

## Business Innovation Engineering Center

Transferdokumentation für den Praxispiloten  
»KI in der Bewertung komplexer medizinischer Datensätze«

Öffentliche Version vom 15. Januar 2021

### Beteiligte Partner

- PraeMedicon GbR
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

### Autoren

- Claudia Dukino (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation)
- Marc Hanussek (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation)
- David Unterreiner (PraeMedicon GbR)



Dieses Projekt wird durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert.



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

## Inhalt

1	Management Summary.....	3
2	Einführung .....	4
2.1	Ausgangssituation und Motivation.....	4
2.2	Ziele und Nutzen der Zielgruppen.....	4
2.3	Projektrahmen.....	5
3	Inhaltliches .....	6
3.1	Anforderungen.....	6
3.2	IT-Architektur .....	6
3.3	Geschäftsmodelle .....	7
3.4	Umsetzung: Daten, Algorithmen und Funktionsmodelle.....	7
3.5	Herausforderungen.....	9
4	Resümee .....	10
4.1	Lessons Learned .....	10
4.2	Ausblick .....	10
5	BIEC-Projektdarstellung: Die Innovations- und Transformationsfähigkeit des Mittelstands in Baden-Württemberg nachhaltig steigern .....	11
6	Kontakt.....	12

## 1 Management Summary

Praxispiloten innerhalb des Business Innovation Engineering Center (BIEC) sind kleine Projekte zwischen einem Unternehmen und BIEC-Experten, um einen konkreten Aspekt der digitalen Transformation oder um eine konkrete Digitalisierungsidee zur Weiterentwicklung des Unternehmens zu untersuchen und erste Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Im Rahmen der Praxispiloten werden die in BIEC entwickelten vielfältigen Methoden, Werkzeuge und Vorgehensweisen in der betrieblichen Praxis getestet und so auch Weiterentwicklungspotenziale identifiziert.

Die in den BIEC-Praxispiloten gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse werden vom BIEC-Team aufgenommen, dokumentiert und im Rahmen des Wissenstransfers verbreitet. Dazu dient auch die vorliegende Dokumentation des Praxispiloten.

### **Kurzzusammenfassung des Praxispiloten**

Im Rahmen des Praxispiloten »KI in der Bewertung komplexer medizinischer Datensätze« wurden vorbereitende Arbeitsschritte für die Automatisierung sowie die Integration Künstlicher Intelligenz zur Optimierung komplexer medizinischer Prozesse im Rahmen der Befundung erarbeitet. Durch den Einsatz regelbasierter Systeme können relevante Daten extrahiert, verarbeitet und visualisiert werden. Das Projekt hat dazu beigetragen die verfügbaren Daten zu verstehen und Systembrüche zwischen den genutzten Anwendungen zu minimieren.

## 2 Einführung

Der Praxispilot »KI in der Bewertung komplexer medizinischer Datensätze« wurde im Zeitraum von August bis November 2020 durchgeführt. Dabei wurde die Idee der automatisierten Befundung von komplexen Bewegungsdaten aus einer Bewegungsanalyse auf ihre Machbarkeit hin untersucht, um herauszufinden, ob sich die verfügbaren Daten für die Automatisierung bzw. Unterstützung durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz eignen.

### 2.1 Ausgangssituation und Motivation

Patient\*innen, die durch orthopädische Auffälligkeiten in ihrem Bewegungsablauf eingeschränkt sind, suchen eine orthopädische Praxis auf, um diese untersuchen zu lassen. Zahlreiche Tests sind notwendig, um die Ursache für die Schmerzen herauszufinden. Einer der Tests ist die Bewegungsanalyse, bei welcher die Patient\*innen mit Markern an den Beinen und der Hüfte gekennzeichnet werden. Diese repräsentieren anatomische Referenzpunkte und ermöglichen die Visualisierung des individuellen Bewegungsablaufs. Während die Patient\*innen auf dem Laufband gehen, wird die Position der Marker auf einer zweidimensionalen Ebene mit Hilfe von Kameras aufgezeichnet. Zudem wird der plantare Druck durch in das Laufband integrierte Drucksensoren sowie die Position der Wirbelsäule im dreidimensionalen Raum erhoben. Die erhobenen Daten sind sehr komplex und bestehen aus Bild- und Datenmaterial. Die Auswertung der Daten für den Befund erfolgte bisher rein manuell und war sehr zeitaufwändig. Gründe für den hohen Zeitaufwand sind zum einen die hohe Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten und zum anderen, dass die Daten in diversen Systemen verwaltet und gesichtet werden, was zu Medienbrüchen führt.

