

Aus der Abteilung  
für Thoraxchirurgie  
Prof. Dr. Hans-Stefan Hofmann  
der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Operative Versorgung von Lungenkarzinom-Patienten in ländlichen Regionen: Eine  
Analyse der Mindestmengenregelung und ihrer Auswirkungen auf die Anfahrtszeit  
zum Behandlungsort

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Luisa Sophie Horn

2024



Aus der Abteilung  
für Thoraxchirurgie  
Prof. Dr. Hans-Stefan Hofmann  
der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Operative Versorgung von Lungenkarzinom-Patienten in ländlichen Regionen: Eine  
Analyse der Mindestmengenregelung und ihrer Auswirkungen auf die Anfahrtszeit  
zum Behandlungsort

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Luisa Sophie Horn

2024

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Hans-Stefan Hofmann

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Christian Schulz

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.2024

# Inhaltsverzeichnis

1	Qualitätssicherung in der onkologischen Versorgung.....	7
1.1	Lungenkarzinom.....	9
1.2	Mindestmengenregelung.....	11
1.3	Lungenkrebszentren (DKG) .....	14
1.4	Ziele und Fragestellung.....	16
2	Material und Methoden .....	17
2.1	Studiendesign und Datenerhebung.....	17
2.2	Patientenkollektiv und Einteilung in Patientengruppen.....	20
2.3	Fahrtzeitanalyse.....	21
2.4	Mindestmengenanalyse .....	23
2.5	Statistische Analyse .....	24
3	Ergebnisse.....	25
3.1	Patientenkollektiv .....	25
3.1.1	Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien .....	25
3.1.2	Beschreibung des gesamten Kollektivs .....	25
3.1.3	Vergleich Lungenkrebszentrum und Nicht-Zentrum .....	27
3.2	Analyse nach Fahrtzeit zum Operationsort .....	30
3.2.1	Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika .....	30
3.2.2	Gruppe I: Kurze Fahrtzeit (1-20min).....	32
3.2.3	Gruppe II: Mittlere Fahrtzeit (21-40min).....	35
3.2.4	Gruppe III: Lange Fahrtzeit (>40min) .....	38
3.3	Mindestmengen.....	41
3.3.1	Mindestmengen der Operationsorte .....	41
3.3.2	Mindestmenge n=10 Operationen/Jahr (MM10) .....	41
3.3.3	Mindestmenge n=20 Operationen/Jahr (MM20) .....	45

3.3.4 Mindestmenge n=40 Operationen/Jahr (MM40) .....	48
3.3.5 Mindestmenge n=75 Operationen/Jahr (MM75) .....	51
3.3.6 Mindestmenge n=75 Operationen/Jahr mit Umverteilungsmechanismus (MM75A).....	54
4 Diskussion .....	57
4.1 Fahrtzeitbelastung.....	57
4.2 Mindestmengenregelung.....	60
4.3 Limitationen der Studie .....	65
5 Zusammenfassung .....	66
6 Anhang .....	68
6.1 Charlson Komorbiditäts-Index [36].....	68
6.2 Verteilung der Lungenkrebszentren in den Bundesländern .....	69
7 Literaturverzeichnis .....	70
8 Abbildungsverzeichnis .....	75
9 Tabellenverzeichnis .....	78

# Abkürzungsverzeichnis

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>API</b>	Application Programming interface
<b>bzw.</b>	beziehungsweise
<b>ca.</b>	circa
<b>CT</b>	Computertomographie
<b>d.h.</b>	das heißt
<b>DKG</b>	Deutsche Krebsgesellschaft
<b>eMM</b>	erfüllte Mindestmenge
<b>G-BA</b>	Gemeinsamer Bundesausschuss
<b>HR</b>	Hazard Ratio
<b>ICD</b>	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
<b>i.d.R</b>	in der Regel
<b>IQWiG</b>	Institut für Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen
<b>IQTiG</b>	Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen
<b>kA</b>	keine Angabe
<b>KI</b>	Konfidenzintervall
<b>km</b>	Kilometer
<b>LKZ</b>	Lungenkrebszentrum
<b>min</b>	Minute
<b>Mio</b>	Millionen
<b>MM</b>	Mindestmenge
<b>MV</b>	Mecklenburg-Vorpommern
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>n</b>	Anzahl
<b>nLKZ</b>	Zentrum ohne Zertifizierung der DKG als Lungenkrebszentrum
<b>nMM</b>	nicht erfüllte Mindestmenge
<b>NSCLC</b>	Non Small Cell Lung Cancer
<b>MRT</b>	Magnetresonanztomographie
<b>ÖPNV</b>	Öffentlicher Personennahverkehr

<b>OPS</b>	Operationen- und Prozedurenschlüssel
<b>PET</b>	Positronenemissionstomographie
<b>s.</b>	siehe
<b>s.u.</b>	siehe unten
<b>SCLC</b>	Small Cell Lung Cancer
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>TNM</b>	Tumor Nodus Metastasen
<b>UICC</b>	Union internationale contre le cancer
<b>vs.</b>	versus



# 1 Qualitätssicherung in der onkologischen Versorgung

Der ständige Wandel und die damit verbundene kontinuierliche Verbesserung der medizinischen Versorgung sind ein zentraler Teil des ärztlichen Alltags.

Damit diese Weiterentwicklung einerseits zweckmäßig und wirtschaftlich ist und gleichzeitig auf aktuellen Forschungsergebnissen beruht, hat der Gesetzgeber 2004 den Gemeinsame Bundesausschuss (G-BA) etabliert [1].

Dieser setzt sich aus Vertretern der Kassenärztlichen und Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung, der Deutschen Krankenhausgesellschaft und des Spitzenverbandes der Krankenkassen zusammen. In 9 Unterausschüssen werden Entscheidungen vorbereitet, welche im Plenum beschlossen werden. Die so entstehenden Richtlinien sind für Leistungen der gesetzlichen Krankenkassen bindend [1].

Die Richtlinien betreffen zum Beispiel die (Zahn-)ärztlichen Behandlungsverfahren, den Umgang mit Arzneimitteln und die Qualitätssicherung. Teil der Qualitätssicherung ist auch die Definition von Mindestmengen, welche aktuell vor allem chirurgische Therapieverfahren betreffen. Diese können sowohl institutsbezogen als auch personenbezogen formuliert sein [1], [2].

Zur Sicherstellung einer möglichst hohen wissenschaftliche Expertise und damit verbundenen Rechtssicherheit, beauftragt der G-BA unabhängige Institute Gutachten vorzulegen. Hier sind vor allem zwei Institute von besonderer Bedeutung:

Das Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) beschäftigt sich mit Nutzen und Risiken von medizinischen Untersuchungen und Behandlungsverfahren. Hauptaufgabe ist die evidenzbasierte Bewertung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren, sowie den zugrundeliegenden Leitlinien [3].

Das Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTiG) entwickelt Qualitätsindikatoren zur Messung der Qualität der Versorgung im Gesundheitssystem. Des Weiteren ist das IQTiG maßgeblich in die einrichtungsübergreifende Qualitätssicherung eingebunden [4].

Die Beschlüsse des G-BA sind gültig für das ganze Bundesgebiet. Es ist jedoch anzunehmen, dass Änderungen, welche die medizinische Versorgungsstruktur betreffen, in ländlichen Regionen einen anderen Einfluss haben als in der Stadt.

Diese Arbeit untersucht die Auswirkung der neuen Mindestmengenregelung zur

thoraxchirurgischen Behandlung des Lungenkarzinoms auf Patienten in einem Flächenland hinsichtlich des Überlebens und der Anfahrtszeit.

## 1.1 Lungenkarzinom

Das Lungenkarzinom ist in Deutschland (Stand 2020) der dritthäufigste (Frauen) bzw. zweithäufigste (Männer) aller malignen Tumoren und zählt zu denen mit der ungünstigsten Prognose. Hauptrisikofaktor für die Entstehung des Lungenkarzinoms ist das Zigarettenrauchen; auch andere inhalative Noxen wie z.B. Asbest oder Feinstaub sind nicht zu vernachlässigen [5].

Männer erkranken häufiger als Frauen; der Häufigkeitsgipfel lag 2019-2020 bei 70-74 Jahren (Frauen) bzw. 75-79 Jahre (Männer) [5]. Mögliche Symptome sind zum Beispiel Husten, Thoraxschmerz, rezidivierende Pneumonien und B-Symptomatik. Beim kleinzelligen Lungenkarzinom sind auch paraneoplastische Syndrome typisch. Das Ausmaß der Symptomatik zu Diagnosezeitpunkt korreliert mit dem Tumorstadium [6].

Es wird unterschieden in ein kleinzelliges (small cell lung cancer; SCLC) und nicht-kleinzelliges (non small cell lung cancer; NSCLC) Lungenkarzinom. Zu den nicht-kleinzelligen Lungenkarzinomen gehören die häufigen Plattenepithel- und Adenokarzinome sowie seltenere histologische Subgruppen [6].

Bei dem kleinzelligen Lungenkarzinom wird in Limited Disease und Extended Disease unterschieden: die Limited Disease beschränkt sich auf eine Lungenhälfte, ohne Befall des Mediastinums oder extrathorakaler Lymphknoten und ohne Pleuraerguss. Die Extended Disease umfasst alle ausgedehnteren Erkrankungen [6].

Die Einteilung für das NSCLC erfolgt nach Tumor Nodus Metastasen (TNM, aktuell 8. Auflage 2017) und wird abhängig von der TNM-Klassifikation in Stadien nach UICC eingeteilt. Stadium I-II beschreibt kleinere Lokalbefunde und den Befall ipsilateraler Hiluslymphknoten (II). Bei ausgedehnteren Lokalbefunden oder bei Befall mediastinaler (IIIA) oder kontralateraler (IIIB) Lymphknoten besteht Stadium III und bei Fernmetastasen Stadium IV [6].

Die Therapie des Lungenkarzinoms ist abhängig vom Tumorstadium und der Histologie. Das kleinzellige Lungenkarzinom wird primär medikamentös bzw. mit kombinierter Radio-/Chemotherapie behandelt und nur in seltenen Fällen operiert. In Stadien I-IIIa des NSCLC wird bei bestehender Operabilität in der Regel eine operative Versorgung mit stadienabhängiger (neo-)adjuvanter Radio- und/oder Chemotherapie empfohlen [6].

Bei der Behandlung des Lungenkarzinoms wird in der aktuellen Leitlinie bei kurativem Ansatz (NSCLC) im Stadium I-IIIa eine anatomische Resektion (meistens eine Lobektomie) mit ipsilateraler Lymphknotendissektion empfohlen. Keilresektion und

Segmentresektionen (limitierte Resektionen) sollen Patienten mit eingeschränkter kardiopulmonaler Reserve oder kleinen Befunden in Stadium I/II vorbehalten bleiben [6]. Für Operationen dieser Komplexität ist eine genaue Kenntnis der Anatomie sowie eine hohe chirurgische Expertise notwendig, damit durch vollständige Entfernung der umgebenden Strukturen um den Tumor die Streuung von Krebszellen möglichst vermieden werden kann. Neben der operativen Expertise sind aber auch strukturelle Voraussetzung zum Komplikationsmanagement, der prä- und poststationären Betreuung, der perioperativen Betreuung mit speziellen Narkose- und Beatmungsverfahren bei Lungeneingriffen und vieles mehr unabdingbar für eine hochwertige und sichere onkologische Lungenchirurgie [7].

## 1.2 Mindestmengenregelung

Diverse Studien belegen auch für die chirurgische Therapie des Lungenkarzinoms den Zusammenhang zwischen der Höhe der Fallzahlen und der Behandlungsqualität und begründen somit die Festlegung von Mindestmengenregelungen durch den Gemeinsamen Bundesausschuss (G-BA) [8], [9], [10]. Wenn Krankenhäuser die beschlossenen Mindestmengen nicht vorweisen können, dürfen die Leistungen nicht ausgeführt werden. Bei dennoch bewirkten Leistungen besteht kein Vergütungsanspruch (§ 136b SGB V).

Die Mindestmengenregelung betrifft planbare Operationen und Leistungen, welche hochkomplex sind und deshalb eine hohe Expertise des Behandlungsteams und eine entsprechende Struktur des Zentrums benötigen. [11].

Es gelten auch Ausnahmen für die Mindestmengenregelung: Beispielsweise können Landesbehörden Ausnahmeregelungen bestimmen, sollte die flächendeckende Versorgung der Bevölkerung gefährdet sein. Auch Notfalleingriffe sind von der Mindestmengenregelung nicht betroffen [12].

Die aktuellen Mindestmengen (Stand 2024) sind in Tabelle 1 aufgeführt.

*Tabelle 1: aktuelle Mindestmengen 2024 [13]*

<b>Leistung</b>	<b>Jährliche Mindestmenge pro Standort</b>
Lebertransplantation	20
Nierentransplantation	25
Komplexe Eingriffe am Organsystem Ösophagus	26
Komplexe Eingriffe am Organsystem Pankreas	20
Allogene Stammzelltransplantation bei Erwachsenen	40
Kniegelenk-Totalendoprothesen	50
Versorgung von Früh- und Reifgeborenen mit einem Aufnahmegewicht <1250g	25
Chirurgische Behandlung des Brustkrebses	100
Thoraxchirurgische Behandlung des Lungenkarzinoms	75

Im Jahr 2018 gab der G-BA einen Report beim Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) in Auftrag. Die Fragestellung beinhaltete die „Bewertung des Zusammenhangs zwischen der Leistungsmenge und der Qualität des Behandlungsergebnisses bei der chirurgischen Behandlung des Lungenkarzinoms“. Es

konnte für die Zielgrößen Gesamtüberleben, therapieassoziierte Mortalität und Krankenhaussterblichkeit ein positiver Zusammenhang zwischen Leistungsmenge und Ergebnisqualität belegt werden [12].

Der G-BA begründet die Notwendigkeit einer Mindestmengenregelung beim Lungenkarzinom mit der Komplexität der Behandlung, welche sich deutlich von der (fach-)ärztlichen Grundversorgung abhebt. Bei der primär kurativen thoraxchirurgischen Versorgung des Lungenkarzinoms wird entsprechend der Leitlinie eine anatomische Resektion (OPS 5-323 bis 5-328 [14]) empfohlen [6]. Ca. 14.000 Patienten pro Jahr in Deutschland wurden im Jahr 2019 an über 300 Zentren einer solchen operativen Behandlung zugeführt, durchschnittlich wurden 42 Patienten (Median 20 Patienten) mit Lungenkrebs pro Behandlungseinheit operiert. Resultierend aus der Erhebung dieser Daten durch das IQTiG im Jahr 2021 wurde die anatomische Lungenresektion beim Lungenkarzinom (ICD: C34) und Lungenmetastasen (ICD: C78.0) als seltene Leistung eingestuft. Die Erfahrung interdisziplinärer Teams, welche für die Behandlungsqualität entscheidend sind, können an spezialisierten Standorten eher geboten werden [7].

Eine mindestmengenrelevante Leistung ist die Operation nur dann, wenn die anatomische Resektion zusammen mit der Diagnose Lungenkrebs (C34: „Bösartige Neubildung der Bronchien und der Lunge“) oder Lungenmetastasen (C78: „sekundäre bösartige Neubildung der Atmungs- und Verdauungsorgane“) verschlüsselt wird. Anatomische Resektionen bei nichtonkologischer Grunderkrankung, z.B. im Falle einer entzündlicher Genese beim Pleuraempyem oder eines Lungenabszesses, fallen aktuell nicht unter die Mindestmengenregelung [7].

In einem Report des Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTiG) wurden die Folgen verschiedener Mindestmengen abgeschätzt. So erbrachten im Jahr 2019 328 Kliniken in Deutschland Mindestmengen relevante Leistungen. Abhängig von der Höhe der Mindestmenge wurde betrachtet wie viele Kliniken diese nicht erfüllen und wie sich die Fahrtzeit und -strecke im Mittel verändern würde. Ausgangspunkt war die mittlere Fahrtzeit von 23 min bei einer mittleren Fahrtstrecke von 22 km [15].

Unter Berücksichtigung der Reporte wägte der G-BA ab, welche Mindestmenge einerseits eine geeignete Behandlungsroutine und somit Expertise gewährleistet und andererseits den Zugang der Patienten zu der Behandlung möglichst wenig einschränkt. Da aufgrund der niedrigen landesweiten Fallzahlen eine Zentralisierung zur Schaffung einer hinreichenden Behandlungsroutine notwendig ist, wurde eine Mindestmenge von

75 Operationen pro Jahr und Standort als angemessen gesehen [7].

Das bedeutet, dass unter den aktuellen Bedingungen nur noch 93 von 328 Kliniken die Mindestmenge erfüllen und somit die Leistungen erbringen dürften. Außerdem wurde eine durchschnittliche Fahrzeitverlängerung um 10 min auf 33 min und eine Fahrtwegverlängerung um 18 km auf 40 km kalkuliert [15], [16].

### 1.3 Lungenkrebszentren (DKG)

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung der Behandlungsqualität in der Onkologie sind Zertifizierungsprogramme, wie sie auch durch die Deutsche Krebsgesellschaft e.V. (DKG) für die Versorgung von Patienten mit Lungenkrebs angeboten werden.

Zertifizierte Zentren sind Kliniken, welche die hohen fachlichen und strukturellen Anforderungen der DKG für die Behandlung einer Krebserkrankung erfüllen. Basis ist die enge Zusammenarbeit aller Fachabteilungen von stationären und ambulanten Einrichtungen, welche an der Behandlung von Krebspatienten beteiligt sind. Durch den Nachweis von Qualitätsanforderungen mittels Erhebungs- und Kennzahlbögen müssen sich die Zentren im dreijährigen Intervall rezertifizieren und sich zusätzlich einer jährlichen Überwachung der qualitätsbestimmenden Prozesse unterziehen. Die Teilnahme am Zertifizierungsprogramm ist freiwillig, zeitaufwendig und kostenintensiv [17].

In Deutschland gibt es organunabhängig (Juni 2023) über 1700 zertifizierte Zentren. Davon sind 73 Lungenkrebszentren an 89 Standorten [18]. Es gibt sehr viele Struktur- und Prozessvoraussetzungen für eine erfolgreiche Zertifizierung:

Eine Klinik muss unter anderem mindestens 200 Primärfälle pro Jahr nachweisen. Primärfälle sind Patienten mit der Erstdiagnose Lungenkarzinom, welche im Zentrum die Therapieplanung und wesentliche Teile der Therapie erhalten haben. Zusätzliche muss der thoraxchirurgische Kooperationspartner mindestens 75 anatomische Lungenresektionen bei Patienten mit Lungenkarzinom oder mit Lungenmetastase(n) durchführen. Neben den Institutsbezogenen Vorgaben gibt es auch personenbezogene Expertisen, diese betreffen u.a. im Rahmen der Diagnostik die benannten Pathologen (mindestens 100 begutachtete Lungenkarzinome, pro Jahr, pro Pathologe) oder die verantwortlichen Onkologen/Pneumologen im Rahmen der medikamentösen Tumorthherapie [19].

Aufgrund der relativ hohen notwendigen Fallzahl und der strukturellen Anforderungen, befinden sich Lungenkrebszentren in der Regel im Umkreis von Städten mit großen Kliniken und gut entwickelter Infrastruktur[18]. Daraus folgt, dass in Flächenländern mit geringerer Bevölkerungsdichte das Einzugsgebiet deutlich größer ist als in urbanen Gebieten. Die Verteilung der Lungenkrebszentren ist in Abbildung 1 dargestellt. Hier zeigen sich deutliche regionale Unterschiede mit einer hohen Konzentration an zertifizierten Lungenkrebszentren nach DKG in Ballungszentren (z.B. Berlin, Ruhrgebiet) und im Vergleich dazu kein Zentrum im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern.





Abbildung 1: Verteilung der Lungenkrebszentren in Deutschland [20]

Die nun gültige Mindestmenge von 75 anatomischen Resektionen pro Jahr und Standort entspricht der Menge an Resektionen, die auch für die Zertifizierung zum Lungenkrebszentrum notwendig sind. Wichtig zu berücksichtigen ist, dass die Teilnahme am Zertifizierungsprogramm freiwillig ist: Nicht jede Klinik mit erreichter Mindestmenge ist auch ein nach DKG zertifiziertes Lungenkrebszentrum.

