

Aus der Klinik für Neurologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Sven Meuth

**Evaluation der Versorgung des ischämischen Schlaganfalls im
Raum Düsseldorf vor Umstellung auf ein telemedizinisch
betreutes Schlaganfall-Netzwerk im Hinblick auf die
intravenöse Lysetherapie**

Dissertation

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

vorgelegt von

Hanna Celebi

2025

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

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: PD Dr. med. Michael Gliem

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Michael Bernhard

Für meine Familie

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Weiss D, Rubbert C, Kaschner M, Greiner GG, Kairies-Schwarz N, Vomhof M, Icks A, Weitz L, **Hollenberg H**, Jansen R, Menge T, Seitz RJ, Jander S, Bernhard M, Lee JI, Ruck T, Meuth SG, Turowski B, Caspers J, Gliem M. Prehospital telemedicine support for urban stroke care: Analysis of current state of care and conceptualization. *BMC Emerg Med.* 2024 Nov 27;24(1):224.

Zusammenfassung (deutsch)

Einleitung: Der Erfolg der Behandlung des ischämische Schlaganfalls ist hochgradig abhängig von der zerebralen Kollateralversorgung des Patienten und der Prozessgeschwindigkeit zwischen Symptombeginn und Applikation der Lysetherapie. Ziel der Arbeit war die Erfassung der Prozesszeiten der Schlaganfallversorgung aller in Düsseldorf behandelten Patienten und die Identifikation möglicher Verbesserungsoptionen.

Methoden: In die prospektive Beobachtungsstudie wurden anonymisierte Daten der außerklinischen und innerklinischen Rettungskette aller Patienten, die durch den Rettungsdienst der Stadt Düsseldorf vom 01.07.2021 bis 30.06.2022 unter den Schlaganfallcodes 421 (Apoplex/ TIA/ Blutung in <6 h) und 422 (Apoplex/ TIA/ Blutung in 6-24 h) transportiert wurden, analysiert. Insgesamt wurden 196 Patienten in den drei *Stroke Units* lysiert und in die weitere Analyse eingeschlossen.

Ergebnisse: Wir konnten nachweisen, dass die Prähospitalzeiten in der aktuellen Versorgungsstruktur eine Versorgung innerhalb der *Golden Hour* nur für wenige Patienten ermöglichen. Sowohl Alter als auch Schlaganfallsschwere waren darüber hinaus mit längeren Prähospitalzeiten korreliert. Intrahospital war eine Bildgebung mittels zerebraler CT einer zerebralen MRT hinsichtlich Prozesszeiten überlegen. Insgesamt erschienen die intrahospitalen Prozesszeiten jedoch optimierbar. Die Wegzeiten und die Intrahospitalzeiten könnten von einer innovativen Infrastruktur profitieren, die Telemedizin für einen frühen Kontakt zwischen Patient und Schlaganfallexperten während des Rettungstransports nutzt.

Schlussfolgerung: Sowohl präklinische als auch innerklinische Prozesszeiten sollten verbessert werden, um das Ziel der Behandlung innerhalb der *Golden Hour* zu erreichen. Telemedizinische Ansätze könnten ein wichtiger Baustein sein.

Zusammenfassung (englisch)

Introduction: The outcome after stroke treatment is, besides individual patient characteristics like collaterals or age, highly dependent on time. Therefore, we analysed processing times in acute stroke care in Düsseldorf to identify potential for improvement.

Material and Methods: We included all patients transported for suspected strokes to one of the three local stroke centers in Düsseldorf. We conducted an analysis of stroke care processing times for all patients transported by the emergency medical service of Düsseldorf between 07/2021 and 06/2022. Overall, 196 patients received thrombolysis during this time period and were included into the in depth analysis. Furthermore, an isochrones analysis was performed to evaluate driving times.

Results: By analysis of our data we could show that treatment within the first hour of stroke onset was only possible for a small fraction of patients. Furthermore, age and stroke severity correlated with increased preclinical processing times. Patients with an initial imaging of cCT instead of cMRI had shorter intraclinical processing times. Isochrone analysis could identify regions, which could benefit from a telemedical assisted service. Furthermore, we would expect improved intraclinical processing times.

Conclusion: Although process times were comparable to other published data, we could identify aspects, which could be tuned to accelerate stroke treatment and increase the numbers of patients treated within the *golden hour*. Telemedical support could be one key element in improving process times.

Abkürzungsverzeichnis

ASPECTS	Alberta Stroke Program Early CT Score
BE-FAST	Balance, Eye, Face, Arm, Speech, Time
bzw.	Beziehungsweise
cCT	Cerebral computed tomography
CMRI	Cerebral magnetic resonance imaging
CSC	Comprehensive Stroke Center
CT	Computertomographie
CT-A	CT-Angiographie
CT-P	CT- Perfusion
d.h.	Das heißt
DGN	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
DWI	Diffusion-weighted-images
ECASS	European Cooperative Acute Stroke Study
et al.	und andere
FLAIR	Fluid-attenuated inversion recovery
ggf.	Gegebenenfalls
HI	Hämorrhagischer Infarkt
INR	International Normalized Ratio
IVENA	Interdisziplinärer Versorgungsnachweis
i.v.	intravenös
Mio.	Millionen
mRS	Modified Rankin Scale
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Anzahl
NIHSS	National Institute of Health Stroke Scale
NNT	Number-needed-to-treat
NOAK	Neue orale Antikoagulanzen
PH	Parenchymale Blutung
PSC	Primary Stroke Center

Rt-PA	Rekombinanter Gewebeplasminogenaktivator
SD	Standardabweichung
sICH	symptomatisch intrakranielle Blutung
sog.	Sogenannt
SU	Stroke Unit
TIA	Transitorisch ischämische Attacke
TOAST	Trial of Org in Acute Stroke Treatment
Vgl.	Vergleich
vs.	Versus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Grundlagen – der akut ischämische Schlaganfall	1
1.1.1	Epidemiologie	2
1.1.2	Ätiologie und Risikofaktoren	3
1.1.3	Klinik und Diagnostik	4
1.1.4	Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls	8
1.1.5	Komplikationen des Schlaganfalls und intravenöser Thrombolysetherapie	10
1.2	Anforderungen an die akute Schlaganfallversorgung	11
1.2.1	Zeitmanagement	11
1.2.2	Stroke-Units	12
1.3	Schlaganfallversorgung der Stadt Düsseldorf	12
1.4	Ziele der Arbeit	15
2	Material und Methoden	16
2.1	Patientenkollektiv und Datenerhebung	16
2.1.1	Einschlusskriterien	17
2.1.2	Ausschlusskriterien	17
2.2	Erfassung und Analyse der Prozesszeiten	18
2.3	Vollständigkeit der Datensätze	19
2.4	Erfassung und Analyse weiterer Parameter und des funktionellen Outcomes	20
2.5	Standardisiertes Telefoninterview zur Erhebung des funktionellen Outcomes	21
2.6	Ethische Aspekte	24
2.7	Statistische Auswertung	24
2.8	Erstellung der Isochronen-Karte	25
3	Ergebnisse	26
3.1	Zusammensetzung des Patientenkollektivs	26
3.2	Allgemeine Merkmale des Patientenkollektivs	27
3.3	Analyse der Rettungskette	29
3.3.1	Prähospitalphase	30
3.3.2	Intrahospitalphase	33

3.4 Korrelationsanalysen	36
3.4.1 Korrelationen zwischen klinischen Parametern	36
3.4.2 Einfluss der klinischen Parameter auf die Prozesszeiten.....	37
3.5 Einfluss von Prozesszeiten auf Komplikationen	37
3.6 Analyse der Versorgungswege durch Isochronen	39
3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse	41
4 Diskussion	42
4.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs	42
4.2 Prähospitalphase.....	44
4.3 Intrahospitalphase	45
4.4 Outcome nach ischämischem Schlaganfall	46
4.5 Telemedizinisches Versorgungskonzept	47
4.6 Limitationen	50
4.7 Schlussfolgerung und Ausblick	51
5 Abbildungsverzeichnis	52
6 Tabellenverzeichnis	52
7 Literatur- und Quellenverzeichnis	53
6 Anhang.....	61
6.1 Erfassungsbogen für Schlaganfallpatienten	61
6.2 Patienteninformation zur Studie.....	62

1 Einleitung

Der Schlaganfall stellt eine führende Ursache bleibender Behinderung und dritthäufigste Todesursache weltweit dar [1]. Die intravenösen Thrombolysetherapie ist aktuell die einzig zugelassene medikamentöse rekanalisierende Akutbehandlung des ischämischen Schlaganfalls. Da die Wirksamkeit der Lysetherapie zeitkritisch [2] und die Versorgung von Schlaganfallpatienten komplex ist, sollten prä- und innerklinische Abläufe so koordiniert werden, dass betroffene Patienten schnellstmöglich einer Reperfusionstherapie zugeführt werden.

Eine Metaanalyse von Saver et al. zeigt, dass 15 Minuten Zeitersparnis innerhalb der Rettungskette den Anteil an Patienten, die ein unabhängiges Leben nach erfolgreichem Schlaganfall führen, um 2,5% erhöht und 3,9% der Patienten einen reduzierten Behinderungsgrad aufwiesen [3]. Somit ist das vorrangige Ziel der Schlaganfallversorgung Zeitverzögerungen in den unterschiedlichen Phasen der Rettungskette zu identifizieren und Rettungsabläufe so zu organisieren, dass eine optimale Triage der Patienten erfolgt und unnötige Transportwege vermieden werden. Der Einsatz von Telemedizin kann dazu beitragen, Prozesse der Rettungskette zu optimieren und die Zeit bis zur lebensrettenden Therapie zu verkürzen.

Vor diesem Hintergrund evaluiert die vorliegende Arbeit die Versorgung des ischämischen Schlaganfalls hinsichtlich der intravenösen Thrombolysetherapie im urbanen Raum Düsseldorfs und Chancen der Optimierung mithilfe moderner telemedizinischer Technologien.

1.1 Grundlagen – der akut ischämische Schlaganfall

Bei einem ischämischen Schlaganfall verursacht eine akute Verlegung eines hirnversorgenden, arteriellen Gefäßes durch einen Thrombus oder Embolie eine nachfolgende Ischämie umschriebener Hirnareale. Neben der ischämischen Form, die mit 87% den größten Teil ausmacht, kommt es in den übrigen Fällen zu einem hämorrhagischen Schlaganfall mit einer Einblutung in das Hirnparenchym [4].

1.1.1 Epidemiologie

Als eine Erkrankung mit stark altersabhängiger Inzidenz stellt der Schlaganfall eine wachsende Herausforderung für die Gesellschaft vor dem Hintergrund des demographischen Wandels dar. Jährlich treten schätzungsweise 270.000 Schlaganfälle in Deutschland auf (basierend auf der Gesamtbevölkerung im Jahr 2008), von denen 66.000 wiederholte Schlaganfälle sind [5]. In Nordrhein-Westfalen wurden im gleichen Jahr ca. 43.500 *Stroke-Unit*-Behandlungen kodiert [6].

Zwar verzeichnet der Schlaganfall in den letzten Jahrzehnten deutschlandweit einen deutlichen Mortalitätsrückgang [7], beispielhafte Hochrechnungen für die Region Hessen ergeben allerdings eine Verdopplung der Inzidenz aller hospitalisierten Schlaganfallpatienten bis 2050 [8], im Wesentlichen auf die steigende Lebenserwartung und den demographischen Wandel zurückzuführen. Auch bedeutet der demographische Wandel einen Anstieg an Behinderungen im höheren Alter: Überlebte Schlaganfälle führen in höherem Alter wahrscheinlicher zu schwereren Behinderungen als in jüngeren Altersgruppen [9, 10].

Internationale Prognosen kommen zu dem gleichen Ergebnis. So beschreibt Wafa et al. einen Inzidenzanstieg des Schlaganfalls um 3% innerhalb der nächsten zwei Jahrzehnte in der europäischen Union [11]. Schätzungen zufolge summieren sich durch den Anstieg der Inzidenzraten die Gesundheitskosten bei Patienten mit erstmaligem ischämischen Hirninfarkt bis 2025 auf 108 Milliarden Euro [12].

Deutschlandweit besteht die Tendenz eines Gesamtrückgangs der Mortalität des Schlaganfalls. Diese Tendenz ist auch in Nordrhein-Westfalen zu beobachten. So sind seit 2012 die Todesfälle durch einen Schlaganfall um 29,8% gesunken. Die meisten Todesfälle treten weiterhin in der Altersgruppe 85 Jahre und älter auf, jedoch ist auch hier ein langfristiger Rückgang seit 2012 zu beobachten [13].

1.1.2 Ätiologie und Risikofaktoren

Die Ursachen eines Schlaganfalls sind vielfältig. Als übersichtlich und klinisch gut anwendbar hat sich die TOAST-Klassifikation etabliert. In der TOAST-Klassifikation werden die ischämischen Schlaganfälle fünf Hauptgruppen zugeteilt; makroangiopathisch, mikroangiopathisch, kardioembolisch, unklar und andere geklärte Ätiologie [14]. Eine relevante Makroangiopathie wird in der Regel ab einer > 50%igen Stenose eines intra- oder extrakraniellen hirnversorgenden Gefäßes angenommen. Neben hämodynamischen Infarkten bei höchstgradigen Stenosen sind Makroangiopathien auch Ursache von arterio-arteriellen Embolien mit konsekutiven embolischen Infarkten [15]. Mikroangiopathische Gefäßverschlüsse hingegen bedingen lakunäre Infarkte im Marklager. Hierbei sind die Verschlüsse durch arteriosklerotische Prozesse in kleinsten Hirngefäßen oder Arterienendstrecken lokalisiert. Ein arterieller Hypertonus oder Diabetes mellitus kann eine Mikroangiopathie begünstigen.

Infarkte mit Nachweis einer kardialen Emboliequelle, am häufigsten Vorhofflimmern, zählen als eigenständige Gruppe und sind differentialtherapeutisch von hoher Bedeutung, da sie häufiger einen schwereren Verlauf aufweisen und das *Outcome* schlechter ist als bei anderen Untergruppen [16].

Bei anderen selteneren geklärten Ursachen wie zum Beispiel Gefäßdissektionen wird dann die Beschreibung „andere“ oder bei keinem Ursachennachweis „unklar“ gewählt.

Ziel dieser Einordnung ist es, durch ätiologische Differenzierung eine adäquate Therapie sowie entsprechende Sekundärprophylaxe einzuleiten.

Im Gegensatz zu sekundärprophylaktischen Maßnahmen zur Verhinderung von Schlaganfallrezidiven zielt die Primärprävention insbesondere auf die Abwendung von Erstereignissen ab. Sie zielt auf die Identifikation und Modifikation modifizierbarer Risikofaktoren ab, zu denen gemäß INTERSTROKE Studie beispielsweise arterielle Hypertonie als wichtigster Schlaganfallrisikofaktor, Diabetes mellitus, Nikotinabusus, Adipositas, eine unzureichend gesunde Ernährung oder Bewegungsmangel zählen [17].

Als größter, nicht-modifizierbarer Risikofaktor zählt das Alter: Nach Erreichen des 55. Lebensjahres verdoppelt sich die Schlaganfallhäufigkeit alle 10 Jahre [18].

Männliches Geschlecht, eine positive Familienanamnese oder bestimmte ethnische Zugehörigkeiten können das Risiko, einen Schlaganfall zu erleiden, erhöhen.

1.1.3 Klinik und Diagnostik

Schlaganfallsymptome können je nach betroffenem Gefäß in ihrer Ausprägung differieren. So zeigen proximale Verschlüsse häufig eine schwerwiegendere Symptomatik mit Beteiligung größerer Hirnareale, distale Verschlüsse betreffen vorwiegend kleinere Gefäße. Jedes plötzlich aufgetretene fokale neurologische Defizit sollte an einen Schlaganfall denken lassen und es sollte die unmittelbare Zuweisung zu einer spezialisierten Schlaganfalleinheit, der sog. *Stroke-Unit*, erfolgen. Jede Minute, die ein Schlaganfall unbehandelt bleibt, gehen Schätzungen nach 1,9 Millionen Neurone zu Grunde [19]. Diese Modellrechnung verdeutlicht, wie wichtig der Leitsatz „Time is brain“ in der akuten Schlaganfallversorgung ist. Mehrere Studien konnten zeigen, dass ein früher Therapiebeginn mit geringerer Mortalität und einem unabhängigeren Leben nach dem Schlaganfall assoziiert ist [20, 21].

Um präklinisch auf ein Schlaganfallereignis zu testen, wird oft der FAST-Test angewendet. Mithilfe des Akronyms ist es möglich, schnell und leicht anwendbar auf die häufigsten Symptome eines Schlaganfalls zu testen („F – Face, Gesichtsasymmetrien“, „A – Arms, Armhaltstörungen“, „S – Speech, Sprach- und Sprechstörungen“, „T – Time, schnellstmögliches Absetzen des Notrufs“). Da der FAST-Test allerdings nur die häufigsten Symptome des Versorgungsgebietes der A. cerebri media widerspiegelt und Symptome des viretrobasilären Kreislaufs vernachlässigt werden, konnte durch eine Hinzunahme der Items „B – Balance, Gleichgewichtsstörungen“ und „E – Eye, Sehstörungen“ die Sensitivität um 10% gesteigert werden (Sensitivität FAST 85,9%, Sensitivität BE-FAST 95,7%) [22].

Grundsätzlich sollte die Schlaganfalltherapie in einer spezialisierten Schlaganfalleinheit erfolgen. Hier kann eine hohe diagnostische und therapeutische Versorgung sichergestellt werden [23].

Innerklinisch dient die Erhebung des *National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)* zur Einschätzung des Schweregrades bei Aufnahme und als Verlaufparameter der klinischen Entwicklung des Patienten. Weiterhin kann sie gemeinsam mit dem Intervall Symptom- bis Therapiebeginn für eine Prognose des Behandlungserfolges von Patienten nach einer Thrombolysetherapie dienen [24]. Aus elf Kategorien können maximal 42 Punkte vergeben

werden. Je höher die Punktzahl, desto schwerwiegender das neurologische Defizit. Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Items.

Nummerierung	Kriterium	Bewertung	Erläuterung
1a	Bewusstseinslage	0-3	0 = wach 1 = benommen 2 = somnolent 3 = komatös
1b	Fragen zur Orientierung (Frage nach Alter und Monat)	0-2	0 = beide Antworten korrekt 1 = eine Antwort korrekt 2 = keine Antwort korrekt
1c	Befolgt Aufforderungen (Augen öffnen, Hand schließen)	0-2	0 = beide Aufgaben korrekt erfüllt 1 = eine Aufgabe korrekt erfüllt 2 = keine Aufgabe korrekt erfüllt
2	Okulomotorik	0-2	0 = keine Blickwendung 1 = partielle Blickparese 2 = komplette Blickparese
3	Gesichtsfeld	0-3	0 = keine Einschränkung 1 = partielle Hemianopsie, unilateral 2 = komplette Hemianopsie, unilateral 3 = komplette Hemianopsie, bilateral
4	Fazialisparese	0-3	0 = keine 1 = milde Parese 2 = partielle Parese 3 = totale Parese
5a	Motorik des linken Armes (Halteversuch)	0-4	0 = kein Absinken 1 = Absinken innerhalb von 10 s 2 = Anheben gegen Schwerkraft nicht vollständig möglich 3 = kein aktives Anheben möglich 4 = keine Bewegung

5b	Motorik des rechten Armes (Halteversuch)	0-4	0 = kein Absinken 1 = Absinken innerhalb von 10 s 2 = Anheben gegen Schwerkraft nicht vollständig möglich 3 = kein aktives Anheben möglich 4 = keine Bewegung
6a	Motorik des linken Beines (Halteversuch)	0-4	0 = kein Absinken 1 = Absinken innerhalb von 5 s 2 = Anheben gegen Schwerkraft nicht vollständig möglich 3 = kein aktives Anheben möglich 4 = keine Bewegung
6b	Motorik des rechten Beines (Halteversuch)	0-4	0 = kein Absinken 1 = Absinken innerhalb von 5 s 2 = Anheben gegen die Schwerkraft nicht vollständig möglich 3 = kein aktives Anheben möglich 4 = keine Bewegung
7	Ataxie	0-2	0 = keine Ataxie 1 = eine Extremität betroffen 2 = zwei Extremitäten betroffen
8	Sensibilität	0-2	0 = unauffällig 1 = leichte/moderate Sensibilitätsstörung 2 = schwere Sensibilitätsstörung
9	Aphasie	0-3	0 = keine 1 = leichte/moderate Aphasie 2 = schwere Aphasie 3 = globale Aphasie
10	Dysarthrie	0-2	0 = keine 1 = leichte/moderate Dysarthrie 2 = schwere Dysarthrie
11	Neglect	0-2	0 = kein Neglect 1 = Neglect einer Sinnesmodalität (visuell, auditiv, taktil) 2 = halbseitiger Neglect

Tabelle 1: Tabellarische Auflistung des *National Institutes of Health Score* [25]

Entsprechend den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Neurologie sollte bei allen Patienten mit Schlaganfallverdacht, die potenziell geeignet sind für eine Thrombolysetherapie, eine unmittelbare zerebrale Bildgebung mittels CT oder MRT erfolgen. Wie eingangs erwähnt, ist präklinisch keine Differenzierung zwischen ischämischer oder hämorrhagischer Genese möglich. So dient die initiale Bildgebung vor allem dem Ausschluss intrakranieller Hämorrhagien sowie großen Infarktdemarkationen, die eine Kontraindikation für eine Reperfusionstherapie darstellen können [23].

