



# Analyse von Mortalität nach Hüftfraktur auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene in Deutschland

Claudia Schulz<sup>1</sup> • Hans-Helmut König<sup>1</sup> • Kilian Rapp<sup>2</sup> • Clemens Becker<sup>2</sup> • Dietrich Rothenbacher<sup>3</sup> • Gisela Büchele<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Institut für Gesundheitsökonomie und Versorgungsforschung

<sup>2</sup> Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart, Geriatrie und Geriatrische Rehabilitation

<sup>3</sup> Universität Ulm, Institut für Epidemiologie und Medizinische Biometrie

DOI: 10.20364/VA-21.05

## Abstract

### Hintergrund

Die Mehrzahl der Studien, die die Mortalität nach Hüftfraktur analysieren, konzentrieren sich auf die Untersuchungsebene der Patienten und weniger auf die von Krankenhäusern oder Regionen. Ein tiefgreifendes Verständnis der beeinflussenden Faktoren aller Ebenen könnte jedoch dabei helfen, relevante Ungleichheiten aufzudecken, um Präventionsmaßnahmen zu motivieren und Verbesserungen in der Versorgung anzuregen. Daher untersuchte diese Studie die Variation der Mortalität nach Hüftfraktur auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene in Deutschland.

### Methodik

Diese retrospektive Kohortenstudie basiert auf Krankenkassendaten von Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur (65 Jahre und älter) aus den Jahren 2009 bis 2012 und Informationen des Statistischen Bundesamtes. Dabei wurden Regionen durch die ersten beiden Ziffern der Postleitzahl eingeteilt. Um Risikofaktoren für die Sterblichkeit sechs und zwölf Monate nach einer Hüftfraktur zu identifizieren, wurden Multilevel Cox-Proportional-Hazards-Modelle mit Random Intercepts auf Krankenhaus- und auf regionaler Ebene angewendet.

### Ergebnisse

Der Datensatz umfasste 123.119 Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur aus 1.014 Krankenhäusern in 95 deutschen Regionen. Innerhalb von sechs bzw. zwölf Monaten nach Hüftfraktur starben 20,9 % bzw. 27,6 % der Patientinnen und Patienten. Auf Individualebene waren Männer sowie Personen mit höherem Alter, höherer Pflegestufe vor Fraktur und erhöhter Komorbidität einem höheren Sterblichkeitsrisiko ausgesetzt. Krankenhäuser mit einer höheren Hüftfraktur-Fallzahl oder mit einem orthogeriatriischen Kommanagement und Regionen mit einer erhöhten Populationsdichte waren mit einem geringeren Risiko assoziiert. Die Unterschiede in der Sterblichkeit waren auf Individualebene sehr hoch und auf Krankenhaus- und regionaler Ebene eher begrenzt.

Korrespondierende Autorin: Dr. Claudia Schulz

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Institut für Gesundheitsökonomie und Versorgungsforschung  
Martinistraße 52 – 20246 Hamburg – Tel. +49 40 7410 54480 – E-Mail: [c.schulz@uke.de](mailto:c.schulz@uke.de)



Translated by permission from Springer Nature Customer Service Centre GmbH: Springer Nature, Osteoporosis International. Analysis of mortality after hip fracture on patient, hospital, and regional level in Germany. Schulz C, König H-H, Rapp K, Becker C, Rothenbacher D, Büchele G. © 31, 897–904 (2020). URL: <https://doi.org/10.1007/s00198-019-05250-w>

### Schlussfolgerung

Die Identifikation von patientenbezogenen Risikofaktoren ermöglicht es, die Mortalität nach einer Hüftfraktur für verschiedene Patientengruppen abzuschätzen. Wenn für diese Faktoren adjustiert wird, sind Unterschiede in der Mortalität auf Krankenhaus- und regionaler Ebene nur begrenzt vorhanden und eher auf Krankenhausfaktoren als auf regionale Faktoren zurückzuführen.

### Schlagwörter

Cox-Regression, Hüftfraktur, Kohortenstudie, Mortalität, regionale Variation

### Zitierweise

Schulz C, König HH, Rapp K, Becker C, Rothenbacher D, Büchele G. Analyse von Mortalität nach Hüftfraktur auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene in Deutschland. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Deutschland (Zi). Versorgungsatlas-Bericht Nr. 21/05. Berlin 2021. URL: <https://doi.org/10.20364/VA-21.05>

## Abstract (English)

### **Analysis of mortality after hip fracture on patient, hospital, and regional level in Germany**

#### **Background**

Among numerous studies analyzing mortality as worst consequence after hip fracture, the majority focused on patient level and fewer on hospital and regional level. Comprehensive knowledge about contributing factors on all levels might help to reveal relevant inequalities, which would encourage prevention and further improvements in care. This study aimed at investigating variation of mortality after hip fracture on patient, hospital, and regional level in Germany.

#### **Methods**

We performed a retrospective cohort study on hip fracture patients aged 65 and older using statutory health insurance claims data from Jan. 2009 through Dec. 2012 and additional information from the Federal Statistical Office Germany. Regions were classified based on two-digit postal code. We applied a multilevel Cox proportional hazards model with random intercepts on hospital and regional level to investigate the risk factors for mortality within 6 and 12 months after hip fracture.

#### **Results**

The dataset contained information on 123,119 hip fracture patients in 1,014 hospitals in 95 German regions. Within 6/12 months, 20.9%/27.6% of the patients died. On patient level, male sex, increasing age, increased pre-fracture care level, and increasing comorbidity were associated with an increased hazard of mortality. Hospitals with increasing hip fracture volume or with ortho-geriatric co-management and regions with increased population density were associated with a decreased hazard. Variation was largest on patient level and rather modest on hospital and regional level.

#### **Conclusion**

The identification of patient-related risk factors enables prognosticating mortality after hip fracture. After adjusting for those, variation seemed to be attributable rather to hospitals than to regions.

## Kernaussagen

- Diese Studie untersuchte die Einflussfaktoren und die Variation der Mortalität nach Hüftfraktur auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene basierend auf Krankenkassen- und administrativen Daten.
- Innerhalb von sechs bzw. zwölf Monaten nach Hüftfraktur starben 20,9 % bzw. 27,6 % der Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur.
- Männer sowie Patientinnen und Patienten mit zunehmendem Alter, zunehmender Pflegestufe und Komorbiditäten hatten ein erhöhtes Risiko innerhalb von sechs und zwölf Monaten zu versterben.
- Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern mit hohen Fallzahlen und mit orthogeriatrischem Komanagement sowie solche in Regionen mit erhöhter Bevölkerungsdichte wiesen ein verringertes Mortalitätsrisiko auf.
- Eine Variation in der Sterblichkeit konnte auf allen Ebenen beobachtet werden, allerdings zeigten die Analysen größere Unterschiede auf Individualebene als auf Krankenhausebene sowie größere Unterschiede auf Krankenhausebene als auf regionaler Ebene.