## 1.4 Ziele und Fragestellung

Die Einführung der Mindestmengenregelung wurde durch den G-BA vor allem im bundesweiten Mittel betrachtet. Es ist anzunehmen, dass in Gebieten fern von der urbanen Konzentration großer Kliniken die Mindestmengen einen anderen Einfluss auf die Erreichbarkeit und Fahrtwege der Patienten haben.

In dieser retrospektiven Studie wurde ein Flächenland betrachtet, in welchem sich nur zwei Kliniken befinden, welche die aktuellen Vorgaben von 75 anatomischen Resektionen beim Lungenkarzinom erreichen. Zunächst sollte untersucht werden, welche Fahrtwege die Patienten zu ihren Behandlungsorten auf sich nehmen und ob die Fahrtwege Einfluss auf das Outcome und den Diagnosezeitpunkt haben.

Nachfolgend sollten verschiedene Mindestmengen in unserem Flächenland simuliert werden. Weiterhin war das Ziel der Erfassung, wie viele Patienten von der jeweiligen Mindestmenge betroffen sind und wie sich die Fahrtwege der Patienten verändern würden, sollten sie in ein anderes Klinikum müssen und wie sich das Langzeitüberleben der Kliniken mit verschiedenen Mindestmengen verhält.

Abschließend sollten die Ergebnisse im Kontext der Mindestmengenregelung diskutiert werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign und Datenerhebung

Das Studiendesign entspricht einer retrospektive Kohortenstudie auf Basis der Daten des klinischen Krebsregisters am Tumorzentrum Regensburg. Im Sozialgesetzbuch V (SGB V) sind die Aufgaben der Klinischen Krebsregister formuliert. Die Legitimation der Datenerhebung bezieht sich im Wesentlichen auf § 65c SGB V Sätze 2 und 10, „die Durchführung von Analysen zum Verlauf der Erkrankungen, zum Krebsgeschehen und zum Versorgungsgeschehen“ sowie „die Bereitstellung notwendiger Daten zur Herstellung von Versorgungstransparenz und zu Zwecken der Versorgungsforschung und der wissenschaftlichen Forschung“.

Das Projekt wurde am 20.04.2020 von der Ethikkommission der Universität Regensburg genehmigt.

Das Tumorzentrum Regensburg – Institut für Qualitätssicherung und Versorgungsforschung der Universität Regensburg – dokumentiert seit 1991 Tumorerkrankungen in der Oberpfalz und Niederbayern (ohne Stadt und Land Landshut). Das Tumorzentrum stellt eine Datenbasis mit klinischen, histopathologischen und therapeutischen Angaben, dem onkologischen Basisdatensatz entsprechend, zur Verfügung. Die Diagnose- und Behandlungsdaten des gesamten Krankheitsverlaufs werden in Form von schriftlichen Meldungen, histologischen Befunden und standardisierten Dokumentationsbögen von Kliniken und niedergelassenen Ärzten erfasst und rückgemeldet. Diese Dokumente werden von den Mitarbeitern des Tumorzentrums in der Tumordokumentationsdatenbank (TUDOK) erfasst. Durch Abfrage bei Einwohnermeldeämtern und durch Todesbescheinigungen kann der aktuelle Life-Status ermittelt und aktualisiert werden. Sämtliche relevanten Daten aus der Datenbank des Tumorzentrums wurden in einem einheitlichen Datensatz zusammengestellt. Durch die zusätzliche Recherche von gespeicherten Befunden konnte der Datensatz erweitert werden. Die Arbeit erfolgte unter der Aufsicht des Tumorzentrums in dessen Räumlichkeiten.

Bei der Datenerhebung und Datenverarbeitung wurde auf eine strenge Einhaltung der Datenschutzbestimmungen geachtet. Der Bezug zu Namen und Vornamen wurde aufgehoben und nur noch die Patientenidentifikationsnummer für eventuelle Rückfragen verwendet.

Die erhobenen Variablen werden in Tabelle 2 dargestellt.

*Tabelle 2: Erhobene Variablen von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms*

### **Patientendaten**

Alter

Geschlecht

Wohnort zum Diagnosezeitpunkt (Adresse, Hausnummer, Postleitzahl, Ort)

Vorerkrankungen (nach Charlson-Komorbiditäts-Index)

Raucherstatus (Raucher/Nieraucher)

### **Daten zum Lungenkarzinom**

Datum Erstdiagnose

Primäre Tumordiagnose nach ICD-10

Histologie und Grading

TNM-Klassifikation und Stadium nach UICC

Residualbefund

Lokalisation primärer Fernmetastasen

Staging Diagnostik (Röntgen-Thorax, CT Thorax, CT/MRT Schädel, Abdomensonographie, Lungenfunktion, Bronchoskopie, endobronchialer Ultraschall, Transthorakale Biopsie, Skelettszintigraphie, PET-CT)

### **Primäre Therapie**

Operation (Datum, OPS-Schlüssel, Intention, Lymphadenektomie)

Chemotherapie (Datum Beginn, Datum Ende, Intention, Chemotherapeutikum, Endegrund)

Strahlentherapie (Datum Beginn, Datum Ende, Intention, Endegrund, prophylaktische Ganzhirnbestrahlung)

Immuntherapie (Datum Beginn, Datum Ende, Intention, Immuntherapeutikum, Endegrund)

### **Behandlungsorte**

Operationsort

Ort der Chemotherapie

Ort der Radiatio

Ort der Immuntherapie

### **Daten für Outcome-Analysen**

Sterbedatum

Letztes Datum lebend

Lokale Rezidive

Progress mit Fernmetastasen

Vollremission (Datum erstmals tumorfrei und zuletzt tumorfrei)

Der Raucherstatus wurde unterschieden in Raucher und Nieraucher, ehemalige Raucher fielen somit unter Raucher. Die Vorerkrankungen wurden nach Charlson-Komorbiditätsindex bewertet (siehe Anhang). Hatte der Patient eine dieser Vorerkrankung, so wurde er als vorerkrankt markiert. Das Sterbedatum und das letzte Datum lebend wurden bis einschließlich den 31.12.2021 aktualisiert.

## 2.2 Patientenkollektiv und Einteilung in Patientengruppen

Die Grundgesamtheit sind alle Patienten mit Erstdiagnose Lungenkarzinom (ICD-10 C34) mit Wohnort in der Oberpfalz oder in Niederbayern (außer Stadt und Land Landshut), welche in der Datenbank des Tumorzentrums Regensburg mit Erstdiagnose zwischen dem 01.01.2015 und 31.12.2018 erfasst wurden und einer primären operativen Therapie zugeführt wurden.

### Einschlusskriterien:

- Alter  $\geq 18$
- Primär operative Therapie
- Operation innerhalb von 90 Tagen nach Diagnosedatum
- histologisch nachgewiesenes Lungenkarzinom

### Ausschlusskriterien:

- ungültige Fahrtzeit zum Operationsort
- ungenügende Dokumentationsqualität

Es wurden drei Gruppen verglichen, welche nach ihrer Fahrtzeit zum Operationsort eingeteilt wurden:

- Gruppe I: Fahrtzeit bis 20 min
- Gruppe II: Fahrtzeit 21 bis 40 min
- Gruppe III: Fahrzeit ab 41 min

Zunächst wurden die Gruppen hinsichtlich allgemeiner Patientencharakteristika verglichen: Geschlechterverteilung, Durchschnittsalter bei Diagnose, Rauchverhalten, Vorerkrankungen, Verteilung der Histologie, Stadienverteilung und Langzeitüberleben.

Innerhalb der Gruppen wurde die Verteilung der Patienten in Zentren mit Zertifizierung als Lungenkrebszentrum (DKG) [18] und Standorte ohne Zertifizierung verglichen und der benötigte Mehraufwand bei Fahrt in ein LKZ simuliert (s. 2.3 Fahrtzeitanalyse). Abschließend wurde eine Überlebensanalyse durchgeführt.

## 2.3 Fahrtzeitanalyse

Die Fahrtzeitanalyse wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Wirtschaftswissenschaften der Universität Regensburg erfolgreich durchgeführt. Die Berechnung der Fahrtzeiten und -entfernungen wurde mit Hilfe des TomTom reachable range API berechnet [21], [22].

Um eine möglichst repräsentative Verkehrssituation zu simulieren, wurde auf historische Daten eines fiktiven Montags im September außerhalb der Schulferien zurückgegriffen, der Zeitpunkt der Autofahrt wurde außerhalb des Berufsverkehrs simuliert. Die Tageszeit wurde auf vormittags festgelegt. Ausgangspunkt der Simulation war der jeweilige Behandlungsort.

Unter Verwendung der historischen Verkehrsdaten konnte die TomTom reachable range API berechnen, welcher Umkreis innerhalb einer Minute mit dem Auto abgedeckt werden kann. Um den Behandlungsort herum wurde ein „1-Minuten-Umkreis“ (Polygon) auf einer Karte abgebildet [22]. In einem eigens entwickelten Offline-Verfahren wurde anschließend ermittelt, ob sich die Patientenadresse in diesem Umkreis befindet (schematische Darstellung in Abbildung 2). Durch iterative Simulation mit einminütigen Zeitintervallen wurde für jedes einzelne Behandlungsziel eine Karte erstellt, welche einen Rückschluss auf die Fahrzeit der Patienten ermöglicht. Die Trennung der Fahrzeitsimulation von der Zuordnung der Adressdaten erfolgte zur Sicherstellung des Datenschutzes. Eine Bearbeitung personenbezogener Daten außerhalb des Tumorzentrums konnte dadurch effektiv ausgeschlossen werden. Auf die gleiche Weise konnten die Fahrtstrecken (nicht Luftlinie) mit Umkreisen in Kilometern bestimmt werden.

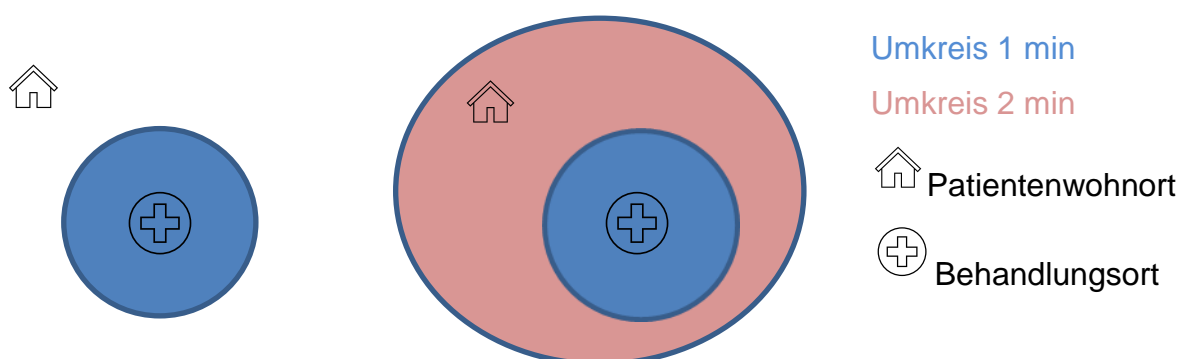


Abbildung 2: schematische Darstellung der durchgeführten Fahrtzeitanalyse

Die Fahrtzeitanalyse wurde zunächst für die tatsächlichen Behandlungsorte der Patienten durchgeführt. Dazu zählt der Operationsort, der Ort der Bestrahlung, der Ort der Chemotherapie und der Ort der Immuntherapie. Sollte eine Therapie an mehreren Orten durchgeführt worden sein, wurde derjenige Standort ausgewählt, welche den Behandlungsplan erstellt hat.

In einer weiteren Fahrtzeitanalyse wurden die Fahrtzeiten und die Fahrwege der Patienten zu möglichen Operationsorten in der weiteren Umgebung in und um Oberpfalz und Niederbayern ermittelt.

Es wurde zudem untersucht, ob andere Operationsorte schneller zu erreichen waren. Es wurden die Fahrtzeiten der möglichen Operationsorte mit der Fahrtzeit zum Operationsort des Patienten verglichen. War eine der Fahrtzeiten kürzer und war der mögliche Operationsort ein LKZ wurde er zur Variable „Anzahl Vorbeigefahren LKZ“ addiert. Analog wurde die Variable „Anzahl Vorbeigefahren nLKZ“ umcodiert. Die Summe der beiden Variablen ergab die „Anzahl Vorbeigefahren“.

War kein möglicher Operationsort näher als der Operationsort des Patienten, wurde er als „Nächster möglicher OP-Ort“ markiert.



## 2.4 Mindestmengenanalyse

Unter Verwendung der erhobenen Fallzahlen, ergänzt durch Angaben aus den Qualitätsberichten potenzieller Operationsorte aus dem Jahr 2018 wurden die jährlichen Fallzahlen anatomischen Resektionen ermittelt. Die Analyse wurde jeweils für folgende angenommene Mindestmengen durchgeführt: 10, 20, 40 und 75 pro Jahr. Die Patienten wurden jeweils in 2 Gruppen eingeteilt: Behandlung in einer Klinik mit erfüllter Mindestmenge und ohne erfüllte Mindestmenge. So wurden beispielsweise für die Mindestmenge 10 die Gruppen eMM10 (erfüllte Mindestmenge) und nMM10 (nicht-erfüllte Mindestmenge) erstellt.

Bei Patienten, deren Operationsort die Mindestmenge nicht erfüllt, wurde die Fahrtdifferenz zum nächsten möglichen Operationsort ermittelt. Mit Hilfe eines Python Skripts konnte die tatsächliche Fahrtzeit automatisiert mit den Fahrtzeiten zu den anderen möglichen Operationsorten abgeglichen und die kürzeste Fahrtzeitdifferenz bestimmt werden.

## 2.5 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit SPSS 29 (SPSS Inc., Chicago, IL) durchgeführt. Die Patientencharakteristika wurden mittels deskriptiver Statistik dargestellt. Es wurde eine a priori Analyse durchgeführt und für normalverteilte Variablen der Mittelwert als Lagemaß verwendet und für schief verteilte Variablen der Median. Als Streuungsmaß wurde die Standardabweichung verwendet. Zur grafischen Darstellung der Häufigkeitsverteilungen wurden Kreisdiagramme erstellt.

Im Rahmen von Gruppenvergleichen wurde bei metrischen Variablen der Student-t-Test verwendet. Die Unabhängigkeit unverbundener, kategorialer Variablen wurde mit Pearsons Chi-Quadrat-Test überprüft.

Als Endpunkt wurde das Gesamtüberleben unter Einschluss aller Todesursachen betrachtet. Die Überlebenszeit wurde als Differenz zwischen Diagnosedatum und Sterbedatum bzw. letztem Datum lebend berechnet. Überlebensanalysen wurden mit Hilfe des Kaplan-Meier-Verfahrens und dessen Signifikanz mit Mantel-Cox Test beschrieben. Die Ergebnisse wurden mit 1-Jahres- und 3-Jahresüberleben angegeben sowie grafisch dargestellt.

Das relative Sterberisiko („Hazard Ratio“) mit dazugehörigem 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) wurde mittels univariabler und multivariabler Cox-Regressionsanalyse geschätzt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Patientenkollektiv

### 3.1.1 Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien

Insgesamt wurden Daten von 3952 Patienten erhoben. In unsere Studie eingeschlossen wurden Patienten ab 18 Jahren, mit histologisch nachgewiesenem Lungenkarzinom und primärer operative Therapie innerhalb von 90 Tagen nach Diagnosedatum. Bei 3533 Patienten war ein histologisch gesichertes Lungenkarzinom dokumentiert. Davon hatten 696 Patienten eine primäre operative Therapie.

Bei neun Patienten konnte der Operationsort nicht eruiert werden und bei acht Patienten war die Fahrtzeitanalyse nicht gültig. Diese Patienten wurden ausgeschlossen.

Nach Anwendung aller Ein- und Ausschlusskriterien sind 679 Patienten verblieben.

### 3.1.2 Beschreibung des gesamten Kollektivs

Von den 679 Patienten waren 34,2% Frauen. 69,4% der Patienten waren Raucher, wobei bei 25,2% der Patienten keine Angabe zum Rauchverhalten hatten. 65,8% hatten bekannte Vorerkrankungen (5,4% ohne Angabe). 96,8% hatten ein NSCLC und 3,2% ein SCLC. Das durchschnittliche Diagnosealter war 66,0 Jahre mit einer Standardabweichung von 8,7 Jahren. Die mittlere Fahrtzeit zum Operationsort betrug 34,7 min mit einer Standardabweichung von 22,6 min.

*Tabelle 3: allgemeine Patientencharakteristika von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms, n=679*

<b>Patientencharakteristika</b>	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	66,0 +/- 8,7
Weiblich (%)	34,2%
Raucher (%)	69,4% (25,2% kA)
Vorerkrankungen (%)	65,8% (5,4% kA)
NSCLC (%)	96,8%
Fahrtzeit (min)	34,7 +/- 22,6

Die Stadienverteilung nach UICC ist in Tabelle 4 aufgeführt:

Tabelle 4: Stadium nach UICC des Gesamtkollektivs, n=679

Stadium	Gesamtkollektiv
I	286 (42,1%)
II	171 (25,2%)
III	167 (24,6%)
IV	45 (6,6%)
kA	10 (1,5%)

Das Überleben wurde mit Hilfe der Kaplan-Meier-Methode analysiert und in Abbildung 3 dargestellt.

Das mittlere Follow-up betrug 3,9 Jahre (95%-KI: 3,7-4,0) und im Median 4,1 Jahre (95%-KI: 3,8-4,1).

Von 679 Patienten sind im Beobachtungszeitraum 295 verstorben. Das mediane Überleben der Patienten betrug 4,4 Jahre (95%-KI: 4,0-4,8). Die 1-Jahres-Überlebensrate betrug 87,5% und die 3-Jahres-Überlebensrate 65,3%.

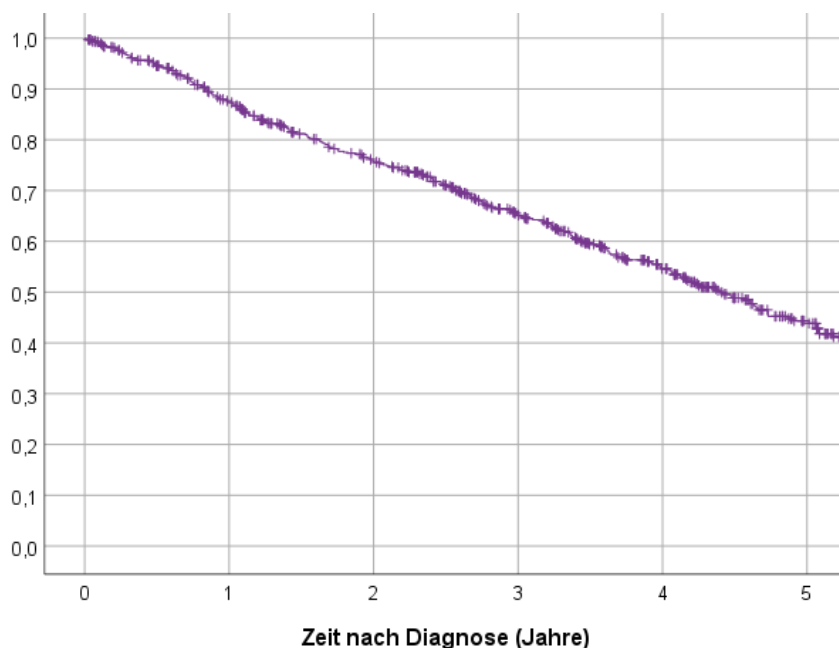


Abbildung 3: Kaplan-Meier-Überlebenskurve von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms, n=679

### 3.1.3 Vergleich Lungenkrebszentrum und Nicht-Zentrum

Im Folgenden werden Patienten mit Behandlung in einem zertifizierten Lungenkrebszentrum (LKZ) und ohne Zentrumsbehandlung (nLKZ) verglichen. Die metrischen Variablen Fahrtzeit und Diagnosealter wurden auf Signifikanz mit Hilfe des Student-t-Test geprüft und die nominal verteilten Variablen Geschlecht, Rauchverhalten, Vorerkrankungen und Histologie mittels Chi-Quadrat-Test. Analog wurden die nachfolgenden Analysen durchgeführt.

