Erstversorgung bei Rettungseinsätzen mit künstlicher Intelligenz (KIRETT)

Universität Siegen
Prof. Dr. Roman Obermaisser

Überblick

- Motivation und Herausforderungen
- Ziele und Innovationen
- Situationserkennung und Handlungsempfehlungen
- Implementierung als Wearable
- KI-Hardware-Accelerator für Echtzeitfähigkeit, Energieeffzienz und Robustheit
  - Time-Triggered Tensor Accelerator (TT-VTA)
  - Superscalar Time-Triggered Tensor Accelerator (STT-VTA)
- Evaluation des Wearables in Kooperation mit Rettungsdiensten

Computerunterstützung durch KI bei Rettungseinsätzen zur Verbesserung der Erstversorgung (KIRETT)

- Fördergeber
  - BMBF
  - Fördermaßnahme KMU Innovativ
- Partner
  - CRS medical GmbH
  - mbeder GmbH
  - Universität Siegen
    - Lehrstuhl Embedded Systems
    - Lehrstuhl Wissensbasierte Systeme und Wissensmanagement
    - Rat für Ethik in der Forschung

Bundesministerium für Bildung und Forschung

CRS medical

mbeder
things are smarter than they appear

Universität Siegen

Konsortium (2)

- Assoziierte Partner
  - Kreis Siegen-Wittgenstein
  - Rettung / Feuerwehr Stadt Siegen
  - Deutsche Rote Kreuz
  - Jung-Stilling-Krankenhaus

Siegen-Wittgenstein
in Südwestfalen

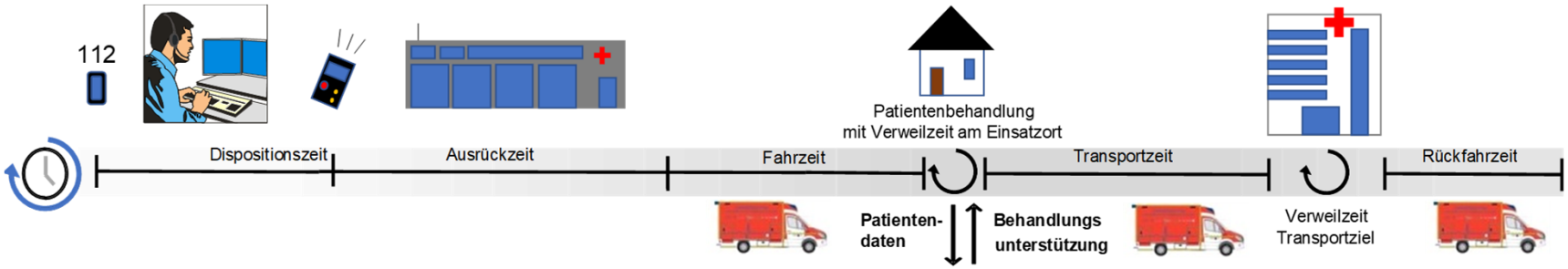
UNIVERSITÄTSSTADT
SIEGEN

Diakonie
Klinikum
jung-stilling

Deutsches
Rotes
Kreuz
Kreisverband
Siegen-Wittgenstein e.V.

Herausforderungen bei Erstversorgung in Rettungseinsätzen

- **Sondereinsatzlagen:** Erstversorgung bei Sondereinsatzlagen (z.B. Massenanfall von Verletzten, Schlangenbiss) heute nicht optimal
- **Effizienzsteigerung**: Abläufe und Datenflüsse nicht optimal und in Hinblick auf die Effizienz verbesserbar
- **Nachvollziehbarkeit**: Heute keine Rückmeldung aus der Erstversorgung in Hinblick auf die Qualität von Verfahrensweisen für Qualitätsmanagement und Ausbildung
- **Datenintegration**: Zusammenführung von Daten erst im Rettungswagen und nicht beim Patienten vor Ort mit Nachteilen bei Effizienz und Qualität der Erstversorgung



Projektziel

- Tragbares Gerät (Wearable) zur Verbesserung der Erstversorgung bei Rettungseinsätzen
  - Computerunterstützte Situationserkennung
  - Kontextabhängige Handlungsempfehlungen
- Wearable entscheidend um Rettungskräfte außerhalb des Rettungswagens beim Patienten vor Ort zu unterstützen
- Vorteile
  - Kommunikation und Datenintegration medizinischen Geräten
  - Minimierung von Spätschäden durch falsche Behandlung
  - Steigerung der Überlebenswahrscheinlichkeit

Innovationen: (1) Verbesserte Versorgungsqualität bei Sondereinsatzlagen

- Automatischer Situationserkennung aus verschiedenen Datenquellen (z.B. medizinische Geräte, Einsatzdaten der Leitstelle, Eingaben der Rettungskräfte)
- Bereitstellung von Handlungsempfehlungen auch für seltene Szenarien (z.B. Schlangenbiss)
- Zeitsparende und zuverlässige digitale Dokumentation
- Effizientere Klassifikation von Patienten bei Massenanfall von Verletzten (MANV)
- Datenabgleich zwischen Wearables verschiedener Ersthelfer und automatische Disposition

Innovationen: (2) Generelle Effizienz-steigerung beim Rettungspersonal

- Effizienzsteigerung durch Automatisierung und kontextabhängige Unterstützung
  - kontextabhängige automatische Aggregation und Visualisierung der relevanten Daten
  - Entlastung der Einsatzkräfte durch begleitende Empfehlungen und Analysen (z.B. Medikamentendosierung)
  - Bereitstellung und Berücksichtigung der Einsatzdaten aus der Leitstelle
  - Datenaustausch mit medizinischen Geräten.
- Aufmerksamkeit des Rettungspersonals wird vollständig auf den Notfallpatienten gerichtet

Innovationen: (3) Nachvollziehbarkeit der Erstversorgung

Rückverfolgbarkeit, Datenprotokollierung:

- Aus der Primärversorgung gibt es heute nur **wenig Rückmeldungen zur Qualität** der Verfahren für Qualitätsmanagement und Ausbildung.
- Die Daten werden aktuell überwiegend im Rettungswagen (im Rahmen der Protokollierung) und **nicht** bei der Patientin oder dem Patienten **vor Ort** zusammengeführt.

