



Die Sprache der
Digitalisierung im
Gesundheitswesen

Forschungsbericht

Ermittlung von Prädiktoren der Fallkomplexität gestützt auf Routinedaten zur bedarfs- und kompetenzorientierten Personaleinsatzplanung

Dr. Reto Bürgin, Dr. Renate Ranegger, Dr. Dieter Baumberger, Dr. Glorianna Jagfeld
Forschung und Entwicklung, LEP AG

St. Gallen, Oktober 2024

Gender-Hinweis

In diesem Text werden feminine und maskuline Personenbezeichnungen verwendet. Die entsprechenden Formulierungen schliessen das andere Geschlecht wie auch nicht binäre Menschen mit ein.

Zitiervorschlag

Bürgin, R., Ranegger, R., Baumberger, D. & Jagfeld, G. (2024). *Ermittlung von Prädiktoren der Fallkomplexität gestützt auf Routinedaten zur bedarfs- und kompetenzorientierten Personaleinsatzplanung: Forschungsbericht*. LEP AG.



Zusammenfassung

Um die Fallkomplexität für die Personaleinsatzplanung praktisch nutzen zu können, wurden auf Basis von Routinedaten aus der Patientendokumentation Prädiktoren zur Fallkomplexitätsvorhersage ermittelt. Die vorliegenden Fälle wurden auf drei Fallkomplexitätsstufen verteilt: Stufe A (stabile und komplikationslose Patienten), Stufe B (Risikopatienten) und Stufe C (instabile Patienten). Die entwickelten Modelle stufen auf den Komplexitätsstufen A und C rund 60% der Fälle richtig ein, auf Komplexitätsstufe B rund 35%. Die Einstufung stützt sich auf gewichtete kumulative logistische Regressionsmodelle und orientiert sich am patientenbezogenen Gesamtschweregrad. Als Prädiktoren zeigen sich Geschlecht, Alter, Aufenthaltsort vor dem Eintritt, Eintrittsart, Selbstpflegeindex, Pneumonierisiko und Anzahl der Pflegeinterventionen als geeignet. Für den praktischen Einsatz zur Ermittlung einer bedarfs- und kompetenzorientierten Personaleinsatzplanung kann das entwickelte Modell mit betriebseigenen Daten kalibriert werden.



Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1.	Zweck und Fragestellung	2
2.	Methode und Daten	4
2.1.	Stichprobe	4
2.2.	Variablen	4
2.2.1.	PCCL	4
2.2.2.	Prädiktoren zur Einstufung der Fallkomplexität	5
3.	Deskriptive Analyse	7
3.1.	Prädiktoren aus den MS-Daten	8
3.2.	epaAC	9
3.2.3.	SPI	9
3.2.4.	SPI-Items	10
3.3.	LEP-Daten	10
3.4.	LEP-Fallkomplexität	11
3.4.1.	LEP-Pflegeaufwand und Anzahl LEP-Leistungen	11
3.4.5.	Weitere deskriptive Analysen	12
4.	Regressionsanalyse	14
4.1.	Modelle mit Prädiktoren der MS-Daten, SPI, Pneumonie- und Sturzrisiko und den LEP-Daten	15
4.2.	Einzelne SPI-Items anstelle des SPI	17
4.3.	Fehlklassifikationsraten	18
4.4.	Sensitivitäten	19
4.5.	Umsetzung der Einstufung zur Fallkomplexität in der Praxis	20
5.	Diskussion	22
	Referenzen	25
	Anhang	1
A.1.	Weitere Deskriptive Analysen	1
A.2.	Schätzung der Fehlklassifikationsraten	4
A.3.	Schätzung der Sensitivitäten	5
A.4.	Rekodierung der MS Variablen	6



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung des PCCL und der Fallkomplexitätsstufen	7
Abbildung 2: Verteilung des PCCL nach: Aufenthaltsort vor Eintritt (links), Eintrittsart (Mitte), einweisende Instanz (rechts). Die Prozentzahlen an den x-Achsen geben den Anteil der Fälle in der jeweiligen Kategorie an den Gesamtdaten an.	8
Abbildung 3: Verteilung des PCCL nach SPI	9
Abbildung 4: Verteilung des PCCL nach LEP-Fallkomplexität	11
Abbildung 5: Verteilung des PCCL nach Pflegeaufwand (links), Anzahl LEP-Leistungen (rechts)	12
Abbildung 6: Verteilung des PCCL nach Geschlecht (links) und Alter (rechts)	1
Abbildung 7: Verteilung des PCCL nach Pneumonierisiko (links) und Sturzrisiko (rechts)	2
Abbildung 8: Verteilung des PCCL nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (links) und Verteilung des SPI nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts)	2
Abbildung 9: Verteilungen der SPI-Items	3
Abbildung 10: Verteilung des Pflegeaufwands (LEP Stunden, links) und Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen (rechts)	4

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Stichprobe	4
Tabelle 2: Werte und Bedeutung des PCCL (SwissDRG, 2021, p. 617)	4
Tabelle 3: Variablenübersicht	6
Tabelle 4: Spearman-Korrelation ρ zwischen den SPI-Items und dem PCCL	10
Tabelle 5: Schwellenwerte, Odds-Ratio Koeffizienten und Modellgüte der gewichteten kumulativen logistischen Regressionsmodelle für Fallkomplexität	15
Tabelle 6: Schwellenwerte, Odds-Ratio Koeffizienten und Modellgüte der gewichteten kumulativen logistischen Regressionsmodelle für Fallkomplexität mit den einzelnen SPI-Items	17
Tabelle 7: Geschätzte Fehlklassifikationsraten der Regressionsmodelle	19
Tabelle 8: Geschätzte Sensitivität (%) der Regressionsmodelle für die Fallkomplexitätsstufen	20

Abkürzungsverzeichnis

- DGKP: Diplomierte Gesundheits- und Krankenpflegeperson
- epaAC: ergebnisorientiertes Pflegeassessment Acute Care
- MS: Medizinische Statistik
- PA: Pflegeassistenz
- PCCL: Patient Clinical Complexity Level (patientenbezogener Gesamtschweregrad)
- PFA: Pflegefachassistenz
- SPF: Selbstpflegefähigkeit
- SPI: Selbstpflegeindex



1. Einleitung

Durch den Mangel an Pflegefachpersonen und die steigende Nachfrage nach Pflege (Merçay et al., 2021) rücken die Ressourcenallokation und die optimale Aufgabenverteilung von Pflegefachpersonen ins Zentrum des Pflegemanagements. Die Personal- und Aufgabenzuteilung muss neu strukturiert werden. Es gibt zwar bereits seit langem Instrumente für die Festlegung der Personalausstattung von Pflegekräften, jedoch keine Einigkeit darüber, wie in der Praxis eine sichere Personalausstattung festgelegt und mit der Fallkomplexität umgegangen werden soll (Olley et al., 2019; Saville et al., 2019). Dabei gilt die Fallkomplexität als relevantes Merkmal für die Aufgabenverteilung (Cody et al., 2020; Lewis, 1997; Morris et al., 2007). Die Verwendung von Komplexität zur Aufgabenzuweisung ist allerdings inkonsistent. Komplexität wird verwendet, um Patienten (Fälle), ihre Bedürfnisse und die Aufgaben des Gesundheitspersonals zu beschreiben (Cody et al., 2020).

Klinische Fallkomplexität (auch Patientenkomplexität) bezieht sich meist auf medizinische Aspekte des Patienten im Sinne von komorbiden (chronischen) Erkrankungen (Nicolaus et al., 2022), kann aber auch ein komplexes Zusammenspiel biopsychosozialer Faktoren beschreiben (Mutai et al., 2023). Umgekehrt ist die pflegerische Fallkomplexität, auch (patientenbezogene) Pflegekomplexität genannt, ein relationales, dynamisches Phänomen miteinander verknüpfter Prozesse wie krankheitsbedingte, psychosoziale und ethische Patientenprobleme, Patientenressourcen und Anforderungen an die Aufmerksamkeit, das Wissen und die Erfahrung der Pflegekräfte (Huber et al., 2021). Diese beiden Konzepte sind voneinander zu unterscheiden, da menschliche Bedürfnisse, d. h. ihr Pflegebedarf, im Allgemeinen nicht mit Krankheiten, d. h. medizinischen Diagnosen, gleichzusetzen sind (Castellan et al., 2016).

Im Rahmen der Ressourcenallokation wurde für eine kompetenzorientierte Personaleinsatzplanung gemäss des österreichischen Gesundheits- und Krankenpflegegesetzes die Eignung von Pflegeinterventionsdaten aus der Patientendokumentation auf Basis von LEP Nursing 3 (Baumberger et al., 2016) untersucht (Ranegger et al., 2017). Mit diesen Pflegeinterventionsdaten wurde der zeitliche Aufwand für deren Erbringung berechnet und drei Fallkomplexitätsstufen gebildet (stabile und komplikationslose, Risiko-, instabile Patienten). Anhand der Fallkomplexitätsstufen sowie der Art der Pflegeinterventionen wurde anschliessend der Bedarf an Pflegefachpersonen und deren Qualifikationsanforderung definiert. Hierzu wurde zunächst jeder LEP-Pflegeintervention für jede Fallkomplexitätsstufe normativ eine pflegerische Mindestqualifikation zugewiesen: (1) Diplomierte Gesundheits- und



Krankenpflegeperson (DGKP), (2) Pflegefachassistenz (PFA) oder (3) Pflegeassistenz (PA). Die Fallkomplexität je Fall und Tag wurde anhand der Pflegeinterventionsdaten empirisch modelliert:

- A - stabile und komplikationslose Patienten: Der von Personal mit Mindestqualifikation Ausbildung DGKP erbrachte Pflegeaufwand betrug weniger als 25% des gesamten Pflegeaufwands
- B - Risikopatienten: Der von Personal mit Mindestqualifikation Ausbildung DGKP erbrachte Pflegeaufwand betrug 25% bis 49% des gesamten Pflegeaufwands
- C - instabile Patienten: Der von Personal mit Mindestqualifikation Ausbildung DGKP erbrachte Pflegeaufwand betrug mindestens 50% des gesamten Pflegeaufwands

Danach wurde je Fall und Tag die pflegerische Mindestqualifikation für die erbrachten LEP-Pflegeinterventionen anhand der empirisch eingeschätzten Fallkomplexität des Patienten und der normativen Zuordnung bestimmt. Damit konnte der geschätzte Bedarf an Pflegefachpersonen und deren Qualifikationsanforderung berechnet und mit den tatsächlichen Pflegeinterventionsdaten verglichen werden.

An dieser Methode zur Berechnung einer aufgabenorientierten Durchmischung unterschiedlicher Bildungsabschlüsse von Pflegefachpersonen wurden die Modellierung der Fallkomplexität kritisiert. Als Verbesserung wurden weiterführende Analysen mit dem patientenbezogenen Gesamtschweregrad (Patient Clinical Complexity Level, PCCL) (SwissDRG, 2021, pp. 613–619) empfohlen (Ranegger et al., 2017). Der PCCL ist ein Mass für klinische Fallkomplexität und wird im Gegensatz zur pflegerischen Fallkomplexität routinemässig in Schweizer Gesundheitsbetrieben erhoben.