Als bevorzugte Bildgebung in der Akutphase wird die native zerebrale CT genutzt, insbesondere in Situationen, die keine Zeitverzögerung erlauben. Neben eines schnelleren Ablaufes ist diese meist ubiquitär verfügbar und ist besser geeignet, instabile Patienten während des Bildgebungsprozesses zu überwachen.

Im Rahmen der Schlaganfallbildgebung kann sich an eine native zerebrale CT-Bildgebung eine CT-Angiographie (CT-A) und CT-Perfusion (CT-P) anschließen. Die kontrastmittelgestützte CT-A dient der neuroradiologischen Beurteilung für einen potenziell zugänglichen Gefäßverschluss mittels mechanischer Thrombektomie [26].

Hinsichtlich der CT-P kann das Verhältnis zwischen infarziertem und reversibel geschädigtem Gewebe („*Penumbra*“) abgeschätzt werden.

Indikationen für eine MRT stellen speziellere Fragestellungen dar, beispielsweise der Frage nach Hirnstammischämien, die dort mit größerer Sicherheit detektiert werden können [27] oder Schlaganfallpatienten mit unklarem Symptombeginn (sog. *Wake-Up-Stroke*).

In der MRT stellt die perfusionsgewichtete Bildgebung Bereiche mit reduzierter Durchblutung dar, während in der diffusionsgewichteten Bildgebung funktionseingeschränktes und zum Großteil auch bereits irreversibel geschädigtes Gewebe abbildet. Die Diskrepanz beider entspricht näherungsweise der *Penumbra*, dem Bereich, der durch eine Reperfusionstherapie gerettet werden kann.

Bei Patienten mit *Wake-Up-Stroke* kann MRT-basiert mittels *DWI-FLAIR-Mismatch* abgeschätzt werden, ob der Patient potenzieller Kandidat für eine Thrombolysetherapie ist [28].

1.1.4 Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls

Leitliniengemäß besteht die medikamentöse Behandlung des ischämischen Schlaganfalls in einer intravenösen Thrombolysetherapie mittels rt-PA (rekombinanter Gewebefibrinolyseaktivator) [23]. Dieses führt zur Fibrinolyse und Auflösung des thrombotischen Materials. Die Dosierung erfolgt körperrgewichtsadaptiert mit 0,9 mg pro Kilogramm Körpergewicht. 10% der Gesamtdosis werden als Bolus appliziert, die restliche Dosis erhält der Patient über einen Perfusor über 60 Minuten. Diese Therapie wird seit Mitte der 1990er-Jahre erfolgreich unter Voraussetzung eines bekannten Zeitfensters eingesetzt. Das zunächst festgelegte Therapiezeitfenster von drei Stunden konnten durch die ECASS-III-Studie auf 4,5 Stunden erweitert werden [29].

Die Lyseeffektivität ist hierbei zeitabhängig: Gemessen in der *Number-needed-to-treat* (NNT) müssen sich zwischen 60 und 90 Minuten nach Schlaganfallbeginn vier bis fünf Patienten einer Behandlung unterziehen, zwischen 91 und 180 Minuten sind es neun Patienten und zwischen drei und 4,5 Stunden verdreifacht sich die Zahl auf $n = 14$ [2]. Im erweiterten Zeitfenster ist eine Lysetherapie nach Analyse der Kollateralversorgung und des Perfusionsmismatch auch bis zu 9 Stunden leitliniengerecht [23, 30]. Patienten mit unklarem Beginn der Symptome können nach MR-tomographischer Bildgebung auch in Nutzen-Risiko-Abwägung und abhängig von den bildgebenden Befunden lysiert werden [28].

Typische Kontraindikationen einer intravenösen Thrombolysetherapie umfassen zum Beispiel eine Hirnblutung in der zerebralen CT oder MRT, die Einnahme von Phenoprocumon mit einer INR von $> 1,7$, die Einnahme von NOAK < 24 h vor Eintreffen in der Notaufnahme, Symptome einer Subarachnoidalblutung, auch wenn die zerebrale CT unauffällig, Ösophagusvarizen oder eine schwere Pankreatitis.

Der Behandlungserfolg einer Thrombolysetherapie wird neben der NIHSS-Skala mit Hilfe der *modified Rankin Scale* (mRS) erfasst. Diese ist die am häufigsten verwendete Skala, um das funktionelle Ergebnis in Schlaganfallstudien zu beschreiben [31].

Diese Skala wurde 1957 für die Beschreibung der Erholung von Patienten nach einem zerebrovaskulären Ereignis erstellt. Die ursprünglichen fünf Kategorien wurden im Verlauf erweitert und als modifizierte Rankin Skala betitelt. Die Abstufungen sind wie folgt definiert [32, 33]:

Grad 0 – Keine Symptome

Grad 1 - Keine relevante Behinderung trotz Schlaganfallsymptomen, kann alle Tätigkeiten ausführen

Grad 2 – Leichte Behinderung, kann sich ohne Hilfe allein versorgen, bei Tätigkeiten/ im Alltag eingeschränkt

Grad 3 – Benötigt Hilfe im Alltag, kann aber ohne Hilfsmittel gehen

Grad 4 – Schwere Beeinträchtigung, benötigt Hilfe bei einfachsten Sachen, nicht in der Lage sich allein fortzubewegen

Grad 5 – Schwere Behinderung, bettlägerig, benötigt ständig Hilfe

Grad 6 - Tod

Seit 2015 konnten die Therapiemöglichkeiten für den ischämischen Schlaganfall mit der mechanischen Thrombektomie erweitert werden. Als interventionell-neuroradiologisches Verfahren ist es hierbei möglich, den Thrombus kathetergestützt direkt aus dem Hirngefäß zu extrahieren. Anwendung findet dieses Verfahren oft bei Patienten mit relevantem fokalneurologischen Defizit bei Verschluss in der vorderen Zirkulation standardmäßig im 6-Stunden-Zeitfenster [34], bei potenziell rettbarem Hirngewebe in der CT-Perfusion, also ausreichend großer *Penumbra*, erweitert auf ein bis zu 24-Stunden-Zeitfenster [35, 36]. Kürzlich wurde zur Abschätzung eines Therapieerfolges allein das Ausmaß der demarkierten Infarktgröße mittels ASPECT-Score genutzt [37] und somit die Notwendigkeit einer Perfusionsbildgebung wieder in Frage gestellt.

Der ASPECT-Score kann mithilfe topographischer Einordnung infarzierten Hirngewebes des Mediastromgebietes eine frühzeitige Einschätzung hinsichtlich Thrombolyse- und/ oder Thrombektomiemöglichkeit geben. Die Berechnung erfolgt auf Basis der angefertigten CT-Bildgebung, indem das Mediastromgebiet, in 10 Abschnitte unterteilt, analysiert wird und Punkte für jedes ischämisch veränderte Areal abgezogen werden. Ein hoher Score entspricht somit einem kaum hypodens demarkierten Mediastromgebiet, während ein niedriger Score neben großen Demarkierungen bei thrombolysierten Patienten ein steigendes Risiko für symptomatische intrazerebrale Blutungen und ein schlechtes funktionelles Therapieergebnis signifikant erhöht [38]. Zuletzt konnte auch bei Patienten mit niedrigem ASPECT-Score im erweiterten Zeitfenster mittels Thrombektomie noch

Erfolge erzielt werden. Allerdings war die Thrombektomie bei niedrigen ASPECT-Scores nur bei Subgruppen erfolgreich [39]. Eine schnelle Therapie bleibt aber erfolgreicher und weiterhin das Ziel der Akutversorgung.

1.1.5 Komplikationen des Schlaganfalls und intravenöser Thrombolysetherapie

Ein ischämischer Schlaganfall kann mit einer Vielzahl von Komplikationen einhergehen. Die wichtigsten und häufigsten Komplikationen sind neben neurologischen (Hirnödem, epileptische Anfälle, erhöhtes Risiko für erneute Ischämien) kardiovaskuläre Folgeerscheinungen (Myokardinfarkt, Herzrhythmusstörungen).

Schluckstörungen können durch Mikroaspirationen häufig auftretende Aspirationspneumonien bedingen, die unerkannt zu schwerwiegenden systemischen Inflammationen führen können.

Alle Arten von intrazerebralen Blutungen stellen kritische Komplikationen nach einer intravenösen Thrombolysetherapie dar. Das Risiko intrazerebraler Blutungen ist nach einer Thrombolyse bei ischämischen Hirninfarkt erhöht, da die bestehende Ischämie die Entstehung einer pathologischen Endothelpermeabilität fördert [40]. Trotz der Tatsache, dass die intravenöse Thrombolyse einen Anstieg intrazerebraler Blutungen bedingt, ist die Therapie mit rt-PA den auftretenden Komplikationen überlegen [41].

Grundsätzlich lassen sich intrazerebralen Blutungen nach radiologischen oder klinischen Kriterien unterteilen; zu radiologisch bestätigten Blutungstypen werden der hämorrhagische Infarkt Typ 1 und 2 (HI) sowie die parenchymale Blutung Typ 1 und 2 (PH) gezählt. Nach klinischen Kriterien erfolgt die Erfassung der symptomatisch intrakraniellen Blutung (sICH), die nach ECASS-II-Definition als neurologische Verschlechterung um ≥ 4 Punkte auf der NIHSS-Skala festgelegt wird [42].

1.2 Anforderungen an die akute Schlaganfallversorgung

1.2.1 Zeitmanagement

Um den Anforderungen der Versorgung eines Schlaganfallpatienten gerecht zu werden, muss die Rettungskette so konzipiert sein, dass Zeitverzögerungen vermieden werden. Hierzu ist eine ständige Überprüfung der Prozesszeiten und eine anschließende entsprechende Optimierung notwendig.

Die Maxime „Time is brain“ trägt der Tatsache Rechnung, dass der Faktor Zeit sich als beeinflussbare Größe wesentlich auf das *Outcome* der Patienten auswirkt. Innerhalb des 4,5-Stunden-Zeitfensters trägt jede Verkürzung des Intervalls Symptom- bis Therapiebeginn um 15 Minuten dazu bei, die Wahrscheinlichkeit auf ein besseres funktionelles *Outcome*, weniger Komplikationen sowie einer früheren Krankenhausentlassung, zu erhöhen [20].

In diesem Kontext etablierte sich der Begriff *Golden Hour*, mit der die erste Stunde nach Symptombeginn beschrieben wird, in der eine Thrombolysetherapie den höchstmöglichen Nutzen verspricht [43]. Trotz dieses bekannten zeitabhängigen Therapieerfolges erhalten nur wenige Patienten innerhalb der *Golden Hour* eine Thrombolysetherapie. Daten des „Get With The Guidelines-Stroke“-Programms der Vereinigten Staaten konnten zeigen, dass lediglich 1,3% der Patienten innerhalb der *Golden Hour* behandelt wurden [43].

Auch wenn Patienten nicht innerhalb der *Golden Hour* therapiert wurden, sondern innerhalb einer Stunde nach Symptombeginn in der Zielklinik eintrafen, wurden diese 2,5-mal häufiger lysiert als solche, die später eintrafen [44].

Angaben der *American Stroke Association* zufolge sollten folgende intrahospitale Zeitangaben berücksichtigt werden, um eine optimale Schlaganfallversorgung zu gewährleisten: Eine *Door-to-imaging-time* unter 25 Minuten, eine *Door-to-needle-time* gleich oder unter 60 Minuten sowie eine *Stroke-Unit*-Aufnahme nach Symptombeginn von unter drei Stunden [45].

1.2.2 Stroke-Units

Stroke-Units leisten als spezialisierte Schlaganfalleinheiten einen großen Beitrag zur Schlaganfallversorgung. Neben der interdisziplinären Zusammenarbeit von Radiologen, Neurochirurgen und Neurologen verfügen diese über kontinuierliches Monitoring der Vitalparameter sowie die durchgehende Möglichkeit zur Bildgebung. Die erfolgte Behandlung durch eine *Stroke-Unit* ist verbunden mit einer Reduktion der Mortalität und Morbidität [46].

Innerhalb Europas zeigt sich in Bezug auf die Anzahl der *Stroke-Units* ein deutliches Nord-Süd-Gefälle. Skandinavien weist 8-9 *Stroke-Units* pro 1 Mio. Einwohner auf, Griechenland, Albanien oder die Türkei 0-1 *Stroke-Units* pro 1 Mio. Einwohner.

Deutschland liegt mit 4 *Stroke-Units* pro 1 Mio. Einwohner im Mittelfeld. Insgesamt gibt es 349 zertifizierte *Stroke-Units*, von denen bereits 9% telemedizinisch vernetzt sind [47].

Bis 2030 hat sich die *European Stroke Organisation* das Ziel gesetzt, mindestens 90% aller Schlaganfallpatienten in einer *Stroke-Unit* zu behandeln [48]. Daten von 2021 zeigen, dass bereits 71% der Schlaganfallpatienten in einer spezialisierten Schlaganfalleinheit behandelt wurden [49].

Die Stadt Düsseldorf besitzt insgesamt drei *Stroke-Units*, deren Organisation in Abschnitt 1.3 detaillierter beschrieben wird.

1.3 Schlaganfallversorgung der Stadt Düsseldorf

Die Düsseldorfer Schlaganfallversorgung wird durch drei *Stroke-Units* abgedeckt (Abb. 1). Davon gilt Klinik 1 als *Comprehensive Stroke Center (CSC)*, Klinik 2 und 3 als *Primary Stroke Center (PSC)*. *Stroke-Units* können zwar grundsätzlich alle eine intravenöse Thrombolysetherapie durchführen, Möglichkeiten der mechanische Thrombektomien rund um die Uhr besteht allerdings primär in überregionalen neurointerventionellen Zentren, den *Comprehensive Stroke Centern*.

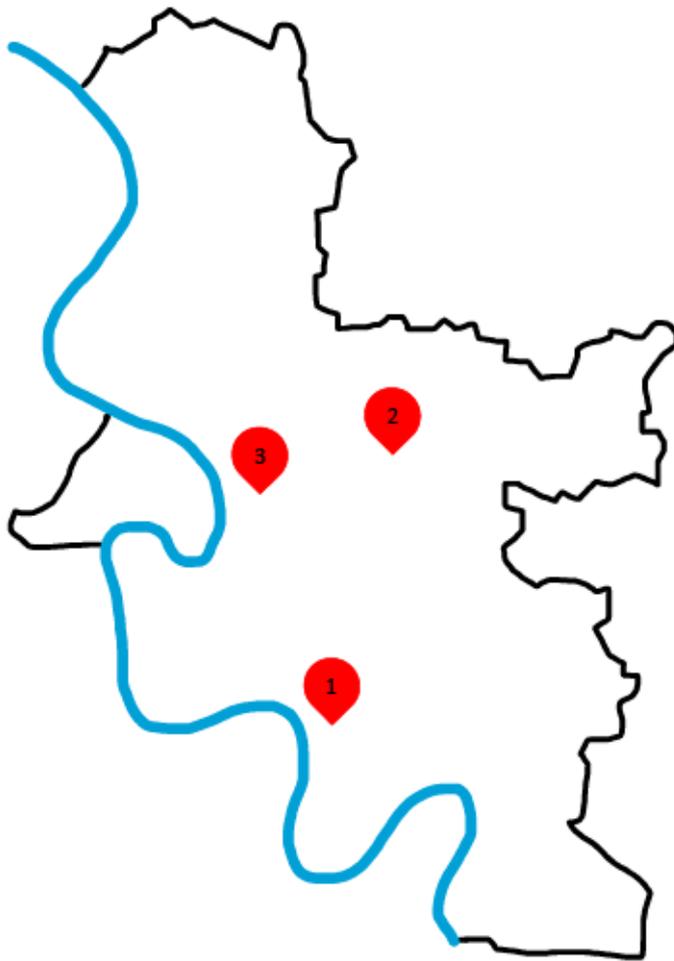


Abb. 1: **Verteilung der Stroke-Units innerhalb des Düsseldorfer Stadtgebietes**; 1: *Comprehensive Stroke-Center*, 2: *Primary Stroke-Center*, 3: *Primary Stroke-Center*, schwarze Umrandung stellt Stadtgrenzen dar, blaue Markierung die Begrenzung durch den Rhein

Als *Comprehensive Stroke-Center* definiert sich eine hochspezialisierte Schlaganfalleinheit, die neben der intravenösen Thrombolysemöglichkeit über erweiterte Behandlungsmöglichkeiten wie der mechanischen Thrombektomie und neurochirurgische Behandlung verfügt. Daneben haben *Primary Stroke-Center* die Möglichkeit der systemischen intravenösen Thrombolyse, die oft als „*Bridging Thrombolysis*“ vor Verlegung zur Thrombektomie eingesetzt wird. Für neurointerventionelle Verfahren erfolgt in Klinik 2 der Transport in das *Comprehensive Stroke-Center* nach dem „*Drip and ship*“-Prinzip sowie in Klinik 3 die Ankunft eines externen Neuroradiologen („*Drip and drive*“-Prinzip).

Gewährleistet wird die aktuelle präklinische Schlaganfallversorgung durch den Rettungsdienst der Stadt Düsseldorf. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, erfolgt der Beginn der Prähospitalphase mit dem Symptombeginn beim Patienten (*Onset*), woraufhin eine Alarmierung bei der Feuerwehr Düsseldorf eingeht (*Alarm-time*). Diese entsendet daraufhin einen Rettungswagen zum Patientenstandort. Eine Notarztbeteiligung erfolgt meist in Fällen bei kardiopulmonal instabilen oder intubationspflichtigen Patienten. Nach neurologischem Assessment durch Rettungssanitäter erfolgt das Einladen des Patienten in den Rettungswagen (*Pick-up-time*) und bei Schlaganfallverdacht die Vorankündigung des Patienten in der Zielklinik. Die Ankündigung an die jeweilige *Stroke-Unit* in Düsseldorf wird über das IVENA-System vermittelt. Als interdisziplinärer **Versorgungsnachweis** (IVENA) dient das System als Schnittstelle zwischen Leitstelle, Rettungsdienst und Krankenhaus, indem Basisdaten des Patienten erhoben sowie per Zahlencode eine Verdachtsdiagnose übermittelt wird. Neben Alter, Geschlecht, Transportmittel, geschätzter Eintreffzeit sowie Dringlichkeit der Behandlung sind jeder Codierung bestimmte Informationen über den ankommenden Patient zugeordnet.

Die Ankunft an der Zielklinik (*Door-time*) markiert den Übertritt in die Intrahospitalphase. Die Übergabe des medizinischen Rettungspersonals erfolgt an den neurologischen Dienstarzt. Nach neurologischer Ersteinschätzung und begründetem Schlaganfallverdacht kann mittels Bildgebung (*Imaging-time*) die Indikation für eine intravenöse Thrombolyse-therapie gestellt und nach Ausschluss von Kontraindikationen initiiert werden (*Needle-time*).

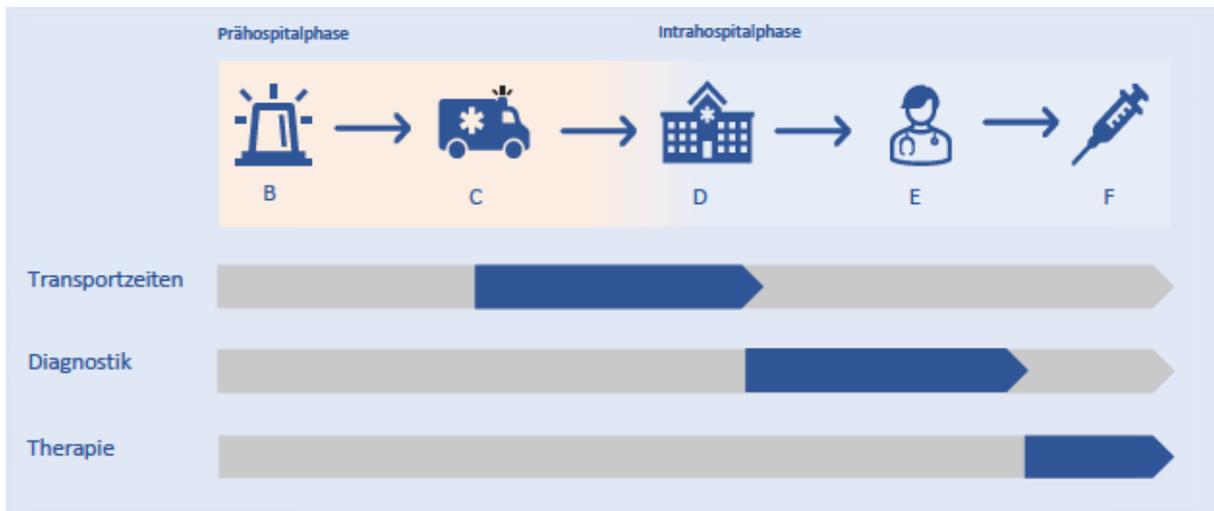


Abb. 2: **Aktueller Ablauf der Rettungskette der Stadt Düsseldorf**, modifiziert nach [50]

B: *Alarm-time*, C: *Pick-up-time*, D: *Door-time*, E: *Imaging-time*, F: *Needle-time*

1.4 Ziele der Arbeit

Der Schlaganfall gehört zu den häufigsten neurologischen Erkrankungen und stellt aufgrund seiner komplexen Versorgung hohe Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Um die Versorgungszeiten innerhalb der gesamten Stadt Düsseldorfs ganzheitlich im Hinblick auf eine leitliniengerechte Akutversorgung zu untersuchen, wurden prä- und intrahospitale Prozesszeiten analysiert. Auf der Basis der erhobenen Daten sollen Ansätze für eine Optimierung der Schlaganfallversorgung durch ein telemedizinisches Versorgungskonzept vorgestellt und diskutiert werden.