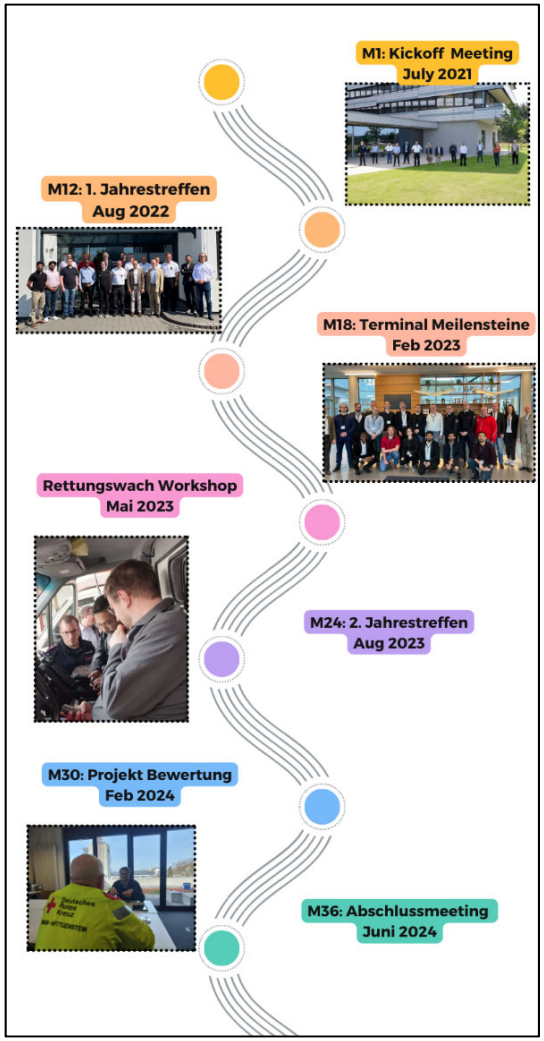
Innovationen: (3) Nachvollziehbarkeit der Erstversorgung

- Vom Wearable gesammelte Einsatzdaten dienen im Nachgang zur Optimierung der Erstversorgungsalgorithmen und zur Ausbildungsoptimierung
- Verbesserung des Qualitätsmanagements und der Ausbildung
- Überarbeitung der Handlungsempfehlungen für Rettungskräfte (z.B. Medikament in einer bestimmten Situation früher verabreichen)
- Bei Bedarf: Veranlassung von Schulungen für Mitarbeiter

Innovationen: (4) Datenintegration zur Verbesserung der Erstversorgung

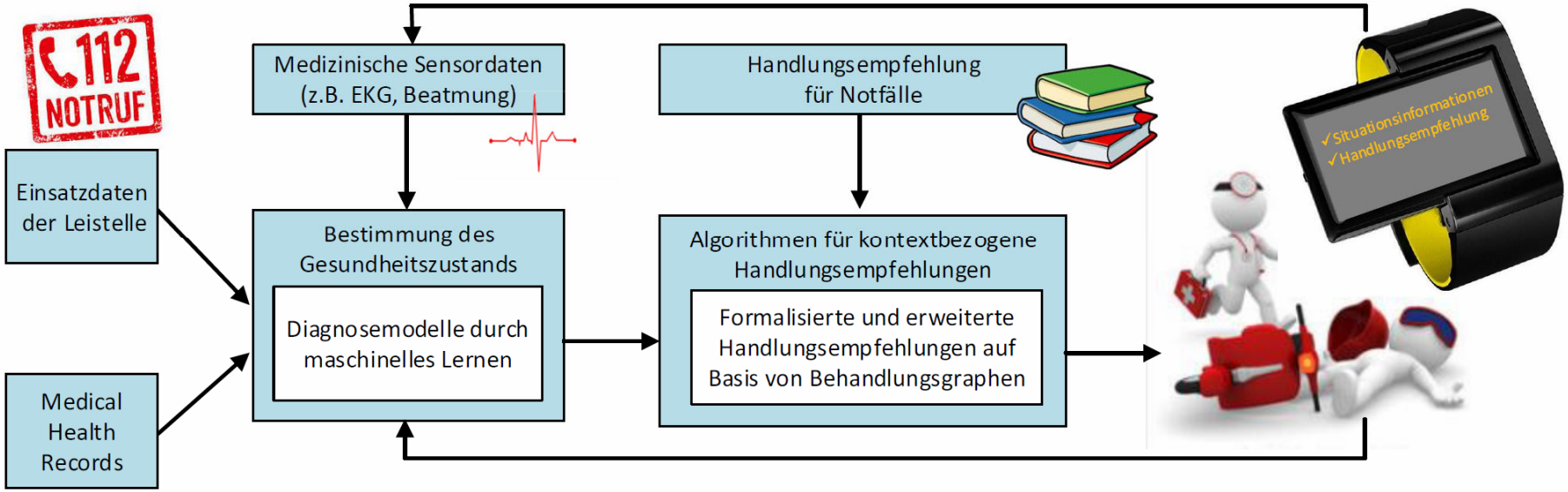
- Zusammenführung der Daten aus der Leitstelle, aus medizinischen Geräten und aus Eingaben der Rettungskräfte.
- Abgleich zwischen den Daten verschiedener Wearables für ein kohärentes und umfassendes Gesamtbild für die Situationserkennung, die Handlungsempfehlungen und das Qualitätsmanagement

KIRETT Zeitstrahl



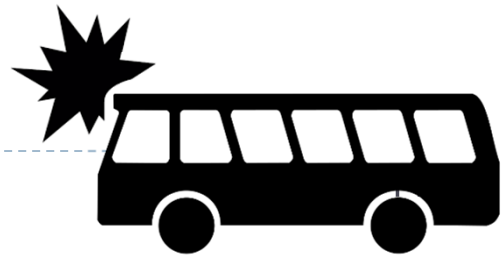
Technische Zielsetzung

- Methoden zur Situationserkennung
- Ableitung von Handlungsempfehlungen
- Wearable zur Unterstützung des Rettungspersonals bei Einsätzen
- Benutzerschnittstelle für Rettungsdienstpersonal
- Sicherheitskonzept
- Erweiterbarkeit mit Anwendungen von Drittanbietern
- Experimentelle Evaluation