1.1. Zweck und Fragestellung

Der Zweck dieser Studie ist es, auf Basis von Routinedaten geeignete Prädiktoren für die Einstufung der klinischen Fallkomplexität gemäss Ranegger et al. (2017) zu ermitteln. Die Fallkomplexitätsvorhersage soll nur Daten erfordern, die während eines Krankenhausaufenthaltes zur Verfügung stehen. Dies ermöglicht die Fallkomplexitätseinstufung direkt in der Praxis für eine aufgabenorientierten Zuteilung von Pflegefachpersonen gemäss ihren Qualifikationen. Dies resultiert in der Fragestellung: Welche Prädiktoren eignen sich zur Einstufung der klinischen Komplexität von Fällen während ihres Krankenhausaufenthalts?





2. Methode und Daten

2.1. Stichprobe

Die in dieser Studie verwendeten Daten stammen von akut-somatischen Stationen eines Schweizer Gesundheitsbetriebs aus einem Zeitraum von 12 Monaten, vom 1. Januar bis 31. Dezember 2017. Es liegen Daten von 3'373 Fällen vor, die allesamt über SwissDRG (2017) vergütet wurden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über ausgewählte Charakteristiken der Stichprobe.

Tabelle 1: Übersicht Stichprobe

Anzahl Fälle/Datensätze	3'373
Anteil Frauen	53.1%
Alter (Mittelwert)	59.0
Aufenthaltsdauer inkl. Eintrittstag (Mittelwert)	6.5

2.2. Variablen

2.2.1. PCCL

Aus den Daten der Medizinischen Statistik (MS) der Krankenhäuser werden die Nebendiagnosen (Bundesamt für Statistik, 2008, pp. 12–13) für die Berechnung des PCCL eines Falles verwendet. Der PCCL wird mittels eines komplexen Verfahrens anhand von Schweregraden bezüglich Komplikationen und/oder Komorbiditäten berechnet, die für alle Nebendiagnosen eines Falles vergeben werden (vgl. SwissDRG, 2021, pp. 613–619). Die Einstufungen des PCCL liegen zwischen 0 (keine Komplikation oder Komorbidität) und 6 (schwerste Komplikation oder Komorbidität) (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Werte und Bedeutung des PCCL (SwissDRG, 2021, p. 617)

PCCL	Bedeutung
PCCL = 0	Keine Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 1	Leichte Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 2	Mässig schwere Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 3	Schwere Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 4	Äusserst schwere Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 5	Schwerste Komplikation oder Komorbidität
PCCL = 6	Schwerste Komplikation oder Komorbidität



Der PCCL kann erst nach Austritt eines Falles berechnet werden und steht somit nicht während des Spitalsaufenthaltes zur Verfügung. Deshalb wurde der PCCL gemäss dem Zweck dieser Studie nur als Testgrösse eingesetzt.

Zusammengeführt mit den Einstufungen der Fallkomplexität nach Ranegger et al. (2017) können die PCCL-Stufen wie folgt interpretiert werden:

- Fallkomplexität A (stabile und komplikationslose Patienten) $\Leftrightarrow$ PCCL = 0
- Fallkomplexität B (Risikopatienten) $\Leftrightarrow$ PCCL $\in$ {1,2,3}
- Fallkomplexität C (instabile Patienten) $\Leftrightarrow$ PCCL $\in$ {4,5,6}

2.2.2. Prädiktoren zur Einstufung der Fallkomplexität

Die MS-Daten liefern demografische Informationen über die Fälle wie Alter und Geschlecht. Sie enthalten keine pflegespezifischen Prädiktoren. Routinedaten zu den Gesundheitszuständen der Fälle aus pflegefachlicher Sicht lieferte das ergebnisorientierte Pflegeassessment Acute Care (epaAC) (epaCC, 2021, Version 2.2), Daten zu Pflegeinterventionen LEP Nursing 3 (Baumberger et al., 2016, Version 3.2.0). Beide Instrumente sind im DACH-Raum (Deutschland, Österreich und Schweiz) mit rund 1000 Anwendungen weit verbreitet.

Tabelle 3 zeigt die für die Analyse verwendeten 21 Variablen. Das Modell beinhaltet nur Prädiktoren, die vor oder während des Krankenhausaufenthalts bekannt waren. Aus diesem Grund wurden MS-Variablen wie zum Beispiel die Aufenthaltsdauer nicht verwendet. Der epaAC Selbstpflegeindex (SPI) ist ein Summenscore von neun funktionalen und einem kognitiven Item, die jeweils die Selbstpflegefähigkeit (SPF) in einem Bereich angeben. Der SPI variiert zwischen 10 und 40, wobei 10 totale Abhängigkeit und 40 totale Selbständigkeit bedeutet.

Tabelle 3: Variablenübersicht

Datensatz	Variable	Ausprägungen *: Referenzkategorie
PCCL	PCCL	0 bis 6
MS	Geschlecht	Mann (Ref.), Frau
MS	Alter bei Eintritt in Jahren	4, ...
MS	Aufenthaltort vor dem Eintritt	Zuhause*, SPITEX/Krankenheim/Altersheim, andere/unbekannt
MS	Eintrittsart	Geplant*, Notfall
MS	Einweisende Instanz	selbst/Angehörige*, Rettungsdienst/Arzt, andere/unbekannt
epaAC	SPI	10, ..., 40
epaAC	SPF Aktivität/Fortbewegung	1 bis 4
epaAC	SPF Körperpflege Oberkörper	1 bis 4
epaAC	SPF Körperpflege Unterkörper	1 bis 4
epaAC	SPF An-/Auskleiden Oberkörper	1 bis 4
epaAC	SPF An-/Auskleiden Unterkörper	1 bis 4
epaAC	SPF Nahrungsaufnahme Essen	1 bis 4
epaAC	SPF Nahrungsaufnahme Trinken	1 bis 4
epaAC	SPF Urinausscheidung durchführen	1 bis 4
epaAC	SPF Stuhlausscheidung durchführen	1 bis 4
epaAC	SPF Fähigkeit, Kenntnisse zu erwerben	1 bis 4
epaAC	Pneumonierisiko	0 und 1
epaAC	Sturzrisiko	0 und 1
LEP	LEP-Fallkomplexität	A, B, C
LEP	Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP am gesamten Pflegeaufwand	0 bis 1
LEP	LEP-Pflegeaufwand in Minuten	Zahl > 0
LEP	Anzahl LEP-Leistungen	Zahl > 0

Für die Analyse wurden die PCCL, MS, epaAC und LEP-Daten zusammengeführt. Bei den epaAC und LEP-Daten liegen je Fall Daten von mehreren Assessments bzw. LEP-Pflegetagen vor. Für die Analyse wurde jedoch nur ein zufällig gewählter Tag mit gültiger Einschätzung eines epa-Assessments verwendet. Bei den Analysedaten repräsentiert eine Zeile die Daten eines je Fall zufällig ausgewählten Aufenthaltstages. Geburtsfälle und unvollständige Datensätze wurden ausgeschlossen.

Einige der Variablen wurden rekodiert oder konstruiert. Für die Konstruktion der Testgrösse Fallkomplexität wurde der PCCL von sieben auf drei ordinale Kategorien reduziert (siehe Abschnitt 2.2.1). Beim Aufenthaltsort vor dem Eintritt und der einweisenden Instanz wurden seltene Kategorien zusammengefasst (siehe Anhang A.4). Pneumonie- und Sturzrisiko sind in den Rohdaten als Zahl zwischen 0 und 7 dokumentiert. Dies widerspricht der Definition nach dem epa-Handbuch, nach welchem das Pneumonie- und Sturzrisiko nur die Werte 0 (kein Risiko) und 1 (Risiko) ausweisen sollten. Für die Datenanalyse wurden bei beiden Variablen alle Werte grösser 1 auf 1 rekodiert. Das epaAC berücksichtigt weitere Risiken wie zum Beispiel das Dekubitus- oder Mangelernährungsrisiko. Die Analysen berücksichtigen diese nicht, da sie in den verwendeten Daten fehlten.

3. Deskriptive Analyse

Abbildung 1 zeigt die Verteilung des PCCL bzw. die Verteilung der Fallkomplexitätsstufen aus der Studie von Ranegger et al. (2017). Die Mehrheit der Fälle fällt in die PCCL-Stufe 0 bzw. Fallkomplexitätsstufe A. Zudem gibt es einen wesentlichen Anteil an Fällen in den PCCL-Stufen 2, 3 oder 4. Die PCCL-Stufen 1, 5 und 6 sind kaum oder gar nicht besetzt. Die Anzahl der Fälle nimmt mit zunehmender Fallkomplexität stark ab.

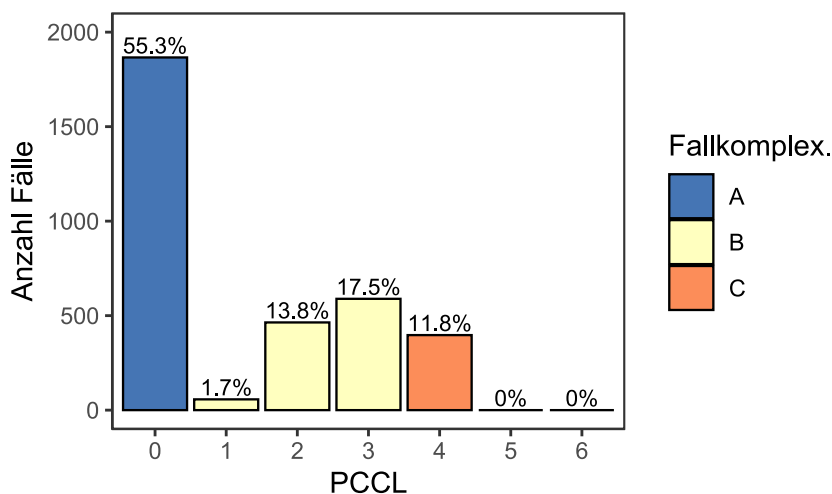


Abbildung 1: Verteilung des PCCL und der Fallkomplexitätsstufen

3.1. Prädiktoren aus den MS-Daten

Abbildung 2 zeigt links die Verteilung des PCCL nach Aufenthaltsort vor Eintritt. Der Grossteil der Fälle war vor Eintritt zuhause. Im Vergleich dazu ist der Anteil an hohen PCCL-Werten bei Fällen mit häuslicher Pflege (Zuhause mit SPITEX Versorgung), aus Krankenheimen/Pflegeheimen oder Altersheimen (zusammengefasst in die Kategorie Altersheim) höher als bei Fällen, die vor Eintritt zuhause waren.

Das Balkendiagramm in der Mitte von Abbildung 2 zeigt die Verteilung des PCCL nach der Eintrittsart (Bundesamt für Statistik, 2008, p. 8). Ungefähr zwei Drittel der Fälle sind als Notfall in das Spital eingetreten. Bei etwa einem Drittel war der Eintritt geplant. Bei Notfällen ist das Niveau des PCCL sichtbar höher als bei Fällen mit geplantem Eintritt.