Die Erkenntnisse der vorliegenden Beobachtungsstudie sollen zur Klärung beitragen, inwieweit die Implementierung eines neuen telemedizinischen Netzwerkes in Düsseldorf zur Reduzierung von Prozesszeiten beitragen und den Behandlungserfolg für Patienten verbessern kann.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv und Datenerhebung

In die prospektive Beobachtungsstudie wurden anonymisierte Daten aller Patienten, die durch den Rettungsdienst der Landeshauptstadt Düsseldorf mit Schlaganfallverdacht transportiert wurden, in eine spezialisierte Schlaganfalleinheit (*Stroke-Unit*) des Düsseldorfer Stadtgebietes übergeben und dort thrombolysiert wurden, inkludiert. Das Einzugsgebiet der versorgten Patienten im Erhebungszeitraum liegt bei einer Einwohnerzahl von 644.000 im Jahr 2021 und 653.000 im Jahr 2022 [51].

Im Ein-Jahres-Beobachtungszeitraum vom 01.07.2021 bis 30.06.2022 wurden mit den unter den Schlaganfallcodes 421 (Apoplex/ TIA/ Blutung in <6 h) und 422 (Apoplex/ TIA/ Blutung in 6-24 h) transportierten Patienten 196 Patienten in den drei *Stroke-Units* mit einer intravenösen Thrombolysetherapie versorgt. Ein mRS nach 3 Monaten konnte bei 180 Patienten erfasst werden, komplette Datensätze der Prozesszeiten lagen für 97 Patienten vor.

Die Datenerhebung erfolgte in allen drei *Stroke-Units* in Düsseldorf anhand standardisierter Erfassungsbögen (siehe Anlage 6.1). Durch den neurologischen Dienstarzt werden bei Patientenaufnahme am jeweiligen Standort die Erfassungsbögen ausgefüllt, die standortgebunden hinterlegt und gesichert aufbewahrt wurden. Sofern das Vervollständigen der Bögen im Rahmen der akuten Notfallversorgung nicht möglich war, wurden fehlende Informationen aus den klinischen Informationssystemen oder dem radiologischen Bildarchivierungsprogramm sowie aus Patientenakten retrospektiv ergänzt. Da Daten aus verschiedenen Quellen zusammengetragen wurden, wurden diese zunächst pseudonymisiert erfasst und nach dem Zusammenführen und der vollständigen Erfassung anonymisiert. Die Erfassungsbögen werden für 10 Jahre am jeweiligen Erfassungsort gesichert verwahrt.

Die erneute Erfassung von Patienten in die Studie war möglich, sofern sie einen erneuten Verdacht auf einen Schlaganfall hatten sowie die Einschlusskriterien erfüllten. In diesen Fällen wurde der Patient sowie die Prozesszeiten aufgrund der vorher erfolgten Anonymisierung ein weiteres Mal erfasst.

Die Erhebung des funktionellen *Outcomes* erfolgte bei thrombolysierten Patienten, sofern möglich, aus einer klinischen, dokumentierten Nachfolgeuntersuchung drei Monate nach Schlaganfallereignis. Falls diese nicht erfolgte, wurde der mRS nach drei Monaten im Rahmen eines standardisierten Telefoninterviews ermittelt. Die Kontaktdaten wurden im Rahmen des stationären Aufenthaltes erfragt und aus dem lokalen Kliniksystem zusammengetragen. Ohne Einverständniserklärung des Patienten oder Angehörigen wurde das Telefoninterview umgehend abgebrochen und die Kontaktdaten vernichtet. Darüber hinaus wurden die Kontaktdaten nach jedem erfolgten Telefoninterview vernichtet.

2.1.1 Einschlusskriterien

Für die Analyse der Prozesszeiten lauteten die Einschlusskriterien wie folgt:

- Transport mittels Rettungsdienstes der Stadt Düsseldorf über das IVENA-System mit Schlaganfallverdacht innerhalb der letzten 24 Stunden und Transport in eine der drei *Stroke-Units* Düsseldorfs
- Alter > 18 Jahre
- Neurologische Bestätigung eines Schlaganfalls oder einer transitorisch ischämischen Attacke
- Behandlung mittels intravenöser Thrombolyse

Darüber hinaus galt für die Erhebung des funktionellen *Outcomes* folgendes Kriterium:

- Einwilligung in eine telefonische Befragung 3 Monate nach dem Schlaganfall zur Erhebung des mRS bzw. Einholen des mutmaßlichen Patientenwillens durch Befragung direkter Angehöriger im Falle von verstorbenen oder nicht selbst befragungsfähigen Patienten

2.1.2 Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien waren:

- Widerspruch des Patienten zur Datennutzung oder Hinweise, dass der Patient einer Datennutzung im Rahmen der Studie widersprochen hätte

- Schlaganfallpatienten, die nicht mit dem Rettungsdienst der Stadt Düsseldorf transportiert wurden (unter anderem Patienten mit dem Auftreten eines Schlaganfalls im Rahmen des Krankenhausaufenthaltes, sog. *In-House-Stroke*s)
- Schlaganfallpatienten, bei denen im lokalen Kliniksystem keine Informationen hinterlegt waren

2.2 Erfassung und Analyse der Prozesszeiten

Folgende Prozesszeiten wurden erhoben:

- Zeitpunkt des Auftretens der ersten Symptome (*Onset*) oder der Zeitpunkt, wann der Patient zuletzt im gesunden Zustand gesehen wurde (*Last-seen-normal* oder *Last-seen-well*)
- Zeitpunkt der Alarmierung des Rettungsdienstes (*Alarm-time*)
- Zeitpunkt des Eintreffens des Rettungsdienstes beim Patienten (*Pick-up-time*)
- Zeitpunkt des Eintreffens an einem Schlaganfallzentrum (*Door-time*)
- Zeitpunkt der ersten zerebralen Bildgebung (*Imaging-time*)
- Zeitpunkt des Thrombolysebeginns (*Needle-time*)

Unpräzise Angaben hinsichtlich des *Onsets* oder des *Last-seen-normal* wie „morgens“, „mittags“ oder „abends“ wurden nicht als genaue Uhrzeit definiert. In diesen Fällen wurde von der Berechnung der Zeitintervalle abgesehen, um eine Verzerrung des Intervalls zu vermeiden.

Alarm-time und *Pick-up-time* wurden anhand von Transportscheinnummern aus der Datenbank der Feuerwehr der Landeshauptstadt Düsseldorf extrahiert, in anonymisierter Form übermittelt und erfasst.

Neben Alter und Geschlecht des Patienten wurde zusätzlich der Standort der primären Einlieferung und Standort der ersten zerebralen Bildgebung erfasst. Der Ausschluss der *Imaging-time* erfolgte dann, wenn die Bildgebung extern, d.h. nicht an einer der drei *Stroke-Unit*-Standorte erfolgte.

2.3. Vollständigkeit der Datensätze

Für die Analyse der Prozesszeiten erfolgte die Unterteilung in komplette und inkomplette Datensätze. Ein kompletter Datensatz gilt als solcher, wenn jedes Intervall zwischen *Alarm-time* und *Needle time* berechnet werden konnte.

Komplette Datensätze für alle Zeitpunkte von *Alarm-time* bis *Needle-time* waren für 97 Patienten verfügbar. Da kein signifikanter Unterschied zwischen kompletten und inkompletten Datensätzen bestand (Tabelle 2 und Tabelle 3), wurde in der folgenden Arbeit mit kompletten Datensätzen gearbeitet.

Prozesszeit Intervall	Anzahl n	Median (IQR)	Mittelwert (\pm SD)
<i>Alarm-to-pickup</i>	97	28 (22-34)	29 (\pm 9)
<i>Pick-up-to-door</i>	97	14 (9-19)	15 (\pm 7)
<i>Door-to-imaging</i>	97	21 (15-29)	23 (\pm 11)
<i>Imaging-to-needle</i>	97	18 (10-36)	24 (\pm 18)

Tabelle 2: **Übersicht der Prozesszeiten kompletter Datensätze**

Prozesszeit Intervall	Anzahl n	Median (IQR)	Mittelwert (\pm SD)
<i>Alarm-to-pick-up</i>	107	28 (22-34)	30 (\pm 11)
<i>Pick-up-to-door</i>	106	13 (9-18)	14 (\pm 7)
<i>Door-to-imaging</i>	193	21 (14-29)	23 (\pm 14)
<i>Imaging-to-needle</i>	185	17 (10-32)	23 (\pm 19)

Tabelle 3: **Übersicht der Prozesszeiten inkompletter Datensätze**

Während der Datensammlung konnten folgende, in Tabelle 4 dargestellten Items, aufgrund Dokumentationslücken in Patientenakten oder lokalen Informationssystemen nicht erhoben werden.

Item	Fehlend (n)	Insgesamt (n)
mRS vor <i>Onset</i>	27	169
mRS bei Aufnahme	4	192
NIHSS bei Aufnahme	4	192
mRS bei Entlassung	4	192
NIHSS bei Entlassung	11	185
mRS nach drei Monaten	16	180

Tabelle 4: **Übersicht fehlender, nicht erhebbarer Scores in absoluten Zahlen**

2.4 Erfassung und Analyse weiterer Parameter und des funktionellen Outcomes

Weiterhin wurden folgende klinische Parameter erhoben:

- Neurologisches Defizit *anhand der National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)* bei Aufnahme sowie nach Entlassung
- Ausmaß der Behinderung anhand der *Modified Rankin Scale (mRS)* vor Auftreten des Schlaganfalls, bei Aufnahme und Entlassung sowie nach drei Monaten
- Verschlussort des zerebralen Gefäßes
- Kardiovaskuläre Risikofaktoren (arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Vorhofflimmern, Hyperlipidämie, Raucheranamnese, koronare Herzkrankheit, Zustand nach Schlaganfall)
- Ätiologie des Schlaganfalls anhand der TOAST-Klassifikation (makroangiopathisch, mikroangiopathisch, kardioembolisch, unklar)
- Komplikationen (intrakranielle Einblutung in das Infarktareal, Pneumonie, Herzinfarkt, symptomatische intrakranielle Blutung)

Bei Werten, die nicht genau erhoben werden konnten, erfolgte keine Rekonstruktion anhand vorhandener Informationen.

2.5 Standardisiertes Telefoninterview zur Erhebung des funktionellen Outcomes

Das funktionelle *Outcome* nach drei Monaten wurde anhand der mRS erhoben. Wenn keine geplante Wiedervorstellung drei Monate nach Schlaganfallereignis erfolgte oder diese nicht wahrgenommen werden konnte, erfolgte die Erhebung im Rahmen eines standardisierten Telefoninterviews.

Das auf drei Monate datierte Erhebungsintervall für die Erfassung des funktionellen *Outcomes* ist im Bereich der Schlaganfallforschung internationaler wissenschaftlicher Standard. Im Gegensatz zu der Erhebung des Patientenzustandes bei Entlassung erreicht das funktionelle Behandlungsergebnis nach drei Monaten einen stabilen Zustand, der nicht wesentlich von der Erhebung nach 12 Monaten abweicht.

Zu Beginn des Telefoninterviews wurden die Patienten oder Angehörige, bei denen keine schriftliche Einwilligung im stationären Aufenthalt erfolgen konnte, um ihre Einwilligung in die telefonische Befragung und anonymisierte Datennutzung gebeten.

Aufgrund schwerer neurologischer Beeinträchtigungen war es während des stationären Aufenthaltes oft nicht möglich, die schriftliche Einwilligung, im Hinblick auf die potenziell akute Belastungssituation nach einem Schlaganfall, einzuholen. In diesen Fällen wurde den Patienten eine Patienteninformation zu der Studie bei Entlassung mitgegeben. Die Patienteninformationen beinhaltete Informationen zur durchgeführten Studie, die durchgeführte Datenverwendung und Angaben und Rechte zum eigenen Datenschutz (siehe Anlage 6.2). Der Patient oder Angehörige hatte zu jeder Zeit das Recht und die Möglichkeit unter den angegebenen Kontaktdaten der Studienverantwortlichen die Einwilligung zu widerrufen. War der Patient oder Angehörige zwar bereit, die Fragen zu beantworten, war zeitlich allerdings verhindert, so wurde ein erneuter Termin für das Telefoninterview, möglichst in naher Zukunft, vereinbart.

Es ist zu ergänzen, dass die telefonische Befragung nur möglich war und als geltend betrachtet wurde, wenn der Patient oder Angehörige auf die Fragen antwortete und in diese einwilligte.

Bei bereits verstorbenen Patienten oder morbidem, nicht befragungsfähigen Patienten wurde durch Angehörige der mutmaßliche Patientenwille erfragt und das funktionelle *Outcome* nach drei Monaten durch Befragung dieser bestimmt.

Grundsätzlich umfasste das Telefoninterview einfache Fragen zum Gesundheitszustand des Patienten, die sich grob an der Abstufung der mRS orientierten. Es ist zu betonen, dass die Fragen nicht darauf abzielten, nähere persönliche Umstände des Patienten zu beleuchten und die Abfrage höchstens fünf Minuten in Anspruch nahm. Daher wurde auf ein gesondertes schriftliches Einverständnis verzichtet.

Für die Erhebung des funktionellen *Outcomes* wurde eine modifizierte Version des strukturierten Interviews nach Wilson [52] mit folgendem Ablauf genutzt:

„Guten Tag, Frau/ Herr ..., mein Name ist Hanna Celebi und ich bin medizinische Doktorandin des Universitätsklinikum Düsseldorf/ Marienhospital Düsseldorf/ LVR-Klinikum Düsseldorf und untersuche im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit, wie es Patienten mit einem Schlaganfall nach drei Monaten nach einer Behandlung bei uns im Haus geht.

Vor drei Monaten waren Sie/ war Ihr Angehöriger in der Neurologischen Klinik im Universitätsklinikum Düsseldorf/ Marienhospital Düsseldorf/ LVR-Klinikum Düsseldorf. Diese Befragung dient dazu, die Versorgung von Menschen mit Schlaganfällen zu untersuchen und hierdurch zu verbessern.

Wie geht es Ihnen heute nach dem überstandenen Schlaganfall?

Sind Sie damit einverstanden, wenn ich Ihnen zwei bis maximal sechs Fragen zu Ihrem jetzigen Gesundheitszustand stelle? Das wird maximal fünf Minuten in Anspruch nehmen. Und wären Sie darüber hinaus bereit, die medizinischen Daten, die während Ihres stationären Aufenthaltes erhoben wurden, für Forschungszwecke zur Verfügung zu stellen? Die Daten dieser Befragung und Ihrer Behandlung/ Behandlung Ihres Angehörigen werden anonymisiert ausgewertet und lassen keinen Rückschluss auf Ihre Identität oder die Identität Ihres Angehörigen zu.“

Nein – Ich bedanke mich für Ihre Zeit und wünsche Ihnen alles Gute. Auf Wiederhören.

Ja – Ich werde nun mit den Fragen bezüglich des Gesundheitszustandes beginnen (Abb. 3).

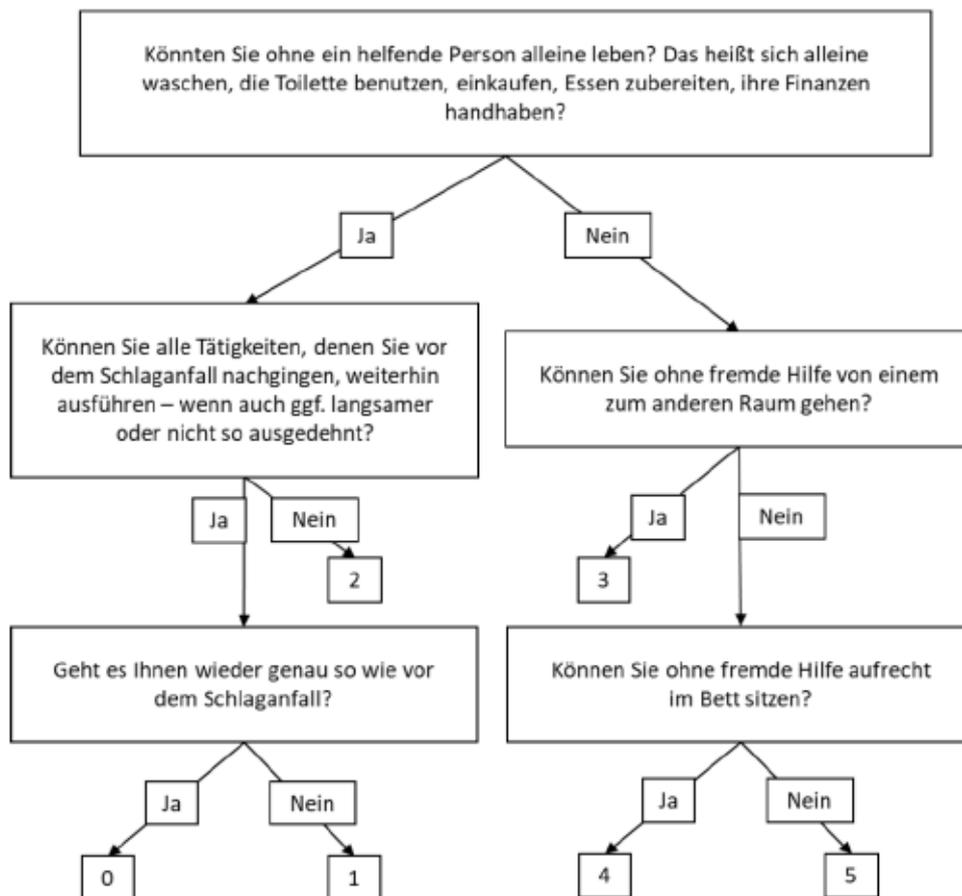


Abb. 3: Flussdiagramm des strukturierten Telefoninterviews nach Wilson

Wenn ersichtlich war, dass der Patient während des Telefoninterviews kognitiv nicht an der Befragung teilnehmen konnte, wurde eruiert, ob ein Angehöriger dies übernehmen oder bei der Befragung unterstützend zur Seite stehen kann. Falls kein Angehöriger anwesend war, wurde eine neue Kontaktaufnahme durch Studienleiter und Medizindoktorand unternommen. Falls nach erneuter Evaluation keine Angehörigen dies übernehmen konnten, wurde der mRS nach drei Monaten für diese Patienten nicht erhoben.

2.6 Ethische Aspekte

Die Beobachtungsstudie wurde durch eine Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf geprüft und bewilligt (Studiennummer: 2021-1494). Das positive Votum wurde am 15.06.2021 erteilt.

Grundsätzlich besteht bei der Erhebung von Studiendaten ein Datenschutzrisiko. Diesem wurde durch die frühestmögliche Anonymisierung begegnet.

2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS (Statistics Statistical Package for Social Science), Version 29.0.1.0, für Mac OS. Für die statistische Auswertung wurden deskriptive Statistiken zur Darstellung von Mittelwert, Median, Standardabweichungen und Interquartilenabständen verwendet.

Für die Analysen wurde die Verwendung des Median angestrebt, um starke Ausreißer innerhalb der Messreihen robuster zu begegnen. Interquartilsabstände werden in Klammern hinter dem Median eingefügt. Zur Darstellung der Mediane und Interquartilsabstände wurden Boxplots verwendet. Ausreißer, die unter drei Boxlängen außerhalb der Boxplot liegen werden als Kreise und welche über drei Boxlängen außerhalb der Boxplot liegen als Sterne markiert.

Um erhobene Parameter zueinander in Beziehung zu setzen, wurden im Rahmen von Korrelationsanalysen neben der Richtung des Zusammenhangs auch die Effektstärke untersucht. Bei nicht-normalverteilten und ordinalskalierten Variablen wurde der Spearman-Korrelationskoeffizient verwendet, bei normalverteilten, intervallskalierten Variablen der Pearson-Korrelationskoeffizient.

Für Mittelwertvergleiche zwischen nicht normalverteilten, ordinalskalierten Variablen wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Eine multivariate, lineare Regressionsanalyse wurde genutzt, um die Einflussfaktoren auf Prozesszeiten zu evaluieren. In dem Fall, dass die Berechnung signifikanten Ergebnisse ergab, wurden die Ergebnisse in der vorliegenden Studie benannt und diskutiert.

Ein Niveau von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant, ein Niveau von $p < 0,01$ als hochsignifikant angesehen. Die Testung erfolgte in allen Fällen zweiseitig.