### 2.2 Ziele und Nutzen der Zielgruppen

Der Praxispilot hatte das Ziel, die Automatisierung der Prozesse auf ihre Machbarkeit hin zu untersuchen, um beispielsweise Muster in den Bewegungsdaten wie Normabweichungen zu erkennen. Weiterhin wurde ein Konzept erarbeitet, wie die komplexen Datensätze übersichtlich in eine Strukturtafel überführt werden können, so dass der Mensch nur noch die wirklich relevanten Daten für die 8 Gangphasen angezeigt bekommt, wie:

- die zugehörigen Frames pro Gangphase. Diese sind nicht immer gleich, da sich die Anzahl der Frames pro Gangzyklus sowie zwischen den einzelnen Bewegungsparametern z. B. für Knie, Unterschenkel, Fuß, links und rechts, etc. unterscheiden können.
- Auffälligkeiten in den Werten, auf Basis von Normwerten.
- Heatmaps des Fußabdrucks (Pedobarographie).

Diese Daten fließen in die Befundung ein, wobei zwischen den Daten Korrelationen bestehen.

Der Vorteil einer automatisierten Bereitstellung der Bewegungsdaten für die Zielgruppe wäre, dass die Patient\*innen ihren Befund nach einer kurzen Wartezeit in der Praxis direkt erhalten können und nicht mehrere Tage vergehen, bis dieser erstellt wurde.

Für die Orthopäd\*innen ist der Nutzen darin zu sehen, dass die vielen Werte ausreichend visualisiert dargestellt werden können und somit die Möglichkeit besteht, die Auswertung der Bewegungsanalysen unmittelbar nach der Durchführung zu erhalten. Dies erleichtert ebenso die Überprüfung des Therapieverlaufs.

## 2.3 Projektrahmen

Die PraeMedicon GbR führt für seine Kund\*innen Haltungs- und Bewegungsanalysen durch. Zum Kundenkreis gehören Profi- und Freizeitsportler\*innen, aber auch Patient\*innen mit orthopädischen Beschwerden. Um diese bestmöglich zu betreuen, sind im PraeMedicon-Team verschiedenste Fachdisziplinen vertreten. Für das Projekt konnte aus dem Team sowohl fachliches Domänenwissen sowie technisches Know-how im Bereich der KI gewinnbringend eingebracht werden.

Der Praxispilot wurde von August bis November 2020 mit den folgenden Arbeitsschritten durchgeführt:

1. Aufnahme der Ist-Situation, dabei wurde eine Bewegungsanalyse durchgeführt und erklärt. Alle relevanten Anwendungen wurden dabei betrachtet und deren Verknüpfungen aufgezeigt.
2. Dokumentation der Medienbrüche bei der Befundung einer Bewegungsanalyse durch PraeMedicon.
3. Verstehen der Domäne durch Fraunhofer IAO.
4. Verfeinerung der Zielsetzung, indem diverse Szenarien für den Praxispiloten gemeinsam diskutiert wurden, um daraus ein Ziel für den Praxispiloten zu definieren:
  - a. Erprobung der Machbarkeit am Kniewinkel links
  - b. Heatmap des Fußabdrucks
5. Bereitstellung von Datensätzen aus der Bewegungsanalyse und die Erstellung des gewünschten Strukturdokuments zur übersichtlichen Darstellung der wesentlichen Werte, welche in die Befundung einfließen sollen (zur Visualisierung der Machbarkeit) durch PraeMedicon.
6. Erprobung folgender Aufgaben durch das Fraunhofer IAO:
  - a. Datenaufbereitung fehlerhafter und fehlender Werte in den Datensätzen mittels Interpolation und den Einsatz von Filtern wie Butterworth.
  - b. Vorgehen zur Ermittlung der Frames, welche den einzelnen Phasen des Gangzyklus zugeordnet werden sollen. Anzahl der Frames nicht immer gleich, muss somit für jeden Zyklus neu ermittelt werden.