Abbildung 2 rechts zeigt die Verteilung des PCCL nach der einweisenden Instanz (Bundesamt für Statistik, 2008, p. 9). Ungefähr zwei Drittel der Fälle wurden vom Arzt oder Rettungsdienst eingewiesen (zusammengefasst in die Kategorie „Arzt“), etwa ein Drittel wies sich selbst ein. Bei den vom Arzt oder Rettungsdienst eingewiesenen Fällen zeigt sich ein hoher Anteil mit niedrigem PCCL.

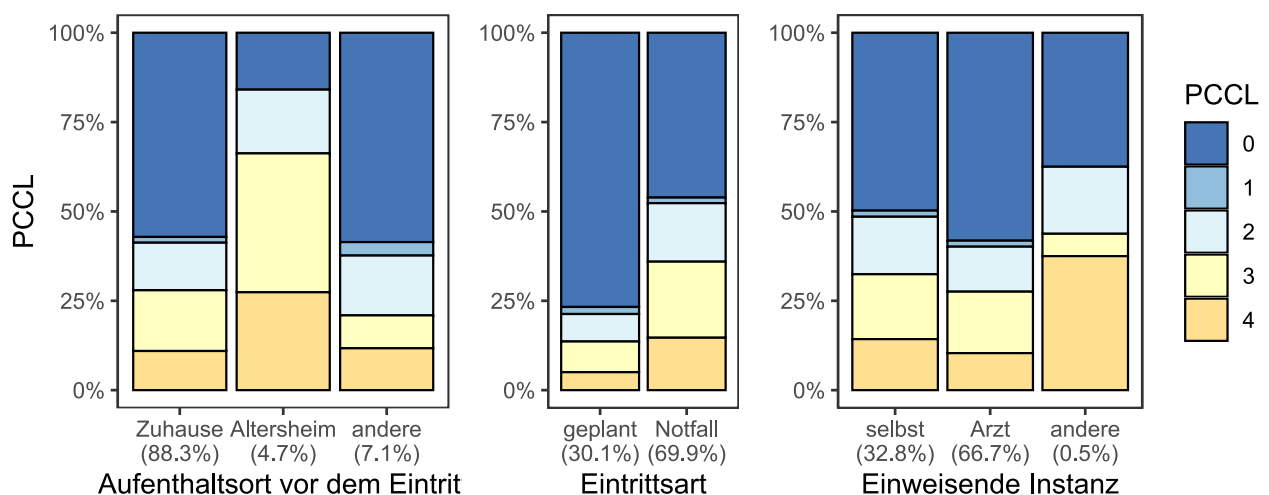


Abbildung 2: Verteilung des PCCL nach: Aufenthaltsort vor Eintritt (links), Eintrittsart (Mitte), einweisende Instanz (rechts). Die Prozentzahlen an den x-Achsen geben den Anteil der Fälle in der jeweiligen Kategorie an den Gesamtdaten an.

3.2. epaAC

3.2.1. SPI

Abbildung 3 zeigt die Verteilung des PCCL nach SPI. Der Grossteil der Fälle weist einen SPI zwischen 35 und 40 Punkten auf, d.h. die Fälle haben einen hohen Selbstständigkeitsgrad. Es ist eine starke Korrelation zwischen dem SPI und dem PCCL ersichtlich. Je tiefer der SPI, desto höher der Anteil an Fälle mit hohen PCCL-Werten.

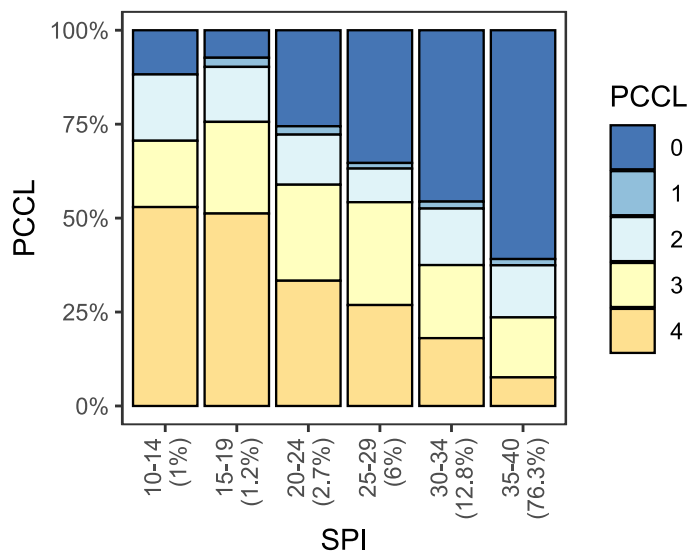


Abbildung 3: Verteilung des PCCL nach SPI



Tabelle 4 zeigt die Spearman-Korrelationen zwischen den SPI-Items und dem PCCL. Sie ist durchgängig negativ, d.h. je höher die Pflegeselbstständigkeit, desto tiefer ist die durchschnittliche Fallkomplexität.

SPI-Item	ρ
SPF Aktivität/Fortbewegung	-0.22
SPF Körperpflege Oberkörper	-0.21
SPF Körperpflege Unterkörper	-0.27
SPF An-/Auskleiden Oberkörper	-0.20
SPF An-/Auskleiden Unterkörper	-0.25
SPF Nahrungsaufnahme Essen	-0.17
SPF Nahrungsaufnahme Trinken	-0.20
SPF Urinausscheidung durchführen	-0.27
SPF Stuhlausscheidung durchführen	-0.26
SPF Fähigkeit, Kenntnisse zu erwerben	-0.28

Tabelle 4: Spearman-Korrelation ρ zwischen den SPI-Items und dem PCCL.

3.2.2. SPI-Items

Der SPI berechnet sich als Summe von zehn Einzelitems (vgl. Tabelle 3). Hohe Werte bei den Einzelitems, welche zwischen 1 und 4 variieren können, weisen auf hohe Selbstständigkeit in diesem Bereich hin. Die meisten Fälle weisen einen Wert von 3 oder 4 auf (vgl. Anhang A.1, Abbildung 7: Verteilung des PCCL nach Pneumonierisiko (links) und Sturzrisiko (rechts)).

Wie in Tabelle 4 ersichtlich ist, sind alle SPI-Items negativ mit dem PCCL korreliert. Die Stärke dieser Korrelationen variiert zwischen -0.17 und -0.28. Dies ist kongruent mit der Beziehung des Summenscores SPI mit dem PCCL (vgl. Abbildung 3) und bedeutet, dass Patienten mit hohem SPI meist einen tieferen PCCL-Wert aufweisen als Patienten mit tiefem SPI.

3.3. LEP-Daten

Im Folgenden wird die LEP-Fallkomplexität nach Definition von Ranegger et al. (2017), der zugrunde liegende Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP am gesamten Pflegeaufwand, die LEP-Minuten und die Anzahl LEP-Leistungen betrachtet. Die dafür verwendeten LEP-Daten beziehen sich auf den Aufenthaltstag des zufällig ausgewählten epa-Assessments.

3.4. LEP-Fallkomplexität

Abbildung 4 zeigt die Verteilung des PCCL nach der LEP-Fallkomplexität. Bei der LEP-Fallkomplexität werden die meisten Fälle als Risikopatienten (Fallkomplexität B, 62.9%) eingestuft. Unerwarterweise zeigt sich in Abbildung 4, dass die Anteile der höheren PCCL grösstenteils in die Kategorie stabile Patienten (Fallkomplexität A) fallen und mit zunehmender LEP-Fallkomplexität nicht zu-, sondern abnehmen.

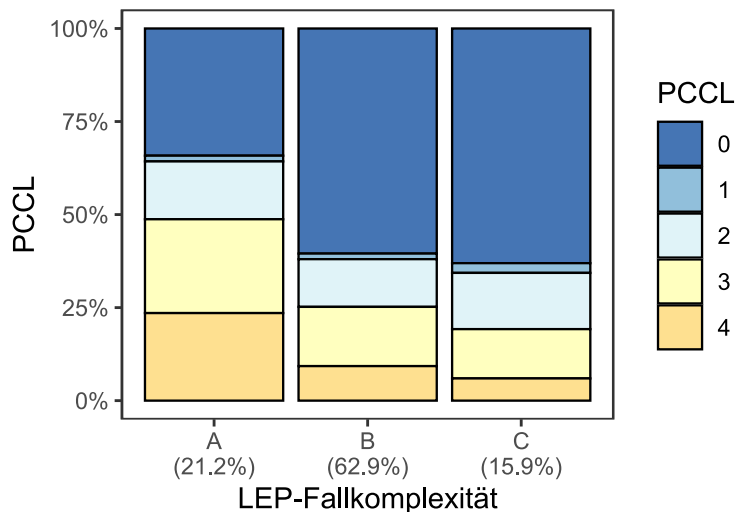


Abbildung 4: Verteilung des PCCL nach LEP-Fallkomplexität

Weitere Analysen zeigen, dass die Anteile der höheren PCCL auch entlang des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP abnehmen, welcher die Grundlage für die Einstufung der LEP-Fallkomplexität ist. Ebenso wurde festgestellt, dass der SPI mit zunehmendem Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP zu-, und nicht abnimmt (siehe Anhang A.1, Abbildung 8: Verteilung des PCCL nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (links) und Verteilung des SPI nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts)). Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die LEP-Fallkomplexität in den nachfolgenden Analysen weggelassen.

3.4.1. LEP-Pflegeaufwand und Anzahl LEP-Leistungen

Abbildung 5: Verteilung des PCCL nach Pflegeaufwand (links), Anzahl LEP-Leistungen (rechts) zeigt links die Verteilung des PCCL nach Pflegeaufwand. Der Pflegeaufwand bezieht sich auf den Aufenthaltstag des zufällig gewählten epa-Assessments und liegt bei den meisten Fällen im Bereich von 0 bis 10 Stunden. Die Verteilung des PCCL variiert sichtbar entlang der LEP-Stunden. Der Anteil an Fällen mit hohem PCCL steigt mit wachsendem Pflegeaufwand.

