

Contents

Polytrauma-Analyse: Abschlussbericht	2
1. Einleitung	2
2. Datenüberblick	2
3. Datenvorverarbeitung	2
3.1 Identifizierte Datenqualitätsprobleme	2
3.2 Umgesetzte Vorverarbeitungsschritte	3
4. Allgemeine Analyse der Patientendaten	3
4.1 Altersverteilung	3
4.2 Geschlechterverteilung	5
4.3 Besuchsmuster und Heilungsdauer	5
5. Verletzungskategorien und deren Verteilung	9
5.1 Verteilung der Körperteilverletzungen	9
5.2 Verteilung der nicht-körperlichen Problemkategorien	10
5.3 Wichtigste Unterkategorien	12
6. Detaillierte Analyse der Problemunterkategorien	12
6.1 Medizinisches Rehabilitationsmanagement	12
6.2 Somatiche Probleme	12
6.3 Tätigkeitsbezogene Aspekte	14
7. Zeitabhängige Analyse der Problemidentifikation	15
7.1 Korrelation zwischen Problemidentifikation und Heilungsdauer nach Zeitintervallen	15
7.2 Klinische Implikationen der zeitabhängigen Analyse	16
8. Univariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer	16
8.1 Einfluss von Körperteilverletzungen	17
8.2 Einfluss der Verletzungsanzahl	18
8.3 Einfluss des Alters	20
8.4 Klinische Bedeutung vs. statistische Signifikanz	21
7.2 Klinische Implikationen der zeitabhängigen Analyse	22
8. Univariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer	22
8.1 Einfluss von Körperteilverletzungen	22
8.2 Einfluss der Verletzungsanzahl	23
8.3 Einfluss des Alters	24
8.4 Klinische Bedeutung vs. statistische Signifikanz	26
9. Multivariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer	27
9.1 Regressionsmodelle zur Heilungsdauer	27
9.2 Überlebensanalyse und Hazard-Ratios	28
9.3 Interpretation der scheinbar widersprüchlichen Ergebnisse	29
10. Analyse des Problemauftretens im zeitlichen Verlauf	29
10.1 Typische Zeitpunkte des Problemauftretens	29
10.2 Zusammenhang zwischen Zeitpunkt des Problemauftretens und Heilungsdauer	30
10.3 Früh- vs. Spätauftreten von Problemen	31
10.4 Klinische Implikationen für die Rehabilitationsplanung	32

11. Analyse kritischer Verletzungen: Kopf und Wirbelsäule	32
11.1 Vergleich der Heilungsdauer bei kritischen Verletzungen	33
11.2 Einfluss von Kopfverletzungen auf die Heilungsdauer	33
11.3 Einfluss von Wirbelsäulenverletzungen auf die Heilungsdauer	35
11.4 Klinische Bedeutung und Implikationen	35
12. Gesamtdiskussion und klinische Schlussfolgerungen	36
12.1 Zusammenfassung der Hauptbefunde	36
12.2 Klinische Implikationen	37
12.3 Methodische Limitationen	38
12.4 Empfehlungen für zukünftige Untersuchungen	38
12.5 Fazit	39

Polytrauma-Analyse: Abschlussbericht

1. Einleitung

Diese Studie untersucht Faktoren, die die Heilungsdauer bei Polytrauma-Patienten beeinflussen. Polytrauma-Patienten erleiden multiple schwere Verletzungen, die komplexe Behandlungsansätze und oft längere Rehabilitationsphasen erfordern. Das Ziel dieser Analyse ist es, spezifische Faktoren zu identifizieren, die mit verlängerten Heilungszeiten verbunden sind, um die Behandlungsplanung und Ressourcenzuweisung zu optimieren.

2. Datenüberblick

Die Analyse basiert auf einem Datensatz von 50 Polytrauma-Patienten mit insgesamt 214 Besuchsaufzeichnungen. Die Heilungsdauer wurde als Zeitspanne zwischen dem Unfalldatum und dem letzten dokumentierten Besuch definiert.

Datensatzstatistiken: - 50 eindeutige Patienten - 214 Besuchsaufzeichnungen - 62 Datenspalten - Durchschnittlich 4,3 Besuche pro Patient

3. Datenvorverarbeitung

3.1 Identifizierte Datenqualitätsprobleme

1. Demographische Daten auf Patientenebene Das Hauptproblem im Datensatz bestand darin, dass demographische Informationen (Geschlecht, Alter usw.) typischerweise nur beim ersten Besuch eines Patienten erfasst und bei nachfolgenden Besuchen leer gelassen wurden. Dies führte zu einer hohen Rate fehlender Werte in diesen Feldern (z.B. 77,10% fehlende Werte für Geschlecht), obwohl die Informationen auf Patientenebene verfügbar waren.

2. Kategoriale Verletzungs- und Behandlungsdaten Im gesamten Datensatz wurden Verletzungsinformationen und Behandlungsdetails mit "Ja" und "Nein" Werten erfasst, wobei viele fehlende Werte auftraten. Nach Rücksprache mit medizinischen Experten

wurde festgestellt, dass fehlende Werte in diesen Feldern als "Nein" (Abwesenheit des Zustands) interpretiert werden konnten.

3.2 Umgesetzte Vorverarbeitungsschritte

1. Propagierung von Daten auf Patientenebene Eine spezialisierte Funktion wurde implementiert, um konsistente Informationen auf Patientenebene über alle Besuche desselben Patienten hinweg zu propagieren:

- **Propagierte Felder:**

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Alter in Dekaden
- Alter beim Unfall

- **Ergebnisse:**

- 165 fehlende Geschlechtswerte ausgefüllt
- 151 fehlende Altersdekadenwerte ausgefüllt
- 1 fehlender "Alter beim Unfall"-Wert ausgefüllt
- 9 Dekadenwerte aus "Alter beim Unfall" generiert, wo sie fehlten
- Insgesamt 326 propagierte Werte

2. Standardisierung kategorialer Daten Fehlende Werte in kategorialen Spalten (Verletzungsorte, Behandlungsarten usw.) wurden systematisch durch "Nein" ersetzt, basierend auf der Annahme, dass das Fehlen einer Dokumentation auf das Fehlen des Zustands hindeutet.

- **Ergebnisse:**

- 9.103 fehlende Werte durch "Nein" in allen kategorialen Spalten ersetzt
- 0 verbleibende fehlende Werte in kategorialen Spalten nach der Verarbeitung

3. Behandlung von Duplikaten - Keine 100% identischen Duplikatzeilen gefunden - 4 potenzielle Duplizierungen von Besuchen (gleicher Patient am gleichen Tag) wurden identifiziert, aber im Datensatz belassen, da sie wahrscheinlich legitime mehrfache Besuche am selben Tag darstellen

4. Allgemeine Analyse der Patientendaten

4.1 Altersverteilung

Die Altersverteilung der untersuchten Polytrauma-Patienten zeigt ein breites Spektrum von 21 bis 94 Jahren, mit einem Durchschnittsalter von 52,7 Jahren und einem Median von 51,0 Jahren. Die Standardabweichung von 19,1 Jahren deutet auf eine erhebliche Streuung der Altersverteilung hin.

Abbildung 1: Die Analyse der Altersverteilung zeigt, dass Polytrauma-Patienten aller Altersgruppen betroffen sind, mit einer normalverteilten Häufung im mittleren Altersbereich. Die oberen Grafiken zeigen Histogramm und Boxplot der Altersverteilung. Unten links

Erweiterte Altersverteilungsanalyse

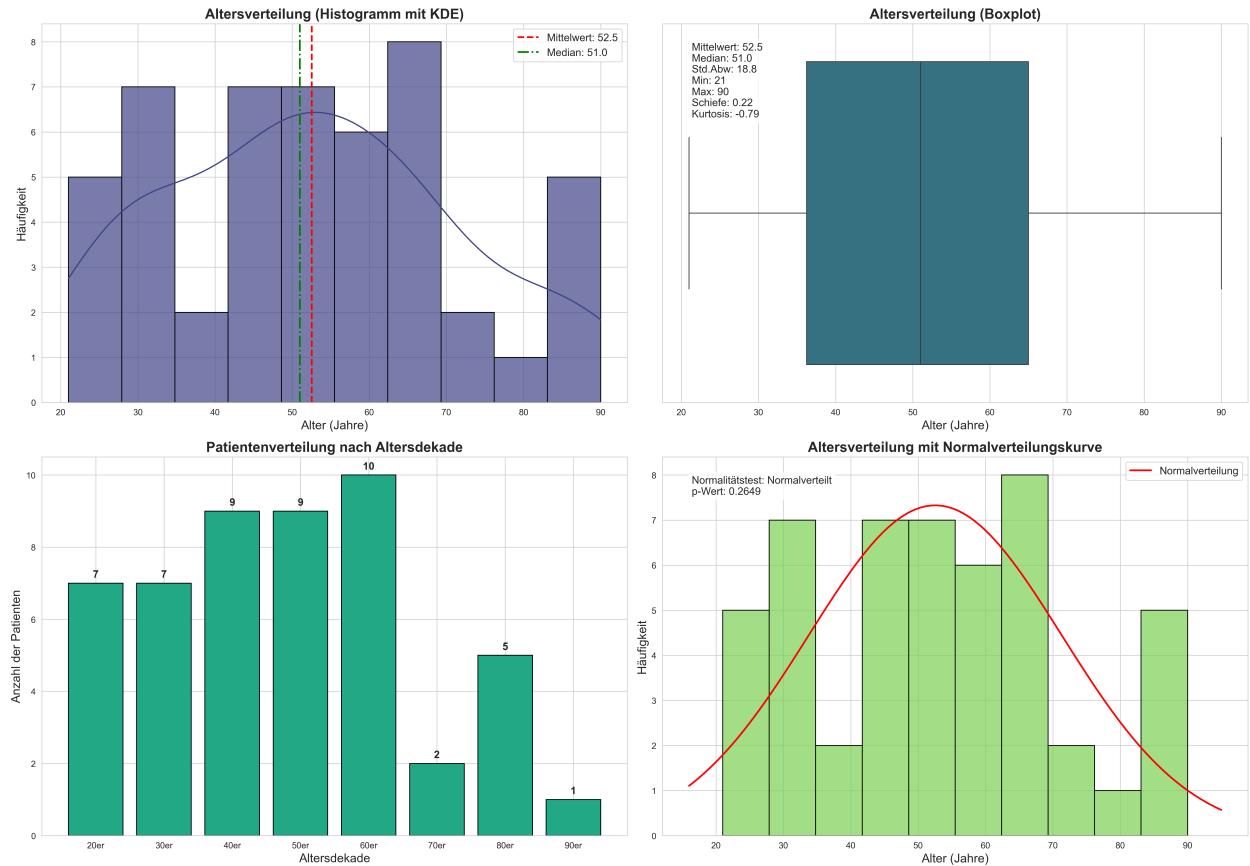


Figure 1: Abbildung 1: Erweiterte Altersverteilungsanalyse

ist die Patientenverteilung nach Altersdekaden dargestellt, mit einer deutlichen Konzentration in den 60er Jahren (10 Patienten), gefolgt von den 40er und 50er Jahren (je 9 Patienten). Der Normalitätstest (unten rechts) bestätigt, dass die Altersverteilung einer Normalverteilung folgt ($p=0,36$).

4.2 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung der Patienten zeigt ein Übergewicht männlicher Patienten.

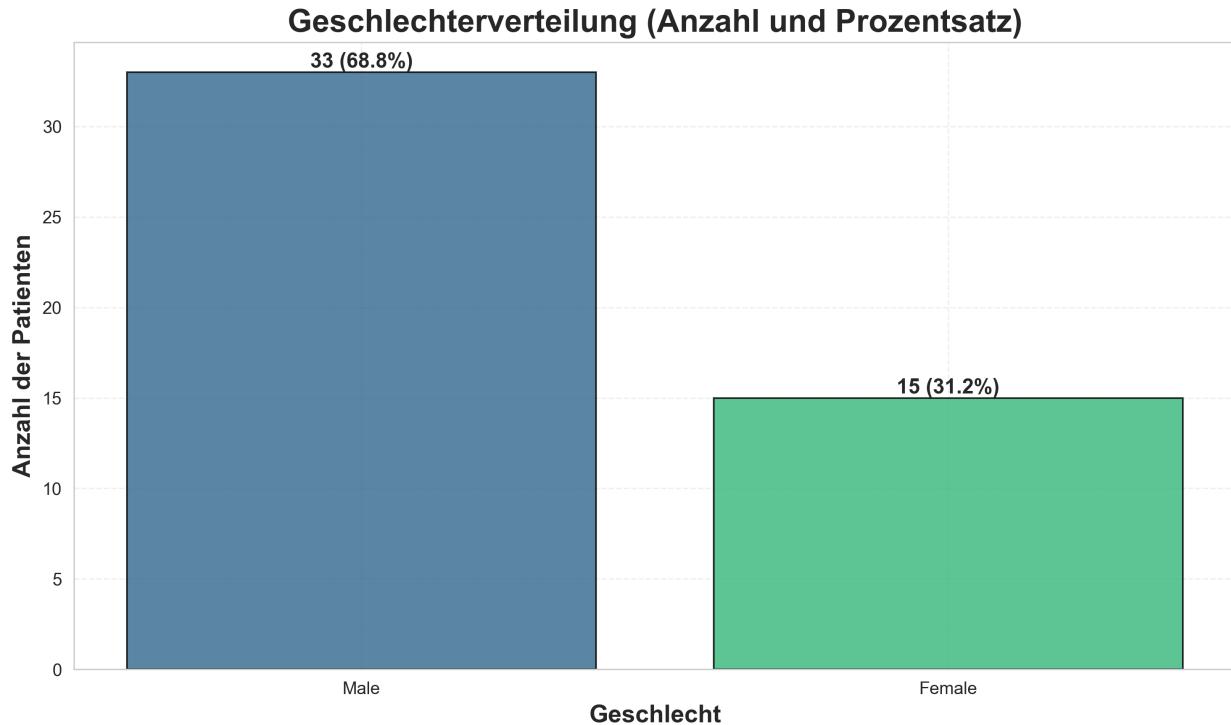


Figure 2: Abbildung 2: Geschlechterverteilung der Patienten

Abbildung 2: Die Geschlechterverteilung zeigt ein deutliches Übergewicht männlicher Patienten mit 33 männlichen (68,8%) gegenüber 15 weiblichen (31,2%) Patienten. Dieses Verhältnis entspricht der typischen Geschlechterverteilung bei Polytrauma-Patienten, wie sie in der Fachliteratur beschrieben wird.

4.3 Besuchsmuster und Heilungsdauer

Die Analyse der Besuchsmuster liefert wichtige Einblicke in den Behandlungsverlauf und die Heilungsdauer der Patienten.

Abbildung 3: Die Verteilung der Besuche pro Patient zeigt, dass die meisten Patienten (25) nur 2-3 Besuche hatten, während der Durchschnitt bei 4,3 Besuchen pro Patient liegt. Die Verteilung ist rechtschief, mit einzelnen Ausreißern bei bis zu 21 Besuchen. Diese Verteilung deutet darauf hin, dass während die Mehrheit der Patienten mit wenigen

Verteilung der Besuche pro Patient

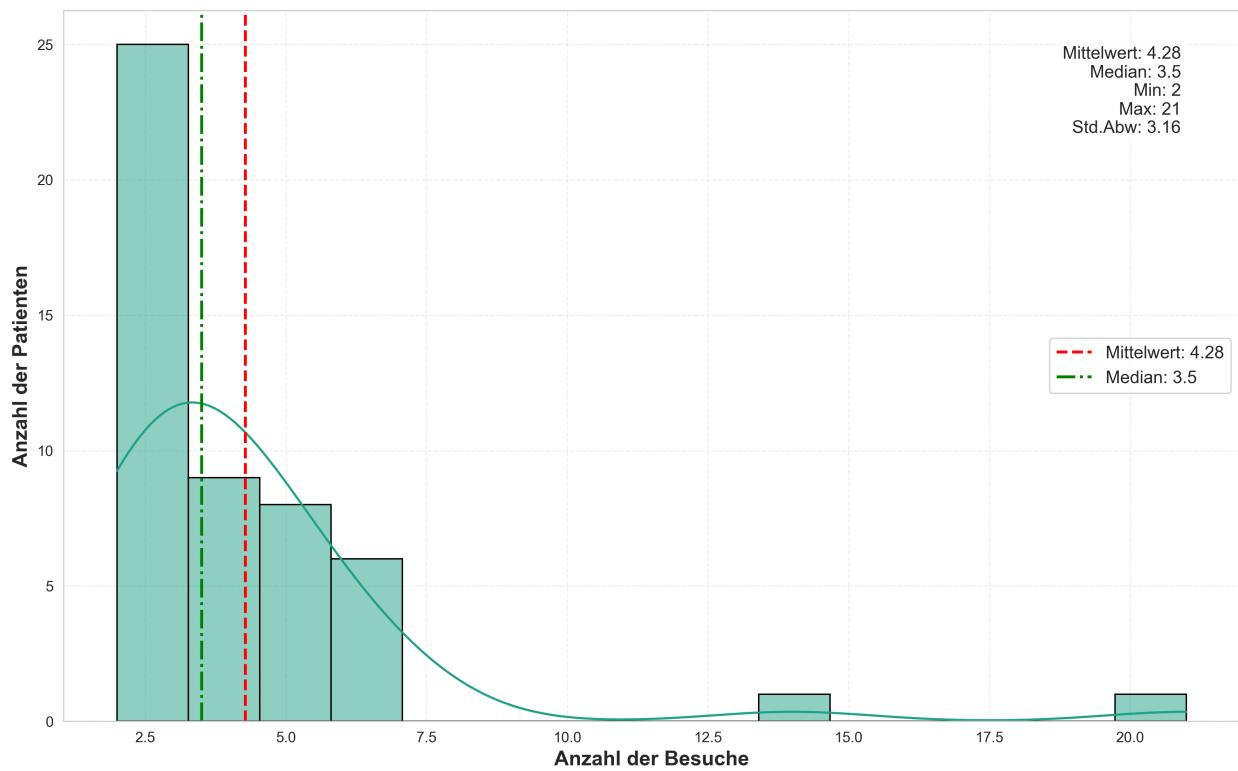


Figure 3: Abbildung 3: Verteilung der Besuche pro Patient

Nachsorgebesuchen auskommt, eine kleine Gruppe von Patienten eine intensivere und längere Betreuung benötigt.