Beispielszenario: Linienbus

- MANV-Szenario mit Linienbus
  - Busfahrer bewusstlos und eingeklemmt über seinem Lenkrad
  - 23 weitere Fahrgäste im Bus.
- Nach kurzer Zeit an Hintertür sowie an Vordertür Sammelstellen der noch gehfähigen leicht bis mittel-schwer verletzten Patienten
- Zeitgleich treffen zwei Rettungswagen ein und beginnen mit der Sichtung der Patienten
- Wearables führen Einsatzkräfte durch den Sichtungsalgorithmus um Verletzte einer Sichtungskategorie zuzuteilen
- Fahrzeugbesatzung versieht Patienten mit einem Patientenband mit RFID-Chip, das entsprechend der Sichtungskategorie farblich markiert



Beispielszenario: Linienbus (2)

- Durch Anhalten des Wearables wird der RFID-Chip mit den wichtigsten Kurzinformationen (Schweregrad, Diagnose, Besonderheiten, etc) bespielt
- Übertragen und Zusammenführen der Daten aller eingesetzten Wearables
  - Gesamteindruck über die Patienten
  - Übersicht für Führungskräfte des Einsatzes
- Schnellstmögliche Erfassung und Festlegung der Behandlungspriorität in der richtigen Reihenfolge mit Zuordnung an die richtigen Krankenhäuser, ohne dass dauerhaft mehrere mit Stift auf Papier geschriebenen Listen an der Einsatzstelle abgeglichen werden müssen

Beispielszenario: Anschließende Individualbehandlung

- Wearable unterstützt anschließend die Individualbehandlung mit Kommunikation der angeschlossenen Medizingeräten
- Auswahl der richtigen (lebensrettenden) Sofortmaßnahmen
  - Beispiel „Schocksymptomatik“
  - Beispiel „kardiopulmonaler Reanimation“

Situationserkennung bei Rettungseinsätzen

- Identifikation des Gesundheitszustands von Notfallpatienten mit einer geeigneten Abstraktionsebene für Notfallversorgungsentscheidungen
- Konzeptualisierung der relevanten Eingabeinformationen wie Sensordaten medizinischer Geräte beim Notfalleinsatz, Einsatzdaten und Eingaben des Rettungsdienstpersonals
- Erstellung umfassender Trainingsdaten auf Grundlage der protokollierten Einsatzdaten der Rettungswache Siegen
- Prüfen, formalisieren und ergänzen der Daten mit neu zu entwickelnden Softwarewerkzeugen
- Training eines neuronalen Netzwerks mit einer geeigneten Architektur zur Situationserkennung

Rettungsdaten

- Datenvorverarbeitungstechniken um Informationen aus 10 Jahren Rettungsaufzeichnungen (mehr als 273.000 Fälle) zu filtern, die von der Rettungswache Siegen-Wittgenstein bereitgestellt wurden
- Daten enthielten mehr als 400 Merkmale mit Gesundheitsdaten und Informationen über die Patienten
- Erstellung eines Datenwörterbuchs der Rettungsinformationen
- Zuweisung von gesundheitlichen Komplikationen bei Rettungsfällen auf der Grundlage der von den Rettern bereitgestellten Informationen

Rettungsdaten

- **Gesundheitliche Komplikationen**

Respiratory
Cardio
Neurology
Psychiatry
Abdominal
Metabolic

Features

Health Vital – SpO2, Pulse, EtCO2, BP
Patient record
Operational data of emergency call
Primary assessment of patient
First impression of responder

Analyse von Textdaten

* Für einige Komplikationen reichten die vorhandenen Daten nicht aus. Es wurde eine erweiterte Datenanalyse mit natürlicher Sprachverarbeitung durchgeführt

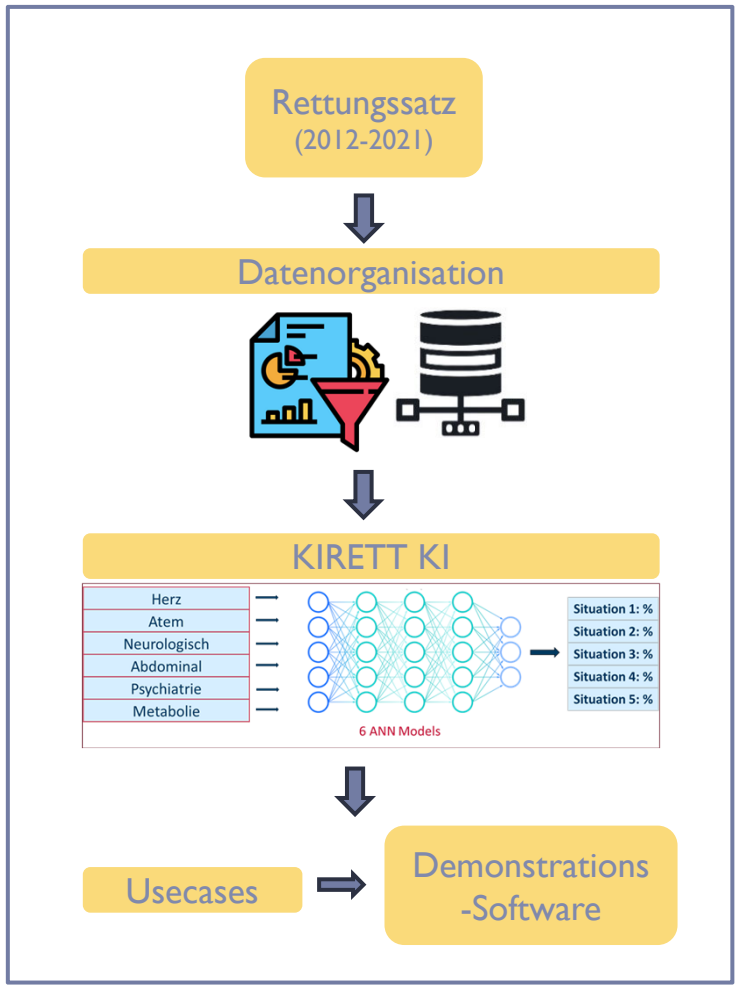
Patientin wach, ansprechbar und orientiert auf Stuhl sitzend angetroffen. Pat. ist seit gestern Abend nicht mehr in der lage ein Glas Wasser mit der rechten Hand festzuhalten und klagt über Schwindel. Sprachstörungen seit heute morgen. Art. Hypertonie vorbekannt, Schmerzen

Kondition	Wach
	Ansprechbar
	Orientiert
Abnormalities	Schwindel
	Sprachstörungen
	Schmerzen
Pre-illness	Hypertonie