### 3 Inhaltliches

#### 3.1 Anforderungen

Die folgenden drei Anforderungen ergaben sich in der Anbahnung und während der Laufzeit des Projekts:

1. Medienbrüche zwischen der Befundungssoftware des 4-D-motion lab der Firma DIERS und PraeMed Go! Aufheben.
2. Befundung soll ausschließlich mit den Informationen in PraeMed Go! erfolgen.
3. Zuordnung der Bewegungsdaten in die 8-Phasen eines Gangzykluses.

Ad 1: Medienbrüche zwischen verschiedenen IT-Systemen sind Zeitfresser und potenzielle Fehlerquellen. Ausgaben des einen Systems müssen händisch ins andere System übertragen werden. Die Medienbrüche zwischen genannten Systemen sollen aufgehoben werden, um die immer wiederkehrenden manuellen Überträge zukünftig zu vermeiden.

Ad 2: Die Befundung auf Basis nur noch eines ganzheitlichen Programms erleichtert und beschleunigt die Arbeitsweise des Benutzers. Alle Informationen sind an Ort und Stelle verfügbar, was unter anderem auch als Verkaufsargument für PraeMed Go! dienen kann.

Ad 3: Bisher müssen die kinetischen und kinematischen Daten den acht Gangphasen (siehe Abbildung 1) nach J. Perry manuell zugeordnet werden. Eine automatisierte Zuordnung beschleunigt das gesamte Verfahren und reduziert die manuell anfallende Arbeitslast. Zusätzlich können Interdependenzen verschiedener Messwerte durch den ganzheitlichen Diagnose-Ansatz von PraeMedicon individuell hervorgehoben werden.

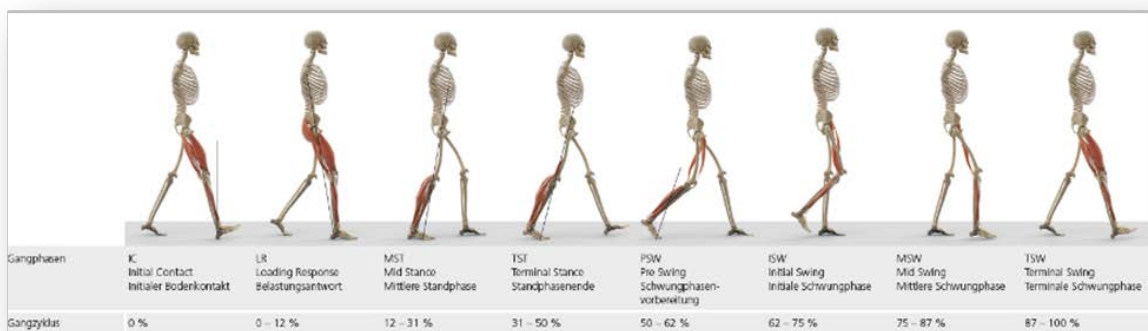


Abbildung 1: Acht Gangphasen eines Gangzyklus

#### 3.2 IT-Architektur

Die IT-Landschaft besteht aus mehreren, fachspezifischen Tools. Charakteristisch für die Zusammenarbeit der Tools ist das häufige Auftreten von Systembrüchen und damit erforderlicher manueller Handlungsbedarf. Ein erstes Tool wird für die Datenerhebung also die statische und dynamische Fußdruckmessung, Beinachsenanalyse und Wirbelsäulenanalyse verwendet. Die jewei-

ligen Exporte werden manuell in Windows Ordner durchgeführt. In der Befunderstellung kommen weitere Tools hinzu, hier wird teilweise über weitere Zwischentools für die weitere Verwendung in PraeMed Go! exportiert. Neben den fachspezifischen Tools kommen Standardtools wie Microsoft Word oder Paint zum Einsatz.



