

Aus dem Institut für Versorgungsforschung und Gesundheitsökonomie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktorin: Univ.-Prof. Dr. Dr. Andrea Icks, MBA

Frakturen der oberen Extremität
in der älteren und betagten Bevölkerung

–

Analyse von Inzidenzen und Trends distaler Radiusfrakturen
auf Basis von stationären und ambulanten Routinedaten

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Kevin Reiland
2024

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachterin: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. PH. Andrea Icks, MBA

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Simon Thelen

Für meine Eltern

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Publikation: Reiland K, Haastert B, Arend W, Klüppelholz B, Windolf J, Icks A, Thelen S, Andrich S (2024) Epidemiology of distal radius fractures in Germany - incidence rates and trends based on inpatient and outpatient data. *Osteoporos Int* 35(2):317–326. doi:10.1007/s00198-023-06904-6

Zusammenfassung

Distale Radiusfrakturen (DRF) gehören zu den häufigsten Frakturen des höheren Lebensalters, wobei oft ein niedrigenergetisches Trauma zugrunde liegt und eine Assoziation mit Osteoporose besteht. Belastungen im Rahmen der Fraktur existieren auf individueller und gesellschaftlicher Ebene. Aufgrund des demographischen Wandels sind zunehmende DRF-Fallzahlen in den kommenden Dekaden anzunehmen. Epidemiologische Daten, insbesondere für Deutschland, sind hingegen begrenzt: Viele Studien untersuchen nur stationär versorgte Patienten, analysieren keine zeitlichen Trends oder umfassen nur eine kleine Population.

In dieser retrospektiven populationsbasierten Beobachtungsstudie wurden Routinedaten von Versicherten ≥ 60 Jahren der gesetzlichen Krankenkasse AOK Rheinland/Hamburg (über 3 Millionen Versicherte im Jahr 2018) im Zeitraum von 2014 bis 2018 ausgewertet. DRF wurden durch ICD-10-Schlüssel identifiziert. Eine besondere Herausforderung stellte die Zählung von mehreren DRF-Ereignissen derselben Individuen dar. Diese fanden unter Beachtung eines ereignisfreien Zeitraums, einer sog. *washout*-Periode, Berücksichtigung. Die Schätzung der Inzidenzraten (IR) und Trends erfolgte unter Annahme einer Poisson-Verteilung pro 100.000 Personenjahre (PJ) mit Angabe von approximativen 95%-Konfidenzintervallen [95% KI] und Alters-Geschlechts-Standardisierung auf die deutsche Bevölkerung aus 2018. Ergebnisse wurden gesamt und stratifiziert nach Versorgungssetting (stationär oder ausschließlich ambulant), Geschlecht und Alter (Fünf-Jahres-Altersklassen) berichtet. Assoziationen von Kalenderjahr, Alter, Geschlecht und Komorbidität als unabhängige Variablen zu Inzidenzraten wurden im Rahmen einer Poisson-Regressionsanalyse untersucht, wobei *Incidence Rate Ratios* (IRR) mit 95% KI geschätzt wurden.

Bei 16.557 von 974.332 in der Studienpopulation eingeschlossenen Versicherten traten insgesamt 17.705 DRF auf, von denen 9.961 (56,3%) stationär versorgt wurden. Die standardisierten Inzidenzraten pro 100.000 PJ lagen 2014 bei 439 [424-453] (stationär: 240 [230-251], ambulant: 199 [189-209]) und 2018 bei 438 [423-452] (stationär: 238 [227-249], ambulant: 200 [190-210]) und befanden sich damit im oberen Bereich der international berichteten Inzidenzraten. In der Regressionsanalyse waren weibliches Geschlecht, höheres Lebensalter sowie Komorbidität mit höheren Inzidenzraten assoziiert. Zudem ergab die Analyse keinen signifikanten zeitlichen Trend (IRR gesamt 0,994 [0,983-1,006]) mit Ausnahme einer Abnahme bei 80-84-jährigen weiblichen Versicherten. Ein relevanter Anteil von DRF wurde und wird in Deutschland ambulant behandelt, so dass beide Versorgungsbereiche für eine valide Schätzung notwendig sind. Maßnahmen zur Prävention von DRF können die Belastung auf individueller und gesellschaftlicher Ebene reduzieren.

Abstract

Distal radius fractures (DRF) are among the most common fractures of older age, often with underlying low-energy trauma and an association with osteoporosis. Burdens in the context of fracture exist at the individual and societal levels. Due to demographic change, increasing DRF case rates are likely in the coming decades. Epidemiological data, especially for Germany, are limited: Many studies only examine hospitalized patients, do not analyze time trends, or include only a small population.

In this retrospective population-based observational study, routine data on inpatient and outpatient care of insured persons ≥ 60 years of age of the statutory health insurance AOK Rheinland/Hamburg (more than 3 million insured persons in 2018) were analyzed from 2014 to 2018. DRF were identified by ICD-10 codes. Counting multiple DRF events of the same individuals posed a particular challenge. These were accounted for by observing a washout period. Incidence rates (IR) and time trends were estimated assuming a Poisson distribution per 100,000 person-years (PY) with approximate 95% confidence intervals [95% CI] and age-sex standardization to the German population in 2018. Results were reported overall and stratified by care setting (inpatient or outpatient only), sex, and age (five-year age groups). Associations of calendar year, age, sex, and comorbidity as independent variables with incidence rates were examined in Poisson regression analysis, with incidence rate ratios (IRR) estimated at 95% CI.

Among 16,557 of 974,332 insured persons included in the study population, a total of 17,705 DRF occurred, of which 9,961 (56.3%) were hospitalized. Standardized incidence rates were 439 [424-453] (inpatient: 240 [230-251], outpatient: 199 [189-209]) in 2014 and 438 [423-452] (inpatient: 238 [227-249], outpatient: 200 [190-210]) per 100,000 PY in 2018, which were in the upper range of internationally reported incidence rates. In the regression analysis, female sex, older age, and comorbidity were associated with higher incidence rates. In addition, the analysis revealed no significant time trend (IRR overall 0.994 [0.983-1.006]) except for a decrease in 80-84-year-old female insureds. A relevant proportion of DRF were and are treated in outpatient setting in Germany, so both care settings are necessary for a valid estimate. Measures to prevent DRF can reduce the burden on an individual and societal level.

Abkürzungsverzeichnis

Abb. (<i>Fig.</i>)	Abbildung (<i>Figure</i>)
AIDS	Akquiriertes Immun-Defizienz-Syndrom (<i>Acquired Immune Deficiency Syndrome</i>)
Amb.	Ambulant
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
AOK RH	Allgemeine Ortskrankenkasse Rheinland/Hamburg
Art.	Gelenk (<i>Articulatio</i>)
CRPS	Komplexes regionales Schmerzsyndrom (<i>Complex Regional Pain Syndrome</i>)
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
DRF	Distale Radiusfraktur
DRG	Diagnosebezogene Fallgruppen (<i>Diagnosis Related Groups</i>)
FRAX	<i>Fracture Risk Assessment Tool</i>
GEP	Gute Epidemiologische Praxis
Ges.	Gesamt
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GM	Deutsche Anpassung (<i>German Modification</i>)
GPS	Gute Praxis Sekundärdatenanalyse
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus (<i>Human Immunodeficiency Virus</i>)
HR	Hazard Ratio
Ic	Intermediäre Säule
ICD	Internationale Klassifikation der Krankheiten (<i>International Classification of Diseases</i>)
IR	Inzidenzrate (<i>Incidence Rate</i>)
IRR	Inzidenzraten Ratio (<i>Incidence Rate Ratio</i>)
KI (<i>CI</i>)	Konfidenzintervall (<i>Confidence interval</i>)
Lc	Laterale (radiale) Säule
M	Männlich
Mc	Mediale (ulnare) Säule
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
OR	Odds Ratio
PFF	Proximale Femurfraktur
PHF	Proximale Humerusfraktur
PJ (<i>PY</i>)	Personenjahre (<i>Person-Years</i>)
SMR	Standardisiertes Mortalitätsverhältnis (<i>Standardized Mortality Ratio</i>)
SRR	<i>Standard Rate Ratio</i>

Stat.	Stationär
TFCC	Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex (<i>Triangular fibrocartilage complex</i>)
TIA	Transitorische ischämische Attacke
VP	Versicherungsperiode
W	Weiblich

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abstract	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einleitung	1
1.2 Relevanz von distalen Radiusfrakturen.....	3
2. Hintergrund und Stand der Forschung.....	8
2.1 Medizinische Grundlagen zur distalen Radiusfraktur	8
2.1.1 Anatomie der oberen Extremität	8
2.1.2 Entstehungsmechanismus und potenzielle Risikofaktoren.....	10
2.1.3 Diagnostik.....	12
2.1.4 Klassifikation der distalen Radiusfraktur	13
2.1.5 Therapie	14
2.1.6 Komplikationen	16
2.2 Forschungsstand zu distalen Radiusfrakturen	17
3. Fragestellungen und Ziele der Arbeit.....	21
4. Methodik.....	22
4.1 Studiendesign und Studienpopulation.....	22
4.2 Erfassung der DRF-Ereignisse	22
4.2.1 Ansatz A – Definition und Zugrundelegung eines ereignisfreien Zeitraums als <i>washout</i> -Periode vor der DRF	25
4.2.2 Ansatz B – Erfassung der ersten Fraktur pro Jahr	26
4.3 Erfassung der Personenzzeit.....	27
4.4 Adjustierungsvariablen	30
4.5 Statistische Analyse.....	31
4.6 Ethikvotum.....	32
5. Ergebnisse	33
5.1 Deskription der Studienpopulation und der DRF-Diagnosen.....	33
5.2 Inzidenzschätzung DRF	35

5.2.1	Personenzeit unter Risiko	35
5.2.2	Rohe und standardisierte Inzidenzen der Gesamtpopulation	36
5.2.3	Inzidenzen stratifiziert nach Alter und Geschlecht.....	37
5.2.4	Inzidenzen stratifiziert nach Versorgungssetting (stationär vs. ambulant) ...	40
5.3	Zeitliche Trends von DRF	44
5.4	Regressionsanalyse	47
6.	Ergebnisdiskussion.....	48
6.1	Hauptergebnisse der Studie	48
6.2	Interpretation und Vergleich mit internationalen Studien	48
6.3	Interpretation und Vergleich mit Studien aus Deutschland	66
6.4	Erklärungsansätze	69
6.4.1	Methodenunterschiede	69
6.4.2	Mögliche Einflussfaktoren auf die Trendentwicklung.....	71
6.4.3	Änderungen im Versorgungssetting und Zunahme der operativen Versorgung.....	73
6.4.4	Gegenüberstellung mit proximalen Femurfrakturen und proximalen Humerusfrakturen – Rolle der Komorbidität und Trendanalysen.....	74
6.5	Stärken und Limitationen der Studie	76
6.6	Implikationen der Studie für Public Health und die (Versorgungs-)Forschung....	79
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	81

1. Einleitung

Distale Radiusfrakturen (DRF) und Frakturen des proximalen Humerus gehören nach proximalen Femurfrakturen zu den häufigsten Frakturen in der Altersgruppe ab 65 Jahren [1]. In den Altersgruppen von 50 bis 75 Jahren [2] bzw. 50 bis 80 Jahren [3] ist die distale Radiusfraktur die häufigste Fraktur überhaupt. Für Frauen und Männer im Alter von 50 Jahren werden Lebenszeitriskiken von ca. 21% respektive 5% für das Auftreten einer DRF beschrieben [4]. Als Entstehungsmechanismus liegt für Patienten im gehobenen Lebensalter in der Regel ein Sturz aus geringer Höhe auf den ausgestreckten Arm, d.h. ein niedrigenergetisches Trauma, zugrunde [5, 6]. Bei der distalen Radiusfraktur bildet sich die Frakturlinie im stammfernen Anteil des Radius (der Speiche) nahe des Handgelenks [6]. Die Unterarmfraktur ist als Kombination von Radius- und Ulnafraktur definiert [7].

Durch den mit dem demographischen Wandel einhergehenden Anstieg der Fallzahlen von Frakturen des höheren Lebensalters (wie die DRF) ist von einer erhöhten Belastung der Gesellschaft und des Gesundheitssystems in den kommenden Jahrzehnten auszugehen [8]. Es gibt Hinweise auf eine eingeschränkte Fähigkeit zur Selbstversorgung durch eine verminderte Funktionsfähigkeit der betroffenen oberen Extremität nach einer DRF in der älteren Bevölkerung [9–11] sowie auf ein erhöhtes Risiko für eine nachfolgende Hüftfraktur [12]. Außerdem wird vereinzelt für bestimmte betagte Altersgruppen bei Frauen und Männern eine im Vergleich zur Normalbevölkerung erhöhte Sterblichkeit nach DRF beschrieben [13–15], so dass von einer ernstzunehmenden Belastung für das betroffene Individuum auszugehen ist.

In der internationalen Literatur finden sich Studienergebnisse, die eine Zunahme der Inzidenzraten (IR) bei distalen Radiusfrakturen mit zunehmendem Alter belegen. Zusätzlich ist das weibliche Geschlecht mit einer höheren Inzidenz für DRF verbunden [1, 13, 16]. Zur Entwicklung der Inzidenz im Zeitverlauf (Inzidenz-Trends) von distalen Radius- bzw. Handgelenkfrakturen gibt es in der bestehenden Literatur widersprüchliche Angaben: Während einige Autoren steigende Inzidenzraten berichten [13, 17–20], existieren auch Angaben zu gleichbleibenden oder sinkenden Inzidenzraten im Zeitverlauf [21–26]. Auch innerhalb der Studienpopulationen bestehen dabei Inhomogenitäten in der Trendentwicklung verschiedener Alters- und Geschlechtsklassen [20, 22].

Viele der veröffentlichten Studien entstammen ausschließlich der Erhebung von Daten aus Krankenhäusern oder Registerdaten, welche nur den stationären Versorgungsbereich berücksichtigen [23, 27, 28]. Aussagekräftige Studien auf Basis von Krankenkassendaten, die sowohl den ambulanten als auch den stationären Sektor abdecken, sind selten [13]. Es

ist anzunehmen, dass trotz steigender Hospitalisierungsraten ein relevanter Anteil von DRF weiterhin ambulant versorgt wird [22], so dass bei ausschließlicher Betrachtung des stationären Versorgungsbereichs eine relevante Unterschätzung der Inzidenzraten resultiert. Zudem erlauben Studien ohne individuelle Patientendaten keine Diskrimination von Folgefrakturen, d.h. eine Berücksichtigung weiterer DRF eines Individuums innerhalb des Beobachtungszeitraums ist nicht möglich. Daneben können stationäre Wiederaufnahmen aufgrund von Komplikationen, Entfernung von Osteosynthesematerial oder einem Krankenhauswechsel eine Überschätzung durch Mehrfacherfassung bedingen.

Die publizierten Studien zur Epidemiologie von distalen Radiusfrakturen in Deutschland basieren entweder auf der Krankenhausdiagnosestatistik, welche nur stationär therapierte DRF berücksichtigt, und berichten keine explizite zeitliche Trendanalyse [27, 28] oder umfassen nur eine kleine Region mit geringer Stichprobengröße [29]. Durch das umfassende Angebot an niedergelassenen, orthopädisch und (unfall-)chirurgisch tätigen Ärzten in Deutschland besteht die breite Möglichkeit der ambulanten Frakturversorgung außerhalb von Krankenhäusern, so dass diese DRF nicht durch die Krankenhausdiagnosestatistik abgebildet werden. Zugleich wird durch die Heterogenität der internationalen Studienergebnisse sichtbar, dass für die deutsche Bevölkerung eine Untersuchung von Inzidenzen und deren Entwicklung notwendig ist, da eine Übertragung der Ergebnisse aus anderen, auch benachbarten europäischen, Ländern nicht bzw. nur eingeschränkt möglich ist.

Aufgrund der Relevanz von distalen Radiusfrakturen auf individueller und gesellschaftlicher Ebene soll diese Arbeit dazu beitragen, die Epidemiologie von distalen Radiusfrakturen in der älteren Bevölkerung genauer beschreiben zu können. Das Hauptziel stellt die Analyse der Inzidenzentwicklung (Trends) von DRF unter Berücksichtigung von Folgefrakturen in einer großen populationsbasierten deutschen Stichprobe auf Grundlage von stationären und ambulanten Daten der Gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) im Zeitraum 2014-2018 dar. Zusätzlich werden mittels multipler Regressionsmodelle Zusammenhänge zwischen Frakturinzidenzen (abhängige Variable) und Alter, Geschlecht, Kalenderjahr sowie Komorbidität (unabhängige Variablen) untersucht. Darüber hinaus sind unter methodischen Aspekten verschiedene Ansätze zur Erfassung von distalen Radiusfrakturen exploriert worden, die unter Berücksichtigung der bestehenden Literatur diskutiert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse können über die Identifizierung von Risikogruppen den Ausgangspunkt von Maßnahmen zur Sturzprävention sowie zur Diagnostik und Therapie frakturbegünstigender Komorbiditäten wie der Osteoporose bilden. Ebenso sind die Resultate für die traumatologische Bedarfsplanung der Zukunft relevant.

Die Arbeit gliedert sich wie folgt: In Kapitel 1 wird eine grundlegende Einführung in das Thema gegeben sowie die Relevanz von DRF auf Individual- und Gesellschaftsebene dargestellt.

Grundlagenwissen zur Anatomie, zum Entstehungsmechanismus sowie zur Diagnostik, Klassifikation, Therapie und Komplikationen von DRF werden in Kapitel 2 präsentiert. Es wird außerdem der aktuelle Stand der Forschung bezüglich der Epidemiologie von DRF vorgestellt und – darauf aufbauend – in Kapitel 3 das Forschungsziel dieser Arbeit formuliert.

Kapitel 4 behandelt die verwendete Methodik mit Verweis auf das Studiendesign, die Selektion der Studienpopulation und zwei mögliche Ansätze zur Erfassung der DRF-Ereignisse inklusive der Erfassung der Personenzzeit für den verwendeten Ansatz. Außerdem werden die Adjustierungsvariablen beschrieben sowie das statistische Analyseverfahren erläutert.

In Kapitel 5 erfolgt die Darstellung der Ergebnisse: Nach einer Deskription der Versicherten mit DRF in der Studienpopulation werden die rohen und standardisierten Inzidenzraten gesamt und stratifiziert nach Alter und Geschlecht sowie Versorgungssetting berichtet. Zusätzlich werden die zeitlichen Trends präsentiert und die weiteren Ergebnisse der Poisson-Regressionsanalyse zur Assoziation des Alters, Geschlechts, der Komorbidität und des Kalenderjahrs auf die Inzidenzraten gezeigt.

Kapitel 6 widmet sich der Diskussion der Studienergebnisse durch Gegenüberstellung mit der international und national publizierten Literatur. Darüber hinaus werden Erklärungsansätze für die unterschiedlichen Ergebnisse formuliert, wobei ein Fokus auf die möglichen methodischen Unterschiede gelegt wird, neben denen auch weitere Einflussfaktoren auf die Trendentwicklung sowie Änderungen im Versorgungssetting mit einer Zunahme der operativen Versorgung beschrieben werden. Abgerundet werden die Erklärungsansätze zur Trendentwicklung durch eine kurze Gegenüberstellung zu zwei weiteren Osteoporose-assoziierten Frakturereignissen. Weiterhin erfolgt die Erörterung von Stärken und Limitationen dieser Studie sowie möglichen Implikationen für Public Health, die (Versorgungs-)Forschung und die klinische Praxis.

1.2 Relevanz von distalen Radiusfrakturen

Distale Radiusfrakturen spielen sowohl auf Individualebene als auch für die Gesellschaft und insbesondere für das Gesundheitssystem eine bedeutende Rolle. In der Literatur

existieren für sie zwei Altersschwerpunkte: Während auf der einen Seite die juvenile DRF bis zu einem Alter von 20 Jahren auftritt, wird ein zweiter Anstieg der Inzidenz ab ungefähr 50 Jahren beschrieben [20, 30–33]. Für diese Frakturen des gehobenen Lebensalters ist durch eine vermutete Zunahme der Fallzahlen aufgrund des demographischen Wandels mit einem steigenden Anteil älterer Menschen an der Bevölkerung von einer ausgeprägten Herausforderung für die Gesellschaft und das Gesundheitssystem in den kommenden Dekaden auszugehen. Abbildung 1 zeigt dazu eine Prognose der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. Gemäß dieser wird eine Zunahme der Menschen in der Altersgruppe ab 65 Jahren in Deutschland von 16,7 Millionen im Jahr 2008 auf 22,3 Millionen Personen im Jahr 2030 erwartet, was einem Anstieg von ca. 33% entspricht, so dass für diese Bevölkerungsgruppe ein Anteil von 29% an der Gesamtbevölkerung prognostiziert wird [34]. Dies ist auf der einen Seite Resultat einer Verschiebung der geburtenstarken Jahrgänge in die Altersgruppe ab 65 Jahren und auf der anderen Seite durch die im Vergleich dazu kleineren Geburtsjahrgänge bedingt [8]. Bei weiterer Stratifizierung wird für die Altersgruppe der 67- bis 79-Jährigen ein Anstieg von ca. 10 Millionen in 2021 auf über 14 Millionen in 2037 angenommen, während die Prognose zur Anzahl an über 80-Jährigen vor allem durch die Entwicklung der Lebenserwartung bestimmt wird [8].

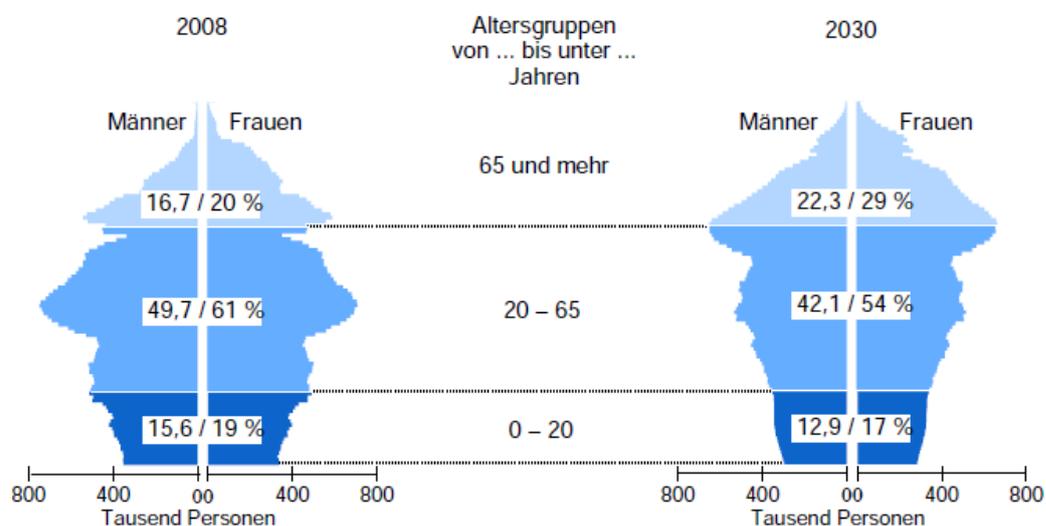


Abb. 1: **Altersaufbau der Bevölkerung in Deutschland 2008 und Prognose für 2030**, modifiziert nach [34]. Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder.

Die Veränderung der Altersgruppen bis 2060 und die sich daraus ergebende Altersstruktur in der deutschen Bevölkerung wurden durch die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder anhand mehrerer Modelle mit u.a. verschiedenen Annahmen über die zukünftige Lebenserwartung vorausberechnet: In den Abbildungen 2 und 3 wird deutlich, dass auch

im Jahr 2060 sowohl absolut als auch relativ eine Vergrößerung der Altersgruppe ab 67 Jahren im Vergleich zu 2018 erwartet und von einem Anteil von 24-30% an der Gesamtbevölkerung ausgegangen wird [8].

Bevölkerung im Alter ab 67 Jahren

Ab 2019 Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung

Millionen Personen

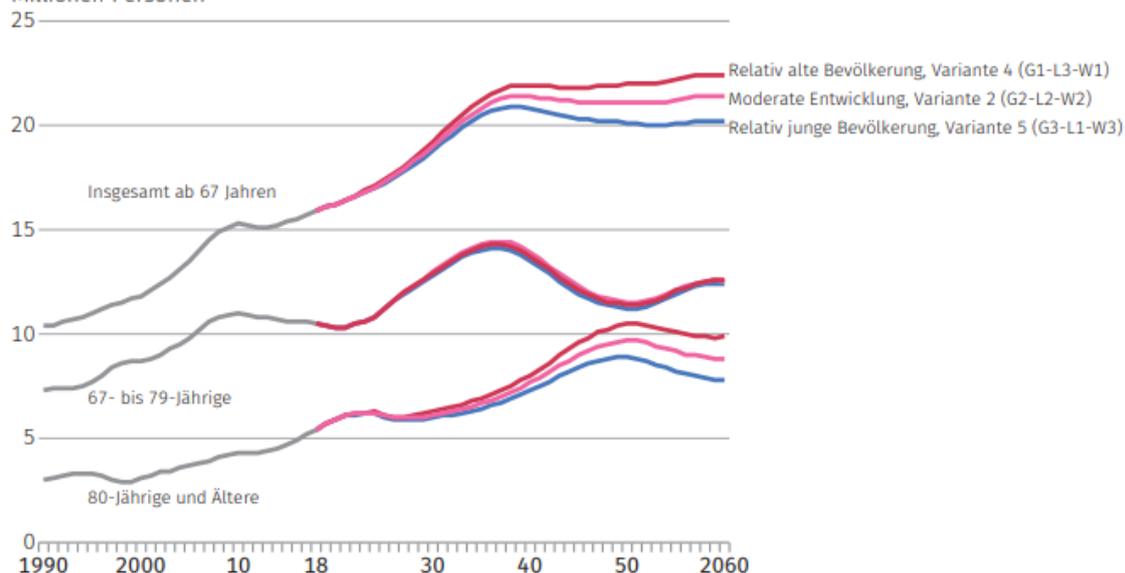


Abb. 2: **Bevölkerungsentwicklung für die Altersgruppen ab 67 Jahren ab 1990 mit Prognosen nach 2018 bis 2060 in Abhängigkeit von verschiedenen Annahmemodellen in Deutschland**, modifiziert nach [8]. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS).

Bevölkerung nach Altersgruppen 2018 und 2060

2060: Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung

in %

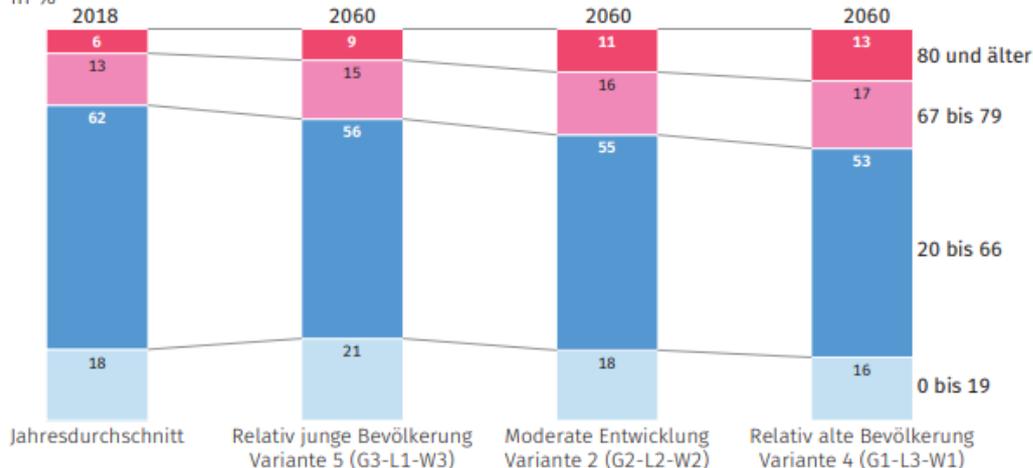


Abb. 3: **Prognose zur Entwicklung der Altersstruktur im Jahr 2060 im Vergleich zur beobachteten Struktur 2018 in Abhängigkeit von verschiedenen Annahmemodellen**, modifiziert nach [8]. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS).

Die Prognose nach einer DRF ist abhängig von der Frakturart, der Versorgungsqualität und der Morbidität bzw. den funktionellen Ansprüchen des Patienten sowie dessen Alter [6, 35]. Vor allem in der älteren und hochbetagten Bevölkerung werden nach einer DRF Funktionsdefizite und ein höheres Maß an Beeinträchtigung berichtet [10]. Es gibt Hinweise, dass bei älteren Frauen im Geschlechtervergleich vermehrt persistierende Schmerzen [36] sowie ein schlechteres funktionelles Ergebnis und größere Beeinträchtigungen [37] auftreten. In der Studie von Borgström et al. zeigte sich eine reduzierte Lebensqualität unmittelbar und vier Monate nach dem Frakturereignis [38]. Auf weitere Komplikationen wird in Kapitel 2.1.6 ausführlich eingegangen.

Als Resultat der Beeinträchtigung und des verminderten Vermögens zur Selbstversorgung wurden vereinzelt Heimeinweisungen als Folge einer DRF beschrieben: In einer deutschen Studie von Benzinger et al. mussten ca. 4% der Frauen und 1% der Männer ab 66 Jahren nach Fraktur in einem Pflegeheim versorgt werden, wobei unter Adjustierung für Komorbidität eine positive Korrelation der Einweisungsrate mit dem Alter vorlag [39].

Darüber hinaus ist das Risiko für das Auftreten weiterer Frakturen nach einer DRF erhöht: In einer Untersuchung von Bynum et al. erlitten ca. 5% der Studienteilnehmer ab 66 Jahren innerhalb von einem Jahr nach DRF eine Folgefraktur (auch andere Frakturarten inkludiert), wobei der Anteil an Zweitfrakturen mit steigendem Alter zunahm [40]. Im Vergleich zu proximalen Humerusfrakturen und Hüftfrakturen als Indexfrakturen ergab sich nach einer DRF als Indexfraktur ein größerer Anteil von proximalen Humerusfrakturen (16% und 13% vs. 22%) bei einem geringeren Anteil von Hüftfrakturen (52% und 65% vs. 43%) an den Zweitfrakturen [40].

Chen et al. konnten mittels multivariater Regressionsanalyse zeigen, dass neben höherem Lebensalter (≥ 60 Jahre: HR 8,67 [4,51-16,70]) und dem Vorhandensein einer diagnostizierten Osteoporose (HR 2,31 [1,70-3,14]) eine distale Radiusfraktur (HR 3,45 [2,59-4,61]) ein unabhängiger Risikofaktor für das Auftreten einer Hüftfraktur ist, wobei die Rate an Hüftfrakturen im ersten Monat nach DRF am größten ist [12].

Studienergebnisse zur Mortalität nach Frakturen des distalen Radius in der betagten Bevölkerung im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung sind sehr widersprüchlich: In zwei Studien wurden alters- und geschlechtsstratifizierte standardisierte Mortalitäts-Ratios (SMR) berechnet, die sich aus dem Vergleich der im Rahmen der Studien beobachteten Mortalität nach distaler Radiusfraktur mit der Mortalität der entsprechenden alters- und geschlechtsstratifizierten Normalbevölkerung ergeben. In der norwegischen Studie von Øyen et al. von 2004 bis 2005 mit *follow-up* bis spätestens 2010 zeigte sich die SMR ein Jahr nach DRF ohne signifikanten Unterschied im Vergleich zur norwegischen

Standardbevölkerung, jedoch gab es nach fünf Jahren Hinweise auf eine Übersterblichkeit bei Frauen (SMR 2,0 [1,3-2,7]) [14]. Nach weiterer Altersstratifizierung war dieser Effekt nur für Frauen über 70 Jahren signifikant (SMR 1,9 [1,1-2,6]) [14]. Im Gegensatz dazu berichteten Kwon et al. für die koreanische Bevölkerung ab 50 Jahren im Zeitraum 2008-2012 eine Übersterblichkeit für beide Geschlechter ein Jahr nach DRF (SMR für Frauen: 1,17 [1,13-1,20], SMR für Männer 1,45 [1,38-1,54]), wobei sich dieser Effekt nach Altersstratifizierung nur in der männlichen Bevölkerung von 50 bis 89 Jahren, nicht jedoch in der weiblichen Bevölkerung bestätigte, für die teilweise protektive Effekte vorlagen [13].

Auswirkungen für die Gesellschaft haben distale Radiusfrakturen sowohl durch direkte Kosten, die im Rahmen der Versorgung und Nachsorge entstehen, als auch durch mögliche Verdienstauffälle in der älteren, aber noch berufstätigen Bevölkerung, welche indirekte Kosten verursachen. Die infolge einer DRF entstehenden Kosten sind insbesondere von der Versorgungsart abhängig. Maravic et al. untersuchten die durchschnittlichen Krankenhauskosten im Rahmen einer DRF im Jahr 2006 und schätzten diese für 50-69-Jährige auf ungefähr 1.800 € bis 1.900 € und für Patienten ab 70 Jahren auf 2.400 € bis 2.500 € pro Fall [23].

Studien aus dem europäischen Umland zeigen eine Entwicklung zu höherer Hospitalisierung und damit verbundenen gesteigerten Versorgungskosten [21, 22, 41]. In einer Auswertung von de Putter et al., zeigte sich ein Anstieg der Hospitalisierungsraten für beide Geschlechter ab 50 Jahren im Zeitraum von 1997 bis 2009 in den Niederlanden: Bei Frauen lag die Rate 1997 bei 30,1 pro 100.000 Personen [28,3-31,9], Männer wiesen eine Rate von 6,4 pro 100.000 Personen [6,0-6,8] auf [21]. Im Jahr 2009 zeigte sich für Frauen ein Anstieg um mehr als das 2,5-Fache auf 78,9 pro 100.000 Personen [75,1- 82,8] und für Männer ungefähr eine Verdreifachung der Ausgangsrate auf 18,4 pro 100.000 Personen [17,3-19,5], wobei dieser Trend in beiden Geschlechtern für alle Altersklassen nachgewiesen werden konnte [21]. Ein Grund für die Zunahme der Hospitalisierungsraten lag in der Entwicklung und Etablierung neuer Versorgungsmöglichkeiten: Die Platten- und Schraubenosteosynthese gewann dabei zunehmend an Bedeutung und war bei Studienende im Jahr 2009 für die Altersgruppen von 50-59 und 60-69 mit einem Anteil von über 60% die dominierende operative Versorgungsart [21]. Diese Trends zeigten sich ebenfalls in Schweden, wo sich die Inzidenzrate operativ versorgter DRF bei 50-74-Jährigen von 2005 bis 2010 um 41% erhöhte und sich die Inzidenzrate für Plattenosteosynthesen mehr als vervierfachte [32].