Besonders auffällige und außerhalb der Reihe befindliche Datensätze wurden sorgfältig auf Plausibilität geprüft. Im Falle, dass berechnete Prozesszeiten unplausibel erschienen, beispielsweise bei Vorkommen negativer Zeitintervalle, wurden diese Werte von der Auswertung ausgeschlossen.

Alle Werte wurden übersichtshalber hinsichtlich Nachkommastelle auf- bzw. abgerundet.

2.8 Erstellung der Isochronen-Karte

Die Erstellung der Isochronen-Karte erfolgte mithilfe der Website <https://maps.openrouteservice.org/> (zugegriffen am 5.5.2022). Die Visualisierung erfolgte mit PowerPoint (Microsoft® PowerPoint für Mac, Version 16.69.1).

Für die Berechnung der Zeitvorteile wurden Isochronen mit 5-Minuten-Intervallen verwendet. Dazu wurde das Düsseldorfer Stadtgebiet in drei Teile eingeteilt, in deren Zentrum die jeweilige *Stroke-Unit* liegt. Diese wurde mit den Großbuchstaben A-C benannt. Kliniken, die mit einem kleinen Buchstaben versehen sind, stellen Krankenhäuser mit der Möglichkeit zur primären Diagnostik dar. Zahlen in den um die Großbuchstaben gefärbten Flächen geben den Zeitvorteil in Minuten an, der erreicht werden kann, wenn nicht die im Zentrum stehende *Stroke-Unit*, sondern die andere Klinik ohne *Stroke-Unit* angefahren wird. Befindet sich keine Zahl in den markierten Flächen, so besteht auch kein oder ein Zeitvorteil von weniger als fünf Minuten. Durch die fünf Minuten Intervallgrenze bedeutet die Zahl „5“ einen Zeitvorteil von 5 bis 9 Minuten, die Zahl „10“ einen Zeitvorteil von 10 bis 14 Minuten und die Zahl „15“ einen Zeitvorteil von 15 bis 19 Minuten.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs

In einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr (01. Juli 2021 – 01. Juli 2022) wurden 1710 Patienten durch den Rettungsdienst der Stadt Düsseldorf in eine der drei *Stroke-Units* des Düsseldorfer Stadtgebietes transportiert. In 704 Fällen bestätigte sich gemäß aktuell diagnostischen Empfehlungen der Leitlinie ein akuter ischämischer Schlaganfall. 196 dieser Patienten erhielten davon eine intravenöse Thrombolysetherapie (28%) mit Alteplase (rt-PA).

237 unter dem Verdacht eines Schlaganfalls transportierte Patienten hatten eine transitorisch ischämische Attacke. Weitere Diagnosen der unter dem Verdacht eines Schlaganfalls transportierten Patienten waren intrazerebrale, subarachnoidale oder subdurale Hirnblutung. Bei den übrigen Patienten wurde eine andere, schlaganfallähnliche Diagnose gestellt, die übergeordnet als *Stroke Mimic* bezeichnet werden.

Somit wurden für die Studie 1710 Patienten prospektiv erfasst, von denen 196 Patienten die Einschlusskriterien erfüllten. Von diesen 196 Patienten lag bei 180 Patienten ein mRS nach 3 Monaten vor. 97 Patienten hatten komplette Datensätze zur Prozesszeitenanalyse (Abb. 4).

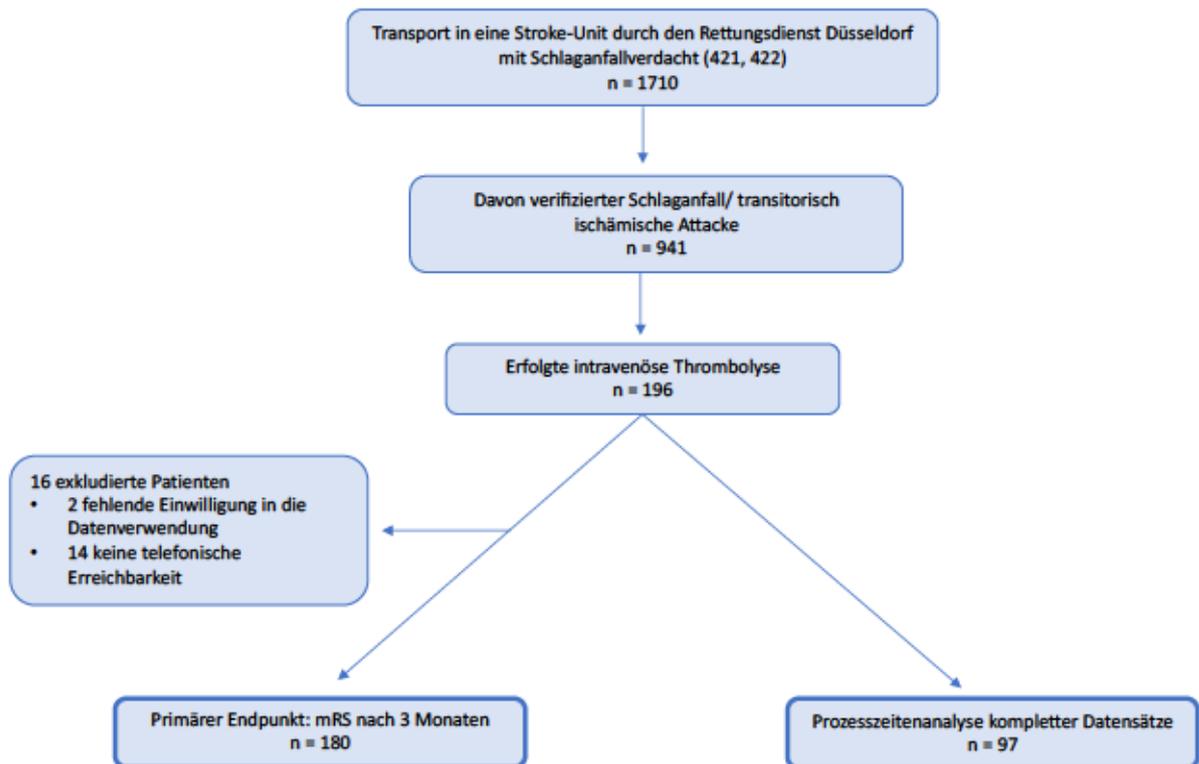


Abb. 4: Flussdiagramm der Studienpopulation

3.2 Allgemeine Merkmale des Patientenkollektivs

Das Durchschnittsalter zum Erhebungszeitpunkt lag bei 75 (62-82) Jahren. Der älteste Patient war 97, der jüngste 24 Jahre. Mit 115 Patienten (59%) überwog das männliche Geschlecht mit einem Durchschnittsalter von 72 (61-80) Jahren. Weiterhin waren 81 Frauen (41%) Teil der Kohorte, deren Durchschnittsalter 78 (66-87) Jahre betrug.

Der häufigste kardiovaskuläre Risikofaktor innerhalb der Studienpopulation war die arterielle Hypertonie (71%), gefolgt von Diabetes mellitus (27%) und Zustand nach Hirninfarkt (16%). Erfolgt die Aufteilung nach Geschlecht, so führte innerhalb beider Gruppen mit Abstand die arterielle Hypertonie als häufigster Risikofaktor an. An zweiter Stelle innerhalb der männlichen Gruppe stand die Dyslipidämie, unter Frauen Diabetes mellitus.

Die häufigste Infarkt­ätiologie unter therapierten Patienten stellte die unklare Ätiologie (41%) dar. An zweiter Stelle standen Vorhofflimmern (28%) und makroangiopathische Gefäßveränderungen (12%) (Tabelle 5).

Im Alter von über 80 Jahren war die häufigste Infarkt­ätiologie kardiale Embolien bei zugrundeliegendem Vorhofflimmern (46%).

Variable	Anzahl n
Alter	75* (62-82)
Geschlecht	
Weiblich	81 (41%)
Männlich	115 (59%)
Risikofaktoren	
Nicht vorhanden	20
Arterielle Hypertonie	139
Diabetes mellitus	52
Vorhofflimmern	47
Dyslipidämie	48
Nikotinabusus	36
Koronare Herzkrankheit	24
Zustand nach Schlaganfall	32
Nicht dokumentiert	1
Infarkt­ätiologie	
Makroangiopathie	23
Mikroangiopathie	20
Kardiale Embolie	55
Unklar	80
Paradoxe Embolie	7
Dissektion der ACl	1
Nicht dokumentiert	10

Tabelle 5: **Baseline characteristics der Studienpopulation**, Angabe in absoluten Zahlen und nachfolgend der gültigen Prozente, *Angabe als Median mit Interquartilsabstand in Klammern

3.3 Analyse der Rettungskette

Die Prähospitalphase beginnt ab Symptombeginn (*Onset*) oder Zuletzt-normal-gesehen-Zustand (*Last-seen-normal*). Nach Alarmierung der Rettungskräfte (*Alarm-time*) und Transport zur Zielklinik endet die Prähospitalphase mit Ankunft im Krankenhaus (*Door-time*).

Hier schließt sich die Intrahospitalphase an mit der Zeit bis zur Bildgebung (*Imaging-time*) und Thrombolyse (*Needle-time*) an. Vollständige Daten zu allen Zeitpunkten von *Alarm-* bis *Needle-time* waren für 97 Patienten verfügbar. Der Median der der Prähospitalphase (*Alarm-to-door-time*) betrug 43 (35-53) Minuten. Der Median der Intrahospitalphase (*Door-to-needle-time*) betrug 44 (28-62) Minuten (Abb. 5, Tabelle 6).

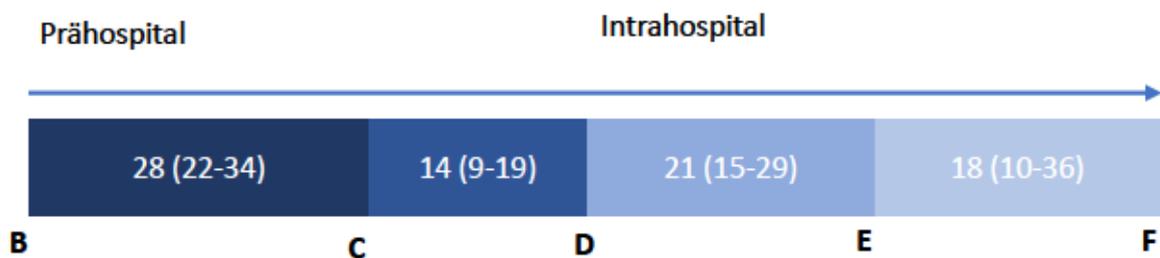


Abb. 5: **Prozesszeiten kompletter Datensätze (n = 97)**, Angabe als Median in Minuten, in Klammern der Interquartilenabstand, **B**: Alarm-time, **C**: Pick-up-time, **D**: Door-time, **E**: Imaging-time, **F**: Needle-time

Prozesszeit	Patientenzahl	Mittelwert und Standardabweichung	Median (IQR)
<i>Alarm-to-pick-up</i>	97	29 (\pm 9)	28 (22-34)
<i>Pick-up-to-door</i>	97	14 (\pm 7)	14 (9-19)
<i>Door-to-imaging</i>	97	23 (\pm 11)	21 (15-29)
<i>Imaging-to-needle</i>	97	24 (\pm 18)	18 (10-36)

Tabelle 6: **Prozesszeiten kompletter Datensätze**, angeben als Mittelwert mit Standardabweichung und Median mit Interquartilenabstand

3.3.1 Prähospitalphase

Unter dem präklinischen Schlaganfallcode „421 - Apoplex/ TIA/ Blutung in <6 h“ wurden 88% der Patienten (n = 173) in eine *Stroke-Unit* transportiert, mit dem Schlaganfallcode „422 - Apoplex/ TIA/ Blutung in 6-24 h“ 12% der Patienten (n = 23).

Die Mehrheit der Patienten wurde in Klinik 3 transportiert (81 Patienten, 41%), gefolgt von Klinik 1 (74 Patienten, 38%) und Klinik 2 (41 Patienten, 21%).

Variable	Anzahl (n)
IVENA-Code	
Apoplex/ TIA/ Blutung in <6 h	173 (88%)
Apoplex/ TIA/ Blutung in 6-24 h	23 (12%)
Schlaganfallzentrum	
Klinik 1	74 (38%)
Klinik 2	41 (21%)
Klinik 3	81 (41%)

Tabelle 7: **IVENA-Codierung und Anfahrt der Schlaganfallzentren in absoluten Zahlen**

Prähospitalzeiten unter Berücksichtigung des Symptombeginns

Im folgenden Abschnitt werden Symptombeginn und der Zuletzt-normal-gesehen-Zustand gesondert betrachtet.

Bei 83 Patienten war ein genauer Beginn der Symptome bekannt, während bei 10 Patienten der Zuletzt-normal-gesehen-Zustand (*Last-seen-normal*) dokumentiert wurde. Zwei dieser Patienten stellten sich mit *Wake-up Stroke* vor.

Um Verzerrungen zu vermeiden und möglichst präzise Zeitintervalle definieren zu können, sind im Folgenden die Berechnungen, in die Symptombeginn (*Onset*) und der Zuletzt-normal-gesehen-Zustand (*Last-seen-normal*) miteinfließen, separat berechnet.

Folgende weitere prähospitalen Zeitpunkte wurden betrachtet: Das Intervall von Eingehen des Notrufs bis der Rettungsdienst mit Patient abfahrbereit ist (*Alarm-to-pick-up-time*) sowie das Intervall bis zum Erreichen des Krankenhauses (*Pick-up-to-door-time*). Die beiden Zeitintervalle wurden im Folgenden auch unter *Alarm-to-door-time* zusammengefasst. Die mediane Dauer der *Alarm-to-pick-up-time* lag bei allen Patienten unabhängig ob *Onset*

bekannt oder *Last-seen-normal* bekannt bei 28 (22-34) Minuten und die *Pick-up-to-door-time* bei 14 (9-19) Minuten.

In der Gruppe der Patienten mit bekanntem Onset lag die mediane Dauer ab Symptombeginn (*Onset*) bis zur Alarmierung der Rettungskräfte (*Alarm-time*) bei 17 (8-67) Minuten. Hinweise darauf, dass eine schnellere Alarmierung der Rettungskräfte bei einer stärkeren Ausprägung der Schlaganfallsymptome erfolgte, lagen nicht vor. Das Intervall *Alarm-to-pick-up-time* betrug im Median 28 (22-34) Minuten, das Intervall *Pick-up-to-door-time* betrug 13 (9-19) Minuten (Abb. 6, Tabelle 8).

Prähospital



Abb. 6: **Prähospitale Zeiten von Patienten mit Angabe des Onset**, Angabe als Median in Minuten mit Interquartilenabstand, A: *Onset*, B: *Alarm-time*, C: *Pick-up-time*, D: *Door-time*

Prozesszeit	Patientenzahl	Mittelwert und Standardabweichung in Minuten	Median (IQR) in Minuten
<i>Onset-to-alarm</i>	83	47 (\pm 61)	17 (8-67)
<i>Alarm-to-pick-up</i>	83	29 (\pm 9)	28 (22-34)
<i>Pick-up-to-door</i>	83	15 (\pm 7)	13 (9-19)

Tabelle 8: **Prähospitale Zeiten von Patienten mit angegebenem Onset**

Bei Patienten mit Zuletzt-normal-gesehen-Zustand, lag das Intervall zwischen *Last-seen-normal* und *Alarm-time* im Median bei 364 (128-1153) Minuten. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich prähospitaler Transportzeiten, wenn der

Symptombeginn nicht genau definiert werden konnte (*Alarm-to-pick-up-time* $p = 0,628$; *Pick-up-to-door-time* $p = 0,785$) (Abb. 7, Tabelle 9).

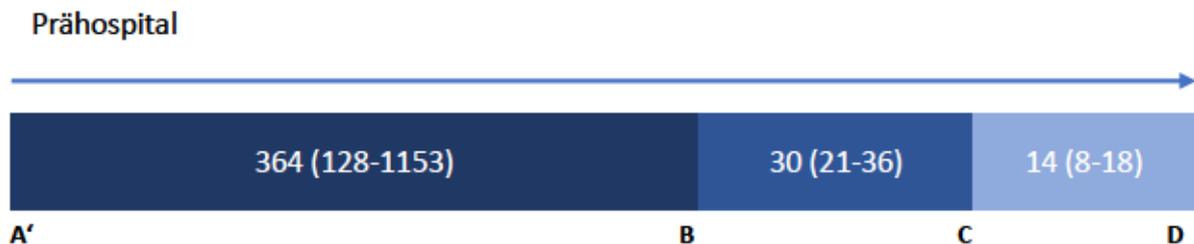


Abb. 7: **Prähospitale Zeiten von Patienten mit angegebenem *Last-seen-normal***, Angabe als Median in Minuten mit Interquartilenabstand, A': *Last-seen-normal*, B: *Alarm-time*, C: *Pick-up-time*, D: *Door-time*

Prozesszeit	Patientenzahl	Mittelwert und Standardabweichung in Minuten	Median (IQR)
<i>Last-seen-normal-to-alarm</i>	10	638 (\pm 619)	364 (128-1153)
<i>Alarm-to-pick-up</i>	10	30 (\pm 11)	30 (21-36)
<i>Pick-up-to-door</i>	10	14 (\pm 7)	14 (8-18)

Tabelle 9: **Prähospitale Zeiten von Patienten mit angegebenem *Last-seen-normal***

Insgesamt ergab sich somit bei den Patienten mit bekanntem Symptombeginn unter Einschluss der Zeit von Symptombeginn bis zur Alarmierung eine Prähospitalzeit von 58 Minuten, die eine Behandlung eines Großteils der Patienten innerhalb der *Golden Hour* des Schlaganfalls als unwahrscheinlich erscheinen lässt.

Zeitintervall Alarmierung bis Ankunft Krankenhaus

Um die Einflussgrößen auf die *Alarm-to-door-time* zu untersuchen, wurde eine multivariate lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Eingeschlossene Prädiktoren bezüglich der *Alarm-to-door-time* war das Alter, Transportuhrzeit, angefahrene Klinik, Aufnahme-NIHSS sowie -mRS.

Insgesamt ist das erstellte Modell signifikant ($p = 0,009$) und erklärt 19,3% der Varianz ($R^2 = 0,193$). Einen signifikanten Einfluss auf die *Alarm-to-door-time* hatte das Alter ($p = 0,007$, Spearman-Rho 0,354). Pro Lebensjahr steigt die *Alarm-to-door-time* um durchschnittlich 0,306 Minuten an ($B = 0,306$).

3.3.2 Intrahospitalphase

Die Intrahospitalphase beginnt mit der Ankunft des Patienten an der Zielklinik und der nachfolgenden Übergabe des Patienten durch das Rettungspersonal. Der primäre Endpunkt war der Beginn der Thrombolysetherapie. Die *Door-to-imaging-time* betrug im Median 21 (15-29) Minuten. Die *Imaging-to-needle-time* betrug 18 (10-36) Minuten.

Die durchschnittliche Zeit der Intrahospitalphase (*Door-to-needle-time*) betrug 44 (28-62) Minuten. Die schnellste *Door-to-needle-time* lag bei 9 Minuten, die längste bei 117 Minuten (Tabelle 5). 83% der Patienten wurden in einem Zeitfenster von 4,5 Stunden lysiert, 13% der Patienten wurden im erweiterten Zeitfenster lysiert. Bei 4% der Patienten konnte die *Onset-to-needle-time* nicht ermittelt werden.

Zeitintervall Ankunft Notaufnahme bis zerebrale Bildgebung

Die Zeit von Ankunft in der Notaufnahme bis zur primären Bildgebung wird als *Door-to-imaging-time* bezeichnet und beinhaltet die Übergabe des Rettungs- oder Notarztdienstes an das Krankenhauspersonal, die klinische Untersuchung durch das Krankenhauspersonal, die Erhebung des NIHSS sowie mRS und die Indikationstellung für eine zerebrale Bildgebung, wenn sich der Verdacht auf einen Schlaganfall erhärtet.

Die durchschnittliche Zeit von Ankunft bis Bildgebung betrug im Median 21 Minuten (15-19).

Insgesamt wurde in 83% der Fälle die CT genutzt, in 17% die MRT.

Patienten, die eine MR-Bildgebung erhielten, hatten im Rahmen von Mittelwertvergleichen eine signifikant längere *Door-to-imaging-time* als Patienten, die eine CT-Bildgebung erhielten (Mann-Whitney-U = 475,000; $p < 0,001$) (Abb. 8, Tabelle 10).