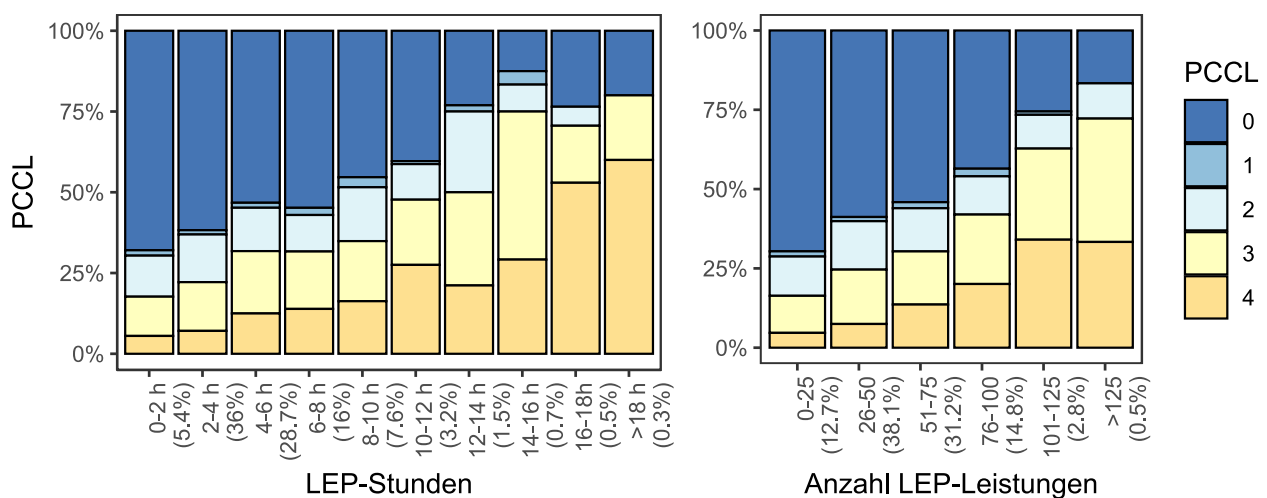


Abbildung 5: Verteilung des PCCL nach Pflegeaufwand (links), Anzahl LEP-Leistungen (rechts)

Abbildung 5: Verteilung des PCCL nach Pflegeaufwand (links), Anzahl LEP-Leistungen (rechts) rechts zeigt die Verteilung des PCCL nach Anzahl LEP-Leistungen. Die Anzahl LEP-Leistungen liegt bei den meisten Fällen im Bereich von 5 bis 100 Leistungen. Die Verteilung des PCCL variiert stark entlang der Anzahl LEP-Leistungen. Der Anteil an Fällen mit hohem PCCL steigt mit grösser werdender Anzahl LEP-Leistungen.

3.4.3. Weitere deskriptive Analysen

Anhang A.1 enthält deskriptive Analysen zu den Prädiktoren Geschlecht und Alter (Abbildung 6: Verteilung des PCCL nach Geschlecht (links) und Alter (rechts)), sowie Pneumonie- und Sturzrisiko (Abbildung 7: Verteilung des PCCL nach Pneumonierisiko (links) und Sturzrisiko (rechts)) und deren Zusammenhang mit dem PCCL. Zwischen Frauen und Männern wurden keine Unterschiede bezüglich des PCCL festgestellt. Im Unterschied dazu steigen die Anteile der höheren PCCL-Werte mit



zunehmendem Alter deutlich an. Ebenfalls nehmen die Anteile der höheren PCCL-Werte bei Pneumonie- und Sturzrisiko sichtbar zu. Des Weiteren finden sich im Anhang A.1 die univarianten Verteilungen der SPI-Items (Abbildung 9: Verteilungen der SPI-Items) sowie der LEP-Stunden und der Anzahl der LEP-Leistungen (Abbildung 10: Verteilung des Pflegeaufwands (LEP Stunden, links) und Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen (rechts)).



4. Regressionsanalyse

Die folgende Regressionsanalyse verfolgt das Ziel, Fälle mittels Prädiktoren (Alter, Geschlecht etc., siehe Tabelle 3) möglichst präzise in die drei Fallkomplexitätsstufen A (stabile und komplikationslose Patienten, PCCL = 0), B (Risikopatienten, PCCL ∈ {1,2,3}) und C (instabile Patienten, PCCL ∈ {4,5,6}) einzuteilen. Als Regressionsmodell wird das für ordinale Zielgrößen entwickelte kumulative logistische Modell (z.B. Agresti, 2010, Kapitel 3) verwendet. Für Schätzungen der Modelle wurde das R-Paket **ordinal** (Christensen, 2019) eingesetzt. Die Prädiktoren LEP-Pflegeaufwand und Anzahl LEP-Leistungen wurden gemäss den sogenannten First-Aid Transformationen von Tukey (z. B. Stahel, 2002, p. 278) mit der Logarithmus- bzw. Wurzel-Funktion transformiert, da diese rechtsschief verteilt sind (siehe Anhang A.1, Abbildung 10: Verteilung des Pflegeaufwands (LEP Stunden, links) und Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen (rechts)).

Wie in Abbildung 1 ersichtlich ist, ist die Fallkomplexitätsstufe A übervertreten. Regressionsmodelle tendieren in diesem Falle dazu, Fälle a priori in Fallkomplexitätsstufe A einzuteilen. Dass bedeutet, dass die Modelle Fälle der Kategorien B oder C voraussichtlich eher falsch einstufen. Während es dafür verschiedene Handhabungsverfahren gibt, fokussieren wir anlehnend an (Hastie et al., 2009, S. 317) auf eine Gewichtung bei der Regression. Die Gewichte von Fällen in den Fallkomplexitätsstufen B und C werden erhöht, so dass die Summen der Gewichte der drei Fallkomplexitätsstufen A, B und C gleich gross sind. Mathematisch kann die Berechnung des Gewichts einer beliebigen Beobachtung i als

$$w_i = \frac{N}{3 \cdot \sum_{j=1}^N 1(y_j = y_i)}$$

Formel 1

beschrieben werden. Dadurch ergibt sich ein Gewicht von 0.6 für Beobachtungen mit Fallkomplexität A, 1.01 für Fallkomplexität B und 2.83 für Fallkomplexität C. Abschnitt 4.4 zeigt auf, welchen Effekt diese Gewichtung auf die Klassifikationsgüte der Modelle hat.



4.1. Modelle mit Prädiktoren der MS-Daten, SPI, Pneumonie- und Sturzrisiko und den LEP-Daten

Tabelle 5 zeigt die Schwellenwerte, Odds-Ratio Koeffizienten und Modellgüte der gewichteten kumulativen logistischen Regressionsmodelle mit den Prädiktoren Geschlecht, Alter, Aufenthalt vor Eintritt, Eintrittsart, einweisende Instanz, SPI, Pneumonie- und Sturzrisiko, LEP-Stunden und Anzahl LEP-Leistungen. Links ist das Modell ohne Prädiktoren, in der Mitte das Modell nach schrittweiser Rückwärtsselektion mit dem AIC-Kriterium (Akaike, 1974) und rechts das volle Modell.

Tabelle 5: Schwellenwerte, Odds-Ratio Koeffizienten und Modellgüte der gewichteten kumulativen logistischen Regressionsmodelle für Fallkomplexität (n=3373 Beobachtungen). Links: Nullmodell ohne Prädiktoren; Mitte: Reduziertes Modell nach Rückwärtsselektion; Rechts: Volles Modell mit allen Prädiktoren. Die Sterne zeigen p-Werte für den Test, dass die Schwellenwerte gleich 0 bzw. die Odds-Ratio Koeffizienten gleich 1 sind: *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01.

	Nullmodell	Reduziertes Modell	Volles Modell
<i>Schwellenwerte für Fallkomplexitätsstufen:</i>			
Schwellenwert A-B	-0.693***	2.451***	2.514***
Schwellenwert B-C	0.693***	4.318***	4.382***
<i>Odds-Ratio Koeffizienten:</i>			
Geschlecht: Frau		0.805***	0.798***
Alter		1.037***	1.037***
Aufenthalt vor Eintritt: SPITEX/Kranken- heim/Altersheim		0.733**	0.699**
Aufenthalt vor Eintritt: andere/unbekannt		1.023	1.021
Eintrittsart: Notfall		3.482***	3.689***
Einweisende Instanz: Rettungsdienst/Arzt			1.123
Einweisende Instanz: andere/unbekannt			1.730
SPI		0.965***	0.962***
Pneumonierisiko		1.481***	1.478***
Sturzrisiko			0.956
log (LEP-Stunden)			0.866
$\sqrt{\text{LEP-Leistungszahl}}$		1.195***	1.242***
<i>Modellgüte:</i>			
Log-Likelihood	-3091	-3093	-3706
AIC	6209	6206	7415



Die Interpretation der Odds-Ratio Koeffizienten von Tabelle 5 ist vergleichbar mit der Interpretation von Odds-Ratio Koeffizienten konventioneller logistischer Modelle, für Details siehe Agresti (2010, Kapitel 3). Odds-Ratios grösser 1 wie beispielsweise beim Pneumonierisiko bedeuten, dass gemäss Schätzung das Chancenverhältnis und damit die Wahrscheinlichkeit für höhere Fallkomplexitätsstufen (B oder C) entlang der Prädiktorwerte ansteigt.

Tabelle 5 zeigt, dass bei den vorliegenden Daten das Geschlecht, das Alter, der Aufenthalt vor dem Eintritt, die Eintrittsart, der SPI, das Pneumonierisiko und die Anzahl LEP-Leistungen gute Prädiktoren für Fallkomplexität sind. Dahingegen sind die einweisende Instanz, das Sturzrisiko und die LEP-Stunden für die Fallkomplexitätsvorhersage nicht notwendig.

Frauen weisen einen Odds-Ratio Koeffizienten unter 1 auf, entsprechend wird die Wahrscheinlichkeit für höhere Fallkomplexitätsstufen bei Frauen tiefer geschätzt als bei Männern. Der Odds-Ratio Koeffizient für das Alter ist grösser 1, entsprechend steigt die Wahrscheinlichkeit für höhere Fallkomplexitätsstufen mit zunehmendem Alter an. Fälle, die aus dem Altersheim ins Spital eintreten, weisen eine tiefere Wahrscheinlichkeit für eine höhere Fallkomplexität auf als Fälle, die von zuhause eintreten. Dieser Effekt ist allenfalls schwer interpretierbar und instabil, da nur 157 Fälle aus dem Altersheim eintraten. Bei Notfalleintritten sowie Personen, die vor dem Eintritt nicht zuhause wohnten, steigt die Wahrscheinlichkeit für hohe Fallkomplexitätsstufen ebenfalls an. Weiter sinkt die Wahrscheinlichkeit für höhere Fallkomplexitätsstufen mit steigendem SPI, steigt bei vorhandenem Pneumonierisiko und steigt bei zunehmender Anzahl LEP-Leistungen. Die Koeffizienten des reduzierten und vollen Modells unterscheiden sich kaum. Dies deutet darauf hin, dass bei den berücksichtigten Prädiktoren keine gravierenden Kollinearitätsprobleme durch starke Interkorrelationen vorliegen.

4.2. Einzelne SPI-Items anstelle des SPI

Tabelle 6 zeigt die Odds-Ratio Koeffizienten der kumulativen logistischen Regressionsmodelle, wenn der Summenscore SPI durch die zehn dem SPI zugrunde liegenden SPI-Items ersetzt wird.

Tabelle 6: Schwellenwerte, Odds-Ratio Koeffizienten und Modellgüte der gewichteten kumulativen logistischen Regressionsmodelle für Fallkomplexität mit den einzelnen SPI-Items (n=3373 Beobachtungen). Links: Nullmodell ohne Prädiktoren; Mitte: Reduziertes Modell nach Rückwärtsselektion; Rechts: Volles Modell mit allen Prädiktoren. Die Sterne zeigen p-Werte für den Test, dass die Schwellenwerte gleich 0 bzw. die Odds-Ratio Koeffizienten gleich 1 sind: *p < 0.1; **p < 0.05; ***p < 0.01.