2. Hintergrund und Stand der Forschung

2.1 Medizinische Grundlagen zur distalen Radiusfraktur

2.1.1 Anatomie der oberen Extremität

Die obere Extremität lässt sich knöchern in den Schultergürtel (Clavicula und Scapula), den Ober- und Unterarm sowie die Hand untergliedern. Während der Oberarm aus einem Knochen (Humerus) angelegt ist, ist der Unterarm mit Radius und Ulna, welche über die Membrana interossea verbunden sind, wie in Abbildung 4 ersichtlich, zweistrahlig [42]. Das Ellenbogengelenk (Art. cubiti) setzt sich deswegen aus den drei Teilgelenken Art. humeroulnaris, Art. humeroradialis und Art. radioulnaris proximalis zusammen, wobei letzteres Pronations- und Supinationsbewegungen mitermöglicht und damit das Bewegungsausmaß im Handgelenk erhöht. Auch im distalen Unterarm sind Radius und Ulna über ein Gelenk (Art. radioulnaris distalis) verbunden, wobei die Hand und der Radius dabei um die Ulna rotieren [43, 44]. Das Handskelett gliedert sich anatomisch in die Handwurzel (Carpus), die Mittelhand (Metacarpus) sowie die Finger (Digiti).



Abb. 4: **Knöcherner Anatomie des Unterarms.** Abdruck mit Genehmigung von *Springer Nature* [42].

Im Handgelenk befinden sich auf Seiten des Radius drei konkav geformte Gelenkflächen (Fossa scaphoidea, Fossa lunata und Fossa articulatio radioulnaris distalis oder *Sigmoid Notch*), die zusammen mit der distalen Ulna und dem die beiden Knochen verbindenden triangulären fibrocartilaginären Komplex (TFCC) die Kraftübertragung auf die

Handwurzelknochen gewährleisten [43–45]. Es lassen sich, wie in Abbildung 5 verdeutlicht, biomechanisch im Unterarm drei Säulen beschreiben: In der radialen (lateralen) Säule artikuliert die Fossa scaphoidea, die lateral in den Processus styloideus radii endet mit der Handwurzel (Os scaphoideum und Os lunatum). In der intermediären Säule, die ebenfalls vom Radius gebildet wird, artikulieren Fossa lunata und *Sigmoid Notch* mit der proximalen Karpalreihe. Die ulnare (mediale) Säule wird von TFCC und distaler Ulna, welche jedoch keinen direkten Kontakt zu den proximalen Handwurzelknochen aufweist, gebildet [43–45]. Entgegen früherer Annahmen konnte mittels in-vivo Kraftmessung gezeigt werden, dass auch ein relevanter Kraftanteil über die ulnare Säule und dort insbesondere über den TFCC übertragen wird und auf radialer Seite die intermediäre Säule die bedeutendste Stellung einnimmt [46]. Die Kraftzentren verschieben sich bei Ulnar- und Radialabduktion in geringem Maße in die jeweilige Bewegungsrichtung, bei Flexion und Extension des Handgelenks bleiben diese jedoch zentriert [46]. Die radiale Säule hat insbesondere eine stabilisierende Funktion, indem knöchern über den Processus styloideus radii die Radialabduktion und ligamentär die Ulnarabduktion limitiert wird [44].

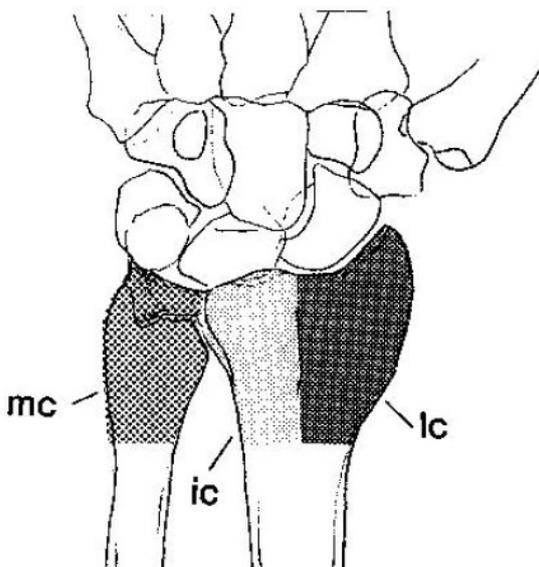


Abb. 5: **Drei-Säulen-Modell des Unterarms nach Rikli mit ulnarer (medialer: mc), intermediärer (ic) und radialer (lateral: lc) Säule.** Abbildung verwendet mit Genehmigung der *British Editorial Society of Bone & Joint Surgery*, aus *FRACTURES OF THE DISTAL END OF THE RADIUS TREATED BY INTERNAL FIXATION AND EARLY FUNCTION A PRELIMINARY REPORT OF 20 CASES*, Rikli et al., *The Journal of Bone & Joint Surgery (British volume)* 78-B:588-92, 1996; Genehmigung erteilt durch *Copyright Clearance Center, Inc* [45].

In Neutralstellung weist die radiale Gelenkfläche eine physiologische Neigung von ca. 22-23° nach ulnar in der Frontalebene und von ca. 11-12° nach palmar in der Sagittalebene auf, wobei diese Palmar-Inklination für einen optimalen Kraftschluss zwischen der Handwurzel und dem Unterarm essentiell ist [43]. Zudem ist das Verhältnis der Länge von

Ulna und Radius für die Funktion des Handgelenks bedeutsam, wobei eine Abweichung von bis zu 4mm toleriert wird [43]. Für die große Beweglichkeit bei gleichzeitig erheblicher Kraftübertragung unterstützen extrinsische Bänder (zwischen Unterarmknochen und Handwurzelknochen lokalisiert) und intrinsische Ligamente (zwischen Handwurzelknochen lokalisiert) sowie Weichteile die knöchernen Strukturen des Handgelenks [43]. Bei Frakturen des distalen Radius ist folglich sowohl die Wiederherstellung der knöchernen Anatomie, als auch eine Berücksichtigung der ligamentären und kartilaginären Strukturen im Hinblick auf das funktionelle Resultat und zur Vermeidung von Komplikationen erforderlich [43].

2.1.2 Entstehungsmechanismus und potenzielle Risikofaktoren

Für distale Radiusfrakturen werden in der Literatur zwei Altersmaxima mit unterschiedlichen Entstehungsmechanismen beschrieben: Ein Inzidenzpeak findet sich bei Kindern und Jugendlichen unter 20 Jahren mit einem etwas häufigeren Auftreten beim männlichen Geschlecht sowie ein zweiter Anstieg der Inzidenz ab ungefähr 50 Jahren [20, 30–33, 47]. Im höheren Alter gibt es eine deutliche Geschlechtsabhängigkeit mit besonderer Häufung bei postmenopausalen Frauen, wobei Jerrhag et al. ein Verhältnis von 1:6,5 bei DRF von Männern im Vergleich zu Frauen im Alter ab 65 Jahren berichten [20]. Während bei Kindern und Jugendlichen distale Radiusfrakturen zumeist infolge von Spiel- und Sportverletzungen entstehen, sind bei jüngeren Erwachsenen neben Sportunfällen auch andere hochenergetische Traumata (z.B. Verkehrsunfälle, Treppenstürze, Abstürze aus großer Höhe) relevant [31, 48]. Bei älteren Patienten und insbesondere in der hochbetagten Bevölkerung spielen niedrigenergetische Traumata, zumeist der Sturz aus stehender Position auf den ausgestreckten Arm, die größte Rolle [5, 49, 50]. In einer Untersuchung von Court-Brown et al. waren bei einem mittleren Alter von 63 Jahren ungefähr 80% der distalen Radius oder Ulna Frakturen die Folge eines Sturzes aus Standhöhe [5]. Dabei liegt in etwa 90% der frakturursächlichen Stürze eine gestreckte Stellung des Handgelenks vor, so dass eine Extensionsfraktur nach Colles resultiert [6, 51]. Deutlich seltener tritt die Flexionsfraktur nach Smith bei einem Sturz auf das gebeugte Handgelenk auf [6, 52].

Als Risikofaktoren werden auf der einen Seite sturzbegünstigende Umstände und auf der anderen Seite direkt frakturbegünstigende Merkmale angesehen. In Untersuchungen berichteten ca. 16-25% der Studienteilnehmer ab 60 [53] bzw. 65 [54] Jahren von mindestens einem Sturz im 6-Monats-Zeitraum. Während für 65-74-Jährige ein ausgeglichenes Verhältnis von extrinsischen Ursachen (z.B. Bodenbeschaffenheit, die ein Stolpern begünstigt) und intrinsischen Ursachen (z.B. Synkope oder Schwindel)

beschrieben wurde, stieg mit höherem Alter die Rolle der intrinsischen Ursachen und wurde in der Gruppe ab 85 Jahren für ungefähr 2/3 der Stürze verantwortlich gemacht [55].

Während Stürze im Freien insbesondere für die jüngere Bevölkerung relevant sind, betrug in einer kanadischen Studie von Morency et al. für Stürze im Freien der Anteil an Personen ab 85 Jahren nur 6%, wohingegen sich für häusliche Stürze ein Anstieg ab ungefähr 65 Jahren zeigte [56]. Kelsey et al. berichteten zudem, dass ein besserer Gesundheitszustand und ein höheres Aktivitätsniveau mit schnelleren Gehgeschwindigkeiten Stürze im Freien begünstigen, während ein reduzierter Gesundheitszustand mit Begleiterkrankungen, Defiziten in der Selbstversorgung und ein niedriges Aktivitätsniveau mit Gleichgewichtseinschränkungen ein erhöhtes Risiko für Stürze im häuslichen Umfeld darstellen [57]. Außerdem kann das Schuhwerk als extrinsischer Faktor eine Rolle spielen [54]. Die meisten Stürze im Freien sind Resultat eines Ausrutschens während des Gehens [57], wobei auch meteorologische Umstände einen Einfluss haben können: Neben der Begünstigung von Stürzen im Allgemeinen [56] konnte auch eine Häufung von DRF unter widrigen Wetterbedingungen respektive im Winter gezeigt werden [49, 50, 58, 59]. Im Vergleich der Wohnsituation gibt es Hinweise auf vermehrte niedrigenergetische DRF bei Menschen über 50 Lebensjahren im städtischen Wohnraum während auf dem Land, unter Adjustierung für jüngeres Alter, männliches Geschlecht und sommerliche Jahreszeit, ein erhöhtes Risiko für hochenergetische Frakturen festgestellt wurde [58].

Intrinsische Gründe für ein erhöhtes Sturzrisiko im Alter können u.a. in der verlangsamten Reaktionszeit und einer damit einhergehenden schlechteren Fuß- und Gleichgewichts-Koordination [57, 60–62] sowie einer abnehmenden Muskelkraft [62, 63] liegen. Die Angst zu stürzen [54] und das Vorhandensein von Stürzen in der Vergangenheit [57] sind ebenso mit einer erhöhten Fallneigung assoziiert. Zudem werden u.a. Sehstörungen [61, 62], Hörstörungen [62], Urininkontinenz [61, 62], Arthritis [62], Morbus Parkinson [62], Diabetes mellitus [62], eine transitorische ischämische Attacke (TIA) [62], Depression [61, 62], Polypharmazie [57, 61, 62] sowie die Einnahme psychotroper Medikamente [57] und kognitive Beeinträchtigung [62] als Risikofaktoren beschrieben, wobei die Studienlagen bezüglich der sturzbegünstigenden Faktoren insbesondere bei multivariaten Analysen uneinheitlich ist und regionale oder sozioökonomische Einflüsse zusätzlich eine Rolle spielen könnten [54, 61, 62].

Es wird diskutiert, dass insbesondere bei physisch aktiven Frauen mit höherer Gehgeschwindigkeit und einer guten neuromuskulären Kontrolle der oberen Extremität, ein erhöhtes Risiko für DRF besteht, da Stürze oder Gleichgewichtsverluste mit dem ausgestreckten Arm abgefangen werden, während bei unzureichender Reaktion häufiger

initial mit dem Oberarm oder der Hüfte aufgeprallt wird und eine dortige Verletzung resultiert [64–68].

Wie auch u.a. Hüft-, Wirbelkörper- und proximale Humerusfrakturen werden distale Radiusfrakturen zu den osteoporotischen Frakturen oder *fragility fractures* gezählt, da eine hohe Korrelation zu Osteoporose besteht [69–71]. Osteoporose wird zumeist als Knochenerkrankung definiert, bei der die Knochendichte vermindert ist und eine geringere Qualität der Mikroarchitektur vorliegt, wodurch eine geringere Widerstandsfähigkeit und erhöhte Frakturgefahr gegeben ist [72]. Eine verbreitete Definition beschreibt osteoporotische Frakturen als Frakturen infolge eines niedrigenergetischen Traumas, d.h. infolge eines Sturzes aus maximal Standhöhe, welcher beim gesunden Menschen nicht zu einer Fraktur führen würde, oder Frakturen, die mit einer verminderten Knochendichte und einer altersabhängig ab dem 50. Lebensjahr ansteigenden Inzidenz assoziiert sind [73–75]. Für Männer und Frauen ab dem 50. Lebensjahr konnte eine Assoziation von diagnostizierter Osteoporose mit DRF festgestellt werden, wobei insbesondere für das weibliche Geschlecht bei reduzierter Knochendichte ein erhöhtes Risiko für eine DRF besteht [76]. Zusätzlich gibt es Hinweise auf eine Begünstigung von komplexeren Frakturmustern bei niedrigenergetischen Extensionsfrakturen, wenn eine erniedrigte Knochendichte vorliegt [77].

2.1.3 Diagnostik

Die Diagnostik beim Verdacht auf eine distale Radiusfraktur wird nach eingehender Anamnese und körperlicher Untersuchung durch eine radiologische Bildgebung komplettiert [6, 35, 78].

In der Anamnese sollten neben der Erfassung des Unfall-Mechanismus sowie einer möglichen Sturzursache auch vorausgegangene Verletzungen, Operationen und Erkrankungen der Extremität erfragt werden. Des Weiteren sollten systemische Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen eruiert werden [35, 78].

Bei der körperlichen Untersuchung sind neben unsicheren Frakturzeichen wie Schwellung, Hämatom oder schmerzbedingter Bewegungseinschränkung auch u.a. Krepitationen oder palpable Stufenbildungen der Knochenkontur als sichere Frakturzeichen möglich [7, 78, 79]. Zudem präsentiert sich die DRF oftmals mit einer typischen radialen (Bajonett) bzw. dorsalen (*Fourchette*) Dislokation des distalen Knochenanteils [6, 79]. Eine orientierende Prüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität ist zum Ausschluss von Begleitverletzung der Nerven und Gefäße essentiell [35].

Als grundlegende bildgebende Untersuchung wird die Röntgendiagnostik des Handgelenks in zwei Ebenen mittels seitlicher und a.p.-Aufnahme durchgeführt [6, 35, 78, 79]. Die Abbildung 6 zeigt eine distale Radiusfraktur in zwei Ebenen mit erkennbarer Dislokation und zusätzlicher Fraktur des Processus styloideus ulnae. Bei radiologischem Verdacht einer Gelenkbeteiligung, d.h. bei Frakturen vom Typ B und C der AO-Klassifikation, oder einer Begleitverletzung des Carpus wird eine weiterführende computertomographische Diagnostik zur detaillierteren Klassifikation und Therapieplanung empfohlen [6, 35, 78]. Eine Magnetresonanztomographie kann vor allem bei einem Verdacht auf kartilaginäre und ligamentäre Läsionen die bildgebende Diagnostik vervollständigen [35, 78, 79].



Abb. 6: Röntgenbild einer distalen Radiusfraktur (sog. Colles- oder Extensionsfraktur) in a.p. und seitlicher Ebene mit erkennbarer Dislokation vor allem in der seitlichen Ebene und zusätzlicher Begleitfraktur des Processus styloideus ulnae. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Instituts für diagnostische Radiologie und Neuroradiologie und der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Allgemeinen Krankenhauses Viersen [80].

2.1.4 Klassifikation der distalen Radiusfraktur

Eine distale Radiusfraktur ist als Fraktur der körperfernen Speiche definiert, welche einen Abstand von maximal 3cm nach proximal, gemessen ab dem radiocarpalen Gelenk, aufweist [78]. Legt man den Unfallmechanismus und die einwirkenden Kraftvektoren zugrunde, unterscheidet man nach den jeweiligen Erstbeschreibern die Extensionsfraktur mit dorsaler Dislokation des distalen Fragments (Colles-Fraktur) [51] von der Flexionsfraktur mit palmarer Dislokation des distalen Fragments (Smith-Fraktur) [52].

Neben der in dieser Arbeit verwendeten *International Classification of Diseases (ICD-10)*-Klassifikation, die insbesondere für die Datenübermittlung zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern zu Abrechnungszwecken nach dem Fünften Sozialgesetzbuch (§ 301 SGB V im stationären und § 295 SGB V im ambulanten Bereich) relevant ist, wird im Rahmen der klinischen Versorgung die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) verwendet. Diese insbesondere im deutschsprachigen Raum, aber auch zunehmend international verwendete Fraktureinteilung, gliedert die Frakturen nach anatomischen und deskriptiven Kriterien und bildet damit eine wichtige Grundlage für Entscheidungen zur Frakturversorgung [6, 81]. Neben der Lokalisation der Fraktur (Ordnungsziffer „2“ für Unterarm) und der relativen Frakturlage am betreffenden Knochenabschnitt (Ordnungsziffer „3“ für distal), wird auch deren Schweregrad berücksichtigt [81]. Bei gelenknahen Frakturen wie der DRF erfolgt die Einteilung nach Vorhandensein und Ausmaß einer Gelenkbeteiligung mittels der Buchstaben A (extraartikulär), B (partiell intraartikulär) und C (komplett intraartikulär) und kann durch zwei weitere Ziffern hinsichtlich der Komplexität und Gefahr einer Dislokation weiter charakterisiert werden [81].

Zusätzlich gibt es weitere historische Klassifikationen zur Einteilung einer DRF, die aufgrund der AO-Klassifikation in der klinischen Praxis eine untergeordnete Rolle spielen. Nach Frykman werden Frakturen bezüglich der Art der Gelenkbeteiligung und einer möglichen Affektion der Ulna unterschieden [82] und mittels der Melone-Klassifikationen lassen sich intraartikuläre Frakturen weiter untergliedern [83].

2.1.5 Therapie

Die Versorgung einer distalen Radiusfraktur kann in Abhängigkeit von Frakturtyp, Patientenalter und -zustand, möglichen Vorerkrankungen und dem funktionellen Anspruch nach der Fraktur sowohl operativ als auch konservativ erfolgen [35, 78, 79]. Die präklinische Grundlage beider Versorgungsarten wird durch eine suffiziente Analgesie und Ruhigstellung, beispielsweise mittels Schiene, gebildet [35, 78]. Bei deutlicher Fehlstellung mit konsekutiv drohendem Weichteilschaden, neurologischen Störungen oder Perfusionsdefiziten ist eine umgehende Reposition mit anschließender Ruhigstellung indiziert [35, 78]. Zusätzlich ist bei diesen Verletzungsmustern, ebenso wie bei offenen Frakturen, eine notfallmäßige Diagnostik und in der Regel eine operative Therapie erforderlich [35, 78, 79].

Neben o.g. Verletzungsmustern mit beispielsweise Perfusionsdefiziten stellen instabile, dislozierte Frakturen, dislozierte Flexionsfrakturen wie auch sekundäre Dislokationen nach einem primär konservativen Therapieversuch, Indikationen zur operativen Versorgung dar [6, 35, 78, 79]. Als Verfahren sind Bohrdraht-, Schrauben- und zunehmend Plattenosteosynthesen etabliert, welche auch kombiniert werden können. Insbesondere bei osteoporotischer Knochensubstanz eignen sich sog. winkelstabile Plattenosteosynthesen, welche von palmar oder dorsal implantiert werden [6, 35, 78, 79]. In der Abbildung 7 ist eine einliegende palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur einer Patientin mit Osteoporose exemplarisch gezeigt. Zudem ist eine Versorgung mittels Fixateur externe insbesondere in Notfallsituationen, beispielsweise bei Vorhandensein von schwerwiegenden Begleitverletzungen oder ausgeprägter Zertrümmerung, möglich [35].



Abb. 7: **Röntgenbild einer palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese bei distaler Radiusfraktur einer Patientin mit Osteoporose in a.p. und seitlicher Ebene.** Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Instituts für diagnostische Radiologie und Neuroradiologie und der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Allgemeinen Krankenhauses Viersen [80].

Je nach Verfahren ist eine anschließende Schienenruhigstellung unterschiedlicher Dauer notwendig, wobei sowohl beim konservativen als auch operativen Vorgehen bereits frühzeitig eine Mobilisierung und funktionelle Beübung der umgebenden, nicht betroffenen Gelenke durchgeführt werden sollte [35]. Neben der Physiotherapie spielen auch instruierte selbstständige Bewegungsübungen und die Nutzung der Hand bei leichten Aktivitäten zur

Nachsorge nach DRF eine Rolle, wobei die Evidenz der rehabilitativen Maßnahmen zum funktionellen Outcome nach einer Cochrane-Analyse gering ist [84].

Eine konservative Therapie ist bei nicht-dislozierten Frakturen, bei stabilen extraartikulären DRF (Typ A nach AO-Klassifikation) oder geringgradig dislozierten und nach geschlossener Reposition stabilen Frakturen mit geringer Gelenkbeteiligung möglich [6, 35, 78, 79]. Zudem kann bei Vorhandensein von Kontraindikationen gegen eine Operation oder der Ablehnung einer invasiven Therapie durch den Patienten die Anlage eines Unterarmstützverbands über mindestens vier Wochen zur sekundären Frakturheilung erfolgen, wobei bei dislozierten Frakturen die Ruhigstellung erst nach Reposition und anschließender Röntgenkontrolle erfolgen sollte [35, 79]. Neben der physiotherapeutischen Betreuung spielt das angeleitete Selbsttraining mit Bewegungsübungen eine wichtige Rolle in der Nachbehandlung [35]. Analog zum operativen Prozedere schließen sich klinische Kontrollen mit Re-Evaluation der Gipsverbandlage, des neurologischen Status und der Durchblutung sowie radiologische Kontrolluntersuchungen im Therapieverlauf an [35].

Es existiert nach aktuellem Kenntnisstand keine ausreichende Evidenz, um einen - gemessen am zu erwartenden Outcome - allgemeingültigen Therapiealgorithmus formulieren zu können [35, 79].

2.1.6 Komplikationen

Bei distalen Radiusfrakturen können Komplikationen und Folgeschäden auf der einen Seite unmittelbar durch das Trauma selbst und auf der anderen Seite als Folge der Therapiemaßnahmen entstehen.

Unabhängig von der Versorgungsart sind persistierende Fehlstellungen mit Achs- oder Rotationsabweichungen, sekundäre Dislokationen der Fragmente, Frakturheilungsstörungen mit der Ausbildung einer Pseudarthrose als Maximalform und die Entwicklung eines *Complex Regional Pain Syndrom* (CRPS, vormals Morbus Sudeck genannt) möglich [35, 78]. Studien beschreiben ein häufigeres Auftreten des CRPS bei Frauen, offenen und komplexen Frakturen bzw. hochenergetischen Traumata und begleitenden Ulna-Frakturen, wobei Anteile von bis zu 9% bei chirurgisch versorgten DRF berichtet werden [85, 86]. Zudem gibt es Fälle eines akuten Karpaltunnelsyndroms in der Folge des Frakturereignisses oder dessen Versorgung [78, 79, 87].

Bei offenen Frakturen oder operativer Therapie besteht die Möglichkeit von Infektionen im Bereich der Weichteile, des Knochens, der Gelenke oder von eingebrachten

Fremdmaterialien mit daraus resultierenden Wundheilungsstörungen und eventuell notwendigen weiterführenden, meist operativen Therapiemaßnahmen [78]. Auch Gefäß- oder Nervenschäden mit (Nach-)Blutungen oder Störungen der Sensorik und Motorik können eine Komplikation therapeutischer Maßnahmen darstellen [78]. Nach einer Osteosynthese sind Fehllagen, Dislokationen, Reizung der Weichteilstrukturen, insbesondere der Streck- und Beugesehnen oder Ermüdung des Osteosynthesematerials möglich [35]. In einer prospektiven multizentrischen Studie von Arora et al. traten bei 27% der Patienten nach Versorgung mittels winkelstabiler palmarer Plattenosteosynthese Komplikationen auf [87]. Der Einsatz einer palmaren Plattenosteosynthese kann zu Irritationen und Rupturen der Daumensehnen führen, während bei dorsaler Plattenlokalisierung eine Strecksehnenreizung bis hin zur sekundären Ruptur als Komplikation auftreten kann [78, 79, 87].

Als Langzeitfolgen der in nicht-anatomischer Stellung ausgeheilten DRF sind, unabhängig von der Versorgungsart, die Ausbildung einer Arthrose in den Art. radioulnaris distalis und Art. radiocarpalis, chronische Schmerzen und persistierende Funktionseinschränkungen möglich, die sich als Instabilität, Kraftminderung oder Bewegungseinschränkung äußern können [6, 35, 78, 79].

2.2 Forschungsstand zu distalen Radiusfrakturen

Internationale Publikationen zur Epidemiologie von distalen Radiusfrakturen variieren bezüglich der Studienpopulation, der Selektionsmethodik zur Erfassung eines Frakturereignisses und den Ergebnissen. Am Beispiel von sechs ausgewählten Publikationen, die sowohl stationäre als auch ambulante Daten berücksichtigen und Trends für DRF schätzen, soll der aktuelle Forschungsstand verdeutlicht werden. Im Folgenden werden diese präsentiert und Inzidenzen zur besseren Vergleichbarkeit in Raten pro 100.000 Personenjahre angegeben. Für einen umfassenden Überblick befindet sich in Kapitel 6.2 eine Übersichtstabelle zu weiteren epidemiologischen Publikationen zu DRF.

Publikationen auf Basis von stationären und ambulanten Daten unter Berücksichtigung von Folgefrakturen

Leslie et. al untersuchten mithilfe des populationsbasierten Gesundheitsdatenregisters der Provinz Manitoba in Kanada, welches sowohl stationäre als auch ambulante Diagnosen als ICD-9 und ICD-10 sowie Prozeduren und weitere demographische Angaben beinhaltet, das Auftreten von verschiedenen Frakturen im Studienzeitraum vom 01.04.1986 bis zum 31.03.2006 (20 Jahre). Für Einwohner ab 50 Jahren wurden niedrigenergetische Frakturen

des Unterarms, des Humerus, der Hüfte und Wirbelfrakturen sowie niedrigenergetische Frakturen anderer Körperregionen und separat hochenergetische Traumata erfasst und Trends bezüglich der Frakturnraten ausgewertet. Zur Selektion der Frakturen (ausgenommen Hüftfrakturen) waren mindestens ein stationärer Aufenthalt oder zwei Arztkontakte innerhalb von 3 Monaten sowie eine *washout*-Periode von 6 Monaten, in der keine der spezifischen Diagnoseschlüssel kodiert sein durften, erforderlich, um Mehrfacherfassungen einer gleichen Fraktur zu limitieren. Für den Einschluss als Unterarmfrakturen wurde zusätzlich als notwendige Bedingung definiert, dass eine für die Fraktur spezifische Prozedur, beispielsweise Richtung der Bruchenden (Reposition), vorlag. Die IR wurden für das Jahr 1986 mit ungefähr 120 pro 100.000 PJ und 490 pro 100.000 PJ sowie für das Jahr 2006 mit ungefähr 130 pro 100.000 PJ und 420 pro 100.000 PJ für Männer und Frauen geschätzt (abgelesene Werte aus Fig. 2 der Publikation). Es zeigte sich eine signifikante Abnahme der Unterarmfrakturen bei Frauen (-1,2% Abnahme pro Jahr [-1,85% bis -0,5%]) bei konstanter Entwicklung der Frakturnraten des männlichen Geschlechts (+0,2% pro Jahr [-0,5% bis +0,9%]) [24].

Auf Basis von Daten der *Korean National Health Insurance*, welche die Krankenhaus- und Klinikdiagnosen der gesamten koreanischen Bevölkerung enthält, schätzten Kwon et al. die Inzidenz von DRF mittels ICD-10 Diagnoseschlüsseln (S52.5 und S52.6) und Prozedurenschlüsseln (N0607, N0603, N0993, N0994, N0983, N0643, T6020 und T6030). Im Zeitraum vom 01.01.2008 bis 31.12.2012 wurden nicht-hochenergetische Frakturereignisse bei Versicherten ab 50 Jahren inkludiert, wenn mindestens drei ambulante Krankenhaus- oder Klinikkontakte oder eine stationäre Aufnahme unter Angabe einer der genannten Schlüssel erfolgten. Durch personenbezogene Daten konnten Folgefrakturen erfasst werden, für die eine *washout*-Periode von mindestens 6 Monaten als notwendige Bedingung definiert wurde. Es zeigte sich ein Anstieg der Inzidenz (keine KI angegeben, da Kompletterhebung) von 367,4 pro 100.000 PJ insgesamt bzw. 134,8 pro 100.000 PJ für Männer und 566,1 pro 100.000 PJ für Frauen im Jahr 2008 auf 474,1 pro 100.000 PJ respektive 162,9 pro 100.000 PJ und 744,3 pro 100.000 PJ für Männer und Frauen im Jahr 2012. Dies entspricht einem prozentualen Anstieg der Inzidenz von 20,8% für das männliche und 31,5% für das weibliche Geschlecht. In der altersspezifischen Auswertung zeigte sich der maximale Anstieg der Inzidenz über den 5-Jahres Studienzeitraum in der Gruppe der Versicherten von 70-79 Jahren [13].

Jerrhag et al. veröffentlichten 2017 eine Arbeit, in der die Epidemiologie von distalen Unterarmfrakturen von 1999 bis 2010 in der Region Skåne in Südschweden untersucht wurde. Grundlage bildet das *Skåne Healthcare Register*, aus dem für Einwohner der Region ab 17 Jahren stationäre und ambulante ICD-Schlüssel (S52.50, S52.51, S52.60 und

S52.61) zur Selektion der Frakturen verwendet wurden. Die *washout*-Periode zur Erfassung von Folgefrakturen wurde auf 365 Tage festgelegt und auch vor dem ersten Studienjahr (1999) angewandt. Neben alters- und geschlechtsstratifizierten Inzidenzraten wurden Inzidenzen für die Population ab 50 bzw. 65 Jahren für beide Geschlechter über den gesamten Studienzeitraum angegeben: Für Männer und Frauen ab 50 Jahren ermittelten Jerrhag et al. Inzidenzraten von 171 und 714 pro 100.000 PJ, in der Population ab 65 Jahren betragen sie 204 und 987 pro 100.000 PJ. Es zeigten sich Trends mit signifikanten Zunahmen der altersstandardisierten jährlichen Inzidenzraten bei Männern (+0,7% pro Jahr [+0,1% bis +1,4%]) und Frauen (+0,9% pro Jahr [+0,5% bis +1,3%]), wobei sich bei gesonderter Auswertung der Altersklassen der positive Trend ausschließlich bei Männern in der Altersklasse 50-59 Jahren und Frauen der Altersklassen 40-49, 50-59, 60-69 und 70-79 Jahren zeigte. Für die Altersgruppe ab 50 Jahren zeigte sich die Zunahme nur bei Frauen (+0,5% pro Jahr [+0,1% bis +0,9%]), für die Altersgruppe ab 65 Jahren war sie für beide Geschlechter stabil [20].

Für die österreichische Bevölkerung ab 50 Jahren gibt es Untersuchungen von Dimai et al. über den Zeitraum 1989 bis 2010 auf Grundlage der österreichischen Krankenhausdiagnosestatistik sowie einer Extrapolation auf das stationäre und ambulante Versorgungssetting mittels Daten der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt. Die Erfassung der DRF erfolgte durch die ICD-9 Schlüssel 813.4 und 813.5 sowie die ICD-10 Schlüssel S52.5 und S52.6 und es wurde ein Korrekturfaktor für Mehrfacherfassungen, d.h. Überschätzungen durch mehrere stationäre Fälle einer gleichen DRF, in der Krankenhausdiagnosestatistik angewendet. Nach Altersstandardisierung lagen die stationären Inzidenzraten bei 24 und 84 pro 100.000 PJ für Männer und Frauen im Jahr 1989 sowie 37 und 192 pro 100.000 PJ im Jahr 2010. Für alle Frakturen betragen die IR 171 [156–185] pro 100.000 PJ und 709 [675–743] pro 100.000 PJ für Männer und Frauen im Jahr 1999 sowie 162 [151–174] pro 100.000 PJ und 607 [578–637] pro 100.000 PJ im Jahr 2010. Während in der ausschließlich stationären Versorgung Zunahmen im Zeitverlauf 1989-2010 beschrieben werden (Männer +2,0% pro Jahr [+1,6% bis +2,4%], Frauen +2,9% pro Jahr [+2,6% bis +3,2%]), ergibt sich unter Berücksichtigung beider Bereiche von 1999 bis 2010 eine Abnahme der durchschnittlichen jährlichen *Incidence Rate Ratio* (IRR) bei Frauen (-1,1% pro Jahr [-1,8% bis -0,4%]) und eine stabile Entwicklung bei Männern [22].

