

**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin,  
Notfallmedizin und Schmerztherapie  
der Universität Würzburg**

**Direktor: Prof. Dr. med. Patrick Meybohm**

**Lagedarstellung und -Bewertung durch den Einsatz des  
Windmühlenmodells – Einführung und Nutzung im  
Rahmen der SARS-CoV-2 Pandemie**

**Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

vorgelegt von  
Marina Anna Klüpfel  
aus Thüngersheim

**Würzburg, Juli 2023**



Referentenblatt:

Referent: Prof. Dr. med. Thomas Wurmb

Korreferent: PD Dr. med. Martin Jordan

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 03. Juli 2024

Die Promovendin ist Ärztin.

*Für meine Eltern.*



Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation das generische Maskulinum bei personenbezogenen Substantiven, Berufsbezeichnungen und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung anderer Geschlechter, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	<i>Hintergrund</i> .....	1
1.2	<i>Katastrophenschutz in Deutschland</i> .....	1
1.2.1	Definitionen .....	1
1.2.1.1	Katastrophe .....	1
1.2.1.2	Zivile Verteidigung und Zivilschutz .....	1
1.2.1.3	Massenanfall von Verletzten .....	2
1.2.1.4	Medizinischer Notfall .....	2
1.2.2	Föderalistischer Aufbau .....	2
1.2.2.1	Aufgabenteilung zwischen Bund und Ländern .....	2
1.2.2.2	Katastrophenschutz im Freistaat Bayern.....	3
1.2.3	Führungsstruktur und Führungsmittel .....	4
1.2.3.1	Behördliche und administrative Führungsstruktur im Katastrophenfall .....	5
1.2.3.2	Aufbau und Aufgaben eines Führungsstabs .....	6
1.2.3.3	Etablierung der Führungsstruktur im Katastropheneinsatz .....	7
1.2.4	Rolle der Krankenhäuser und Krankenhausalarm- und Einsatzplanung .....	8
1.2.4.1	Rolle der Krankenhäuser im Katastrophenfall .....	8
1.2.4.2	Bedeutung der Krankenhausalarm- und -Einsatzplanung.....	9
1.2.4.3	Erstellung eines Alarm- und Einsatzplans .....	9
1.3	<i>SARS-CoV-2 Pandemie</i> .....	11
1.3.1	Pandemie als nationale und internationale Katastrophe.....	11
1.3.1.1	Ausbruch und Entwicklung der Pandemie.....	11
1.3.1.2	Nationale und internationale Strategien zur Pandemiebewältigung .....	12
1.3.2	Besonderheiten bei der Behandlung von Covid-19-Erkrankten .....	13
1.3.3	Pandemiebewältigung in Krankenhäusern.....	14
1.3.4	Methoden zur Lagedarstellung in der Pandemie .....	15
1.4	<i>Windmühlenmodell</i> .....	17
1.4.1	Qualitätsstufen der medizinischen Versorgung.....	17
1.4.2	Darstellung der Versorgungsqualität mit dem Windmühlenmodell .....	18
1.5	<i>Fragestellung und Ziele dieser Arbeit</i> .....	20
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>21</b>
2.1	<i>Windmühlen-Onlineplattform</i> .....	21

2.1.1	Teilnehmer und Registrierung.....	21
2.1.2	Dateneingabe.....	22
2.1.3	Datenbank.....	25
2.2	<i>Interhospitaltransfers zwischen bayerischen Regierungsbezirken.....</i>	25
2.2.1	Teilnehmer und Registrierung.....	25
2.2.2	Dateneingabe.....	25
2.2.3	Datenbank.....	26
2.3	<i>Lokale SARS-CoV-2-Infektionszahlen der bayerischen Regierungsbezirke.....</i>	27
2.4	<i>Graphische Darstellung.....</i>	28
2.4.1	Windmühlen-Lagemeldungen.....	28
2.4.2	Interhospitaltransfers.....	28
2.5	<i>Statistische Auswertung.....</i>	29
2.5.1	Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells.....	29
2.5.2	Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken.....	29
2.5.3	Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen.....	30
2.5.4	Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte nach Regierungsbezirken.....	30
2.5.5	Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes.....	31
2.5.6	Analyse der Interhospitaltransfers.....	32
2.5.7	Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen.....	32
2.5.8	Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk von Patientenverlegungen.....	32
2.6	<i>Ethikvotum.....</i>	33
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>34</b>
3.1	<i>Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells.....</i>	34
3.2	<i>Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken.....</i>	34
3.3	<i>Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen.....</i>	38
3.4	<i>Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte der Regierungsbezirke.....</i>	42
3.5	<i>Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes.....</i>	44
3.5.1	Gesamtlage.....	44
3.5.1.1	Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021.....	44
3.5.1.2	Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022.....	45
3.5.2	Covid-ITS.....	46
3.5.2.1	Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021.....	46
3.5.2.2	Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022.....	47

3.5.3	Non-Covid-ITS .....	48
3.5.3.1	Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021 .....	48
3.5.3.2	Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022.....	49
3.5.4	Covid-NST.....	50
3.5.4.1	Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021 .....	50
3.5.4.2	Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022.....	51
3.5.5	Non-Covid-NST.....	52
3.5.5.1	Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021 .....	52
3.5.5.2	Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022.....	53
3.6	<i>Analyse der Interhospitaltransfers.....</i>	54
3.7	<i>Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen.....</i>	56
3.8	<i>Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk der Interhospitaltransfers .....</i>	59
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>60</b>
4.1	<i>Diskussion der Ergebnisse.....</i>	60
4.1.1	Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells .....	60
4.1.2	Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken .....	61
4.1.3	Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen .....	61
4.1.4	Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte nach Regierungsbezirken .....	61
4.1.5	Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes.....	62
4.1.6	Analyse der Interhospitaltransfers.....	63
4.1.7	Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen .....	63
4.1.8	Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk von Patientenverlegungen .....	64
4.2	<i>Lagemeldung und -darstellung als Entscheidungsgrundlage für Führungsstäbe .....</i>	64
4.2.1	Möglichkeiten der Lagemeldung und -darstellung .....	64
4.2.2	Vergleich verschiedener Systeme zur Lagemeldung und -darstellung im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland .....	65
4.3	<i>Bewältigung der SARS-CoV-2-Pandemie in Bayern.....</i>	67
4.4	<i>Mögliche zukünftige Anwendungsgebiete des Windmühlenmodells.....</i>	68
4.5	<i>Skalierbare und multimodal anwendbare Lagedarstellung durch das Windmühlen-Modell.....</i>	70
4.6	<i>Limitationen dieser Arbeit.....</i>	71

<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>75</b>

## **Appendix**

- I. Abkürzungsverzeichnis*
- II. Abbildungsverzeichnis*
- III. Tabellenverzeichnis*
- IV. Danksagung*
- V. Eigene Veröffentlichungen und Kongressvorträge*
  - i. Publierte Abstracts*
  - ii. Kongressvorträge*

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Katastrophen und Großschadensereignisse sind beinahe alltäglich geworden. Aktuelle Beispiele wie die SARS-CoV-2-Pandemie (kurz für: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Typ 2) mit über 6 Millionen Todesopfern und mehr als 600 Millionen Erkrankten weltweit (1), die Flutereignisse im Juli 2021 im Westen Deutschlands (2) oder der Krieg in der Ukraine (3) stellen das unter Beweis.

