

Aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie
der Universitätsmedizin Göttingen
(Prof. Dr. med. W. Lehmann)
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Erfahrung des Operateurs als Einflussfaktor auf die Operationsdauer am Beispiel ausgewählter unfallchirurgischer und orthopädischer Eingriffe an einer Universitätsklinik

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Jantje Kathrin Bohlmann

aus Celle

Göttingen 21.06.2021

Dekan: Prof. Dr. W. Brück

Betreuungsausschuss

Betreuer: Prof. Dr. med. S. Sehmisch

Ko-Betreuer: Priv.-Doz. Dr. med. R. M. Wäschle

Prüfungskommission

Referent/in i.V. PD Dr. D. Hoffmann

Ko-Referent/in: PD Dr. R. M. Wäschle

Drittreferent/in: Prof. Dr. T. Meyer

Datum der mündlichen Prüfung: 05.05.2022

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel „Erfahrung des Operateurs als Einflussfaktor auf die Operationsdauer am Beispiel ausgewählter unfallchirurgischer und orthopädischer Eingriffe an einer Universitätsklinik.“ eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den 21.06.2021

.....

(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Wirtschaftstheorie des Marktes.....	2
1.2 Gesundheitsmärkte und die bedingte Gültigkeit idealer Markteigenschaften	4
1.2.1 Diverse Akteure auf dem Gesundheitsmarkt	4
1.2.2 Anbieterdominanz und eingeschränkte Konsumentensouveränität.....	5
1.2.3 Eingeschränkte Bewertbarkeit medizinischer Leistungen.....	5
1.2.4 Besonderheiten von Versicherungsleistungen.....	6
1.2.5 Höher, schneller, weiter – Ethik und Gesundheit.....	6
1.3 Grundzüge des DRG-Systems.....	7
1.3.1 Das DRG-System als vollpauschalisiertes Entgeltsystem	7
1.3.2 Kalkulationsgrundlage der pauschalisierten Vergütung	9
1.3.3 Zuordnung eines Patientenfalls zu einer DRG	11
1.3.4 Berechnung des Erlöses für eine DRG	13
1.4 Prinzipien zur Analyse von Operationsdauern	15
1.4.1 Identifikation vergleichbarer Operationsprozeduren mittels Operations- und Prozedurenschlüssel.....	15
1.4.2 Erhebung der Operationsdauer anhand der Schnitt-Naht-Zeit.....	17
2 Material und Methoden.....	18
2.1 Erhebung der Rohdaten	18
2.2 Vorbereitung der Rohdaten	20
2.2.1 Schritt 1: Erstellung einer eindeutigen Identifikationsnummer	20
2.2.2 Schritt 2: Entfernung doppelter Datenzeilen	21
2.2.3 Schritt 3: Rekonstruktion der Dateninhalte.....	21
2.2.4 Schritt 4: Spezifische Datenaufbereitung	21
2.3 Auswahl geeigneter Operationsprozeduren und Bildung von Vergleichsgruppen...22	
2.3.1 Einzelbetrachtung: Operationen mit gleicher OPS-Kodierung	22
2.3.2 Datenverarbeitung: Von den Rohdaten zum hypothesenorientierten Datensatz....23	
2.3.3 Konsolidierte Betrachtung: Operationen einzelner Teildisziplinen	25
2.3.4 Datenverarbeitung: Filtern mithilfe von erweiterten Kriterien	26
2.3.5 Statistische Methoden	27
2.3.6 Erhebung patientenbezogener Kennzahlen	30
3 Ergebnisse	31
3.1 Operationsdauer bei identischem OPS	31

3.1.1	Die häufigsten OPS-Prozeduren im Datensatz	31
3.1.2	Implantation von Prothesen.....	32
3.1.3	Frakturversorgung.....	36
3.1.4	Materialentfernung.....	43
3.2	Operationsdauer einzelner Teildisziplinen	46
3.2.1	Schnitt-Naht-Zeiten bei Endoprothetik der Hüfte	47
3.2.2	Schnitt-Naht-Zeiten bei Frakturversorgung durch Platten	49
3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	57
4	Diskussion.....	60
4.1	Diskussion der Ergebnisse: Schnitt-Naht-Zeiten im Vergleich	60
4.1.1	Endoprothetik der Hüfte	60
4.1.2	Frakturversorgung.....	61
4.1.3	Materialentfernung.....	64
4.2	Einordnung in das Weiterbildungsprogramm der CUOP.....	64
4.3	Chancen und Limitationen der Methodik	65
4.4	Klinischer Output im Zusammenhang mit dem Erfahrungsgrad des Operateurs.....	69
4.5	Der Einfluss von Lehrtätigkeit auf die Qualität einer Operation.....	72
4.6	Ausblick hinsichtlich der ökonomischen Tragweite von Lehrtätigkeit.....	74
5	Zusammenfassung	77
6	Anhang	79
7	Literaturverzeichnis	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Diagramm von Angebot und Nachfrage.....	2
Abbildung 1-2: Märkte im Gesundheitswesen.	4
Abbildung 1-3: Prinzip der Grenzverweildauern.....	8
Abbildung 1-4: Schematik des Kodiervorgangs.....	13
Abbildung 1-5: Auszug aus der Webapplikation des Reimbursement Institutes zur DRG I13A für 2019.	14
Abbildung 1-6: Systematik der OPS am Beispiel des Codes 5-820.00.....	16
Abbildung 2-1: Auszug aus dem Rohdatensatz I.....	19
Abbildung 2-2: Auszug aus dem Rohdatensatz III.....	19
Abbildung 2-3: Vergabe einer eindeutigen Identifikationsnummer.	20
Abbildung 2-4: Rekonstruktion des Datensatzes in Excel.	21
Abbildung 2-5: Datentabelle mit einheitlich sortierten OPS.....	24
Abbildung 2-6: Tabelle der häufigsten OPS bzw. Kombinationen.....	25
Abbildung 2-7: Anwendung des erweiterten Filters am Beispiel der Frakturversorgung mittels Platte.	26
Abbildung 2-8: Erweiterter Filter in Excel.....	27
Abbildung 2-9: Leitfaden zur Anwendung statistischer Methoden.	28
Abbildung 3-1: Violin-Plot der Operation 5-822.g1.	36
Abbildung 3-2: OPS-Systematik in der Versorgung von Frakturen.	49
Abbildung 3-3: Häufigkeit zusätzlich dokumentierter OPS.	53
Abbildung 3-4: Durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeiten von Operationen mit identischen OPS.	57
Abbildung 3-5: Unterschiede der Schnitt-Naht-Zeiten für Operationen mit identischen OPS-Codes.	58
Abbildung 3-6: Durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeiten für chirurgische Teildisziplinen.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Beispiel Fallpauschale I13A.	11
Tabelle 1-2: DRG zur Fallpauschale I13A.	12
Tabelle 1-3: DRG-Erlös am Beispiel der Fallpauschale I13A.	14
Tabelle 2-1: Durchgeführte Signifikanztests in der Übersicht.....	29
Tabelle 3-1: Häufige Operationen der Jahre 2017, 2018 und 2019.....	31
Tabelle 3-2: Die zehn häufigsten OPS der Jahre 2017, 2018 und 2019.	32
Tabelle 3-3: OP-Minuten: Implantation einer nicht zementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk.	33
Tabelle 3-4: OP-Minuten: Implantation einer teilzementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk.	34
Tabelle 3-5: OP-Minuten: Implantation einer Duokopfprothese am Hüftgelenk.	35
Tabelle 3-6: OP-Minuten: Geschlossene Reposition durch intramedullären Draht an Ulna- und Radiuschaft.	37
Tabelle 3-7: OP-Minuten: Geschlossene Reposition durch Marknagel mit Gelenkkomponente am proximalen Femur.	39
Tabelle 3-8: OP-Minuten: Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich des distalen Radius durch winkelstabile Platte.	40
Tabelle 3-9: OP-Minuten: Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese am distalen Radius durch Draht oder Cerclage.	42
Tabelle 3-10: OP-Minuten: Entfernung von Schraube(n) an der distalen Fibula.	43
Tabelle 3-11: OP-Minuten: Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius.	44
Tabelle 3-12: OP-Minuten: Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius.	46
Tabelle 3-13: Untersuchte Operationen im Bereich Endoprothetik.	47
Tabelle 3-14: OP-Minuten: Endoprothetik der Hüfte.	48
Tabelle 3-15: Untersuchte Operationen zur Versorgung einer einfachen Fraktur.	50
Tabelle 3-16: Untersuchte Operationen zur Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur.	51
Tabelle 3-17: OP-Minuten: Versorgung einfacher Frakturen.	52
Tabelle 3-18: Zusammensetzung des Studienkollektivs „einfache Fraktur“.	53
Tabelle 3-19: OP-Minuten: Versorgung einfacher Frakturen.	54
Tabelle 3-20: Kennzahlen zum durchschnittlichen Patienten bei Versorgung einer einfachen Fraktur.	55
Tabelle 3-21: Kennzahlen zum durchschnittlichen Patienten bei Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur.	56
Tabelle 4-1: Leitfaden für die Durchführung von Operationen durch Ärzte in der Facharztausbildung.....	65

Abkürzungsverzeichnis

CUOP	Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie
DIMDI	Medizinische Dokumentation und Information
ICD	International Classification of Diseases
ID	Identifikationsnummer
InEK	Institut für Entgeltsysteme im Krankenhaus
MDC	Major Diagnostic Category
PCCL	Patient Clinical Complexity Level
PGY	Postgraduates Year
UMG	Universitätsmedizin Göttingen
WHO	World Health Organisation

1 Einleitung

Der Gesundheitssektor wurde in den letzten Jahrzehnten vor zahlreiche neue Herausforderungen gestellt. Nicht nur durch den rasanten medizinischen Fortschritt, auch auf gesundheitspolitischer Ebene erfuhr das Gesundheitssystem eine Reihe von Veränderungen. Spätestens mit der Gesundheitsreform zur Jahrtausendwende und der nachfolgenden Einführung eines pauschalen Vergütungssystems erhielt eine durch wirtschaftliche Prinzipien geprägte Gesundheitspolitik Einzug in das deutsche Gesundheitssystem. Der daraus resultierende Balanceakt zwischen medizinischen und ökonomischen Perspektiven stellt deutsche Kliniken vor neue Herausforderungen. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen wie dem demographischen Wandel, dem zunehmenden Ärztemangel und der damit einhergehenden Konkurrenz um neues Personal ergibt sich ein steigender Bedarf nach qualifizierter Aus- und Weiterbildung neuer Ärzte. Insbesondere Universitätskliniken stehen vor der Aufgabe, trotz steigender Anforderungen an die Effizienz im klinischen Alltag zeitliche wie monetäre Ressourcen in die fachärztliche Weiterbildung zu investieren. Für viele Leitungsinstanzen stellt sich dahingehend die Frage, inwieweit interne Weiterbildungsaktivitäten zu Produktivitätseinbußen führen. So konnte gezeigt werden, dass ein gegensinniger Zusammenhang zwischen der Qualität der Lehre und der Produktivität einer Klinik besteht (Schröder und Welcker 2010).

In einem chirurgischen Fach wird gemäß Weiterbildungsordnung ein nicht unerheblicher Teil der fachärztlichen Weiterbildungszeit im Operationssaal abgeleistet. In Anbetracht der Tatsache, dass die operative Versorgung einen zentralen Teil der Leistungserbringung einer Klinik ausmacht und, anders als beispielsweise die Verordnung eines blutdrucksenkenden Medikaments, zudem einen erheblichen Kostenfaktor darstellt, kann die Dauer einer Operation als Indikator für die ärztliche Produktivität im Operationssaal herangezogen werden. Untersuchungen in unterschiedlichen Fachbereichen der Medizin lassen darauf schließen, dass die Dauer einer Operation durch die Anwesenheit von in Weiterbildung befindlichen Assistenzärzten verlängert sein kann (Bridges und Diamond 1999; Babineau et al. 2004; Advani et al. 2012). Auch eine Untersuchung im Rahmen der Versorgungsforschung zeigte, dass der Erfahrungsgrad des Operateurs die intraoperativen Prozesszeiten signifikant beeinflusst (Bauer et al. 2007). Die Autoren kritisieren, dass im aktuellen Abrechnungssystem solche Mehraufwendungen durch eine pauschale Vergütung nicht berücksichtigt werden und solche Kliniken, die viel Weiterbildung betreiben, benachteiligt werden.

Um diese Zusammenhänge weiter zu untersuchen, wurde im Rahmen dieses Studienvorhabens die Dauer ausgewählter Standardoperationen in Abhängigkeit von der Erfahrung des Operators analysiert. Als Grundlage für die Untersuchung dienten digital archivierte OP-Protokolle der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie (CUOP) der Universitätsmedizin Göttingen (UMG). Nicht zuletzt soll die Arbeit den wissenschaftlichen Austausch zwischen medizinischen wie ökonomischen Fachdisziplinen fördern, deren gemeinsam erklärtes Ziel die nachhaltige Gesundheitsversorgung der Gesellschaft ist.

1.1 Einführung in die Wirtschaftstheorie des Marktes

Bei der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Wirtschaftlichkeit, Kosten und Effizienz im Zusammenhang mit Gesundheit ist das Verständnis der ökonomischen Rahmenbedingungen des Gesundheitsmarktes erforderlich.

Ein Markt ist definiert als das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage in Bezug auf ein bestimmtes Gut oder eine Gruppe von Gütern. Anders ausgedrückt beschreibt der Begriff die Gesamtheit wirtschaftlicher Beziehungen als dynamisches Gefüge (Bea und Haas 2017). Märkte funktionieren nach dem Prinzip der Selbststeuerung: In der freien Marktwirtschaft gilt das Gesetz von Angebot und Nachfrage, die sich durch Preisbildung gegenseitig regulieren. Voraussetzung dafür ist die Annahme, dass Ressourcen in einer Volkswirtschaft begrenzt sind und folglich nicht jedes Bedürfnis gleichermaßen befriedigt werden kann (Bartling und Luzius 2014). Für ein einzelnes Gut lässt sich dieser Sachverhalt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem als Preis-Mengen-Diagramm (s. Abbildung 1-1) darstellen (Pindyck und Rubinfeld 2018).

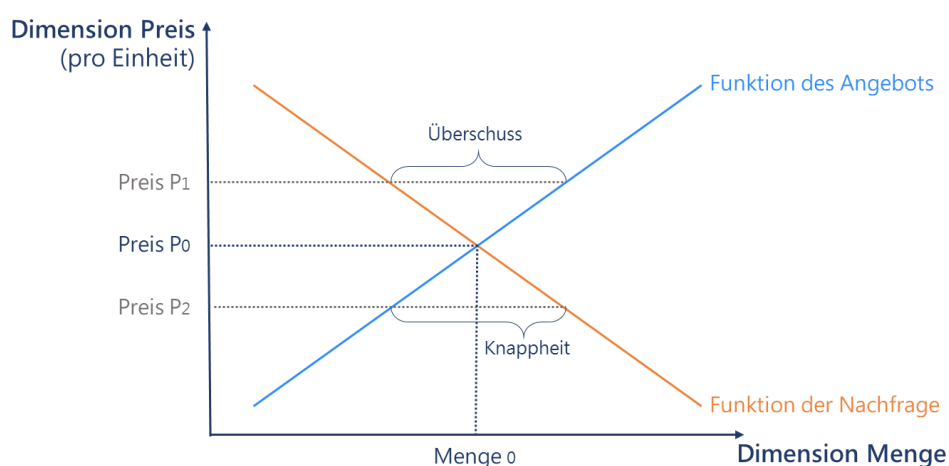


Abbildung 1-1: Diagramm von Angebot und Nachfrage.

(Quelle: eigene Darstellung basierend auf Pindyck und Rubinfeld 2018. Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Pearson Deutschland)

Die angebotene Menge ist dabei die abhängige Variable, der Preis die unabhängige Variable. Die Nachfrage verhält sich im Modell wie eine Gerade: Bei einem hohen Preis wird die nachgefragte Menge geringer sein als bei einem niedrigen Preis. Entgegengesetzt verhält sich das Angebot. Bei einem hohen Verkaufspreis (P_1) für ein Gut können mehr Anbieter auf den Markt treten, die angebotene Gütermenge ist höher. Bei einem niedrigeren Preis (P_2) sinkt die angebotene Menge, da nicht alle Unternehmen zu diesem Preis anbieten können oder wollen. Zu einem bestimmten Preis (P_0) sind angebotene und nachgefragte Menge identisch. Dieser Zustand wird als Marktgleichgewicht oder Markträumung bezeichnet (Bartling und Luzius 2014; Pindyck und Rubinfeld 2018).

Die Bedeutung freier Preisbildung für die Selbstregulierung des Marktes wird ersichtlich, wenn sich ein Markt nicht im Gleichgewicht befindet: Ist das Angebot größer als die Nachfrage, entsteht ein Angebotsüberhang (Überschuss). Der Preis sinkt und Anbieter verlassen den Markt. Wird weniger angeboten als nachgefragt, entsteht ein Nachfrageüberhang (Knappheit) und steigende Preise führen zu einer Zunahme des Angebots (Pindyck und Rubinfeld 2018).

Voraussetzung für einen funktionierenden Marktmechanismus und die optimale Allokation von Ressourcen sind freier Wettbewerb, freie Preisbildung und Entscheidungs- sowie Handlungsfreiheit der Marktakteure. Entscheidungen werden rational nach dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit getroffen, indem der erwartete Nutzen eines Gutes und die aufzuwendenden Kosten gegeneinander aufgewogen werden, um den Nettonutzen zu maximieren (Wernitz und Pelz 2015; Berger und Stock 2017). Auf einem ideellen Markt sind alle Marktteilnehmer (also Anbieter und Nachfrager) vollständig über das Güterangebot sowie Preise und Qualität informiert. Der Staat greift in der Regel nur regulierend zum Wohle der Bürger ein und fängt Szenarien ab, in denen der freie Markt versagt oder in denen das Marktgleichgewicht gesellschaftlich nicht akzeptiert ist. Ein Marktversagen kann zum Beispiel bei öffentlichen Gütern, bei unvollständigen Informationen auf Seiten der Verbraucher oder bei einer Marktmacht auf Seiten der Anbieter (z. B. bei einem Monopol) entstehen (Pindyck und Rubinfeld 2018). Bei der Betrachtung des Gesundheitsmarkts wird deutlich, dass dieser nicht in allen Bereichen wie ein ideeller Markt funktionieren kann. In Deutschland existiert beispielsweise der ethische Grundsatz, dass jedem Gesellschaftsmitglied unabhängig von seiner Zahlungskraft eine gesundheitliche Versorgung zuteilwerden soll. Diese Forderung entzieht sich der Theorie des freien Marktes, sodass Regulationen notwendig werden (Berger und Stock 2017).

Grundsätzlich können die Akteure des Marktes verschiedene Handlungsstrategien folgen (Berger und Stock 2017). Diese lassen sich auch auf den Gesundheitsmarkt übertragen, da auch hier das Wirtschaftlichkeitsprinzip gilt (Wernitz und Pelz 2015). Bei Anwendung des Maximalprinzips wird mit den gegebenen Ressourcen der bestmögliche

Gesundheitszustand angestrebt. Nach dem Minimalprinzip hingegen wird versucht, einen bestimmten Gesundheitszustand mit möglichst geringem Ressourceneinsatz zu erreichen. Eine weitere Strategie kann sein, ein optimales Verhältnis von Input zu Output zu schaffen.

1.2 Gesundheitsmärkte und die bedingte Gültigkeit idealer Markteigenschaften

Gesundheitsleistungen haben die Eigenschaft eines Wirtschaftsguts. Sie stehen nur in begrenztem Umfang zur Verfügung und ihre Erbringung verbraucht Ressourcen wie Arbeit und Kapital, die dann anderweitig nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Gesundheitsökonomie befasst sich mit dem volkswirtschaftlichen Grundproblem, begrenzte Ressourcen möglichst effizient, rational und transparent zu verteilen (Berger und Stock 2017).

1.2.1 Diverse Akteure auf dem Gesundheitsmarkt

Durch die Beschaffenheit des deutschen Sozialsystems sind Kaufentscheider, Zahler und Konsument im deutschen Gesundheitswesen nicht in einer Person vereint. Vielmehr beeinflussen Versicherungen das Gefüge zwischen Anbietern und Nachfragern (s. Abbildung 1-2). Daraus ergeben sich mehrere Wettbewerbsfelder: Der Versicherungsmarkt, auf dem Krankenversicherungen und Versicherte bzw. Patienten zusammentreffen, der Behandlungsmarkt, auf dem medizinische Leistungserbringer und Patienten aufeinandertreffen und der Leistungsmarkt, auf dem Krankenversicherung und medizinische Leistungserbringer verhandeln (Berger und Stock 2017).



Abbildung 1-2: Märkte im Gesundheitswesen.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Cassel et al. 2008. Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung vom Wissenschaftlichen Institut der AOK.)

Hinzu kommen weitere Akteure wie Implantat- und Arzneimittelhersteller, medizinische Dienstleister (z. B. Physiotherapeuten), Apotheken, Krankenhausträger und Behörden.

Ein einfacher Tausch zwischen Leistung und Zahlungsmittel kann auf einem solchen Gesundheitsmarkt folglich nicht gelingen.

1.2.2 Anbieterdominanz und eingeschränkte Konsumentensouveränität

Ein Markt funktioniert dann ideal, wenn Informationen wie Preis, Qualität und Angebot für alle Teilnehmer zugänglich und vergleichbar sind. In der Realität ist dies auf dem Gesundheitsmarkt nur bedingt möglich. Informationen sind ungleich verteilt, die Qualität einer Leistung ist für Patienten oft schlecht vergleichbar und vorhandene Informationen können nicht abschließend bewertet werden. Es besteht eine sogenannte Informationsasymmetrie. Zudem können Patienten in einer Situation der Hilfsbedürftigkeit, Schwäche und Unsicherheit nur selten objektiv beurteilen, wie sie ihr Bedürfnis nach zum Beispiel Schmerzfreiheit oder Mobilität angemessen befriedigen können (Berger und Stock 2017). Berger und Stock (2017) sprechen von einer eingeschränkten Konsumentensouveränität. Es ergibt sich eine sogenannte Anbieterdominanz. Ist der Patient selbst nicht in der Lage, seinen konkreten Bedarf zu benennen, müssen Ärzte einen objektiven Bedarf nach meist wissenschaftlichen Kriterien feststellen. Dieser Prozess unterliegt wiederum dem Einfluss ärztlicher Präferenzen, abweichender Diagnosen oder unterschiedlicher Therapievor schläge (Berger und Stock 2017).

1.2.3 Eingeschränkte Bewertbarkeit medizinischer Leistungen

Auf dem Gesundheitsmarkt werden sowohl Güter als auch medizinische Leistungen gehandelt. Die Erbringung einer Dienstleistung setzt voraus, dass sowohl Anbieter als auch Nachfrager daran mitwirken, da Leistungserstellung und -konsum gleichzeitig stattfinden. Lässt sich zum Beispiel ein Patient durch einen Arzt behandelt, bringt er selbst eine gewisse Form der Mitleistung ein (Berger und Stock 2017). Dienstleistungen sind damit nicht transport- oder lagerfähig, wie es bei Gütern der Fall ist. Weiterhin lässt sich Gesundheit als Ergebnis einer Leistung schlecht bewerten oder messen. Aus diesem Grund gestaltet sich die Frage nach einer angemessenen Vergütung schwieriger als bei herkömmlichen Dienstleistungen wie zum Beispiel einem Haarschnitt. Die natürliche Preisbildung ist stark eingeschränkt, da Informationen asymmetrisch verteilt sind, sowohl zwischen Arzt und Patient als auch zwischen Krankenversicherungen und Ärzten bzw. Patienten. Zudem setzen staatlich regulierte Vergütungssysteme wie das DRG-System gezielte Anreize auf Seiten der Leistungserbringer. Im Gegensatz dazu existieren auf Seiten der Leistungsempfänger bzw. Patienten durch Vollversicherungsschutz und Kostenerstattungen kaum Sparanreize (Berger und Stock 2017).

1.2.4 Besonderheiten von Versicherungsleistungen

Ein zentraler Baustein des deutschen Gesundheitssystems sind die Krankenversicherungen. Versicherungen können auf Märkten gehandelt werden, unterscheiden sich dabei aber grundlegend von anderen Wirtschaftsgütern. Eine Besonderheit des Versicherungsmarktes ist, dass der Bedarf für das Gut, also der Eintritt des Versicherungsfalls, in der Zukunft liegt und ohne private Rücklagen für viele Individuen nicht finanzierbar ist. Die Gesellschaft sieht daher eine Versicherungspflicht zum Schutze des Bürgers vor (Berger und Stock 2017).

Würden Krankenversicherungen ausschließlich auf freien Märkten gehandelt, könnte dies weitreichende Folgen haben. Hierzu eine beispielhafte Überlegung: Ein individuell unvorhersehbares Ereignis wird statistisch gesehen zu einer kalkulierbaren Größe. Über das Gesamtrisiko aller Versicherten ließe sich ein durchschnittlicher Versicherungsbeitrag errechnen, den die Versicherung von allen Versicherten verlangen könnte. Ein Versicherungswilliger könnte nun mitunter sein individuelles Gesundheitsrisiko besser einschätzen als die Versicherung. Personen mit einem geringen Risiko könnten dann entscheiden, keine Versicherung abzuschließen, sodass sich der Anteil der versicherten Personen mit hohem Risiko erhöhen würde. Denn nur für jene wäre es lohnend, eine Versicherung abzuschließen. Dies hätte zur Folge, dass das kollektive statistische Risiko steigen würde, was wiederum zu steigenden Versicherungsprämien führen würde. Dieser Zyklus würde sich stetig wiederholen und langfristig zum Versagen des Marktes führen (Oswald et al. 2017). Durch eine Versicherungspflicht wird dies unterbunden.

In Deutschland ist der Versicherungsbeitrag der gesetzlichen Krankenversicherung nicht an das Risiko, sondern an das Einkommen gebunden. Es ist gesetzlichen Krankenversicherungen verboten, eine risikoorientierte Prämie anzubieten (Diskriminierungsverbot). So soll sichergestellt werden, dass sich jeder Bürger einen Versicherungsschutz leisten kann (Oswald et al. 2017). Durch den im §175 Abs. 1 Satz 2 SGB V festgelegten Kontrahierungszwang sind gesetzliche Krankenversicherung zudem verpflichtet, jeden Bürger unabhängig von seinem individuellen Gesundheitsrisiko zu versichern.

1.2.5 Höher, schneller, weiter – Ethik und Gesundheit

Die Situation im Gesundheitssektor stellt sich als Balanceakt zwischen ökonomischen, medizinischen und sozialpolitischen Zielen dar. Betriebswirtschaftliche Anforderungen rücken zunehmend in den Vordergrund, ohne dass die Qualität medizinischer Leistungen dadurch beeinflusst werden soll (Wehkamp et al. 2017). Die Bewältigung dieser Herausforderung wird umso schwieriger, da verschiedene Berufsgruppen wie Betriebswirte und Mediziner aufeinandertreffen und eine gemeinsame Gratwanderung schaffen müssen.

Zudem wird aus einer volkswirtschaftlichen Perspektive kritisiert, dass ein Gesundheitswesen nicht lediglich als Kostenfaktor angesehen werden darf:

„[Das Gesundheitssystem] trägt wesentlich dazu bei, dass die Erwerbsfähigkeit und Produktivität der Erwerbstätigen erhalten bleibt und die Menschen selbst aus eigener Kraft für ihren Unterhalt sorgen können. Investitionen in die Gesundheit der Menschen sind deshalb ein wichtiger Beitrag zu Wachstum, Beschäftigung und Wohlstand.“ (Bundesministerium für Gesundheit 2019)

Zudem ist das Gesundheitswesen selbst ein Wirtschaftsfaktor und von großer Bedeutung für den Wohlstand: Mit 4,1 % wächst die Branche schneller als das deutsche Bruttoinlandsprodukt und schafft Arbeitsplätze für mittlerweile jeden achten Erwerbstätigen (Bundesministerium für Gesundheit 2021). Mit über zehn Prozent des Bruttoinlandsproduktes hatte der Gesundheitsmarkt 2018 einen nicht unerheblichen Anteil an der deutschen Gesamtwirtschaft (Bundesministerium für Gesundheit 2019).

In diesem Spannungsfeld aus Medizin, Ökonomie, Politik und Ethik stellen sich der Gesellschaft verschiedenste Fragen. Welchen Preis ist die Gesellschaft bereit, für die Gesundheit der Menschen zu zahlen? Wer soll diese Kosten tragen? Welche Verantwortung übertragen überträgt die Gesellschaft dem Einzelnen, welche der Allgemeinheit? Welchen Zielen soll die Medizin dienen? All das sind Fragen, deren Beantwortung es einer breiten öffentlichen Debatte bedarf (Wehkamp et al. 2017).

1.3 Grundzüge des DRG-Systems

Im vorherigen Kapitel wurde deutlich, dass der Gesundheitsmarkt vielen Besonderheiten unterliegt und daher starken Regulationen unterworfen ist. Ein Beispiel für die Regulation des Marktes ist das DRG-basierte Abrechnungssystem, dessen Grundzüge in diesem Kapitel dargestellt werden.

1.3.1 Das DRG-System als vollpauschalisiertes Entgeltsystem

Mit der Gesundheitsreform wurde zur Jahrtausendwende der gesetzliche Grundstein für das DRG-basierte Vergütungssystem gelegt, das nach australischem Vorbild entwickelt wurde und steigenden Ausgaben im Gesundheitssektor entgegenwirken sollte (Siebers 2014). Die deutschen Gesundheitsausgaben zählen nach wie vor zu den höchsten in der EU und betragen in den vergangenen Jahren wiederholt über eine Milliarde Euro pro Tag (Bundesministerium für Gesundheit 2019; OECD und European Observatory on Health Systems and Policies 2019). Schon seit 1976 sind Maßnahmen, Reformen und Gesetze

zur Kostendämpfung Diskussionsgegenstand der Politik und führten 2004 unter anderem zur Einführung eines pauschalen Vergütungssystems in Form des DRG-Systems, das Leistungserbringer in Sachen Wirtschaftlichkeit und Leistungsorientierung vor neue Herausforderungen stellte (Berger und Stock 2017).

Seit Einführung der DRG werden medizinische Leistungen nach einem pauschalen Prinzip vergütet. Als Vergleich ließe sich ein All-inclusive-Urlaub anführen, bei dem zum Beispiel Getränke und Speisen durch einen festen Betrag abgegolten sind. Eine Einzelvergütung würde hingegen stattfinden, wenn der Gast jedes Getränk und jede Speise einzeln bezahlen würde (Siebers 2014). Ähnlich verhält es sich im Krankenhaus: Die verbrauchten medizinischen Güter oder die durch Fachpersonal aufgewendete Zeit werden nicht einzeln, sondern pauschal vergütet (Siebers 2014).

Aus ökonomischer und medizinischer Sicht war diese Reform ein gravierender Einschnitt. Zuvor war der Erlös mitunter abhängig von der Verweildauer des Patienten (Kostendeckungsprinzip), wodurch Anreize zur Effizienzsteigerung fehlten. So war es für Leistungserbringer im stationären Bereich von Vorteil, ein umfangreiches Diagnose- und Behandlungskonzept anzubieten und damit eine lange Liegedauer zu erzielen (Siebers 2014). Nach der Reform veränderte sich dieses Gefüge. Das Krankenhaus sieht sich seither in einer Position, in der es seinen Gewinn vor allem durch verbesserte Kostenstrukturen und interne Prozessgestaltung maximieren kann, zum Beispiel durch einen am Nutzen orientierten Leistungsumfang oder eine optimale Verweildauer. Es ergibt sich ein Balanceakt zwischen angebotenen Leistungen und ökonomischen Rationalisierungen (Siebers 2014). Braun et al. (2010) sprechen von einer „Anreizumkehr [als] eine echte Kulturrevolution im Krankenhaus“. So wird beispielsweise die Anzahl der Liegetage innerhalb eines bestimmten Korridors pauschal abgerechnet. Erst bei Über- bzw. Unterschreiten der sogenannten Grenzverweildauern werden Ab- bzw. Zuschläge fällig (s. Abbildung 1-3).

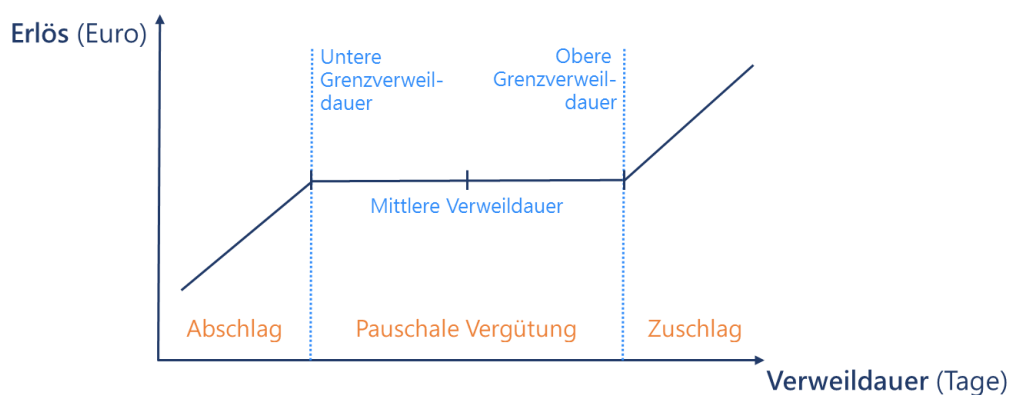


Abbildung 1-3: Prinzip der Grenzverweildauern.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Reimbursement Institute, Verweildauer. Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Reimbursement Institute.)

Daraus ergeben sich wirtschaftliche Anreize hinsichtlich der Liege- und Behandlungsdauer von Patienten (Reimbursement Institute, Verweildauer). Gleichzeitig setzt das System gezielte Qualitätsanreize, da beispielsweise durch die Einführung der Fallzusammenführung die Vermeidung von Komplikationen und Wiedereinweisungen nicht nur aus medizinischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht erstrebenswert sind (Hilgers 2011).

Um seltene und kostenintensive Leistungen weiterhin zu ermöglichen, wurde das Prinzip der Zusatzentgelte eingeführt. So haben Krankenhäuser die Möglichkeit, eine zusätzliche Vergütung für sehr teure Leistungen zu erhalten, die nicht allein über die DRG-Fallpauschale abgedeckt werden können. So soll ein umfassendes Leistungsspektrum erhalten bleiben (Siebers 2014). Zudem sieht das DRG-System sogenannte unbepreiste Zusatzentgelte für Leistungen vor, für die kein stabiler Preis bestimmt werden kann (z. B. für neue medizintechnische Produkte oder Antikörpertherapien). Diese verhandeln Leistungserbringer individuell mit den Kostenträgern (Fallpauschalen-Katalog 2018; Reimbursement Institute, Zusatzentgelt).

1.3.2 Kalkulationsgrundlage der pauschalisierten Vergütung

Das DRG-System soll eine realitätsgetreue Pauschalvergütung ermöglichen. Hierzu bestimmt das Institut für Entgeltsysteme im Krankenhaus (InEK) auf Grundlage von Datenerhebungen jährlich den monetären Wert einer DRG. Im Prinzip ermitteln dazu teilnehmende Krankenhäuser, sogenannte Kalkulationskrankenhäuser, die tatsächlichen Kosten für Patientenfälle, indem sie entstandene Personal-, Sach- oder Infrastrukturkosten auf einzelne Fälle beziehen (Siebers 2014).¹ Die Kalkulationskrankenhäuser bestimmen also die Ist-Kosten für einzelne Patientenfälle und übermitteln diese in einem umfangreichen Kalkulationsdatensatz an das InEK (Reimbursement Institute, Kalkulationskrankenhäuser). Die Kalkulationskrankenhäuser erhalten für die aufwendige Datenerhebung eine pauschalisierte Vergütung, die auch einen variablen Anteil und Zuschläge in Abhängigkeit von der Qualität der Datensätze beinhaltet. Im Jahr 2017 nahmen insgesamt 242 Häuser teil, sodass etwa 3,7 Millionen Fälle ausgewertet werden konnten (Reimbursement Institute, Kalkulationskrankenhäuser).