Publikationen auf Basis von stationären und ambulanten Daten unter Berücksichtigung von ausschließlich ersten Frakturen

Eine populationsbasierte Trendanalyse auf Basis eines repräsentativen Datensatzes der *Universal National Health Insurance* Taiwans für die Jahre 2000-2007 wurde von Tsai et al.

veröffentlicht. Für Versicherte ab 20 Jahren stehen stationäre und ambulante Diagnosedaten (Erfassung der DRF mittels ICD-9-CM 813.4) zu Verfügung, wobei der Zeitraum 1996-2000 als *washout* genutzt und ausschließlich so definierte Erstfrakturen inkludiert wurden. Neben einer kontinuierlichen Trendanalyse wurde in einem zweiten Ansatz das erste und letzte Jahr des Beobachtungszeitraums verglichen. Die Gesamtinzidenzrate stieg im Beobachtungszeitraum um ca. 42% von 101,5 [94–109] auf 144,9 [136–154] pro 100.000 PJ [17].

Ebenfalls ausschließlich Erstfrakturen wurden von van der Velde et al. mittels Daten der *Clinical Practice Research Data link* von 1990 bis 2012 für Personen ab 50 Jahren aus dem Vereinigten Königreich untersucht. In der Datenbank befinden sich von *general practitioners*, die eine Lotsenrolle in der britischen Krankenversorgung einnehmen, erhobene ICD-9 (Radius/Ulna: 813) Diagnoseschlüssel aus dem stationären und ambulanten Bereich. Von 1990 bis 2012 wurde eine Abnahme der IR für Frauen beobachtet (jährliche Veränderung der IR: -5,74 pro 100.000 PJ), während für Männer kein signifikanter Trend berichtet wird (jährliche Veränderung der IR: -0,90 pro 100.000 PJ). Für den Zeitraum 1990 bis 1994 werden für Männer IR von 96 pro 100.000 PJ angegeben, während die IR für Frauen mit 504 pro 100.000 PJ respektive 96 pro 100.000 PJ für Männer und 412 pro 100.000 PJ für Frauen im Zeitraum 2008-2012 beziffert wird [26].

Es wird ersichtlich, dass bezüglich der international berichteten Ergebnisse zu Inzidenzen und Trends von DRF große Unterschiede bestehen. Aus methodischer Sicht differieren die Publikationen bezüglich des betrachteten Versorgungssettings (stationär und/oder ambulant), der Selektion und Erfassung von DRF (ICD-9 vs. ICD-10 vs. OPS), der Berücksichtigung von möglichen Folgefrakturen im Studienzeitraum (alle Frakturen vs. nur Erstfrakturen) und hinsichtlich der Handhabung der *washout*-Perioden sowie Maßnahmen zur Absicherung von Diagnosen aus Sekundärdaten. Auch in der Verwendung von ambulanten Daten, beispielsweise aus niedergelassenen Arztpraxen oder aus Krankenhausambulanzen, unterscheiden sich die internationalen Studien, wobei die Vergleichbarkeit durch deutliche Unterschiede in der Organisation der nationalen Gesundheitssysteme erschwert wird. Während in Deutschland niedergelassene Orthopäden und (Unfall-)Chirurgen existieren, die teilweise eigenständig Röntgenaufnahmen durchführen, sind im Ausland zum Teil Röntgenaufnahmen nur im Krankenhaus oder in Klinikambulanzen möglich, so dass dortige Krankenhausdaten die gesamte Frakturbelastung vermutlich besser abdecken als in Deutschland.

3. Fragestellungen und Ziele der Arbeit

Aufgrund der bisherigen Ausführungen lässt sich festhalten, dass die Studienlage trotz der Häufigkeit des Auftretens von distalen Radiusfrakturen in der älteren Bevölkerung und ihrer Relevanz auf individueller und gesellschaftlicher Ebene insbesondere für Deutschland begrenzt ist. Die meisten Studien betrachten hospitalisierte Patienten mit DRF [23, 27, 28] und zeitliche Trends wurden bislang selten analysiert [20, 22, 24]. Bei ausschließlicher Verwendung stationärer Daten besteht die Gefahr einer deutlichen Unterschätzung der Inzidenzraten.

In dieser Studie werden mithilfe von Routinedaten einer der mitgliederstärksten gesetzlichen Krankenkassen Deutschlands, der AOK Rheinland/Hamburg, sowohl stationäre als auch ambulante Daten zu DRF ausgewertet, um Inzidenzen für die beiden Versorgungsbereiche getrennt und insgesamt sowie Trends zu beschreiben. Die Ergebnisse werden dabei für die standardisierte Gesamtbevölkerung ab 60 Jahren und stratifiziert nach Alter und Geschlecht berichtet. In der vorliegenden Literatur zu DRF sind Assoziationen zu Alter und Geschlecht mehrfach untersucht: Während weibliches Geschlecht einen deutlichen Risikofaktor darstellt, variieren die Ergebnisse zum Alter zumeist für die höchsten Altersklassen. Andere Risikofaktoren wie chronische Erkrankungen sind bisher sehr selten untersucht worden und ergaben teilweise widersprüchliche Ergebnisse.

Die Ziele dieser Arbeit sind:

1. Die Analyse der Inzidenzen sowie deren Entwicklung (Inzidenz-Trends) von distalen Radiusfrakturen in der älteren Bevölkerung unter Berücksichtigung von Folgefrakturen.
2. Die Untersuchung von Assoziation mit Alter, Geschlecht und Komorbidität sowie Kalenderjahr (zur Analyse von Trends) als unabhängige Variablen und der Frakturinzidenzen als abhängige Variable mittels multipler Regressionsmodelle.

4. Methodik

4.1 Studiendesign und Studienpopulation

Es handelt sich um eine retrospektive, populationsbasierte Beobachtungsstudie von stationär und ambulant versorgten Patienten unter Berücksichtigung aller im Studienzeitraum individuell aufgetretener Frakturen, d.h. inklusive möglicher Folgefrakturen, auf Basis von Routinedaten der Allgemeinen Ortskrankenkasse Rheinland/Hamburg (AOK RH). Die AOK RH ist die achtgrößte deutsche gesetzliche Krankenkasse, die aus der Fusion der AOK Rheinland und der AOK Hamburg im Jahr 2006 entstanden ist. Sie hat insgesamt über 3 Millionen Versicherte (Stand 2018) [88], von denen nach eigenen Angaben rund ein Viertel 60 Jahre oder älter ist. Mit 28% Anteil an der Gesamtbevölkerung ist sie die größte Krankenkasse in Nordrhein-Westfalen und deckt ca. 16% der Bevölkerung des Bundeslandes Hamburg ab.

Die Daten wurden von der AOK RH über den Zeitraum 01.01.2013 bis 31.12.2018 zur Verfügung gestellt. Neben Stammdaten der Versicherten, beispielsweise Geburtsdatum, Geschlecht und Versicherungszeit, beinhalteten die Abrechnungsdaten individuelle Kodier-Schlüssel zu Diagnosen und Operationen bzw. Prozeduren inklusive Zeitangaben. Es wurden Versicherte ab dem Kalenderjahr innerhalb des Beobachtungszeitraums eingeschlossen, in dem sie mindestens das 59. Lebensjahr vollendet haben. Für die Analyse wurden Fünf-Jahres Altersklassen verwendet: 60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84, 85-89 und ≥ 90 Jahre.

Um eine Unterschätzung der Inzidenzen durch Frakturereignisse während Versicherungsanspruchnahme bei einer anderen Krankenkasse zu vermeiden, wurde nur die letzte kontinuierliche Versicherungsperiode (VP) betrachtet. Diese ist definiert als der letzte Zeitraum innerhalb der Beobachtungszeit, in dem der oder die Versicherte durchgängig bei der AOK RH versichert war. Fehlzeiten von maximal 7 Tagen, die beispielsweise aus Abrechnungsgründen oder Änderungen im Versichertenstatus entstehen, wurden akzeptiert.

4.2 Erfassung der DRF-Ereignisse

Die distalen Radiusfrakturen wurden mithilfe der für Deutschland angepassten 10. Ausgabe der *International Classification of Diseases* (ICD-10-GM) erfasst [89]. Die Klassifikation wird vom Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag

des Bundesministeriums für Gesundheit jährlich überarbeitet und ist gemäß § 301 SGB V im stationären und gemäß § 295 SGB V im ambulanten Bereich für den Datenaustausch zwischen Leistungserbringern und Kostenträgern verpflichtend. Für die Analyse von DRF erfolgte die Zuordnung der einzelnen ICD-10-GM-Schlüssel (inklusive untergeordneter Diagnosen durch „-“ gekennzeichnet) unter Berücksichtigung der internationalen Studienlage. Der folgenden Tabelle 1 sind die dabei zur Identifikation verwendeten ICD-10-GM-Schlüssel zu entnehmen:

ICD-10-GM-Schlüssel	Bezeichnung gemäß ICD-10-GM
S52.5-	Distale Fraktur des Radius
S52.50	Nicht näher bezeichnet Distales Ende o.n.A.
S52.51	Extensionsfraktur Colles-Fraktur
S52.52	Flexionsfraktur Barton-Fraktur Smith-Fraktur
S52.59	Sonstige und multiple Teile Intraartikuläre Fraktur
S52.6	Distale Fraktur der Ulna und des Radius, kombiniert

Tabelle 1: **ICD-10 Schlüssel zur Identifikation einer distalen Radiusfraktur (DRF)**, modifiziert nach [89].

Zur Identifikation einer DRF wurden im ambulanten Versorgungssetting nur ICD-Schlüssel mit der Diagnosesicherheit „G“ entsprechend einer gesicherten Diagnose oder mit fehlender Diagnosesicherheit eingeschlossen. ICD-Schlüssel, die als Verdacht „V“, symptomloser Zustand nach einer früheren aktiven Diagnose „Z“ oder ausgeschlossene Diagnose „A“ vorliegen, wurden in den Analysen weder als Ein- noch als Ausschlusskriterium berücksichtigt. Diagnosen aus der stationären oder ambulanten Rehabilitation wurden ebenfalls nicht zur Identifikation einer neuen Fraktur verwendet, da davon ausgegangen wird, dass diesbezügliche Diagnosen aus der stationären oder ambulanten Akutversorgung in den Daten enthalten sind.

Zur Vermeidung von Überschätzungen der Inzidenzraten aufgrund von Diagnosen, die im Rahmen der Entfernungen von Osteosynthesematerial nach abgeschlossener Frakturheilung kodiert werden, erfolgte eine Korrektur mittels Operationen- und Prozedurenschlüsseln (OPS) [90]. Bei Vorhandensein von mindestens einem der in Tabelle

2 angegebenen Schlüssel im Zusammenhang mit einer DRF-Diagnose wurde diese weder für die Inzidenzschätzung noch für die Ermittlung der Verlaufsauer verwendet.

OPS	Name des Schlüssels
5-787.k5	Entfernung von Osteosynthesematerial Winkelstabile Platte: Radiuschaft
5-787.k6	Entfernung von Osteosynthesematerial Winkelstabile Platte: Radius distal
5-787.96	Entfernung von Osteosynthesematerial Fixateur externe: Radius distal Exkl.: Ringfixateur (5-787.m ff.) Exkl.: Bewegungsfixateur (5-787.n ff.)
5-787.35	Entfernung von Osteosynthesematerial Platte: Radiuschaft
5-787.36	Entfernung von Osteosynthesematerial Platte: Radius distal
5-787.05	Entfernung von Osteosynthesematerial Draht: Radiuschaft
5-787.06	Entfernung von Osteosynthesematerial Draht: Radius distal
5-787.x6	Entfernung von Osteosynthesematerial Sonstige: Radius distal

Tabelle 2: **Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) zur Identifikation von Entfernungen von Osteosynthesematerial**, modifiziert nach [90, 91].

Der Datensatz war zu Beginn des Beobachtungszeitraums und den jeweiligen Versicherungsperioden linkszensiert, d.h. es konnten keine Aussagen über Diagnosen oder Ereignisse vor Beginn des Beobachtungszeitraums bzw. der jeweiligen Versicherungsperiode getätigt werden. Für die in den Daten enthaltenen Ereignisse konnte nur geprüft werden, ob es sich um Erstereignisse im Beobachtungszeitraum handelt, nicht aber erste Ereignisse bezogen auf die gesamte Lebenszeit der Versicherten. Folglich konnte nicht sicher festgestellt werden, ob es sich bei der ersten kodierten DRF-Diagnose um eine Nachbehandlung („*follow-up*“) mit Frakturereignis außerhalb des Beobachtungszeitraums oder um ein neues Frakturereignis handelt. Verschiedene Ansätze sind denkbar, um dem Problem der Linkszensierung und der damit verbundenen Überschätzung von Ereignissen am Beginn des Beobachtungszeitraums zu begegnen. Zwei mögliche Ansätze werden nachfolgend vorgestellt.

4.2.1 Ansatz A – Definition und Zugrundelegung eines ereignisfreien Zeitraums als *washout*-Periode vor der DRF

Bei diesem Ansatz wird für die Erfassung der DRF-Ereignisse ein notwendiger ereignisfreier Zeitraum als *washout*-Periode von mindestens 184 Tagen (entspricht der Dauer von mindestens zwei Quartalen) festgelegt. Um valide jährliche Trends zu schätzen und keiner Beeinflussung durch mögliche saisonale Faktoren zu unterliegen, wurde a priori das gesamte Jahr 2013 (1. Halbjahr entspricht mindestens 184 Tagen *washout*-Periode) ausschließlich als *washout*-Periode verwendet, so dass der Beobachtungszeitraum die Jahre 2014 bis 2018 umfasste. Zur Diskrimination von Folgefrakturen, d.h. mehreren DRF-Ereignissen pro Versichertem, wurde in Analogie zum Beobachtungsbeginn eine notwendige *washout*-Periode von mindestens 184 Tagen (entspricht der Dauer von mindestens zwei Quartalen) zwischen zwei potenziellen DRF definiert, in welchem keine Ziel-Diagnosen enthalten sein durften. Die Dauer der *washout*-Periode wurde auf Basis existierender Literatur und klinischer Expertise zur Behandlungsdauer bestimmt. Dabei definierten alle kodierten DRF-ICD bis zum Beginn des nächsten ereignisfreien Zeitraums oder bis zum Studienende die Therapiedauer einer Fraktur. Bei einer stationären Therapie zählten alle Krankenhaustage bis zur Entlassung zur Verlaufsdauer. Im ambulanten Bereich wurde aufgrund der quartalsweisen Abrechnung (es wird kein taggenaues Datum der Behandlung kodiert) die Verlaufsdauer bis zum Quartalsende vor Beginn des nächsten ereignisfreien Zeitraums definiert.

Eine DRF wurde als stationär versorgt gewertet, wenn innerhalb der Behandlungsdauer eine stationäre DRF-Diagnose kodiert wurde. Andernfalls wurde die DRF als ausschließlich ambulant versorgt klassifiziert. Erst nach Ablauf der *washout*-Periode steht der oder die jeweilige Versicherte erneut unter Risiko eine weitere DRF zu erleiden.

Die folgende Abbildung 8 zeigt mittels eines Zeitstrahls die Anwendung der Operationalisierung anhand dreier fiktiver Fälle.

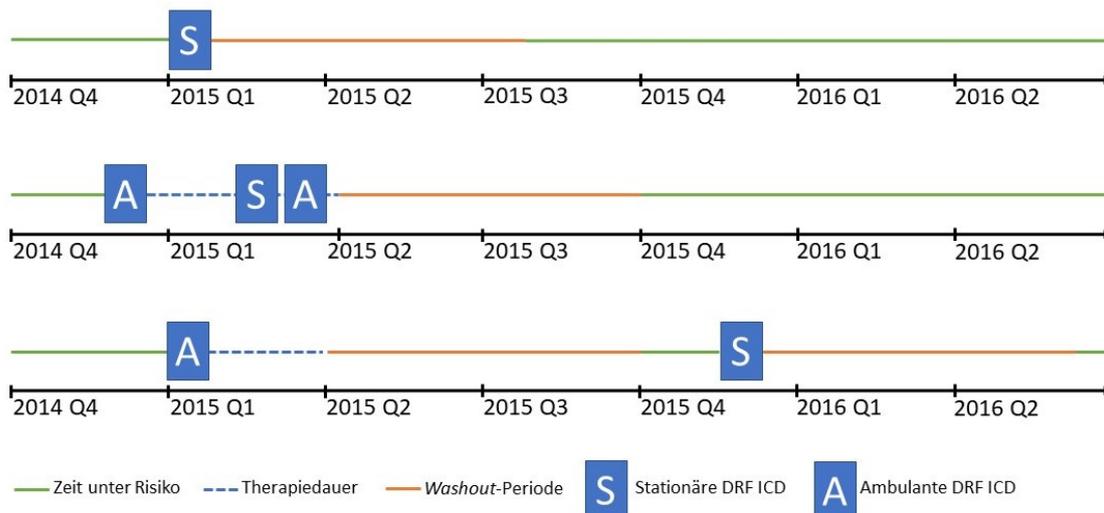


Abb. 8: **Operationalisierung von DRF-Ereignissen (Ansatz A) im Zeitstrahl dreier fiktiver Versichertenfälle.**

In der Abbildung werden drei Beispiele dargestellt: (I) Die *washout*-Periode beginnt nach Entlassung aus der stationären Behandlung und der Versicherte befindet sich im Anschluss erneut unter Risiko. (II) Die Therapiedauer erstreckt sich primär bis zum Quartalsende 2014 Q1, dann bis zum Beginn der stationären Behandlung (da keine 184 diagnosefreien Tage erreicht werden), im Anschluss bis zur ambulanten Diagnose (erneut keine 184 diagnosefreien Tage) und letztlich bis zum Quartalsende 2015 Q1. (III) Versicherter mit ambulanter DRF und Behandlungsdauer bis zum Quartalsende 2015 Q1, dann *washout*-Periode und erneute Zeit unter Risiko. Auftreten einer stationären Folgefraktur mit folgender *washout*-Periode und anschließender Zeit unter Risiko.

4.2.2 Ansatz B – Erfassung der ersten Fraktur pro Jahr

Ansatz B schätzt Periodeninzidenzen, indem die erste Fraktur eines Versicherten pro Kalenderjahr erfasst wird und der Versicherte im Anschluss bis zum Jahresende nicht mehr unter Risiko steht. Es kann folglich maximal eine DRF pro Versichertem und Jahr gezählt werden. Die Klassifizierung zur stationären oder ambulanten Versorgung hängt von der Herkunft der ersten DRF-Diagnose pro Jahr ab. Da keine *washout*-Periode zu Beginn des Beobachtungszeitraums notwendig ist, kann die Analyse ab dem ersten Jahr des Datensatzes (2013) durchgeführt werden, so dass der Beobachtungszeitraum ein Jahr mehr als bei Ansatz A umfasst.

Für die gleichen drei Konstellationen wie in Abbildung 8 für Ansatz A dargestellt, zeigt die Abbildung 9 die Anwendung des Ansatzes B.

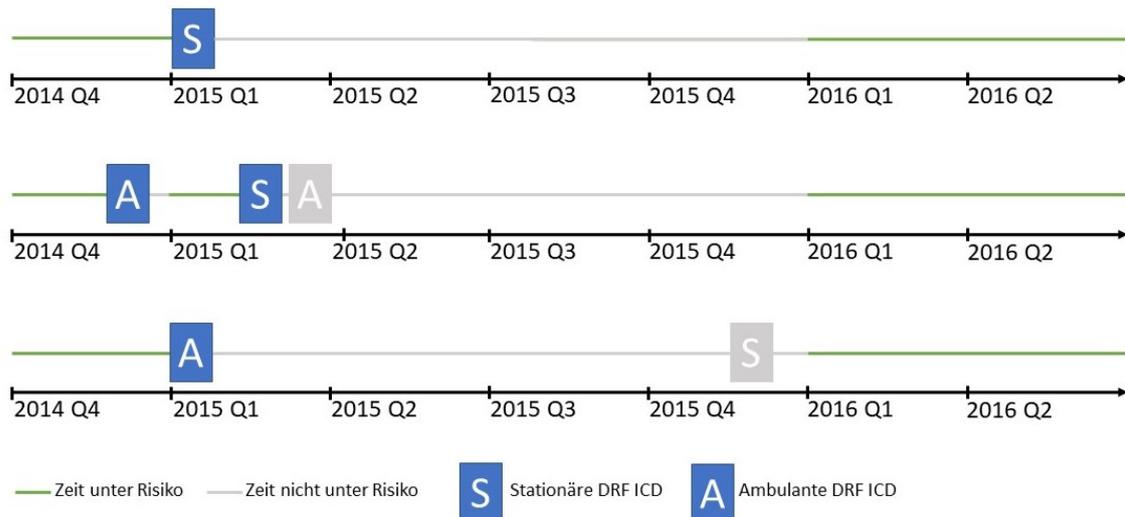


Abb. 9: **Operationalisierung von DRF-Ereignissen (Ansatz B) im Zeitstrahl dreier fiktiver Versichertenfälle.** Ausgegraute DRF-Diagnosen werden nicht für die Inzidenzschätzung berücksichtigt.

Auch hier dienen drei Beispiele zur Veranschaulichung: (I) Erfassung einer stationären DRF im ersten Quartal 2015, erst ab dem ersten Quartal 2016 erneut unter Risiko. (II) Erfassung einer ambulanten DRF in 2014 Q4, ab 2015 Q1 erneut unter Risiko mit stationärer DRF in diesem Quartal ohne weitere Beachtung der ambulanten DRF-Diagnose in 2015 Q1. Insgesamt zwei DRF gezählt. (III) Versicherter mit ambulanter DRF in 2015 Q1 und erneuter Zeit unter Risiko ab 2016 Q1, die stationäre DRF in 2015 Q4 findet keine Berücksichtigung. Insgesamt eine DRF gezählt. Es wird deutlich, dass sich die Anzahl der erfassten DRF-Ereignisse insbesondere an Jahreswechseln unterscheidet. Während in Fall (II) bei Ansatz A ein DRF-Ereignis von 2014 bis 2015 gezählt wird, erfolgt bei Ansatz B zusätzlich die Erfassung eines stationären Ereignisses im Folgejahr 2015. Demgegenüber wird bei Fall (III) ein zweites stationäres DRF-Ereignis zum Jahresende 2015 inkludiert, welches bei Ansatz B keine Berücksichtigung findet.

Für die Analysen der vorliegenden Arbeit wurde der Ansatz A gewählt.

4.3 Erfassung der Personenzzeit

Die Personenzjahre unter Risiko zur Berechnung der Inzidenzen wurden durch Aufsummierung der individuellen Zeiten unter Risiko der einzelnen Versicherten ermittelt. Durch die Betrachtung von Folgefrakturen konnten Versicherte mehrere Zeitabschnitte unter Risiko im Beobachtungszeitraum aufweisen, wenn nach einer Fraktur der ereignisfreie Zeitraum als hinreichende Bedingung erfüllt ist.

Der Selektionsprozess wird durch das Flow Chart (Abbildung 10) verdeutlicht. Auf die initial in den Rohdaten existierenden 977.216 Versicherten über 60 Jahren entfielen für den Zeitraum 2014-2018 im Mittel 4,011 bzw. im Median 4,999 Beobachtungsjahre pro Person, so dass der Großteil an Versicherten über die gesamte Beobachtungszeit bei der AOK RH versichert war. Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, wurden Diagnosen in Verbindung mit OPS zur Metallentfernung exkludiert. Ebenso wurden beim Vorhandensein mehrerer Indexdiagnosen eines Versicherten an einem Tag diese zu einer DRF-Diagnose aggregiert. Abschließend wurden nach Anwendung der für Ansatz A beschriebenen Bedingungen, DRF-Diagnosen und Personenjahre außerhalb der Zeiten unter Risiko sowie alle Versicherten exkludiert, die während des Studienzeitraums keine Zeiten unter Risiko aufwiesen. Nach Selektion bestand die Studienpopulation aus 974.332 Versicherten, auf die insgesamt 17.705 DRF-Diagnosen entfielen. Die summierten Personenjahre unter Risiko ($n=3.893.003$) verteilten sich gleichmäßig über die Kalenderjahre 2014-2018.

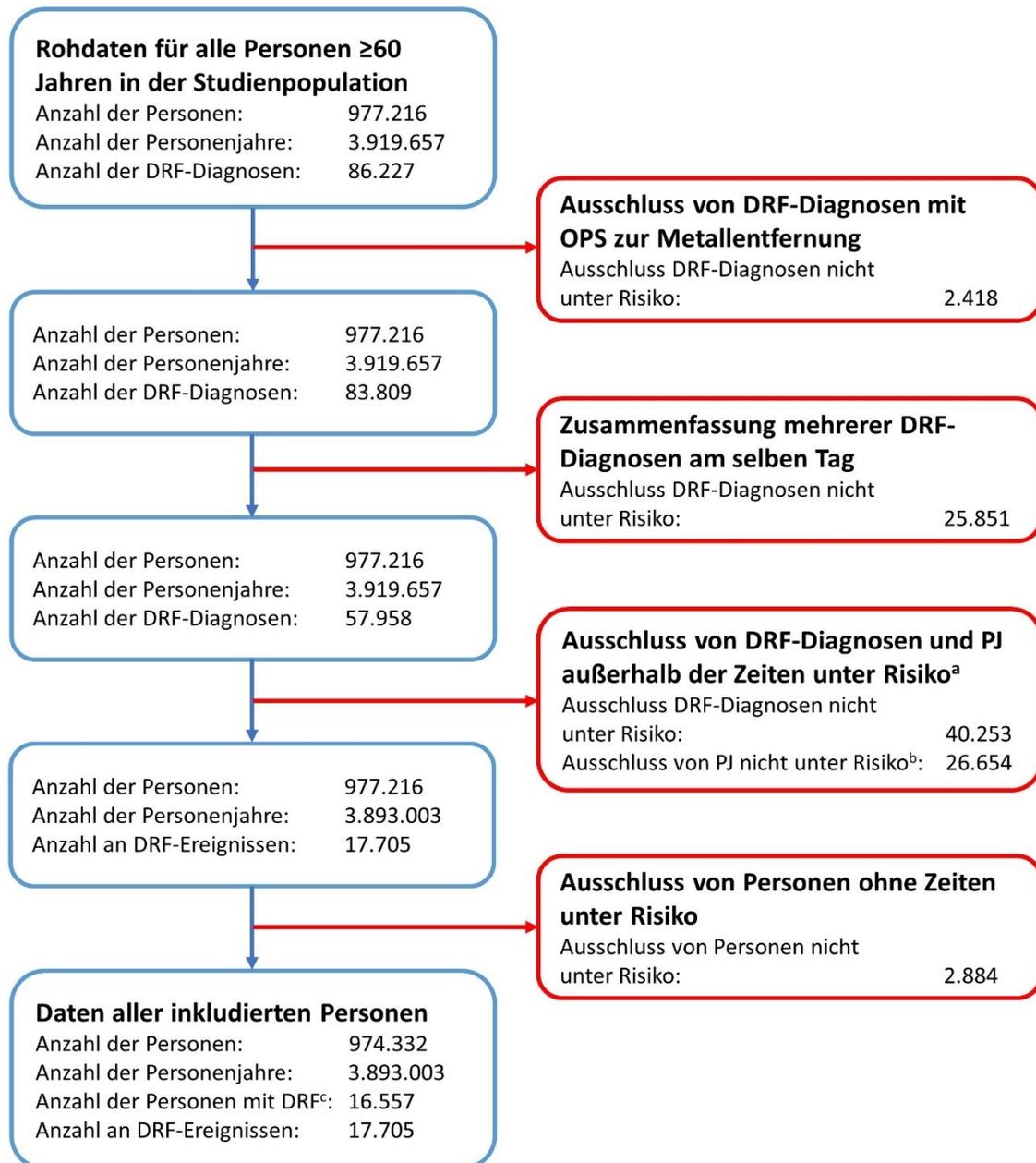


Abb. 10: Flowchart des Selektionsprozesses (alle DRF-Ereignisse einer Person und entsprechende Personenjahre, in denen die Person gefährdet ist). Distale Radiusfraktur (DRF); Operations- und Prozedurenschlüssel (OPS); Personenjahre (PJ). Abbildung modifiziert nach [91].

^a Im dritten Selektionsschritt werden die DRF-Ereignisse als Beobachtungseinheit aus den kodierten DRF-Diagnosen (ICD-10-Schlüssel) gebildet

^b Die Personenjahre nicht unter Risiko setzen sich aus den Therapie- und *washout*-Perioden einer Person zusammen, in denen keine Folgefrakturen gezählt werden

^c Einschließlich Personen mit Folgefrakturen

4.4 Adjustierungsvariablen

Als Adjustierungsvariablen wurden Alter (in Fünf-Jahres Altersklassen: 60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84, 85-89 und ≥ 90 Jahre), Geschlecht (männlich und weiblich) und Komorbidität sowie das Kalenderjahr (als ordinale Differenz vom ersten Jahr des Beobachtungszeitraums 2014 zur Trendschätzung) einbezogen. Die Komorbidität wurde mittels klassiertem Charlson-Komorbiditätsindex abgebildet. Dazu wurden die Komorbiditäts-Diagnosen (beispielsweise Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz und periphere Gefäßerkrankungen) [92] über stationäre und ambulante ICD-10-Schlüssel aus dem Quartal vor der DRF berücksichtigt und im Anschluss mit der von Sundararajan et al. beschriebenen Gewichtung summiert [93]. Die Tabelle 3 beschreibt die verwendeten Diagnoseschlüssel inklusive der Gewichtung für die Einordnung in die Komorbiditätsklassen 0, 1, 2-3, 4-5 und ≥ 6 des Scores.

Name der Komorbidität (Originalbezeichnung)	ICD-10 Schlüssel ggf. inklusive untergeordneter Diagnosen (durch „x“ gekennzeichnet) nach [92]	Gewichtung nach [93]
Herzinfarkt (<i>Myocardial infarction</i>)	I21.x, I22.x, I25.2	1
Herzinsuffizienz (<i>Congestive heart failure</i>)	I09.9, I11.0, I13.0, I13.2, I25.5, I42.0, I42.5– I42.9, I43.x, I50.x, P29.0	1
Periphere Gefäßerkrankung (<i>Peripheral vascular disease</i>)	I70.x, I71.x, I73.1, I73.8, I73.9, I77.1, I79.0, I79.2, K55.1, K55.8, K55.9, Z95.8, Z95.9	1
Zerebrovaskuläre Erkrankung (<i>Cerebrovascular disease</i>)	G45.x, G46.x, H34.0, I60.x–I69.x	1
Demenz (<i>Dementia</i>)	F00.x–F03.x, F05.1, G30.x, G31.1	1
Chronische Lungenerkrankung (<i>Chronic pulmonary disease</i>)	I27.8, I27.9, J40.x–J47.x, J60.x–J67.x, J68.4, J70.1, J70.3	1
Rheumatische Erkrankung (<i>Rheumatic disease</i>)	M05.x, M06.x, M31.5, M32.x–M34.x, M35.1, M35.3, M36.0	1
Ulkuskrankheit (<i>Peptic ulcer disease</i>)	K25.x–K28.x	1
Milde Lebererkrankung (<i>Mild liver disease</i>)	B18.x, K70.0–K70.3, K70.9, K71.3–K71.5, K71.7, K73.x, K74.x, K76.0, K76.2–K76.4, K76.8, K76.9, Z94.4	1
Diabetes mellitus ohne chronische Komplikation (<i>Diabetes without chronic complication</i>)	E10.0, E10.1, E10.6, E10.8, E10.9, E11.0, E11.1, E11.6, E11.8, E11.9, E12.0, E12.1, E12.6, E12.8, E12.9, E13.0, E13.1, E13.6, E13.8, E13.9, E14.0, E14.1, E14.6, E14.8, E14.9	1

Diabetes mellitus mit chronischer Komplikation (<i>Diabetes with chronic complication</i>)	E10.2–E10.5, E10.7, E11.2–E11.5, E11.7, E12.2–E12.5, E12.7, E13.2–E13.5, E13.7, E14.2–E14.5, E14.7	2
Hemieplegie oder Paraplegie (<i>Hemiplegia or paraplegia</i>)	G04.1, G11.4, G80.1, G80.2, G81.x, G82.x, G83.0–G83.4, G83.9	2
Nierenerkrankung (<i>Renal disease</i>)	I12.0, I13.1, N03.2–N03.7, N05.2–N05.7, N18.x, N19.x, N25.0, Z49.0–Z49.2, Z94.0, Z99.2	2
Malignom inklusive Lymphom und Leukämie, ausgenommen Malignome der Haut (<i>Any malignancy, including lymphoma and leukemia, except malignant neoplasm of skin</i>)	C00.x–C26.x, C30.x–C34.x, C37.x–C41.x, C43.x, C45.x–C58.x, C60.x–C76.x, C81.x–C85.x, C88.x, C90.x–C97.x	2
Moderate oder schwere Lebererkrankung (<i>Moderate or severe liver disease</i>)	I85.0, I85.9, I86.4, I98.2, K70.4, K71.1, K72.1, K72.9, K76.5, K76.6, K76.7	3
Metastasierter solider Tumor (<i>Metastatic solid tumor</i>)	C77.x–C80.x	3
AIDS/HIV	B20.x–B22.x, B24.x	6

Tabelle 3: **Operationalisierung der Komorbidität**, modifiziert nach [92, 93].

Es soll noch einmal hervorgehoben werden, dass sich die Adjustierungsvariablen auf das jeweilige DRF-Ereignis (Berücksichtigung aller Frakturen) beziehen. Folglich können im Studienverlauf unterschiedliche Ausprägungen von Alter oder Charlson-Komorbiditätsindex eines Versicherten - entsprechend des dazugehörigen Ereignisses - vorliegen.