Zur Bewältigung von Katastrophen ist ein leistungsfähiger medizinischer Katastrophenschutz erforderlich. Dieser muss neben der außerklinischen Patientenversorgung auch die Behandlung und Versorgung in Krankenhäusern mit einbeziehen (4). Krankenhäuser gehören zur kritischen Infrastruktur Deutschlands. Daher braucht es gerade dort Konzepte zur Bewältigung verschiedenster Krisen und Schadenslagen (5).

## 1.2 Katastrophenschutz in Deutschland

### 1.2.1 Definitionen

#### 1.2.1.1 *Katastrophe*

Eine Katastrophe ist ein Schadensereignis, bei dem das Leben und die Gesundheit vieler Menschen gefährdet oder geschädigt wird (6). Eine Katastrophe übersteigt die Bewältigungsmöglichkeiten der betroffenen Region. Mögliche Ursachen dafür sind die Zerstörung lokaler Infrastruktur und eine große Anzahl von Betroffenen (4).

Zur Bewältigung einer Katastrophe kann der geschädigte Bezirk den Katastrophenfall ausrufen. Im Katastrophenfall kommen neben dem Regelrettungsdienst zusätzliche taktische Einheiten zum Einsatz (7).

#### 1.2.1.2 *Zivile Verteidigung und Zivilschutz*

Als zivile Verteidigung bezeichnet man die nichtmilitärischen Maßnahmen, die im Fall eines kriegerischen Konflikts, zusätzlich zur militärischen Verteidigung, im Rahmen der Gesamtverteidigung getroffen werden (6). Die Hauptaufgaben der zivilen Verteidigung sind, neben der Aufrechterhaltung der Staats- und Regierungsfunktionen und der

Unterstützung der Streitkräfte, die Versorgung und der Schutz der zivilen Bevölkerung (8).

Der Zivilschutz beinhaltet unter anderem Warnsysteme und Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit (7). Die Durchführung der Zivilschutzmaßnahmen erfolgt durch die Einheiten des Katastrophenschutzes (6).

#### *1.2.1.3 Massenanfall von Verletzten*

Bei einem Massenanfall von Verletzten (MANV) handelt es sich um einen Notfall, bei dem die Anzahl der Verletzten und Betroffenen die Zahl der initial zur Verfügung stehenden Rettungskräfte übersteigt (6). Dadurch entsteht ein Ungleichgewicht zwischen den Ressourcen vor Ort und dem Bedarf an Hilfskräften (7). Die Schwelle, ab der ein MANV vorliegt, ist abhängig von den Gegebenheiten im betroffenen Rettungsbereich. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang neben den verfügbaren Rettungsmitteln auch die Behandlungskapazität der regionalen Krankenhäuser (9).

Bei einem MANV handelt es sich meist um ein zeitlich und räumlich begrenztes Großschadensereignis (4).

#### *1.2.1.4 Medizinischer Notfall*

Bei einem medizinischen Notfall besteht akute Gefahr für das Leben und die Gesundheit einer Person. Ohne sofortige Versorgung drohen bei einem Notfall erhebliche gesundheitliche Schäden. Die Versorgung von Notfallpatienten erfolgt im Rahmen der präklinischen und klinischen Notfallmedizin durch den Regelrettungsdienst und in der Notaufnahme (10).

### **1.2.2 Föderalistischer Aufbau**

#### *1.2.2.1 Aufgabenteilung zwischen Bund und Ländern*

In Deutschland ist der Bevölkerungsschutz, ebenso wie die gesamte Bundesrepublik, föderal organisiert. Das bedeutet die Zuständigkeiten für einzelne Teilaspekte sind zwischen dem Bund und den Bundesländern aufgeteilt. Der Bevölkerungsschutz setzt sich aus dem Zivilschutz und dem Katastrophenschutz zusammen (6).

Der Katastrophenschutz ist Aufgabe der Länder. Er baut auf den ebenfalls auf Landesebene organisierten Rettungsdienst auf. Während im Regelrettungsdienst

überwiegend hauptamtliche Mitarbeitende beschäftigt sind, wird der Katastrophenschutz in Deutschland größtenteils durch ehrenamtliche Helfende getragen (7,11).

Deutschlandweit ist der Bund zuständig für den Zivilschutz im Falle eines kriegerischen Konflikts. Bei Schadenslagen von nationaler Bedeutung wie Naturkatastrophen oder besonders schweren Unglücksfällen kann das betroffene Bundesland Katastrophenhilfe beim Bund anfordern. In diesem Fall kommen je nach Bedarf Einheiten von Bundespolizei und Bundeswehr sowie dem Technischen Hilfswerk (THW) unterstützend zum Einsatz (8,12).

Die Zusammenarbeit von Bund und Ländern wird im Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (ZSKG) geregelt. Das in §§11-13 ZSKG festgelegte Zivilschutz-Doppelnutzen-Konzept sieht die Übernahme der Zivilschutzaufgaben im Verteidigungsfall durch die Einrichtungen des Katastrophenschutzes vor. Im Gegenzug stehen die Vorhaltungen und Einrichtungen des Zivilschutzes in Friedenszeiten auch dem Katastrophenschutz zur Verfügung.

Zusätzlich ergänzt der Bund den Katastrophenschutz der Länder in den Spezialbereichen Brandschutz, Betreuung, Sanitätswesen und CBRN-Schutz (CBRN = chemisch, biologisch, radionukleär). Für den Einsatz im Zivilschutz und in der bundesländerübergreifenden Katastrophenhilfe stellt das Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat (BMI) eine medizinische Task Force (MTF). Die MTF ist eine arztbesetzte, sanitätsdienstliche Spezialeinheit zur überörtlichen medizinischen Hilfeleistung (6). Durch einen modularen Aufbau ist die MTF in der Lage autark zu arbeiten und auch bei dynamischen Flächenlagen oder zerstörter Infrastruktur selbständig eine Versorgungsstruktur zu etablieren. Eine MTF besteht aus fünf Modulen, die die Bereiche Führung, Logistik, Dekontamination Verletzter, Behandlung und Patiententransport abdecken (13,14).

Darüber hinaus gibt es auf europäischer Ebene sowohl bilaterale Abkommen zwischen Nachbarstaaten als auch multinationale Vereinbarungen zur gegenseitigen Unterstützung im Katastrophenfall (7,15).

#### *1.2.2.2 Katastrophenschutz im Freistaat Bayern*

Im Fall eines Großschadensereignisses oder einer Katastrophe bilden der Regelrettungsdienst und die Einheiten des Katastrophenschutzes die Grundlage der medizinischen Schadensbekämpfung. Die Aufgaben und Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure ist geregelt durch das bayerische Katastrophenschutzgesetz

(BayKSG), das bayerische Rettungsdienstgesetz (BayRDG) und die Ausführungsverordnung des bayerischen Rettungsdienstgesetzes (AVBayRDG).

Zu einem medizinischen Notfall werden in der Regel ein Rettungstransportwagen (RTW) mit einer Besatzung aus einem Notfallsanitäter oder Rettungsassistenten und einem Rettungssanitäter sowie ein Notarzteinsetzfahrzeug (NEF) mit einem Notarzt und einem weiteren Rettungssanitäter alarmiert. Die Besatzung von RTW und NEF ist gemeinsam für die individualmedizinische Behandlung eines Patienten vorgesehen.