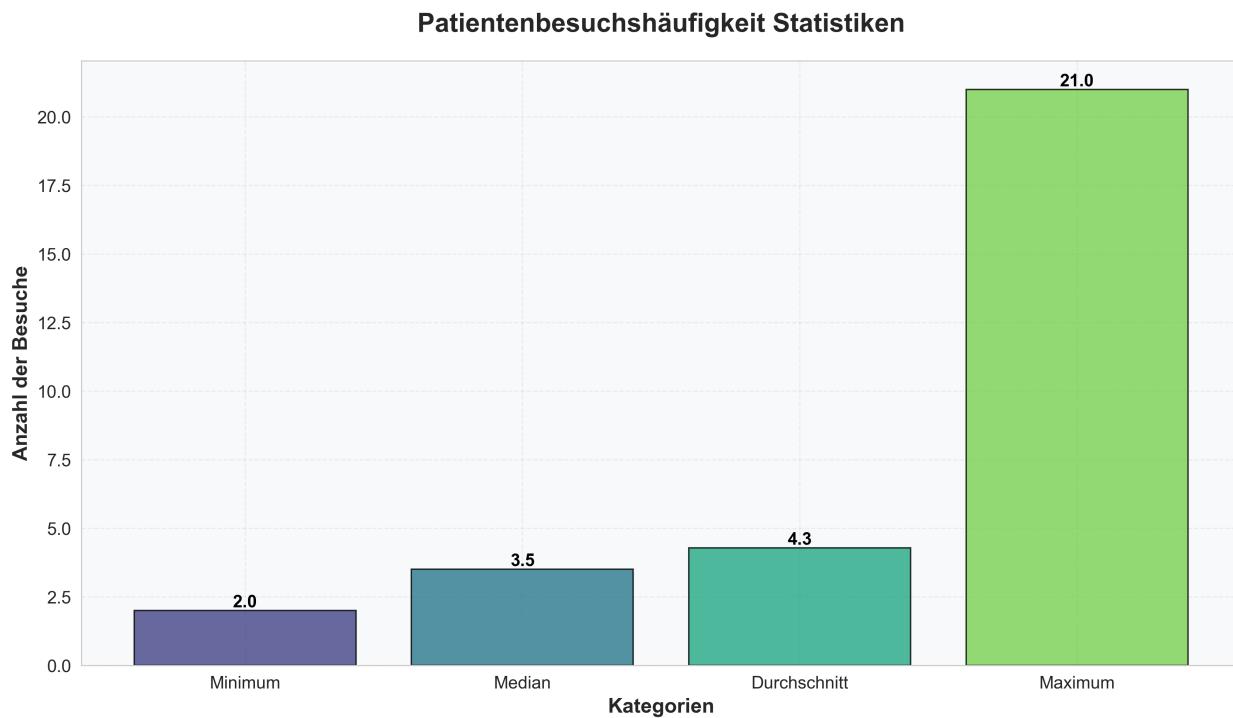


Figure 4: Abbildung 4: Statistiken zur Besuchshäufigkeit

Abbildung 4: Die zusammenfassende Statistik der Besuchshäufigkeit zeigt die Spannweite von 2 (Minimum) bis 21 (Maximum) Besuchen, mit einem Median von 3,5 und einem Durchschnitt von 4,3 Besuchen pro Patient. Die Differenz zwischen Median und Durchschnitt bestätigt die rechtsschiefe Verteilung.

Abbildung 5: Diese mehrteilige Grafik bietet eine umfassende Analyse der Besuchszeitpunkte und Heilungsdauer: - **Oben links:** Zeitpunkt des ersten Besuchs (20 bis 863 Tage nach dem Unfall, Durchschnitt 200 Tage) - **Oben rechts:** Zeitpunkt des letzten Besuchs (128 bis 1432 Tage nach dem Unfall, Durchschnitt 558,8 Tage) - **Unten links:** Heilungsdauer (definiert als Zeit vom Unfall bis zum letzten Besuch) - **Unten rechts:** Korrelation zwischen erstem und letztem Besuch ($r=0,58$, $p<0,0001$), was auf einen signifikanten Zusammenhang hinweist: Je später der erste Besuch stattfindet, desto später findet tendenziell auch der letzte Besuch statt.

Die durchschnittliche Heilungsdauer von 558,8 Tagen (ca. 1,5 Jahre) mit einer großen Spannweite von 128 bis 1432 Tagen verdeutlicht die hohe Variabilität der Genesungszeit bei Polytrauma-Patienten.

Erweiterte Analyse der Besuchszeitpunkte

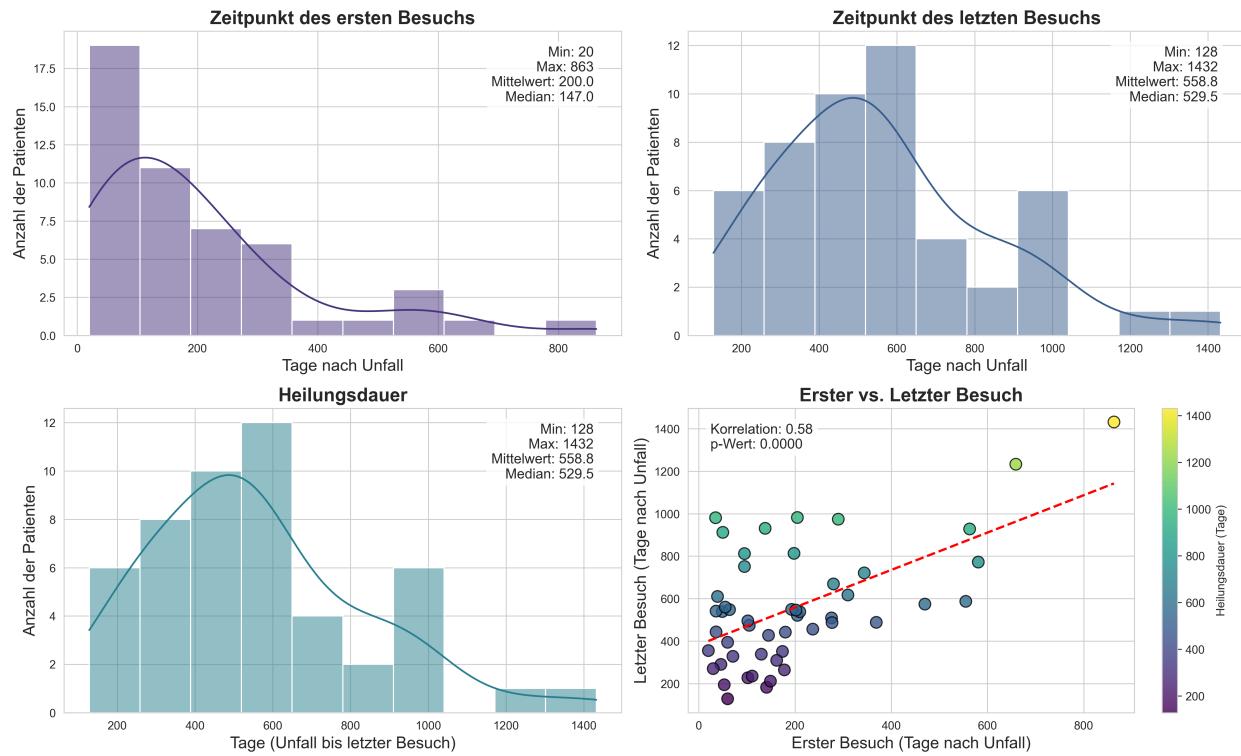


Figure 5: Abbildung 5: Erweiterte Analyse der Besuchszeitpunkte

5. Verletzungskategorien und deren Verteilung

Die Analyse der Verletzungskategorien gibt Aufschluss über die Art und Häufigkeit der verschiedenen Verletzungen und Problemfelder bei Polytrauma-Patienten. Für eine strukturierte Betrachtung wurden die Verletzungen in körperliche und nicht-körperliche Kategorien unterteilt.

5.1 Verteilung der Körperteilverletzungen

Die Untersuchung der Körperteilverletzungen zeigt die am häufigsten betroffenen anatomischen Regionen bei Polytrauma-Patienten.

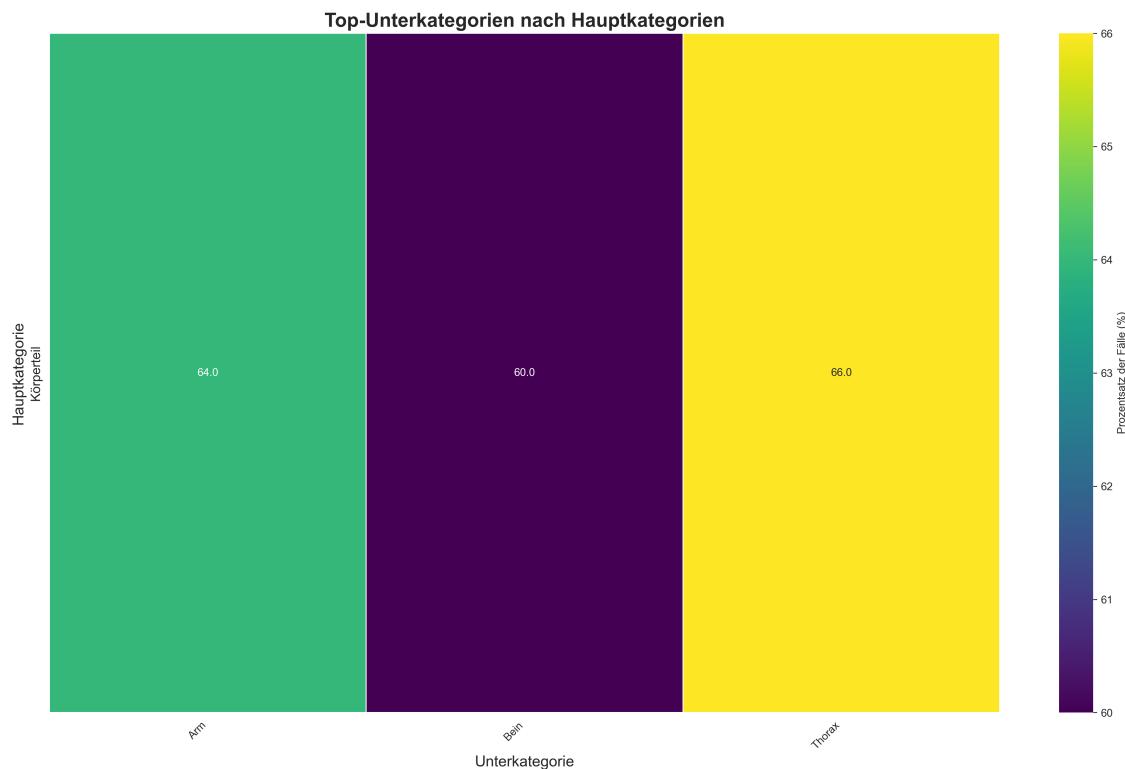


Figure 6: Abbildung 6: Häufigste Körperteilverletzungen

Abbildung 6: Die Heatmap zeigt die drei am häufigsten betroffenen Körperregionen: Thorax (66%), Arm (64%) und Bein (60%). Diese Daten unterstreichen die Relevanz von Verletzungen des Brustkorbs und der Extremitäten bei Polytrauma-Patienten. Bei nahezu allen Patienten (49 von 50, 98%) war mindestens eine Körperregion betroffen, wobei nur ein Patient keine dokumentierte Körperteilverletzung aufwies.

Bemerkenswert ist die vergleichsweise geringere Häufigkeit von Halsverletzungen (2%, nur 1 Patient) und Abdominalverletzungen (20%, 10 Patienten). Kopf- und Wirbelsäulenverletzungen treten mit jeweils 54% (27 Patienten) relativ häufig auf und stellen aufgrund ihres Potenzials für langfristige Beeinträchtigungen besonders kritische Verletzungen dar.

5.2 Verteilung der nicht-körperlichen Problemkategorien

Neben den körperlichen Verletzungen wurden auch nicht-körperliche Problembereiche analysiert, die für die Rehabilitation und Genesung relevant sind.

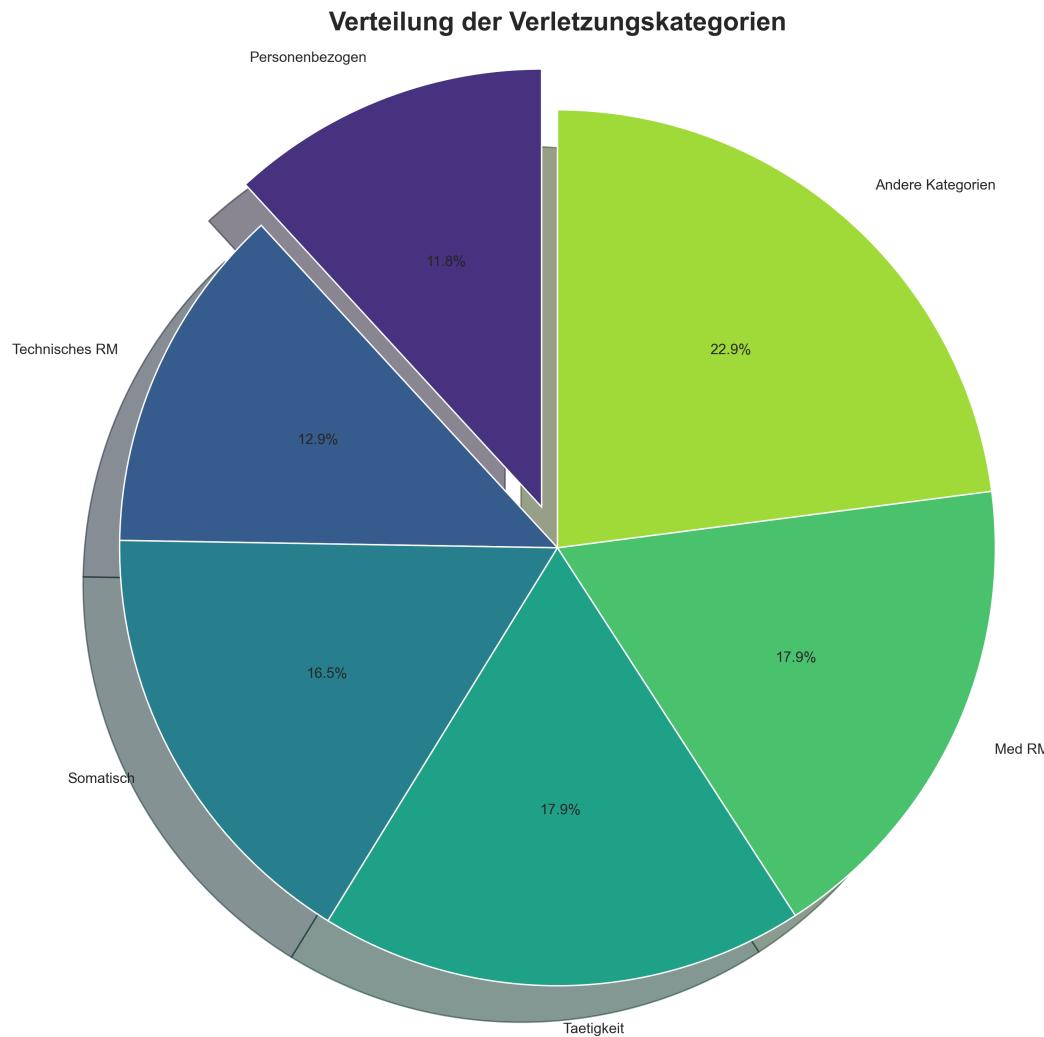


Figure 7: Abbildung 7: Verteilung der nicht-körperlichen Verletzungskategorien

Abbildung 7: Das Kreisdiagramm zeigt die Verteilung der nicht-körperlichen Problemkategorien. Besonders auffällig ist, dass alle Patienten (100%) Probleme in den Kategorien "Tätigkeit" (arbeits- und beschäftigungsbezogene Aspekte) und "Medizinisches Rehabilitationsmanagement" (Med RM) aufwiesen. Auch somatische Probleme (Funktionsstörungen, Schmerzen und Komplikationen) waren mit 92% sehr häufig vertreten. Dies unterstreicht die Komplexität von Polytrauma, bei dem neben den direkten Verletzungen auch zahlreiche Begleitprobleme auftreten.