Die Kalkulation der fallbezogenen Kosten durch die Kalkulationskrankenhäuser erfolgt nach dem Prinzip der Vollkostenrechnung: Sämtliche entstandenen Kosten werden einem Kostenträger, in diesem Kontext dem Patientenfall, zugeordnet. Einige Kosten können von Natur aus einem einzelnen Patienten zugeordnet werden (sogenannte

¹ Seit 2020 werden Kosten für das Pflegepersonal auf Basis des individuellen Bedarfs zwischen Krankenhäusern und Krankenkassen verhandelt. Die Pflegeentgelte sind damit nicht mehr Teil der DRG und werden somit nicht mehr auf Grundlage der Ist-Kosten berechnet (Deutsches Ärzteblatt 2019, DRG-Umbau).

Einzelkosten), beispielsweise teure Sachgüter wie spezielle Medikamente. Andere Kosten wiederum lassen sich nicht direkt einem Patienten zuordnen (sogenannte Gemeinkosten), zum Beispiel Energie- oder Heizkosten, Löhne der Buchhaltung oder Personalkosten.² Die Unterscheidung in diese beiden Kostenarten wird auch Kostenartenrechnung genannt. Gemeinkosten werden zunächst im Sinne der Kostenstellenrechnung einer Kostenstelle zugeordnet, zum Beispiel einer Abteilung oder dem OP-Bereich. Über einen Verteilungsschlüssel können sie dann mittels der sogenannten Kostenträgerrechnung einem Kostenträger bzw. einem Patientenfall zugeordnet werden (Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH et al. 2016; Raab und Rasche 2017). Schlussendlich werden so alle entstandenen Kosten direkt oder rechnerisch auf einen Patientenfall bezogen. Ein Handbuch zum genauen Vorgehen wird vom InEK herausgegeben (Raab und Rasche 2017).

Bereits mit Einführung der DRG wurde die Kritik laut, dass insbesondere Maximalversorger wie Universitätskliniken benachteiligt werden, die Hochleistungsmedizin anbieten. So können kleine Häuser Patienten innerhalb der Grenzverweildauern in ein Haus der Maximalversorgung verlegen. Sie gelten als Anlaufpunkt für schwerkranke Patienten, sodass mitunter überproportional viele solcher Patienten behandelt werden. Überschreiten solche Patienten in ihrem Aufenthalt die obere Grenzverweildauer, werden diese Fälle zu sogenannten Überliegern und ziehen wirtschaftliche Einbußen durch die weitere Behandlung nach sich (Strehl 2004). Weiterhin vergehen von der Erhebung der Kosten bis hin zur Bestimmung der Fallpauschale zwei Jahre. Die Kosten aus 2017 müssen bis Anfang 2018 bekanntgegeben werden, auf Grundlage dessen kalkuliert das Institut das Entgeltsystem die Fallpauschale für 2019 (Siebers 2014). Dieser Zeitversatz wird kritisiert, da zum Beispiel auf neue Behandlungsmethoden mitunter nur zeitverzögert reagiert werden kann (Raab und Rasche 2017). Diese Lücke wird durch eine zusätzliche Abrechnungsmöglichkeit für neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden geschlossen (Siebers 2014). Fleßa (2014) kritisiert zudem, dass die angewendete Methode der Mittelwertbildung mathematische Risiken birgt. So können die Einzelwerte bei heterogenen Fallkosten weit gestreut sein, sodass das Risiko für Ausreißer und damit für Planungsfehler steigt. In einem Krankenhaus mit Fällen, die homogene Kosten aufweisen, würde der Mittelwert die Einzelwerte folglich besser abbilden (Fleßa 2014).

² Auch solche Kosten, die theoretisch mit großem Aufwand einem Patienten zugeordnet werden könnten, können als Gemeinkosten erfasst werden. Ein Beispiel ist das Verbrauchsmaterial auf Stationen, das nicht fallbezogen erfasst, sondern verrechnet wird.

1.3.3 Zuordnung eines Patientenfalls zu einer DRG

Das DRG-System ist ein ökonomisches, diagnosebezogenes Klassifizierungssystem, das stationäre Fälle mit ähnlichen Fallkosten in einer DRG zusammenfasst. Die DRG bilden die Grundlage für die pauschalisierte Vergütung medizinischer Leistungen und dienen der Ermittlung des Abrechnungsbetrags für einen Patientenfall. Aus medizinischer Sicht können Fälle innerhalb einer DRG durchaus heterogen sein. Ziel des Systems ist folglich nicht die medizinische Vergleichbarkeit der kodierten Fälle, sondern die Vergleichbarkeit der Fallkosten durch Zusammenfassen von Fällen mit ähnlichen Durchschnittskosten (Fleßa 2014). Neben ökonomischen Systemen existieren auch medizinische Klassifikationen wie das durch die World Health Organisation (WHO) herausgegebene Klassifizierungssystem für Diagnosen, die International Classification of Diseases (ICD) (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information [DIMDI] 2020).

Eine DRG wird als ein vierstellige Zahlen- und Buchstabencode angegeben. Die Zuordnung eines Falls zu einer DRG soll am Beispiel einer proximalen Tibiafraktur mit der Fallpauschale I13A dargestellt werden (s. Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Beispiel Fallpauschale I13A.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH [InEK] 2018)

ICD-10	Hauptdiagnose	Fallpauschale	Beschreibung
S82.18	Proximale Tibiafraktur	I13A	Bestimmte Eingriffe an Humerus, Tibia, Fibula und Sprunggelenk mit komplexem Mehrfacheingriff oder keramischem Knochenersatz, mit komplizierendem Eingriff an Humerus und Tibia oder aufwendiger Osteosynthese.

Die erste Stelle einer DRG ergibt sich auf Grundlage der Diagnose, die den stationären Aufenthalt rechtfertigt und auch als Hauptdiagnose bezeichnet wird (Siebers 2014). Jede Hauptdiagnose kann einer Hauptdiagnosegruppe zugeordnet werden, die auch als Major Diagnostic Category (MDC) bezeichnet wird (Reimbursement Institute, MDC). Im Beispiel (s. Tabelle 1-2) fällt die Hauptdiagnose der proximalen Tibiafraktur in die Kategorie Krankheiten und Störungen an Muskel-Skelett-System und Bindegewebe mit den Fallpauschalen I91Z bis I98Z (Reimbursement Institute, MDC).

Die zweite und dritte Stelle der DRG beschreiben die sogenannte Partition. Dazu wird ein Fall in Abhängigkeit von der durchgeführten Behandlung in einen der drei Partitionsbereiche operative Fallpauschale (Behandlung durch eine Operation, Ziffer 01-39), medizinische Fallpauschale (nicht invasive medizinische Betreuung, Ziffer 40-59) oder andere Fallpauschale (z. B. invasive Diagnostik, Ziffer 60-99) einsortiert (Fleßa 2014; Reimbursement Institute, Partition). Das Ergebnis ist eine dreistellige DRG, die auch als Basis-DRG

bezeichnet wird. Bezogen auf die proximale Tibiafraktur würde sich bei operativer Versorgung des Bruchs folglich eine operative Fallpauschale ergeben, zum Beispiel I13A. Die vierte und letzte Stelle ermöglicht eine weitere Differenzierung hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs, sofern fallbezogene Faktoren oder Komplikationen die Kosten der Behandlung zusätzlich erhöhen (Reimbursement Institute, Basis-DRG). So kann eine Untergliederung hinsichtlich der ökonomischen Schweregrade, z. B. „A – höchster Schweregrad“, „B – zweithöchster Schweregrad“ etc. bis „Z – keine Unterteilung“ erfolgen. Dazu werden Merkmale herangezogen, die mit der Höhe der Behandlungskosten korrelieren, zum Beispiel das Geburtsgewicht bei Neugeborenen, das Alter des Patienten, die Anzahl bestimmter Nebendiagnosen, die Beatmungsdauer oder das sogenannte Patient Clinical Complexity Level (PCCL), das auch im Zuge dieses Studienvorhabens erhoben wurde und im nächsten Absatz genauer erläutert wird (Raab und Rasche 2017; Reimbursement Institute, Ressourcenverbrauch).

Tabelle 1-2: DRG zur Fallpauschale I13A.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH [InEK] 2018)

		Fallpauschale			Beschreibung
DRG	Basis DRG	I			MDC 08: Krankheiten und Störungen an Muskel-Skelett-System und Bindegewebe.
			13		Partition O (01-39): operative Fallpauschale
				A	Schweregrad A: Höchster Schweregrad

Der PCCL-Wert gibt den patientenbezogenen Gesamtschweregrad an und wird durch eine komplexe Formel berechnet. Dazu werden zunächst die Schweregrade der Nebendiagnosen, im DRG-Kontext auch Complication or Comorbidity (CC) genannt, als sogenanntes Complication or Comorbidity Level (CCL) angegeben, das Werte zwischen 0 (keine Komplikation oder Komorbidität) bis 4 (äußerst schwere Nebendiagnose) vorsieht (Reimbursement Institute, CCL). Bei drei Nebendiagnosen ergeben sich daraus folglich drei CCL-Werte (Fleßa 2014). Alle CCL-Werte werden schließlich mittels logarithmischer Glättung zu einem einzigen Wert zusammengefasst, dem PCCL-Wert. Jedem Patienten wird also ein einziger PCCL-Wert zugewiesen, der die medizinische Fallschwere ausdrückt (Fleßa 2014). Der PCCL-Wert kann die Werte 0 (keine Komplikationen und Komorbiditäten) bis 6 (schwerste Komplikationen und Komorbiditäten) annehmen (Reimbursement Institute, PCCL).

In der Praxis übernehmen IT-basierte Programme die Zuordnung, sogenannte Grouper. Diese bestimmen die zugehörige DRG auf Grundlage verschiedener Angaben, zum

Beispiel Haupt- und Nebendiagnose(n), Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS), Entlassungsart und patientenbezogene Informationen wie Alter, Geschlecht, Gewicht, Beatmungszeit, Verweildauer etc., auch Split-Kriterien genannt (Fleßa 2014; Reimbursement Institute, Basis-DRG). Darüber hinaus existieren zahlreiche Sonderregelungen, auf deren Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird. Einen abschließenden Überblick über die dargestellte Systematik zur Bildung einer DRG bietet Abbildung 1-4.

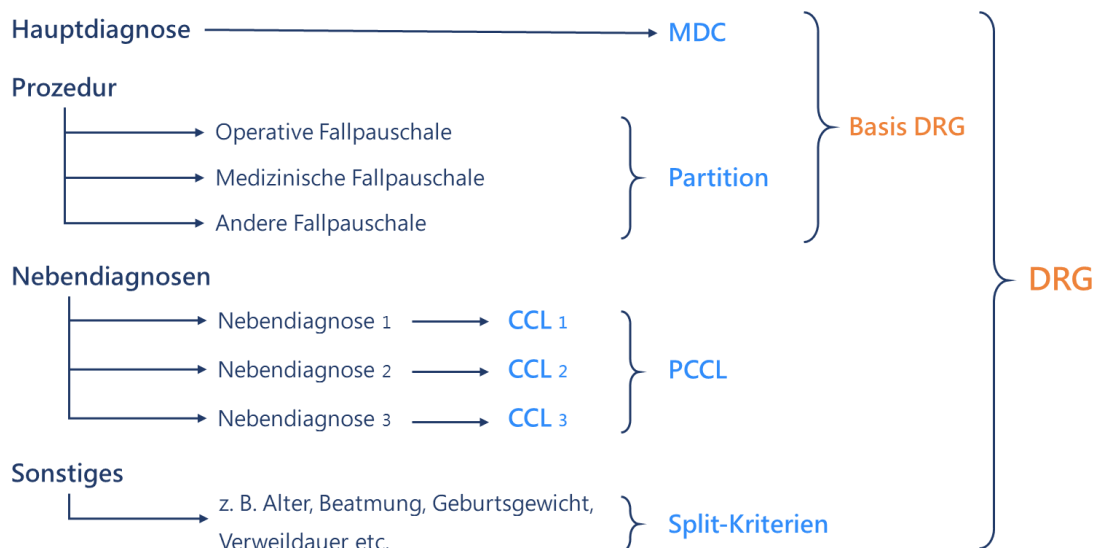


Abbildung 1-4: Schematik des Kodiervorgangs.
(Quelle: Eigene Darstellung)

1.3.4 Berechnung des Erlöses für eine DRG

Die Zuordnung eines Falls zu einer DRG ist für die Ermittlung des Erlöses relevant, den ein Krankenhaus für den jeweiligen Fall erhält und mit dem alle Kosten für Personal, Sachmittel und Infrastruktur abgegolten sind (Reimbursement Institute, DRG-Erlös).³

Um den Erlös für einen Fall zu bestimmen, wird das Relativgewicht der jeweiligen DRG mit dem Basisfallwert multipliziert. Das Relativgewicht gibt die relative ökonomische Fallschwere an und ermöglicht es, einen individuellen Patientenfall nach einem pauschalen System zu vergüten (Siebers 2014). Das InEK bestimmt anhand der Daten der Kalkulationskrankenhäuser das Relativgewicht für jede DRG (Reimbursement Institute, Relativgewicht). Für die DRG I13A beispielsweise betrug das Relativgewicht im Jahr 2019 3,277, somit verursacht ein Patientenfall dieser DRG mehr Kosten als der Durchschnitt, für den das Relativgewicht 1,0 beträgt (Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH [InEK] 2018; Reimbursement Institute, Relativgewicht). Der Basisfallwert wird in Euro

³ Über die DRG-Erlöse werden die Betriebskosten gedeckt, Investition werden auf Landesebene finanziert (Verband der Ersatzkassen e. V. 2015).

angegeben und gibt den Preis eines durchschnittlichen Falls mit dem Relativgewicht 1,0 an (Fleßa 2014; Siebers 2014). Jedes Jahr wird der Basisfallwert durch das InEK neu ermittelt. Im Jahr 2019 betrug der Bundesbasisfallwert 3.544,97 € (Reimbursement Institute, Bundesbasisfallwert). Für das Beispiel der Fallpauschale I13A ergibt sich daraus ein Erlös von 11.616,87 € (s. Tabelle 1-3).

Tabelle 1-3: DRG-Erlös am Beispiel der Fallpauschale I13A.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH [InEK] 2018)

Relativgewicht	x	Basisfallwert	=	DRG-Erlös
3,277		3.544,97 €		11.616,87 €

Die untere bzw. obere Grenzverweildauer der DRG I13A lagen 2019 bei 5 bzw. 27 Tagen (s. Abbildung 1-5). Innerhalb dieses Zeitfensters erhielt ein Krankenhaus keine zusätzlichen Erlöse für weitere Liegetage, was einen nachvollziehbaren wirtschaftlichen Anreiz für eine zeitgerechte Entlassung darstellt.

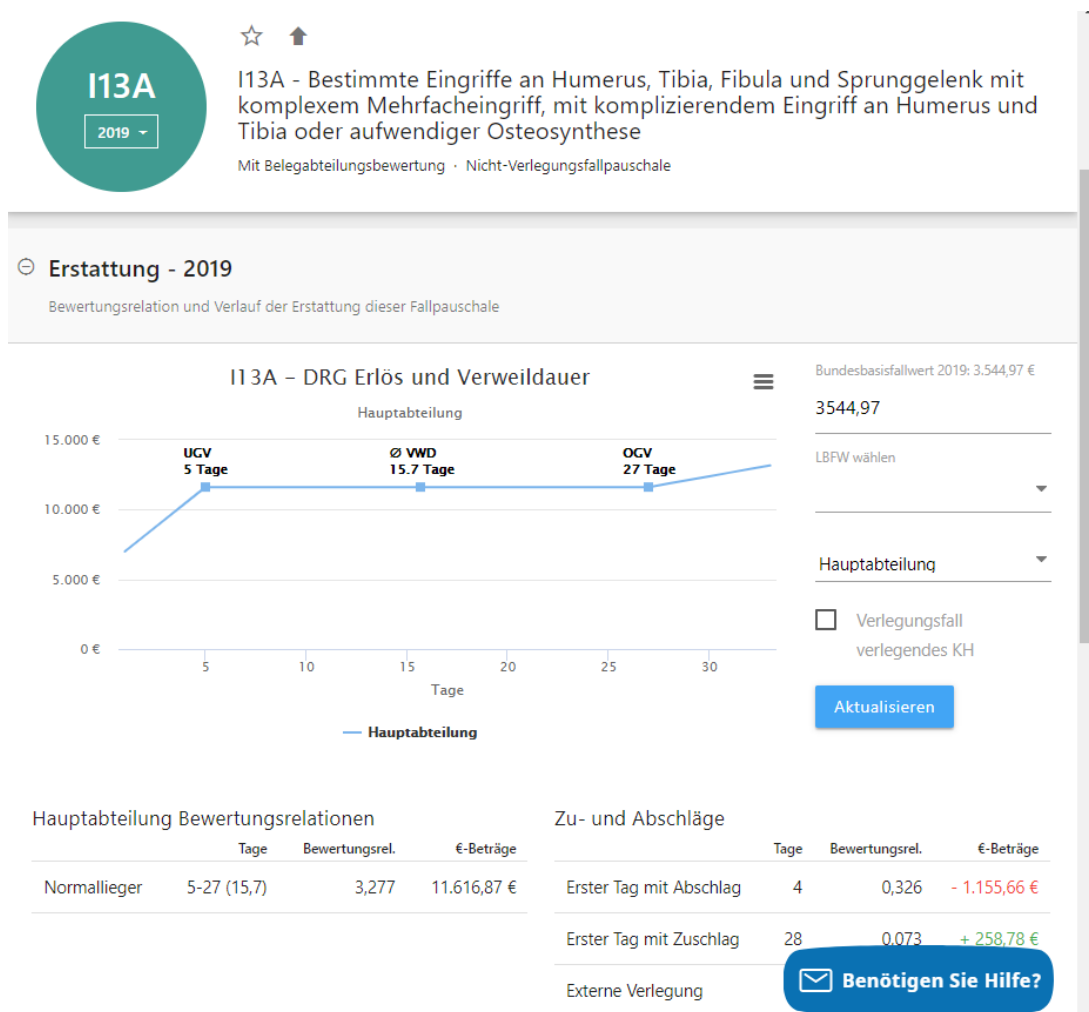


Abbildung 1-5: Auszug aus der Webapplikation des Reimbursement Institutes zur DRG I13A für 2019. (Quelle: Reimbursement Institute 2019)

1.4 Prinzipien zur Analyse von Operationsdauern

In diesem Studienvorhaben wurde der Einfluss der Erfahrung des Operateurs auf die Operationsdauer untersucht. Um die Dauer von Operationen miteinander vergleichen zu können, wurden Eingriffe herangezogen, die nach identischen oder sehr ähnlichen Operationsprozeduren durchgeführt wurden. Dazu wurde die Verschlüsselung einer Operation mittels Operations- und Prozedurenschlüssel (OPS) im Rahmen der DRG-basierten Kodierung herangezogen (s. Kapitel 1.2.5).

1.4.1 Identifikation vergleichbarer Operationsprozeduren mittels Operations- und Prozedurenschlüssel

Das DRG-System gibt die Kodierung von Operationen anhand der durch die WHO herausgegebenen Internationalen Klassifikation der Prozeduren der Medizin nach § 301 SGB V vor. Die OPS werden in der Regel direkt im Operationsaal dokumentiert und fließen in die Ermittlung der fallspezifischen DRG ein. Eine genaue Definition der Prozedur und der verwendeten Materialien ist für die pauschale Vergütung eines Eingriffs wichtig. Aus diesem Grund existiert für jede Prozedur ein eigener Code, hinter dem sich eine bestimmte Operationstechnik verbirgt (Siebers 2014). Auch Transfusionen oder die Anwendung teurer Medikamente, zum Beispiel im Bereich der Hämatonkologie, werden mittels OPS kodiert (Siebers 2014). Das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) äußert sich zum Zweck der OPS-Kodierung wie folgt:

„Zur Sicherstellung der Kommunikation zwischen verschiedenen Bereichen sind gemeinsame Sprachen, d.h. standardisierte Terminologien [...] erforderlich. Sie müssen nicht nur in der Mensch-zu-Mensch-Kommunikation unmissverständlich sein, sondern auch dann, wenn in der Kommunikationskette elektronische Systeme zwischengeschaltet sind.“

(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information [DIMDI])

Eine einheitliche Kodierung schafft zudem Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Abteilungen und Häusern und ist somit auch ein zentrales Instrument des Qualitätsmanagements und die Steuerung innerbetrieblicher und häuserübergreifender Prozesse (Gemeinsamer Bundesausschuss). Nicht zuletzt dient die Kodierung von Operationen auch der Abrechnung im Rahmen des DRG-Systems (s. Kapitel 1.2.5).

Die Verschlüsselung einer Prozedur erfolgt anhand eines sechsstelligen Zahlencodes, der an letzter Stelle auch einen Buchstaben enthalten kann. Die Systematik der Codes ist hierarchisch und baumartig untergliedert und ähnelt einem Laufwerkpfad. So definiert jede zusätzliche Zahl die Zuordnung auf einer tieferen Ebene. Diese Systematik soll am Beispiel

des Codes 5-820.00 verdeutlicht werden (s. Abbildung 1-6). Hinter dem Code verbirgt sich die Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk mittels einer nicht zementierten Totalendoprothese. Es wird deutlich, dass ein OPS sehr präzise zwischen unterschiedlichen Verfahren differenziert.



Abbildung 1-6: Systematik der OPS am Beispiel des Codes 5-820.00.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Institut für Medizinische Dokumentation und Information [DIMDI])

Die erste Stelle, hier 5, gibt an, dass es sich um eine Operation handelt. Die folgenden zwei Stellen 5-82 beschreiben, dass es sich um eine Operation an den Bewegungsorganen mittels endoprothetischem Gelenk- oder Knochenersatz handelt. Die dritte Stelle 5-820 beschreibt, dass es sich dabei um eine Endoprothese am Hüftgelenk handelt. Die letzten zwei Stellen 5-820.00 vervollständigen den Code und geben an, dass die Totalendoprothese nicht zementiert wurde.

Die OPS folgen einer monokausalen Kodierung, sodass ein Eingriff mit möglichst nur einem einzelnen Code umfassend beschrieben werden kann. In den Richtlinien heißt es dazu:

*„Jeder Einzelcode enthält normalerweise alle Informationen für eine Prozedur mit allen notwendigen Komponenten, wie z.B. Vorbereitung, Lagerung, Anästhesie, Zugang, die eigentliche Operation, Naht, usw.“
(Deutsche Krankenhausgesellschaft (DKG) et al. 2019)*

Sind für Operationen dieselben OPS dokumentiert kann folglich die Annahme getroffen werden, dass es sich dabei um ein vergleichbares Operationsverfahren handelt.

1.4.2 Erhebung der Operationsdauer anhand der Schnitt-Naht-Zeit

Um die Dauer einer Operation zu messen, wurde die Schnitt-Naht-Zeit herangezogen. Diese wird standardisiert erfasst und beschreibt die Zeitspanne zwischen der Schnitt-Zeit und der Naht-Zeit. Die Schnitt-Zeit ist definiert als „das Anlegen des Hautschnittes nach Hinzutreten des Operateurs an das Operationsfeld“ (Bauer et al. 2016). Die Schnitt-Zeit spielt auch im DRG-System eine Rolle und gehört zur Routinedokumentation im Operationssaal. Die Naht-Zeit ist definiert als der Zeitpunkt, an dem die letzte Hautnaht beendet ist. Wird kein Hautschnitt durchgeführt, zählt das Ende der operativen Manipulation. Auch dieser Zeitpunkt wird routinemäßig erfasst (Bauer et al. 2016).

Die Erhebung von Kennzahlen im Operationssaal basiert auf einer gemeinsamen Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, dem Berufsverband Deutscher Anästhesisten, dem Berufsverband der Deutschen Chirurgen sowie dem Verband für OP-Management (Bauer et al. 2016). Die Arbeitsgruppe empfiehlt mindestens die Erhebung der Parameter OP-Datum, operierende Fachabteilung, Eingriffsort, Schnitt- und Naht-Zeit sowie eine eindeutige Patientenzuordnung (Bialas et al. 2014; Bauer et al. 2016). Einheitlich erhobene Prozessdaten können zur Analyse der Wettbewerbssituation und zum Vergleich der eigenen Performance herangezogen werden. So ermöglichen Kennzahlen wie die Schnitt-Naht-Zeit zum Beispiel einen Vergleich der Performance zwischen unterschiedlichen Abteilungen oder Kliniken.

2 Material und Methoden

Dieses Kapitel befasst sich mit den erhobenen Daten und den angewendeten Methoden. Im Verlauf werden zwei Vorgehensweisen in der Datenauswertung und -aufbereitung erläutert (s. Kapitel 2.3). Zudem wird in Kapitel 2.3.5 ein Leitfaden zur Anwendung statistischer Methoden dargestellt, anhand dessen die unterschiedlichen Datenkollektive ausgewertet wurden.

2.1 Erhebung der Rohdaten

Für die retrospektive Analyse der Operationsdauern wurden digital archivierte OP-Protokolle aus den Jahren 2017, 2018 und 2019 aus dem OP-Informationssystem CGM MEDICO der UMG extrahiert. Die Dauer einer Operation wurde anhand der Schnitt-Naht-Zeit bemessen (s. auch Kapitel 1.4). In die Datenabfrage wurden zunächst alle Patienten eingeschlossen, die in dem betrachteten Zeitraum in der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie operiert wurden. Die Extraktion der Daten aus dem System führte ein fachkundiger Mitarbeiter des OP-Managements durch. Die Daten wurden in Form einer Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt. Darin enthalten waren Fallnummer, OP-Datum, operierende Disziplin, Schnitt-Zeit, Naht-Zeit, OP-Minuten, erfasste Diagnosen, Diagnoseschlüssel gemäß der ICD-10 Kodierung, Operationsprozeduren gemäß der OPS-301 Kodierung und die Mitarbeiter am Tisch bzw. deren Positionen in der Organisation.⁴

Die extrahierte Excel-Tabelle wurde entsprechend der Forschungsfrage modifiziert. So generierte das IT-System bei der Datenabfrage eine Tabelle, in der für jeden Mitarbeiter am Operationstisch, also für den Operateur und jede weitere Assistenz, eine eigene Zeile angelegt war. So lagen Informationen zu einer Operation über mehrere Zeilen verstreut vor (s. Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2).

Die Daten wurden im Hinblick auf die Auswertung so aufbereitet, dass für jede Operation nur eine Zeile angelegt war und alle zugehörigen Informationen in Spalten organisiert waren. Diese Modifikation wurde mithilfe von Excel und RStudio durchgeführt und wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

⁴ Personenbezogene Daten wurden anonymisiert. Eine Rückverfolgbarkeit auf einzelne Individuen ist somit nicht möglich.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	OP-DATUM	FALLNUMMER	DISZIPLIN	Schnitt	Naht	OP-Minuten	DIAGNOSE 1	DIAGNOSE 2	DIAGNOSE 3	DIAGNOSE 4
3	01-01-17		CUOP	1:30:00	2:00:00	30	Offene Ellenbogenwunde	Eröffnung Bursa olecrani		
4	01-01-17		CUOP	1:30:00	2:00:00	30	Offene Ellenbogenwunde	Eröffnung Bursa olecrani		
5	01-01-17		CUOP	10:25:00	11:43:00	78	Quetschung und subtotal	Multiple Wunden Thenar		
6	01-01-17		CUOP	10:25:00	11:43:00	78	Quetschung und subtotal	Multiple Wunden Thenar		
7	01-01-17		CUOP	14:49:00	16:30:00	101	Großflächige Wunddehis;	Großflächige Wunde Ober		
8	01-01-17		CUOP	14:49:00	16:30:00	101	Großflächige Wunddehis;	Großflächige Wunde Ober		
9	02-01-17		CUOP	8:15:00	9:36:00	81	Trimalleolarluxationsfrak	Weichteilschaden Grad II	Infektion nach Osteosynt	
10	02-01-17		CUOP	8:15:00	9:36:00	81	Trimalleolarluxationsfrak	Weichteilschaden Grad II	Infektion nach Osteosynt	
11	02-01-17		CUOP	8:41:00	9:54:00	73	Olekranonfraktur geschlo			
12	02-01-17		CUOP	8:41:00	9:54:00	73	Olekranonfraktur geschlo			
13	02-01-17		CUOP	10:59:00	11:30:00	31	Unterschenkelhämatom i	Nicht näher bezeichnete		
14	02-01-17		CUOP	10:59:00	11:30:00	31	Unterschenkelhämatom i	Nicht näher bezeichnete		
15	02-01-17		CUOP	12:45:00	13:07:00	22	Phlegmone und Abszess			
16	02-01-17		CUOP	12:45:00	13:07:00	22	Phlegmone und Abszess			
17	02-01-17		CUOP	14:27:00	16:25:00	118	Schenkelhalsfraktur Gard			
18	02-01-17		CUOP	14:27:00	16:25:00	118	Schenkelhalsfraktur Gard			
19	02-01-17		CUOP	14:27:00	16:25:00	118	Schenkelhalsfraktur Gard			
20	02-01-17		CUOP	14:27:00	16:25:00	118	Schenkelhalsfraktur Gard			
21	02-01-17		CUOP	14:38:00	15:03:00	25	Schulterphlegmone			
22	02-01-17		CUOP	14:38:00	15:03:00	25	Schulterphlegmone			
23	02-01-17		CUOP	16:03:00	17:40:00	97	Postoperative infektiöse	Fraktur eines Brustwirbel		
24	02-01-17		CUOP	16:03:00	17:40:00	97	Postoperative infektiöse	Fraktur eines Brustwirbel		
25	03-01-17		CUOP	8:32:00	9:57:00	85	Akromioklavikulargelenk;	Synovitis Schulter		
26	03-01-17		CUOP	8:32:00	9:57:00	85	Akromioklavikulargelenk;	Synovitis Schulter		
27	03-01-17		CUOP	8:35:00	8:50:00	15	Nicht näher bezeichnete	Folgen einer Verbrennung		
28	03-01-17		CUOP	8:35:00	8:50:00	15	Nicht näher bezeichnete	Folgen einer Verbrennung		
29	03-01-17		CUOP	8:40:00	10:10:00	90	Wunde offen Schulter uni	Multiple offene Unterarm		
30	03-01-17		CUOP	8:51:00	12:05:00	194	Sekundäre bösartige Neu	Bösartige Neubildung de		
31	03-01-17		CUOP	8:51:00	12:05:00	194	Sekundäre bösartige Neu	Bösartige Neubildung de		
32	03-01-17		CUOP	9:39:00	10:55:00	76	Schaft-Fraktur Dig.IV Met			
33	03-01-17		CUOP	9:39:00	10:55:00	76	Schaft-Fraktur Dig.IV Met			
34	03-01-17		CUOP	9:39:00	10:55:00	76	Schaft-Fraktur Dig.IV Met			
35	03-01-17		CUOP	10:51:00	11:51:00	60	Tendinitis des Musculus	Synovitis Schulter		
36	03-01-17		CUOP	10:51:00	11:51:00	60	Tendinitis des Musculus	Synovitis Schulter		
37	03-01-17		CUOP	11:03:00	11:23:00	20	Verbrennung der Thorax	Unterarmverbrennung Gr	Verbrennungen weniger	Handverbrennung Grad 2f
38	03-01-17		CUOP	12:00:00	13:35:00	95	Weber-C-Fraktur des obei	Außenknöchelfraktur gesi	Ruptur Deltaband oberes	Syndesmoseriss Sprungg

Abbildung 2-1: Auszug aus dem Rohdatensatz I.

Die Excel-Tabelle zeigt einen beispielhaften Ausschnitt aus dem Rohdatensatz, in dem eine Operation mehrere Zeilen umfasste. Die Fallnummern wurden zwecks Anonymisierung geschwärzt.

(Quelle: Eigene Darstellung)

S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	OPS-CODE1	OPS-CODE2	OPS-CODE3	OPS-CODE4	OPS-CODE5	OPS-CODE6	OPS-CODE7	OPS-CODE8	OPERATEUR
Bursektori					5-859.12								OP
Bursektori					5-859.12								ASS1
Epineura Debriden Débriden	Großfläch Primärer				5-046.4	5-840.49	5-852.6x	5-896.19	5-928.09	5-900.09			ASS1
Epineura Debriden Débriden	Großfläch Primärer				5-046.4	5-840.49	5-852.6x	5-896.19	5-928.09	5-900.09			OP
Großfläch Wunddet					5-852.63	5-900.17				5-916.78			ASS1
Großfläch Wunddet					5-852.63	5-900.17				5-916.78			OP
Einfache Temporäi					5-900.1f	5-916.a0							OP
Einfache Temporäi					5-900.1f	5-916.a0							ASS1
Offene Ri					5-793.27								ASS1
Offene Ri					5-793.27								OP
Großfläch Anlage oi Freie Hau					5-896.1f	5-916.a0	5-902.0f						OP
Großfläch Anlage oi Freie Hau					5-896.1f	5-916.a0	5-902.0f						ASS1
Abszesss					5-892.1g								OP
Abszesss					5-892.1g								ASS1
Implanta					5-820.41								OP
Implanta					5-820.41								ASS1
Implanta					5-820.41								ASS2
Implanta					5-820.41								ASS3
Inzision I Chirurgisi					5-850.b1	5-896.16							OP
Inzision I Chirurgisi					5-850.b1	5-896.16							ASS1
Dorsaler Weichteil					5-031.01	5-869.1							OP
Dorsaler Weichteil					5-031.01	5-869.1							OP
Arthroskc arthroskc					5-811.20	5-812.k1							OP
Arthroskc arthroskc					5-811.20	5-812.k1							ASS1
Großfläch Anlage ei					5-896.1f	5-916.a1							ASS1
Großfläch Anlage ei					5-896.1f	5-916.a1							OP
Ausräumei Ausräumei Anlage oi					5-892.18	5-892.19	5-916.a0						OP
Osteosyn Zugang zi					5-83b.51	5-032.01							OP
Osteosyn Zugang zi					5-83b.51	5-032.01							OP
Offene Ri Zugschrai					5-795.3b	5-795.1b							ASS2
Offene Ri Zugschrai					5-795.3b	5-795.1b							OP
Offene Ri Zugschrai					5-795.3b	5-795.1b							ASS1
Arthroskc Arthroskc					5-814.9	5-811.20							OP
Arthroskc Arthroskc					5-814.9	5-811.20							ASS1
Chirurgisi Chirurgisi Chirurgisi	Chirurgisi				5-921.2a	5-921.29	5-921.28	5-921.2g					OP
Offene Ri Offene Ri Offene Ri					5-793.3r	5-793.1r	5-791.0q						OP
Offene Ri Offene Ri Offene Ri					5-793.3r	5-793.1r	5-791.0q						ASS2

Abbildung 2-2: Auszug aus dem Rohdatensatz III.

Es wurden die OPS-Kodierungen sowie die Position der Mitarbeiter am Tisch erfasst.

(Quelle: Eigene Darstellung)

2.2 Vorbereitung der Rohdaten

Im Folgenden soll schrittweise erläutert werden, wie die Aufarbeitung des Datensatzes stattfand. Wie bereits erwähnt enthielt der Rohdatensatz ursprünglich für jeden Mitarbeiter am Tisch eine eigene Zeile, sodass einer Operation mehrere Zeilen zugeordnet waren. Ziel der Aufbereitung war es, alle Informationen einer jeweiligen Operation in einer einzigen Zeile zu organisieren. Dazu wurde in mehreren Schritten verfahren.