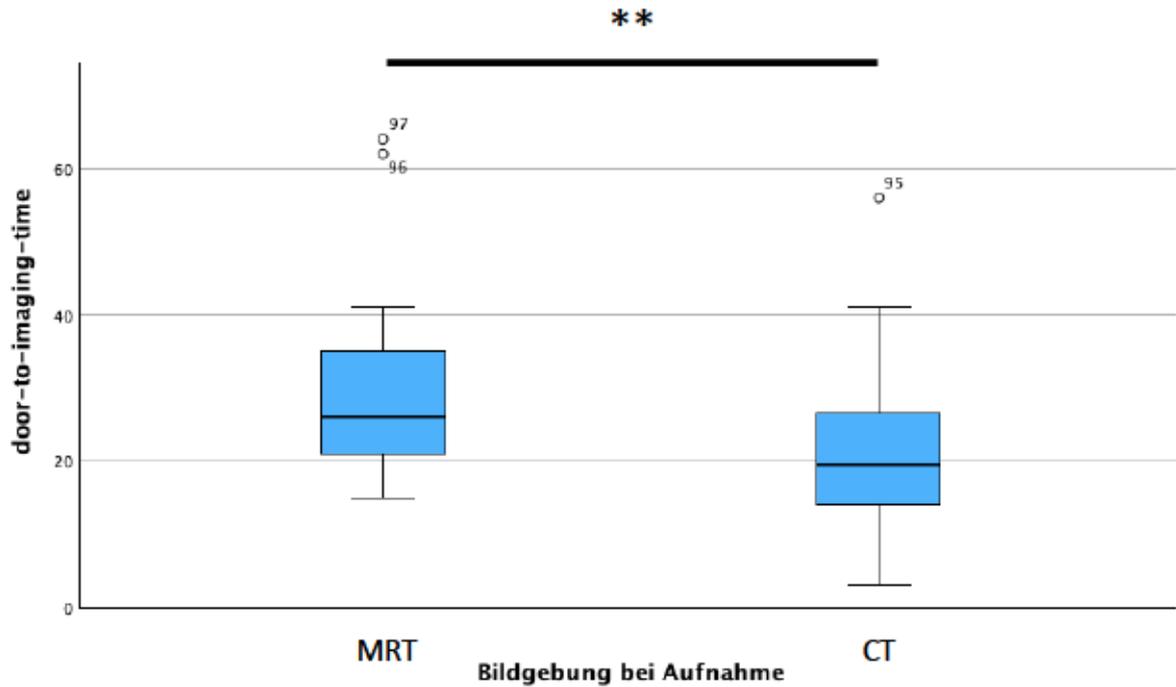


Abb. 8: *Door-to-imaging-time* bei Nutzung des MRTs (n=28) und CTs (n=159), Mann-Whitney-U Test, ** = $p < 0,001$

Item	MR-Bildgebung	CT-Bildgebung
Initial zerebrale Bildgebung	28 (17%)	159 (83%)
Sicher bestimmbarer Symptombeginn		
Ja	21	134
Nein	7	25
Verschlussort	1	3
A. carotis interna	0	3
Carotis-T	11	13
M1	6	14
M2	0	3
Vertebralis	0	2
Basilaris	6	14
Andere	0	6

Tabelle 10: **Symptombeginn und Verschlussort in den Patientengruppen getrennt nach Initialbildgebung MRT und CT**

Zeitintervall Bildgebung bis Thrombolysebeginn

Nach der bildmorphologischen Bestätigung des Schlaganfalls besteht das Ziel in einer möglichst schnellen Initiierung der intravenösen Thrombolyse. Die durchschnittliche Zeit von Bildgebung bis zum Beginn der Thrombolyse lag bei durchschnittlich 18 (10-36) Minuten. Die schnellste *Imaging-to-needle-time* lag bei einer Minute, die längste bei 76 Minuten.

Die Patienten, die eine CT-Bildgebung bei Aufnahme erhielten, wiesen eine signifikant kürzere *Imaging-to-needle-time* auf als die Patienten, die eine MR-Bildgebung erhielten (Mann-Whitney-U = 340,500, $p < 0,001$) (Abb. 9).

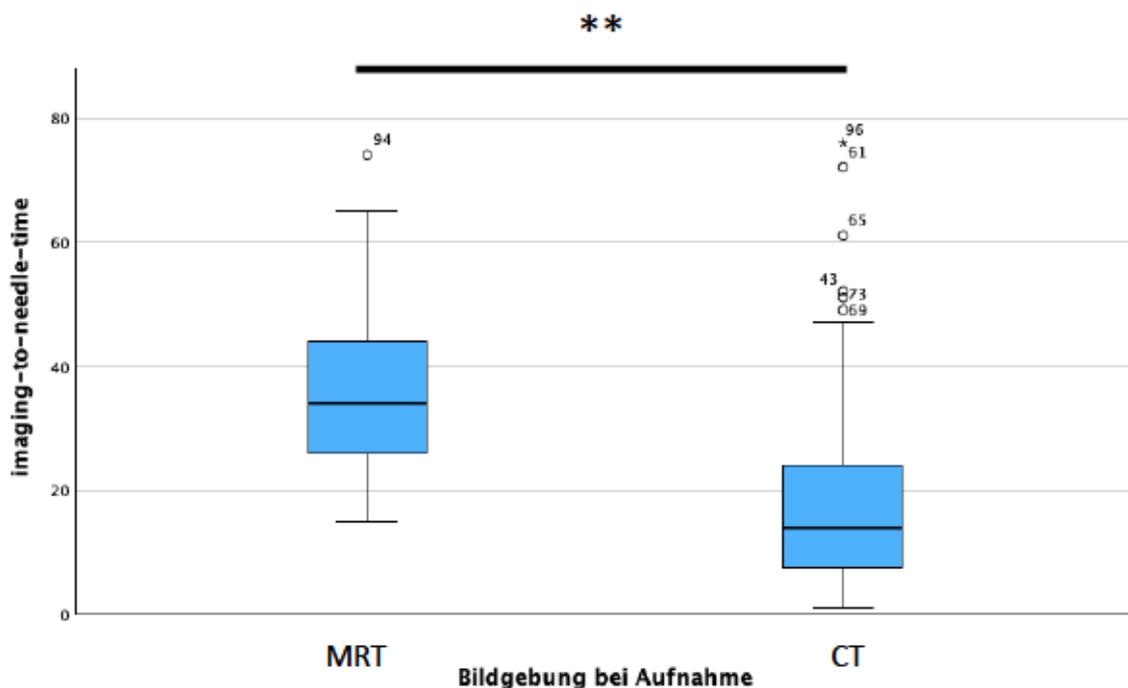


Abb. 9: *Imaging-to-needle-time* bei Nutzung des MRTs (n=28) und CTs (n=159), Mann-Whitney-U Test, ** = $p < 0,001$.

Patienten, die über 80 Jahre alt waren, hatten eine signifikant längere *Imaging-to-needle-time* als jüngere Patienten (22 Minuten (12-43) vs. 15 Minuten (7-25)) (Mann-Whitney-U = 741,000, $p = 0,006$).

3.4 Korrelationsanalysen

3.4.1 Korrelationen zwischen klinischen Parametern

Der Median des NIHSS bei Aufnahme bei lysierten Patienten ($n = 180$) lag bei 7 Punkten (5-13). Nach Entlassung lag der NIHSS-Median von 180 erhobenen Patienten bei 2 Punkten (0-6).

Der prämorbid mRS wies einen durchschnittlichen Wert von 0 (0-1) auf, bei Aufnahme betrug dieser 4 (3-4) und bei Entlassung durchschnittlich 2 (1-4) Punkte (Abb. 10).

Ein höherer prämorbid mRS vor Onset war mit einem höheren mRS bei Entlassung assoziiert (Spearman-Rho 0,528, $p < 0,001$).

Der prämorbid mRS wies ebenfalls eine starke, hochsignifikante Korrelation mit dem mRS nach drei Monaten auf (Spearman-Rho 0,642, $p < 0,001$).

Zwischen dem mRS bei Aufnahme und bei Entlassung und dem mRS nach drei Monaten bestand ebenfalls ein starker, hochsignifikanter Zusammenhang (bei Aufnahme: Spearman-Rho = 0,511, $p < 0,001$, bei Entlassung: Spearman-Rho = 0,762, $p < 0,001$).

Zwischen dem Alter der Patienten und dem mRS bei Aufnahme (Spearman-Rho = 0,199, $p = 0,006$) und bei Entlassung/ nach sieben Tagen (Spearman-Rho = 0,277, $p < 0,001$) war eine schwache, signifikante und hochsignifikante Korrelation zu erkennen.

Es bestand eine starke Korrelation zwischen dem Alter und dem mRS nach drei Monaten (Spearman-Rho 0,349, $p < 0,001$). Je älter die Patienten waren, desto schlechter fiel der mRS nach 3 Monaten aus.

Der NIHSS bei Aufnahme und bei Entlassung wies ebenfalls eine starke Korrelation mit dem mRS nach drei Monaten auf (bei Aufnahme: Spearman-Rho = 0,515, $p < 0,001$, bei Entlassung: Spearman-Rho 0,681, $p < 0,001$).

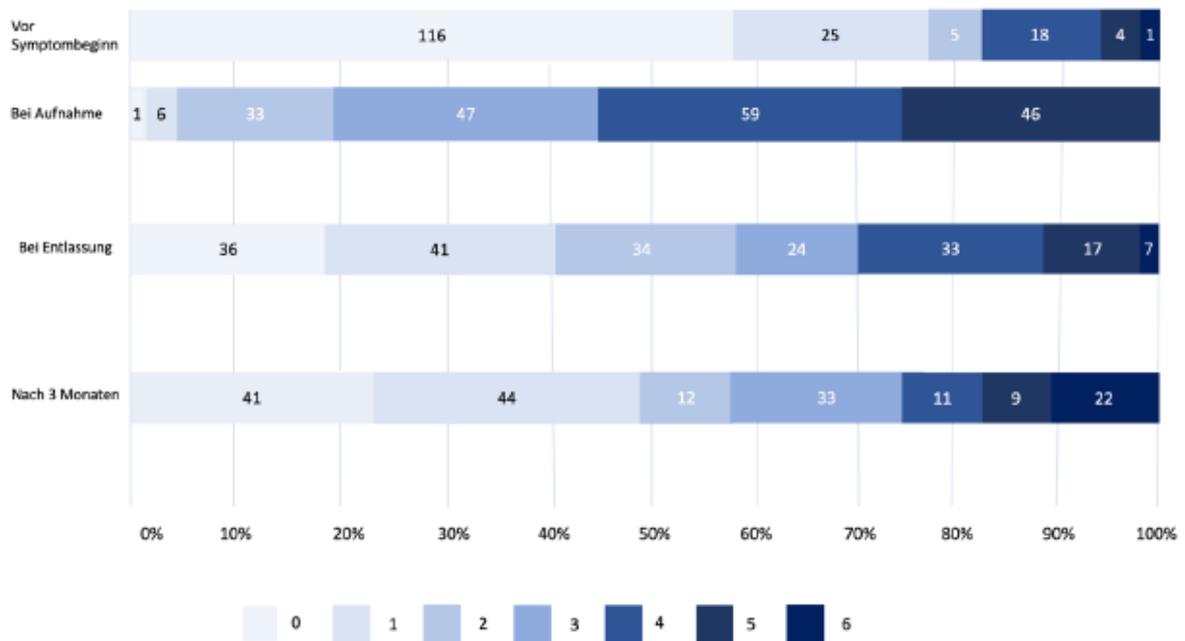


Abb. 10: **mRS-Verteilung aller lysierten Patienten (n= 196) vor Symptombeginn, bei Aufnahme, bei Entlassung und nach 3 Monaten;** Zahlen neben den Kästchen entsprechen dem mRS

3.4.2 Einfluss der klinischen Parameter auf die Prozesszeiten

Es bestand eine schwache, signifikante positive Korrelation zwischen dem NIHSS bei Aufnahme und der *Alarm-to-pick-up-time* (Spearman-Rho = 0,298, $p = 0,002$) und dem mRS bei Aufnahme und der *Alarm-to-pick-up-time* (Spearman-Rho = 0,277, $p = 0,004$). Die *Onset-to-needle-time* zeigte hinsichtlich des NIHSS bei Aufnahme einen schwachen, negativ signifikanten Zusammenhang (Spearman-Rho = -0,177, $p = 0,017$).

3.5 Einfluss von Prozesszeiten auf Komplikationen

Eingeschlossene Komplikationen umfassen das postthrombolytische Auftreten einer parenchymalen Blutung Typ 1 und 2, einer Pneumonie, Subarachnoidalblutung, eines Herzinfarktes oder einer symptomatisch intrakraniellen Blutung.

Innerhalb der Patientenpopulation traten bei 19 Patienten (10%) Komplikationen auf. Die häufigste Komplikation stellt die Pneumonie da, diese trat bei 11 Patienten (6%) auf (Tabelle 11).

Komplikation	Patientenzahl n
Parenchymale Blutung	
Typ 1	2 (1%)
Typ 2	6 (3%)
Pneumonie	11 (6%)
Herzinfarkt	0
Subarachnoidalblutung	5 (3%)
Symptomatisch intrakranielle Blutung	6 (3%)

Tabelle 11: **Komplikationen nach erfolgter Thrombolyse**

Mit dem Auftreten einer symptomatisch intrakraniellen Blutung nach Intervention zeigten folgende Scores eine positive Korrelation:

- NIHSS bei Entlassung (Spearman-Rho = 0,210, p = 0,005)
- mRS vor Onset (Spearman-Rho = 0,177, p = 0,021)
- mRS bei Entlassung und sICH (Spearman-Rho = 0,194, p = 0,007)
- mRS nach drei Monaten und sICH (Spearman-Rho = 0,185, p = 0,013)

Score	Auftreten von sICH	Kein Auftreten von sICH
mRS vor Symptombeginn	1	0
mRS bei Aufnahme	4	3
mRS bei Entlassung	4	2
mRS nach 3 Monaten	5	2
NIHSS bei Aufnahme	13	6
NIHSS bei Entlassung	15	2

Tabelle 12: **Durchschnittliche Werte nach Auftreten einer sICH (Median)**

Hinweise darauf, dass eine Pneumonie häufiger bei Patienten mit einer symptomatischen intrakraniellen oder parenchymalen Blutung auftreten, zeigten sich bei den vorliegenden Daten nicht. Auch bestand keine Korrelation zwischen den erhobenen Risikofaktoren und genannten Komplikationen.

Patienten mit Komplikationen hatten einen signifikant höheren NIHSS (Mann-Whitney-U= 601,500, $p < 0,001$) und mRS nach Entlassung (Mann-Whitney-U = 813,500, $p < 0,001$). Patienten mit Komplikationen hatten einen signifikant höheren mRS vor Onset (Mann-Whitney-U = 381,500, $p = 0,025$).

Es fanden sich keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen den inkludierten Prozesszeiten und dem Auftreten von Komplikationen.

3.6 Analyse der Versorgungswege durch Isochronen

Aufgrund von langen prähospitalen Prozesszeiten, der Korrelation der Prozesszeiten mit dem Alter und der Schlaganfallschwere und der damit verbundenen Schwierigkeit, Patienten innerhalb der *Golden Hour* zu behandeln, wurde eine Analyse der Wegezeiten durchgeführt und nach Alternativen gesucht, um die prähospitalen Prozesszeiten zu verkürzen.

Mithilfe von Isochronen ist es möglich, Gebiete mit gleicher Wegezeit und unterschiedlicher Entfernung zu einem gewählten Ziel zu bestimmen.

Mithilfe der Analyse konnten in Düsseldorf Regionen identifiziert werden, in denen die Fahrt zur Bildgebung und Initiierung der Thrombolyse statt direkt in ein Schlaganfallzentrum, sondern in eine andere Klinik Zeitvorteile bis zu 20 Minuten erzielt (Abb. 11).

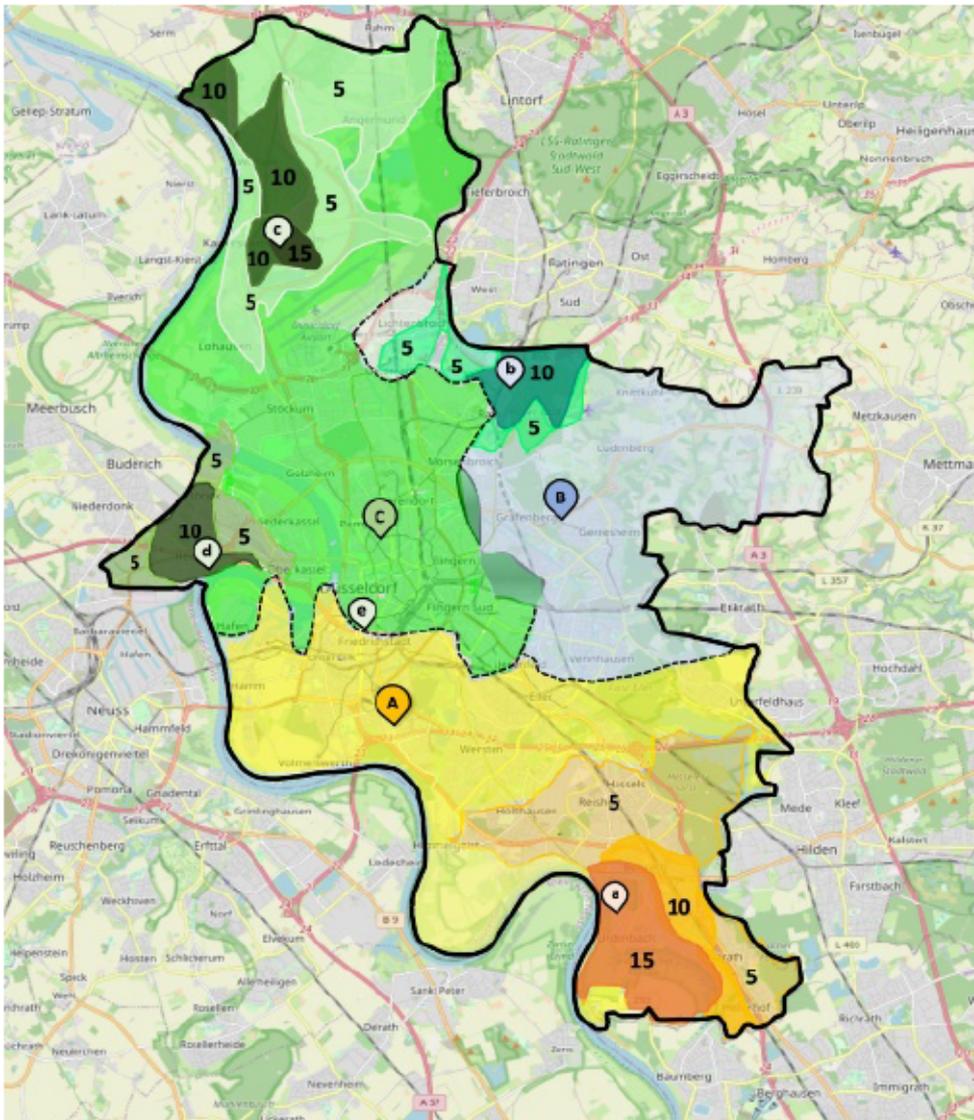


Abb. 11: **Isochronen-Karte Düsseldorf** [53]; Großbuchstaben zeigen die Schlaganfallzentren, kleine Buchstaben zeigen alternative Kliniken mit Bildgebungsmöglichkeiten zur Einbindung in ein telemedizinisches System. Die Zahlen geben den Zeitvorteil in 5 Minutenintervallen an, den ein Transport in die jeweiligen Regionen in eine Kliniksnotaufnahme zur Notfallbildgebung und Initiierung der Thrombolyse gegenüber Transport in die jeweilige Klinik mit Stroke-Unit erbringen würden

3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die in der prospektiven Beobachtungsstudie analysierte Rettungskette im urbanen Raum Düsseldorfs zeigt, dass das bestehende Konzept der akuten Schlaganfallversorgung bereits zufriedenstellende Ergebnisse, angelehnt an internationale Prozesszeitempfehlungen, aufweist. Es besteht jedoch auch Verbesserungspotential hinsichtlich der Transportketten und intrahospitalen Abläufe.

49% der Prozesszeit entfallen auf die Prähospitalphase mit einer durchschnittlichen Dauer von 44 Minuten, 51% entfallen auf die Intrahospitalphase mit einer durchschnittlichen Dauer von 43 Minuten. Empfehlungen bezüglich der *Door-to-needle-time* innerhalb von 60 Minuten eine intravenöse Thrombolysetherapie einzuleiten, wird derzeit im Median mit 44 (18-62) Minuten der drei *Stroke-Units* zusammengefasst, erreicht, wobei das 75. Perzentil bei 62 Minuten liegt.

Dennoch sollten Bestrebungen, die Prozesszeiten weiterhin zu verbessern, unternommen und Konzepte etabliert werden, die einerseits einen frühzeitigen Kontakt zu Schlaganfallexperten sichern und andererseits eine schnelle Diagnostik und Einleitung einer geeigneten Therapie sicherstellen. In Düsseldorf könnte ein innovatives telemedizinisches Versorgungskonzept Transportzeiten relevant verkürzen.

4 Diskussion

Um die Akutphase in der Behandlung von Schlaganfallpatienten so kurz wie möglich zu halten, müssen prä- und intrahospitale Prozesse so konzipiert sein, dass ein Schlaganfallpatient mit höchster Priorität einer rekanalisierenden Therapie zugeführt wird. Bestrebungen, Prozesszeiten kontinuierlich zu verbessern, sollte Ziel der akuten Schlaganfallversorgung sein. Auf Basis dieser Auswertungen wird die Anwendung eines telemedizinischen Konzeptes diskutiert.