4.5 Statistische Analyse

Aus den vorliegenden GKV-Daten wurden Inzidenzraten (IR) aller im Studienzeitraum aufgetretenen DRF-Ereignisse einer Person für beide Versorgungssettings gesamt und stratifiziert für den stationären und ambulanten Sektor berechnet. Dies geschieht unter der Annahme einer Poisson-Verteilung pro 100.000 Personenjahre (PJ) inklusive der Angabe von approximativen 95% Konfidenzintervallen [95% KI] für verschiedene Subgruppen. Zur besseren Vergleichbarkeit und Abbildung der gesamtdeutschen Bevölkerungsstruktur wurde eine Alters- und Geschlechts-Standardisierung auf die deutsche Bevölkerung aus dem letzten Studienjahr, 2018, vorgenommen (Datengrundlage: Angaben des Statistischen Bundesamts (DESTATIS)).

Inzidenzraten wurden insgesamt sowie stratifiziert nach Alter in Fünf-Jahres Altersklassen (60-64, 65-69, 70-74, 75-79, 80-84, 85-89 und ≥ 90 Jahre), Geschlecht (männlich und weiblich), Kalenderjahr (2014-2018) und Komorbidität auf Grundlage des klassierten Charlson-Komorbiditäts-Index (0, 1, 2-3, 4-5, ≥ 6) geschätzt.

Zur Untersuchung des Zusammenhangs von Inzidenzraten als abhängige Variable und möglichen Risikofaktoren wie Altersklasse, Geschlecht, Kalenderjahr (als ordinale Trend-Variable mit Vergleich zum Ausgangsjahr 2014) und Komorbidität als unabhängige Variablen wurden multiple Poisson-Regressionsmodelle angepasst.

Zeitliche Trends wurden als jährliche Veränderung durch Inzidenzraten-Ratios (IRR) unter Angabe von 95% Konfidenzintervallen als 1-Jahres-Differenz und zusätzlich als durchschnittliche Veränderung ($IRR^4 = IRR * IRR * IRR * IRR$, entsprechend vier 1-Jahres-Differenzen von 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018) über den gesamten Studienzeitraum anhand desselben Modells geschätzt. Um für Überdispersion zu adjustieren, wurden die Poisson-Regressionsmodelle mittels *dscale adjustment* [94] auf der Grundlage von Inzidenzdaten (DRF-Ereignisse und Personenjahre) stratifiziert nach Jahr, Quartal, Geschlecht, Altersklassen und Komorbiditätsklassen angepasst. Darüber hinaus wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die eine Adjustierung für *repeated measurements* im Poisson-Modell beinhaltete. Die Analysen wurden mit der statistischen Analysesoftware SAS Release 9.4 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) durchgeführt.

4.6 Ethikvotum

Die Datenanalyse im Rahmen der Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf geprüft und genehmigt (Ethikvotum 5455). Die Arbeit erfolgte unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben zum Schutz von Sozialdaten nach wissenschaftlichen Standards gemäß der Deklaration von Helsinki und vergleichbaren ethischen Standards wie der Guten Epidemiologischen Praxis (GEP) [95] und der Guten Praxis Sekundärdatenanalyse (GPS) [96]. Es liegt eine Genehmigung vom Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen nach § 75 Absatz 4 SGB X zur Übermittlung von Sozialdaten für das Forschungsvorhaben vor.

5. Ergebnisse

5.1 Deskription der Studienpopulation und der DRF-Diagnosen

Von den 974.332 Versicherten der AOK RH, welche die finale Studienpopulation bildeten, wiesen im Zeitraum 2014-2018 16.557 Personen insgesamt 17.705 distale Radiusfrakturen auf. Unter den insgesamt 17.705 DRF waren 1.148 Folgefrakturen, was einen Anteil von 6,5% an allen DRF ausmachte [91].

Die Frakturen verteilten sich auf 2.776 Fälle bei Männern und 14.929 Fälle bei Frauen, was einem Anteil von 15,7% und 84,3% bzw. einem Geschlechterverhältnis von 1:6,4 entsprach. Das Alter beim Frakturereintritt lag im Mittel bei 76,8 Jahren, wobei die Standardabweichung 9,3 Jahre betrug [91]. Frauen waren mit 77,4 (\pm 9,3) Jahren beim Auftreten einer DRF durchschnittlich älter als Männer mit 73,5 (\pm 9,0) Jahren. In der Alters- und Geschlechtsverteilung fand sich ein Maximum der DRF-Fälle in der Gruppe der 80-84-jährigen Frauen, wobei sich für weibliche Versicherte von 75-79 Jahren mit 19,6% ein ähnlicher Anteil an der Gesamtzahl der Frakturen bei Frauen darstellte. Bei Männern traten die meisten Fälle in der jüngsten Altersklasse 60-64 Jahre auf, wobei die Fallzahlen bei Männern im Geschlechtervergleich eine deutlich untergeordnete Rolle spielten.

Bei 9.961 Fällen handelte es sich um DRF, die im Krankenhaus versorgt wurden. Dies entsprach 56,26% aller DRF-Ereignisse [91]. Im Mittel erfolgte nach 4,8 Tagen eine stationäre Aufnahme, wobei die Standardabweichung 18,3 Tage betrug. Die Therapiedauer der Fälle umfasste durchschnittlich 16,8 Wochen (Median 10,4 Wochen), wobei nur rund 5% der Fälle auch nach einem Jahr noch nicht abgeschlossen waren. 7.744 DRF (43,74%) wurden ausschließlich ambulant versorgt.

Mit ungefähr 31% bildete die Klasse mit dem geringsten Charlson-Komorbiditätsindex von 0 den größten Anteil an den DRF-Fällen. Deutlich seltener waren die Komorbiditätsklassen 4-5 (ca. 12%) oder \geq 6 (ca. 9%) vertreten. Der Mittelwert bei allen DRF-Fällen lag bei einem Charlson-Komorbiditätsindex von 2,0 (Median 1) mit einer Standardabweichung von 2,2 und einem Maximalwert von 15.

Insgesamt 1.022 Versicherte (6,2% aller 16.557 Versicherten mit DRF) hatten mehr als eine DRF im Beobachtungszeitraum, wobei zumeist zwei Frakturereignisse erfasst wurden. Für eine Person lag das Maximum von fünf DRF vor [91]. Die gesamten DRF-Ereignisse verteilen sich gleichmäßig über die fünf Kalenderjahre des Beobachtungszeitraums.

Die Tabelle 4 fasst die Deskription der Studienpopulation zusammen.

	Anzahl der DRF inklusive Folgefakturen
Gesamtzahl [n (%)]^a	17.705 (100,0)
davon Folgefrakturen	1.148 (6,5)
Geschlecht [n (%)]^a	
Männer	2.776 (15,7)
Frauen	14.929 (84,3)
Alter in Jahren [Mittelwert, Standardabweichung]^a	76,8 ± 9,3
Alter in 5-Jahresgruppen [n (%)]^{a, b}	
60-64 Jahre	2.366 (13,4)
65-69 Jahre	2.269 (12,8)
70-74 Jahre	2.248 (12,7)
75-79 Jahre	3.457 (19,5)
80-84 Jahre	3.338 (18,9)
85-89 Jahre	2.550 (14,4)
≥90 Jahre	1.477 (8,3)
Alter in 5-Jahresgruppen für Männer [n (%)]^{a, b}	
60-64 Jahre	592 (21,3)
65-69 Jahre	462 (16,6)
70-74 Jahre	441 (15,9)
75-79 Jahre	526 (18,9)
80-84 Jahre	386 (13,9)
85-89 Jahre	244 (8,8)
≥90 Jahre	125 (4,5)
Alter in 5-Jahresgruppen für Frauen [n (%)]^{a, b}	
60-64 Jahre	1.774 (11,9)
65-69 Jahre	1.807 (12,1)
70-74 Jahre	1.807 (12,1)
75-79 Jahre	2.931 (19,6)
80-84 Jahre	2.952 (19,8)
85-89 Jahre	2.306 (15,4)
≥90 Jahre	1.352 (9,1)
Versorgungssetting [n (%)]^a	
Stationär	9.961 (56,3)
Ambulant	7.744 (43,7)
Charlson-Komorbiditätsindex [n (%)]^{a, b, c}	
0	5.485 (31,0)
1	3.755 (21,2)

2-3	4.756 (26,9)
4-5	2.195 (12,4)
≥6	1.514 (8,6)
Anzahl an DRF pro Individuum	
[n (%)]^{b, d}	
1	15.535 (93,8)
2	912 (5,5)
3	95 (0,6)
4	14 (0,1)
5	1 (<0,1)
Anzahl an DRF pro Kalenderjahr [n (%)]^{a, b}	
2014	3.572 (20,2)
2015	3.604 (20,4)
2016	3.466 (19,6)
2017	3.494 (19,7)
2018	3.569 (20,2)

Tabelle 4: **Charakterisierung der Studienpopulation**, n Anzahl. Tabelle modifiziert nach [91].

^a Bezugsgröße der Variable sind alle DRF-Ereignisse (inklusive Folgefrakturen)

^b rundungsbedingte Abweichung von 100%

^c Der Charlson-Komorbiditätsindex wurde wie alle anderen Adjustierungsvariablen für die gesamte Studienpopulation berechnet DRF)

^d Anzahl an DRF-Ereignissen pro Person (Prozentanteile bezogen auf insgesamt 16.557 Versicherte mit DRF)

Auf den Schlüssel S52.50 als „Distale Fraktur des Radius: Nicht näher bezeichnet inkl. Distales Ende o.n.A.“ entfiel ungefähr die Hälfte aller Diagnosen. S52.51 als „Distale Fraktur des Radius: Extensionsfraktur inkl. Colles-Fraktur“ machte als zweithäufigster Schlüssel etwas mehr als ein Viertel aller Diagnosen aus. S52.6 „Distale Fraktur der Ulna und des Radius, kombiniert“, S52.59 „Distale Fraktur des Radius: Sonstige und multiple Teile inkl. intraartikuläre Fraktur“, S52.5 als allgemeine „Distale Fraktur des Radius“ und S52.52 „Distale Fraktur des Radius: Flexionsfraktur inkl. Barton-Fraktur, Smith-Fraktur“ spielten in der Häufigkeitsverteilung eine untergeordnete Rolle.

5.2 Inzidenzschätzung DRF

5.2.1 Personenzeit unter Risiko

Für den zur Inzidenzschätzung verwendeten Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 31.12.2018 betragen die Personenjahre (PJ) der Versicherten unter Risiko 3.893.003 [91]. Davon entfielen 1.684.864 PJ (43,28%) auf Männer und 2.208.139 PJ (56,71%) auf Frauen. Die

PJ der Versicherten unter Risiko verteilten sich gleichmäßig über die Kalenderjahre 2014-2018 (Minimum 775.133, Maximum 782.409). Die folgende Tabelle 5 stellt die Verteilung der verschiedenen Alters- und Geschlechtsklassen an den gesamten Personenjahren der Versicherten unter Risiko dar. Auffällig war eine Abnahme der Personenjahre in den höchsten Altersklassen, wobei die Altersabhängigkeit bei Männern stärker als bei Frauen ausgeprägt war.

Altersklasse (Jahre)	PJ-Männer	PJ-Frauen	PJ-Gesamt
60-64	405.039	417.169	822.209
65-69	348.588	388.967	737.556
70-74	294.347	348.103	642.450
75-79	314.394	413.871	728.266
80-84	203.697	324.408	528.105
85-89	89.972	199.470	289.442
≥90	28.826	116.150	144.976
Gesamt	1.684.864	2.208.139	3.893.003

Tabelle 5: Verteilung der verschiedenen Alters- und Geschlechtsklassen an den gesamten Personenjahren (PJ) der Versicherten unter Risiko.

5.2.2 Rohe und standardisierte Inzidenzen der Gesamtpopulation

In der Tabelle 6 werden die rohen Inzidenzraten (IR) der Jahre 2014 bis 2018 in Abhängigkeit vom Versorgungssetting (gesamt, stationär, ambulant) gezeigt. Es wird deutlich, dass nur wenige Schwankungen im Zeitverlauf auftraten. Die rohe Gesamtinzidenzrate lag im Bereich von 460 [445-475] im Jahr 2014 respektive 456 [441-471] im Jahr 2018 jeweils pro 100.000 PJ. Die IR der stationär versorgten DRF waren für jedes Kalenderjahr signifikant höher als die aus der ambulanten Versorgung.

Jahr	PJ	Gesamt		Stationär		Ambulant	
		DRF-Fälle	IR pro 100.000 PJ	DRF-Fälle	IR pro 100.000 PJ	DRF-Fälle	IR pro 100.000 PJ
2014	776.530	3.572	460 [445-475]	1.978	255 [243-266]	1.594	205 [195-215]
2015	775.133	3.604	465 [450-480]	2.132	275 [263-287]	1.472	190 [180-200]
2016	779.157	3.466	445 [430-460]	1.919	246 [235-257]	1.547	199 [189-208]
2017	779.774	3.494	448 [433-463]	1.976	253 [242-265]	1.518	195 [185-204]
2018	782.409	3.569	456 [441-471]	1.956	250 [239-261]	1.613	206 [196-216]

Tabelle 6: Rohe Inzidenzraten (IR) pro 100.000 Personenjahre (PJ) der einzelnen Kalenderjahre in Abhängigkeit vom Versorgungssetting mit Angabe der 95% KI sowie Anzahl der korrespondierenden DRF-Fälle und PJ unter Risiko.

Bei Alters- und Geschlechtsstandardisierung auf die deutsche Bevölkerung aus dem Jahr 2018 ergaben sich IR für beide Geschlechter im Bereich von 439 [424-453] im Jahr 2014 respektive 438 [423-452] im Jahr 2018, jeweils pro 100.000 PJ [91]. Auch nach Standardisierung waren die KI der einzelnen Jahre nicht disjunkt. In der Tabelle 7 werden die standardisierten Inzidenzraten (IR) der Jahre 2014 bis 2018 in Abhängigkeit vom Versorgungssetting (gesamt, stationär, ambulant) gezeigt. In Analogie zu den rohen IR waren auch nach Standardisierung die IR der stationär versorgten DRF für jedes Kalenderjahr signifikant höher als die aus der ambulanten Versorgung.

Jahr	Inzidenzrate pro 100.000 PJ		
	Gesamt	Stationär	Ambulant
2014	439 [424-453]	240 [230-251]	199 [189-209]
2015	441 [427-456]	259 [248-270]	182 [173-192]
2016	423 [409-437]	232 [221-242]	191 [182-201]
2017	427 [413-441]	240 [229-251]	187 [178-196]
2018	438 [423-452]	238 [227-249]	200 [190-210]

Tabelle 7: **Standardisierte Inzidenzraten pro 100.000 Personenjahre (PJ) der einzelnen Kalenderjahre in Abhängigkeit vom Versorgungssetting mit Angabe der 95% KI.**

5.2.3 Inzidenzen stratifiziert nach Alter und Geschlecht

In der folgenden Tabelle 8 sind die jährlichen Inzidenzraten von 2014 bis 2018 gesamt sowie stratifiziert nach Alter und Geschlecht dargestellt. Die stratifizierten Inzidenzraten stiegen über den gesamten Studienzeitraum für beide Geschlechter mit dem Alter an, wobei für Frauen teilweise eine Plateaubildung ersichtlich wurde. Die IR pro 100.000 PJ für weibliche Versicherte lagen deutlich über denen der männlichen Versicherten [91]. Dies wird auch durch Abbildung 11 verdeutlicht, die nach Alter und Geschlecht stratifizierte DRF-Inzidenzraten exemplarisch für das Jahr 2018 als letztes Jahr des Beobachtungszeitraums darstellt. Für Männer ergab sich ein altersabhängiger Anstieg der Inzidenzraten um den Faktor von ungefähr 4 von 137 [113-162] in der Altersklasse der 60–64-Jährigen auf 535 [360-710] pro 100.000 PJ in der höchsten Altersklasse ≥ 90 Jahren. Bei den Frauen stieg die IR um den Faktor 2,5 von 448 [403-492] in der Altersklasse der 60–64-Jährigen auf 1.138 [1.003-1.274] pro 100.000 PJ in der höchsten Altersklasse ≥ 90 Jahren.

	Inzidenzrate pro 100.000 PJ					Durchschnittliche IRR ⁴	
	2014	2015	2016	2017	2018	IRR pro Jahr	2014-2018
Gesamt ^a	439 [424-453]	441 [427-456]	423 [409-437]	427 [413-441]	438 [423-452]	0,99 [0,98-1,01]	0,98 [0,93-1,02]
Männer ^b	163 [148-177]	183 [168-198]	167 [152-181]	165 [150-179]	178 [163-193]	1,00 [0,97-1,03]	1,01 [0,90-1,13]
Frauen ^b	647 [624-670]	637 [614-660]	618 [595-641]	627 [604-650]	639 [616-662]	0,99 [0,98-1,01]	0,97 [0,93-1,02]
Männer, Altersgruppen (Jahre)							
60-64	151 [123-178]	156 [128-184]	155 [128-182]	133 [109-158]	137 [113-162]	0,96 [0,91-1,02]	0,87 [0,68-1,10]
65-69	143 [115-172]	130 [103-157]	122 [97-148]	124 [98-149]	144 [116-172]	0,99 [0,93-1,06]	0,97 [0,76-1,25]
70-74	129 [102-157]	164 [131-196]	132 [102-162]	155 [123-188]	172 [137-206]	1,05 [0,98-1,12]	1,20 [0,91-1,59]
75-79	167 [136-198]	182 [150-215]	162 [131-193]	168 [136-201]	156 [123-188]	0,98 [0,91-1,04]	0,91 [0,70-1,18]
80-84	151 [111-190]	218 [171-264]	186 [144-227]	184 [144-225]	205 [163-247]	1,04 [0,97-1,11]	1,16 [0,87-1,54]
85-89	227 [154-300]	292 [212-373]	323 [240-405]	244 [174-315]	267 [194-340]	1,01 [0,91-1,11]	1,02 [0,69-1,52]
≥90	422 [242-603]	439 [259-618]	331 [182-480]	423 [261-586]	535 [360-710]	1,06 [0,92-1,21]	1,26 [0,73-2,17]
Frauen, Altersgruppen (Jahre)							
60-64	401 [358-445]	426 [381-471]	438 [393-483]	412 [368-455]	448 [403-492]	1,02 [0,98-1,05]	1,08 [0,94-1,23]
65-69	482 [431-532]	433 [386-480]	440 [394-486]	475 [427-522]	493 [445-542]	1,01 [0,98-1,05]	1,06 [0,92-1,22]
70-74	511 [461-561]	522 [469-575]	506 [452-560]	497 [443-551]	561 [504-618]	1,01 [0,98-1,04]	1,05 [0,93-1,19]
75-79	703 [647-759]	752 [694-810]	673 [618-728]	700 [642-758]	712 [652-772]	0,99 [0,97-1,02]	0,98 [0,88-1,09]
80-84	1.032 [951-1.112]	888 [814-962]	875 [803-947]	925 [853-998]	840 [772-909]	0,96 [0,94-0,99]	0,86 [0,78-0,95]
85-89	1.181 [1.074-1.288]	1.169 [1.064-1.275]	1.198 [1.091-1.305]	1.116 [1.012-1.219]	1.116 [1.012-1.221]	0,98 [0,96-1,01]	0,94 [0,83-1,06]
≥90	1.172 [1.032-1.313]	1.274 [1.128-1.421]	1.076 [943-1.209]	1.162 [1.024-1.300]	1.138 [1.003-1.274]	0,99 [0,95-1,03]	0,94 [0,80-1,11]

Tabelle 8: **Standardisierte Inzidenzraten pro 100.000 Personenjahre (PJ) inklusive 95% KI und zeitliche Trends aller DRF von 2014-2018.** Trends als durchschnittliche jährliche Änderungen entsprechend der Differenz von einem Jahr (*Incidence Rate Ratio* (IRR)) und Änderungen über den gesamten Beobachtungszeitraum ($IRR^4=IRR*IRR*IRR*IRR$), IRR adjustiert für Geschlecht, Altersklassen und Komorbiditätsklassen. Tabelle modifiziert nach [91].

^a Alters- und geschlechtsstandardisiert

^b IR altersstandardisiert

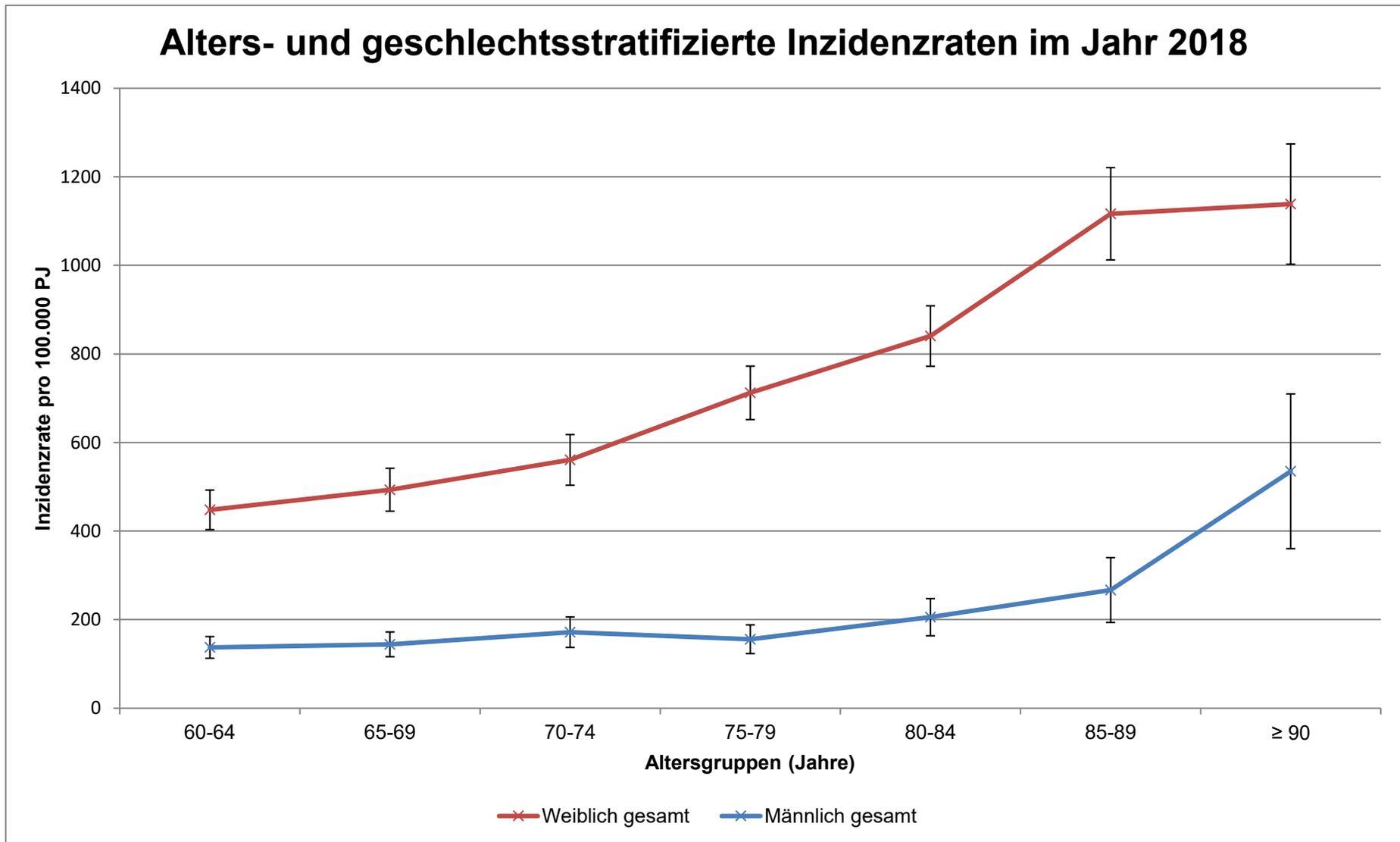


Abb. 11: Alters- und geschlechtsstratifizierte DRF-Inzidenzraten gesamt pro 100.000 Personenjahre (PJ) aus dem Jahr 2018 mit Angabe von 95% KI. Abbildung modifiziert nach [91].

5.2.4 Inzidenzen stratifiziert nach Versorgungssetting (stationär vs. ambulant)

Bei Stratifizierung nach dem Geschlecht zeigte sich für Männer, dass sich die IR (mit Ausnahme einer höheren ambulanten IR im ersten Studienjahr) nicht nach dem Versorgungssetting unterschieden (vgl. Tabelle 9). Demgegenüber waren bei Frauen signifikant höhere IR im stationären Versorgungssetting als im ambulanten Versorgungssetting zu beobachten. Bei zusätzlicher Altersstratifizierung war dieser Unterschied zumeist auf höhere stationäre IR in den älteren Altersgruppen zurückzuführen, wie durch die disjunkten Konfidenzintervalle in Tabelle 10 verdeutlicht wird [91]. In der Abbildung 12 werden IR von DRF bei Männern und Frauen stratifiziert nach dem Versorgungssetting für das Jahr 2018 gezeigt. Ab der Altersgruppe von 80-84 Jahren wiesen Frauen höhere IR stationär versorgter DRF auf, während bei Männern in allen Altersgruppen ausgeglichene IR vorlagen [91].

Altersgruppen (Jahre)	Inzidenzrate pro 100.000 PJ				
	2014	2015	2016	2017	2018
Stationär					
60-64	52 [36-68]	80 [60-100]	75 [56-94]	55 [39-71]	64 [47-81]
65-69	54 [37-72]	61 [42-79]	61 [42-79]	60 [42-78]	65 [46-84]
70-74	55 [37-73]	92 [68-116]	66 [45-87]	74 [51-97]	77 [54-100]
75-79	78 [57-100]	94 [71-117]	71 [50-91]	85 [62-108]	88 [63-112]
80-84	66 [39-92]	122 [87-157]	98 [67-128]	91 [62-120]	98 [69-127]
85-89	135 [79-191]	206 [139-274]	181 [119-242]	122 [72-172]	131 [80-182]
≥90	241 [105-378]	210 [86-334]	139 [43-236]	228 [109-347]	282 [155-409]
Gesamt ^a	67 [58-76]	94 [84-105]	79 [70-89]	76 [66-85]	82 [73-92]
Ambulant					
60-64	99 [77-121]	76 [57-96]	80 [60-100]	78 [59-97]	73 [55-91]
65-69	89 [66-112]	69 [50-89]	62 [44-80]	63 [45-82]	79 [58-100]
70-74	74 [54-95]	72 [50-93]	66 [45-87]	81 [58-105]	95 [69-120]
75-79	89 [66-112]	88 [65-111]	91 [68-114]	83 [60-106]	68 [47-90]
80-84	85 [55-115]	96 [65-127]	88 [59-117]	93 [64-122]	107 [77-138]
85-89	92 [45-138]	86 [42-130]	142 [88-197]	122 [72-172]	136 [84-188]
≥90	181 [63-299]	229 [99-358]	192 [78-305]	195 [85-306]	253 [133-373]
Gesamt ^a	91 [80-101]	82 [72-92]	82 [72-92]	83 [73-92]	88 [78-98]

Tabelle 9: Altersstratifizierte Inzidenzraten pro 100.000 Personenjahre (PJ) der einzelnen Kalenderjahre für Männer in Abhängigkeit vom Versorgungssetting mit Angabe von 95% KI.

^a IR altersstandardisiert

Altersgruppen (Jahre)	Inzidenzrate pro 100.000 PJ				
	2014	2015	2016	2017	2018
Stationär					
60-64	195 [165-225]	213 [181-245]	212 [181-243]	215 [183-246]	206 [176-237]
65-69	246 [210-283]	248 [213-284]	211 [179-243]	276 [240-312]	265 [230-301]
70-74	283 [246-320]	305 [265-346]	273 [234-313]	277 [237-317]	303 [261-345]
75-79	411 [368-453]	433 [389-476]	370 [330-411]	416 [371-460]	394 [349-439]
80-84	624 [562-687]	588 [528-649]	542 [486-599]	543 [487-599]	510 [457-563]
85-89	723 [639-807]	779 [692-865]	755 [671-840]	703 [621-785]	691 [609-773]
≥90	757 [644-869]	793 [677-908]	669 [564-774]	662 [558-767]	666 [562-770]
Gesamt ^a	382 [364-400]	394 [376-412]	357 [340-374]	375 [357-392]	365 [348-383]
Ambulant					
60-64	206 [175-237]	213 [181-245]	226 [194-259]	197 [167-227]	241 [208-274]
65-69	235 [200-271]	184 [154-215]	229 [196-262]	199 [168-230]	228 [195-261]
70-74	228 [194-261]	217 [182-251]	233 [196-270]	220 [184-256]	258 [219-296]
75-79	293 [257-329]	319 [282-357]	302 [265-339]	284 [248-321]	318 [278-358]
80-84	407 [357-458]	300 [257-343]	333 [288-377]	383 [336-430]	330 [287-373]
85-89	458 [391-524]	391 [330-452]	442 [377-507]	413 [350-476]	425 [361-490]
≥90	416 [332-499]	482 [392-572]	407 [325-489]	500 [409-591]	472 [385-560]
Gesamt ^a	287 [271-303]	264 [249-280]	281 [265-296]	272 [257-288]	291 [276-307]

Tabelle 10: Altersstratifizierte Inzidenzraten pro 100.000 Personenjahre (PJ) der einzelnen Kalenderjahre für Frauen in Abhängigkeit vom Versorgungssetting mit Angabe von 95% KI.

^a IR altersstandardisiert

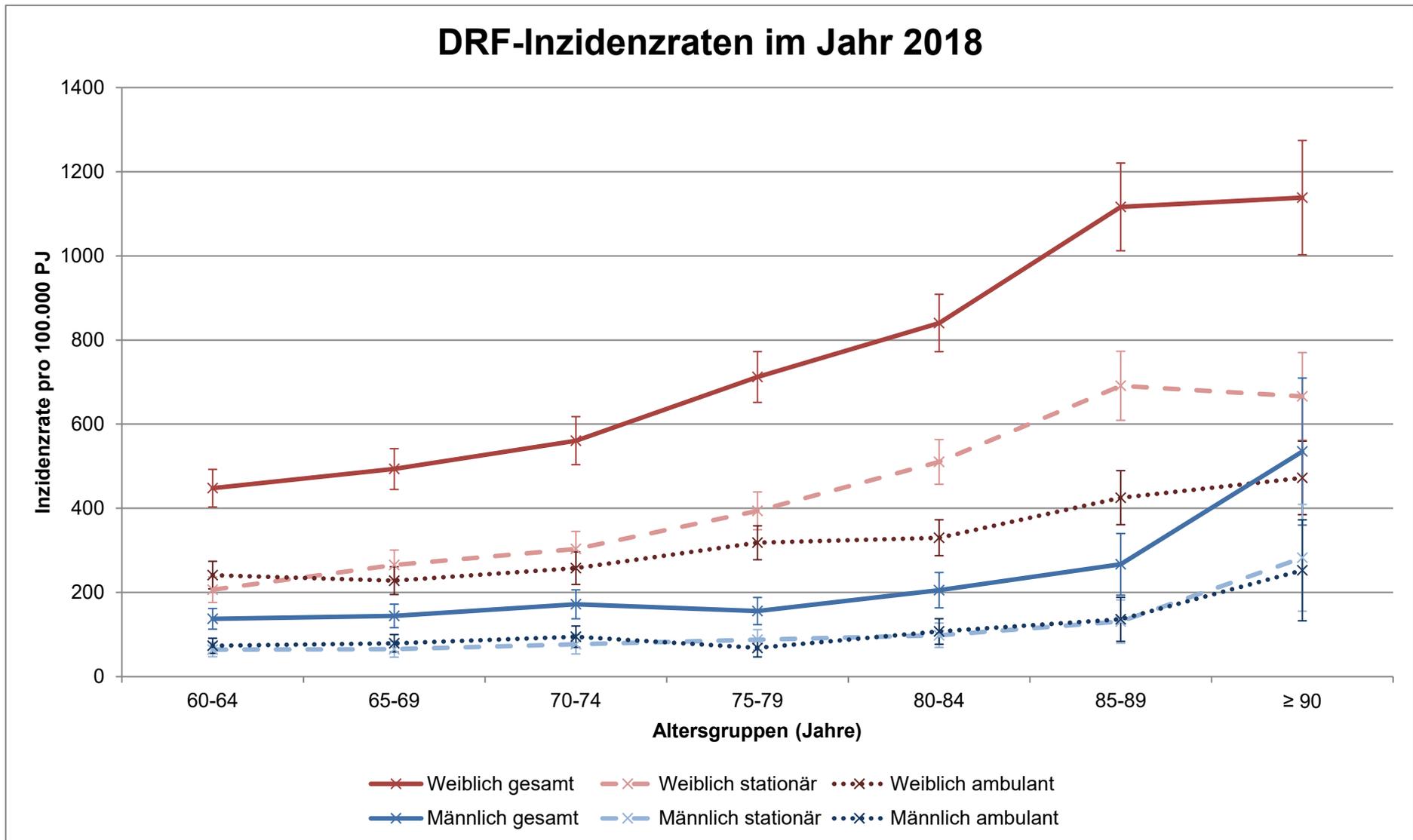


Abb. 12: **Alters- und geschlechtsstratifizierte DRF-Inzidenzraten pro 100.000 Personenjahre (PJ) gesamt sowie in Abhängigkeit vom Versorgungssetting mit Angabe von 95% KI.** Abbildung modifiziert nach [91].