Abbildung 2: Wirbelsäulen- & Haltungsanalyse, die mit spezieller Software erfasst wird.  
Quelle: <https://www.praemed.info/leistungen/fuer-aerzte/>

### 3.3 Geschäftsmodelle

Durch eine KI-unterstützte Befundungssoftware lassen sich Lizenz-Angebote an alle User des 4D-motion-labs machen, da bisher keinerlei Lösungen für die Befundung und den visualisierten Transport von Befunden gefunden wurden. Ebenso kann die entwickelte Software dem Hersteller des Bewegungslabors angeboten werden. Durch die Objektivierbarkeit der Daten ergeben sich neue Chancen – auch in der Industrie.

### 3.4 Umsetzung: Daten, Algorithmen und Funktionsmodelle

Die aufgezeichneten Daten der Bewegungsanalyse, aber auch die Heatmaps der Fußabdrücke, liegen in strukturierter Form als Textdatei vor (siehe Abbildung 3). Trotz Struktur ist ein sorgfältiges Auslesen der Ausgangsdaten unerlässlich, um diese mit weiteren Tools, in unserem Fall vornehmlich Python, weiterzuverarbeiten. Innerhalb Pythons kommen verschiedene Tools und Algorithmen zum Einsatz:

- Softwarebibliotheken zum Erzeugen und Anzeigen von Heatmaps (Seaborn)
- Softwarebibliotheken zum Erzeugen von xml-Files (lxml)

- Softwarebibliotheken der Signalverarbeitung zur Verwendung von Filtern

Legende								
Positive Werte		L	Varus	Varus	Valgus	Valgus	Inversion	Inversion
Negative Werte		R	Valgus	Valgus	Valgus	Valgus	Eversion	Eversion
Index	Tick	Beckenabsenkung [°]	Knie links [°]		Knie rechts [°]		Achillessehne links [°]	
0	6.37377E+17	-	-3	1	1	-1	2	-6
1	6.37377E+17	-	-4	1	-3	-1	5	-6
2	6.37377E+17	-	-3	1	-3	-1	5	-6
3	6.37377E+17	-	-2	1	-2	-1	6	-6
4	6.37377E+17	-	-1	2	-1	1	6	-4
5	6.37377E+17	-	-1	2	0	1	6	-4
6	6.37377E+17	-	0	2	1	-2	6	-6
7	6.37377E+17	-	0	2	-2	-2	9	-6
8	6.37377E+17	-	0	1	2	-3	6	-7
9	6.37377E+17	-	0	1	5	-3	3	-7
10	6.37377E+17	-	-1	0	7	-6	0	-8
11	6.37377E+17	-	-1	-1	4	2	3	0
12	6.37377E+17	-	-1	-2	6	-7	3	-8
13	6.37377E+17	-	-1	-3	6	-5	3	-4
14	6.37377E+17	-	-2	0	2	-14	6	-17
15	6.37377E+17	-	-3	2	2	-15	5	-20
16	6.37377E+17	-	-2	4	2	-22	5	-28
17	6.37377E+17	-	-1	5	3	-21	5	-27

Abbildung 3: Beispielhafte Ausgangsdatei in strukturierter Textform

Als Input des implementierten Codes sind o.g. Textdateien zu nennen, die Ausgabe des Codes erfolgt über nachgebaute Heatmaps (siehe Abbildung 4), geglättete Bewegungsdaten (siehe Abbildung 5) sowie eine automatisch erstellte xml-Datei (siehe Abbildung 6).