Deutlich mehr Patienten (66,4%) haben eine Zentrumsbehandlung erhalten. Die allgemeinen Patientencharakteristika (s. Tabelle 5) waren ähnlich verteilt. Nur die Fahrtzeit in der Gruppe LKZ war signifikant länger.

*Tabelle 5: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 oder einem Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228*

Patientencharakteristika	LKZ	nLKZ	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	451 (66,4%)	228 (33,6%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	65,7 +/- 8,9	66,4 +/- 8,3	p=0,316
Weiblich (%)	33,7%	35,1%	p=0,129
Raucher (%)	68,2% (25,1% kA)	71,5% (25,4% kA)	p=0,148
Vorerkrankungen (%)	63,0% (6,0% kA)	71,5% (4,4% kA)	p=0,086
NSCLC (%)	96,5%	97,4%	p=0,524
Fahrtzeit (Mittelwert in min)	40,4 +/- 24,0	23,3 +/- 14,0	p<0,001

Der gewählte Behandlungsort war in der Gruppe LKZ in 27,5% der nächstmögliche Behandlungsort. Durchschnittlich waren mehr als zwei (MW: 2,3) potenzielle Operationsorte näher zum Wohnort (davon im Schnitt 0,90 LKZ und 1,40 nLKZ). Signifikant häufiger (p<0,001) war in Gruppe nLKZ der gewählte Behandlungsort auch der nächstmögliche Behandlungsort mit 67,7% und es wurde nur an durchschnittlich 0,5 möglichen Operationsorten (davon im Schnitt 0,09 LKZ und 0,41 nLKZ) vorbeigefahren.

Die Stadienverteilung (s. Tab. 6) war signifikant (p<0,001) unterschiedlich: in Gruppe LKZ war der Anteil der Patienten im Stadium I höher und in Gruppe nLKZ gab es deutlich mehr Patienten ohne Angabe eines Stadiums.

Tabelle 6: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 oder einem Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228

Stadium	LKZ	nLKZ
I	198 (43,9%)	88 (38,6%)
II	113 (25,1%)	58 (25,4%)
III	112 (24,8%)	55 (24,1%)
IV	28 (6,2%)	17 (7,5%)
kA	0 (0,0%)	10 (4,4%)

Die mittlere Follow-up Zeit der Gruppe LKZ betrug 4,0 Jahre (95%-KI: 3,8-4,2) und im Median 4,2 Jahre (95%-KI: 4,0-4,4). Das Follow-up in der Gruppe nLKZ lag bei durchschnittlich 3,5 Jahre (95%-KI: 3,2-3,8) und im Median 3,6 Jahre (95%-KI: 3,1-4,1).

Das Überleben ist in Abbildung 4 dargestellt. In der Gruppe LKZ sind von 421 Patienten 187 im Beobachtungszeitraum verstorben.

Das Überleben betrug im Median 4,7 Jahre (95%-KI: 4,2-5,3). Die 1-Jahres-Überlebensrate betrug 89,6% und die 3-Jahres-Überlebensrate 67,9%.

Von 228 Patienten in der Gruppe nLKZ sind 108 verstorben. Im Median betrug das Überleben 3,6 Jahre (95%-KI: 3,1-4,1). Die 1-Jahres-Überlebensrate betrug 83,0% und die 3-Jahres-Überlebensrate 59%. In dieser Gruppe war das Überleben signifikant kürzer ( $p < 0,001$ ).

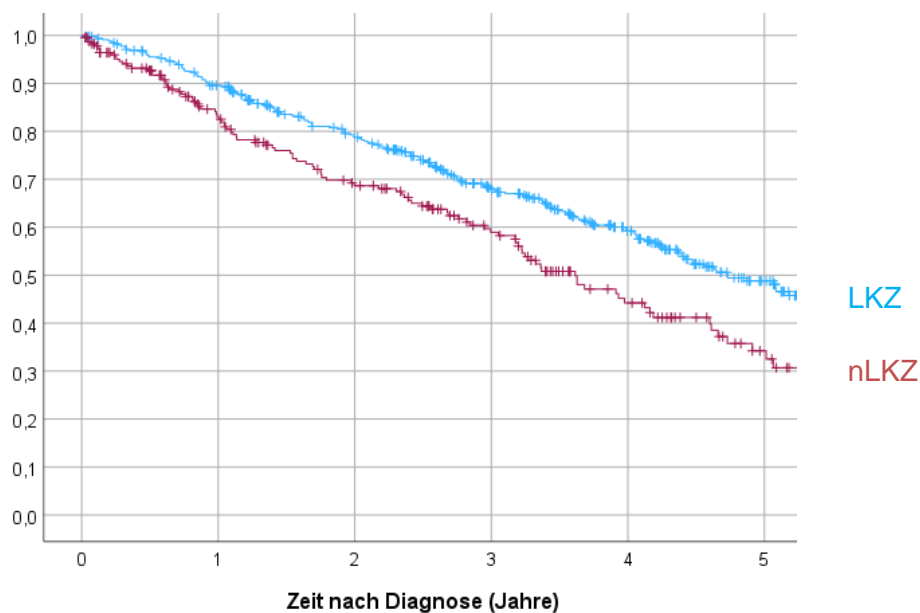


Abbildung 4: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228,  $p < 0,001$

Sowohl in der Kaplan-Meier-Analyse als auch in der univariablen Cox-Regression (s. Tab. 7) zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Behandlung in einem zertifizierten Zentrum und verlängertem Überleben. Mittels multivariabler Cox-Regression (s. Tab. 7) konnte nach Confounder-Adjustierung die Zentrumsbehandlung als unabhängiger Prognosefaktor für ein besseres Outcome ermittelt werden. Außerdem zeigten sich in der multivariablen Analyse, dass Diagnosealter, Stadium bei Diagnose und Begleiterkrankungen unabhängige Risikofaktoren für ein schlechteres Outcome darstellen. Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf das Überleben.

Die hier verwendeten Confounder wurden auch in den folgenden multivariablen Cox-Regressionen verwendet.

*Tabelle 7: uni- und multivariable Cox-Regression von Patienten nach chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms (n=679)*

Kategorie	Gruppe	Univariable Cox-Regression				Multivariable Cox-Regression			
		p	HR	Unteres 95%-KI	Oberes 95%-KI	p	HR	Unteres 95%-KI	Oberes 95%-KI
Behandlung Zentrum	nein ja		1,000				1,000		
		<0,001	0,667	0,526	0,846	0,003	0,690	0,539	0,883
Geschlecht	m w		1,000				1,000		
		0,240	0,863	0,676	1,103	0,334	0,882	0,683	1,138
Diagnosealter	<60 60-69,9 70-79,9 80+		1,000				1,000		
		0,027	1,447	1,044	2,006	0,022	1,481	1,057	2,076
		<0,001	2,034	1,466	2,821	<0,001	2,357	1,671	3,324
		0,001	2,454	1,420	4,243	<0,001	2,704	1,544	4,733
Begleiterkrankung (mind. 1)	ja nein kA		1,000				1,000		
		0,002	1,554	1,177	2,052	0,006	1,510	1,127	2,023
		0,093	1,582	0,927	2,700	0,164	1,476	0,853	2,554
Stadium	I II III IV kA		1,000				1,000		
		0,035	1,404	1,025	1,924	0,021	1,453	1,058	1,995
		<0,001	2,261	1,692	3,021	<0,001	2,567	1,914	3,444
		<0,001	3,237	2,130	4,920	<0,001	4,699	3,036	7,273
		<0,001	4,956	2,392	10,270	<0,001	4,265	2,021	9,041

## 3.2 Analyse nach Fahrtzeit zum Operationsort

Die 679 Patienten wurden nach ihrer Fahrtzeit zum Operationsort in drei möglichst gleich große Gruppen eingeteilt: Gruppe I mit einer Fahrtzeit von 1-20 min, Gruppe II mit einer Fahrtzeit von 21-40 min und Gruppe III mit einer Fahrtzeit ab 41 min.

### 3.2.1 Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika

Die allgemeinen Patientencharakteristika sind abhängig von der Fahrtzeit in Tabelle 8 aufgeführt. Zum Diagnosealter, Rauchverhalten, Vorerkrankungen und Histologie gab es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. In Gruppe II gibt es signifikant mehr Männer und in Gruppe I signifikant mehr Frauen ( $p=0,027$ ).

*Tabelle 8: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort (n=679), Gruppe I: Fahrtzeit  $\leq 20$  min, Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min, Gruppe III: Fahrtzeit  $> 40$  min*

Patientencharakteristika	Gruppe I $\leq 20$ min	Gruppe II 21-40min	Gruppe III $\geq 41$ min	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	211 (31,1%)	227 (33,4%)	241 (35,5%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	65,4 +/- 9,1	66,3 +/- 8,2	66,1 +/- 8,8	$p=0,538$
Weiblich (%)	40,8%	28,6%	33,6%	$p=0,027$
Raucher (%)	67,1% (27,6% kA)	73,1% (22,9% kA)	67,6% (25,3% kA)	$p=0,441$
Vorerkrankungen (%)	70,6% (5,2% kA)	64,8% (4,4% kA)	62,7% (7,1% kA)	$p=0,349$
NSCLC (%)	98,6%	96,5%	95,4%	$p=0,163$
Fahrtzeit (min)	12,0 +/- 4,8	29,3 +/- 5,6	59,6 +/- 17,0	

Die Stadienverteilung nach UICC ergab mit  $p=0,354$  keinen signifikanten Unterschied (s. Tab. 9).

*Tabelle 9: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort (n=679), Gruppe I: Fahrtzeit  $< 20$  min (n=211), Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min (n=227), Gruppe III: Fahrtzeit  $> 40$  min (n=241);  $p=0,354$*

Stadium	Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
I	96 (45,5%)	85 (37,4%)	105 (43,6%)
II	45 (21,3%)	64 (28,2%)	62 (25,7%)
III	51 (24,2%)	56 (24,7%)	60 (24,9%)
IV	17 (8,1%)	16 (7,0%)	12 (5,0%)
kA	2 (0,9%)	6 (2,6%)	2 (0,8%)



Zudem wurde das Gesamtüberleben der Gruppen mithilfe der Kaplan-Meier-Methode (s. Abbildung 5) verglichen:

Gruppe I hatte ein mittleres Follow-up von 3,7 Jahren (95%-KI: 3,4-4,0); Median: 4,0 Jahre (95%-KI: 3,4-4,6). Gruppe II hatte ein mittleres Follow-up von 4,1 Jahren (95%-KI: 3,8-4,4); Median: 4,3 Jahre (95%-KI: 3,9-4,7). Gruppe III hatte ein mittleres Follow-up von 3,7 Jahren (95%-KI: 3,5-4,0); Median: 3,9 Jahre (95%-KI: 3,5-4,3).

Gruppe I hatte ein medianes Überleben von 5,0 Jahren (95%-KI: 3,9-6,2), Gruppe II von 4,60 Jahren (95%-KI: 4,1-5,1) und Gruppe III von 4,3 Jahren (95%-KI: 3,8-4,7).

Nach Mantel-Cox Analyse ergab sich kein signifikanter Überlebensvorteil einer Gruppe (Gruppe I vs. Gruppe II:  $p=0,182$ ; Gruppe I vs. Gruppe III:  $p=0,786$ ; Gruppe II vs. Gruppe III:  $p=0,117$ )

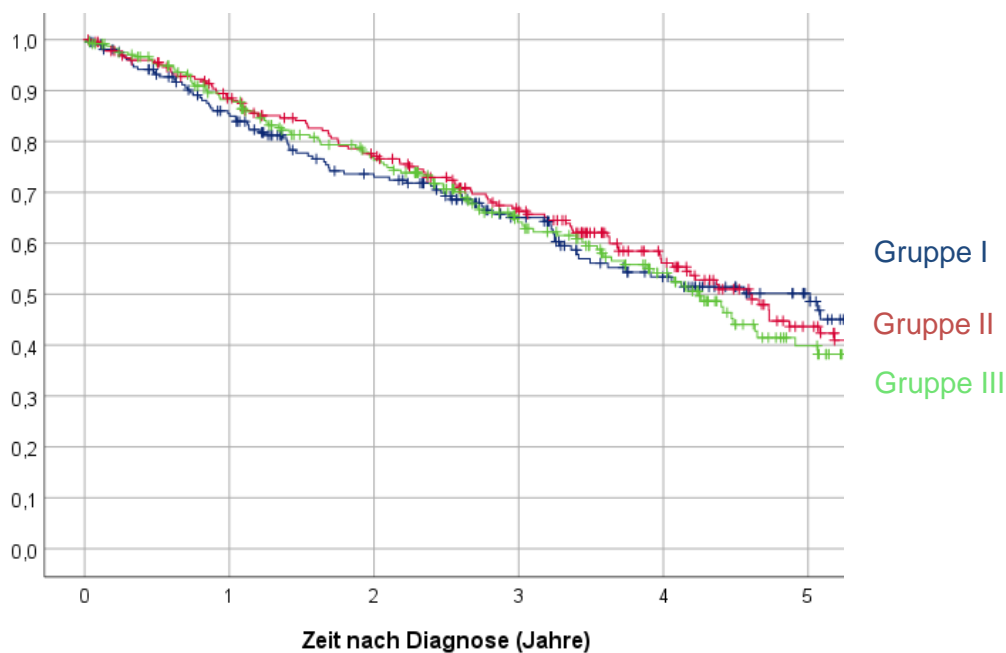


Abbildung 5: Vergleich des Gesamtüberlebens von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort ( $n=679$ ), Gruppe I: Fahrtzeit  $<20$  min ( $n=211$ ), Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min ( $n=227$ ), Gruppe III: Fahrtzeit  $>40$  min ( $n=241$ ); (Gruppe I vs. Gruppe II:  $p=0,182$ , Gruppe I vs. Gruppe III:  $0,786$ , Gruppe II vs. Gruppe III:  $p=0,117$ )

### 3.2.2 Gruppe I: Kurze Fahrtzeit (1-20min)

Gruppe I ist mit durchschnittlich 12 min Fahrtzeit zum Operationsort eine Gruppe mit Patienten, die eine regionale Versorgung gewählt haben. In dieser Gruppe haben von den 211 Patienten 99 (46,9%) eine Behandlung in einer Klinik ohne Zertifizierung erhalten. 112 (53,1%) Patienten wurden in einem von der DKG zertifizierten Lungenkrebszentrum (LKZ) behandelt.

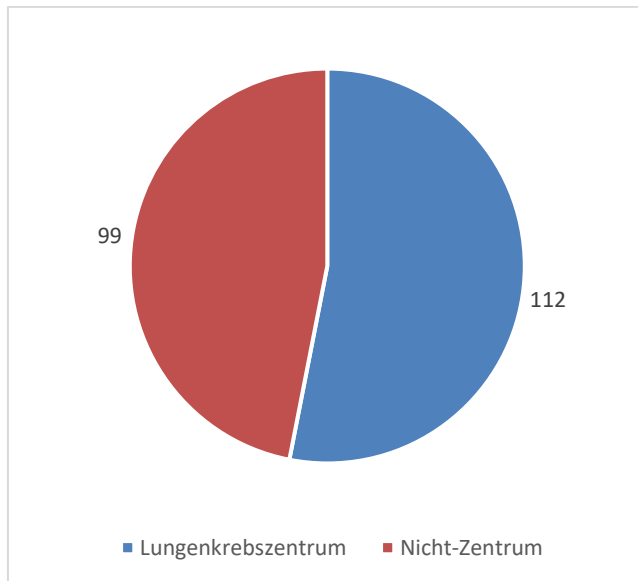


Abbildung 6: Behandlungsverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit bis 20 min (Gruppe I, n=211).

In dieser Gruppe war das LKZ in 67,9% der Fälle das nächstmögliche Krankenhaus und es waren durchschnittlich 0,34 ein anderes LKZ näher und 0,00 nLKZ. Signifikant häufiger ( $p=0,002$ ) war das nLKZ der nächstmögliche Behandlungsort mit 85,6% und signifikant weniger mögliche Behandlungsorte waren näher (0,20 LKZ und 0,12 nLKZ). Die Fahrtzeit in eine LKZ und ein Nicht-Zentrum (nLKZ) war jeweils bei 12 min. Es wurde simuliert, wie lange die Patienten, welche in einem nLKZ behandelt wurden, in ein LKZ gebraucht hätten. Hier ergab sich eine Fahrtzeitverlängerung um 42 min auf 54 min. Dies entspricht einer Verlängerung um 350%.

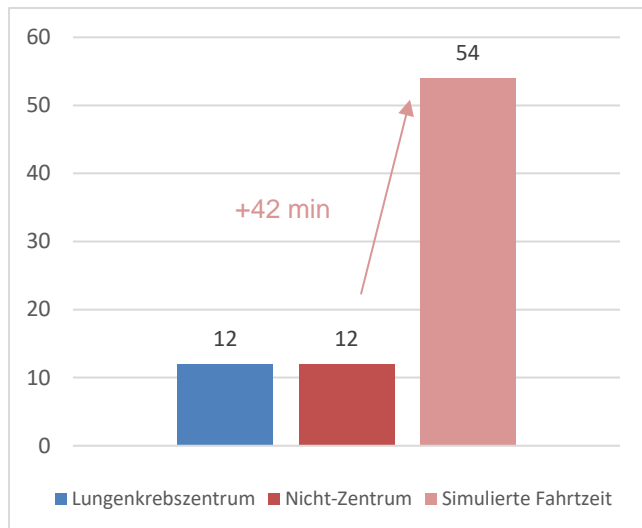


Abbildung 7: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit bis 20 min (Gruppe I): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum.

Das Überleben ist in Abbildung 8 dargestellt. Innerhalb von Gruppe I wurde das Langzeitüberleben zwischen Patienten mit Behandlung im LKZ und Patienten mit Behandlung im nLKZ verglichen. Patienten mit Behandlung im LKZ hatten ein medianes Überleben von 5,4 Jahren (95%-KI: 4,4-6,2). Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 90,1% und die 3-Jahresüberlebensrate bei 70,7%. Hier sind von 112 Patienten 45 verstorben. Bei Patienten ohne Zentrumsbehandlung lag das mediane Überleben bei 3,3 Jahren (95%-KI: 2,4-4,1). Die 1-Jahres-Überlebensrate war bei 79,8% und die 3-Jahres-Überlebensrate bei 57,7%. Mit einem p-Wert von  $p=0,029$  war das Überleben der Gruppe nLKZ signifikant kürzer. Es sind von 99 Patienten 44 verstorben.

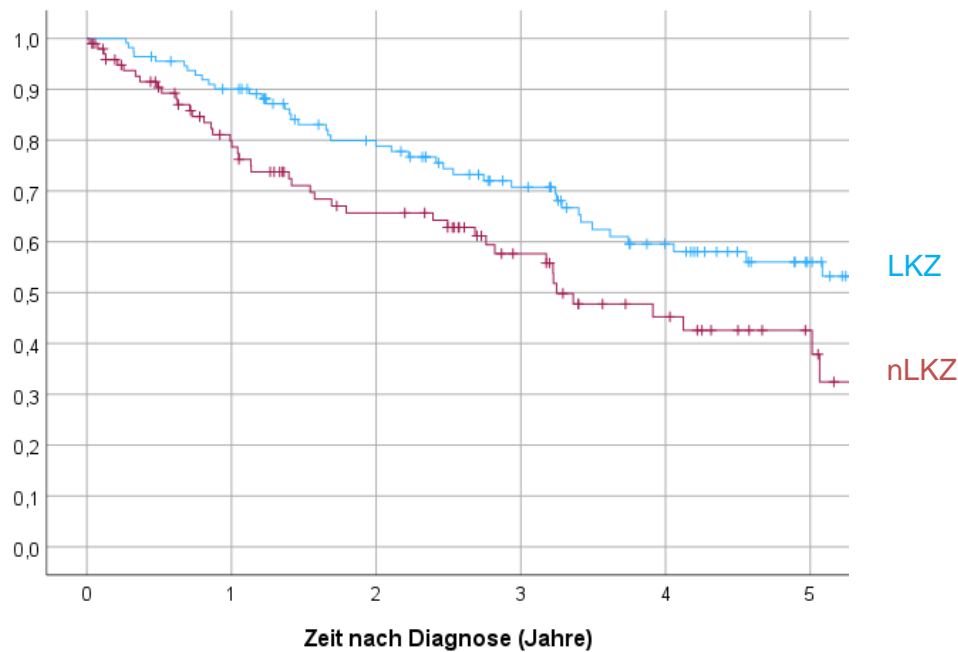


Abbildung 8: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort bis 20 min (Gruppe I),  $n=211$ ,  $p=0,029$ .