5.3 Zeitliche Trends von DRF

Zur Veranschaulichung werden die Angaben zu den alters- und geschlechtsstratifizierten IR inklusive der 95% KI über den Zeitverlauf (2014-2018) aus Tabelle 8 in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt. Es wird die starke Überlagerung bei Männern aufgrund der nur geringer ausgeprägten Altersabhängigkeit sichtbar. Zudem werden die (mit Ausnahme von Frauen der Altersklasse 80-84 Jahre) nicht disjunkten Konfidenzintervalle im Zeitverlauf deutlich. Aus Tabelle 8 sind zudem die zeitlichen Trends von DRF in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht zu entnehmen: Im Zeitverlauf waren die IR für die Gesamtpopulation stabil (durchschnittliche jährliche IRR 0,99 [0,98-1,01]); Ausnahme waren Frauen der Altersklasse 80-84 Jahre, bei denen eine signifikante Abnahme bestand (durchschnittliche jährliche IRR 0,96 [0,94-0,99]) [91]. Für die Gesamtpopulation betrug die für Alter, Geschlecht und Komorbidität adjustierte IRR⁴ über den gesamten Beobachtungszeitraum von 2014 bis 2018 0,98 [0,93-1,02] und zeigte somit keinen Trend an [91]. Entsprechend der durchschnittlichen jährlichen Änderung war für die Subgruppe der 80-84-jährigen Frauen auch über den gesamten Studienzeitraum eine Abnahme erkennbar (IRR⁴ 0,86 [0,78-0,95]) [91].

Zeitliche Verläufe der IR von DRF bei Männern

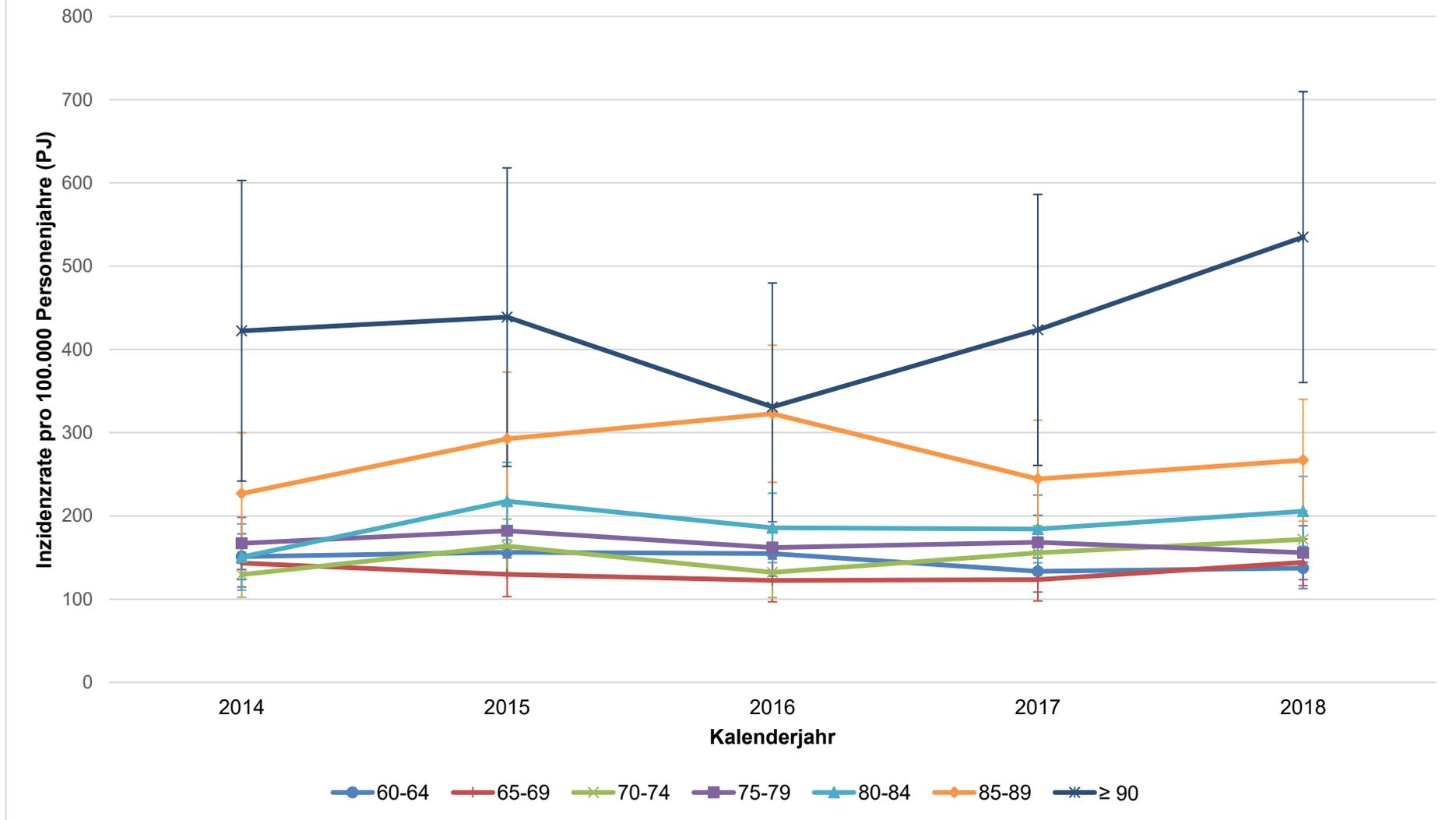


Abb. 13: Altersstratifizierte zeitliche Verläufe der DRF-Inzidenzraten pro 100.000 PJ gesamt mit Angabe der 95% KI von 2014 bis 2018 bei Männern.

Zeitliche Verläufe der IR von DRF bei Frauen

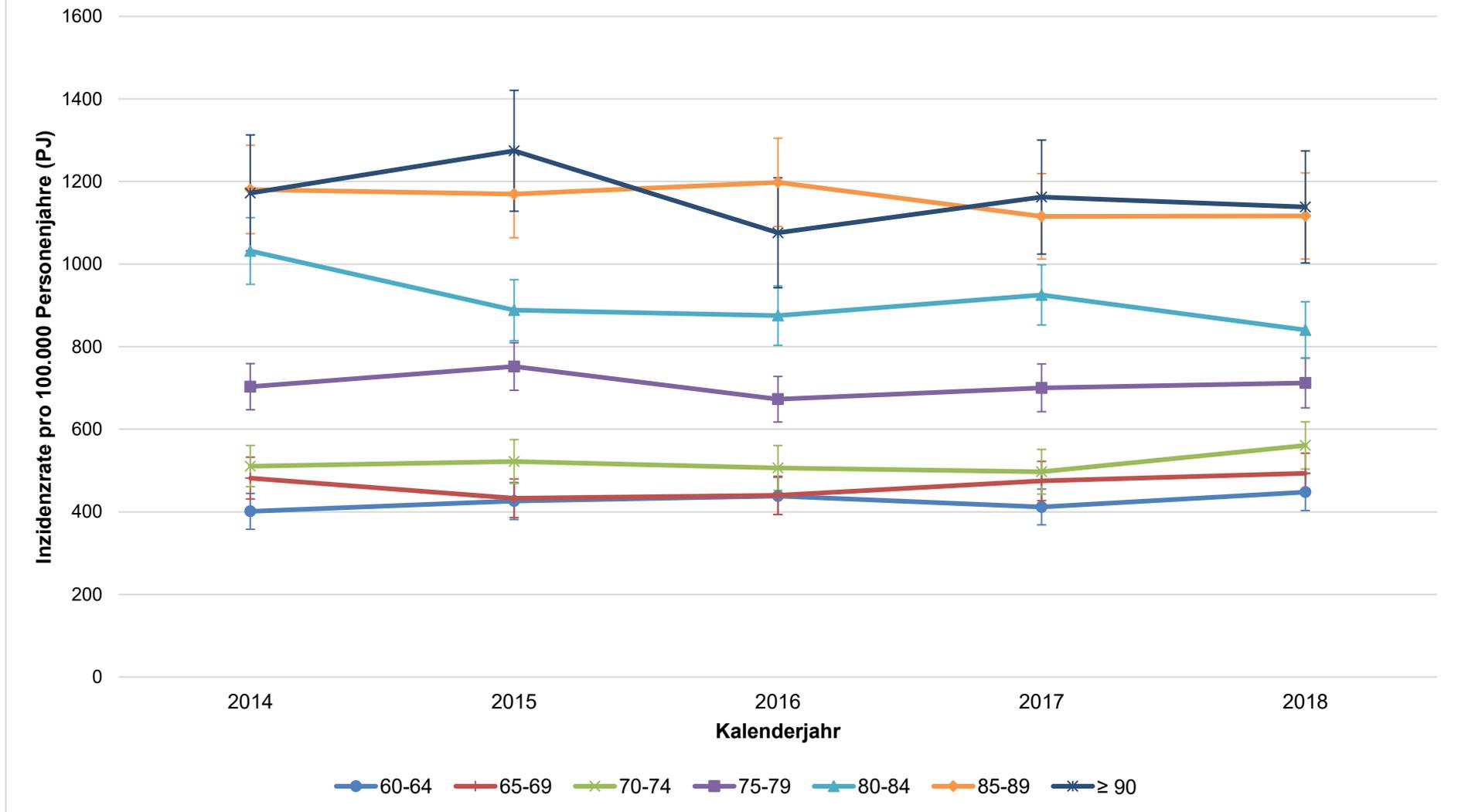


Abb. 14: Altersstratifizierte zeitliche Verläufe der DRF-Inzidenzraten pro 100.000 PJ gesamt mit Angabe der 95% KI von 2014 bis 2018 bei Frauen.

5.4 Regressionsanalyse

In einem gemeinsamen Modell zeigte die Poisson-Regressionsanalyse den Zusammenhang zwischen Geschlecht, Alter und Komorbidität als unabhängige Variablen und den DRF-Inzidenzraten. Für das Kalenderjahr konnte keine Assoziation nachgewiesen werden. Frauen hatten im Vergleich zu Männern unter Adjustierung von Kovariablen eine IRR von 3,79 [3,63-3,96] und damit ein fast viermal so hohes Risiko für die Entwicklung einer DRF als Männer [91]. Verglichen mit der jüngsten Altersklasse (60-64 Jahre) in der Studienpopulation, stieg das Risiko einer DRF für alle anderen Altersklassen mit Ausnahme der 65-69-Jährigen [91]. Zudem war das Vorhandensein von Komorbidität mit einem erhöhten Risiko für eine DRF assoziiert: Für alle Kategorien mit Charlson-Komorbiditätsindex >0 betrug die IRR im Vergleich zur Referenz (Charlson-Komorbiditätsindex =0) 1,30 [1,23-1,37] bis 1,40 [1,32-1,49], so dass ein 30-40% höheres Risiko bei Vorliegen von Komorbidität resultierte [91]. Die Tabelle 11 gibt einen detaillierten Überblick über das Poisson-Regressionsmodell. Eine Sensitivitätsanalyse mit Adjustierung für *repeated measurements* zeigte ähnliche Assoziationen wie in dem für die Analyse verwendeten Modell [91].

Variable	Incidence Rate Ratio (IRR) [95% KI]	p-Wert
Kalenderjahr-Trend (pro Jahr)	0,99 [0,98-1,01]	0,327
Geschlecht		
Männer	1,00 (Referenz)	
Frauen	3,79 [3,63-3,96]	<0,001
Altersklasse (Jahre)		
60-64	1,00 (Referenz)	
65-69	1,03 [0,97-1,10]	0,291
70-74	1,15 [1,08-1,22]	<0,001
75-79	1,48 [1,40-1,57]	<0,001
80-84	1,84 [1,74-1,95]	<0,001
85-89	2,35 [2,21-2,50]	<0,001
≥90	2,42 [2,25-2,61]	<0,001
Charlson-Komorbiditätsindex		
0	1,00 (Referenz)	
1	1,36 [1,30-1,43]	<0,001
2-3	1,36 [1,30-1,42]	<0,001
4-5	1,30 [1,23-1,37]	<0,001
≥6	1,40 [1,32-1,49]	<0,001

Tabelle 11: Poisson-Regressionsanalyse mit Darstellung der *Incidence Rate Ratios* (IRR) in Abhängigkeit von Kalenderjahr-Trend, Geschlecht, Alters- und Komorbiditätsklassen mit Angabe der jeweiligen 95% KI und p-Werten. Tabelle modifiziert nach [91].

6. Ergebnisdiskussion

6.1 Hauptergebnisse der Studie

In dieser retrospektiven populationsbasierten Studie auf Basis von Krankenkassendaten wurden Inzidenzraten sowie zeitliche Trends distaler Radiusfrakturen (DRF) unter Berücksichtigung von Folgefrakturen von stationär und ambulant versorgten Versicherten der AOK Rheinland/Hamburg untersucht.

In der Grundgesamtheit von 974.332 Versicherten ab dem 60. Lebensjahr, die sich in der Stichprobe befanden, trat bei 16.557 Versicherten mindestens eine DRF auf. Da auch Folgefrakturen nach einer ersten DRF inkludiert wurden, betrug die Gesamtzahl an Frakturereignissen 17.705 innerhalb des Beobachtungszeitraums von 2014 bis 2018. Davon wurden 9.961 (56,3%) Frakturen stationär behandelt, so dass folglich auch ein relevanter Anteil existiert, der ausschließlich ambulant therapiert wurde.

Im Vergleich zu international publizierten Inzidenzraten liegen die eigenen Ergebnisse im oberen Bereich der *Range*: Die auf die deutsche Bevölkerung des Jahres 2018 alters- und geschlechtsstandardisierten IR pro 100.000 Personenjahre betrug im Jahr 2014 439 [424-453] (stationär: 240 [230-251], ambulant: 199 [189-209]) sowie 438 [423-452] (stationär: 238 [227-249], ambulant: 200 [190-210]) im Jahr 2018.

Wie auf Grundlage der internationalen Literatur bereits vermutet, zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Alters und Geschlechts auf die Inzidenzraten: Weibliches Geschlecht und steigendes Lebensalter war mit höheren IR assoziiert und auch das Vorhandensein von Komorbidität war mit einem höheren Risiko für das Auftreten einer DRF verbunden. Im Zeitverlauf wurden unter Berücksichtigung möglicher Folgefrakturen stabile Inzidenzraten über den Beobachtungszeitraum von 2014 bis 2018 ermittelt (durchschnittliche jährliche IRR 0,99 [0,98-1,01]). Eine Ausnahme bildete die Subgruppe der weiblichen Versicherten im Alter von 80-84 Jahren, für die eine signifikante Abnahme der Inzidenzrate im Zeitverlauf beobachtet werden konnte (durchschnittliche jährliche IRR 0,96 [0,94-0,99]).

6.2 Interpretation und Vergleich mit internationalen Studien

Die Motivation, für die im Rahmen dieser Doktorarbeit durchgeführten Analysen lag in der international uneinheitlichen Studienlage zu Trends von distalen Radiusfrakturen sowie starken methodischen Unterschieden, die insbesondere auch aus dem großen Potenzial zur ambulant-konservativen Therapie der Fraktur resultieren und den bisher

unzureichenden epidemiologischen Daten für Deutschland. Relevante internationale Studien wurden bereits im Kapitel „Publikationen zu distalen Radiusfrakturen“ vorgestellt, welche nun erneut aufgegriffen und anhand der eigenen Ergebnisse diskutiert werden.

Auf Basis der nationalen koreanischen Krankenversicherung (*Korean National Health Insurance*) mit vollständiger Abdeckung der stationären und ambulanten medizinischen Versorgung durch Krankenhäuser mit Ausnahme von Verkehrs- und Arbeitsunfällen untersuchten Kwon et al. die Inzidenz von DRF für den Zeitraum 2008-2012. Ähnlich wie in der eigenen Methodik wurden auch ICD-10 Schlüssel (S52.5 und S52.6 in Verbindung mit OPS der Therapie) zur Indizierung verwendet und Mehrfachfrakturen erfasst, wobei die Bedingungen zum Einschluss abweichen: Eine DRF wurde gezählt, wenn drei ambulante Termine oder eine stationäre Aufnahme mit o.g. Kodierung bestanden und eine Folgefraktur wurde inkludiert, wenn mindestens ein Abstand von 6 Monaten zum ersten Ereignis bestand. Für den gesamten Beobachtungszeitraum werden IR pro 100.000 PJ von 427,9 gesamt und 150,8 für Männer bzw. 666,6 für Frauen angegeben, welche in einer ähnlichen Größenordnung wie die im Rahmen dieser Arbeit festgestellten IR aus 2018 in der Population ab 60 Jahren liegen (gesamt 438 [423-452], Männer 178 [163-193], Frauen 639 [616-662]). Entgegen der Beobachtung eines überwiegend stabilen Trends in den eigenen Analysen, zeigten Kwon et al. jedoch einen signifikanten Anstieg von 29,0% (20,8% bei Männern und 31,5% bei Frauen) über den 5-Jahres Beobachtungszeitraum, der bei Altersstratifizierung insbesondere durch die 70–79-Jährigen und 60-69-Jährigen bedingt wurde [13].

Für Taiwan berichteten Tsai et al. ähnliche Verläufe für die Trends von DRF im Zeitraum 2000 bis 2007: Für die Population ab 20 Jahren stieg die Inzidenzrate pro 100.000 PJ insgesamt um 42,2% von 101,5 auf 144,9 und von 80,6 auf 100,2 für Männer bzw. von 122,9 auf 189,4 für Frauen. Bei Gegenüberstellung des ersten und letzten Jahres des Beobachtungszeitraums zeigte sich, dass insbesondere in der Subgruppe der 65-69-jährigen Frauen die Inzidenzrate im Jahr 2007 (695 [579–835]) im Vergleich zum Jahr 2000 (291 [212–398]) stark gestiegen ist. Dies unterscheidet sich erneut von den eigenen Ergebnissen einer stabilen zeitlichen Entwicklung und auch die für das Jahr 2007 angegebene IR liegt deutlich über der eigenen ermittelten Rate aus 2014 von 482 [431-532] für 65-69-jährige Frauen. Die Datengrundlage der Studie von Tsai et al. bildete eine Zufallsstichprobe von 1.000.000 Versicherten der universellen nationalen Krankenversicherung aus den Jahren 1996-2007, wobei Versicherte mit Frakturereignis bis 2000 und Versicherte mit Folgefrakturen exkludiert wurden. Stationäre und ambulante DRF, definiert durch den ICD-9-CM Schlüssel 813.4, fanden Einschluss und für Regressionsanalysen wurden für jeden Versicherten mit DRF vier zufällig gewählte

Kontrollpersonen bestimmt, so dass sich deutliche methodische Abweichungen zu den eigenen Analysen ergeben [17].

Jerrhag et al. haben für die Region Skåne im südlichen Schweden mittels des *Skåne Healthcare Register DRF* über den Zeitraum 1999 bis 2010 ausgewertet und dabei mittels der ICD-10 Schlüssel S52.50, S52.51, S52.60 und S52.61 auch Folgefrakturen unter Beachtung einer *washout*-Periode von 365 Tagen berücksichtigt. Im Beobachtungszeitraum stieg die Inzidenzrate für Personen ab 17 Jahren um 0,7% bei Männern und 0,9% bei Frauen pro Jahr, wobei für die Subpopulation ab 50 Jahren nur bei Frauen ein Anstieg um 0,5% pro Jahr vorlag und ab 65 Jahren eine stabile Entwicklung bei beiden Geschlechtern gezeigt wurde. Nach der weiteren Stratifizierung in Zehn-Jahres-Altersklassen konnte für Männer nur bei den 50-59-Jährigen ein Anstieg ermittelt werden (+2,0%), während für Frauen in den Klassen 40-49, 50-59, 60-69 und 70-79 Jahre Zunahmen der IR vorlagen (+2,3%, +3,4%, +1,7% und +2,0%). Über den gesamten Beobachtungszeitraum wurde die IR pro 100.000 PJ bei der Subgruppe ab 50 Jahren für Männer mit 171 und für Frauen mit 714 angegeben. Für Personen ab 65 Jahren wurden IR von 204 und 987 pro 100.000 PJ für Männer und Frauen beschrieben, so dass, verglichen mit den eigenen Daten für Personen ab 60 Jahren (Männer 163 [148-177], Frauen 647 [624-670]), höhere IR berichtet wurden [20].

Dimai et al. nutzten einen kombinierten methodischen Ansatz, bei dem stationäre Inzidenzraten aus der österreichischen Krankenhausdiagnosestatistik für Personen ab 50 Jahren mittels eines Adjustierungsfaktors aus Daten der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt für die gesamte stationäre und ambulante Versorgung in Traumazentren extrapoliert wurden. Der Adjustierungsfaktor diente zudem als Korrektur für Mehrfacherfassung der gleichen Fraktur in den fallbasierten Daten der Krankenhausdiagnosestatistik. Zur Indizierung einer DRF wurden die ICD-9 Schlüssel (1989–2000) 813.4 und 813.5 sowie ICD-10 Schlüssel (2001-2010) S52.5 und S52.6 verwendet. Die altersstandardisierten IR pro 100.000 PJ der Jahre 1989, 1999 und 2010 von stationär versorgten DRF lagen bei 24, 41 und 37 für Männer sowie 84, 155 und 192 für Frauen, was deutlich niedriger ist als die eigenen IR aus der stationären Versorgung aus 2014 (Männer: 71 [61-81]), Frauen 367 [349-384]), wobei bei einer etwas jüngeren Population (ab 50 Jahren) wie bei Dimai et al. tendenziell etwas niedrigere IR als in der Population ab 60 Jahren zu erwarten wären. Im Gegensatz zu den rein stationären IR, sind die Ergebnisse aus der stationären und ambulanten Versorgung (2010 für Männer 162 [151–174] und für Frauen 607 [578-637]) im Größenbereich der eigenen IR aus beiden Versorgungsbereichen aus dem Jahr 2014 (Männer 163 [148-177] und Frauen 647 [624-670]), so dass es Hinweise auf einen größeren Anteil an ambulanter Versorgung in der

österreichischen Studie gibt. Mittels Regressionsanalyse wird ein Anstieg des Hospitalisierungsrisikos mit 0,9% pro Jahr über den Beobachtungszeitraum angegeben und divergente Resultate zu den DRF-Trends werden in Abhängigkeit vom Versorgungsbereich berichtet: Während es im stationären Bereich für beide Geschlechter zunehmende IR von 1989-2010 gibt (Männer +2,0% pro Jahr, Frauen +2,9% pro Jahr), ist von 1999-2010 im stationären Bereich nur bei Frauen ein Anstieg zu ermitteln (+2,2% pro Jahr). Bei der Betrachtung beider Versorgungsbereiche von 1999-2010 liegt ein entgegengesetzter Trend für Frauen (-1,1% pro Jahr) mit ebenfalls stabilem Verlauf für Männer vor. Bei weiterer Stratifizierung nach Altersklassen, wird der abnehmende Trend bei Frauen in den Subgruppen 50-54, 70-74 und 75-79 Jahren sichtbar, während bei Männern nur in der Altersklasse von 50-54 Jahren eine Abnahme der IR besteht [22]. Dies unterscheidet sich deutlich von den Trends bei stationär therapierten DRF, bei denen, mit Ausnahme der Männer ab 85 Jahren, für jede Subgruppe eine Zunahme der IR ermittelt wurde und von den eigenen Analysen zu DRF-Trends, bei denen für beide Versorgungsbereiche kombiniert überwiegend stabile Trends beobachtet wurden. Diskutiert werden muss die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Dimai et al. unter dem methodischen Aspekt des Korrekturfaktors mit Extrapolation von stationären Daten auf die gesamte Versorgung (stationär und ambulant). Die hierzu verwendeten Diagnosedaten von Trauma-Kliniken der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt könnten beispielsweise aufgrund von anderen Rahmenbedingungen in der Infrastruktur oder abrechnungsbedingten Unterschieden für eine Extrapolation limitiert sein. Zudem werden ambulante niedergelassene Orthopäden und (Unfall-)Chirurgen nicht inkludiert, die ebenfalls eine Rolle in der Krankenversorgung spielen.

Mittels Daten des *Population Health Research Data Repository* aus der kanadischen Provinz Manitoba haben Leslie et al. Inzidenzen und Trends von u.a. Unterarmfrakturen für den Zeitraum 1986 bis 2006 bei Individuen ab 50 Jahren untersucht. Zur Indizierung wurden stationäre und ambulante ICD-9 und ICD-10 Schlüssel (ohne nähere Angabe) verwendet, wobei für Unterarmfrakturen entweder eine stationäre Aufnahme oder mindestens zwei ambulante Arztkontakte im Zeitraum von drei Monaten in Verbindung mit einem Prozedurenschlüssel zum Einschluss vorliegen mussten. Zur Diskrimination von Folgefrakturen wurde eine *washout*-Periode von 6 Monaten definiert und für hochenergetische Frakturen erfolgte eine separate Auswertung. Im Verlauf des Beobachtungszeitraums nahmen altersadjustiert die IR für Unterarmfrakturen bei Frauen ab (-1,2% pro Jahr), während bei Männern ein stabiler Verlauf ermittelt wurde, so dass sich ähnliche Trends wie in der Studie von Dimai et al. fanden. Die IR pro 100.000 PJ wurden für das Jahr 1986 mit ungefähr 120 und 490 sowie für das Jahr 2006 mit ungefähr 130 und

420 für Männer und Frauen geschätzt (abgelesene Werte aus Fig. 2 der Publikation). Unter der Beachtung, dass die Studienpopulation bei Leslie et al. bereits Personen ab 50 Jahren enthält, liegen die Resultate damit in einer vergleichbaren Größenordnung wie die eigenen Ergebnisse für das Jahr 2014 (Männer 163 [148-177] und Frauen 647 [624-670]) [24].

In der Tabelle 12 werden internationale Publikationen zu Inzidenzraten und Trends von distalen Radiusfrakturen zusammengefasst. Es zeigen sich innerhalb der Studien teilweise verschiedene Trends in Abhängigkeit vom betrachteten Versorgungssetting (stationär vs. ambulant) [22]. Zudem wird deutlich, welche methodischen Differenzen, beispielsweise aufgrund der verwendeten Datenquelle oder in der Selektion der ICD-Schlüssel, bestehen. Die in den eigenen Daten beobachtete Geschlechterabhängigkeit mit höheren IR für das weibliche Geschlecht sowie ein Zusammenhang mit dem Alter wurden bereits international berichtet, wobei teilweise eine Plateaubildung oder abnehmende IR in den ältesten Altersklassen existieren [17, 20–22, 25, 29, 97, 98]. Diesem Verlauf könnte, insbesondere bei kleineren Populationen, durch kleine Stichprobengrößen in den ältesten Altersklassen auch eine methodische Ursache zugrunde liegen [29].

Studie	Zeitraum	Alter	Datengrundlage	Ergebnis
				IR (Alter) pro 100.000 PJ Trendveränderung durchschnittlich pro Jahr
Eigene Daten, Deutschland	2014-2018	60+	Krankenkassendaten Stationär und ambulant (niedergelassen) personenbezogen ICD-10-GM: S52.5, S52.6 Folgefrakturen (184 Tage <i>washout</i> -Periode)	IR ges (60+) / m (60+) / w (60+): 2014: 439 / 163 / 647 2018: 438 / 178 / 639 Stabile Trends, außer Abnahme w (80-84) IRR 0,96 [0,94-0,99]
Rupp [28], Deutschland	2009-2019	20+	Krankenhausdiagnosestatistik Nur stationäre Fälle ICD-10-GM: S52.5	IR ges (20+) / ges (70+): 2019: 106,2 / 75,0 IR m (60-69)-(90+) / w (60-69)-(90+): 2019: 55,5-57,5 / 258,3- 393,9 Abnahme IR (-3% 2009 bis 2019) homogen
Hemann [27], Deutschland	2002, 2017	35+	Krankenhausdiagnosestatistik Nur stationäre Fälle ICD-10-GM: S52.5	IR m (55-64)-(>90) / w (55-64)-(>90): 2002: 55,7-47,5/ 167,6-270,8 2017: 57,4-64,3/ 221,7-347,6 Zunahme IR (keine Trendanalyse)

Bäßgen [29], Deutschland	2008-2009	0+	<p>Prospektive Erhebung bei Leistungserbringern</p> <p>Stationär und ambulant (niedergelassen) personenbezogen</p> <p>Radiologische Verifizierung</p>	<p>IR ges (0+): 2008-2009: 197,1</p> <p>IR m (60–64)-(90+) / w (60–64)-(90+): 2008-2009: 105-0 / 222-1.395 (Altersklassen 85-89 und 90+ ohne Fälle bei m)</p> <p>77% der DRF im KH diagnostiziert</p> <p>70% der DRF operativ versorgt</p>
Ismail [99], Europa	Beginn 1993	50– 79	<p>Multizentrische, prospektive Befragung (Median 3 Jahre, <i>Range</i> 0,4-5,9 Jahre) mit radiologischer oder dokumentationsbasierter Validierung</p> <p>Stationär und ambulant (niedergelassen) personenbezogen</p> <p>ICD-9: 813</p>	<p>IR m (50-79) / w (50-79): EU: 170 / 730</p> <p>Skandinavien: 210 / 1.090</p> <p>Südeuropa: 170 / 610</p> <p>Osteuropa: 270 / 1.030</p> <p>Westeuropa: 130 / 560</p>
Lippuner [100], Schweiz	1998-2018	45+	<p>Krankenhausdiagnosestatistik</p> <p>Nur stationäre Fälle</p> <p>ICD-10-GM: S52.5, S52.6</p> <p><i>Washout</i>-Periode von 2 Monaten</p>	<p>IR m (45+) / w (45+): 1998: 36 / 155 2018: 68 / 258</p> <p>IRR m (45+) stat. 2018 verglichen mit 1998: 1,89 [1,70–2,10]</p> <p>IRR w (45+) stat. 2018 verglichen mit 1998: 1,66 [1,58–1,74]</p>

Dimai [22], Österreich	1989-2010	50+	Krankenhausdiagnosestatistik und Daten der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt Stationär (fallbezogen, 1989-2010) und ambulant (personenbezogen, 1999-2010) ICD-9: 813.4, 813.5 und ICD-10: S52.5, S52.6	IR m (50+) stat. + ges / w (50+) stat. + ges: 1989: 24 + keine Angabe / 84 + keine Angabe 1999: 41 + 171 / 155 + 709 2010: 37 + 162 / 192 + 607 IR m (60-64)-(85+) ges / w (60-64)-(85-89) ges: 2010: 163-224 / 597-727 Zunahme der IR stat. m +2,0% und w +2,9% Abnahme der IR ges. w -1,1% und stabiler Verlauf m -0,8% (nicht signifikant) Zunahme der Hospitalisierung +0,9% pro Jahr
Trajanoska [101], Niederlande	1989-2013	45+	Prospektive Erfassung (mittleres <i>follow-up</i> 10,7 ± 6,2 Jahre) Prospektive Erhebung bei Leistungserbringern Stationär und ambulant (niedergelassen) personenbezogen Nur erste Frakturen	IR ges (45+) / m (45+) / IR w (45+): 496 / 151 / 730 Stabiler Verlauf (70-80 Jahre) im Vergleich 1989-2001 und 2001-2013

<p>Beerekamp [102], Niederlande</p>	<p>2004-2012</p>	<p>16+</p>	<p>Daten aus Stichprobe von KH-Notaufnahmen (<i>Dutch Injury Surveillance System</i>) und Krankenhausdiagnosestatistik (fallbezogen) ICD-10 (keine genaue Angabe)</p>	<p>IR ges (16+): 2004: 189 2012: 254 IR m (56-65)-(86+) / w (56-65)-(86+) (abgelesene Werte aus Fig. 2 der Publikation): 2004-2012: 120-235 / 460- 920 Signifikante Zunahme IR: OR 2012 (vs. 2004) 1,35 [1,11–1,62] Zunahme der operativen Versorgung: OR 2012 (vs. 2004) 1,46 [1,38–1,54]</p>
<p>De Putter [21], Niederlande</p>	<p>1997-2009</p>	<p>50+</p>	<p>Daten aus Stichprobe von KH-Notaufnahmen (<i>Dutch Injury Surveillance System</i>) und Krankenhausdiagnosestatistik (fallbezogen) ICD-10: S52.5, S52.6, S62.0, S62.1 OPS: 5-790, 5-791, 5-792, 5-792.03, 5-790.13</p>	<p>IR m (50+) / w (50+): 1997: 111,2 / 497,2 2009: 118,5 / 445,1 IR m (60-69)-(80+) / w (60-69)-(80+): 1997: 91,0-173,3 / 517,4-828,3 2009: 116,3-142,6 / 422,0-809,3 Stabiler Verlauf IR m (alle Altersgruppen) Abnahme IR w (60-69 und 70-79) Anstieg Hospitalisierungsrate m und w</p>

Bentohami [103], Niederlande	2009	18+	Patientendaten (personenbezogen) aus zwei Krankenhäusern radiologische Validierung	IR ges (50-79) / m (50-79) / w (50-79): 2009: 340 / 140 / 540 IR ges (80+) / m (80+) / IR w (80+): 2009: 870 / 240 / 1.240
Polinder [19], Niederlande	1986-2008	0+	Daten aus Stichprobe von KH-Notaufnahmen (<i>Dutch Injury Surveillance System</i>) und Krankenhausdiagnosestatistik (fallbezogen) ICD-9: 813.40, 813.41, 813.42, 813.44, 813.51, 813.52, 813.54, 814	IR m (0+) / w (0+) / w (50+): 1986-2008: 206 / 290 / 489 Zunahme der IR m +24% und w +10% (1986 bis 2008)
Maravic [23], Frankreich	2002, 2006	30+	Krankenhausdiagnosestatistik Nur stationäre Fälle ICD-10: S52.5, S52.50, S52.6, S52.60 Nur Einschluss in Verbindung mit DRG zur Frakturversorgung	IR m (50-69) / m (70+) / w (50-69) / w (70+): 2002: 50,6 / 50,2 / 159,5 / 396,8 2006: 46,6 / 46,9 / 158,7 / 365,7 Veränderung IR 2006 vs. 2002 m (50-69) -8%, m (70+) -7%, w (50-69) -0,5%, w (70+) -8%
Piscitelli [104], Italien	2002-2008	40+	Krankenhausdiagnosestatistik Stationäre Fälle und Anwendung eines Adjustierungsfaktors für ambulante Fälle aus [105] ICD-9: 813	IR ges (40+): 2002: 321 2008: 291 IR m (60-64)-(95-100) / w (60-64)-(95-100): 2002: 202-240 / 497-595 2008: 188-257 / 483-362