Bei einem MANV werden mehr Einsatzkräfte vor Ort benötigt. Zu diesem Zweck kommen die Schnelleinsatzgruppen (SEG) des Katastrophenschutzes zum Einsatz. Eine SEG ist eine taktische Einheit zur Bewältigung besonderer Einsatzsituationen und erfüllt einen im Vorfeld definierten Einsatzzweck. Die Personalbesetzung und Ausstattung einer SEG ist bayernweit festgelegt. Für den medizinischen Katastrophenschutz besonders relevant sind die SEG Behandlung, die einen Behandlungsplatz zur Versorgung von 25 Patienten pro Stunde errichten und betreiben kann, und die SEG Transport, die gleichzeitig vier liegende Verletzte transportieren kann (14,16).

Bei Großschadenslagen und Katastrophen, die nicht allein durch die Einsatzmittel der örtlichen Hilfsorganisationen bewältigt werden können, kann zusätzliche Hilfe aus den benachbarten Landkreisen angefordert werden. In diesem Fall schließen sich mehrere SEG zu einem Zug mit gemeinsamer Führung zusammen. Ein Zug ist eine zweckgebundene Einsatzeinheit mehrerer SEG mit dem gleichen Einsatzzweck. So entsteht beispielsweise ein Behandlungszug oder ein Transportzug (7).

Im Katastrophenfall hat die oberste Einsatzleitung außerdem die Möglichkeit weitere Einsatzkräfte in Form eines Hilfeleistungskontingents anzufordern. Ein Hilfeleistungskontingent ist ein Zusammenschluss mehrerer Züge und hat wie eine SEG einen definierten Einsatzwert. Ein Hilfeleistungskontingent Standard kann beispielsweise 150 Verletzte versorgen und 20 Patienten zeitgleich transportieren (7).

### **1.2.3 Führungsstruktur und Führungsmittel**

Um im Katastrophenfall eine schnelle und effektive Hilfeleistung zu gewährleisten und die Zusammenarbeit der beteiligten Hilfsorganisationen zu koordinieren, bedarf es einer übergeordneten Führungsstruktur. Der Aufbau und die Zuständigkeiten einer solchen Führungsstruktur sind im Bundesrecht (ZSKG) und Landesrecht (z.B. BayKSG) geregelt. In der länder- und organisationsübergreifend gültigen Feuerwehrdienstvorschrift 100

„Führung und Leitung im Einsatz“ (FwDV 100) finden sich weitere Angaben zur einheitlichen Führungsorganisation (17). Im Folgenden werden der Aufbau und die Aufgaben der Führungsstruktur im bayerischen Katastrophenschutz erklärt.

### 1.2.3.1 Behördliche und administrative Führungsstruktur im Katastrophenfall

Die Gesamteinsatzleitung und politische Gesamtverantwortung für den Katastropheneinsatz obliegt der Katastrophenschutzbehörde. Die zuständige Katastrophenschutzbehörde ist, abhängig vom Ausmaß des Schadensereignisses, entweder das Innenministerium des betroffenen Bundeslandes oder die Verwaltung des geschädigten Landkreises bzw. der geschädigten Stadt. (12,18)

Die Einsatzleitung im Katastrophenfall ist hierarchisch aufgebaut und in drei Führungsebenen untergliedert. In Abbildung 1-1 ist der Aufbau der Führungsstrukturen dargestellt.



Abbildung 1-1: **Hierarchie und Aufgaben der Führungsstrukturen im Katastrophenschutz.** Mitte: Ebenen der Einsatzführung; links: Aufgabenbereiche der Führungsebenen; rechts: Ort der Tätigkeit. Eigene Grafik.

Auf der oberen Führungsebene steht die Führungsgruppe Katastrophenschutz (FüGK), die aus Mitarbeitenden der Katastrophenschutzbehörde gebildet wird. Zusätzlich kann die FüGK lageabhängig um Sachverständige oder Vertreter von beteiligten Einsatzorganisationen erweitert werden. Die FüGK erfüllt administrativ-organisatorische Aufgaben wie die Gesamtkoordination aller Maßnahmen, die Öffentlichkeitsarbeit und die Anforderung überregionaler Hilfeleistungen. Sie ist der Örtlichen Einsatzleitung (ÖEL) weisungsbefugt. (17,18)

Die ÖEL bildet die mittlere Führungsebene. Die ÖEL ist eine von der Katastrophenschutzbehörde benannte und fachlich geeignete Person, deren Aufgabe die Koordinierung der Einsatzkräfte vor Ort ist. Hierfür ist sie am Einsatzort präsent und leitet operativ-taktische Maßnahmen wie die Bereitstellung und Ablösung von Einsatzkräften, die Reihenfolge der zu treffenden Maßnahmen und die Etablierung einer Kommunikationsstruktur. Sie ist das Bindeglied zwischen der FÜGK und der unteren Führungsebene. (17,18)

Auf der unteren Führungsebene stehen die Einsatzleitenden der am Einsatz beteiligten Hilfsorganisationen, der Polizei und der Feuerwehr. Gemeinsam bilden sie die technisch-taktische Komponente des Katastropheneinsatzes und haben die direkte Schadensbekämpfung vor Ort und die Umsetzung der Anweisungen der ÖEL zur Aufgabe. Alle Einsatzleitenden führen die ihnen unterstellten Einsatzkräfte nach den Vorgaben ihrer Organisationen. Die oberste Einsatzleitung der medizinischen Hilfsorganisationen ist die Sanitätseinsatzleitung (SanEL). Die SanEL besteht aus einer Organisatorischen Leitung (OrgL) und einem Leitenden Notarzt (LNA). Der SanEL sind neben den rettungs- und sanitätsdienstlichen Kräften auch die Berg- und Wasserrettung unterstellt. (7,17,18)

Die personellen Zuständigkeiten aller Führungsorgane sind bereits vor Eintritt eines Großschadensereignisses festgelegt. So sind die Führungsverantwortlichen im Katastrophenfall schnell alarmierbar und einsatzbereit. (18)

#### *1.2.3.2 Aufbau und Aufgaben eines Führungsstabs*

Eine Führungsstruktur mit klar abgegrenzten und aufgeteilten Aufgabengebieten ist für die erfolgreiche Einsatzbewältigung unerlässlich. Um eine handlungsfähige Einsatzleitung zu gewährleisten, wird die Gruppe der verantwortlichen Personen möglichst klein gehalten. Die eingesetzten Führungskräfte verfügen über hohe fachliche Kompetenzen in ihren jeweiligen Aufgabenbereichen. (14,17)

Bei einem Großschadensereignis benötigt die Einsatzleitung personelle Unterstützung bei der Wahrnehmung ihrer Führungsaufgaben. Zu diesem Zweck wird ein Führungsstab gebildet. Im Führungsstab werden die Aufgaben in Sachgebiete untergliedert. Für jedes Sachgebiet wird eine Sachgebietsleitung ernannt, die der Einsatzleitung Bericht erstattet und ihr direkt unterstellt ist. Die einzelnen Sachgebietsleitenden stehen im Austausch mit Fachberatern und Vertretern von Behörden und Hilfsorganisationen. (17)

Die im Führungsstab vertretenen sechs Sachgebiete sind aufgeteilt in Personal und Innerer Dienst (Sachgebiet eins (S1)), Lage (S2), Einsatz (S3), Versorgung (S4), Presse- und Medienarbeit (S5) und Informations- und Kommunikationswesen (S6). Genaue Definitionen und Zuständigkeiten der einzelnen Sachgebiete finden sich in der FwDV 100. In Abhängigkeit von Art und Ausmaß des Schadensereignisses verschiebt sich die Gewichtung der einzelnen Sachgebiete. Gegebenenfalls können mehrere Sachgebiete unter einer Leitung zusammengefasst werden. (17)