Bei Behandlung in einem Zentrum war die Wahrscheinlichkeit zu versterben 37,1% niedriger (univariable Cox-Regression:  $HR=0,629$ , 95%-KI: 0,414-0,957,  $p=0,030$ ).

Nach Confounder-Adjustierung mittels multivariabler Cox-Regression ( $HR= 0,604$ , 95%-KI: 0,387-0,941,  $p=0,026$ ) zeigten sich männliches Geschlecht, höheres Diagnosealter und höheres Tumorstadium als unabhängige Risikofaktoren für ein früheres Versterben.

### 3.2.3 Gruppe II: Mittlere Fahrtzeit (21-40min)

Gruppe II war mit durchschnittlich 29,3 min die Gruppe mit der mittleren Fahrtzeit. Insgesamt waren in dieser Gruppe 227 Patienten. Von diesen wurden 103 (45,4%) Patienten in einer Klinik ohne Zertifizierung behandelt und 124 (54,6%) Patienten in einem LKZ.

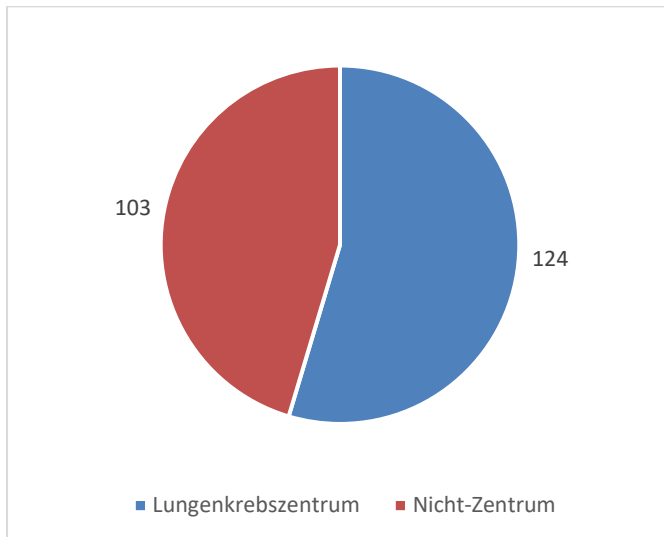


Abbildung 9: Behandlungsortverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit zwischen 21 und 40 min (Gruppe II, n=227).

Das LKZ war in 35,5% der Fälle der nächstmögliche Behandlungsort und im Schnitt sind die Patienten an 0,71 LKZ und 0,43 nLKZ vorbeigefahren. Mit 63,1% war das nLKZ signifikant häufiger ( $p < 0,001$ ) der nächstmögliche Behandlungsort und die Patienten sind an signifikant weniger Kliniken vorbeigefahren (0,06 LKZ und 0,38 nLKZ).

In Gruppe II war die Fahrtzeit in ein LKZ etwas länger mit 31 min; die Fahrtzeit in ein nLKZ betrug im Schnitt 28 min. Auch hier wurde die Fahrtzeitverlängerung in das nächstmögliche LKZ simuliert. Sie betrug zusätzlich 35 min; das entspricht 125% Fahrtzeitverlängerung.

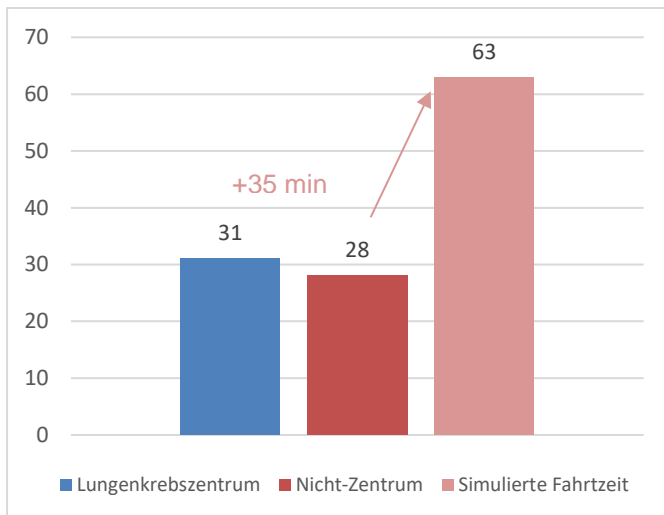


Abbildung 10: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit zwischen 21 und 40 min (Gruppe II, n=227): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum.

Auch hier wurde das Langzeitüberleben der in LKZ behandelten Patienten und in nLKZ behandelten Patienten verglichen (s. Abbildung 11). Bei Behandlung im LKZ ergab sich ein medianes Überleben von 5,2 Jahren (95%-KI: konnte nicht errechnet werden). Die 1-Jahres-Überlebensrate betrug 90,3% und die 3-Jahres-Überlebensrate 70,1%. Von 124 Patienten sind 48 verstorben.

In der Gruppe nLKZ lag das mediane Überleben bei 3,6 Jahre (95%-KI: 2,9-4,4). Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 86,2% und die 3-Jahres-Überlebensrate bei 61,3%. Von 103 Patienten sind 51 verstorben. Das Überleben war mit einem p-Wert von  $p=0,009$  signifikant kürzer.

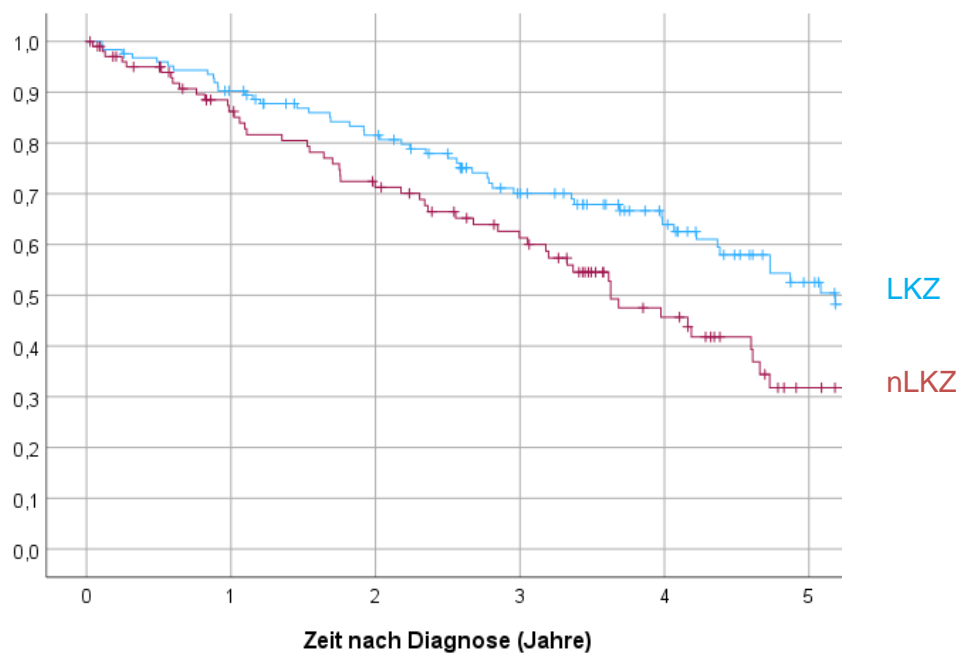


Abbildung 11: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort zwischen 21 und 40 min (Gruppe II, n=227, p=0,009).

Die Wahrscheinlichkeit zu versterben war bei Behandlung im LKZ 40,7% geringer (uni- und multivariabe Cox-Regression: HR=0,593; 95%-KI: 0,399-0,881; p=0,010). In der multivariaten Analyse stellen das männliche Geschlecht, höheres Diagnosealter und höheres Stadium einen unabhängigen Risikofaktor für kürzeres Überleben dar.

### 3.2.4 Gruppe III: Lange Fahrtzeit (>40min)

Mit durchschnittlich 59,6 min hat Gruppe III die höchste Fahrtzeit. Hier ist die Zielortverteilung deutlich in Richtung LKZ verschoben mit 240 von 269 Patienten (89,2%). Die restlichen 29 Patienten (10,8%) wurden in nLKZ behandelt.

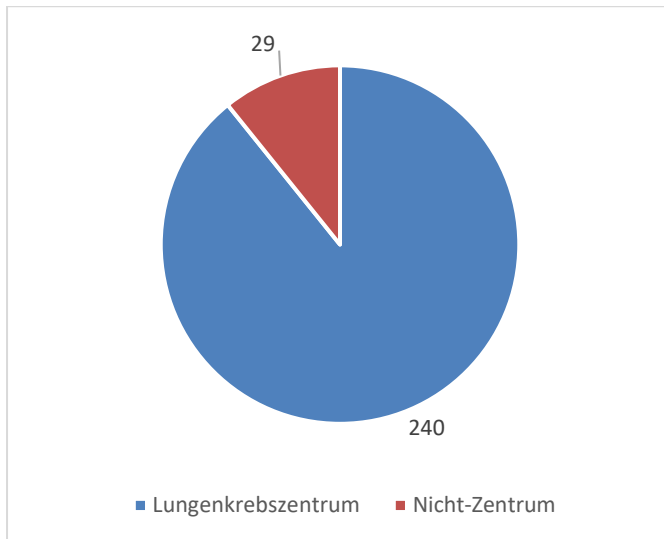


Abbildung 12: Behandlungsortverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit über 40 min (Gruppe III, n=241).

In dieser Gruppe wurde nur selten der nächstmögliche Behandlungsort gewählt. Das LKZ war in 1,7% der Fälle der nächstmögliche Behandlungsort. Die Patienten sind im Schnitt an 1,30 LKZ und 2,70 nLKZ vorbeigefahren. Das nLKZ war signifikant häufiger ( $p=0,006$ ) der nächstmögliche Behandlungsort mit 10,3% der Fälle. Hier wurde an signifikant weniger Kliniken vorbeigefahren (0,46 LKZ und 1,65 nLKZ).

In dieser Gruppe war die Fahrtzeit in ein LKZ mit 61 min länger als in ein nLKZ. Auch hier wurde die Fahrtzeitverlängerung in ein LKZ simuliert. Die Fahrtzeit verlängerte sich von 52 min um 18 min auf 70 min. Das entspricht einer prozentualen Verlängerung von 35%.



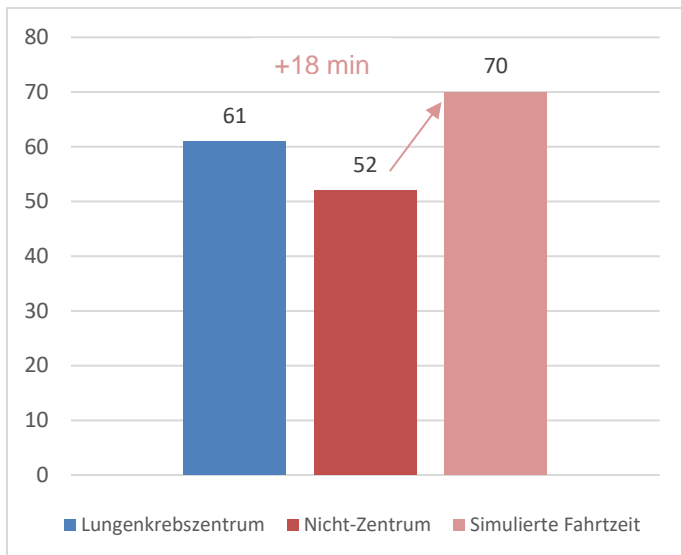


Abbildung 13: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit über 40 min (Gruppe III, n=241): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum.

Das Überleben ist in Abbildung 14 dargestellt. In Gruppe III gibt es eine deutlich unterschiedliche Zielortverteilung, weshalb die Vergleichsgruppen nicht ähnlich groß sind. Patienten mit Operation im LKZ hatten ein medianes Überleben von 4,4 Jahren (95%-KI: 4,0-4,8). Das 1-Jahres-Überleben lag bei 88,9% und das 3-Jahres-Überleben bei 65,2%. Von 215 Patienten sind 94 verstorben.

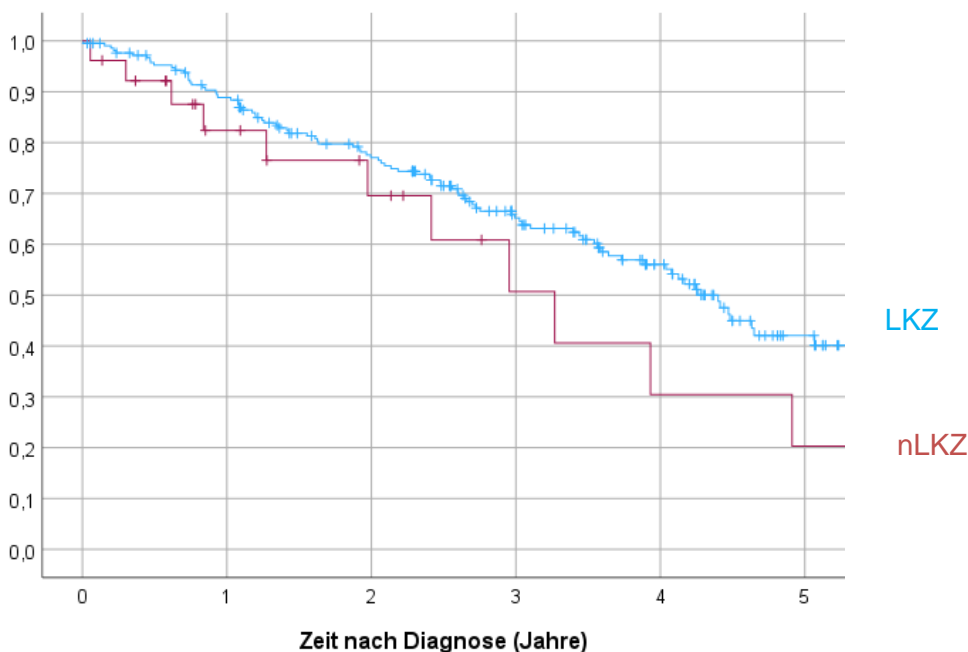


Abbildung 14: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort über 40 min (Gruppe II, n=241, p=0,123).

Patienten aus der Gruppe nLKZ hatten ein medianes Überleben von 3,3 Jahren (95%-KI: 2,1-4,5). Der Unterschied war mit einem p-Wert von  $p=0,123$  nicht statistisch signifikant. Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 82,4% und die 3-Jahresüberlebensrate bei 50,7%. Von 26 Patienten sind 13 verstorben.

Die uni- und multivariable Cox-Regressionen ergaben kein signifikant verbessertes Überleben bei Zentrumsbehandlung (jeweils gleiches Ergebnis: HR: 0,629; 95%-KI: 0,347-1,139;  $p=0,126$ ). Das Diagnosealter und das Tumorstadium waren unabhängige Risikofaktoren für ein schlechteres Überleben.

### 3.3 Mindestmengen

#### 3.3.1 Mindestmengen der Operationsorte

Mithilfe der Qualitätsberichte der einzelnen Kliniken und dem vorliegenden Datensatz wurde ermittelt, ob die möglichen Operationsorte die Mindestmenge an Lungenkrebsoperationen im Jahr erfüllen. In der nachfolgenden Tabelle X ist aufgeführt, wie viele Operationsorte die Mindestmenge erfüllen, was für die nachfolgende Analyse von Bedeutung ist. In unserem Kollektiv wurden auch Patienten mit Operationsort außerdem von Oberpfalz/Niederbayern eingeschlossen, wodurch sich die hohe Zahl an Kliniken erklärt.

*Tabelle 10: Gesamtzahl der Behandlungsorte (der eingeschlossenen Patienten) nach erreichter Mindestmenge sowie Anzahl der Behandlungsorte in Oberpfalz/Niederbayern nach erreichter Mindestmenge*

Mindestmenge	Anzahl Kliniken gesamt	Anzahl Kliniken in Oberpfalz/Niederbayern
Unter 10 Operationen/Jahr	5	5
10-19 Operationen/Jahr	3	1
20-39 Operationen/Jahr	7	2
40-74 Operationen/Jahr	2	0
Ab 75 Operationen/Jahr	8	2

#### 3.3.2 Mindestmenge n=10 Operationen/Jahr (MM10)

Die Gruppe eMM10 war mit 93,8% der Patienten deutlich größer. Es waren also nur 6,2% der Patienten (n=42) in unserem Kollektiv in einem Krankenhaus mit kleiner 10 anatomischen Lungenoperationen pro Jahr betroffen. Die grundlegenden Patientencharakteristika (siehe Tab. 11) unterschieden sich nicht signifikant.

*Tabelle 11: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10)*

Patientencharakteristika	eMM10 (erreichte Mindestmenge 10)	nMM10 (nicht erreichte Mindestmenge 10)	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	637 (93,8%)	42 (6,2%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	66,0 +/- 8,7	65,9 +/- 9,2	p=0,949
Weiblich (%)	33,9%	37,9%	p=0,580
Raucher (%)	69,2 % (25,2% kA)	61,9% (26,2% kA)	p=0,972
Vorerkrankungen (%)	65,3% (5,5% kA)	73,8% (4,8% kA)	p=0,522
NSCLC (%)	96,7%	97,6%	p=0,745

Bei der Stadienverteilung (s. Tab. 12) fiel auf, dass in Gruppe eMM10 mehr niedrige Stadien I und II vertreten waren; nur die Mehranzahl ohne Angabe eines Stadiums in Gruppe nMM10 war signifikant ( $p=0,002$ ).

Tabelle 12: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10),  $n=679$ ,  $p=0,002$  für kA

Stadium	eMM10	nMM10
I	270 (42,4%)	16 (38,1%)
II	163 (25,6%)	8 (19,0%)
III	157 (24,6%)	10 (23,8%)
IV	40 (6,3%)	5 (11,9%)
kA	7 (1,1%)	3 (7,1%)

Die Fahrtzeiten zum Operationsort werden in Abb. 15 dargestellt. In Gruppe eMM10 beträgt die durchschnittliche Fahrtzeit 35,5 min (Median: 30,0 min). In Gruppe nMM10 betrug die mittlere Fahrtzeit 21,5 min (Median: 20,5 min). Diese war mit  $p<0,001$  signifikant kürzer.

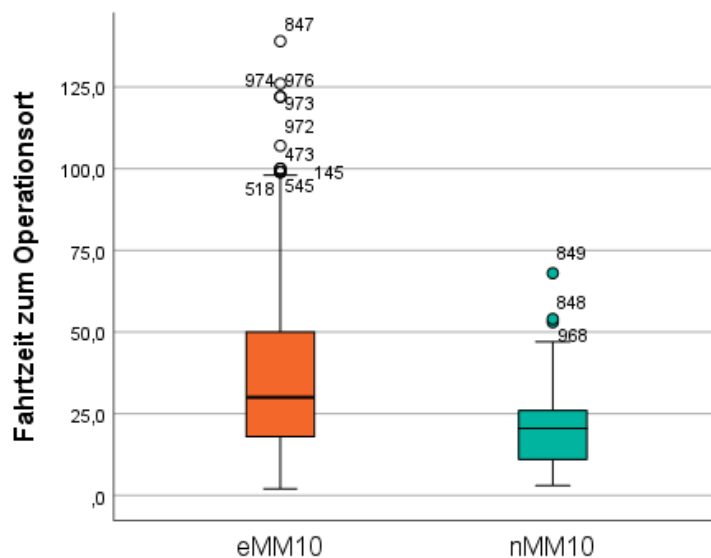


Abbildung 15: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10),  $n=679$ ,  $p<0,001$

Daraufhin wurde in der Gruppe nMM10 die Fahrzeit zu dem nächstmöglichen Operationsort mit erfüllter Mindestmenge simuliert. Die durchschnittliche Fahrzeitverlängerung betrug 14,0 min. Damit würde sich die Fahrzeit der Patienten auf 35,5 min verlängern. Das entspricht einer Fahrzeitverlängerung von 65,1%. Die durchschnittliche Fahrzeit bei MM10 würde 35,5 min betragen.

