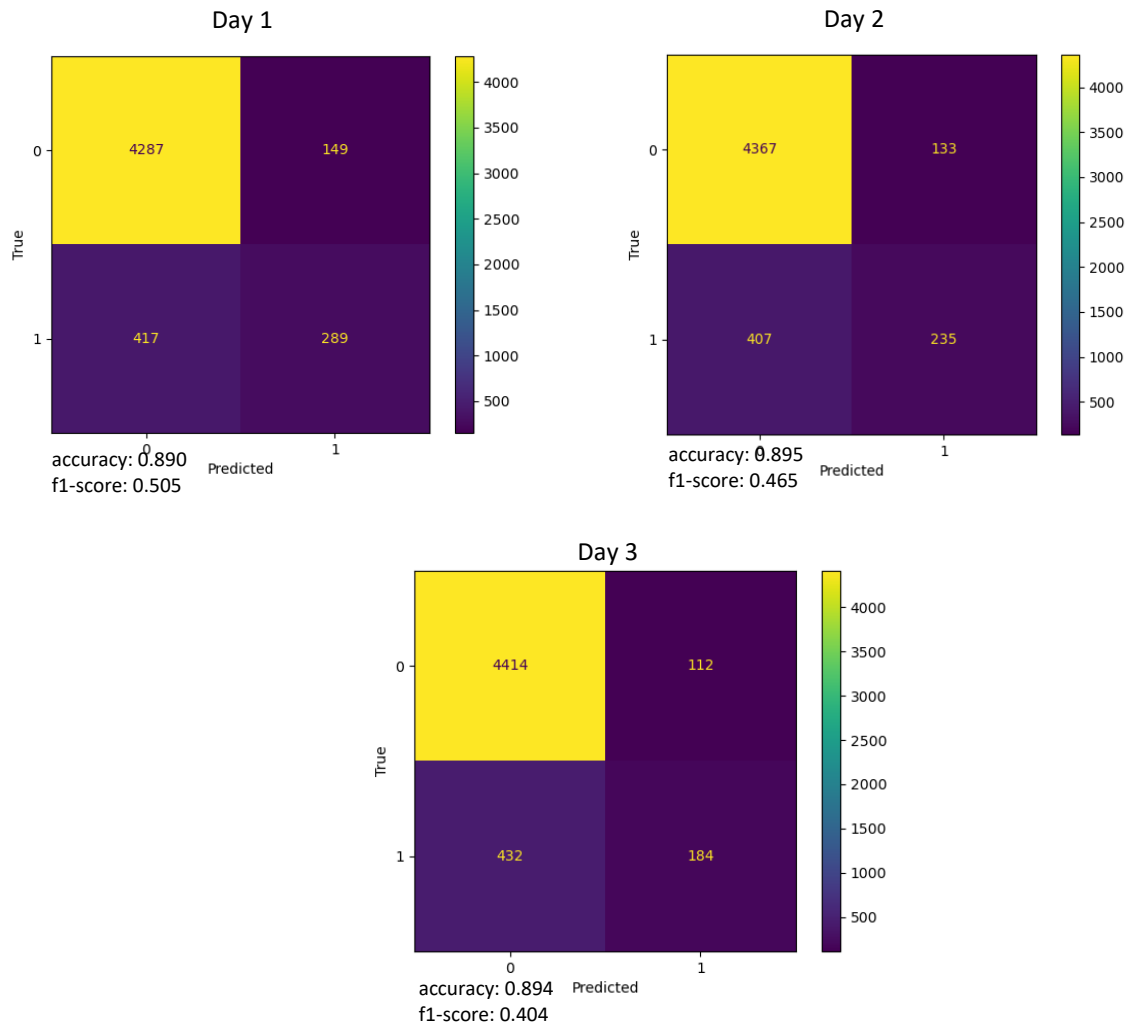


Abbildung 5 Die Vorhersagen für Trainingsdaten aus dem Jahr 2020

### 3.2. Projektkomponente: KI-basiertes Empfehlungssystem

Das Empfehlungssystem zielt darauf ab, die Versorgung der Patientinnen und Patienten zu individualisieren, die Verschwendung von Blutprodukten zu minimieren und dem medizinischen Personal Zeit bei der Zuordnung von Blutprodukten zu ersparen, ohne die Versorgungsqualität zu beeinträchtigen. Das System empfiehlt einzelnen behandelten Personen spezifische Blutprodukte auf der Grundlage von:

- Eigenschaften der einzelnen behandelten Person, wie Blutgruppe, Geschlecht, das Vorhandensein von Alloantikörpern im Blut sowie der aktuelle Hämoglobinwert. Der Hämoglobinwert gibt Aufschluss über die Dringlichkeit einer Transfusion und damit Aufschluss darüber, ob Blutprodukte mit nahem Verfallsdatum diesem Patienten zugeordnet werden können.
- Eigenschaften von Blutprodukten wie Blutgruppe, das Fehlen oder Vorhandensein von Antigenen und das Verfallsdatum.
- die Krankenstation, die das Blutprodukt benötigt, was anzeigt, ob das Blutprodukt sofort oder für einen zukünftigen Termin benötigt wird.
- ob die identifizierte Blutkonserve mehr als zweimal bestellt und wieder eingelagert wurde, was dann erfordert, dass die Konserve so behandelt wird, als ob ihr Verfallsdatum nahe wäre.

Das Empfehlungssystem wurde direkt in das SHIP-System als App in einem AutoPiLoT Monitor integriert (siehe unten). Benutzer und Benutzerinnen des ITM können die Patienten und Patientinnen Eigenschaften und die Krankenstation auswählen oder diese Daten direkt aus dem SHIP-System importieren und ggf. anpassen.

**BP Ausgabenvorschlag**

PATIENT NR  
[Empty field]

BLUTPRODUKT ART  
Blutprodukt Art auswählen

BLUTGRUPPE  
Blutgruppe auswählen

RHESUSFAKTOR  
Rhesusfaktor auswählen

KELL  
Rhesusfaktor auswählen

ANFORDERUNG VON  
Fachabteilung auswählen

ANTIGEN  
Antigen auswählen Antigen auswählen Löschen

Anfragen

Schließen

Abbildung 7 Front-End des Empfehlungssystems

**BP Ausgabenvorschlag**

PATIENT NR  
[Redacted]

BLUTPRODUKT ART  
EK

BLUTGRUPPE  
A

RHESUSFAKTOR  
-

KELL  
kk

ANFORDERUNG VON  
Klinik für Hämatologie

ANTIGEN  
FYA - Löschen

DUMMY VORSCHLAG

| PATIENT NR:      | - | HÄMOGLOBIN: 13.4 (16.03.22 MI) |
|------------------|---|--------------------------------|
| KONSERVE NR      | - | VERFALLIG AM                   |
| 2764172204342003 |   | 25.05.22 M1                    |
| 2764172204232004 |   | 24.05.22 D1                    |
| 2764172204098009 |   | 22.05.22 So                    |
| 2764172204047009 |   | 19.05.22 Do                    |

Abbildung 6 Automatischer Datenimport in das Empfehlungssystem

In der ersten Validierungsphase wurde das Empfehlungssystem getestet und an erste Rückmeldungen angepasst. Das Empfehlungssystem wurde dann in den Arbeitsablauf von den Transfusions-Ärzten und -Ärztinnen des AutoPiLoT-Teams integriert. Mit dieser Implementierung des Empfehlungssystems wurde weiterhin ein Anwendungs- und Feedbackprozess gestartet, der zur ständigen Verbesserung des Empfehlungssystems führen soll.

### 3.3. Projektkomponente: KI-basiertes Expertensystem

Das Expertensystem stützt sich stark auf die *Querschnitts-Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten* der Bundesärztekammer (BÄK). Der erste Schritt der Entwicklung war daher, die Leitlinien in Form eines Entscheidungsbaums zu formulieren. Dieser Schritt diente sowohl dem Programmierungsprozess als auch der Transparenz. Die folgenden Phasen umfassten die Programmierung und das Debugging eines Prototyps, die Evaluation des Prototyps anhand der Leitlinien und den Aufbau des Expertensystems in der SHIP-Umgebung.

|                                                                                 |                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Name:                                                                           | <input type="text"/>                              |
| Alter:                                                                          | <input type="text" value="28.02.2022"/>           |
| Geschlecht:                                                                     | <input type="text" value="männlich"/>             |
| Hemoglobin:                                                                     | <input type="text"/>                              |
| Liegt eine Form von Anämie vor?                                                 | <input type="text" value="chronische Anämie"/>    |
| Anämische Symptome:                                                             | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt eine kardiovaskuläre Erkrankung vor?                                      | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt Chemotherapie oder Radiotherapie vor?                                     | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| Liegt eine allogene oder autologe hämatopoetische Stammzelltransplantation vor? | <input type="text" value="Ja"/>                   |
| Liegt eine Sichelzellerkrankung oder ein erhöhtes Schlaganfallrisiko vor?       | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Thrombozyten in µl:                                                             | <input type="text"/>                              |
| onkologischer Patient:                                                          | <input type="text" value="Ja"/>                   |
| Einordnung onkologische Gruppe:                                                 | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Sind zusätzliche Risiken bekannt?                                               | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt ein erhöhtes Blutungsrisiko vor?                                          | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Welche Erkrankungen/Problematiken sind bekannt?                                 | <input type="text" value="Bekannte Krankheiten"/> |
| Liegt eine Thrombozytopenie vor?                                                | <input type="text" value="nein"/>                 |
| Liegt eine aktive Blutung vor?                                                  | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Nimmt der Patient Thrombozytenhemmer?                                           | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| Ist eine der Prozeduren geplant?                                                | <input type="text" value="Geplante Prozeduren"/>  |
| Ist ein kardiochirurgischer Eingriff vorgenommen worden?                        | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| <input type="button" value="Auswerten"/>                                        |                                                   |

Abbildung 8 Web-Interface des Expertensystems für den ersten Teil der Validierungsphase und Studie mit der KMT II Station

Ein einfaches Web-Interface wurde für die Validierungsphase entwickelt (Abbildung 8). Das Expertensystem wurde mit einem Docker Container und einem Node JS Express Service in das SHIP-System eingebaut. Direkt im SHIP-System wurde dem Patienten-Dashboard ein Button hinzugefügt, durch den auf das Expertensystem zugegriffen werden kann, in dem die Daten der Patienten und Patientinnen (ID, Laborwerte) automatisch eingegeben werden.

Parallel zur ersten Validierungsphase wurde eine Studie zum Expertensystem durchgeführt und im Februar 2022 abgeschlossen. In dieser Validierungsphase und Studie führte die Station KMT II an der UME wie gewohnt Transfusionen durch. Diese Transfusionen und die dazugehörigen Daten (anonymisiert) wurden dokumentiert und nach erfolgter Transfusion nachträglich in das Expertensystem eingepflegt. Damit sollte sichergestellt werden, dass das Expertensystem die ärztlichen Entscheidungen noch nicht während der Prüfung und Validierung beeinflusst hat, ohne dass die staatlichen Zulassungsvorschriften für medizinische Geräte und Werkzeuge bestanden wurden. Darüber hinaus wurde recherchiert, welche Daten zum Zeitpunkt der Eingabe in das Expertensystem vorliegen müssen, um keine Fehlempfehlungen zu geben. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass die erste Validierungsphase die Qualität des Expertensystems wirklich bewertet und diese nicht durch unzureichende oder schlechte Daten beeinflusst wird.