Abbildung 8: Die Radar-Darstellung verdeutlicht das Ausmaß, in dem die verschiedenen Problemkategorien bei den Patienten auftreten. Während Tätigkeit und Medizinisches RM mit 100% maximale Abdeckung zeigen, sind die Kategorien "Berufliches Rehabilitations-

Abdeckung über Verletzungskategorien

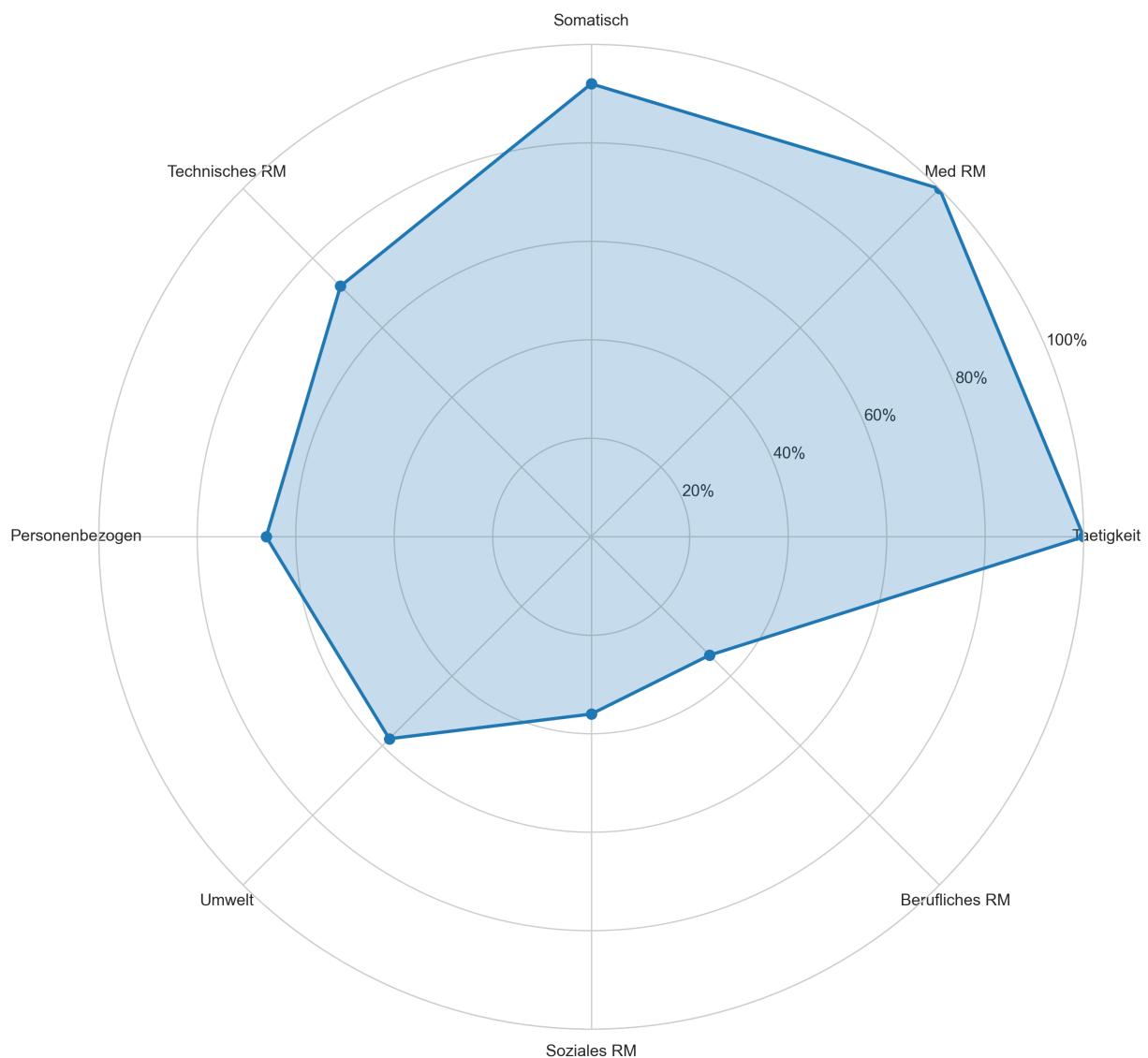


Figure 8: Abbildung 8: Abdeckung über Verletzungskategorien

management" (34%) und "Soziales Rehabilitationsmanagement" (36%) deutlich seltener betroffen. Diese Verteilung spiegelt den Schwerpunkt der unmittelbaren medizinischen Versorgung und Basisrehabilitation wider, während spezialisierte berufliche und soziale Rehabilitationsmaßnahmen nur bei etwa einem Drittel der Patienten erforderlich waren.

5.3 Wichtigste Unterkategorien

Die detaillierte Analyse der Unterkategorien ergab folgende Hauptproblembereiche:

Körperteilverletzungen: - Thorax: 66% der Patienten - Arm (kombiniert links/rechts): 64% der Patienten - Bein (kombiniert links/rechts): 60% der Patienten

Nicht-körperliche Kategorien: - Organisation ambulante Therapie: 96% der Patienten - Funktionsstörungen: 84% der Patienten - Arzt-Vorstellung: 78% der Patienten - Hilfsmittelversorgung: 68% der Patienten - Arbeitsunfähigkeit: 66% der Patienten

Diese Ergebnisse verdeutlichen die multidimensionale Natur der Polytrauma-Versorgung, die sowohl körperliche Verletzungen als auch funktionelle, versorgungstechnische und soziale Aspekte umfasst.

6. Detaillierte Analyse der Problemunterkategorien

Nach der Identifizierung der Hauptkategorien wurden die spezifischen Unterkategorien eingehender untersucht, um ein tieferes Verständnis der konkreten Herausforderungen bei der Polytrauma-Versorgung zu erlangen.

6.1 Medizinisches Rehabilitationsmanagement

Das medizinische Rehabilitationsmanagement war für alle Patienten relevant, wobei bestimmte Aspekte besonders häufig auftraten.

Abbildung 9: Die Organisation ambulanter Therapie war mit 96% die mit Abstand häufigste Maßnahme im medizinischen Rehabilitationsmanagement. Die hohe Prävalenz unterstreicht die zentrale Rolle der ambulanten Versorgung im Rehabilitationsprozess. An zweiter Stelle stand die Arzt-Vorstellung mit 78%, gefolgt von der Organisation medizinischer Rehabilitation (54%). Bemerkenswert ist auch, dass 42% der Patienten weitere Krankenhausaufenthalte benötigten, was die Komplexität und den oft chronischen Verlauf von Polytrauma-Folgen verdeutlicht. Die Psychotherapie als Teil des medizinischen Rehabilitationsmanagements war für 24% der Patienten erforderlich, was auf die psychologische Dimension der Genesung hinweist.

6.2 Somatische Probleme

Die somatischen Probleme umfassen funktionelle Störungen, Schmerzen und Komplikationen und waren bei 92% der Patienten dokumentiert.

Unterkategorienverteilung für Med RM

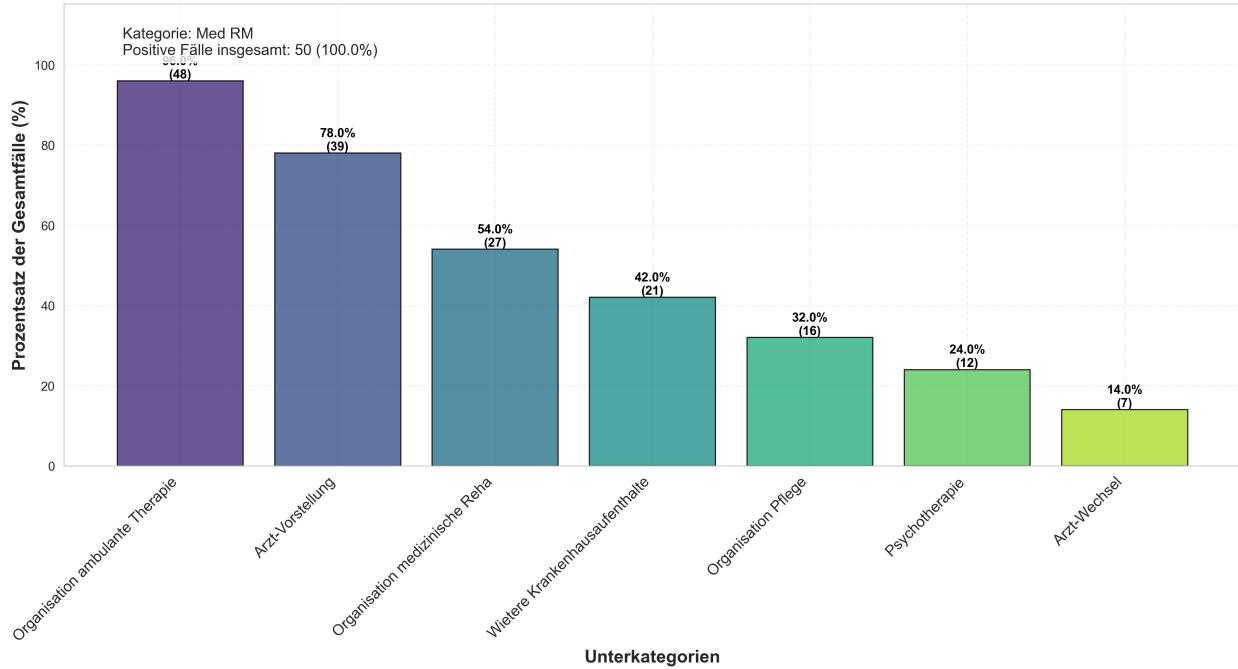


Figure 9: Abbildung 9: Unterkategorien des medizinischen Rehabilitationsmanagements

Unterkategorienverteilung für Somatisch

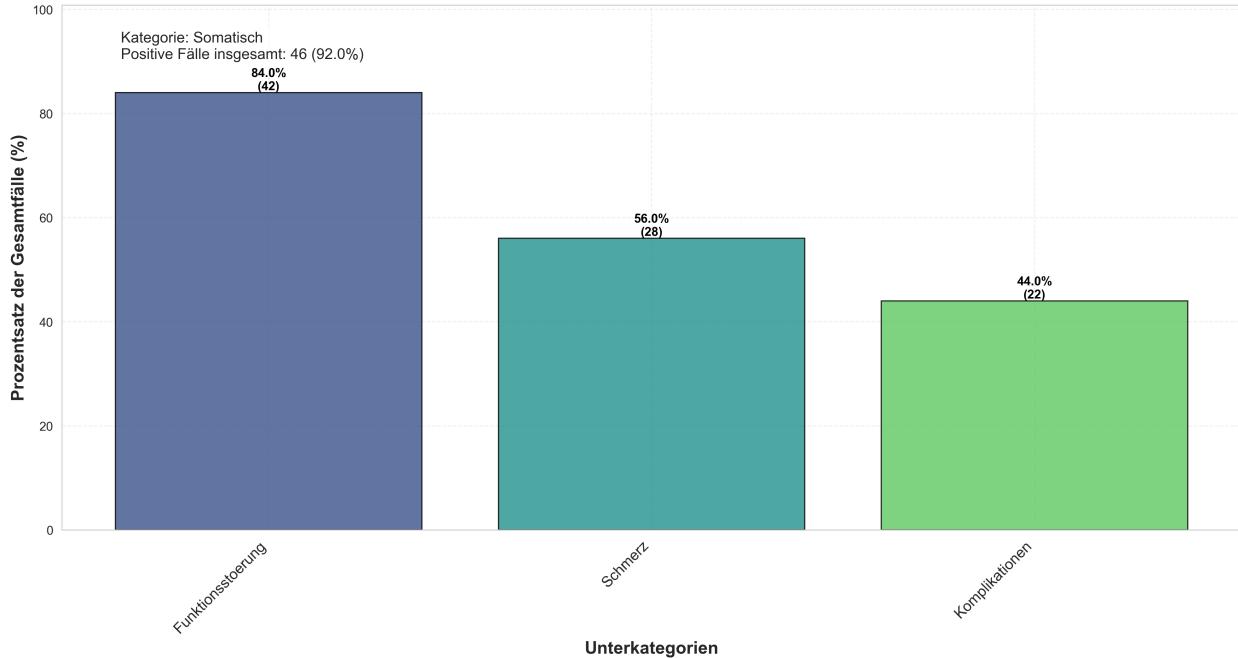


Figure 10: Abbildung 10: Unterkategorien der somatischen Probleme

Abbildung 10: Unter den somatischen Problemen waren Funktionsstörungen mit 84% am häufigsten vertreten. Dieses Ergebnis entspricht den Erwartungen bei komplexen Verletzungsmustern, die zu diversen funktionellen Einschränkungen führen. Chronische Schmerzen stellten bei 56% der Patienten ein signifikantes Problem dar, was ihre Bedeutung als Fokus für Behandlungsansätze unterstreicht. Komplikationen wurden bei 44% der Patienten dokumentiert, was auf die Herausforderungen im Heilungsverlauf hinweist. Die hohe Rate an somatischen Problemen (91,3% aller Patienten mit mindestens einer somatischen Unterkategorie) verdeutlicht die Notwendigkeit einer umfassenden körperlichen Rehabilitation, die über die akute Versorgung der ursprünglichen Verletzungen hinausgeht.

6.3 Tätigkeitsbezogene Aspekte

Die tätigkeitsbezogenen Aspekte umfassen die Arbeitsfähigkeit und berufliche Situation der Patienten und waren bei allen Patienten (100%) relevant.

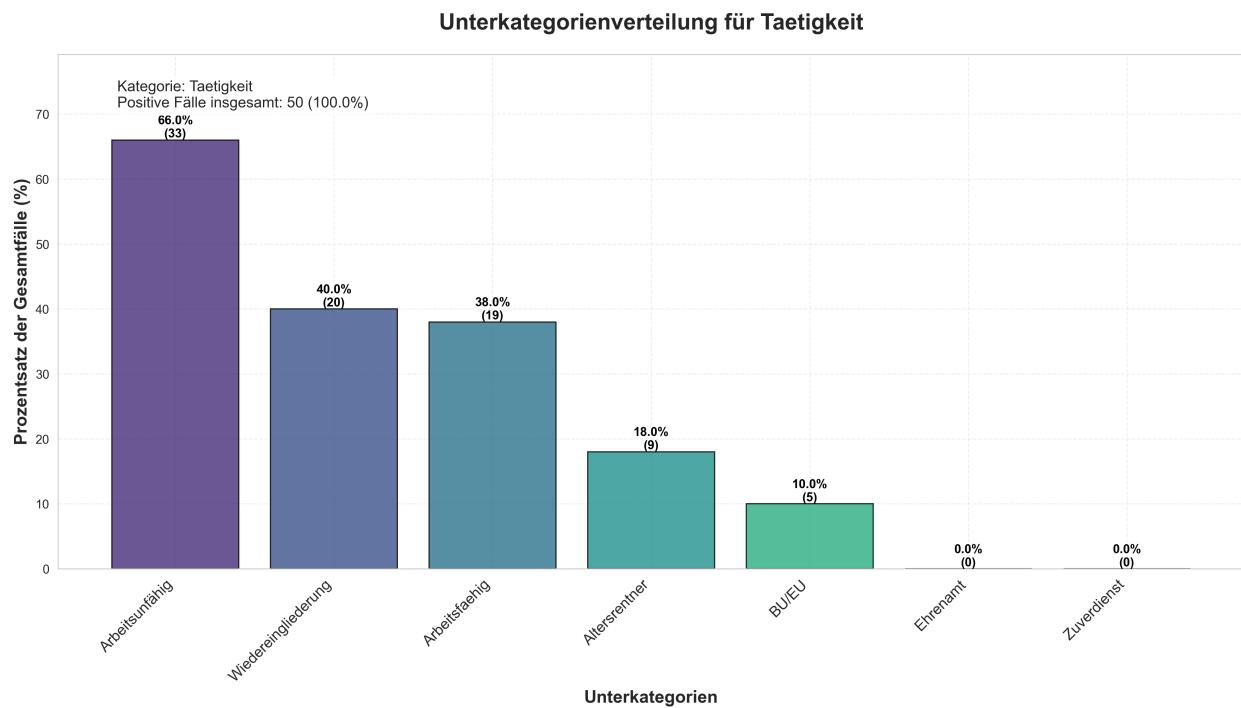


Figure 11: Abbildung 11: Unterkategorien der tätigkeitsbezogenen Aspekte

Abbildung 11: Die Analyse der tätigkeitsbezogenen Aspekte zeigt, dass Arbeitsunfähigkeit mit 66% das häufigste Problem darstellte. Erstaunlicherweise war dennoch ein beträchtlicher Anteil der Patienten (38%) arbeitsfähig, was möglicherweise auf das breite Spektrum der Verletzungsschwere hindeutet. Wiedereingliederungsmaßnahmen waren bei 40% der Patienten erforderlich, was die Bedeutung gezielter beruflicher Rehabilitationskonzepte betont. Altersrentner machten 18% der Patientengruppe aus, während nur 10% als berufs- oder erwerbsunfähig eingestuft wurden. Diese Verteilung

unterstreicht die Wichtigkeit einer beruflichen Perspektive im Rehabilitationsprozess, da die Mehrheit der Patienten potenziell in das Arbeitsleben zurückkehren könnte.

7. Zeitabhängige Analyse der Problemidentifikation

Die zeitliche Dimension der Problemidentifikation im Heilungsverlauf bietet wichtige Einblicke in den Rehabilitationsprozess. Diese Analyse untersucht den Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Problemidentifikation und der Gesamtheilungsdauer.

7.1 Korrelation zwischen Problemidentifikation und Heilungsdauer nach Zeitintervallen

Die Analyse der Korrelation zwischen der Anzahl identifizierter Probleme in bestimmten Zeitintervallen und der Gesamtheilungsdauer ermöglicht es, kritische Zeitfenster im Heilungsprozess zu identifizieren.