## Hintergrund

Hüftfrakturen sind eine häufige Folge von Stürzen älterer Menschen. Ihre Relevanz steigt entsprechend der wachsenden und alternden Population, die der demografische Wandel mit sich bringt. Es wird erwartet, dass die jährliche Anzahl von weltweit ca. 1,5 Millionen Hüftfrakturen [1] bis 2025 auf 2,6 Millionen und bis 2050 auf 4,5 Millionen steigen wird [2]. Neben vielen weiteren negativen gesundheitlichen Auswirkungen gehen Hüftfrakturen mit einer hohen Sterblichkeit einher. Während des Aufenthalts in einem Krankenhaus aufgrund einer Hüftfraktur beträgt die geschätzte Mortalität ca. 7 % bis 14 % [3, 4] und erreicht innerhalb eines Jahres ca. 8 % bis 36 % [5]. In der Literatur bekannte Risikofaktoren für die Sterblichkeit nach einer Hüftfraktur sind höheres Alter, männliches Geschlecht, eingeschränkte körperliche Beweglichkeit vor der Fraktur, schlechter allgemeiner Gesundheitszustand, Komorbiditäten und diverse Krankheiten wie Diabetes und Demenz [6–8].

Neben den Faktoren auf Individualebene können auch Einflussfaktoren auf Krankenhausebene relevant sein. Ein Einblick in die bestehenden Strukturen kann dabei helfen, die Versorgung zu verbessern. Eine systematische Übersichtsarbeit untersuchte die Assoziation von Krankenhausfallzahlen und Sterblichkeit nach Hüftfraktur auf Basis von US-amerikanischen, kanadischen, dänischen und italienischen Studien, konnte aber aufgrund der Heterogenität der Ergebnisse keine klaren Schlüsse ziehen [9]. In Deutschland wiederum scheinen Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur, die in Krankenhäusern mit hohen Fallzahlen behandelt wurden, etwas seltener zu versterben [10]. Dieselbe Untersuchung fand auch weitere verbesserte Outcomes bei Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern

mit hohen Fallzahlen wie verringerte Komplikationen und geringere Verzögerung bei Eingriffen. Da Hüftfrakturen insbesondere bei älteren, komorbiden Menschen auftreten, ist es sinnvoll, geriatrische Spezialisten in die Behandlung mit einzubeziehen. Um besser mit den besonderen gesundheitlichen Bedürfnissen älterer Patientinnen und Patienten umzugehen, wurde das orthogeriatrische Komanagement entwickelt und in Krankenhäusern mit entsprechenden Voraussetzungen implementiert. Patientinnen und Patienten, die hier behandelt werden, weisen eine niedrigere Mortalität innerhalb von 30 Tagen auf [11–13].

Auf regionaler Ebene könnte eine Analyse der Sterblichkeit nach Hüftfraktur Versorgungslücken oder lokale Ungleichheiten aufdecken. Es gibt Hinweise auf unterschiedliche Mortalitätsraten nach Hüftfraktur zwischen verschiedenen Ländern [14]. Studien können diese Variation allerdings bisher kaum durch regionale Faktoren erklären [8]. Es wurde gezeigt, dass die Sterblichkeit nach Hüftfraktur in Regionen mit geringeren Gesundheitsausgaben leicht erhöht ist [15, 16]. Bezogen auf den Urbanisierungsgrad, die Dichte der Gesundheitsversorgung und den Wettbewerb zwischen Krankenhäusern, die Bevölkerungsdichte und auf sozioökonomische Faktoren gibt es jedoch keine eindeutige Evidenz [16–19].

Insgesamt sind in der Literatur auf Individual-ebene viele beeinflussende Faktoren bekannt, auf Krankenhaus- und regionaler Ebene jedoch weniger. Ziel unserer Studie war es, Faktoren auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene zu untersuchen, die mit der Sterblichkeit nach Hüftfraktur in Deutschland assoziiert sind, und zu quantifizieren, wie groß die Variation in der Sterblichkeit auf jeder Ebene ist.

## Methodik

### Studiendesign und Datenquellen

Für diese retrospektive Kohortenstudie stellte das Wissenschaftliche Institut der AOK (WiDO) Krankenkassendaten auf Individualebene für den Zeitraum 2009 bis 2012 zur Verfügung. Die AOK-Gemeinschaft besteht aus elf einzelnen AOKs und stellt den größten Zusammenschluss der gesetzlichen Krankenkassen in Deutschland dar. Die AOK versicherte im Jahr 2011 insgesamt etwa 24,2 Millionen Personen, was etwa einem Drittel der deutschen Bevölkerung entspricht.

Die drei Monate vor dem Index-Krankenhausaufenthalt der Versicherten aufgrund einer Hüftfraktur wurden als Baseline verwendet, um die Pflegebedürftigkeit vor Fraktur zu identifizieren, und die letzten sechs bzw. zwölf Monate wurden als Follow-up verwendet. Der übrige Indexzeitraum, also 01.04.2009 bis 31.12.2011, wurde zur Identifikation von Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur verwendet. Für die Einteilung der Regionen und zur Berechnung der regionalen Variablen wurden administrative Daten aus dem Verzeichnis der deutschen Krankenhäuser [20] und regionale Informationen des Statistischen Bundesamtes [21] verwendet. Dementsprechend hatte der Datensatz folgende Mehrebenenstruktur: Personen waren in Krankenhäusern geclustert, die wiederum in Regionen geclustert waren. Gleiche Krankenhäuser wurden durch die pseudonymisierte Krankenhaus-Identifikationsnummer identifiziert, und Regionen wurden durch die ersten beiden Ziffern der Postleitzahl des Wohnortes der Personen definiert. Zusätzlich wurden statt der Postleitregionen die 16 deutschen Bundesländer verwendet, um eventuelle Unterschiede aufgrund einer administrativen Einteilung der Regionen zu untersuchen.

### Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden alle AOK-Versicherten mit Wohnsitz in Deutschland, die mindestens 65 Jahre waren und im Indexzeitraum eine Hüftfraktur erlitten. Hüftfrakturen wurden anhand der Krankenhausentlassdiagnose S72.0 bis S72.2 laut der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, German Modification (ICD-10-GM) identifiziert [22]. Personen mit fehlender Postleitzahl des Wohnortes ( $n=37$ ) und solche in Krankenhäusern mit weniger als 30 Patientinnen und Patienten insgesamt im Datensatz ( $n=3.869$ ) wurden ausgeschlossen, um Clusterprobleme zu vermeiden.

### Definition der Variablen

Der zu untersuchende Endpunkt war die Mortalität im Follow-up nach Hüftfraktur. Auf Individualebene kontrollierten wir für das Geschlecht, das Alter zum Zeitpunkt des Index-Aufenthalts im Krankenhaus aufgrund der Hüftfraktur, den Komorbiditäts-Score nach Elixhauser zum Zeitpunkt des Index-Aufenthalts im Krankenhaus [23, 24] und die Pflegebedürftigkeit im Quartal vor der Hüftfraktur. Die letzte Variable wurde anhand der in Deutschland obligatorischen Einstufung von Pflegebedürftigen in Pflegestufen in den Abstufungen keine Pflegestufe, 1, 2 oder 3 definiert. Die Pflegestufen basierten auf dem zeitlichen Unterstützungsbedarf der Betroffenen bei Aktivitäten des täglichen Lebens. Die Informationen zur Pflegestufe waren nur quartalsweise verfügbar.

Auf Krankenhausebene gewichteten wir die Krankenhausfallzahl (durchschnittliche jährliche Anzahl der Hüftfrakturfälle pro Krankenhaus im Datensatz) mit dem Marktanteil der AOK pro Region, um Verzerrungen zu vermeiden. Die Anzahl der AOK-Versicherten schwankt zwischen den Regionen teilweise beträchtlich, was die Hüftfrakturfallzahl pro Krankenhaus beeinflussen würde, wenn sie allein auf der Basis der Anzahl der AOK-Versicherten berechnet werden würde. Deswegen teilten wir die mittlere Anzahl der Hüftfrakturfälle pro Krankenhaus durch den geschätzten Marktanteil der AOK (Anzahl der AOK-Versicherten im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung) pro Region. Darüber hinaus ermittelten wir, ob ein Krankenhaus orthogeriatriisches Komanaagement anbietet. Wenn ein Krankenhaus den Operations- und Prozedurencode (OPS) 8-550 mindestens einmal im Beobachtungszeitraum abgerechnet hatte, nahmen wir an, dass das Krankenhaus diese Behandlung grundsätzlich anbietet. In diesem Fall wurde es als Krankenhaus mit orthogeriatriischem Komanaagement kodiert. Das orthogeriatriische Komanaagement ist eine frührehabilitative Komplexbehandlung, die von einem multidisziplinären Team unter geriatrischer Leitung zur Behandlung einer Hüftfraktur angewendet wird. Im Gegensatz dazu bezieht die sonst übliche Versorgung von Personen mit Hüftfraktur keinen geriatrischen Rat ein.

Auf regionaler Ebene diente die Bevölkerungsdichte (Einwohner pro  $\text{km}^2/100$ ) als Proxy-Variablen für die regionale Infrastruktur. Die Krankenhausedichte (Anzahl der Krankenhäuser mit chirurgischer Abteilung pro 100.000 Einwohner) bildete die Anzahl der Krankenhäuser ab, die für die Behandlung von Hüftfrakturen pro Region zur Verfügung stehen.

### Statistische Analyse

Zur Auswertung wurde eine Überlebenszeitanalyse angewendet, um die Patientinnen und Patienten vom Zeitpunkt der Hospitalisierung aufgrund einer Hüftfraktur bis zum Zeitpunkt der Mortalität innerhalb von sechs bzw. zwölf Monaten zu untersuchen. Wenn Betroffene bis zum Ende der Beobachtung überlebt hatten, wurden sie zensiert. Es kamen Cox-Proportional-Hazards-Modelle zum Einsatz [25]. Bei der visuellen Überprüfung der Proportional-Hazards-Annahme wurden keine schwerwiegenden Verstöße festgestellt [26]. Zusätzlich wurde die Interaktion zwischen Zeit und Kovariablen bzw. zwischen Zeit und Schoenfeld-Residuen getestet [27]. Die jeweilige Korrelation war nie größer als 0,05.

Aufgrund der Mehrebenenstruktur der Daten verwendeten wir ein Multilevel Cox-Proportional-Hazards-Modell, auch Frailty-Modell genannt [28]. Um die Korrelationen der Patientinnen und Patienten innerhalb der Krankenhäuser und dieser innerhalb der Regionen zu berücksichtigen, erweiterten wir das Modell durch Random Intercepts pro Krankenhaus und pro Region, die als normalverteilt angenommen wurden. Darüber hinaus verwendeten wir eine „between-within“-Formulierung des Modells, um konsistente Schätzer zu gewährleisten [29, 30]. Wir schätzten sequenziell Modelle, die schrittweise um Variablen auf jeder Ebene angereichert wurden, und fügten entweder Random Intercepts auf Krankenhaus- oder auf regionaler Ebene (Zwei-Ebenen-Modell) bzw. auf beiden Ebenen gleichzeitig (Drei-Ebenen-Modell) hinzu, um die Relevanz jeder Ebene nachvollziehen zu können. Die Effekte pro Ebene wurden mit Likelihood-Ratio-Tests überprüft.

Um die Variation der einzelnen Stufen zu quantifizieren, berechneten wir das Median Hazard Ratio (MHR) für jede Ebene und jedes Modell [31]. Das MHR ist der Median der Hazard Ratios (HR) von Patientinnen und Patienten mit gleichen Ausprägungen der Kovariablen, aber aus zufällig ausgewählten Clustern (hier Krankenhäuser oder Regionen) mit höherem und niedrigerem Risiko. Per Definition ist das MHR immer gleich oder größer als 1. Das MHR misst die Variation zwischen den Clustern als HR und ermöglicht damit den direkten Vergleich mit den Schätzern der Kovariablen im Modell.

Alle Modelle wurden für ein Follow-up von sechs Monaten geschätzt und zwölf Monate wiederholt. Wir adjustierten zusätzlich für die Jahreszeit und das Jahr der Hüftfraktur, um säkulare

Trends zu berücksichtigen. Alle Berechnungen wurden mit SAS, Version 9.4 (SAS Institute Inc.), und R, Version 3.4.1 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) durchgeführt. Das Studienvorhaben wurde durch die Ethikkommission der Universität Ulm geprüft (Bewerbernummer 178/15).