Die Ergebnisse des Expertensystems wurden dann mit der tatsächlich erfolgten Transfusion verglichen. Die teilnehmenden Ärztinnen und Ärzte lieferten Begründungen für ihre Entscheidung, damit Diskrepanzen zwischen ihren Entscheidungen und den Ergebnissen des Expertensystems bewertet werden konnten. Die Ergebnisse dieser Studie und der anfänglichen Validierungsphase haben die Nützlichkeit eines Expertensystems zur Unterstützung von Ärztinnen und Ärzten bei Transfusionsentscheidungen, insbesondere von neuen Ärztinnen oder Ärzten in der Ausbildung, stark unterstützt. Nach Abschluss der Studie begann die Entwicklung einer ausgefeilteren Front-End-Schnittstelle (Abbildung 9). Diese Schnittstelle wurde mit Feedbacks von der KMT-Station entwickelt, um die Benutzerfreundlichkeit des Front-Ends zu maximieren.

#### Empfehlungen:

Max Mustermann

Transfusion: Nein  
Grad der Empfehlung: 2  
Evidenzlevel: C  
Begründung: 8-158 name geplant, Thrombozyten > 20.000, Kap. 2.5.2.4

#### Feedback-Fragen:

Stimmen sie mit der Empfehlung überein? ☐

Wenn Sie nicht mit der Empfehlung überein stimmen, bitte geben Sie den Grund für die Abweichung ein:

Wurde die Entscheidung durch das GES beeinflusst? ☐

Hat das GES die Sicherheit oder das Vertrauen in die Indikation erhöht? ☐

SEND FEEDBACK

Abbildung 9 Die Front-End-Schnittstelle des Expertensystems

### 3.4. Projektkomponente: Spender-App

Zweck der Spenden-App ist es, den Prozess der Blutspende für Spender und Spenderinnen möglichst einfach zu gestalten und sie zum Blutspenden zu animieren. Die Spenden-App bietet Dienste wie Online-Terminbuchung, eine tagesaktuelle Prüfung, ob der Spender oder die Spenderin zur Spende zugelassen werden kann, Informationen zu aktuellen Blutproduktbeständen an der UME und Benachrichtigungen zu Aktionen und Veranstaltungen.

Die App enthält eine Übersicht über das Datum der letzten Spende, das Datum der nächsten möglichen Spende und Spende Zeiten sowie Kontakt der Blutspendezentrale der UME. Die Seite „Aktuelles" bietet einen detaillierten Überblick über die aktuellen Spendenziele für die verschiedenen Blutgruppen sowie ihren Fortschritt. Diese Ziele können seitens der Klinik regelmäßig angepasst werden, um niemanden vom Spenden abzuhalten.

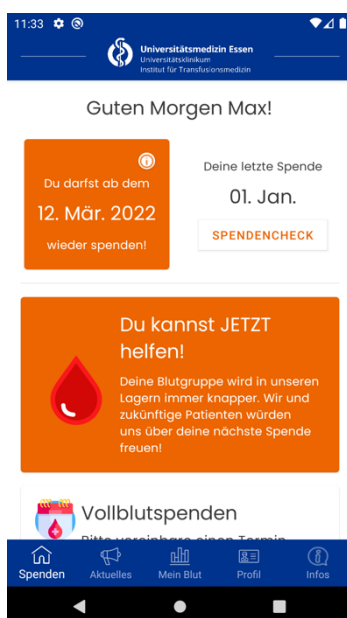


Abbildung 10a

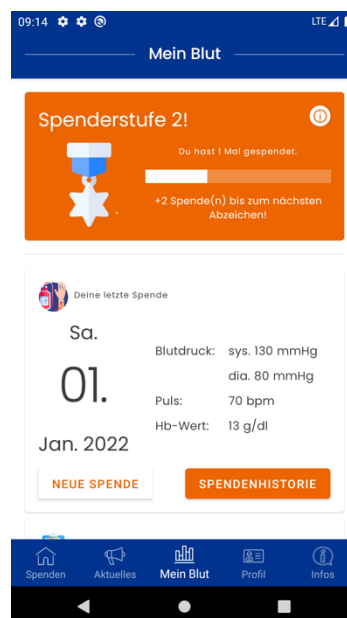


Abbildung 10b



Abbildung 10c

Abbildung 10 Die Bereiche in der App mit den Informationen zu eigenen Blutspenden und die Seite „Aktuelles“ der Spenden-App

Die weiteren Seiten der Spenden-App bieten einen Überblick über die persönlichen Daten und den Spendenverlauf des Spenders oder der Spenderin. Um extrinsisch motivierte Spender und Spenderinnen zu ermutigen, Blut zu spenden, wird Gamifikation eingesetzt. Mithilfe der Spenden-App können Spender und Spenderinnen tracken, wann und wie oft sie gespendet haben und erlaubt dadurch Punkte zu sammeln sowie einen höheren Spendenstatus zu erreichen. Hierbei werden dreierlei Absichten verfolgt. Erstens können sich Spender und Spenderinnen durch positives Spendenverhalten belohnt fühlen. Zweitens haben Spender und Spenderinnen die Möglichkeit, von ihrer Sozialgruppe externe Anerkennung zu erhalten. Drittens machen Spender und Spenderinnen dann gleichzeitig auch Werbung für Blutspenden und können ihre Sozialgruppe dazu ermutigen, ebenfalls zu spenden. Die letzten beiden Seiten enthalten die persönlichen Profilinformationen und Einstellungen der Spender und Spenderinnen sowie allgemeine Informationen, Möglichkeit zum Feedback und Kontaktmöglichkeiten zur UME und FH Dortmund.

Alle Funktionen und die ästhetische Gestaltung der Spenden-App wurden im November 2021 fertiggestellt. Die App wurde mithilfe von Xamarin für iOS und Android programmiert, um die Zugänglichkeit und Marktreichweite der App zu maximieren. Die Android-Version der Spenden-App ist fertig und wurde für die Testphase verwendet. Zum Zeitpunkt des Beginns der Testphase befand sich die iOS-Version noch in Arbeit aufgrund der Vielzahl von Anforderungen seitens Apple.

An der FH Dortmund wurde ein Server eingerichtet, um die Testphase zu ermöglichen und Nutzerfeedback zu sammeln. Dazu gehörten die Entwicklung und Programmierung des Server Application Programming Interface (API) sowie Sicherheitschecks durch das UME SHIP Team und entsprechende Modifikationen. Der Server und seine API sind mit dem Internet verbunden, um die Datenübertragung und -speicherung auf unserem Server zu ermöglichen (Profildaten der User, Blutproduktbestände, Aktionen der Blutspendestation). Im Interesse des Datenschutzes bleiben Daten zu getätigten Spenden und Ergebnisse von Spenden-Checks auf dem Smartphone der User und werden nicht extern auf unserem Server gespeichert.

Die Testphase der Android-Spenden-App verzögerte sich (von Anfang Q3 2021 auf Anfang Q2 2022) aufgrund entstehender notwendiger Sicherheitsüberprüfungen, die gemeinsam mit dem UME SHIP Team durchgeführt wurden. Für die Testphase wurden ein Datenschutzkonzept und eine Datenschutzerklärung für Testnutzer erstellt. Vor Beginn der Testphase wurde mit den Mitarbeitenden der Blutspendezentrale ein Test-Versuch und Feedback-Sammlung durchgeführt, der sehr positive Ergebnisse erbrachte.

### 3.5. Einbindung der Projektkomponente im SHIP System - AutoPiLoT Dashboard

Ein AutoPiLoT-Monitor wurde für das ITM in das SHIP-System eingebaut. Der AutoPiLoT-Monitor enthält visuelle Anzeigen von Blutprodukten, die an der UME und ihren Partnerkliniken gelagert werden. Blutprodukte werden nach Produkttyp (EK, TK, Plasma) kategorisiert und dann weiter unterteilt nach Lagerort, Kreuzprobenstatus, Blutgruppen und Verfallsdatum. Der Standort, das Verfallsdatum, der Reservierungsstatus und das Verbrauchs- oder Entsorgungsdatum jedes Produkts werden auch angezeigt. Das Empfehlungssystem, das behandelte Personen und Blutprodukte auf Grundlage individueller Merkmale miteinander verknüpft, ist direkt in den AutoPiLoT-Monitor integriert, um die Benutzerfreundlichkeit zu maximieren. Auch die Vorhersagemodelle werden in den AutoPiLoT-Monitor integriert und ggf. auch das Expertensystem, wenn das Expertensystem zukünftig für den Einsatz in der klinischen Routine zugelassen wird.

## 4. Arbeits- und Zeitplan

| Quartal  |          |          |          |          |    |      |          |      |     |
|----------|----------|----------|----------|----------|----|------|----------|------|-----|
| 3.       | 4.       | 1.       | 2.       | 3.       | 4. | 1.   | 2.       | 3.   | 4.  |
| 2020     |          | 2021     |          |          |    | 2022 |          |      |     |
| AP 1     | M1       |          |          |          |    |      |          |      |     |
|          | AP 2.1.1 | M2       |          |          |    |      |          |      |     |
|          |          | AP 2.1.2 | M3       |          |    |      |          |      |     |
|          |          |          | AP 2.1.3 |          |    |      |          |      | M4  |
| AP 2.2.1 | M5       |          |          |          |    |      |          |      |     |
|          | AP 2.2.2 |          |          |          |    |      |          | M6   |     |
|          | AP 2.2.3 |          |          |          |    |      |          | M7   |     |
|          |          |          |          |          |    |      | AP 2.2.4 |      | M8  |
|          | AP 3.1   | M9       |          |          |    |      |          |      |     |
|          |          | AP 3.2   | M10      |          |    |      |          |      |     |
|          |          |          |          | AP 3.3   |    |      |          |      | M11 |
|          | AP 4.1.1 | M12      |          |          |    |      |          |      |     |
|          |          | AP 4.1.2 | M13      |          |    |      |          |      |     |
|          |          |          |          | AP 4.1.3 |    |      |          |      | M14 |
|          | AP 4.2.1 | M15      |          |          |    |      |          |      |     |
|          |          | AP 4.2.2 | M16      |          |    |      |          |      |     |
|          |          |          |          | AP 4.2.3 |    |      |          |      | M17 |
| AP 4.3.1 | M18      | AP 4.3.2 | M19      | AP 4.3.3 |    |      |          |      | M20 |
|          |          |          |          |          |    |      |          | AP 5 | M21 |

Abbildung 11 Arbeits- und Zeitplan AutoPiLoT Projekt

Mit dem Ausbruch der Corona-Pandemie im Jahr 2020 und der wiederholten Wellen im Jahr 2021 kam das AutoPiLoT-Projekt aufgrund von verspäteter Einstellung von Personal und interner Belastung im Bereich der Datenerfassung langsamer voran als erwartet. Aus diesem Grund wurde eine Verlängerung der Projektlaufzeit beantragt, die jedoch seitens des Projektträgers abgelehnt worden ist.