4.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs

Innerhalb des Ein-Jahres-Zeitraum von Juli 2021 bis Juli 2022 wurden 1710 Patienten durch die Feuerwehr Düsseldorf transportiert und unter einem bestimmten präklinischen Schlaganfall-Code in eine der drei Düsseldorfer *Stroke-Units* eingeliefert. Von diesen Patienten wurde bei 941 Patienten ein Schlaganfall oder transitorisch ischämische Attacke diagnostiziert. Basierend auf der jährlichen Inzidenz des Schlaganfalls in Deutschland, die mit 180 pro 100.000 Einwohnern angegeben wird, liegt die Inzidenz in Düsseldorf bei schätzungsweise 1100 Patienten pro Jahr.

Obwohl in dieser Studie nur durch den Rettungsdienst nach Anmeldung über IVENA transportierte Patienten eingeschlossen wurden, konnten wir nach unserer Hochrechnung einen großen Anteil der Schlaganfallpatienten in Düsseldorf erfassen. Weiterhin konnten wir nachweisen, dass ein großer Teil der Schlaganfallpatienten über das IVENA-System im Rahmen einer strukturierten Notfallversorgung angemeldet und auch gemäß den Leitlinien in neurologischen Kliniken mit Schlaganfallstationen versorgt wird.

Die Verwendung einer präklinischen Schlaganfallcodierung sowie der hoch zu priorisierende Transport wirken sich vorteilhaft auf ein frühes Erreichen der *Stroke-Unit* aus [54]. Erfreulicherweise besteht in Düsseldorf bereits seit 2020 die Möglichkeit, mithilfe des IVENA-Systems eine Vernetzung zwischen Präklinik und Klinik zu schaffen und somit auch Schlaganfallpatienten in der Zielklinik anzukündigen. Weiterhin wirkt sich eine

Voranmeldung von betroffenen Patienten vorteilig auf die später diskutierte *Door-to-needle-time*, also den intrahospitalen Abläufen aus [55].

Die in der vorliegenden Studie erfassten Patienten wurden in 88% der Fälle unter dem Schlaganfallcode „421 – Apoplex/ TIA/ Blutung in <6 h“ transportiert, ein hoch zu priorisierender Code, da der Patient als potenzieller Thrombolysekandidat im 4,5-Stunden-Zeitfenster gilt.

47% der Patienten erreichten innerhalb der ersten Stunde nach Symptombeginn, 90% innerhalb der ersten drei Stunden und 98% innerhalb 4,5 Stunden die Zielklinik. Eine vergleichbare Analyse von 10 europäischen Schlaganfallzentren aus dem Jahr 2013 erfasste einen Anteil von 29% der Patienten, die das Krankenhaus innerhalb der ersten Stunde nach Symptombeginn erreichten und 94%, die innerhalb 3 Stunden eintrafen [56].

Somit zeigt die vorliegende Arbeit, dass die zeitgerechte Versorgung von Patienten in Düsseldorf bereits auf einem hohen Niveau erfolgt, besonders aber der Anteil an Patienten, die innerhalb der ersten Stunde nach Symptombeginn eintreffen, noch gesteigert werden kann.

Innerhalb der Studienpopulation wurden mehr Männer (59%) als Frauen (41%) therapiert, was auch dem Ergebnis internationalen Studien entspricht. Frauen erleiden allerdings aufgrund der höheren Lebenserwartung prozentual mehr Schlaganfälle [57].

Das Durchschnittsalter der weiblichen Kohorte liegt bei 78 (66-87) Jahren, Männer sind im Durchschnitt 4 Jahre jünger (Median 74 (61-80) Jahre). Diese Feststellung deckt sich mit Erkenntnissen weiterer Studien, dass Frauen ein höheres Alter während des ersten Schlaganfalls aufweisen als Männer [58].

Der Median des Alters der untersuchten Kohorte liegt bei 75 Jahren, was der Tatsache der altersabhängigen Inzidenz entspricht. Außerdem konnten wir feststellen: Je älter die Patienten innerhalb der Studienpopulation waren, desto stärker waren die Schlaganfallsymptome bei Aufnahme, bei Entlassung und nach drei Monaten. Dies verdeutlicht, dass das Alter ein prognostischer Faktor für den Schweregrad der klinischen Symptomatik sowie für das funktionelle *Outcome* nach drei Monaten ist [59]. Dennoch

konnten Analysen zeigen, dass die Thrombolyse auch bei älteren Patienten eine effektive Behandlung darstellt [59, 60].

4.2 Prähospitalphase

Ab Symptombeginn vergehen im Median 17 Minuten, bis die Rettungskräfte alarmiert werden (*Onset-to-alarm-time*), was damit den Beobachtungen einer vergleichbaren Studie entspricht [54]. Unternehmungen, das Zeitintervall zu verkürzen, bestehen in bevölkerungsnahen Aufklärungskampagnen, die Bewusstsein für die zeitkritische Erkrankung und spezifische Symptome schaffen. In Düsseldorf sind diese beispielsweise durch die „Düsseldorfer Initiative gegen den Schlaganfall“ verbreitet und sorgen zunehmend für ein verbessertes Bewusstsein innerhalb der Bevölkerung.

Von *Alarm-* bis *Pick-up-time* vergehen im Median 28 (22-34) Minuten. Das Intervall beinhaltet neben dem Ausrücken der Rettungskräfte, die Ankunft und die fokussierte neurologische Erstuntersuchung sowie das Einladen des Patienten in das Rettungsfahrzeug. Unsere Daten zeigen, dass verlängerte Prähospitalzeiten mit einer höheren Schlaganfallschwere bei Aufnahme sowie mit dem Alter der Patienten korreliert sind. Ursache kann eine aufwendigere Versorgung von schwer betroffenen oder älteren Patienten sein. Im Falle der Korrelation zwischen verlängerten Prähospitalzeiten und höherer Schlaganfallschwere ist auch ein Fortschreiten der Schlaganfallsymptomatik im Rahmen der verlängerten Prähospitalphase als Ursache vorstellbar. Eine ähnliche Korrelation ergibt sich zwischen der Dauer der Prähospitalzeit und dem Grad der Behinderung nach 3 Monaten.

Bemerkenswerterweise scheint sich die reine Transportzeit, *Pick-up-to-door-time*, in den untersuchten Gruppen dieser Studie nicht zu unterscheiden. Die mediane Dauer liegt bei 14 (9-19) Minuten.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass mit 65% der größte Teil der Prähospitalphase auf die *Alarm-to-pick-up-time* entfällt. Diese zeigte direkte Zusammenhänge mit dem funktionellen *Outcome*, so dass eine fortlaufende Reduktion von Prozesszeiten sinnvoll

erscheint. Zukünftige Optimierungsansätze könnten bereits in der präklinischen Phase mithilfe telemedizinischer Netzwerke erfolgen.

4.3 Intrahospitalphase

Die aktuelle Schlaganfallleitlinie in Deutschland empfiehlt eine unmittelbare zerebrale Bildgebung innerhalb der ersten Stunde nach Ankunft des Patienten. Die in der vorliegenden Studie erhobene mittlere Dauer von Ankunft bis Bildgebung liegt bei 21 (15-19) Minuten. Insgesamt wurden 98% der Patienten innerhalb von 60 Minuten nach Ankunft einer initialen zerebralen Bildgebung zugeführt, womit die innerklinische Versorgung bis zur Bildgebung insgesamt als zufriedenstellend zu bewerten ist.

Im internationalen Vergleich allerdings empfiehlt die amerikanische Leitlinie der *American Heart Association*, dass 50% der potenziellen Thrombolysekandidaten innerhalb 20 Minuten einer Bildgebung zugeführt werden sollten [61]. In der vorliegenden Studie erhielten nur 43% der Schlaganfallpatienten eine Bildgebung 20 Minuten nach Ankunft.

Trotz der Tatsache, dass die vorliegende Studie die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Schlaganfall weitestgehend erfüllt, wird dennoch im internationalen Vergleich deutlich, dass weiterhin Optimierungsbedarf hinsichtlich einer effizienteren Schlaganfallversorgung besteht.

Grundsätzlich zeigten sich in der Intrahospitalphase kürzere Prozesszeiten sowohl bei der *Door-to-imaging-* als auch bei der *Imaging-to-needle-time* bei Patienten, die Bildgebung mit einer CT erhielten im Vergleich zu Patienten, die ein MRT erhielten. Diese Beobachtung ist mit Vorarbeiten vergleichbar [62, 63]. Die CT ist daher zur Akutbildgebung im hier vorliegenden Falle besonders geeignet. Zu beachten ist allerdings, dass die MRT in 33% bei Patienten mit unklarem Zeitfenster oder im Falle eines *Wake-Up-Stroke*s eingesetzt wurde [28]. Ob die CT hier auch eingesetzt werden kann ist Gegenstand aktueller Forschung [64]. Es existieren jedoch auch Arbeiten, die keinen Einfluss der Bildgebungsmodalität auf die Prozesszeiten finden konnten [65, 66]. Hinsichtlich der Prozesszeiten sollte der Einsatz der CT weiterhin als primär angestrebte Bildgebung beim akuten Schlaganfall angesehen werden.

Weiterhin fand sich in der Intrahospitalphase eine Latenz von 21 Minuten zwischen Ankunft des Patienten im Krankenhaus und Bildgebung. In dieser Zeit findet eine neurologische Untersuchung sowie Abklärung von Kontraindikationen zur Thrombolyse statt. Durch eine Videokonsultation und eine in dem Rahmen durchgeführte neurologische Untersuchung erwarten wir eine Verkürzung dieses Zeitintervalls, da die Untersuchung und Abklärung von Kontraindikationen schon zum Großteil im Rahmen der Videokonsultation erhoben werden könnte.

Das Zeitintervall zwischen Bildgebung und Applikation der Thrombolyse betrug 18 Minuten. Da eine Applikation der Thrombolyse möglichst auf dem CT-Tisch direkt nach der nativen CT-Bildgebung erfolgen sollte, ist eine Latenz von im Median 18 Minuten unerwartet, entspricht aber Werten in bereits publizierten Studien [67, 68].

Es fiel in den analysierten Daten auf, dass bei älteren Patienten (über 80 Jahre) die *Imaging-to-needle-time* länger war im Vergleich zu jüngeren Patienten. Ähnlich verlängerte Prozesszeiten fanden sich bei der älteren Patientengruppe auch in der präklinischen Phase. Über die Ursachen kann aktuell nur spekuliert werden. Vorstellbare Gründe sind die im höheren Alter zunehmende Multimorbidität, die Entscheidungsprozesse verlangsamen kann und weitere Diagnostik verlangt [69]. Daneben könnten auch Aspekte wie Mobilität im Alter eine Rolle spielen, die im Rahmen eines Schlaganfalls schlechter kompensiert werden kann.

4.4 Outcome nach ischämischem Schlaganfall

Unsere Analysen zeigen, dass prämorbid Scores sowie erhobene Scores bei Aufnahme ein Prädiktor für das *Outcome* von Schlaganfallpatienten nach drei Monaten sein können. Es besteht ein deutlicher, signifikanter Zusammenhang zwischen dem erhobenen funktionellen Status des Patienten bei Aufnahme sowie bei Entlassung und zwischen dem prämorbidem mRS und dem funktionellen *Outcome* nach drei Monaten. Dieser Befund entspricht Berichten aus Registern mit über 7000 Patienten [9] und konnte auch bei Patienten nach Thrombektomie nachvollzogen werden [10]. Blutungen waren in einer anderen Studie allerdings nicht die Ursache für die auch dort beobachteten Korrelation zwischen vorbestehender Behinderung und schlechterem *Outcome* nach Thrombolyse

[70]. Mit steigendem Alter steigt auch der Anteil der Patienten mit vorbestehender Behinderung. Diese Patientengruppe wird seltener leitliniengerecht behandelt [71]. Dennoch sollten Patienten, die bereits vor Beginn des Schlaganfalls funktionelle Einschränkungen aufweisen, nicht von einer Thrombolysetherapie ausgeschlossen werden [72].

Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen Prozesszeiten und dem *Outcome* nach 3 Monaten oder Komplikationen nachweisen. Diese Zusammenhänge sind jedoch in größeren Studien gut beschrieben und lassen sich hier vermutlich aufgrund der geringeren Patientenzahl nicht nachvollziehen [73, 74].

4.5 Telemedizinisches Versorgungskonzept

Die Prähospitalzeiten zusammen mit den Intrahospitalzeiten führen zu einer niedrigen Rate an Patienten, die innerhalb der ersten Stunde nach Beginn der Symptomatik, der *Golden Hour*, thrombolysiert wurden. Neben den oben genannten Verbesserungen und Optimierungsmöglichkeiten könnte eine telemedizinische Versorgung des Patienten einen Vorteil bedeuten.

Telemedizin beschreibt allgemein den Austausch von Informationen zwischen zwei entfernten, unabhängigen Standorten durch elektronische Kommunikationsmittel. Speziell prägt der Begriff *Telestroke* den Einsatz von Telemedizin in der akuten Schlaganfallversorgung. Es bezeichnet das audiovisuelle Zusammentreten in Echtzeit durch Schlaganfallexperten mit anderen beteiligten Personen der Rettungskette [75].

Erste *Telestroke*-Netzwerke wurden bereits für medizinisch unterversorgte Bereiche implementiert, in denen sich neurologische Expertise meist nur auf große Zentren beschränkt, die in ländlichen Gebieten nicht zu finden sind. Grundsätzlich sind diese Netzwerke nach dem „*Hub and Spokes*“-Modell gestaltet. Maximalversorgende medizinische Zentren (*Hub*) leisten die telemedizinische Betreuung mehrerer peripherer Krankenhäuser (*Spoke*), die keine neurologische Fachabteilung besitzen. Hierdurch erfolgt die Schlaganfallversorgung durch den Schlaganfallexperten telemedizinisch und die Durchführung durch das periphere Krankenhaus.

Langzeitauswertungen beschreiben für eines der ersten *Telestroke* Netzwerke (TEMPis-Netzwerk in Bayern 2003) eine Zunahme der Thrombolyseraten und Abnahme der Prozesszeiten in diesen Gebieten. So konnte die Lyserate innerhalb der *Golden Hour* von 26% auf 80% erhöht werden [76].

Auch kamen groß angelegte Metaanalysen zu einem ähnlichen Ergebnis: Baratloo et al. zeigte, dass sich in der *Telestroke*-Gruppe sowohl prähospitale Transportzeiten als auch die Dauer des Krankenhausaufenthaltes verkürzen ohne Erhöhung von Mortalität und Komplikationsrisiken [77].

Telestroke-Netzwerke finden nicht nur Verwendung in ländlichen Gebieten, auch in Städten kann der Einsatz eines solchen Netzwerkes sinnvoll sein [78].

Bereits jeder 10. Schlaganfallpatient in Deutschland erhält eine telemedizinische Behandlung. Die Mehrheit der bestehenden *Telestroke* Netzwerke in Deutschland sind in süd- und östlichen Teilen der Bundesrepublik angesiedelt, was die Einführung solcher Netzwerke in strukturschwachen west- und nordöstlichen Regionen Deutschlands evidenzbasiert empfehlenswert macht [79].

Das telemedizinische Konzept zielt auf eine effiziente Nutzung der präklinischen Phase ab. So könnte ein früher präklinischer Kontakt zwischen Patient und Schlaganfallexperte die hier beobachteten Prozesszeiten verbessern. Prähospital könnte bereits während des Patiententransportes, konkret nach Einladen des Patienten in das Rettungsfahrzeug, eine telemedizinische Konsultation durch einen neurologischen Schlaganfallexperten erfolgen. Durch die digitale, audiovisuelle Übertragung wäre eine erste neurologische Einschätzung sowie die Erhebung der NIHSS möglich. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Erhebung der NIHSS per telemedizinischer Einschätzung zuverlässig durchführbar ist und mit der direkten Erhebung am Patienten vergleichbar ist [80-82]. Bei Schlaganfallverdacht würde der nächstgelegene CT-Standort angefahren werden, sodass eine unmittelbare Bildgebung erfolgen könnte. Die Interpretation der Bildgebung könnte teleradiologisch erfolgen. Die teleradiologische Auswertung von erfolgten CT's wird insgesamt als sehr gut beschrieben [83, 84].

Bei bestätigtem Schlaganfall könnte bereits am CT-Standort eine intravenöse Thrombolysetherapie durch den begleitenden Notarzt initiiert werden und während des Transportes weiterlaufen.

An dieser Stelle ist zu diskutieren, ob statt rt-PA die Verwendung von Tenecteplase sinnvoll sein kann. Bei der Verwendung von rt-PA erhalten Patienten zunächst einen initialen Bolus gefolgt von 90% der Gesamtdosis als Infusion. Tenecteplase im Gegensatz kann als Bolus im Ganzen gegeben werden, da es eine längere Halbwertszeit sowie Fibrinspezifität als rt-PA besitzt. Initial war Tenecteplase nur für die Behandlung eines akuten Myokardinfarktes zugelassen. Die S2-Leitlinie der Deutschen Schlaganfallgesellschaft wurde bereits 2022 hinsichtlich der Verwendung von Tenecteplase ergänzt [23]. Grundlage für die Indikationserweiterung waren Studien, die den Vorteil in der Verwendung von Tenecteplase bei Patienten mit Großgefäßverschlüssen und anschließender endovaskulärer Therapie nahelegten [85-87].

Aktuell besteht somit leitlinienkonform die Empfehlung, Tenecteplase als Alternative zu rt-PA anzuwenden, wenn Patienten im 4,5-Stunden-Zeitfenster sind und wenn eine anschließende endovaskuläre Therapie in Betracht gezogen wird [23]. Somit ermöglicht Tenecteplase, insbesondere bei Patienten, die für eine Sekundärverlegung zur endovaskulären Therapie in Frage kommen, einen organisatorischen Vorteil: Die Notarztbegleitung muss somit seltener stattfinden, da die Applikation des Medikamentes bereits nach Bolusgabe abgeschlossen wäre.

Der Verzicht auf die Notarztbegleitung kann somit weiterhin zu einer Beschleunigung der prähospitalen Schlaganfallorganisation beitragen.

Nach der hier vorgelegten Analyse der Isochronen ist für Patienten aus einigen Bereichen der Stadt Düsseldorf ein Zeitvorteil von bis zu 20 Minuten durch die Anfahrt eines CT-Standortes in einer Klinik ohne Schlaganfallstation denkbar. Außerhalb von Ballungsräumen sind auch noch größere Zeitvorteile in dem System vorstellbar.

Der Einsatz ähnlicher Konzepte wie *Mobile Stroke-Units*, in denen Prozesse von Diagnosestellung über CT-Bildgebung bis Therapieinitiierung in einem Rettungswagen konzentriert sind und präklinisch ablaufen, ist wegen hoher Kosten und der nicht ausreichenden Abdeckung des Versorgungsgebietes oft zurückhaltend [88]. Zu *Mobile Stroke-Units* vergleichbare Ergebnisse, wie die Verkürzung von Transportzeiten sowie der Zeit bis zur Therapieinitiierung, konnten auch in prähospitalen *Telestroke* Modellen gezeigt werden [89-91], so dass diese eine gute Alternative darstellen können.

4.6 Limitationen

Folgende Limitationen sind in der vorliegenden Arbeit zu beachten.

Während des einjährigen Erhebungszeitraumes wurde am Universitätsklinikum Düsseldorf, eine der drei Kliniken, die die Schlaganfallversorgung der Stadt Düsseldorf sicherstellen, gestreikt. Zwar verzeichneten die übrigen *Stroke-Units* in Düsseldorf eine Zunahme der Schlaganfallpatienten, allerdings kann diese Tatsache trotz allem zu einer Verzerrung der Verteilung von Schlaganfallpatienten und somit auch der Transportzeiten innerhalb Düsseldorfs geführt haben.

Im Frühjahr 2022 kam es zu einem Lieferengpass von Alteplase, dem Medikament, mit dem leitliniengerecht die Mehrheit der Patienten therapiert wird. Informationen der DGN zufolge hatte dies – nach eingeleiteten Gegenmaßnahmen – keine Auswirkungen auf die Schlaganfalltherapie. Ein Einfluss auf die Lyserate ist jedoch nicht auszuschließen.

Des Weiteren wurden ausschließlich Patienten berücksichtigt, die unter einem präklinischen IVENA-Code in *Stroke-Units* transportiert und dort therapiert wurden. Sekundäre Zuweisungen, *In-House-Stroke*s oder andere IVENA-Schlaganfallcodes wurden nicht eingeschlossen. Aufgrund des genannten Studiendesigns ist eine Selektions- und Confoundingbias nicht auszuschließen.

Obwohl der beobachtete Zeitraum innerhalb der Corona-Pandemie liegt und nachweislich weniger Patienten in Deutschland in Krankenhäuser eingewiesen wurden, scheinen sich diese Gegebenheiten nicht nachteilig auf die Lyserate auszuwirken, die als unverändert beschrieben wird [92].

Zuletzt erfolgte die Datenerhebung unter höchster Sorgfalt. In Anbetracht der Datenmenge sind jedoch Übertragungsfehler denkbar.

4.7 Schlussfolgerung und Ausblick

Die vorliegende Studie schließt einen Großteil der zu erwartenden Schlaganfallpatienten ein. Somit erfolgte eine umfassende Analyse prä- und intrahospitaler Prozesszeiten eines gesamten urbanen Raumes. Wir konnten feststellen, dass in Düsseldorf insgesamt eine zeitgerechte Patientenversorgung gewährleistet ist, da der Hauptteil der thrombolysierten Patienten innerhalb des Zeitfensters die Klinik erreicht.