Abbildung 4: Heatmap am Beispiel Fußabdruck links



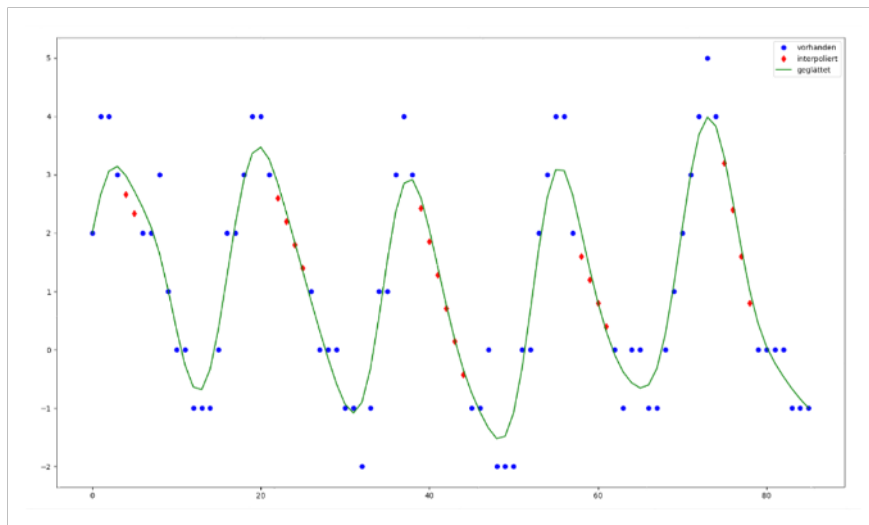


Abbildung 5: Geglättete Bewegungsdaten mittels eines Filters

```

1 <root>
2   <Wirbelsaeule>
3     <HWS>
4       <InitialContact>
5         <LEFT>some value1</LEFT>
6         <RIGHT>some value2</RIGHT>
7       </InitialContact>
8       <LoadingResponse>
9         <LEFT>some value1</LEFT>
10        <RIGHT>some value2</RIGHT>
11      </LoadingResponse>
12      <MidStance>
13        <LEFT>some value1</LEFT>
14        <RIGHT>some value2</RIGHT>
15      </MidStance>
16      <TerminalStance>
17        <LEFT>some value1</LEFT>
18        <RIGHT>some value2</RIGHT>
19      </TerminalStance>
20      <PreSwing>
21        <LEFT>some value1</LEFT>
22        <RIGHT>some value2</RIGHT>
23      </PreSwing>
24      <InitialSwing>

```

Abbildung 6: Nachgebaute Ergebnistabelle mittels xml-Struktur

### 3.5 Herausforderungen

Eine Herausforderung war der Aufbau von Domänenwissen. Der medizinische Kontext, aber auch das Zusammenspiel mehrerer fachspezifischer Tools war anfangs anspruchsvoll zu verstehen. Gleichzeitig ist dieses Verständnis unerlässlich zur erfolgreichen Datenanalyse, da nur mit entsprechendem Verständnis Zusammenhänge erfasst und modelliert bzw. angepasst werden können. Durch die gute Kommunikation und Anleitung der Kollegen von PraeMedicon aber gelang es, die Sachverhalte zu durchdringen und inhaltlich darauf aufzubauen.

## 4 Resümee

### 4.1 Lessons Learned

Es hat sich bei der Untersuchung sehr deutlich gezeigt, wie wichtig und unerlässlich es für eine erfolgreiche Datenanalyse ist, die Domäne zu verstehen. Nur so ist es möglich die Parameter und dazugehörigen Daten einzuordnen und für sich nutzbar zu machen. Auch wird dadurch deutlich wie die Bereinigung der Daten bestmöglich erfolgen sollte. Beispielsweise war es bei der Interpolation der Messreihen wichtig zu wissen, wie die Kurven aussehen sollten, wenn die Messreihe vollständig ist. Auch musste festgelegt werden, welche Filter am besten zum Einsatz kommen sollten.