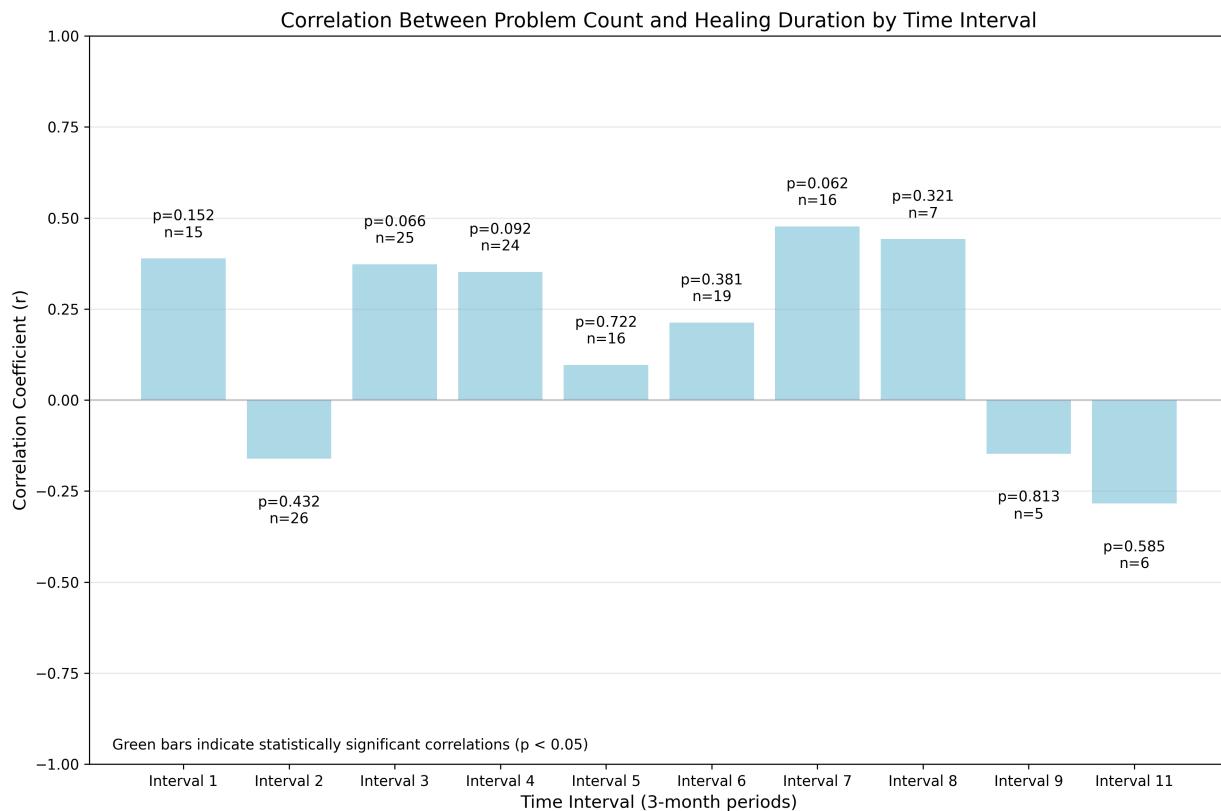


Figure 12: Abbildung 12: Korrelation zwischen Problemanzahl und Heilungsdauer nach Zeitintervall

Abbildung 12: Die Grafik zeigt die Korrelationskoeffizienten zwischen der Anzahl der identifizierten Probleme und der Heilungsdauer für verschiedene Zeitintervalle (jeweils 3-Monats-Perioden nach dem Unfall). Besonders auffällig sind die positiven Korrelationen

in den Intervallen 3, 4 und 7, die mit p-Werten von 0,066, 0,092 und 0,062 nahe an der statistischen Signifikanzgrenze ($p < 0,05$) liegen. Dies deutet darauf hin, dass eine höhere Anzahl identifizierter Probleme in diesen Zeiträumen (6-9 Monate, 9-12 Monate und 18-21 Monate nach dem Unfall) tendenziell mit einer längeren Gesamtheilungsdauer verbunden ist.

Interessanterweise zeigt Intervall 2 (3-6 Monate nach dem Unfall) eine leicht negative Korrelation ($r = -0,161$), was darauf hindeuten könnte, dass eine frühzeitige Problemidentifikation und -intervention in diesem Zeitraum mit kürzeren Heilungszeiten assoziiert sein könnte, obwohl dieser Zusammenhang statistisch nicht signifikant ist ($p = 0,432$).

Die stärkste positive Korrelation tritt in Intervall 7 (18-21 Monate nach dem Unfall) mit $r = 0,477$ auf. Dies könnte darauf hindeuten, dass Probleme, die in diesem späteren Stadium des Heilungsprozesses identifiziert werden, besonders hartnäckig sind oder auf einen komplizierteren Genesungsverlauf hinweisen.

7.2 Klinische Implikationen der zeitabhängigen Analyse

Diese Analyse legt nahe, dass bestimmte Zeitfenster in der Rehabilitation von Polytrauma-Patienten besondere Aufmerksamkeit verdienen:

1. **Frühes Eingreifen (3-6 Monate):** Die tendenziell negative Korrelation in diesem Zeitraum unterstreicht die potenzielle Bedeutung frühzeitiger und umfassender Interventionen, obwohl der Zusammenhang statistisch nicht gesichert ist.
2. **Kritische Überwachungsperioden (6-12 Monate und 18-21 Monate):** Die stärkeren positiven Korrelationen in diesen Zeiträumen deuten darauf hin, dass Probleme, die während dieser Perioden identifiziert werden, wichtige Indikatoren für einen komplexeren Heilungsverlauf sein könnten. Eine verstärkte Überwachung und Intervention während dieser Zeiträume könnte besonders wichtig sein.
3. **Langzeitbetreuung:** Die anhaltende Korrelation zwischen Problemidentifikation und Heilungsdauer selbst in späteren Phasen (Intervall 7 und 8) unterstreicht die Notwendigkeit einer langfristigen Betreuung und regelmäßiger Neubewertung des Rehabilitationsfortschritts.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Stichprobengrößen in den späteren Intervallen (ab Intervall 8) abnehmen, was die statistische Aussagekraft in diesen Zeiträumen einschränkt. Dennoch bieten diese Ergebnisse wertvolle Hinweise für die zeitliche Strukturierung des Rehabilitationsmanagements bei Polytrauma-Patienten.

8. Univariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer

Die univariate Analyse untersucht den isolierten Einfluss einzelner Faktoren auf die Heilungsdauer ohne Berücksichtigung potenzieller Wechselwirkungen mit anderen Faktoren.

8.1 Einfluss von Körperteilverletzungen

Die Analyse des Einflusses von Verletzungen spezifischer Körperteile auf die Heilungsdauer lieferte folgende Haupterkenntnisse:

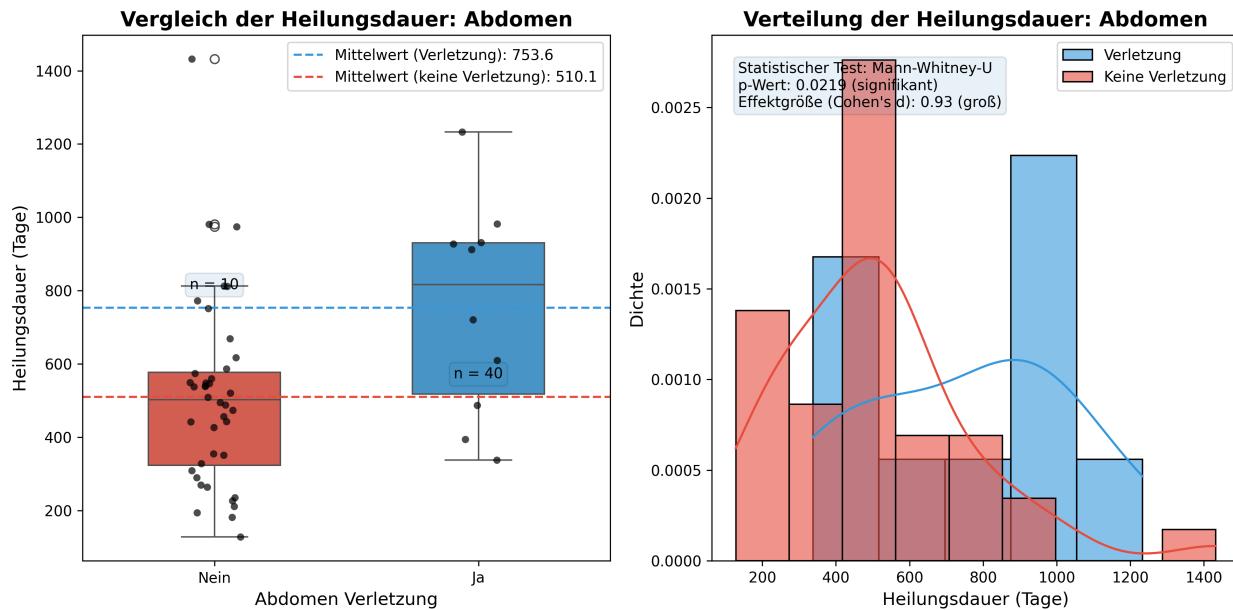


Figure 13: Abbildung 13: Auswirkung von Abdominalverletzungen auf die Heilungsdauer

Abbildung 13: Die Grafik zeigt einen deutlichen Unterschied in der Heilungsdauer bei Patienten mit und ohne Abdominalverletzungen. Patienten mit Abdominalverletzungen ($n=10$) wiesen eine durchschnittlich um 244 Tage längere Heilungsdauer auf als Patienten ohne solche Verletzungen ($n=40$). Dieser Unterschied erscheint zunächst statistisch signifikant ($p=0,022$) und zeigt eine große Effektgröße (Cohen's $d=0,93$), was auf einen klinisch relevanten Einfluss hindeutet. Nach Korrektur für multiples Testen bleibt die statistische Signifikanz jedoch nicht erhalten. Die höhere Streuung in der Verteilung der Heilungsdauer bei Patienten mit Abdominalverletzungen (rechte Grafik) verdeutlicht die Variabilität der individuellen Genesungsverläufe.

Abbildung 14: Überraschenderweise zeigten Patienten mit Kopfverletzungen ($n=27$) eine im Durchschnitt um 221 Tage kürzere Heilungsdauer als Patienten ohne Kopfverletzungen ($n=23$), ein Unterschied, der statistisch signifikant war ($p=0,010$) und eine große Effektgröße aufwies (Cohen's $d=0,86$). Dieses kontraintuitive Ergebnis könnte auf spezifische Behandlungsstrategien, frühzeitige Interventionen oder unterschiedliche Nachsorgemuster bei Kopfverletzungen hindeuten, oder durch andere, in dieser Analyse nicht berücksichtigte Faktoren beeinflusst sein.

Weitere wichtige Ergebnisse:

Für andere Körperteile wie Arm rechts (119,7 Tage länger, $p=0,103$) und Thorax (86,0 Tage länger, $p=0,296$) wurden zwar Unterschiede in der mittleren Heilungsdauer beobachtet, diese erreichten jedoch keine statistische Signifikanz.

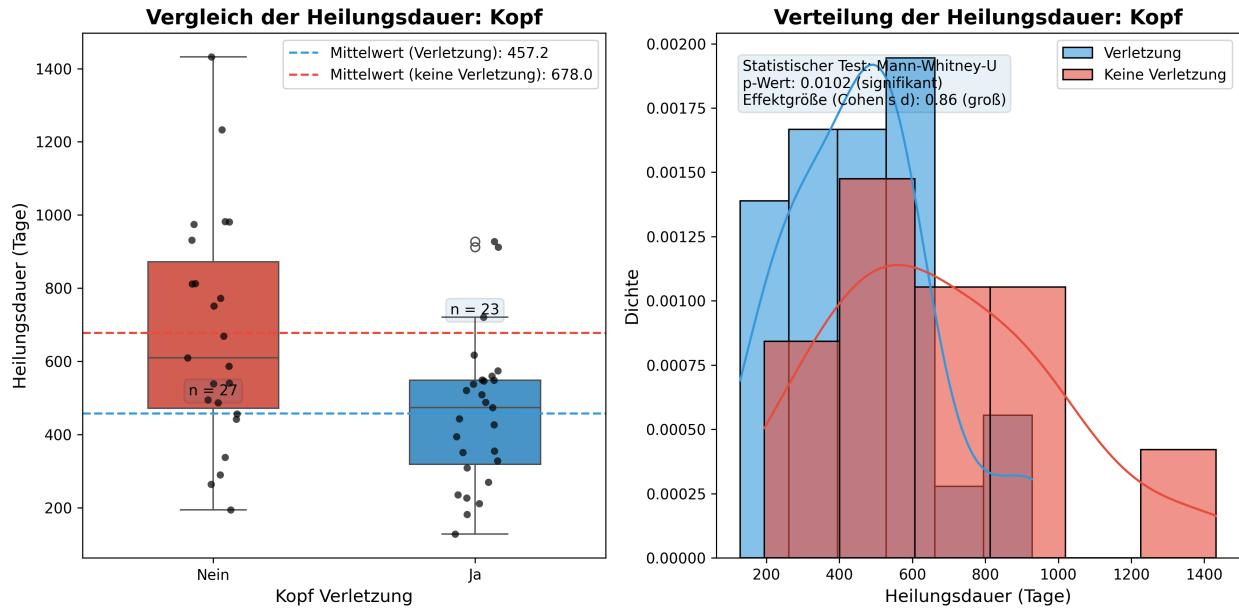


Figure 14: Abbildung 14: Auswirkung von Kopfverletzungen auf die Heilungsdauer

Nach Anwendung der statistischen Korrektur für multiple Tests (Bonferroni und FDR) verlor keiner der beobachteten Unterschiede seine statistische Signifikanz, was die Interpretationsgrenze im Kontext der begrenzten Stichprobengröße widerspiegelt. Dennoch weisen die großen Effektgrößen bei Abdomen- und Kopfverletzungen auf klinisch relevante Zusammenhänge hin, die weitere Aufmerksamkeit verdienen.

8.2 Einfluss der Verletzungsanzahl

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der verletzten Körperteile und der Heilungsdauer lieferte unerwartete Ergebnisse:

Abbildung 15: Die Streudiagramm-Analyse zeigt nur eine sehr schwache positive Korrelation ($r=0,08$, $p=0,567$) zwischen der Anzahl der verletzten Körperteile und der Heilungsdauer. Entgegen der intuitiven Erwartung, dass mehr Verletzungen zu längeren Heilungszeiten führen, deutet diese geringe Korrelation darauf hin, dass die reine Anzahl der betroffenen Körperteile kein zuverlässiger Prädiktor für die Heilungsdauer ist.

Abbildung 16: Die Box-Plot-Analyse der Heilungsdauer, kategorisiert nach Verletzungsschweregrad (1-2, 3-4 und 5+ verletzte Körperteile), bestätigt das Fehlen eines signifikanten Zusammenhangs ($p=0,151$). Obwohl ein leichter Aufwärtstrend in der mittleren Heilungsdauer mit zunehmender Verletzungsanzahl erkennbar ist, zeigen die überlappenden Verteilungen und die große Variabilität innerhalb jeder Gruppe, dass andere Faktoren als die reine Anzahl der Verletzungen den Heilungsverlauf stärker beeinflussen könnten.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Art und Schwere spezifischer Verletzungen sowie individuelle Patientenfaktoren möglicherweise wichtiger für die Prognose der Heilungs-

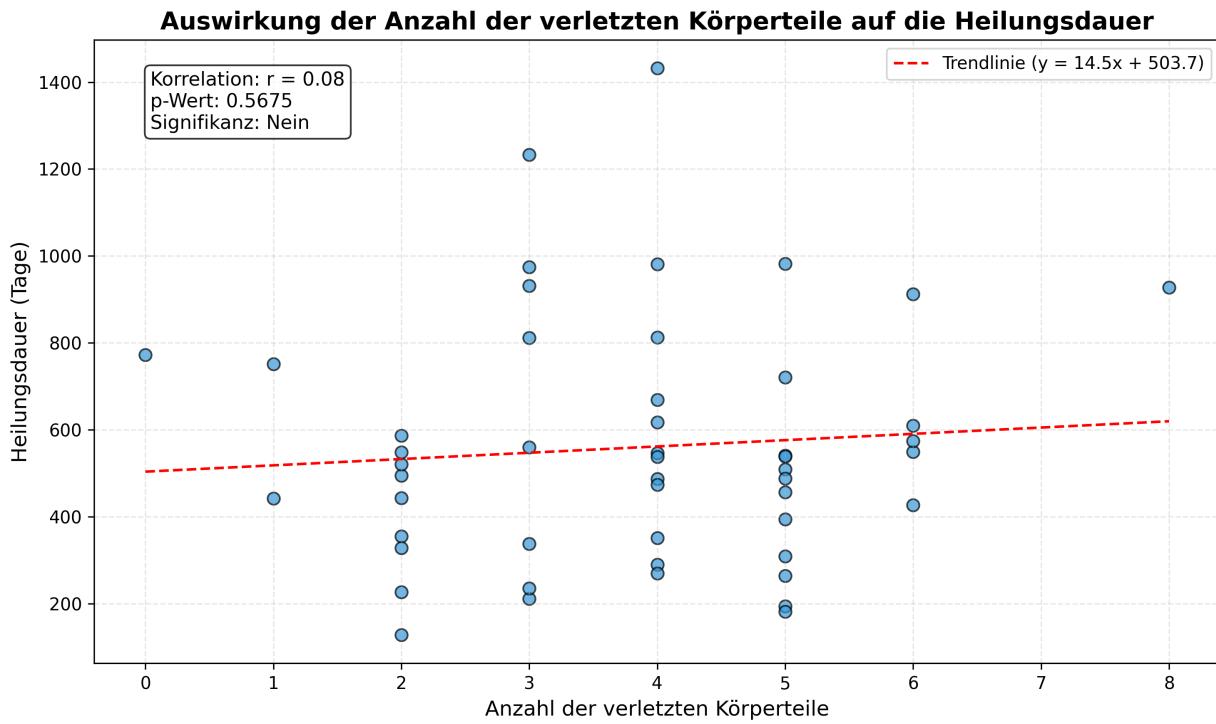


Figure 15: Abbildung 15: Korrelation zwischen Verletzungsanzahl und Heilungsdauer

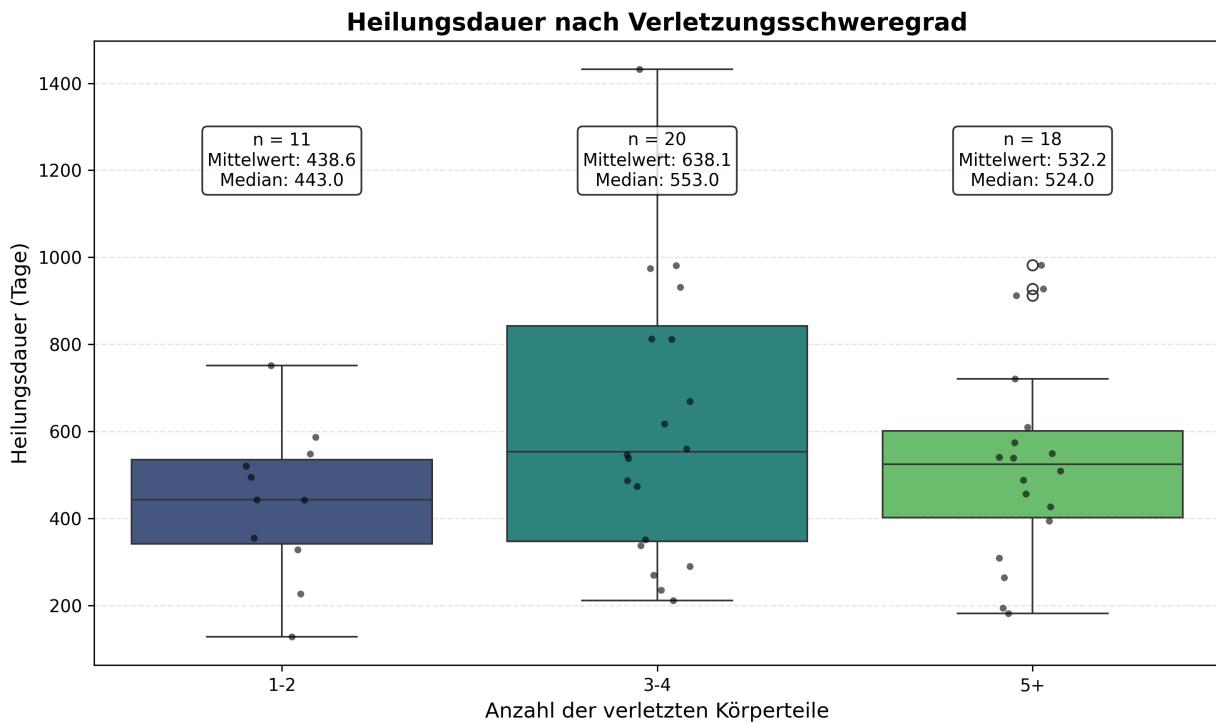


Figure 16: Abbildung 16: Heilungsdauer nach Verletzungsschweregrad

dauer sind als die bloße Anzahl der betroffenen Körperteile.