In der Initialphase eines Großschadensereignisses müssen zeitkritische Entscheidungen trotz des vorherrschenden Informations- und Ressourcenmangels schnell und oft ohne ein vollständiges Bild der Lage getroffen werden. Da es sich bei einem Katastropheneinsatz um eine komplexe und möglicherweise dynamische Schadenslage handelt, ist eine strukturierte Herangehensweise an den Einsatz und die Einsatzführung wichtig. Zur zielgerichteten Entscheidungsfindung und Abarbeitung des Einsatzes wird der Führungskreislauf angewendet. Dieser sollte vom Führungsstab schnellstmöglich etabliert werden, um einen geordneten und zielgerichteten Einsatz zu ermöglichen. (7,17)

Der Führungskreislauf beschreibt den Ablauf des Führungsvorgangs in mehreren Phasen. Am Anfang steht die Lagefeststellung durch Erkundung. Im nächsten Schritt erfolgt die Planung des weiteren Vorgehens durch die Beurteilung der Lage und eine Festlegung von Einsatzschwerpunkten. Im Anschluss erfolgt die Befehlsgabe an die Einsatzkräfte. Der Führungskreislauf schließt sich mit der Kontrolle von Befehlsausführung und -erfolg und einer erneuten Lagefeststellung. Bis zur vollständigen Einsatzbewältigung wird der Führungskreislauf immer wieder durchlaufen. Dadurch kann die weitere Planung und Einsatzstrategie fortlaufend an die aktuellen Gegebenheiten des Einsatzes angepasst werden. Der Führungskreislauf kann als Handlungsalgorithmus auf allen Führungsebenen angewendet werden. (4,7,17)

### *1.2.3.3 Etablierung der Führungsstruktur im Katastropheneinsatz*

Nach einer Alarmierung treffen am Unglücksort zuerst Einsatzkräfte des Rettungsdienstes ein. Bei einem Schadensereignis mit mehreren Verletzten oder Betroffenen und folglich mehreren alarmierten Rettungsmitteln ist eine Absprache und Aufgabenteilung zwischen den Hilfskräften vor Ort von Beginn an erforderlich. Die vorläufige Einsatzführung übernimmt der ersteintreffende Notarzt gemeinsam mit dem ersteintreffenden Notfallsanitäter oder Rettungsassistenten. Ihre Hauptaufgaben

bestehen in der Lageerkundung und -meldung sowie der Organisation der medizinischen Erstversorgung. (7,14,19,20)

Zu Beginn eines Einsatzes sind häufig nur wenige Informationen zur Anzahl der Verletzten und den Gegebenheiten vor Ort vorhanden. Die erste Lageerkundung ist wichtig, um mögliche Gefahren für Helfende und Verletzte an der Einsatzstelle zu erkennen und einen Überblick über die Anzahl und Verletzungsmuster der Verletzten zu gewinnen. Auf Grundlage der gesammelten Informationen können weitere Einsatzkräfte, Einsatzleitende und gegebenenfalls benötigte Spezialkräfte bei der Leitstelle nachgefordert werden. Als Nächstes wird eine Patientenablage außerhalb des Gefahrenbereichs eingerichtet. Hier erfolgt die Sammlung, die Sichtung und die Erstversorgung der Verletzten unter Aufsicht des verantwortlichen Notarztes. (4,7,14,19) Bis zum Eintreffen übergeordneter Führungskräfte wie der SanEL liegt die vorläufige Einsatzführung und medizinische Verantwortung des Einsatzes beim ersteintreffenden Notarzt und dem ersteintreffenden Notfallsanitäter oder Rettungsassistenten. Die medizinische Einsatzverantwortung wird vom LNA übernommen. Die Aufgabe des OrgL ist die Koordination der eingesetzten SEG und die Planung des Patientenflusses vom Schadensort bis ins Krankenhaus. Bei großen Einsätzen werden verschiedene Einsatzabschnitte gebildet, die wiederum von Einsatzabschnittsleitenden geführt werden. Die Einsatzleitenden tragen zur besseren Erkennbarkeit farbige Überwurfwesten. (7,20,21)

## **1.2.4 Rolle der Krankenhäuser und Krankenhausalarm- und Einsatzplanung**

### *1.2.4.1 Rolle der Krankenhäuser im Katastrophenfall*

Zusätzlich zu planbaren Patientenaufnahmen gehört die Aufnahme und Behandlung von Notfallpatienten über die Notaufnahme zu den Kernaufgaben einer Klinik. Die Krankenhäuser bilden mit ihren Notaufnahmen das letzte Glied der Rettungskette. Sowohl bei einfachen medizinischen Notfällen als auch bei Großschadensereignissen ist der Transport in eine Klinik zur dortigen Behandlung das übergeordnete Ziel. Am Einsatzort werden nur notwendige Sofortmaßnahmen zur Kreislaufstabilisierung und zur Herstellung der Transportfähigkeit eines Verletzten durchgeführt. (22,23)

Im Rahmen eines MANV oder einer Katastrophe mit einer Vielzahl an Verletzten müssen Krankenhäuser kurzfristig mit dem Eintreffen vieler schwerverletzter Personen rechnen. In solchen Ausnahmefällen gibt es Patientenzuweisungsstrategien nach einem Verteilungs- oder Wellenplan, die eine Überlastung einzelner Kliniken vermeiden sollen.

Gleichzeitig müssen Krankenhäuser ihre Aufnahme- und Behandlungskapazitäten innerhalb kurzer Zeit erweitern, um die Versorgung der ankommenden Patienten zu gewährleisten. Für einen geregelten Ablauf ist ein vorbereiteter, klinikinterner Notfallplan essenziell. (20,24,25)

#### *1.2.4.2 Bedeutung der Krankenhausalarm- und -Einsatzplanung*

Die Krankenhäuser sind ein wichtiger Teil der kritischen Infrastruktur Deutschlands. Sie stellen täglich gemeinsam mit den ambulanten Gesundheitseinrichtungen und den Apotheken die medizinische Versorgung der Bevölkerung sicher. Gleichzeitig sind Krankenhäuser Wirtschaftsbetriebe mit knapper finanzieller Ausstattung, straffen Routineabläufen und, bereits im Normalbetrieb, einer hohen Bettenauslastung. (22,26) Ein reibungsloser Ablauf des alltäglichen Klinikbetriebs ist abhängig von vielen verschiedenen Variablen wie beispielsweise der Wasser- und Stromversorgung oder der Funktion von Informationstechnologien (IT) der Klinik. Durch ihre komplexen Abhängigkeiten ist eine Klinik mit ihren fein abgestimmten Routineabläufen störanfällig. (5)

Herausforderungen für die Arbeitsfähigkeit eines Krankenhauses können sowohl aus externen Schadensereignissen als auch durch interne Ursachen wie einen IT- oder Stromausfall entstehen. In beiden Fällen ist ein Notfallplan zur Problembewältigung hilfreich und erforderlich (23). Krankenhäuser sind durch die Katastrophenschutz- und Krankenhausgesetze der Länder und das Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG) zur Vorbereitung auf Gefahren- und Schadenslagen verpflichtet (5,25).

Einen Praxisleitfaden zur Erstellung eines Notfallplans findet man im Handbuch „Krankenhausalarm- und -einsatzplanung (KAEP)“ des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (27).