### Ergebnisse

Die Studie schloss 123.119 Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur ein, die in 1.014 Krankenhäusern in 95 Postleitregionen in den 16 deutschen Bundesländern behandelt wurden. Somit gab es im Durchschnitt 1.296 beobachtete Patientinnen und Patienten pro Postleitregion und 7.695 pro Bundesland. Von allen Betroffenen starben 20,9 % innerhalb von sechs Monaten und 27,6 % innerhalb von zwölf Monaten. Ungefähr drei Viertel der Studienpopulation war weiblich. Die Personen waren im Durchschnitt 82,73 Jahre alt. Die Hälfte aller Betroffenen war vor der Fraktur pflegebedürftig (Pflegestufe 1, 2 oder 3), und sie hatten im Durchschnitt einen Komorbiditäts-Score von 2,6 Punkten. Die durchschnittliche Krankenhausfallzahl betrug 217,9 Hüftfrakturfälle pro Jahr und 44,3 % aller Patientinnen und Patienten wurden in einem Krankenhaus mit orthogeriatrischem Kommanagement behandelt (**Tabelle 1**).

Das vollständig adjustierte dreistufige Frailty-Modell zeigte signifikante Schätzer für alle Variablen auf Individual- und Krankensebene (**Tabelle 2**). Das Mortalitätsrisiko war erhöht für Männer (HR=1,874), zunehmendes Alter (HR=1,058 pro Jahr), Pflegestufe (1: HR=1,808; 2: HR=2,246; 3: HR=2,583; im Vergleich zu keiner Pflegestufe), Komorbidität (HR=1,192 pro Elixhauser-Score-Punkt) und verringert für eine steigende Krankenhausfallzahl (HR=0,997 pro 10 Fälle) und Krankenhäuser mit orthogeriatrischem Kommanagement (HR=0,893). Zudem war eine zunehmende Bevölkerungsdichte signifikant mit einem abnehmenden Mortalitätsrisiko korreliert (HR=0,995 pro 100 Einwohner pro km<sup>2</sup>). Die Krankenhausdichte zeigte keine signifikanten Effekte.

Um die Variation der Mortalität auf Krankenhaus- und regionaler Ebene zu analysieren, schätzten wir zunächst ein Nullmodell mit einem Random Intercept entweder auf Krankenhaus- oder auf regionaler Ebene (Zwei-Ebenen-Modell) und fügten schrittweise Kovariablen auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene hinzu (**Tabelle 3**). Für alle Schritte zeigte der



**Tabelle 1:** Deskriptive Ergebnisse für die Mortalität nach Hüftfraktur innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012

	Gesamtpopulation		Verstorbene		Lebende	
Gesamt	123.119	(100%)	25.736	(20,9%)	97.383	(79,1%)
<b>Faktoren auf Individualebene</b>						
Geschlecht						
weiblich	95.351	(77,45%)	18.221	(70,8%)	77.130	(79,2%)
männlich	27.768	(22,55%)	7.515	(29,2%)	20.253	(20,8%)
Alter (in Jahren)	82,73	(7,35)	85,46	(7,11)	82,00	(7,24)
Pflegestufe						
keine	62.619	(50,86%)	7.763	(30,16%)	54.856	(56,33%)
1	34.317	(27,87%)	9.297	(36,12%)	25.020	(25,69%)
2	22.570	(18,33%)	7.461	(28,99%)	15.109	(15,52%)
3	3.613	(2,93%)	1.215	(4,72%)	2.398	(2,46%)
Elixhauser Comorbidity Score: Mittelwert (SD)	2,60	(1,84)	3,19	(2,02)	2,45	(1,75)
<b>Faktoren auf Krankenhausebene</b>						
Gewichtete jährliche Hüftfraktur-Krankenhausfallzahl: Mittelwert (SD)	217,85	(200,22)	219,96	(220,33)	217,29	(194,55)
25% Perzentile	119,03		116,24		119,04	
50% Perzentile	177,49		175,16		178,14	
75% Perzentile	260,77		253,14		262,73	
Krankenhaus mit orthogeriatrischem Kommanagement						
nein	68.543	(55,67%)	14.465	(55,21%)	54.078	(55,53%)
ja	54.576	(44,33%)	11.271	(43,79%)	43.305	(44,47%)

SD, Standardabweichung

**Tabelle 2:** Prädiktoren für die Mortalität nach Hüftfraktur innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012

	Adjustiertes Hazard Ratio (95%-CI)	
<b>Faktoren auf Individualebene</b>		
Geschlecht		
weiblich	1,000	(Referenzkategorie)
männlich	1,874	(1,823–1,926) ***
Alter (ab 65 Jahren, pro Jahr)	1,058	(1,056–1,060) ***
Pflegestufe vor Fraktur		
keine	1,000	(Referenzkategorie)
1	1,808	(1,752–1,865) ***
2	2,246	(2,172–2,322) ***
3	2,583	(2,431–2,745) ***
Elixhauser Comorbidity Score: Mittelwert (SD)	1,192	(1,185–1,199)
<b>Faktoren auf Krankenhausebene</b>		
Mittlere jährliche Hüftfraktur-Krankenhausfallzahl (pro 10 Fälle)	0,997	(0,995–0,999) *
Krankenhaus mit orthogeriatrischem Kommanagement		
nein	1,000	(Referenzkategorie)
ja	0,893	(0,852–0,936) ***
<b>Faktoren auf regionaler Ebene</b>		
Populationsdichte (pro 100 Einwohner / km <sup>2</sup> )	0,995	(0,991–0,999) *
Krankenhausdichte (Krankenhaus / 100.000 Einwohner)	0,999	(0,995–1,003)

SD, Standardabweichung; CI, Konfidenzintervall

\* p &lt; 0,01; \*\*\* p &lt; 0,0001

**Tabelle 3:** Varianz und Median Hazard Ratio für Krankenhäuser und Postleitregionen innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012