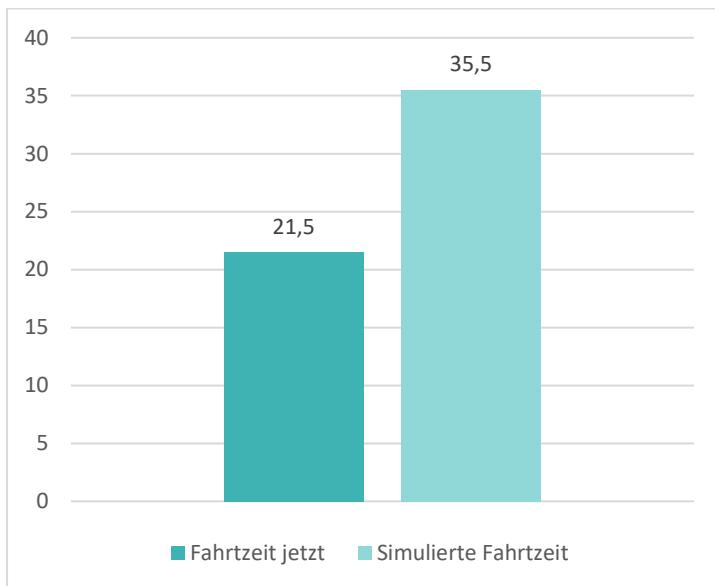


Abbildung 16: Simulation der Fahrzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 10 (nMM10) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrzeit), n=42

Die Follow-up Zeit lag bei der Gruppe eMM10 im Mittel bei 3,9 Jahren (95%-KI: 3,7-4,0) und im Median bei 4,1 Jahren (95%-KI: 3,8-4,3). In der Gruppe nMM10 lag das mittlere Follow-up bei 4,0 Jahren (95%-KI: 3,2-4,8) und im Median bei 4,7 Jahren (95%-KI: 3,2-6,2).

Das Langzeitüberleben (s. Abbildung 17) der Gruppe eMM10 war im Median bei 4,5 Jahren (95%-KI: 4,0-5,0). Das 1-Jahres-Überleben betrug 88,7% und das 3-Jahres-Überleben 67,1%. Von 637 Patienten sind 269 verstorben.

In der Gruppe nMM10 lag das Überleben im Median bei 2,4 Jahren (95%-KI: 1,4-3,5). Der Unterschied ist mit einem p-Wert von  $<0,001$  im Mantel-Cox-Verfahren als statistisch signifikant zu werten. Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 68,8% und die 3-Jahres-Überlebensrate bei 35,2%. Von 42 Patienten sind 26 verstorben.

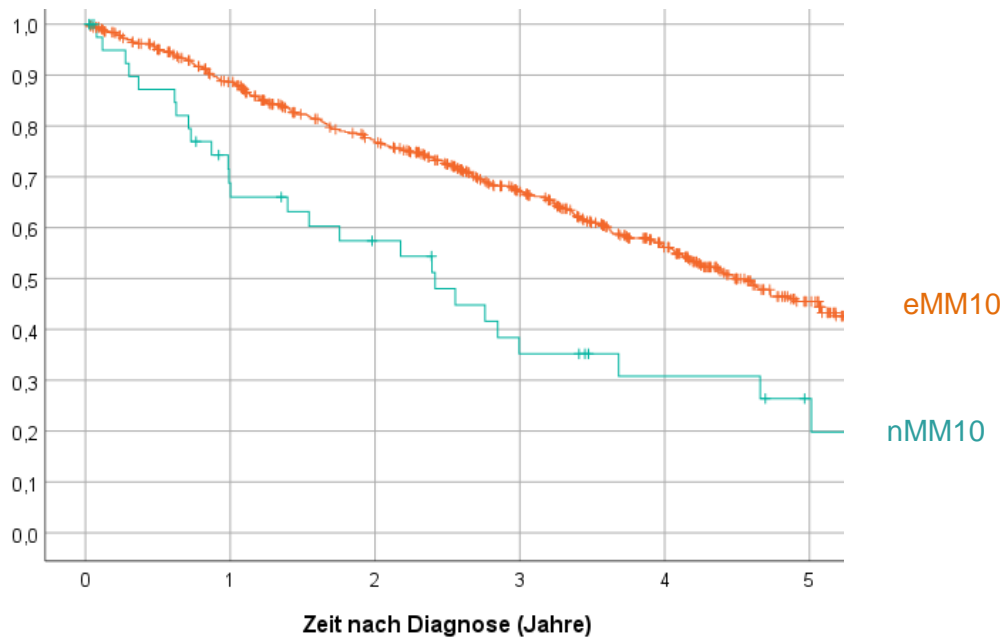


Abbildung 17: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 10 (nMM10), n=679,  $p < 0,001$

Die Wahrscheinlichkeit bei Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge von 10 zu sterben ist fast um die Hälfte geringer im Vergleich zur Behandlung in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge von n=10 (HR=0,507; 95%-KI: 0,338-0,759;  $p < 0,001$ ). In der multivariablen Cox-Regression ergaben sich ein höheres Diagnosealter, Begleiterkrankungen und höheres Tumorstadium als unabhängige Risikofaktoren für ein früheres Versterben.

### 3.3.3 Mindestmenge n=20 Operationen/Jahr (MM20)

Bei einer Mindestmenge von 20 Operationen pro Jahr waren 33 Patienten (3,8%) mehr betroffen als bei einer Mindestmenge von n=10, die in einem Krankenhaus mit kleiner 20 anatomischen Resektionen operiert wurden.

Die Patientencharakteristika waren zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich verteilt (s. Tab. 13).

*Tabelle 13: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20)*

Patientencharakteristika	eMM20	nMM20	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	604 (90,0%)	75 (10,0%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	66,0 +/- 8,7	65,7 +/- 8,8	p=0,783
Weiblich (%)	33,1%	42,7%	p=0,100
Raucher (%)	70,0% (24,4% kA)	64,0% (32,0% kA)	p=0,331
Vorerkrankungen (%)	64,6% (5,6% kA)	76,0% (4,0% kA)	p=0,144
NSCLC (%)	96,5%	98,7%	p=0,323

Die Stadienverteilung (s. Tab. 14) war jedoch unterschiedlich. In der Gruppe eMM20 gab es signifikant mehr Stadium I (p=0,009) und in der Gruppe nMM20 signifikant mehr Stadium IV (p=0,047) und kA (p=0,003).

*Tabelle 14: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p=0,009 für Stadium I, p=0,047 für Stadium IV, p=0,003 für kA*

Stadium	eMM20	nMM20
I	265 (43,9%)	21 (28,0%)
II	150 (24,8%)	21 (28,0%)
III	147 (24,3%)	20 (26,7%)
IV	36 (6,0%)	9 (12,0%)
kA	6 (1,0%)	4 (5,3%)

Die Fahrtzeit wird in Abbildung 18 dargestellt. In Gruppe eMM20 betrug die mittlere Fahrtzeit 36,4 min (Median: 33,0 min). In Gruppe nMM20 war die Fahrtzeit signifikant kürzer (p<0,001) mit 21,0 min (Median: 20,0 min).

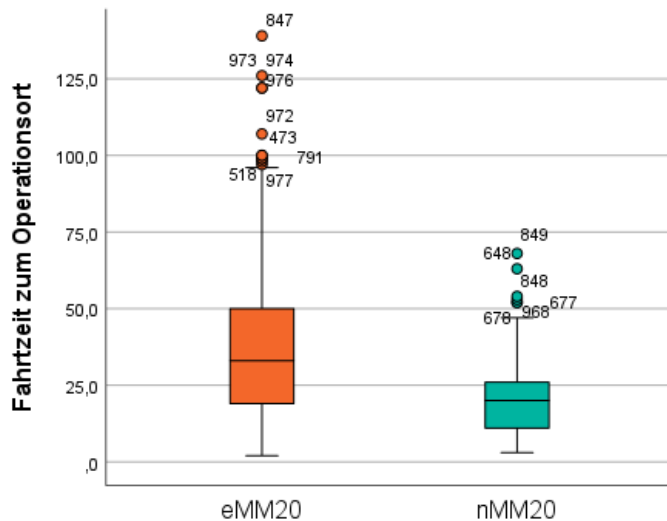


Abbildung 18: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679,  $p < 0,001$

In der Gruppe nMM20 wurde auch eine Analyse der Fahrtzeitverlängerung in die nächstmögliche Klinik mit erreichter Mindestmenge vorgenommen. Hier ergab sich einer Fahrtzeitverlängerung um 20,0 min (95,2%) auf 41,0 min. Die durchschnittliche Fahrtzeit bei MM20 würde 36,9 min betragen.

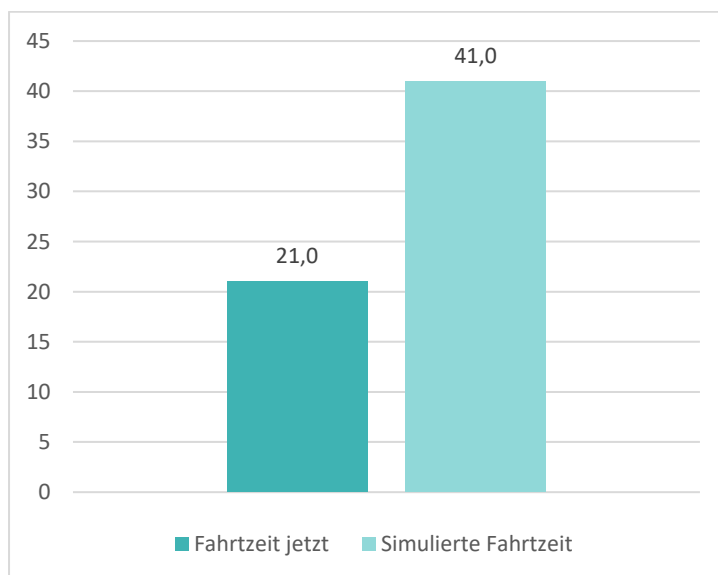


Abbildung 19: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 20 (nMM20) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=75



Die Follow-up Zeit der Gruppe eMM20 lag im Mittel bei 3,9 Jahren (95%-KI: 3,7-4,0) und im Median bei 4,1 Jahren (95%-KI: 3,9-4,3). In der Gruppe nMM20 war die Follow-up Zeit im Mittel bei 3,9 Jahren (95%-KI: 3,3-4,5) und im Median bei 3,7 Jahren (95%-KI: 2,7-4,7).

Das Langzeitüberleben (s. Abbildung 20) in der Gruppe eMM20 war im Median bei 4,6 Jahren (95% KI: 4,1-5,1). Das 1-Jahres-Überleben lag bei 88,7% und das 3-Jahres-Überleben 67,6%. Von 604 Patienten sind 253 verstorben.

Signifikant kürzer (HR 0,595; 95%-KI: 0,428-0,826;  $p=0,002$ ) war das Überleben in der Gruppe nMM20 mit 2,8 Jahren im Median (95%-KI: 2,1-3,4). Die 1-Jahres-Überlebensrate betrug 77,4% und die 3-Jahres-Überlebensrate 44,4%. Von 75 Patienten sind 42 verstorben.

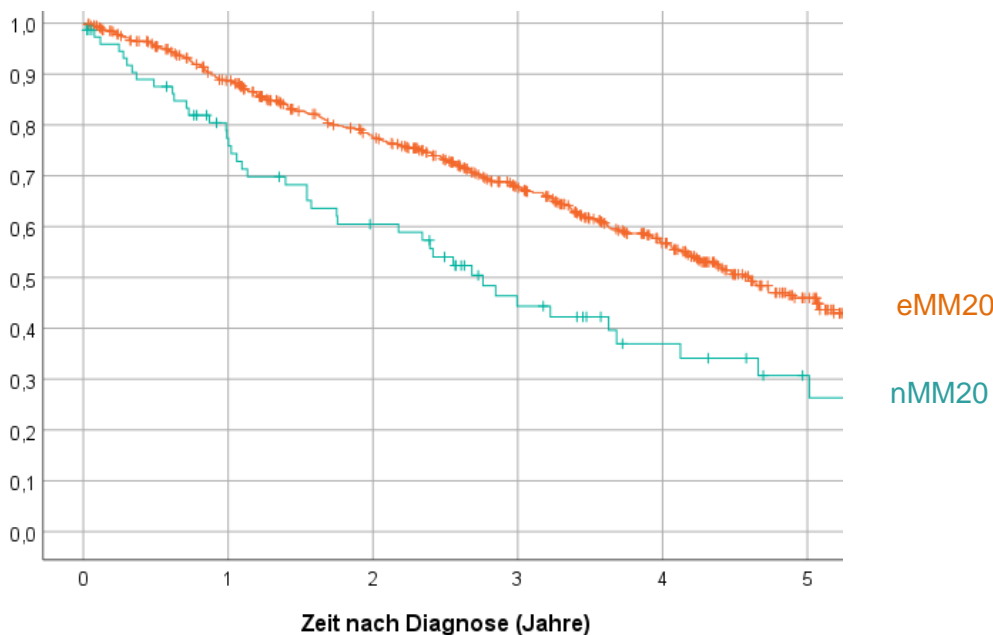


Abbildung 20: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 20 (nMM20),  $n=679$ ,  $p=0,005$

In der multivariablen Cox-Regression konnten ein höheres Diagnosealter, ein höheres Tumorstadium und Begleiterkrankungen als unabhängige Risikofaktoren für ein früheres Versterben ermittelt werden (HR: 0,619; 95%-KI: 0,444-0,864;  $p=0,005$ ).

### 3.3.4 Mindestmenge n=40 Operationen/Jahr (MM40)

Zusätzlich zu den 75 Patienten in Gruppe nMM20 waren hier 180 (23,1%) weitere Patienten von einer Mindestmenge von 40 Operationen pro Jahr betroffen. Die grundlegenden Patientencharakteristika waren nicht signifikant unterschiedlich verteilt (s. Tab. 15).

*Tabelle 15: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder nicht erreichter Mindestmenge 40 (nMM40)*

Patientencharakteristika	eMM40	nMM40	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	454 (66,9%)	255 (33,1%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	65,8 +/- 8,9	66,3 +/- 8,3	p=0,420
Weiblich (%)	33,5%	35,6%	p=0,591
Raucher (%)	68,0% (25,4% kA)	72,0% (24,9% kA)	p=0,153
Vorerkrankungen (%)	63,0% (5,9% kA)	71,6% (4,4% kA)	p=0,086
NSCLC (%)	96,5%	97,3%	p=0,552

Die Stadienverteilung war vergleichbar (s. Tab. 16). Es gab nur signifikant mehr Patienten in Gruppe nMM40 ohne Angabe eines Stadiums (p<0,001).

*Tabelle 16: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p<0,001 für kA*

Stadium	eMM40	nMM40
I	199 (44,8%)	87 (38,7%)
II	113 (24,9%)	58 (25,8%)
III	112 (24,7%)	55 (24,4%)
IV	29 (6,4%)	16 (7,1%)
kA	1 (0,2%)	9 (4,0%)

In Abbildung 21 wird die Fahrtzeit von MM40 dargestellt. In Gruppe eMM40 betrug die mittlere Fahrtzeit 40,4 min (Median: 38,0 min). In Gruppe nMM40 war die Fahrtzeit signifikant kürzer (p<0,001) mit 23,0 min (Median: 22,0 min).

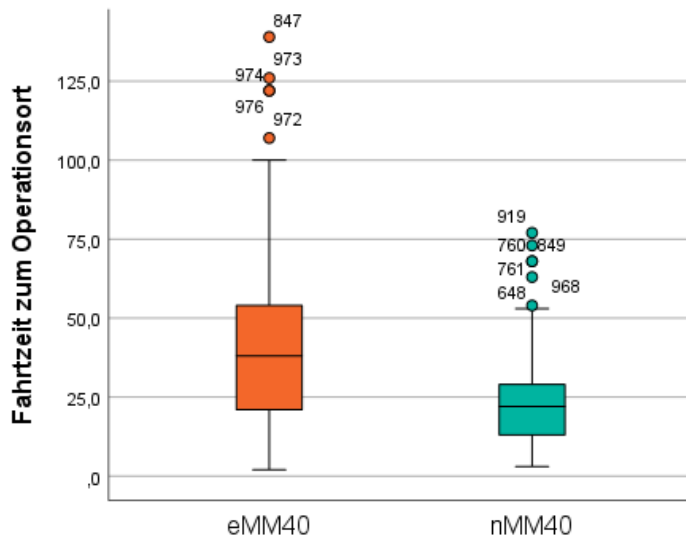


Abbildung 21: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder nicht erreichter Mindestmenge 40 (nMM40),  $n=679$ ,  $p<0,001$

In der Gruppe nMM40 wurde die Fahrtzeit in eine Klinik mit erfüllter Mindestmenge simuliert. Die Patienten müssten 34,0 min länger in den nächstmöglichen Operationsort fahren. Dies entspricht einer Fahrtzeitverlängerung von 148%.

Die durchschnittliche Fahrtzeit bei MM40 würde 48,4 min betragen.

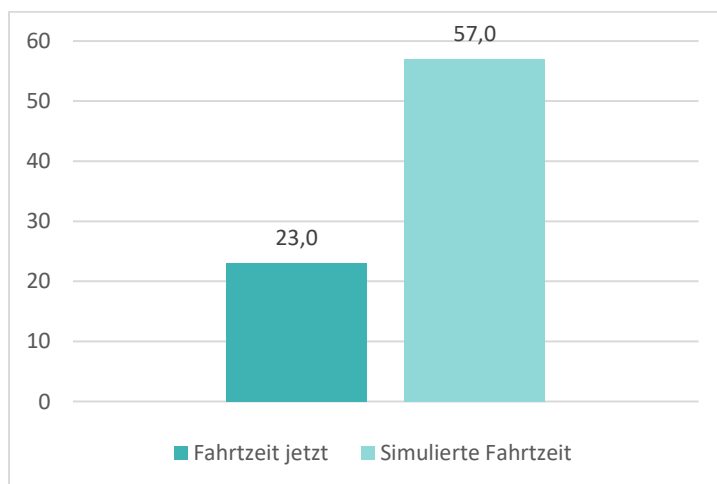


Abbildung 22: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 40 (nMM40) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit),  $n=255$

Die Follow-up Zeit in Gruppe eMM40 lag im Mittel bei 4,0 Jahren (95%-KI: 3,8-4,2) und im Median bei 4,2 Jahren (95%-KI: 4,0-4,4). In Gruppe nMM40 lag die mittlere Follow-up Zeit bei 3,5 Jahren (95%-KI: 3,2-3,8) und im Median bei 3,6 Jahren (95%-KI: 3,1-4,1).

Das Langzeitüberleben (s. Abbildung 23) in Gruppe eMM40 war im Median 4,7 Jahre (95% KI: 4,2-5,3). Das 1-Jahres-Überleben lag bei 89,4% und das 3-Jahres-Überleben bei 67,6%. Von 454 Patienten sind 189 verstorben.

In Gruppe nMM40 war das Überleben im Median bei 3,6 Jahre (95% KI: 3,1-4,2). Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 83,4% und die 3-Jahres-Überlebensrate bei 59,7%. Von 225 Patienten sind 106 verstorben.