Situationserkennung

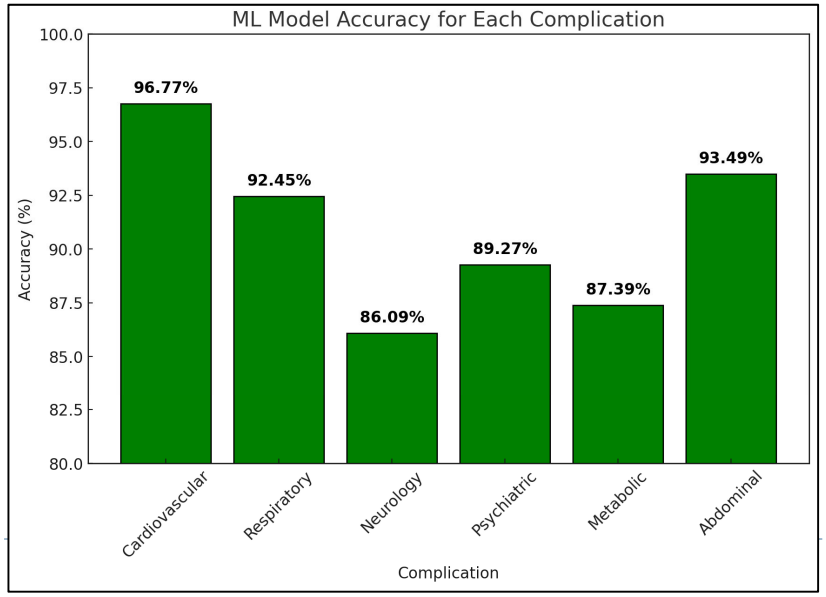
Technische Aktivitäten

- Erweiterte Datenvorverarbeitung
- Entwicklung der KIRETT-KI-Software zur Erkennung von Gesundheitskomplikationen mit maschinellen Lernmodellen
- Entwurf eines KIRETT-Demonstrators und Test von Anwendungsfällen zur Ermittlung der Projekteffizienz



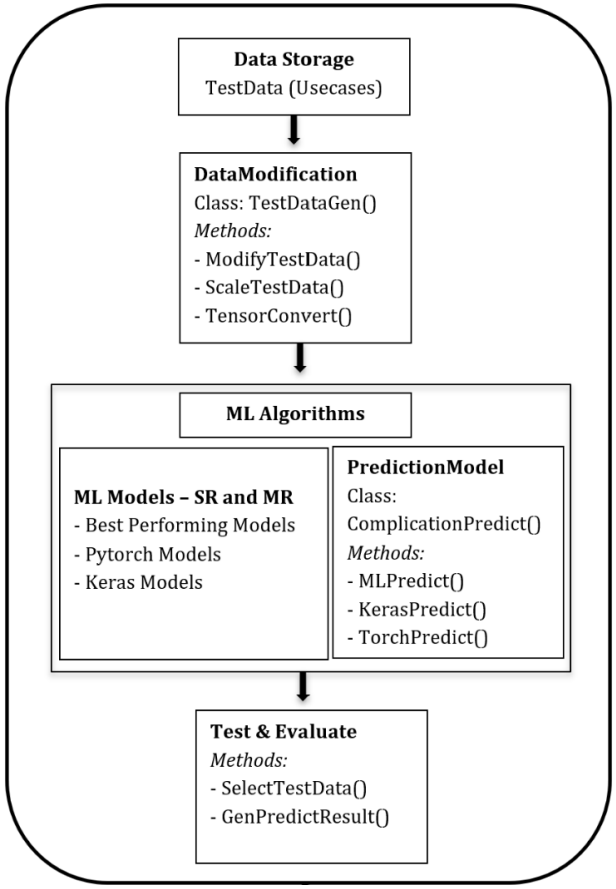
Leistung von Situationserkennungsmodellen

Gesundheitliche Komplikationen	Modelle	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Precision (%)	F1 Score (%)
Cardiovascular	Random Forest	96.77	94.11	99.09	98.91	96.45
Respiratory	XGBoosting	92.45	91.65	93.2	92.67	92.15
Neurology	Random Forest	86.09	88.31	83.92	84.32	86.27
Psychiatry	Random Forest	89.27	89.44	89.07	90.59	90.01
Metabolic	Random Forest	87.39	81.11	91.97	88.06	84.44
Abdominal	Random Forest	93.49	94.54	92.3	93.24	93.88



Software zur Unterstützung der Rettungsdienste

- Entwicklung einer Rettungsdienstsoftware als Lösung zur Erkennung von Gesundheitskomplikationen bei Patienten
- Behandlung auf der Grundlage der Symptome und der erkannten Komplikation
- Die Software nimmt die Daten eines neuen Patienten als Eingabe und liefert die Wahrscheinlichkeit für jede Komplikation
- Drei Anwendungsfälle wurden erstellt, um die Benutzerfreundlichkeit zu demonstrieren



Ableitung von Handlungsempfehlungen

- Erstellung von Graphen und Überführung in eine Wissensbasis
  - aus medizinischer Textdokumentation (Vorschriften, medizinische und sicherheitsrelevante Richtlinien und Standardarbeitsanweisungen im Rettungsdienst)
  - Aus historischen Daten der Einsatzabläufe
- Prüfung durch Experten und Analyse der Graphen auf Basis von Bayes'schen Netzen
- Vortrainierte bzw. bewertete Graphen nutzen die erkannten Situationen als Eingabedaten um Handlungsempfehlungen zu bestimmen
- Zuhilfenahme von Frage/Antwort-Abläufen
- Entwicklung geeigneter Ein- und Ausgabemöglichkeiten mit kurzen Befehle

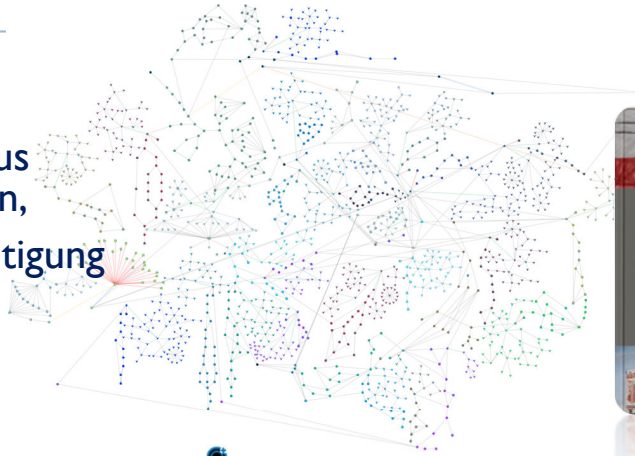
Textanalyse und Extraktion von Handlungsanweisungen