Dennoch besteht darüber hinaus weiterhin Optimierungspotential, um noch mehr Patienten innerhalb einer Stunde nach Symptombeginn einer leitliniengerechten, lebensrettenden Therapie zuzuführen. Ansatzpunkte dieser Optimierungen können die Implementierung eines telemedizinischen Konzeptes sein, durch welches die für die Therapieentscheidung relevante Untersuchung bereits auf die präklinische Phase vorgezogen wird und die digitale Anbindung an einen Schlaganfall Experten bereits nach Einladen des Patienten in das Rettungsfahrzeug erfolgt. Zusammenfassend erfolgt somit eine Parallelisierung von Abläufen insbesondere der prähospitalen Phase, damit eine Zeitgewinn und optimierte Triagierung von Schlaganfallpatienten gewährleistet werden kann.

Es ist empfehlenswert, auf Grundlage dieser Auswertungen weitere Auswertungen nach Implementierung des telemedizinischen Netzwerkes vorzunehmen und diese zu vergleichen. Es bedarf weiterer Studien, um Prozesszeiten auch innerstädtisch kontinuierlich zu verkürzen und Verbesserungen zu identifizieren.

Für den langfristigen Erfolg sollte die Versorgung in Deutschland durch telemedizinische Schlaganfallnetzwerke flächendeckend erfolgen, unabhängig von Stadt oder Land.

5 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung der <i>Stroke-Units</i> innerhalb des Düsseldorfer Stadtgebietes.....	13
Abb. 2: Aktueller Ablauf der Rettungskette der Stadt Düsseldorf.....	15
Abb. 3: Flussdiagramm des strukturierten Telefoninterviews nach Wilson.....	23
Abb. 4: Flussdiagramm der Studienpopulation	27
Abb. 5: Prozesszeiten kompletter Datensätze	29
Abb. 6: Prähospitalen Zeiten von Patienten mit Angabe des <i>Onset</i>	31
Abb. 7: Prähospitalen Zeiten von Patienten mit angegebenem <i>Last-seen-normal</i>	32
Abb. 8: <i>Door-to-imaging-time</i> bei Nutzung des MRTs (n=28) und CTs (n=159).....	34
Abb. 9: <i>Imaging-to-needle-time</i> bei Nutzung des MRTs (n=28) und CTs (n=159).....	35
Abb. 10: MRS-Verteilung aller lysierten Patienten (n= 196) vor Symptombeginn, bei Aufnahme, bei Entlassung und nach 3 Monaten	37
Abb. 11: Isochronen-Karte Düsseldorfs	40

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellarische Auflistung des <i>National Institutes of Health Stroke Scale</i> [25]....	6
Tabelle 2: Übersicht der Prozesszeiten kompletter Datensätze	19
Tabelle 3: Übersicht der Prozesszeiten inkompletter Datensätze	19
Tabelle 4: Übersicht fehlender, nicht erhebbarer Scores in absoluten Zahlen.....	20
Tabelle 5: <i>Baseline characteristics</i> der Studienpopulation.....	28
Tabelle 6: Prozesszeiten kompletter Datensätze	29
Tabelle 7: IVENA-Codierung und Anfahrt der Schlaganfallzentren in absoluten Zahlen .	30
Tabelle 8: Prähospitalen Zeiten von Patienten mit angegebenem <i>Onset</i>	31
Tabelle 9: Prähospitalen Zeiten von Patienten mit angegebenem <i>Last-seen-normal</i>	32
Tabelle 10: Symptombeginn und Verschlussort in den Patientengruppen getrennt nach Initialbildgebung MRT und CT	34
Tabelle 11: Komplikationen nach erfolgter Thrombolyse	38
Tabelle 12: Durchschnittliche Werte nach Auftreten einer sICH	38

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators, *Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021*. *Lancet Neurol*, 2024. **23**(10): p. 973-1003.
2. Lees, K.R., et al., *Time to treatment with intravenous alteplase and outcome in stroke: an updated pooled analysis of ECASS, ATLANTIS, NINDS, and EPITHET trials*. *Lancet*, 2010. **375**(9727): p. 1695-703.
3. Saver, J.L., et al., *Time to Treatment With Endovascular Thrombectomy and Outcomes From Ischemic Stroke: A Meta-analysis*. *JAMA*, 2016. **316**(12): p. 1279-88.
4. Virani, S.S., et al., *Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association*. *Circulation*, 2020. **141**(9): p. e139-e596.
5. Heuschmann, P., et al., *Schlaganfallhäufigkeit und Versorgung von Schlaganfallpatienten in Deutschland*. *Aktuelle Neurologie*, 2010. **37**(07): p. 333-340.
6. Eyding, J., et al., *Versorgungsrealität der Patienten mit ischämischem Schlaganfall im Ruhrgebiet*. *Der Nervenarzt*, 2012. **83**(12): p. 1625-1631.
7. Rücker, V., et al., *Decline in Regional Trends in Mortality of Stroke Subtypes in Germany From 1998 to 2015*. *Stroke*, 2018. **49**(11): p. 2577-2583.
8. Foerch, C., et al., *The projected burden of stroke in the German federal state of Hesse up to the year 2050*. *Dtsch Arztebl Int*, 2008. **105**(26): p. 467-73.
9. Karlinski, M., et al., *Role of preexisting disability in patients treated with intravenous thrombolysis for ischemic stroke*. *Stroke*, 2014. **45**(3): p. 770-5.
10. Oesch, L., et al., *Impact of pre-stroke dependency on outcome after endovascular therapy in acute ischemic stroke*. *J Neurol*, 2021. **268**(2): p. 541-548.
11. Wafa, H.A., et al., *Burden of Stroke in Europe: Thirty-Year Projections of Incidence, Prevalence, Deaths, and Disability-Adjusted Life Years*. *Stroke*, 2020. **51**(8): p. 2418-2427.
12. Kolominsky-Rabas, P.L., et al., *Lifetime cost of ischemic stroke in Germany: results and national projections from a population-based stroke registry: the Erlangen Stroke Project*. *Stroke*, 2006. **37**(5): p. 1179-83.

13. Landesbetrieb IT.NRW, Statistik- und IT-Dienstleistungen.. *NRW: 3,4 Prozent mehr Todesfälle durch Schlaganfall im Jahr 2022* [Internet]. 2024 (aufgerufen am 27.02. 2025, 22:38 Uhr). Verfügbar unter: <https://www.it.nrw/nrw-34-prozent-mehr-todesfaelle-durch-schlaganfall-im-jahr-2022-126315>.
14. Adams, H.P., Jr., et al., *Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment*. Stroke, 1993. **24**(1): p. 35-41.
15. Moustafa, R.R., et al., *Watershed infarcts in transient ischemic attack/minor stroke with > or = 50% carotid stenosis: hemodynamic or embolic?* Stroke, 2010. **41**(7): p. 1410-6.
16. Jørgensen, H.S., et al., *Acute stroke with atrial fibrillation. The Copenhagen Stroke Study*. Stroke, 1996. **27**(10): p. 1765-9.
17. O'Donnell, M.J., et al., *Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study*. Lancet, 2010. **376**(9735): p. 112-23.
18. Rothwell, P.M., et al., *Population-based study of event-rate, incidence, case fatality, and mortality for all acute vascular events in all arterial territories (Oxford Vascular Study)*. Lancet, 2005. **366**(9499): p. 1773-83.
19. Saver, J.L., *Time is brain—quantified*. Stroke, 2006. **37**(1): p. 263-6.
20. Saver, J.L., et al., *Time to Treatment With Intravenous Tissue Plasminogen Activator and Outcome From Acute Ischemic Stroke*. JAMA, 2013. **309**(23): p. 2480-2488.
21. Yeo, L.L., et al., *Timing of recanalization after intravenous thrombolysis and functional outcomes after acute ischemic stroke*. JAMA Neurol, 2013. **70**(3): p. 353-8.
22. Aroor, S., R. Singh, and L.B. Goldstein, *BE-FAST (Balance, Eyes, Face, Arm, Speech, Time): Reducing the Proportion of Strokes Missed Using the FAST Mnemonic*. Stroke, 2017. **48**(2): p. 479-481.
23. Ringleb P., K.h.M., Jansen O., et al., *Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls, S2e-Leitlinie, 2022 Version 1.1*. Deutsche Gesellschaft für Neurologie, Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie.
24. Aoki, J., et al., *NIHSS-time score easily predicts outcomes in rt-PA patients: the SAMURAI rt-PA registry*. J Neurol Sci, 2013. **327**(1-2): p. 6-11.

25. Muir, K.W., et al., *Comparison of neurological scales and scoring systems for acute stroke prognosis*. *Stroke*, 1996. **27**(10): p. 1817-20.
26. Knauth, M., et al., *Potential of CT angiography in acute ischemic stroke*. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1997. **18**(6): p. 1001-10.
27. Moreau, F., et al., *Magnetic Resonance Imaging versus Computed Tomography in Transient Ischemic Attack and Minor Stroke: The More You See the More You Know*. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2013. **3**(1): p. 130-6.
28. Thomalla, G., et al., *MRI-Guided Thrombolysis for Stroke with Unknown Time of Onset*. *N Engl J Med*, 2018. **379**(7): p. 611-622.
29. Hacke, W., et al., *Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2008. **359**(13): p. 1317-29.
30. Ma, H., et al., *Thrombolysis Guided by Perfusion Imaging up to 9 Hours after Onset of Stroke*. *N Engl J Med*, 2019. **380**(19): p. 1795-1803.
31. Quinn, T.J., et al., *Functional outcome measures in contemporary stroke trials*. *Int J Stroke*, 2009. **4**(3): p. 200-5.
32. van Swieten, J.C., et al., *Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients*. *Stroke*, 1988. **19**(5): p. 604-7.
33. Rankin, J., *Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60. II. Prognosis*. *Scott Med J*, 1957. **2**(5): p. 200-15.
34. Berkhemer, O.A., et al., *A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke*. *N Engl J Med*, 2015. **372**(1): p. 11-20.
35. Albers, G.W., et al., *Thrombectomy for Stroke at 6 to 16 Hours with Selection by Perfusion Imaging*. *N Engl J Med*, 2018. **378**(8): p. 708-718.
36. Nogueira, R.G., et al., *Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct*. *N Engl J Med*, 2018. **378**(1): p. 11-21.
37. Huo, X., et al., *Trial of Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke with Large Infarct*. *N Engl J Med*, 2023. **388**(14): p. 1272-1283.
38. Barber, P.A., et al., *Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy*. *ASPECTS Study Group. Alberta Stroke Programme Early CT Score*. *Lancet*, 2000. **355**(9216): p. 1670-4.

39. Winkelmeier, L., et al., *Age and Functional Outcomes in Patients With Large Ischemic Stroke Receiving Endovascular Thrombectomy*. *JAMA Netw Open*, 2024. **7**(8): p. e2426007.
40. Hamann, G.F., G.J. del Zoppo, and R. von Kummer, *Hemorrhagic transformation of cerebral infarction—possible mechanisms*. *Thromb Haemost*, 1999. **82 Suppl 1**: p. 92-4.
41. Hacke, W., et al., *Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA stroke trials*. *Lancet*, 2004. **363**(9411): p. 768-74.
42. Larrue, V., et al., *Risk factors for severe hemorrhagic transformation in ischemic stroke patients treated with recombinant tissue plasminogen activator: a secondary analysis of the European-Australasian Acute Stroke Study (ECASS II)*. *Stroke*, 2001. **32**(2): p. 438-41.
43. Kim, J.T., et al., *Treatment With Tissue Plasminogen Activator in the Golden Hour and the Shape of the 4.5-Hour Time-Benefit Curve in the National United States Get With The Guidelines-Stroke Population*. *Circulation*, 2017. **135**(2): p. 128-139.
44. Saver, J.L., et al., *The "golden hour" and acute brain ischemia: presenting features and lytic therapy in >30,000 patients arriving within 60 minutes of stroke onset*. *Stroke*, 2010. **41**(7): p. 1431-9.
45. Jauch, E.C., et al., *Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke*. *Stroke*, 2013. **44**(3): p. 870-947.
46. Candelise, L., et al., *Stroke-unit care for acute stroke patients: an observational follow-up study*. *Lancet*, 2007. **369**(9558): p. 299-305.
47. Deutsche Gesellschaft für Schlaganfall, *Stroke Units & Neurovaskuläre Netzwerke* [Internet]. 2025 (aufgerufen am 02.03.2025, 16:50 Uhr). Verfügbar unter: <https://www.dsg-info.de/stroke-units-neurovaskulaere-netzwerke/>.
48. Norrving, B., et al., *Action Plan for Stroke in Europe 2018-2030*. *Eur Stroke J*, 2018. **3**(4): p. 309-336.
49. Neumann-Haefelin, T., et al., *The Acute Care of Stroke Patients in German Stroke Units—an Analysis of DRG Data From 2021 and 2022*. *Dtsch Arztebl Int*, 2024. **121**(6): p. 200-201.

50. Barlinn, J., et al., *Telemedicine in stroke-pertinent to stroke care in Germany*. Nervenarzt, 2021. **92**(6): p. 593-601.
51. Statistikportal der Stadt Düsseldorf, *Bevölkerung in Düsseldorf 1970 bis 2023 - Zeitreihe* [Internet]. 2023 (aufgerufen am 05.03.2025, 11:50 Uhr). Verfügbar unter: <https://statistik.duesseldorf.de/#app/mainpage/0%20{00001}%20Bevölkerung///>.
52. Wilson, J.T., et al., *Improving the assessment of outcomes in stroke: use of a structured interview to assign grades on the modified Rankin Scale*. Stroke, 2002. **33**(9): p. 2243-6.
53. Weiss, D., et al., *Prehospital telemedicine support for urban stroke care: Analysis of current state of care and conceptualization*. BMC Emerg Med, 2024. **24**(1): p. 224.
54. Puolakka, T., et al., *Prehospital Phase of the Stroke Chain of Survival: A Prospective Observational Study*. J Am Heart Assoc, 2016. **5**(5).
55. Casolla, B., et al., *Intra-hospital delays in stroke patients treated with rt-PA: impact of preadmission notification*. J Neurol, 2013. **260**(2): p. 635-9.
56. Strbian, D., et al., *Relationship Between Onset-to-Door Time and Door-to-Thrombolysis Time*. Stroke, 2013. **44**(10): p. 2808-2813.
57. Di Carlo, A., et al., *Sex Differences in the Clinical Presentation, Resource Use, and 3-Month Outcome of Acute Stroke in Europe*. Stroke, 2003. **34**(5): p. 1114-1119.
58. Kolominsky-Rabas, P.L., et al., *A prospective community-based study of stroke in Germany—the Erlangen Stroke Project (ESPro): incidence and case fatality at 1, 3, and 12 months*. Stroke, 1998. **29**(12): p. 2501-6.
59. Mishra, N.K., et al., *Influence of age on outcome from thrombolysis in acute stroke: a controlled comparison in patients from the Virtual International Stroke Trials Archive (VISTA)*. Stroke, 2010. **41**(12): p. 2840-8.
60. Mishra, N.K., et al., *Thrombolysis in very elderly people: controlled comparison of SITS International Stroke Thrombolysis Registry and Virtual International Stroke Trials Archive*. Bmj, 2010. **341**: p. c6046.
61. Powers, W.J., et al., *2018 Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association*. Stroke, 2018. **49**(3): p. e46-e99.

62. Hansen, C.K., et al., *CT and MRI-based door-needle-times for acute stroke patients a quasi-randomized clinical trial*. Clin Neurol Neurosurg, 2017. **159**: p. 42-49.
63. Fischer, U., et al., *Magnetic Resonance Imaging or Computed Tomography for Suspected Acute Stroke: Association of Admission Image Modality with Acute Recanalization Therapies, Workflow Metrics, and Outcomes*. Ann Neurol, 2022. **92**(2): p. 184-194.
64. Caruso, P., et al., *Wake-up stroke and CT perfusion: effectiveness and safety of reperfusion therapy*. Neurol Sci, 2018. **39**(10): p. 1705-1712.
65. Provost, C., et al., *Magnetic Resonance Imaging or Computed Tomography Before Treatment in Acute Ischemic Stroke*. Stroke, 2019. **50**(3): p. 659-664.
66. Rapillo, C.M., et al., *Moving From CT to MRI Paradigm in Acute Ischemic Stroke: Feasibility, Effects on Stroke Diagnosis and Long-Term Outcomes*. Stroke, 2024. **55**(5): p. 1329-1338.
67. Kamal, N., et al., *Improving Door-to-Needle Times for Acute Ischemic Stroke: Effect of Rapid Patient Registration, Moving Directly to Computed Tomography, and Giving Alteplase at the Computed Tomography Scanner*. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2017. **10**(1).
68. Ernst, J., et al., *Advancement of door-to-needle times in acute stroke treatment after repetitive process analysis: never give up!* Ther Adv Neurol Disord, 2022. **15**: p. 17562864221122491.
69. Birnbaum, L.A., et al., *Older Stroke Patients with High Stroke Scores Have Delayed Door-To-Needle Times*. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2016. **25**(11): p. 2668-2672.
70. Cooray, C., et al., *Safety and early outcomes after intravenous thrombolysis in acute ischemic stroke patients with prestroke disability*. Int J Stroke, 2021. **16**(6): p. 710-718.
71. Rudd, A.G., et al., *Access to stroke care in England, Wales and Northern Ireland: the effect of age, gender and weekend admission*. Age Ageing, 2007. **36**(3): p. 247-55.
72. Ganesh, A., et al., *Endovascular Treatment and Thrombolysis for Acute Ischemic Stroke in Patients With Premorbid Disability or Dementia: A Scientific Statement From the American Heart Association/American Stroke Association*. Stroke, 2022. **53**(5): p. e204-e217.

73. Fonarow, G.C., et al., *Door-to-needle times for tissue plasminogen activator administration and clinical outcomes in acute ischemic stroke before and after a quality improvement initiative*. *Jama*, 2014. **311**(16): p. 1632-40.
74. Man, S., et al., *Association Between Thrombolytic Door-to-Needle Time and 1-Year Mortality and Readmission in Patients With Acute Ischemic Stroke*. *Jama*, 2020. **323**(21): p. 2170-2184.
75. Demaerschalk, B.M., et al., *American Telemedicine Association: Telestroke Guidelines*. *Telemed J E Health*, 2017. **23**(5): p. 376-389.
76. Müller-Barna, P., et al., *TeleStroke units serving as a model of care in rural areas: 10-year experience of the TeleMedical project for integrative stroke care*. *Stroke*, 2014. **45**(9): p. 2739-44.
77. Baratloo, A., et al., *Effects of Telestroke on Thrombolysis Times and Outcomes: A Meta-analysis*. *Prehosp Emerg Care*, 2018. **22**(4): p. 472-484.
78. Cutting, S., et al., *Telestroke in an urban setting*. *Telemed J E Health*, 2014. **20**(9): p. 855-7.
79. Barlinn, J., et al., *Telemedizin in der Schlaganfallversorgung – versorgungsrelevant für Deutschland*. *Der Nervenarzt*, 2021. **92**(6): p. 593-601.
80. Demaerschalk, B.M., et al., *Reliability of real-time video smartphone for assessing National Institutes of Health Stroke Scale scores in acute stroke patients*. *Stroke*, 2012. **43**(12): p. 3271-7.
81. Handschu, R., et al., *Telemedicine in emergency evaluation of acute stroke: interrater agreement in remote video examination with a novel multimedia system*. *Stroke*, 2003. **34**(12): p. 2842-6.
82. Wang, S., et al., *Remote evaluation of acute ischemic stroke: reliability of National Institutes of Health Stroke Scale via telestroke*. *Stroke*, 2003. **34**(10): p. e188-91.
83. Demaerschalk, B.M., et al., *CT interpretation in a telestroke network: agreement among a spoke radiologist, hub vascular neurologist, and hub neuroradiologist*. *Stroke*, 2012. **43**(11): p. 3095-7.
84. Spokoyny, I., et al., *Pooled assessment of computed tomography interpretation by vascular neurologists in the STRoKE DOC telestroke network*. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014. **23**(3): p. 511-5.

85. Campbell, B.C.V., et al., *Tenecteplase versus Alteplase before Thrombectomy for Ischemic Stroke*. *N Engl J Med*, 2018. **378**(17): p. 1573-1582.
86. Checkouri, T., et al., *Early Recanalization Among Patients Undergoing Bridging Therapy With Tenecteplase or Alteplase*. *Stroke*, 2023. **54**(10): p. 2491-2499.
87. Menon, B.K., et al., *Intravenous tenecteplase compared with alteplase for acute ischaemic stroke in Canada (AcT): a pragmatic, multicentre, open-label, registry-linked, randomised, controlled, non-inferiority trial*. *Lancet*, 2022. **400**(10347): p. 161-169.
88. Navi, B.B., et al., *Mobile Stroke Units: Evidence, Gaps, and Next Steps*. *Stroke*, 2022. **53**(6): p. 2103-2113.
89. Espinoza, A.V., et al., *PreSSUB II: The prehospital stroke study at the Universitair Ziekenhuis Brussel II*. *J Transl Int Med*, 2015. **3**(2): p. 57-63.
90. Belt, G.H., et al., *In-Transit Telemedicine Speeds Ischemic Stroke Treatment: Preliminary Results*. *Stroke*, 2016. **47**(9): p. 2413-5.
91. Yperzeele, L., et al., *Feasibility of AmbulanCe-Based Telemedicine (FACT) study: safety, feasibility and reliability of third generation in-ambulance telemedicine*. *PLoS One*, 2014. **9**(10): p. e110043.
92. Richter, D., et al., *Analysis of Nationwide Stroke Patient Care in Times of COVID-19 Pandemic in Germany*. *Stroke*, 2021. **52**(2): p. 716-721.