8.3 Einfluss des Alters

Die Analyse des Alterseinflusses auf die Heilungsdauer ergab folgende Erkenntnisse:

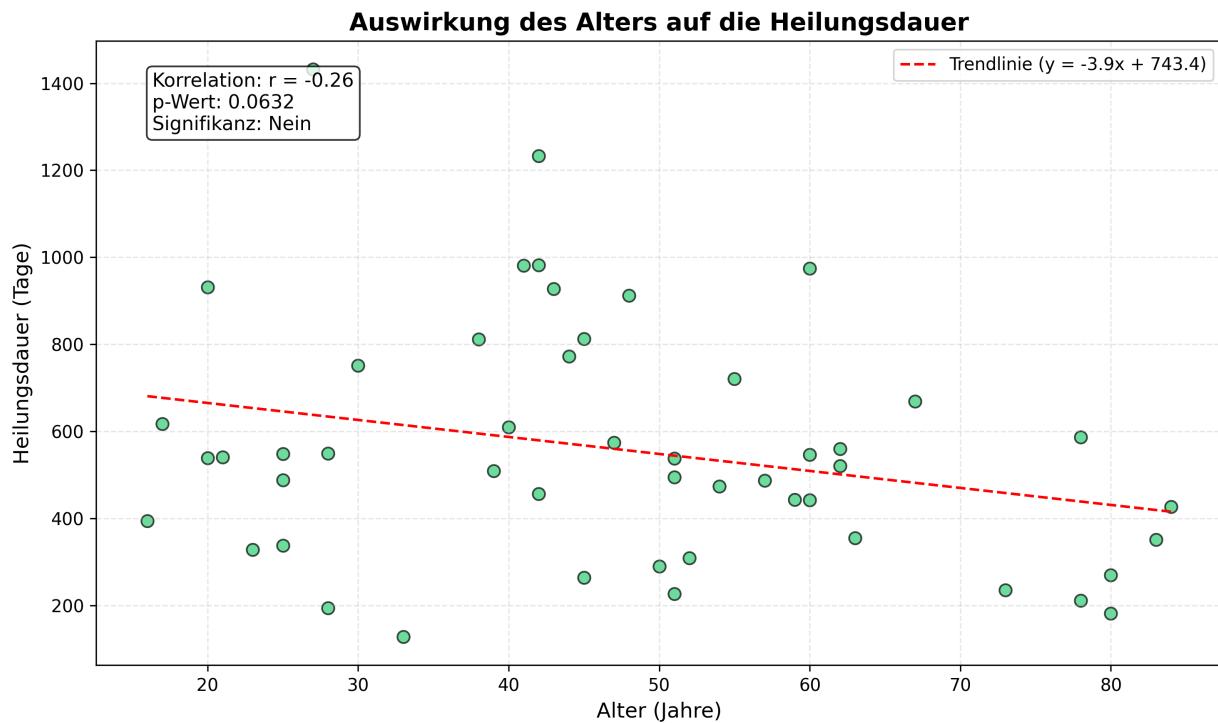


Figure 17: Abbildung 17: Korrelation zwischen Alter und Heilungsdauer

Abbildung 17: Die Analyse zeigt eine schwache negative Korrelation zwischen dem Alter der Patienten und der Heilungsdauer ($r=-0,26$, $p=0,063$). Diese Tendenz deutet darauf hin, dass ältere Patienten entgegen der klinischen Erwartung möglicherweise kürzere dokumentierte Heilungszeiten aufweisen. Die rote Trendlinie visualisiert diesen negativen Zusammenhang, der jedoch knapp die konventionelle Signifikanzschwelle ($p<0,05$) verfehlt.

Abbildung 18: Die differenzierte Analyse nach Altersdekaden zeigt signifikante Unterschiede in der Heilungsdauer zwischen verschiedenen Altersgruppen ($p=0,047$). Auffällig ist die tendenziell kürzere Heilungsdauer bei Patienten in höheren Altersdekaden. Dieses kontraintuitive Ergebnis könnte durch verschiedene Faktoren erklärt werden, wie unterschiedliche Behandlungsmuster bei älteren Patienten, geringere Erwartungen an die vollständige funktionelle Wiederherstellung oder frühere Entlassungsentscheidungen aus der Nachsorge. Möglicherweise spielt auch eine Vorselektion eine Rolle, bei der komplexe Fälle älterer Patienten aufgrund höherer Mortalität oder Verlegung in spezialisierte Pflegeeinrichtungen nicht vollständig im Datensatz erfasst wurden.

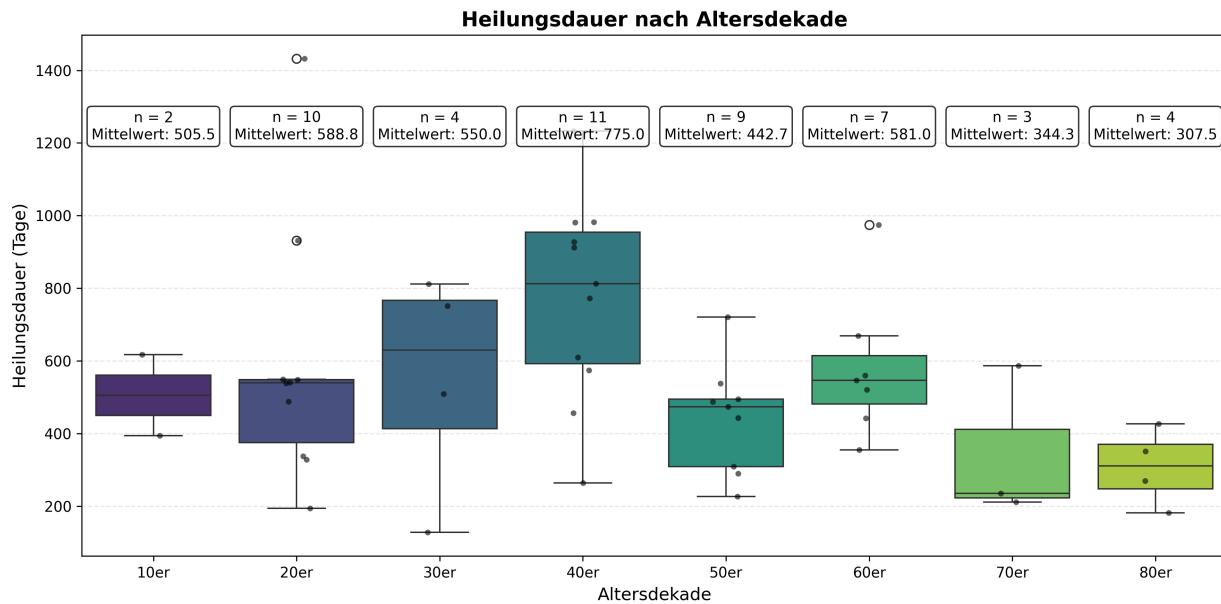


Figure 18: Abbildung 18: Heilungsdauer nach Altersdekaden

Diese Ergebnisse erfordern weitere Untersuchungen, um die zugrundeliegenden Mechanismen besser zu verstehen und potentielle Verzerrungen in der Datenerfassung zu berücksichtigen.

8.4 Klinische Bedeutung vs. statistische Signifikanz

Bei der Interpretation der univariaten Analyseergebnisse ist die wichtige Unterscheidung zwischen statistischer Signifikanz und klinischer Relevanz zu beachten:

- **Statistische Signifikanz ($p<0,05$)** gibt an, dass ein beobachteter Unterschied mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zufällig ist, wird jedoch stark von der Stichprobengröße beeinflusst.
- **Klinische Relevanz** bezieht sich auf die praktische Bedeutung eines Effekts für die Patientenversorgung und wird besser durch Effektgrößen wie Cohen's d charakterisiert.

Im Kontext dieser Analyse zeigen insbesondere die Ergebnisse zu Abdomen- und Kopfverletzungen große Effektgrößen ($d>0,8$), was auf klinisch bedeutsame Unterschiede in der Heilungsdauer hindeutet, selbst wenn diese Unterschiede nach strenger statistischer Korrektur für multiple Tests ihre formale Signifikanz verlieren. Diese Faktoren verdienen daher besondere Beachtung in der klinischen Praxis und der Behandlungsplanung.

Die stärkste positive Korrelation tritt in Intervall 7 (18-21 Monate nach dem Unfall) mit $r = 0,477$ auf. Dies könnte darauf hindeuten, dass Probleme, die in diesem späteren Stadium des Heilungsprozesses identifiziert werden, besonders hartnäckig sind oder auf einen komplizierteren Genesungsverlauf hinweisen.

7.2 Klinische Implikationen der zeitabhängigen Analyse

Diese Analyse legt nahe, dass bestimmte Zeitfenster in der Rehabilitation von Polytrauma-Patienten besondere Aufmerksamkeit verdienen:

1. **Frühes Eingreifen (3-6 Monate):** Die tendenziell negative Korrelation in diesem Zeitraum unterstreicht die potenzielle Bedeutung frühzeitiger und umfassender Interventionen, obwohl der Zusammenhang statistisch nicht gesichert ist.
2. **Kritische Überwachungsperioden (6-12 Monate und 18-21 Monate):** Die stärkeren positiven Korrelationen in diesen Zeiträumen deuten darauf hin, dass Probleme, die während dieser Perioden identifiziert werden, wichtige Indikatoren für einen komplexeren Heilungsverlauf sein könnten. Eine verstärkte Überwachung und Intervention während dieser Zeiträume könnte besonders wichtig sein.
3. **Langzeitbetreuung:** Die anhaltende Korrelation zwischen Problemidentifikation und Heilungsdauer selbst in späteren Phasen (Intervall 7 und 8) unterstreicht die Notwendigkeit einer langfristigen Betreuung und regelmäßiger Neubewertung des Rehabilitationsfortschritts.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Stichprobengrößen in den späteren Intervallen (ab Intervall 8) abnehmen, was die statistische Aussagekraft in diesen Zeiträumen einschränkt. Dennoch bieten diese Ergebnisse wertvolle Hinweise für die zeitliche Strukturierung des Rehabilitationsmanagements bei Polytrauma-Patienten.

8. Univariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer

Die univariate Analyse untersucht den isolierten Einfluss einzelner Faktoren auf die Heilungsdauer ohne Berücksichtigung potenzieller Wechselwirkungen mit anderen Faktoren.

8.1 Einfluss von Körperteilverletzungen

Die Analyse des Einflusses von Verletzungen spezifischer Körperteile auf die Heilungsdauer lieferte folgende Haupterkenntnisse:

Abbildung 13: Auswirkung von Abdominalverletzungen auf die Heilungsdauer

Figure 19: Abbildung 13: Auswirkung von Abdominalverletzungen auf die Heilungsdauer

Abbildung 13: Die Grafik zeigt einen deutlichen Unterschied in der Heilungsdauer bei Patienten mit und ohne Abdominalverletzungen. Patienten mit Abdominalverletzungen ($n=10$) wiesen eine durchschnittlich um 244 Tage längere Heilungsdauer auf als Patienten ohne solche Verletzungen ($n=40$). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p=0,022$) und zeigt eine große Effektgröße (Cohen's $d=0,93$), was auf einen klinisch relevanten Einfluss hindeutet. Die höhere Streuung in der Verteilung der Heilungsdauer bei Patienten mit Abdominalverletzungen (rechte Grafik) verdeutlicht die Variabilität der individuellen Genesungsverläufe.

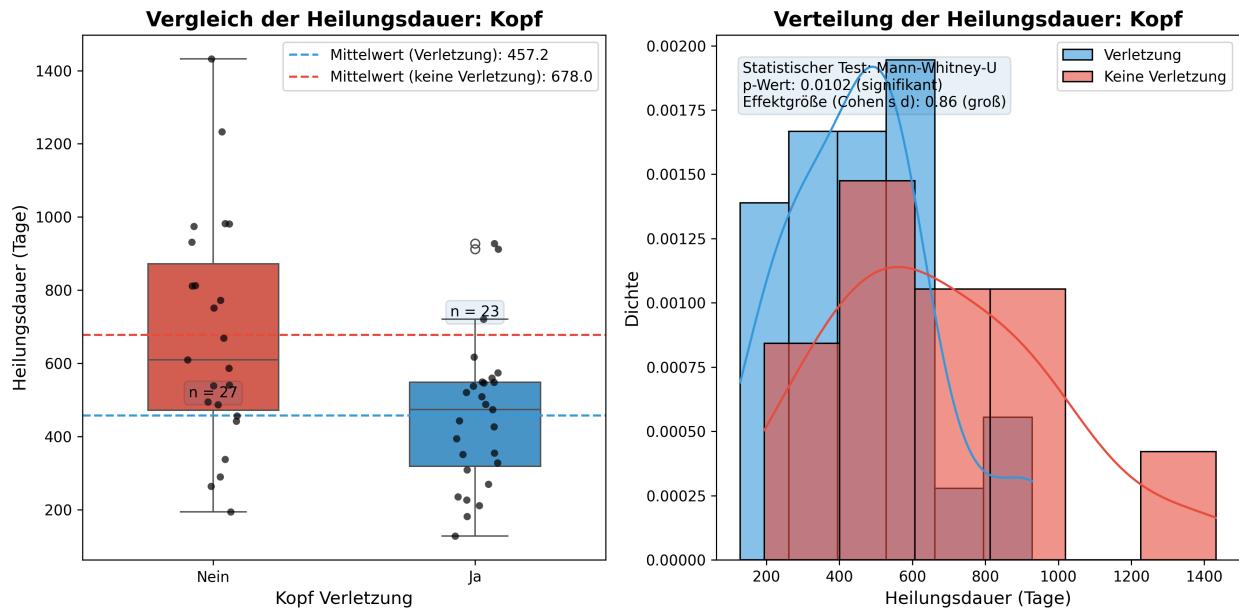


Figure 20: Abbildung 14: Auswirkung von Kopfverletzungen auf die Heilungsdauer

Abbildung 14: Überraschenderweise zeigten Patienten mit Kopfverletzungen ($n=27$) eine im Durchschnitt um 221 Tage kürzere Heilungsdauer als Patienten ohne Kopfverletzungen ($n=23$), ein Unterschied, der statistisch signifikant war ($p=0,010$) und eine große Effektgröße aufwies (Cohen's $d=0,86$). Dieses kontraintuitive Ergebnis könnte auf spezifische Behandlungsstrategien, frühzeitige Interventionen oder unterschiedliche Nachsorgemuster bei Kopfverletzungen hindeuten, oder durch andere, in dieser Analyse nicht berücksichtigte Faktoren beeinflusst sein.

Weitere wichtige Ergebnisse:

Für andere Körperteile wie Arm rechts (119,7 Tage länger, $p=0,103$) und Thorax (86,0 Tage länger, $p=0,296$) wurden zwar Unterschiede in der mittleren Heilungsdauer beobachtet, diese erreichten jedoch keine statistische Signifikanz.

Nach Anwendung der statistischen Korrektur für multiple Tests (Bonferroni und FDR) verloren beide zunächst signifikanten Ergebnisse (Abdomen und Kopf) ihre statistische Signifikanz. Dies spiegelt die Herausforderungen wider, bei multiples Testen mit begrenzten Stichprobengrößen statistische Signifikanz zu erreichen. Dennoch weisen die großen Effektgrößen bei Abdomen- ($d=0,93$) und Kopfverletzungen ($d=0,86$) auf klinisch relevante Zusammenhänge hin, die weitere Aufmerksamkeit verdienen.