Um die Verzögerung und entstehenden Vakanzen zu kompensieren, wurde die Stelle TVL E13 50 % in fünf studentische Hilfskraftstellen (SHK) mit einer durchschnittlichen Arbeitszeit von 9 St./W. umgewandelt. Diese fünf SHKs übernahmen die Routineaufgaben der Datensortierung und -verarbeitung, damit sich unsere Entwickler auf die Entwicklung und Implementierung der Projektkomponenten konzentrieren konnten.

Trotz eines später als erwarteten Starts und trotz Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung sind alle Projektkomponenten mit großem Abstand vor dem Ende des Projekts erfolgreich abgeschlossen (M3, M7, M10, M13, M16, M20). Die Validierung der Vorhersagemodelle (M4, M14, M17), des Empfehlungssystems (M11) und des Expertensystems (M8), obwohl ursprünglich geplant war, nach Abschluss der Entwicklungen zu beginnen, wurde parallel und inkrementell zur entsprechenden Entwicklung durchgeführt, um die Verzögerungen auszugleichen. Die Validierung des Expertensystems (M8) wurde bis zum Ende der Projektlaufzeit abgeschlossen.

Dennoch muss die Validierung der fertiggestellten Vorhersagemodelle (M4, M14, M17) über das Ende des Projekts hinaus fortgesetzt werden. Das liegt daran, dass einige wichtige Daten für die

Modelle derzeit nicht in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Der Grund hierfür ist, dass nicht alle wichtigen und entscheidenden Daten strukturiert und in digitaler Form vorliegen. Daher wird die Validierung und Auswertung der Vorhersagen weiterhin fortgesetzt, während mehr Datenarten innerhalb des SHIP-Systems verfügbar gemacht werden und neue Datenquellen identifiziert werden.

## 5. Ergebnisse und Diskussion

### 5.1. Ergebnis: KI-gestützte Vorhersagemodelle

Um den leitliniengerechten Einsatz von Blutprodukten zu gewährleisten, werden zum Zeitpunkt der Anforderung eines Blutprodukts in der Regel verschiedene Daten zu allen verfügbaren Blutprodukten und zu den jeweiligen behandelten Personen in strukturierter sowie teil- oder unstrukturierter Form in unterschiedlichen IT-Systemen des Krankenhauses gespeichert. Die manuelle Überprüfung aller Parameter gegen die Querschnittsrichtlinien der BÄK<sup>9</sup> ist jedoch zeitaufwändig und wird oft nicht systematisch oder nur eingeschränkt durchgeführt.

Zur Steigerung der Versorgungsqualität wurden die vorhandenen Daten für das angeforderte Blutprodukt mittels KI-basierter Entscheidungsunterstützung automatisiert.

Konkret wurden zwei unterschiedliche Ansätze entwickelt.

#### 1: Patientenindividuelle Vorhersage von Thrombozytenkonzentraten

Ein wesentlicher Bestandteil einer qualitativ hochwertigen Versorgung von Patienten und Patientinnen ist die Steuerung des Thrombozyten Bedarfs, eine herausfordernde und zeitaufwändige wiederkehrende Aufgabe. Daher zielt unsere patientenindividuelle Vorhersage von Thrombozytenkonzentraten darauf ab, einen individualisierten und effizienten Ansatz zur Steuerung des Thrombozyten Bedarfs zu entwickeln. Konkret war das Ziel, einen Risikowert für die nächsten 3 Tage für den Thrombozyten Bedarf unter Verwendung multimodaler Daten aus mehreren Quellsystemen innerhalb eines Krankenhauses vorherzusagen.

In der ersten Iteration wurden eXtreme Grading Boosting (XGBoost)<sup>10</sup> und Random Forest<sup>11</sup> Modelle trainiert. Folgende Merkmale wurden dabei berücksichtigt: Für jede behandelte Person die Anzahl der erhaltenen Thrombozytenkonzentrate, das Thrombozyten-Blutbild, die Gabe toxischer Medikamente, das Vorliegen akuter thrombozytärer Erkrankungen, verabreichte Medikamente und durchgeführte Operationen, Alter, Geschlecht sowie die Dauer des Krankenhausaufenthalts. Jeder Eingangsvektor umfasste einen Zeitraum von sieben Tagen mit einer Messfrequenz von zwölf Stunden, also insgesamt 14 Zeitfenster. Die Forschungsergebnisse wurden beim DGTI (Deutsche Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie) 2022 im Rahmen eines zehnminütigen Vortrags vorgestellt und im Anschluss als Abstract im Journal Transfusion Medicine and Hemotherapy veröffentlicht.

Anschließend wurde der methodische Ansatz weiter verfeinert und die Suche nach den optimalen Hyperparametern verbessert. Dazu wurde Optuna<sup>12</sup> verwendet, mit dem jedes Modell 1000 Mal unter unterschiedlichen Konfigurationen trainiert wurde. Dadurch konnte die Performance der Modelle weiter verbessert werden. Die Forschungsergebnisse wurden als Forschungsartikel im Journal Transfusion Medicine and Hemotherapy veröffentlicht.<sup>13</sup>

Schließlich wurde der Ansatz methodisch durch die Einführung von Deep Learning und die Einführung von zusätzlichen Features weiter verbessert. Durch die Einführung von Deep Learning war es nun möglich, Vorhersagen bereits nach dem ersten Aufenthaltstag zu machen. Des Weiteren war es möglich, zwischen mehrdimensionalen und eindimensionalen Features zu unterscheiden. Dies ermöglichte die bessere Einordnung der Zeitkomponente der Modelle. Des Weiteren wurde der Eingangsvektorbereich auf 30 Tage erweitert. Durch das Sampling ab dem ersten Tag und der Anpassung des Eingangsvektorbereich wurde ebenfalls ein Masking und Padding eingeführt, um das Training möglichst dynamisch zu gestalten und keine Trainingssamples zu verlieren. Durch die Einführung von Informationen über Abteilung und Station pro Sample konnten abteilungsspezifische Modelle trainiert werden. Danach wurden ein klinikweites und zwei abteilungsspezifische Modelle trainiert. Die Forschungsergebnisse wurden als Forschungsartikel im Journal Transfusion eingereicht.

Zur Nutzung der Forschungsergebnisse im klinischen Alltag wurden die Modelle gespeichert und eine Pipeline zur Live-Vorhersage entwickelt. Dazu werden alle im Krankenhaus befindlichen Personen mit einer quantitativen Thrombozytenmessung in die Risikoabschätzung einbezogen. Für die Vorhersage mit echten Daten von Behandelten, wird das trainierte Modell geladen und eine Vorhersage pro Patient und Patientin erstellt. Die Risikoabschätzung wird nun zurück zum FHIR-Sever geschickt und ist nun für dedizierte Applikationen im Kliniknetz verfügbar. Beispielsweise wird die Risikoabschätzung von einem Partner-Projekt mit General Electric HealthCare genutzt. Dabei werden die Risikodaten in einem Patienten-Dashboard dargestellt. Der Prozess der Modellentwicklung und Implementierung wird in Abbildung 12 schematisch dargestellt.

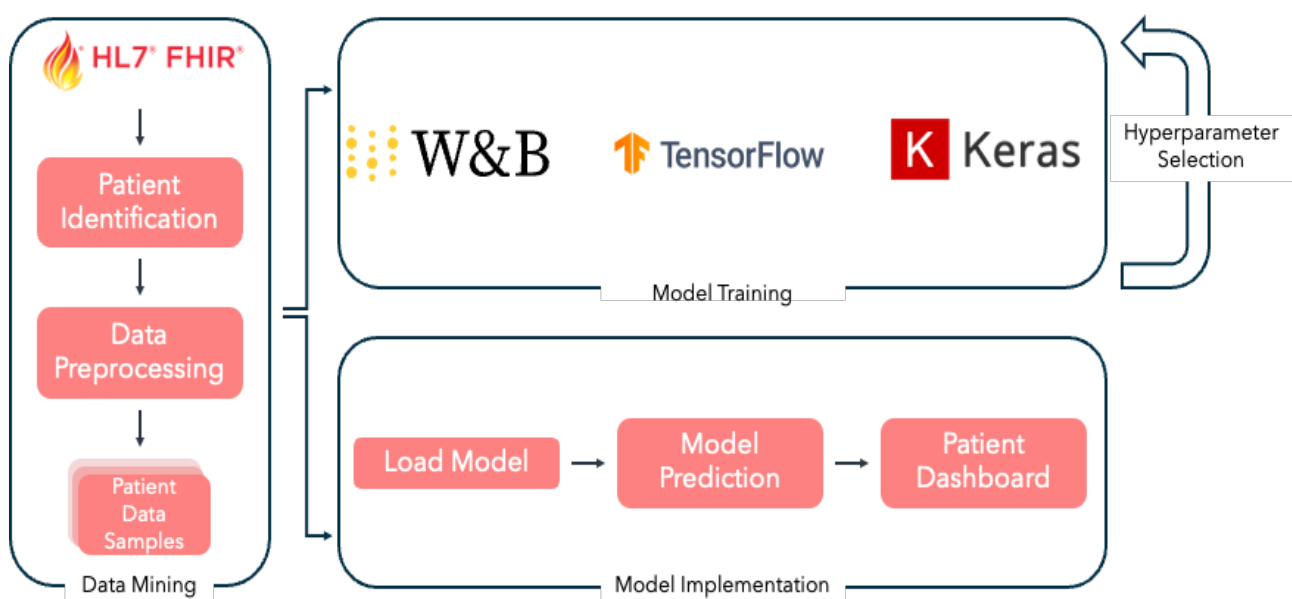


Abbildung 12 Risikobewertungspipeline zur Generierung von Vorhersagemodellen und ermöglichen der Modelle zum Erstellen von Live-Vorhersagen

## 2. Klinikweiter TK-Bedarf

Es sollte der klinikweite Bedarf an Thrombozytenkonzentraten vorhergesagt werden, da diese im Gegensatz zu Erythrozytenkonzentraten nur für wenige Tage haltbar sind und überschüssige Produkte in Zeiten geringerer Nachfrage verfallen können. Die Vorhersage soll die Menge an benötigten Thrombozytenkonzentraten für einen definierten Zeitraum ermitteln. Verschiedene bekannte Parameter können zur Approximation der benötigten Menge herangezogen werden.

Von den in 3.1 beschriebenen methodischen Ansätzen wird Facebook Prophet<sup>14</sup> verwendet, um die Vorhersagen über den Transfusionsbedarf der nächsten 7 Tage zu generieren. Ebenfalls wurde eine Pipeline entwickelt, die die aktuellen Bedarfe täglich um 23:55 Uhr im FHIR Standard auf dem klinikinternen Server ablegt. Die Daten werden intern von der Transfusionsmedizin im Alltag als Informationsquelle verwendet (siehe Abbildung 24). Bis zum Ende des Projektes wurden die klinikweiten Ansätze noch nicht publiziert oder vorgestellt, ist aber in für die Zukunft geplant.