	Adjustierte Kovariablen							
	Leeres Modell		Individualebene		Individual- & Krankenhaus-ebene		Individual- & Krankenhaus- & regionale Ebene	
	Varianz	MHR	Varianz	MHR	Varianz	MHR	Varianz	MHR
<b>Zwei-Ebenen-Modell</b>								
Cluster der zweiten Ebene								
Krankenhäuser (N=1.014)	0,053 ***	1,244	0,059 ***	1,261	0,055 ***	1,25	0,055 ***	1,251
oder								
Postleitregionen (N=95)	0,007 ***	1,083	0,005 ***	1,072	0,005 ***	1,071	0,005 ***	1,068
<b>Drei-Ebenen-Modell</b>								
Cluster der oberen Ebene								
Zweite Ebene: Krankenhäuser (N=1.014)	0,050 ***	1,238	0,058 ***	1,258	0,054 ***	1,249	0,054 ***	1,249
und								
Dritte Ebene: Postleitregionen (N=95)	0,004	1,065	0,002	1,038	0,002	1,041	0,001	1,035

Um die Signifikanz zu testen, wurden die Zwei-Ebenen-Modelle mit den Modellen auf Individualebene bzw. die Drei-Ebenen-Modelle mit den Zwei-Ebenen-Modellen ohne die betrachtete Ebene mithilfe von Likelihood-Ratio-Tests verglichen.

MHR, Median Hazard Ratio

\*\*\* p < 0,0001

Likelihood-Ratio-Test eine hohe Signifikanz an, was auf das Vorhandensein von Clustereffekten hinweist. Varianz und MHR waren moderat für das Krankenhaus- und niedrig für das regionale Cluster ausgeprägt. Ein vollständig adjustiertes Modell wies ein MHR = 1,251 auf Krankenhausebene und ein MHR = 1,068 auf regionaler Ebene auf. Anders gesagt betrug der mediane Anstieg des Mortalitätsrisikos beim Vergleich von Behandelten in einem Krankenhaus bzw. einer Region mit hohem Risiko mit Behandelten in einem Krankenhaus bzw. einer Region mit niedrigem Risiko 25,1 % bzw. 6,8 %. Bei gleichzeitigem Hinzufügen von beiden Ebenen zum Drei-Ebenen-Modell zeigte der Likelihood-Ratio-Test eine hohe Signifikanz für Krankenhäuser als zweite Ebene, aber keine statistische Signifikanz mehr für Regionen als dritte Ebene. Das MHR für ein vollständig angepasstes Modell betrug 1,249 für die Krankenhausebene und 1,035 für die regionale Ebene.

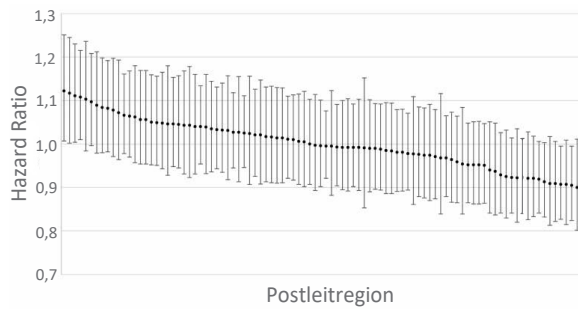
Das MHR ermöglicht einen direkten Vergleich des Anteils der Variation mit den Prädiktoren auf jeder Ebene. Im Drei-Ebenen-Modell war das MHR auf Krankenhausebene niedriger als die meisten Kovariablen auf Individualebene

und das MHR auf regionaler Ebene war niedriger als alle Kovariablen auf Individual- und Krankenhausebene.

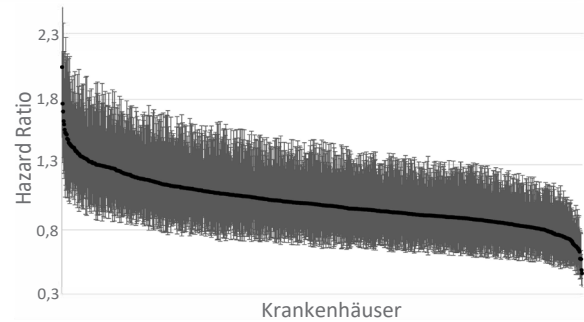
Das geschätzte Risiko für jede Region (**Abbildung 1**) bzw. jedes Krankenhaus (**Abbildung 2**) wurde zusätzlich basierend auf den angepassten Modellergebnissen grafisch dargestellt. Die Mehrheit der Risikowerte der Krankenhäuser und Regionen lag eng um den Referenzpunkt herum. Allerdings gab es einige wenige Krankenhäuser und Regionen mit einem signifikant abweichenden Risiko. Die Risiken pro Region wurden in **Abbildung 3** zusätzlich kartografisch dargestellt.

Alle Schätzungen wurden für ein Follow-up von zwölf Monaten und für die 16 deutschen Bundesländer als regionale Cluster wiederholt. Es konnten jedoch keine wesentlichen Abweichungen von den zuvor präsentierten Ergebnissen gefunden werden. Die konkreten Ergebnisse können im Online-Appendix der Originalarbeit eingesehen werden.