Tarantino [105], Italien	2004-2006	45+	Daten aus Stichprobe von KH-Notaufnahmen und Krankenhausdiagnosestatistik (fallbezogen) ICD-9: 813	IR ges (65+) / m (65+) / w (65+): 2006: 440 / 150 / 550 Hospitalisierungsrate 22,6%
Ali [106], Schweden	2016	18+	Patientendaten (personenbezogen) aus zwei Krankenhäusern radiologische Validierung ICD-10: S52.50, S52.51, S52.60, S52.61 Erfassung von Folgefrakturen	IR m (50-79) / m (80+) / w (50-79) / w (80+): 2016: 110 / 230 / 470 / 990 Eine Folgefraktur im Beobachtungszeitraum (0,31% aller DRF) Vergleich mit [107]: Abnahme IR ges (18+) um -24%, IR (50-79) um -33% und IR (80+) um -51%
Jerrhag [20], Schweden	1999-2010	17+	Frakturregister (personenbezogen) mit stationärer und ambulanter Versorgung ICD-10: S52.50, S52.51, S52.60, S52.61 <i>Washout</i> -Periode 1 Jahr (365 Tage) vor Beobachtungszeitraum und für Folgefrakturen	IR m (50+) / m (65+) / w (50+) / w (65+): 1999-2010: 171 / 204 / 714 / 987 IR m (60-69)-(90+) / w (60-69)-(90+): 1999-2010: 152-484 / 621-1.612 Stabiler Verlauf der IR m (50+): +0,8% [-0,1% bis +1,7%] Zunahme der IR w (50+) +0,5% [+0,1% bis +0,9%] Zunahmen der IR bei m (50-59) und w (40-49, 50- 59, 60-69, 70-79), sonst stabil

<p>Wilcke [108], Schweden</p>	<p>2004-2010</p>	<p>0+</p>	<p>Daten der <i>Stockholm County Council database for healthcare</i> (personenbezogen) mit stationärer und ambulanter Versorgung</p> <p>ICD-10: S52.50, S52.51, S52.60, S52.61</p> <p>Nur erste Frakturen erfasst</p>	<p>IR m (65–79) / m (80+) / w (65–79) / w (80+): 2004-2010: 190 / 310 / 770 / 1.100</p> <p>Stabiler Verlauf IR bei m (80+)</p> <p>Abnahme bei m (65-79) IRR 0,94 [0,90–0,98] sowie w (65-79) IRR 0,96 [0,94–0,98] und w (80+) IRR 0,97 [0,95–0,98] pro Jahr</p> <p>Median von zwei Arztbesuchen pro Patient mit DRF, 8% stationäre Arztkontakte mit altersabhängigem Anstieg</p> <p>Zunahme operative Versorgung ab 40 Jahren mit Ausnahme m (80+), Plattenosteosynthese ab 2008 dominierendes Verfahren bei 18+, Re-Operation bei 3-6% der Patienten je nach Verfahren</p>
<p>Brogren [107], Schweden</p>	<p>2001</p>	<p>19+</p>	<p>Patientendaten (personenbezogen) aus zwei Krankenhäusern mit prospektiver Erhebung radiologische Validierung</p> <p>ICD-10: S52.50, S52.51, S52.60, S52.61</p>	<p>IR m (50-79) / m (80+) / w (50-79) / w (80+): 2001: 134 / 280 / 560 / 1.190</p>

Hevonkorpi [109], Finnland	1998-2016	50+	Krankenhausdiagnosestatistik Nur stationäre (operative) Fälle ICD-10: S52.5, S52.6 Nur Einschluss in Verbindung mit Prozedurenschlüssel zur Frakturversorgung Nur erste Frakturen erfasst	IR operativ ges (50+): 1998: 38,5 2016: 63,4 Zunahme operative Versorgung in allen Altersgruppen mit Ausnahme (80+), Plattenosteosynthese ab 2007 dominierendes Verfahren
Flinkkilä [50], Finnland	2008	16+	Patientendaten (personenbezogen) der regionalen Leistungserbringer mit stationärer und ambulanter Versorgung radiologische Validierung	IR m (60-69)-(80+) / w (60-69)-(80+): 2008: 198-466 / 602-1.107 Zwei Folgefrakturen im Beobachtungszeitraum (0,69% aller DRF) 76% konservative Versorgung
Koski [3], Finnland	2005-2006	50+	Patientendaten (personenbezogen) der regionalen Leistungserbringer mit stationärer und ambulanter Versorgung radiologische Validierung ICD-10: S52.5, S52.6 Abgleich mit <i>Finnish Health Care Register</i> (nur Erstfrakturen aus stationärer und ambulanter KH-Versorgung erfasst)	IR m (50+) / w (50+): 2005-2006: 168 / 658 IR m (60-64)-(95-100) / w (60-64)-(95-100) (Werte errechnet aus Tabelle 1 der Publikation): 2005-2006: 196-0 / 660-448 (Altersklassen 90-94 und 95-100 ohne Fälle bei m) In <i>Finnish Health Care Register</i> nur 60% (signifikant weniger) der DRF aus der manuellen Erhebung erfasst

Abtahi [110], Dänemark	1995-2010	50+	Registerdaten des <i>Danish National Health Service</i> (patientenbezogen) Stationäre und ambulante Krankenhausdaten ICD-10: S52 Erfassung erste Fraktur pro Kalenderjahr mit <i>washout</i> -Periode von 365 Tagen	IR ges (50+) / m (50+) / w (50+) (geschlechtsstratifizierte Werte abgelesen aus Fig. 2d der Publikation): 1995: 73,0 / 28 / 110 2009: 55,5 / 24 / 105 Abnehmende IR 1995 bis 2009, stärkere Abnahme bei w als bei m
Abrahamsen [16], Dänemark	2010	20+	Krankenhausdiagnosestatistik Stationäre und ambulante KH-Fälle ICD-10: S52.5, S52.6 <i>Washout</i> -Periode von 6 Monaten und Ausschluss bei DRF im Jahr 2009	IR m (50+) / w (50+): 2010: 203 / 926 IR m (60-64)-(95+) / w (60-64)-(95+): 2010: 187-363 / 853-1.571 68 Folgefrakturen im Beobachtungszeitraum (0,59% aller DRF) Bei m (50+) 30,8% stationär und 27,6% operativ behandelt, bei w (50+) 34,4% stationär und 33,7% operativ behandelt
Diamantopoulos [58], Norwegen	2004-2005	50+	Patientendaten (personenbezogen) der regionalen Leistungserbringer mit stationärer und ambulanter Versorgung radiologische Validierung ICD-10: S52.5, S52.6, S62.8	IR m (50+) / w (50+): 2004-2005: 189 / 751 IR m (60-64)-(85+) / w (60-64)-(85+): 2004-2005: 241-283 / 780-1.006

Lofthus [98], Norwegen	1998-1999	20+	<p>Patientendaten (personenbezogen) der regionalen Leistungserbringer mit stationärer und ambulanter Versorgung</p> <p>radiologische Validierung</p> <p>ICD-9: 813.X und ICD-10: S52.X, S62.8</p> <p><i>International Classification of Primary Care:</i> L72</p> <p>Folgefrakturen erfasst</p>	<p>IR m (50+) / w (50+): 1998-1999: 254 / 1.098</p> <p>IR m (60-64)-(90+) / w (60-64)-(90+): 1998-1999: 197-323 / 1.116-1.397</p> <p>30 Folgefrakturen im Beobachtungszeitraum (2,01% aller DRF)</p> <p>Asiatische Immigranten mit niedrigerer IR m (50+) / w (50+): 170 / 847</p>
Siggeirsdottir [111], Island	1967-2008	33+	<p>Prospektive Kohortenstudie (personenbezogen; Medianes <i>follow-up</i> m 25,8 Jahre, w 26,7 Jahre)</p> <p>Stationäre und ambulante Daten der Leistungserbringer</p> <p><i>Washout</i>-Periode von 30 Tagen</p> <p>Trendanalyse für nur erste Frakturen</p>	<p>IR m (60-64)-(85-89) / w (60-64)-(85-89) (abgelesene Werte aus Fig.1 der Publikation): 150-500 / 750-1.250</p> <p>IR m (70-85) / w (70-85) (abgelesene Werte aus Fig.2 der Publikation): 1989-1992: 200 / 750 1997-2000: 250 / 1.200 2005-2008: 200 / 1.000</p> <p>Trends für 70-85: Signifikanter Anstieg w von 1989-1992 bis 1997-2000 IRR 1,62. Nicht signifikanter Abfall bis 2005-2008 IRR 0,83. Bei m ähnlicher Verlauf mit niedrigeren Frakturnraten</p>

Stirling [25], Vereinigtes Königreich	2007-2016	18+	Patientendaten (personenbezogen) eines Krankenhauses	IR ges (50+) / m (50+) / w (50+): 2007-2016: 184,7 / 69,5 / 289,6 IR m (50+) / w (50+) (abgelesene Werte aus Fig. 2 der Publikation): 2007: 60 / 280 2016: 70 / 240 Stabile Trends
Van der Velde [26], Vereinigtes Königreich	1990-2012	50+	Daten von <i>general practitioners</i> der <i>Clinical Practice Research Data link</i> (personenbezogen) mit stationären und ambulante Krankenhausdaten (inkl. Daten von niedergelassenen Ärzten) ICD-9: 813 Nur erste Frakturen	IR m (50+) / w (50+): 1990-1994: 96 / 504 2008-2012: 96 / 412 Abnehmende IR bei w (pro Jahr -5,74 pro 100.000 PJ), stabiler Verlauf bei m (pro Jahr -0,9 pro 100.000 PJ, nicht signifikant)
Court-Brown [1], Vereinigtes Königreich	2007-2008, 2010-2011	65+	Patientendaten (personenbezogen) eines Krankenhauses	IR m (65+) / m (80+) / w (65+) / w (80+): 150,8 / 199,6 / 787,0 / 1.065,6 IR m (65-69)-(90+) / w (65-69)-(90+): 145,1-260,9 / 562,1-1.061,1

Leslie [24], Kanada	1986-2006	50+	<p>Daten des <i>Population Health Research Data Repository</i> (personenbezogen)</p> <p>Stationäre und ambulante Daten der Leistungserbringer: Erfassung bei einem stationären Aufenthalt oder zwei ambulanten Kontakten innerhalb von 3 Monaten</p> <p>ICD-9 und ICD-10 (ohne nähere Angabe) plus Prozedurenschlüssel</p> <p><i>Washout</i>-Periode von 6 Monaten</p>	<p>IR m (50+) / w (50+)</p> <p>(abgelesene Werte aus Fig. 2 der Publikation):</p> <p>1986: 120 / 490</p> <p>2006: 130 / 420</p> <p>Abnahme in w (-1,2% pro Jahr [-1,85% bis -0,5%]), stabiler Trend in m (+0,2% pro Jahr [-0,5% bis +0,9%])</p>
Amin [97], Vereinigten Staaten von Amerika	2009-2011	50+	<p>Stationäre und ambulante Daten der Leistungserbringer (personenbezogen)</p> <p>Radiologische Verifizierung</p> <p>ICD-9 (ohne nähere Angabe)</p>	<p>IR ges (50+) / m (50+) / w (50+):</p> <p>2009-2011: 328 / 152 / 475</p> <p>IR m (60-64)-(85+) / w (60-64)-(85+):</p> <p>2009-2011: 107-310 / 547-805</p> <p>Vergleich 2009-2011 mit 1989-1991 ([112]): Stabiler Verlauf in m, Abnahme in w (1989-1991 IR (50+) 646)</p>

Tsukutani [18], Japan	2010-2012	50+	Stationäre und ambulante Daten der Leistungserbringer (personenbezogen) Radiologische Verifizierung	IR m (50+) / w (50+): 2010-2012: 82 / 432 IR m (60-64)-(85+) / w (60-64)-(85+): 2010-2012: 67-264 / 460-504 Vergleich mit [113]: SRR (1992-1995) 1,63 [1,57-1,69]
Kwon [13], Südkorea	2008-2012	50+	Daten der <i>Korean National Health Insurance</i> (personenbezogen, Kompletterhebung) Erfassung bei einem stationären Aufenthalt oder über drei ambulanten Kontakten ICD-10: S52.5, S52.6 und Prozedurenschlüssel <i>Washout</i> -Periode von 6 Monaten	IR ges (50+) / m (50+) / w (50+): 2008: 367,4 / 134,8 / 566,1 2012: 474,1 / 162,9 / 744,3 2008-2012: 427,9 / 150,8 / 666,6 Anstieg der IR m um 20,8% und w um 31,5%
Tsai [17], Taiwan	2000-2007	20+	Stichprobe des <i>Universal National Health Insurance System</i> (personenbezogen) mit stationärer und ambulanter Versorgung ICD-9: 813.4 Ausschluss bei Fraktur 1996-2000 Nur erste Frakturen	IR ges (60-64)-(85+) / m (60-64)-(85+) / w (60-64)-(85+): 2000: 196-334 / 109-97,5 / 277-512 2007: 273-437 / 161-296 / 379-557 Anstieg (20+) um 42,2%

Tabelle 12: **Literaturübersicht zu international publizierten Inzidenzraten (IR) und Trends von DRF, IRR** *Incidence Rate Ratio*, PJ Personenjahre, ges gesamt, m männlich, w weiblich, stat stationär, amb ambulant.

6.3 Interpretation und Vergleich mit Studien aus Deutschland

Die Datenlage zu DRF in Deutschland ist limitiert und aufgrund der bereits diskutierten international bestehenden Inhomogenitäten, welche auch im unmittelbaren europäischen Umfeld existieren, sind Extrapolationen von ausländischen Studienergebnissen auf die deutsche Bevölkerung trotz geographischer Nähe kritisch anzusehen. Die existierenden deutschen Studien verwenden entweder nur die Krankenhausdiagnosestatistik als Datenbasis oder betrachten nur einen engen regionalen Bereich. Sie werden den eigenen Daten sowie den Daten der Krankenhausdiagnosestatistik für das Jahr 2018 in Tabelle 13 gegenübergestellt. Im Folgenden wird auf die Publikationen und ihre Limitationen eingegangen.

Hemmann et al. untersuchten Inzidenzraten von distalen Radiusfrakturen mittels stationärer, fallbezogener Daten der deutschen Krankenhausdiagnosestatistik für die gesamte deutsche Bevölkerung ab 35 Jahren in Zehn-Jahres-Altersklassen. Inkludiert wurden dabei DRF der Jahre 2002 und 2017 bei Vorliegen des ICD-10-GM-Schlüssels S52.5 (Inzidenzraten für das Jahr 2017 stratifiziert nach Altersklassen sind für Männer und Frauen der u.s. Tabelle 13 zu entnehmen) [27]. Im Gegensatz zu den eigenen Analysen wurde bei Hemmann et al. ausschließlich der stationäre Versorgungsbereich betrachtet und es wurde keine Trendschätzung auf Basis jährlicher Datenauswertung und Schätzung von IRR durchgeführt, sondern ausschließlich die IR zweier Jahre verglichen. Weiterhin liegen die Daten der Krankenhausdiagnosestatistik fallbasiert und aggregiert vor, so dass Mehrfacherfassungen der gleichen Fraktur, beispielsweise bei Verlegungen zwischen verschiedenen Leistungserbringern oder Wiederaufnahmen bei Komplikationen, zu Überschätzungen führen können.

Diese methodischen Limitationen müssen auch in der Diskussion der Publikation von Rupp et al. angeführt werden: Von 2009 bis 2019 wurden IR für die deutsche Bevölkerung ab 20 Jahren auf Basis der Krankenhausdiagnosestatistik geschätzt, wobei eine DRF durch den ICD-10 Schlüssel S52.5 definiert wurde. Die Trendanalyse ergab einen homogenen Rückgang der DRF um 3% über den gesamten Beobachtungszeitraum, wobei für die Population ab 70 Jahren eine IR von 75,0 pro 100.000 PJ geschätzt wurde [28]. Entgegen den Angaben in der Publikation von Rupp et al., dass die Daten der Krankenhausdiagnosestatistik keine Doppelungen enthalten und mehrfache Vorstellungen eines Patienten mit der gleichen Diagnose zu einem Fall aggregiert werden, wird nach Eigenangabe des Deutschen Statistischen Bundesamtes jeder vollstationär behandelte Patient als ein einzelner Fall erfasst, so dass eine Überschätzung durch mehrere stationäre Aufenthalte aufgrund einer einzelnen Fraktur möglich ist [114].

Zudem werden in Tabelle 13 die alters- und geschlechtsstratifizierten IR aus der Krankenhausdiagnosestatistik des Jahres 2018 angegeben. Im Gegensatz zu den eigenen stationären Daten, bei denen bei Männern eine Zunahme der IR ab der Altersklasse 70-74 Jahre ermittelt wurde, zeichnet sich auf Grundlage der Publikationen von Hemmann et al. und Rupp et al. sowie in der Krankenhausdiagnosestatistik für das Jahr 2018 nur ein moderater Anstieg der IR in den ältesten Altersklassen ab [27, 28, 115]. Gleichzeitig wurden die IR bei Männern für alle Altersklassen in den eigenen Analysen aus dem stationären Bereich deutlich höher geschätzt, wobei ein direkter Vergleich durch unterschiedlich gewählte Altersstrata teilweise erschwert wird. Für Frauen ist die altersabhängige Zunahme der IR mit teilweiser Plateaubildung oder Abnahme in der ältesten Altersklasse im Einklang mit den bestehenden deutschen Publikationen, wobei die IR ab der Altersklasse von 75-79 Jahren in den eigenen Analysen höher geschätzt wurde [27, 28, 115].

Einen prospektiven Ansatz verwendeten Bäßgen et al. für die Schätzung von IR für die deutsche Stadt Rostock, wobei die Erfassung von DRF im Zeitraum Oktober 2008 bis Oktober 2009 durch stationäre und ambulante Leistungserbringer der Region erfolgte und eine radiologische Verifizierung stattfand. Ein retrospektiver Abgleich mit fallbasierten Abrechnungsdaten der Krankenhäuser ohne Personenbezug zeigte für DRF sowie proximale Humerusfrakturen, proximale Femurfrakturen und symptomatische Wirbelkörperfrakturen kombiniert eine Überschätzung der Gesamtzahl an Frakturen um über 20% durch Mehrfacherfassungen. In den Daten des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern für die Region wurden 192 DRF-Fälle weniger berichtet, als prospektiv für den Zeitraum erfasst wurden (395 DRF), was einer Mindererfassung von beinahe 50% entspricht und erneut die Verzerrung bei der ausschließlichen Verwendung von fallbasierten, stationären Daten aufzeigt [29]. Eine methodische Ursache von Abweichungen bezüglich der Altersabhängigkeit und der Höhe der IR, verglichen mit den eigenen Daten, könnte in der Betrachtung eines engen regionalen Bereichs mit kleiner Stichprobengröße liegen. Bereits geringe Variationen in der Anzahl an DRF haben auf die Höhe der IR in bestimmten Subgruppen starke Auswirkungen, wobei insbesondere die ältesten Altersklassen betroffen sind (542 männliche Personen unter Risiko in der Altersklassen 85-89 Jahre, 136 männliche Personen unter Risiko in der Altersklassen 90+ Jahre).

Studie (Jahr)	Geschlecht	Inzidenzraten pro 100.000 PJ in den Altersklassen (Jahre)								
		50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89 ^a	≥90 ^b
Eigene Daten (2018)	Männlich			137 [113-162]	144 [116-172]	172 [137-206]	156 [123-188]	205 [163-247]	267 [194-340]	535 [360-710]
	Weiblich			448 [403-492]	493 [445-542]	561 [504-618]	712 [652-772]	840 [772-909]	1.116 [1.012-1.221]	1.138 [1.003-1.274]
Eigene Daten, stationär (2018)	Männlich			64 [47-81]	65 [46-84]	77 [54-100]	88 [63-112]	98 [69-127]	131 [80-182]	282 [155-409]
	Weiblich			206 [176-237]	265 [230-301]	303 [261-345]	394 [349-439]	510 [457-563]	691 [609-773]	666 [562-770]
Hemmann et al. [27] (2017)	Männlich		57,4		57,4		58,5		69,4	64,3
	Weiblich		221,7		311,3		400,6		446,0	347,6
Rupp et al. [28] (2019)	Männlich	54,0		55,5		52,4		56,8		57,5
	Weiblich	136,9		258,3		352,7		387,3		393,9
Bäßgen et al. [29] (2008-2009)	Männlich	124	97	105	69	106	177	210	0	0
	Weiblich	208	431	222	417	694	924	839	922	1.395
Krankenhaus-Diagnosestatistik [115] (2018)	Männlich	56,4	60,9	59,5	58,1	53,7	55,6	55,9	73,0	82,2
	Weiblich	97,3	187,6	252,1	294,8	323,0	373,3	410,8	446,7	360,5

Tabelle 13: Inzidenzraten von DRF pro 100.000 Personenjahre (PJ) für Männer und Frauen in Deutschland für verschiedene Altersklassen unter Angabe des Beobachtungszeitraums.

^a Bei Hemmann et al. Altersgruppe bis einschließlich 90 Jahren

^b Bei Hemmann et al. Altersgruppe >90 Jahren

6.4 Erklärungsansätze

Im Folgenden sollen für die Hauptkenntnisse der Studie Hypothesen und Erklärungsansätze diskutiert werden. Dabei wird zum einen die Studienmethodik in Abgrenzung zur bestehenden Literatur aufgegriffen, zum anderen sollen Hintergründe zu möglichen Einflussfaktoren auf die Trendentwicklung thematisiert, Veränderungen in der stationären und ambulanten Versorgung sowie deren Auswirkungen besprochen und ein Vergleich zur Epidemiologie von proximalen Humerusfrakturen und proximalen Femurfrakturen als weitere wichtige Entitäten osteoporotischer Frakturen gezogen werden.

6.4.1 Methodenunterschiede

Im Vergleich der internationalen Publikationen zu Inzidenzraten und Trends distaler Radiusfrakturen haben sich diverse methodische Unterschiede gezeigt: Als Datenbasis wurden zumeist entweder personenbezogene Register- bzw. Abrechnungsdaten verwendet oder die Studien fußten auf fallbasierten Registerdaten ohne Personenbezug. Im Gegensatz zur Datenerhebung beim Leistungserbringer, die häufig eine radiologische Verifizierung oder eine prospektive radiologische Selektion ermöglichte, fand die Identifizierung von neuinzidenten DRF bei Abrechnungsdaten in der Regel retrospektiv über Diagnose- und/oder Prozedurenschlüssel statt. Am Beispiel der ICD-10 Diagnoseschlüssel, die bei der vorliegenden Arbeit in Kombination mit OPS für die Entfernung von Osteosynthesematerial für die Selektion verwendet wurden, wird deutlich, dass einige Autoren ausschließlich isolierte DRF (ICD-10: S52.5) inkludiert haben [27, 28], während in anderen Studien, wie auch in den eigenen Analysen, ebenfalls Kombinationsfrakturen von Radius und Ulna (ICD-10: S52.6) eingeschlossen wurden [13, 16, 22]. Weiterhin gibt es Publikationen, die darüber hinaus auch Frakturen der Handwurzelknochen (ICD-10: S62.1) [21] oder unspezifische Diagnoseschlüssel (ICD-10: S62.8 als Fraktur sonstiger und nicht näher bezeichneter Teile des Handgelenkes und der Hand) [58] in die Analysen aufgenommen haben, so dass sich Unterschiede in den Fallzahlen und daraus resultierend in den Inzidenzraten ergeben.

Ein methodisches Problem bei der Identifizierung von neuauftretenden Frakturen im Beobachtungszeitraum stellt die Linkszensierung dar. Bei den Plausibilitätsprüfungen der Krankenkassendaten zeigten sich im ambulanten Bereich für einige Versicherte Diagnoseschlüssel, die fortlaufend kodiert wurden. Insbesondere, wenn ausschließlich die erste Fraktur im Beobachtungszeitraum selektiert wird und ein Individuum im Anschluss nicht mehr unter Risiko steht, besteht die Gefahr einer systematischen Verzerrung:

Während zu Beginn des Beobachtungszeitraums aufgrund der Linkszensierung die Inzidenzrate überschätzt wird, ist das Kriterium „erste Fraktur“ aufgrund einer deutlich längeren Zeit unter Risiko im Verlauf des Beobachtungszeitraums restriktiver. Folglich kann eine Überschätzung eines abnehmenden Trends im Zeitverlauf eintreten. Aus diesem Grund entschied man sich für eine Berücksichtigung von Folgefrakturen, um eine methodisch weniger verzerrte Schätzung von zeitlichen Trends zu ermöglichen. Geringere jährliche Überschätzungen der Inzidenzraten aufgrund von Kontrolluntersuchungen oder fortgeführte Verschlüsselung einer zurückliegenden DRF sind in Abhängigkeit von der Länge der *washout*-Periode weiterhin möglich, betreffen aber alle Kalenderjahre in gleichem Maße, ohne einen systematischen Einfluss auf die Trendschätzung auszuüben.

Abbas et al. haben die Beeinflussung der Inzidenzraten verschiedener Erkrankungen in Abhängigkeit vom ereignisfreien Zeitraum bei linkszensierten Daten untersucht und das Ausmaß der Überschätzung bestimmt [116]. Im Einklang mit der Empfehlung von Abbas et al., wurde eine Sensitivitätsanalyse für eine *washout*-Periode von 367 Tagen (>1 Kalenderjahr) durchgeführt, wobei ca. 5% weniger DRF-Fälle als bei 184 Tagen (>2 Quartale) beobachtet wurden. Aus Untersuchungen von Bynum et al. für kürzere *washout*-Perioden ist bereits bekannt, dass sich die IR für Folgefrakturen ab 90 Tagen nur noch geringfügig ändern (IR pro 1.000 PJ in Abhängigkeit von der Länge der *washout*-Periode: 30 Tage: 8,53; 60 Tage: 5,23; 90 Tage: 4,92; 120 Tage: 4,75; 180 Tage: 4,49) [40]. International existieren neben Studien, die wie die eigenen Analysen eine *washout*-Periode von ca. 6 Monaten verwenden [13, 16, 24] auch Ansätze mit kürzeren Zeiträumen bis 60 [117] bzw. 30 [111] Tagen und Analysen, die mindestens ein Jahr ohne Ereignisse als Bedingung zur Erfassung einer neuen Fraktur fordern [20, 110].

Wie bereits im Kapitel 4.2.2 beschrieben, ist auf Basis von Krankenkassendaten auch ein weiterer Auswertungsansatz zum Auftreten von DRF realisierbar, bei dem Periodeninzidenzen für jedes Kalenderjahr geschätzt werden. Er wurde aus der institutseigenen Forschung entwickelt und nach aktuellem Kenntnisstand bisher nicht für Analysen zu DRF genutzt. Claessen et al. haben diese Auswertungsmethodik für Analysen zur Epidemiologie von Amputationen bei Personen mit und ohne Diabetes mellitus angewendet: Für jedes Kalenderjahr separat wurde die Anzahl an ersten Amputationereignissen eines Versicherten durch die summierten Personenjahre unter Risiko dividiert [118]. Ähnlich wie bei der Verwendung von *washout*-Perioden, ist anzunehmen, dass die jährlichen Inzidenzraten überschätzt werden, dies jedoch homogen über den gesamten Studienzeitraum geschieht und somit wenige Verzerrungen in Bezug auf die Trendanalyse wahrscheinlich sind. Die verschiedenen methodischen Ansätze adressieren das Problem, dass bei linkszensierten Daten keine Aussagen über erste

Ereignisse bezogen auf das Gesamtleben eines Individuums möglich sind. Stattdessen können Erstereignisse ausschließlich bezogen auf den Beobachtungszeitraum oder auf eine Periode, beispielsweise ein Kalenderjahr, in diesem untersucht werden. Inhaltlich zu berücksichtigen ist, dass es sich bei Amputationen um gut abgrenzbare Ereignisse handelt, die in der zitierten Studie durch OPS erfasst wurden, während die Erfassung von DRF in der eigenen Studie durch ICD-10-Schlüssel erfolgte, die auch im Rahmen der Nachversorgung nach DRF verschlüsselt werden können. Nur die Studie von Abtahi et al. untersuchte im Zeitraum von 1995 bis 2010 auf Grundlage des dänischen Krankenhausdiagnoseregisters mit stationären und ambulanten Krankenhausdaten die Inzidenz von Unterarmfrakturen (ICD-10: S52) bei Personen ab 50 Jahren als erste Ereignisse pro Kalenderjahr, verwendeten jedoch zusätzlich eine *washout*-Periode von 365 Tagen, weswegen das Vorgehen nicht dem dargestellten Ansatz B entspricht. Von 1995 bis 2009 sank die IR pro 100.000 PJ für Unterarmfrakturen von 730 auf 555, wobei für das letzte Jahr des Beobachtungszeitraums ein Anstieg auf 691 beschrieben wurde [110].

Limitationen dieses alternativen Auswertungsansatzes bestehen in Überschätzungen aufgrund von Therapiedauern über die Jahreswechsel hinweg, die eine neue Erfassung im Folgejahr bewirken, sowie ein stärkerer Einfluss fortlaufend quartalsweise verschlüsselter DRF, die unter Verwendung einer *washout*-Periode exkludiert werden würden. Zudem lassen sich keine Aussagen über die Therapiedauer ableiten und Untersuchungen von Assoziationen wie der Komorbidität gestalten sich schwieriger als bei Nutzung des in den eigenen Analysen verwendeten Ansatzes.

6.4.2 Mögliche Einflussfaktoren auf die Trendentwicklung

Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Inzidenzraten distaler Radiusfrakturen befinden sich, verglichen mit dem internationalen Umfeld, auf hohem Niveau, wobei positiv anzumerken ist, dass kein weiter ansteigender Trend zu verzeichnen ist. Aus der Übersicht der bisher publizierten Daten zur Epidemiologie in Kapitel 6.2 ist bekannt, dass die Region Nordeuropa im Vergleich zu Asien und Amerika von einer deutlich höheren Frakturlast bei DRF betroffen ist.

Mögliche Ursachen für die verschiedenen Trendentwicklungen von DRF wurden im internationalen Umfeld bereits diskutiert:

Hypothesen für eine Zunahme der IR im Zeitverlauf fokussieren oftmals auf eine Zunahme der Osteoporoseprävalenz in der Bevölkerung, für die es bei Frauen ab 50 Jahren Hinweise gibt [119]. Diese wird für die europäische Bevölkerung mit 7-8% bei Männern und 27-33%

bei Frauen ab 50 Jahren angegeben [120]. Für Deutschland wird die Prävalenz für beide Geschlechter ab 65 Jahren auf ungefähr 12% geschätzt [121]. Zudem werden frakturbegünstigende Lifestyle-Faktoren beschrieben, beispielsweise ein höheres Aktivitätsniveau bis ins hohe Lebensalter sowie eine Zunahme der Stürze generell, die einen additiven Einfluss haben könnten [64, 122, 123]. Andere Untersuchungsansätze verfolgen Änderungen in den Ernährungsgewohnheiten mit konsekutiver Veränderung des Knochenaufbaus als mögliche Ursache für steigende Inzidenzraten sowie epigenetische Einflüsse [65, 124]. Eine weitere Hypothese für einen Anstieg oder auf hohem Niveau stagnierende IR stellt die geringe Therapieadhärenz bei der Einnahme von anti-osteoporotischer Medikation dar: In einer Meta-Analyse von Kothawala et al. wird die gepoolte Einnahmerate für die ersten 6 Monate mit 52% angegeben, während nach 13-24 Monaten mit 42% deutlich weniger als die Hälfte der Population die anti-osteoporotische Medikation weiterhin einnimmt [125]. Auch für die Versorgung nach DRF bei Patienten ab dem 50. Lebensjahr werden in einer Untersuchung von Freedman et al. Optimierungspotenziale gezeigt: Nur ungefähr 60% erhalten innerhalb eines Jahres nach Fraktur eine weiterführende Diagnostik oder Therapie einer Osteoporose und weniger als die Hälfte erhält eine anti-osteoporotische Medikation oder Vitamin D bzw. Calcium [126]. Dies ist bedeutsam, da insbesondere für Wirkstoffe aus der Klasse der Bisphosphonate eine Reduktion des Frakturrisikos für postmenopausale Frauen belegt ist und bei unzureichender Therapie mögliche Trendabnahmen von Osteoporose-assoziierten Frakturen ausbleiben können [127].

Demgegenüber werden Lebensstil-Modifikationen auch als Gründe gegen ansteigende Trends angeführt: Im Rahmen einer Interventionsstudie zur Osteoporoseprävention und Fallprophylaxe auf Gemeindeebene zeigen sich im Studienverlauf niedrigere DRF IR in der Interventionsgruppe ab 40 Jahren, so dass unterschiedliche Ausgestaltungen nationaler Programme abweichende Trends bewirken können [128]. Exemplarisch für Deutschland kann dabei die PRISCUS-Liste genannt werden, die verordnende Ärzte über die bei älteren Menschen potenziell u.a. für Stürze und Frakturen risikobehafteten Medikamente mit ungünstigem Wirkungs-Nebenwirkungs-Profil aufklären und Alternativen anbieten soll [129, 130]. Ein weiterer positiver Einfluss könnte in einem Rückgang von sturzbegünstigenden Erkrankungen liegen, wobei sich beispielsweise für Diabetes mellitus Typ 2 mit möglicher diabetischer Neuropathie und damit einhergehender Gangunsicherheit regionale Diskrepanzen in der Trendentwicklung abzeichnen [131–133]. Teilweise werden auch die günstigeren Entwicklungsbedingungen in Kindheit und Jugend durch einen größeren werdenden Abstand zu den Weltkriegsjahren mit niedrigeren Frakturraten in Verbindung gebracht [110].