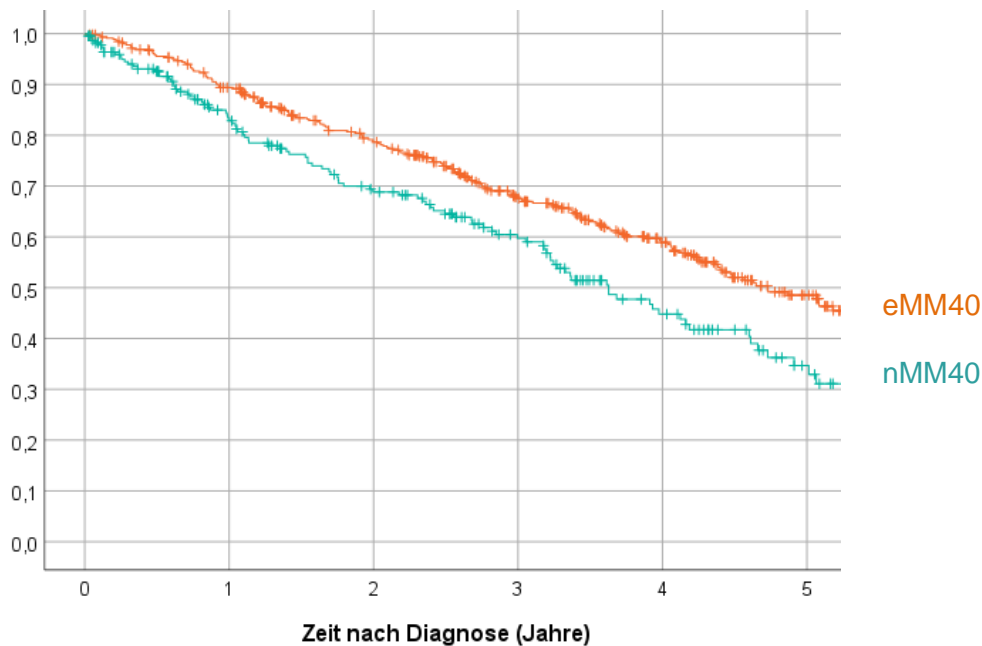


Abbildung 23: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 40 (nMM40), n=679, p=0,002

Bei Behandlung im Zentrum war die Wahrscheinlichkeit zu Versterben um 32,9% geringer (univariable Cox-Regression: HR=0,681; 95%-KI: 0,536-0,864; p=0,002). Die multivariable Cox-Regression ergab auch einen deutlichen Vorteil der Kliniken mit erreichter Mindestmenge (HR=0,695; 95%-KI: 0,543-0,889; p=0,004). Ein höheres Diagnosealter, höheres Stadium und Begleiterkrankungen zeigten sich als unabhängige Risikofaktoren für ein früheres Versterben.

### 3.3.5 Mindestmenge n=75 Operationen/Jahr (MM75)

In dieser Gruppe MM75 waren also nur noch die Kliniken eingeschlossen, die eine für eine Zertifizierung als Lungenkrebszentrum (DKG) ausreichende Mindestmenge erreicht haben. Davon war in unserem Kollektiv jedoch nur ein weiterer Patient betroffen. Der Vollständigkeit halber wird trotzdem auch diese Gruppe dargestellt.

Die grundlegenden Patientencharakteristika waren unauffällig (s. Tab. 17).

*Tabelle 17: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75)*

Patientencharakteristika	eMM75	nMM75	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	453 (66,8%)	256 (33,2%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	65,7 +/- 8,9	66,4 +/- 8,3	p=0,359
Weiblich (%)	33,6%	35,4%	p=0,633
Raucher (%)	68,1% (25,2% kA)	64,6% (25,2% kA)	p=0,155
Vorerkrankungen (%)	63,1% (6,0% kA)	71,2% (4,4% kA)	p=0,110
NSCLC (%)	96,5%	97,3%	p=0,543

Die Stadienverteilung (s. Tab 18) war vergleichbar. In der Gruppe nMM75 gab es 10 Patienten ohne Angabe eines Stadiums, bei eMM75 war bei allen Patienten ein Stadium angegeben.

*Tabelle 18: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75), n=679*

Stadium	eMM75	nMM75
I	199 (43,9%)	87 (38,5%)
II	113 (24,9%)	58 (25,7%)
III	112 (24,7%)	55 (24,3%)
IV	29 (6,4%)	16 (7,1%)
kA	0 (0,0%)	10 (4,4%)

Die Fahrtzeiten werden in Abbildung 24 dargestellt. In Gruppe eMM75 lag die mittlere Fahrtzeit bei 40,4 min (Median: 38,0 min). Signifikant kürzer (p<0,001) war die Fahrtzeit in Gruppe nMM75 mit 23,1 (Median: 22,0 min).

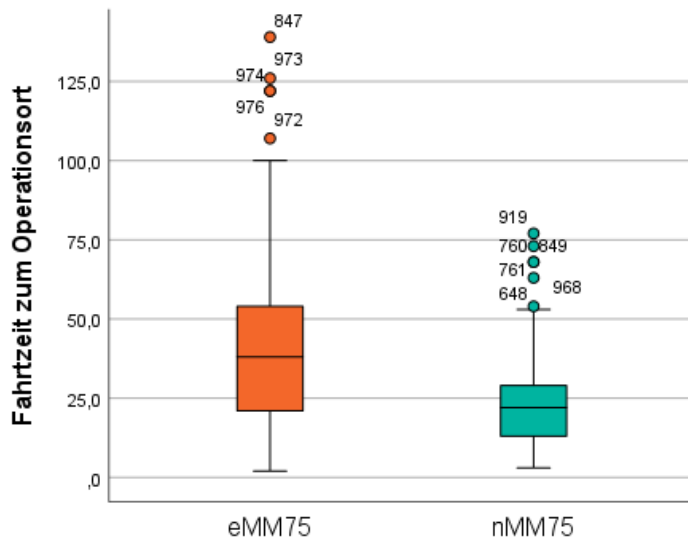


Abbildung 24: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75),  $n=679$ ,  $p<0,001$

In der Simulation der Fahrtzeitänderung zeigte sich keine Änderung zu MM40. Auch hier verlängerte sich die Fahrtzeit um durchschnittlich 34,0 min auf durchschnittlich 57,1 min. Dies entspricht einer Fahrtzeitverlängerung von 148%. Die durchschnittliche Fahrtzeit würde bei MM75 bei 48,5 min betragen.

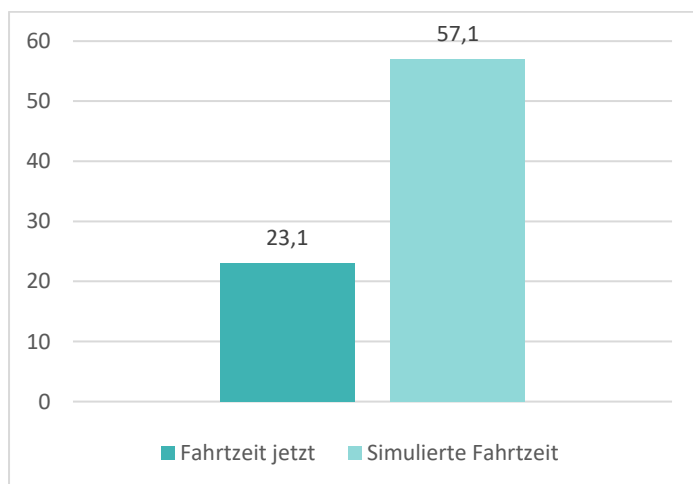


Abbildung 25: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 (nMM75) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit),  $n=255$

In Gruppe eMM75 lag die mittlere Follow-up Zeit bei 4,0 Jahren (95%-KI: 3,8-4,2) und im Median bei 4,2 Jahren (95%-KI: 4,0-4,4). Die Follow-up Zeit lag in Gruppe nMM75 im Mittel bei 3,5 Jahren (95%-KI: 3,2-3,8) und im Median bei 3,6 Jahren (95%-KI: 3,1-4,1).

Das Überleben ist in Abbildung 26 dargestellt. Die Gruppe eMM75 zeigte auch ein medianes Überleben von 4,7 Jahren (95% KI: 4,2-5,3). Das 1-Jahres-Überleben lag bei 89,4% und das 3-Jahres-Überleben bei 67,8%. Von 453 Patienten sind 188 verstorben.

Gruppe nMM75 hatte ein medianes Überleben von 3,6 Jahren (95% KI: 3,1-4,2). Die 1-Jahres-Überlebensrate lag bei 83,5% und die 3-Jahres-Überlebensrate bei 59,2%. Von 226 Patienten sind 107 verstorben.

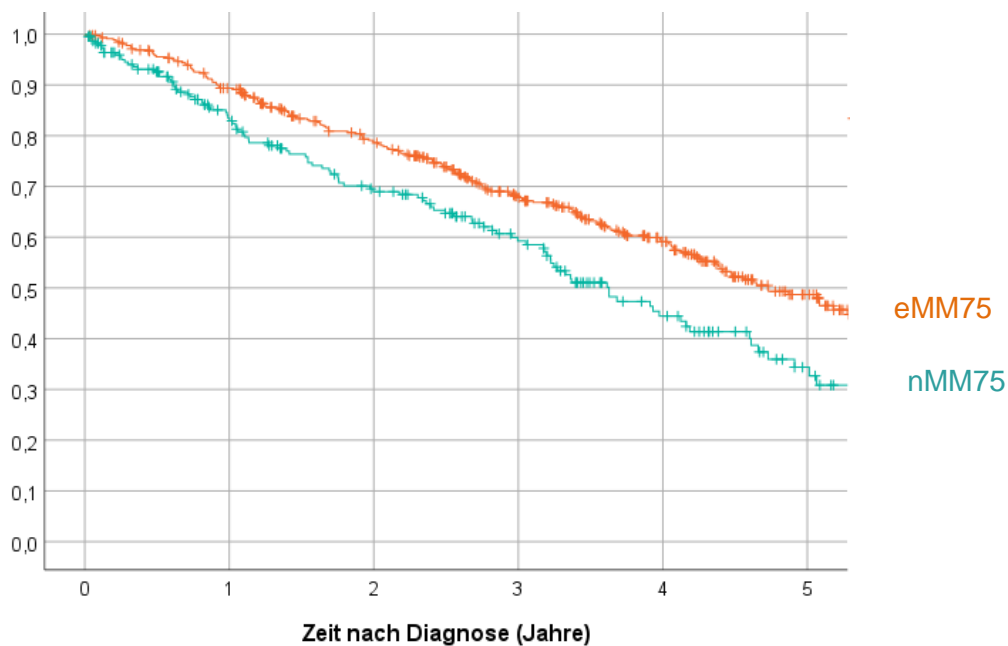


Abbildung 26: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 (nMM75), n=679, p=0,001

Die univariable Cox-Regression ergab ein 32,5% höhere Wahrscheinlichkeit zu Versterben bei Behandlung in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge (HR=0,675; 95%-KI: 0,532-0,857; p=0,001). Nach Confounder Adjustierung mittels multivariabler Cox-Regression konnte die Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge als unabhängiger Prognosefaktor für ein besseres Überleben ermittelt werden (HR=0,696; 95%-KI: 0,544-0,892; p=0,004). Ein höheres Diagnosealter, Begleiterkrankungen und ein höheres Tumorstadium zeigten sich als unabhängige Risikofaktoren für ein schlechteres Überleben.

### 3.3.6 Mindestmenge n=75 Operationen/Jahr mit Umverteilungsmechanismus (MM75A)

Da in unserem betrachteten Gebiet die Krankenhäuser mit erreichter Mindestmenge von 75 Operationen nur wenige Kilometer voneinander entfernt sind, simulieren wir zusätzlich ein Szenario, in welchem ein weiterer Standort durch Umverteilungsmechanismen eine Mindestmenge von 75 erreicht.

In dieser Simulation sind n=99 (10,3%) weniger Patienten von der Mindestmengenregelung betroffen als bei MM75. Die allgemeinen Patientencharakteristika (s. Tab. 19) sind zwischen Gruppe eMM75A und nMM75A nicht auffällig verteilt.

*Tabelle 19: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A)*

Patientencharakteristika	eMM75A	nMM75A	Signifikanz
Patientenverteilung (n=679)	523 (77,0%)	156 (23,0%)	
Diagnosealter (Mittelwert in Jahren)	65,8 +/- 8,8	66,5 +/- 8,6	p=0,416
Weiblich (%)	35,2%	30,8%	p=0,308
Raucher (%)	68,6% (25,3% kA)	71,8% (25,0% kA)	p=0,356
Vorerkrankungen (%)	63,9% (5,9% kA)	72,4% (3,8% kA)	p=0,131
NSCLC (%)	96,6%	97,4%	p=0,587

Auch die Stadienverteilung ist vergleichbar mit MM75 (s. Tab. 20). Es gibt signifikant mehr ( $p < 0,001$ ) Stadium I in Gruppe eMM75A sowie signifikant mehr ohne Angabe eines Stadiums in Gruppe nMM75A.

*Tabelle 20: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen die Mindestmenge 75 erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A), n=679,  $p < 0,001$  für Stadium I*

Stadium	eMM75A	nMM75A
I	241 (46,1%)	45 (28,8%)
II	128 (24,5%)	43 (27,6%)
III	121 (23,1%)	46 (29,5%)
IV	30 (5,7%)	15 (9,6%)
kA	3 (0,6%)	7 (4,5%)



In Abbildung 27 wird die Fahrtzeit von MM75A dargestellt. In Gruppe eMM75A war die durchschnittliche Fahrtzeit bei 38,6 min (Median: 36,0 min). Gruppe nMM75A hatte eine signifikant ( $p < 0,001$ ) kürzere Fahrtzeit mit 21,6 min (Median: 21,0 min).

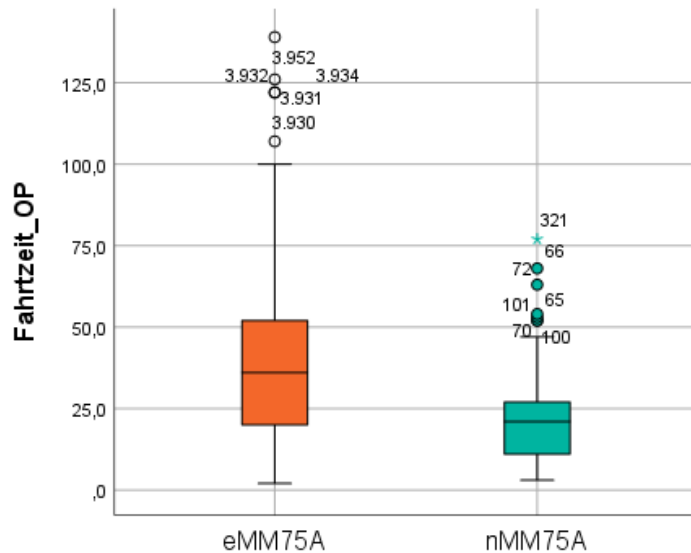


Abbildung 27: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A),  $n=679$ ,  $p < 0,001$

In der Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Gruppe nMM75A zeigte sich eine Fahrtzeitverlängerung von 21,6 min auf 41,6 min. Dies entspricht einer Fahrtzeitverlängerung von 90,9%. Die durchschnittliche Fahrtzeit würde bei MM75A 39,3 min betragen.

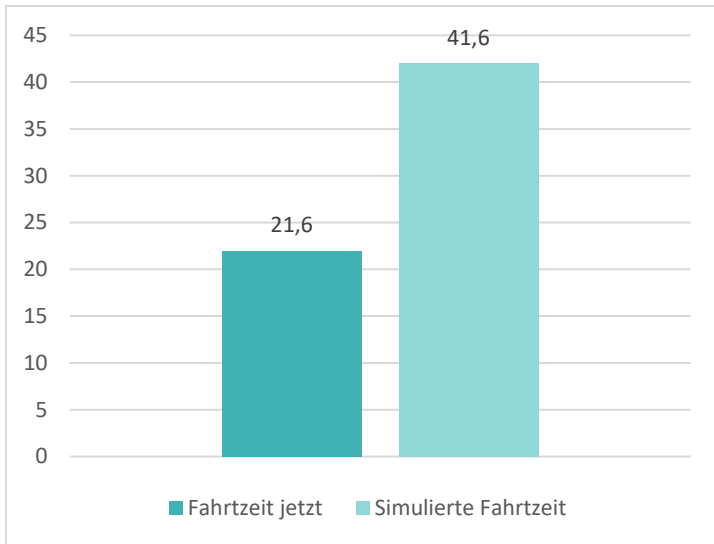


Abbildung 28: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 abzüglich Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (nMM75A) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=156

## 4 Diskussion

Die eingeführte Mindestmengenregelung führt zu einer längeren Fahrtzeit zum Behandlungsort, d.h. zu einer erhöhten Fahrtzeitbelastung für den Patienten. Es wurde untersucht, ob eine höhere Fahrtzeitbelastung negative Auswirkung auf die Patienten hat und wie sich die Einführung der Mindestmenge auf ein Flächenland auswirkt. Die Ergebnisse sollen im Nachfolgenden diskutiert werden.

### 4.1 Fahrtzeitbelastung

Ein systematisches Review von 2016 untersuchte ob unterschiedliche Fahrtzeiten bei Erwachsenen des globalen Nordens (wie Nordamerika und Westeuropa) einen Einfluss auf das Outcome haben. 77% der Studien zeigten hierbei einen Zusammenhang zwischen weiten Fahrtwegen und schlechterem Outcome. Dieses Review war jedoch nicht beschränkt auf Krebspatienten, sondern inkludierte jegliche Art von Versorgung in einem Krankenhaus [23].

In einer Studie der Universität Ulm aus dem Jahr 2021 wurde der Einfluss der Anfahrtsbelastung auf Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren untersucht, welche im dortigen Kopf-Hals-Zentrum behandelt wurden. Hier konnte kein Zusammenhang zwischen Höhe des UICC-Stadiums und Anfahrtsstrecke festgestellt werden. Auch gab es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Anfahrtsstrecke und Overall Survival. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass Anfahrtsstrecke nicht mit Anfahrtsbelastung gleichzusetzen sei, da diese auch mit soziodemografischen, monetären und krankheitsspezifischen Aspekten sowie einem Zugang zu einer angemessenen Infrastruktur des Verkehrs- und Gesundheitswesens zusammenhänge [24].

Eine Studie aus Dänemark hat festgestellt, dass bei schwer zu diagnostizierenden Krebsarten (wie Lungenkarzinom oder Ovarialkarzinom) eine längere Fahrtzeit mit niedrigeren Tumorstadien bei Diagnose assoziiert ist, während bei leicht zu diagnostizierenden Krebsarten (wie Rektumkarzinom und Malignes Melanom) längere Fahrtzeit mit höheren Tumorstadien assoziiert waren. Ein eindeutig positive oder negative Auswirkung der längeren Fahrtzeit konnte hier somit nicht festgestellt werden [25].

Das Kollektiv der vorliegenden Untersuchung besteht aus Patienten aus der Oberpfalz und Niederbayern, welche zwischen 2015 und 2018 eine primäre operative Versorgung eines Lungenkarzinoms erhalten haben. Wir haben untersucht, ob ein

Zusammenhang zwischen Fahrtzeit zum Operationsort und Stadienverteilung, d.h. Diagnosezeitpunkt oder zwischen Fahrtzeit zum Operationsort und Outcome besteht. Danach haben wir die Krankenhauswahl des Patienten in Abhängigkeit der Fahrtzeit betrachtet.

In der ersten Analyse haben wir eine Stratifizierung nach Fahrtzeiten durchgeführt und drei Gruppen eingeteilt: Gruppe I mit kurzer (bis 20 min), Gruppe II mit mittellanger (21-40 min) und Gruppe III mit langer (>40 min) Fahrtzeit. In unserem Kollektiv konnte abhängig der Fahrtzeit zum Operationsort kein signifikanter Unterschied ( $p=0,354$ ) der Stadienverteilung festgestellt werden. Außerdem konnte kein signifikanter Überlebensvorteil einer der Gruppen erkannt werden ( $p=0,622$ ).

Ein deutlicher Unterschied zeigte sich jedoch in der Zielortverteilung. Patienten mit langer Fahrtzeit (Gruppe III) ließen sich zu 89,2% in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) operieren, während es bei Patienten mit kurzer und mittlerer Fahrtzeit nur 53,1% bzw. 54,6% waren. Bei Behandlung im LKZ war dieses nur zu 27,5% der nächstmögliche Behandlungsort (d.h. kürzeste Fahrtzeit für den Patienten), bei Behandlung im Nicht-Zentrum (nLKZ) signifikant häufiger ( $p<0,001$ ) mit 67,7%. Besonders deutlich war in Gruppe III, dass das LKZ nur in 1,7% der Fälle der nächstmögliche Behandlungsort war. Das legt nahe, dass Patienten für eine höhere Behandlungsqualität bereit sind, auch längere Fahrwege auf sich zu nehmen.

Gerade Patienten mit kurzer Fahrtzeit und ohne Zentrumsbehandlung hätten einen deutlich längeren Weg in ein zertifiziertes Zentrum gehabt. So hätten die Patienten aus Gruppe I statt 12 min Fahrtzeit in ein nLKZ 54 min in ein LKZ gebraucht. Das entspricht einer Fahrtzeitverlängerung von 350%.