	Nullmodell	Reduziertes Modell	Volles Modell
<i>Schwellenwerte für Fallkomplexitätsstufen:</i>			
Schwellenwert A-B	0.693***	2.601***	2.770***
Schwellenwert B-C	0.693***	4.481***	4.653***
<i>Odds-Ratio Koeffizienten:</i>			
Geschlecht: Frau		0.812***	0.809***
Alter		1.037***	1.037***
Aufenthalt vor Eintritt: Altersheim etc.		0.693**	0.666***
Aufenthalt vor Eintritt: andere/unbekannt		1.019	1.010
Eintrittsart: Notfall		3.387***	3.530***
Einweisende Instanz: Rettungsdienst/Arzt			1.103
Einweisende Instanz: andere/unbekannt			1.657
SPF Aktivität/Fortbewegung		1.305***	1.345***
SPF Körperpflege Oberkörper			1.098
SPF Körperpflege Unterkörper		0.903	0.914
SPF An-/Auskleiden Unterkörper			0.917
SPF An-/Auskleiden Oberkörper			0.998
SPF Essen			0.918
SPF Trinken			1.012
SPF Urinausscheidung		0.894**	0.891**
SPF Stuhlausscheidung		0.793***	0.799***
SPF Fähigkeit, Kenntnisse zu erwerben		0.869*	0.891
Pneumonierisiko		1.674***	1.676***
Sturzrisiko			1.112
log (LEP-Stunden)			0.834



$\sqrt{\text{LEP-Leistungszahl}}$		1.208***	1.268***
<i>Modellgüte:</i>			
Log-Likelihood	-3073	-3077	-3706
AIC	6193	6182	7415

In Tabelle 6 zeigt sich, dass wiederum das Geschlecht, das Alter, der Aufenthalt vor Eintritt, die Eintrittsart, das Pneumonierisiko und die Anzahl LEP-Pflegeleistungen wichtige Prädiktoren sind. Von den dem SPI zugrunde liegenden zehn Einzelitems sind nur vier signifikant bei der Vorhersage der Fallkomplexität: die SPFs Aktivität/Fortbewegung, Urin- und Stuhlausscheidung sowie die Fähigkeit, Kenntnisse zu erwerben.

Der Odds-Ratio Koeffizient des Prädiktors Aktivität/Fortbewegung ist grösser als 1. Dies bedeutet, dass gemäss den Modellen die Wahrscheinlichkeit für höhere Fallkomplexitätsstufen mit zunehmender Fortbewegungsfähigkeit ansteigt. Dies ist inhaltlich möglicherweise begründbar, widerspricht jedoch der Grundannahme der Modellierung, dass höhere SPFs mit einer höheren Pflegekomplexität zusammenhängt. Für die weiteren Analysen wurde deshalb dieser Prädiktor aus dem reduzierten Modell entfernt. Am meisten betroffen von dieser Änderung ist der Odds-Ratio Koeffizient des Pneumonierisikos. Er verringert sich dadurch um -0.192. Die Odds-Ratio Koeffizienten der vier anderen SPI-Items des reduzierten Modells, Körperpflege Unterkörper, Urin- und Stuhlausscheidung und die Fähigkeit, Kenntnisse zu erwerben, sind kleiner als 1 und darum inhaltlich plausibel.

4.3. Fehlklassifikationsraten

In den vorangegangenen Abschnitten wurden Regressionsmodelle mit zwei Auswahlen an potenziellen Prädiktoren betrachtet. Aus den Analysen resultierten vier Regressionsmodelle, jeweils ein Modell mit allen Prädiktoren der Auswahl, und ein Modell ohne Prädiktoren mit tiefem Erklärungsgehalt. Dieser Abschnitt beurteilt und vergleicht die betrachteten Modelle mittels der Fehlklassifikationsrate. Die Fehlklassifikationsrate entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass das Modell eine Beobachtung in die falsche Fallkomplexitätsstufe klassifiziert. Details zur Schätzung der Fehlklassifikationsraten finden sich in Anhang A.2. Tabelle 7 zeigt die Fehlklassifikationsraten des Modells ohne und der vier Modelle mit Prädiktoren. Die Fehlklassifikationsrate des Modells ohne Prädiktoren (Nullmodell) liegt bei ca. 75%, bei den Modellen mit Prädiktoren bei ca. 45%. Die Fehlklassifikationsraten der Modelle



mit Prädiktoren sind etwa gleich gross. Das reduzierte Modell mit den SPI-Items schneidet knapp am besten ab.

Tabelle 7: Geschätzte Fehlklassifikationsraten der Regressionsmodelle

Modell	Fehlklassifikationsrate (%)
Nullmodell	68.93
Volles Modell, SPI	45.57
Reduziertes Modell, SPI	45.45
Volles Modell, einzelne SPI-Items	44.38
Reduziertes Modell, einzelne SPI-Items	44.97

Aus Tabelle 7 folgern wir einerseits, dass durch das Berücksichtigen von Prädiktoren die Fehlklassifikationsrate um ca. 25% reduziert werden kann: Die Fehlklassifikationsrate verringert sich von ca. 69% auf 45%. Eine Fehlklassifikationsraten von ca. 45% bedeutet jedoch, dass die Vorhersagen trotz Prädiktoren mit grossen Unsicherheiten behaftet sind. Weiter folgern wir, dass das Ersetzen des SPI durch einzelne SPI-Items die Fehlklassifikationsrate kaum verbessert. Für praktische Anwendungen wird insbesondere das reduzierte Modell mit dem SPI empfohlen, da dieses gemäss Tabelle 7 mit weniger Prädiktoren eine vergleichbare Fehlklassifikationsrate gewährleisten kann.

4.4. Sensitivitäten

Wie in Abbildung 1 ersichtlich ist, weisen nur wenige Fälle die Fallkomplexitätsstufe B (Risikopatienten, $PCCL \in \{1,2,3\}$) oder C (instabile Patienten, $PCCL \in \{4,5,6\}$) aus. Aus diesem Grund interessiert, inwiefern die Modelle auf den einzelnen Stufen korrekt klassifizieren. Hierzu betrachten wir die sogenannte Sensitivität des Modells, also die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fall von Fallkomplexitätsstufe j gerade in Fallkomplexitätsstufe j eingeteilt wird. Tabelle 8 zeigt Schätzungen für die Sensitivität der betrachteten Regressionsmodelle, links für die gewichteten und rechts für die ungewichteten Modelle. Anhang A.3 enthält Details zur Berechnung.

Mit Ausnahme des Modells ohne Prädiktoren (Nullmodell) liegen die geschätzten Sensitivitäten bei den Fallkomplexitätsstufen A und C bei über 60%, bei B bei ca. 36%. Das bedeutet, dass die Modelle bei der tiefsten und der höchsten Fallkomplexitätsstufe wesentlich besser klassifizieren als bei der

mittleren, bei welcher weniger als die Hälfte der Fälle korrekt klassifiziert werden. Inwieweit die erreichten Sensitivitäten für die Praxis ausreichen, ist vermutlich anwendungsspezifisch und muss von Fachexperten beurteilt werden.

Tabelle 8: Geschätzte Sensitivität (%) der Regressionsmodelle für die Fallkomplexitätsstufen

Modell	Gewichtet			Ungewichtet		
	A	B	C	A	B	C
Nullmodell	28.62	36.85	26.45	100	0.00	0.00
Volles Modell, SPI	64.68	34.95	60.71	83.01	47.57	11.08
Reduziertes Modell, SPI	65.38	34.05	60.96	83.39	47.84	11.34
Volles Modell, einzelne SPI-Items	65.81	36.94	59.95	82.96	44.95	17.38
Reduziertes Modell, einzelne SPI-Items	65.43	35.95	59.45	83.23	46.67	14.86

Tabelle 8 motiviert die Gewichtung für die Berechnung der Regressionsmodelle. Zwar sind bei den gewichteten Modellen die Sensitivitäten bei Fallkomplexitätsstufe A schlechter, dafür bei Fallkomplexitätsstufe B und insbesondere C besser.

4.5. Umsetzung der Einstufung zur Fallkomplexität in der Praxis

Die erarbeiteten Regressionsmodelle sind zur Einstufung von Fällen in mit dem PCCL kalibrierte Fallkomplexitätsstufen geeignet. Wir betrachten dafür exemplarisch das empfohlene reduzierte Regressionsmodell mit dem SPI. Die Einstufung erfordert folgende Informationen des Patienten:

- Geschlecht (Mann oder Frau)
- Alter in Jahren
- Aufenthaltsort vor Eintritt (Zuhause, Krankenhaus, andere, siehe auch Abschnitt A.4)
- Eintrittsart (geplant oder Notfall)
- SPI (10, ..., 40) des aktuellsten epa-Assessments
- Pneumonierisiko (0 oder 1) des aktuellsten epa-Assessments
- Anzahl LEP-Leistungen am Tag des aktuellsten epa-Assessments



Diese Informationen können in die folgende Prädikatorengleichung eingesetzt werden:

$$\eta = -0.217 \cdot 1(\text{Geschlecht} = \text{Frau}) + 0.0367 \cdot \text{Alter} - 0.311 \cdot 1(\text{Aufenthaltort vor} = \text{Krankenhaus}) + 0.0232 \cdot 1(\text{Aufenthaltort vor} = \text{andere}) + 1.25 \cdot 1(\text{Eintrittsart} = \text{Notfall}) - 0.0357 \cdot \text{SPI} + 0.393 \cdot \text{Pneumonierisiko} + 0.178 \cdot \sqrt{\# \text{LEP-Leistungen}}$$

Formel 2

Die Koeffizienten in der Gleichung entsprechen den Logarithmen der in Tabelle 5 aufgelisteten Odds-Ratio Koeffizienten (z.B. Geschlecht: $\log(0.805) = -0.217$). Aus η lassen sich die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die Fallkomplexitätsstufen mittels der Schwellenwerte aus Tabelle 5 und der logistischen Funktion wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_A &= P(\text{Fallkomplexität} = A) = \frac{1}{1 + \exp(-2.45 + \eta)} \\ \hat{\pi}_B &= P(\text{Fallkomplexität} = B) = \frac{1}{\exp(-4.32 + \eta)} - \hat{\pi}_A \\ \hat{\pi}_C &= P(\text{Fallkomplexität} = C) = 1 - \hat{\pi}_A - \hat{\pi}_B\end{aligned}$$

Formel 3

Abschliessend wird der betrachtete Fall mittels der berechneten Wahrscheinlichkeiten $\hat{\pi}_A$, $\hat{\pi}_B$ und $\hat{\pi}_C$ in eine der Fallkomplexitätsstufen A, B und C klassifiziert. Es ist naheliegend, den Fall in die Fallkomplexitätsstufe mit der höchsten Wahrscheinlichkeit einzustufen:

$$\hat{y}_j = \arg \max_{j \in \{A, B, C\}} \hat{\pi}_j.$$

Formel 4

Diese Einstufung wird in der Fachliteratur *Bayes-Classifier* genannt (siehe beispielsweise James et al., 2013, Kapitel 4.4). Falls also beispielsweise $\hat{\pi}_A = 0.1$, $\hat{\pi}_B = 0.6$ und $\hat{\pi}_C = 0.3$, dann $\hat{y} = B$. Inwiefern die Einstufung durch eine knappe oder eindeutige Entscheidung zustande kam, kann an den einzelnen Wahrscheinlichkeiten $\hat{\pi}_A$, $\hat{\pi}_B$ und $\hat{\pi}_C$ abgelesen werden. Nur falls die höchste Wahrscheinlichkeit markant höher ist als die zweithöchste Wahrscheinlichkeit, ist die Einstufung eindeutig. Bei $\hat{\pi}_A = 0.3$, $\hat{\pi}_B = 0.4$ und $\hat{\pi}_C = 0.3$ und damit $\hat{y} = B$ ist die Einteilung knapp. Bei $\hat{\pi}_A = 0.1$, $\hat{\pi}_B = 0.8$ und $\hat{\pi}_C = 0.2$ und damit wiederum $\hat{y} = B$ ist die Einteilung eindeutig.