Das konventionelle Röntgen und die Computertomographie als wichtigste bildgebende Verfahren in der Diagnostik der DRF sind als Standardverfahren flächendeckend verbreitet, so dass es wenig wahrscheinlich ist, dass sich Trendänderungen in der näheren Vergangenheit durch Veränderungen in der Diagnostik ergeben [134]. Jedoch können Änderungen im Kodierungs- und Abrechnungssystem, beispielsweise im Rahmen der Umstellung von ICD-9 auf ICD-10, oder die Einführung neuer Therapiemöglichkeiten, insbesondere die der winkelstabile Plattenosteosynthese, über eine Zunahme der Krankenhausfälle eine Beeinflussung ausüben.

Zusammenfassend lassen sich nur sehr eingeschränkt eindeutige Ursachen für Trendverläufe bezüglich der IR von DRF identifizieren. Wie bereits im Kapitel 2.1.2 zum Entstehungsmechanismus und zu potenziellen Risikofaktoren für DRF erläutert, ist die Sturzentstehung multifaktoriell. Daher sind Assoziationen mit bestimmten Erkrankungen, Verhaltensmustern oder biologischen Merkmalen oft divergent und insbesondere in multivariaten Regressionsmodellen nicht belegbar. Unterschiede in den nationalen Diagnose-, Behandlungs- und Präventionsangeboten sowie regional beeinflusste Lebensstilfaktoren limitieren das Verständnis über die Hintergründe epidemiologischer Entwicklungen distaler Radiusfrakturen.

6.4.3 Änderungen im Versorgungssetting und Zunahme der operativen Versorgung

In der internationalen Literatur werden die Anteile an stationärer und damit oftmals auch operativer Therapie mit 20-40% angegeben, so dass aktuell die Mehrzahl an DRF konservativ behandelt wird [22, 50, 105, 117]. Insbesondere seit flächendeckender Einführung der winkelstabilen Plattenosteosynthese, die zurzeit das am häufigsten angewendete Osteosyntheseverfahren bei DRF ist, steigt jedoch die Hospitalisierung und der Anteil an operativer Versorgung [21, 108, 117].

Eine Evidenzgrundlage, die diesen Trend in der Versorgung absichert, ist nur unzureichend vorhanden: Während bei jüngeren Patienten die regelrechte Wiederherstellung der Gelenkfläche erfassbar anhand des radiologischen Status mit dem langfristigen funktionellen Outcome korreliert, gibt es in der älteren Bevölkerung einen geringeren Zusammenhang zum funktionellen Ergebnis [79]. Für diese Bevölkerungsgruppe wird trotz persistierenden Fehlstellungen im Röntgenbild ein zufriedenstellendes Outcome berichtet, so dass Therapieempfehlungen für die jüngere Altersgruppe nicht ohne weiteres auf DRF des gehobenen Lebensalters übertragen werden können [65, 79]. Arora et al. haben für

Patienten ab 70 Jahren das funktionelle Outcome im Vergleich von palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese und konservativer Versorgung untersucht: Obwohl in der Gruppe der operativ versorgten Patienten bessere radiologische Resultate bestehen, gibt es keine Unterschiede im finalen funktionellen Outcome beider Versorgungsarten [135]. Ein ähnliches Ergebnis lieferte die ORCHID-Studie für Patienten ab 65 Jahren mit komplexer intraartikulärer DRF und auch ein systematisches Review von Diaz-Garcia et al. gibt Hinweise auf die Berechtigung beider Therapieverfahren für Patienten ab 60 Jahren [136, 137]. Lediglich unter den Gesichtspunkten einer schnelleren Wiedererlangung der Selbstständigkeit sowie der Vermeidung einer sekundären Dislokation bei konservativem Verfahren, für die in der ORCHID-Studie ein Anteil von 41% berichtet wird, lässt sich die Zunahme der operativen Versorgung stützen [35, 136–138].

Demgegenüber steht für die stationäre Versorgung von DRF eine größere Kostenbelastung für die Gesellschaft: Maravic et al. schätzten diese für die Population ab 70 Jahren in Frankreich auf ungefähr 2.400 € bis 2.500 € pro Fall und aufgrund der hohen Inzidenz ist die DRF für die Kostenträger in den Niederlanden die kostenintensivste Verletzung der oberen Extremität [19, 23]. Nach Lögters et al. ist die operative Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese in Deutschland für die Leistungserbringer kostendeckend [139].

6.4.4 Gegenüberstellung mit proximalen Femurfrakturen und proximalen Humerusfrakturen – Rolle der Komorbidität und Trendanalysen

Wie bereits eingangs im Kapitel zur Relevanz von distalen Radiusfrakturen beschrieben, stellt die DRF oftmals die Indexfraktur für eine vorliegende Osteoporose dar und erhöht davon unabhängig auch das Risiko einer folgenden Hüftfraktur [12]. Für die ältere Bevölkerung ab 65 Jahren spielen neben der DRF die proximale Femurfraktur (PFF) und die proximale Humerusfraktur (PHF) eine epidemiologisch entscheidende Rolle, da für diese drei Frakturtypen die höchsten Inzidenzraten im Spektrum der Alterstraumatologie berichtet werden [1]. Obwohl für DRF, PFF und PHF eine Assoziation zur Osteoporose besteht, gibt es Unterschiede, beispielsweise in der zugrunde liegenden Altersstruktur oder der vorhandenen Komorbidität, weshalb diese im Folgenden gegenübergestellt werden sollen.

In einer Auswertung des schwedischen Frakturregisters ab dem 16. Lebensjahr von Bergh et al. liegt das Durchschnittsalter bei DRF mit 59,8 Jahren unter denen von 81,1 Jahren bei PFF sowie 66,6 Jahren bei PHF [140]. Dies wird durch Untersuchungen von Bynum et al.

und Hansen et al. bestätigt, die zudem eine höhere Anzahl an chronischen Krankheiten pro Patienten sowie eine erhöhte Krankheitslast, operationalisiert über den Charlson-Komorbiditätsindex, insbesondere bei PFF, jedoch auch bei PHF im Vergleich zu DRF präsentieren [40, 141]. Für das Vorhandensein von Komorbidität wurde in den eigenen Analysen eine positive Assoziation zum Auftreten einer DRF festgestellt. Wie im Kapitel Entstehungsmechanismus und potenzielle Risikofaktoren beschrieben, erfordert das Abfangen eines Sturzes mit der zumeist gestreckten Hand eine ausreichende neuromuskuläre Koordination und Schnelligkeit, um nicht mit der Schulterregion aufzutreffen. Unterstützt wird diese These dadurch, dass körperliche Fitness und ein guter Gleichgewichtssinn sowie gute Haltungskontrolle protektive Faktoren bezogen auf die PHF sind [67]. In einer Regressionsanalyse bestätigen Hansen et al. das eigene Ergebnis, dass Komorbidität mit dem Auftreten von DRF assoziiert ist, wobei die Odds Ratios (OR) bei PFF am größten und bei DRF am niedrigsten sind [141]. Im Gegensatz zu DRF (OR 1,24 [1,16-1,32]) ist bei schwerer Komorbidität die Chance eine Fraktur zu erleiden bei Humerusfrakturen (OR 2,02 [1,82-2,24]) und PFF (2,93 [2,60-3,31]) höher als bei milder oder moderater Komorbidität [141]. Mehrere Erkrankungen des Charlson-Komorbiditätsindex können dabei sowohl die Sturzneigung erhöhen als auch sekundäre Osteoporoseformen verursachen, so dass ein Einfluss der Komorbidität auf die Trendentwicklung der beschriebenen Fraktorentitäten denkbar ist [142, 143].

Ähnlich wie bei DRF werden aus den skandinavischen Ländern mit Ausnahme von Finnland höhere IR für PFF berichtet als in den meisten zentraleuropäischen, amerikanischen oder asiatischen Ländern [74, 144]. In der Trendanalyse zeichnet sich seit dem Ende des 20. Jahrhunderts zumeist ein stabiler oder teilweise abnehmender Verlauf ab [24, 97, 110, 145, 146]. Für die deutsche Bevölkerung ab 60 Jahren werden in der Studie von Icks et al. IR pro 100.000 PJ im Bereich von ungefähr 250-380 für Männer und 500-630 für Frauen geschätzt, wobei ebenfalls keine signifikante Trendentwicklung von 1995 bis 2010 berichtet wird [147].

Im Vergleich zu PFF ist die Datenlage zu PHF deutlich eingeschränkter, jedoch weisen die Studien der vergangenen Jahre ebenfalls überwiegend auf stabile oder rückläufige Trends hin [24, 97, 110, 148].

Bezogen auf die Bevölkerung ab 50 Jahren liegen die IR bei PFF und PHF zumeist unter den für DRF berichteten IR [24]. Auch in der Trendanalyse scheinen PFF und PHF parallele Verläufe mit aktuell überwiegend stabilen oder abnehmenden Trends aufzuweisen, während es bei DRF auch eine größere Zahl aktueller Studien mit steigenden IR im

Zeitverlauf gibt, so dass trotz der gemeinsamen Assoziation mit Osteoporose andere, bisher nicht identifizierte Beeinflussungsfaktoren anzunehmen sind.

6.5 Stärken und Limitationen der Studie

In der Diskussion der Ergebnisse und dem Vergleich mit bestehenden Publikationen müssen mehrere Limitationen genannt werden, die sich aus dem Studiendesign, der Auswertungsmethodik und der Datenbasis ergeben.

Grundsätzlich können Kodierfehler in den Krankenkassendaten vorhanden sein, für die keine radiologische Verifizierung möglich ist, so dass falsche Diagnosen nicht ausgeschlossen werden können. Aufgrund unspezifischer ICD-10 Diagnoseschlüssel, beispielsweise S62.8 als „Fraktur sonstiger und nicht näher bezeichneter Teile des Handgelenkes und der Hand“, können zudem Mängel in der Klassifikation auftreten und auch in solchen Fällen eine DRF vorliegen. Unter Berücksichtigung der bestehenden Publikationen zu DRF und klinischer Evaluation wurden solche unspezifische Diagnoseschlüssel nicht für die Selektion einer Fraktur verwendet. Aufgrund des DRG-basierten Abrechnungssystems in der stationären Versorgung, bei dem die Vergütung der Leistungserbringer in großen Teilen durch die erhobenen Diagnosen und durchgeführten Prozeduren bestimmt wird, ist es möglich, dass die Datenqualität besser als im ambulanten Setting ist, in welchem die Vergütung der Leistungserbringer nur mittelbar bzw. regionsbezogen von den erhobenen Diagnosen abhängt [149, 150]. Untersuchungen zur Kodierqualität im stationären und ambulanten Bereich verwenden überwiegend chronische internistische Erkrankungen, beispielsweise Diabetes mellitus, so dass eine Übertragbarkeit auf chirurgische Krankheitsbilder zu diskutieren ist [149].

Die *washout*-Periode von mindestens 184 Tagen, welche für die Erfassung von Folgefrakturen Verwendung fand, wurde unter Sichtung der vorbestehenden Literatur und klinischer Einschätzung zur Therapiedauer definiert. Mittels einer Sensitivitätsanalyse wurde zudem eine *washout*-Periode von 367 Tagen untersucht (Ergebnisse nicht gezeigt). Es kann jedoch in Einzelfällen nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass sich Überschätzungen durch Mehrfacherfassung einer gleichen DRF oder Unterschätzungen durch eine Folgefraktur während der *washout*-Periode einer vorangegangenen DRF ergeben. Aufgrund unvollständiger Angaben zur Seitenlokalisierung in den Krankenkassendaten entschied man sich gegen ein Seitenkriterium, um keine Inhomogenität in der Auswertungsmethodik zu generieren.

Auf Basis von Krankenkassendaten sind keine Aussagen über Ursachen und Gründe einer DRF sowie eine Unterscheidbarkeit von niedrig- und hochenergetischen Traumata möglich. Zudem lassen sich keine klinischen Parameter auswerten oder eine Einordnung gemäß der AO-Klassifikation durchführen. Aussagen und Rückschlüsse zum Einfluss des soziodemographischen Hintergrunds auf IR sind nur begrenzt möglich. Wie im Abschnitt zur Methodik geschildert, sind bei der AOK Rheinland/Hamburg Individuen aus den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Hamburg krankenversichert. Die Repräsentativität dieser Stichprobe für die Bundesländer und Gesamtdeutschland muss kritisch diskutiert werden: Während die gesetzliche Krankenversicherung, mit bundesweit über 100 Krankenkassen, ca. 90% der Bevölkerung abdeckt, ist eine Aufnahme in die private Krankenversicherung bei Arbeitnehmern in Abhängigkeit vom Einkommen erst bei Überschreitung der Jahresarbeitsentgeltgrenze möglich [151]. Darüber hinaus sind Unterschiede bezüglich des sozio-ökonomischen Status oder der Morbidität, beispielsweise in der Prävalenz von chronischen Erkrankungen, zwischen den Versichertenkollektiven der verschiedenen Krankenkassen beschrieben worden [152]. Mittels Alters- und Geschlechtsstandardisierung auf die gesamte deutsche Bevölkerung des Jahres 2018 wurden Differenzen in der Alters- und Geschlechtsstruktur der Stichprobe kompensiert. Jedoch ist weiterhin eine Übertragung der Analyseergebnisse auf die gesamtdeutsche Bevölkerung kritisch zu prüfen.

Entgegen anderen Publikationen, die Studienpopulation ab 50 Jahren untersuchten, wurden in den eigenen Analysen Versicherte ab dem 60. Lebensjahr inkludiert [13, 22, 24]. Bei Personen, die eine DRF im Rahmen der Arbeitstätigkeit oder auf dem Arbeitsweg erleiden, ist in Deutschland die gesetzliche Unfallversicherung für die Kostenerstattung gegenüber den Leistungserbringern zuständig, so dass die Krankenkassendaten für diese Fälle unvollständig sein können und eine Unterschätzung insbesondere in den jüngeren Altersgruppen möglich erscheint. Zudem liegt oft ein anderer Frakturmechanismus zugrunde und der Anteil an hochenergetischen Traumata ist größer [65]. Weiterhin werden Altersfrakturen international aber auch in Studienpopulationen ab 65 Jahren untersucht [1], so dass die Wahl des korrekten Altersbereichs kompromissbehaftet ist und bisher keine klaren *cutoff*-Grenzen definiert wurden. Bei positiver Assoziation der Inzidenzraten von DRF mit steigendem Lebensalter ist anzunehmen, dass bei niedriger gewählten Altersgrenzen die Gesamt-IR ebenfalls geringer ausfallen. Die Schätzungen zeitlicher Trends sind von der Wahl und Länge des Beobachtungszeitraums abhängig. Dabei sind Extrapolationen, die über den Beobachtungszeitraum hinaus ausgeführt werden, kritisch anzusehen.

Demgegenüber stehen deutliche Stärken der Studie, die sich insbesondere aus der breiten Datenbasis von Daten einer großen deutschen Krankenkasse ergeben. Es wird sowohl der

stationäre als auch der ambulante Versorgungsbereich abgebildet, so dass Schätzungen von Inzidenzraten und Trends für eine große Stichprobe valide möglich sind. Aus den Analyseergebnissen und den bestehenden Publikationen wird die weiterhin bestehende Relevanz des ambulanten Versorgungsbereichs mit ungefähr der Hälfte aller erfassten DRF deutlich. Während epidemiologische Untersuchungen auf regionaler anstatt nationaler Ebene oft Mindererfassungen von Frakturereignissen aufgrund einer Versorgung außerhalb des Beobachtungsbereichs aufweisen, beinhalten die Krankenkassendaten vollständige Angaben zu allen Leistungserbringern im Rahmen der gesetzlichen Krankenversicherung im Bundesgebiet.

Im Gegensatz zu fallbasierten Registerdaten können mithilfe pseudonymisierter, personenbezogener Daten Folgefrakturen besser identifiziert und gegenüber Mehrfacherfassungen der gleichen Fraktur abgegrenzt werden. Um Mehrfacherfassungen, die durch stationäre Wiederaufnahme aufgrund von Komplikationen, bei Verlegungen zwischen verschiedene Leistungserbringern oder an Jahreswechseln entstehen können, zu korrigieren, werden teilweise Korrekturfaktoren verwendet [22, 29]. Jedoch unterliegen auch diese Korrekturfaktoren einer Beeinflussung durch Alter, Region und Kalenderjahr, wobei nicht in allen Fällen adjustiert wird und folglich Verzerrungen resultieren können [153]. Ein weiterer Vorteil von umfassenden personenbezogenen Daten zu Diagnose- und Therapieschlüsseln liegt in der Möglichkeit, Entfernungen von Osteosynthesematerial, beispielsweise bei sekundären Komplikationen, zu identifizieren und eine diesbezügliche Überschätzung von Diagnosen zu vermindern.

Da nicht nur ICD-10 Schlüssel zu DRF in den Krankenkassendaten enthalten, sondern auch weitere Erkrankungen und Verletzungen kodiert sind, können Aussagen zur Komorbidität von Versicherten mit Fraktur im Vergleich zu Versicherten ohne Fraktur getätigt werden und es sind weitere Regressionsanalysen zu Alter und Geschlecht möglich.

Grundsätzlich besteht in der gesetzlichen Krankenversicherung ein freies Wahlrecht der Krankenkasse. Infolge eines Wechsels der Krankenkasse kann die Möglichkeit von Kohorteneffekten resultieren. Während dies in den jüngeren Altersgruppen, z.B. aufgrund von Vorteilsprogrammen oder anderen Anreizen stärker ausgeprägt ist, findet im gehobenen Lebensalter nur eine geringe Fluktuation der Versicherten zwischen verschiedenen Krankenkassen statt und erlaubt Beobachtungsstudien über einen längeren Zeitraum bei ähnlicher Kohorte.

6.6 Implikationen der Studie für Public Health und die (Versorgungs-)Forschung

Die Inzidenzrate von distalen Radiusfrakturen bleibt auf einem hohen Niveau, so dass bei zunehmenden Fallzahlen aufgrund des wachsenden Anteils der älteren Bevölkerung die damit verbundenen Belastungen auf individueller, gesellschaftlicher und gesundheitspolitischer Ebene Bestand haben.

Es wird die Notwendigkeit von zielgruppenorientierten Präventionsangeboten zur Osteoporose- und Sturzprophylaxe deutlich. Die distale Radiusfraktur ist oftmals eine Indexfraktur für das Vorliegen einer Osteoporose, so dass Interventionsangebote auch mittelbare Auswirkungen auf andere mit Osteoporose assoziierte Frakturen wie die proximale Humerusfraktur oder die proximale Femurfraktur haben können. Für diese Fraktorentitäten ist die Versorgung meistens aufwändiger, kostenintensiver und mit stärkeren Belastungen für das Individuum sowie höheren Mortalitätsraten verbunden. Einen präventiven Ansatz zur Evaluation einer anti-osteoporotischen Therapie stellt das *Fracture Risk Assessment Tool* (FRAX) dar, bei dem mittels Fragebogen-Angaben und Knochendichte-Messung die Wahrscheinlichkeit einer Osteoporose-bedingten Fraktur im Zehn-Jahres-Zeitraum geschätzt wird [154]. Da auch das geographische Gebiet in der Risikostratifizierung eine Rolle spielt, sind aktuelle epidemiologische Daten aus verschiedenen Ländern und Regionen nötig, um die Aussagekraft des Modells zu steigern. Zukünftige Studien sollen darauf ausgerichtet sein, einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Modells zu leisten, was erfordert, dass eine jüngere Population als in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt wird. In den amerikanischen Leitlinien spielt FRAX bereits eine Rolle in der Indikationsstellung einer anti-osteoporotischen Therapie [154]. Eine weitere Konsequenz aus der weitreichenden Belastung Osteoporose-bedingter Frakturen war die Einführung des *Fracture Liaison Service* im angloamerikanischen Raum, bei dem als Sekundärprävention bereits in der klinischen Phase nach Fraktureintritt begonnen wird, das Sturz- und Osteoporoserisiko zu ermitteln und, daraus resultierend, Hilfs- und Therapieangebote zu vermitteln [155]. In einem systematischen Review von Barton et al. konnte die Wirksamkeit des *Fracture Liaison Service* anhand einer Zunahme der Rate von Knochendichtemessungen, anti-osteoporotischer Therapie sowie einer geringeren Rate an Folgefrakturen und einer verminderten Mortalität gezeigt werden [156]. Auch für den deutschen Raum wäre eine Verzahnung der orthopädisch-unfallchirurgischen Therapie mit einer osteologisch-geriatrischen Weiterbehandlung ein denkbarer Ansatz, der aktuell nur sehr vereinzelt in der klinischen Praxis stattfindet. Die hausärztliche Versorgung könnte

dabei eine Lotsenfunktion einnehmen. In der Region Bayern befindet sich mit „FLS-CARE“ ein *Fracture Liaison Service* seit 2020 in der klinischen Studienphase [157].

Für die kommenden Dekaden ist von einem weiterhin ausgeprägten Bedarf an stationären und ambulanten Therapiemöglichkeiten auszugehen, so dass die Studienergebnisse auch für die traumatologische Bedarfsplanung Relevanz aufweisen. Obwohl sich international eine Zunahme der Proportion an stationärer und dann zumeist operativer Versorgung abzeichnet, wird aktuell ein relevanter Anteil konservativ-ambulant therapiert, so dass Ressourcen in diesem Bereich in der näheren Zukunft aller Voraussicht nach erforderlich bleiben. Von methodischer Seite wird die Notwendigkeit der Berücksichtigung beider Versorgungsbereiche mit der Einbeziehung von Folgefrakturen für eine valide Trendschätzung deutlich: Sie erlaubt die Schätzung von Trends ohne Verwendung von Korrekturfaktoren für Mehrfacherfassung. Zudem lassen sich Aussagen beispielsweise zur Therapiedauer und Komorbidität tätigen sowie auf Grundlage der Ergebnisse Fragestellungen der Versorgungsforschung nach einer DRF, z.B. ob ein Versorgungsdefizit besteht, formulieren. Ebenso können qualitative Forschungsansätze mittels Datenlinkage, beispielsweise zur genauen Sturzursache, weiterverfolgt werden. Neben der Verwendung von Krankenkassendaten zur Beantwortung von epidemiologischen Fragestellungen, wäre die Etablierung von umfassenden Frakturregistern, die auch den ambulanten orthopädisch-unfallchirurgischen Versorgungsbereich einschließen, für die traumatologische Forschung eine sinnvolle Maßnahme. Mittels patientenbasierter Daten aus der stationären und ambulanten Versorgung könnten Analysen zur gesamten deutschen Bevölkerung unter Berücksichtigung von Folgefrakturen ermöglicht werden.

Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Court-Brown CM, Clement ND, Duckworth AD, Aitken S, Biant LC, McQueen MM (2014) The spectrum of fractures in the elderly. *Bone Joint J* 96-B(3):366–372. doi:10.1302/0301-620X.96B3.33316
2. Cummings SR, Kelsey JL, Nevitt MC, O'Dowd KJ (1985) Epidemiology of osteoporosis and osteoporotic fractures. *Epidemiol Rev* 7:178–208. doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a036281
3. Koski A-M, Patala A, Patala E, Sund R (2014) Incidence of osteoporotic fractures in elderly women and men in Finland during 2005-2006: a population-based study. *Scand J Surg* 103(3):215–221. doi:10.1177/1457496914525554
4. Kanis JA, Johnell O, Oden A, Sembo I, Redlund-Johnell I, Dawson A, Laet C de, Jonsson B (2000) Long-term risk of osteoporotic fracture in Malmö. *Osteoporos Int* 11(8):669–674. doi:10.1007/s001980070064
5. Court-Brown CM, Clement ND, Duckworth AD, Biant LC, McQueen MM (2017) The changing epidemiology of fall-related fractures in adults. *Injury* 48(4):819–824. doi:10.1016/j.injury.2017.02.021
6. Müller-Mai CM, Ekkernkamp A (2010) *Frakturen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
7. Grifka J, Krämer J (2013) *Orthopädie Unfallchirurgie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
8. Statistisches Bundesamt (2019) *Bevölkerung im Wandel. Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung*. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressekonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebrochure-bevoelkerung.pdf;jsessionid=72BC294EE97D7C1A4A5AEA79A3515DC0.internet8741?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 01. Januar 2021
9. Moore CM, Leonardi-Bee J (2008) The prevalence of pain and disability one year post fracture of the distal radius in a UK population: a cross sectional survey. *BMC Musculoskelet Disord* 9:129. doi:10.1186/1471-2474-9-129
10. Edwards BJ, Song J, Dunlop DD, Fink HA, Cauley JA (2010) Functional decline after incident wrist fractures--Study of Osteoporotic Fractures: prospective cohort study. *BMJ* 341:c3324. doi:10.1136/bmj.c3324
11. Vergara I, Vrotsou K, Orive M, Garcia-Gutierrez S, Gonzalez N, Las Hayas C, Quintana JM (2016) Wrist fractures and their impact in daily living functionality on elderly people: a prospective cohort study. *BMC Geriatr* 16:11. doi:10.1186/s12877-015-0176-z

12. Chen C-W, Huang T-L, Su L-T, Kuo Y-C, Wu S-C, Li C-Y, Chen K-B, Sung F-C (2013) Incidence of subsequent hip fractures is significantly increased within the first month after distal radius fracture in patients older than 60 years. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 74(1):317–321. doi:10.1097/TA.0b013e31824bb325
13. Kwon G-D, Jang S, Lee A, Park C-M, Lee Y-K, Kim T-Y, Kim H-Y, Park E-J, Ha Y-C (2016) Incidence and Mortality after Distal Radius Fractures in Adults Aged 50 Years and Older in Korea. *J Korean Med Sci* 31(4):630–634. doi:10.3346/jkms.2016.31.4.630
14. Øyten J, Diamantopoulos AP, Haugeberg G (2014) Mortality after distal radius fracture in men and women aged 50 years and older in southern Norway. *PLoS ONE* 9(11):e112098. doi:10.1371/journal.pone.0112098
15. Rozental TD, Branäs CC, Bozentka DJ, Beredjiklian PK (2002) Survival among elderly patients after fractures of the distal radius. *J Hand Surg Am* 27(6):948–952. doi:10.1053/jhsu.2002.36995
16. Abrahamsen B, Jørgensen NR, Schwarz P (2015) Epidemiology of forearm fractures in adults in Denmark: national age- and gender-specific incidence rates, ratio of forearm to hip fractures, and extent of surgical fracture repair in inpatients and outpatients. *Osteoporos Int* 26(1):67–76. doi:10.1007/s00198-014-2831-1
17. Tsai C-H, Muo C-H, Fong Y-C, Lo W-Y, Chen Y-J, Hsu H-C, Sung F-C (2011) A population-based study on trend in incidence of distal radial fractures in adults in Taiwan in 2000-2007. *Osteoporos Int* 22(11):2809–2815. doi:10.1007/s00198-010-1489-6
18. Tsukutani Y, Hagino H, Ito Y, Nagashima H (2015) Epidemiology of fragility fractures in Sakaiminato, Japan: incidence, secular trends, and prognosis. *Osteoporos Int* 26(9):2249–2255. doi:10.1007/s00198-015-3124-z
19. Polinder S, Iordens GIT, Panneman MJM, Eygendaal D, Patka P, Hartog DD, van Lieshout EMM (2013) Trends in incidence and costs of injuries to the shoulder, arm and wrist in The Netherlands between 1986 and 2008. *BMC Public Health* 13:531. doi:10.1186/1471-2458-13-531.
20. Jerrhag D, Englund M, Karlsson MK, Rosengren BE (2017) Epidemiology and time trends of distal forearm fractures in adults - a study of 11.2 million person-years in Sweden. *BMC Musculoskelet Disord* 18(1):240. doi:10.1186/s12891-017-1596-z
21. Putter CE de, Selles RW, Polinder S, Hartholt KA, Looman CW, Panneman MJM, Verhaar JAN, Hovius SER, van Beeck EF (2013) Epidemiology and health-care utilisation of wrist fractures in older adults in The Netherlands, 1997-2009. *Injury* 44(4):421–426. doi:10.1016/j.injury.2012.10.025

22. Dimai HP, Svedbom A, Fahrleitner-Pammer A, Resch H, Muschitz C, Thaler H, Szivak M, Amrein K, Borgström F (2014) Epidemiology of distal forearm fractures in Austria between 1989 and 2010. *Osteoporos Int* 25(9):2297–2306. doi:10.1007/s00198-014-2766-6
23. Maravic M, Taupin P, Landais P, Roux C (2010) Hospitalized wrist fractures in France: Incidence and burden trend changes. *Orthop Traumatol Surg Res* 96(6):662–666. doi:10.1016/j.otsr.2010.04.012
24. Leslie WD, Sadatsafavi M, Lix LM, Azimae M, Morin S, Metge CJ, Caetano P (2011) Secular decreases in fracture rates 1986–2006 for Manitoba, Canada: a population-based analysis. *Osteoporos Int* 22(7):2137–2143. doi:10.1007/s00198-010-1470-4
25. Stirling ERB, Johnson NA, Dias JJ (2018) Epidemiology of distal radius fractures in a geographically defined adult population. *J Hand Surg Eur Vol* 43(9):974–982. doi:10.1177/1753193418786378
26. van der Velde RY, Wyers CE, Curtis EM, Geusens PPMM, van den Bergh JPW, Vries F de, Cooper C, van Staa TP, Harvey NC (2016) Secular trends in fracture incidence in the UK between 1990 and 2012. *Osteoporos Int* 27(11):3197–3206. doi:10.1007/s00198-016-3650-3
27. Hemmann P, Ziegler P, Konrads C, Ellmerer A, Klopfer T, Schreiner AJ, Bahrs C (2020) Trends in fracture development of the upper extremity in Germany—a population-based description of the past 15 years. *J Orthop Surg Res* 15(1):65. doi:10.1186/s13018-020-1580-4
28. Rupp M, Walter N, Pfeifer C, Lang S, Kerschbaum M, Krutsch W, Baumann F, Alt V (2021) The Incidence of Fractures Among the Adult Population of Germany—an Analysis From 2009 through 2019. *Dtsch Arztebl Int* 118(40):665–669. doi:10.3238/arztebl.m2021.0238
29. Bässgen K, Westphal T, Haar P, Kundt G, Mittlmeier T, Schober H-C (2013) Population-based prospective study on the incidence of osteoporosis-associated fractures in a German population of 200,413 inhabitants. *J Public Health (Oxf)* 35(2):255–261. doi:10.1093/pubmed/fds076
30. O'Neill TW, Cooper C, Finn JD, Lunt M, Purdie D, Reid DM, Rowe R, Woolf AD, Wallace WA (2001) Incidence of distal forearm fracture in British men and women. *Osteoporos Int* 12(7):555–558. doi:10.1007/s001980170076
31. Ryan LM, Teach SJ, Searcy K, Singer SA, Wood R, Wright JL, Chamberlain JM (2010) Epidemiology of pediatric forearm fractures in Washington, DC. *J Trauma* 69(4 Suppl):S200-5. doi:10.1097/TA.0b013e3181f1e837

32. Mellstrand-Navarro C, Pettersson HJ, Tornqvist H, Ponzer S (2014) The operative treatment of fractures of the distal radius is increasing: results from a nationwide Swedish study. *Bone Joint J* 96-B(7):963–969. doi:10.1302/0301-620X.96B7.33149
33. Karl JW, Olson PR, Rosenwasser MP (2015) The Epidemiology of Upper Extremity Fractures in the United States, 2009. *J Orthop Trauma* 29(8):e242-4. doi:10.1097/BOT.0000000000000312
34. Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011) Demografischer Wandel in Deutschland. https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00012505/5871101119004.pdf. Zugegriffen: 02. Juli 2023
35. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (2021) Leitlinie Distale Radiusfraktur des Erwachsenen. AWMF-Nr. 012-015. https://register.awmf.org/assets/guidelines/012-015_S2e_Distale_Radiusfraktur_2021-11_02.pdf. Zugegriffen: 12. März 2023
36. Kurimoto S, Tatebe M, Shinohara T, Arai T, Hirata H (2012) Residual wrist pain after volar locking plate fixation of distal radius fractures. *Acta Orthop Belg* 78(5):603–610
37. Amorosa LF, Vitale MA, Brown S, Kaufmann RA (2011) A functional outcomes survey of elderly patients who sustained distal radius fractures. *Hand (N Y)* 6(3):260–267. doi:10.1007/s11552-011-9327-7
38. Borgström F, Zethraeus N, Johnell O, Lidgren L, Ponzer S, Svensson O, Abdou P, Ornstein E, Lunsjö K, Thorngren KG, Sernbo I, Rehnberg C, Jönsson B (2006) Costs and quality of life associated with osteoporosis-related fractures in Sweden. *Osteoporos Int* 17(5):637–650. doi:10.1007/s00198-005-0015-8
39. Benzinger P, Riem S, Bauer J, Jaensch A, Becker C, Büchele G, Rapp K (2019) Risk of institutionalization following fragility fractures in older people. *Osteoporos Int* 30(7):1363–1370. doi:10.1007/s00198-019-04922-x
40. Bynum JP, Bell J-E, Cantu RV, Wang Q, McDonough CM, Carmichael D, Tosteson TD, Tosteson AN (2016) SECOND FRACTURES AMONG OLDER ADULTS IN THE YEAR FOLLOWING HIP, SHOULDER OR WRIST FRACTURE. *Osteoporos Int* 27(7):2207–2215. doi:10.1007/s00198-016-3542-6
41. Lippuner K, Popp AW, Schwab P, Gitlin M, Schaufler T, Senn C, Perrelet R (2011) Fracture hospitalizations between years 2000 and 2007 in Switzerland: a trend analysis. *Osteoporos Int* 22(9):2487–2497. doi:10.1007/s00198-010-1487-8
42. Becht S, Heyl S (2019) Unter- und Oberarm. In: Becht S, Bittner RC, Ohmstede A, Pfeiffer A, Roßdeutscher R (Hrsg) *Lehrbuch der radiologischen Einstelltechnik*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 123–140