8.2 Einfluss der Verletzungsanzahl

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der verletzten Körperteile und der Heilungsdauer lieferte unerwartete Ergebnisse:

Abbildung 15: Die Streudiagramm-Analyse zeigt nur eine sehr schwache positive

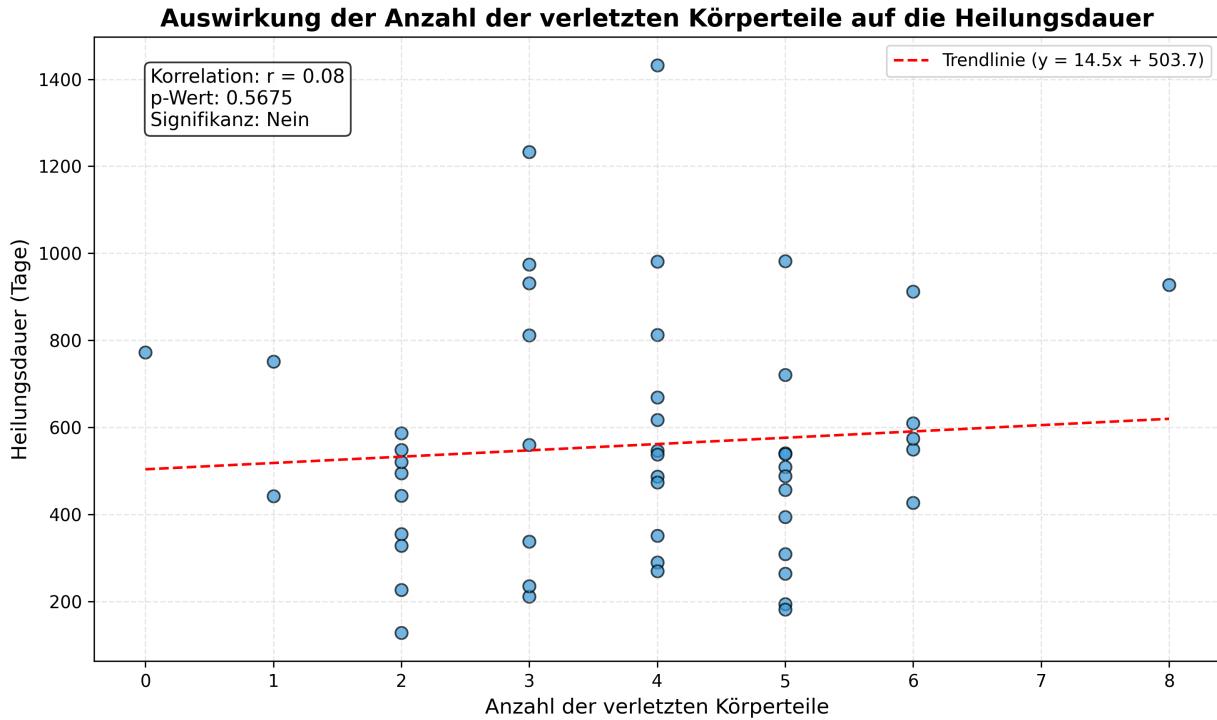


Figure 21: Abbildung 15: Korrelation zwischen Verletzungsanzahl und Heilungsdauer

Korrelation ($r=0,08$, $p=0,567$) zwischen der Anzahl der verletzten Körperteile und der Heilungsdauer. Entgegen der intuitiven Erwartung, dass mehr Verletzungen zu längeren Heilungszeiten führen, deutet diese geringe Korrelation darauf hin, dass die reine Anzahl der betroffenen Körperteile kein zuverlässiger Prädiktor für die Heilungsdauer ist.

Abbildung 16: Die Box-Plot-Analyse der Heilungsdauer, kategorisiert nach Verletzungsschweregrad (1-2, 3-4 und 5+ verletzte Körperteile), bestätigt das Fehlen eines signifikanten Zusammenhangs ($p=0,151$). Obwohl ein leichter Aufwärtstrend in der mittleren Heilungsdauer mit zunehmender Verletzungsanzahl erkennbar ist, zeigen die überlappenden Verteilungen und die große Variabilität innerhalb jeder Gruppe, dass andere Faktoren als die reine Anzahl der Verletzungen den Heilungsverlauf stärker beeinflussen könnten.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Art und Schwere spezifischer Verletzungen sowie individuelle Patientenfaktoren möglicherweise wichtiger für die Prognose der Heilungsdauer sind als die bloße Anzahl der betroffenen Körperteile.

8.3 Einfluss des Alters

Die Analyse des Alterseinflusses auf die Heilungsdauer ergab folgende Erkenntnisse:

Abbildung 17: Die Analyse zeigt eine schwache negative Korrelation zwischen dem Alter der Patienten und der Heilungsdauer ($r=-0,26$, $p=0,063$). Diese Tendenz deutet da-

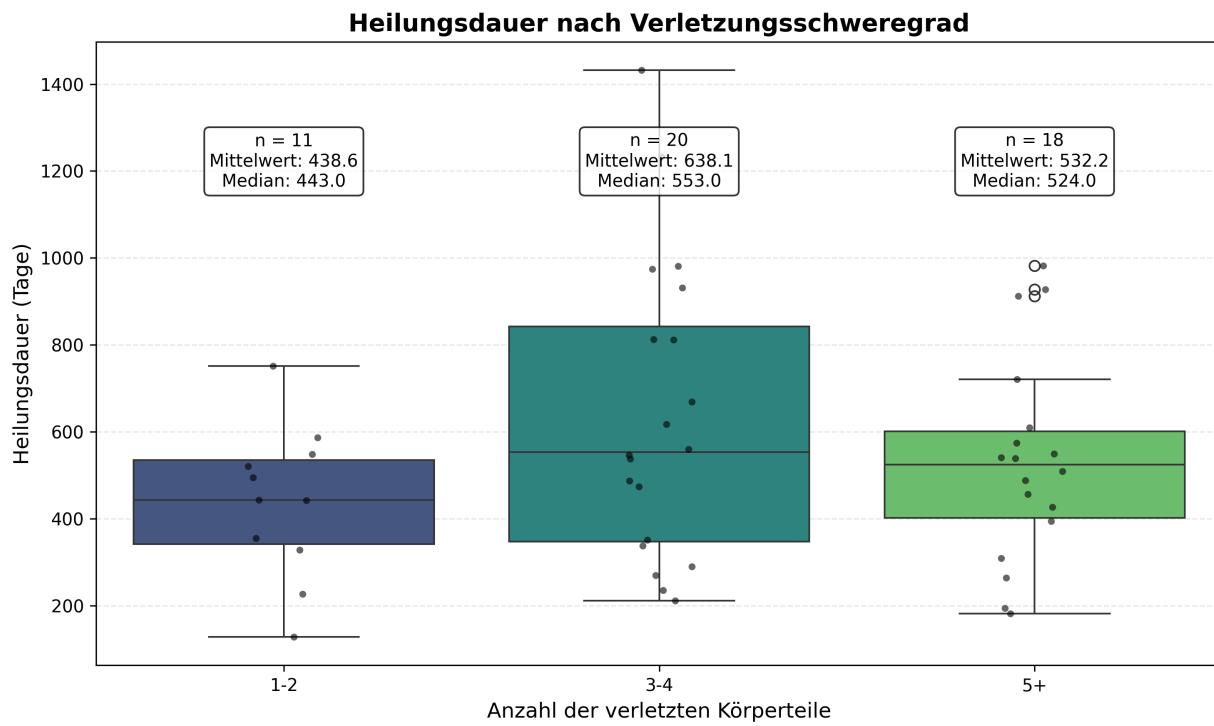


Figure 22: Abbildung 16: Heilungsdauer nach Verletzungsschweregrad

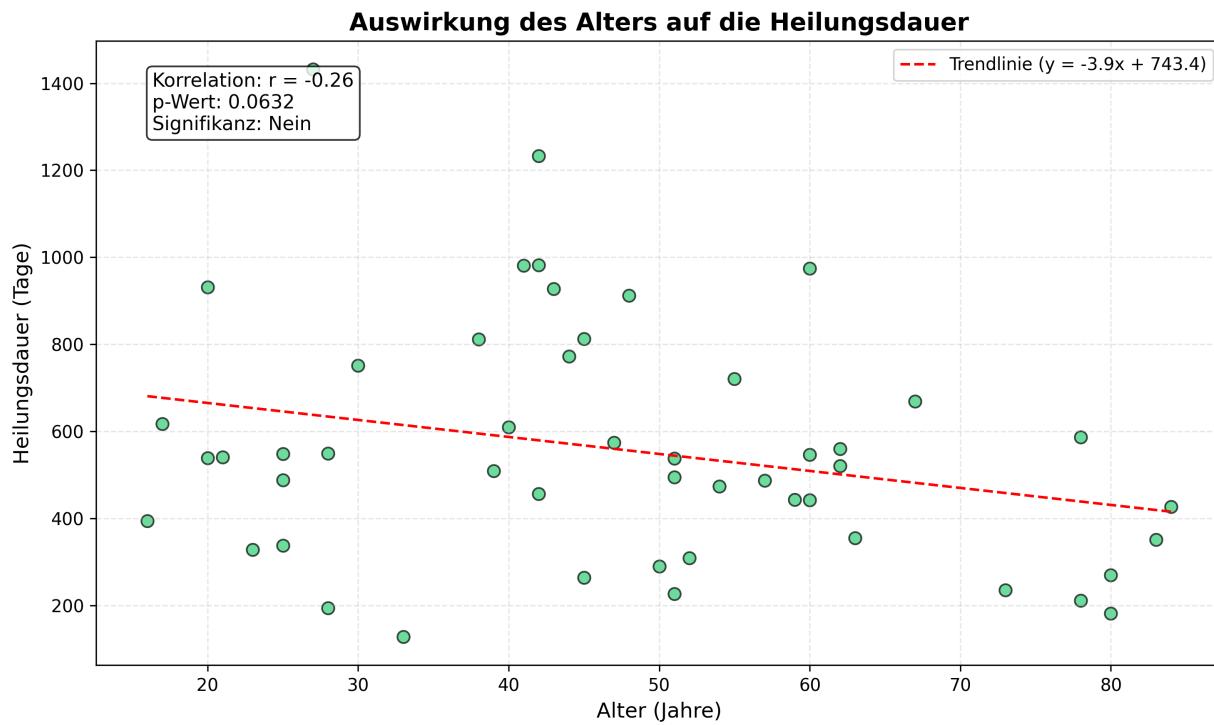


Figure 23: Abbildung 17: Korrelation zwischen Alter und Heilungsdauer

rauf hin, dass ältere Patienten entgegen der klinischen Erwartung möglicherweise kürzere dokumentierte Heilungszeiten aufweisen. Die rote Trendlinie visualisiert diesen negativen Zusammenhang, der jedoch knapp die konventionelle Signifikanzschwelle ($p<0,05$) verfehlt.

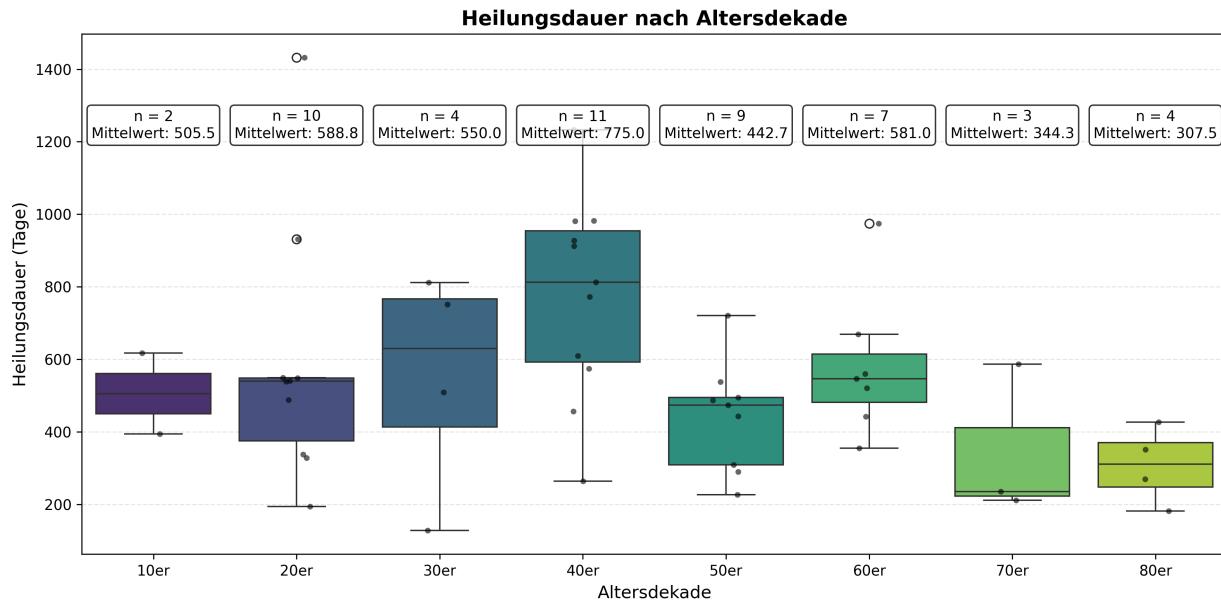


Figure 24: Abbildung 18: Heilungsdauer nach Altersdekaden

Abbildung 18: Die differenzierte Analyse nach Altersdekaden zeigt signifikante Unterschiede in der Heilungsdauer zwischen verschiedenen Altersgruppen ($p=0,047$). Auffällig ist die tendenziell kürzere Heilungsdauer bei Patienten in höheren Altersdekaden. Dieses kontraintuitive Ergebnis könnte durch verschiedene Faktoren erklärt werden, wie unterschiedliche Behandlungsmuster bei älteren Patienten, geringere Erwartungen an die vollständige funktionelle Wiederherstellung oder frühere Entlassungsentscheidungen aus der Nachsorge. Möglicherweise spielt auch eine Vorselektion eine Rolle, bei der komplexere Fälle älterer Patienten aufgrund höherer Mortalität oder Verlegung in spezialisierte Pflegeeinrichtungen nicht vollständig im Datensatz erfasst wurden.

Diese Ergebnisse erfordern weitere Untersuchungen, um die zugrundeliegenden Mechanismen besser zu verstehen und potenzielle Verzerrungen in der Datenerfassung zu berücksichtigen.

8.4 Klinische Bedeutung vs. statistische Signifikanz

Bei der Interpretation der univariaten Analyseergebnisse ist die wichtige Unterscheidung zwischen statistischer Signifikanz und klinischer Relevanz zu beachten:

- **Statistische Signifikanz ($p<0,05$)** gibt an, dass ein beobachteter Unterschied mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zufällig ist, wird jedoch stark von der Stichprobengröße beeinflusst.

- **Klinische Relevanz** bezieht sich auf die praktische Bedeutung eines Effekts für die Patientenversorgung und wird besser durch Effektgrößen wie Cohen's d charakterisiert.

Im Kontext dieser Analyse zeigen insbesondere die Ergebnisse zu Abdomen- und Kopfverletzungen große Effektgrößen ($d>0,8$), was auf klinisch bedeutsame Unterschiede in der Heilungsdauer hindeutet, selbst wenn diese Unterschiede nach strenger statistischer Korrektur für multiple Tests ihre formale Signifikanz verlieren. Diese Faktoren verdienen daher besondere Beachtung in der klinischen Praxis und der Behandlungsplanung.

Zudem unterstreicht die negative Korrelation zwischen Alter und Heilungsdauer die Notwendigkeit einer individuellen Betrachtung des Genesungsprozesses jenseits einfacher demografischer Kategorien und verweist auf mögliche systemische Faktoren in der Nachsorgepraxis, die einer gezielten Überprüfung bedürfen.

In dieser Analyse erreichten die Einflüsse von Abdomen- und Kopfverletzungen zunächst statistische Signifikanz, verloren diese jedoch nach Korrektur für multiples Testen. Ihre großen Effektgrößen ($d>0,8$) deuten jedoch auf klinisch bedeutsame Unterschiede in der Heilungsdauer hin. Dies unterstreicht die Bedeutung, neben p-Werten auch Effektgrößen zu berücksichtigen, insbesondere bei Analysen mit begrenzten Stichprobengrößen, bei denen statistische Signifikanz nach Korrektur möglicherweise schwer zu erreichen ist.

9. Multivariate Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer

Im Gegensatz zur univariaten Analyse berücksichtigt die multivariate Analyse die gleichzeitigen Einflüsse mehrerer Faktoren auf die Heilungsdauer und kann so Zusammenhänge aufdecken, die bei isolierter Betrachtung verborgen bleiben.

9.1 Regressionsmodelle zur Heilungsdauer

Es wurden mehrere lineare Regressionsmodelle entwickelt, um die kombinierten Einflüsse verschiedener Faktoren auf die Heilungsdauer zu analysieren:

Modell 1: Grundmodell mit Abdomen und Kopf - Erklärungskraft: $R^2 = 0,249$ (24,9% der Varianz erklärt) - Signifikante Faktoren: - Abdomen: Verlängert die Heilungsdauer um 209 Tage ($p = 0,022$) - Kopf: Verkürzt die Heilungsdauer um 197 Tage ($p = 0,008$)

Modell 2: Erweitertes Modell mit Arm rechts - Erklärungskraft: $R^2 = 0,280$ (28,0% der Varianz erklärt) - Signifikante Faktoren: - Abdomen: Verlängert die Heilungsdauer um 223 Tage ($p = 0,015$) - Kopf: Verkürzt die Heilungsdauer um 182 Tage ($p = 0,013$) - Arm rechts: Verlängert die Heilungsdauer um 109 Tage, jedoch nicht signifikant ($p = 0,169$)

Modell 3: Komplexes Modell mit Berücksichtigung des Alters - Erklärungskraft: $R^2 = 0,285$ (28,5% der Varianz erklärt) - Signifikante Faktoren: - Abdomen: Verlängert die Heilungsdauer um 211 Tage ($p = 0,025$) - Kopf: Verkürzt die Heilungsdauer um 175 Tage ($p = 0,020$) - Alter: Schwacher negativer Einfluss, nicht signifikant ($p = 0,591$)

Die Modelle bestätigen die in der univariaten Analyse gefundenen Haupteinflussfaktoren (Abdomen und Kopf) und zeigen, dass diese Faktoren auch unter gegenseitiger Kontrolle signifikant bleiben, was auf ihre unabhängige Bedeutung für die Heilungsdauer hindeutet.