### 5.2. Ergebnis: KI-basiertes Empfehlungssystem

Das Empfehlungssystem für Blutprodukte basiert auf verschiedenen Eingabekriterien, darunter Geschlecht, Alter, Blutgruppe, Rhesusfaktor, Kell-Faktor, Anforderer, Antigen und Hämoglobinwert der Patienten und Patientinnen. Das System analysiert die Eingaben und nutzt einen Algorithmus, um auf Grundlage der Antigene die am besten geeigneten Blutprodukte für die jeweilige behandelte Person zu empfehlen.

Das System gibt entweder eine Blutprodukt-ID zurück, wenn eine Transfusion benötigt wird, oder lehnt sie ab, wenn der Patient oder die Patientin keine Transfusion benötigt. Die Empfehlungen werden nach dem Verfalldatum der Blutprodukte sortiert, um sicherzustellen, dass die Blutprodukte, die bald ablaufen, zuerst verwendet werden.

Das Empfehlungssystem bietet eine effektive Möglichkeit, die Entscheidungsfindung bei der Blutproduktvergabe zu verbessern und sicherzustellen, dass die am besten geeigneten Blutprodukte für jede zu behandelnde Person zur Verfügung gestellt werden. Es kann dazu beitragen, Transfusionsreaktionen und unnötige Transfusionen zu vermeiden, was zu besseren Ergebnissen für die Patienten führen kann.

### 5.3. Ergebnis: KI-basiertes Expertensystem

Der implementierte Algorithmus des Leitlinienexpertensystems kann mehrere Teilbäume eingeben (siehe Abbildung 13), da die Bedingungen für jeden Teilbaum unabhängig voneinander geprüft werden und mehrere Empfehlungen zurückgegeben werden können, wenn die Bedingungen für mehrere Teilbäume erfüllt wurden. Wenn ein Pfad zu einem Blatt verfolgt werden kann, wird die entsprechende Empfehlung mit Evidenzgrad und Empfehlungsstufe an die nutzende Person weitergegeben. Endet der Weg vor dem Erreichen eines Blattes, wird eine Empfehlung zur Nicht-Transfusion ohne Evidenzgrad und Empfehlungsgrad ausgegeben.

Zur Durchführung dieser Studie wurde eine webbasierte Schnittstelle (siehe Abbildung 14) entwickelt, die es der nutzenden Person ermöglicht, alle für eine vollständige Empfehlungsberechnung erforderlichen Informationen manuell einzugeben. Diese Entscheidung wurde getroffen, weil noch untersucht wird, ob alle für eine Empfehlung erforderlichen Daten zum gewünschten Zeitpunkt garantiert zur Verfügung stehen.

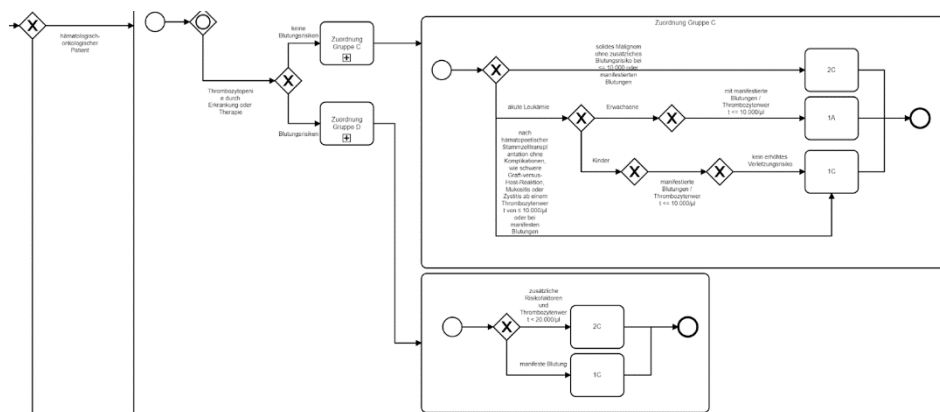


Abbildung 13 Entscheidungsbaum, der für den Algorithmus verwendet wurde. Dieser Teil stammt aus dem Baum für Thrombozytenkonzentrate, einem Abschnitt des Kapitels über hämatologisch-onkologische Empfehlungen

|                                                                                 |                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Name:                                                                           | <input type="text"/>                              |
| Alter:                                                                          | <input type="text" value="25.02.2022"/>           |
| Geschlecht:                                                                     | <input type="text" value="männlich"/>             |
| Hämoglobin:                                                                     | <input type="text"/>                              |
| Liegt eine Form von Anämie vor?                                                 | <input type="text" value="chronische Anämie"/>    |
| Anämische Symptome:                                                             | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt eine kardiovaskuläre Erkrankung vor?                                      | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt Chemotherapie oder Radiotherapie vor?                                     | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| Liegt eine allogene oder autologe hämatopoetische Stammzelltransplantation vor? | <input type="text" value="Ja"/>                   |
| Liegt eine Sichelzellerkrankung oder ein erhöhtes Schlaganfallrisiko vor?       | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Thrombozyten in µl:                                                             | <input type="text"/>                              |
| onkologischer Patient:                                                          | <input type="text" value="Ja"/>                   |
| Einordnung onkologische Gruppe:                                                 | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Sind zusätzliche Risiken bekannt?                                               | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Liegt ein erhöhtes Blutungsrisiko vor?                                          | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Welche Erkrankungen/Problematiken sind bekannt?                                 | <input type="text" value="Bekannte Krankheiten"/> |
| Liegt eine Thrombozytopenie vor?                                                | <input type="text" value="nein"/>                 |
| Liegt eine aktive Blutung vor?                                                  | <input type="text" value="Bitte Auswählen"/>      |
| Nimmt der Patient Thrombozytenhemmer?                                           | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| Ist eine der Prozeduren geplant?                                                | <input type="text" value="Geplante Prozeduren"/>  |
| Ist ein kardiochirurgischer Eingriff vorgenommen worden?                        | <input type="text" value="Nein"/>                 |
| <input type="button" value="Auswerten"/>                                        |                                                   |

Abbildung 14 Hauptteil der GES-Schnittstelle

Die in den Browser eingebettete Schnittstelle kann direkt über das Krankenhausinformationssystem (medico) aufgerufen werden. Die Patientenansicht wurde um eine Schaltfläche erweitert, die den Standard-Webbrowser öffnet und auf das System zugreift und den Bezug zum Patienten herstellt. In der Abbildung 14 gezeigten Felder müssen die für eine vollständige Überprüfung der Querschnittsrichtlinien erforderlichen Informationen, wie Blutwerte, Vorerkrankungen und medizinische Maßnahmen, eingegeben werden.

|                      |                                                         |                                                                                                                           |  |
|----------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Empfehlungen:</b> |                                                         | <b>Feedback-Fragen:</b>                                                                                                   |  |
| Max Mustermann       |                                                         | Stimmen sie mit der Empfehlung überein? <input type="checkbox"/>                                                          |  |
| Transfusion:         | Nein                                                    | Wenn Sie nicht mit der Empfehlung überein stimmen, bitte geben Sie den Grund für die Abweichung ein: <input type="text"/> |  |
| Grad der Empfehlung: | 2                                                       | Wurde die Entscheidung durch das GES beeinflusst? <input type="checkbox"/>                                                |  |
| Evidenzlevel:        | C                                                       | Hat das GES die Sicherheit oder das Vertrauen in die Indikation erhöht? <input type="checkbox"/>                          |  |
| Begründung:          | S-158 name geplant, Thrombozyten > 20.000, Kap. 2.5.2.4 | <input type="button" value="SEND FEEDBACK"/>                                                                              |  |

Abbildung 15 Empfehlungsansicht des GES

Die Abbildung 15 zeigt die Empfehlungsansicht, dabei werden in der linken Hälfte der Name der behandelten Person sowie die Empfehlung oder die Liste der Empfehlungen mit Empfehlungsstufe, Evidenzgrad und einer kurzen Erläuterung des entsprechenden Kapitels aus den Leitlinien angezeigt. Auf der rechten Hälfte wird der Arzt oder die Ärztin um ein Feedback seiner aktuellen Entscheidung gebeten.

Nach der Prüfung der Daten und dem Herausfiltern fehlerhafter Datensätze und Duplikate konnten wir 87 Datensätze auswerten, 43 für Erythrozyten Transfusionen und 44 für Transfusionen von Thrombozytenkonzentraten.

Alle Datensätze für Erythrozyten Transfusionen beziehen sich auf das Kapitel über chronische Anämien. Von den Empfehlungen zur Transfusion von Thrombozytenkonzentrat beziehen sich fünf auf Blutungen, einer auf die Vorbereitung eines chirurgischen Eingriffes und 41 auf hämatologisch-onkologische Erkrankungen. Da ein Datensatz mehr als eine Empfehlung enthalten kann, ist die Gesamtzahl der Empfehlungen für Thrombozyten Transfusionen (47) höher als die Anzahl der Datensätze (44).

Die Daten der Erythrozyten Transfusionen zeigen keine Abweichung zwischen der Entscheidung des Arztes oder der Ärztin und der von uns generierten Empfehlung, wie in Abbildung 16 zu sehen ist. Dies deutet darauf hin, dass es wenige, bis keine Fälle gibt, bei denen der abgeleitete Algorithmus aus der Querschnittsleitlinie Hämatologie für chronische Anämien nicht anwendbar ist.

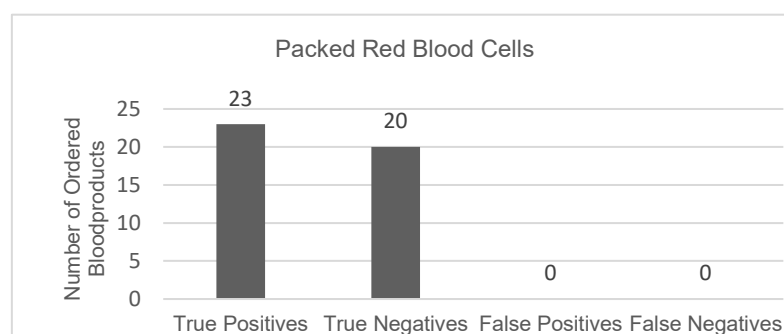


Abbildung 16 Evaluation der Bestellung und Empfehlung von Erythrozytenkonzentraten

Die Daten über die Transfusion von Thrombozytenkonzentraten zeigen eine etwas größere Abweichung zwischen den Empfehlungen und der Entscheidung des Arztes oder der Ärztin. Wir waren in der Lage, für 81,8 % der erfassten Fälle korrekte Empfehlungen zu generieren, die konkreten Ergebnisse sind in Abbildung 17 zu sehen. Daraus ergeben sich die folgenden statistischen Werte: Präzision 100%, Recall 73%, Genauigkeit 81% und Spezifität 63%.