43. Frank J, Pralle H, Marzi I (2003) Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Handgelenkes und distalen Radioulnargelenkes. *OP-Journal* 19(1):4–9. doi:10.1055/s-2007-979464
44. Rikli DA, Babst R, Jupiter JB (2007) Distale Radiusfraktur: neue Konzepte als Basis für die operative Therapie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 39(1):2–8. doi:10.1055/s-2007-964921
45. Rikli DA, Regazzoni P (1996) Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. A preliminary report of 20 cases. *J Bone Joint Surg Br* 78(4):588–592
46. Rikli DA, Honigmann P, Babst R, Cristalli A, Morlock MM, Mittlmeier T (2007) Intra-articular pressure measurement in the radioulnocarpal joint using a novel sensor: in vitro and in vivo results. *J Hand Surg Am* 32(1):67–75. doi:10.1016/j.jhsa.2006.10.007
47. Court-Brown CM, Caesar B (2006) Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* 37(8):691–697. doi:10.1016/j.injury.2006.04.130
48. Lindau TR, Aspenberg P, Arner M, Redlundh-Johnell I, Hagberg L (1999) Fractures of the distal forearm in young adults. An epidemiologic description of 341 patients. *Acta Orthop Scand* 70(2):124–128. doi:10.3109/17453679909011248
49. Mallmin H, Ljunghall S (1992) Incidence of Colles' fracture in Uppsala. A prospective study of a quarter-million population. *Acta Orthop Scand* 63(2):213–215. doi:10.3109/17453679209154826
50. Flinkkilä T, Sirniö K, Hippilä M, Hartonen S, Ruuhela R, Ohtonen P, Hyvönen P, Leppilähti J (2011) Epidemiology and seasonal variation of distal radius fractures in Oulu, Finland. *Osteoporos Int* 22(8):2307–2312. doi:10.1007/s00198-010-1463-3
51. Colles A (1814) On the Fracture of the Carpal Extremity of the Radius. *Edinb Med Surg J* 10(38):182–186
52. Smith RW (1847) A Treatise on Fractures in the Vicinity of Joints, and on Certain Forms of Accidental and Congenital Dislocations. *Med Chir Rev* 6(11):137–152
53. Maia Ribeiro EA, Ribeiro EE, Viegas K, Teixeira F, dos Santos Montagner GFF, Mota KM, Barbisan F, da Cruz IBM, Paz JA de (2013) Functional, balance and health determinants of falls in a free living community Amazon riparian elderly. *Arch Gerontol Geriatr* 56(2):350–357. doi:10.1016/j.archger.2012.08.015
54. Gazibara T, Kurtagic I, Kusic-Tepavcevic D, Nurkovic S, Kovacevic N, Gazibara T, Pekmezovic T (2017) Falls, risk factors and fear of falling among persons older than 65 years of age. *Psychogeriatrics* 17(4):215–223. doi:10.1111/psyg.12217
55. Bell AJ, Talbot-Stern JK, Hennessy A (2000) Characteristics and outcomes of older patients presenting to the emergency department after a fall: a retrospective analysis. *Med J Aust* 173(4):179–182. doi:10.5694/j.1326-5377.2000.tb125596.x

56. Morency P, Voyer C, Burrows S, Goudreau S (2012) Outdoor Falls in an Urban Context: Winter Weather Impacts and Geographical Variations. *Can J Public Health* 103(3):218–222. doi:10.1007/BF03403816
57. Kelsey JL, Procter-Gray E, Hannan MT, Li W (2012) Heterogeneity of falls among older adults: implications for public health prevention. *Am J Public Health* 102(11):2149–2156. doi:10.2105/AJPH.2012.300677
58. Diamantopoulos AP, Rohde G, Johnsrud I, Skoie IM, Hochberg M, Haugeberg G (2012) The epidemiology of low- and high-energy distal radius fracture in middle-aged and elderly men and women in Southern Norway. *PLoS ONE* 7(8):e43367. doi:10.1371/journal.pone.0043367
59. Johnson NA, Stirling E, Dias JJ (2018) The effect of mean annual temperature on the incidence of distal radial fractures. *J Hand Surg Eur Vol* 43(9):983–987. doi:10.1177/1753193418797893
60. Wojcik LA, Thelen DG, Schultz AB, Ashton-Miller JA, Alexander NB (1999) Age and gender differences in single-step recovery from a forward fall. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 54(1):M44-50. doi:10.1093/gerona/54.1.m44
61. Gale CR, Cooper C, Aihie Sayer A (2016) Prevalence and risk factors for falls in older men and women: The English Longitudinal Study of Ageing. *Age Ageing* 45(6):789–794. doi:10.1093/ageing/afw129
62. Alex D, Khor HM, Chin AV, Hairi NN, Cumming RG, Othman S, Khoo S, Kamaruzzaman SB, Tan MP (2020) Factors Associated With Falls Among Urban-Dwellers Aged 55 Years and Over in the Malaysian Elders Longitudinal Research (MELoR) Study. *Front Public Health* 8:506238. doi:10.3389/fpubh.2020.506238
63. Warzecha M, Amarowicz J, Berwecka M, Czerwiński E, Kumorek A (2020) Relation between risk of falls, sarcopenia and parameters assessing quality of skeletal muscles in a group of postmenopausal women. *Prz Menopauzalny* 19(3):123–129. doi:10.5114/pm.2020.99617
64. Hagino H, Fujiwara S, Nakashima E, Nanjo Y, Teshima R (2004) Case-control study of risk factors for fractures of the distal radius and proximal humerus among the Japanese population. *Osteoporos Int* 15(3):226–230. doi:10.1007/s00198-003-1543-8
65. Nellans KW, Kowalski E, Chung KC (2012) The epidemiology of distal radius fractures. *Hand Clin* 28(2):113–125. doi:10.1016/j.hcl.2012.02.001
66. Graafmans WC, Ooms ME, Bezemer PD, Bouter LM, Lips P (1996) Different risk profiles for hip fractures and distal forearm fractures: a prospective study. *Osteoporos Int* 6(6):427–431. doi:10.1007/bf01629573
67. Kelsey JL, Browner WS, Seeley DG, Nevitt MC, Cummings SR (1992) Risk factors for fractures of the distal forearm and proximal humerus. *The Study of Osteoporotic*

- Fractures Research Group. *Am J Epidemiol* 135(5):477–489.
doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a116314
68. MacIntyre NJ, Dewan N (2016) Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis. *J Hand Ther* 29(2):136–145.
doi:10.1016/j.jht.2016.03.003
 69. Johnell O, Kanis J (2005) Epidemiology of osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 16 Suppl 2:S3-7. doi:10.1007/s00198-004-1702-6
 70. Weltgesundheitsorganisation (1994) Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group [on Assessment of Fracture Risk and its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis, Rome, 22 - 25 June 1992. WHO technical report series, Bd 843. World Health Organization, Geneva
 71. Adachi JD, Brown JP, Schemitsch E, Tarride J-E, Brown V, Bell AD, Reiner M, Packalen M, Motsepe-Ditshego P, Burke N, Slatkowska L (2021) Fragility fracture identifies patients at imminent risk for subsequent fracture: real-world retrospective database study in Ontario, Canada. *BMC Musculoskelet Disord* 22(1):224.
doi:10.1186/s12891-021-04051-9
 72. (1993) Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 94(6):646–650. doi:10.1016/0002-9343(93)90218-e
 73. Melton LJ, Thamer M, Ray NF, Chan JK, Chesnut CH, Einhorn TA, Johnston CC, Raisz LG, Silverman SL, Siris ES (1997) Fractures attributable to osteoporosis: report from the National Osteoporosis Foundation. *J Bone Miner Res* 12(1):16–23.
doi:10.1359/jbmr.1997.12.1.16
 74. Hernlund E, Svedbom A, Ivergård M, Compston J, Cooper C, Stenmark J, McCloskey EV, Jönsson B, Kanis JA (2013) Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos* 8(1):136.
doi:10.1007/s11657-013-0136-1
 75. Kanis JA, Oden A, Johnell O, Jonsson B, Laet C de, Dawson A (2001) The burden of osteoporotic fractures: a method for setting intervention thresholds. *Osteoporos Int* 12(5):417–427. doi:10.1007/s001980170112
 76. Oyen J, Brudvik C, Gjesdal CG, Tell GS, Lie SA, Hove LM (2011) Osteoporosis as a risk factor for distal radial fractures: a case-control study. *J Bone Joint Surg Am* 93(4):348–356. doi:10.2106/JBJS.J.00303
 77. Sakai A, Oshige T, Zenke Y, Suzuki M, Yamanaka Y, Nakamura T (2008) Association of bone mineral density with deformity of the distal radius in low-energy Colles'

- fractures in Japanese women above 50 years of age. *J Hand Surg Am* 33(6):820–826. doi:10.1016/j.jhsa.2008.02.014
78. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU) konsentiert mit der Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (2014) Distale Radiusfraktur. Leitlinien Unfallchirurgie. AWMF-Nr. 012 – 015. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-015l_S2e_Distale_Radiusfraktur_2015-02-abgelaufen.pdf. Zugegriffen: 30. Dezember 2020
 79. Wichelhaus A, Gradl G, Mittlmeier T (2012) Die distale Radiusfraktur. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 7(04):251–271. doi:10.1055/s-0032-1315238
 80. Institut für diagnostische Radiologie und Neuroradiologie und Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Allgemeinen Krankenhauses Viersen Röntgenbild, Viersen
 81. Müller ME, Koch P, Nazarian S, Schatzker J (1990) *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
 82. Frykman G (1967) Fracture of the distal radius including sequelae--shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. *Acta Orthop Scand:Suppl* 108:3+. doi:10.3109/ort.1967.38.suppl-108.01
 83. Melone CP (1984) Articular fractures of the distal radius. *Orthop Clin North Am* 15(2):217–236
 84. Handoll HHG, Elliott J (2015) Rehabilitation for distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2015(9):CD003324. doi:10.1002/14651858.CD003324.pub3
 85. Jo Y-H, Kim K, Lee B-G, Kim J-H, Lee C-H, Lee K-H (2019) Incidence of and Risk Factors for Complex Regional Pain Syndrome Type 1 after Surgery for Distal Radius Fractures: A Population-based Study. *Sci Rep* 9(1):4871. doi:10.1038/s41598-019-41152-x
 86. Roh YH, Lee BK, Noh JH, Baek JR, Oh JH, Gong HS, Baek GH (2014) Factors associated with complex regional pain syndrome type I in patients with surgically treated distal radius fracture. *Arch Orthop Trauma Surg* 134(12):1775–1781. doi:10.1007/s00402-014-2094-5
 87. Arora R, Lutz M, Hennerbichler A, Krappinger D, Espen D, Gabl M (2007) Complications following internal fixation of unstable distal radius fracture with a palmar locking-plate. *J Orthop Trauma* 21(5):316–322. doi:10.1097/BOT.0b013e318059b993

88. AOK Rheinland/Hamburg - Die Gesundheitskasse Rechnungslegung der Krankenkassen nach § 305b SGB V zum Geschäftsjahr 2018. Veröffentlichung der Jahresrechnung 2018 nach § 305b SGB V Bundesanzeiger
89. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (2017) ICD-10-GM Version 2018 Systematisches Verzeichnis. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision (ICD-10) - German Modification.
https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Kodiersysteme/klassifikationen/icd-10-gm/vorgaenger-bis-2020/icd10gm2018_zip.html?nn=841246&cms_dlConfirm=true&cms_calledFromDoc=841246. Zugegriffen: 21. August 2023
90. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (2017) OPS Version 2018 Systematisches Verzeichnis. Operationen- und Prozedurenschlüssel Internationale Klassifikation der Prozeduren in der Medizin (OPS) Band 1: Systematisches Verzeichnis.
<https://multimedia.gsb.bund.de/BfArM/downloads/klassifikationen/ops/vorgaenger/ops2018.zip>. Zugegriffen: 21. August 2023
91. Reiland K, Haastert B, Arend W, Klüppelholz B, Windolf J, Icks A, Thelen S, Andrich S (2024) Epidemiology of distal radius fractures in Germany - incidence rates and trends based on inpatient and outpatient data. *Osteoporos Int* 35(2):317–326.
doi:10.1007/s00198-023-06904-6
92. Quan H, Sundararajan V, Halfon P, Fong A, Burnand B, Luthi J-C, Saunders LD, Beck CA, Feasby TE, Ghali WA (2005) Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data. *Med Care* 43(11):1130–1139.
doi:10.1097/01.mlr.0000182534.19832.83
93. Sundararajan V, Henderson T, Perry C, Muggivan A, Quan H, Ghali WA (2004) New ICD-10 version of the Charlson comorbidity index predicted in-hospital mortality. *J Clin Epidemiol* 57(12):1288–1294. doi:10.1016/j.jclinepi.2004.03.012
94. Le CT (2003) *Introductory biostatistics*. Wiley, New York, Chichester
95. Hoffmann W, Latza U, Baumeister SE, Brünger M, Buttman-Schweiger N, Hardt J, Hoffmann V, Karch A, Richter A, Schmidt CO, Schmidtman I, Swart E, van den Berg N (2019) Guidelines and recommendations for ensuring Good Epidemiological Practice (GEP): a guideline developed by the German Society for Epidemiology. *Eur J Epidemiol* 34(3):301–317. doi:10.1007/s10654-019-00500-x
96. Swart E, Gothe H, Geyer S, Jaunzeme J, Maier B, Grobe TG, Ihle P (2015) *Gute Praxis Sekundärdatenanalyse (GPS): Leitlinien und Empfehlungen*. *Gesundheitswesen* 77(2):120–126. doi:10.1055/s-0034-1396815

97. Amin S, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Khosla S, Melton LJ (2014) Trends in fracture incidence: a population-based study over 20 years. *J Bone Miner Res* 29(3):581–589. doi:10.1002/jbmr.2072
98. Lofthus CM, Frihagen F, Meyer HE, Nordsletten L, Melhuus K, Falch JA (2008) Epidemiology of distal forearm fractures in Oslo, Norway. *Osteoporos Int* 19(6):781–786. doi:10.1007/s00198-007-0499-5.
99. Ismail AA, Pye SR, Cockerill WC et al (2002) Incidence of limb fracture across Europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *Osteoporos Int* 13(7):565–571. doi:10.1007/s001980200074
100. Lippuner K, Rimmer G, Stuck AK, Schwab P, Bock O (2022) Hospitalizations for major osteoporotic fractures in Switzerland: a long-term trend analysis between 1998 and 2018. *Osteoporos Int* 33(11):2327–2335. doi:10.1007/s00198-022-06481-0
101. Trajanoska K, Schoufour JD, Jonge EAL de, Kieboom BCT, Mulder M, Stricker BH, Voortman T, Uitterlinden AG, Oei EHG, Ikram MA, Zillikens MC, Rivadeneira F, Oei L (2018) Fracture incidence and secular trends between 1989 and 2013 in a population based cohort: The Rotterdam Study. *Bone* 114:116–124. doi:10.1016/j.bone.2018.06.004
102. Beerekamp MSH, Muinck Keizer RJO de, Schep NWL, Ubbink DT, Panneman MJM, Goslings JC (2017) Epidemiology of extremity fractures in the Netherlands. *Injury* 48(7):1355–1362. doi:10.1016/j.injury.2017.04.047
103. Bentohami A, Bosma J, Akkersdijk GJM, van Dijkman B, Goslings JC, Schep NWL (2014) Incidence and characteristics of distal radial fractures in an urban population in The Netherlands. *Eur J Trauma Emerg Surg* 40(3):357–361. doi:10.1007/s00068-014-0394-7
104. Piscitelli P, Tarantino U, Chitano G, Argentiero A, Neglia C, Agnello N, Saturnino L, Feola M, Celi M, Raho C, Distanto A, Brandi ML (2011) Updated incidence rates of fragility fractures in Italy: extension study 2002-2008. *Clin Cases Miner Bone Metab* 8(3):54–61
105. Tarantino U, Capone A, Planta M, D'Arienzo M, Letizia Mauro G, Impagliazzo A, Formica A, Pallotta F, Patella V, Spinarelli A, Pazzaglia U, Zarattini G, Roselli M, Montanari G, Sessa G, Privitera M, Verdoia C, Corradini C, Feola M, Padolino A, Saturnino L, Scialdoni A, Rao C, Iolascon G, Brandi ML, Piscitelli P (2010) The incidence of hip, forearm, humeral, ankle, and vertebral fragility fractures in Italy: results from a 3-year multicenter study. *Arthritis Res Ther* 12(6):R226. doi:10.1186/ar3213

106. Ali M, Eiriksdottir A, Murtadha M, Åkesson A, Atroshi I (2020) Incidence of distal radius fracture in a general population in southern Sweden in 2016 compared with 2001. *Osteoporos Int* 31(4):715–720. doi:10.1007/s00198-020-05282-7
107. Brogren E, Petranek M, Atroshi I (2007) Incidence and characteristics of distal radius fractures in a southern Swedish region. *BMC Musculoskelet Disord* 8:48. doi:10.1186/1471-2474-8-48.
108. Wilcke MKT, Hammarberg H, Adolphson PY (2013) Epidemiology and changed surgical treatment methods for fractures of the distal radius: a registry analysis of 42,583 patients in Stockholm County, Sweden, 2004–2010. *Acta Orthop* 84(3):292–296. doi:10.3109/17453674.2013.792035
109. Hevonkorpi TP, Launonen AP, Huttunen TT, Kannus P, Niemi S, Mattila VM (2018) Incidence of distal radius fracture surgery in Finns aged 50 years or more between 1998 and 2016 - too many patients are yet operated on? *BMC Musculoskelet Disord* 19(1):70. doi:10.1186/s12891-018-1983-0
110. Abtahi S, Driessen JHM, Vestergaard P, van den Bergh J, Boonen A, Vries F de, Burden AM (2019) Secular trends in major osteoporotic fractures among 50+ adults in Denmark between 1995 and 2010. *Osteoporos Int* 30(11):2217–2223. doi:10.1007/s00198-019-05109-0.
111. Siggeirsdottir K, Aspelund T, Jonsson BY, Mogensen B, Gudmundsson EF, Gudnason V, Sigurdsson G (2014) Epidemiology of fractures in Iceland and secular trends in major osteoporotic fractures 1989–2008. *Osteoporos Int* 25(1):211–219. doi:10.1007/s00198-013-2422-6.
112. Melton LJ, Atkinson EJ, Cooper C, O'Fallon WM, Riggs BL (1999) Vertebral fractures predict subsequent fractures. *Osteoporos Int* 10(3):214–221. doi:10.1007/s001980050218
113. Hagino H, Yamamoto K, Ohshiro H, Nakamura T, Kishimoto H, Nose T (1999) Changing incidence of hip, distal radius, and proximal humerus fractures in Tottori Prefecture, Japan. *Bone* 24(3):265–270. doi:10.1016/s8756-3282(98)00175-6
114. Schelhase T (2019) Statistische Krankenhausdaten: Diagnosedaten der Krankenhauspatienten 2017. In: Klauber J, Geraedts M, Friedrich J, Wasem J (Hrsg) *Krankenhaus-Report 2019*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 271–296
115. Statistisches Bundesamt (2022) Krankenhausstatistik - Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern. Diagnosedaten der Krankenhäuser nach Wohnsitz (ICD10-4-Steller, ab 2000). <https://www.gbe-bund.de/>. Zugegriffen: 22. Juni 2023

116. Abbas S, Ihle P, Köster I, Schubert I (2012) Estimation of disease incidence in claims data dependent on the length of follow-up: a methodological approach. *Health Serv Res* 47(2):746–755. doi:10.1111/j.1475-6773.2011.01325.x
117. Rundgren J, Bojan A, Mellstrand Navarro C, Enocson A (2020) Epidemiology, classification, treatment and mortality of distal radius fractures in adults: an observational study of 23,394 fractures from the national Swedish fracture register. *BMC Musculoskelet Disord* 21(1). doi:10.1186/s12891-020-3097-8
118. Claessen H, Narres M, Haastert B, Arend W, Hoffmann F, Morbach S, Rümenapf G, Kvitkina T, Friedel H, Günster C, Schubert I, Ullrich W, Westerhoff B, Wilk A, Icks A (2018) Lower-extremity amputations in people with and without diabetes in Germany, 2008-2012 - an analysis of more than 30 million inhabitants. *Clin Epidemiol* 10:475–488. doi:10.2147/CLEP.S146484
119. Sarafrazi N (2021) Osteoporosis or Low Bone Mass in Older Adults: United States, 2017-2018. National Center for Health Statistics
120. Wade SW, Strader C, Fitzpatrick LA, Anthony MS, O'Malley CD (2014) Estimating prevalence of osteoporosis: examples from industrialized countries. *Arch Osteoporos* 9:182. doi:10.1007/s11657-014-0182-3
121. Jacob L, Breuer J, Kostev K (2016) Prevalence of chronic diseases among older patients in German general practices. *Ger Med Sci* 14:Doc03. doi:10.3205/000230
122. ALFFRAM PA, BAUER GC (1962) Epidemiology of fractures of the forearm. A biomechanical investigation of bone strength. *J Bone Joint Surg Am* 44-A:105–114
123. Hartholt KA, van der Velde N, Looman CWN, van Lieshout EMM, Panneman MJM, van Beeck EF, Patka P, van der Cammen TJM (2010) Trends in fall-related hospital admissions in older persons in the Netherlands. *Arch Intern Med* 170(10):905–911. doi:10.1001/archinternmed.2010.106
124. Holroyd C, Harvey N, Dennison E, Cooper C (2012) Epigenetic influences in the developmental origins of osteoporosis. *Osteoporos Int* 23(2):401–410. doi:10.1007/s00198-011-1671-5
125. Kothawala P, Badamgarav E, Ryu S, Miller RM, Halbert RJ (2007) Systematic review and meta-analysis of real-world adherence to drug therapy for osteoporosis. *Mayo Clin Proc* 82(12):1493–1501. doi:10.1016/S0025-6196(11)61093-8
126. Freedman BA, Potter BK, Nesti LJ, Cho T, Kuklo TR (2007) Missed opportunities in patients with osteoporosis and distal radius fractures. *Clin Orthop Relat Res* 454:202–206. doi:10.1097/01.blo.0000238866.15228.c4
127. Byun J-H, Jang S, Lee S, Park S, Yoon HK, Yoon B-H, Ha Y-C (2017) The Efficacy of Bisphosphonates for Prevention of Osteoporotic Fracture: An Update Meta-analysis. *J Bone Metab* 24(1):37–49. doi:10.11005/jbm.2017.24.1.37

128. Grahn Kronhed A-C, Blomberg C, Karlsson N, Löfman O, Timpka T, Möller M (2005) Impact of a community-based osteoporosis and fall prevention program on fracture incidence. *Osteoporos Int* 16(6):700–706. doi:10.1007/s00198-004-1732-0
129. Davies EA, O'Mahony MS (2015) Adverse drug reactions in special populations - the elderly. *Br J Clin Pharmacol* 80(4):796–807. doi:10.1111/bcp.12596
130. Thürmann P, Mann N-K, Zawinell A, Niepraschk-von Dollen K, Schröder H (2022) Potenziell inadäquate Medikation für ältere Menschen – PRISCUS 2.0. In: Schröder H, Thürmann P, Telschow C, Schröder M, Busse R (Hrsg) *Arzneimittel-Kompass 2022*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 51–76
131. Liefde II de, van der Klift M, Laet CEDH de, van Daele PLA, Hofman A, Pols HAP (2005) Bone mineral density and fracture risk in type-2 diabetes mellitus: the Rotterdam Study. *Osteoporos Int* 16(12):1713–1720. doi:10.1007/s00198-005-1909-1
132. Liu J, Ren Z-H, Qiang H, Wu J, Shen M, Zhang L, Lyu J (2020) Trends in the incidence of diabetes mellitus: results from the Global Burden of Disease Study 2017 and implications for diabetes mellitus prevention. *BMC Public Health* 20(1):1415. doi:10.1186/s12889-020-09502-x
133. Tönnies T, Hoyer A, Brinks R, Kuss O, Hering R, Schulz M (2023) Spatio-Temporal Trends in the Incidence of Type 2 Diabetes in Germany. *Dtsch Arztebl Int* 120(11):173–179. doi:10.3238/arztebl.m2022.0405
134. Dreger M, Langhoff H, Henschke C (2022) Adoption of large-scale medical equipment: the impact of competition in the German inpatient sector. *Eur J Health Econ* 23(5):791–805. doi:10.1007/s10198-021-01395-w
135. Arora R, Gabl M, Gschwentner M, Deml C, Krappinger D, Lutz M (2009) A comparative study of clinical and radiologic outcomes of unstable colles type distal radius fractures in patients older than 70 years: nonoperative treatment versus volar locking plating. *J Orthop Trauma* 23(4):237–242. doi:10.1097/bot.0b013e31819b24e9
136. Diaz-Garcia RJ, Oda T, Shauver MJ, Chung KC (2011) A systematic review of outcomes and complications of treating unstable distal radius fractures in the elderly. *J Hand Surg Am* 36(5):824-35.e2. doi:10.1016/j.jhssa.2011.02.005
137. Bartl C, Stengel D, Bruckner T, Gebhard F (2014) The treatment of displaced intra-articular distal radius fractures in elderly patients. *Dtsch Arztebl Int* 111(46):779–787. doi:10.3238/arztebl.2014.0779
138. Loisel F, Bourgeois M, Rondot T, Nallet J, Boeckstins M, Rochet S, Leclerc G, Obert L, Lepage D (2018) Treatment goals for distal radius fractures in 2018: recommendations and practical advice. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 28(8):1465–1468. doi:10.1007/s00590-018-2196-9

139. Lögters T, Schädel-Höpfner M, Windolf J (2012) Zehn Jahre palmare winkelstabile Plattenosteosynthese zur Behandlung der distalen Radiusfraktur: wer profitiert? *Obere Extremität* 7(4):200–208. doi:10.1007/s11678-012-0193-x
140. Bergh C, Wennergren D, Möller M, Brisby H (2020) Fracture incidence in adults in relation to age and gender: A study of 27,169 fractures in the Swedish Fracture Register in a well-defined catchment area. *PLoS ONE* 15(12):e0244291. doi:10.1371/journal.pone.0244291
141. Hansen L, Judge A, Javaid MK, Cooper C, Vestergaard P, Abrahamsen B, Harvey NC (2018) Social inequality and fractures-secular trends in the Danish population: a case-control study. *Osteoporos Int* 29(10):2243–2250. doi:10.1007/s00198-018-4603-9
142. Dukas LC, Schacht E, Mazor Z, Stähelin HB (2005) A new significant and independent risk factor for falls in elderly men and women: a low creatinine clearance of less than 65 ml/min. *Osteoporos Int* 16(3):332–338. doi:10.1007/s00198-004-1690-6
143. Pijpers E, Ferreira I, Jongh RT de, Deeg DJ, Lips P, Stehouwer CDA, Nieuwenhuijzen Kruseman AC (2012) Older individuals with diabetes have an increased risk of recurrent falls: analysis of potential mediating factors: the Longitudinal Ageing Study Amsterdam. *Age Ageing* 41(3):358–365. doi:10.1093/ageing/afr145
144. Kanis JA, Odén A, McCloskey EV, Johansson H, Wahl DA, Cooper C (2012) A systematic review of hip fracture incidence and probability of fracture worldwide. *Osteoporos Int* 23(9):2239–2256. doi:10.1007/s00198-012-1964-3
145. Dimai HP, Svedbom A, Fahrleitner-Pammer A, Pieber T, Resch H, Zwettler E, Chandran M, Borgström F (2011) Epidemiology of hip fractures in Austria: evidence for a change in the secular trend. *Osteoporos Int* 22(2):685–692. doi:10.1007/s00198-010-1271-9
146. Melton LJ, Kearns AE, Atkinson EJ, Bolander ME, Achenbach SJ, Huddleston JM, Therneau TM, Leibson CL (2009) Secular trends in hip fracture incidence and recurrence. *Osteoporos Int* 20(5):687–694. doi:10.1007/s00198-008-0742-8
147. Icks A, Arend W, Becker C, Rapp K, Jungbluth P, Haastert B (2013) Incidence of hip fractures in Germany, 1995-2010. *Arch Osteoporos* 8:140. doi:10.1007/s11657-013-0140-5
148. Brorson S, Viberg B, Gundtoft P, Jalal B, Ohrt-Nissen S (2022) Epidemiology and trends in management of acute proximal humeral fractures in adults: an observational study of 137,436 cases from the Danish National Patient Register, 1996–2018. *Acta Orthop* 93:750–755. doi:10.2340/17453674.2022.4578

149. IGES Institut GmbH (2012) Bewertung der Kodierqualität von vertragsärztlichen Diagnosen. Eine Studie im Auftrag des GKV-Spitzenverbands in Kooperation mit der BARMER GEK. https://www.gkv-spitzenverband.de/media/dokumente/krankenversicherung_1/aerztliche_versorgung/verguetung_und_leistungen/klassifikationsverfahren/9_Endbericht_Kodierqualitaet_Hauptstudie_2012_12-19.pdf. Zugegriffen: 18. Mai 2023
150. Ozegowski S (2013) Regionale Unterschiede in der Kodierqualität ambulanter Diagnosen. GGW - Gesundheit + Gesellschaft Wissenschaft. https://www.wido.de/fileadmin/Dateien/Dokumente/Publikationen_Produkte/GGW/wido_ggwaufs3_0113.pdf. Zugegriffen: 18. Mai 2023
151. Blümel M, Spranger A, Achstetter K et al. (2020) Germany. Health system review. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/341674>. Zugegriffen: 18. Mai 2023
152. Hoffmann F, Icks A (2012) Unterschiede in der Versichertenstruktur von Krankenkassen und deren Auswirkungen für die Versorgungsforschung: Ergebnisse des Bertelsmann-Gesundheitsmonitors. *Gesundheitswesen* 74(05):291–297. doi:10.1055/s-0031-1275711
153. Icks A, Haastert B, Glaeske G, Stumpf U, Windolf J, Hoffmann F (2012) Correction factor for the analysis of the hip fracture incidence—differences between age, sex, region, and calendar year. *Wien Klin Wochenschr* 124(11-12):391–394. doi:10.1007/s00508-012-0188-z
154. Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Oden A, Ström O, Borgström F (2010) Development and use of FRAX in osteoporosis. *Osteoporos Int* 21 Suppl 2:S407-13. doi:10.1007/s00198-010-1253-y
155. Ganda K, Puech M, Chen JS, Speerin R, Bleasel J, Center JR, Eisman JA, March L, Seibel MJ (2013) Models of care for the secondary prevention of osteoporotic fractures: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int* 24(2):393–406. doi:10.1007/s00198-012-2090-y
156. Barton DW, Piple AS, Smith CT, Moskal SA, Carmouche JJ (2021) The Clinical Impact of Fracture Liaison Services: A Systematic Review. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 12:215145932097997. doi:10.1177/2151459320979978
157. Geiger I, Kammerlander C, Höfer C, Volland R, Trinemeier J, Henschelchen M, Friess T, Böcker W, Sundmacher L (2021) Implementation of an integrated care programme to avoid fragility fractures of the hip in older adults in 18 Bavarian hospitals - study protocol for the cluster-randomised controlled fracture liaison service FLS-CARE. *BMC Geriatr* 21(1):43. doi:10.1186/s12877-020-01966-1

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Frau Univ.-Prof. Dr. med. Dr. PH. Andrea Icks, MBA, für die Ermöglichung, diese Dissertation in ihrem Institut zu erstellen sowie den konstruktiven Austausch und ihre prompten Antworten bei Fragen, die sich im Rahmen der Konzeption und Analyse der Studie sowie der Erstellung von Publikation und Dissertationsschrift ergeben haben. Gleichzeitig möchte ich meinem Co-Betreuer, Herrn Prof. Dr. med. Simon Thelen, danken, der mir über die gesamte Projektdauer als kompetenter Ansprechpartner für klinische Fragestellungen zur Verfügung stand. Maßgeblich zu dieser Dissertation hat Frau Dr. rer. medic. Silke Andrich als meine dritte Betreuerin beigetragen. Sie hat mich in die Methodik eingeführt und mich stets mit sehr großem Engagement von der Antragstellung bis zur Verfassung von Publikation und Dissertationsschrift unterstützt. Zusammen mit Herrn Dr. rer. nat. Burkhard Haastert, der für die Datenintegrität verantwortlich war und für Herausforderungen in der statistischen Auswertung jederzeit zur Seite stand, hat sie mich ausgezeichnet fachlich betreut.

Als weiteren Beteiligten der Arbeitsgruppe danke ich Herrn Werner Arend, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf und - stellvertretend für die AOK Rheinland/Hamburg als unseren Konsortialpartner - Frau Birgit Klüppelholz.

Ich danke außerdem meinem Chefarzt Herrn Dr. med. Frank Schleibach für die Unterstützung in meinem klinischen Arbeitsalltag sowie den Chefärzten Herrn Dr. med. Christian Rusu (Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie), Herrn Dr. med. Frank Wenserski und Herrn Dr. med. Jürgen Malms (Institut für diagnostische Radiologie und Neuroradiologie) des Allgemeinen Krankenhauses Viersen für die Erlaubnis zur Verwendung der radiologischen Abbildungen.

Abschließend möchte ich mich herzlich bei meiner Familie und insbesondere meinen Eltern und Großeltern sowie meiner Freundin für die moralische Unterstützung und den großen Rückhalt während der Promotionszeit bedanken sowie bei Dr. med. Sven Baasen und Dr. med. Konrad Stange, die mich durch meine Studienzeit begleitet haben.