5. Diskussion

Auf Basis von Routinedaten wurden geeignete Prädiktoren für eine Einstufung der Fallkomplexität ermittelt, mit der Fälle während ihres Krankenhausaufenthalts in drei ordinale Stufen eingeteilt werden können: A (stabile und komplikationslose Patienten), B (Risikopatienten) und C (instabile Patienten). Die Einstufung orientiert sich am PCCL, d.h. an einer anhand von Nebendiagnosen berechneten klinischen Fallkomplexität (SwissDRG, 2021, pp. 613–619).

Die Einstufung stützt sich auf ein gewichtetes kumulatives logistisches Regressionsmodell. Mit diesem kann, gestützt auf die Werte der Prädiktoren (Alter, SPI etc.), die Wahrscheinlichkeit für die Fallkomplexitätsstufen A, B und C berechnet werden. Als finale Einstufung kann anlehnend an den Bayes-Classifier (z.B. James et al., 2013, Kapitel 4.4) die Fallkomplexitätsstufe mit der höchsten Wahrscheinlichkeit gewählt werden. Folgende Prädiktoren erwiesen sich als besonders geeignet: Geschlecht, Alter, Aufenthalt vor Eintritt, Eintrittsart, SPI, Pneumierisiko und Anzahl der LEP-Pflegeinterventionen.

Gemäss dem Studienziel wurden ausschliesslich Prädiktoren berücksichtigt, die bereits während eines Krankenhausaufenthaltes aus einem Klinikinformationssystem eines Krankenhauses bezogen werden können. Es wurde keine Zusatzerhebung durchgeführt. Bei den Prädiktoren handelt es sich um Variablen der MS der Krankenhäuser, bei den pflegespezifischen Prädiktoren um epaAC- und LEP-Daten. Der Vorteil dieser Daten liegt darin, dass sie standardisiert und leicht generierbar sind, da ihre Dokumentation in der Routine etabliert ist und sie prinzipiell vergleichbar sind (z.B. Janssen, 2009). Allerdings gibt es für die spezifischen Pflegedaten im Vergleich zu den Variablen der MS keine verbindlichen Vorgaben für die Krankenhäuser, epaAC und LEP Nursing 3 anzuwenden. Beide Instrumente sind jedoch mit über 1000 Anwendungen im DACH-Raum zunehmend weit verbreitet.

Eine Stärke dieser Einstufung der Fallkomplexität ist somit die praktische Machbarkeit. Die Prädiktoren sind bereits vor oder während dem Krankenhausaufenthalt bekannt, so dass die Einstufung der Fallkomplexität bereits während des Krankenhausaufenthalts erfolgen kann und nicht erst nach Austritt des Falles. Zudem könnte die Einstufung nach einer Kalibrierung mit betriebseigenen Daten auch in Österreichischen oder Deutschen Gesundheitsbetrieben angewendet werden. Die Einstu-



fung der Fallkomplexität ist ein Beitrag für die Suche in der täglichen Praxis nach geeigneten Methoden zur Aufgabenverteilung im Krankenhaus zur Durchmischung der unterschiedlichen Bildungsabschlüsse der Pflegefachpersonen für eine qualitativ hochwertige Patientenversorgung.

Diese Studie fokussiert einen empirischen Ansatz zur Einstufung der Fallkomplexität mit Routinedaten. Dies ermöglicht die Einschätzung der Fallkomplexität für die Personaleinsatzplanung in der täglichen Praxis mit rein rechnerischen Mitteln ohne zusätzliche Datenerfassungen. Dies stellt jedoch keinen Ersatz für theoretisch-methodisch fundierte Messinstrumente dar, wie beispielsweise die patientenbezogene Pflegekomplexität (z.B. Huber et al., 2020). Der Ansatz bietet einen Ausgangspunkt für eine umsetzbare Personalzuteilung in der täglichen Praxis, der die klinische Fallkomplexität mitberücksichtigt und beispielsweise um pflegerische Fallkomplexität erweitert werden kann.

Die entwickelte Einstufung hat folgende Haupteinschränkungen: Erstens stammen die Daten von einem kleinen Schweizer Gesundheitsbetrieb. Daher ist die Einstufung kaum verallgemeinerbar und andere Gesundheitsbetriebe können sie nicht direkt übernehmen. Weiterentwicklungen könnten darauf fokussieren, die Einstufung auf einer repräsentativeren Datenbasis aufzubauen. Andererseits könnte man die der entwickelten Einstufung zugrunde liegenden Modelle übernehmen, und die Modellkoeffizienten durch eigene Schätzungen ersetzen. Dadurch liesse sich die Genauigkeit der Einstufung vermutlich lokal verbessern, insbesondere für grössere Betriebe. Auch wenn einzelne Prädiktoren nicht zur Verfügung stehen, müssten die Modelle mit eigenen Daten neu angepasst werden.

Zweitens ist die hier eingesetzte Kalibration mit dem PCCL anfechtbar. Für eine kompetenzorientierte Personalplanung in der Pflege wäre vermutlich die Betrachtung der pflegerischen Fallkomplexität geeigneter als die mit dem PCCL gemessene klinische Fallkomplexität. Eine Weiterentwicklung könnte die hier präsentierte Einstufung über den PCCL durch eine Messgrösse für pflegerische Fallkomplexität zu ersetzen. Der Nachteil dieses Ansatzes ist es, dass es zumindest in der Schweiz kein ähnlich weit verbreitetes Äquivalent zum PCCL für pflegerische Fallkomplexität gibt.

Drittens ist die Genauigkeit der entwickelten Einstufung beschränkt. Wie aufgezeigt liegt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fall mit Komplexität j tatsächlich als j eingestuft wird bei den Kategorien A und C bei ca. 65% bzw. 61% und bei Kategorie B nur bei 36%. Da insbesondere Fehlklassifikationen für instabile Patienten oder Risikopatienten folgenreich sein könnten, sollten die Klassifikationen mit



Vorsicht behandelt werden und für Behandlungen nicht alleinbestimmend sein. Die Einstufung ist für statistische Analysen auf Stations- oder Klinikebene und nicht für Einzelfallentscheidungen gedacht.

Zu diesen Haupteinschränkungen kommen Feinanpassungen, die auch mit den vorliegenden Daten umgesetzt werden könnten: Anstelle des kumulativen logistischen Regressionsmodells könnte man modernere Vorhersagemethoden verwenden, wie beispielsweise die Random Forests Technik (Breiman, 2001). Verfeinerung des Regressionsmodells könnten auch zu Verbesserungen führen, beispielsweise durch eine Transformation der Prädiktoren oder mit Interaktionstermen. Auch könnte das kumulative logistische Regressionsmodell durch categoriespezifische Effekte (z.B. Agresti, 2010) erweitert werden.

Als grösste Überraschung zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die LEP-Fallkomplexität (Ranegger et al., 2017), definiert als Anteil des Pflegeaufwand mit Mindestqualifikation DGKP am gesamten Pflegeaufwand, negativ mit dem PCCL korreliert. Entgegen der Überlegungen von Ranegger et al. (2017) bedeutet dies, dass bei Fällen mit höheren PCCL-Werten verhältnismässig hohe nicht-komplexe Pflegeaufwände erbracht werden. Exemplarisch kann man sich hier einen herzinsuffizienten Patienten mit äusserst schweren Komorbiditäten vorstellen. Bei diesem könnte der Pflegeaufwand mehrheitlich aus Grundpflegetätigkeiten, wie zum Beispiel Teil- oder Ganzkörperwäsche, bestehen, welche nicht zwingend den Einsatz einer DGKP fordern. Als Konsequenz der negativen Korrelation wurde die LEP-Fallkomplexität bei der hier vorgeschlagenen Einstufung nicht berücksichtigt.

Im Verlauf des Forschungsprozesses wurden neue interessante Fragestellungen identifiziert. Es gibt Hinweise darauf, dass mit höherem PCCL der Anteil an LEP-Leistungen sowie der LEP-Pflegeaufwand steigt. Zukünftige Forschungsfragestellungen könnten hier ansetzen und beispielsweise die Aufgabenkomplexität (task complexity) (Campbell, 1988) untersuchen. Weiterhin sind zur Berücksichtigung der pflegerischen Fallkomplexität unter Umständen weitere oder andere Variablen notwendig. Allerdings stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob diese in der Routinedokumentation zur Verfügung stehen oder zusätzlich erfasst werden müssten.