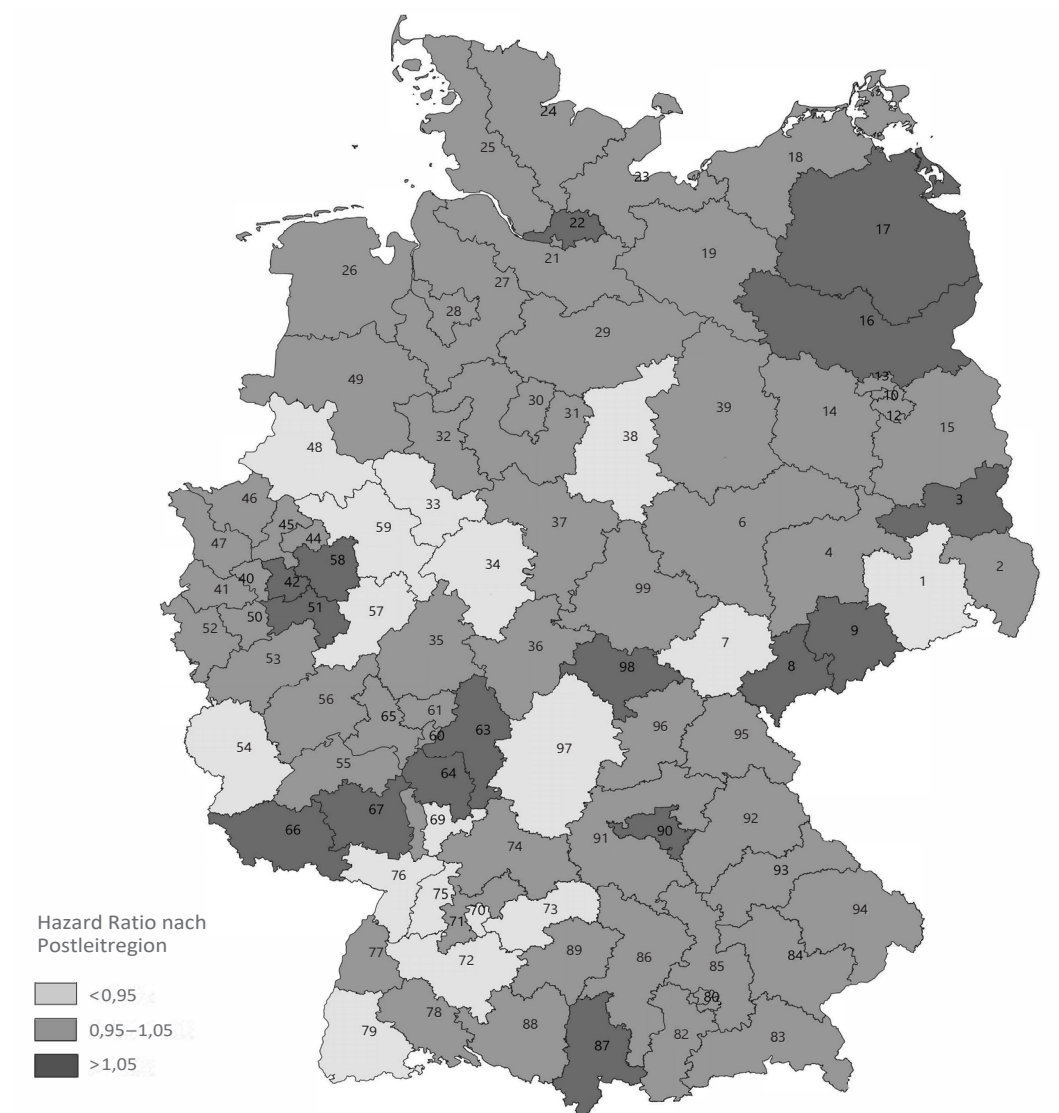




**Abbildung 1:** Hazard Ratio und Konfidenzintervalle aller Postleitregionen innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012



**Abbildung 2:** Hazard Ratio und Konfidenzintervalle aller Krankenhäuser innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012



**Abbildung 3:** Hazard Ratio aller Postleitregionen innerhalb von 6 Monaten anhand von Krankenversicherungsdaten von GKV-Versicherten der AOK aus den Jahren 2009 bis 2012

Zur Zuordnung der Landkreise und kreisfreien Städte zu den zweistelligen Postleitregionen siehe Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012 [21]

## Diskussion

Diese Studie untersuchte die Variation der Mortalität nach Hüftfrakturen in Deutschland auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene. Männer und betroffene Personen mit zunehmendem Alter, Pflegebedürftigkeit und Komorbiditäten wiesen ein erhöhtes Sterblichkeitsrisiko auf. Krankenhäuser mit steigenden Fallzahlen und orthogeriatrischem Kommanagement sowie Regionen mit steigender Bevölkerungsdichte hingegen waren mit einer geringeren Sterblichkeit assoziiert. Variation in der Sterblichkeit konnte auf allen Ebenen beobachtet werden, allerdings zeigten die Analysen einen größeren Anteil auf Individualebene als auf Krankenhausebene sowie einen größeren Anteil auf Krankenhausebene als auf regionaler Ebene. Eine Untersuchung von zwölf statt sechs Monaten Follow-up oder von Bundesländern anstatt Postleitregionen gelangte zu ähnlichen Ergebnissen.

Die Prädiktoren auf Individualebene stehen im Einklang mit Ergebnissen vorheriger Studien [6–8]. In dieser Studie wurden nur Einflussfaktoren vor Behandlung der Hüftfraktur berücksichtigt und keine peri- oder postoperativen Maßnahmen, da sonst möglicherweise Endogenitätsprobleme aufgetreten wären. Es soll jedoch nicht vernachlässigt werden, dass bei Hüftfrakturen unter anderem den Angeboten der Nachsorge besondere Bedeutung zukommt, insbesondere der Rehabilitation. Das Weißbuch Alterstraumatologie empfiehlt eine dreistufige Rehabilitation mit einer stationärer Frührehabilitation (z. B. im Rahmen des orthogeriatrischen Komagements), einer stationären Anschlussrehabilitation und anschließenden ambulanten Rehabilitationsmaßnahmen, z. B. Physiotherapie [32]. Sowohl für die stationären, als auch für die ambulanten Rehabilitationsformen gibt es eine gute Evidenzlage zu positiven Effekten auf die Sterblichkeit [33–36].

Auf Krankenhausebene sollen die positiven Effekte für Krankenhäuser, die ein orthogeriatrisches Kommanagement anbieten, betont werden [11–13]. Orthogeriatrisches Kommanagement zielt darauf ab, die Behandlung von Patientinnen und Patienten mit Hüftfraktur zu verbessern, da deren medizinische Probleme oft geriatrischer Natur sind und daher bei Geriaterinnen und Geriatern in bester Hand sind. Die Verfügbarkeit eines multidisziplinären geriatrischen Teams kann daher von erheblichem Vorteil für geriatrische Patientinnen und Patienten sein. Es ist allerdings auch möglich, dass das Vorhandensein von orthogeriatrischem Kommanagement in

einem Krankenhaus ein Proxy für andere Krankenhausfaktoren ist, welche die Mortalitätsergebnisse beeinflussen. Darüber hinaus wurde in Deutschland eine niedrigere Mortalität für Patientinnen und Patienten festgestellt, die in Krankenhäusern mit hohen Fallzahlen behandelt wurden [10], was zu unseren Ergebnissen passt. Andererseits existieren weitere Studien, die diese Ergebnisse nicht bestätigen [9]. Dies kann z. B. an unterschiedlichen Definitionen der Schwellenwerte für die Krankenhausfallzahlen in verschiedenen Studien liegen.