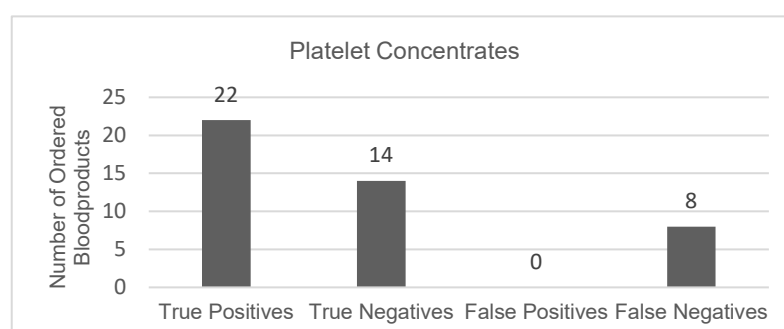


Abbildung 17 Evaluation der Bestellung und Empfehlung von Thrombozytenkonzentraten

Die acht Fälle von falschen Negativbefunden können wie folgt kategorisiert werden:

In einem Fall lag der Thrombozytenwert knapp über dem Schwellenwert für eine Transfusionsempfehlung, und der Arzt oder die Ärztin prognostizierte einen weiteren Abfall, was zu der Entscheidung führte, das Blutprodukt zu bestellen. Unser System zeigt lediglich eine Momentaufnahme der Daten zum Zeitpunkt der Bestellung eines Blutprodukts, weder die Entwicklung der behandelten Person noch deren Werte zum Zeitpunkt der Transfusion.

Zwei Fälle waren durch die aktuelle Situation der jeweiligen Person begründet, beispielsweise durch eine hohe Komplexität, vorsorgliche Entscheidungen oder belastende beziehungsweise risikobehaftete Nebendiagnosen.

Die restlichen Fälle sind auf eine fehlerhafte Dateneingabe zurückzuführen. Dies ist auf eine ungeeignete Schnittstelle zur schnellen manuellen Dateneingabe zurückzuführen, nicht auf den zugrunde liegenden Entscheidungsbaum. Ein Feedback-Interview mit den teilnehmenden Ärzten und Ärztinnen hat dies bestätigt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse zu Erythrozyten- und Thrombozytenkonzentraten ein hohes Maß an Übereinstimmung mit den Expertenentscheidungen, was beweist, dass ein Entscheidungsunterstützungssystem für die Transfusionsindikation machbar ist.

### **Diskussion der Ergebnisse:**

Bei dieser Studie handelte es sich nur um eine kleine Machbarkeitsstudie, die sich auf einen kleinen Teil der Leitlinien beschränkte. Dennoch hat sie gezeigt, dass ein Entscheidungsunterstützungssystem für die Transfusionsindikation verwendet werden kann und welche weiteren Umsetzungsmöglichkeiten sich aus dieser Idee ergeben könnten.

Die erste Idee ist die Umsetzung des primären Konzepts dieses Projekts. Mit einer fundierten Datenanalyse, die die erforderlichen Informationen für den vorgestellten Algorithmus bereitstellt, könnte das System Patientendaten auswerten und Benachrichtigungen senden, sobald eine behandelte Person in einen Zustand eintritt, in dem eine Transfusion empfohlen wird.

Als Alternative zu diesem autonomen Ansatz wäre eine manuelle Implementierung in Kombination mit einem digitalen Auftragserfassungssystem denkbar. Das System könnte mit wenigen gezielten Fragen an die behandelnde Fachperson eine Empfehlung aussprechen. Auf diese Weise ließe sich eine schnelle Überprüfung der Entscheidung ermöglichen, ohne dass eine vollständige Analyse der Patientendaten erforderlich wäre.

Darüber hinaus könnte das Tool reale Transfusionsfälle zusammen mit den ausgesprochenen Empfehlungen und den tatsächlichen Entscheidungen der Behandelnden erfassen. Diese Fälle könnten anschließend als Beispiele oder Lernaufgaben in der Ausbildung von Studierenden sowie in der Weiterbildung medizinischer Fachkräfte genutzt werden.

Schließlich könnte es nützlich sein, die Anzahl der transfundierten Blutprodukte innerhalb einer Therapie oder eines einzelnen Krankenhausaufenthalts zu untersuchen. Unsere Daten zeigten eine Korrelation zwischen niedrigem Hämoglobin und der Anzahl der bestellten Konzentrate. Wenn eine Kausalität zwischen dem Blutwert und anderen Informationen gefunden werden kann, wird eine bessere Vorhersage der benötigten Anzahl von Transfusionen möglich sein.

#### 5.4. Ergebnis: Spender-App

Die Blutspende-App ist sowohl für iOS- als auch für Android-Geräte verfügbar und hatte bis jetzt ein Update mit kleineren Fehlerbehebungen. Die Android-Version ist über einen Sciebo-Link (<https://fh-dortmund.sciebo.de/s/Ujc8iqXtXiVPiSL>) erreichbar und benötigt die Zusage der Nutzenden, Apps aus fremden Quellen (im Gegensatz zum z. B. Google Play Store) installieren zu dürfen. Hierzu ist unter genanntem Link eine Anleitung hinterlegt und kann ohne Installation vorher gelesen werden. Auch die iOS-Version ist noch nicht komplett über den Apple App Store installierbar und befindet sich in einer Testversion, die mithilfe der Testflight-App zu erreichen ist (<https://testflight.apple.com/join/Lf6vbiq4>). Für beide Versionen ist ein weiteres Update geplant, wodurch die Blutspende-App jeweils in den entsprechenden App-Stores im deutschsprachigen Bereich aufzufinden und zu installieren ist.

Die Blutspende-App ist nach erfolgreichem Login bzw. Registrierung in fünf Menüpunkte unterteilt, Spenden, Aktuelles, Mein Blut, Profil sowie Infos. Der erste Menüpunkt Spenden ist als Hauptseite der App anzusehen und enthält eine Übersicht über das Datum der letzten Spende, das hieraus mit dem Geschlecht der Person berechnete Datum der nächsten möglichen Spende sowie Spendezeiten und den Kontakt der Transfusionsmedizin der UME. Wie in Abbildung 10 zu sehen, erscheint hier auch nach Bedarf die Aufforderung zum Spenden. Unter Aktuelles finden sich zum einen ein detaillierter Überblick über die aktuellen Spendenziele für die verschiedenen Blutgruppen sowie ihr Fortschritt in Prozent und einige Informationen zur Blutgruppenverteilung in Deutschland. Die prozentuellen Angaben schützen die Informationen der UME, geben jedoch trotzdem eine visuelle Rückmeldung an interessierte Spender und Spenderinnen. Diese Ziele können zudem jederzeit seitens der Klinik manuell angepasst werden, falls sich hierbei etwas ändert oder die Motivation für Spenderinnen und Spender aufrechterhalten werden soll, um niemanden vom Spenden womöglich abzuhalten. Zum anderen werden in einem separaten Reiter aktuelle sowie kommende Aktionen seitens der Transfusionsmedizin gelistet, welche außerdem von zuständigen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen gepflegt werden können. Unter nachfolgendem Menüpunkt (Mein Blut) ist ein Überblick über den persönlichen Spendenverlauf des Spenders bzw. der Spenderin einzusehen. Um extrinsisch motivierte Personen zur Spende zu ermutigen, wird Gamifikation eingesetzt, wodurch Nutzer und Nutzerinnen mithilfe der Anzahl ihrer Spenden Abzeichen sammeln können. Die Spenden können in der Blutspende-App eingetragen und gespeichert werden, wobei zusätzlich bei Bedarf Vitalparameter wie Hb-Wert, Blutdruck und Puls für die eigene Nachverfolgung angegeben werden können. Außerdem sind hier das Ergebnis und Zeitpunkt des letzten Spendenchecks einsehbar. Der Menüpunkt Profil enthält die eigenen Profilinformationen, z. B. Kontaktdaten, Blutgruppe, Geschlecht und Konto-Einstellungen. Der letzte Menüpunkt führt zu allgemeinen Social-Media-Informationen der Transfusionsmedizin bzw. UME, Kontaktmöglichkeiten bei Fragen sowie Feedback an die Fachhochschule Dortmund.

Für die Analyse der Log-Datei der Blutspende-App wurde der vorher festgelegte Zeitraum der Studie vom 01. April 2022 bis zum 31. Juli 2022 untersucht. In dieser Zeit haben sich 116 Nutzer und Nutzerinnen in der Blutspende-App registriert, wobei zwei davon ihr Konto auch wieder innerhalb dieses Zeitraums selbstständig gelöscht haben. Bei der Untersuchung der Login-Häufigkeiten wurden diejenigen Datenbank-Anfragen als Verwendung der Blutspende-App gezählt, die mindestens 15 Minuten auseinanderliegen. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da eine Person sich einloggen, dann die App in den Hintergrund schieben und daraufhin ohne erneuten Login wieder verwenden kann. Mit Einbezug dieses Kriteriums konnte festgestellt werden, dass der arithmetische Mittelwert der Logins über den Untersuchungszeitraum bei ca. 6 Logins liegt. Da sich im Datensatz auch Ausreißer befinden, wurde ein Median berechnet, der durchschnittlich zwei Logins ergibt. Dieser Unterschied kann darauf zurückzuführen sein, dass sich 47 % der registrierten Nutzerinnen und Nutzer (also 55 Personen) nur einmal eingeloggt haben.

Für die Auswertung der abgefragten UEQ-Skalen wurde die Berechnung von Boxplots gewählt und in nachfolgender Grafik dargestellt. Hieraus ergibt sich, dass bezogen auf die Allgemeine Usability, also App, Navigation und Registrierung, die Bewertungen durchschnittlich positiv ausfallen und bei ca. 3 und besser liegen. Auch die Terminvergabe wird als eher sinnvoll und die Anzeige der Blutvorräte als interessant erachtet. Die Motivation durch die Möglichkeit zum Stufenaufstieg ist laut Feedback weder motivierend noch nicht motivierend. Schließlich wird die Dokumentation der eigenen Spenden zwar als sinnvoll erachtet, doch sehen die Nutzerinnen und Nutzer es nur selten oder als wenig nützlich.