2.2.1 Schritt 1: Erstellung einer eindeutigen Identifikationsnummer

Zunächst wurde für jede Operation eine Identifikationsnummer (ID) generiert. Anhand der ID konnten die Daten während der Umstrukturierung der Tabelle zu jedem Zeitpunkt richtig zugeordnet und die Datenintegrität gewährleistet werden. Für die Erstellung einer ID wurde die Annahme getroffen, dass eine aus OP-Datum, Schnitt- und Naht-Zeit generierte Nummer spezifisch für die jeweilige Operation ist. In Excel wurden die Daten mittels der Funktion VERKETTEN zu einer Zahl zusammengeführt. Das OP-Datum gibt Excel als fortlaufende Zahl an, damit Berechnungen damit angestellt werden können. Die Schnitt- sowie die Naht-Zeit wurden minutiös erfasst und sind in Excel ebenfalls als fortlaufende Zahl hinterlegt. Diese drei Parameter wurden zu einer gemeinsamen ID verknüpft (s. Abbildung 2-3). Entsprechend der Annahme, dass diese Kombination einzigartig ist, wurde jeder Operation somit eine eindeutige Nummer zugewiesen.

	A	B	C	F	G	H	I
1	ID (Formel: VERKETTEN)	OP-DATUM	OP-DATUM (Zahl)	Schnitt	Schnitt (Zahl)	Naht	Naht (Zahl)
2	=VERKETTEN(C2,G2,I2)	01-01-17	42736	1:30	0.062500	2:00	0.083333
3	427360.06250.0833333333333333	01-01-17	42736	1:30	0.062500	2:00	0.083333
4	427360.4340277777777780.4881944444444444	01-01-17	42736	10:25	0.434028	11:43	0.488194
5	427360.4340277777777780.4881944444444444	01-01-17	42736	10:25	0.434028	11:43	0.488194
6	427360.6173611111111110.6875	01-01-17	42736	14:49	0.617361	16:30	0.687500
7	427360.6173611111111110.6875	01-01-17	42736	14:49	0.617361	16:30	0.687500
8	427370.343750.4	02-01-17	42737	8:15	0.343750	9:36	0.400000
9	427370.343750.4	02-01-17	42737	8:15	0.343750	9:36	0.400000
10	427370.361805555555560.4125	02-01-17	42737	8:41	0.361806	9:54	0.412500
11	427370.361805555555560.4125	02-01-17	42737	8:41	0.361806	9:54	0.412500
12	427370.457638888888890.479166666666667	02-01-17	42737	10:59	0.457639	11:30	0.479167
13	427370.457638888888890.479166666666667	02-01-17	42737	10:59	0.457639	11:30	0.479167
14	427370.531250.546527777777778	02-01-17	42737	12:45	0.531250	13:07	0.546528
15	427370.531250.546527777777778	02-01-17	42737	12:45	0.531250	13:07	0.546528
16	427370.602083333333330.684027777777778	02-01-17	42737	14:27	0.602083	16:25	0.684028
17	427370.602083333333330.684027777777778	02-01-17	42737	14:27	0.602083	16:25	0.684028
18	427370.602083333333330.684027777777778	02-01-17	42737	14:27	0.602083	16:25	0.684028
19	427370.602083333333330.684027777777778	02-01-17	42737	14:27	0.602083	16:25	0.684028
20	427370.609722222222220.627083333333333	02-01-17	42737	14:38	0.609722	15:03	0.627083
21	427370.609722222222220.627083333333333	02-01-17	42737	14:38	0.609722	15:03	0.627083
22	427370.668750.736111111111111	02-01-17	42737	16:03	0.668750	17:40	0.736111
23	427370.668750.736111111111111	02-01-17	42737	16:03	0.668750	17:40	0.736111
24	427380.355555555555560.414583333333333	03-01-17	42738	8:32	0.355556	9:57	0.414583

Abbildung 2-3: Vergabe einer eindeutigen Identifikationsnummer.

Es ist dargestellt, wie Excel Datumsangaben als Zahl speichert.

(Quelle: Eigene Darstellung)

2.2.2 Schritt 2: Entfernung doppelter Datenzeilen

In einer Kopie der Datei wurden anhand der spezifischen ID doppelte Datenzeilen mithilfe der Funktion DUPLIKATE ENTFERNEN gelöscht, sodass die Tabelle für jede Operation eine Zeile enthielt.

2.2.3 Schritt 3: Rekonstruktion der Dateninhalte

Daraufhin wurden alle Informationen in einer Zeile zusammengeführt, die zuvor über mehreren Zeilen verteilt waren. Mittels der Funktion SVVERWEIS konnten in Excel ausgehend vom Rohdatensatz alle vorhandenen Informationen wieder einer Operation zugeordnet werden (s. Abbildung 2-4).

	A	B	D	E	F	G	K	L	M	N	AC	AD	AE	AF	AG	AJ	OP	
1	OP-ID	OP-DATUM	DISZIPLIN	Schnitt	Naht	OP-Minute	POSITIK	POSITIK	POSITIK	POSITIK	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	OPS-CODE1	OPS-CODE2	
2	427360.06250	01-01-17	CUOP	1:30	2:00	30	AA	AA			20,FALSCH						5-859.12	
3	427360.434027	01-01-17	CUOP	10:25	11:43	78	OA	FA			Epineurale N Debridement	Débridement	Großflächige	Primärer Wu			5-046.4	5-8
4	427360.617361	01-01-17	CUOP	14:49	16:30	101	FA	St			Großflächige Wunddebrid						5-852.63	5-9
5	427370.343750	02-01-17	CUOP	8:15	9:36	81	AA	OA			Einfache Wie Temporäre V						5-900.1f	5-9
6	427370.361805	02-01-17	CUOP	8:41	9:54	73	AA	OA			Offene Repo:						5-793.27	
7	427370.457638	02-01-17	CUOP	10:59	11:30	31	AA	FA			Großflächige Anlage oder	Freie Hauttra					5-896.1f	5-9
8	427370.531250	02-01-17	CUOP	12:45	13:07	22	OA	AA			Abszessspalt						5-892.1g	
9	427370.602083	02-01-17	CUOP	14:27	16:25	118	OA	OA	AA	St	Implantation						5-820.41	
10	427370.609722	02-01-17	CUOP	14:38	15:03	25	OA	OA			Inzision Mus Chirurgische						5-850.b1	5-8
11	427370.668750	02-01-17	CUOP	16:03	17:40	97	OA				Dorsaler Zug Weichteildeb						5-031.01	5-8
12	427380.355555	03-01-17	CUOP	8:32	9:57	85	OA	FA			Arthroskopis arthroskopis						5-811.20	5-8
13	427380.357638	03-01-17	CUOP	8:35	8:50	15	CA	AA			Großflächige Anlage eines						5-896.1f	5-9
14	427380.361111	03-01-17	CUOP	8:40	10:10	90	FA				Ausräumung Ausräumung Anlage oder						5-892.18	5-8
15	427380.368750	03-01-17	CUOP	8:51	12:05	194	OA				Osteosynthe Zugang zur L						5-83b.51	5-0
16	427380.402083	03-01-17	CUOP	9:39	10:55	76	OA	AA	AA		Offene Repo: Zugschraub						5-795.3b	5-7
17	427380.452083	03-01-17	CUOP	10:51	11:51	60	OA	FA			Arthroskopis Arthroskopis						5-814.9	5-8
18	427380.460416	03-01-17	CUOP	11:03	11:23	20	FA				Chirurgische Chirurgische	Chirurgische	Chirurgische				5-921.2a	5-9

Abbildung 2-4: Rekonstruktion des Datensatzes in Excel.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Unter den 14.008 Operationen zwischen 2017 und 2019, die nach der Bereinigung zurückblieben, waren bei 50 Operationen Mitarbeiter ohne ihre Position am OP-Tisch hinterlegt. Diese Operationen wurden von der Studie ausgeschlossen.

2.2.4 Schritt 4: Spezifische Datenaufbereitung

Um im nächsten Schritt geeignete Operationen für einen Vergleich zu identifizieren und Vergleichsgruppen bilden zu können, wurden Datenspalten sortiert und spezifische Abfragen durchgeführt, die an entsprechender Stelle in Kapitel 2.3 erläutert werden.

2.3 Auswahl geeigneter Operationsprozeduren und Bildung von Vergleichsgruppen

Zur Bildung von Vergleichsgruppen wurde nach zwei unterschiedlichen Herangehensweisen verfahren. Begonnen wurde zunächst mit einem systematischen Ansatz, der kein inhaltliches medizinisches Verständnis erforderte, sondern sich eng an der OPS-Systematik orientierte. Im weiteren Verlauf wurden dann OPS konsolidiert.

2.3.1 Einzelbetrachtung: Operationen mit gleicher OPS-Kodierung

Im Rahmen dieses Studienvorhabens wurde angenommen, dass bei Operationen mit identischen OPS-Codes auch nach demselben Verfahren operiert wurde. Aus dieser Annahme lässt sich schlussfolgern, dass Operationen mit gleichen OPS-Codes hinsichtlich ihrer Schnitt-Naht-Zeit verglichen werden können.

Es lässt sich nun die Überlegung anstellen, den Datensatz auf Operationen hin zu durchsuchen, für die entweder derselbe OPS-Code oder dieselbe Kombination von OPS-Codes hinterlegt wurde.

Dazu eine beispielhafte Überlegung: Für Operationen seien die beispielhaften OPS-Codes A, B und/oder C dokumentiert. Nun gibt es Operationen, die A und B enthalten, andere enthalten B und C und wieder andere A und C. Es stelle sich nun die Frage nach der durchschnittlichen Operationsdauer einer Operation, bei denen das Verfahren A angewendet wird. Es wäre allerdings nicht zielführend, nach allen Operationen mit dem Verfahren A zu filtern, da die Suche sowohl Operationen mit A, aber auch solche mit A und B oder A und C ergeben würde. Geeigneter wäre eine Möglichkeit, die jeweils A, A und B (bzw. B und A) sowie A und C (bzw. C und A) separat zählt, damit nur gleichartige Operationen zusammengefasst werden. Zunächst galt es also herauszufinden, welche OPS-Codes bzw. welche Kombinationen am häufigsten vorkommen. In Kapitel 2.3.2 ist beschrieben, wie die technische Umsetzung erfolgte.

Nach der Identifikation der häufigsten Operationsprozeduren wurden jeweils zwei Gruppen verglichen: unerfahrene und erfahrene Operateure. Die Zuordnung zu den Vergleichsgruppen erfolgte anhand der Stellenbezeichnung des Operateurs. Die erste Vergleichsgruppe umfasst Operationen, die durch Assistenzärzte durchgeführt wurden, die zweite solche Operationen, die durch Fach- oder Oberärzte durchgeführt wurden. Es wurde die Annahme getroffen, dass für die fach- bzw. oberärztliche Qualifikation eine Berufserfahrung von mindestens der Dauer einer Facharztausbildung vorausgesetzt ist.

2.3.2 Datenverarbeitung: Von den Rohdaten zum hypothesenorientierten Datensatz

Wie bereits erwähnt lagen die Daten in Form einer Excel-Tabelle vor. Für jede Operation waren ein bis acht OPS hinterlegt. Diese wurden durch Mitarbeiter im Operationssaal dokumentiert und befanden sich unsortiert in jeweils einer eigenen Spalte. Diese Ausgangssituation verhinderte eine automatisierte Suche nach identischen Operationsprozeduren. Dies konnte durch eine alphabetische Sortierung der Codes und deren Verkettung gelöst werden.

2.3.2.1 Schritt 1: Sortieren der OPS

Die Herausforderung bestand zunächst darin, die OPS-Codes innerhalb der jeweiligen Zeile in alphabetischer Reihenfolge zu sortieren. Bei gegebenen Umständen wurde die Programmiersprache *R* hinzugezogen, die beispielsweise für statistische Analysen genutzt wird und für die entsprechende Programme bzw. Konsolen als Open Source zur Verfügung stehen. Für dieses Projekt wurde RStudio in der Version 1.2.1578 genutzt, um die OPS zu sortieren und die Häufigkeiten einzelner Konstellationen zu zählen.

In Zusammenarbeit mit der Beratungsstelle der medizinischen Biometrie und statistischen Bioinformatik gelang es, die erforderliche Sortierung der Spalten vorzunehmen. Es folgt ein Exkurs, der die Anwendung der Programmiersprache *R* in RStudio offenlegt:

1. Importierte Excel-Tabelle in RStudio benennen:

```
Daten <- OPs_CUOP
```
2. Die Tabelle in eine Matrix umwandeln:

```
Daten <- as.matrix(Daten)
```
3. Leere Zellen mit dem Wert Null versehen:

```
Daten[is.na(Daten)] <- 0
```
4. Zellen innerhalb einer Zeile alphabetisch sortieren:

```
for (i in 1:9174){Daten[i, ] <- sort(Daten[i, ])}
```
5. Aus den sortierten Daten eine Tabelle erstellen:

```
data <- as.data.frame(Daten)
```
6. Export der Daten in ein Excel-fähiges Format:

```
write.csv(x = data, file = "C:/Users/j.bohlmann/OPs_CUOP  
_sortiert.csv")
```

Das Ergebnis war eine Exceltabelle, in der die OPS einheitlich sortiert waren.

2.3.2.2 Schritt 2: Verketteten sortierter OPS

In der sortierten Tabelle wurden mittels die Funktion VERKETTEN alle OPS-Codes zu einem einzigen zusammengeführt (s. Abbildung 2-5). Anhand dieses einen Codes war es

möglich, nach identischen OPS-Codes und Kombinationen zu suchen, da gleiche Codes auch denselben verketteten Code ergaben.

	A	B	G	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AZ	BW
	OP-ID	OP-DATUM	OP-Minuten	OPS-CODE1	OPS-CODE2	OPS-CODE3	OPS-CODE4	OPS-CODE5	OPS-CODE6	OPS-CODE7	OPS-CODE8	OPS-CODES	
1													
2	427360.06250	01-01-17	30	0	0	0	0	0	0	0	5-859.12	=VERKETTEN(AN2,AQ2,AR2,AS2,AT2,AU2)	
3	427360.43402	27-01-17	78	0	0	5-046.4	5-840.49	5-852.6x	5-896.19	5-900.09	5-928.09	005-046.45-840.495-852.6x5-896.195-900.095-928.09	
4	427360.61736	10-01-17	101	0	0	0	0	0	5-852.63	5-900.17	5-916.78	000005-852.635-900.175-916.78	
5	427370.34375	02-01-17	81	0	0	0	0	0	0	5-900.1f	5-916.a0	0000005-900.1f5-916.a0	
6	427370.36180	05-01-17	73	0	0	0	0	0	0	0	5-793.27	0000005-793.27	
7	427370.45763	02-01-17	31	0	0	0	0	0	5-896.1f	5-902.0f	5-916.a0	000005-896.1f5-902.0f5-916.a0	
8	427370.53125	02-01-17	22	0	0	0	0	0	0	0	5-892.1g	0000005-892.1g	
9	427370.60208	03-01-17	118	0	0	0	0	0	0	0	5-820.41	0000005-820.41	
10	427370.60972	02-01-17	25	0	0	0	0	0	0	5-850.b1	5-896.16	0000005-850.b15-896.16	
11	427370.66875	02-01-17	97	0	0	0	0	0	0	5-031.01	5-869.1	0000005-031.015-869.1	
12	427380.35555	03-01-17	85	0	0	0	0	0	0	5-811.20	5-812.k1	0000005-811.205-812.k1	
13	427380.35763	03-01-17	15	0	0	0	0	0	0	5-896.1f	5-916.a1	0000005-896.1f5-916.a1	
14	427380.36111	10-01-17	90	0	0	0	0	0	5-892.18	5-892.19	5-916.a0	000005-892.185-892.195-916.a0	
15	427380.36875	03-01-17	194	0	0	0	0	0	0	5-032.01	5-83b.51	0000005-032.015-83b.51	
16	427380.40208	03-01-17	76	0	0	0	0	0	0	5-795.1b	5-795.3b	0000005-795.1b5-795.3b	
17	427380.45208	03-01-17	60	0	0	0	0	0	0	5-811.20	5-814.9	0000005-811.205-814.9	
18	427380.46041	03-01-17	20	0	0	0	0	5-921.28	5-921.29	5-921.2a	5-921.2g	00005-921.285-921.295-921.2a5-921.2g	
19	427380.50.565	03-01-17	95	0	0	0	0	0	5-791.0q	5-793.1r	5-793.3r	000005-791.0q5-793.1r5-793.3r	
20	427380.51736	10-01-17	141	0	0	0	0	0	5-896.1f	5-902.4f	5-916.a0	000005-896.1f5-902.4f5-916.a0	
21	427380.53125	03-01-17	155	0	0	0	0	0	0	0	5-864.5	0000005-864.5	
22	427380.54861	10-01-17	130	0	0	5-804.7	5-804.x	5-850.c8	5-854.38	5-855.18	5-896.1e	005-804.75-804.x5-850.c85-854.385-855.185-896.1e	
23	427380.78125	03-01-17	147	5-780.6m	5-780.7m	5-781.2m	5-786.8	5-787.8m	5-792.8m	5-869.1	5-892.1f	5-780.6m5-780.7m5-781.2m5-786.85-787.8m5-792.8m5-869.15-892.1f	
24	427380.92152	27-03-17	74	0	0	0	0	0	0	5-795.2c	5-855.1x	0000005-795.2c5-855.1x	
25	427390.34513	04-01-17	88	0	0	0	0	0	0	0	5-793.36	0000005-793.36	
26	427390.35416	04-01-17	50	0	0	0	0	0	0	0	5-791.k5	0000005-791.k5	

Abbildung 2-5: Datentabelle mit einheitlich sortierten OPS.

(Quelle: Eigene Darstellung)

2.3.2.3 Schritt 3: Bestimmen der Häufigkeiten

Um die absoluten Häufigkeiten zu untersuchen, wurde erneut auf RStudio zurückgegriffen. Nach Import der Daten wurde mittels folgender Syntax eine Tabelle generiert, die die Häufigkeit der einzelnen verketteten Codes enthielt:

1. Mit der Funktion `table(x)` die absoluten Häufigkeiten zählen und daraus eine Tabelle erstellen:

```
Tabelle_abs_Haeufigkeiten <- table(OPs_CUOP_verkettete OPS)
```

2. Das Ergebnis in ein Excel-fähiges Format exportieren:

```
write.csv(x = Tabelle_abs_Haeufigkeiten, file =
"C:/Users/j.bohlmann/OPs_CUOP_absolute_Haeufigkeiten.csv")
```

Das Ergebnis war eine Tabelle im csv-Format, das in Excel importiert wurde. Es entstand eine Exceltabelle, die die häufigsten OPS-Codes bzw. Kombinationen darstellte.

Zwecks Übersichtlichkeit wurden die kombinierten OPS wieder vereinzelt und die zugrundeliegenden medizinischen Prozedere dargestellt, die sich hinter den jeweiligen Codes verbargen. Hierzu wurde die Excel-Funktion `SVERWEIS` genutzt, die dem jeweiligen OPS-Code die Beschreibung des Operationsprozederes anhand einer vom DIMDI bereitgestellten Tabelle zuordnete. Das Ergebnis ist in Abbildung 2-6 dargestellt.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ranking	absolute Häufigkeit	OPS-Kombination	OPS 1	Bezeichnung	OPS 2	Bezeichnung
2	1	204	000000000000005-820.00	5-820.00	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Totalendoprothese: Nicht zementiert		
3	2	196	000000000000005-822.g1	5-822.g1	Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk: Bikondyläre Oberflächensatzprothese: Zementiert		
4	3	129	000000000000005-787.1r	5-787.1r	Entfernung von Osteosynthesematerial: Schraube: Fibula distal		
5	4	112	000000000000005-794.k6	5-794.k6	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens: Durch winkelstabile Platte: Radius distal		
6	5	103	000000000000005-820.02	5-820.02	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Totalendoprothese: Hybrid (teilzementiert)		
7	6	95	000000000000005-820.41	5-820.41	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Duokopfprothese: Zementiert		
8	7	93	000000000000005-408.0	5-408.0	Andere Operationen am Lymphgefäßsystem: Anastomose zur Beseitigung eines Lymphödems		
9	8	78	000000000000005-787.06	5-787.06	Entfernung von Osteosynthesematerial: Draht: Radius distal		
10	9	78	000000000000005-790.5f	5-790.5f	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch Marknagel mit Gelenkkomponente: Femur proximal		
11	10	72	000000000000005-813.4	5-813.4	Arthroskopische Refixation und Plastik am Kapselbandapparat des Kniegelenkes: Plastik vorderes Kreuzband mit sonstiger autogener Sehne		
12	11	67	000000000000005-790.255-790.28	5-790.28	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch intramedullären Draht: Ulnaschaft	5-790.25	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch intramedullären Draht: Radiuschaft
13	12	60	000000000000005-790.16	5-790.16	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch Draht oder Zuggurtung/Cerclage: Radius distal		

Abbildung 2-6: Tabelle der häufigsten OPS bzw. Kombinationen.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Auf Grundlage der vorliegenden Tabelle wurden die häufigsten orthopädischen und unfallchirurgischen Operationen hinsichtlich der Operationsdauern untersucht.

2.3.3 Konsolidierte Betrachtung: Operationen einzelner Teildisziplinen

Im zweiten Teil wurden Operationen verglichen, bei denen neben einem bestimmten Operationsverfahren mitunter noch weitere Vorgänge dokumentiert wurden. So werden in der Chirurgie beispielsweise einzelne verwendete Materialien wie Schrauben, Platten oder winkelstabile Platten jeweils extra kodiert. So kann beispielsweise angenommen werden, dass die Dauer einer Frakturversorgung weniger davon abhängig ist, ob eine winkelstabile oder eine herkömmliche Platte verwendet wurde, sondern vielmehr von der Lage und der Komplexität der Fraktur beeinflusst wird. So wurden in einem zweiten Schritt aus medizinischer Perspektive zu analysierenden Operationen bestimmt, zugehörige OPS-Codes identifiziert und im Datensatz alle passenden Operationen ausfindig gemacht. Es wurden Operationen aus den Teilbereichen der Endoprothetik und der Frakturversorgung ausgewählt. In dem jeweiligen Bereich wurden mehrere OPS konsolidiert und bestimmte Codes ausgeschlossen, die mit einer signifikanten Verlängerung der Operationsdauer einhergehen könnten. Das Zusammenfassen von OPS hatte zur Folge, dass größere, vermutlich heterogenere Stichproben untersucht wurden. Im Vergleich zur vorherigen Einzelbetrachtung wurde dabei auch die Möglichkeit berücksichtigt, dass unterschiedliche Ärzte womöglich dieselbe Operation verschieden oder unterschiedlich differenziert kodieren. Gerade unerfahrene Ärzte werden in der Praxis vor die Herausforderung gestellt, umfassende Richtlinien zur Kodierung anzuwenden. In den jeweiligen

Kapiteln im Ergebnisteil wird erläutert, welche OPS genau zusammengefasst wurden. Als Anhaltspunkt für die Konsolidierung diente die Printversion des Operationenschlüssels nach § 301 SGB V Internationale Klassifikation der Prozeduren der Medizin (ICPMM).

Es wurden jeweils drei Gruppen verglichen. Fach- und Oberärzte wurden der Gruppe der erfahrenen Operateure zugeordnet, Assistenzärzte der Gruppe der unerfahrenen Operateure. Zudem wurde zusätzlich eine weitere Gruppe der leitenden Ärzte mit Privatliquidation untersucht. Diese operieren vorrangig Privatpatienten oder solche mit Chefarztbehandlung, somit ist von einem heterogenen Patientenklimentel auszugehen. Es kann folglich angenommen werden, dass in dieser Gruppe Operationen unterschiedlicher Anforderungen und Schwierigkeitsgrade durchgeführt wurden.

2.3.4 Datenverarbeitung: Filtern mithilfe von erweiterten Kriterien

Der Datensatz wurde nach Operationen gefiltert, die nur die eingeschlossenen Codes enthielten. Technisch erfolgte die Identifikation der zu analysierenden Operationen mithilfe von Excel. Hierzu wurde der erweiterte Filter verwendet, mithilfe dessen auch nach mehreren Kriterien gesucht werden kann. Hierzu wurde zunächst eine Liste mit Kriterien oberhalb der Tabelle erstellt, nach denen gefiltert werden sollte (s. Abbildung 2-7). Ein Sternchen stand dabei als Platzhalter für beliebige viele andere Zeichen.

OP-ID	OP-DATUM	DISZIPLIN	Schnitt	Naht	OP-Minuten	OP POSITION	ASS1 POSITIO	ASS2 POSITIO	ASS3 POSITIO	ASS4 POSITIO	OPS-CODES	DIAGNOSE-SCHLÜSSE	DIAGNOSE-SCHLÜSSE	DIAGNOSE-SCHLÜSSE	DIAGN SCHLÜS
427380.50	03-01-17	CUOP	12:00	13:35	95	AA	OA	St			00000000000005-791.0q5-793.1r5-793.3r	S82.6	S82.6	S93.2	S93.2
427390.345	04-01-17	CUOP	8:17	9:45	88	AA	St				00000000000005-793.36	S52.51	S51.84		
427390.354	04-01-17	CUOP	8:30	9:20	50	CA	AA				00000000000005-791.k5	S52.52			
427400.447	05-01-17	CUOP	10:45	12:11	86	OA	AA	St			00000000000005-780.685-791.28	S52.8			
427410.540	06-01-17	CUOP	12:58	13:50	52	AA	St				00000000000005-793.1r5-793.3r5-79b.0m	S82.6	S81.84	S93.2	
427440.364	09-01-17	CUOP	8:45	10:25	100	OA	OA	St			00000000000005-792.2q5-793.kn	S82.88	S82.82	M81.82	
427450.602	10-01-17	CUOP	14:27	15:42	75	AA	OA				00000000000005-793.1r5-793.3r5-806.3	S82.6			
427460.369	11-01-17	CUOP	8:52	10:15	83	CA	OA	St			00000000000005-793.3k	S82.18	S81.84		

Abbildung 2-7: Anwendung des erweiterten Filters am Beispiel der Frakturversorgung mittels Platte.

(Quelle: Eigene Darstellung)

Durch Anwählen des Erweiterten Filters über den Reiter Daten – Sortieren und Filtern öffnete sich ein Fenster, in dem die zu filternde Tabelle und die Filterkriterien hinterlegt werden konnten (s. Abbildung 2-8). Durch Bestätigen der Eingabe wurde die Tabelle wie gewünscht gefiltert.

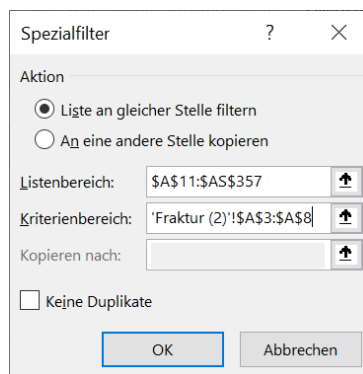


Abbildung 2-8: Erweiterter Filter in Excel.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Es wurden jeweils bestimmte OPS ausgeschlossen, zum Beispiel bestimmte aufwendige Operationsverfahren wie eine Versorgung im Rahmen eines Polytraumas. Hierzu wurde der Standardfilter genutzt und in der Spalte mit den verketteten OPS nach dem jeweiligen Code gefiltert. Alle nach Anwendung des Filters angezeigten Operationen wurden manuell aus dem Datensatz entfernt.

2.3.5 Statistische Methoden

Zur Untersuchung der Daten wurden statistische Berechnungen angestellt. Alle Grafiken wurden mit GraphPad Prism 8 (Version 8.3.1) erstellt. Auch deskriptive Statistiken und statistische Tests wurden mit diesem Programm errechnet bzw. durchgeführt.

2.3.5.1 Ist-Situation an der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie in den Jahren 2017-2019

Zunächst wurden die Vergleichsgruppen graphisch und numerisch analysiert. Hierzu erfolgte die graphische Darstellung der Stichproben in Form eines Violin-Plots. Dabei handelt es sich um eine Erweiterung eines Box-Plot-Diagramms mit dem Vorteil, dass über die integrierte Darstellung eines Histogramms die Dichte und die Verteilung von Daten visualisiert werden können (Jawad et al. 2019).

Anschließend wurde für jede Vergleichsgruppe eine deskriptive Statistik erstellt. Diese wurde genutzt, um den Ist-Zustand für die jeweilige Operationsrozedur im Zeitraum der Datenerhebung an der betrachteten Klinik zu beschreiben. Sie umfasste die Anzahl der Werte, Minimum, Maximum und Spannweite (Range) als Maß für die Verteilung, den Median als Lagemaß, das arithmetische Mittel und die Standardabweichung als Maß für die Streuung sowie den Variationskoeffizienten.

Der Median wurde bestimmt, da er numerische Hinweise auf die Verteilung der Werte liefert. Er ist robust gegenüber Ausreißern, eine starke Abweichung von Mittelwert und

Median kann somit auf eine schiefe Verteilung hindeuten (Weiß 2013). Weitere Berechnungen hinsichtlich der Schiefe wurden nicht durchgeführt, da diese bei z. T. kleinen Stichproben irreführend sein kann (Weiß 2013). Der Variationskoeffizient ist ein relatives Maß für die Streuung, der die Standardabweichung ins Verhältnis zum Mittelwert setzt. Werte bis zu 0,3 bzw. 30 % sind laut Literatur in der Biowissenschaft gängig. Ein größerer Wert kann ein Hinweis auf eine schiefe Verteilung oder eine inhomogene Vergleichsgruppe sein (Weiß 2013). Ein Wert über 0,5 bzw. 50 % weist darauf hin, dass der Mittelwert aufgrund einer großen Streuung die Einzelwerte nicht hinreichend repräsentiert (Eckstein 2014). Bei gleichen Standardabweichungen kann verglichen werden, ob diese auch im Verhältnis gleichwertig sind (Eckstein 2013).

2.3.5.2 Aussagen über eine größere Grundgesamtheit

Um eine Aussage über eine größere Grundgesamtheit treffen zu können, sind statistische Signifikanztests erforderlich. Durch die Analyse verschiedener Eingriffe ergaben sich zahlreiche Datenkollektive, die sich in Häufigkeiten, Verteilungen, Symmetrien, Streuungen etc. mitunter unterschieden. Aus diesem Grund wurde ein Leitfaden entwickelt, anhand dessen die Daten strukturiert betrachtet wurden (s. Abbildung 2-9).

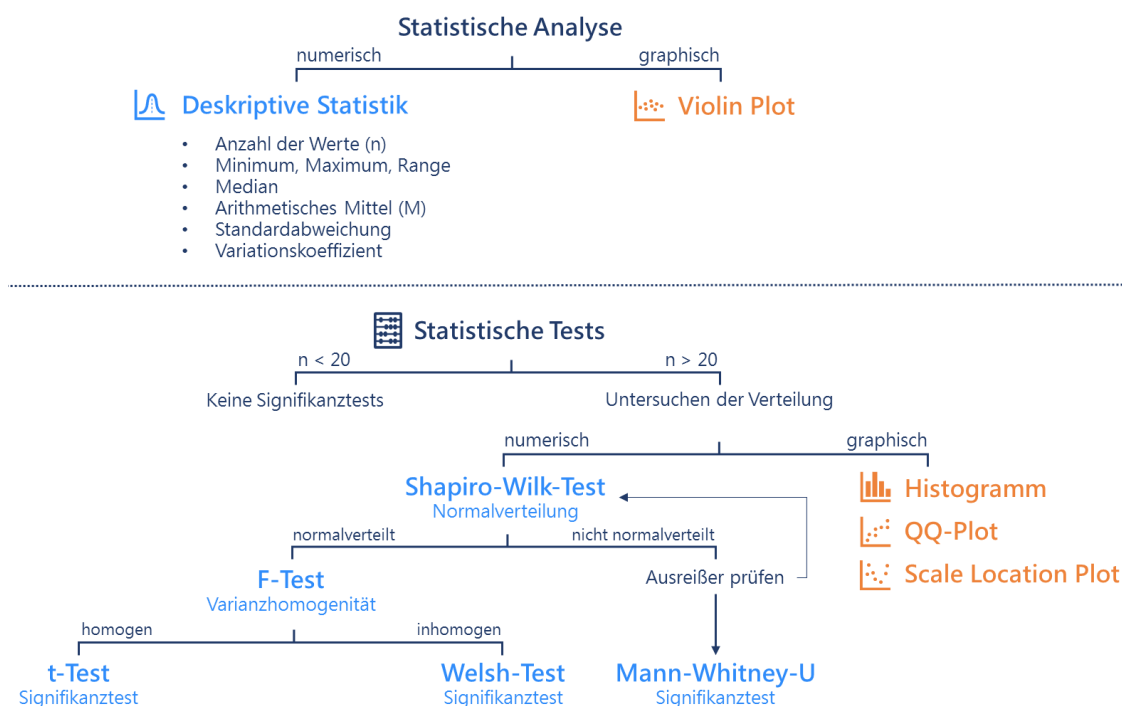


Abbildung 2-9: Leitfaden zur Anwendung statistischer Methoden.
(Quelle: Eigenen Darstellung)

Die Daten in den zwei Vergleichsproben können als zwei unabhängige, verhältnisskalierte Stichproben betrachtet werden. Es wurden nur Signifikanztests durchgeführt, wenn die Stichprobengröße mindestens 20 betrug. Es wurde geprüft, ob ein statistisch relevanter

Unterschied der mittleren Operationsdauer in den zwei Vergleichsgruppen bestand. Die Nullhypothese besagt, dass das Erfahrungslevel keinen Einfluss auf die Operationsdauer nimmt. Die Alternativhypothese besagt, dass das Gegenteil der Fall ist, die Dauer einer Operation also vom Erfahrungslevel des Operateurs beeinflusst ist.

Die Auswahl eines geeigneten Signifikanztests war von verschiedenen Faktoren abhängig. So setzt der t-Test zwei unabhängiger Stichproben eine Normalverteilung voraus. Zunächst wurden die Stichproben daher auf das Vorliegen einer Normalverteilung untersucht. Hierzu kamen graphische wie numerische Verfahren zum Einsatz. Anhand des QQ-Plots und des Histogramms wurde zunächst graphisch abgeschätzt, ob die Daten normalverteilt waren. Auch ein Scale-Location-Plot wurde zur Beantwortung dieser Fragestellung hinzugezogen. Zudem wurde der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung durchgeführt, da dieser für kleine Stichproben (z. B. $n \leq 50$) geeignet ist und bei symmetrischen und asymmetrischen Verteilungen aussagekräftig ist (Yap und Sim 2011; Schlittgen 2014). Entsprachen die Werte einer normalverteilten Grundgesamtheit, wurde die Varianzhomogenität der Stichprobe untersucht. Hierzu wurde der F-Test durchgeführt. Bei homogenen Varianzen wurde im Anschluss der t-Test zum Vergleich der Mittelwerte zweier Stichproben durchgeführt. Bei Inhomogenität der Varianzen wurde der t-Test mit Welch-Korrektur durchgeführt. Zeigten sich die erhobenen Werte nicht normalverteilt, wurden mögliche Ausreißer geprüft und der Shapiro-Wilk-Test gegebenenfalls wiederholt. Sofern nicht von einer Normalverteilung ausgegangen werden konnte, wurde der Mann-Whitney-Test als nicht parametrischer Test angewendet.

Konkret wurden die in Tabelle 2-1 dargestellten Tests auf Grundlage der oben beschriebenen Herangehensweise durchgeführt.