Seitens PraeMedicon wurde im Rahmen des Praxispiloten deutlich, wie orthopädische und biomechanische Daten aufbereitet werden müssen, um von fachfremden Experten effizient genutzt werden zu können. Die Kommunikation zwischen den beteiligten Partnern PraeMedicon und IAO war dabei die Grundlage für das produktive Arbeiten.

Der Praxispilot hat zu einem umfänglicheren Verständnis der Zusammenhänge in den Rohdaten geführt und aufgezeigt, in welchem Maß medizinische Daten objektivierbar sind.

### 4.2 Ausblick

Der hier beschriebene Praxispilot verdeutlicht, wie durch die richtige Aufbereitung der Eingangsdaten und deren anschließende Verarbeitung dem Menschen den Blick auf das Wesentliche lenken lässt, und zwar auf die Werte, die für eine Befundung wirklich relevant sind. Auf Basis der Projektergebnisse ist geplant, einen Projektantrag im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) zu initiieren.

- Im Antrag soll die Fehlerkorrektur der einzelnen Gangzyklen in einer Art Zeitreihe weiter verbessert werden. Durch ausreichend gelabelte Reihen, soll das System lernen die fehlerhaften zu korrigieren.
- Es sollen Korrelationen hergestellt werden zwischen Fußabdrücken und den Ergebnissen aus der Ganganalyse, um die Befundung zu unterstützen.
- Das Befundungsdokument soll in Echtzeit erstellt werden. Dem Bearbeiter sollen dazu gezielt Textbausteine vorgeschlagen werden.

## 5 BIEC-Projektdarstellung: Die Innovations- und Transformationsfähigkeit des Mittelstands in Baden-Württemberg nachhaltig steigern

Digitalisierung und neue Technologien, Veränderungen in den Märkten, zusätzliche Bedürfnisse der Kundschaft: Insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) sind diese Entwicklungen mit großen Herausforderungen verbunden, beinhalten jedoch auch vielfältige Chancen und Potenziale. Um diese nutzen zu können, sollten sich Unternehmen mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Welche Auswirkung haben digitale Transformation und die damit verbundenen Entwicklungen auf das Leistungsangebot und die Leistungserstellung des Unternehmens?
- Was muss getan werden, um die Potenziale in Erfolge umwandeln und den Risiken frühzeitig und aktiv begegnen zu können?

Nicht nur die Entwicklung innovativer, digitaler Produkte und Dienstleistungen oder die Etablierung neuer Geschäftsmodelle sind gefordert. Auch die Gestaltung der Wertschöpfungskette, der Prozesse und Abläufe innerhalb des Unternehmens sowie die Interaktionen mit Partnern und Kunden werden dadurch berührt. Um diesen Herausforderungen systematisch zu begegnen, wurde das Business Innovation Engineering Center BIEC initiiert. Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg soll das BIEC kleine und mittlere Unternehmen bei ihrem digitalen Transformationsprozess unterstützen, die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, smarterer Produkte und Dienstleistungen vorantreiben, innovative Technologien für Unternehmen greifbar machen sowie die dazu notwendigen Wertschöpfungssysteme identifizieren

## 6 Kontakt

Sie haben eine Frage zum Praxispiloten? Gerne können die Vertreter der Praxispilotpartner bei Fragen und Anmerkungen direkt angesprochen werden:

### Unternehmen

David Unterreiner, PraeMedicon GbR  
[david@praemedicon.de](mailto:david@praemedicon.de)

### BIEC-Experten

Claudia Dukino, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
[claudia.dukino@iao.fraunhofer.de](mailto:claudia.dukino@iao.fraunhofer.de)

Marc Hanussek, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
[marc.hanussek@iao.fraunhofer.de](mailto:marc.hanussek@iao.fraunhofer.de)

Weitere Information zum BIEC, zu den Praxispiloten und den weiteren vielfältigen Transfermaßnahmen finden Sie unter der Projektwebsite:

<https://www.biec.iao.fraunhofer.de>