#### *1.2.4.3 Erstellung eines Alarm- und Einsatzplans*

Bei der Erstellung der KAEP ist das „konsequenzbasierte Modell“ nach Wurmb et al. eine hilfreiche Grundlage. Die möglichen Folgen einer Krise oder Gefährdung im Krankenhaus sind eine Überlastung der Behandlungskapazität und eine Einschränkung der Funktionalität der Klinik. Beide Probleme können sowohl bei externen als auch bei internen Schadensursachen entstehen und bedingen sich gegenseitig. Eine andauernde Überlastung der Behandlungskapazität führt zu Einschränkungen in der Funktionalität

einer Klinik. Genauso verringert eine eingeschränkte Funktionalität die Behandlungskapazitäten und macht so eine Überlastung wahrscheinlicher. (5,25)

Das Ziel der KAEP ist die Entwicklung von Plänen zur Erhaltung der Funktionalität des Krankenhauses, zur Aufrechterhaltung und Erweiterung der Behandlungskapazität und zum Schutz von Mitarbeitenden und Patienten (4,25). Eine multidisziplinäre Arbeitsgemeinschaft mit Vertretern aller relevanten medizinischen Fachbereiche, aus der Pflege, Logistik und Technik erarbeitet die Alarm- und Einsatzpläne auf Basis einer ausführlichen, krankenhausspezifischen Risikoanalyse (25).

Die in der KAEP vorgesehenen Strukturelemente sind den Strukturen im Katastrophenschutz sehr ähnlich. Nach der Alarmierung übernimmt die operative Krankenseinsatzleitung (opEL) die initiale Einsatzkoordination und bei Bedarf die Abstimmung mit externen Einsatzleitern. Die opEL ist umgehend verfügbar und besteht aus weisungsbefugten Mitgliedern der medizinisch und logistisch-technisch relevanten Professionen. Bei komplexen Ereignissen erfolgt zusätzlich die Etablierung der Krankenseinsatzleitung (KEL) bestehend aus der Leitung der KEL und einem Krisenstab mit den Stabsfunktionen S1-S6. Die opEL führt den operativen Einsatz im Stabsbereich S3 weiter. Die personelle Zusammensetzung von KEL und opEL ist bereits vor Eintritt eines Schadensereignisses in der KAEP festgelegt. Abhängig vom Einsatzfall besteht die opEL aus Vertretern unterschiedlicher, für den jeweiligen Sonderfall besonders relevanter Fachbereiche. (4,5)

Die Alarm- und Einsatzpläne für die verschiedenen Szenarien sind für das Personal in elektronischer Form im Intranet sowie in Papierform an den jeweiligen Einsatzschwerpunkten verfügbar. Ablaufübungen sind ein wichtiges Instrument zur Mitarbeiterschulung und helfen gleichzeitig bei der stetigen Weiterentwicklung und Verbesserung der Einsatzpläne. (5,25)

### **1.3 SARS-CoV-2 Pandemie**

#### **1.3.1 Pandemie als nationale und internationale Katastrophe**

##### *1.3.1.1 Ausbruch und Entwicklung der Pandemie*

SARS-CoV-2 wurde erstmals Ende Dezember 2019 in der chinesischen Großstadt Wuhan nachgewiesen (28). Von dort aus erfolgte die Ausbreitung des Virus in anderen asiatischen Ländern und weltweit. Aufgrund der global rapide ansteigenden Infektionszahlen bezeichnete die Weltgesundheitsorganisation (WHO) den SARS-CoV-2-Ausbruch ab dem 11. März 2020 als Pandemie. (29) Durch die exponentielle Verbreitung des Virus kam es in mehreren Ländern zu großen regionalen Krankheitsausbrüchen, die die Behandlungskapazitäten der Krankenhäuser innerhalb kurzer Zeit stark überlasteten und die Patientenversorgung nach individualmedizinischen Standards lokal unmöglich machten (30,31).

In Deutschland gab es ab Ende Januar 2020 erste vereinzelte Fälle von SARS-CoV-2. Bei steigenden Infektionszahlen und der kontinuierlichen Weiterverbreitung des Virus wurde Ende Februar 2020 ein gemeinsamer Krisenstab von BMI und Bundesgesundheitsministerium (BMG) eingerichtet. (32) Der wellenartige Verlauf der SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland ist anhand von Daten des Robert Koch Instituts (RKI) in Abbildung 1-2 dargestellt (33). Mit einer Verzögerung von wenigen Tagen kam es in Folge der steigenden Infektionszahlen auch zu einem deutlichen Anstieg der Krankenhauseinweisungen und Todesfälle durch das Virus (34). Im Rahmen der Infektionswelle durch die Omikron-Variante Anfang 2022 blieben die Hospitalisierungsrate und die Todesfälle im Vergleich zu den hohen Infektionszahlen durch die Virusvariante auf einem niedrigeren Niveau als in den vorherigen Infektionswellen (34).

In Bayern verlief die Infektionskurve annähernd parallel zu den Zahlen auf Bundesebene. Wie in ganz Deutschland kam es zu großen regionalen Unterschieden im Infektionsgeschehen. So kam es zu hohen Ansteckungszahlen und lokalen Infektions-Hotspots besonders im Süden und Osten Bayerns bei zeitgleich moderaten Infektionszahlen in Unterfranken. (35,36)

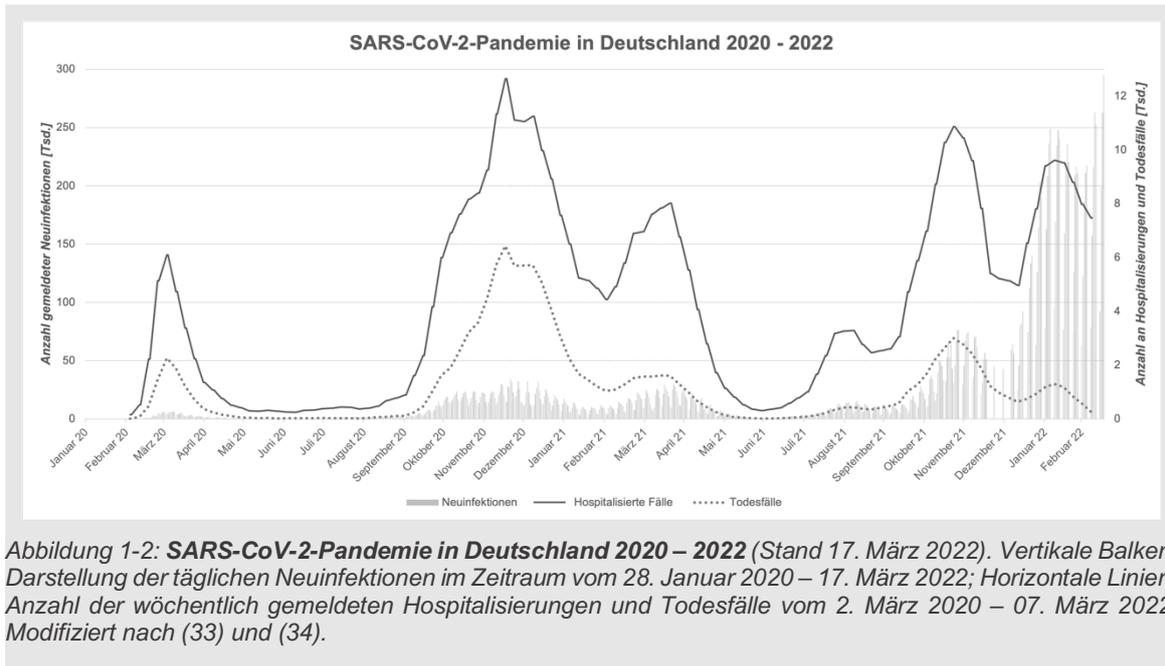


Abbildung 1-2: **SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland 2020 – 2022** (Stand 17. März 2022). Vertikale Balken: Darstellung der täglichen Neuinfektionen im Zeitraum vom 28. Januar 2020 – 17. März 2022; Horizontale Linien: Anzahl der wöchentlich gemeldeten Hospitalisierungen und Todesfälle vom 2. März 2020 – 07. März 2022. Modifiziert nach (33) und (34).