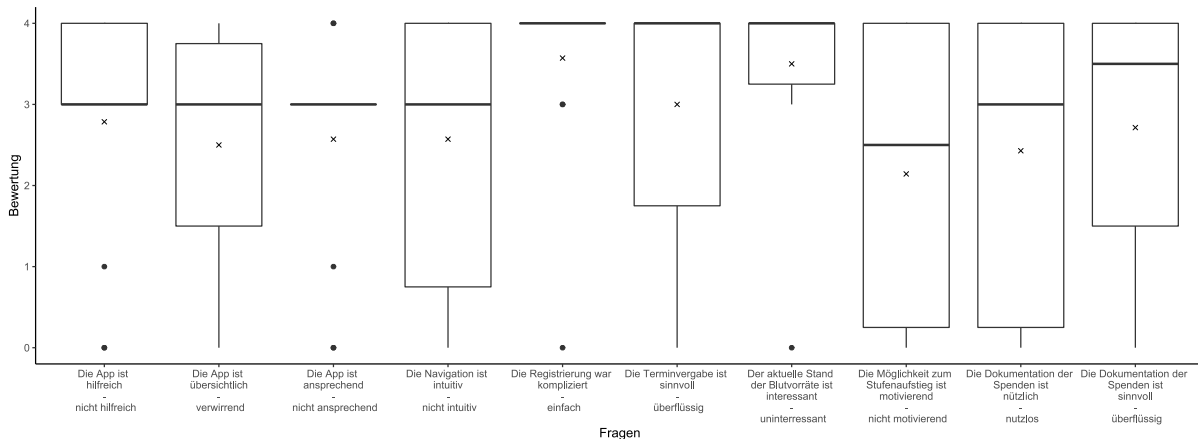


Abbildung 18 Fragebogen Auswertung nach Skalen

## Diskussion der Ergebnisse:

Im Allgemeinen zeigen die Rückmeldungen und Ergebnisse zur Blutspende-App, dass sie von den Blutspendern und Blutspenderinnen gut angenommen wurde und auch der Grundaufbau sowie die vorhandenen Funktionen eine gute Grundlage für weitere Ergänzungen bieten. Denn alle Elemente wurden von den Teilnehmenden mindestens als sinnvoll oder nützlich erachtet. Nichtsdestotrotz wären noch weitere Verbesserungen und Erweiterungen der Blutspende-App von Vorteil. Beispiele hierfür sind die Übersichtlichkeit und Navigation der Smartphone-App, da sie nicht von allen Altersgruppen ohne Probleme verstanden wurden. Ein weiterer Punkt ist ggf. die Umgestaltung des Stufenaufstiegs, damit dieser sein Ziel der Motivation noch mehr erfüllen kann. Zusätzlich dazu haben Blutspender und Blutspenderinnen die Aufrufe zur Spende zwar teilweise erhalten, jedoch könnte dieser Aspekt noch weiter untersucht und optimiert werden, um noch bessere Ergebnisse zu erhalten.

Werden die ursprünglichen Ziele mit den tatsächlich erreichten Zielen der Blutspende-App verglichen, so kann M18 größtenteils als erreicht betrachtet werden. Hierbei wurde eine ausführliche Auswertung der aktuell verfügbaren Smartphone-Apps im Bereich der Blutspende untersucht und darauf aufbauend in Kombination mit den Informationen der Blutspende der UME ein User-Interface-Konzept mit dazugehörigem Interaktionskonzept zusammengestellt. In der späteren Umsetzung mussten hierbei jedoch Anpassungen getroffen werden, da z. B. die Terminplanung nicht innerhalb der Blutspende-App durchgeführt werden kann, sondern auf einen externen Service verweisen muss. Dies ist auf die erst innerhalb dieses Projekts durchgeführte Umsetzung einer digitalen Terminplanung in der ITM zurückzuführen. Dies hat jedoch weder auf die UME noch auf die Nutzer und Nutzerinnen einen negativen Einfluss, sondern nur auf die Funktionsvielfalt der Blutspende-App. Grund hierfür ist die fehlende Verbindung zu der Terminplanung, wodurch geplante Termine sowie damit zusammenhängende Informationen nicht in der App zur Verfügung gestellt werden können. Basierend darauf musste auch der Meilenstein M19 einige kleinere Einbußen hinnehmen,

da zwar ein funktionierender Prototyp am Ende umgesetzt wurde, jedoch nicht mit allen vorher geplanten Funktionen. Da der Datenschutz von sowohl Spendern und Spenderinnen sowie der gesamten UME die höchste Priorität erhält, wurde der Datenaustausch zwischen den prädiktiven Modellen sowie der Blutspendedaten der UME und der Blutspende-App geringgehalten. Aus diesem Grund wird die Blutspende-App an der Fachhochschule Dortmund gehostet und erhält täglich ein Update des aktuellen Blutstandes der Transfusionsmedizin. Hierdurch wird eine mögliche Korruption der Daten der UME vermieden. Dies wurde für das Projekt in der durch die Corona-Pandemie eingeschränkten Zeit als bestmögliche sowie durchführbare Lösung eingeschätzt, da somit trotzdem blutstandabhängig Benachrichtigungen an Spender und Spenderinnen gesendet werden konnten. Ein weiterer Punkt, der hieraus folgt, ist die Registrierung der Spenderinnen und Spender in der Blutspende-App, da diese unabhängig von den Spenderdaten in der ITM manuell durchgeführt werden muss und nicht automatisch erfolgt. Dieser Aspekt kann jedoch die Weitergabe der App als White-Label-Lösung an andere Transfusionsmedizinische Institute vereinfachen, da weniger Funktionen der App angepasst und verändert werden müssen. Der letzte Meilenstein M20 bezüglich des Routinebetriebs der Blutspende-App wurde zum größten Teil erfolgreich durchgeführt, da die Blutspende-App sowohl für iOS- als auch Android-Geräte zur Verfügung steht und installiert werden kann. Die größte Einschränkung, die hierbei besteht, ist, dass sie sich jeweils noch in der Testversion befindet und ein bestimmter Link zum Download benötigt wird. Nichtsdestotrotz konnte trotzdem mithilfe von über 100 Nutzern und Nutzerinnen und dazugehöriger Feedbacks eine Übersicht über weitere Anpassungen solcher Apps herausgearbeitet werden, welche die eingeschränkte partizipative Implementierung teilweise kompensiert.

#### 5.5. Ergebnis: Einbindung der Projektkomponente im SHIP System - AutoPiLoT Dashboard

Der neu entwickelte AutoPiLoT-Monitor ermöglicht die Überwachung gelagerter Blutprodukte in Echtzeit mit einer Latenzzeit von weniger als einer Minute. Der AutoPiLoT-Monitor basiert auf einer kontinuierlichen ETL-Pipeline (Extract-Transform-Load) und ist über ein zentrales FHIR-Repository (Fast Healthcare Interoperable Resources) mit den unterschiedlich erforderlichen Daten des Krankenhausinformationssystems verbunden. Der Monitor ist als webbasierte Anwendung in TypeScript unter Verwendung des React-Frameworks entwickelt worden. Die Backend-Kommunikation mit dem zentralen FHIR-Repository erfolgt über RESTful FHIR APIs. Die Visualisierung ermöglicht einen leichten und einfachen Überblick.

Der AutoPiLoT-Monitor ermöglicht die frühzeitige Erkennung eines kritischen Mangels an Blutprodukten. Eine einfache grafische Darstellung gibt einen Überblick über die verfügbaren und patientenspezifischen Produkte. Der AutoPiLoT-Monitor reduziert die zeitaufwändige Suche im Laborinformationssystem nach vorrätigen Blutprodukten und bietet einen wesentlichen Überblick über benötigte Blutprodukte. Zudem können Spender und Spenderinnen rechtzeitig mobilisiert werden, da durch die Visualisierung ein schneller und einfacher Überblick über die einzelnen benötigten Produkte erfolgen kann. Die Unterscheidung zwischen „frei“ verfügbaren und gekreuzten Produkten wird für Erythrozytenkonzentrate angezeigt (Abbildung 19).

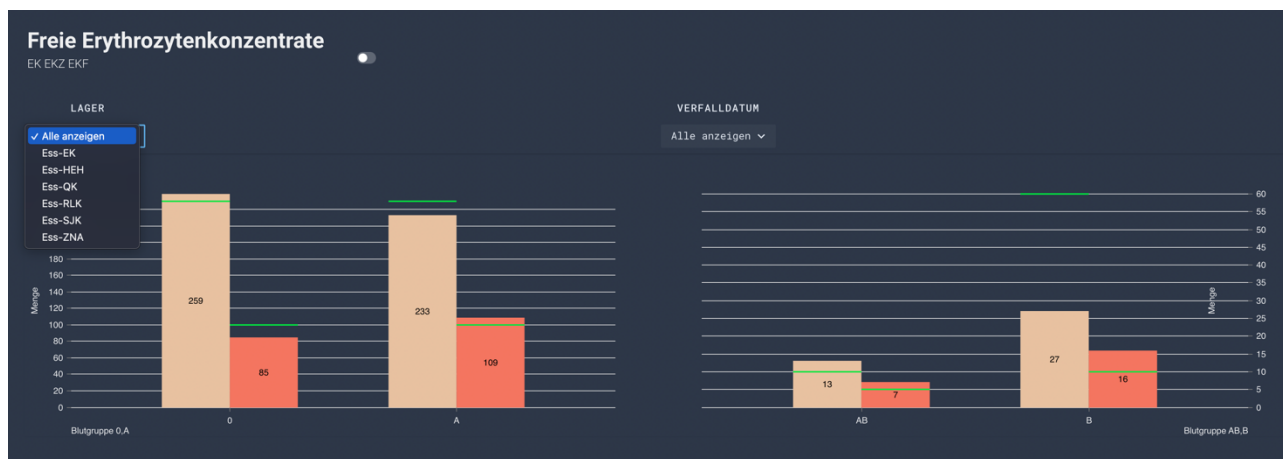


Abbildung 19 Vorschau der EK-Lagerung an der UME und ihren Partnerinstituten. Alle Blutprodukte (EK, TK und Plasma) können nach Lagerort und Verfallsdatum gefiltert werden

Um die Benutzerfreundlichkeit zu optimieren kann über ein Dropdown-Menü weitere Informationen zu Lagerort, Kreuzprobenstatus, Blutgruppen und Verfallsdatum aufgerufen werden. Neben den Erythrozytenkonzentraten kann man sich auch den aktuellen Bestand an verfügbaren Plasmen anzeigen lassen (Abbildung 20). Desweiteren ist auf einen Blick der Verbrauch der letzten 7 Tagen dargestellt. In einer kleinen Linie wird der „Soll“-Bestand markiert (Abbildung 19 und Abbildung 21).