Die Bevölkerungsdichte kann als Proxy für die Infrastruktur der Regionen und den Zugang zur Gesundheitsversorgung angesehen werden, die bezogen auf Hüftfrakturen die Rehabilitation, die Nachsorge und sogar den Zugang zu präventiven Maßnahmen umfasst. Die Krankenhausdichte wiederum kann als Maßzahl für den Grad der Versorgung pro Region dienen. Krankenhaus- und Bevölkerungsdichte waren in unserer Studie nicht hoch korreliert, aber dennoch kann angenommen werden, dass die Interpretation der Ergebnisse in gewisser Weise für beide Variablen gilt. Da für die Krankenhausdichte keine signifikanten Ergebnisse beobachtet wurden, scheinen die Effekte in erster Linie auf die allgemeine regionale Infrastruktur und nicht auf die Krankenhäuser zurückzuführen zu sein.

Die Analyse, die die Individual- und entweder die Krankenhaus- oder die regionale Ebene berücksichtigte, deutete darauf hin, dass Variation auf einer der beiden oberen Ebenen existiert. Die Analyse mit allen drei Ebenen zugleich zeigte, dass, wenn die Ergebnisse bereits für Krankenhauseffekte bereinigt sind, die Erweiterung um die dritte, regionale Ebene lediglich zu einer geringen Verbesserung der Modelle führte. Dies deutet auf ein höheres Ausmaß an Variation auf Krankenhaus- als auf regionaler Ebene hin, was auch an der wesentlich höheren Anzahl von Krankenhäusern als regionalen Clustern liegen könnte [37]. Das niedrigere MHR und die geringere Anzahl statistisch signifikanter Kovariablen auf regionaler Ebene sind zusätzliche Indikatoren dafür, dass die Variation auf regionaler Ebene eher gering war.

Die geringen regionalen Unterschiede können auf eine annähernd ähnliche Behandlung und Versorgung in allen Regionen hindeuten. Regional bedingte Unterschiede innerhalb Deutschlands finden sich bei anderen Erkrankungen und Behandlungen, z. B. bei vermeidbaren Krebstodesfällen [38]. Für Hüftfrakturen existiert eine bundesweit gültige Leitlinie, die die Behandlung

klar und auf einem einheitlichen Qualitätsniveau festlegt [39]. Hüftfrakturen könnten daher weniger anfällig für regionale Schwankungen sein als andere Krankheiten. Dies würde erklären, warum eine andere Studie regionale Unterschiede zwischen den Ländern bei akutem Myokardinfarkt, nicht aber bei Hüftfrakturen gefunden hat [19].

### Limitationen und Stärken

Unsere Studie weist einige Limitationen auf. Obwohl wir zahlreiche wichtige Prädiktoren für die Sterblichkeit berücksichtigt haben, haben diese Variablen sicherlich nicht die Unterschiede auf allen Ebenen vollständig erfasst. Es gibt Hinweise auf diverse weitere Risikofaktoren, z. B. Lebensstil oder körperliche Aktivität [40]. Solche Informationen sind jedoch nicht in Krankenkassendaten verfügbar, und weitere Daten auf Krankenhaus- und regionaler Ebene waren aufgrund von Datenschutzbestimmungen nicht zuordenbar. Beispielsweise konnten wir nicht direkt ermitteln, ob ein Krankenhaus über ein orthogeriatisches Komanagement verfügt. Diese Information wurde indirekt durch die Abrechnung der OPS 8-550 abgebildet. Allerdings kann das tatsächliche Ausmaß an orthogeriatischem Komanagement zwischen den Krankenhäusern variieren. Insgesamt jedoch deutet die geringe Variation auf Krankenhaus- und regionaler Ebene darauf hin, dass nur ein sehr begrenzter Anteil auf diese Ebenen zurückzuführen ist.

Unsere Studie verfügt zudem über mehrere wichtige Stärken. Sie ergänzt die bestehende Evidenz, indem sie einen großen und umfassenden Datensatz von mehr als 120.000 Personen mit Hüftfraktur untersucht. Wir verwendeten Krankenkassendaten, die deutlich weniger anfällig für z. B. einen Erinnerungsbias sind, der das Ergebnis von Umfragen beeinflussen kann. Die AOK hat einen hohen deutschlandweiten Anteil an Versicherten von etwa einem Drittel der deutschen Bevölkerung, was eine hohe Repräsentativität unserer Ergebnisse bedeutet. Unseres Wissens nach ist dies die erste Studie, die die Variation der Sterblichkeit nach Hüftfrakturen gleichzeitig auf Individual-, Krankenhaus- und regionaler Ebene analysiert, die hierarchische Struktur der Daten berücksichtigt und Prädiktoren auf allen Ebenen einbezieht.

### Schlussfolgerungen

Nach einer Hüftfraktur hatten Männer sowie betroffene Personen mit zunehmendem Alter, zunehmender Pflegestufe und Komorbiditäten ein erhöhtes Risiko innerhalb von sechs und zwölf Monaten zu versterben, während Personen in Krankenhäusern mit hohen Fallzahlen und mit orthogeriatischem Komanagement sowie Personen in Regionen mit erhöhter Bevölkerungsdichte ein verringertes Risiko aufwiesen. Die Analyse deutet auf ein deutlich höheres Ausmaß an Variation auf Individual- als auf Krankenhaus- und regionaler Ebene hin. Die Identifikation von patientenbezogenen Risikofaktoren kann helfen, die Mortalität nach Hüftfrakturen zu prognostizieren. Nach der Adjustierung für diese Faktoren schien die Variation eher auf Krankenhäuser als auf Regionen zurückzuführen zu sein.