### 1.3.1.2 Nationale und internationale Strategien zur Pandemiebewältigung

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene kam es durch die SARS-CoV-2-Pandemie zu extremen Belastungen der Gesundheitssysteme. Durch die exponentielle Ansteckungsrate kam es besonders in städtischen Ballungsgebieten und Gemeinschaftseinrichtungen zur Entstehung von Infektions-Hotspots (31,37,38). Dadurch entstanden in den örtlichen Kliniken besonders bei den Intensivbehandlungs- und Beatmungsplätzen Versorgungsengpässe (30,31,37). Weitere Herausforderungen waren der erhöhte pflegerische Aufwand durch Isolation der Erkrankten sowie eine weltweite Knappheit von medizinischer Schutzausrüstung (38,39). Durch Infektionen des Krankenhauspersonals kam es neben Personalausfällen auch zur Entstehung von Infektionsclustern innerhalb der Kliniken (30,40).

Um einen Zusammenbruch der medizinischen Versorgung zu verhindern, wurden weltweit eingreifende Maßnahmen ergriffen. Durch Kontakt- und Ausgangsbeschränkungen für die gesamte Bevölkerung soll die Ausbreitung des Virus eingedämmt werden (41,42). Zur schnellen Erkennung von Virusinfektionen werden gezielte Tests bei Personen mit Erkältungssymptomen durchgeführt. Bei einem positiven Testergebnis folgt die Isolationspflicht für Infizierte und eine Quarantäne für deren direkte Kontaktpersonen. (43,44)

Seit Ende Dezember 2020 ist eine Schutzimpfung gegen SARS-CoV-2 verfügbar. Die Immunisierung der Bevölkerung ist seitdem einer der wichtigsten Bausteine der Pandemiebewältigung in Deutschland. (45)

### **1.3.2 Besonderheiten bei der Behandlung von Covid-19-Erkrankten**

Die durch SARS-CoV-2 hervorgerufene Erkrankung Covid-19 (kurz für: coronavirus disease 2019) stellt auch die behandelnden Mediziner vor einige Herausforderungen. Bei Covid-19 handelt es sich um eine Multisystemerkrankung, die unter anderem die Lunge schwer schädigen kann (37,46). Die wichtigsten Indikatoren für die Notwendigkeit einer stationären oder intensivmedizinischen Krankenhausbehandlung sind die Atemfrequenz und die Sauerstoffsättigung im Blut der Erkrankten. Um eine adäquate Sauerstoffversorgung der Erkrankten sicherzustellen, kann die Verabreichung von supplementärem Sauerstoff erforderlich sein. Bei schweren Infektionsverläufen kann darüber hinaus auch eine stufenweise Eskalation der Therapie auf nichtinvasive Beatmungsformen, eine Intubation und invasive Beatmungstherapie oder die extrakorporale Membran-Oxygenierung (ECMO) notwendig werden. (47,48)

Für die Krankenhausbehandlung von SARS-CoV-2-Infizierten werden besonders Normalstationsbetten mit Isolationsmöglichkeit und Beatmungsplätze auf Intensivstationen benötigt (49). Die Behandlung von Covid-19-Erkrankten ist sehr personal- und ressourcenaufwändig. Um auch bei schnell ansteigenden Infektionszahlen ausreichende stationäre Bettenkapazitäten zu gewährleisten, wurden vorsorglich elektive Behandlungen verschoben (50).

Zum Ausgleich der Bettenauslastung verschiedener Kliniken werden Covid-19-Erkrankte aus Regionen mit hohen Infektionsraten in weniger betroffene Krankenhäuser anderer Bezirke verlegt. So soll einer Überlastung der Kliniken in Gebieten mit vielen infektionsbedingten Hospitalisierungen vorgebeugt werden. Ein weiterer wichtiger Grund für die Verlegung von Erkrankten ist eine klinische Zustandsverschlechterung, die eine intensivmedizinische Behandlung (z.B. ECMO) an einem spezialisierten Zentrum notwendig macht. Da der Interhospitaltransport von Covid-19-Erkrankten eine große logistische Herausforderung für alle beteiligten Stellen darstellt, wurden mit dem bundesweiten Kleeblattsystem und ähnlichen Strukturen auf Landesebene mehrerer Bundesländer übergeordnete Organisationsstrukturen für Verlegungen geschaffen. (51–53)

Tritt eine pandemiebedingte Überlastung der deutschen Kliniken trotz aller vorsorglichen Maßnahmen zur Erweiterung der Behandlungskapazitäten ein, ist die patientenzentrierte Behandlung nicht mehr möglich. Bei der Verteilung der limitierten Ressourcen werden die Erkrankten mit der objektiv größten Überlebenschance priorisiert behandelt. Als Triage-Grundlage gilt in diesem Fall die S1-Leitlinie „Entscheidungen über die Zuteilung intensivmedizinischer Ressourcen im Kontext der Covid-19-Pandemie“. (54)

### **1.3.3 Pandemiebewältigung in Krankenhäusern**

Durch die hohen und rasch ansteigenden Zahlen von SARS-CoV-2-Infizierten in den Krankenhäusern drohte ein Missverhältnis zwischen den zur Verfügung stehenden Versorgungskapazitäten und den zur Patientenbehandlung benötigten Ressourcen. Um in dieser Ausnahmesituation einen Zusammenbruch der Gesundheitsversorgung zu verhindern, wurden neben Krisenstäben auf Bundes- und Landesebene auch KEL als Führungsstrukturen in den einzelnen Kliniken eingerichtet. Die Aufgabe der KEL im Rahmen der Pandemiebewältigung ist die Erhaltung eines hohen medizinischen Versorgungsstandards in der Klinik. (55,56)

Die Patientenversorgung im Krankenhaus baut auf das Vorhandensein von Personal, Behandlungsmaterial und Patientenbetten in jeweils ausreichenden Mengen auf. Der Bedarf an stationären Versorgungsmöglichkeiten steigt in den Pandemiewellen stark an. Um die Funktionalität eines Krankenhauses trotz eines vorherrschenden Ressourcenmangels aufrecht zu erhalten, können verschiedene Maßnahmen getroffen werden. Die Verschiebung planbarer Eingriffe und Behandlungen erhöht kurzfristig die Zahl der verfügbaren freien Krankenhausbetten auf Normal- und Intensivstationen. Weitere Intensivbehandlungsplätze können außerdem durch die räumliche Ausweitung der Intensivstationen auf Intermediate Care (IMC) Stationen und Aufwachräume geschaffen werden. (56,57)

Damit die neu geschaffenen Intensivbetten in Betrieb genommen werden können, müssen zusätzliche medizinische Geräte, wie Spritzenpumpen und Beatmungsgeräte, beschafft werden. Bei Beschaffungsschwierigkeiten kann auf bereits vorhandene und aktuell nicht verwendete Geräte aus Bereichen mit situationsbedingt heruntergefahrenem Routinebetrieb zurückgegriffen werden. (27,56) Als Alternative zu herkömmlichen Intensivrespiratoren ist beispielsweise die Verwendung von Narkosegeräten zur Beatmung von Intensivpatienten möglich (58,59).