- Handbuch „Behandlungspfade und Standardarbeitsanweisungen“ wurde analysiert
- Mit NLP (Natural Language Processing), z.B. Tokenisierung, Duplikate-Entfernung auf 1552 Begriffe reduziert
- Erweiterung der Begriffe zu einem Fachglossar durch OpenAI API (ChatGPT4) zu einem **Fachglossar**

→ **Regelmäßige Meetings führten zur Evaluation des Fachglossar**

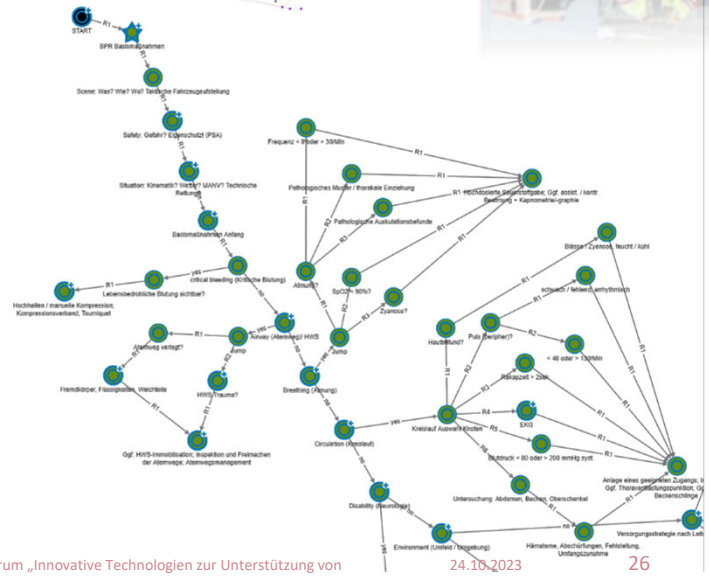
Handlungsempfehlungen - USI

- **Ableitung von Handlungsempfehlungen:**
- Extraktion der Handlungsempfehlungsdiagramme aus Behandlungspfaden und Standardarbeitsanweisungen,
- Modellierung als Graphdatenbank unter Berücksichtigung von Expertenwissen.



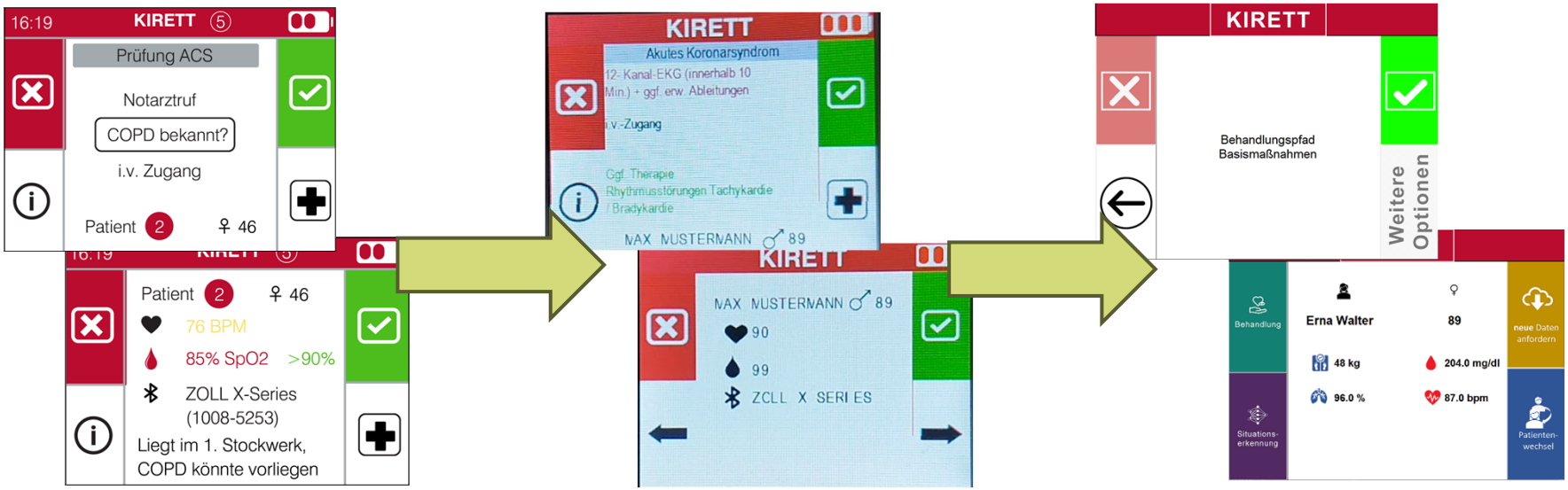
- Komposition von Wissensgraphen

  (3046 Knoten, 4467 Relationen)
- Nutzung von **Kontextinformationen** (situationsbewusst, anhand von Sensordaten von medizinischen Geräten) zur Abgabe von Empfehlungen für die Notfallversorgung.
- **Wissensbasiertes System:** Über das Wearable werden Rückfragen gestellt, Antworten verarbeitet und bei Empfehlungen berücksichtigt.



Arbeitsgruppe Ärztlicher Leiter Rettungsdienst, Feuerwehr Siegen, DRK Rettungsdienst Siegen-Wittgenstein. Behandlungspfade und Standardarbeitsanweisungen für den Rettungsdienst im Kreis Siegen-Wittgenstein, Kreis Siegen-Wittgenstein, Siegen, 2020.