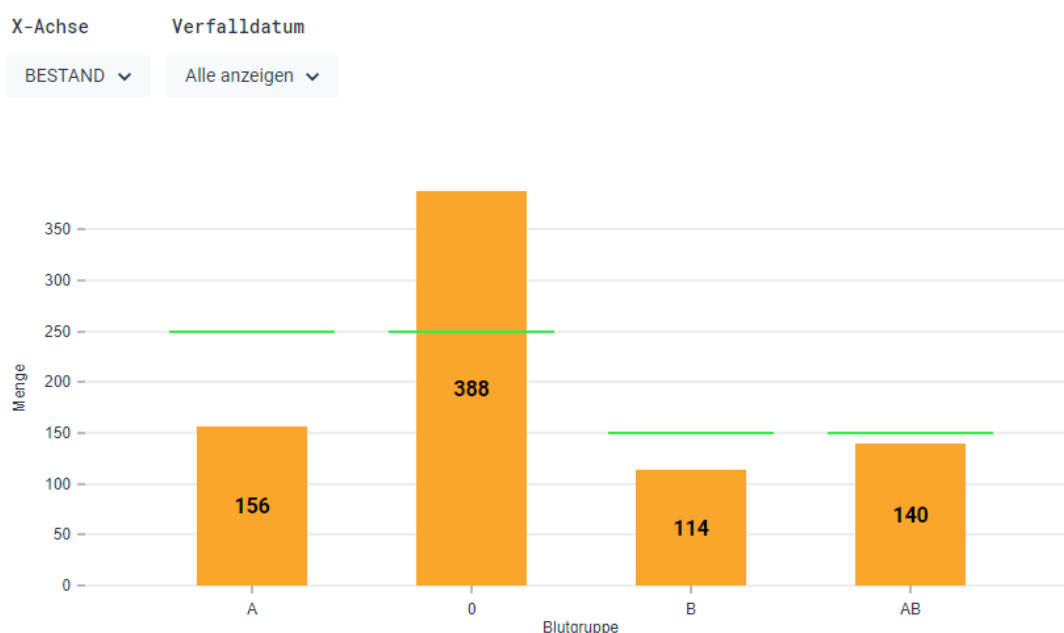


Abbildung 20 Vorschau der GFP Lagerung an der UME

Die visuelle Darstellung des Thrombozytenverbrauches, Bestandes und der Prognose spielt beim Monitor eine entscheidende Rolle (Abbildung 21 und Abbildung 22). Einerseits haben Thrombozytenkonzentrate (TK) eine kurze Haltbarkeit von nur vier Tagen nach den Test- und Screeningverfahren<sup>15</sup> und müssen genau verfolgt werden, um ausreichende Mengen für die Versorgung von Patienten und Patientinnen bereitzustellen, andererseits ist es dennoch notwendig, die verschwenderische Entsorgung dieses Blutprodukts zu minimieren. Mit dem Monitor erfolgt eine genaue Darstellung des Bestandes an Apherese- und Poolpräparaten. Zudem wird der Verbrauch der letzten Tage angezeigt wodurch eine Planung und Einbestellung von Spender und Spenderinnen schnell erfolgen kann.

## Thrombozytenbestand

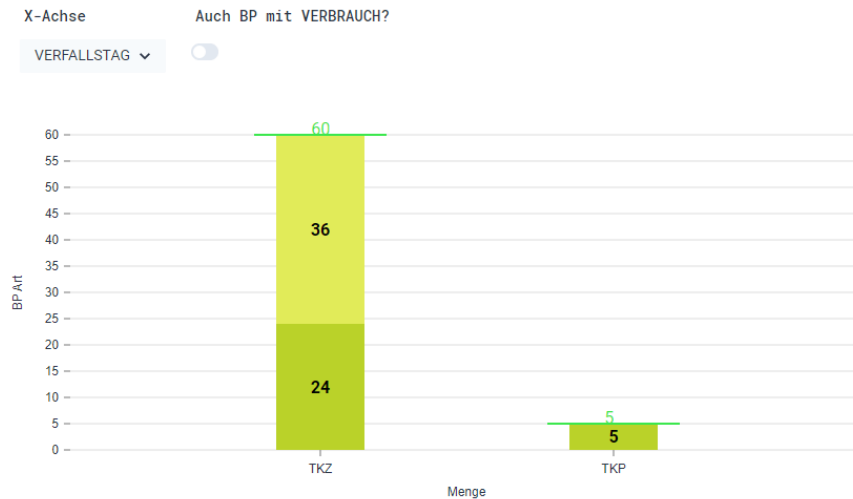


Abbildung 21 Vorschau der TK-Lagerung an der UME nach Verfallsdatum



Abbildung 22 Verbrauch von TKZ und TKP an der UME nach Ausgabedatum

Es erfolgte eine Integration unsers KI-gestützten Vorhersagemodells (Abbildung 23). Hierdurch ist eine einfache Erfassung der Prognose des Thrombozyten Verbrauches möglich. Somit wird ein potenziell entstehender Mangel an Präparaten bei einem prognostizierten hohen Verbrauch frühzeitig erkannt und entsprechend können Spender und Spenderinnen mobilisiert werden. Auf der anderen Seite kann bei einem gering erwarteten Verbrauch weniger Präparate hergestellt werden, damit es nicht zu einem Verfall dieser wertvollen Ressource kommt.

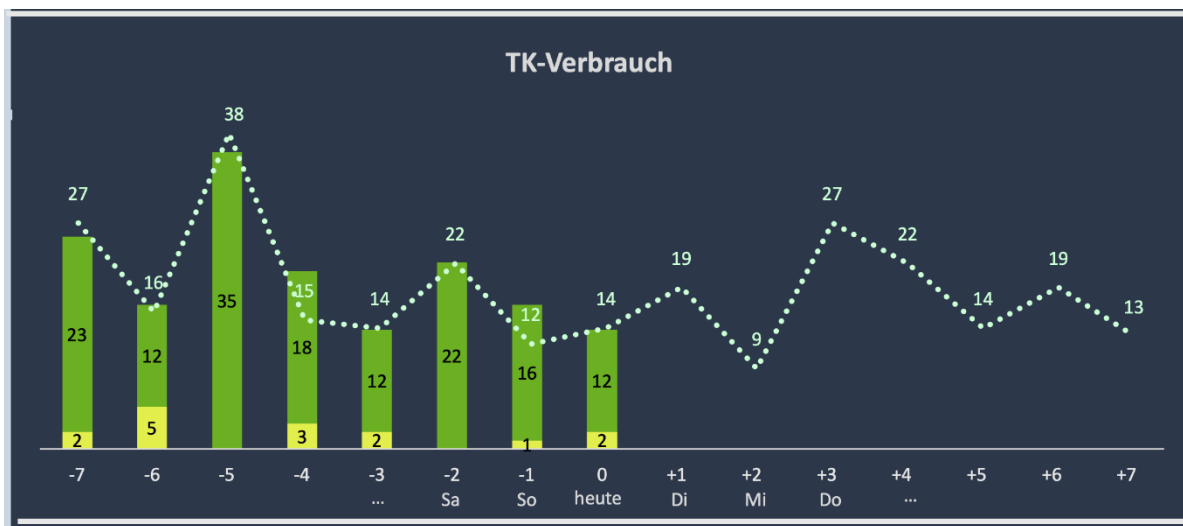


Abbildung 23 Verbrauch von TKZ und TKP an der UME nach Ausgabedatum

Es wurde ein großer Monitor mit dem AutoPiLoT Dashboard im Ausgabebereich unserer Blutbank installiert (Abbildung 24), damit alle Berufsgruppen einen schnellen Überblick über die ausgegebenen und verfügbaren Blutprodukte haben. Die Installation dieses Monitors im Rahmen des Projektes wurde im „Whitepaper digitale Medizin in NRW - Praxisbeispiele und Erfolgsfaktoren“ als Best Practice genannt.<sup>16</sup>



Abbildung 24 Monitor mit installiertem AutoPiLoT Dashboard im Ausgabebereich der Blutbank an der UME

Mit dem AutoPiLoT-Monitor haben wir eine effiziente und unkomplizierte Überwachung der verfügbaren Blutprodukte erreicht. Die schnelle und einfache Anzeige von vorrätigen und ablaufenden Blutprodukten kann zu einem optimierten Umgang mit dieser wertvollen Ressource führen. Nach Angaben des Paul-Ehrlich-Instituts wurden im Jahr 2020 in Deutschland 575.608 Thrombozytenkonzentrate produziert.<sup>1</sup> Von insgesamt 255.722 Pool-TK sind 48.467 TK (19%) beim Hersteller verfallen. Von den insgesamt 319.886 Apherese-TK sind 22.411 (7 %) beim Hersteller verfallen.<sup>1</sup> Berücksichtigt

man den Marktwert der TK, so ergibt sich ein wirtschaftlicher Verlust von mehr als 44 Millionen Euro pro Jahr.<sup>17</sup> Die optimierte Kontrolle verbessert die Versorgung und reduziert den Abfall von Blutprodukten an der UME. In weiteren Studien könnte man die Senkung der Verfallsrate durch den neu entwickelten AutoPiLoT Monitor messen und somit den Nutzen eines solchen Monitors beweisen. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass der Monitor die Verfallsrate von TK bundesweit um nur zwei Prozent senken würde, könnte er mehr als 5,5 Millionen Euro pro Jahr einsparen. Dies wäre ein bedeutender Fortschritt in der Transfusionsmedizin, sowohl in medizinischer und ethischer als auch in finanzieller Hinsicht.

## 6. Gender-Mainstreaming-Aspekte

Im Kontext des AutoPiLoT-Projekts umfasst das Thema Genderaspekte die folgenden Facetten:

1. Rücksicht auf die medizinischen Bedürfnisse von Patienten und Patientinnen im Rahmen der Projektziele und des Projektvorhabens
2. Rücksicht auf die Vorlieben, Gewohnheiten und Bedürfnisse von Blutspendern und Blutspenderinnen im Rahmen der Projektziele und des Projektvorhabens
3. Zusammensetzung und Struktur des Projektteams, einschließlich der Genderverteilung der Teammitglieder, des Projektmanagements und die Arbeitsatmosphäre innerhalb des Teams

### 6.1 Rücksicht auf die medizinischen Bedürfnisse von Patienten und Patientinnen im Rahmen der Projektziele und des Projektvorhabens

Zwei Ziele des AutoPiLoT-Projekts sind:

- Verbesserung der Sicherheit der Patienten und Patientinnen durch KI-gestützte Entscheidungsunterstützung zur leitliniengestützten Blutprodukte-Anforderung (Expertensystem, Empfehlungssystem),
- Verbesserung der Sicherheit der Patienten und Patientinnen durch KI-gestützte Vorhersagen des individuellen Transfusionsbedarfs (Vorhersagemodelle, Expertensystem, Empfehlungssystem).

Das angestrebte Ergebnis des Projekts ist die Verbesserung der Sicherheit aller behandelten Personen durch technologische Unterstützung bei der Förderung geschlechtssensibler und vorurteilsfreier Entscheidungen in der medizinischen Versorgung.

Eine verbesserte Blutproduktauswahl reduziert das Risiko einer Reaktion des Patientenimmunsystems auf das transfundierte Blutprodukt, was zu der Entwicklung von Antikörpern gegen „fremde“ Blutgruppenantigene führen würde (sog. Alloimmunisierung). Die Vermeidung einer Alloimmunisierung ist für Frauen im gebärfähigen Alter besonders wichtig, da entsprechende Antikörper im Rahmen von Schwangerschaften zu Komplikationen bis hin zu schweren Schädigungen des ungeborenen Kindes (sog. Morbus haemolyticus neonatorum) führen können. Frauen, die bereits eine oder

mehrere Schwangerschaften hinter sich haben, haben außerdem durch mögliche Immunisierungsereignisse aufgrund von Inkompatibilität mit den Feten bereits ein erhöhtes Risiko einer Alloimmunisierung, die durch eine schlechtere Blutproduktauswahl gesteigert werden könnte (bekanntes Beispiel: Rhesus-Prophylaxe).