Zur Deckung des erhöhten Personalbedarfs können neben den Pflegekräften aus anderen Bereichen der Klinik beispielsweise Medizinstudierende oder Ärzte und Fachkräfte aus dem Ruhestand herangezogen werden (56,60,61).

Neben der Erweiterung der Behandlungskapazitäten ist die Vermeidung von nosokomialen SARS-CoV-2-Ansteckungen ein weiterer wichtiger Baustein der Pandemiebewältigung in Krankenhäusern. Räumlich voneinander abgetrennte Behandlungsbereiche für Covid-19-Erkrankte und Nichterkrankte sowie die Einschränkung der Besuchsmöglichkeiten im Krankenhaus verhindern weitere Infektionsübertragungen. (27,56)

#### **1.3.4 Methoden zur Lagedarstellung in der Pandemie**

Alle Entscheidungen der Krisenstäbe und KEL werden basierend auf der aktuellen Lage getroffen. Die Lagedarstellung ist daher ein zentraler Teil des Führungskreislaufes und ist im Führungsstab als eigenständiges Sachgebiet S2 vertreten. Im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie sind sowohl klinikinterne Faktoren wie freie Behandlungskapazitäten und die Personallage als auch externe Entwicklungen wie die Dynamik der Pandemie und die Lage in anderen regionalen Kliniken als Entscheidungsgrundlage der KEL relevant. (27,56)

Die Zahl der gemeldeten Neuinfektionen gibt einen Überblick über die Pandemieentwicklung. Die tagesaktuellen Zahlen werden auf nationaler Ebene vom RKI sowie global von der WHO veröffentlicht. Um die Situation in verschiedenen Ländern und Regionen besser vergleichbar zu machen, können die Inzidenzwerte auf 100.000 Einwohner skaliert werden. (1,36) Auf Grundlage der 7-Tage-Inzidenz, dem über sieben Tage gemittelten Inzidenzwert, können in Deutschland besondere Schutzmaßnahmen nach §28a des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) zur Eindämmung der Pandemie ergriffen werden.

Um die Lage in den Krankenhäusern und Intensivstationen besser darzustellen, wurde im März 2020 das Intensivregister der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) freigeschaltet. Im DIVI-Intensivregister finden sich täglich aktualisierte Zahlen der intensivmedizinischen Behandlungskapazitäten aller deutschen Akutkrankenhäuser. (62,63) Ein weiteres Werkzeug zur Lagedarstellung in Krankenhäusern ist das Modul Sonderlage der eHealth-Plattform Interdisziplinärer Versorgungsnachweis (IVENA). Im IVENA-Sonderlage-Modul werden neben den verfügbaren Versorgungskapazitäten der teilnehmenden Kliniken auch weitere

krisenrelevante Daten wie vorhandene Vorräte an Schutzausrüstung dargestellt. (64)  
Beide Formate bieten eine quantitative Darstellung der Versorgungslage in deutschen Krankenhäusern.

## **1.4 Windmühlenmodell**

### **1.4.1 Qualitätsstufen der medizinischen Versorgung**

Neben der verfügbaren Bettenkapazität ist die Versorgungsqualität eine weitere wichtige Komponente der Lagedarstellung in Krankenhäusern. Eine Erweiterung der Behandlungskapazitäten kann nur innerhalb enger Grenzen ohne die gleichzeitige Herabstufung der Versorgungsqualität erfolgen. Um die Anzahl der vorhandenen Behandlungsplätze in kurzer Zeit zu steigern, kann die Umstellung von individualmedizinischer Versorgung auf Krisenversorgung erforderlich sein. (56,65,66)

Die Qualität der medizinischen Behandlung lässt sich in drei Kategorien aufteilen, die sich stufenweise von den patientenzentrierten Versorgungsstandards entfernen. Sowohl im alltäglichen Routinebetrieb als auch im Falle einer Schadenslage erfolgt die Krankenhausbehandlung nach individualmedizinischen Standards. Jeder Patient bekommt die bestmögliche, auf seinen Einzelfall abgestimmte Behandlung. Die Klinik verfügt über freie Kapazitäten zur Patientenversorgung und ausreichende Mengen an Verbrauchsmaterial und medizinischen Geräten. Das Personal arbeitet in Routinebesetzung und im gewohnten Aufgabenbereich. (5,65)

Kommt es im Rahmen einer Schadenslage zu einem starken Anstieg der Patientenzahlen, muss das Krankenhaus zur Patientenversorgung im Krisenmodus übergehen. Es müssen Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität anhand von vorbereiteten Notfallplänen ergriffen werden. Die individualmedizinische Patientenversorgung ist nicht mehr vollumfänglich möglich. Im Rahmen der kompensierten Krisenversorgung werden Patienten jedoch weiterhin überwiegend nach anerkannten medizinischen Standards behandelt. Um zusätzliche Versorgungsplätze zu schaffen, werden beispielsweise weitere Patientenbetten in Räumen mit vorhandener medizinischer Grundausstattung wie Funktions- und Operationsbereichen aufgestellt. Das Personal muss zunehmend in Bereichen außerhalb der eigenen Routinetätigkeit eingesetzt werden. Die Rekrutierung von zusätzlichem klinikfremdem Personal kann notwendig sein. Bei erhöhtem Material- und Gerätebedarf kann neben erweiterten Beschaffungsmaßnahmen ein Umstieg auf Alternativprodukte und -geräte oder die Aufbereitung und Wiederverwendung von Verbrauchsgütern erforderlich werden. Durch die strategischen Verlegungen einiger Patienten in andere Kliniken, können die Behandlungsressourcen geschont und die Versorgungsqualität aufrechterhalten werden. (65,67)

Übersteigt der aktuelle Behandlungsbedarf die verfügbaren Kapazitäten trotz aller möglichen Anpassungen, kommt es zur dekompenzierten Krisenversorgung. Die

Behandlung nach patientenzentrierten Standards ist nicht weiter möglich. Stattdessen werden katastrophenmedizinische Maßstäbe angewendet, um das Überleben möglichst vieler Patienten zu sichern. Behandlungsflächen werden auf nichtmedizinische Bereiche wie Flure oder Konferenzräume ausgeweitet. Das Personal arbeitet ohne Spezialisierung. Die Verlegung von Patienten in umliegende Krankenhäuser ist zur Wiederherstellung der Standardversorgung unbedingt erforderlich. (65,67)

Die Übergänge zwischen den drei Versorgungsstufen sind fließend und abhängig von der Größe des betroffenen Krankenhauses sowie den dort vorhandenen Fachabteilungen. (65)