9.2 Überlebensanalyse und Hazard-Ratios

Als komplementären Ansatz zur linearen Regression wurde eine Cox-Proportional-Hazards-Analyse durchgeführt, die den zeitlichen Verlauf bis zum “Ereignis” (hier: letzter Besuch) modelliert:

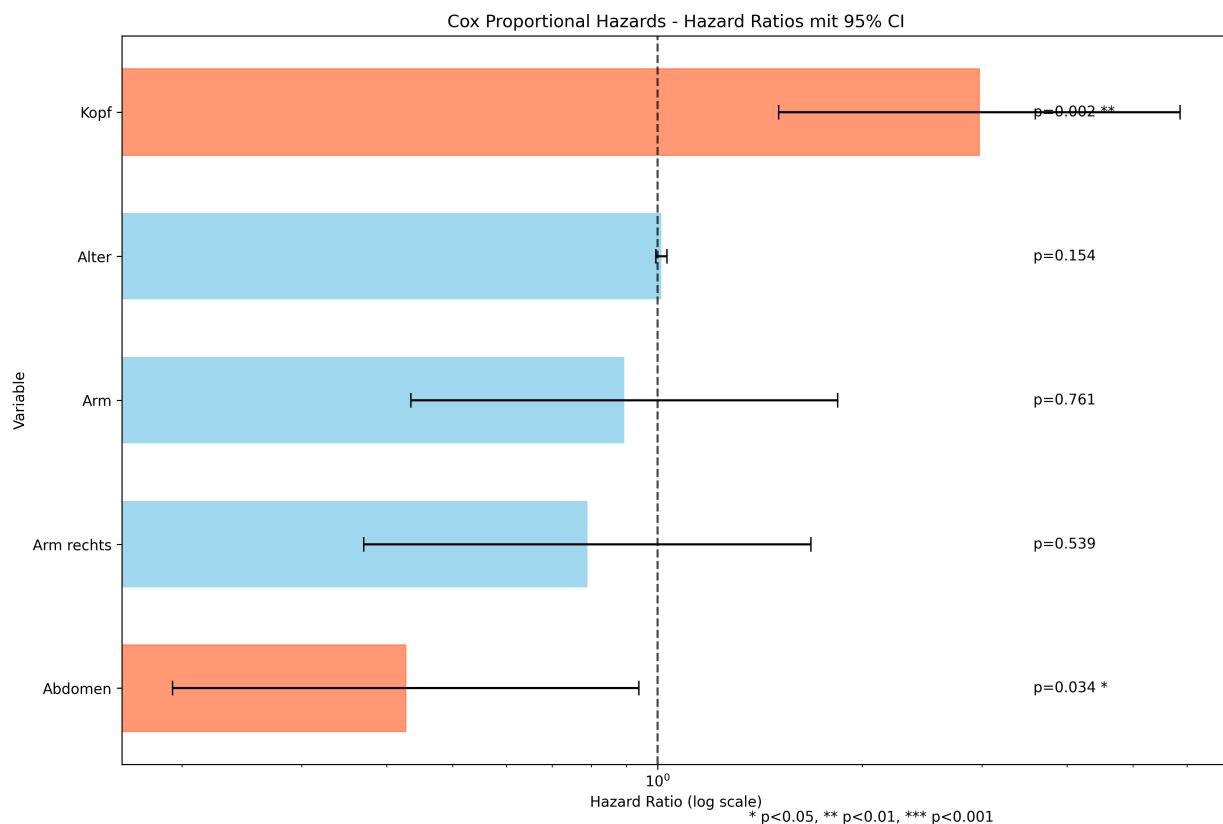


Figure 25: Abbildung 19: Cox Proportional Hazards - Hazard Ratios mit 95% Konfidenzintervallen

Abbildung 19: Die Grafik zeigt die Hazard-Ratios (HR) verschiedener Faktoren mit ihren 95%-Konfidenzintervallen. Ein HR > 1 bedeutet eine höhere “Hazard-Rate” oder Wahrscheinlichkeit, dass der letzte Besuch früher stattfindet (kürzere Heilungsdauer), während ein HR < 1 auf eine niedrigere Rate hindeutet (längere Heilungsdauer).

Besonders auffällig sind: - **Kopf:** HR = 2,97 (95% Kl: 1,51-5,86), p = 0,002. Dies bedeutet, dass Patienten mit Kopfverletzungen eine fast dreimal höhere Rate haben, den letzten Besuch früher zu erreichen, was konsistent mit der kürzeren Heilungsdauer aus der Regressionsanalyse ist. - **Abdomen:** HR = 0,43 (95% Kl: 0,19-0,94), p = 0,034. Patienten

mit Abdominalverletzungen haben eine um 57% reduzierte Rate, den letzten Besuch zu erreichen, was die längere Heilungsdauer bestätigt.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Befunden der Regressionsanalyse überein, bieten jedoch einen anderen Blickwinkel auf die zeitliche Dimension der Heilung.

9.3 Interpretation der scheinbar widersprüchlichen Ergebnisse

Die multivariate Analyse bestätigt die in der univariaten Analyse gefundenen Haupteffekte und führt zu tieferen Einblicken:

1. **Abdominalverletzungen** sind konsistent mit längeren Heilungszeiten verbunden, was auf die Komplexität und langwierige Genesung bei diesen Verletzungen hindeutet. Dieser Effekt bleibt in allen statistischen Modellen signifikant.
2. **Kopfverletzungen** sind überraschenderweise mit kürzeren dokumentierten Heilungszeiten assoziiert. Dies könnte auf verschiedene Faktoren zurückzuführen sein:
 - Spezifische Behandlungsprotokolle für Kopfverletzungen mit intensiverer Frühintervention
 - Unterschiedliche Nachsorgemuster mit möglicherweise früherer Überweisung an spezialisierte neurologische Einrichtungen
 - Administrative Faktoren, bei denen Patienten mit Kopfverletzungen früher aus der Nachsorge entlassen werden
3. **Armverletzungen (rechts)** zeigen einen moderaten, aber nicht statistisch signifikanten Effekt auf die Verlängerung der Heilungsdauer, was ihre geringere, aber potenziell klinisch relevante Rolle unterstreicht.

Die scheinbare Diskrepanz zwischen der intuitiven Erwartung längerer Heilungszeiten bei schweren Verletzungen wie Kopftrauma und den beobachteten kürzeren Zeiten verdeutlicht die Komplexität des Rehabilitationsprozesses und die Bedeutung systemischer Faktoren in der Patientenversorgung.

10. Analyse des Problemauftretens im zeitlichen Verlauf

Um ein tieferes Verständnis der zeitlichen Dynamik des Rehabilitationsprozesses zu erhalten, wurden die Zeitpunkte des ersten Auftretens verschiedener Problemkategorien analysiert und deren Zusammenhang mit der Gesamtheilungsdauer untersucht.

10.1 Typische Zeitpunkte des Problemauftretens

Die Untersuchung des zeitlichen Auftretens verschiedener Problemkategorien zeigt charakteristische Muster im Rehabilitationsverlauf:

Problemkategorie	Medianer Auftritt (Tage)	Vorkommensrate	Mittlerer Auftritt (Tage)
Somatisch	143,0	92,0% (46 Patienten)	212,5
Personenbezogen	145,0	66,0% (33 Patienten)	192,8
Tätigkeit	147,0	100,0% (50 Patienten)	204,2
Umwelt	149,0	58,0% (29 Patienten)	195,2
Technisches RM	157,0	72,0% (36 Patienten)	218,3
Med RM	159,0	100,0% (50 Patienten)	209,8
Berufliches RM	340,0	34,0% (17 Patienten)	454,5
Soziales RM	465,5	36,0% (18 Patienten)	409,5

Diese Daten zeigen eine klare zeitliche Staffelung des Problemauftretens:

- Frühe Phase (ca. 4-5 Monate nach Unfall):** Somatische, personenbezogene, tätigkeitsbezogene und umweltbezogene Probleme treten typischerweise zuerst auf, gefolgt von technischen Rehabilitationsmaßnahmen und medizinischem Rehabilitationsmanagement.
- Mittlere Phase (ca. 11-12 Monate nach Unfall):** Berufliches Rehabilitationsmanagement wird relevant.
- Späte Phase (ca. 15-16 Monate nach Unfall):** Soziales Rehabilitationsmanagement tritt als letzte Kategorie auf.

Bemerkenswert ist, dass alle Patienten (100%) tätigkeitsbezogene Probleme und medizinisches Rehabilitationsmanagement aufwiesen, während berufliches und soziales Rehabilitationsmanagement nur bei etwa einem Drittel der Patienten dokumentiert wurden.

10.2 Zusammenhang zwischen Zeitpunkt des Problemauftretens und Heildauer

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Zeitpunkt des ersten Auftretens einer Problemkategorie und der Gesamtheildauer liefert wichtige Erkenntnisse:

Problemkategorie	Korrelation	p-Wert	Signifikant?	Stichprobengröße
Berufliches RM	0,800	0,0001	Ja	17

Problemkategorie	Korrelation	p-Wert	Signifikant?	Stichprobengröße
Somatisch	0,607	< 0,0001	Ja	46
Tätigkeit	0,561	< 0,0001	Ja	50
Technisches RM	0,561	0,0004	Ja	36
Med RM	0,547	< 0,0001	Ja	50
Soziales RM	0,456	0,0570	Nein	18
Umwelt	0,374	0,0455	Ja	29
Personenbezogen	0,252	0,1564	Nein	33

Für sechs der acht Problemkategorien wurde eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Zeitpunkt des ersten Auftretens und der Heilungsdauer gefunden. Besonders stark ist dieser Zusammenhang beim beruflichen Rehabilitationsmanagement ($r = 0,800$), bei somatischen Problemen ($r = 0,607$) sowie bei tätigkeitsbezogenen Aspekten ($r = 0,561$).

Diese durchgängig positiven Korrelationen deuten darauf hin, dass ein späteres Auftreten von Problemen mit einer längeren Gesamtheilungsdauer verbunden ist. Dies könnte verschiedene Ursachen haben: - Probleme, die später im Rehabilitationsverlauf auftreten, könnten hartnäckiger und schwieriger zu behandeln sein - Spätere Probleme könnten auf einen komplexeren Genesungsverlauf hindeuten - Der Zusammenhang könnte teilweise durch die Definition der Heilungsdauer (Zeit bis zum letzten Besuch) beeinflusst sein

10.3 Früh- vs. Spätauftreten von Problemen

Um den Einfluss des Zeitpunkts des Problemauftretens genauer zu untersuchen, wurden die Patienten für jede Problemkategorie anhand des Medians in Gruppen mit frühem und spätem Auftreten unterteilt:

Problemkategorie	Mittlere Heilungsdauer bei Frühauftreten	Mittlere Heilungsdauer bei Spätauftreten	Differenz	p-Wert	Signifikant?
Soziales RM	543,1	765,3	-222,2	0,1260	Nein
Berufliches RM	609,1	827,8	-218,6	0,1736	Nein
Technisches RM	488,1	686,1	-198,0	0,0544	Nein
Somatisch	478,1	651,6	-173,5	0,0396	Ja
Umwelt	455,9	625,6	-169,7	0,0756	Nein
Med RM	475,4	642,1	-166,6	0,0330	Ja
Tätigkeit	478,6	638,9	-160,3	0,0407	Ja
Personenbezogen	506,6	569,8	-61,2	0,4606	Nein

Für drei Problemkategorien (Somatisch, Med RM und Tätigkeit) wurden statistisch signifikante Unterschiede gefunden, wobei ein späteres Problemauftreten durchgehend mit längeren Heilungszeiten verbunden war. Die größten Unterschiede in der Heilungsdauer zeigten sich bei sozialem und beruflichem Rehabilitationsmanagement (über 200 Tage Differenz), obwohl diese Unterschiede aufgrund der kleineren Stichprobengrößen nicht statistisch signifikant waren.

Diese Ergebnisse bestätigen, dass das zeitliche Auftreten von Problemen ein wichtiger prognostischer Faktor für die Gesamtheilungsdauer sein könnte.

10.4 Klinische Implikationen für die Rehabilitationsplanung

Die Analyse des Problemauftretens im zeitlichen Verlauf führt zu mehreren wichtigen klinischen Implikationen:

1. **Prognostische Bedeutung:** Das Timing des Problemauftretens hat prognostische Bedeutung für die Gesamtheilungsdauer. Insbesondere ein spätes Auftreten (nach dem medianen Zeitpunkt) von somatischen, tätigkeitsbezogenen Problemen und medizinischem Rehabilitationsmanagement ist mit signifikant längeren Heilungszeiten verbunden.
2. **Frühzeitige Intervention:** Die konsistente Assoziation zwischen späterem Problemauftreten und längerer Heilungsdauer unterstreicht die potenzielle Bedeutung frühzeitiger Identifikation und Intervention bei Rehabilitationsproblemen, um möglicherweise die Gesamtheilungsdauer zu verkürzen.
3. **Systematische Nachsorge:** Die zeitliche Staffelung des Problemauftretens bietet einen Rahmen für die Strukturierung der Nachsorge, bei der in frühen Phasen (4-5 Monate) der Fokus auf somatischen und personenbezogenen Problemen liegen sollte, während in späteren Phasen (nach 11-12 Monaten) berufliche und soziale Rehabilitationsaspekte in den Vordergrund rücken.
4. **Ressourcenplanung:** Die Erkenntnisse ermöglichen eine gezieltere Ressourcenallokation im Rehabilitationsprozess, indem sie vorhersagen, wann bestimmte Probleme mit höherer Wahrscheinlichkeit auftreten und zusätzliche Unterstützung erforderlich sein könnte.

Diese Erkenntnisse unterstützen einen proaktiven, zeitlich strukturierten Ansatz in der Polytrauma-Rehabilitation, bei dem das Timing von Interventionen und Nachsorge strategisch auf die typischen zeitlichen Muster des Problemauftretens abgestimmt wird.

11. Analyse kritischer Verletzungen: Kopf und Wirbelsäule

Angesichts des besonderen Potenzials für langfristige funktionelle Beeinträchtigungen wurden Kopf- und Wirbelsäulenverletzungen einer speziellen Analyse unterzogen, um deren spezifischen Einfluss auf die Heilungsdauer zu untersuchen.

11.1 Vergleich der Heilungsdauer bei kritischen Verletzungen

Die detaillierte Analyse der Kopf- und Wirbelsäulenverletzungen ergab folgende Hauptergebnisse:

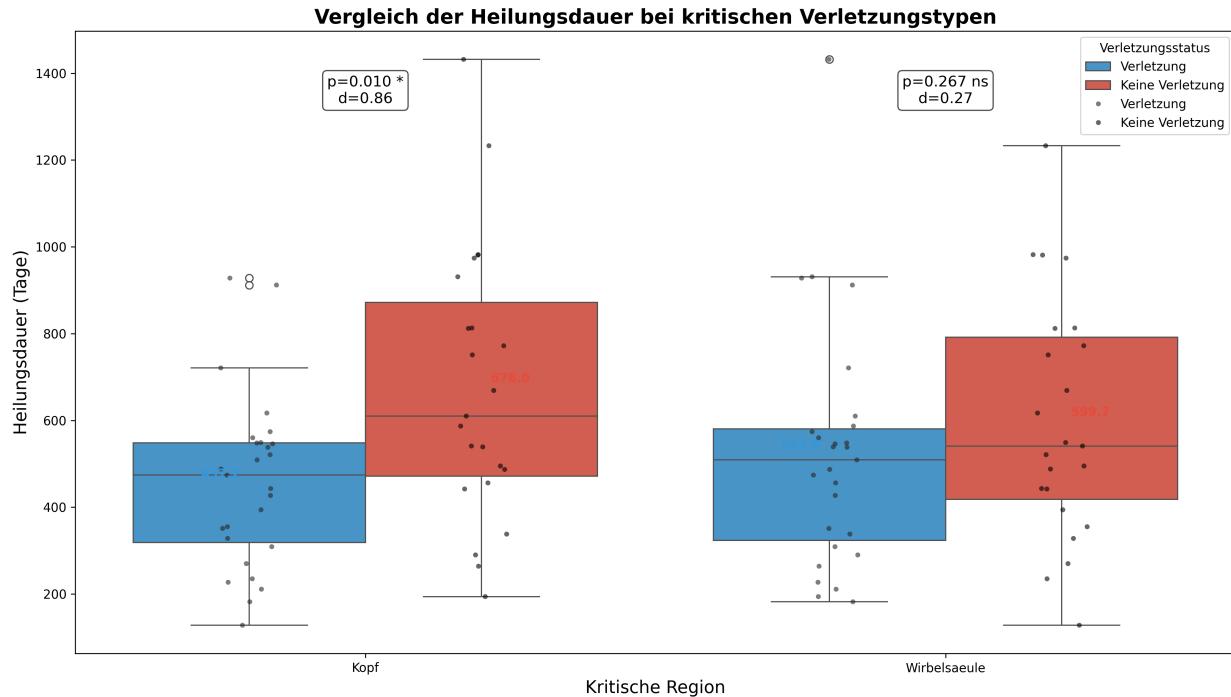


Figure 26: Abbildung 20: Vergleich der Heilungsdauer bei kritischen Verletzungstypen

Abbildung 20: Die Box-Plot-Darstellung zeigt den Vergleich der Heilungsdauer bei Patienten mit und ohne Kopf- bzw. Wirbelsäulenverletzungen. Bei beiden Verletzungsarten zeigt sich eine Tendenz zu kürzeren Heilungszeiten bei Patienten mit der jeweiligen Verletzung im Vergleich zu Patienten ohne diese Verletzung. Dieser Unterschied ist für Kopfverletzungen statistisch signifikant ($p = 0,010$) mit einer großen Effektgröße ($d = 0,86$), während er für Wirbelsäulenverletzungen nicht signifikant ist ($p = 0,267$) und eine kleine Effektgröße aufweist ($d = 0,27$). Die individuellen Datenpunkte verdeutlichen die Streuung innerhalb jeder Gruppe und zeigen, dass trotz der Gruppentendenzen erhebliche individuelle Variationen bestehen.