## Literaturverzeichnis

1. Kanis JA, Odén A, McCloskey E, Johansson H, Wahl DA, Cooper C. A systematic review of hip fracture incidence and probability of fracture worldwide. *Osteoporos Int* 2012; 23: 2239–56.
2. Gullberg B, Johnell O, Kanis JA. World-wide projections for hip fracture. *Osteoporos Int* 1997; 7: 407–13.
3. Weller I, Wai EK, Jaglal S, Kreder HJ. The effect of hospital type and surgical delay on mortality after surgery for hip fracture. *J Bone Joint Surg* 2005; 87: 361–6.
4. Bottle A, Aylin P. Mortality associated with delay in operation after hip fracture: observational study. *Br Med J* 2006; 332: 947–51.
5. Abrahamsen B, van Staa T, Ariely R, Olson M, Cooper C. Excess mortality following hip fracture: a systematic epidemiological review. *Osteoporos Int* 2009; 20: 1633–50.
6. Hu F, Jiang C, Shen J, Tang P, Wang Y. Preoperative predictors for mortality following hip fracture surgery: a systematic review and meta-analysis. *Injury* 2012; 43: 676–85.
7. Smith T, Pelpola K, Ball M, Ong A, Myint PK. Pre-operative indicators for mortality following hip fracture surgery: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing* 2014; 43: 464–71.
8. Sheehan K, Sobolev B, Chudyk A, Stephens T, Guy P. Patient and system factors of mortality after hip fracture: a scoping review. *BMC musculoskeletal disorders* 2016; 17: 166.
9. Malik AT, Panni UY, Masri BA, Noordin S. The impact of surgeon volume and hospital volume on postoperative mortality and morbidity after hip fractures: A systematic review. *Int J Surg* 2018; 54: 316–27.
10. Augurzky B, Hentschker C, Pilny A, Wübker A. Krankenhausreport 2017. In: Barmer, (Hg.): Schriftenreihe zur Gesundheitsanalyse. Siegburg: Barmer 2017.
11. Zeltzer J, Mitchell RJ, Toson B, Harris IA, Ahmad L, Close J. Orthogeriatric services associated with lower 30-day mortality for older patients who undergo surgery for hip fracture. *The Medical journal of Australia* 2014; 201: 409–11.
12. Forni S, Pieralli F, Sergi A, Lorini C, Bonaccorsi G, Vannucci A. Mortality after hip fracture in the elderly: the role of a multidisciplinary approach and time to surgery in a retrospective observational study on 23,973 patients. *Arch Gerontol Geriatr* 2016; 66: 13–7.
13. Kristensen PK, Thillemann TM, Søballe K, Johnsen SP. Can improved quality of care explain the success of orthogeriatric units? A population-based cohort study. *Age Ageing* 2015; 45: 66–71.
14. Haleem S, Lutchman L, Mayahi R, Grice JE, Parker MJ. Mortality following hip fracture: trends and geographical variations over the last 40 years. *Injury* 2008; 39: 1157–63.
15. Romley JA, Jena AB, Goldman DP. Hospital spending and inpatient mortality: evidence from California: an observational study. *Ann Intern Med* 2011; 154: 160–7.
16. Fisher ES, Wennberg DE, Stukel TA, Gottlieb DJ, Lucas FL, Pinder EL. The implications of regional variations in Medicare spending. Part 2: health outcomes and satisfaction with care. *Ann Intern Med* 2003; 138: 288–98.
17. Medin E, Goude F, Melberg HO, Tediosi F, Belicza E, Peltola M. European regional differences in all-cause mortality and length of stay for patients with hip fracture. *Health Econ* 2015; 24 Suppl 2: 53–64.
18. Rogowski J, Jain AK, Escarce JJ. Hospital competition, managed care, and mortality after hospitalization for medical conditions in California. *Health Serv Res* 2007; 42: 682–705.
19. Hakkinen U, Rosenqvist G, Iversen T, Rehnberg C, Seppala TT. Outcome, use of resources and their relationship in the treatment of AMI, stroke and hip fracture at European hospitals. *Health Econ* 2015; 24 Suppl 2: 116–39.
20. Federal Statistical Office Germany. Verzeichnis der Krankenhäuser und Vorsorge- oder Rehabilitationseinrichtungen in Deutschland. Krankenhausverzeichnis. Wiesbaden: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2011.

21. Federal Statistical Office Germany. Daten aus dem Gemeindeverzeichnis. Postleitregionen mit regionaler Zugehörigkeit nach Fläche und Bevölkerung. Gebietsstand: 31.12.2011. Wiesbaden: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2012.
22. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. 10. Revision. German Modification. Köln: Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) 2017.
23. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care* 1998; 36: 8–27.
24. van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Med Care* 2009; 47: 626–33.
25. Cox D. Regression models and life-tables (with discussion). *J R Stat Soc* 1972; 34: 187–220.
26. Hess KR. Graphical methods for assessing violations of the proportional hazards assumption in Cox regression. *Stat Med* 1995; 14: 1707–23.
27. Schoenfeld D. Chi-squared goodness-of-fit tests for the proportional hazards regression model. *Biometrika* 1980; 67: 145–53.
28. Therneau TM, Grambsch PM. Modeling survival data: extending the Cox model. New York: Springer Science & Business Media 2013.
29. Neuhaus JM, Kalbfleisch JD. Between- and within-cluster covariate effects in the analysis of clustered data. *Biometrics* 1998: 638–45.
30. Sjölander A, Lichtenstein P, Larsson H, Pawitan Y. Between-within models for survival analysis. *Stat Med* 2013; 32: 3067–76.
31. Austin PC, Wagner P, Merlo J. The median hazard ratio: a useful measure of variance and general contextual effects in multilevel survival analysis. *Stat Med* 2017; 36: 928–38.
32. Liener UC, Becker C, Rapp K. Weißbuch Alterstraumatologie. Stuttgart: Kohlhammer 2018.
33. Rapp K, Becker C, Todd C, et al. The association between orthogeriatric co-management and mortality following hip fracture: an observational study of 58 000 patients from 828 hospitals. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 114: 53–9.
34. Tedesco D, Gibertoni D, Rucci P, et al. Impact of rehabilitation on mortality and readmissions after surgery for hip fracture. *BMC health services research* 2018; 18: 1–9.
35. Lau T-W, Fang C, Leung F. The effectiveness of a geriatric hip fracture clinical pathway in reducing hospital and rehabilitation length of stay and improving short-term mortality rates. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 2013; 4: 3–9.
36. Dubljanin-Raspopović E, Denić LM, Marinković J, Grajić M, Vujadinović ST, Bumbaširević M. Use of early indicators in rehabilitation process to predict one-year mortality in elderly hip fracture patients. *Hip Int* 2012; 22: 661–7.
37. Hox JJ, Moerbeek M, van de Schoot R. Multi-level analysis: Techniques and applications. New York and London: Routledge 2010.
38. Sundmacher L, Gaskins MD, Hofmann K, Busse R. Spatial distribution of avoidable cancer deaths in Germany. *J Public Health* 2012; 20: 279–88.
39. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). S2e-Leitlinie 012/001: Schenkelhalsfraktur des Erwachsenen. URL: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-001l\\_S2e\\_Schenkelhalsfraktur\\_2015-10\\_01.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-001l_S2e_Schenkelhalsfraktur_2015-10_01.pdf) [letzter Zugriff: 10.01.2019].
40. Lagerros YT, Hantikainen E, Michaëlsson K, Ye W, Adami H-O, Bellocco R. Physical activity and the risk of hip fracture in the elderly: a prospective cohort study. *European journal of epidemiology* 2017; 32: 983–91.