Below is the German version of the documentation for your time‐based analysis module:

**Zeitbasierte Analyse – Dokumentation**

**Überblick**

Dieses Dokument beschreibt die zeitbasierte Analyse im Rahmen des Polytrauma Analysis Projekts. Ziel dieser Analyse ist es, den Zusammenhang zwischen den zeitlichen Abläufen bei den Patientenkontakten (Besuchszeitpunkten) und der gesamten Heilungsdauer zu untersuchen. Durch die Betrachtung von Metriken wie dem Zeitpunkt des ersten Besuchs, dem durchschnittlichen Intervall zwischen Besuchen sowie der Besuchsfrequenz sollen Erkenntnisse gewonnen werden, die zur Optimierung der Nachsorge und frühzeitigen Intervention beitragen können.

**Datenquelle**

* **Eingabedatei:**  
  Das analysierte Dataset wird aus der in Schritt 1 erstellten Datei Polytrauma\_Analysis\_Processed.xlsx geladen. Dieses enthält 153 Datensätze, die 30 eindeutigen Patienten zugeordnet sind.
* **Wichtige Spalten:**
  + Schadennummer (Patienten-ID)
  + Days\_Since\_Accident (Tage seit Unfall – für jeden Besuch)
  + Time\_Interval (Zeitintervalle in 3-Monats-Schritten)
  + Weitere Spalten wie Unfalldatum und Besuchsdatum werden ebenfalls zur Validierung herangezogen.

**Definitionen und Metriken**

1. **Heilungsdauer:**
   * Definiert als der maximale Wert von Days\_Since\_Accident pro Patient, d.h. die Zeitspanne vom Unfall bis zum letzten registrierten Besuch.
2. **Erster Besuch:**
   * Der minimale Wert von Days\_Since\_Accident für einen Patienten, welcher den Zeitpunkt des ersten Kontakts darstellt.
3. **Letzter Besuch:**
   * Der maximale Wert von Days\_Since\_Accident pro Patient, der auch als Definition der Heilungsdauer dient.
4. **Durchschnittliches Intervall:**
   * Für Patienten mit mehr als einem Besuch wird das durchschnittliche Intervall berechnet, indem die Differenzen der sortierten Besuchszeiten gemittelt werden.
5. **Besuchsfrequenz pro Monat:**
   * Berechnet, indem die Anzahl der Besuche durch die Heilungsdauer (in Tagen) geteilt und mit 30 multipliziert wird. So wird eine standardisierte Frequenz erhalten.
6. **Frühe Intervention (Early Intervention):**
   * **Fruehe\_Intervention\_30:** "Ja", wenn der erste Besuch innerhalb von 30 Tagen erfolgt, sonst "Nein".
   * **Fruehe\_Intervention\_60:** Analog für 60 Tage.
   * **Fruehe\_Intervention\_90:** Analog für 90 Tage.

**Methodik**

1. **Patienten-Level Aggregation:**
   * Alle Besuchsdaten werden anhand der Schadennummer gruppiert. Für jeden Patienten werden der früheste und der späteste Besuch (als Heilungsdauer) ermittelt.
   * Zudem wird das durchschnittliche Intervall zwischen den Besuchen berechnet und die Besuchsfrequenz pro Monat ermittelt.
2. **Berechnung der Früh-Interventions-Indikatoren:**
   * Es werden Flags gesetzt, ob ein Patient innerhalb von 30, 60 bzw. 90 Tagen seinen ersten Besuch erhalten hat.
3. **Regressionsanalysen:**
   * **Erster Besuch vs. Heilungsdauer:**  
     Ein Scatter-Plot zeigt den Zusammenhang zwischen der Zeit bis zum ersten Besuch und der Heilungsdauer. Eine lineare Regression liefert dabei:
     + **Steigung (Slope):** 0.68
     + **Achsenabschnitt (Intercept):** 470.24
     + **Korrelation (r):** 0.38
     + **p-Wert:** 0.0366
   * **Durchschnittliches Intervall vs. Heilungsdauer:**  
     Ein weiterer Scatter-Plot untersucht den Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Intervall zwischen Besuchen und der Heilungsdauer:
     + **Steigung (Slope):** 1.92
     + **Achsenabschnitt (Intercept):** 345.99
     + **Korrelation (r):** 0.51
     + **p-Wert:** 0.0042
4. **Gruppenvergleiche:**
   * Ein Boxplot vergleicht die Heilungsdauer zwischen Patienten, die innerhalb von 30 Tagen (Frühe Intervention) ihren ersten Besuch erhalten haben, und denen, bei denen dies nicht der Fall war.
5. **Ergebnisspeicherung:**
   * Die patientenbezogenen Metriken werden als Excel-Datei gespeichert.
   * Alle Diagramme (Scatter-Plots, Boxplots) werden als PNG-Dateien unter dem Verzeichnis step4/temporal\_analysis/time\_based\_analysis abgelegt.
   * Ein zusammenfassender Bericht im Markdown-Format fasst die wichtigsten Ergebnisse und Interpretationen zusammen.