Ein Literaturreview aus dem Jahr 2019 hat untersucht, ob die Entfernung zum Behandlungsort eine Barriere zur Krebsbehandlung darstellt. Besonders für Patienten ohne ausreichendes soziales Umfeld ist eine lange Anfahrt schwierig, denn meistens werden die Fahrten zum Behandlungsort durch Familie und Freunde getragen. Das bewirkt nicht nur einen erhöhten zeitlichen Aufwand, sondern auch einen zusätzlichen Kostenfaktor. Gerade für sozioökonomisch benachteiligte Personen bedeutet das eine deutliche Belastung der bereits limitierten Ressourcen [26].

In unserer Analyse zeigte sich, dass das Überleben bei Behandlung im LKZ verlängert war. Gruppen I und II hatten ein signifikant besseres Überleben für Patienten mit Behandlung im LKZ (Gruppe I:  $p=0,029$ ; Gruppe II:  $p=0,009$ ). Auch die univariable Cox-Regression ergab einen Überlebensvorteil für Patienten mit Behandlung in einem im

Zentrum (Gruppe I: HR=0,629, 95%-KI: 0,414-0,957, p=0,030; Gruppe II: HR=0,593, 95%-KI: 0,399-0,881, p=0,010). Das bedeutet, dass sich zwar die Belastung durch die durchschnittlich längere Anreise ins LKZ erhöhen würde, das Langzeitüberleben im Mittel jedoch auch. Unsere Daten beziehen sich nur auf den Operationsort der Patienten; die Chemotherapie und Radiatio wurden teilweise wohnortnah durchgeführt. Nur in Gruppe III mit langer Fahrtzeit fand sich kein signifikanter Überlebensvorteil für das LKZ, wobei die HR weiterhin auf eine Tendenz zu besserem Überleben hinwies (Cox-Regression: HR: 0,629, 95%-KI: 0,347-1,139, p=0,126). Das könnte einerseits daran liegen, dass es in dieser Gruppe deutlich weniger Patienten ohne Zentrumsbehandlung gab (n(LKZ)=240 und n(nLKZ)=29) und deshalb der Effekt nicht deutlich abgebildet ist.

## 4.2 Mindestmengenregelung

Mit der vor kurzem eingeführten Mindestmengenregelung für die thoraxchirurgische Behandlung des Lungenkarzinoms (75 Operationen pro Jahr und Standort) müssen viele thoraxchirurgische Abteilungen mit großen Veränderungen rechnen, sei es durch vermehrtes Patientenaufkommen oder dadurch, dass die thoraxchirurgische Versorgung des Lungenkarzinoms nicht mehr durchgeführt werden darf.

Eine Auswirkung einer Mindestmenge für das Lungenkarzinom wurde in einem Flächenland bisher nicht untersucht. Unser Flächenland (Oberpfalz und Niederbayern) hat gesamt eine Fläche von gut 20.000 km<sup>2</sup> und bei knapp 2,4 Millionen Einwohnern eine Bevölkerungsdichte von ca. 118 Einwohner/km<sup>2</sup> [27,28]. In der Oberpfalz und Niederbayern gibt es aktuell zwei Lungenkrebszentren, welche sich beide in Regensburg befinden [18]. Das bedeutet, es gibt pro eine Millionen Einwohner weniger als ein (0,83) Lungenkrebszentrum. Das ist etwas mehr als in Gesamt-Bayern (0,60) und ähnlich groß wie in Baden-Württemberg (0,82)<sup>1</sup>.

In Mecklenburg-Vorpommern (MV) gibt es auf über 1,6 Millionen Einwohner kein Lungenkrebszentrum. Demgegenüber steht die benachbarte Hauptstadt: Berlin hat 3,7 Millionen Einwohner und 9 Lungenkrebszentren, das heißt pro Millionen Einwohner etwa 2,4 Lungenkrebszentren [18,29].

In dem Report zur Folgeabschätzung der Mindestmengen des Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTiG) wurde errechnet, wie viele Standorte bei verschiedenen Mindestmengen erhalten bleiben. Dabei wurden auch sekundäre Umverteilungsmechanismen berücksichtigt. Die Patientenumverteilung bei der gültigen Mindestmenge von 75 Operationen pro Jahr hätte zur Folge, dass durch Umverteilung weitere Standorte die Mindestmenge erreichen würden. So entstünden in MV zwei neue Standorte, welche an der thoraxchirurgischen Versorgung des Lungenkarzinoms teilnehmen würden [15].

Laut diesem Report würde jedoch in Oberpfalz und Niederbayern kein weiterer Standort die Mindestmenge erreichen. Die Versorgung des Gebietes müsste ausschließlich von Regensburg getragen werden, während die restlichen bisher möglichen Behandlungsorte von der Versorgung ausgeschlossen wären [15].

Der AOK-Bundesverband hat für das Jahr 2024 eine Transparenzliste und Transparenzkarte entworfen. Hier wird für die aktuell an der Versorgung teilnehmenden

---

<sup>1</sup> Zur Berechnung der Dichte der LKZ siehe Anhang

Kliniken eine Prognose abgegeben, ob die Mindestmenge erreicht wird. Es wurde für 2024 für das Lungenkarzinom die Übergangsregelung von 40 Operationen pro Jahr und Standort verwendet. In unserem Gebiet Oberpfalz und Niederbayern wurde neben den beiden Lungenkrebszentren auch für einen dritten Standort (Klinikum Passau) eine positive Prognose abgegeben. In MV gibt es für vier Standorte eine positive Prognose [32,33].

Durch Neuerung der Versorgungsstrukturen kommt es auch zu einer Veränderung der Anfahrtszeiten der Patienten. Es kann davon ausgegangen werden, dass in einer Stadt wie Berlin, in welcher, wie oben dargelegt, eine flächendeckende Versorgungssituation gewährleistet ist, der Mehraufwand der Patienten geringer ausfällt als in Flächenländern wie Oberpfalz und Niederbayern oder MV.

Der IQTiG Report hat sich mit Deutschland als Ganzes beschäftigt und somit nur die Fahrtzeitverlängerung im deutschlandweiten Mittel betrachtet. Bei der gültigen Mindestmenge von 75 Operationen pro Jahr und Standort soll es zu einem durchschnittlichen Mehraufwand von 10,0 min pro Patienten kommen. Die Fahrtzeit soll dann im Schnitt 33,0 min betragen [15].

Fraglich ist, ob dieser Mehraufwand sich auch auf unser Flächenland übertragen lässt. Abhängig von vier Gruppen mit ansteigenden Mindestmengen (10, 20, 40 und 75 Operationen pro Jahr und Standort) haben wir folgende Analysen durchgeführt: Wir haben jeweils in die Gruppen Operation in einem Behandlungsort mit erreichter Mindestmenge (eMM) und mit nicht erreichter Mindestmenge (nMM) geteilt. Die Gruppen wurden hinsichtlich allgemeiner Patientencharakteristika, Fahrtzeit zum Operationsort und Langzeitüberleben verglichen. Danach wurde die Fahrtzeit der Patienten ohne erreichte Mindestmenge zu dem nächsten Behandlungsort mit erreichter Mindestmenge simuliert.

In allen Gruppen zeigte sich ein Überlebensvorteil der Kliniken mit erreichter Mindestmenge. Am deutlichsten ist der Vorteil bei geringen Mindestmengen: In Gruppe MM10 (= Mindestmenge 10) ist es bei Behandlung in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge fast 50% wahrscheinlicher zu versterben (HR=0,507, 95%-KI: 0,338-0,759,  $p < 0,001$ ). Bei weiterer Erhöhung der Mindestmenge steigt die HR, der Vorteil bleibt aber auch bei MM75 noch eindeutig (HR=0,696, 95%-KI: 0,544-0,892,  $p = 0,004$ ). In allen Gruppen waren ein höheres Tumorstadium, ein höheres Diagnosealter und Vorerkrankungen unabhängige Risikofaktoren für ein kürzeres Überleben.

Daraufhin wurden eine Simulation durchgeführt, in welcher Patienten der Gruppen

nMM zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge umverteilt wurden. Danach wurde die Fahrtzeitverlängerung berechnet.

In Gruppe nMM10 (nMM10 = Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche unter 10 Operationen pro Jahr durchführt) verlängerte sich die Fahrtzeit von durchschnittlich 21,5 min auf 35,5 min, in Gruppe nMM20 von 21,0 min auf 41,0 min und in Gruppen nMM40 und nMM75 jeweils von 23,1 min auf 57,1 min. Mit steigender Mindestmenge steigt somit auch der Mehraufwand der Patienten deutlich mit zuletzt 34 min.

Die bisherige durchschnittliche Fahrtzeit des gesamten Kollektivs betrug 34,7 min. Bei der gültigen Mindestmenge von 75 pro Jahr wären sie 48,4 min zum Operationsort gefahren, das entspricht einem durchschnittlichen Mehraufwand von 13,7 Minuten. Gleichzeitig würde das 3-Jahresüberleben von 65,3% (Gesamtkollektiv) auf 67,8% (eMM75) steigen.

Die Ergebnisse des IQTiG Reports mit einer durchschnittlichen Fahrtzeit von 33,0 min und einem Mehraufwand von 10,0 min pro Patient lassen sich somit nicht auf unser Flächenland übertragen [15]. In Gruppe nMM75 waren n=255 (33,2%) der Patienten von der Mindestmenge betroffen. Das bedeutet, dass die restlichen 66,7% der Patienten bereits in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge operiert worden sind. Deutschlandweit wurden 2015 nur 57% der Lungenkrebspatienten in einer Klinik mit einer erreichten Mindestmenge von 75 operativ versorgt [34]. Das zeigt, dass obwohl der Anteil der Behandlung in einem zertifizierten Zentrum in unserem Kollektiv höher war als im BRD-Mittel, der durchschnittliche Mehraufwand um 37,0% höher und die Anfahrtszeit um 46,7% höher war als in den Prognosen des IQTiG Reports.

Der G-BA urteilt klar, dass die Wegstreckenverlängerung für die Patienten weder mit einem zusätzlichen Risiko noch mit eingeschränktem Zugang zur thoraxchirurgischen Versorgung einhergeht. Begründet wird dies mit der Planbarkeit des Ereignisses. Die Fahrtstreckenverlängerung sei im Vergleich zu der Zunahme an Behandlungsqualität unbedeutend [7].

Unsere Analysen zeigen zwar, dass die Behandlung in einem Zentrum mit höherem Volumen einen deutlichen Überlebensvorteil für die Patienten bietet, so kann jedoch eine Fahrtzeit von durchschnittlichen 48,4 min zum Operationsort zu höheren Einschränkungen der Erreichbarkeit der Behandlungsorte führen, als die vom IQTiG berechneten 33,0 min [15].

Außerdem muss Folgendes berücksichtigt werden: 33,2% der Patienten in unserem Kollektiv waren von der Mindestmenge betroffen, d.h. ca. ein Drittel der Patienten in



unserem Flächenland muss künftig von den großen thoraxchirurgischen Abteilungen mitversorgt werden. Die aktuellen Ressourcen der Zentren kann jedoch nicht unmittelbar so deutlich erhöht werden.

Da deshalb davon auszugehen ist, dass es durch die Mindestmengenregelung zu einer Patientenumverteilung kommt, haben wir eine weitere Simulation durchgeführt: Wir haben eine Klinik mit einer etablierten thoraxchirurgischen Abteilung zusätzlich eingeschlossen. Für diese Klinik gibt es bereits eine positive Prognose für das Jahr 2024 in der Transparenzliste der AOK [32]. Zusammen mit den Kliniken, welche die Mindestmenge von 75 erreichen bildet sich die Gruppe eMM75A. Die Auswirkung auf die Fahrtzeitverlängerung und das Überleben wurde daraufhin berechnet:

Es waren nur noch 156 Patienten (23,0%) von der Mindestmenge, d.h. 10,2% weniger als bei Mindestmenge 75. Die Fahrtzeit verlängerte sich von 21,6 min auf 41,6 min. Die durchschnittliche Fahrtzeit würde bei MM75 von 48,4 min auf 39,3 min bei Berücksichtigung der Umverteilungsmechanismen reduziert. Die Kliniken mit erreichter Mindestmenge (eMM75A) hatten ein verlängertes Überleben ( $p < 0,001$ ). Nach Confounder Adjustierung mittels multivariabler Cox-Regression konnte ermittelt werden, dass in Gruppe eMM75A die Wahrscheinlichkeit zu versterben 38,2% geringer war als in Gruppe nMM75A (HR=0,618, 95%-KI: 0,475-0,803,  $p < 0,001$ ). Das 3-Jahres-Überleben war mit 68,8% sogar höher als in Gruppe eMM75 (67,8%).

So konnte erreicht werden, dass die Fahrtzeitverlängerung geringer ausfällt und gleichzeitig das Überleben der Patienten deutlich verlängert wird. Die Dichte von behandelnden Kliniken würde in Oberpfalz und Niederbayern von 0,83 auf 1,25 pro Millionen Einwohner ansteigen.

Die thoraxchirurgische Behandlung des Lungenkarzinoms ist eine planbare Leistung, die wenige Termine, das heißt eine limitierte Anzahl an Anfahrten benötigt. Für eine deutlich verbesserte Behandlungsqualität scheint eine Fahrtzeit unter einer Stunde vertretbar, da die Fahrten frühzeitig organisiert werden können. Durch die Umverteilungsmechanismen könnte sich die Fahrtzeit im Laufe weiter reduzieren.

Wichtig zu berücksichtigen ist jedoch, dass bei allen Analysen vorausgesetzt wird, dass die Patienten Zugang zu einem Auto haben. Die simulierte Fahrtzeit von 39,4 Autominuten in Gruppe nMM75A ist nicht gleichzusetzen mit einer Fahrtzeit von 39,4 min mit den öffentlichen Verkehrsmitteln (= öffentlicher Personennahverkehr/ÖPNV). Gerade in ländlichen Gebieten, in welchen die meisten Patienten von einer Mindestmenge betroffen sind, bedeutet eine Anreise mit ÖPNV häufig eine deutliche

Reisezeitverlängerung. Für diese Patienten müssen praktikable, individuelle Lösungen gefunden werden.

Eine Option wäre eine stationäre Aufnahme am Tag vor der Operation. Dies würde es den Patienten ermöglichen, die potenziell lange Anreise tagsüber anzutreten, anstatt früh morgens. Vor dem Hintergrund, dass die AOK seit Jahren für eine Ausweitung der Mindestmengen wirbt, erscheint es sinnvoll, dass die Krankenkasse die Kosten für die Nacht für Patienten mit langer Anreise übernehmen [35].

### **4.3 Limitationen der Studie**

Bei der vorliegenden Studie gibt es Limitationen, welche bei der Interpretation und Diskussion der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Ein Problem retrospektiver Studien können Ungenauigkeiten und Lücken im Datensatz sein. Die Datenerhebung war abhängig von der Datenbank des Tumorzentrums, welches das zentrale klinische Krebsregister für Oberpfalz und Niederbayern ist. Gerade bei den peripheren Zentren war die Datenqualität schlecht, die Datenqualität der Onkologischen Zentren war gut und die der Lungenkrebszentren sehr gut. Das führte dazu, dass vor allem in kleinen Häusern in einigen Fällen der Operationsort nicht eruierbar war, häufig Risikofaktoren wie das Rauchverhalten und Vorerkrankungen nicht erfasst waren. Das führt zu einem Bias gegenüber den peripheren Zentren.

Ein größeres Kollektiv war wegen des Umstiegs auf den onkologischen Basisdatensatz nicht möglich. Der Basisdatensatz ist deutlich weniger ausführlich, so enthält er zum Beispiel keine Nebenerkrankungen, weshalb eine Risikoadjustierung nicht mehr möglich ist.

Eine weitere Limitation war die räumliche Nähe der Lungenkrebszentren in unserer Flächenregion. Somit war die Fahrtzeit in die Zentren jeweils ähnlich. Eine andere Verteilung der Lungenkrebszentren in der Region würde wahrscheinlich zu kürzeren durchschnittlichen Fahrtzeiten führen.

## 5 Zusammenfassung

Die Festlegung von Mindestmengen in Deutschland dient der Sicherstellung der Behandlungsqualität (§ 136b SGB V). Auch für die thoraxchirurgische Behandlung des Lungenkarzinoms wurde eine Mindestmenge festgelegt, welche nach einer Übergangsregelung für das Jahr 2023 ab 2024 angewendet wird.

Um festzustellen welche Auswirkung die Mindestmenge auf die Anfahrtszeiten zum Operationsort für Patienten in einem Flächenland hat, wurde in Zusammenarbeit mit dem lokalen klinischen Krebsregisters eine retrospektive Kohortenstudie durchgeführt. Es wurden Daten von n=3952 Patienten mit Erstdiagnose Lungenkarzinom in den Jahren 2015-2018 erhoben, aus welchen n=679 Patienten mit primärer operativer Therapie ausgewählt wurden.

Zunächst wurde festgestellt, dass die Klinikwahl des Patienten von der Fahrtzeit abhängt: Patienten mit langer Fahrtzeit wurden eher in einem Lungenkrebszentrum operiert, Patienten mit kurzer Fahrtzeit wählten oft die heimatnahe Behandlung in einem nicht zertifizierten Zentrum. Das Überleben war unabhängig von der Fahrtzeit.

Es wurde die Auswirkung unterschiedlich großer Mindestmengen (10, 20, 40, 75) auf die Fahrtzeiten der Patienten untersucht. Es wurden die Patienten mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Menge (eMM) mit den Patienten verglichen, die in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge (nMM) operiert wurden. Bei allen Mindestmenge zeigt die Gruppe eMM ein signifikant verlängertes Überleben.

Anschließend wurde eine Simulation durchgeführt, in welcher die Patienten der Gruppe nMM in die nächstmögliche Klinik mit erreichter Mindestmenge geschickt wurden. Der Mehraufwand der Patienten stieg mit ansteigender Mindestmenge deutlich und betrug zuletzt 34,0 min (57,0 min Fahrtzeit anstatt 23,0 min). Die durchschnittliche Gesamtfahrtzeit der Patienten betrug bei Anwendung der Mindestmenge 48,4 min.

In einer weiteren Simulation, in welcher angenommen wurde, dass eine weitere Klinik durch Umverteilungsmechanismen weiter an der Versorgung teilnehmen darf, zeigte sich weiter ein deutlich verlängertes Überleben, jedoch nur noch eine Gesamtfahrtzeit von 39,3 min.

Hier zeigt sich, dass selbst bei einer moderaten Fahrtzeitverlängerung von nur 13,7 min aufgrund der erhöhten Expertise ein Anstieg des 3-Jahres-Überlebens um 17,6% zu verzeichnen ist. Dies unterstreicht den deutlichen Nutzen der längeren Fahrtzeit.

Für Patienten mit Zugang zu einem Auto scheint eine Fahrtzeit unter einer Stunde

aufgrund des deutlich verlängerten Überlebens vertretbar. Jedoch müssen für Patienten mit sehr langer Fahrtzeit oder ohne Zugang zu einem Auto praktikable Lösungen gefunden werden, damit der Zugang zur Versorgung nicht erschwert wird.