Definition der Benutzerschnittstelle

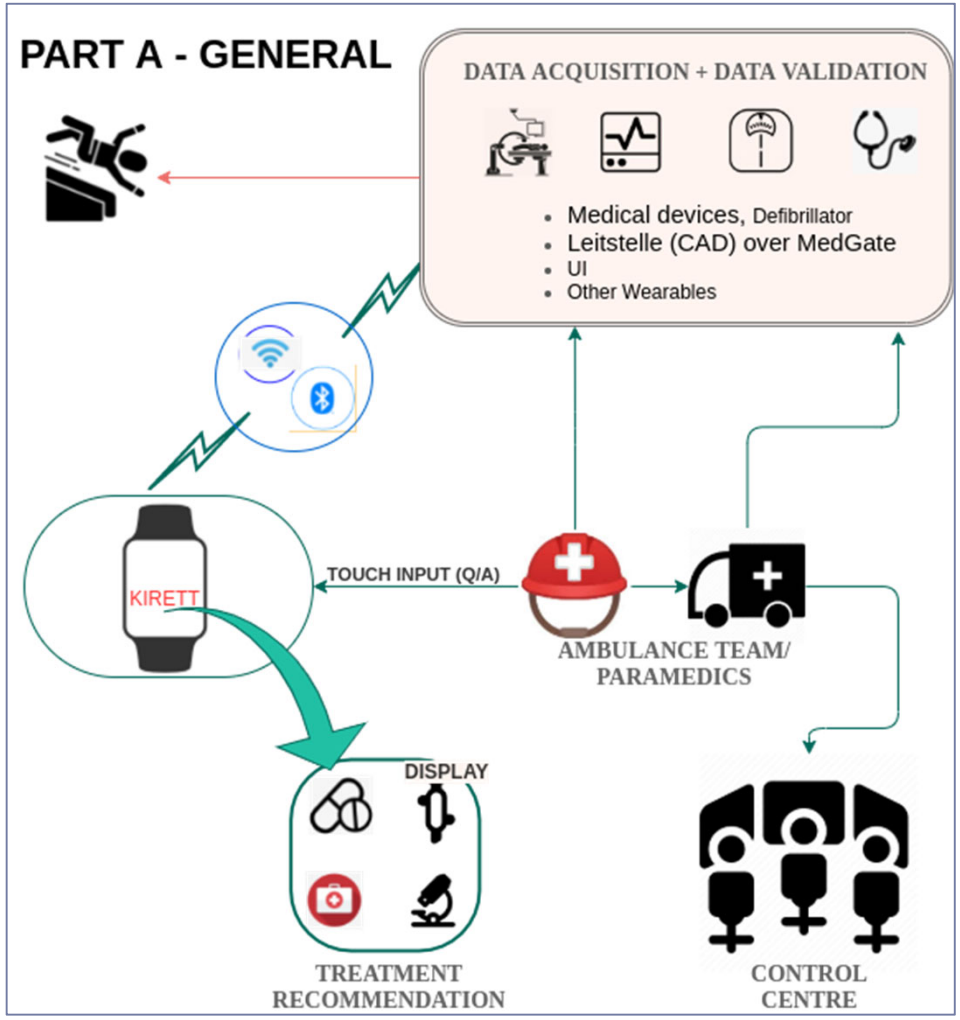


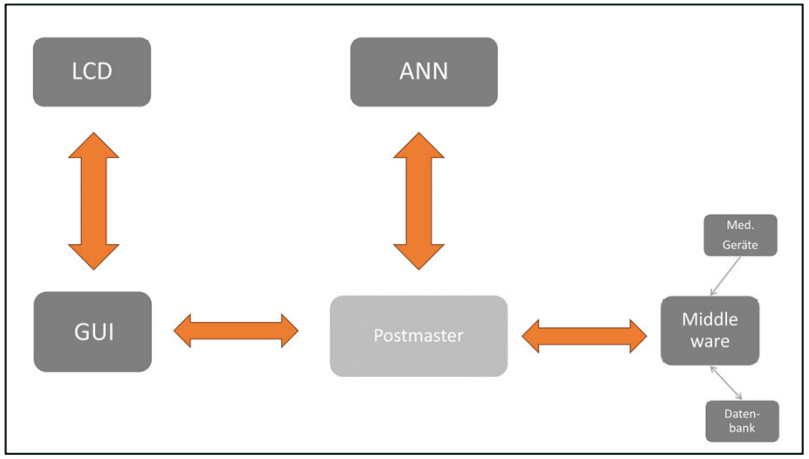
11/2022 **02/2023** **02/2024**

Implementierung als Wearable

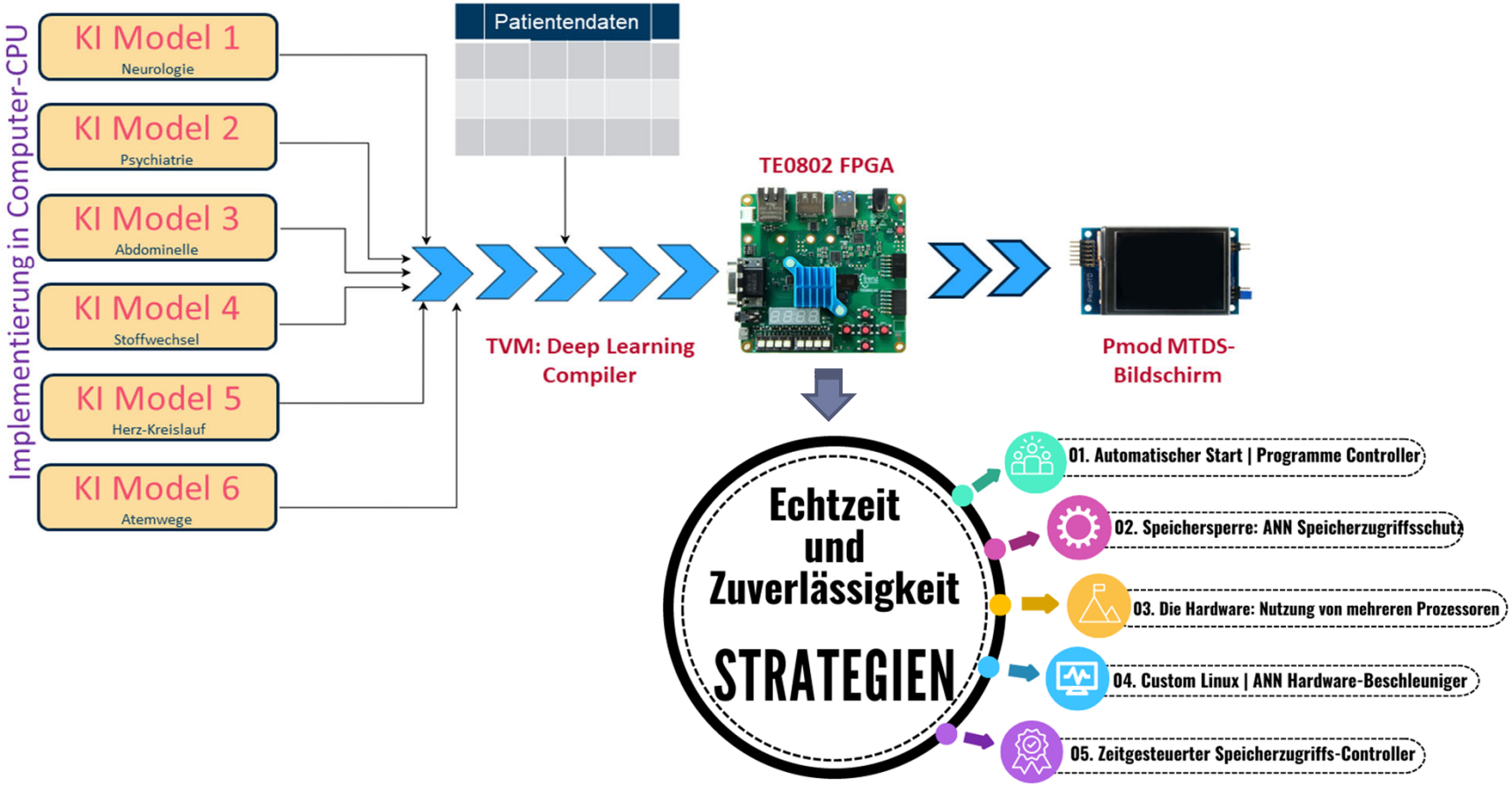
- Implementierung der Situationserkennung und der Ableitung von Handlungsempfehlungen als tragbares Gerät mit einer System-on-a-Chip-FPGA-Plattform.
- Realisierung des neuronalen Netzwerks in programmierbarer Logik um die Energieeffizienz und die Echtzeitfähigkeit zur gewährleisten.
- Kommunikation mit den medizinischen Geräten und dem Krankenwagen über geeignete drahtlose Schnittstellen (z.B. Bluetooth LE)
- Benutzerschnittstelle mit Touchscreen-Eingaben, Sprachausgabe und Gestensteuerung