Referenzen

- Agresti, A. (2010). Analysis of ordinal categorical data (2nd ed.). Chapter 3. John Wiley & Sons.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Baumberger, D., Hieber, S., Raeburn, S., Studer, M., Bürgin, R., Ranegger, R., Caluori, Y., Weber, P., & Jenzer Bücher, R. (2016). *LEP - Aufbau und Anwendung* (1st ed.). LEP AG. Zu beziehen über: <https://www.lep.ch/de/kontakt.html>.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Bundesamt für Statistik. (2008). *Medizinische Statistik der Krankenhäuser - Variablen der Medizinischen Statistik. Spezifikationen gültig ab 1.1.2020 ("Schnittstellenkonzept")*: Anhang D des Dokuments "Anpassungen der Medizinischen Statistik an die Bedürfnisse für eine leistungsorientierte Spitalfinanzierung (SwissDRG). Änderungen im Detail" (No. 12167417). BFS; Bundesamt für Statistik (BFS). <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/12167417/master>
- Campbell, D. J. (1988). Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*, 13(1), 40–52. <https://doi.org/10.5465/amr.1988.4306775>
- Castellan, C., Sluga, S., Spina, E., & Sanson, G. (2016). Nursing diagnoses, outcomes and interventions as measures of patient complexity and nursing care requirement in Intensive Care Unit. *Journal of Advanced Nursing*, 72(6), 1273–1286. <https://doi.org/10.1111/jan.12913>
- Christensen, R. (2019). *ordinal: Regression Models for Ordinal Data: R package version 2019.12-10*. <https://CRAN.R-project.org/package=ordinal>
- Cody, R., Gysin, S., Merlo, C., Gemperli, A., & Essig, S. (2020). Complexity as a factor for task allocation among general practitioners and nurse practitioners: A narrative review. *BMC Family Practice*, 21(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-1089-2>
- epaCC. (2021). *epaAC: Wir helfen die akutstationäre Versorgung Erwachsener einfach besser zu machen*. <https://www.epa-cc.de/bewertungssysteme/epaac/>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2. ed., corr. at 4. print). Springer series in statistics. Springer.
- Huber, E., Kleinknecht-Dolf, M., Kugler, C., Müller, M., & Spirig, R. (2020). Validation of the instrument "Complexity of Nursing Care"-A mixed-methods study. *Nursing Open*, 7(1), 212–224. <https://doi.org/10.1002/nop2.383>
- Huber, E., Kleinknecht-Dolf, M., Kugler, C., & Spirig, R. (2021). Patient-related complexity of nursing care in acute care hospitals - an updated concept. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 35(1). <https://doi.org/10.1111/scs.12833>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning* (Vol. 103). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Janssen, B. (2009). Routinedaten und Qualitätssicherung. In W. Gaebel, H. Spiessl, & T. Becker (Eds.), *Routinedaten in der Psychiatrie: Sektorenübergreifende Versorgungsforschung und Qualitätssicherung* (pp. 49–52). Steinkopff. https://doi.org/10.1007/978-3-7985-1875-9_8
- Lewis, M. L. (1997). Decision-making task complexity: Model development and initial testing. *The Journal of Nursing Education*, 36(3), 114–120.
- Merçay, C., Grünig, A., & Dolder, P. (2021). *Gesundheitspersonal in der Schweiz – Nationaler Versorgungsbericht 2021. Bestand, Bedarf, Angebot und Massnahmen zur Personalsicherung (Obsan Bericht 03/2021)*. https://www.obsan.admin.ch/sites/default/files/2021-10/Obsan_03_2021_BERICHT_0.pdf



- Morris, R., MacNeela, P., Scott, A., Treacy, P., & Hyde, A. (2007). Reconsidering the conceptualization of nursing workload: Literature review. *Journal of Advanced Nursing*, 57(5), 463–471.
- Mutai, R., Sugiyama, Y., Aoki, T., & Matsushima, M. (2023). Key characteristics of patient complexity and patient complexity conceptual models/measurement tools: A scoping review protocol. *BMJ Open*, 13(5). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-063982>
- Nicolaus, S., Crelier, B., Donzé, J. D., & Aubert, C. E. (2022). Definition of patient complexity in adults: A narrative review. *Journal of Multimorbidity and Comorbidity*, 12. <https://doi.org/10.1177/26335565221081288>
- Olley, R., Edwards, I., Avery, M., & Cooper, H. (2019). Systematic review of the evidence related to mandated nurse staffing ratios in acute hospitals. *Aust Health Rev*, 3(43), 288–293. <https://doi.org/10.1071/AH16252>
- Ranegger, R., Baumberger, D., & Bürgin, R. (2017). *Forschungsbericht: Bedarfs- und kompetenzorientierte Personaleinsatzplanung gemäss GuKG 2016 - eine Tätigkeitsanalyse (Teil A)*. LEP AG. https://pub-771294e581bb4920af8976caa191a5dc.r2.dev/asset/downloads/studienberichte/2017_1_6-forschungsbericht.pdf
- Saville, C. E., Griffiths, P., Ball, J. E., & Monks, T. (2019). How many nurses do we need? A review and discussion of operational research techniques applied to nurse staffing. *International Journal of Nursing Studies*, 97, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.04.015>
- Stahel, W. A. (2002). *Statistische Datenanalyse*. Vieweg+Teubner Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-96962-0>
- SwissDRG. (2017, December 1). *Fallpauschalen-Katalog. SwissDRG-Version 7.0. Abrechnungsversion (2018)*. https://www.swissdrg.org/application/files/3515/1237/7269/SwissDRG-Version_7.0_Fallpauschalenkatalog_AV_2018.pdf
- SwissDRG (2021). Abrechnungsversion (2022/2022). Swiss Diagnosis Related Groups Version 11.0. Definitionshandbuch. Band 5. Anhänge: (English summary available at https://www.swissdrg.org/application/files/6017/0005/6194/230928_Swiss-DRG_Broschuere_e.pdf). https://www.swissdrg.org/application/files/3716/3817/9411/DefHandbuch_SwissDRG_11.0_Abrechnungsversion_2022_2022_Band_5.pdf

Anhang

A.1. Weitere Deskriptive Analysen

Abbildung 6: Verteilung des PCCL nach Geschlecht (links) und Alter (rechts) zeigt links die Verteilung der PCCL nach Geschlecht. Es gibt etwas mehr Frauen als Männer. Die Verteilung des PCCL variiert nur minimal zwischen den Geschlechtern. Männer haben im Vergleich zu Frauen etwas mehr Fälle in Kategorie 4 (Äusserst schwere Komplikation oder Komorbidität), dafür weniger in Kategorie 3 (Schwere Komplikation oder Komorbidität).

Rechts in Abbildung 6: Verteilung des PCCL nach Geschlecht (links) und Alter (rechts) wird die Verteilung des PCCL nach Alterskategorien dargestellt. Viele der Fälle sind bei Eintritt zwischen 60 und 79 Jahre alt. Die Verteilung des PCCL variiert sehr stark zwischen den Altersklassen. Jüngere Fälle weisen meist einen PCCL-Wert von 0 auf (Keine Komplikation oder Komorbidität). Je älter die Fälle sind, desto grösser sind die Anteile bei höheren PCCL-Werten.

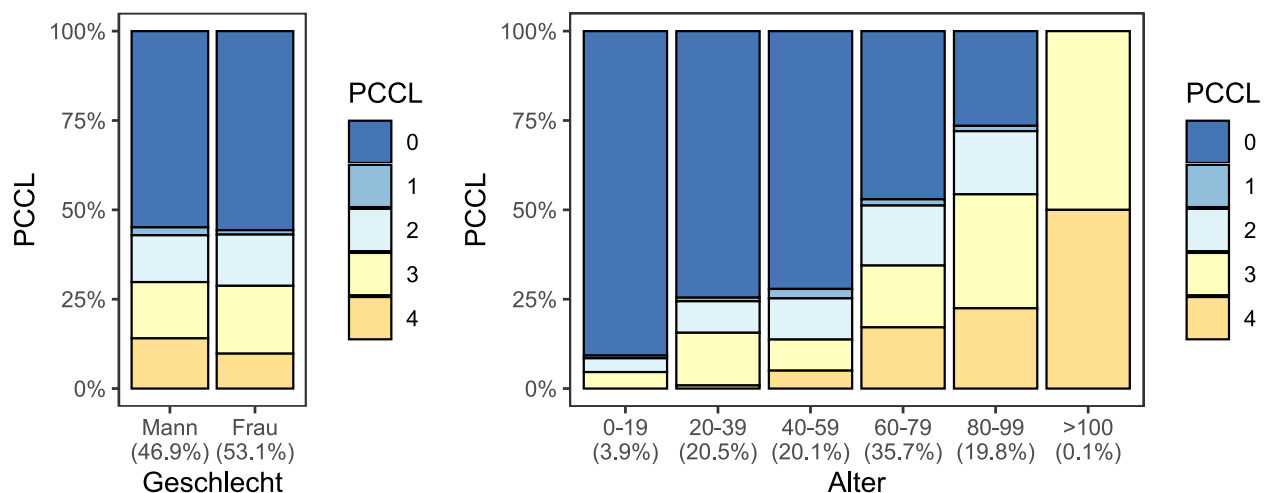


Abbildung 6: Verteilung des PCCL nach Geschlecht (links) und Alter (rechts)

Abbildung 7: Verteilung des PCCL nach Pneumonierisiko (links) und Sturzrisiko (rechts) zeigt links die Verteilung des PCCL nach Pneumonierisiko. Die meisten Fälle weisen kein Pneumonierisiko auf. Die Verteilung des PCCL variiert sehr stark entlang des Pneumonierisikos. Bei Fällen mit Pneumonierisiko ist der Anteil hoher PCCL Werte höher als bei Fällen ohne Pneumonierisiko. Rechts zeigt

Abbildung 8 die Verteilung des PCCL nach Sturzrisiko. Es gibt etwas mehr Fälle ohne als mit Sturzrisiko. Die Verteilung des PCCL variiert sichtbar entlang des Sturzrisikos. Bei Fällen mit Sturzrisiko ist der Anteil hoher PCCL Werte höher als bei Fällen ohne Sturzrisiko.

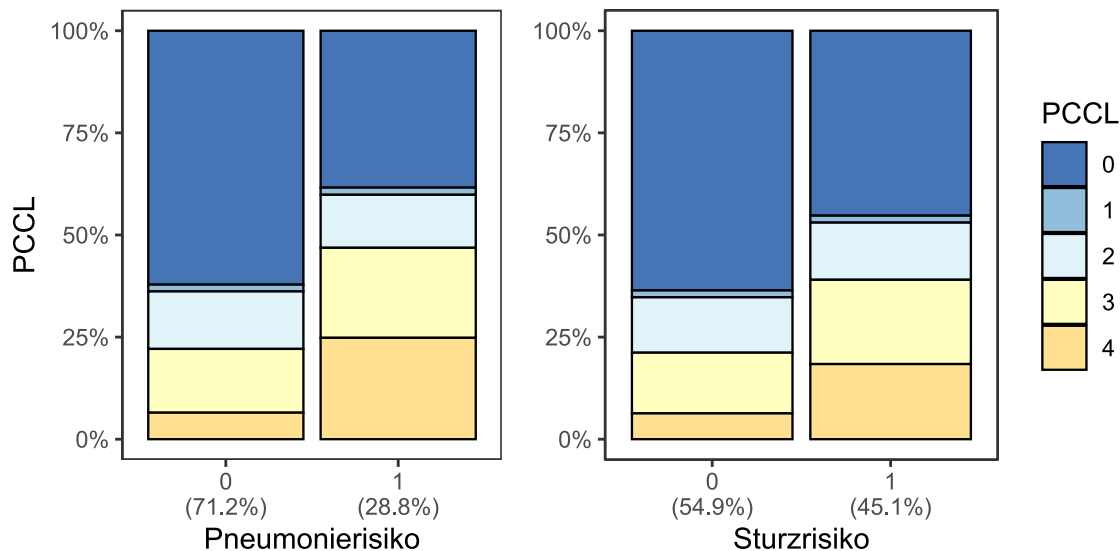


Abbildung 7: Verteilung des PCCL nach Pneumonerisiko (links) und Sturzrisiko (rechts)

Abbildung 8: Verteilung des PCCL nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (links) und Verteilung des SPI nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts) zeigt links die Verteilung des PCCL nach Anteil an Pflegeaufwänden mit Mindestqualifikation DGKP. Unerwarteterweise nehmen die Anteile höherer PCCL-Werte mit zunehmendem Anteil an Pflegeaufwänden mit Mindestqualifikation DGKP ab. Rechts zeigt Abbildung 8: Verteilung des PCCL nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (links) und Verteilung des SPI nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts)