**Ergebnisse**

1. **Erster Besuch vs. Heilungsdauer:**
   * **Steigung:** 0.68  
     (Jeder zusätzliche Tag bis zum ersten Besuch ist mit einem Anstieg der Heilungsdauer um ca. 0.68 Tage verbunden.)
   * **Achsenabschnitt:** 470.24
   * **Korrelation (r):** 0.38
   * **p-Wert:** 0.0366
   * **Interpretation:**  
     Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein früher erster Besuch mit einer verkürzten Heilungsdauer einhergeht. Die statistische Signifikanz (p < 0.05) bestätigt diesen Zusammenhang.
2. **Durchschnittliches Intervall vs. Heilungsdauer:**
   * **Steigung:** 1.92  
     (Ein zusätzlicher Tag im durchschnittlichen Intervall zwischen Besuchen entspricht fast 2 Tagen längerer Heilungsdauer.)
   * **Achsenabschnitt:** 345.99
   * **Korrelation (r):** 0.51
   * **p-Wert:** 0.0042
   * **Interpretation:**  
     Ein längeres durchschnittliches Intervall zwischen den Besuchen ist mit einer signifikant längeren Heilungsdauer verbunden. Dies legt nahe, dass häufigere Kontrollen zu einem besseren und schnelleren Heilungsprozess beitragen können.
3. **Boxplot – Heilungsdauer nach Früher Intervention (≤30 Tage):**
   * Der Boxplot vergleicht die Heilungsdauer von Patienten mit einem ersten Besuch innerhalb von 30 Tagen mit denen, die einen späteren ersten Besuch hatten.
   * **Interpretation:**  
     Patienten, die eine frühe Intervention erhalten haben, zeigen tendenziell eine kürzere Heilungsdauer.

**Visualisierungen**

* **Scatter Plot (Erster Besuch vs. Heilungsdauer):**  
  Dieser Plot stellt „Tage bis erster Besuch“ auf der x-Achse und „Heilungsdauer (Tage)“ auf der y-Achse dar. Die lineare Regressionslinie (mit angezeigtem r- und p-Wert) veranschaulicht den positiven Zusammenhang zwischen einem verzögerten ersten Besuch und einer verlängerten Heilungsdauer.
* **Scatter Plot (Durchschnittliches Intervall vs. Heilungsdauer):**  
  Dieser Plot zeigt den Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Intervall zwischen den Besuchen und der Heilungsdauer. Die Regressionslinie deutet darauf hin, dass längere Intervalle mit einer längeren Heilungsdauer korrelieren.
* **Boxplot (Heilungsdauer nach Früher Intervention):**  
  Der Boxplot vergleicht die Heilungsdauer zwischen Patienten, die innerhalb von 30 Tagen ihren ersten Besuch erhielten, und denen, die später untersucht wurden, und unterstreicht den Nutzen einer frühen Intervention.

**Schlussfolgerungen**

* **Frühe Nachsorge:**  
  Die Analyse zeigt, dass ein früher erster Besuch signifikant mit einer kürzeren Heilungsdauer assoziiert ist. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer schnellen Nachsorge nach einem Unfall.
* **Regelmäßige Kontrollen:**  
  Ein kürzeres durchschnittliches Intervall zwischen den Besuchen (d.h. eine höhere Besuchsfrequenz) korreliert ebenfalls mit einer reduzierten Heilungsdauer, was darauf hindeutet, dass eine intensivere Überwachung den Genesungsprozess positiv beeinflusst.
* **Praktische Implikationen:**  
  Die Ergebnisse legen nahe, dass klinische Abläufe so gestaltet werden sollten, dass Patienten zeitnah und regelmäßig überwacht werden. Dennoch zeigen die moderaten Korrelationswerte, dass weitere Faktoren – etwa die Schwere der Verletzungen und spezifische Interventionen – ebenfalls maßgeblich sind.

**Einschränkungen**

* **Stichprobengröße:**  
  Die Analyse basiert auf 30 Patienten, was die statistische Aussagekraft einschränken kann.
* **Variabilität in der Besuchsplanung:**  
  Unterschiedliche Besuchsintervalle und -zeiten können die Berechnung des durchschnittlichen Intervalls beeinflussen.
* **Definition der Heilungsdauer:**  
  Die Heilungsdauer wird als Zeit bis zum letzten Besuch definiert, was möglicherweise nicht die vollständige Genesung widerspiegelt.
* **Weitere Einflussfaktoren:**  
  Andere Variablen, wie z.B. Verletzungsschwere oder durchgeführte Interventionen, wurden in dieser univariaten Analyse nicht berücksichtigt.

**Ausblick**

* **Multivariate Analysen:**  
  Zukünftige Arbeiten sollen die zeitlichen Metriken mit weiteren klinischen und demografischen Variablen in multivariaten Modellen (z.B. Regressions- oder Überlebensanalysen) kombinieren, um die Heilungsdauer besser vorhersagen zu können.
* **Verfeinerung der Problemkennzahlen:**  
  Eine Gewichtung der Probleme nach Schwere oder Typ könnte weitere Einsichten in den Genesungsprozess liefern.
* **Längsschnittanalysen:**  
  Die Entwicklung von Zeitreihenmodellen oder Kaplan-Meier-Überlebenskurven könnte den Einfluss von Nachsorgeintervallen auf die Patientenoutcomes weiter beleuchten.

*Dieses Dokument wurde automatisch im Rahmen des Polytrauma Analysis Projekts erstellt.*