Systemarchitektur und Konnektivität





Eingebettete Plattform



Experimentelle Evaluation des KIRETT Wearables

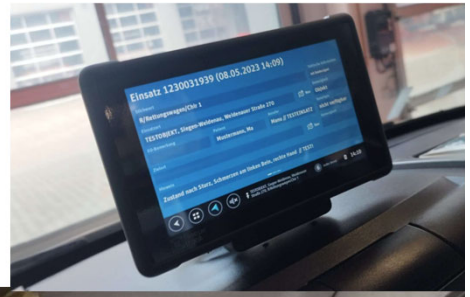
- Bewertung des Prototypen des tragbaren Geräts von der Rettungswachen Siegen
  - Durchführung von Standard-Trainingseinsätze
  - Herbeiführen von speziellen seltene Situationen als Testfälle
- Bewertung relevanter Kenngrößen
  - False-negatives/False-positives in der Situationserkennung
  - Korrektheit der Handlungsempfehlungen
  - Energieeffizienz der Realisierung
  - …

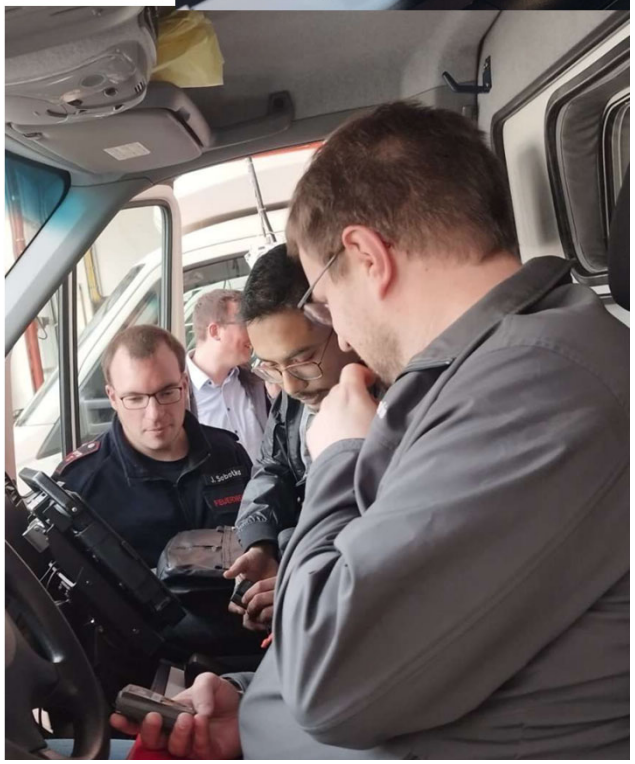
Definition der Use-Cases

- Mehrere Use-Case Meetings zur Festlegung von Fallbeispielen
- Meetings mit assoziierten Partnern
- Ausgewählte Usecases (zu Beginn des Projekts)
  - Akutes Koronarsyndrom, Anaphylaktischer Schock
- Zur KIRETT-Demonstrator-Testung → Erweiterung der Use-Cases:
  - ACS/Dyspnoe
  - Suizidversuch
  - Unklare Bauchschmerzen
  - Intoxikation
  - Zyste
  - Grippe