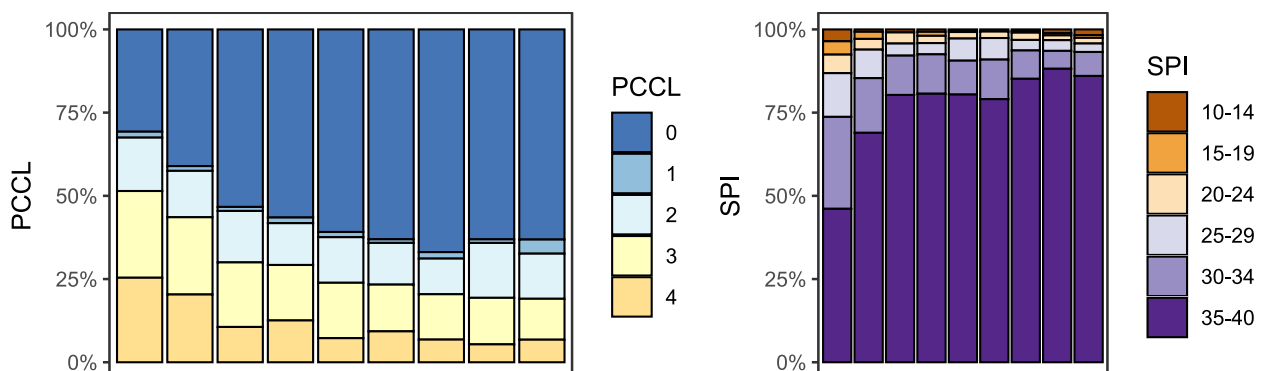


Abbildung 8: Verteilung des PCCL nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (links) und Verteilung des SPI nach Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts)

Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP (rechts) die Verteilung des SPI (siehe Abschnitt 3.2.1) für verschiedene Anteile an Pflegeaufwänden mit Mindestqualifikation DGKP. Auch hier ergibt sich ein unerwarteter Zusammenhang: Fälle mit hohem SPI nehmen mit zunehmendem Anteil des Pflegeaufwands mit Mindestqualifikation DGKP zu.

Abbildung 9: Verteilungen der SPI-Items zeigt die Verteilung der 10 Items des Assessmentinstruments epaAC, aus welchen der SPI als Summenscore gebildet wird. Bei allen Items ist der Wert 4 (hohe Selbständigkeit) am häufigsten. Bei einzelnen SPI-Items wie kommen die Werte 1 und 2 kaum vor.

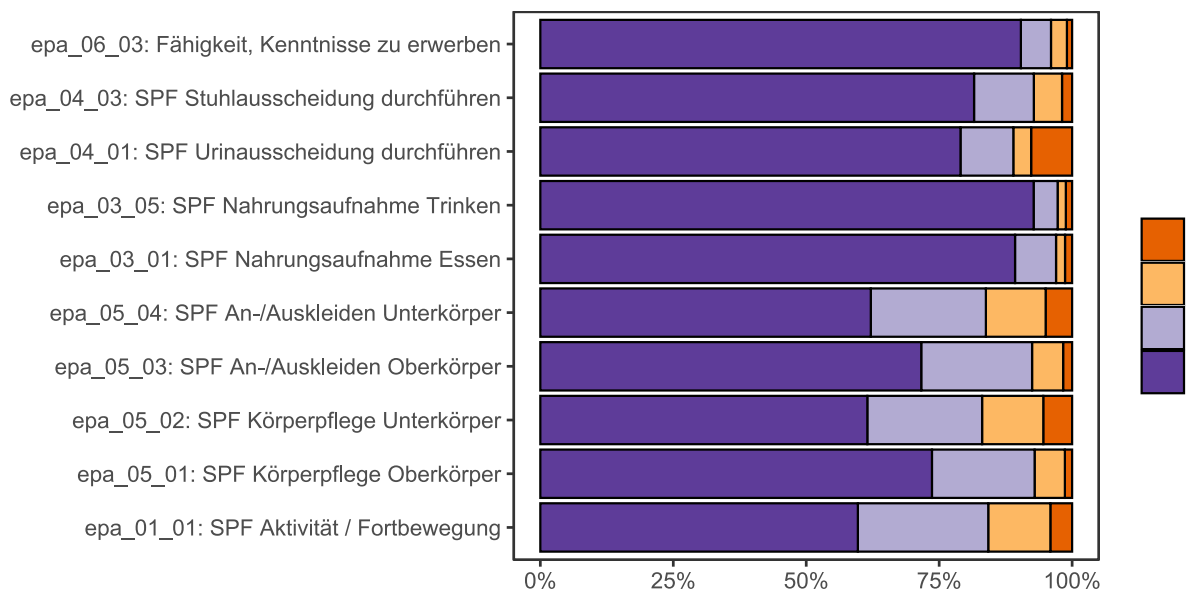


Abbildung 9: Verteilungen der SPI-Items

Abbildung 10: Verteilung des Pflegeaufwands (LEP Stunden, links) und Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen (rechts) zeigt die Verteilung des Pflegeaufwands bzw. den LEP-Stunden und die Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen. Beide Größen beziehen sich auf den Aufenthaltstag des zufällig gewählten epa-Assessments. Der Pflegeaufwand liegt bei den meisten Fällen im Bereich von 0 bis 10 Stunden und umfasst 5 bis 100 Leistungen.

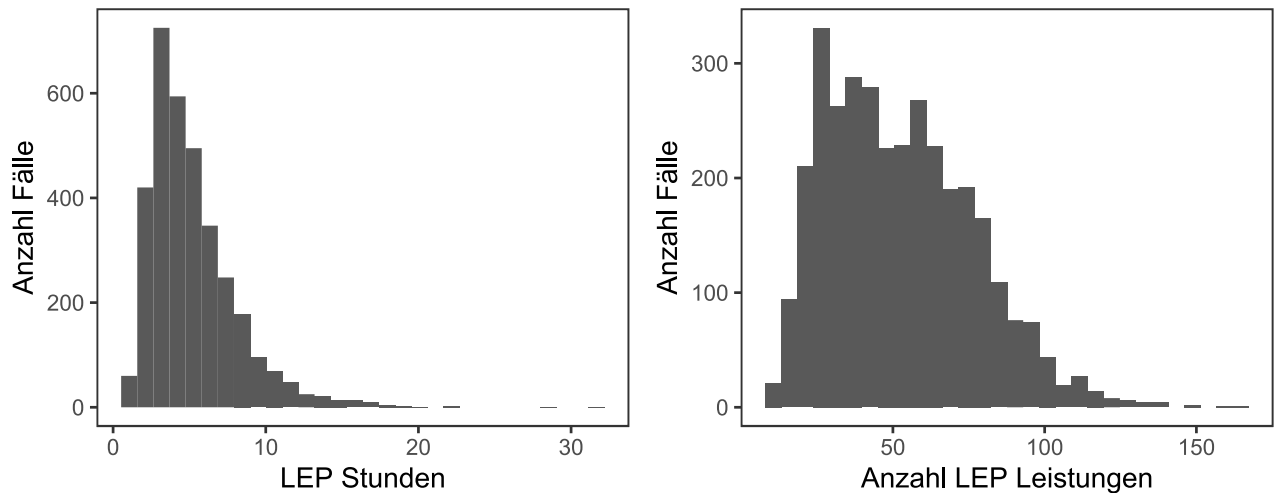


Abbildung 10: Verteilung des Pflegeaufwands (LEP Stunden, links) und Verteilung der Anzahl LEP-Leistungen (rechts)

A.2. Schätzung der Fehlklassifikationsraten

Fehlklassifikationsraten bewegen sich zwischen 0 und 1, wobei 0 als perfekte Vorhersagekraft des Modells interpretiert werden kann. Für die Einstufung der Fälle werden aus den geschätzten ordinalen Regressionsmodellen $\hat{M}$ die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die Fallkomplexitätsstufen A, B und C berechnet, und dann die wahrscheinlichste Fallkomplexitätsstufe gewählt (Bayes-Classifier):

$$\hat{y}_i = \arg \max_{j \in \{A,B,C\}} P_{\hat{M}}(Y_i = j \mid \mathbf{x}_i)$$

Formel 5

Die Fehlklassifikationsrate wird dann wie folgt berechnet:

$$\text{err}_{\hat{M}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1(y_i \neq \hat{y}_i)$$

Formel 6

Die Fehlklassifikationsrate kann auf unterschiedliche Weisen berechnet werden. Am einfachsten ist die sogenannte In-Sample Berechnung, bei welcher die $\hat{y}_i$ aus dem mit allen Daten angepassten Modell $\hat{M}$ berechnet werden. Diese Berechnungsart führt zu einer zu optimistischen Fehlklassifikati-



onsrate (siehe beispielsweise James et al., 2013, Kap. 2.2.1). Deshalb wird die Fehlklassifikationsrate ergänzend mit einer 10-fachen Kreuzvalidierung berechnet (siehe beispielsweise James et al., 2013, Kap. 5.3.1).

A.3. Schätzung der Sensitivitäten

Die Sensitivität wird geschätzt als Anteil Fälle der Fallkomplexitätsstufe j , die vom Modell in eben-diese eingestuft werden:

$$\text{sensitivity}_{\hat{M}}(j) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N 1(y_i = j)} \sum_{i=1}^N 1(y_i = j \wedge \hat{y}_i = j)$$

Formel 7

Dabei entspricht $\hat{y}_i$ dem Bayes-Classifier des Modells für die Einstufung von Beobachtung i in die Fallkomplexitätsstufen, (siehe Formel 5). Für die Berechnung wurde analog zur Schätzung der Fehl-klassifikationsraten (Abschnitt A.2) eine 10-fache Kreuzvalidierung verwendet.



A.4. Rekodierung der MS Variablen

Die Rekodierungen hatten primär zum Ziel, Kategorien mit tiefen Fallzahlen zusammenzuführen. Die Variablen Aufenthalt vor dem Eintritt und einweisende Instanz (Bundesamt für Statistik, 2008, pp. 8–9) wurden wie folgt rekodiert:

- Aufenthalt vor dem Eintritt
 - Zuhause → Zuhause (Referenzkategorie)
 - Zuhause mit SPITEX Versorgung, Krankenhaus Pflegeheim, Altersheim, andere sozialmedizinische Institutionen → SPITEX/Krankenhaus/Altersheim
 - Psychiatrische Klinik, anderes Krankenhaus oder Geburtshaus, Strafvollzugsanstalt, andere, unbekannt → andere/unbekannt
- Einweisende Instanz
 - selbst, Angehörige → selbst/Angehörige (Referenzkategorie)
 - Rettungsdienst, Arzt → Rettungsdienst/Arzt
 - nichtmedizinischer Therapeut, sozialmedizinischer Therapeut, Justizbehörden, andere, unbekannt → andere/unbekannt