6 Anhang

6.1 Erfassungsbogen für Schlaganfallpatienten

Erfassungsbogen für Schlaganfallpatienten via IVENA

(Ansprechpartner julian.caspers@med.uni-duesseldorf.de / michael.gliem@med.uni-duesseldorf.de)

Datum: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	UKD	LVR	Marienhospital
Patient: _____	Geschlecht:	Geburtsjahr:	IVENA Code:
	<input type="radio"/> m <input type="radio"/> w	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
			421 422 425
Videokonsultation:	ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>		
Onset sicher bestimmbar	Onset / last seen normal	Erste zerebrale Bildgebung	
ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>	Uhrzeit: <input type="text"/>	Uhrzeit: <input type="text"/>	

Ab hier nur Ausfüllen bei i.v. Thrombolyse oder Thrombektomie

NIHSS bei Aufnahme <input type="text"/>	Patientenaufkleber
mRS vor Onset: <input type="text"/> mRS bei Aufnahme: <input type="text"/>	
i.v. Thrombolyse: <input type="text"/> Uhrzeit <input type="radio"/> nicht durchgeführt <input type="radio"/>	

Thrombektomie:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="radio"/>
	Uhrzeit groin puncture	Uhrzeit Rekanalisation	nicht durchgeführt
Reperusionsgrad (TICI Score)	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2a <input type="radio"/> 2b <input type="radio"/> 2c <input type="radio"/> 3
ASPECTS:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
	bei Aufnahme	im Verlaufsbild >24h	
Verschlussort:	<input type="radio"/> ACI <input type="radio"/> Carotis-T	<input type="radio"/> M1 <input type="radio"/> M2	<input type="radio"/> Vertebrobasilaris <input type="radio"/> Basilaris <input type="radio"/> andere
CVRF:	<input type="radio"/> Arterielle Hypertonie <input type="radio"/> Diabetes <input type="radio"/> VHF	<input type="radio"/> Hyperlipidämie <input type="radio"/> Rauchen	<input type="radio"/> KHK <input type="radio"/> vorheriger stroke
Ätiologie:	<input type="radio"/> Makroangiopathisch <input type="radio"/> mikroangiopathisch	<input type="radio"/> kardioembolisch	<input type="radio"/> unklar
Komplikationen:	<input type="radio"/> PHI <input type="radio"/> PHII	<input type="radio"/> Pneumonie <input type="radio"/> Herzinfarkt	
NIHSS nach 7d oder bei Entlassung: <input type="text"/>		mRS bei Entlassung: <input type="text"/>	

Telefoninterview mit	<input type="radio"/> Patient <input type="radio"/> Angehörigem	mRS nach 3 Monaten: <input type="text"/>
----------------------	---	--

GIGA FOR HEALTH: 5G-Medizincampus.NRW

6.2 Patienteninformation zur Studie

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____



LVR-Klinikum Düsseldorf
Kliniken der Heinrich-Heine-
Universität Düsseldorf

Marien Hospital Düsseldorf



UKD · Klinik für Neurologie und Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie · Moorenstraße 5 · 40225 Düsseldorf

LVR-Klinikum · Klinik für Neurologie, Bergische Landstraße 2 · 40269 Düsseldorf

Marienhospital · Klinik für Neurologie · Rochusstraße 2 · 40479 Düsseldorf

Studienleitung: Priv.-Doz. Dr. med. Julian Caspers (Julian.Caspers@med.uni-duesseldorf.de)

Priv.-Doz. Dr. med. Michael Gliem (Michael.Gliem@med.uni-duesseldorf.de)

Prof. Dr. med. Bernd Turowski (Bernd.Turowski@med.uni-duesseldorf.de)

Prof. Dr. med. Rüdiger Seitz (Ruediger.Seitz@lvr.de)

Prof. Dr. med. Sebastian Jander (Sebastian.Jander@vkkd-kliniken.de)

Patienteninformation

Titel der Studie: Evaluation der Versorgung des ischämischen Schlaganfalls im Raum Düsseldorf vor und nach Umstellung auf ein telemedizinisch betreutes Schlaganfall-Netzwerk

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient!

Sie wurden um die Teilnahme an einem wissenschaftlichen Vorhaben gebeten, welches der Beschreibung des Behandlungserfolges nach einer Schlaganfallbehandlung dienen soll.

Ihre Einwilligung in eine Teilnahme an der Studie und die Verwendung von erhobenen Daten ist freiwillig. Soweit Sie sich nicht beteiligen möchten oder Ihre Zustimmung später widerrufen möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile. Bitte nehmen Sie sich Zeit, um eine Entscheidung zu treffen.

Warum wird diese Untersuchung durchgeführt?

Der Schlaganfall ist eine der häufigsten neurologischen Erkrankungen, die leider auch häufig trotz Behandlung mit einer bleibenden Behinderung einhergeht. Eine schnelle Diagnostik und Behandlung ist entscheidend für die Reduzierung der bleibenden Behinderung. In der Stadt Düsseldorf wird im Rahmen eines Modellprojektes die Notfallversorgung des Schlaganfalls durch ein telemedizinisch betreutes Schlaganfallnetzwerk erweitert mit dem Ziel, die Zeitabläufe in der Rettungskette zu verbessern. Die Versorgungsumstellung wird durch diese Beobachtungsstudie wissenschaftlich begleitet. Im Rahmen der Studie wollen wir Daten in Zusammenhang mit der Notfallversorgung der Schlaganfallpatienten in Düsseldorf vor und nach der Versorgungsumstellung sammeln und miteinander vergleichen, um Zusammenhänge mit dem Behandlungserfolg zu untersuchen.

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____

Was wird in dieser Studie gemacht, was erwartet Sie?

Im Rahmen der Studie sollen Daten wie die Zeit des Eintretens erster Zeichen eines Schlaganfalles, Eintreffen des Notarztes, Eintreffen in der Klinik, Untersuchungsergebnisse, Therapien des Schlaganfalls, bildgebende Befunde, sowie das langfristige Ergebnis der Behandlung erfasst werden. Die Daten werden anonym verarbeitet und sind somit in der Studie und auch danach nicht mehr Ihnen persönlich zuzuordnen.

Behandlungsbezogene Daten werden, sofern keine Einwilligung seitens des Patienten bzw. Betreuers erfolgt, nicht in die Studie aufgenommen.

Wichtig für Sie ist, dass dies keinen relevanten Mehraufwand für Sie bedeutet. Im Rahmen der Forschung ist es besonders interessant, welche langfristigen Ergebnisse für die Patienten aus der Behandlung resultieren. Sollte bei Ihnen nach 3 Monaten nicht ohnehin eine ärztliche Nachsorgeuntersuchung vorgenommen werden, bei dem die folgenden Fragen beantwortet werden, kontaktieren wir Sie, um mit Ihnen ein kurzes Telefoninterview von maximal 5 Minuten durchzuführen. Die Fragen dieses Telefoninterviews setzen sich aus dem folgenden Katalog zusammen:

- Geht es Ihnen wieder genauso wie vor dem Schlaganfall?
- Können Sie alle Tätigkeiten, denen Sie vor dem Schlaganfall nachgingen, weiterhin ausführen – wenn auch ggfs. langsamer oder nicht so ausgedehnt?
- Könnten Sie ohne eine helfende Person alleine leben? Das heißt sich alleine waschen, die Toilette benutzen, einkaufen, Essen zubereiten, ihre Finanzen handhaben?
- Können Sie ohne fremde Hilfe von einem zum anderen Raum gehen?
- Können Sie ohne fremde Hilfe aufrecht im Bett sitzen?

Das Telefoninterview ersetzt in diesem Fall nicht eine eventuelle Nachsorgeuntersuchung, da diese unabhängig von der Studie ist.

Welche Daten werden erhoben? Wie werden die Daten verwendet?

Es werden ihr Alter und ihr Geschlecht, die Ergebnisse unserer Diagnostik und die Versorgungs- und Behandlungszeiten erfasst. Um das Ergebnis der Behandlung zu erfassen, verwenden wir die Ergebnisse Ihrer Nachsorgeuntersuchung, insofern sie vorliegt oder wir führen ein Telefoninterview mit Ihnen durch. Die Daten werden nach vollständiger Erhebung anonymisiert, das heißt, die Daten sind während der Auswertung oder danach nicht mehr ihrer Person zuzuordnen.

Welche Risiken sind mit Ihrer Teilnahme verbunden?

Durch die Teilnahme an der Studie sind für Sie keine zusätzlichen Risiken zu erwarten.

Welcher Nutzen ergibt sich für Sie persönlich?

Persönlich können Sie für Ihre Gesundheit keinen unmittelbaren Vorteil oder Nutzen aus der Teilnahme an der Studie ziehen. Die Auswertung Ihrer Daten dient ausschließlich Forschungszwecken und nicht dazu, Rückschlüsse auf Ihre Gesundheit zu ziehen.

Welcher Nutzen ergibt sich für unsere Gesellschaft?

Die Studie zielt auf eine Verbesserung von Versorgungs- und Behandlungsmaßnahmen. Durch das geplante Forschungsvorhaben lassen sich wichtige Erkenntnisse zur Verbesserung von Versorgungskonzepten der Behandlung des Schlaganfalls gewinnen. Durch entsprechend optimierte Versorgungskonzepte erwarten wir eine Verkürzung der Diagnosezeit, eine schnellere Behandlung und hierdurch ein verbessertes Therapieergebnis und weniger Langzeitschäden bei betroffenen Patienten. Die im Rahmen der Studie gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf die Versorgung in anderen Regionen übertragen und können insbesondere in ländlichen Gebieten einen großen Nutzen in der

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____

Schlaganfallversorgung bringen. Da der Schlaganfall eine häufige Krankheit ist, gehen wir von einem großen Nutzen für die Gesellschaft aus.

Wer hat Zugang zu Ihren Daten und wie werden die Daten geschützt?

Alle unmittelbar Ihre Person identifizierenden Daten (Name, Geburtsdatum, Anschrift etc.), die im Rahmen dieser Studie verarbeitet werden, um Sie z.B. für das Telefoninterview zu kontaktieren und Ihre Einwilligung zu dokumentieren, werden getrennt von den für die Studie erhobenen Gesundheitsdaten wie ein Teil der Patientenakte in der Sie behandelnden Klinik geschützt verwahrt und unterliegen also den gleichen Sicherheitsstandards wie ihre übrigen gespeicherten Gesundheitsdaten. Die Zuordnung der Ihre Person identifizierenden Daten zu den im Rahmen der Studie erhobenen Gesundheitsdaten werden unverzüglich nach der vollständigen Datenerhebung 3 Monate nach dem Schlaganfall gelöscht, so dass die Studiendaten zu diesem Zeitpunkt anonymisiert vorliegen. Nach Anonymisierung werden die Daten aller in Düsseldorf behandelten Schlaganfallpatienten am Universitätsklinikum Düsseldorf ausgewertet. Eine Weitergabe der Ihre Person identifizierenden Daten an Forscher oder andere unberechtigte Dritte, etwa Versicherungsunternehmen oder Arbeitgeber, erfolgt nicht. Voraussetzung für die Verwendung der Daten für ein konkretes medizinisches Forschungsprojekt ist grundsätzlich, dass das Forschungsvorhaben durch eine Ethik-Kommission bewertet wurde.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen von Ergebnissen erfolgen ausschließlich anonymisiert, also in einer Form, die keine Rückschlüsse auf Ihre Person zulässt.

Erlangen Sie oder das Studienzentrum einen finanziellen Vorteil aus der Nutzung Ihrer Daten?

Mit der Überlassung Ihrer Daten ermächtigen Sie uns Ihre Gesundheitsdaten, die im Rahmen Ihrer stationären Behandlung und / oder bei dem Telefoninterview erhoben wurden, zu Forschungszwecken zu nutzen. Für die Überlassung Ihrer Daten erhalten Sie kein Entgelt. Sollte aus der Forschung ein kommerzieller Nutzen erzielt werden, werden Sie daran nicht beteiligt.

Ihre Daten werden ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwendet und werden nicht verkauft.

Erfolgt eine erneute Kontaktaufnahme mit Ihnen?

Eine erneute Kontaktaufnahme nach der Erhebung des Behandlungserfolges nach 3 Monaten ist planmäßig nicht vorgesehen. Es wird keine erneute Kontaktaufnahme für Werbezwecke o.ä. stattfinden.

Wie erfolgt die Einwilligung? Wie kann ich einer Teilnahme widersprechen?

Wenn wir Sie telefonisch kontaktieren, um das Behandlungsergebnis nach 3 Monaten im Rahmen der Telefonbefragung zu erheben, werden Sie zu Beginn des Interviews gefragt, ob Sie mit der Nutzung Ihrer Daten im Rahmen der Studie und mit der Befragung zu Ihrem Gesundheitszustand einverstanden sind. Wenn Sie bei dieser Frage mit nein antworten, wird die telefonische Befragung nicht weiter fortgesetzt und wir werden Ihre Daten nicht für die Studie nutzen. Möchten Sie bereits vor dem Telefoninterview einer Teilnahme widersprechen, melden Sie dies bitte dem zuständigen Studienarzt an der Sie behandelnden Klinik (s.u.). In diesem Fall werden wir Sie nicht telefonisch kontaktieren und Ihre Daten nicht in die Studie einschließen.

Bereits anonymisierte Datensätze können aufgrund der fehlenden Zuordnungsmöglichkeit nicht mehr gelöscht werden.

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____

Was beinhaltet Ihr Widerrufsrecht?

Sie können Ihre Einwilligung zur Verwendung Ihrer Daten jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen für Sie widerrufen. Die Rechtmäßigkeit der bis zum Widerruf erfolgten Nutzung Ihrer Daten bleibt davon jedoch unberührt.

Im Falle des Widerrufs werden Ihre im Rahmen der Studie erhobenen Daten vernichtet, falls die Datenlöschung mit zumutbarem technischem Aufwand möglich ist. Daten aus bereits durchgeführten Analysen oder bereits anonymisierte Daten können nachträglich nicht mehr entfernt werden.

Aus einem Widerruf entstehen Ihnen keine Nachteile für Ihre medizinische Versorgung und Therapie.

Wenden Sie sich für einen Widerruf bitte an die Studienleitung ihrer jeweils behandelnden Klinik:

Universitätsklinikum Düsseldorf:

Priv.-Doz. Dr. med. Julian Caspers, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Julian.Caspers@med.uni-duesseldorf.de.

oder

Priv.-Doz. Dr. med. Michael Gliem, Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Michael.Gliem@med.uni-duesseldorf.de.

LVR-Klinikum Düsseldorf:

Prof. Dr. med. Rüdiger Seitz, Abteilung für Neurologie, LVR-Klinikum Düsseldorf, Bergische Landstraße 2, 40269 Düsseldorf, Ruediger.Seitz@lvr.de

Marien Hospital Düsseldorf:

Prof. Dr. Sebastian Jander, Klinik für Neurologie, Marien Hospital Düsseldorf, Rochusstraße 2, 40479 Düsseldorf, Sebastian.Jander@vkkd-kliniken.de

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____

Welche weiteren Datenschutzrechte haben Sie?

Rechtsgrundlage für die Datenverarbeitung ist Ihre Einwilligung (Art. 6 Abs. 1 Buchst. a und Art. 9 Abs. 2 Buchst. a der Europäischen Datenschutz-Grundverordnung).

Verantwortlicher im Sinne der Datenschutz-Grundverordnung ist das jeweils behandelnde Klinikum bzw. das Universitätsklinikum Düsseldorf.

Sie können von dem Sie behandelnden Klinikum im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben Auskunft über die von Ihnen gespeicherten Daten verlangen. Ebenso können Sie eine Berichtigung falscher Daten, eine Übertragung der von Ihnen zur Verfügung gestellten Daten sowie eine Löschung der Daten oder Einschränkung ihrer Verarbeitung verlangen.

Diesbezüglich können Sie sich bei der Studienleitung (s.o.) melden.

Bei Anliegen zur Datenverarbeitung und zur Einhaltung des Datenschutzes können Sie sich auch an den Datenschutzbeauftragten des jeweiligen Klinikums wenden:

Universitätsklinikums Düsseldorf:

- Dr. Jenny Roßbach, Datenschutzbeauftragte UKD, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf,
Datenschutz@med.uni-duesseldorf.de

LVR-Klinikum Düsseldorf:

- John Büder, LVR-Stabstelle für Datenschutz und Medienrecht, 50663 Köln,
datenschutzbeauftragter@lvr.de

Marien Hospital Düsseldorf:

- Marco Biewald, VERDATA DATENSCHUTZ GmbH & Co KG, Römerstr. 12, 40476 Düsseldorf, ykkd.dsb@verdata.de

Sie haben außerdem ein Beschwerderecht bei jeder Datenschutzaufsichtsbehörde. Eine Liste der Aufsichtsbehörden in Deutschland finden Sie unter

https://www.bfdi.bund.de/DE/Infothek/Anschriften_Links/anschriften_links-node.html.

Wo kann ich weitere Informationen erhalten?

Sollte Ihnen etwas unklar sein, fragen Sie bitte Ihren behandelnden Arzt bzw. Ihren Studienarzt, bevor Sie Ihre Einwilligung erteilen. Bei Rückfragen können Sie sich auch zu einem späteren Zeitpunkt an Priv.-Doz. Dr. med. Julian Caspers, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Julian.Caspers@med.uni-duesseldorf.de oder Priv.-Doz. Dr. med. Michael Gliem, Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Michael.Gliem@med.uni-duesseldorf.de wenden.

Untersuchung des Behandlungserfolges bei Schlaganfallpatienten

Patientenname: _____ geb.: _____

Einwilligung

Ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie sowie Ihre Einwilligung in die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten werden im Rahmen von Telefoninterviews mündlich abgefragt. Ihre mündliche Einwilligung umfasst folgendes:

Ich willige in die Teilnahme an o.g. Studie ein und willige ein, dass das mich behandelnde Zentrum (Universitätsklinikum Düsseldorf / LVR Klinikum Düsseldorf / Marien Hospital Düsseldorf) wie in der Information beschrieben

- personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, aus Krankenunterlagen und im Rahmen eines Telefoninterviews sowie Bildgebungsdaten von mir erhebt und speichert
- die Daten inklusive der erhobenen Bilddaten anonymisiert (d.h. kodiert ohne dass Rückschlüsse auf Ihre Identität möglich sind) zur wissenschaftlichen Auswertung an die Studienleitung am Universitätsklinikum Düsseldorf weitergibt
- und die anonymisierten Daten am Universitätsklinikum Düsseldorf für medizinische Forschungsvorhaben genutzt werden.

Meine vollständig anonymisierten Daten dürfen unbefristet für medizinische Forschungsvorhaben verwendet werden.

Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich meine Einwilligung ohne Angabe von Gründen jederzeit widerrufen kann.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich PD Dr. med. Michael Gliem, Oberarzt der Klinik für Neurologie und Prof. Dr. med. Dipl.-Inform. Julian Caspers, Oberarzt des Institutes für diagnostische und interventionelle Radiologie für die Überlassung des Themas, die stetigen Anregungen und intensive Betreuung der Arbeit danken. Die Begleitung während der wissenschaftlichen Aufarbeitung war stets geprägt von konstruktiver Unterstützung und wertvollen Impulsen.

Weiterhin möchte ich von ganzem Herzen meiner guten Freundin und Studiumskollegin Frau Linea Weitz danken. Danke für unsere Freundschaft, für die ständige Unterstützung in jeder Lebenslage und nicht zuletzt für die Zeit der Datenerhebung dieser Dissertation. Wir sind ein tolles Team und dafür bin ich sehr dankbar.

Großer Dank gilt auch Frau Anika Boesen, durch die ich Motivation gefunden habe, diese Arbeit weiterzuschreiben und zu vollenden.

Mein Dank gilt auch meinen Kollegen, sowohl ärztlich als auch pflegerisch, für die ständige Motivation und Aufmunterung. An dieser Stelle möchte ich besonders Frau Laura Reinhardt danken, die mir Rückhalt in schwierigen Situationen gab und immer ein offenes Ohr für alle Anliegen hatte.

Meiner Familie möchte ich für die Geduld, ständige Motivation und unermüdliche Unterstützung in jeder Lebenslage danken. Ohne eure ständige Aufmunterung und guten Zuspruch würde ich heute nicht da sein, wo ich bin. Danke.

Zuletzt möchte ich meinem Mann, Emin, meinen allergrößten Dank aussprechen. Dein liebendes Wesen, deine ständige Unterstützung und Geduld sorgten dafür, dass ich nie den Mut verloren habe, meine Ziele zu verfolgen und zu erreichen. Du hast mich zu dem Menschen gemacht, der ich heute bin und wofür ich sehr dankbar bin.