Tabelle 2-1: Durchgeführte Signifikanztests in der Übersicht.
(Quelle: Eigene Darstellung)

Kapitel	OPS	Signifikanztest
3.1.2.1	5-820.00	-
3.1.2.2	5-820.02	t-Test mit Welch-Korrektur
3.1.2.3	5-820.41	-
3.1.3.1	5-790.28/5-790.25	Mann-Whitney-Tests
3.1.3.2	5-790.5f	t-Test mit Welch-Korrektur
3.1.3.3	5-794.k6	Mann-Whitney-Test
3.1.3.4	5-790.16	-
3.1.4.1	5-787.1r	Mann-Whitney-Test
3.1.4.2	5-787.06	Mann-Whitney-Test
3.1.4.3	5-787.30	-

Ergebnisse mit einem p-Wert $< 0,05$ wurden als signifikant eingestuft. Ergebnisse mit einem p-Wert $< 0,001$ wurden als hoch signifikant eingestuft.

2.3.6 Erhebung patientenbezogener Kennzahlen

Neben den Schnitt-Naht-Zeiten wurden zudem für die Versorgung von einfachen sowie Mehrfragment-Frakturen Kennzahlen erhoben, um die operierten Patienten hinsichtlich ihrer Komplexität zu bewerten. Die Ergebnisse hierzu sind in Kapitel 3.2.2.3 dargestellt.

Für die Analyse des durchschnittlichen Patienten der jeweiligen Vergleichsgruppe wurden mittels SAP weitere Informationen zu den untersuchten Operationen erhoben. Über die führenden Fallnummern wurden das Alter der Patienten, die Verweildauern sowie die PCCL-Werte mittels SAP erhoben und mithilfe der Excel-Funktion SVERWEIS in die ursprüngliche Tabelle integriert. Da der PCCL-Wert normalerweise als ganzzahliger Wert angegeben und mittels komplexer Glättungsformel berechnet wird, wurde zudem der nicht gerundete PCCL-Wert aus SAP abgefragt. Dieser wurde zur Berechnung der Mittelwerte genutzt. Die Daten in SAP stammen aus dem OP-Managementsystem, das unidirektional alle relevanten Informationen übermittelt und abrechnungsrelevante Details zusammenführt.

3 Ergebnisse

3.1 Operationsdauer bei identischem OPS

3.1.1 Die häufigsten OPS-Prozeduren im Datensatz

Der Datensatz wurde zunächst auf die am häufigsten vorkommenden Operationsverfahren untersucht (s. Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Häufige Operationen der Jahre 2017, 2018 und 2019.

absolute Häufigkeit	OPS	Bezeichnung OPS-Schlüssel
204	5-820.00	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Totalendoprothese: Nicht zementiert
196	5-822.g1	Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk: Bikondyläre Oberflächenersatzprothese: Zementiert
129	5-787.1r	Entfernung von Osteosynthesematerial: Schraube: Fibula distal
112	5-794.k6	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens: Durch winkelstabile Platte: Radius distal
103	5-820.02	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Totalendoprothese: Hybrid (teilzementiert)
95	5-820.41	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Duokopfprothese: Zementiert
93	5-408.0	Andere Operationen am Lymphgefäßsystem: Anastomose zur Beseitigung eines Lymphödems
78	5-787.06	Entfernung von Osteosynthesematerial: Draht: Radius distal
78	5-790.5f	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch Marknagel mit Gelenkkomponente: Femur proximal
72	5-813.4	Arthroskopische Refixation und Plastik am Kapselbandapparat des Kniegelenkes: Plastik vorderes Kreuzband mit sonstiger autogener Sehne
67	5-790.28 5-790.25	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch intramedullären Draht: Ulnaschaft
60	5-790.16	Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch Draht oder Zuggurtung/Cerclage: Radius distal
58	5-787.30	Entfernung von Osteosynthesematerial: Platte: Klavikula

Bei insgesamt 14.008 Operationen lagen die absoluten Häufigkeiten zumeist im zwei- bis dreistelligen Bereich. Beispielsweise tauchte der OPS 5-820.00 (Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk: Totalendoprothese: Nicht zementiert) im Datensatz insgesamt 252-mal auf, 204-mal als alleiniger dokumentierter OPS-Code. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Differenz solche Operationen umfasste, für die noch weitere OPS hinterlegt wurden. An dieser Stelle sei bemerkt, dass es falsch wäre anzunehmen, dass

im betrachteten Zeitraum von 3 Jahren nur 252 Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk durchgeführt wurden. Vielmehr wurden hier nur die zementierten Prothesen betrachtet. Die Zahl aller am Hüftgelenk implantierten Totalendoprothesen (sprich zementiert, nicht zementiert und teilzementiert) betrug beispielsweise 397.

Eine Übersicht über die zehn am häufigsten im Datensatz auftauchenden OPS zeigt Tabelle 3-2. Die Ergebnisse wurden ebenfalls über RStudio generiert.

Tabelle 3-2: Die zehn häufigsten OPS der Jahre 2017, 2018 und 2019.

absolute Häufigkeit	OPS	Bezeichnung OPS-Schlüssel
626	5-916.a0	Temporäre Weichteildeckung an Haut und Unterhaut
426	5-896.1f	Großflächige, chirurgische Wundtoilette (Wunddebridement) am Unterschenkel mit Entfernung von erkranktem Gewebe an Haut und Unterhaut
419	5-812.5	Partielle Meniskusresektion per arthroskopischer Operation am Gelenknorpel bzw. am Meniskus
384	5-916.a1	Temporäre, tiefreichende Weichteildeckung subfaszial oder an Knochen und/oder Gelenken
372	5-811.2h	Partielle Synovektomie am Kniegelenk per arthroskopischer Gelenkoperation
333	5-869.2	Einbringen von Fixationsmaterial am Knochen bei Operationen am Weichteilgewebe (z. B. bei Syndesmosenverletzung)
297	5-984	Mikrochirurgische Technik
294	5-896.1g	Großflächige, chirurgische Wundtoilette [Wunddebridement] mit Entfernung von erkranktem Gewebe an Haut und Unterhaut am Fuß
284	5-83b.53	Osteosynthese (dynamische Stabilisierung) an der Wirbelsäule durch Schrauben-Stab-System von 4 oder mehr Segmenten
283	5-839.5	Revision einer Wirbelsäulenoperation

3.1.2 Implantation von Prothesen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Implantation von Prothesen mit den OPS-Codes 5-820.00, 5-820.02, 5-820.41 und 5-822.g1 dargestellt.

3.1.2.1 5-820.00: Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk

(nicht zementiert)

Für die Implantation einer totalen, nicht zementierten Endoprothese am Hüftgelenk zeigte sich, dass dieses Operationsverfahren häufiger von Fach-/Oberärzten als von Assistenzärzten durchgeführt wurde. So führten Fach-/Oberärzte 191 dieser Operationen durch, Assistenzärzte hingegen nur sechs. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-3 dargestellt.

Tabelle 3-3: OP-Minuten: Implantation einer nicht zementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk.

Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk (nicht zementiert)		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
	n	6	191
	Min (min)	121	42
	Max (min)	184	170
	R (min)	63	128
	Med (min)	127	97
	M (min)	136,2	95,7
	SD (min)	23,9	22,2
	VarKoeffizient (%)	17,57	23,21

Minimum und Maximum lagen in der Gruppe der Assistenzärzte bei 121 und 184 min, folglich betrug die Spannweite 63 Minuten. Die mittlere Operationsdauer lag bei 136,2 min (SD \pm 23,9), der Median bei 127 min.⁵ Der Variationskoeffizient lag bei 17,57 %.

In der graphischen Betrachtung wurde deutlich, dass der Maximalwert bei 184 min sich abseits der restlichen Werte befand. Die Abweichung zwischen Median und Mittelwert bestätigte dies. Es handelte sich bei der Operation um einen Patienten mit einer primären Coxarthrose ohne weitere dokumentierte Diagnosen, die an einem Nachmittag durch einen Assistenzarzt mit Unterstützung eines Oberarztes versorgt wurde.

In der Gruppe der Fach-/Oberärzte lagen Minimum und Maximum bei 42 und 170 min und sind damit z. T. deutlich geringer als in der Vergleichsgruppe. Die Spannweite betrug 128 min, die mittlere Operationsdauer war mit 95,7 min (SD \pm 22,2) 40,5 min kürzer als in der Vergleichsgruppe. Der Median lag mit 97 min nah am Mittelwert, somit ergab sich ein Hinweis auf eine symmetrische Verteilung. Der Variationskoeffizient lag bei 23,21 %.

Die deskriptive Statistik zeigte, dass Fach-/Oberärzte Ärzte der CUOP an der UMG im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-820.00 in den Jahren 2017 bis 2019 im Mittel 40,5 min kürzer operierten als die Vergleichsgruppe der Assistenzärzte. Dieses Operationsverfahren wurde vorrangig von Fach-/Oberärzten durchgeführt.

Aufgrund der geringen Größe der Stichprobe in der Gruppe der Assistenzärzte (n = 6) wurde von Signifikanztests abgesehen.

⁵ Minimum und Maximum werden im System minutiös erfasst und sind daher von Natur aus ganzzahlig. Mittelwerte und Standardabweichungen wurden im Folgenden auf eine Nachkommastelle gerundet.

3.1.2.2 5-820.02: Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk (teilzementiert)

Die Implantationen einer teilzementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk wurde 71-mal durch Fach-/Oberärzte und 20-mal durch Assistenzärzte durchgeführt. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-4 dargestellt.

Tabelle 3-4: OP-Minuten: Implantation einer teilzementierten Totalendoprothese am Hüftgelenk.

Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk (teilzementiert)		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
<p style="text-align: center;">5-820.02</p>	n	20	71
	Min (min)	105	44
	Max (min)	158	180
	R (min)	53	136
	Med (min)	128	91
	M (min)	129,6	93,0
	SD (min)	15,4	26,0
	VarKoeffizient (%)	11,86	27,96

In der Gruppe der Assistenzärzte betrug die kürzeste Operationsdauer 105 min, die längste 158 min (Spannweite 53 min). Im Durchschnitt dauerte eine Operation 129,6 min (SD \pm 15,4), der Median betrug 128 min. Daraus ergab sich ein Variationskoeffizient von 11,86 %.

Bei den Fach-/Oberärzten betragen Minimum und Maximum 44 und 180 min (Spannweite 136 min). Es wurden deutlich kürzere, aber auch längere Operationszeiten erreicht. Im Schnitt dauerte eine Operation 93,0 min (SD \pm 26,0) und damit 36,0 min weniger als in der Vergleichsgruppe. Der Median lag bei 91 min und der Variationskoeffizient bei 27,96 %, somit war von unterschiedlichen gestreuten Werten auszugehen.

Die deskriptive Statistik zeigte, dass Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG die Operation 5-820.02 in den Jahren 2017 bis 2019 durchschnittlich 36,0 min kürzer operierten als die Vergleichsgruppe der Assistenzärzte.

Weiterhin wurden statistische Tests durchgeführt. Das zugehörige Histogramm, das QQ-Plot sowie das Scale-Location-Plot finden sich im Anhang (s. Anhang 1, Abbildung A1 bis A3). Das Histogramm zeigte, dass die Verteilung der Assistenzärzte symmetrisch und zweigipfelig war und die der Fach-/Oberärzte grazil linkssteil erschien. Der Shapiro-Wilk-Test bewertete die Verteilung in der Gruppe der Assistenzärzte als normalverteilt ($p =$

0,5720) und die der Fach-/Oberärzte als nicht normalverteilt ($p = 0,0141$). Ohne den Wert bei 180 min ergab der Test ein positives Ergebnis im Sinne einer normalverteilten Grundgesamtheit. Daher wurde von einer Normalverteilung ausgegangen. Der F-Test auf Varianzhomogenität ergab einen signifikanten Unterschied ($F = 2,865$, $p = 0,0125$), folglich wurde ein t-Test mit Welch-Korrektur durchgeführt.

Der Unterschied der mittleren Operationsdauer zwischen unerfahrenen und erfahrenen Ärzten war höchst signifikant, $t(56,51) = 7,914$, $p < 0,0001$). Der Unterschied betrug im Mittel $36,6 \pm 4,6$ min (95 %-CI [27,3 – 45,8]).

3.1.2.3 5-820.41: Implantation einer Duokopfprothese am Hüftgelenk (zementiert)

Für die Implantation einer zementierten Duokopfprothese am Hüftgelenk präsentierte sich eine Datenlage mit begrenzter Stichprobengröße. Die Operation wurde zumeist von Fach-/Oberärzten durchgeführt. So fanden sich in der Gruppe der Fach-/Oberärzte 79 Operationen, bei den Assistenzärzten waren es zwölf. Eine Übersicht zeigt Tabelle 3-5.

Tabelle 3-5: OP-Minuten: Implantation einer Duokopfprothese am Hüftgelenk.

Implantation einer Duokopfprothese am Hüftgelenk (zementiert)		Assistenz-ärzte	Fach-/Oberärzte
	n	12	79
	Min (min)	79	51
	Max (min)	146	229
	R (min)	67	178
	Med (min)	102	91
	M (min)	102,4	94,4
	SD (min)	17,6	26,6
	VarKoeffizient (%)	17,16	28,19

In der Gruppe der Assistenzärzte wurde zwischen 79 min und 146 min operiert, folglich betrug die Spannweite 67 min. Im Durchschnitt lag die Operationsdauer bei 102,4 min (SD \pm 17,6) und die 50 %-Perzentile bei 102 min, was gegen eine schiefe Verteilung sprach. Der Variationskoeffizient betrug 17,16 %.

Bei den Fach-/Oberärzten wurde zwischen 51 und 229 min operiert (Spannweite 178 min), die Spannweite war somit deutlich größer als in der Vergleichsgruppe. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug mit 94,4 min (SD \pm 26,6) 8,0 min weniger. Der Median war mit 91 min dem Mittelwert ähnlich. Der Variationskoeffizient lag bei 28,19 %.

die relative Streuung war also größer als in der Vergleichsgruppe.

In der graphischen Auswertung wurde deutlich, dass ein einzelner Wert fernab der restlichen Werte bei 229 min und damit 111 min vom nächstniedrigeren entfernt lag. Es handelte sich dabei um einen Fall mit einer medialen Schenkelhalsfraktur und einem Weichteilschaden Grad I, der in der Nacht zwischen 22 und 1:30 Uhr operiert wurde.

Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG operierten in den Jahren 2017 bis 2019 im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-820.41 durchschnittlich 8,0 min kürzer als die Vergleichsgruppe der Assistenzärzte.

Von der Durchführung statistischer Tests wurde bei begrenztem Umfang der Stichprobe in der Gruppe der Assistenzärzte abgesehen.

3.1.2.4 5-822.g1: Implantation einer bikondylären

Oberflächenersatzprothese am Kniegelenk (zementiert)

Bei der Implantation einer zementierten, bikondylären Oberflächenersatzprothese am Knie zeigte sich, dass in der Gruppe der Assistenzärzte nicht genügend Daten für einen Vergleich vorhanden waren. So wurden 193 Operationen von Fach-/Oberärzten durchgeführt und nur zwei von Assistenzärzten (s. Abbildung 3-1). Aus diesem Grund wurde der OPS von der Betrachtung ausgeschlossen.

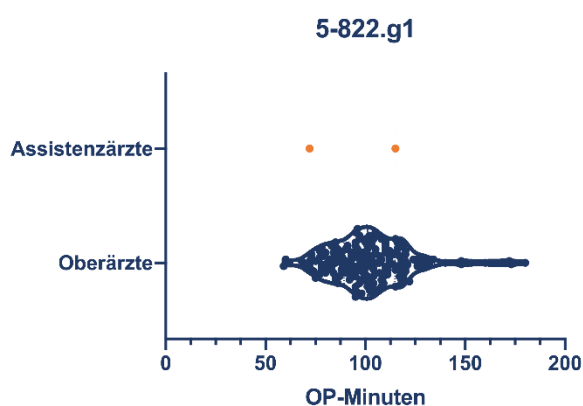


Abbildung 3-1: Violin-Plot der Operation 5-822.g1.

3.1.3 Frakturversorgung

In diesem Kapitel werden häufige Operationsprozeduren zur Frakturversorgung dargestellt. Häufige Operationsverfahren sind solche mit den OPS-Codes 5-790.28 und 5-790.25, 5-790.5f sowie 5-794.k6.

3.1.3.1 5-790.28 und 5-790.25: Geschlossene Reposition durch intramedullären Draht am Ulna- sowie am Radiuschaft

Für die geschlossene Reposition mithilfe eines intramedullären Drahtes sowohl am Schaft der Ulna als auch am Schaft des Radius ergab sich eine Stichprobengröße von 26 Operationen in der Gruppe der Assistenzärzte und 39 Operationen in der Gruppe der Fach-/Oberärzte. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-6 dargestellt.

Tabelle 3-6: OP-Minuten: Geschlossene Reposition durch intramedullären Draht an Ulna- und Radiuschaft.

Geschlossene Reposition durch intramedullären Draht an Ulna- und Radiuschaft		Assistenz-ärzte	Fach-/Oberärzte	
		n	26	39
		Min (min)	23	14
		Max (min)	101	75
		R (min)	78	61
		Med (min)	38,5	40
		M (min)	43,6	39,5
		SD (min)	17,9	13,7
		VarKoeffizient (%)	41,03	34,74

In der Gruppe der Assistenzärzte waren die kürzeste Operation 23 min und die längste 101 min lang (Spannweite 78 min). Im Mittel wurde 43,6 min (SD \pm 17,9) operiert. Der Median lag bei 38,5 min, sodass sich Hinweise auf eine schiefe Verteilung ergaben. Der Variationskoeffizient lag bei 41,03 % und deutete darauf hin, dass der Mittelwert die Verteilung nicht adäquat repräsentierte.

Die große Spannweite war mitunter durch eine 101-minütige Operation begründet, die augenscheinlich von den anderen Werten abzuweichen schien. Diese Operation wurde am späten Abend zwischen etwa 21:15 und 23 Uhr durchgeführt. Die Diagnosen des Patienten waren eine komplette Unterarmfraktur im Schaftbereich sowie ein Weichteilschaden Grad I.

In der Gruppe der Fach-/Oberärzte wiederum dauerte die kürzeste Operation 14 min und die längste 75 min, die Spannweite betrug 61 min. Mit 39,5 min (SD \pm 13,7) war die durchschnittliche Operationsdauer 4,1 min kürzer als in der Vergleichsgruppe. Der Median lag bei 40 min und war damit dem Mittelwert sehr ähnlich, der Variationskoeffizient betrug 34,74 %. Im Vergleich zeigt sich, dass die relative Streuung bei ähnlicher Standardabweichung unterschiedlich war.

In den Jahren 2017 und 2019 operierten Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-790.28/5-790.256 durchschnittlich 4,1 min kürzer als Assistenzärzte.

Histogramm, QQ-Plot sowie Scale-Location-Plot finden sich im Anhang (s. Anhang 2, Abbildung A4 bis A6). Der Umfang der Stichprobe war begrenzt. Graphisch wurde festgestellt, dass die Verteilung in der Gruppe der Assistenzärzte eine linkssteile Form annahm. Die Werte in der Gruppe der Fach-/Oberärzte präsentierte sich annähernd glockenförmig. Der Shapiro-Wilk-Test stützte den Eindruck, dass sich die Gruppe der Assistenzärzte einer Normalverteilung entzog ($p = 0,0023$) und die der Fach-/Oberärzte normalverteilt imponierte ($p = 0,3416$). Eine Elimination der 101-minütigen Operation brachte keine Veränderung des Ergebnisses. Das Residual Plot zeigte deutlich, dass drei Punkte in besonderem Maße von der Normalverteilung abwichen. Die Überlegung, ob ein t-Test bei Varianzhomogenität im F-Test ($p = 0,1347$) oder ein Mann-Whitney-Test passender erschien, fiel zugunsten der letztgenannten Option. Es wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Anhand des Mann-Whitney-Tests konnte kein signifikanter Unterschied der mittleren Operationsdauer zwischen unerfahrenen und erfahrenen Ärzten festgestellt werden ($U = 450,5$; $p = 0,4538$). Die Differenz der Mediane betrug 1,5 min.

3.1.3.2 5-790.5f: Geschlossene Reposition durch Marknagel mit Gelenkkomponente am proximalen Femur

Für die geschlossene Reposition mithilfe eines Marknagels im Gelenkbereich des proximalen Femurs wurden insgesamt 20 Operationen durch Assistenzärzte und 51 Operationen durch Fach-/Oberärzte durchgeführt. Tabelle 3-7 zeigt die deskriptive Statistik.

Tabelle 3-7: OP-Minuten: Geschlossene Reposition durch Marknagel mit Gelenkkomponente am proximalen Femur.

Geschlossene Reposition durch Marknagel mit Gelenkkomponente am proximalen Femur		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte	
		n	20	51
		Min (min)	27	20
		Max (min)	77	256
		R (min)	50	236
		Med (min)	61,5	73
		M (min)	58,8	73,1
		SD (min)	13,7	38,4
		VarKoeffizient (%)	23,34	52,51

In der Gruppe der Assistenzärzte lagen Minimum und Maximum für diese Operation bei 27 und 77 min (Spannweite 50 min). Die mittlere Operationsdauer betrug 58,8 min (SD \pm 13,7) und der Median 61,5 min. Der Variationskoeffizient wurde mit 23,24 % berechnet.

Fach-/Oberärzte operierten zwischen 20 und 256 min. Die Spannweite betrug damit 236 min. Mittelwert und Median wurden mit 73,0 min (SD \pm 38,36) und 73 min bestimmt, was für eine weit gestreute, symmetrische Verteilung sprach. Der Mittelwert lag 14,2 min höher als in der Vergleichsgruppe. Ein Variationskoeffizient 52,51 % wies auf einen Mittelwert hin, der die Einzelwerte aufgrund der großen Streuung nicht adäquat abbildete. Diese Beobachtungen standen im Zusammenhang mit einer 256-minütigen Operation, die 103 min länger dauerte als die zweitlängste Operation. Es handelte sich dabei um eine tagsüber und durch einen Oberarzt allein durchgeführte Operation bei einem Patienten mit einer einfachen peritrochantären Fraktur, einer Fraktur des Os pubis sowie eines Weichteilschadens ersten Grades. Ein Ausschluss ist diskutabel, was eine Senkung von Mittelwert, Standardabweichung und Variabilitätskoeffizient auf 69,4 min \pm 28,4 bzw. 40,88 % zur Folge hätte.

In den Jahren 2017 und 2019 operierten Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG im Schnitt 14,2 min länger im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-790.5 als Assistenzärzte.

Die Diagramme zur Untersuchung der Verteilung (Histogramm, QQ-Plot und Scale-Location-Plot) finden sich im Anhang (s. Anhang 3, Abbildung A7 bis A9). Die Verteilung in der Gruppe der Assistenzärzte imponierte normalverteilt, der Shapiro-Wilk-Test stützte diesen Eindruck ($p = 0,2962$). Die Verteilung in der Gruppe der Oberärzte erschien weniger eindeutig normalverteilt. Das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests zeigte keine Normal-

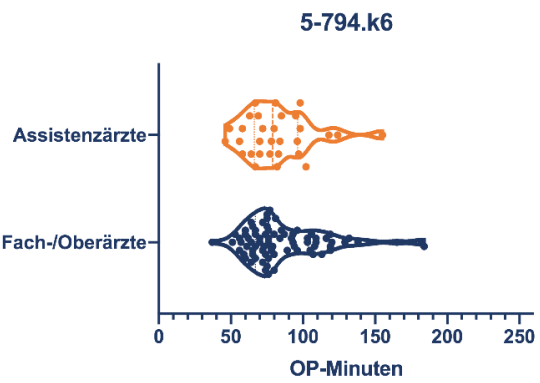
verteilung ($p < 0,0001$). Bei Ausschluss des Wertes bei 256 min änderte sich dieses Ergebnis ($p = 0,2114$), sodass von einer Normalverteilung ausgegangen wurde. Die Varianzen zeigten sich im F-Test inhomogen ($F = 7,824$, $p < 0,0001$), sodass ein Welch-t-Test durchgeführt wurde.

Der Welch-t-Test ergab einen signifikanten Unterschied der mittleren Operationsdauer zwischen unerfahrenen und erfahrenen Ärzten, $t(68,70) = 2,313$, $p = 0,0237$. Der Unterschied betrug durchschnittlich $-14,3 \pm 6,2$ min (95 %-CI $[-26,7 - -2,0]$).

3.1.3.3 5-794.k6: Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich des distalen Radius durch winkelstabile Platte

Für die offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur mittels winkelstabiler Platte im Gelenkbereich des distalen Radius wurden 30 assistenzärztlich und 78 fach-/oberärztlich durchgeführte Operationen erfasst. Die deskriptive Statistik zeigt Tabelle 3-8.

Tabelle 3-8: OP-Minuten: Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich des distalen Radius durch winkelstabile Platte.

Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich des distalen Radius d. winkelstabile Platte		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
	n	30	78
	Min (min)	46	37
	Max (min)	155	184
	R (min)	109	147
	Med (min)	79	76
	M (min)	81,4	86,6
	SD (min)	23,4	28,8
	VarKoeffizient (%)	28,72	33,20

Für die assistenzärztlich durchgeführten Operationen lagen Minimum und Maximum bei 46 und 155 min. Daraus ergab sich eine Spannbreite von 109 min. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 81,4 min ($SD \pm 23,4$) und der Median 79 min. Es ergab sich ein Variationskoeffizient von 28,72 %.

In der Gruppe der Oberärzte lagen Minimum und Maximum bei 37 und 184 min, es wurde folglich sowohl kürzer als auch länger operiert als in der Vergleichsgruppe. Es ergab sich eine Spannweite von 147 min. Die mittlere Operationsdauer wurde mit 86,6 min berechnet ($SD \pm 28,8$) und lag 5,2 min über der der Vergleichsgruppe. Der Median betrug 76 min

und lag damit unter dem der Assistenzärzte. Die berechneten Werte sprachen gegen eine Gaußsche Verteilung. Der Variationskoeffizient wurde mit 33,20 % errechnet.

Für 2017 bis 2019 ergab die Mittelwertberechnung, dass die durchschnittliche Operationszeit von Fach-/Oberärzten der CUOP an der UMG für das Operationsverfahren 5-794.k6 rechnerisch 5,2 min über dem Durchschnitt der Assistenzärzte lag.

In Vorbereitung auf die Durchführung eines Signifikanztests wurde zunächst die Verteilung der Daten geprüft. Histogramm, QQ-Plot und Scale-Location-Plot sind im Anhang dargestellt (s. Anhang 4, Abbildung A10 bis A12). Für keine der beiden Gruppen ergab der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung das Vorliegen einer Gaußschen Verteilung (Assistenzärzte $p = 0,0366$; Fach-/Oberärzte $p < 0,0001$). In der Gruppe der Assistenzärzte ließ sich im Histogramm eine ansonsten weitgehend normalverteilte Datenlage erkennen, mit Ausnahme eines Wertes mit 155 min. Nach Entfernung des Wertes bei 155 min ergab der Shapiro-Wilk-Test eine Normalverteilung bei einem $p = 0,5724$. Bei den Fach-/Oberärzten wichen drei Werte vom restlichen Datenfeld ab (165, 182 und 184 min). Dennoch zeigte der Shapiro-Wilk-Test keine Normalverteilung ($p = 0,0013$), wobei das Histogramm eine linkssteile Verteilung zeigte. Der F-Test ergab keine signifikant unterschiedlichen Varianzen ($p = 0,2129$). Es wurde ein Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Der Mann-Whitney-Test konnte keinen signifikanten Unterschied der durchschnittlichen Operationsdauer zwischen unerfahrenen und erfahrenen Ärzten feststellen ($U = 381,5$; $p = 0,1000$). Die Differenz der Mediane betrug 11,5 min.

3.1.3.4 5-790.16 Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese: Durch Draht oder Zuggurtung/Cerclage: Radius distal

Die geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung am distalen Radius unter Zuhilfenahme eines Drahtes oder einer Cerclage wurde 15-mal durch Assistenzärzte und 45-mal durch Fach- bzw. Oberärzte durchgeführt. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-9 dargestellt.

Tabelle 3-9: OP-Minuten: Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese am distalen Radius durch Draht oder Cerclage.

Geschlossene Reposition einer Fraktur oder Epiphysenlösung mit Osteosynthese am distalen Radius durch Draht oder Cerclage		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
	n	15	45
	Min (min)	15	14
	Max (min)	60	98
	R (min)	45	90
	Med (min)	26	29
	M (min)	27,6	31,2
	SD (min)	10,9	18,3
	VarKoeffizient (%)	39,35	58,62

In der Gruppe der Assistenzärzte wurde mindestens 15 und maximal 60 Minuten operiert, daraus ergab sich eine Spannweite von 45 Minuten. Im Mittel betrug die Operationsdauer 27,6 min (SD ± 10,9). Der Median lag bei 26 min. Der Variationskoeffizient wurde mit 39,35 % berechnet.

Die Fach-/Oberärzte operierten bei einer Spannweite von 90 min zwischen 8 und 98 min, also sowohl kürzer als auch länger als die Vergleichsgruppe. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug mit 31,2 min (SD ± 18,3) rund 3,6 min mehr. Der Median betrug 29 min und der Variationskoeffizient 58,62 %.

Für 2017 bis 2019 ergab sich bei der Berechnung des Mittelwerts, dass Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG für das Operationsverfahren 5-790.16 etwa 3,6 min länger benötigten als Assistenzärzte und die Werte weiter gestreut waren.

Es wurden keine statistischen Tests durchgeführt.

3.1.4 Materialentfernung

Weiterhin wurden drei häufige Operationsverfahren untersucht, bei denen Osteosynthesematerial entfernt wurde, genauer die OPS 5-787.1r, 5-787.06 und 5-787.30.

3.1.4.1 5-787.1r: Entfernung von Osteosynthesematerial (Schraube) an der distalen Fibula

Die Daten zur Entfernung einer oder mehrerer Schrauben an der distalen Fibula umfassten 90 bzw. 27 Operationen bei Assistenz- bzw. Fach-/Oberärzten. Die deskriptive Statistik zeigt Tabelle 3-10.

Tabelle 3-10: OP-Minuten: Entfernung von Schraube(n) an der distalen Fibula.

Entfernung von Schraube(n) an der distalen Fibula		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
<p style="text-align: center;">5-787.1r</p> <p style="text-align: center;">OP-Minuten</p>	n	90	27
	Min (min)	4	2
	Max (min)	55	30
	R (min)	51	28
	Med (min)	18	8
	M (min)	18,8	9,3
	SD (min)	11,4	6,6
	VarKoeffizient (%)	60,44	71,22

Assistenzärztlich durchgeführte Operationen dauerten zwischen 4 und 55 min (Spannweite 51 min). Im Schnitt dauerte eine Operation 18,8 min (SD \pm 11,4). Der Median lag bei 18 min. Der Variationskoeffizient wurde mit 60,44 % errechnet. Folglich spiegelte der Mittelwert die Einzelwerte nur eingeschränkt wider.

Bei den Fach-/Oberärzten dauerte die kürzeste Operation 2 min, die längste 30 min (Spannweite 28 min). Die Werte waren folglich hin zu kürzeren Operationszeiten verschoben und lagen enger beisammen als in der Vergleichsgruppe. Der Mittelwert betrug 9,3 min (SD \pm 6,6) und lag damit 9,5 min unter dem der Assistenzärzte. Der Median lag bei 8 min. Der Variationskoeffizient wurde mit 71,22 % bestimmt. Auch hier lag in Relation zum Mittelwert eine relativ gesehen hohe Streuung vor.

Zwischen 2017 und 2019 operierten Fach-/Oberärzte der CUOP der UMG im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-787.1r im Schnitt 9,5 min kürzer als Assistenzärzte.

Für die Auswahl eines geeigneten Signifikanztest wurden die zugrundeliegende Verteilung untersucht. Zugehörige Diagramme wie Histogramm, QQ-Plot und Scale-Location-Plot befinden sich im Anhang (s. Anhang 5, Abbildung A13 bis A15). Die graphische Aufbereitung ließ vermuten, dass die Werte in der Gruppe der Assistenzärzte nicht normalverteilt, sondern zweigipflig verteilt waren. Der Shapiro-Wilk-Test widersprach mit einem $p < 0,0001$ ebenfalls einer Normalverteilung. Für die Fach-/Oberärzte ergab der Shapiro-Wilk-Test zunächst bei einem $p < 0,0001$ keine Normalverteilung. Ohne Berücksichtigung zweier Werte bei 30 min lieferte dieser Test dagegen keine Hinweise mehr gegen das Vorliegen einer Normalverteilung ($p = 0,7301$), sodass von einer normalverteilten Datenlage ausgegangen wurde. Bei unterschiedlichen Verteilungen wurde in Zusammenschau der Ergebnisse der Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Der Mann-Whitney-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe der Assistenzärzte und der Gruppe der Fach-/Oberärzte ($U = 603,0$; $p < 0,0001$). Die Differenz der Mediane betrug 10,0 min.

3.1.4.2 5-787.06: Entfernung von Osteosynthesematerial (Draht) am distalen Radius

Operationen, bei denen am distalen Radius Drahtmaterial entfernt wurde, wurden 50-mal durch Assistenz- und 25-mal durch Fach-/Oberärzte durchgeführt. Die zugehörige deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-11 dargestellt.

Tabelle 3-11: OP-Minuten: Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius.

Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
	n	50	25
	Min (min)	3	3
	Max (min)	100	42
	R (min)	97	39
	Med (min)	13	12
	M (min)	17,6	15,7
	SD (min)	16,8	10,5
	VarKoeffizient (%)	95,15	66,83

In der Gruppe der Assistenzärzte lagen minimale und maximale Operationsdauer bei 3 und 100 min (Spannweite 97 min). Der Mittelwert betrug 17,6 min (SD \pm 16,8), folglich war der Gipfel linksverlagert. Der Median lag bei 13 min und der Variationskoeffizient

betrug 95,15 %, sodass von einer sehr hohen Streuung in Bezug auf den Mittelwert ausgegangen wurde. Einige Operationen dauerten deutlich länger.

Auch in der Gruppe der Fach-/Oberärzte lag das Minimum bei 3 min, das Maximum dagegen bei 42 min. Die Spannweite war mit 39 min deutlich geringer. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug mit 15,7 min (SD \pm 10,5) 1,9 min weniger als bei den Assistenzärzten. Der Median lag bei 12 min. Der Variationskoeffizient betrug 66,83 %, auch hier war die relative Streuung in Relation zum Mittelwert groß.

Fach-/Oberärzte der CUOP an der UMG operierten im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-787.06 in den Jahren 2017 bis 2019 durchschnittlich 1,9 min kürzer als Assistenzärzte.

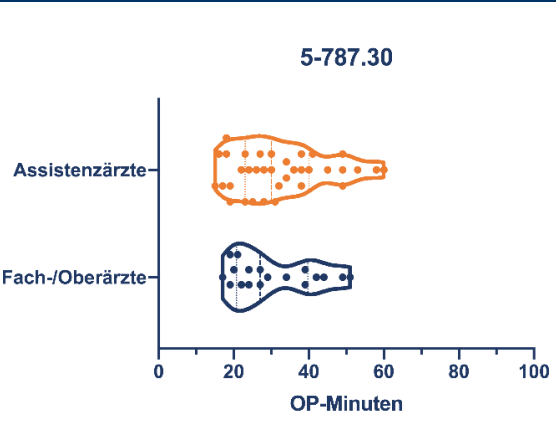
Wie auch zuvor wurde zunächst die Verteilung untersucht, bevor ein geeigneter Signifikanztest durchgeführt wurde. Histogramm, QQ-Plot und Scale-Location-Plot befinden sich im Anhang (s. Anhang 6, Abbildung A16 bis A18). Schon in den Grafiken wurde deutlich, dass die Operationsdauern beider Gruppen, insbesondere die der Assistenzärzte, nicht normalverteilt erscheinen. Der Shapiro-Wilk-Test bestätigte diesen Eindruck (Assistenzärzte $p < 0,0001$; Fach-/Oberärzte $p = 0,0185$). Auch ohne nach oben ausscherende Werte ergab sich kein der Normalverteilung entsprechendes Bild, sodass der Mann-Whitney-Test durchgeführt wurde.

Der Mann-Whitney-Test ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Operationsdauern in den zwei Gruppen mit unterschiedlich erfahrenen Ärzten ($U = 615,0$; $p = 0,9132$). Die Mediane unterschieden sich um 1 min.

3.1.4.3 5-787.30: Entfernung von Osteosynthesematerial (Platte) an der Klavikula

Insgesamt wurden 35 Operationen durch Assistenzärzte und 18 durch Fach-/Oberärzte durchgeführt, bei denen eine oder mehrere Platten an der Klavikula entfernt wurden. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-12 abgebildet.

Tabelle 3-12: OP-Minuten: Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius.

Entfernung von Drahtmaterial am distalen Radius		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte
	n	35	18
	Min (min)	15	17
	Max (min)	60	51
	R (min)	45	34
	Med (min)	30	27
	M (min)	32,4	30,4
	SD (min)	12,4	11,0
	VarKoeffizient (%)	38,15	36,26

In der Gruppe der Assistenzärzte wurde zwischen 15 und 60 min operiert, was eine Spannweite von 45 min ergab. Das arithmetische Mittel und der Median lagen mit 32,4 min ($SD \pm 12,4$) und 30 min eng beieinander. Der Variationskoeffizient lag bei 38,15 %.

In der Gruppe der Fach-/Oberärzte dauerte die kürzeste Operation 17 min, die längste 51 min (Spannweite 34 min). Das Minimum lag damit 2 min über, das Maximum 9 min unter dem jeweiligen Wert in der Vergleichsgruppe. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 30,4 min ($SD \pm 11,0$) und damit 2,0 min unter dem der Assistenzärzte. Die 50. Perzentile lag bei 27 min. Der Variationskoeffizient betrug 36,26 %.

Zwischen 2017 und 2019 operierten Fach-/Oberärzte der CUOP im Hinblick auf das Operationsverfahren 5-787.30 im Mittel 2,0 min kürzer als Assistenzärzte.

Von Signifikanztests wurde aufgrund der Stichprobengröße abgesehen.

3.2 Operationsdauer einzelner Teildisziplinen

Nachdem die Analyse einheitlicher Operationsverfahren nur die Betrachtung kleiner Stichproben zuließ, wurden im nächsten Schritt OPS-Codes konsolidiert. Es wurden gängige Operationen verschiedener Körperbereiche ausgewählt, die sowohl von erfahrenen als auch von unerfahrenen Ärzten durchgeführt werden. In den jeweiligen Unterkapiteln wird erläutert, welche OPS-Codes zusammengefasst wurden. Als Anhaltspunkt für die Konsolidierung diente der Operationenschlüssel nach § 301 SGB V Internationale Klassifikation der Prozeduren der Medizin, der seinerseits Unterpunkte unberücksichtigt lässt. In Kapitel 3.2.2.3 werden Kennzahlen im Hinblick auf das operierte Patienten Klientel dargestellt, die für die Interpretation der Ergebnisse von zentraler Bedeutung sind.

3.2.1 Schnitt-Naht-Zeiten bei Endoprothetik der Hüfte

Als zertifiziertes Endoprothetikzentrum der Maximalversorgung werden an der UMG zahlreiche endoprothetische Gelenkoperationen durchgeführt, die im Folgenden dargestellt werden.

3.2.1.1 Untersuchtes Datenkollektiv

Im OPS-Verzeichnis wird der endoprothetische Gelenk- und Knochenersatz durch die Ziffern 5-82 abgebildet, die Hüftendoprothetik durch die Ziffern 5-820. Die fünfte und sechste Stelle kodieren das angewendete System und die Verwendung von Zement (z. B. 5-820.30 für eine nicht zementierte Femurkopfprothese). Einbezogen wurden alle Codes, die mit 5-820 begannen. Unter Zuhilfenahme der Kodierhinweise wurden Operationen mit bestimmten dokumentierten Operationsverfahren ausgeschlossen (s. Tabelle 3-13).

Tabelle 3-13: Untersuchte Operationen im Bereich Endoprothetik.

Eingeschlossene OPS ⁶	
5-820.**	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk, inklusive: <ul style="list-style-type: none"> • Totalendoprothese • Totalendoprothese, Sonderprothese • Femurkopfprothese • Duokopfprothese • Gelenkschnapp-Pfanne • Oberflächenersatzprothese • Kurzschaft-Femurkopfprothese • Sonstige • Nicht näher bezeichnet
Ausgeschlossene OPS	
5-784.**	Knochen transplantation und -transposition (Spongiosaplastik)
5-785.**	Implantation von alloplastischem Knochenersatz (Spongiosaplastik)
5-786.**	Zusätzliche Verwendung von Osteosynthesematerial
5-821.**	Revision, Wechsel und Entfernung einer Endoprothese am Hüftgelenk
5-829.a	komplexe Erstimplantation einer Endoprothese z. B. mit Femurersatz oder mit Ersatz benachbarter Gelenke
5-829.c	Tumorendoprothese
5-829.n	Implantation einer Endoprothese nach vorheriger Explantation
8-310.*	Aufwendige Gipsverbände

⁶ Ein Sternchen steht stellvertretend für ein weiteres Zeichen zur genauen Kodierung.

3.2.1.2 Deskriptive Statistik

Zwischen 2017 und 2019 wurden insgesamt 507 der vorab definierten Operationen durchgeführt. Insgesamt wurden 45 Operationen von Assistenzärzten, 431 von Fach-/Oberärzten und 28 von leitenden Ärzten mit Privatliquidation durchgeführt. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 3-14 dargestellt.

Tabelle 3-14: OP-Minuten: Endoprothetik der Hüfte.

Endoprothetik der Hüfte		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte	Leitende Ärzte
	n	45	431	28
	Min (min)	79	42	55
	Max (min)	184	361	333
	R (min)	105	319	278
	Med (min)	121	96	87,5
	M (min)	122,0	101,0	101,0
	SD (min)	22,3	35,9	57,1
	VarKoeffi- zient (%)	0,18	0,36	0,57

Bei ungleicher Anzahl an Operationen zeigt sich, dass Assistenzärzte im Mittel am längsten operierten (M = 122,0; SD ± 22,3), genauer 21 min länger als Fach-/Oberärzte (M = 101,0; SD ± 35,9) und leitende Ärzte (M = 101,0; SD ± 57,1). Auch die minimale Operationszeit lag mit 79 Minuten deutlich über der der Fach-/Oberärzte (Min = 42) bzw. über der der leitenden Ärzte (Min = 55). Die längsten Operationszeiten waren in der Gruppe der Fach-/Oberärzte zu verzeichnen (Max = 361). Median und Mittelwert lagen bei den Assistenzärzten sowie bei den Fach-/Oberärzten nah zusammen. Bei den leitenden Ärzten mit Privatliquidation zeigte sich eine Diskrepanz von rund 10 min, was auf eine nicht-normalverteilte Datenlage hinwies.

Die Auswertung für den Bereich der Endoprothetik an der Hüfte für die Jahre 2017 bis 2019 ergab, dass leitende Ärzte und Fach-/Oberärzte der CUOP ähnlich lang operierten. Fach-/Oberärzte sowie leitende Ärzte operierten im Mittel 21 min kürzer als Assistenzärzte. Die Spannweite der Werte war in der Gruppe der Assistenzärzte geringer als in den anderen beiden Vergleichsgruppen.

3.2.2 Schnitt-Naht-Zeiten bei Frakturversorgung durch Platten

Es wurden jeweils einfache und komplexe Frakturen mit dem OPS 5-79 untersucht, die mit Platten unterschiedlicher Art versorgt wurden. Um ein besseres Verständnis für die Selektion der OPS zu erhalten, erfolgt zunächst eine Einführung in die Systematik.

3.2.2.1 Untersuchte Datenkollektive

Die OPS, die mit 5-79 beginnen, umfassen diverse Operationsprozedere zur Reposition von Fraktur und Luxation (s. Abbildung 3-2). Grundsätzlich werden offene und geschlossene Repositionen unterschieden als auch einfache und Mehrfragment-Frakturen. Dokumentiert wird zudem der versorgte Knochen und ob die Fraktur im Gelenk- oder im Schaftbereich gelegen ist.

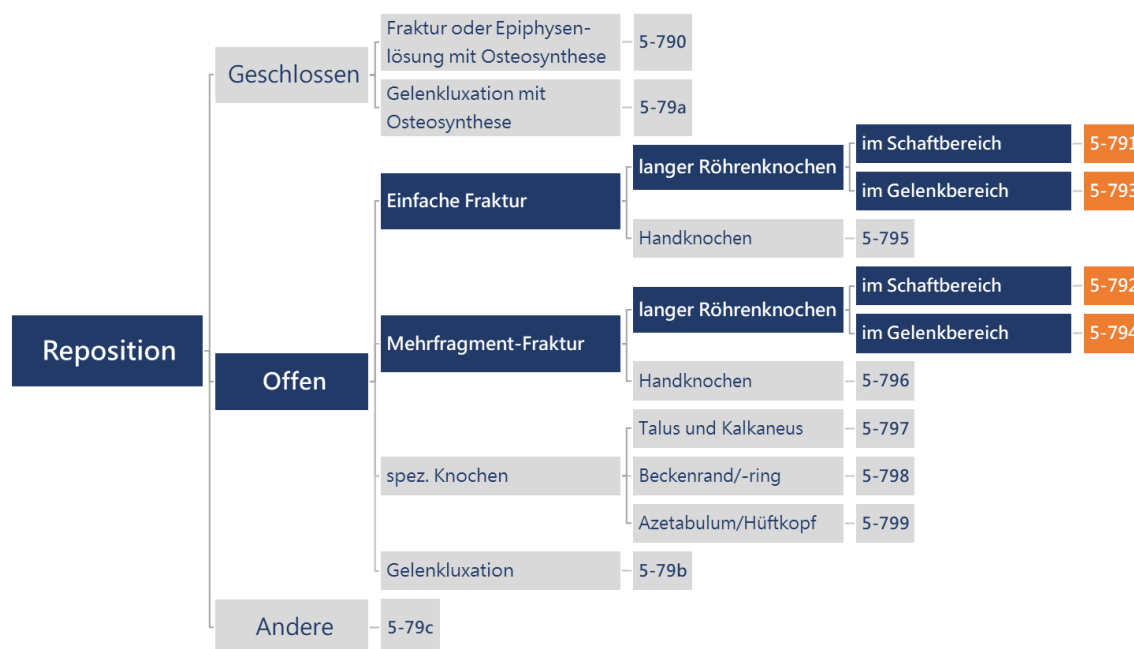


Abbildung 3-2: OPS-Systematik in der Versorgung von Frakturen.

(Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Institut für Medizinische Dokumentation und Information [DIMDI])

Die Codes 5-786 bezeichnen ebenfalls Osteosyntheseverfahren, allerdings sind Osteosynthesen einer Fraktur davon ausgeschlossen. Diese Codes werden bei anderen Operationen dokumentiert, bei denen zusätzlich Osteosynthesematerial verwendet wird.

3.2.2.1.1 Einfache Frakturen

Es wurden alle Operationen begutachtet, bei denen eine einfache und keine Mehrfragment-Fraktur operiert wurde. Nicht in die Datenauswertungen flossen also solche Operationen, bei denen sowohl eine einfache als auch eine Mehrfragment-Fraktur versorgt

wurde. Zudem wurden die in Tabelle 3-15 aufgeführten Codes wie zum Beispiel die Versorgung von Polytraumata oder Mehrfachverletzungen ausgeschlossen, da diese mit verlängerten Operationszeiten einhergehen können.

Tabelle 3-15: Untersuchte Operationen zur Versorgung einer einfachen Fraktur.

Eingeschlossene OPS ⁷		
5-791.2*		Durch Platte
5-791.3*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Schaftbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Winkelplatte/Kondylenplatte
5-791.k*		Durch winkelstabile Platte
5-793.3*		Durch Platte
5-793.4*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Winkelplatte/Kondylenplatte
5-793.k*		Durch winkelstabile Platte
Ausgeschlossene OPS		
5-78a	Revision von Osteosynthesematerial mit Reosteosynthese	
5-781.*	Osteotomie und Korrekturosteotomie	
5-784	Implantation von alloplastischem Knochenersatz (Spongiosaplastik)	
5-792.*	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Schaftbereich eines langen Röhrenknochens	
5-794.*	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	
5-981	Versorgung bei Mehrfachverletzung	
5-982.*	Versorgung bei Polytrauma	
8-310.*	Aufwendige Gipsverbände	

3.2.2.1.2 Mehrfragment-Frakturen

Neben den einfachen Frakturen wurden auch komplexe Frakturen in die Betrachtung einbezogen. Auch hier wurden Operationen mit verschiedenen Osteosyntheseverfahren (Platte, winkelstabile Platte) an verschiedenen Knochen und Knochenbereichen zusammengefasst (s. Tabelle 3-16). Neben solchen Operationen, bei denen sowohl eine einfache als auch eine Mehrfragment-Fraktur versorgt wurden, wurden weitere OPS-Codes ausgeschlossen, die nach medizinischem Verständnis mit einer verlängerten Operationszeit einhergehen könnten.

⁷ An der Stelle des Sternchens wird im OPS durch einen Buchstaben der versorgte Knochenbereich angegeben.

Tabelle 3-16: Untersuchte Operationen zur Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur.

Eingeschlossene OPS ⁸		
5-792.2*	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Schaftbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Platte
5-792.3*		Durch Winkelplatte/Kondylenplatte
5-792.k*		Durch winkelstabile Platte
5-794.2*	Offene Reposition einer Mehrfragment-Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Platte
5-794.3*		Durch Winkelplatte/Kondylenplatte
5-794.k*		Durch winkelstabile Platte
Ausgeschlossene OPS ⁹		
5-78a	Revision von Osteosynthesematerial mit Reosteosynthese	
5-781.* ⁸	Osteotomie und Korrekturosteotomie	
5-784	Implantation von alloplastischem Knochenersatz (Spongiosaplastik)	
5-791.*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Schaftbereich eines langen Röhrenknochens	
5-793.*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	
5-981	Versorgung bei Mehrfachverletzung	
5-982.*	Versorgung bei Polytrauma	
8-310.*	Aufwendige Gipsverbände	

3.2.2.2 Deskriptive Statistiken

3.2.2.2.1 Einfache Frakturen

Insgesamt wurden 280 Operationen ausgewertet. 65 davon wurden von Assistenzärzten, 186 von Fach-/Oberärzten und 29 von leitenden Ärzten mit Privatliquidation durchgeführt. Die deskriptive Statistik zeigt Tabelle 3-17.

⁸ Ein Sternchen gibt an, dass weitere Zeichen folgen können.

Tabelle 3-17: OP-Minuten: Versorgung einfacher Frakturen.

Versorgung einfacher Frakturen		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte	Leitende Ärzte
	n	65	186	29
	Min (min)	41	31	26
	Max (min)	242	524	174
	R (min)	201	493	148
	Med (min)	85	100,5	48
	M (min)	91,8	114,8	61,4
	SD (min)	32,1	70,6	37,0
	VarKoeffizient (%)	0,35	0,61	0,60

Die untersuchten Stichproben waren unterschiedlich groß. Fach-/Oberärzte operierten im Mittel am längsten (M = 114,8; SD ± 70,6). Zu beachten ist eine zum Teil mehr als doppelt so große Standardabweichung wie in den anderen Vergleichsgruppen. Am kürzesten wurde durchschnittlich in der Gruppe der leitenden Ärzte mit Privatliquidation operiert (M = 61,4; SD ± 37,0). Die minimalen Operationsdauern lagen im Vergleich nah zusammen, die maximalen Operationszeiten unterschieden sich deutlich. In der Gruppe der Fach-/Oberärzte wurde mit über 500 Minuten die längste Operationszeit erreicht.

Fach-/Oberärzte führten die Versorgung einer einfachen Fraktur zwischen 2017 und 2019 etwa dreimal so oft durch wie Assistenzärzte. Sie operierten im Schnitt 23 min länger als Assistenzärzte. Ärzte in leitender Position operierten durchschnittlich 30,4 min kürzer als Assistenzärzte.

3.2.2.2 Exemplarische Analyse der betrachteten Operationen

Im Folgenden wird in Ergänzung zu den vorherigen ein einzelnes Datenkollektiv begutachtet, um die Heterogenität der erhobenen Operationen zu untersuchen. Es werden Operationen beschrieben, bei denen eine einfache Fraktur eines langen Röhrenknochens durch eine Platte versorgt wurde. Die Tabelle 3-18 zeigt, wie häufig der jeweilige OPS-Code vorkam, nach dem gefiltert wurde.

Tabelle 3-18: Zusammensetzung des Studienkollektivs „einfache Fraktur“.

OPS			Anzahl
5-791.2*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Schaftbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Platte	43
5-791.3*		Durch Winkelplatte/Kondylenplatte	1
5-791.k*		Durch winkelstabile Platte	10
5-793.3*	Offene Reposition einer einfachen Fraktur im Gelenkbereich eines langen Röhrenknochens	Durch Platte	145
5-793.4*		Durch Winkelplatte/Kondylenplatte	1
5-793.k*		Durch winkelstabile Platte	82

Insgesamt umfasste eine Operation mindestens einen und maximal acht Codes. Neben den aufgeführten Filterkriterien wurden zusätzlich 112 verschiedene weitere Codes dokumentiert. Die Abbildung 3-3 zeigt eine Übersicht über die Art und Häufigkeit der jeweiligen Codes.

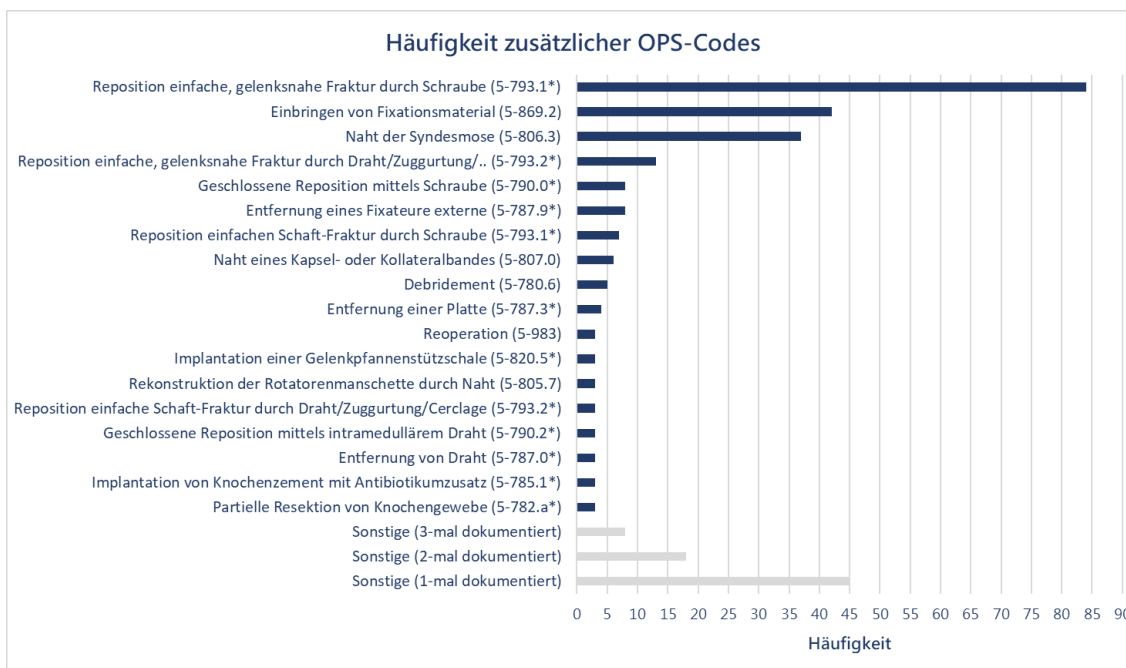


Abbildung 3-3: Häufigkeit zusätzlich dokumentierter OPS.

3.2.2.2.3 Mehrfragment-Frakturen

Das ausgewählte Studienkollektiv umfasste 747 Operationen. 101 wurden von Assistenzärzten, 608 von Fach-/Oberärzten und 38 von leitenden Ärzten mit Privatliquidation durchgeführt (s. Tabelle 3-19). Es zeigte sich, das Fach-/Oberärzte damit deutlich mehr Operationen absolvierten als andere.

Tabelle 3-19: OP-Minuten: Versorgung einfacher Frakturen.

Versorgung von Mehrfragment-Frakturen		Assistenz- ärzte	Fach-/ Oberärzte	Leitende Ärzte	
		n	101	608	38
		Min (min)	46	37	27
		Max (min)	245	495	420
		R (min)	199	458	393
		Med (min)	87	131	89
		M (min)	100,4	149,8	116,1
		SD (min)	40,0	74,1	87,4
		VarKoeffi- zient (%)	0,40	0,49	0,75

Auch bei den Mehrfragment-Frakturen zeigte sich, dass Fach-/Oberärzte kürzere Operationszeiten erreichten als Assistenzärzte, die wiederum im Mittel kürzer operierten (M = 100,4; SD ± 40,0). Die Standardabweichung war in der Gruppe der erfahrenen Ärzte mitunter doppelt so groß wie in der Gruppe der Assistenzärzte, was auf eine große Streuung der Werte zurückzuführen ist.

Zwischen 2017 und 2019 operierten Fach-/Oberärzte im Schnitt 49,4 min länger als Assistenzärzte. Leitende Ärzte operierten im Mittel 2 min länger als Assistenzärzte und 33,7 min kürzer als Fach-/Oberärzte. Die Operationszeiten in der Gruppe der Fach-/Oberärzte waren zudem breiter gestreut.

3.2.2.3 Orientierende Analyse der Patientenklientel anhand des PCCL-Werts

Der Vergleich von Operationszeiten führt unweigerlich zu der Frage, inwieweit Unterschiede im Patientenklientel innerhalb der Gruppen das Ergebnis beeinflussten. So können komplexe oder komorbide Patienten ein möglicher Grund für verlängerte Operationszeiten sein. Zudem kann vermutet werden, dass insbesondere in einer Uniklinik besonders solche Patienten operiert werden, die zum Beispiel von kleineren Häusern oder aus den Niederlassungen in ein zertifiziertes Zentrum überwiesen werden. Als Beispiel für eine relevante Komorbidität können zahlreiche stattgehabte Voroperationen oder Begleiterkrankungen wie Osteoporose angeführt werden. Dies führt zu der Frage, inwiefern sich die operierten Patientenklientele in den Vergleichsgruppen unterscheiden. Bereits in Kapitel 1.3.3 wurde dargestellt, dass der PCCL-Wert in der DRG-Systematik eine entscheidende Rolle für die Berechnung des DRG-Erlöses spielt. Er kann als Indikator für die Komplexität des Patienten interpretiert werden. Der PCCL-Wert kann die Werte null bis

sechs annehmen und berechnet sich über einen Algorithmus, der die Schweregrade der einzelnen Nebendiagnosen einbezieht. Da der PCCL-Wert vor dem Hintergrund des DRG-Abrechnungssystems berechnet wird ist zu beachten, dass er als erlösrelevante Kennzahl formal nicht die medizinische, sondern vor allem die ökonomische Fallschwere beschreibt. In einer chirurgischen Disziplin kann im Zusammenhang mit dieser Abfassung eine Korrelation der beiden Werte angenommen werden. Die operierten Patienten wurden hinsichtlich gängiger Kennzahlen wie dem PCCL-Wert, dem Alter sowie der Verweildauer untersucht. So können Vermutungen darüber angestellt werden, ob in der Gruppe der Assistenzärzte, Fach-/Oberärzte oder der leitenden Ärzte mit Privatliquidation unterschiedlich anspruchsvolle Patienten operiert wurden. Die Ergebnisse des Vergleichs der Operationszeiten können damit in einem größeren Kontext betrachtet werden.

3.2.2.3.1 Einfache Frakturen

Im Hinblick auf die Versorgung einfacher Frakturen zeigt sich, dass der durchschnittliche Patient in den Vergleichsgruppen variierte (s. Tabelle 3-20).

Tabelle 3-20: Kennzahlen zum durchschnittlichen Patienten bei Versorgung einer einfachen Fraktur.

	Assistenzärzte	Fach-/Oberärzte	Leitende Ärzte
n total	65	186	29
Ohne Eintrag in SAP⁹	18	28	2
PCCL			
Mittelwert (gerundete PCCL)	0,34	0,89	0,63
Mittelwert (nicht gerundete PCCL)	0,41	0,93	0,63
Alter			
Mittelwert	52	49	58
Verweildauer			
Mittelwert	8,4	8,9	6,8

So betrug der durchschnittliche PCCL-Wert (der nicht gerundeten Einzelwerte) in der Gruppe der Assistenzärzte 0,41, in der Gruppe der Fach-/Oberärzte hingegen 0,93. Der mittlere PCCL-Wert der durch leitende Ärzte mit Privatliquidation operierten Patienten lag bei 0,63. Das mittlere Alter sowie die durchschnittliche Verweildauer zeigten in den drei Gruppen nur geringe Unterschiede. Dem PCCL-Wert zufolge operierten leitende

⁹ Das OP-Managementsystem und SAP sind keine bidirektional kommunizierenden Systeme. Spätere Fallzusammenführungen führen u. a. dazu, dass Fallnummern in SAP nicht hinterlegt werden.

Ärzte ein komplexeres Patientenkollektiv als Assistenzärzte und ein weniger komplexes als Fach-/Oberärzte.

3.2.2.3.2 Mehrfragment-Frakturen

Für die Patienten mit einer Mehrfragment-Fraktur zeigten sich Unterschiede im durchschnittlichen PCCL-Wert (der nicht gerundeten Einzelwerte). So betrug der mittlere PCCL-Wert in der Gruppe der Assistenzärzte 0,69, in der Gruppe der Fach-/Oberärzte 1,25 und in der Gruppe der leitenden Ärzte 0,92 (s. Tabelle 3-21). Das mittlere Alter variierte nur wenig, wohingegen die durchschnittliche Verweildauer in der Gruppe der Assistenzärzte rund sechs bis sieben Tage unter den Werten der Vergleichsgruppen lag.

Tabelle 3-21: Kennzahlen zum durchschnittlichen Patienten bei Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur.

	Assistenzärzte	Fach-/Oberärzte	Leitende Ärzte
n total	101	608	38
Ohne Eintrag in SAP¹⁰	14	88	1
PCCL			
Mittelwert (gerundete PCCL)	0,69	1,24	0,86
Mittelwert (nicht gerundete PCCL)	0,71	1,25	0,92
Alter			
Mittelwert	58	56	63
Verweildauer			
Mittelwert	8,3	15,4	14,4

So zeigte sich bereits, dass in der Gruppe der Assistenzärzte die kürzesten Operationszeiten erzielt wurden. Die Fach-/Oberärzte operierten rund 50 min, die leitenden Ärzte etwa 15 min länger. Bei der Interpretation dieser Unterschiede muss berücksichtigt werden, dass das Patientenkollektiv in der Gruppe der Assistenzärzte weniger komplex war als in der Gruppe der leitenden Ärzte. Noch komplexer waren die Patienten im Durchschnitt in der Gruppe der Fach-/Oberärzte.

¹⁰ Das OP-Managementsystem und SAP sind keine bidirektional kommunizierenden Systeme. Spätere Fallzusammenführungen führen u. a. dazu, dass Fallnummern in SAP nicht hinterlegt werden.

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im ersten Teil dieser Studie wurden Operationen mit identischen OPS verglichen, im zweiten Teil wurden Operationen ausgewählter chirurgischer Teilbereiche anhand ausgewählter OPS-Codes konsolidiert. Einen Überblick über die mittleren Schnitt-Naht-Zeiten liefern Abbildung 3-4 und Abbildung 3-6.

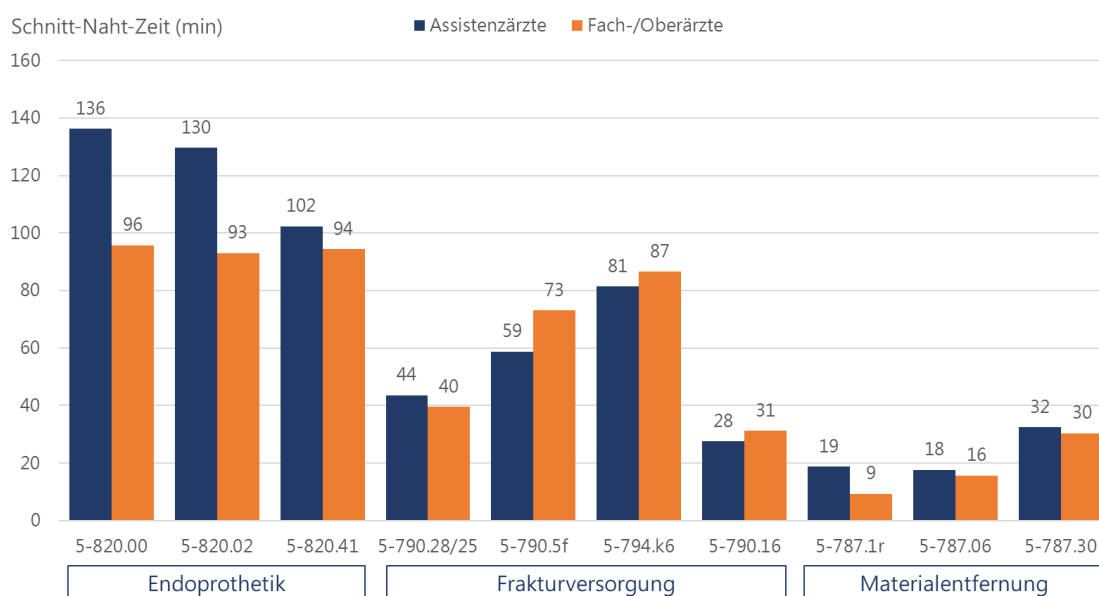


Abbildung 3-4: Durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeiten von Operationen mit identischen OPS.

Im Bereich der Hüft-Endoprothetik waren die Schnitt-Naht-Zeiten der Assistenzärzte für die untersuchten Eingriffe (5-820.00, 5-820.02, 5-820.41) länger als die der Fach-/Oberärzte. Die Implantation einer nicht zementierten Totalendoprothese an der Hüfte dauerte in der Gruppe der Assistenzärzte durchschnittlich 136 ± 24 min und in der Gruppe der Fach-/Oberärzten 96 ± 22 min, bei der teilzementierten Prothese waren es 130 ± 15 min bzw. 93 ± 26 min. Bei der Implantation einer zementierten Duokopfprothese betrug die mittlere Schnitt-Naht-Zeit der Assistenzärzte 102 ± 18 min, die der Fach-/Oberärzte 94 ± 27 min. Der Unterschied der Mittelwerte betrug für die Implantation einer Prothese folglich 40 min für die nicht zementierten Totalendoprothese, 37 min für die teilzementierte Totalendoprothese und 8 min für die zementierte Duokopfprothese.

Bei den untersuchten Operationsprozeduren zur Frakturversorgung (5-790.28/25, 5-790.5f, 5-794.k6, 5-790.16) operierten Assistenzärzte bei drei Operationsverfahren kürzer und einmal länger. Die durchschnittlichen Schnitt-Naht-Zeiten betragen in der Gruppe der Assistenzärzte 44 ± 18 min für die Reposition mittels intramedullären Drahts an Radius sowie Ulna, 59 ± 14 min für die Reposition mithilfe eines Marknagels am Femur, 81 ± 23 min für die Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur mithilfe einer winkelstabilen Platte am Radius und 28 ± 11 min für das Einbringen einer Zuggurtung/Cerclage am

Radius. In der Gruppe der Fach-/Oberärzte wurden die mittleren Schnitt-Naht-Zeiten mit jeweils 40 ± 14 min, 73 ± 38 min, 87 ± 29 min und 31 ± 18 min bestimmt. Hinsichtlich der Differenz der Mittelwerte war die Schnitt-Naht-Zeit der Assistenzärzte also 4 min länger bzw. 14 min, 6 min und 3 min kürzer, wobei lediglich der Unterschied von 14 min als signifikant eingestuft wurde.

Bei der Entfernung von Osteosynthesematerial zeigte sich ein ähnlicher Trend für die untersuchten Operationsprozeduren (5-787.1r, 5-787.06, 5-787.30). In der Gruppe der Assistenzärzte dauerte die Entfernung von Schraube(n) an der Fibula ($M = 19 \pm 11$ min), die Entfernung von Draht am Radius ($M = 18 \pm 17$ min) bzw. von einer Platte an der Klavikula ($M = 32 \pm 12$ min) im Durchschnitt länger als in der Gruppe der Fach-/Oberärzte ($M_{\text{Schraube}} = 9 \pm 7$ min; $M_{\text{Draht}} = 16 \pm 11$ min; $M_{\text{Platte}} = 30 \pm 11$ min). Die Unterschiede betragen damit 10 min, 2 min und 2 min, wobei nur ersterer als signifikant eingestuft wurde.

In der Zusammenschau operierten Fach-/Oberärzte bei sieben von zehn Operationsverfahren kürzer als unerfahrene, dreimal war es umgekehrt (s. Abbildung 3-5).

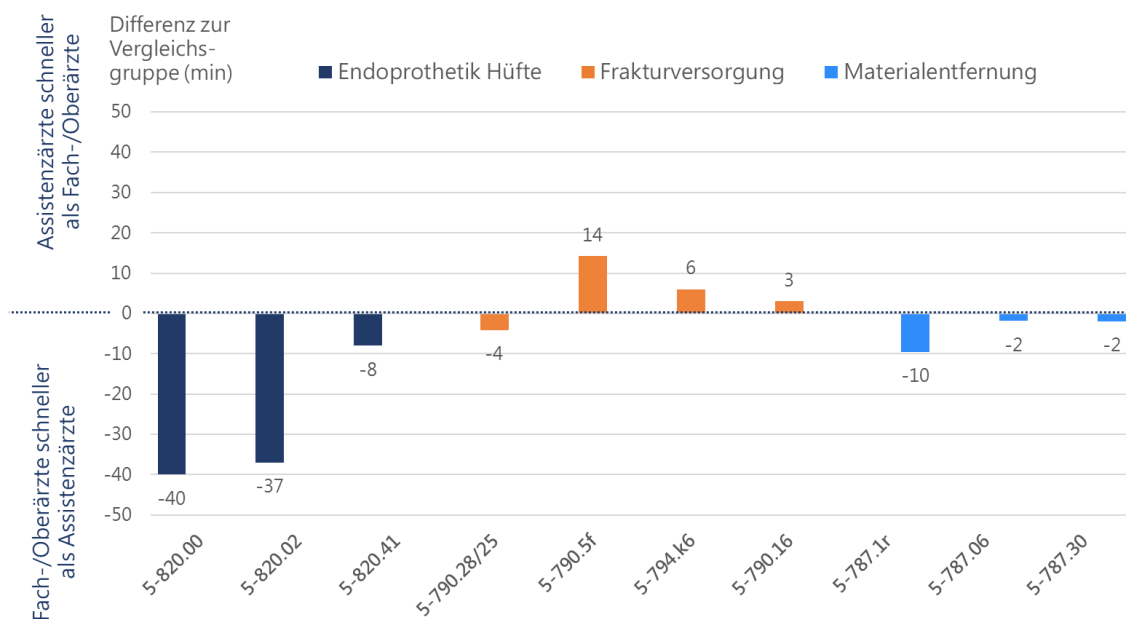


Abbildung 3-5: Unterschiede der Schnitt-Naht-Zeiten für Operationen mit identischen OPS-Codes.

Bei jeweils sechs Operationen mit ausreichender Stichprobenzahl wurden Signifikanztests durchgeführt. Insgesamt dreimal wurden die Unterschiede als signifikant eingestuft, weitere dreimal als nicht signifikant.

In der konsolidierten Betrachtung wurden für die drei untersuchten Teildisziplinen Endoprothetik, Frakturversorgung und Materialentfernung die in Abbildung 3-6 dargestellten Schnitt-Naht-Zeit erhoben.

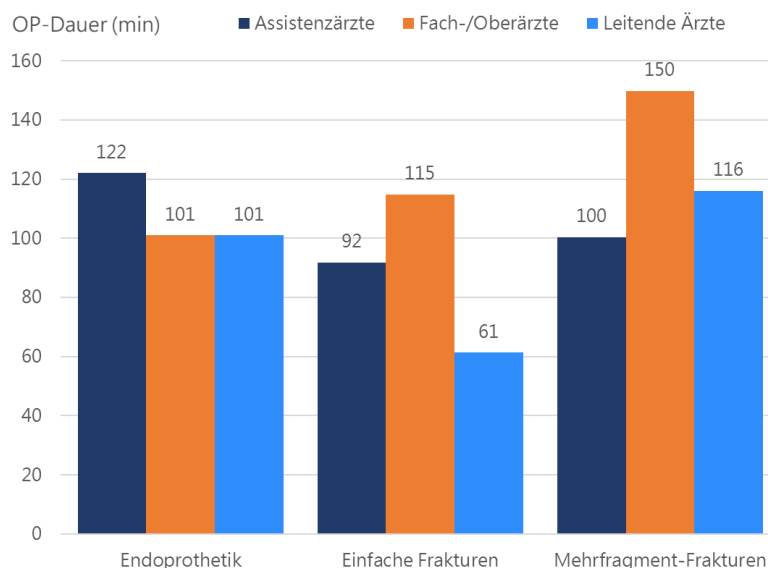


Abbildung 3-6: Durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeiten für chirurgische Teildisziplinen.

Die Implantation von Hüft-Prothesen dauerte bei Assistenzärzten ($M = 122 \pm 22$ min) im Schnitt 21 min länger als bei Fach-/Oberärzten ($M = 101 \pm 36$ min) und bei leitenden Ärzten mit Privatliquidation ($M = 101 \pm 57$ min). Die Spannweite der Schnitt-Naht-Zeiten war in der Gruppe der Assistenzärzte zudem deutlich geringer ($R = 105$ min) als bei den Fach-/Oberärzten ($R = 319$ min) und bei den leitenden Ärzten mit Privatliquidation ($R = 278$ min). Folglich operierten Assistenzärzte bei geringeren Abweichungen vom Mittelwert im Schnitt länger als die Vergleichsgruppen.

Für die Reposition einer einfachen Fraktur konnte gezeigt werden, dass Assistenzärzte ($M = 92 \pm 32$ min) 23 min kürzer operierten als Fach-/Oberärzte ($M = 115 \pm 71$), aber 31 min länger als leitende Ärzte mit Privatliquidation ($M = 61 \pm 37$). Bei der Analyse der Patientenklientel zeigte sich, dass die durchschnittliche Komplexität der durch Assistenzärzte operierten Patienten ($PCCL = 0,41$) geringer war als in den Vergleichsgruppen der Fach-/Oberärzte bzw. der leitenden Ärzte ($PCCL = 0,93$ bzw. $0,63$), wobei Alter und Verweildauer der Patienten ähnlich waren.

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Versorgung von Mehrfragment-Frakturen. Bei den Assistenzärzten betrug die durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeit 100 ± 40 min, bei den Fach-/Oberärzten 150 ± 74 min und bei den leitenden Ärzten mit Privatliquidation 116 ± 87 min. Assistenzärzte operierten folglich im Mittel 50 min bzw. 16 min kürzer als die Vergleichsgruppen. Auch hier waren die Patienten der Assistenzärzte weniger komplex ($PCCL = 0,71$) als die Patienten der Fach-/Oberärzte ($PCCL = 1,25$) und die der leitenden Ärzte mit Privatliquidation ($PCCL = 0,92$). Bei den Patienten der Assistenzärzte betrug die durchschnittliche Verweildauer 8 Tage, bei den Patienten der Fach-/Oberärzte und der leitenden Ärzte mit Privatliquidation hingegen 15 und 14 Tage.

Ein Trend hin zu kürzeren Operationszeiten bei erfahrenen Ärzten kann diskutiert werden.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Ergebnisse: Schnitt-Naht-Zeiten im Vergleich

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Studie eingriffsspezifisch diskutiert. Dabei ist zu beachten, dass sich die Assistenzärzte gemäß des in Kapitel 4.2 beschriebenen UMG-internen strukturierten Programms zur Weiterbildung von Ärzten mit großer Wahrscheinlichkeit in unterschiedlichen Stadien der Weiterbildung befanden.

4.1.1 Endoprothetik der Hüfte

Am deutlichsten waren die festgestellten Unterschiede im Bereich der Endoprothetik, sowohl bei der Einzelbetrachtung von Operationen mit identischen OPS als auch bei der konsolidierten Analyse einzelner Teildisziplinen. Für die hochstandardisierten endoprothetischen Eingriffe der Hüfte scheint es einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Dauer einer Operation und dem Erfahrungsgrad des Operateurs zu geben. So operierten Assistenzärzte im Durchschnitt länger als Fach-/Oberärzte.

Konkret operierten die Fach-/Oberärzte bei der Implantation einer Totalendoprothese am Hüftgelenk mit identischem OPS-Code durchschnittlich 40 min (nicht zementiert) bzw. 37 min (zementiert) kürzer als die Vergleichsgruppe der Assistenzärzte. Bei der Implantation einer Duokopfprothese (zementiert) war die durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeit 8 min kürzer. Diese Beobachtung stützt die These, dass der Erfahrungsgrad des Operateurs die Schnitt-Naht-Zeit beeinflusst. Auch in der konsolidierten Betrachtung konnte gezeigt werden, dass Assistenzärzte im Durchschnitt 21 min länger operierten als Fach-/Oberärzte und leitende Ärzte mit Privatliquidation. Die Ergebnisse stützen die vorherigen Beobachtungen.

Die Standardabweichungen waren in der Gruppe der Fach-/Oberärzte größer als in der Vergleichsgruppe. Eine mögliche Erklärung könnte die variierende Komplexität der Patienten sein, zum Beispiel bei erschwerten Operationsbedingungen durch Osteoporose o.ä. Durch das nicht randomisierte, retrospektive Studiendesign ist es als wahrscheinlich anzusehen, dass Assistenzärzte weniger komplexe Operationen übernahmen und Fach-/Oberärzte anspruchsvolle Operationen selbst durchführten. Welche Patienten die leitenden Ärzte mit Privatliquidation operieren, ist durch den Versicherungsstand des Patienten vorgegeben, eine Vorselektion der Operationen kam daher in dieser Vergleichs-

gruppe weniger zum Tragen. Diese und weitere Chancen und Limitationen des Studiendesigns werden in Kapitel 4.3 umfassender erläutert und kritisch hinterfragt.

Die endoprothetische Versorgung erfolgt in einem zertifizierten Zentrum wie der CUOP zunehmend nach standardisierten Prozessen. Es ist von einem positiven Effekt auf die Gleichartigkeit und folglich die Vergleichbarkeit der Operationsverfahren auszugehen. Zudem ist davon auszugehen, dass es sich bei den in der Ausbildung befindlichen Operateuren vorrangig um erfahrenere Assistenzärzte im vierten oder fünften Jahr der Weiterbildung handelt. So kann weiterhin angenommen werden, dass die operierenden Assistenzärzte schon fortgeschrittene medizinische und handwerkliche Kenntnisse erwerben konnten und über nicht unerhebliche Erfahrungen als Operateur verfügten. Insgesamt ist das Ergebnis mit der Forschungshypothese vereinbar, wonach erfahrene Ärzte kürzere Operationszeiten erzielen als weniger erfahrene Ärzte.

4.1.2 Frakturversorgung

Die Ergebnisse im Bereich der Frakturversorgung deuten darauf hin, dass Assistenzärzte im Mittel kürzere Schnitt-Naht-Zeiten erreichten als erfahrene Ärzte.

Bei Operationsverfahren zur Reposition von Frakturen mit identischen OPS operierten Assistenzärzte bei drei der vier betrachteten Operationsverfahren kürzer als Fach-/Oberärzte. Bei geschlossenen Repositionen durch Marknagel am Femur, offenen Repositionen einer Mehrfragment-Fraktur am distalen Radius durch winkelstabile Platte und geschlossene Repositionen einer Fraktur durch Draht oder Zuggurtung am distalen Radius lagen die Schnitt-Naht-Zeiten von Assistenzärzten 14 min, 6 min und 3 min unter den durchschnittlichen Operationszeiten eines Fach-/Oberarztes lag. Bei geschlossenen Repositionen einer Fraktur an Ulna- und Radiuschaft war die Schnitt-Naht-Zeit der Assistenzärzte im Schnitt 4 min länger.

Dass weniger erfahrene Operateure im betrachteten Zeitraum im Durchschnitt kürzere Operationszeiten erreichten als erfahrene Kollegen, zeigte sich in der Analyse von Operationen mit konsolidierten OPS bestätigt. So konnte festgestellt werden, dass Assistenzärzte bei der Reposition von einfachen als auch von komplexen Frakturen im Durchschnitt kürzere Schnitt-Naht-Zeiten erreichten als Fach-/Oberärzte. Bei der Reposition einer einfachen Fraktur betrug der Unterschied 23 min zwischen Assistenz- und Fach-/Oberärzten und 30 min zwischen Assistenzärzten und leitenden Ärzten mit Privatliquidation zugunsten der weniger erfahrenen Kollegen. In der Gruppe der leitenden Ärzte mit Privatliquidation dauerte die Versorgung einfacher Frakturen folglich deutlich kürzer als bei Assistenzärzten.

Wie bereits erläutert kann angenommen werden, dass leitenden Ärzte mit Privatliquidation durch den Anteil an privatversicherten Patienten ein heterogenes Patientenklintel operierten. Zur Bestätigung dieser Hypothese wurden weitere patientenbezogene Kennzahlen erhoben (s. Kapitel 3.2.2.3). Die Annahme bezüglich der Heterogenität der Patienten zeigte sich bestätigt. So war das (nicht gerundete) PCCL des durchschnittlichen Patienten in der Gruppe der Assistenzärzte mit 0,41 deutlich niedriger als bei den Patienten der Fach-/Oberärzte mit 0,93. Das PCCL des durchschnittlichen Patienten der leitenden Ärzte wurde mit 0,63 berechnet. Diese Beobachtung stützt die These, dass unerfahrene Kollegen weniger komplexe Patienten operierten als Fach-/Oberärzte und leitende Ärzte ein heterogenes Patientenklintel versorgten. Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass der PCCL-Wert im Zuge der Erlösberechnung ermittelt wird und folglich vorrangig eine ökonomische Fallschwere beschreibt. Sie darf folglich nur orientierend interpretiert werden und sollte im Nachgang vor einem medizinischen Hintergrund verifiziert werden.

Bei den Mehrfragment-Frakturen zeigte sich ebenfalls, dass Assistenzärzte im Durchschnitt die kürzeste Schnitt-Naht-Zeit erreichten. Dieser Umstand war auch der Tatsache geschuldet, dass in der Gruppe der leitenden Ärzte einige wenige Operationen länger dauerten als der Großteil der restlichen Operationen. Die mittlere Schnitt-Naht-Zeit der Assistenzärzte lag 49 min unter dem Wert in der Gruppe der Fach-/Oberärzte und 2 min unter dem in der Gruppe der leitenden Ärzte.

Auch für die Reposition einer Mehrfragment-Fraktur konnte nachgewiesen werden, dass die operierten Patienten unterschiedlich komplex waren. So waren das mittlere Alter sowie die durchschnittlichen Verweildauern ähnlich, lediglich die Verweildauer in der Gruppe der Assistenzärzte war etwa sechs bis sieben Tage kürzer als die der Patienten in den andern beiden Vergleichsgruppen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Patienten im Allgemeinen weniger komorbide waren oder die Frakturen weniger komplex und damit besser zu operieren waren. Gestützt wird diese These durch die Tatsache, dass der durchschnittliche (nicht gerundete) PCCL-Wert in der Gruppe der Assistenzärzte mit 0,71 deutlich niedriger war als mit 1,25 in der Gruppe der Fach-/Oberärzte. Der mittlere PCCL-Wert der durch leitende Ärzte operierten Patienten lag mit 0,92 dazwischen. Erneut ergaben sich Hinweise darauf, dass die Patientenklintel der leitenden Ärzte mit Privatliquidation heterogen war und nicht im Zuge der Operationsplanung vorselektiert wurde.

Festzuhalten ist, dass die durchschnittlichen Schnitt-Naht-Zeiten bei der Versorgung einer Fraktur sich nicht wie im Rahmen der Forschungshypothese angenommen verhielten, sondern dass unerfahrenere Ärzte bei einigen Operationsverfahren nachweislich kürzere Operationsdauern erzielten. Dies kann dadurch begründet werden, dass die Komplexität einer Fraktur variieren kann. So ist es auch Teil des Lehrauftrags, die Ärzte in

Weiterbildung mit geeigneten Patienten und Operationen zu konfrontieren. Frakturversorgungen sollen laut UMG eigenem Ausbildungsleitfaden im dritten Jahr durchgeführt werden. So handelt es sich beispielsweise bei dem in Kapitel 3.1.3.2 beschriebenen Eingriff einer geschlossenen Reposition mit Marknagel um einen typischen Ausbildungseingriff. Einfache Frakturen werden in der Praxis zudem regelmäßig von Assistenzärzten versorgt, komplexere Frakturen übernehmen in der Regel erfahrenere Ärzte. Es ist als wahrscheinlich anzusehen, dass unerfahrene Kollegen mit weniger anspruchsvollen Operationen betraut wurden und besonders komplexe Frakturen von Fach-/Oberärzten versorgt wurden.

Einschränkend kann diskutiert werden, inwiefern das Ergebnis möglicherweise als direkte Folge des retrospektiven Studiendesigns interpretiert werden kann. Wie bereits erwähnt erfolgte keine zufällige Zuordnung der Patienten bzw. Operationen. Vielmehr wurde in der Praxis im Vorfeld einer Operation eingeschätzt, ob der jeweilige Eingriff von einem Assistenzarzt durchgeführt werden kann. So wurden die Operationen, wie im klinischen Tagesgeschäft üblich, bereits im Zuge der Operationsplanung zugeteilt und damit vorselektiert. Vor diesem Hintergrund kann das Ergebnis auch dahingehend interpretiert werden, dass eine kompetenzorientierte Operationsplanung stattfand, sodass Assistenzärzte die ihnen zugeteilten Operationen in einem angemessenen Zeitrahmen bewältigen konnten. Gestützt wird diese Behauptung durch die Beobachtung, dass die Streuung der Einzelwerte in der Gruppe der Assistenzärzte zumeist in derselben Größenordnung lag wie bei den Fach-/Oberärzten, die mit ihrer Erfahrung und Expertise womöglich kompliziertere Operationen übernahmen.

Daraus ergeben sich neue Chancen. Die Methodik kann Indizien liefern, ob den Assistenzärzten geeignete Operationen zugeteilt wurden, die sie in einem angemessenen Zeitfenster absolvieren konnten. So kann geschlussfolgert werden, dass eine kompetenzorientierte Operationsplanung eine entscheidende Rolle spielen kann, um zeitliche Einbußen durch Lehrtätigkeit zu begrenzen. Unter ökonomischen Gesichtspunkten bestünde der entscheidende Punkt im Hinblick auf die klinische Effizienz folglich darin, die Komplexität einer Operation im Voraus möglichst genau einschätzen zu können und Assistenzärzte entsprechend ihrer Erfahrung und Möglichkeiten gezielt an geeignete Operationen heranzuführen. Auch im Sinne des Lehrauftrags und des klinischen Qualitätsmanagements erscheint es sinnvoll, die Kompetenz weiterzubildender Ärzte im Zuge der Operationsplanung zu berücksichtigen, insbesondere durch die Auswahl geeigneter Ausbildungseingriffe.

4.1.3 Materialentfernung

Bei der Entfernung von Osteosynthesematerial zeigte sich, dass erfahrene Ärzte im Schnitt eine kürzere Schnitt-Naht-Zeit erreichten als weniger erfahrene Kollegen. Fach-/Oberärzte erreichten in allen drei untersuchten Operationen kürzere mittlere Schnitt-Naht-Zeiten als Assistenzärzte. Die Unterschiede betragen 10 min für die Entfernung von Schrauben an der Fibula, 2 min für die Entfernung eines Drahtes am Radius sowie 2 min für die Entfernung einer Platte an der Klavikula. Die absoluten Unterschiede der mittleren Schnitt-Naht-Zeiten müssen vor dem Hintergrund interpretiert werden, dass die Entfernung von Osteosynthesematerial mit einer Dauer von rund 10 bis 30 min eine relativ kurze Operation darstellte.

Die Entfernung von Osteosynthesematerial ist ein typischer Ausbildungseingriff, mit dem Assistenzärzte gemäß UMG eigenem Weiterbildungsprogramm im zweiten Jahr der Facharztausbildung an die Rolle des Operators herangeführt werden. Die Ergebnisse bestätigen die Forschungshypothese, dass unerfahrene Ärzte länger operieren als erfahrene Kollegen.

4.2 Einordnung in das Weiterbildungsprogramm der CUOP

Für den Vergleich der Operationsdauern ist es von nicht unerheblicher Bedeutung, wie erfahren der operierende Assistenzarzt war bzw. in welchem Jahr der Facharztausbildung sich dieser befand. Für eine Einschätzung kann das Weiterbildungsprogramm der CUOP herangezogen werden. Das Weiterbildungsprogramm basiert auf der Weiterbildungsordnung der Ärztekammer Niedersachsen und dient als Leitfaden für die Ausbildung. Es enthält unter anderem Empfehlungen, in welchem Jahr der Facharztausbildung ein Arzt an unterschiedliche operative Schwerpunkte herangeführt wird. Tabelle 4-1 zeigt eine Übersicht über die untersuchten Operationen und das dafür empfohlene Ausbildungsjahr laut Weiterbildungskatalog (Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen). Es wird deutlich, dass der Ausbildungsstand und das Erfahrungslevel variieren.

Tabelle 4-1: Leitfaden für die Durchführung von Operationen durch Ärzte in der Facharztausbildung. (Quelle: Eigene Darstellung, Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen)

OPS	Bezeichnung Operation (kurz)	Jahr					
		1	2	3	4	5	6
5-820.00	Implantation einer Endoprothese am Hüftgelenk						
5-820.02							
5-820.41							
5-822.g1	Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk						
5-790.28	Frakturversorgung an der Ulna						
5-790.25							
5-790.5f	Frakturversorgung am Femur						
5-794.k6	Frakturversorgung am Radius						
5-790.16							
5-787.1r	Entfernung von Osteosynthesematerial an der Fibula						
5-787.06	Entfernung von Osteosynthesematerial am Radius						
5-787.30	Entfernung von Osteosynthesematerial an der Klavikula						

4.3 Chancen und Limitationen der Methodik

Zur Untersuchung der eingangs definierten Forschungsfrage wurde in dieser Studie ein retrospektives Vorgehen gewählt. Dazu wurden Daten aus drei vergangenen Jahren analysiert, die im klinischen Alltag standardmäßig erfasst werden. Aus dem gewählten Studiendesign ergibt sich das Risiko einer Stichprobenverzerrung. Im Folgenden werden mögliche Ursachen für eine Verzerrung der Stichprobe diskutiert.

Allem voran kann das Vorgehen zur Bildung von Vergleichsgruppen kritisch hinterfragt werden, denn im Zuge des retrospektiven Studiendesigns erfolgte eine nicht-zufällige Verteilung der Patientenfälle auf die Vergleichsgruppen. Welcher Arzt welchen Patienten operierte wurde im Zuge der Operationsplanung festgelegt, sodass an dieser Stelle eine Selektion stattfand. Aus diesem Grund wurden im zweiten Teil der Untersuchung neben Assistenz- und Fach-/Oberärzten auch leitende Ärzte mit Privatliquidation in die Betrachtung aufgenommen. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass durch die Struktur des deutschen Gesundheitssystems und die Möglichkeit der privaten Gesundheitsversicherung ein heterogenes Patientenkontinuum durch diese Ärzte operiert wurde und die Vorselektion

der Patienten durch die Operationsplanung in dieser Gruppe den Überlegungen nach weniger ins Gewicht fiel. Privatversicherte Patienten werden in der Regel von leitenden Ärzten mit Privatliquidation behandelt, sodass die Komplexität der Erkrankung als Selektionsfaktor vermutlich weniger zum Tragen kam. Es kann geschlussfolgert werden, dass die Patientenklientel in dieser Gruppe inhomogener war als in den anderen beiden Gruppen. Daraus ergeben sich auch neue Chancen der Methodik. Im Zuge der Operationsplanung beispielsweise kann eine bewusste, kompetenzorientierte Selektion von Ausbildungseingriffen erfolgen und so über die Maße verlängerten Operationszeiten vorbeugen. So können die Ergebnisse dieser Studie auch Hinweise darauf liefern, inwiefern eine solche kompetenzorientierte Operationsplanung gelungen ist.

Die Selektion der Patientenfälle erfolgte nach einem systematischen, automatisierten Vorgehen anhand der OPS-Kodierung in den Operationsprotokollen. Daraus ergibt sich die Einschränkung, dass die Patienten vorrangig im Hinblick auf die angewendeten Operationsverfahren untereinander vergleichbar sind. Andere Faktoren wie die Diagnosen können variieren. Im Hinblick auf die Zuführung eines Patienten zu einer bestimmten operativen Therapie kann jedoch angenommen werden, dass einem Patient mit einer bestimmten Erkrankung eine leitliniengerechte Therapie zukommt. Patienten, die nach konservativen Verfahren behandelt wurden, waren nicht Teil dieser Studie.

Eine zentrale Herausforderung dieser Studie war, vergleichbare Operationen zu identifizieren. Hierzu wurde die OPS-Systematik hinzugezogen, die medizinische Prozeduren abbildet und verschlüsselt. Sie erscheint damit als ein geeignetes Mittel, um gleichartige Operationen zu identifizieren. Aus diesem Vorgehen ergeben sich gleichzeitig auch potenzielle Limitationen der Studie. So ist unstrittig, dass die OPS-Systematik allem voran der Abrechnung medizinischer Leistungen dient und nur indirekt eine Aussage über die medizinische Vergleichbarkeit solcher Leistungen zulässt. Weiterhin wäre denkbar, dass zusätzliche OPS-Codes, insbesondere gemessen an der Gesamtdauer einer Operation, kaum einen Einfluss auf die Länge der Operation nehmen, zum Beispiel die Verwendung eines anderen, teureren und daher anders kodierten Implantats. Es besteht das Risiko, dass die Stichprobengröße systematisch verkleinert wurden. Diese möglichen Effekte kamen durch den Ein- bzw. Ausschluss definierter OPS-Codes im zweiten Teil der Untersuchung womöglich weniger zum Tragen. Inwiefern weitere OPS-Codes die Operationsdauer tatsächlich beeinflussen, bleibt dennoch offen. Einer möglichen Verzerrung der Stichprobe wirkte entgegen, dass insbesondere im Bereich der Endoprothetik standardisierten Prozessen gefolgt wird.

Selbst bei gleichem Operationsverfahren kann im Rahmen einer Untersuchung wie dieser keine vollständige Vergleichbarkeit der Operationen gewährleistet werden. So spielt die

tatsächliche Komplexität von Patienten bzw. Krankheitsbildern als Störvariable eine entscheidende Rolle. Um diese Fragestellung weiter zu untersuchen, sollten die Diagnosen nach ICD-10 Gegenstand weiterer Forschungsanstrengungen sein. Diese wurden vor dem Hintergrund der Stichprobengröße in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt und könnten in Zukunft weitere Rückschlüsse auf die medizinische Vergleichbarkeit der Patienten zulassen.

Weiterhin können zusätzliche Mitarbeiter im Operationssaal durch ihr Mitwirken die Operationszeit beeinflussen. So blieb der Qualifizierungsgrad des restlichen Personals in dieser Studie unberücksichtigt. Es erscheint einleuchtend, dass beispielsweise eine in der Ausbildung befindliche operationstechnische Assistenz im Vergleich zu einer erfahrenen und routinierten operationstechnischen Assistenz ebenfalls die Operationszeit beeinflussen kann. Auch weitere Mitarbeiter am Operationstisch könnten die Dauer einer Operation beeinflussen, zum Beispiel ein unerfahrener Arzt als erste Assistenz. So könnte im Nachgang zum Beispiel der Gleichzeitigkeitsfaktor untersucht werden. Er gibt an, wie viele Operateure im Durchschnitt zeitlich im Operationssaal gebunden sind (Busse 2016). Dieser könnte Rückschlüsse über die Lehrtätigkeit im Operationssaal zulassen.

Ein weiterer Aspekt ist die Frage, inwiefern der Erfahrungsgrad der Operateure in den Gruppen homogen ist und welche Konsequenzen eine Inhomogenität im Erfahrungslevel bedeuten kann. So erfolgte innerhalb der Gruppe der Assistenzärzte keine Unterscheidung zwischen Assistenzärzten beim Eintritt in das Berufsleben und Assistenzärzten kurz vor der Facharztprüfung. Bei der Interpretation der Ergebnisse wurde anhand des internen Weiterbildungsprogramms indirekt auf den Erfahrungsgrad des Arztes in Weiterbildung bei der jeweiligen Operation geschlossen. Welchen Einfluss das Weiterbildungsjahr auf die Dauer einer Operation nimmt, ist auch in der Literatur umstritten.

So werteten Wang et al. (2001) in einer retrospektiven Untersuchung mit 71 Patientenfällen die Operationszeiten von angehenden Chirurgen über einen Zeitraum von zwei Jahren aus. Die Autoren zeigten für den viszeralchirurgischen Ausbildungsseingriff einer laparoskopischen Cholezystektomie, dass es keinen relevanten Unterschied im Hinblick auf die Operationsdauer machte, im wievielten Jahr nach der Graduierung sich die Ärzte in Weiterbildung (orig.: *residents*) befanden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen die Autoren einer amerikanischen Studie mit über 110.000 Patienten (Papandria et al. 2012).

Zu einem anderen Ergebnis kamen die Autoren einer amerikanischen Studie, in der die laparoskopische Operation einer Leistenhernie untersucht wurde (Hernández-Irizarry et al. 2012). Hier konnte gezeigt werden, dass sich ein höheres Ausbildungsjahr im Sinne einer kürzeren Operationsdauer auswirkte. Die Unterschiede zwischen Postgraduates Year (PGY) 1 und $PGY \geq 5$ betragen 9 min (Hernández-Irizarry et al. 2012). In einer anderen Studie wurde festgestellt, dass Assistenzärzte am Anfang der Weiterbildung (orig.:

Junior-level residents) im Zusammenhang mit längeren Operationszeiten bei Mastektomien standen, dieser Effekt aber bei erfahrenen Weiterbildungsassistenten, genauer PGY 4 und PGY5, verschwand (Chamberlain et al. 2012).

Der Einfluss, den das Weiterbildungsjahr auf die Dauer einer Operation nimmt, bleibt folglich umstritten. So bedarf es in Zukunft weiterer Untersuchungen, um diese Frage beantworten zu können.

Weiterhin muss zur Diskussion gestellt werden, inwiefern die Dokumentation der Operationen im klinischen Alltag Einfluss auf das Ergebnis genommen hat. So waren die betrachteten Operationen in gewisser Weise dadurch vorselektiert, dass der Operateur selbst die Dokumentation und Kodierung vornahm. Fehler oder Abweichungen in der Dokumentation können nicht gänzlich ausgeschlossen und im Nachgang nicht mehr rückverfolgt werden, zum Beispiel wenn nicht alle relevanten Codes erfasst wurden oder wenn verschiedene Ärzte dieselbe Operation unterschiedlich kodierten. Ein Arzt könnte beispielsweise für dieselbe Operation nur einen OPS kodieren, wohingegen ein anderer Arzt noch einen weiteren hinzugefügt haben könnte, zum Beispiel die Versorgung von Weichteilschäden. Dem wirkte die Tatsache entgegen, dass die klinische Dokumentation nach einem einheitlichen, festgeschriebenen und stetig der internen Prüfung unterzogenen System erfolgte. Die Kodierung durch die Ärzte wird zudem regelmäßig durch einen fachkundigen Mitarbeiter aus dem Controlling überprüft. Nicht abschließend geklärt werden konnte außerdem die Frage, wie genau eine Operation dokumentiert wurde, die durch einen Assistenzarzt begonnen und durch einen Fach-/Oberarzt beendet wurde.

Da für die Studie eine umfängliche Dokumentation aus den Jahren 2017 bis 2019 vorlag, konnte die Ist-Situation bezogen auf die betrachteten Jahre und für die analysierten Operationen im Hinblick auf die Forschungsfrage zielführend erhoben werden. Inwiefern die festgestellten Unterschiede auf eine größere Grundgesamtheit übertragbar sind, wurde durch die durchgeführten Signifikanztests nur orientierend geprüft. Ob das Ergebnis auf die gesamte Klinik oder gar andere Abteilungen oder Häuser übertragbar ist, sollte Gegenstand weiterer Forschungsanstrengungen sein. Bis dato können Rückschlüsse auf die Gesamtheit aller Operationen nur vermutet werden. Im Allgemeinen ist festzuhalten, dass die Stichprobengröße ein limitierender Faktor zugunsten der Genauigkeit war. So könnte die durchgeführte Analyse in Zukunft wiederholt werden, womit sich die Datenlage schnell, günstig und effektiv erweitern ließe.

Insgesamt müssen die Ergebnisse unter der Einschränkung interpretiert werden, dass durch das gewählte methodische Vorgehen kausale Zusammenhänge lediglich untersucht, nicht jedoch eindeutig bewiesen werden können. Hierzu bedarf es im besten Fall einer kontrollierten, randomisierten Fallkontrollstudie. Die Durchführung einer Studie

dieser Art ist unter Achtung des Patientenwohls und der in Deutschland geltenden rechtlichen Bestimmungen wie Wahlleistungen im Sinne einer Chefarztbehandlung oder dem System der privaten Krankenversicherung erschwert. Zudem birgt eine retrospektive Analyse das Risiko, dass Störvariablen nicht vollständig oder gar nicht erfasst werden.

4.4 Klinischer Output im Zusammenhang mit dem Erfahrungsgrad des Operateurs

Die zunehmende Ökonomisierung des Gesundheitssystems führt zu einem steigenden Effizienzdruck auf Seiten der Leistungserbringer. Unter diesen Bedingungen ist die Investition von Zeit und Ressourcen in die Weiterbildung ärztlichen Personals eine besondere Herausforderung. In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche Studien veröffentlicht, die sich mit dem Zusammenhang zwischen der Lehrtätigkeit und der Produktivität eines Krankenhauses befassen. In der Literatur zeichnet sich hinsichtlich dieser Fragestellung ein eindeutiger Trend ab, der unabhängig von der Tatsache ist, ob operative oder konservativ geprägte Fächer untersucht wurden.

Zahlreiche Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass der klinische Output mit zunehmender Lehrtätigkeit eines Hauses sinkt (Bridges und Diamond 1999; Schröder und Welcker 2010; Vinden et al. 2016). So verglichen Bridges und Diamond (1999) in einer großen amerikanischen Studie diverse, meist allgemeinchirurgische Operationen, bei denen Weiterbildungsassistenten (orig.: *resident*) anwesend waren. Gemessen wurde die Zeit zwischen dem dokumentierten Schnitt und dem Zeitpunkt, zu dem der Saal verlassen wurde (orig.: *left-room-time*). Bei 46 verschiedenen Eingriffsarten und insgesamt fast 15.000 untersuchten Patientenfällen betrug die mittlere Operationsdauer 103 min, wenn ein Weiterbildungsassistent den Eingriff durchführte im Vergleich zu 61 min ohne einen anwesenden Weiterbildungsassistenten. In 16 Kategorien war es umgekehrt.

Auch für den Bereich der Orthopädie und Unfallchirurgie wurden einige Studien im Hinblick auf diese Fragestellung veröffentlicht, die das Ergebnis dieses Studienvorhabens stützen. So wurde in einer deutschen Studie, in der ebenfalls die Schnitt-Naht-Zeit von Eingriffen mit verschiedenen erfahrenen Operateuren untersucht wurde, im Mittel eine um 19,75 % verlängerte Schnitt-Naht-Zeit (0,03 bis 54,77 % je nach Eingriff) bei unerfahrenen Operateuren festgestellt (Pförringer et al. 2017).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Zenk et al. (2012) in einer weiteren deutschen Studie, die Implantationen von Hüft-Endoprothesen an der Klinik der Universität Rostock untersuchte. Insgesamt wurden 871 Eingriffe analysiert, bei denen ein identisches Implantatsystem über einen anterolateralen Zugang eingebracht wurde. In der Studie wurden

die Operateure in drei Gruppen unterteilt: die erfahrensten Operateure (mehr als 1000 Hüft-Implantationen durchgeführt), die erfahrenen Operateure (zwischen 150 und 1000 Hüft-Implantationen durchgeführt) sowie die weniger erfahrenen Operateure (weniger als 50 Hüft-Implantationen durchgeführt). Die Operationen wurden, ähnlich wie in dieser Abfassung, anhand der Schnitt-Naht-Zeit analysiert und gruppiert. Die Autoren stellten einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Operationsdauern zwischen den erfahrensten und den erfahrenen Operateuren sowie zwischen den erfahrenen und den weniger erfahrenen Operateuren fest. Die erfahrensten Operateure waren rund 18 min schneller als die erfahrenen Operateure (bzw. Fachärzte) und etwa 30 min schneller als die weniger erfahrenen Operateure (Zenk et al. 2012). In einer zweiten Studie führten Zenk et al. (2014) diese Untersuchung im Rahmen einer erweiterten Fragestellung erneut durch. Bei insgesamt 1129 untersuchten Operationen betrug die Mittelwerte in der Gruppe der erfahrensten Operateure $53,2 \pm 17,6$ min, bei den erfahrenen Operateuren $74,5 \pm 25,5$ min und $80,8 \pm 21,9$ min bei den weniger erfahrenen Operateuren (Zenk et al. 2014).

Eine Studie aus dem Jahr 2011 kam für die Implantation einer Hüft- bzw. Knieprothese zu einem ähnlichen Ergebnis (Schmitt et al. 2011). Die der Analyse der Schnitt-Naht-Zeit bei 353 Fällen ergab einen signifikanten Unterschied von 15 min für die Hüft- und 13 min für Knieprothese (Schmitt et al. 2011).

Andere Forschungsvorhaben stützen folglich die Hypothese, dass der Erfahrungsgrad des Operateurs die Operationszeit beeinflusst.

Auch in anderen Ländern scheint die Tendenz in der Literatur in eine eindeutige Richtung zu weisen. Farnworth et al. (2001) untersuchten in den USA rückblickend insgesamt 53 Fälle einer arthroskopischen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Die Autoren errechneten einen signifikanten Unterschied der mittleren Operationsdauer von rund 43 min. Gemessen wurde die Zeitspanne zwischen der Schnitt-Zeit und der postoperativen Verbandsanlage (orig.: *postoperative dressing*) (Farnworth et al. 2001). Insgesamt wurden 21 Fälle durch einen Lehrkörper (orig.: *attending faculty*) und 32 Fälle durch zwei fortgeschrittene Assistenzärzte (orig.: *senior orthopaedic resident*) durchgeführt.

Auch Pugely et al. (2014) zeigten in einer Studie mit über 66.000 Patientenfällen, dass die Operationszeiten verlängert waren, wenn Ärzte in Weiterbildung (orig.: *residents*) involviert waren. Die Autoren untersuchten totale Hüft-Arthroplastiken, Arthroskopien, Wirbelsäulenoperationen sowie Traumata der unteren Extremität (Pugely et al. 2014).

Die Autoren einer englischen Studie beschrieben ein ähnliches Ergebnis, bei der rund 1500 Hüft-Implantationen in sieben verschiedenen Zentren analysiert wurden, (Palan et al. 2009). Es konnten signifikante Unterschiede hinsichtlich der Operationszeit zwischen Trainers und Trainees nachweisen (Palan et al. 2009).

Singh et al. (2019) veröffentlichten eine Metaanalyse, derzufolge Ärzte in Ausbildung (orig.: *supervised trainees*) für eine totale Hüftarthroplastik 12,9 min länger benötigten als erfahrene Ärzte. Auch Woolson und Kang (2007) wiesen signifikant verlängerte Operationsdauern für arthroplastische Operationen an Knie und Hüfte nach.

Ebenso konnte für die Wirbelsäulenchirurgie in drei retrospektive Studien mit über 1400, 5600 bzw. 3200 Patienten gezeigt werden, dass Operationszeiten signifikant länger waren, wenn Weiterbildungsassistenten involviert waren (Kim et al. 2016; Yamaguchi et al. 2018; Phan et al. 2019).

In Ergänzung zu den vorherigen Ausführungen belegen mehrere Studien, dass die mediane Operationsdauer sinkt, je mehr endoprothetische Operationen ein Arzt jährlich durchführt (Kreder et al. 1997; Solomon et al. 2002; Ong et al. 2009).

Besonders viele Studien zu dem Thema wurden für viszeralchirurgische Operationen veröffentlicht. So konnte eine Studie mit über 115.000 untersuchten Patientenfällen zeigen, dass Ärzte in der Ausbildung (PGY 1-2 sowie PGY 3-5) etwa 16 min länger für gängige allgemeinchirurgische Operation benötigten als erfahrene Ärzte (Papandria et al. 2012). Signifikante Unterschiede konnte auch eine retrospektive Analyse prospektiv erhobener Daten für vier verschiedene Operationsverfahren feststellen (Babineau et al. 2004). Die Autoren verglichen die Operationszeiten von vier erfahrenen Chirurgen mit und ohne Weiterbildungsassistenten im 3. Jahr (engl.: *PGY3 resident*). Für Leistenhernienoperationen, laparoskopische Cholezystektomien, Teilresektionen des Kolons sowie die Thrombendarteriektomien der Karotis wurden im Beisein des Arztes in Weiterbildung verlängerte Operationszeiten nachgewiesen (Babineau et al. 2004).

Weitere Studien belegen diesen Effekt für der Eingriff einer laparoskopischen Cholezystektomie, die Appendektomie und die Operation von Hernien (Koperna 2004; Kauvar et al. 2006; Advani et al. 2012; Hernández-Irizarry et al. 2012; Siam et al. 2017). Koperna et al. (2004) belegten in ihrer prospektiven Studie mit über 500 Patienten, dass die intraoperativen Prozesszeiten für die laparoskopische Entfernung der Gallenblase sowie für die offene Leistenhernienoperation in Abhängigkeit vom Chirurgen und der Unterweisung eines in der Ausbildung befindlichen Chirurgen signifikant länger waren.

Auch für andere Fachrichtungen existieren Studien, die längere Operations- und Prozesszeiten bei weniger erfahreneren Ärzten belegen, zum Beispiel für die Radiologie, Pädiatrie, Gynäkologie sowie Hals-Nasen-Ohren- oder Augenheilkunde (Rathat et al. 2008; Lee et al. 2009; Hernández-Irizarry et al. 2012; Hosler et al. 2012; Hosler et al. 2012; Puram et al. 2015).

Zusammenfassend liefern diverse Studien Hinweise darauf, dass intraoperative Prozesszeiten verlängert sein können, wenn Weiterbildung im Operationssaal stattfindet. Zudem

wird deutlich, dass diese Thematik für die Allgemeinchirurgie, insbesondere für laparoskopische Eingriffe, weitaus besser untersucht zu sein scheint als für die Orthopädie und Unfallchirurgie.

Es erscheint schlüssig, dass aus verlängerten intraoperativen Prozesszeiten eine vermehrte Personalbindung resultiert und der klinische Output in der Folge sinken kann. Das gilt insbesondere dann, wenn weniger erfahrene Ärzte im Vergleich zu routinierten Kollegen zusätzlich eine geringere Effizienz bei der Stationsarbeit aufweisen. Einige Stimmen kritisieren, dass solche Mehraufwendungen durch Lehrtätigkeit nicht im DRG-System berücksichtigt werden (Bauer et al. 2007; Schröder und Welcker 2010).

4.5 Der Einfluss von Lehrtätigkeit auf die Qualität einer Operation

Im Sinne des Patientenwohls stehen allen ökonomischen Perspektiven gleichwohl auch medizinische Überlegungen gegenüber. Dabei spielt neben der Dauer einer Operation auch die Qualität eine wesentliche Rolle für das jeweilige Haus und nicht zuletzt für den Patienten. Heilungsverlauf, postoperative Komplikationen oder eine längere Verweildauer beispielsweise können die Behandlungskosten maßgeblich beeinflussen.

Der Faktor Qualität wurde in dieser Studie nicht gesondert betrachtet und kann die ökonomischen Auswirkungen der festgestellten Unterschiede beeinflussen. In einem Teilbereich dieser Studie wurde lediglich auf die Verweildauer der Patienten eingegangen, die einen indirekten Schluss über den stattgehabten Heilungsverlauf zulassen könnte. Der Zusammenhang zwischen Verweildauer und Komplikationen ist jedoch nicht eindimensional. Im Nachgang könnte folglich die Komplikationsrate der Patienten in den unterschiedlichen Gruppenkollektiven weitergehend untersucht werden.

Andere Forschungsvorhaben widmeten sich bereits dieser Frage und können in dieser Hinsicht eine Einschätzung über den Zusammenhang zwischen Erfahrungsgrad des Operateurs und Qualität einer Operation ermöglichen. So herrscht in der Literatur kein Konsens über den Zusammenhang zwischen Komplikationen und Qualifikation des Operateurs. Aus mehreren Untersuchungen geht hervor, dass Morbidität und Mortalität im Krankenhaus im Zusammenhang mit der Expertise des Personals stehen (Bell und Redelmaier 2001; Cram et al. 2004; Englesbe et al. 2007; Shuhaiber et al. 2008; Pauls et al. 2017). Pugely et al. (2014) analysierten in einer retrospektiven Studie mit über 66.000 Patientenfällen den Einfluss von Ärzten in Weiterbildung (orig.: *residents*) auf die Resultate verschiedener orthopädischer Eingriffe. Dabei wurden u. a. schwerwiegende wie

weniger schwerwiegende postoperative Komplikationen (orig.: *major/minor morbidity*) bis 30 Tage nach dem Eingriff analysiert. Die Autoren schlossen darauf, dass kein Zusammenhang zwischen Ärzten in Weiterbildung und schwerwiegenden Komplikationen und Mortalität bestand, jedoch Unterschiede bei weniger schwerwiegende Komplikationen zu diskutieren sind. Singh et al. (2019) verglichen in einer Metaanalyse bis zu ein Jahr postoperativ die Resultate von totalen Arthroplastiken der Hüfte, die durch Ärzte in Ausbildung (orig.: *supervised trainees*) oder durch Fachärzten (orig.: *consultant surgeons*) durchgeführt wurden. Es wurde kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Revisions- und Dislokationsrate, tiefe Infektionen oder die Verweildauer festgestellt (Singh et al. 2019). Mehrere Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass Ärzte in Ausbildung bei guter Betreuung ähnliche Ergebnisse erzielten wie erfahrene Kollegen, wenngleich Ärzte in Ausbildung etwas mehr Zeit für eine Operation benötigten (Lederer und Müller 2001; Singh et al. 2019).

Eine Studie von Woolson und Kang (2007) zeigte ebenfalls, dass die Teilnahme von Weiterbildungsassistenten (orig.: *residents*) in keinem Zusammenhang mit steigenden Komplikationsraten von Hüft- und Knie-Arthroplastiken stand. In einer anderen retrospektiven Arbeit mit rund 43.000 Patientenfällen wurde wiederum festgestellt, dass für die Arthroplastik von Knie und Hüfte eine leichte Erhöhung des Risikos für Komplikationen bis 30 Tage post-OP bestand, wenn Ärzte in Weiterbildung (orig.: *residents*) involviert waren (Schoenfeld et al. 2013). Für andere orthopädische Eingriffe wie Operationen der Wirbelsäule, Amputationen, Rekonstruktionen des vorderen Kreuzbandes und handchirurgischer Eingriffe bestand laut den Autoren dagegen keine Korrelation. Weitere Studien kamen für den Bereich der Wirbelsäulenchirurgie zu einem ähnlichen Ergebnis (Kim et al. 2016; Phan et al. 2019). Eine andere Untersuchung hingegen zeigte für die Fusion der Lendenwirbelsäule ein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen bis 30 Tage nach dem Eingriff, wenn Weiterbildung im OP-Saal stattfand (Yamaguchi et al. 2018).

Auch eine ältere Studie aus dem Jahr 1994 analysierte mittels multivariater Verfahren mögliche Einflüsse auf die Revisionsraten von Hüftprothesen (Johnsson et al. 1994). In der zehn- bis zwanzigjährigen Verlaufsbeobachtung stand die Unerfahrenheit des Operateurs in keinem wesentlichen Zusammenhang mit der mechanischen Lockerung der Implantate (Johnsson et al. 1994). Eine systematische Literaturrecherche durch Giordano et al. (2019) ergab, dass bei zumeist in den USA durchgeführten Studien nur eine schwacher Zusammenhang zwischen dem Ergebnis eines orthopädischen Eingriffs und der Anwesenheit eines Arztes in Weiterbildung (orig.: *resident*) bestand.

Auch Untersuchungen in Deutschland zeigen kein einheitliches Ergebnis. Schliemann et al. (2009) führten eine solche Untersuchung für die Implantation von Duokopfprothesen durch. Sie konnten einen nicht-signifikanten Unterschied in den Komplikationsraten

feststellen, die 6,25 % bei den Ober- bzw. Chefärzten und 9,56% bei den Assistenzärzten betrogen. Vielmehr stellten die Autoren einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Komplikationen und der Durchführung einer Operation während des Bereitschaftsdienstes fest. Eine an der Uniklinik Rostock durchgeführte Untersuchung stellte hingegen ein erhöhtes Risiko für Komplikationen fest, wenn ein Assistenzarzt operierte (Steinig 2014). In Ergänzung zu den Ausführungen sei erwähnt, dass in zahlreichen Studien in der Vergangenheit beobachtet wurde, dass eine steigende Anzahl durchgeführter Eingriffe eines Operators mit einer sinkenden Rate für Komplikationen wie Revisionen oder Dislokationen einherging (Fackler und Poss 1980; Unwin und Thomas 1994; Marston et al. 1996; Kreder et al. 1997; Solomon et al. 2002; Losina et al. 2004; Battaglia et al. 2006; Katz et al. 2007; de Vries et al. 2011).

Für die Viszeralchirurgie legen Studien nahe, dass Ärzte in Weiterbildung bei laparoskopische Cholezystektomien, laparoskopische Appendektomien oder Hernienoperationen nicht zu einem signifikanten Unterschied im Hinblick auf Komplikationen führten (Crolla et al. 1997; Hernández-Irizarry et al. 2012; Loiero et al. 2017; Siam et al. 2017).

Es wird deutlich, dass die Studienlage in dieser Beziehung nicht eindeutig ist. Zudem erscheint es wahrscheinlich, dass der Einfluss von Ärzten in Weiterbildung auf die Qualität einer Operation von Haus zu Haus verschieden sein kann. Unabhängig davon ist es von zentraler gesellschaftlicher Bedeutung, den Stellenwert der ärztlichen Weiterbildung in der medizinischen Versorgung zu stärken. Dies erfordert nicht zuletzt auch eine öffentliche, politisch-gesellschaftliche Diskussion.

4.6 Ausblick hinsichtlich der ökonomischen Tragweite von Lehrtätigkeit

Die Frage nach verlängerten Schnitt-Naht-Zeiten wird vor dem Hintergrund der möglichen ökonomischen Tragweite, insbesondere in Krankenhäusern mit Ausbildungsschwerpunkt, immer wieder gestellt. So wird ein Zusammenhang zwischen der Dauer einer Operation und den entstehenden Kosten angenommen. Andere Studien bemühten sich bereits darum, von dem relativ einfach zu erhebenden Parameter der Operationsdauer auf die Mehrkosten von Lehre zu schließen (Bridges und Diamond 1999; Göbel et al. 2013; Pfürringer et al. 2017). In dieser Studie wurde bewusst Abstand davon genommen, die gemessenen zeitlichen Unterschiede mit einem monetären Wert zu versehen. Grund dafür war, dass die Bestimmung des finanziellen Mehraufwands für medizinische Ausbildung eine besondere Herausforderung darstellt und durch viele Faktoren beeinflusst wird. So kann beispielsweise angeführt werden, dass Assistenzärzte zwar länger

operieren, wohl aber eine geringere Vergütung für ihre Tätigkeit erhalten als ein Facharzt (Schröder und Welcker 2010). Diese und viele weitere Einflussfaktoren erschweren die monetäre Quantifizierung von Ausbildung.

Andernorts wurden bereits Forschungsanstrengungen unternommen, um die entstehenden Kosten eines Hauses mit Ausbildungsschwerpunkt mit denen eines Hauses ohne Lehrtätigkeit zu vergleichen. In einigen amerikanischen Studien wurde festgestellt, dass in den untersuchten Lehrkrankenhäusern die durchschnittlichen Behandlungskosten bzw. Krankenhauskosten erhöht waren und die Ausbildungskosten einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an den Gesamtausgaben hatten (Mechanic et al. 1998; Dobson et al. 2002; Koenig et al. 2003). Die Ergebnisse sind in dem Wissen zu interpretieren, dass die Berechnung von monetären Werten immer auch dem national gültigen System für die Abrechnung medizinischer Leistungen unterliegt. Inwiefern diese Berechnungen auch auf das deutsche Gesundheitssystem übertragen werden können, bleibt fraglich. Lassen sich die Gesamtkosten eines Krankenhauses vergleichsweise leicht und hinreichend genau erheben, gestaltet sich eine differenzierte Kostenanalyse schwierig. So bemühten sich einige veröffentlichte Studien, die Kosten von Weiterbildung durch einen solchen kalkulatorischen Ansatz zu bestimmen, zum Beispiel die Kosten für eine Facharztausbildung. Schröder und Krones (2012) kritisieren in ihrem Aufsatz zurecht, dass kaum belastbare Methoden zur Kalkulation von Ausbildungskosten existieren. Als Gründe hierfür führen sie an, dass im klinischen Alltag nicht transparent zu trennen ist, wo die ärztliche Tätigkeit aufhört und Weiterbildung anfängt. Die Autoren empfehlen, zwecks mangelnder Alternativen verschiedene messbare Einzelfaktoren, zum Beispiel die Morbidität, die Mortalität oder den Faktor, sowie deren Einfluss auf die entstehenden Kosten zu untersuchen.

An dieser Stelle sei auch das Ergebnis einer deutschen Studie angeführt, in der eine DRG-konforme Kalkulation durchgeführt wurde, um die Erlöse für eine OP-Minute zu bestimmen (Waeschle et al. 2016). Die Autoren führen an, dass die Kosten und Erlöse einer OP-Minute sich je nach einbezogenen Kostenarten deutlich unterscheiden können.

Vor diesem Hintergrund scheint es wenig zielführend, die Kosten von Ausbildung anhand des Produktes von Operationsminuten und Kosten pro OP-Minute festzumachen. Selbst der Vergleich verschiedener Studien zu diesem Thema erscheint schwierig, wenn die Kosten auf unterschiedlichen Wegen kalkuliert wurden. So weichen die kalkulierten Kosten für die chirurgische Weiterbildung in zwei unterschiedlichen amerikanischen Studien mit 80.000 bzw. 220.000 US-Dollar weit voneinander ab (Williams et al. 2009; Webb et al. 2010). Eine deutsche Studie von Pförringer et al. berechnete die operativen Mehrkosten anhand der verlängerten Schnitt-Naht-Zeiten für einen Arzt in der Facharztausbildung mit

5500 Euro pro Jahr bzw. rund 34.000 Euro über sechs Jahre (Pförringer et al. 2017). In einer älteren, viel zitierten Studie summierten Bridges und Diamond (1999) die zusätzlichen OP-Minuten für Operationen, die durch Weiterbildungsassistenten (orig.: *residents*) durchgeführt wurden und errechneten für die vierjährige Ausbildung Mehrkosten von insgesamt fast 48.000 Dollar pro Weiterbildungsassistenz (Bridges und Diamond 1999). Auch wenn sich der Vergleich von monetären Werten schwierig gestaltet, können solche Studien konkrete Hinweise darauf liefern, dass die Ausbildung von Ärzten mit einem zeitlichen wie auch finanziellen Mehraufwand verbunden sein kann. Im Folgenden soll umrissen werden, wie andere Wissenschaftler sich dieser Fragestellung näherten.

Zu dem Ergebnis, dass die operative Ausbildung von Ärzten Geld kostet, kamen beispielsweise die Autoren einer deutschen Studie (Göbel et al. 2013). In der Untersuchung wurde der monetäre Verlust pro Patient bestimmt, der sich bei Assistenzärzten im dritten Weiterbildungsjahr auf etwa 630 Euro gegenüber Fachärzten mit über zehn Jahren Facharztterfahrung und rund 1500 Euro gegenüber Fachärzten mit über fünf Jahren Facharztterfahrung belief (Göbel et al. 2013). Gleichzeitig gaben die Autoren zu bedenken, dass das gesamte deutsche Gesundheitssystem von ausgebildeten Fachärzten profitiert und fordern einen finanziellen Ausgleich für Häuser, die viel Weiterbildung betreiben.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgten die Autoren Farnworth et al. (2001), die über die zusätzliche Anästhesiezeit errechneten, dass für eine arthroskopische Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes rund 660 Dollar zusätzliche Kosten entstanden, wenn diese durch einen Weiterbildungsassistenten (orig.: *residents*) durchgeführt wurde.

Andere Autoren wiederum schlossen aufgrund von längeren Verweildauern auf höhere Fallkosten (Hwang et al. 2008; Hwang et al. 2010). Auch der Materialeinsatz und die Lohnkosten wurden in der Vergangenheit bereits differenziert betrachtet (Schackmar 2013).

In der Zusammenschau weisen zahlreiche Studien darauf hin, dass durch einen Arzt in Weiterbildung die Kosten eines Hauses insbesondere durch intraoperativ verlängerte Prozesszeiten erhöht sein können (Harrington et al. 2007; Lee et al. 2009; Schott et al. 2013; Sakai 2015; Allen et al. 2016). Nur in wenigen Studien wie der von Goodwin et al. (2001) aus der Herzchirurgie konnte kein Unterschied festgestellt werden.

Es wird deutlich, dass unterschiedliche Forschungsansätze auch mit unterschiedlichen Ergebnissen einhergehen. Dennoch scheint sich die Forschungsgemeinde weitgehend einig, dass Ausbildung und Lehrtätigkeit im Allgemeinen mit höheren finanziellen Aufwendungen verbunden sind. Letztendlich kann hinterfragt werden, ob kürzere Operationszeiten tatsächlich die Kosten eines Hauses verringern bzw. deren Erlös steigern. Dies könnte insbesondere dann der Fall sein, wenn durch den Effizienzgewinn an einem Tag zum Beispiel mehr Patienten behandelt oder mehr Operationen abgeleistet werden können.

5 Zusammenfassung

Die zunehmende Ökonomisierung des Gesundheitssektors stellt Universitätskliniken vor die Herausforderung, in einem durch Kosten- und Effizienzdruck geprägten Umfeld auch im Klinikalltag weiterhin Ressourcen in die ärztliche Weiterbildung zu investieren. Um den Einfluss von Weiterbildung auf die Produktivität einer chirurgischen Abteilung zu untersuchen, wurde in dieser Studie der Zusammenhang zwischen dem Erfahrungsgrad des Operateurs und der Operationsdauer untersucht. Dazu wurden in einer retrospektiven Untersuchung an der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen die Schnitt-Naht-Zeiten für insgesamt 14.008 Eingriffe zwischen 2017 und 2019 erhoben und ausgewählte Eingriffe analysiert.

Im ersten Teil dieses Studienvorhabens wurden die Schnitt-Naht-Zeiten von Assistenzärzten für insgesamt zehn unfallchirurgische, identisch kodierte Operationsprozeduren aus den Bereichen Endoprothetik (n = 379), Frakturversorgung (n = 304) und Materialentfernung (n = 245) mit denen der Fach-/Oberärzte verglichen.

Im zweiten Teil dieser Untersuchung wurden Eingriffsarten einzelner chirurgischer Teildisziplinen untersucht, für die bestimmte Operations- und Prozedurenschlüssel kodiert waren, wobei komplexe Prozeduren wie Revisionen oder die Versorgung von Polytraumata systematisch ausgeschlossen wurden. Für die Implantation einer Hüft-Endoprothese (n = 504), die Versorgung einer einfachen Fraktur (n = 280) und die Versorgung einer Mehrfragment-Fraktur (n = 747) wurden die Schnitt-Naht-Zeiten von Assistenzärzten, Fach-/Oberärzten und leitenden Ärzten mit Privatliquidation verglichen. Für den Bereich der Frakturversorgung wurde zudem die Patientenkomplexität im Hinblick auf das Patient Clinical Complexity Level, das Alter und die Verweildauer analysiert.

Im Bereich der Hüft-Endoprothetik waren die Schnitt-Naht-Zeiten der Assistenzärzte bei allen untersuchten Eingriffen länger als die der Fach-/Oberärzte bzw. der leitenden Ärzte mit Privatliquidation.

Bei der Entfernung von Osteosynthesematerial zeigte sich ein ähnlicher Trend für die untersuchten Operationsprozeduren. Assistenzärzte operierten bei der Entfernung von Schraube(n) an der Fibula, Draht am Radius und Platte an der Klavikula länger als Fach-/Oberärzte.

Im Bereich der Frakturversorgung zeigte sich ein heterogenes Bild. Für die Reposition einer einfachen Fraktur konnte gezeigt werden, dass Assistenzärzte im Durchschnitt zu meist kürzer operierten als Fach-/Oberärzte, aber länger als leitende Ärzte mit Privatliquidation. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Versorgung von Mehrfragment-Frakturen, bei der Assistenzärzte kürzer operierten als Fach-/Oberärzte und leitende Ärzte mit

Privatliquidation.

Die Beobachtung kann durch eine unterschiedliche Komplexität der Eingriffe erklärt werden. Die daraufhin durchgeführte Analyse der Patientenkielentel ergab, dass das Patient Clinical Complexity Level der Patienten mit einer Fraktur, die von Assistenzärzten operiert wurden, deutlich geringer war als in den Vergleichsgruppen. Zudem war die mittlere Verweildauer der Patienten mit einer Mehrfragment-Fraktur in der Gruppe der Assistenzärzte kürzer als in den Vergleichsgruppen. Folglich kann angenommen werden, dass insbesondere Fach-/Oberärzte komplizierte Operationen selbst durchführten. Weiterhin werden aufgrund der Versicherungsstruktur in Deutschland Privatversicherte in der Regel durch leitende Ärzte mit Privatliquidation operiert, sodass in dieser Gruppe von einem heterogenen Patientenkielentel im Hinblick auf die Erkrankung auszugehen ist. Dies konnte in der Analyse der Patient Clinical Complexity Level bestätigt werden. Daraus ergaben sich begründete Anhaltspunkte dafür, dass leitende Ärzte mit Privatliquidation weniger komplexe Eingriffe, wie sie vorrangig von Ärzten in Weiterbildung an gesetzlich versicherten Patienten durchgeführt wurden, im Vergleich deutlich schneller absolvierten.

In der Zusammenschau lässt sich festhalten, dass zum Teil signifikante Unterschiede in den durchschnittlichen Schnitt-Naht-Zeiten in den Vergleichsgruppen bestanden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass erfahrene Ärzte die untersuchten Eingriffe schneller durchführten als unerfahrene Operateure. Besonders deutlich war der Unterschied im Bereich der Endoprothetik. So kann das Ergebnis der Studie dahingehend interpretiert werden, dass Weiterbildungsaktivitäten im Operationssaal mit einem erhöhten Zeitaufwand verbunden sein können. Aus den Ergebnissen lässt sich weiterhin schlussfolgern, dass potenziellen Effizienzeinbußen entgegenwirkt werden kann, indem das Kompetenzniveau der Operateure in der Operationsplanung berücksichtigt wird und eine gezielte Auswahl von Ausbildungseingriffen erfolgt. Studien wie diese zeigen auf, welche Chancen gutes Personal- und Weiterbildungsmanagement in diesem Zusammenhang bieten.

6 Anhang

Anhang 1: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-820.02

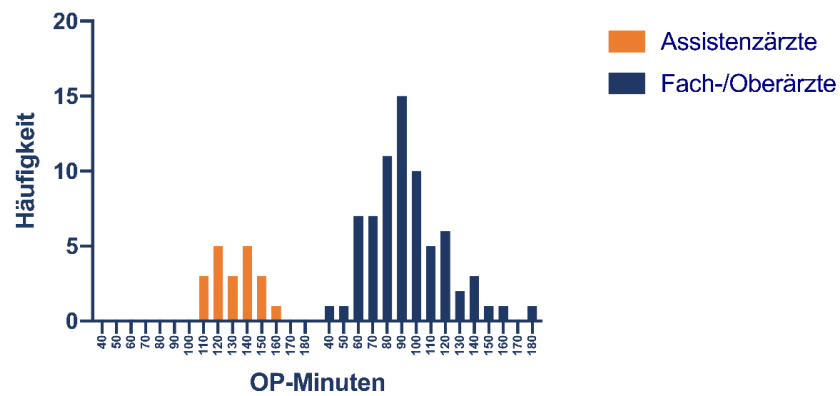


Abbildung A1: Histogramm zu Operationen mit dem OPS 5-820.02.

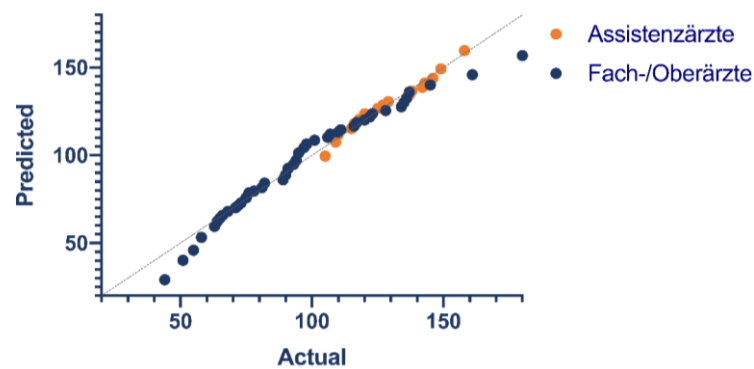


Abbildung A2: QQ-Plot zu Operationen mit dem OPS 5-820.02

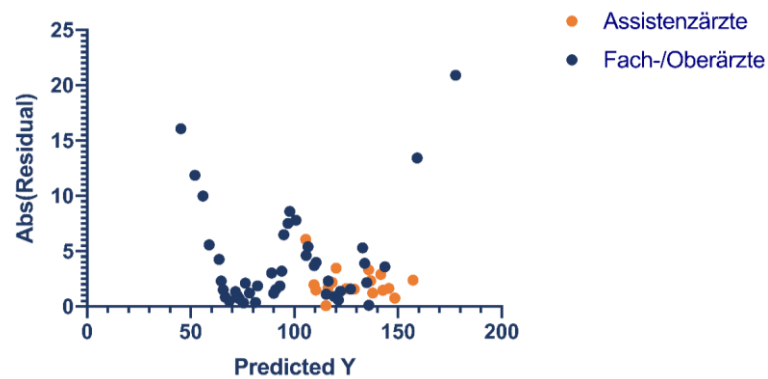


Abbildung A3: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit dem OPS 5-820.02

Anhang 2: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-790.28 und 5-790.25

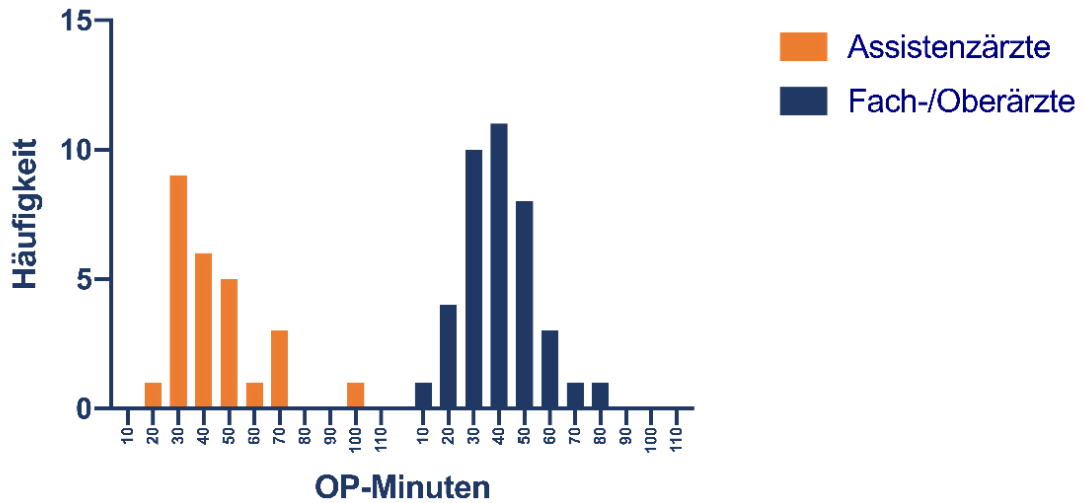


Abbildung A4: Histogramm zu Operationen mit den OPS 5-790.28 und 5-790.25.

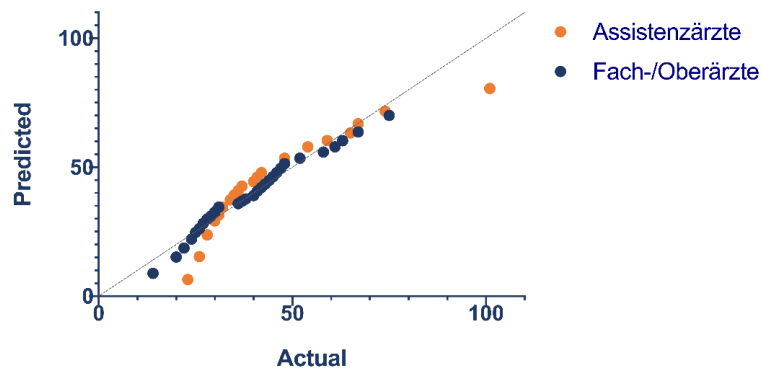


Abbildung A5: QQ-Plot zu Operationen mit den OPS 5-790.28 und 5-790.25.

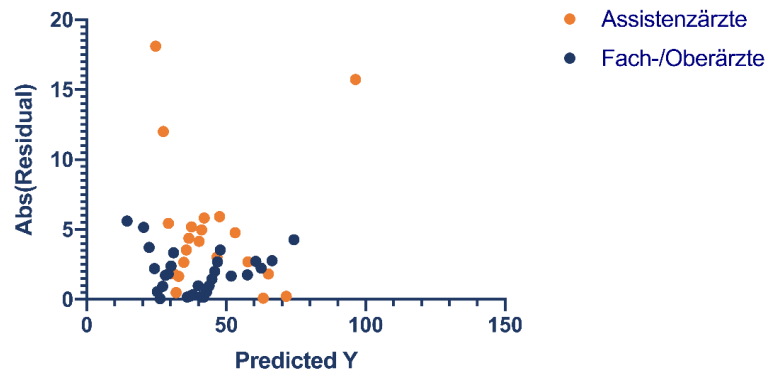


Abbildung A6: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit den OPS 5-790.28 und 5-790.25.

Anhang 3: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-790.5f

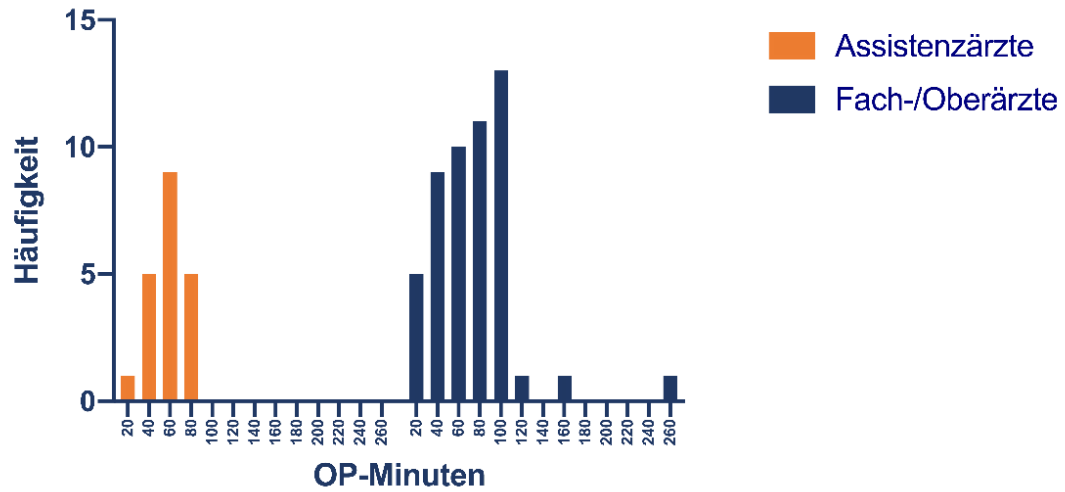


Abbildung A7: Histogramm zu Operationen mit dem OPS 5-790.5f.

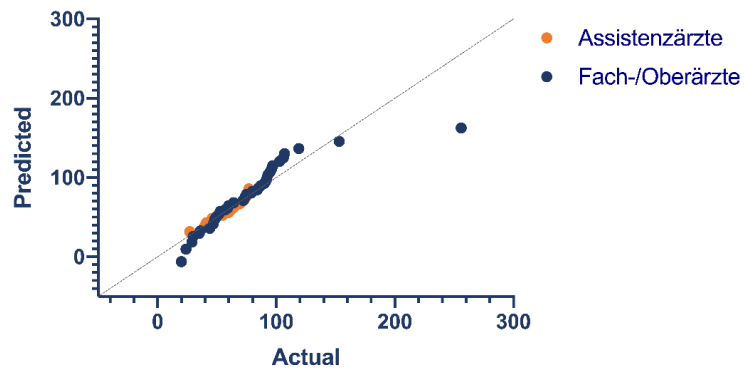


Abbildung A8: QQ-Plot zu Operationen mit dem OPS 5-790.5f.

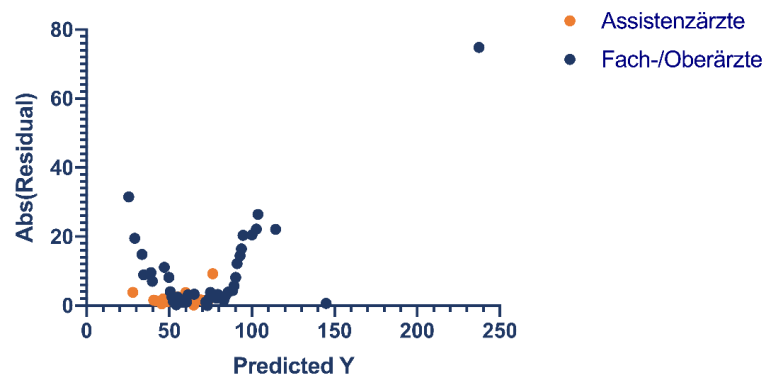


Abbildung A9: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit dem OPS 5-790.5f.

Anhang 4: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-794.k6

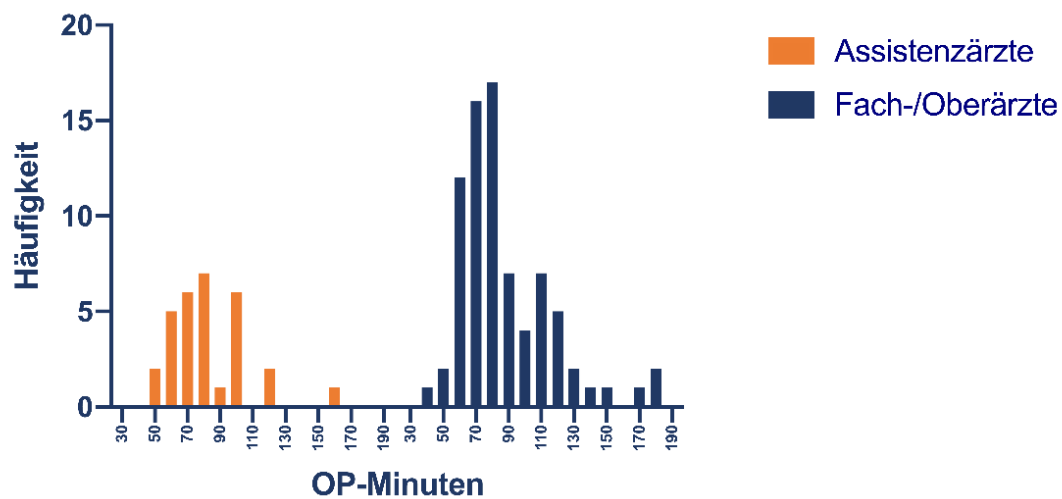


Abbildung A10: Histogramm zu Operationen mit dem OPS 5-794.k6.

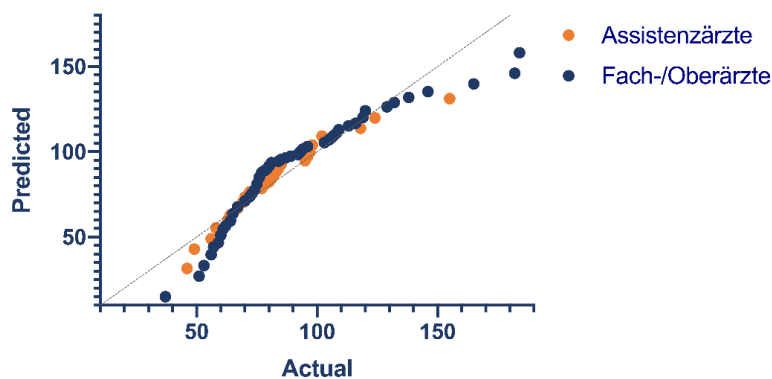


Abbildung A11: QQ-Plot zu Operationen mit dem OPS 5-794.k6.

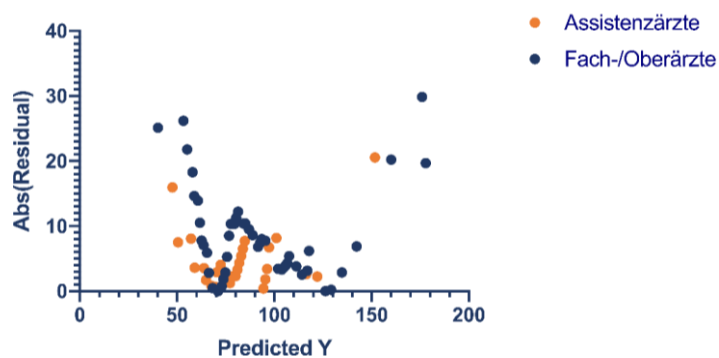


Abbildung A12: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit dem OPS 5-794.k6.

Anhang 5: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-787.1r

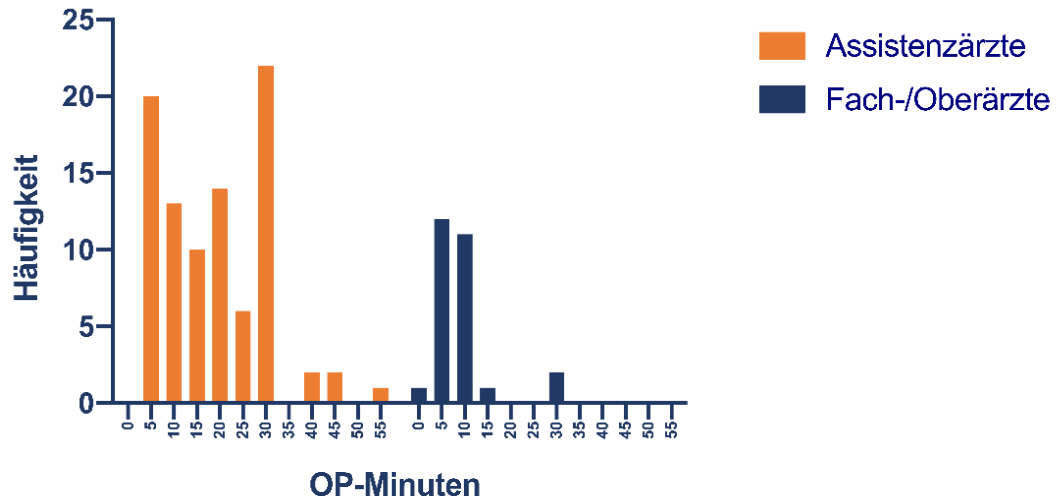


Abbildung A13: Histogramm zu Operationen mit dem OPS 5-787.1r.

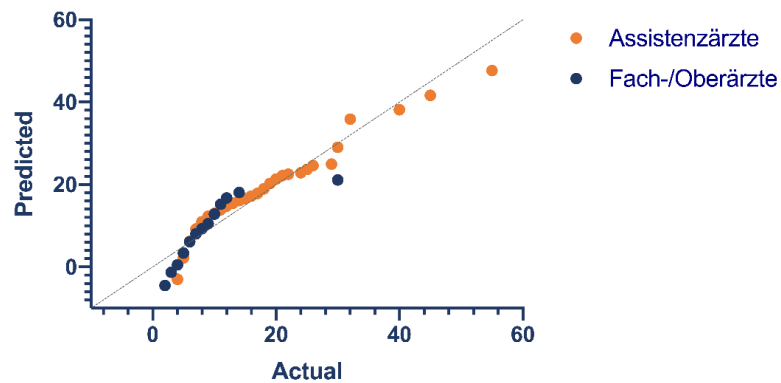


Abbildung A14: QQ-Plot zu Operationen mit dem OPS 5-787.1r.

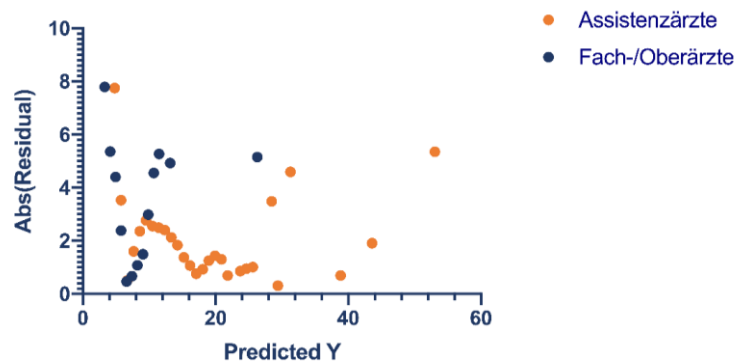


Abbildung A15: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit dem OPS 5-787.1r.

Anhang 6: Analyse der Verteilung von Daten zur Operation 5-787.06

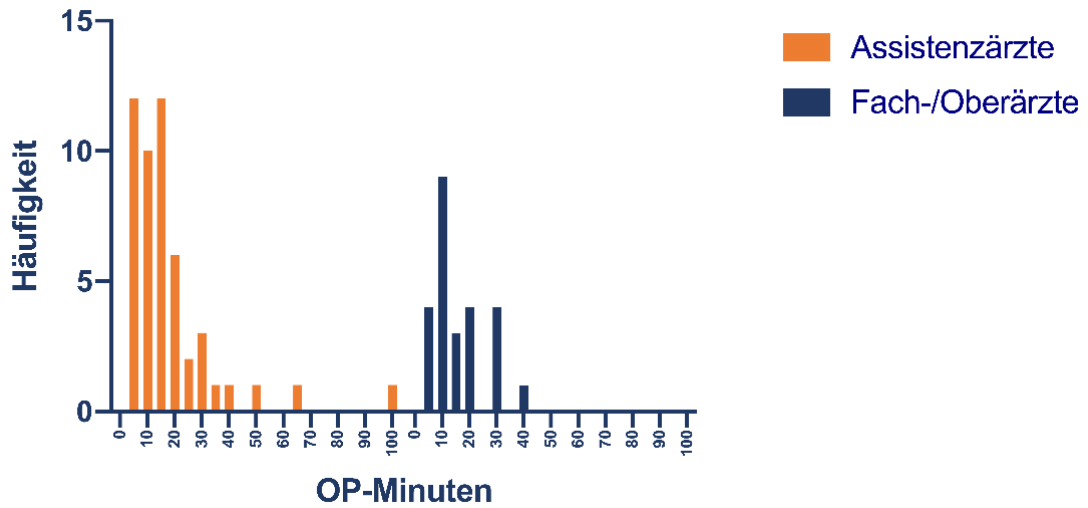


Abbildung A16: Histogramm zu Operationen mit dem OPS 5-787.06.

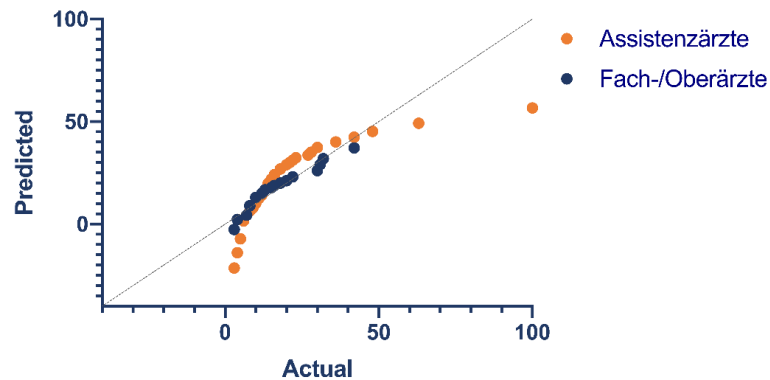


Abbildung A17: QQ-Plot zu Operationen mit dem OPS 5-787.06.

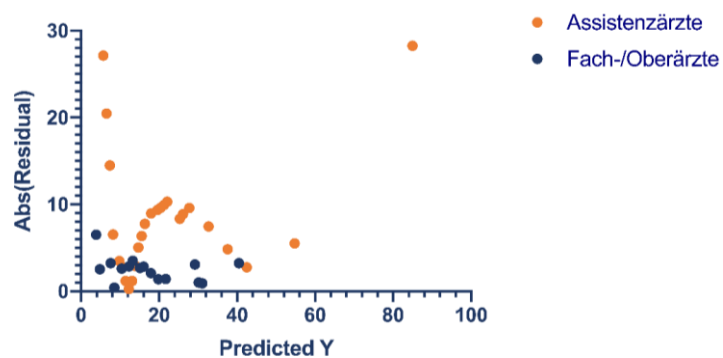


Abbildung A18: Homoskedastizitätsdiagramm zu Operationen mit dem OPS 5-787.06.

7 Literaturverzeichnis

- Advani V, Ahad S, Gonczy C, Markwell S, Hassan I (2012): Does resident involvement effect surgical times and complication rates during laparoscopic appendectomy for uncomplicated appendicitis? An analysis of 16,849 cases from the ACS-NSQIP. *Am J Surg* 203, 347–352
- Allen RW, Pruitt M, Taaffe KM (2016): Effect of resident involvement on operative time and operating room staffing costs. *J Surg Educ* 73, 979–985
- Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin (ÄZQ) (Hrsg.): Kompendium Q-M-A: Qualitätsmanagement in der ambulanten Versorgung. 3. Auflage; Deutscher Ärzteverlag 2008
- Babineau TJ, Becker J, Gibbons G, Sentovich S, Hess D, Robertson S, Stone M (2004): The „cost“ of operative training for surgical residents. *Arch Surg* 139, 366–370
- Bartling H, Luzius F: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre: Einführung in die Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik (Vahlens Lernbücher). 17., verbesserte und ergänzte Auflage; Verlag Franz Vahlen, München 2014
- Battaglia TC, Mulhall KJ, Brown TE, Saleh KJ (2006): Increased surgical volume is associated with lower THA dislocation rates. *Clin Orthop* 447, 28–33
- Bauer M, Hanns R, Römer T, Rösler L, Linnemann K, Hedderich J, Scholz J (2007): Intraoperative Prozesszeiten im prospektiven multizentrischen Vergleich. *Dtsch Ärztebl* 104, A 3252-3258
- Bauer M, Waeschle RM, Rüggeberg J, Meyer HJ, Taube C, Diemer M, Schuster M (2016): Glossar perioperativer Prozesszeiten und Kennzahlen. *Anästhesiol Intensivmed* 57, 669–683
- Bea FX, Haas J: Strategisches Management (Unternehmensführung 8498). 9., überarbeitete Auflage; UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz 2017
- Bell C M, Redelmaier D A (2001): Mortality among patients admitted to hospitals on weekends as compared with weekdays. *N Engl J Med* 345, 663–668
- Berger H, Stock C: Rahmenbedingungen des Krankenhausmanagements. In: Oswald J, Schmidt-Rettig B, Eichhorn S (Hrsg.): Krankenhaus-Managementlehre: Theorie und Praxis eines integrierten Konzepts. Kohlhammer Verlag 2017, 23–46
- Bialas E, Schuster M, Taube C, Diemer M, Bauer M (2014): Fünf Jahre OP-Prozessdaten Benchmarking (2009-2013). *Anästhesiol Intensivmed* 55, 594–613
- Braun B, Buhr P, Klink S, Müller R, Rosenbrock R: Pauschalpatienten, Kurzlieger und Draufzahler: Auswirkungen der DRGs auf Versorgungsqualität und Arbeitsbedingungen im Krankenhaus (Krankenhausmanagement). 1. Auflage; Huber, Bern 2010
- Bridges M, Diamond DL (1999): The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg* 177, 28–32

- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.): Bedeutung der Gesundheitswirtschaft. Bundesministerium für Gesundheit, Bonn, 2019; <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/gesundheitswirtschaft/bedeutung-der-gesundheitswirtschaft.html>; Zugriff am 30.08.2020
- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.): Gesundheitswirtschaft als Jobmotor. Bundesministerium für Gesundheit, Bonn, 2021; <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/gesundheitswesen/gesundheitswirtschaft/gesundheitswirtschaft-als-jobmotor.html>; Zugriff am 27.05.2021
- Busse T: OP-Management-Fibel. 3. Auflage; Neuss 2016
- Cassel D, Ebsen I, Greß S, Jacobs K, Schulze S, Wasem J (Hrsg.): Vertragswettbewerb in der GKV: Möglichkeiten und Grenzen vor und nach der Gesundheitsreform der Großen Koalition. Wissenschaftliches Institut der AOK, Bonn 2008
- Chamberlain RS, Patil S, Minja EJ, Kordears K (2012): Does residents' involvement in mastectomy cases increase operative cost? If so, who should bear the cost? *J Surg Res* 178, 18–27
- Cram P, Hillis S L, Barnett M (2004): Effect of weekend admission on teaching hospital-status and in-hospital mortality. *Am J Med* 117, 151–157
- Crolla RM, van Ramshorst B, Jansen A (1997): Complication rate in laparoscopic cholecystectomy not different for residents in training and surgeons. *Ned Tijdschr Geneesk* 141, 681–685
- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (Hrsg.): OPS Version 2019. DIMDI, Köln; Bonn, 2019.
- Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH, Spitzenverbände der Krankenkassen (GKV), Verband der privaten Krankenversicherung (PKV) (Hrsg.): Kalkulation von Behandlungskosten. Handbuch zur Anwendung in Krankenhäusern. Version 4.0; Deutsche Krankenhaus Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf 2016
- Deutsche Krankenhausgesellschaft (DKG), GKV-Spitzenverband, Verband der privaten Krankenversicherung (PKV), Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK) (Hrsg.): Deutsche Kodierrichtlinien Version 2019; InEK, Siegburg 2019
- Deutsches Ärzteblatt (Hrsg.): DRG-Umbau: Auswirkungen werden erheblich sein. Deutsches Ärzteblatt, Berlin, 2019; <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/101862/DRG-Umbau-Auswirkungen-werden-erheblich-sein>; Zugriff am 07.05.2020
- DIMDI (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (Hrsg.); im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) unter Beteiligung der Arbeitsgruppe ICD des Kuratoriums für Fragen der Klassifikation im Gesundheitswesen (KKG): ICD-10-GM Version 2021, Systematisches Verzeichnis, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision. DIMDI, Köln 2020.
- Dobson A, Sen N, Ho S, Gilani J: Financial performance of academic health center hospitals, 1994-2000, Veröffentlichungsnummer 543. The Commonwealth Fund, New York 2002.

- Eckstein PP: Repetitorium Statistik: deskriptive Statistik - Stochastik - induktive Statistik; mit Klausuraufgaben und Lösungen (Lehrbuch). 8., aktualisierte und erweiterte Auflage; Springer Gabler, Wiesbaden 2014
- Englesbe M J, Pelletier S J, Magee J C (2007): Seasonal variation in surgical outcomes as measured by the American College of Surgeons-National Surgical Quality Improvement Program (ACS-NSQIP). *Ann Surg* 246, 456–465
- Fackler CD, Poss R (1980): Dislocation in total hip arthroplasties. *Clin Orthop* 151, 169–178
- Farnworth LR, Lemay DE, Wooldridge T, Mabrey JD, Blaschak MJ, DeCoster TA, Wascher DC, Schenck RC (2001): A comparison of operative times in arthroscopic ACL reconstruction between orthopaedic faculty and residents: the financial impact of orthopaedic surgical training in the operating room. *Iowa Orthop J* 21, 31–35
- Fleßa S: Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre. Band 1; 3., aktualisierte Auflage; Oldenbourg Verlag München, München 2014
- Fleßa S, Greiner W: Entgeltsystem im Krankenhaus (Lehrbuch). 3., überarbeitete Auflage; Springer Gabler, Berlin 2013
- Gemeinsamer Bundesausschuss: Regelungen des Gemeinsamen Bundesausschusses gemäß § 136b Absatz 1 Satz 1 Nummer 3 SGB V über Inhalt, Umfang und Datenformat eines strukturierten Qualitätsberichts für nach § 108 SGB V zugelassene Krankenhäuser. Fassung von 16.05.2013, zuletzt geändert am 17.12.2020.; Bundesanzeiger, Berlin 2020.
- Giordano L, Oliviero A, Peretti GM, Maffulli N (2019): The presence of residents during orthopedic operation exerts no negative influence on outcome. *Br Med Bull* 130, 65–80
- Göbel P, Piesche K, Randau T, Wimmer M, Wirtz D, Gravius S (2013): Kostet operative Ausbildung Geld? Eine kontrollierte gesundheitsökonomische Studie auf Grundlage des deutschen DRG-Systems am Beispiel der primären Knieendoprothetik. *Z Orthop Unfall* 151, 189–193
- Goodwin AT, Birdi I, Ramesh TP, Taylor GJ, Nashef SA, Dunning JJ, Large SR (2001): Effect of surgical training on outcome and hospital costs in coronary surgery. *Heart Br Card Soc* 85, 454–457
- Harrington DT, Roye GD, Ryder BA, Miner TJ, Richardson P, Cioffi WG (2007): A time-cost analysis of teaching a laparoscopic entero-enterostomy. *J Surg Educ* 64, 342–345
- Hernández-Irizarry R, Zendejas B, Ali SM, Lohse CM, Farley DR (2012): Impact of resident participation on laparoscopic inguinal hernia repairs: Are residents slowing us down? *J Surg Educ* 69, 746–752
- Hilgers S: DRG-Vergütung in deutschen Krankenhäusern: Auswirkungen auf Verweildauer und Behandlungsqualität. 1. Auflage; Gabler, Wiesbaden 2011
- Hosler MR, Scott IU, Kunselman AR, Wolford KR, Oltra EZ, Murray WB (2012): Impact of resident participation in cataract surgery on operative time and cost. *Ophthalmology* 119, 95–98
- Hwang CS, Pagano CR, Wichterman KA, Dunnington GL, Alfrey EJ (2008): Resident versus no resident: A single institutional study on operative complications, mortality, and cost. *Surgery* 144, 339–344

- Hwang CS, Wichterman KA, Alfrey EJ (2010): The cost of resident education. *J Surg Res* 163, 18–23
- Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK) (Hrsg.): Fallpauschalen-Katalog G-DRG-Version 2019. InEK, Siegburg 2018
- Jawad M, Evers M, Gerwing A, Herick M, Seibert D, Bauer J, Kugel H, Ohrmann P, Linsen L: A visual analytics approach for comparing cohorts in single-voxel magnetic resonance spectroscopy data. In: Rea PM (Hrsg.): *Biomedical Visualisation*. Band 2; Springer Nature Switzerland, Cham 2019, 115–136
- Johnsson R, Franzén H, Nilsson LT (1994): Combined survivorship and multivariate analyses of revisions in 799 hip prostheses. A 10- to 20-year review of mechanical loosening. *J Bone Joint Surg Br* 76, 439–443
- Katz JN, Mahomed NN, Baron JA, Barrett JA, Fossel AH, Creel AH, Wright J, Wright EA, Losina E (2007): Association of hospital and surgeon procedure volume with patient-centered outcomes of total knee replacement in a population-based cohort of patients age 65 years and older. *Arthritis Rheum* 56, 568–574
- Kauvar DS, Braswell A, Brown BD, Harnisch M (2006): Influence of resident and attending surgeon seniority on operative performance in laparoscopic cholecystectomy. *J Surg Res* 132, 159–163
- Kim RB, Garcia RM, Smith ZA, Dahdaleh NS (2016): Impact of resident participation on outcomes after single-level anterior cervical discectomy and fusion: an analysis of 3265 patients from the American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program database. *Spine* 41, E 289–296
- Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen (Hrsg.) Gegliedertes Weiterbildungsprogramm gemäß §6 der Weiterbildungsordnung (Stand 2016) für die Facharztbezeichnung Orthopädie und Unfallchirurgie an der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen. Internes Dokument der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen.
- Koenig L, Dobson A, Ho S, Siegel JM, Blumenthal D, Weissman JS (2003): Estimating The mission-related costs of teaching hospitals. *Health Aff (Millwood)* 22, 112–122
- Koperna T (2004): How long do we need teaching in the operating room? The true costs of achieving surgical routine. *Langenbecks Arch Surg* 389, 204–208
- Kreder HJ, Deyo RA, Koepsell T, Swiontkowski MF, Kreuter W (1997): Relationship between the volume of total hip replacements performed by providers and the rates of postoperative complications in the State of Washington: *J Bone Jt Surg* 79, 485–94
- Lederer M, Müller RT (2001): Effect of graduate education on complication rate and costs of hip prosthesis implantation. *Unfallchirurg* 104, 577–582
- Lee SL, Sydorak RM, Applebaum H (2009): Training general surgery residents in pediatric surgery: educational value vs time and cost. *J Pediatr Surg* 44, 164–168

- Lenk C: Gesellschaftsvertrag und Recht auf öffentliche Gesundheitsversorgung. In: Heubel F, Kettner M, Manzeschke A (Hrsg.): Die Privatisierung von Krankenhäusern: Ethische Perspektiven. 1. Auflage; Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden 2010, 101–115
- Loiero D, Slankamenac M, Clavien PA, Slankamenac K (2017): Impact of residency training level on the surgical quality following general surgery procedures. *World J Surg* 41, 2652–2666
- Losina E, Barrett J, Mahomed NN, Baron JA, Katz JN (2004): Early failures of total hip replacement: effect of surgeon volume. *Arthritis Rheum* 50, 1338–1343
- Marston RA, Cobb AG, Bentley G (1996): Stanmore compared with Charnley total hip replacement: a prospective study of 413 arthroplasties. *J Bone Joint Surg Br* 78, 178–184
- Mechanic R, Coleman K, Dobson A (1998): Teaching hospital costs: implications for academic missions in a competitive market. *JAMA* 280, 1015
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), European Observatory on Health Systems and Policies (Hrsg.): Deutschland: Länderprofil Gesundheit 2019. OECD, Brüssel 2019
- Ong K, Lau E, Manley M, Kurtz SM (2009): Patient, hospital, and procedure characteristics influencing total hip and knee arthroplasty procedure duration. *J Arthroplasty* 24, 925–931
- Palan J, Gulati A, Andrew JG, Murray DW, Beard DJ (2009): The trainer, the trainee and the surgeons' assistant: clinical outcomes following total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 91, 928–934
- Papandria D, Rhee D, Ortega G, Zhang Y, Gorgy A, Makary MA, Abdullah F (2012): Assessing trainee impact on operative time for common general surgical procedures in ACS-NSQIP. *J Surg Educ* 69, 149–155
- Pauls L, Johnson-Paben R, McGready J, Murphy J, Pronovost P, Wu C (2017): The weekend effect in hospitalized patients: a meta-analysis. *J Hosp Med* 12, 760–766
- Pförringer D, Markgraf B, Weber M, Seidl F, Crönlein M, Friedl G, Hoffmann R, Biberthaler P (2017): Ermittlung der operationsbezogenen Ausbildungskosten zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. *Unfallchirurg* 120, 844–853
- Phan K, Phan P, Stratton A, Kingwell S, Hoda M, Wai E (2019): Impact of resident involvement on cervical and lumbar spine surgery outcomes. *Spine J* 19, 1905–1910
- Pindyck RS, Rubinfeld DL: Mikroökonomie. 9., aktualisierte Auflage; Pearson Deutschland, München 2018
- Pugely AJ, Gao Y, Martin CT, Callaghan JJ, Weinstein SL, Marsh JL (2014): The effect of resident participation on short-term outcomes after orthopaedic surgery. *Clin Orthop* 472, 2290–2300
- Puram SV, Kozin ED, Sethi R, Alkire B, Lee DJ, Gray ST, Shrime MG, Cohen M (2015): Impact of resident surgeons on procedure length based on common pediatric otolaryngology cases: Case length in pediatric cases. *Laryngoscope* 125, 991–997

- Raab E, Rasche C: Medizincontrolling: Theorie, Entwicklung und praktische Umsetzung. Springer Gabler, Wiesbaden 2017
- Rathat G, Hoa D, Gagnayre R, Hoffet M, Mares P (2008): Formation chirurgicale au bloc opératoire: enquête d'opinion auprès des praticiens et des internes en gynécologie-obstétrique. *Gynécologie Obstétrique Fertil* 36, 136–145
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Basis-DRG. Reimbursement Institute. <https://reimbursement.institute/glossar/basis-drg/>; Zugriff am 25.02.2020a
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Bundesbasisfallwert. <https://reimbursement.institute/glossar/bundesbasisfallwert/>; Zugriff am 07.05.2020b
- Reimbursement Institute (Hrsg.): CCL. <https://reimbursement.institute/glossar/ccl/>; Zugriff am 11.08.2020c
- Reimbursement Institute (Hrsg.): DRG-Erlös. <https://reimbursement.institute/glossar/drg-er-loes/>; Zugriff am 26.02.2020d
- Reimbursement Institute (Hrsg.): DRGs. <https://app.reimbursement.info/drgs/l13A?s=i13a>; Zugriff am 07.05.2020e
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Kalkulationskrankenhäuser. <https://reimbursement.institute/glossar/kalkulationskrankenhaeuser/>; Zugriff am 26.02.2020f
- Reimbursement Institute (Hrsg.): MDC. <https://reimbursement.institute/glossar/mdc/>; Zugriff am 10.03.2019g
- Reimbursement Institute (Hrsg.): OPS - Operationen- und Prozedurenschlüssel. <https://reimbursement.institute/glossar/ops-operationen-und-prozedurenschluessel/>; Zugriff am 17.11.2020h
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Partition. <https://reimbursement.institute/glossar/partition/>; Zugriff am 11.08.2020i
- Reimbursement Institute (Hrsg.): PCCL. <https://reimbursement.institute/glossar/pccl/>; Zugriff am 11.08.2020j
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Relativgewicht. <https://reimbursement.institute/glossar/relativgewicht/>; Zugriff am 25.02.2020k
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Ressourcenverbrauch. <https://reimbursement.institute/glossar/ressourcenverbrauch/>; Zugriff am 07.09.2020l
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Verweildauer. <https://reimbursement.institute/glossar/verweildauer/>; Zugriff am 07.05.2020m
- Reimbursement Institute (Hrsg.): Zusatzentgelt. <https://reimbursement.institute/glossar/zusatzentgelt/>; Zugriff am 04.09.2020n
- Sakai T (2015): Residents' scholarly activity: a cost analysis with regard to its effects on departments. *Curr Opin Anesthesiol* 28, 180–185

- Schackmar M: Kosten der chirurgischen Ausbildung in Deutschland am Beispiel eines Krankenhauses der Maximalversorgung. Med. Diss. Saarland 2012
- Schliemann B, Seybold D, Gessmann J, Fehmer T, Schildhauer T, Muhr G (2009): Die Duokopfprothese zur Therapie der Schenkelhalsfraktur – Einfluss von OP-Dauer, Tageszeit und Erfahrung des Operateurs auf die Komplikationsrate. *Z Orthop Unfall* 147, 689–693
- Schlittgen R: Statistische Auswertungen: Standardmethoden und Alternativen mit ihrer Durchführung in R. Walter de Gruyter GmbH & Co KG 2014
- Schmitt J, Heyse TJ, Schofer MD, Efe T (2011): Elektive Hüft- und Knieendoprothesenimplantation: Zeitlicher Aufwand der operativen Weiterbildung. *Orthop* 40, 231–236
- Schoenfeld AJ, Serrano JA, Waterman BR, Bader JO, Belmont PJ (2013): The impact of resident involvement on post-operative morbidity and mortality following orthopaedic procedures: a study of 43,343 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 133, 1483–1491
- Schott NJ, Emerick TD, Metro DG, Sakai T (2013): The cost of resident scholarly activity and its effect on resident clinical experience: *Anesth Analg* 117, 1211–1216
- Schröder W, Welcker K (2010): Finanzierung der chirurgischen Weiterbildung. *Chir* 81, 31–37
- Schröder W, Krones C (2012): Die chirurgische Weiterbildung hat ihren Preis. *Zentralbl Chir* 137, 144–148
- Shuhaiber J H, Goldsmith K, Nashef S AM (2008): Impact of cardiothoracic resident turnover on mortality after cardiac surgery: a dynamic human factor. *Ann Thorac Sugery* 86, 123–131
- Siam B, Al-Kurd A, Simanovsky N, Awesat H, Cohn Y, Helou B, Eid A, Mazeh H (2017): Comparison of appendectomy outcomes between senior general surgeons and general surgery residents. *JAMA Surg* 152, 679
- Siebers L: Krankenhausfinanzierung und DRG-System. In: Roeder N, Hensen P, Franz D (Hrsg.): *Gesundheitsökonomie, Gesundheitssystem und öffentliche Gesundheitspflege: ein praxisorientiertes Kurzlehrbuch*. 2., aktualisierte Auflage; Deutscher Ärzteverlag, Köln 2014, 83–96
- Singh P, Madanipour S, Fontalis A, Bhamra JS, Abdul-Jabar HB (2019): A systematic review and meta-analysis of trainee- versus consultant surgeon-performed elective total hip arthroplasty. *EFORT Open Rev* 4, 44–55
- Solomon DH, Losina E, Baron JA, Fossel AH, Guadagnoli E, Lingard EA, Miner A, Phillips CB, Katz JN (2002): Contribution of hospital characteristics to the volume-outcome relationship: dislocation and infection following total hip replacement surgery. *Arthritis Rheum* 46, 2436–2444
- Steinig NS: Ergebnisqualität nach Hüftendoprothesen-Erstimplantation an einem Krankenhaus der Maximalversorgung in Bezug auf perioperative Einflussfaktoren. Med. Diss. Rostock 2014
- Strehl R (2004): Universitätskliniken/Fallpauschalen: Die Hochleistungsmedizin bleibt auf der Strecke. *Dtsch Ärztebl* 101, A 2584-2590

- Unwin AJ, Thomas M (1994): Dislocation after hemiarthroplasty of the hip: a comparison of the dislocation rate after posterior and lateral approaches to the hip. *Ann R Coll Surg Engl* 76, 327–329
- Verband der Ersatzkassen e. V.: Krankenhausfinanzierung. Verband der Ersatzkassen, Berlin, 04.05.2021; <https://www.vdek.com/vertragspartner/Krankenhaeuser/krankenhausfinanzierung.html>; Zugriff am 04.05.2021
- Vinden C, Malthaner R, McGee J, McClure JA, Winick-Ng J, Liu K, Nash DM, Welk B, Dubois L (2016): Teaching surgery takes time: the impact of surgical education on time in the operating room. *Can J Surg* 59, 87–92
- de Vries LM, Sturkenboom MC, Verhaar JA, Kingma JH, Stricker BHc (2011): Complications after hip arthroplasty and the association with hospital procedure volume: A nationwide retrospective cohort study on 50,080 total hip replacements with a follow-up of 3 months after surgery. *Acta Orthop* 82, 545–552
- Waeschle RM, Hinz J, Bleeker F, Sliwa B, Popov A, Schmidt CE, Bauer M (2016): Mythos OP-Minute: Leitfaden zur Kalkulation von DRG-Erlösen pro Op-Minute. *Anaesthesist* 65, 137–147
- Wang WN, Melkonian MG, Marshall R, Haluck RS (2001): Postgraduate year does not influence operating time in laparoscopic cholecystectomy. *J Surg Res* 101, 1–3
- Webb T P, Brasel K J, Redlich P N (2010): Putting a price on education: hours and dollars for a general surgery curriculum. *Am J Surg* 199, 126–130
- Weiß C: Basiswissen Medizinische Statistik. 6., überarbeitete Auflage; Springer, Berlin Heidelberg 2013
- Wernitz MH, Pelz J: Gesundheitsökonomie und das deutsche Gesundheitswesen: ein praxisorientiertes Lehrbuch für Studium und Beruf. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage; Kohlhammer, Stuttgart 2015
- Williams T E, Satiani B, Thomas A (2009): The impending shortage and the estimated cost of training the future surgical workforce. *Ann Surg* 250, 590–597
- Woolson ST, Kang MN (2007): A comparison of the results of total hip and knee arthroplasty performed on a teaching service or a private practice service: *J Bone Jt Surg* 89, 601–607
- Yamaguchi JT, Garcia RM, Cloney MB, Dahdaleh NS (2018): Impact of resident participation on outcomes following lumbar fusion: An analysis of 5655 patients from the ACS-NSQIP database. *J Clin Neurosci* 56, 131–136
- Yap BW, Sim CH (2011): Comparisons of various types of normality tests. *J Stat Comput Simul* 81, 2141–2155
- Zenk K, Bader R, Lenz R, Kluess D, Irmscher B, Mittelmeier W (2012): Einfluss der Erfahrung des Operateurs auf die Operationsdauer bei endoprothetischen Eingriffen. *Orthop Unfallchirurgische Prax* 5, 198–201
- Zenk K, Finze S, Kluess D, Bader R, Malzahn J, Mittelmeier W (2014): Einfluss der Erfahrung des Operateurs in der Hüftendoprothetik. *Orthop* 43, 522–52