Die individuelle Zuordnung von Blutprodukten zu behandelten Personen erfolgt anhand von Kriterien wie Geschlecht, Alter, anfordernder Station, ABO-Blutgruppe, Rhesusfaktor, Rhesusformel, dem Vorhandensein irregulärer Alloantikörper, der Notwendigkeit einer Bestrahlung sowie der Transfusionswahrscheinlichkeit.

Das Expertensystem und das Empfehlungssystem berücksichtigen diese Kriterien präzise, um zu bestimmen, welche Blutprodukte für die jeweilige Person am besten geeignet sind. Durch die Einbeziehung von Faktoren wie Geschlecht, Alter und die An- oder Abwesenheit bestimmter Antikörper für diese KI-basierten Instrumente kann das höhere Risiko von Komplikationen bei weiblichen Transfusionspatienten erheblich verringert werden.

Die Vorhersagemodelle des patientenindividuellen Transfusionsbedarfs verwenden Parameter wie Bedarf im kurzfristigen Verlauf, Verlauf der Laborwerte, Diagnose, geplante Behandlungen und Medikation. Auch hier spielen Geschlecht und geschlechtsspezifische Faktoren eine wichtige Rolle, da Frauen ein höheres Risiko für bestimmte Gesundheitszustände, Erkrankungen und Komplikationen im Zusammenhang mit Schwangerschaften und Entbindungen haben.

Das Expertensystem und das Empfehlungssystem befinden sich in der Validierungsphase. Die Vorhersagemodelle befinden sich zwar noch in der Entwicklungsphase, werden aber parallel zu ihrer Weiterentwicklung validiert. Die Wirksamkeit und Genauigkeit aller KI-Systeme in Bezug auf die Bedürfnisse sowohl männlicher als auch weiblicher Personen werden genau überwacht.

## 6.2 Rücksicht auf die Vorlieben, Gewohnheiten und Bedürfnisse sowohl männlicher als auch weiblicher Blutspender im Rahmen der Projektziele und des Projektvorhabens

Die Spenden-App wird verwendet, um Blutspendende direkt über benötigte Blutspenden zu informieren. Die Spender und Spenderinnen werden über den tagesaktuellen Bedarf bestimmter Blutprodukte informiert und haben durch die App die Möglichkeit sofort einen Spendetermin zu vereinbaren.

Weitere Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der medizinischen Bedürfnisse von männlichen und weiblichen blutspendenden Personen. Frauen vor der Menopause haben zum Beispiel ein höheres Risiko für eine Eisenmangelanämie, was über die Häufigkeit zur Zulassung der Spende definiert ist. Die Spenden-App fordert Spenderdaten wie Geschlecht und Datum der letzten Spenden an, um sicherzustellen, dass Sicherheit von männlichen und weiblichen Blutspendern zu gewährleisten.

Studien zeigen, dass Männer und Frauen gleichermaßen wahrscheinlich Blutprodukte spenden, Frauen jedoch eher aufgrund von Altruismus, während Männer eher durch extrinsische Belohnungen motiviert werden.<sup>18</sup> Wir erkennen jedoch an, dass Motivationen nicht nur für ein bestimmtes Geschlecht gelten und sich im Laufe der Zeit ändern können. Daher wurde die Spenden-App strukturell und ästhetisch so gestaltet, dass sie sowohl altruistische als auch extrinsisch motivierte Spender und Spenderinnen auf geschlechtsneutrale Weise anspricht. 1.000 Flyer, die für die Testphase der Spenden-App werben, wurden im Spendenzentrum der UME ausgelegt. Spender und Spenderinnen konnten und wurden ermutigt, an der Testphase teilzunehmen. Feedback von drei Geschlechtern wurde gesammelt.

### 6.3 Zusammensetzung und Struktur des Projektteams, einschließlich der Genderverteilung der Teammitglieder, der Genderverteilung des Projektmanagements und die Arbeitsatmosphäre innerhalb des Teams

Die UME arbeitet beim AutoPiLoT-Projekt mit der FH Dortmund zusammen. In der gesamten Arbeitsgruppe sind 53 % der Teammitglieder weiblich. 33 % der Führungspositionen werden von Frauen besetzt. 56 % des medizinischen Personals und 44 % des technischen Teams sind weiblich. Frauen wurden aktiv ermutigt, sich für Stellen in diesem Bereich des Projekts zu bewerben. Die proportionale Präsenz von Frauen, sowohl in der Projektleitung als auch im medizinischen Personal, gewährleistet eine starke weibliche Perspektive auf die Projektziele und das Projektvorhaben. Alle Teammitglieder, unabhängig vom Geschlecht, berichteten konsistent über die folgenden Meinungen:

- Die Projektziele berücksichtigen die medizinischen Bedürfnisse sowohl der behandelten als auch der spendenden Personen.
- Frauen sind sowohl im Projektteam als auch in einer Vielzahl von qualifizierten Rollen angemessen vertreten.
- Alle Teammitglieder, einschließlich weibliche Teammitglieder, fühlen sich in der Lage, männliche und weibliche Perspektiven zum Projekt zu teilen.
- Eine integrative und respektvolle Arbeitsatmosphäre wird innerhalb des Projekts geschaffen.

## 7. Verbreitung und Verwertung

- Im September 2020 wurde bei der 53. Digitalen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie ein Abstract angenommen. Es erfolgte ein Poster Präsentation mit dem Titel: Impact of SARS-CoV-2 on blood supply in two large University Hospitals
- Im April 2021 wurde für die 66. Jahrestagung der GMDS ein Poster zum Expertensystem eingereicht. Diese Einreichung wurde ergänzt mit einer Paper-Einreichung im März 2022 zur 67. Jahrestagung der GMDS mit Ergebnissen einer Studie zum Expertensystem, die in einer der KMT-Stationen an der UME Essen durchgeführt wurde.
- Im September 2021 wurde das AutoPiLoT-Projekt in einer Online-Veranstaltung DAAD-Stipendiaten vorgestellt.
- Im April 2022 wurde das AutoPiLoT-Projekt im Rahmen der Girls' Day Veranstaltung am IKIM einer Gruppe von Schülerinnen vorgestellt.
- Für die 55. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie in Mannheim wurden zwei Abstracts angenommen. Es erfolgte ein Vortrag im September 2022 mit dem Titel: „Prediction of patient individual platelet demand in a large tertiary care hospital.“ Zudem wurde ein Poster präsentiert zum Thema: „Automated guideline-compliant patient-specific blood product allocation and innovative logistics management in transfusion medicine“.

- Im März 2023 hat das AutoPiLoT Projekt als Best Practice im „Whitepaper digitale Medizin in NRW - Praxisbeispiele und Erfolgsfaktoren“ (<https://www.gesundheit-digital.nrw/news/2023/white-paper-digitale-medizin>) Eingang gefunden.

## 8. Publikationsverzeichnis

- Brieske CM, Temme C, Hiller J, Goebel M, Peine S, Horn PA: Impact of SARS-CoV-2 on blood supply in two large University Hospitals; 53. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie (DGTI), 16.–18. September 2020, DIGITAL, Abstracts. Transfus Med Hemother 2020;47(suppl 1):1-82. doi: 10.1159/000510538
- Engelke M, Brieske CM, Nensa F, Horsch R, Koitka S, Flaschel N, Horn PA: Prediction of patient individual platelet demand in a large tertiary care hospital, 55. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie e. V. (DGTI), 21.–23. September 2022, Mannheim, ABSTRACTS. Transfus Med Hemother 2022;49(suppl 1):3-84. doi: 10.1159/000525886
- Brieske CM, Engelke M, Temme C, He D, Kureishi A, Nensa F, Böckmann B, Horn PA: Auto-PiLoT – Automated guideline-compliant patient-specific blood product allocation and innovative logistics management in transfusion medicine, 55. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Transfusionsmedizin und Immunhämatologie e. V. (DGTI), 21.–23. September 2022, Mannheim, ABSTRACTS. Transfus Med Hemother 2022;49(suppl 1):3-84. doi: 10.1159/000525886
- Engelke M, Brieske C, M, Parmar V, Flaschel N, Kureishi A, Hosch R, Koitka S, Schmidt C, S, Horn P, A, Nensa F: Predicting Individual Patient Platelet Demand in a Large Tertiary Care Hospital Using Machine Learning. Transfus Med Hemother 2023. doi: 10.1159/000528428
- Im April 2023 ist die Einreichung eines weiteren Manuskripts mit dem Titel: „Impact of SARS-CoV-2 on blood supply in two large university hospitals“ geplant.

## 9. Literaturverzeichnis

1. Henseler O. Bericht zur Meldung nach § 21 TFG für das Jahr 2020. Available from: [https://www.pei.de/SharedDocs/Downloads/DE/regulation/meldung/21-tfg/21-tfg-berichte/2020-tfg-21-bericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.pei.de/SharedDocs/Downloads/DE/regulation/meldung/21-tfg/21-tfg-berichte/2020-tfg-21-bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
2. Greinacher A, Fendrich K, Hoffmann W. Demographic Changes: The Impact for Safe Blood Supply. Transfus Med Hemother 2010; 37: 141-148. doi: 10.1159/000313949.
3. Greinacher A, Weitmann K, Schonborn L, Alpen U, Gloger D, Stangenberg W, et al. A population-based longitudinal study on the implication of demographic changes on blood donation and transfusion demand. Blood Adv 2017; 1: 867-874. doi: 10.1182/bloodadvances.2017005876.
4. vgl. Drucksache 19/3509 des Deutschen Bundestags vom 19.07.2018.
5. Available from: <http://www.snomed.org/>

6. Available from: <https://loinc.org/>
7. Available from: <http://www.medizininformatik-initiative.de/de/konsortien/smith>.
8. Available from: <https://www.dimdi.de/dynamic/de/klassifikationen/weitere-klassifikationen-und-standards/umls/>.
9. Querschnitts-Leitlinien Hämotherapie. 2020;287.
10. Chen T HT, Benesty M, Khotilovich V, Tang Y, Cho H, et al. Xgboost: extreme gradient boosting. R Package Version 04-2.
11. Available from: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html>.
12. A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework.
13. Engelke M, Brieske C, M, Parmar V, Flaschel N, Kureishi A, Hosch R, Koitka S, Schmidt C, S, Horn P, A, Nensa F: Predicting Individual Patient Platelet Demand in a Large Tertiary Care Hospital Using Machine Learning. Transfus Med Hemother 2023. doi: 10.1159/000528428
14. Available from: <http://facebook.github.io/prophet/>.
15. Votum (V 38) Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. doi,
16. Available from: <https://www.gesundheit-digital.nrw/news/2023/white-paper-digitale-medizin>.
17. Indelen C, Uygun Kizmaz Y, Kar A, Shander A, Kirali K. The cost of one unit blood transfusion components and cost-effectiveness analysis results of transfusion improvement program. Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg 2021; 29: 150-157. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2021.20886.
18. Bani M, Giussani B. Gender differences in giving blood: a review of the literature. Blood Transfus 2010; 8: 278-287. doi: 10.2450/2010.0156-09.