11.2 Einfluss von Kopfverletzungen auf die Heilungsdauer

Abbildung 21: Die detaillierte Analyse der Heilungsdauer bei Patienten mit Kopfverletzungen zeigt links eine Violin-Plot-Darstellung mit Box-Plot-Overlay, die die Verteilung der Heilungsdauer für Patienten mit Kopfverletzungen ($n=27$, blau) und ohne Kopfverletzungen ($n=23$, rot) visualisiert. Rechts ist die Dichteverteilung der Heilungsdauer für beide Gruppen dargestellt. Patienten mit Kopfverletzungen weisen eine signifikant kürzere mittlere Heilungsdauer auf (457,2 Tage vs. 678,0 Tage, $p = 0,0102$), was einer Differenz von

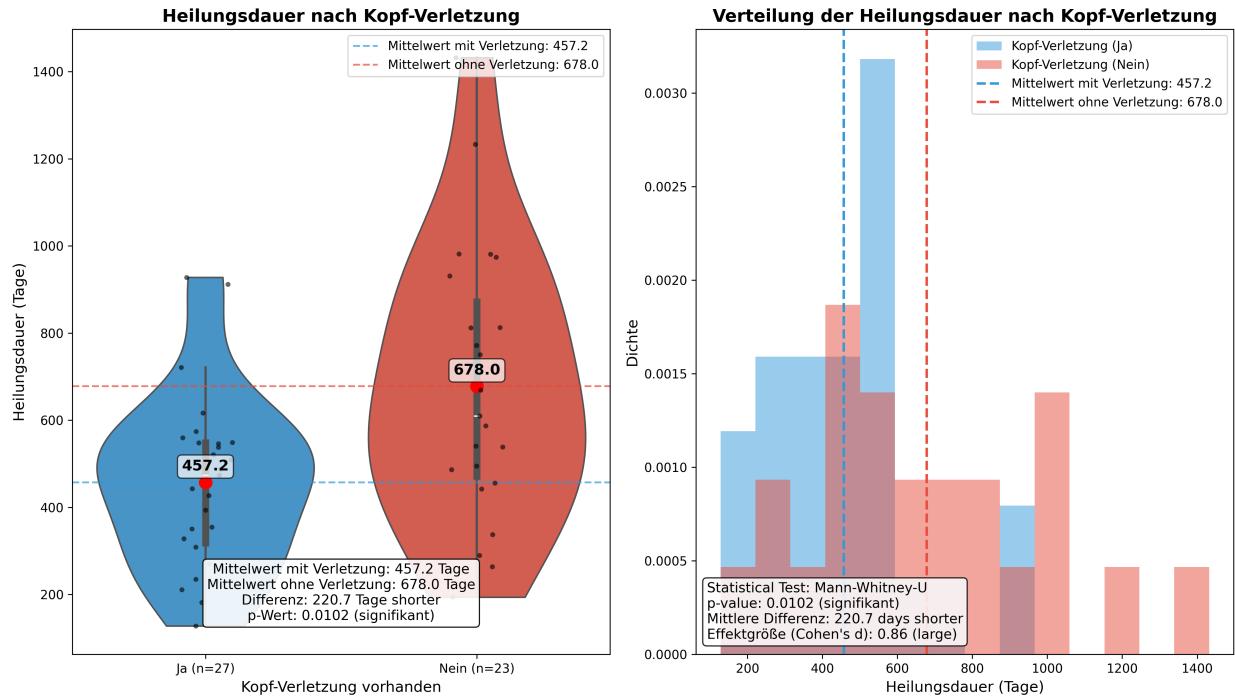


Figure 27: Abbildung 21: Heilungsdauer nach Kopfverletzung

220,7 Tagen entspricht. Die Effektgröße (Cohen's $d = 0,86$) deutet auf einen großen klinisch relevanten Unterschied hin. Auffällig ist die breitere Streuung der Heilungsdauer bei Patienten mit Kopfverletzungen, was auf eine höhere Variabilität des Heilungsverlaufs in dieser Gruppe hinweist.

Dieses kontraintuitive Ergebnis – kürzere Heilungsdauer trotz potenziell schwerwiegender Kopfverletzungen – könnte auf mehrere Faktoren zurückzuführen sein:

- 1. Unterschiedliche Nachsorgeprotokolle:** Patienten mit Kopfverletzungen werden möglicherweise früher an spezialisierte neurologische Rehabilitationseinrichtungen überwiesen, wodurch ihre Nachsorge im allgemeinen Trauma-Setting endet.
- 2. Höhere Betreuungsintensität:** Die initial intensivere Überwachung und Behandlung bei Kopfverletzungen könnte zu einer effizienteren Früherkennung und -behandlung von Komplikationen führen.
- 3. Funktionsorientierte Entlassungskriterien:** Bei Kopfverletzungen könnten stärker funktionelle statt zeitbasierte Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge angewandt werden.
- 4. Selektionseffekte:** Patienten mit sehr schweren Kopfverletzungen und schlechter Prognose könnten unterrepräsentiert sein, da sie möglicherweise in spezialisierten Einrichtungen behandelt wurden oder eine höhere Mortalität aufwiesen.

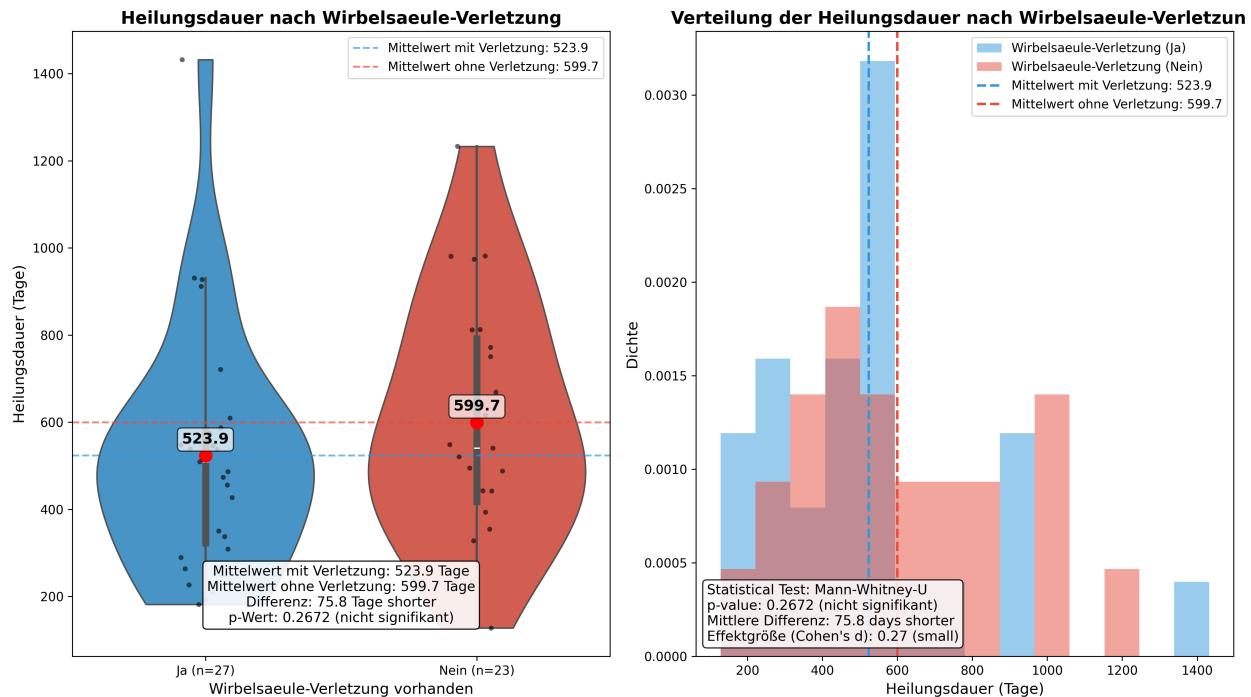


Figure 28: Abbildung 22: Heilungsdauer nach Wirbelsäulenverletzung

11.3 Einfluss von Wirbelsäulenverletzungen auf die Heilungsdauer

Abbildung 22: Die Analyse der Heilungsdauer bei Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen zeigt ein ähnliches, wenn auch weniger ausgeprägtes Muster wie bei Kopfverletzungen. Die mittlere Heilungsdauer bei Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen ($n=27$) beträgt 523,9 Tage gegenüber 599,7 Tagen bei Patienten ohne Wirbelsäulenverletzungen ($n=23$). Dieser Unterschied von 75,8 Tagen ist statistisch nicht signifikant ($p = 0,2672$) und weist eine kleine Effektgröße auf (Cohen's $d = 0,27$). Die Verteilung der Heilungsdauer zeigt eine ähnliche Form für beide Gruppen, wobei die Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen eine etwas kompaktere Verteilung aufweisen.

Die tendenziell kürzere Heilungsdauer bei Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen könnte auf ähnliche Faktoren wie bei Kopfverletzungen zurückzuführen sein, jedoch ist der Effekt hier deutlich schwächer ausgeprägt.

11.4 Klinische Bedeutung und Implikationen

Die Ergebnisse zu kritischen Verletzungen haben mehrere wichtige klinische Implikationen:

1. **Widerspruch zur intuitiven Erwartung:** Die kürzere dokumentierte Heilungsdauer bei Patienten mit kritischen Verletzungen widerspricht der intuitiven klinischen Erwartung längerer Genesungszeiten bei schwereren Verletzungen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, administrative Endpunkte (wie den letzten dokumentierten

Besuch) von tatsächlichen klinischen Endpunkten (vollständige funktionelle Genesung) zu unterscheiden.

2. **Nachsorgemanagement überdenken:** Die Ergebnisse könnten auf Optimierungspotenzial im Nachsorgemanagement hindeuten. Insbesondere sollte evaluiert werden, ob bei kritischen Verletzungen möglicherweise eine längere und intensivere Nachsorge erforderlich wäre, als derzeit praktiziert.
3. **Evaluierung der Überweisungspraxis:** Die potenziell frühzeitige Überweisung von Patienten mit kritischen Verletzungen an spezialisierte Einrichtungen sollte auf ihre langfristigen Auswirkungen auf die Gesamtversorgungsqualität hin überprüft werden.
4. **Ganzheitlicher Blick auf die Rehabilitation:** Die Befunde unterstreichen die Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung des Rehabilitationsprozesses, die über einzelne Verletzungsarten hinausgeht und die Gesamtkomplexität des Falles berücksichtigt.

In Zusammenschau mit den Ergebnissen der uni- und multivariaten Analyse sowie der zeitlichen Problemanalyse unterstreichen diese Befunde die komplexe Natur der Polytrauma-Rehabilitation. Sie verdeutlichen, dass nicht notwendigerweise die offensichtlich kritischen Verletzungen die längsten Heilungszeiten verursachen, sondern dass andere Faktoren – wie Abdominalverletzungen oder das zeitliche Muster des Auftretens von Rehabilitationsproblemen – möglicherweise einen stärkeren Einfluss auf den langfristigen Heilungsverlauf haben.

12. Gesamtdiskussion und klinische Schlussfolgerungen

Die umfassende Analyse der Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer bei Polytrauma-Patienten hat zu mehreren wichtigen Erkenntnissen geführt, die signifikante Implikationen für die klinische Praxis haben.

12.1 Zusammenfassung der Hauptbefunde

1. Körperteilverletzungen und ihre Auswirkungen

Die univariate und multivariate Analyse ergab, dass Abdominalverletzungen konsistent mit einer signifikant längeren Heilungsdauer verbunden sind (ca. 210-240 Tage zusätzlich), während Kopfverletzungen überraschenderweise mit einer kürzeren dokumentierten Heilungsdauer assoziiert waren (ca. 180-220 Tage weniger). Diese Effekte blieben auch nach Kontrolle für andere Faktoren robust und zeigten große Effektgrößen.

2. Anzahl der Verletzungen vs. Art der Verletzungen

Entgegen der Erwartung zeigte die reine Anzahl der verletzten Körperteile keinen signifikanten Zusammenhang mit der Heilungsdauer. Dies deutet darauf hin, dass die Art und Lokalisation bestimmter Verletzungen (insbesondere Abdominalverletzungen) wichtiger für die Prognose sein könnte als die bloße Anzahl der betroffenen Körperregionen.

3. Zeitliches Muster des Problemauftretens

Die zeitliche Analyse zeigte eine klare Staffelung des Auftretens verschiedener Problemkategorien, von somatischen Problemen (median 143 Tage nach Unfall) bis hin zu sozialem Rehabilitationsmanagement (median 465,5 Tage). Ein späteres Auftreten von Problemen war durchgängig mit längeren Heilungszeiten assoziiert, wobei dieser Zusammenhang für somatische, tätigkeitsbezogene Probleme und medizinisches RM statistisch signifikant war.

4. Kritische Verletzungen und Heilungsdauer

Die spezifische Analyse kritischer Verletzungen (Kopf und Wirbelsäule) bestätigte den unerwarteten Befund kürzerer dokumentierter Heilungszeiten, insbesondere bei Kopfverletzungen. Dies könnte auf systemische Faktoren im Nachsorgeprozess, unterschiedliche Behandlungsprotokolle oder Selektionseffekte zurückzuführen sein.

5. Demografische Faktoren

Das Alter zeigte eine tendenzielle negative Korrelation mit der Heilungsdauer ($r = -0,26$, $p = 0,06$), was ebenfalls kontraintuitiv erscheint und möglicherweise auf unterschiedliche Behandlungsmuster bei älteren Patienten hindeutet.

12.2 Klinische Implikationen

Basierend auf diesen Befunden lassen sich folgende klinische Implikationen ableiten:

1. Fokus auf Abdominalverletzungen

Patienten mit Abdominalverletzungen sollten besondere Aufmerksamkeit erhalten, da sie ein erhöhtes Risiko für einen prolongierten Heilungsverlauf aufweisen. Dies könnte intensivierte Nachsorgeprotokolle, frühzeitige interdisziplinäre Interventionen und spezifische rehabilitative Maßnahmen umfassen.

2. Überprüfung der Nachsorgepraxis bei Kopfverletzungen

Die kürzere dokumentierte Heilungsdauer bei Kopfverletzungen sollte kritisch hinterfragt werden. Es sollte evaluiert werden, ob die aktuelle Nachsorgepraxis für diese Patienten optimal ist oder ob sie von einer längeren und intensiveren Betreuung profitieren könnten.

3. Zeitlich strukturierte Nachsorge

Die klaren zeitlichen Muster im Auftreten verschiedener Problemkategorien bieten eine Grundlage für die Entwicklung zeitlich strukturierter Nachsorgeprotokolle. Insbesondere sollte der Fokus in frühen Phasen (4-5 Monate nach Unfall) auf somatischen und personenbezogenen Problemen liegen, während in späteren Phasen (ab 11-12 Monaten) berufliche und soziale Rehabilitationsaspekte stärker betont werden sollten.

4. Frühzeitige Intervention bei spätem Problemauftreten

Da ein späteres Auftreten von Problemen konsistent mit längeren Heilungszeiten assoziiert war, sollten Probleme, die später im Rehabilitationsverlauf auftreten, besonders intensiv

siv und rasch behandelt werden. Dies gilt insbesondere für somatische, tätigkeitsbezogene und medizinische Rehabilitationsprobleme.

5. Individualisierter Ansatz statt schematischer Verletzungszählung

Die fehlende Korrelation zwischen der Anzahl der Verletzungen und der Heilungsdauer unterstreicht die Notwendigkeit eines individualisierten Ansatzes, der die spezifische Art und Lokalisation der Verletzungen sowie deren funktionelle Auswirkungen berücksichtigt, anstatt sich auf die reine Anzahl der betroffenen Körperregionen zu fokussieren.

12.3 Methodische Limitationen

Bei der Interpretation der Ergebnisse müssen folgende methodische Limitationen berücksichtigt werden:

1. **Definition der Heilungsdauer:** Die Heilungsdauer wurde als Zeit zwischen Unfall und letztem dokumentierten Besuch definiert, was nicht notwendigerweise mit der vollständigen funktionellen Genesung übereinstimmt.
2. **Stichprobengröße:** Mit 50 Patienten ist die Stichprobe relativ klein, was die statistische Power einschränkt, insbesondere bei der Analyse seltenerer Verletzungstypen oder bei multiplen statistischen Tests.
3. **Potenzielle Selektionseffekte:** Schwerstverletzte Patienten mit hoher Mortalität oder direkter Verlegung in spezialisierte Langzeiteinrichtungen sind möglicherweise unterrepräsentiert.
4. **Retrospektive Datenanalyse:** Als retrospektive Analyse kann die Studie kausale Zusammenhänge nicht endgültig belegen, sondern nur Assoziationen aufzeigen.
5. **Fehlende Variablen:** Faktoren wie Verletzungsschweregrad (z.B. ISS-Score), präexistierende Komorbiditäten oder sozioökonomischer Status wurden nicht erfasst, könnten jedoch die Heilungsdauer beeinflussen.

12.4 Empfehlungen für zukünftige Untersuchungen

Für zukünftige Forschung in diesem Bereich empfehlen sich folgende Ansätze:

1. **Prospektive Studien mit standardisierten Nachsorgeprotokollen**, um den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Heilungsdauer unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen.
2. **Erfassung validierter funktioneller Endpunkte** zusätzlich zur reinen Dauer bis zum letzten Besuch, um ein umfassenderes Bild des Rehabilitationserfolgs zu erhalten.
3. **Größere Multicenter-Studien** zur Erhöhung der Stichprobengröße und Verbesserung der Generalisierbarkeit der Ergebnisse.

4. **Detailliertere Erfassung der Art und Schwere der Verletzungen** mit standardisierten Scoring-Systemen wie dem Injury Severity Score (ISS).
5. **Qualitative Untersuchungen zu Behandlungspfaden und Überweisungspraktiken**, um die systembedingten Faktoren besser zu verstehen, die zur kürzeren dokumentierten Heilungsdauer bei kritischen Verletzungen beitragen könnten.
6. **Langzeit-Follow-up-Studien**, um den weiteren Verlauf nach Abschluss der initialen Rehabilitation zu erfassen, insbesondere bei Patienten mit kritischen Verletzungen.

12.5 Fazit

Die vorliegende Analyse hat wichtige Einflussfaktoren auf die Heilungsdauer bei Polytrauma-Patienten identifiziert, die teilweise den klinischen Erwartungen widersprechen. Insbesondere der starke Einfluss von Abdominalverletzungen und das kontraintuitive Muster bei Kopfverletzungen werfen wichtige Fragen für die klinische Praxis auf. Die zeitliche Struktur des Problemauftretens bietet zudem einen wertvollen Rahmen für die Optimierung der Nachsorgeprotokolle.

Die Ergebnisse unterstreichen die Komplexität der Polytrauma-Rehabilitation und die Notwendigkeit eines differenzierten, individualisierten Ansatzes, der über einfache Kategorienschemen hinausgeht. Für die klinische Praxis ergeben sich konkrete Handlungsempfehlungen, insbesondere hinsichtlich der intensivierten Betreuung von Patienten mit Abdominalverletzungen und der kritischen Überprüfung der Nachsorgepraxis bei Patienten mit Kopfverletzungen.

Trotz der methodischen Limitationen bietet diese Analyse wertvolle Einblicke, die als Grundlage für die Optimierung der Behandlungspfade und für zukünftige, noch detailliertere Forschung dienen können.