# 6 Anhang

## 6.1 Charlson Komorbiditäts-Index [36]

Tabelle 21: Charlson-Komorbiditäts-Index

Erkrankung	Bewertung	Punkte
Herzinfarkt <sup>2</sup>	1	
Herzinsuffizienz <sup>3</sup>	1	
periphere arterielle Verschlusskrankheit <sup>4</sup>	1	
cerebrovaskuläre Erkrankungen <sup>5</sup>	1	
Demenz <sup>6</sup>	1	
Chronische Lungenerkrankung <sup>7</sup>	1	
Kollagenose <sup>8</sup>	1	
Ulkuskrankheit <sup>9</sup>	1	
Leichte Lebererkrankung <sup>10</sup>	1	
Diabetes mellitus (ohne Endorganschäden) <sup>11</sup>	1	
Hemiplegie	2	
Mäßig schwere und schwere Nierenerkrankung <sup>12</sup>	2	
Diabetes mellitus mit Endorganschäden <sup>13</sup>	2	
Tumorerkrankung <sup>14</sup>	2	
Leukämie <sup>15</sup>	2	
Lymphom <sup>16</sup>	2	
Mäßig schwere und schwere Lebererkrankung <sup>17</sup>	3	
Metastasierter solider Tumor	6	
AIDS	6	

- 
- <sup>2</sup> Patienten mit Hospitalisierung wegen elektrokardiographisch und/oder enzymatisch nachgewiesenem Herzinfarkt
- <sup>3</sup> Patienten mit nächtlicher oder durch Anstrengung induzierte Dyspnoe mit Besserung der Symptomatik unter Therapie
- <sup>4</sup> Patienten mit claudicatio intermittens, nach peripherer Bypass-Versorgung, mit akutem arteriellem Verschuß oder Gangrän sowie nicht versorgtem abdominellen oder thorakalen Aortenaneurysma >6cm
- <sup>5</sup> Patienten mit TIA oder Apoplex ohne schwerwiegenden Residuen
- <sup>6</sup> Patienten mit chronischem kognitiven Defizit
- <sup>7</sup> Patienten mit pulmonal bedingter Dyspnoe bei leichter oder mäßig schwerer Belastung ohne Therapie oder Patienten mit anfallsweiser Dyspnoe (Asthma)
- <sup>8</sup> Polymyalgia rheumatica, Lupus erythematodes, schwere rheumatoide Arthritis, Polymyositis
- <sup>9</sup> Patienten die bereits einmal wegen Ulcera behandelt wurden
- <sup>10</sup> Leberzirrhose ohne portale Hypertonie
- <sup>11</sup> Patienten mit Diabetes mellitus und medikamentöser Therapie
- <sup>12</sup> Dialysepflichtigkeit oder Kreatinin >3mg/dl
- <sup>13</sup> oder zurückliegender Krankenhausaufnahmen wegen hyperosmolarem Koma oder Ketoazidose
- <sup>14</sup> Sämtliche solide Tumore ohne Metastasennachweis innerhalb der letzten fünf Jahre
- <sup>15</sup> Akute und chronische Leukosen
- <sup>16</sup> Hodgkin und Non-Hodgkin-Lymphome, multiples Myelom
- <sup>17</sup> Leberzirrhose mit portaler Hypertonie ohne stattgehabte Blutung und Patienten mit Varizenblutung in der Anamnese

## 6.2 Verteilung der Lungenkrebszentren in den Bundesländern

Tabelle 22: Anzahl der Lungenkrebszentren (LKZ) pro Bundesland, Einwohner der Bundesländer in Millionen und Dichteverteilung der Lungenkrebszentren

Bundesland	LKZ/1 Mio Einwohner	Anzahl LKZ [18]	Einwohner (in Mio) [29]
Hamburg	0	0	1,9
Mecklenburg-Vorpommern	0	0	1,6
Brandenburg	0,42	1	2,5
Sachsen	0,49	2	4,1
Bayern	0,60	8	13,2
Schleswig-Holstein	0,70	2	2,9
Rheinland-Pfalz	0,73	3	4,1
Niedersachsen	0,75	6	8,0
Baden-Württemberg	0,81	9	11,1
Hessen	1,23	8	6,3
Sachsen-Anhalt	1,36	3	2,2
Bremen	1,43	1	0,7
Thüringen	1,43	3	2,1
Nordrhein-Westfalen	1,45	26	17,9
Saarland	2,0	2	1,0
Berlin	2,4	9	3,7

## 7 Literaturverzeichnis

1. Gemeinsamer Bundesausschuss. Wer wir sind. <https://www.g-ba.de/ueber-den-gba/wer-wir-sind/> (accessed 13. Mai 2023).
2. Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinien. <https://www.g-ba.de/richtlinien/> (accessed 29. Mai 2023).
3. Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen. Aufgaben und Ziele des IQWiG. <https://www.iqwig.de/ueber-uns/aufgaben-und-ziele/> (accessed 29. Mai 2023).
4. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitssystem. Über uns. <https://iqtig.org/> (accessed 29. Mai 2023).
5. Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. Krebs in Deutschland für 2019/2020; 2023. [https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs\\_in\\_Deutschland/krebs\\_in\\_deutschland\\_2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/krebs_in_deutschland_2023.pdf?__blob=publicationFile) (accessed 16.01.24).
6. AWMF online. Prävention, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Lungenkarzinoms. Leitlinienprogramm Onkologie; 2022. [https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-007OLI\\_S3\\_Praevention-Diagnostik-Therapie-Nachsorge-Lungenkarzinom\\_2022-12.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/020-007OLI_S3_Praevention-Diagnostik-Therapie-Nachsorge-Lungenkarzinom_2022-12.pdf) (accessed 09. April 2023).
7. Gemeinsamer Bundesausschuss. Tragende Gründe zum Beschlussentwurf des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Änderung der Regelungen gemäß § 136b Absatz 1 Nummer 2 SGB V für nach § 108 zugelassene Krankenhäuser (Mindestmengenregelungen – Mm-R): Ergänzung um eine Nummer 10 der Anlage; 2021. [https://www.g-ba.de/downloads/40-268-8347/2021-12-16\\_Mm-R\\_Lungenkarzinom-Thoraxchirurgie\\_TrG.pdf](https://www.g-ba.de/downloads/40-268-8347/2021-12-16_Mm-R_Lungenkarzinom-Thoraxchirurgie_TrG.pdf) (accessed 02. Februar 2023).
8. Hölscher AH, Metzger R, Brabender J, Vallböhrer D, Bollschweiler E. High-volume centers--effect of case load on outcome in cancer surgery. *Onkologie* 2004;27:412–416.
9. Amato L, Colais P, Davoli M, Ferroni E, Fusco D, Minozzi S, et al. Volumi di attività ed esiti delle cure: prove scientifiche dalla letteratura e dalle valutazioni empiriche in Italia. *Epidemiologia e prevenzione* 2013;37:1–100.



<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23851286/>.

10. Nimptsch U, Mansky T. Hospital volume and mortality for 25 types of inpatient treatment in German hospitals: observational study using complete national data from 2009 to 2014. *BMJ open* 2017;7:e016184. Epub 06. September 2017.
11. Hemscheider Mea. Mindestmengen im Krankenhaus - Bilanz und Neustart. 2019. [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/VV\\_Analyse\\_Mindestmengen\\_final.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/VV_Analyse_Mindestmengen_final.pdf).
12. Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen. Zusammenhang zwischen Leistungsmenge und Qualität des Behandlungsergebnisses bei der chirurgischen Behandlung des Lungenkarzinoms; 2019. [https://www.iqwig.de/download/v18-03\\_zusammenhang-leistungsmenge-und-qualitaet-beim-lungenkarzinom\\_rapid-report\\_v1-0.pdf](https://www.iqwig.de/download/v18-03_zusammenhang-leistungsmenge-und-qualitaet-beim-lungenkarzinom_rapid-report_v1-0.pdf) (accessed 02. Februar 2023).
13. Gemeinsamer Bundesausschuss. Mindestmengen für planbare medizinische Eingriffe: Leistungen mit Mindestmengen. <https://www.g-ba.de/themen/qualitaetssicherung/vorgaben-zur-qualitaetssicherung/vorgaben-mindestmengenregelungen/> (accessed 04.02,2024).
14. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. Operationen an Lunge und Bronchus (5-32...5-34); 2019. <https://www.dimdi.de/static/de/klas-sifikationen/ops/kode-suche/opshtml2019/block-5-32...5-34.htm> (accessed 14. April 2023).
15. Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitssystem. Folgenabschätzungen zu Mindestmengen. Chirurgische Behandlung des Bronchialkarzinoms (Thorax-Chirurgie bei Lungen-Ca); 2021. [https://iqtig.org/downloads/berichte/2021/IQTIG\\_Folgenabschaetzungen-Mm\\_Lunge\\_2021\\_10-01\\_barrierefrei.pdf](https://iqtig.org/downloads/berichte/2021/IQTIG_Folgenabschaetzungen-Mm_Lunge_2021_10-01_barrierefrei.pdf) (accessed 02. Februar 2023).
16. Gemeinsamer Bundesausschuss. Regelungen des Gemeinsamen Bundesausschuss gemäß § 136b Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 SGB V für nach § 108 SGB V zugelassene Krankenhäuser: (Mindestmengenregelung, Mm-R); 2022.
17. Deutsche Krebsgesellschaft. Das Zertifizierungsprogramm der Deutschen Krebsgesellschaft: Zertifizierung.
18. OncoMap. Auflistung aller Lungenkrebszentren; 2023.

<https://www.oncomap.de/centers?selectedOrgan=Lunge&selectedCert-type=DKG> (accessed 02. Februar 2023).

19. Deutsche Krebsgesellschaft. Erhebungsbogen für Lungenkrebszentren und Mesotheliomeinheiten der deutschen Krebsgesellschaft; 2022. [https://www.krebsgesellschaft.de/zertdokumente.html?file=files/dkg/deutsche-krebsgesellschaft/content/pdf/Zertifizierung/Erhebungs-und-Kennzahlenboegen/eb\\_lz-l1\\_220831.docx&cid=106399](https://www.krebsgesellschaft.de/zertdokumente.html?file=files/dkg/deutsche-krebsgesellschaft/content/pdf/Zertifizierung/Erhebungs-und-Kennzahlenboegen/eb_lz-l1_220831.docx&cid=106399) (accessed 05. Juni 2023).
20. OncoMap. Lungenkrebszentren: Kartenansicht. [https://www.oncomap.de/centers?selectedOrgans=\[Lunge\]&selectedCountries=\[Deutschland\]&selectedCert-types=\[DKG\]&showMap=2](https://www.oncomap.de/centers?selectedOrgans=[Lunge]&selectedCountries=[Deutschland]&selectedCert-types=[DKG]&showMap=2) (accessed 06. Juni 2023).
21. tomtom. Routing API and Extended Routing API: What is TomTom's Routing API?; 2022. <https://developer.tomtom.com/routing-api/documentation/product-information/introduction> (accessed 08. Oktober 2023).
22. Braun M, Kunkler J, Kellner F. Towards Sustainable Cities: Utilizing Floating Car Data to Support Location-Based Road Network Performance Measurements. *Sustainability* 2020;12:8145.
23. Kelly C, Hulme C, Farragher T, Clarke G. Are differences in travel time or distance to healthcare for adults in global north countries associated with an impact on health outcomes? A systematic review. *BMJ open* 2016;6:e013059. Epub 24. November 2016.
24. Vahl JM, Witzleben A von, Welke C, Doescher J, Theodoraki MN, Brand M, et al. Influence of travel burden on tumor classification and survival of head and neck cancer patients. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery* 2021;278:4535–4543. Epub 20. April 2021.
25. Virgilsen LF, Møller H, Vedsted P. Travel distance to cancer-diagnostic facilities and tumour stage. *Health & place* 2019;60:102208. Epub 15. Oktober 2019.
26. Ambroggi M, Biasini C, Del Giovane C, Fornari F, Cavanna L. Distance as a Barrier to Cancer Diagnosis and Treatment: Review of the Literature. *The oncologist* 2015;20:1378–1385. Epub 28. Oktober 2015.
27. Regierung Niederbayern. Strukturdaten 2022/23: Standort Niederbayern; 2022.

[https://www.regierung.niederbayern.bayern.de/mam/regierungsbe-zirkportraet/strukturdaten2022\\_2023.pdf](https://www.regierung.niederbayern.bayern.de/mam/regierungsbe-zirkportraet/strukturdaten2022_2023.pdf).

28. Regierung der Oberpfalz. Oberpfalz in Zahlen; 2019. [https://www.regierung.oberpfalz.bayern.de/mam/allgemein/statistik/oberpfalz\\_in\\_zahlen.pdf](https://www.regierung.oberpfalz.bayern.de/mam/allgemein/statistik/oberpfalz_in_zahlen.pdf) (accessed 07. Februar 2023).
29. Ben Mendelson. So viele Menschen leben aktuell in den 16 Bundesländern: Deutschland ist gemessen an der Bevölkerungszahl und dem BIP das größte Land in der EU. Doch wie viele Menschen leben in den 16 Bundesländern? Ein Überblick.; 2021. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/bevoelkerung-in-deutschland-so-viele-menschen-leben-aktuell-in-den-16-bundeslaendern/26635128.html> (accessed 31. März 2023).
30. Statistisches Bundesamt. Bevölkerung nach Nationalität und Bundesländern: Bevölkerungsstand. Bevölkerung am 31.12.2022 nach Nationalität und Bundesländern; 2023. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/bevoelkerung-nichtdeutsch-laender.html> (accessed 25. Februar 2024).
31. Mecklenburg-Vorpommern - Das Landesportal. Über das Land zum Leben: Daten und Fakten. <https://www.mecklenburg-vorpommern.de/ueber-das-land-zum-leben/daten-und-fakten> (accessed 07. Februar 2023).
32. AOK-Bundesverband. Mindestmengen-Transparenzliste 2024: Bundesweit; 2023. [file:///C:/Users/luisa/Downloads/mindestmengen-transparenzliste\\_2024.pdf](file:///C:/Users/luisa/Downloads/mindestmengen-transparenzliste_2024.pdf) (accessed 25. Februar 2024).
33. AOK-Bundesverband. Mindestmengen-Transparenzkarte 2024; 2024. <https://www.aok.de/pp/hintergrund/mindestmengen/mindestmengen-transparenzkarte-2024/> (accessed 10. Februar 2024).
34. Hoffmann H, Passlick B, Ukena D, Wesselmann S. Chirurgische Therapie des Lungenkarzinoms: Argumente für die Behandlung in großen Zentren. Zentralblatt für Chirurgie 2019;144:62–70. Epub 08. Januar 2019.
35. AOK-Bundesverband. Mindestmengen: Instrument für mehr Patientensicherheit; 2023. [https://www.aok-bv.de/engagement/mindestmengen/index\\_22788.html](https://www.aok-bv.de/engagement/mindestmengen/index_22788.html) (accessed 23. September 2023).
36. Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie e.V.

Charlson Komorbiditätsindex; 2023. <https://www.onkopedia.com/de/wissensdatenbank/wissensdatenbank/geriatriische-onkologie/CharlsonKomorbidittsindex.pdf> (accessed 02. April 2023).

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Lungenkrebszentren in Deutschland [20] .....	15
Abbildung 2: schematische Darstellung der durchgeführten Fahrtzeitanalyse .....	21
Abbildung 3: Kaplan-Meier-Überlebenskurve von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms, n=679.....	26
Abbildung 4: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228, p<0,001 .....	28
Abbildung 5: Vergleich des Gesamtüberlebens von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort (n=679), Gruppe I: Fahrtzeit <20 min (n=211), Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min (n=227), Gruppe III: Fahrtzeit >40 min (n=241); (Gruppe I vs. Gruppe II: p=0,182, Gruppe I vs. Gruppe III: 0,786, Gruppe II vs. Gruppe III: p=0,117).....	31
Abbildung 6: Behandlungsortverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit bis 20 min (Gruppe I, n=211).....	32
Abbildung 7: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit bis 20 min (Gruppe I): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum. ....	33
Abbildung 8: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort bis 20 min (Gruppe I), n=211, p=0,029. ....	34
Abbildung 9: Behandlungsortverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit zwischen 21 und 40 min (Gruppe II, n=227).....	35
Abbildung 10: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit zwischen 21 und 40 min (Gruppe II, n=227): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum.....	36
Abbildung 11: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort zwischen 21 und	

40 min (Gruppe II, n=227, p=0,009). .....	37
Abbildung 12: Behandlungsortverteilung zwischen Lungenkrebszentrum (LKZ) und Nicht-Zentrum (nLKZ) von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms und Fahrtzeit über 40 min (Gruppe III, n=241). .....	38
Abbildung 13: Fahrtzeitverlängerung von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Nicht-Zentrum mit Fahrtzeit über 40 min (Gruppe III, n=241): simulierte Fahrtzeitverlängerung bei Fahrt in das nächste Lungenkrebszentrum.....	39
Abbildung 14: Gesamtüberleben von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einem Lungenkrebszentrum (LKZ) vs. Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ) bei einer Fahrtzeit zum Behandlungsort über 40 min (Gruppe II, n=241, p=0,123). .....	39
Abbildung 15: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10), n=679, p=<0,001 .....	42
Abbildung 16: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 10 (nMM10) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=42 .....	43
Abbildung 17: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 10 (nMM10), n=679, p<0,001 .....	44
Abbildung 18: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p<0,001 .....	46
Abbildung 19: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 20 (nMM20) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=75 .....	46
Abbildung 20: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p=0,005 .....	47

Abbildung 21: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder nicht erreichter Mindestmenge 40 (nMM40), n=679, p<0,001 .....	49
Abbildung 22: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 40 (nMM40) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=255 .....	49
Abbildung 23: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 40 (nMM40), n=679, p=0,002 .....	50
Abbildung 24: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75), n=679, p<0,001 .....	52
Abbildung 25: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 (nMM75) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=255 .....	52
Abbildung 26: Gesamtüberleben nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 (nMM75), n=679, p=0,001 .....	53
Abbildung 27: Boxplot der Fahrtzeiten zum Behandlungsort von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A), n=679, p<0,001 .....	55
Abbildung 28: Simulation der Fahrtzeitverlängerung von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinom in einer Klinik ohne erreichte Mindestmenge 75 abzüglich Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (nMM75A) bei Zielortänderung zur nächstmöglichen Klinik mit erreichter Mindestmenge (Simulierte Fahrtzeit), n=156 .....	56

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: aktuelle Mindestmengen 2024 [13] .....	11
Tabelle 2: Erhobene Variablen von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms .....	18
Tabelle 3: allgemeine Patientencharakteristika von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms, n=679.....	25
Tabelle 4: Stadium nach UICC des Gesamtkollektivs, n=679 .....	26
Tabelle 5: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 oder einem Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228 .....	27
Tabelle 6: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einem Lungenkrebszentrum (LKZ), n=451 oder einem Nicht-Lungenkrebszentrum (nLKZ), n=228.....	28
Tabelle 7: uni- und multivariable Cox-Regression von Patienten nach chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms (n=679) .....	29
Tabelle 8: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort (n=679), Gruppe I: Fahrtzeit <=20 min, Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min, Gruppe III: Fahrtzeit > 40 min .....	30
Tabelle 9: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie des Lungenkarzinoms, eingeteilt in drei Gruppen nach Fahrtzeit zum Behandlungsort (n=679), Gruppe I: Fahrtzeit <20 min (n=211), Gruppe II: Fahrtzeit 21-40 min (n=227), Gruppe III: Fahrtzeit > 40 min (n=241); p=0,354.....	30
Tabelle 10: Gesamtzahl der Behandlungsorte (der eingeschlossen Patienten) nach erreichter Mindestmenge sowie Anzahl der Behandlungsorte in Oberpfalz/Niederbayern nach erreichter Mindestmenge .....	41
Tabelle 11: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10) .....	41
Tabelle 12: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 10 (eMM10) oder nicht erreichter Mindestmenge 10 (nMM10), n=679, p=0,002 für kA .	42



Tabelle 13: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20) .....	45
Tabelle 14: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p=0,009 für Stadium I, p=0,047 für Stadium IV, p=0,003 für kA .....	45
Tabelle 15: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 40 (eMM40) oder nicht erreichter Mindestmenge 40 (nMM40) .....	48
Tabelle 16: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 20 (eMM20) oder nicht erreichter Mindestmenge 20 (nMM20), n=679, p<0,001 für kA .....	48
Tabelle 17: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75) .....	51
Tabelle 18: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 (eMM75) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75), n=679.....	51
Tabelle 19: Vergleich allgemeiner Patientencharakteristika nach chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms in Kliniken mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit Behandlung in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen diese Mindestmenge erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A) .....	54
Tabelle 20: Vergleich der UICC-Stadien von Patienten mit chirurgischer Therapie eines Lungenkarzinoms mit Behandlung in einer Klinik mit erreichter Mindestmenge 75 sowie Patienten mit in einer Klinik, welche in einer Simulation durch Umverteilungsmechanismen die Mindestmenge 75 erreicht (eMM75A) oder nicht erreichter Mindestmenge 75 (nMM75A), n=679, p<0,001 für Stadium I .....	54
Tabelle 21: Charlson-Komorbiditäts-Index.....	68
Tabelle 22: Anzahl der Lungenkrebszentren (LKZ) pro Bundesland, Einwohner der Bundesländer in Millionen und Dichteverteilung der Lungenkrebszentren .....	69