Durchführung der Evaluation

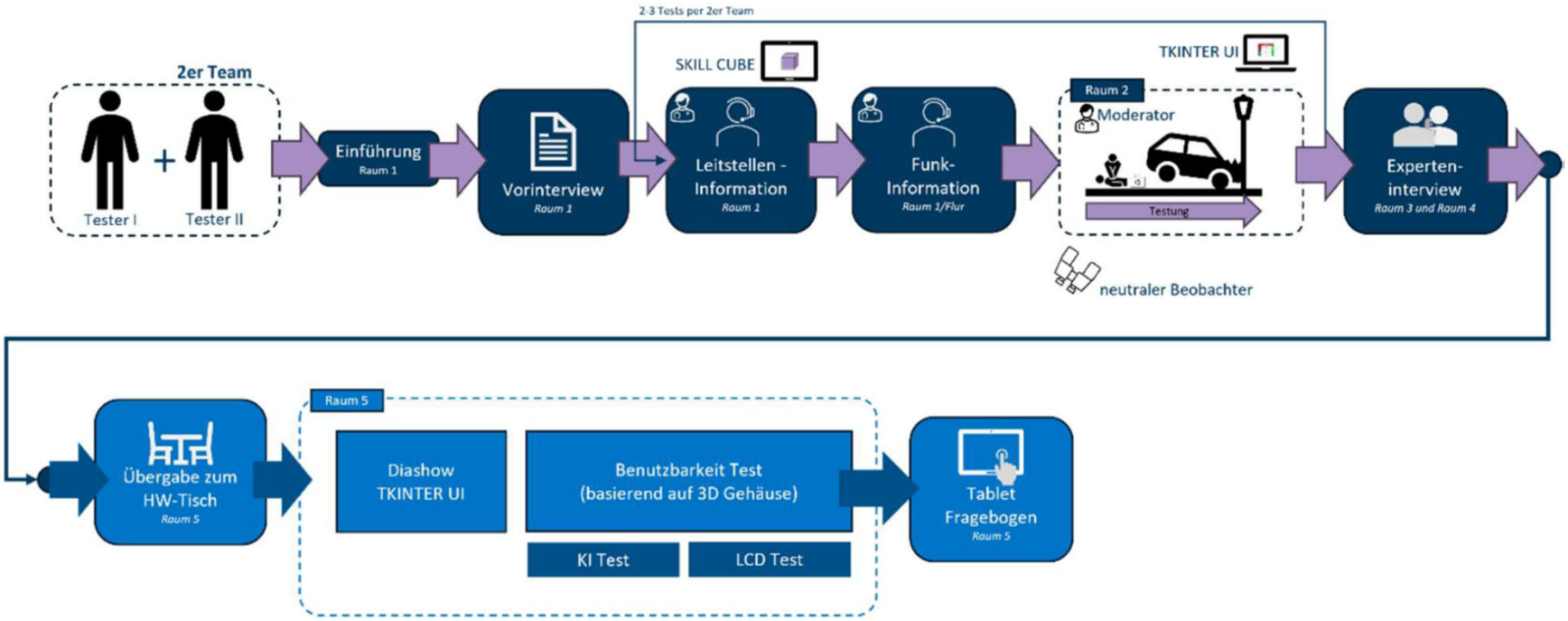
- Kontinuierliche Evaluation durch verschiedene Meetings (Online, sowie Präsenz)
- Enge Zusammenarbeit mit assoziierten Partnern
- Begehung der Rettungswache in Siegen
- Vor-Ort-Meeting: Leitstellen-Information + „Wie läuft eine Behandlung ab?“





Evaluation

- Ziel: Demonstrator in Praxisumgebung testen
- Experteninterviews zur Evaluation der Projektergebnisse
- Planungsbeginn: November 2023
- Testtage: 28.02.24 + 01.03.24



Durchführung der Evaluation

Use-Case	Beschreibung	Diagnose
Herz (Adam Albrecht)	Brustschemerzen, Husten, Genesung von Krankheit	ACS/Dyspnoe
Neurologisch (Bernd Bäcker)	Leere Medizinflaschen, Abschiedsbrief, auf Heizung gefallen	Suizidversuch
Herz (Christoph Columbus)	Brustschmerzen, sonst stabil	unklare Brustschmerzen
Psychiatrisch (Daniel Diehl)	Alkoholisiert vor Supermarkt, woltle Krankenwagen als Taxi benutzen	Intoxikation
Bauch (Emma Einstein)	Magenschmerzen, Übelkeit, eine Zyste wurde diagnos-tiziert, aber nicht behandelt	Zyste
Stoffwechsel (Fabian Feuerstein)	Bauchschmerzen, Übelkeit und Erbrechen	Grippe

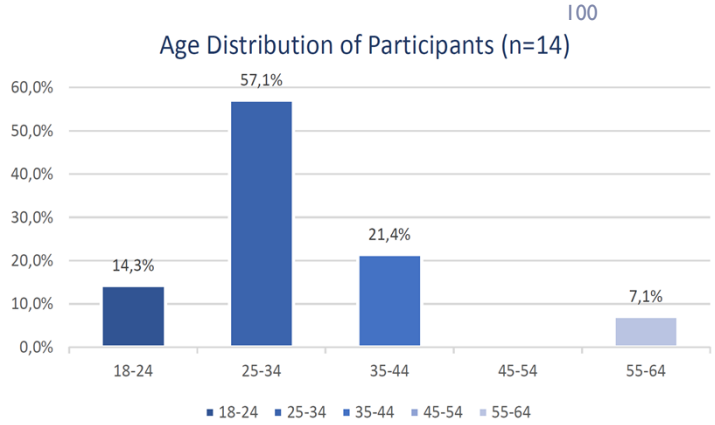
6 Use-Cases definiert

100

Eindrücke aus der KIRETT Demonstrator Testung

Ergebnisse der Evaluation

- Insgesamt 14 Teilnehmer an der KIRETT-Demonstrator-Test
- Experteninterview beinhaltete Fragen zu allen Modulen
- **USI-WBS** fokussierte den Wissensgraph, die GUI, und die 3D Modelle



92,85% Tester bestätigen die Genauigkeit des Wissensgraphen

„Behandlungsschritte können beim Gedächtnis helfen. Eine gute Option vor allem für unerfahrene Retter."

„Die automatische Dokumentation wird sehr hilfreich sein!"

„Unterstützung bei der Kinderrettung wäre großartig!"

„Wearable muss sein leicht zu desinfizieren."

„Display muss lesbar sein in bei allen Lichtverhältnissen."

„Die Touch-Eingabe kann bei Regen zu Problemen führen. Vielleicht Spracheingabe als zusätzliche Option?"

Eine automatische Dosisberechnung wäre hilfreich!

Ergebnisse der Evaluation

- Genauigkeit des Wissensgraphen wurde von 13/14 Testern bestätigt
- Unterstützung für Mitarbeiter im Rettungswesen mit wenig Erfahrung
- Sprachsteuerung als Zusatz zur Touch-Steuerung

Verwertung

- Tragbares Gerät zur Marktreife bringen
- Verwertung der energieeffizienten, fehlertoleranten und echtzeitfähigen SoC-FPGA-Plattformen für KI
- Hoher Marktbedarf und überzeugendes Werteversprechen für Kunden
- Zahlreiche Anschlussmöglichkeiten auch in anderen Domänen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen?