

Aus der I. Medizinischen Klinik des Universitätsklinikums
Augsburg

**Nicht-invasiv bildgebende Diagnostik vor
Koronarangiographie bei Patienten mit
Verdacht auf chronisches Koronarsyndrom -
Eine Routinedaten-basierte Analyse in
Rheinland und Hamburg**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

eingereicht an der

Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg

von

Damyan Penev

Augsburg, 02.10.2024



Eidesstattliche Versicherung und Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die vorliegende Dissertation von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde. Zudem wurden keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet. Außerdem versichere ich, dass die Dissertation keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt wurde und ich mich nicht anderweitig einer Doktorprüfung ohne Erfolg unterzogen habe.

Statutory declaration and statement

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources. As well I declare that I have not submitted a dissertation without success and not passed the oral exam. The present dissertation (neither the entire dissertation nor parts) has not been presented to another examination board.

Augsburg, 02.10.2024

Dissertation eingereicht am: 02.10.2024

Erstgutachter: Prof. Dr. Philip Raake

Zweitgutachter: Prof. Dr. Alexander Hyhlik-Dürr

Tag der mündlichen Prüfung: 22.07.2025

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Ausgangssituation	5
1.2	Leitlinienempfehlungen zur Abklärungspraxis	5
1.3	Leistungszahlen und Leitlinienadhärenz der Linksherzkatheteruntersuchung in Deutschland	12
1.4	Zielstellung und Forschungshypothese	14
2	Material und Methoden	14
2.1	Datengrundlage	14
2.2	Routinedatenbasierte Identifikation der Zielpopulation und Abklärungen	15
2.3	Identifikation relevanter Leistungserbringer	20
2.4	Statistische Auswertungen	20
3	Ergebnisse	21
3.1	Patientkollektiv, Leistungserbringer- und Behandlungsmerkmale	21
3.2	Einsatz nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie und vor Revaskularisation	24
3.3	Untersuchung der Korrelation von Patienten- und Krankenhausmerkmalen mit der Einsatzrate an nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie und vor Revaskularisation	26
3.4	Leistungserbringer-Benchmarking	30
4	Diskussion	33
4.1	Patientenpopulation	34
4.2	Einsatz nicht-invasiv bildgebender Diagnostik	36
4.3	Benchmarking	37
4.4	Limitationen	39
4.5	Schlussfolgerungen	40
5	Zusammenfassung (in deutscher und englischer Sprache)	42
5.1	Zusammenfassung in englischer Sprache	42
5.1.1	Introduction	42
5.1.2	Methods	42
5.1.3	Results	42
5.1.4	Conclusions	42
5.2	Zusammenfassung in deutscher Sprache	43

5.2.1	Einleitung	43
5.2.2	Methoden.....	43
5.2.3	Ergebnisse	43
5.2.4	Schlussfolgerungen	43
6	Literaturverzeichnis	45
	Appendix:.....	48
	I Abkürzungsverzeichnis	48
	II Abbildungsverzeichnis.....	49
	III Tabellenverzeichnis	50
	IV Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahmen	51

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

In den industrialisierten Ländern wie Deutschland ist die koronare Herzerkrankung (KHK) nach wie vor eine der führenden Todesursachen und weist eine hohe Inzidenz, Prävalenz, Morbidität, Hospitalisierungsrate und Mortalität sowie daraus resultierende Gesundheitsausgaben auf.[1, 2] So führte die chronisch-ischämische Herzkrankheit im Jahr 2021 nach Angaben des Deutschen Herzberichts die Todesursachenstatistik in Deutschland mit 7,3% aller Todesursachen an. Die absolute Zahl der durch koronare Herzerkrankung (KHK) bedingten Todesfälle im selben Jahr betrug 121.172.[1] Neben der Mortalität zeichnet sich die ischämische Herzkrankheit mit mehr als 550.000 Krankenhausaufenthalten (664 vollstationäre Behandlungen pro 100.000 Einwohner) auch durch eine hohe Morbiditätslast aus.[1] Nach OECD-Daten lag die KHK-bedingte altersstandardisierte Mortalität im Jahr 2013 in Deutschland mit 115 Todesfällen pro 100.000 Einwohner knapp unter dem OECD-Durchschnitt von 117 je 100.000. Im Schnitt verursachte die KHK in ihren verschiedenen Ausprägungen im selben Jahr immer noch knapp 20% aller Todesfälle in den OECD-Ländern, obwohl seit 1990 eine beeindruckende Reduktion in der dadurch bedingten Mortalität von ca. 45% beobachtet werden konnte.[2] In Bezug auf die Gesundheitsausgaben liegen nur ältere Daten der OECD vor, die zeigen, dass 2011 in Deutschland für alle kardiovaskulären Erkrankungen zusammen im Durchschnitt 5.616 USD pro stationärem Behandlungsfall ausgegeben wurden.[2] Aus neueren Daten des statistischen Bundesamtes geht hervor, dass für die ischämische Herzkrankheit (ICD10-Codes I20-I25) in Deutschland im Jahr 2015 insgesamt 6.999 Mio. Euro und 2020 sogar 7.946 Mio. Euro ausgegeben worden sind. Dies bedeutet umgerechnet 90 Euro pro Einwohner für das Jahr 2015 und 100 Euro pro Einwohner für das Jahr 2020.[3] Die Tatsache, dass Deutschland im Vergleich mit anderen Industrieländern insbesondere im Bereich der kardiovaskulären Mortalität erhöhte Sterblichkeitsraten aufweist, unterstreicht die Bedeutung primär- und sekundärpräventiver Maßnahmen, der Erkennung und Behandlung akuter Herzinfarkte als auch des chronischen Koronarsyndroms (CCS).[4]

1.2 Leitlinienempfehlungen zur Abklärungspraxis

Insbesondere beim CCS ergibt sich in der diagnostischen Praxis die Schwierigkeit daraus, dass Beschwerden mit potentiell kardialer Ursache vielfach nicht kardial bedingt sind und kardiale Ursachen nur 8–11% der hausärztlichen Brustschmerz-bedingten Konsultationen verursachen.[5-7] Aufgrund der hohen gesundheitlichen und gesundheitsökonomischen Relevanz des Themas enthalten die aktuellen europäischen

und deutschen Leitlinien zum CCS klare Empfehlungen zur Stratifikation und algorithmischen Verwendung nicht-invasiver und invasiver diagnostischer Verfahren zur differentialdiagnostischen Abklärung bei Verdacht auf ein CCS.

Im Zeitraum der Datenerhebung für diese retrospektive Analyse hatten die deutsche Nationale Versorgungsleitlinie KHK 2019 und die CCS-Leitlinie der European Society of Cardiology (ESC) 2019 Gültigkeit.[8, 9]

Dreh- und Angelpunkt des Handlungsalgorithmus der Nationalen Versorgungsleitlinie KHK (NVL-KHK) ist die Abschätzung der Vortestwahrscheinlichkeit für KHK, die den weiteren diagnostischen Weg vorgibt. Auf der hausärztlichen Ebene empfiehlt die Leitlinie die Verwendung des Marburger Herzscores, eines validierten Tools aus fünf Parametern, der die Patienten mit Brustschmerz je nach Punktwert in eine Kategorie mit niedrigem (<2,5% Wahrscheinlichkeit einer stenosierenden KHK), eine mit mittleren (ca. 17% Wahrscheinlichkeit einer stenosierenden KHK) und eine mit hohem (ca. 50% Wahrscheinlichkeit einer stenosierenden KHK) Risiko unterteilt.[6] Auf der fachärztlich-kardiologischen Ebene erfolgt die klinische Stratifizierung nach erfolgter Anamnese und körperlicher Untersuchung anhand des von Genders et al. aktualisierten sog. Diamond-Forrester-Modells zur Bestimmung der Vortestwahrscheinlichkeit für eine stenosierende KHK in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Symptomatik.[10] Die Definition von typischer Angina pectoris beinhaltet nach diesem Modell folgende drei Punkte:

1. einengende Beschwerden, die entweder retrosternal oder im Nacken, Schulter, Kiefer oder Arm lokalisiert sind;
2. Verstärkung durch körperliche Belastung oder emotionalen Stress;
3. Besserung durch Ruhe und/oder Nitro innerhalb von fünf Minuten.

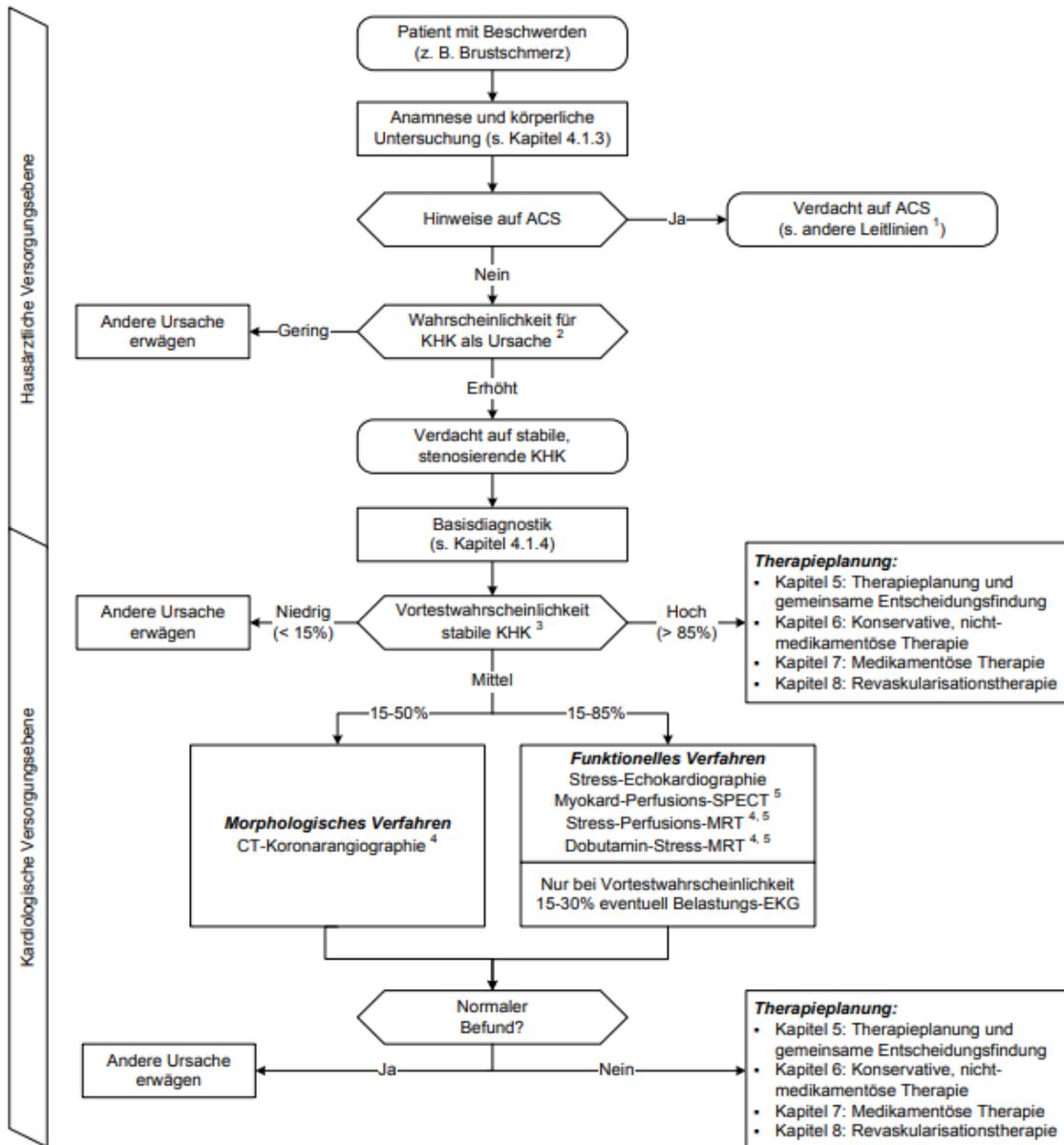
Die Brustschmerzsymptomatik wird dann unterteilt in:

1. Typische Angina pectoris: Zutreffen von drei der o.g. Punkten.
2. Atypische Angina pectoris: Zutreffen von zwei der o.g. Punkten.
3. Nicht-anginöser Brustschmerz: Zutreffen von einem oder keinem der o.g. Punkte.

Aufgrund der Brustschmerzart nach der oben genannten Definition und des Patientenalters kann dann die angenommene Vortestwahrscheinlichkeit abgelesen werden, wobei diese zwischen 5% (35-jährige Frau mit nicht-anginösem Brustschmerz) und 93% (80-jähriger Mann mit typischer Angina pectoris) variiert.[9] Das weitere Abklärungsvorgehen ist von der so errechneten Vortestwahrscheinlichkeit, der vor Ort

verfügbaren Gerätschaften und Expertise, der testbezogenen Risiken und der Patienteneignung für die jeweiligen Tests bestimmt. Bei einer Vortestwahrscheinlichkeit von <15% empfiehlt die NVL-KHK kein weiteres Verfahren zur Suche einer stenosierenden KHK anzuwenden, sondern eine andere Ursache der Beschwerden in Betracht zu ziehen. Bei einer Vortestwahrscheinlichkeit >85% kann die Diagnose stenosierende KHK ohne weitere Diagnostik angenommen werden und eine direkte invasive, prinzipiell auch therapiebahnende Koronarangiographie wird empfohlen. Bei der weitaus größten Gruppe der Patienten mit einer Vortestwahrscheinlichkeit zwischen 15% und 85% besteht der nächste leitliniengerechte Schritt in der Anwendung eines funktionellen (Belastungs-EKG, Stress-Echokardiographie, Myokard-Perfusions-Szintigraphie, Myokard-Perfusions-Positronen-Emissions-Tomographie (PET) Dobutamin-Stress-Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT), Stress-Perfusions-MRT) oder morphologischen (native Computertomographie (CT), kontrastverstärkte Mehrschicht-Spiral-CT)) nicht-invasiven diagnostischen Verfahrens. Dabei soll den bildgebenden Verfahren eindeutig der Vorzug gegenüber dem Belastungs-EKG gegeben werden. Erst bei Nachweis einer Durchblutungsstörung ist dann die Durchführung einer Koronarangiographie indiziert.[9]

Der in **Abbildung 1** dargestellte Algorithmus fasst die Leitlinienempfehlungen zusammen:



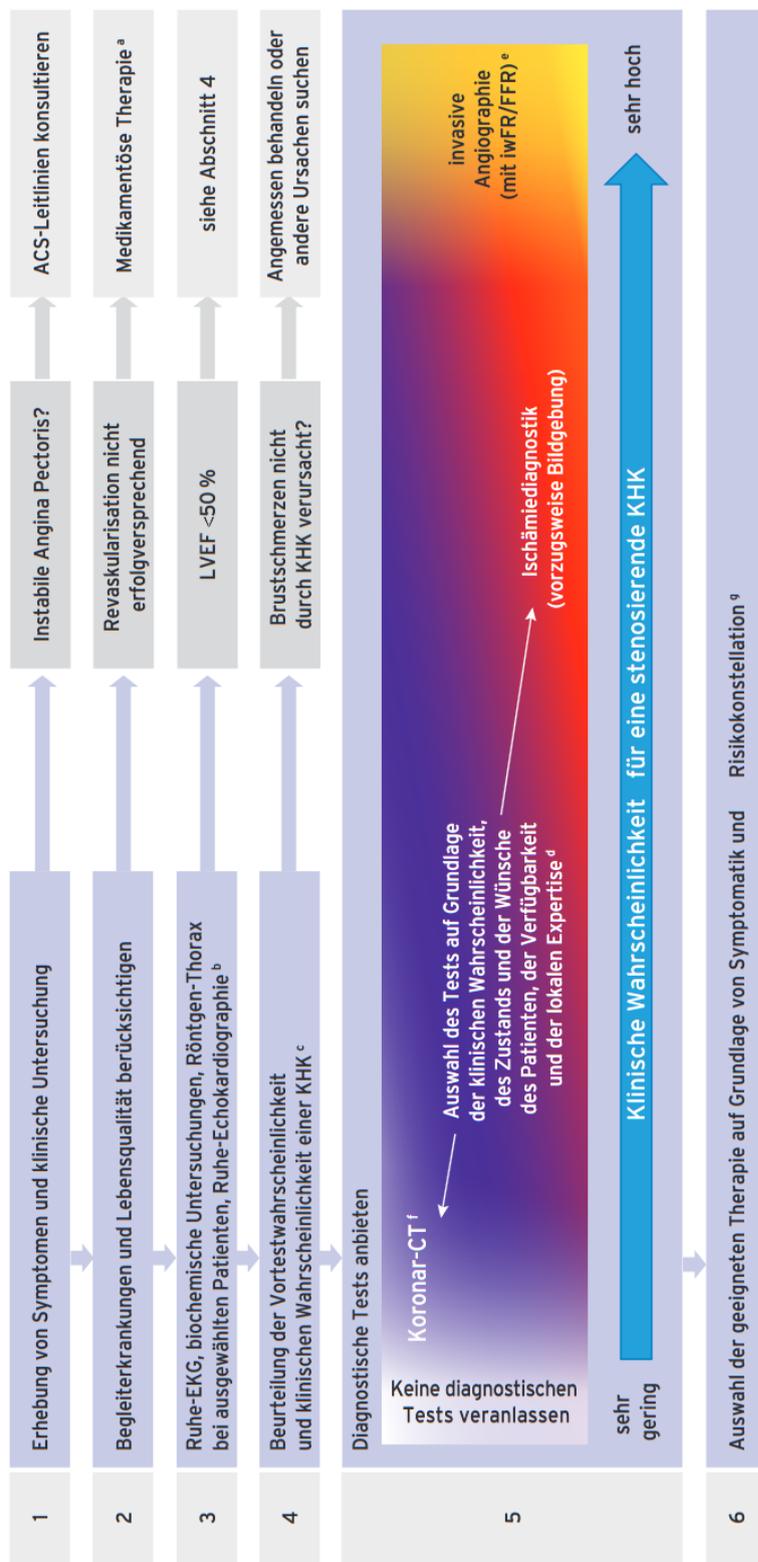
- ¹ Für die Behandlung von Patienten mit akutem Koronarsyndrom wird auf andere Leitlinien [16–18,34–38] verwiesen.
- ² Wahrscheinlichkeit für KHK als Ursache (siehe Marburger Herz-Score, Tabelle 5, Kapitel 4.1.3 Anamnese und körperliche Untersuchung).
- ³ Vortestwahrscheinlichkeit für eine stenosierende KHK (siehe Tabelle 6, Kapitel 4.1.3 Anamnese und körperliche Untersuchung).
- ⁴ Derzeit nicht im Leistungsumfang der GKV, kann im Rahmen von IV-Verträgen erstattet werden.
- ⁵ Teilweise handelt es sich bei den eingesetzten Arzneimitteln um einen Off-Label-Use. Hierzu müssen die im Hintergrundtext beschriebenen Kriterien beachtet werden.

© ÄZQ – NVL Chronische KHK, 5. Auflage

Abbildung 1 Diagnostischer Algorithmus bei V.a. eine stabile stenosierende KHK nach der Nationalen Versorgungsleitlinie Chronische KHK – Langfassung, 5. Auflage. 2019.[9]

Die Europäische Gesellschaft für Kardiologie veröffentlichte im August 2019 eine aktualisierte Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des CCS, die sich in einigen Punkten von der damals in Deutschland gültigen NVL-KHK unterscheidet.[8] Der Diagnostikpfad umfasst auch hier mehrere sequentielle Schritte, initial ebenfalls Anamnese und körperliche Untersuchung zur Erfassung der Beschwerden und Hinweise auf mögliche alternative Ursachen, Basis-Untersuchungen wie Ruhe-EKG, laborchemische Untersuchungen und eine Echokardiographie in Ruhe. Nachfolgend wird auch nach der europäischen Leitlinie die Vortestwahrscheinlichkeit ermittelt und diese Wahrscheinlichkeit als Kernelement der Entscheidungsfindung über das weitere Vorgehen verwendet. Eine wichtige Anpassung in der ESC-CCS-Leitlinie ist die Ergänzung der Vortest-Wahrscheinlichkeit für Dyspnoe/Kurzatmigkeit als Leitbeschwerde und mögliches Symptom einer eventuell vorliegenden stenosierenden KHK. Weiterhin wird anerkannt, dass das Vorhandensein von kardiovaskulären Risikofaktoren (positive Familienanamnese für KHK, Dyslipidämie, Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Rauchen) sowie bestimmte Veränderungen im Ruhe- oder Belastungs-EKG die Vortestwahrscheinlichkeit erhöhen, wohingegen die Abwesenheit von Koronarkalk in einer CT sie absenkt. Auch hier wird bei sehr niedriger Vortestwahrscheinlichkeit keine weiterführende herzspezifische Diagnostik mehr empfohlen, wobei die Schwelle im Vergleich zur NVL-KHK von 15% auf 5% abgesenkt worden ist. Nur bei sehr hoher Vortestwahrscheinlichkeit, Vorliegen von medikamentös therapierefraktärer Angina pectoris oder typischer Angina pectoris bei geringer Belastung als Indiz für hohes Ereignisrisiko wird eine direkte Durchführung einer Koronarangiographie mit Revaskularisationsmöglichkeit als legitime Option befürwortet. Das leitliniengerechte Vorgehen sieht bei den meisten Patienten (diesen mit intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit) auch nach der europäischen Leitlinie die Durchführung einer nicht-invasiven Untersuchung als nächsten Schritt vor.[8]

Die nachfolgende **Abbildung 2** gibt einen Überblick über das empfohlene Vorgehen nach der ESC-CCS Leitlinie:



^a Bei Unsicherheiten hinsichtlich der Diagnose KHK kann es angebracht sein, vor Einleitung einer Behandlung eine Ischämietestung mittels nicht-invasiver funktioneller Bildgebung durchzuführen.

^b Kann bei sehr jungen, gesunden Patienten mit starkem Verdacht auf extrakardiale Ursache der Brustschmerzen sowie bei multimorbiden Patienten ausgelassen werden, bei denen das Echokardiogramm keine Auswirkungen auf die spätere Behandlung hat.

^c Belastungs-EKG zur Beurteilung von Symptomen, Arrhythmien, Belastungstoleranz, Blutdruckantwort und Risikokonstellation bei ausgewählten Patienten.

^d Fähigkeit zur körperlichen Belastung, individuelle, testbezogene Risiken und Wahrscheinlichkeit für den Erhalt eines diagnostischen Testergebnisses.

^e Hohe klinische Wahrscheinlichkeit und mangelndes symptomatisches Ansprechen auf die medizinische Behandlung, Hochrisikokonstellation in der klinischen Beurteilung (z. B. ST-Streckensenkung in Kombination mit Symptomen bei geringer Belastung oder systolische Dysfunktion, die auf eine KHK hindeutet) oder unsichere Diagnose bei nicht-invasiver Testung.

^f Funktionelle Bildgebung für Ausschluss oder Bestätigung einer Myokardischämie, wenn KHK anhand der Koronar-CT nicht klassifiziert werden kann oder Koronar-CT nicht diagnostisch.

^g Angina Pectoris ohne Obstruktion der epikardialen Koronararterien erwägen.

Abbildung 2 Schrittweiser Ansatz zur diagnostischen Einschätzung von Patienten mit Angina pectoris und Verdacht auf KHK nach der ESC CCS-Leitlinie 2019 (Bild aus der deutschen Übersetzung der Leitlinien-Kurzfassung).[8, 11]

Eine wichtige Änderung in der ESC-CCS-Leitlinie betrifft die Rolle des Belastungs-EKGs. Dieses wird nicht mehr als Testverfahren zum Ausschluss bzw. Nachweis einer Durchblutungsstörung am Herzen empfohlen, sondern nur noch als Entscheidungshilfe zur Wahl weiterführender nicht-invasiver Diagnostikverfahren und als Instrument der Risikostratifizierung von Patienten. Eine weitere wichtige Änderung nahmen die Leitlinienautoren in der Ermittlungstabelle der KHK-Vortestwahrscheinlichkeit vor und passten diese aufgrund aktuellerer Daten an.[12] Diese führten zu einer erheblichen Reduktion der Vortestwahrscheinlichkeit in allen Altersstufen.[8]

Die nachfolgenden **Tabelle 1** und **Tabelle 2** ermöglichen einen Vergleich der in der NVL-KHK und ESC-CCS-Leitlinie angegebenen Vortestwahrscheinlichkeiten nach Altersstufe und Art der Symptomatik.

Tabelle 1 Ermittlung der Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer stenosierenden KHK anhand der Patientenanamnese mit Differenzierung nach typischer Angina pectoris, atypischer Angina pectoris und nichtanginösem Thoraxschmerz sowie Geschlecht und Alter – Nationale Versorgungsleitlinie KHK, 5. Auflage.[9]

Alter (Jahre)	Typische Angina pectoris		Atypische Angina pectoris		Nicht-anginöse Brustschmerzen	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
30–39	59%	28%	29%	10%	18%	5%
40–49	69%	37%	38%	14%	25%	8%
50–59	77%	47%	49%	20%	34%	12%
60–69	84%	58%	59%	28%	44%	17%
70–79	89%	68%	69%	37%	54%	24%
>80	93%	76%	78%	47%	65%	32%

Tabelle 2 Ermittlung der Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer stenosierenden KHK anhand der Patientenanamnese mit Differenzierung nach typischer Angina pectoris, atypischer Angina pectoris, nichtanginösem Thoraxschmerz und Dyspnoe sowie Geschlecht und Alter – Europäische Gesellschaft für Kardiologie – Leitlinie zum Chronischen Koronarsyndrom 2019.[8]

Alter (Jahre)	Typische Angina pectoris		Atypische Angina pectoris		Nicht-anginöse Brustschmerzen		Dyspnoe	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
30–39	3%	5%	4%	3%	1%	1%	0%	3%
40–49	22%	10%	10%	6%	3%	2%	12%	3%
50–59	32%	13%	17%	6%	11%	3%	20%	9%
60–69	44%	16%	26%	11%	22%	6%	27%	14%
>70	52%	27%	34%	19%	24%	10%	32%	12%

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass nach den Empfehlungen der o.g. Leitlinien für die große Mehrheit der Patienten mit möglichem CCS primär eine nicht-invasiv bildgebende Diagnostik empfohlen wird. Erst bei pathologischem Befund ist eine invasive Koronarangiographie empfohlen. Dies hat insbesondere für die ESC-Leitlinie Gültigkeit, nach deren Empfehlungen kaum Patienten mit Indikation für eine direkte invasive Koronarangiographie verbleiben.

1.3 Leistungszahlen und Leitlinienadhärenz der Linksherzkatheteruntersuchung in Deutschland

Laut des Deutschen Herzberichts aus dem Jahr 2022 ist im Zeitraum von 2016 bis 2021 die Anzahl der jährlichen Linksherzkatheteruntersuchungen in Deutschland von 897.939 auf 791.357 gesunken, was einem Rückgang von 11,9% entspricht. Parallel ging die Zahl der perkutanen Koronarinterventionen (PCI) von 377.763 auf 338.640 pro Jahr zurück (-10,4%).[1] Die Anzahl der Einrichtungen, die eine Linksherzkatheteruntersuchung anbieten, und der Herzkatheterlabore nahm im selben Zeitraum von 496 bzw. 972 auf 375 bzw. 831 ab.[1] Trotz dieser Entwicklung liegt Deutschland mit Blick auf vorhandene Herzkatheterlabore und durchgeführte Untersuchungen sowie Revaskularisationen im internationalen Vergleich der Industrienationen seit Jahren in der Spitzengruppe – mit deutlichem Abstand vor den

nächstplatzierten Ungarn, Österreich und den Niederlanden. Bereits zu Beginn der 2000er wurde der Verdacht auf eine Überversorgung in Bezug auf die invasive Koronardiagnostik hierzulande geäußert.[13] In den vergangenen Jahren wiesen verschiedene Arbeiten zusätzlich auf eine nicht unerhebliche regionale Heterogenität hin.[14-16] Eine rezente Arbeit, in der bundesweite Krankenkassenroutinedaten ausgewertet wurden, konnte eine regional unterschiedliche Häufigkeit im Einsatz invasiver Koronardiagnostik beim chronischen Koronarsyndrom, nicht jedoch beim akuten Koronarsyndrom nachweisen.[15] Diese regionalen wie internationalen Unterschiede im Vorgehen legen eine relevante Diskrepanz zwischen leitliniengeforderten Vorgehen und tatsächlicher Praxis bei der Indikationsstellung zur Linksherzkatheteruntersuchung nahe. Etwa zwei Drittel aller Koronarangiographien werden nicht im Rahmen akuter Koronarsyndrome durchgeführt, sodass die in den Leitlinien stark gewichtete Rolle der nicht-invasiven bildgebenden Verfahren einer näheren Betrachtung bedarf.[17]

Bezüglich der tatsächlichen Verwendung nicht-invasiver Untersuchungsverfahren in der Praxis existieren teilweise deutlich diskrepante Daten.

Das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) gibt für den Qualitätsindikator „Objektive, nicht-invasive Ischämiezeichen als Indikation zur elektiven, isolierten Koronarangiographie“ für 2023 einen Wert von etwa 60 % an.[18] In der DISCHARGE-Studie, welche die Rolle der Koronar-CT in der Diagnostik der stabilen Angina pectoris untersuchte, wurde nur bei etwa einem Drittel der Patienten mit stabiler Angina pectoris eine nicht-invasive Diagnostik der invasiven Koronarangiographie vorgeschaltet.[19] In rezenten prospektiven Studien aus Deutschland wurden bei Patienten mit Verdacht auf CCS und Patienten mit Vorstellung auf der Notaufnahme mit potentieller Myokardischämie aber ohne akuten Myokardinfarkt Raten an nicht-invasiv bildgebender Ischämiediagnostik vor Koronarangiographie von nur etwa 21% festgestellt.[20, 21]

Andererseits zeigen Daten aus den USA, dass die Optimierung der Leitlinienadhärenz im Bereich der interventionellen Kardiologie mit Reduktion sowohl der Kosten als auch der nicht indizierten invasiven Untersuchung einhergeht.[22-24] Hiernach reduzierten sich über 5 Jahre der Anteil an nicht angebrachten Koronarinterventionen von 26% auf 13% und die Kosten um 38%.[23, 24]

1.4 Zielstellung und Forschungshypothese

Diese auf Krankenversicherungsdaten basierende Analyse soll einen Überblick über die Verwendung der leitlinienempfohlenen nicht-invasiven Bildgebung vor Koronarangiographien bei Patienten mit Verdacht auf ein CCS geben, die bei der gesetzlichen Krankenversicherung „AOK Rheinland/Hamburg“ versichert sind.

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass die Rate an nicht-invasiver Bildgebungsdiagnostik vor Indikationsstellung für Koronarangiographie in der oben beschriebenen Kohorte <20% liegt. Dies basiert auf den in den oben erwähnten kontemporären Studien und den dort beobachteten Raten an nicht-invasiver funktioneller Diagnostik vor Herzkatheteruntersuchung.

Ein weiteres Ziel der Arbeit ist mit Hilfe der so akquirierten Daten ein Benchmarking der Leistungserbringer in Bezug auf die Verwendung von nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS zu erstellen.

2 Material und Methoden

2.1 Datengrundlage

Für diese Analyse wurden routinemäßig von den gesetzlichen Krankenversicherungen gespeicherte Abrechnungsdaten (sog. Sekundär- oder Routinedaten) retrospektiv analysiert. Verwendet wurden Routinedaten aus dem Jahr 2019 von Versicherten der gesetzlichen Krankenversicherung AOK Rheinland/Hamburg (AOK Rheinland Hamburg, Kasernenstr. 61, 40213 Düsseldorf). Der Zugriff auf die oben genannten Routinedaten erfolgte im Rahmen eines Unterprojekts der ENLIGHT-KHK-Studie – mit dem Ziel, die Versorgungszahlen im Bereich der in der Studie nicht-eingeschlossenen, wie auch rein nicht-invasiv abgeklärten Patienten der Zielpopulation im Versorgungsumfeld abzuschätzen und das Bild der Versorgungslandschaft soweit möglich zu komplettieren.

Die Routinedaten wurden retrospektiv hinsichtlich Koronarangiographien, Revaskularisationen und nicht-invasiv bildgebender KHK-Diagnostik und der entsprechenden Diagnose (ICD-10) ausgewertet. Relevante invasive und nicht-invasive Untersuchungen werden mithilfe der einheitlichen deutschen Abrechnungs-codes für ambulante und stationäre Verfahren identifiziert.

Das Projekt wurde durch die für den Datenschutz zuständige Aufsichtsbehörde (Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen,

Anschrift: Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales Nordrhein-Westfalen, 40190 Düsseldorf) freigegeben.[25] Die Studie erhielt zudem ein positives Ethikvotum der Ärztekammer Nordrhein mit dem Aktenzeichen 2018361.

2.2 Routinedatenbasierte Identifikation der Zielpopulation und Abklärungen

In einem ersten Schritt wurden zur Identifizierung der Patienten mit möglichem CCS oder Verdacht auf diese Diagnose ICD-Codes aus der amtlichen Internationalen Klassifikation der Erkrankungen und verwandter Gesundheitsprobleme ICD-10-GM in ihrer Deutschen Modifikation und der Version von 2019 verwendet.[26]. Die Diagnose durfte sowohl im hausärztlichen als auch fachärztlichen und stationären Setting kodiert worden sein. Im stationären Setting wurden die Aufnahme-, die Haupt- und die Nebendiagnosen berücksichtigt, bei ambulanten Krankenhausbehandlungen die Behandlungs- und die Ambulanzdiagnose sowie die mitbehandelten Diagnosen. Im niedergelassenen Bereich wurden alle von der Kassenärztlichen Vereinigung übermittelten Diagnosen einbezogen. Eingeschlossen wurden Patienten mit den Diagnosecodes aus dem Kapitel I25.- (Chronische ischämische Herzkrankheit) und einige Codes aus dem Kapitel I20.- (Angina pectoris). Um nur Patienten mit chronischer KHK in die Auswertung aufzunehmen, wurden alle Codes, die für akute Koronarsyndrome oder deren Komplikationen kodieren, ausgeschlossen. Details über die verwendeten Codes können der **Tabelle 3** entnommen werden.

Zur Identifizierung der durchgeführten diagnostischen und therapeutischen Prozeduren wurden OPS-Codes (Operationen- und Prozedurenschlüssel) für stationär erbrachte Leistungen, EBM-Ziffern (Einheitlicher Bewertungsmaßstab) für die ambulant als vertragsärztliche Leistung durchgeführten Prozeduren und die DKG-NT-Ziffern (Deutsche Krankenhausgesellschaft Nebenkostentarif) für prästationär durch Krankenhäuser erbrachte Leistungen – jeweils in der 2019 gültigen Version – ausgewertet.[27-29]

Die Koronarangiographien, die als stationäre Leistung erbracht worden waren, wurden demnach anhand der OPS-Codes 1-275 und 1-279a aus den GKV-Routinedaten herausgesucht. Die ambulant durchgeführten Koronarangiographien wurden mittels Suche nach den EBM-Ziffern 34291 und 34298 festgestellt. Die prästationär durch Krankenhäuser erbrachten Koronarangiographien wurden mit entsprechender DKG-NT-Ziffern identifiziert.

Um eine Korrelation mit stattgefundener bzw. nicht stattgefundener nicht-invasiver Myokardischämiediagnostik herstellen zu können, wurden die Routinedaten aus dem Dreimonatszeitraum vor der Koronarangiographie nach den Abrechnungs-codes für Stress-Echokardiographien, Myokardperfusions-SPECT, Stress-MRT und Koronar-CT-Angiographien durchsucht. Stress-Echokardiographien und Myokardperfusions-SPECT-Untersuchungen waren durch spezifische OPS-Codes bzw. EBM-Ziffern identifizierbar. Stress-MRTs und koronare CT-Angiographien waren im Jahr 2019 im Deutschen System für Vergütung medizinischer Leistungen nicht als ambulante Leistungen vorgesehen und konnten entsprechend nicht abgerechnet werden. Eine Abrechnung dieser Untersuchungen erfolgte nur im Rahmen von stationären oder prästationären Aufenthalten. Für deren Identifizierung im untersuchten Patientenkollektiv wurden somit die entsprechenden OPS-Codes und DKG-NT-Ziffern benutzt.

In einem weiteren Schritt wurden die Koronarbehandlungen (Revaskularisationen) identifiziert, die innerhalb von drei Monaten nach erfolgter Koronarangiographie stattgefunden hatten. Damit sollte einerseits die Korrelation zwischen Indikationsstellung für Behandlung und erbrachtem Myokardischämienachweis untersucht und andererseits die Rate an erfolgten Revaskularisationen als Marker für die Güte der Indikationsstellung für diagnostische Koronarangiographie beschrieben werden. Für die Suche wurden zahlreiche OPS-Codes benutzt, die für folgende interventionelle Prozeduren kodieren: u.a. Ballon-Angioplastie, Laser-Angioplastie, Atherektomie, Rotablation, Einlegen von medikamentefreisetzenden Stents, Blade-Angioplastie (Scoring- oder Cutting-balloon), Einlegen eines beschichteten Stents, Art der verwendeten Ballons, Einlegen eines medikamentefreisetzenden bioresorbierbaren Stents, Einlegen eines nicht medikamentefreisetzenden selbstexpandierenden Stents, Einlegen eines medikamentefreisetzenden selbstexpandierenden Stents. Die ambulant durchgeführten PCI waren durch zwei EBM-Ziffern abgebildet.

Die chirurgischen Revaskularisationsarten wurden durch die OPS-Codes für Anlegen eines aortokoronaren Bypass, Anlegen eines aortokoronaren Bypass durch minimalinvasive Technik und andere Revaskularisation des Herzens ausfindig gemacht. Eine Übersicht über die verwendeten Codes und Ziffern gibt **Tabelle 3**.

Tabelle 3 Zusammenfassung der für die Identifizierung der Patienten und der durchgeführten Untersuchungen verwendeten Codes nach DKG-NT, EBM, ICD-10 und OPS und deren Bezeichnungen. Die ICD10-Codes wurden zur Identifikation der relevanten Diagnosen verwendet, die OPS-Codes, EBM-Codes und die DKG-NT-Codes für die Identifikation von entsprechend stationär, ambulant und prästationär durchgeführten Prozeduren.

DKG-NT: Deutsche-Krankenhaus-Gesellschaft-Nebenkostentarif. EBM: Einheitlicher Bewertungsmaßstab der Kassenärztlichen Bundesvereinigung. ICD-10: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der Weltgesundheitsorganisation (WHO). OPS: Operationen- und Prozedurenschlüssel.

Diagnosen und Prozeduren	Verwendete Codes und Ziffern und deren komplette Bezeichnung
<i>Patienten mit V.a. chronischem Koronarsyndrom</i>	<p>ICD-Codes I25.0 (Atherosklerotische Herz-Kreislauf-Krankheit, so beschrieben), I25.1 (Atherosklerotische Herzkrankheit), I25.2 (Alter Myokardinfarkt), I25.3 (Herz-(Wand-)Aneurysma), I25.4 (Koronararterienaneurysma), I25.5 (Ischämische Kardiomyopathie), I25.6 (Stumme Myokardischämie), I25.8 (Sonstige Formen der chronischen ischämischen Herzkrankheit) und I25.9 (chronische ischämische Herzkrankheit, nicht näher bezeichnet)</p> <p>ICD-Codes I20.1 (Angina pectoris mit nachgewiesenem Koronarspasmus), I20.8 (sonstige Formen der Angina pectoris) und I20.9 (Angina pectoris, nicht näher bezeichnet)</p> <p>Ausschluss von ICD-Codes I20.0 (Instabile Angina pectoris), I21.- (Akuter Myokardinfarkt), I22.- (Rezidivierender Myokardinfarkt), I23.- (Bestimmte akute Komplikationen nach akutem Myokardinfarkt) und I24.- (Sonstige akute ischämische Herzkrankheit)</p>
<i>Koronarangiographie</i>	<p>OPS-Codes 1-275 (Transarterielle Linksherz-Katheteruntersuchung) und 1-279a (Koronarangiographie mit Bestimmung der</p>

	<p>intrakoronaren Druckverhältnisse durch Druckdrahtmessung)</p> <p>EBM-Ziffern 34291 (Herzkatheteruntersuchung mit Koronarangiographie) und 34298 (Zuschlag für die Messung der myokardialen fraktionellen Flussreserve)</p> <p>DKG-NT-Ziffern 5325, 5326, 5327 und 5328</p>
<i>Stress-Echokardiographie</i>	<p>OPS-Code 3-031 (Komplexe differenzialdiagnostische transthorakale Stress-Echokardiographie)</p> <p>EBM-Ziffern 33030 (Echokardiographie mit physikalischer Stufenbelastung) und 33031 (Echokardiographie mit pharmakainduzierter Stufenbelastung) oder 13550 (Zusatzpauschale Kardiologie II, die eine der letztgenannten Ziffern obligat einschließt)</p>
<i>Myokardperfusions-SPECT</i>	<p>OPS-Codes 3-721.1 (Myokardszintigraphie unter physischer Belastung) und 3.721.2 (Myokardszintigraphie unter pharmakologischer Belastung)</p> <p>EBM-Ziffern 17330–17333 (Myokardperfusionsszintigrafie in Ruhe, Myokardperfusionsszintigraphie unter Belastung und Zusatzpauschale nuklearmedizinische Herzfunktionsdiagnostik)</p>
<i>Stress-MRT</i>	<p>OPS-Codes 3-824.1 (Magnetresonanztomographie des Herzens mit Kontrastmittel unter physischer Belastung) und 3-824.2 (Magnetresonanztomographie des Herzens mit Kontrastmittel unter pharmakologischer Belastung)</p> <p>DKG-NT-Ziffern 5715, 5735, 5731, 5733</p>
<i>Koronare CT-Angiographie</i>	<p>OPS-Codes 3-224.3, 3-224.30, 3-224.31 (CT-Koronarangiographie und CT-Koronarangiographie ohne bzw. mit</p>

	<p>Bestimmung der fraktionellen myokardialen Flussreserve)</p> <p>DKG-NT-Ziffern 5369, 5371, 5375, 5376, 5377</p>
Revaskularisation	<p>OPS-Codes 8-837.0,.1.,2.,.5,.k,.m,.p,.q,.u,.v,.w, sowie 8-83b.b und 8-83D.0-2, die respektive für folgende interventionelle Prozeduren kodieren: Ballon-Angioplastie, Laser-Angioplastie, Atherektomie, Rotablation, Einlegen eines nicht medikamentefreisetzenden Stents, Einlegen eines medikamentefreisetzenden Stents, Einlegen eines nicht medikamentefreisetzenden gecoverten Stents (Stent-Graft), Blade-Angioplastie (Scoring- oder Cutting-balloon), Einlegen eines nicht medikamentefreisetzenden Bifurkationsstents, Einlegen eines medikamentefreisetzenden Bifurkationsstents, Einlegen eines beschichteten Stents, Art der verwendeten Ballons, Einlegen eines medikamentefreisetzenden bioresorbierbaren Stents, Einlegen eines nicht medikamentefreisetzenden selbstexpandierenden Stents, Einlegen eines medikamentefreisetzenden selbstexpandierenden Stents</p> <p>EBM-Ziffern 34292 (Zuschlag zu der Gebührenordnungsposition 34291 bei Durchführung einer interventionellen Maßnahme (z.B. PTCA, Stent))</p> <p>OPS-Codes 5-361 (Anlegen eines aortokoronaren Bypass), 5-362 (Anlegen eines aortokoronaren Bypass durch minimalinvasive Technik), 5-363 (Andere Revaskularisation des Herzens)</p>

2.3 Identifikation relevanter Leistungserbringer

Zur Identifikation von für den Versorgungsbereich relevanten Leistungserbringern wurden schließlich diejenigen eingeschlossen, die mindestens zwei Koronarangiographien pro Monat, entsprechend mindestens 24 pro Jahr bei Versicherten der AOK Rheinland/Hamburg durchgeführt hatten. Der Vergleich (Bechmarking) der Krankenhäuser beschränkte sich dann auf diese Krankenhäuser.

Die finale Kohorte für die Datenanalyse bestand aus allen Versicherten der AOK Rheinland/Hamburg, bei denen im Jahr 2019 mindestens eine Koronarangiographie aufgrund der Indikation chronisches Koronarsyndrom durchgeführt worden war. Bei diesen Patienten wurde untersucht, ob eine nicht-invasive bildgebende Diagnostik in den drei Monaten vor Koronarangiographie durchgeführt wurde.

2.4 Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung wurde durch die CERC Deutschland GmbH durchgeführt. Es wurde die Software R-project (Version 4.0) verwendet. Patienten- und Behandlungsmerkmale werden durch Mittelwerts und Standardabweichung oder Zahlen und Prozentangaben – je nach Anwendbarkeit – beschrieben. Krankenhausmerkmale werden ähnlich beschrieben.

Die nicht adjustierten Raten an Nutzung von nicht-invasiver Diagnostik bei allen Patienten und bei denen, die sich einer Revaskularisation unterzogen haben, wurden mithilfe eines Trichterdiagramms dargestellt. Darüber hinaus wurden die Krankenhäuser mithilfe eines logistischen Random-Effekt-Modells verglichen, das die Patientenmerkmale Alter und Geschlecht als feste Effekte und das Krankenhaus als zufälligen Effekt berücksichtigte. Die Parameter wurden unter Verwendung adaptiver Gauß'scher Quadratur geschätzt. Die Odds Ratio (OR) mit einem 95%-Konfidenzintervall (KI) für jedes Krankenhaus wurde berichtet. Der Einfluss der Krankenhausmerkmale, wie das jährliche Volumen der Koronarangiogramme, der Anteil von CCS-Patienten und AMI-Patienten, wurde graphisch untersucht und durch schrittweises Hinzufügen der Kovariate (einzeln) in das Modell integriert.

3 Ergebnisse

3.1 Patientkollektiv, Leistungserbringer- und Behandlungsmerkmale

Insgesamt wurden im Jahr 2019 bei AOK Rheinland/Hamburg-Versicherten 30.142 Koronarangiographien von 241 Leistungserbringern durchgeführt, 8.599 bei Patienten mit Verdacht auf ein CCS. Die weitere Beschreibung der Population und das Benchmarking der Gesundheitsdienstleister beschränkten sich auf diejenigen Leistungserbringer, die mindestens 24 Fälle (im Durchschnitt zwei Fälle pro Monat) von Patienten mit Verdacht auf ein CCS behandelt hatten. Dadurch wurde der Datensatz von 8.599 auf 7.885 Koronarangiographien und die Zahl der Leistungserbringer auf 82 reduziert.

Die Zielpopulation von Patienten mit möglichem CCS bei Leistungserbringern mit mindestens 24 Koronarangiographien pro Jahr zeigte folgende Merkmale: Die 7.885 Patienten waren im Mittel 70 Jahre alt und zu 40,1% (3.160 von 7.885) weiblich. Eine nicht-invasive Diagnostik in den drei Monaten vor Koronarangiographie erfolgte in 6,02% (475/7.885) der Fälle, mit der Myokardperfusionsszintigraphie als häufigste Untersuchung in 42,3% (201/475) aller nicht-invasiven Untersuchungen. Der Rest verteilte sich auf die Stress-Echokardiographie mit 21,9% (104/475), die Koronar-CT-Angiographie mit 20,2% (96/475) und das Stress-MRT in 16,4% (78/475). Insgesamt wurde in 1.254 Fällen eine Revaskularisation jeglicher Art durchgeführt, was einem Mittelwert von 15,9% (1.254/7.885) der Fälle entspricht, wobei die PCI in 89,6% und eine Koronararterien-Bypassoperation in 11,1% aller Revaskularisationen erfolgte. 84,1% aller Koronarangiographien bei CCS ergaben keine Revaskularisationsindikation. In **Tabelle 4** sind die Details zu den Patienten aufgeführt.

Tabelle 4 Patienten- und Behandlungsmerkmale bei Patienten mit Verdacht auf ein chronisches Koronarsyndrom (CCS). *Leistungserbringer mit weniger als bzw. mindestens 24 Koronarangiographien bei möglichem CCS pro Jahr. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. SPECT: Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie. MRT: Magnet-Resonanz-Tomographie. CT: Computer-Tomographie

		Koronarangiographie-Volumen bei CCS pro Jahr		
		<24 CCS*	>=24 CCS*	Gesamt
Zahl der Patienten	N	714	7,885	8,599
Alter (Jahre)	Mean (SD)	70 (12)	70 (12)	70 (12)
Weiblich	n/N (%)	261/714 (36,55%)	3160/7,885 (40,08%)	3421/8,599 (39,78%)
Nicht-invasive Untersuchung				
Jeder Art	n/N (%)	48/714 (6,72)	475/7,885 (6,02)	523/8,599 (6,08)
Stress-Echo	n/N (%)	10/714 (1,40)	104/7,885 (1,32)	114/8,599 (1,33)
Myokaperfusions-SPECT	n/N (%)	22/714 (3,08)	201/7,885 (2,55)	223/8,599 (2,59)
Koronare CT- Angiographie	n/N (%)	5/714 (0,70)	96/7,885 (1,22)	101/8,599 (1,17)
Stress-MRT	n/N (%)	11/714 (1,54)	78/7,885 (0,99)	89/8,599 (1,04)

Betrachtet man nun die Ebene der Leistungserbringer mit mindestens 24 AOK Rheinland/Hamburg-Versicherten pro Jahr, so lag das jährliche Volumen der Koronarangiographien (bei AOK Rheinland/Hamburg-Versicherten) in diesen Zentren im Median bei 319 (IQR: 190; 458). Unter Betrachtung der Gesamtzahl aller Herzkatheteruntersuchungen in der Versichertenpopulation war die Indikation je Leistungserbringer im Median in 29,3% der Fälle ein akuter Myokardinfarkt, eine instabile Angina in 29,6% und ein CCS in 28,7%.

Betrachtet man die Revaskularisationen, so erfolgte bei CCS im Median in 15,9% (IQR 12;19%) eine Revaskularisation, im Median zu 89,6% eine Perkutane

Koronarintervention, zu 11,4% eine Bypassoperation. Im Median wurde in 84,1% keine Revaskularisation durchgeführt. In **Tabelle 5** sind die erfassten Merkmale auf Leistungserbringerebene aufgeführt.

Tabelle 5 Krankenhausmerkmale in der Bewertung. * Leistungserbringer mit weniger als bzw. mindestens 24 Koronarangiographien bei möglichem CCS pro Jahr. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. PCI: perkutane Koronarintervention. Q1; Q3 – Interquartilen-Bereich

	Statistik	Volumen CCS-Patienten pro Jahr		
		<24 CCS-Patienten*	>=24 CCS-Patienten*	Gesamt
Zahl der Krankenhäuser	n	159	82	241
Jährliches Volumen an Koronarangiographien	Median (Q1; Q3)	7 (2; 17)	319 (190; 458)	17 (4; 195)
Indikation für Koronarangiographie				
Akuter Myokardinfarkt (Anteil)	Median-% (Q1; Q3)	16,7 (0,0; 33,3)	29,3 (25,1; 38,5)	25,0 (5,9; 34,6)
Instabile Angina pectoris (Anteil)	Median-% (Q1; Q3)	22,6 (0,0; 35,0)	29,6 (24,1; 39,7)	26,0 (13,8; 36,9)
Chronisches Koronarsyndrom (Anteil)	Median-% (Q1; Q3)	42,9 (25,0; 76,5)	28,7 (21,0; 37,4)	33,3 (24,8; 51,3)
Revaskularisation im chronischen Koronarsyndrom je Zentrum				
Jede Revaskularisation (Anteil)	Median-% (Q1; Q3)	0,0 (0,0; 25,0)	15,9 (12,0; 19,0)	11,1 (0,0; 20,0)
Anteil an PCI unter den Revaskularisationen (Anteil)	Median-% (Q1; Q3)	100,0 (66,7; 100,0)	89,6 (78,6; 100,0)	94,6 (77,8; 100,0)
Anteil an koronaren Bypass-Operationen unter den Revaskularisationen	Median-% (Q1; Q3)	0,0 (0,0; 33,3)	11,1 (0,0; 21,9)	5,9 (0,0; 22,6)
Anteil an Koronarangiographien ohne Revaskularisationen bei CCS	Median-% (Q1; Q3)	100,0 (75,0; 100,0)	84,1 (81,0; 88,0)	88,9 (80,0; 100,0)
Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS	Median-% (Q1; Q3)	0,0 (0,0; 0,0)	3,1 (0,0; 10,5)	0,0 (0,0; 8,3)

3.2 Einsatz nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie und vor Revaskularisation

Ausgehend von den erfassten Patientenfaktoren und den Merkmalen der Gesundheitsdienstleister wurde der Anteil an nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie und auch vor Revaskularisation in der CCS-Population, die in den 82 Krankenhäusern mit mindestens zwei Koronarangiographien bei CCS pro Monat untersucht worden war, berechnet und als Trichterdiagramm dargestellt. In einem weiteren Schritt wurde mittels eines logistischen Regressionsmodells nach möglichen Faktoren gesucht, die mit dem Anteil an nicht-invasiver Diagnostik korrelieren. Die potentiell korrelierenden Patienten- und Krankenhaus-Faktoren wurden grafisch und tabellarisch dargestellt und die Korrelation mit der Durchführungsrate an nicht-invasiver Diagnostik untersucht. Des Weiteren wurden die 82 Leistungserbringer mit mindestens zwei Koronarangiographien bei CCS pro Monat in Bezug auf ihre Merkmale miteinander verglichen und die Wahrscheinlichkeit für signifikant vom Durchschnitt abweichenden Einsatz nicht-invasiver Diagnostik berechnet und als Benchmarking grafisch dargestellt.

Der Gesamtanteil der nicht-invasiv bildgebenden Diagnostik in den drei Monaten vor der diagnostischen Koronarangiographie betrug 6,02% (s. **Tabelle 4** und **Abbildung 3**). In **Abbildung 3** ist jeder der 82 Leistungserbringer der untersuchten Kohorte als Kreis abgebildet. Auf der X-Achse ist die Zahl der jeweils im Untersuchungsjahr durchgeführten Koronarangiographien, auf der Y-Achse der prozentuale Anteil der Untersuchungen mit vorgeschalteter nicht-invasiv bildgebender Diagnostik dargestellt. Die graphische Darstellung hier lässt keine offensichtliche Korrelation mit der Zahl der behandelten Fälle pro Jahr erkennen. Andererseits sind die engen Grenzen, in denen die Rate am Einsatz nicht-invasiver Diagnostik auf niedrigem Niveau variierte, in dieser Abbildung anhand der 95% und 99,8%-Kontrollgrenzen gut erkennbar.

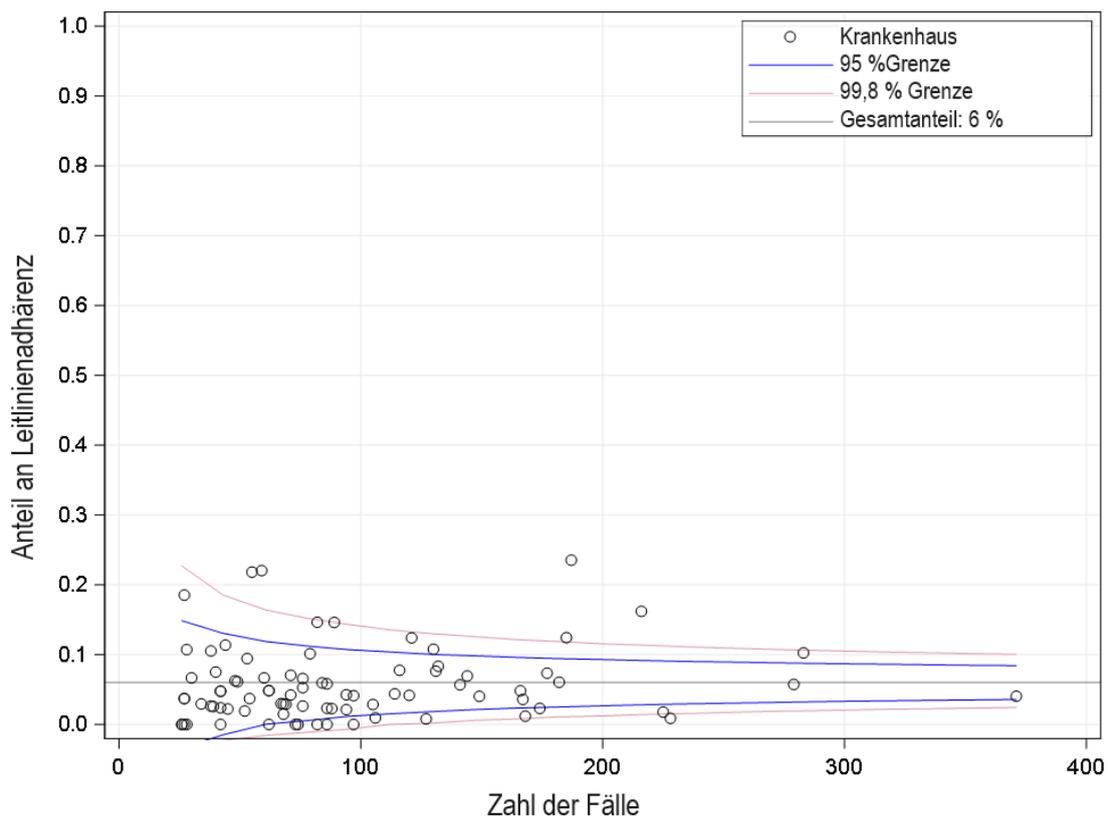


Abbildung 3 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS in 82 Krankenhäusern. Trichterdiagramm nicht adjustierter Anteile. Die 95%- und 99,8%-Kontrollgrenzen sind dargestellt.

In Bezug auf die Revaskularisationen betrug der Gesamtanteil vorheriger nicht-invasiver Bildgebung insgesamt 7,6%, s. **Abbildung 4**. Auch in dieser Abbildung ist jeder der 82 Leistungserbringer der untersuchten Kohorte als Kreis dargestellt. An der X-Achse kann die Zahl der jeweils im Untersuchungsjahr durchgeführten Koronarangiographien, an der Y-Achse der prozentuale Anteil der Untersuchungen mit vorgeschalteter nicht-invasiver bildgebender Diagnostik abgelesen werden. Die grafische Darstellung lässt auch hier keine offensichtliche Korrelation mit der Zahl der behandelten Fälle pro Jahr erkennen, wobei die erwartungsgemäß deutlich geringere Anzahl an Revaskularisationen im Vergleich zu diagnostischen Koronarangiographien auffällt. In Absolutwerten wurde eine nicht-invasive Bildgebung häufiger einer Revaskularisation vorgeschaltet als einer diagnostischen Koronarangiographie. So betrug der Anteil an nicht-invasiver Diagnostik bei immerhin zwölf der Leistungserbringer >20%, bei einem lag er sogar bei 100%. Im Unterschied zu den diagnostischen Koronarangiographie, waren die Grenzen, zwischen denen die Rate an Einsatz nicht-invasiver Diagnostik variierte, vor einer Revaskularisation deutlich breiter, wie in dieser Abbildung anhand der 95% und 99,8%-

Kontrollgrenzen zu erkennen ist. Dennoch lässt die Abbildung auch in Bezug auf die Revaskularisation eine insgesamt sehr niedrige Häufigkeit der Anwendung nicht-invasiver Diagnostik mit relativ geringer Streuung ableiten.

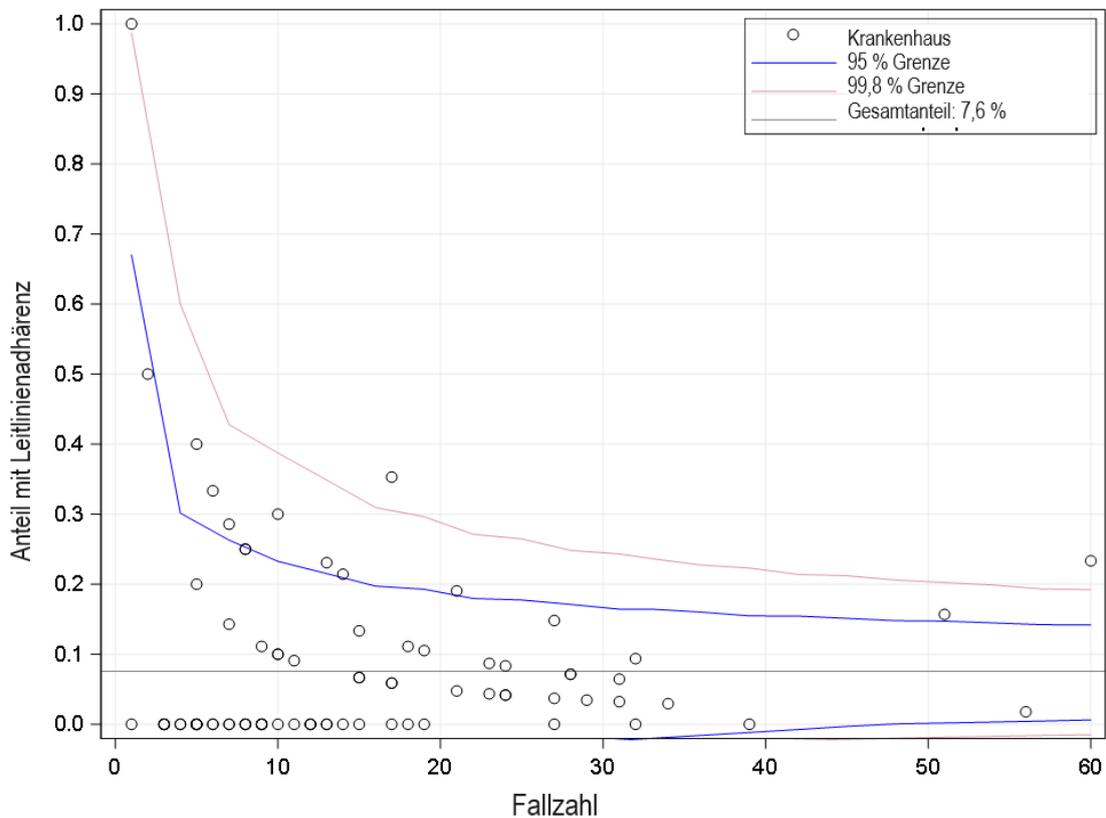


Abbildung 4 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS in 82 Krankenhäusern. Trichterdiagramm nicht adjustierter Anteile. Die 95%- und 99,8%-Kontrollgrenzen sind dargestellt.

3.3 Untersuchung der Korrelation von Patienten- und Krankenhausmerkmalen mit der Einsatzrate an nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie und vor Revaskularisation

In einem zweiten Schritt wurde nach möglichen korrelierenden Patienten- und Krankenhausmerkmalen gesucht. Ein logistisches Regressionsmodell, das zunächst auf die Patientenmerkmale Alter und Geschlecht adjustiert wurde, zeigte keine statistisch signifikante Korrelation dieser Kovariaten mit dem Anteil von nicht-invasiver bildgebender Diagnostik (Odds Ratio (OR) (mit 95% Konfidenzintervall (CI)) 0,99 (0,99;1,00) mit einem P-Wert von 0,2146 für das Alter und OR (mit 95% CI) 1,19 (0,98;1,44) mit einem P-Wert 0,0849 für das Geschlecht). S. **Tabelle 6**. Somit war

abschließend keine nach bestimmten Merkmalen zu definierende Subgruppe von Patienten zu identifizieren, die statistisch signifikant häufiger oder seltener nicht-invasive bildgebende Diagnostik vor einer Koronarangiographie bekommen hatte.

Tabelle 6: Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS. Logistisches Regressionsmodell unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom

	Statistisches Merkmal	Ergebnis	P-Wert
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	7885	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95% CI)	0,99 (0,99;1,00)	0,2146
Weibliches Geschlecht	OR (95% CI)	1,19 (0,98;1,44)	0,0849

Verschiedene Krankenhausmerkmale wurden anschließend zum Modell hinzugefügt: Weder das jährliche Volumen der Koronarangiographien (OR (mit 95% CI) 1,0 (1,0;1,0), P-Wert 0,4248) noch der Anteil von CCS aller Koronarangiographien (OR (mit 95% CI) 2,01 (0,36;11,2), P-Wert 0,4258) oder der Anteil von AMI, die in der Einrichtung behandelt wurden (OR (mit 95% CI) 0,79 (0,07;8,82), P-Wert 0,8503) zeigten eine signifikante Korrelation mit der Durchführung von nicht-invasiver Diagnostik (s. **Tabelle 7**). Somit war abschließend keine nach bestimmten Merkmalen zu definierende Subgruppe von Leistungserbringern zu identifizieren, die statistisch signifikant häufiger oder seltener nicht-invasive bildgebende Diagnostik vor einer Koronarangiographie angewandt hatte.

Tabelle 7 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS. Verhältnis zu den Krankenhaus-Risikofaktoren. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. MI: Myokardinfarkt

	Statistisches Merkmal	Ergebnis	P-Wert
<u>Hinzufügen von Koronangiographie-Volumen zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	7,885	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%-KI)	0,99 (0,99;1,00)	0,2148
Weibliches Geschlecht	OR (95%-KI)	1,19 (0,98;1,44)	0,0859
Jährliches Volumen an Koronarangiographien	OR (95%-KI)	1,00 (1,00;1,00)	0,4248
<u>Hinzufügen vom CCS-Anteil zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	7,885	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%-KI)	0,99 (0,99;1,00)	0,2202
Weibliches Geschlecht	OR (95%-KI)	1,19 (0,98;1,44)	0,0860
Anteil an CCS	OR (95%-KI)	2,01 (0,36;11,2)	0,4258
<u>Hinzufügen vom MI-Anteil zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	7,885	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%-KI)	0,99 (0,99;1,00)	0,2186
Weibliches Geschlecht	OR (95%-KI)	1,18 (0,98;1,44)	0,0874
Anteil an MI	OR (95%-KI)	0,79 (0,07;8,82)	0,8503

Nach möglichen korrelierenden Patienten- und Krankenhausmerkmalen wurde auch in Bezug auf die Anwendung nicht invasiver Bildgebung vor Koronarrevaskularisation gesucht. Ein logistisches Regressionsmodell, das zunächst auf die Patientenmerkmalen Alter und Geschlecht adjustiert wurde, zeigte keine statistisch signifikante Korrelation dieser Kovariaten mit dem Anteil von nicht-invasiver bildgebender Diagnostik (Odds Ratio (OR) (mit 95% Konfidenzintervall (CI)) 0,99 (0,97;1,01) mit einem P-Wert von 0,5332 für das Alter und OR (mit 95% CI) 0,81 (0,50;1,34) mit einem P-Wert 0,4182 für das Geschlecht). S. **Tabelle 8**. Somit war abschließend keine nach bestimmten Merkmalen zu definierende Subgruppe von Patienten zu identifizieren, die statistisch signifikant häufiger oder seltener nicht-invasive bildgebende Diagnostik vor einer Koronarrevaskularisation bekommen hatte.

Tabelle 8 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Logistisches Regressionsmodell unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom.

	Statistisches Merkmal	Ergebnis	P-Wert
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	1254	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95% KI)	0,99 (0,97;1,01)	0,5332
Weibliches Geschlecht	OR (95% KI)	0,81 (0,50;1,34)	0,4182

Verschiedene Krankenhausmerkmale wurden anschließend zum Modell hinzugefügt. Weder das jährliche Volumen der Koronarangiographien (OR (mit 95% CI) 1,0 (1,0;1,0), P-Wert 0,7995) noch der Anteil von CCS aller Koronarangiographien (OR (mit 95% CI) 4,08 (0,28;59,5), P-Wert 0,3034) oder der Anteil von AMI, die in der Einrichtung behandelt wurden (OR (mit 95 % CI) 0,26 (0,01; 9,85), P-Wert 0,4695), zeigte eine signifikante Korrelation mit der Durchführung von nicht-invasiver Diagnostik vor einer Revaskularisation. S. **Tabelle 9**. Somit war abschließend keine nach bestimmten Merkmalen zu definierende Subgruppe von Leistungserbringern zu identifizieren, die statistisch signifikant häufiger oder seltener nicht-invasive bildgebende Diagnostik vor

einer Koronarangiographie angewandt hatte.

Tabelle 9 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Verhältnis zu den Krankenhaus-Risikofaktoren. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. MI: Myokardinfarkt

		Ergebnis	P-Wert
<u>Hinzufügen des Koronarangiographie-Volumens zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	1254	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%)	0,99 (0,97;1,01)	0,5298
Weibliches Geschlecht	OR (95%)	0,82 (0,50;1,34)	0,4257
Jährliches Volumen an Koronarangiographien	OR (95%)	1,00 (1,00;1,00)	0,7995
<u>Hinzufügen des CCS-Anteils zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	1254	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%)	0,99 (0,97;1,01)	0,5480
Weibliches Geschlecht	OR (95%)	0,82 (0,50;1,35)	0,4365
Anteil an CCS	OR (95%)	4,08 (0,28;59,5)	0,3034
<u>Hinzufügen des Myokardinfarktanteils zum Modell</u>			
Zahl der analysierten Beobachtungen	N	1254	
Modell adjustiert für			
Alter (Jahre)	OR (95%)	0,99 (0,97;1,01)	0,5402
Weibliches Geschlecht	OR (95%)	0,81 (0,49;1,34)	0,4179
Anteil an MI	OR (95%)	0,26 (0,01;9,85)	0,4695

3.4 Leistungserbringer-Benchmarking

Mit den nun verfügbaren Daten aus den oben aufgeführten Berechnungen aus den Kapiteln 3.1, 3.2 und 3.3 wurde ein Benchmarking der Leistungserbringer durchgeführt. Für jeden Leistungserbringer wurde anhand der Einsatzrate nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie ein nach Alter und Geschlecht adjustiertes OR für signifikante Abweichung vom Durchschnitt mit 95%-igem CI für die zufälligen Krankenseffekte errechnet und grafisch auf einem Benchmark-Plot dargestellt. Den OR mit den zugehörigen CI der einzelnen Leistungserbringer wurden die entsprechenden

Koronarangiographie-Volumina und Anteile an AMI bzw. CCS als Balken bzw. als farbige Punkte grafisch gegenübergestellt (s. **Abbildung 5**). Zwölf von 82 Gesundheitsdienstleistern schnitten statistisch signifikant besser als der Durchschnitt bei der Anwendung nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie ab, (wie durch ein OR signifikant >1 beschrieben). Bei diesen zwölf Leistungserbringern lagen die OR (mit 95%-igem CI) zwischen 2,09 (1,0;4,35) und 6,18 (4,10;9,32). Ein Leistungserbringer schnitt statistisch signifikant schlechter ab als der Durchschnitt bei der Anwendung nicht-invasiver Bildgebung und wies ein OR (mit 95 %-igem CI) von 0,35 (0,14;0,85) auf.

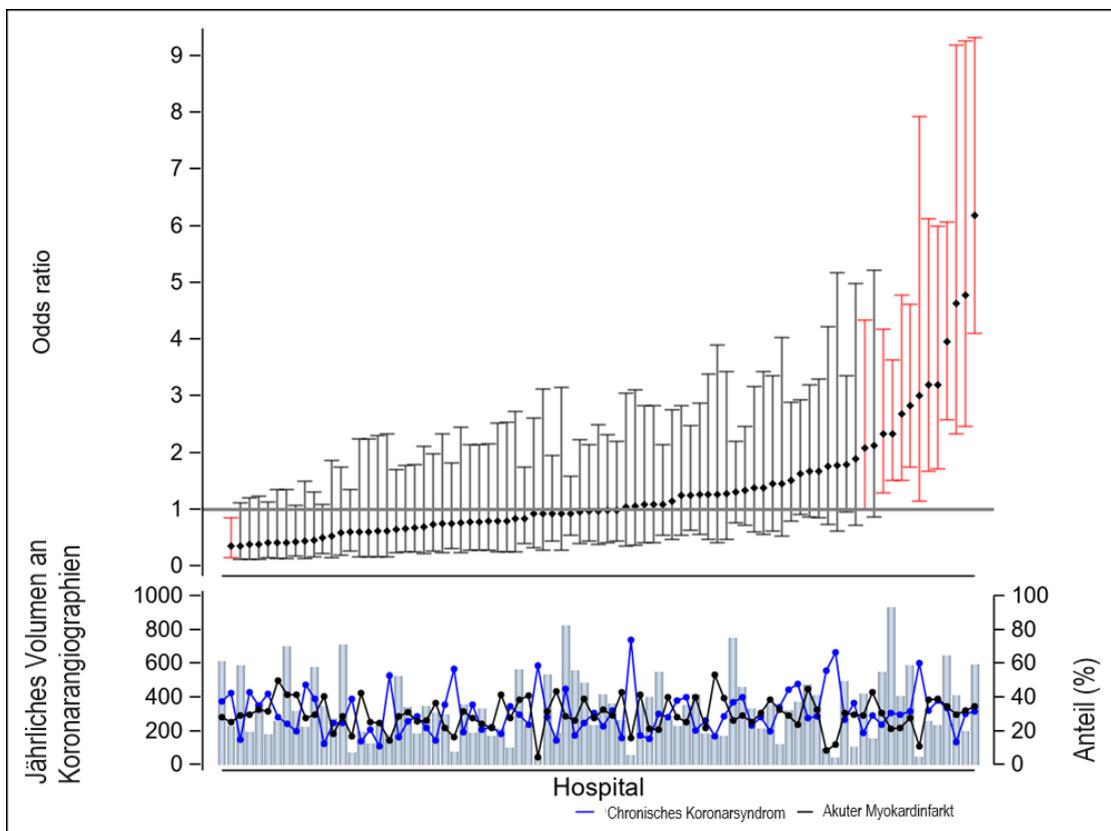


Abbildung 5 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS.

Benchmark-Plot adjustiert nach Alter und Geschlecht. Im oberen Panel sind die Odds-Ratios mit einem 95%-KI der zufälligen Krankenseffekte dargestellt. Krankenhäuser mit einer OR, die signifikant von 1 abweicht, sind rot gekennzeichnet. Im unteren Panel werden die entsprechenden Krankenhausmerkmale gezeigt. Das Balkendiagramm (linke Achse) stellt das jährliche Volumen der Koronarangiogramme dar. Die beiden Linien zeigen den Anteil (rechte Achse) der Patienten des jährlichen Volumens der Koronarangiogramme, die an chronischem Koronarsyndrom (blaue Linie) oder akutem Myokardinfarkt (schwarze Linie) leiden.

Für jeden Leistungserbringer wurde auch in Bezug auf die Revaskularisationen anhand der Einsatzrate vorgeschalteter nicht-invasiver Diagnostik ein nach Alter und Geschlecht adjustiertes OR für signifikante Abweichung vom Durchschnitt mit 95%-igem CI für die zufälligen Krankenhauseffekte errechnet und grafisch auf einem Benchmark-Plot dargestellt. Den OR mit den zugehörigen CI der einzelnen Leistungserbringer wurden die entsprechenden Koronarangiographie-Volumina und Anteile an AMI bzw. CCS als Balken bzw. als farbige Punkte grafisch gegenübergestellt. S. **Abbildung 6**. Drei von 82 Gesundheitsdienstleistern schnitten statistisch signifikant besser ab als der Durchschnitt bei der Anwendung nicht-invasiver bildgebender Diagnostik vor Revaskularisation (wie durch ein OR signifikant größer als 1 beschrieben). Bei diesen drei Leistungserbringern lagen die OR (mit 95%-igem CI) zwischen 2,51 (1,09;5,76) und 4,68 (1,53;14,29). Kein Leistungserbringer lag statistisch signifikant unter dem Durchschnitt in Bezug auf das Vorgehen vor Revaskularisation.

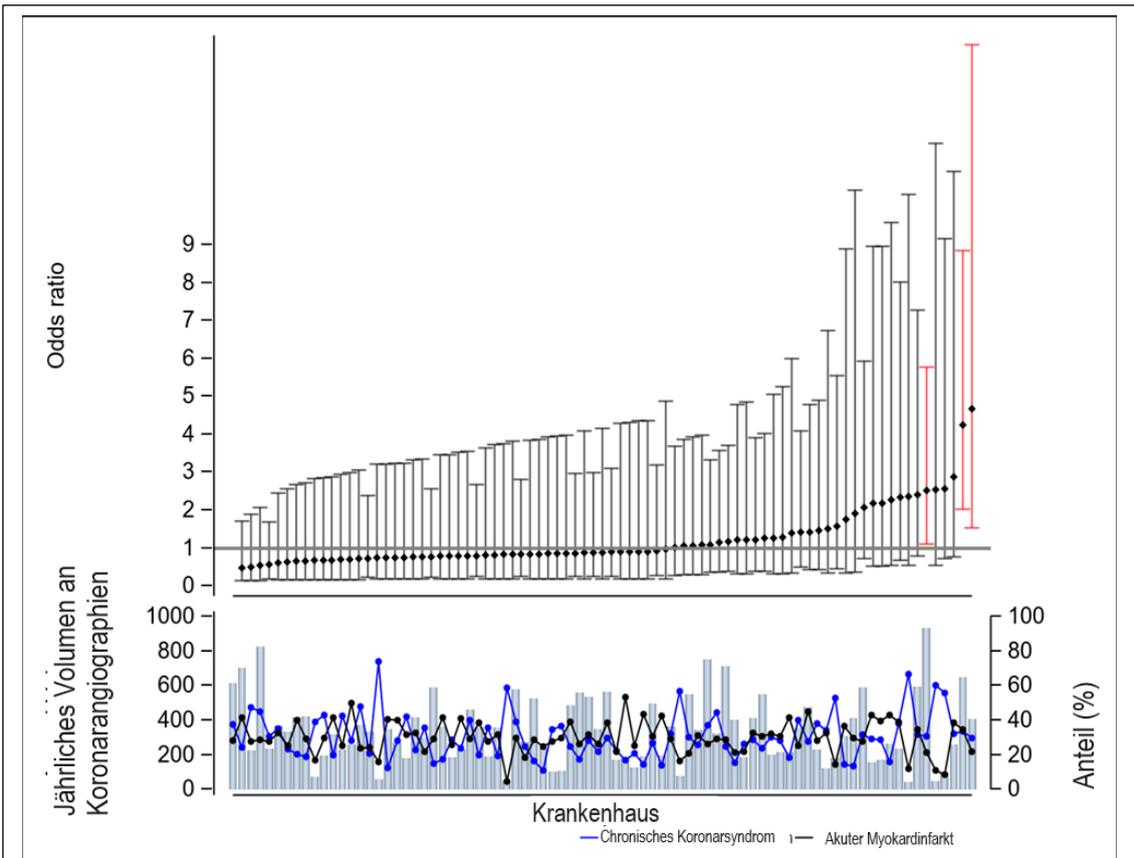


Abbildung 6 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Benchmark-Plot adjustiert nach Alter und Geschlecht. Im oberen Panel sind die Odds-Ratios mit einem 95%-KI der zufälligen Krankenhauseffekte dargestellt. Krankenhäuser mit einer OR, die signifikant von 1 abweicht, sind rot gekennzeichnet. Im unteren Panel werden die entsprechenden Krankenhausmerkmale gezeigt. Das Balkendiagramm (linke Achse) stellt das jährliche Volumen der Koronarangiogramme dar. Die beiden Linien zeigen den Anteil (rechte Achse) der Patienten des jährlichen Volumens der Koronarangiogramme, die an chronischem Koronarsyndrom (blaue Linie) oder akutem Myokardinfarkt (schwarze Linie) leiden.

4 Diskussion

Zusammengefasst zeigen die analysierten Daten eine sehr geringe Nutzung von nicht-invasiv bildgebender Diagnostik vor Koronarangiographie bei Patienten mit Verdacht auf CCS in der realen Praxis von 2019 in der Versichertenpopulation der AOK Rheinland/Hamburg. In den 82 Zentren mit mindestens 24 Koronarangiographien in der Versichertenpopulation pro Jahr unterzogen sich nur 6,0% der CCS-Patienten vor der Koronarangiographie einer nicht-invasiven Bildgebung jeglicher Art. Nur 15,9% der invasiv untersuchten Patienten benötigten eine Revaskularisation, wobei der Anteil vorheriger nicht-invasiver bildgebender Diagnostik mit 7,6% auch in dieser Gruppe

immer noch sehr gering war. Weder im Hinblick auf Koronarangiographien noch in Bezug auf Revaskularisationen gab es eine Korrelation zu potentiellen Störfaktoren wie Alter, Geschlecht, jährliches Volumen der durchgeführten Koronarangiographien oder der Anteil von CCS oder AMI-bedingten Koronarangiographien, die von den Gesundheitsdienstleistern behandelt wurden. Trotz gewisser Einschränkungen zeigt diese Routinedaten-basierte Analyse sehr deutlich eine zu geringe Nutzung von nicht-invasiv bildgebender Diagnostik vor invasiver Koronarangiographie bei Patienten mit Verdacht auf ein CCS in der untersuchten Region auf. Zu beachten ist, dass nur bei 15% (12/82) der Gesundheitsdienstleister der Anteil an vorab durchgeführter nicht-invasiver Bildgebung signifikant über dem Durchschnitt lag.

4.1 Patientenpopulation

Die hier untersuchte Gesamtpopulation bestand aus allen Mitgliedern der gesetzlichen Krankenkasse AOK Rheinland/Hamburg im Jahr 2019. Aus ihr wurden nach den im Methodenabschnitt beschriebenen Kriterien jene Patienten identifiziert, die mindestens eine invasive Koronarangiographie 2019 bekommen hatten. Es ergab sich dadurch eine Kohorte aus 8.599 Patienten mit einem medianen Alter von 70 Jahren mit einer Standarddeviation von zwölf Jahren. In Bezug auf diesen Parameter ist von einer Vergleichbarkeit mit den in anderen Studien zu ähnlichen Fragestellungen untersuchten Kohorten auszugehen. So lag der Anteil der 60–79-Jährigen in der Qualitätssicherungskohorte des IQTIG in den Erfassungsjahren 2019–20 bei 54,6% mit nahezu gleichmäßiger Verteilung auf die Gruppen der 60–69- und der 70–79-Jährigen.[30] In den rezenten prospektiven Studien von Wein et al., die die Leitlinienadhärenz bei Patienten mit CCS und akuter Myokardischämie ohne akuten Myokardinfarkt untersuchten, betrug das mediane Alter der Patienten 66,6 bzw. 66,3 Jahre.[20, 21]

Ähnlich wie die Studienpopulationen anderer aktueller Studien zum Thema bestand das untersuchte Kollektiv mit 60,2% überwiegend aus Männern. Nach Betrachtung nur der Patienten, die in den größeren Zentren (mit mindestens zwei Koronarangiographien bei CCS pro Monat) untersucht worden waren, verblieben 7.885 Patienten in der Kohorte. Das mediane Alter blieb dadurch unverändert bei 70 Jahren, der Frauenanteil mit 40,1% war auch nur unwesentlich höher. Dies entspricht dem aufgrund früherer Daten erwarteten Männeranteil von etwa drei Fünftel der Population. So wurde in der prospektiven Studie von Wein et al. ein Männeranteil von 57,3% festgestellt, in der vom IQTIG im Erfassungsjahr zum Zweck der PCI-Qualitätssicherung erfassten Kohorten von

über 720.000 Patienten lag der Anteil der männlichen Patienten bei 62,9%. [20, 30] Lediglich in der oben zitierten Arbeit von Dewey et al. zur Rolle der Koronar-CT in der Diagnostik des CCS bestand die Patientenkohorte aus überwiegend weiblichen Patientinnen, deren Anteil bei gut 56% lag. [19]

Angaben zu weiteren demographischen oder klinischen Merkmalen der in dieser Arbeit untersuchten Patientenkohorte lagen nicht vor, da deren Erfassung bei der Datensammlung aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht erlaubt war. So ist kein Vergleich der hier untersuchten Patientenkohorte mit anderen Populationen in Bezug auf das Vorliegen von kardiovaskulären Risikofaktoren, kardiale und extrakardiale Komorbiditäten, vorbestehende KHK, bereits stattgehabte Revaskularisation, zuweisenden Arzt (Hausarzt vs. Facharzt), Symptome, welche die Abklärung veranlasst haben, Größe, Gewicht, Body-Mass-Index oder ethnische Herkunft möglich.

Unter der Annahme, dass die Datenerfassung technisch korrekt abgelaufen ist, kann von einer gegebenen internen Validität der Ergebnisse ausgegangen werden, eine Übertragbarkeit auf andere Populationen ist allerdings aufgrund der fehlenden Daten zu vielen bedeutenden demographischen Parametern nur unter gewissem Vorbehalt möglich. Es muss eingeräumt werden, dass in Deutschland und selbst innerhalb der Region, in der die Untersuchung stattgefunden hat, prinzipiell differierende Ergebnisse möglich gewesen wären, wenn nach der gleichen Methodik vorgegangen aber andere Patientengesamtheit (z.B. Versicherte anderer Krankenkassen, Bewohner anderer Regionen) zugrunde gelegt worden wäre. Insgesamt wird unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen dennoch eine Vergleichbarkeit der hier untersuchten Studienpopulation mit den Studienkollektiven anderer Studien zum Thema und mit der IQTIG-Qualitätssicherungskohorte festgestellt werden, sodass die Ergebnisse als hinweisgebend auf die Situation in der Region und in Deutschland angesehen werden können.

Betrachtet man das Spektrum der Krankenhäuser, in denen die invasive Diagnostik stattgefunden hat, so kann dies ebenfalls als repräsentativ angesehen werden. Nach Angaben von IQTIG wurde eine Koronarangiographie im Jahr 2019 von 1.079 Leistungserbringern in Deutschland angeboten. [30]. Nach Daten aus dem Deutschen Herzbericht 2022 führten ca. 65% dieser Leistungserbringer zwischen 500 und 1.499 Untersuchungen pro Jahr durch und lediglich 9,2% der Leistungserbringer wiesen ein jährliches Untersuchungsvolumen von <500 Koronarangiographien auf. [1] Das mediane Koronarangiographie-Volumen lag bei 319 Untersuchungen pro Jahr (190–458) bei AOK

Rheinland/Hamburg Versicherten unter den 82 Leistungserbringern mit mindestens zwei Untersuchungen bei CCS pro Monat. Nimmt man den Anteil der AOK Rheinland/Hamburg von 29,6% an der Bevölkerung, so läge der Median in Bezug auf die Gesamtbevölkerung bei 1.077 Herzkatheteruntersuchungen pro Jahr, sodass auch hier eine Repräsentativität anzunehmen ist.

4.2 Einsatz nicht-invasiv bildgebender Diagnostik

Nach den schon 2019 geltenden Empfehlungen der Nationalen Versorgungsleitlinie KHK und der Empfehlungen der 2019 veröffentlichten ESC-Leitlinie zum chronischen Koronarsyndrom ist bei der Mehrzahl der Patienten mit V.a. CCS eine nicht-invasive Diagnostik vor invasiver Abklärung zu empfehlen, wobei den bildgebenden Verfahren eindeutig der Vorzug zu geben ist.[8, 9] In der bisher publizierten Literatur finden sich deutlich diskrepante Angaben zur Häufigkeit, mit der nicht-invasive bildgebende Diagnostik bei CCS-Abklärung vor invasiver Koronarangiographie tatsächlich durchgeführt wird. In einer älteren retrospektiven Querschnittsstudie aus der Schweiz, die in den Jahren 2012/13 durchgeführt wurde, wurde eine Rate an nicht-invasiver bildgebender Diagnostik von 62,5% vor elektiver diagnostischer Koronarangiographie ohne nachfolgende Intervention festgestellt.[31] Das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) erfasst in Herzkatheterlaboren den Qualitätsindikator „Objektive, nicht-invasive Ischämiezeichen als Indikation zur elektiven, isolierten Koronarangiographie“ (ID 56000), um zu überprüfen, ob für elektive, isolierte Koronarangiographien mit der führenden Indikation „Verdacht auf KHK bzw. Ausschluss KHK“ oder „Verdacht auf Progression der bekannten KHK“ eine angemessene Indikationsstellung vorlag. Laut des Bundesqualitätsberichts 2023 lag der Wert für diesen Indikator bei etwa 60% (Erhebungsjahr (EJ) 2021: 61,9%; EJ 2020: 59,7%; EJ 2019: 60,3%). Eine Betrachtung des perzentilbasierten Referenzbereichs (5. Perzentil, $\geq 36,3\%$) zeigt, dass bei den 54 Leistungserbringern, die unter dem 5. Perzentil lagen, in weniger als 36,3% der von ihnen erbrachten Koronarangiographien ein objektiver Ischämienachweis als Indikation vorlag.[18]

In der DISCHARGE-Studie, welche die Rolle des Koronar-CTs in der Diagnostik der stabilen Angina pectoris untersuchte und an der 26 Zentren aus 16 verschiedenen europäischen Ländern teilnahmen, wurde nur bei etwa einem Drittel der Patienten mit stabiler Angina pectoris und intermediärer (10–60%) Vortestwahrscheinlichkeit für eine obstruktive KHK eine funktionelle nicht-invasive Diagnostik der Zuweisung zur invasiven Koronarangiographie vorgeschaltet.[19] Einschränkend muss hierzu erwähnt werden,

dass sich das Studienkollektiv zu 44% aus osteuropäischen Ländern – mit im Vergleich zu Deutschland potenziell differenter Versorgungslandschaft – rekrutierte.

Eine rezente prospektive Studie, die an neun Zentren in Deutschland durchgeführt wurde, fand heraus, dass bei 458 Patienten mit Verdacht auf CCS und einer medianen Vortestwahrscheinlichkeit von 24,2% lediglich in 20,9% eine nicht-invasive Ischämiediagnostik vor invasiver Koronarangiographie erfolgte.[20] Ähnliches zeigte sich in einer weiteren prospektiven Studie derselben Arbeitsgruppe, die Patienten mit Zeichen akuter Myokardischämie, aber ohne akuten Myokardinfarkt untersuchte, die sich in den Notaufnahmen von sieben deutschen Zentren vorstellten. Hier wurde eine Rate an nicht-invasiver Ischämiediagnostik vor Koronarangiographie von 21,1% beobachtet.[21]

Dass die Optimierung der Leitlinienadhärenz im Bereich der interventionellen Kardiologie mit einer Reduktion sowohl der Kosten als auch der nicht indizierten invasiven Untersuchungen einhergeht, konnte beispielhaft für das US-Gesundheitssystem gezeigt werden. In den USA wurden 2009 aufgrund von Hinweisen auf eine relevante Zahl an nicht gerechtfertigten Koronarinterventionen Kriterien zur Optimierung der Leitlinienadhärenz, die sog. „Appropriate Use Criteria“, veröffentlicht.[22] Anschließend reduzierte sich über fünf Jahre der Anteil nicht angebrachter Koronarinterventionen von 26% auf 13% und die Kosten um 38%.[23, 24] Der Gemeinsame Bundesausschuss (GBA) hat das Thema ebenfalls aufgegriffen. Die „Verbesserung der Indikationsstellung“ ist als Zielvorgabe in der „Richtlinie zur einrichtungs- und sektorenübergreifenden Qualitätssicherung (Qesü-RL)“ im Verfahren „Perkutane Koronarintervention (PCI) und Koronarangiographie“ definiert.[32] Die medizinischen und wirtschaftlichen Konsequenzen der Leitlinienadhärenz für das Gesundheitssystem in Deutschland wurden in einer rezenten Arbeit quantitativ in einem Mikrosimulationsmodell untersucht. Unter der Annahme einer 100%-igen Leitlinienadhärenz konnte – im Vergleich zur realen Abklärungspraxis mit in dieser Studie auf 25,6% bezifferter Leitlinienadhärenz – eine geringfügige Reduktion der schwerwiegenden unerwünschten kardiovaskulären Ereignisse um -0,0017 pro Person und eine deutliche Reduktion der Kosten um 807 Euro pro Person errechnet werden.[33]

4.3 Benchmarking

In dieser Arbeit wurde eine sehr niedrige Einsatzrate nicht-invasiver bildgebender Diagnostik bei CCS festgestellt, die sich bei insgesamt 7.885 untersuchten Patienten auf nur 6,02% belief. Die Krankenhäuser zeigten hinsichtlich dieses Parameters insgesamt

nur geringe Unterschiede. Weder die Patientenfaktoren Alter und Geschlecht noch Krankenhausfaktoren wie jährliches Koronarangiographie-Volumen oder Anteil der koronarangiographierten CCS- und AMI-Patienten zeigten statistisch signifikante Einflüsse auf die Abklärungspraxis. Im Benchmarking konnte immerhin für zwölf von 82 Leistungserbringern eine statistisch signifikant häufigere Anwendung nicht-invasiver Bildgebung und somit bessere Leitlinienadhärenz als der Durchschnitt ermittelt werden. Diese Kliniken könnten somit als Vorbilder für eine bessere Umsetzung der Leitlinien in der Praxis fungieren.

Auffällig ist ebenfalls die fast genauso niedrige Rate an perkutaner Koronarinterventionen (PCI) ohne vorhergehende nicht-invasive Diagnostik und somit ohne objektiven Ischämienachweis. Die Rate lag in Bezug auf diesen Parameter bei 7,6%, wobei die Verteilung der Krankenhäuser einer etwas breiteren Streuung unterlag. Auch bei diesem Merkmal konnte kein statistisch signifikanter Einfluss der Patientenmerkmale Alter und Geschlecht oder der Krankenhausmerkmale jährliches Koronarangiographievolumen und Anteil der AMI- bzw. CCS-Patienten ermittelt werden. Im Leistungserbringer-Benchmarking hinsichtlich des Einsatzes nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation schnitten lediglich drei von 82 Gesundheitsdienstleistern signifikant besser als der Durchschnitt ab.

Dabei ist die korrekte Indikationsstellung für PCI hochrelevant für die Patienten und trägt zur Vermeidung von Komplikationen bei. So erbrachte bereits 2009 die FAME-1-Studie einen deutlichen Hinweis auf erhöhte Ereignisrate bei stattgehabter PCI ohne Ischämienachweis.[34] Andere Autoren aus Deutschland haben auch Zweifel an der korrekten Indikationsstellung für PCI in der kontemporären Praxis geäußert und in den USA ist eine höhere Rate an nicht-indizierte PCI bei inadäquat indizierter Koronarangiographie beobachtet worden.[17, 35]

Über die potentiellen Gründe für diese Diskrepanz zwischen Leitlinienempfehlungen und tatsächlicher Abklärungspraxis können an dieser Stelle nur kurz und überwiegend spekulativ einige Überlegungen angestellt werden. Erstens erscheint in Deutschland der Zugang zu einer Koronarangiographie mit knapp 1.100 verfügbaren Herzkatheterlaboren sehr leicht und die Wartezeiten auf eine solche Untersuchung sind nicht sehr lang.[17, 18] Die Arbeit von Frank-Tewaag et al. demonstrierte sehr deutlich, dass die großen regionalen Differenzen in der Abklärungspraxis nur bei CCS und nicht bei AMI zu beobachten sind. Zudem legt sie nahe, dass die Verfügbarkeit der diagnostischen Methode Koronarangiographie erheblichen Einfluss auf deren realen Nutzungshäufigkeit

ausübt und dass hohe Verfügbarkeit eine Nutzung auch bei fehlender medizinischer Indikation triggern könnte.[15] Zweitens ist denkbar, dass finanzielle Anreize und wirtschaftliche Vorteile eine Nichteinhaltung von Leitlinienempfehlungen fördern. So erscheinen nicht-invasive Methoden wirtschaftlich weniger attraktiv und deren Durchführung teilweise sogar mit regelrechten Nachteilen verbunden. Als Beispiel kann aufgeführt werden, dass die ambulante Koronar-CT und die Stress-MRT im Jahr 2019 trotz klarer Leitlinienempfehlungen keine ambulanten Leistungen der gesetzlichen Krankenversicherung waren. In einer rezenten Untersuchung aus Deutschland wurden Hausärzte und niedergelassene Kardiologen in strukturierten Interviews über deren Abklärungspraxis bei CCS befragt und danach die Gründe für Leitlinienabweichungen eruiert. In dieser Studie mit insgesamt 15 Teilnehmern wurden 35 potentielle Faktoren identifiziert, die die Leitlinienadhärenz bzw. Nichtadhärenz begünstigten, die sich auf die Ebenen der Patienten, der Leistungserbringer, der Leitlinien und des Gesundheitssystems verteilten. Am häufigsten genannt wurden strukturelle Probleme im Gesundheitssystem mit Erreichbarkeit von geeigneten Leistungserbringern, Wartezeiten und die Kostenerstattung durch die Krankenversicherungen.[36]

4.4 Limitationen

Diese Arbeit weist wichtige Limitationen auf. Eine von ihnen ist die streng retrospektive Art der Datenerhebung. Daraus und aus der Tatsache, dass lediglich Routedaten der Krankenkasse zur Verfügung standen, ergeben sich zwangsläufig in manchen Fällen unvollständig erfasste Parameter. Der exploratorische Charakter der Untersuchung und die damit einhergehenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen erlaubten keine Erfassung weiterer durchaus relevanter Parameter wie die Komorbiditäten. Als Limitation müssen auch die nicht auszuschließenden Fehler bei der Kodierung erwähnt werden. Insbesondere eine fehlende Kodierung von Leistungen oder Diagnosen im ambulanten Sektor kann nicht komplett ausgeschlossen werden. Andererseits hätte in einem prospektiven Setting der Hawthorne-Effekt auftreten können. Bei diesem ändern Teilnehmer (in unserem Fall die an der Studie teilnehmenden Leistungserbringer) ihr natürliches Verhalten, weil sie wissen, dass sie an einer Studie teilnehmen und unter Beobachtung stehen. Dies kann zu einer falschen Einschätzung führen, z.B. der Wirksamkeit einer Intervention oder eines Arzneimittels. Die Konzipierung als reine retrospektive Beobachtungsstudie ohne Interventionsarm trägt daher der Absicht Rechnung, ein unverfälschtes Bild der realen Versorgungssituation zu erhalten.

Eine weitere Limitation der Arbeit ergibt sich aus der Beschränkung auf zwei Regionen

in Deutschland mit dem Einschluss von Mitgliedern nur einer gesetzlichen Krankenversicherung. Relativiert wird dieser Nachteil durch die Größe und den Bevölkerungsreichtum der Regionen Rheinland und Hamburg und die Größe der gewählten Krankenkasse. So lag nach Angaben des statistischen Bundesamtes zum 31. Dezember 2022 die Einwohnerzahl der Region Nordrhein bei 9.788.751 Menschen, die von Hamburg bei 1.892.122 Menschen.[37] Mit insgesamt 3.457.163 Versicherten hatte die gesetzliche Krankenkasse AOK Rheinland/Hamburg im Jahr 2022 ca. 29,60% und damit einen erheblichen Anteil der Einwohner der zwei Regionen versichert.[38]

Außerdem lagen keine Daten zur tatsächlichen Verfügbarkeit von nicht-invasiver bildgebender Diagnostik als Confounder vor, der deren Einsatzrate beeinflusst haben könnte. Es existieren auch keine verlässlichen Daten zur generellen Verfügbarkeit von nicht-invasiver bildgebender Koronardiagnostik in Deutschland, sodass ein Vergleich mit der Verfügbarkeit in den Studienregionen ohnehin nicht möglich gewesen wäre.[1] Ein fehlender Zugang zu diesen diagnostischen Möglichkeiten ausgerechnet in zwei der am dichtesten bevölkerten und wirtschaftlich am besten entwickelten Regionen Deutschlands kann allerdings als sehr unwahrscheinlich angenommen werden.

Insgesamt können die Ergebnisse dieser Arbeit aus den diskutierten limitierenden Gründen sicher nicht auf ganz Deutschland verallgemeinert werden. Sie geben jedoch einen Hinweis auf die Versorgungspraxis im Bundesgebiet, auf dem erhebliche regionale Unterschiede vorbeschrieben worden sind. So fanden Frank-Tewaag et al. in ihrer Untersuchung eine 7,8-fache Varianz der Koronarangiographie-Häufigkeit bei stabiler KHK in Deutschland.[15] Die Daten bestätigen die Vermutung, dass es Regionen gibt, in denen ein erheblicher Untergebrauch von nicht-invasiver bildgebender Diagnostik bei KHK vorliegt, und legen in Zusammenschau mit der aktuellen Literatur nahe, dass bundesweit ein systemisches Problem mit teilweise erheblicher Leitlinieninadhärenz bei der KHK-Diagnostik existiert.

4.5 Schlussfolgerungen

Die ausgewerteten Daten schufen einen Überblick über die reale Versorgungspraxis hinsichtlich CCS-Abklärung in den untersuchten Regionen, womit ein Ziel der Arbeit erreicht wurde. Sie bestätigen die aufgestellte Hypothese, dass in der untersuchten Population in der realen täglichen Praxis die Leitlinienadhärenz noch deutlich unter der von prospektiven Studien berichteten liegen und weniger als 20% betragen wird. Zusammenfassend zeigt diese Datenlage deutlich die Notwendigkeit, die Rolle der nicht-invasiven Diagnostik bei Patienten mit Verdacht auf CCS im deutschen

Gesundheitssystem zu stärken. Währenddessen belegt das im Rahmen der Arbeit erstellte Benchmarking der Gesundheitsdienstleister, dass einige von ihnen möglicherweise als Best-Practice-Beispiele dafür fungieren können, wie die leitliniengerechte Abklärungspraxis in ihrem Versorgungsumfeld verbessert werden kann.

5 Zusammenfassung (in deutscher und englischer Sprache)

5.1 Zusammenfassung in englischer Sprache

5.1.1 Introduction

For Germany there is growing evidence for a guideline-non-adherent use of coronary angiographies (CAG) in patients with suspected chronic coronary syndrome (CCS) with an underuse of non-invasive imaging guided testing (NIGT) (stress-echo, coronary CT-angiography, myocardial perfusion scintigraphy and stress magnetic resonance tomography). This health claims data (HCD) based analysis aims to give an overview in the use of NIGT prior to CAG in patients with suspected CCS being insured by the statutory health insurance company "AOK Rheinland/Hamburg".

5.1.2 Methods

AOK Rheinland/Hamburg HCD from the year 2019 were retrospectively analyzed. Relevant invasive and non-invasive tests were identified using the uniform German health insurance billing codes for in- and outpatient procedures. The diagnosis was identified by the corresponding ICD-10-codes. A benchmarking-analysis regarding differences between health care providers (HCP) with at least two CAG per month in the use of NIGT prior to CAG in patients with suspected CCS was conducted. Results were adjusted for the patient characteristics age and sex, as well as the HCP annual CAG volume, proportion of CAG for AMI and proportion of revascularization.

5.1.3 Results

In 2019 a total of 8.599 CAG were performed by a total of 241 HCP in patients with suspected CCS. The benchmarking was limited to 7.885 CAG performed by the 82 HCP with at least two CAG per month. In these centers in mean 319 AOK Rhineland/Hamburg insurees underwent CAG, in 28,7% for suspected CCS. Revascularization of any kind was performed 15,9% of cases. In suspected CCS NIGT in the 3 months prior to CAG was performed in 6,0%. In multivariate analyses neither age, sex, annual volume of CAG, the proportion of CCS of all CAG nor the proportion of AMI treated by the HCP did reveal a significant correlation to the rate of prior NIGT. With regard to revascularizations the overall rate of prior NIGT was 7,6%.

5.1.4 Conclusions

The analyzed data reveal a very low use of NIGT prior to CAG in patients with suspected CCS in the 2019 real-world practice in Rhineland and Hamburg. In summary, these data clearly address the need to strengthen the role of NIGT for patients with suspected CCS in the German health care system.

5.2 Zusammenfassung in deutscher Sprache

5.2.1 Einleitung

Für Deutschland gibt es zunehmend Hinweise auf einen nicht leitlinienadhärenten Einsatz von Koronarangiographien (CAG) und eine unzureichende Nutzung von nicht-invasiven bildgebenden Tests (NIGT) (Stress-Echo, Koronar-CT-Angiographie, Myokardperfusionsszintigraphie und Stress-Magnetresonanztomographie) bei der Abklärung vom chronischen Koronarsyndrom (CCS). Diese auf Gesundheitsdaten (HCD) basierende Analyse zielt darauf ab, einen Überblick über den Einsatz von NIGT vor CAG bei Patienten mit Verdacht auf CCS zu geben, die bei der gesetzlichen Krankenkasse „AOK Rheinland/Hamburg“ versichert sind.

5.2.2 Methoden

Die HCD der AOK Rheinland/Hamburg aus dem Jahr 2019 wurden retrospektiv analysiert. Relevante invasive und nicht-invasive Tests wurden anhand der einheitlichen deutschen Krankenversicherungsabrechnungscodes für stationäre und ambulante Verfahren identifiziert und die Diagnose durch die entsprechenden ICD-10-Codes ermittelt. Es wurde eine Benchmark-Analyse hinsichtlich der Unterschiede zwischen den HCP (mit mindestens zwei CAG pro Monat) im Einsatz von NIGT vor CAG bei Patienten mit Verdacht auf CCS durchgeführt. Die Ergebnisse wurden für die Patientenmerkmale Alter und Geschlecht sowie das jährliche CAG-Volumen des HCP, den Anteil der CAG bei AMI und den Anteil der Revaskularisationen adjustiert.

5.2.3 Ergebnisse

Im Jahr 2019 wurden insgesamt 8.599 CAG von 241 HCP bei Patienten mit Verdacht auf CCS durchgeführt. Das Benchmarking war auf 7.885 CAG beschränkt, die von den 82 HCP mit mindestens zwei CAG pro Monat durchgeführt wurden. In diesen Zentren unterzogen sich im Durchschnitt 319 AOK Rheinland/Hamburg-Versicherte einer CAG mit der Indikation eines CCS in 28,7%. Eine Revaskularisation jeglicher Art wurde in 15,9% der Fälle durchgeführt. Bei Verdacht auf CCS wurde in den drei Monaten vor der CAG in 6,0% der Fälle ein NIGT durchgeführt. In multivariaten Analysen ergaben weder Alter, Geschlecht, jährliches CAG-Volumen, der Anteil der CCS an allen CAG noch der Anteil der vom HCP behandelten AMI eine signifikante Korrelation zur Rate des vorherigen NIGT. In Bezug auf Revaskularisationen lag die Gesamtrate des vorherigen NIGT bei 7,6%.

5.2.4 Schlussfolgerungen

Die analysierten Daten zeigen eine sehr geringe Nutzung von NIGT vor CAG bei Patienten mit Verdacht auf CCS in der realen Praxis im untersuchten Jahr 2019 in

Rheinland und Hamburg. Zusammenfassend weisen die Daten eindeutig auf die Notwendigkeit hin, die Rolle von NIGT für Patienten mit Verdacht auf CCS im deutschen Gesundheitssystem zu stärken.

6 Literaturverzeichnis

1. Deutsche Herzstiftung *Deutscher Herzbericht 2022*. 2022 [cited 2023 14.12.2023]; Available from: <https://herzstiftung.de/service-und-aktuelles/publikationen-und-medien/herzbericht>.
2. OECD, *Health at a Glance 2015*. 2015.
3. Statistisches Bundesamt 23631-0001: *Krankheitskosten, Krankheitskosten je Einwohner: Deutschland, Jahre, Krankheitsdiagnosen (ICD-10)*. 2024 [cited 2024 11.06.2024]; Available from: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online#astructure>.
4. Jasilionis, D., et al., *The underwhelming German life expectancy*. *European Journal of Epidemiology*, 2023. **38**(8): p. 839-850.
5. Bosner, S., et al., *Chest pain in primary care: epidemiology and pre-work-up probabilities*. *Eur J Gen Pract*, 2009. **15**(3): p. 141-6.
6. Haasenritter, J., et al., *Ruling out coronary heart disease in primary care: external validation of a clinical prediction rule*. *Br J Gen Pract*, 2012. **62**(599): p. e415-21.
7. Verdon, F., et al., *Chest pain in daily practice: occurrence, causes and management*. *Swiss Med Wkly*, 2008. **138**(23-24): p. 340-7.
8. Knuuti, J., et al., *2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes*. *Eur Heart J*, 2020. **41**(3): p. 407-477.
9. Bundesärztekammer (BÄK), K.B.K., Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). ., *Nationale Versorgungsleitlinie Chronische KHK – Langfassung, 5. Auflage. Version 1. (cited: 2024-02-27)*. 2019; Available from: www.khk.versorgungsleitlinien.de.
10. Genders, T.S., et al., *A clinical prediction rule for the diagnosis of coronary artery disease: validation, updating, and extension*. *Eur Heart J*, 2011. **32**(11): p. 1316-30.
11. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz-und Kreislaufforschung e.V. , *ESC Pocket Guidelines. Chronisches Koronarsyndrom, Version 2019. Kurzfassung der „2019 ESC Guidelines on the diagnosis and management of chronic coronary syndromes“ (European Heart Journal; 2019 - doi/10.1093/eurheartj/ehz425)*. 2020, Grünwald: Börm Bruckmeier Verlag GmbH.
12. Juarez-Orozco, L.E., et al., *Impact of a decreasing pre-test probability on the performance of diagnostic tests for coronary artery disease*. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019. **20**(11): p. 1198-1207.
13. Dissmann, W. and M. de Ridder, *The soft science of German cardiology*. *Lancet*, 2002. **359**(9322): p. 2027-9.
14. Möckel M, S.J., Jeschke E. , *Indikation, Prognose und regionale Unterschiede der Herzkatheterversorgung in Deutschland*, in *Versorgungs-Report 2013/2014*, J. Klauber and H.-H. Abholz, Editors. 2014, Schattauer-Verlag: Stuttgart. p. XII, 334 S.
15. Frank-Tewaag, J., et al., *Regional variation in coronary angiography rates: the association with supply factors and the role of indication: a spatial analysis*. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022. **22**(1): p. 72.
16. OECD. *Health at a Glance 2015*. 2015; Available from: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/7a7afb35-en>.
17. Figulla, H.R., et al., *Percutaneous Coronary Intervention in Stable Coronary Heart Disease -Is Less More?* *Dtsch Arztebl Int*, 2020. **117**(9): p. 137-144.
18. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) *Bundesqualitätsbericht 2023*. 2024 [cited 2024 13.02.2024]; Available from: <https://iqtig.org/veroeffentlichungen/bundesqualitaetsbericht/>.
19. Group, D.T., et al., *CT or Invasive Coronary Angiography in Stable Chest Pain*. *N Engl J Med*, 2022. **386**(17): p. 1591-1602.
20. Wein, B., et al., *Evaluation of the guideline-adherence of coronary angiography in patients with suspected chronic coronary syndrome - Results from the German prospective multicentre ENLIGHT-KHK project*. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2023. **46**: p.

- 101203.
21. Wein, B., et al., *Guideline adherence in the use of coronary angiography in patients presenting at the emergency department without myocardial infarction - Results from the German ENLIGHT-KHK project*. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2023. **49**: p. 101281.
 22. Patel, M.R., et al., *ACCF/SCAI/STS/AATS/AHA/ASNC 2009 Appropriateness Criteria for Coronary Revascularization: a report by the American College of Cardiology Foundation Appropriateness Criteria Task Force, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Thoracic Surgeons, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, and the American Society of Nuclear Cardiology Endorsed by the American Society of Echocardiography, the Heart Failure Society of America, and the Society of Cardiovascular Computed Tomography*. *J Am Coll Cardiol*, 2009. **53**(6): p. 530-53.
 23. Desai, N.R., et al., *Appropriate Use Criteria for Coronary Revascularization and Trends in Utilization, Patient Selection, and Appropriateness of Percutaneous Coronary Intervention*. *JAMA*, 2015. **314**(19): p. 2045-53.
 24. Puri, P., J. Carroll, and B. Patterson, *Cost Savings Associated With Implementation of Peer-Reviewed Appropriate Use Criteria for Percutaneous Coronary Interventions*. *Am J Cardiol*, 2016. **117**(8): p. 1289-93.
 25. Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales, des Landes Nordrhein-Westfalen,, , *Genehmigung nach § 75 Abs. 2 SGB X zur Übermittlung von Sozialdaten für das Innofonds-Projekt "ENLIGHT KHK"*. 2019, Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen,: Düsseldorf. p. 1-5.
 26. DIMDI = Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, German Modification, Version 2019, Mit Aktualisierung vom 01.11.2019*. [Web Page] 2019 [cited 2023 12.12.2023]; Available from: <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2019/#IX>.
 27. Deutsche Krankenhausgesellschaft *Krankenhaustarif für ambulante Leistungen und stationäre Nebenleistungen*. 37 ed. 2018, Köln ; Berlin [u.a.]: Kohlhammer.
 28. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) *Operationen- und Prozedurenschlüssel Internationale Klassifikation der Prozeduren in der Medizin (OPS) Band 2: Alphabetisches Verzeichnis*. 2018, Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI).
 29. KBV, Kassenärztliche Bundesvereinigung, *Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM)*. 2019, KBV: Berlin.
 30. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) *Bundesqualitätsbericht 2020*. 2020 4.03.2024]; Available from: https://iqtig.org/downloads/auswertung/2020/pci/DeQS_PCI_2020_BUAW_V01_2021-11-25.pdf.
 31. Chmiel, C., et al., *Appropriateness of diagnostic coronary angiography as a measure of cardiac ischemia testing in non-emergency patients - a retrospective cross-sectional analysis*. *PLoS One*, 2015. **10**(2): p. e0117172.
 32. Gemeinsamer Bundesausschuss *Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses nach § 92 Abs. 1 Satz 2 Nr. 13 i. V. m. § 136 Abs. 1 Nr. 1 SGB V über die einrichtungs- und sektorenübergreifenden Maßnahmen der Qualitätssicherung (Richtlinie zur einrichtungs und sektorenübergreifenden Qualitätssicherung – Qesü-RL)*, G. Bundesausschuss, Editor. 2018, Bundesanzeiger.
 33. Seleznova, Y., et al., *Health economic consequences of optimal vs. observed guideline adherence of coronary angiography in patients with suspected obstructive stable coronary artery in Germany: a microsimulation model*. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*, 2024. **10**(1): p. 45-54.
 34. Tonino, P.A., et al., *Fractional flow reserve versus angiography for guiding*

- percutaneous coronary intervention*. N Engl J Med, 2009. **360**(3): p. 213-24.
35. Bradley, S.M., et al., *Patient selection for diagnostic coronary angiography and hospital-level percutaneous coronary intervention appropriateness: insights from the National Cardiovascular Data Registry*. JAMA Intern Med, 2014. **174**(10): p. 1630-9.
36. Naumann, M., et al., *Factors influencing adherence to clinical practice guidelines in patients with suspected chronic coronary syndrome: a qualitative interview study in the ambulatory care sector in Germany*. BMC Health Serv Res, 2023. **23**(1): p. 655.
37. Statistisches Bundesamt *Regierungsbezirke nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2022*. 2024; Available from: <https://www.krankenkassen.de/krankenkassen-vergleich/statistik/versicherte/mitglieder/>.
38. AOK. *AOK Plus Geschäftsbericht 2022/2023*. 2024; Available from: <https://www.aok.de/fk/fileadmin/regional/plus/formulare/geschaeftsbericht-aok-plus-2022-2023.pdf>.

Appendix:

I Abkürzungsverzeichnis

AMI	Akuter Myokardinfarkt
CCS	Chronisches Koronarsyndrom
CI	Konfidenzintervall
CT	Computer-Tomographie
DKG-NT	Deutsche Krankenhausgesellschaft Nebenkostentarif
EBM	Einheitlicher Bewertungsmaßstab
EJ	Erhebungsjahr
ESC	European Society of Cardiology
GBA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
ICD-10-GM	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, German Modification
IQTIG	Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen
KHK	Koronare Herzkrankheit
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
NVL-KHK	Nationale Versorgungsleitlinie Koronare Herzkrankheit
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
OR	Odds Ratio
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
PCI	Perkutane Koronarintervention
PTCA	Perkutane transluminale Koronarangioplastie
SPECT	Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie
WHO	World Health Organisation = Weltgesundheitsorganisation

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Diagnostischer Algorithmus bei V.a. eine stabile stenosierende KHK nach der Nationalen Versorgungsleitlinie Chronische KHK – Langfassung, 5. Auflage. 2019.[9]	8
Abbildung 2 Schrittweiser Ansatz zur diagnostischen Einschätzung von Patienten mit Angina pectoris und Verdacht auf KHK nach der ESC CCS-Leitlinie 2019 (Bild aus der deutschen Übersetzung der Leitlinien-Kurzfassung).[8, 11].....	10
Abbildung 3 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS in 82 Krankenhäusern. Trichterdiagramm nicht adjustierter Anteile. Die 95%- und 99,8%-Kontrollgrenzen sind dargestellt.....	25
Abbildung 4 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS in 82 Krankenhäusern. Trichterdiagramm nicht adjustierter Anteile. Die 95%- und 99,8%-Kontrollgrenzen sind dargestellt.....	26
Abbildung 5 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS. Benchmark-Plot adjustiert nach Alter und Geschlecht. Im oberen Panel sind die Odds-Ratios mit einem 95%-KI der zufälligen Krankenhauseffekte dargestellt. Krankenhäuser mit einer OR, die signifikant von 1 abweicht, sind rot gekennzeichnet. Im unteren Panel werden die entsprechenden Krankenhausmerkmale gezeigt. Das Balkendiagramm (linke Achse) stellt das jährliche Volumen der Koronarangiogramme dar. Die beiden Linien zeigen den Anteil (rechte Achse) der Patienten des jährlichen Volumens der Koronarangiogramme, die an chronischem Koronarsyndrom (blaue Linie) oder akutem Myokardinfarkt (schwarze Linie) leiden.....	31
Abbildung 6 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Benchmark-Plot adjustiert nach Alter und Geschlecht. Im oberen Panel sind die Odds-Ratios mit einem 95%-KI der zufälligen Krankenhauseffekte dargestellt. Krankenhäuser mit einer OR, die signifikant von 1 abweicht, sind rot gekennzeichnet. Im unteren Panel werden die entsprechenden Krankenhausmerkmale gezeigt. Das Balkendiagramm (linke Achse) stellt das jährliche Volumen der Koronarangiogramme dar. Die beiden Linien zeigen den Anteil (rechte Achse) der Patienten des jährlichen Volumens der Koronarangiogramme, die an chronischem Koronarsyndrom (blaue Linie) oder akutem Myokardinfarkt (schwarze Linie) leiden.....	33

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ermittlung der Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer stenosierenden KHK anhand der Patientenanamnese mit Differenzierung nach typischer Angina pectoris, atypischer Angina pectoris und nichtanginösem Thoraxschmerz sowie Geschlecht und Alter – Nationale Versorgungsleitlinie KHK, 5. Auflage.[9].....	11
Tabelle 2 Ermittlung der Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer stenosierenden KHK anhand der Patientenanamnese mit Differenzierung nach typischer Angina pectoris, atypischer Angina pectoris, nichtanginösem Thoraxschmerz und Dyspnoe sowie Geschlecht und Alter – Europäische Gesellschaft für Kardiologie – Leitlinie zum Chronischen Koronarsyndrom 2019.[8]	12
Tabelle 3 Zusammenfassung der für die Identifizierung der Patienten und der durchgeführten Untersuchungen verwendeten Codes nach DKG-NT, EBM, ICD-10 und OPS und deren Bezeichnungen. Die ICD10-Codes wurden zur Identifikation der relevanten Diagnosen verwendet, die OPS-Codes, EBM-Codes und die DKG-NT-Codes für die Identifikation von entsprechend stationär, ambulant und prästationär durchgeführten Prozeduren.	17
Tabelle 4 Patienten- und Behandlungsmerkmale bei Patienten mit Verdacht auf ein chronisches Koronarsyndrom (CCS). *Leistungserbringer mit weniger als bzw. mindestens 24 Koronarangiographien bei möglichem CCS pro Jahr. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. SPECT: Single-Photon-Emissions-Computer-Tomographie. MRT: Magnet-Resonanz-Tomographie. CT: Computer-Tomographie... 22	
Tabelle 5 Krankenhausmerkmale in der Bewertung. * Leistungserbringer mit weniger als bzw. mindestens 24 Koronarangiographien bei möglichem CCS pro Jahr. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. PCI: perkutane Koronarintervention. Q1; Q3 – Interquartilen-Bereich	23
Tabelle 6: Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS. Logistisches Regressionsmodell unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom.....	27
Tabelle 7 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Koronarangiographie bei CCS. Verhältnis zu den Krankenhaus-Risikofaktoren. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. MI: Myokardinfarkt	28
Tabelle 8 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Logistisches Regressionsmodell unter Berücksichtig von Alter und Geschlecht. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom.....	29
Tabelle 9 Anteil an nicht-invasiver Diagnostik vor Revaskularisation bei CCS. Verhältnis zu den Krankenhaus-Risikofaktoren. Abkürzungen: CCS: Chronisches Koronarsyndrom. MI: Myokardinfarkt	30

IV Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahmen

1. Penev D, Rotering C, Pustl T. Sudden Night Palsy in a Young Man: Thyrotoxic Periodic Paralysis as a First Manifestation of Hyperthyroidism. Am J Med. 2020 Jun;133(6):e300-e301. doi: 10.1016/j.amjmed.2019.11.011. Epub 2019 Dec 18. PMID: 31862328.
2. Th. Händl, D. Penev, R. Schwarz, S. Schubert, U. Emmerling, R. Hoffmann. Fallbericht: Sepsis und Multiorganversagen infolge einer Streptobacillus moniliformis-Infektion. Der Mikrobiologe, Heft 1, 28. Jg., 2018.

Kongressbeitrag zu DGK Herztage 2023 / 5.–7.10.2023 Bonn:

"Non-invasive Imaging Guided Testing Prior to Coronary Angiography in Patients with Suspected Chronic Coronary Syndrome – A Retrospective Health Claims Data Based Analysis in Rhineland and Hamburg"