#### **1.4.2 Darstellung der Versorgungsqualität mit dem Windmühlenmodell**

Als Möglichkeit der übersichtlichen Lagedarstellung in Krankenhäusern wurde Ende 2020 das Windmühlenmodell von Wurmb et al. entwickelt. Das Modell gibt anhand einer farblich codierten Grafik Auskunft über die aktuell bestmögliche medizinische Versorgungsqualität der meldenden Stelle. Durch die Ampelfarben wird die nachlassende individuelle Behandlungsqualität der Versorgungsstufen individualmedizinische Versorgung (grün), kompensierte Krisenversorgung (gelb) und dekompenzierte Krisenversorgung (rot) symbolisiert. Um das breite Spektrum der kompensierten Krisenversorgung besser darzustellen, wurde die Versorgungsstufe der kompensierten Krisenversorgung nachträglich in die beiden Versorgungsstufen kompensierte Krisenversorgung bei gesicherter Versorgung (gelb) und kompensierte Krisenversorgung bei gefährdeter Versorgung (orange) unterteilt. Die grundsätzlichen Voraussetzungen für die Anwendung des Windmühlenmodells sind etablierte Führungsstrukturen und die einheitliche Definition der Versorgungsstufen unter allen Nutzern. (67,68)

Die Anwendung des Windmühlenmodells ist auf allen Ebenen einer Führungsstruktur möglich. Auf der Krankenhausebene sind die Bereiche Material, Personal und Raum von besonderer Bedeutung für die Aufrechterhaltung der Versorgungsqualität. Daher wird jede dieser Variablen als ein Flügel der Windmühle dargestellt. Für übergeordnete Führungsebenen wie regionale oder nationale Krisenstäbe sind andere Variablen von Interesse. Im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie ist die Koordination regionaler und überregionaler Interhospitaltransfers von großer Bedeutung für die Lagebewältigung. In diesem Fall kann eine Darstellung der Versorgungsbereiche Covid-Intensivstation (ITS), Covid-Normalstation (NST), Non-Covid-ITS und Non-Covid-NST als Windmühlenflügel

hilfreich sein. In Abbildung 1-3 sind die beschriebenen Windmühlen schematisch dargestellt. Alle Flügel werden entsprechend der aktuellen Versorgungslage im jeweiligen Bereich eingefärbt. Der Bereich mit der schlechtesten Versorgungsqualität bestimmt die Gesamtlage der meldenden Stelle. (67,68)

Neben Informationen zur aktuellen Behandlungsqualität und der zeitlichen Dynamik der Versorgungslage an der meldenden Stelle können mit dem Windmühlenmodell auch Rückschlüsse auf die Ursachen möglicher Einschränkungen getroffen werden. Daraus ergeben sich wiederum konkrete Handlungskonsequenzen für die betreffenden Führungsstellen. Gleichzeitig gibt das Modell übergeordneten Führungsstrukturen innerhalb kürzester Zeit eine Übersicht über die Lage in verschiedenen Bezirken oder Regionen und kann als Steuerelement beispielsweise für Patientenströme oder Materiallieferungen genutzt werden. (67,68)

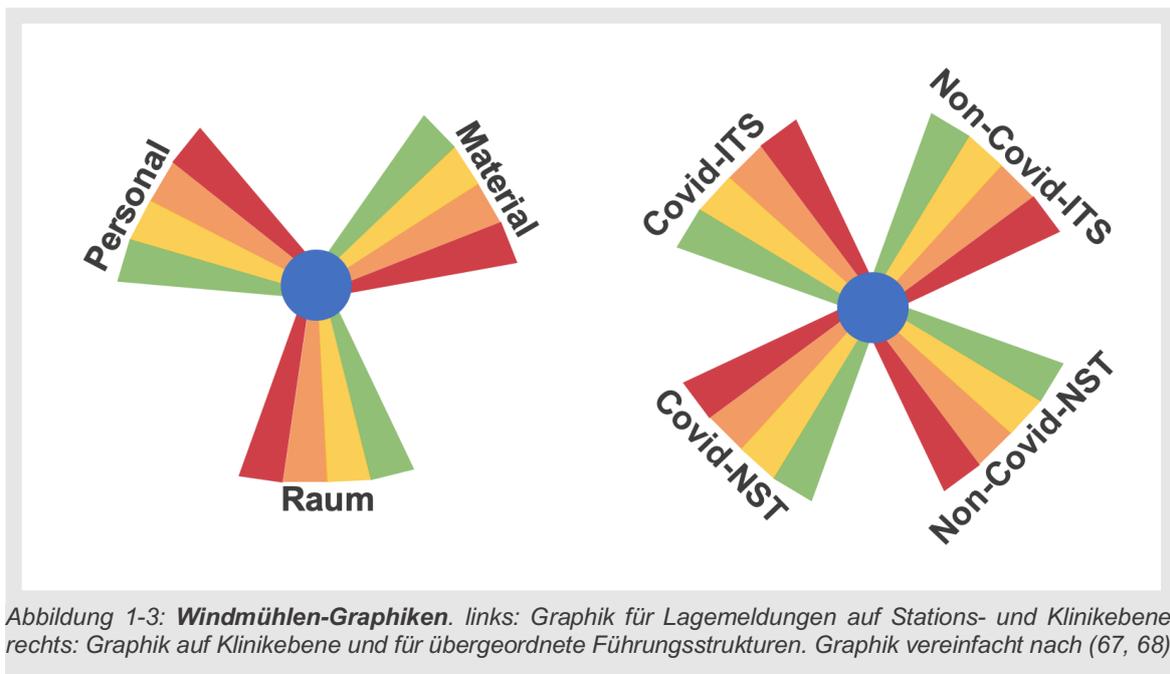


Abbildung 1-3: **Windmühlen-Graphiken**. links: Graphik für Lagemeldungen auf Stations- und Klinikebene; rechts: Graphik auf Klinikebene und für übergeordnete Führungsstrukturen. Graphik vereinfacht nach (67, 68).

## 1.5 Fragestellung und Ziele dieser Arbeit

Um die Zusammenarbeit verschiedener Stellen im Rahmen einer Katastrophe oder einer anderen Herausforderung wie der SARS-CoV-2-Pandemie zu koordinieren, greifen die übergeordneten Führungsstrukturen auf Lagemeldungen von untergeordneten Stellen zurück.

Im Zuge der Pandemiebewältigung wurden in Deutschland mehrere Möglichkeiten geschaffen, die Lage der Kliniken bundesweit abzufragen. Quantitative Daten zu regionalen Unterschieden der Fallzahlen und vorhandenen Behandlungskapazitäten der Krankenhäuser sind in Registern wie dem DIVI-Intensivregister (63) oder dem IVENA-Sonderlage-Modul (64) hinterlegt. Im Gegensatz dazu bietet das Windmühlenmodell (68) eine eher qualitative Lageübersicht auf verschiedenen Führungsebenen.

Ziel dieser Promotionsarbeit ist die wissenschaftliche Evaluation der Verwendung des Windmühlenmodells im Allgemeinen und in Bayern. Die Daten zur Nutzung des Modells an den verschiedenen Standorten und in den Organisationsebenen wurden hierzu erhoben und wissenschaftlich ausgewertet. Weiterhin erfolgte eine Gegenüberstellung mit den dokumentierten Interhospitaltransfers und den regionalen SARS-CoV-2-Infektionszahlen.

Im Folgenden ist die Zielsetzung dieser Arbeit dargestellt:

- Analyse der Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells
- Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken und nach Versorgungsbereichen der Krankenhäuser
- Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Lagemeldung und 7-Tage-Inzidenzwert
- Analyse der Interhospitaltransfers
- Herausarbeitung von Unterschieden zwischen den Lagemeldungen des Ausgangs- und Zielbezirks einer Patientenverlegung
- Auswertung von Unterschieden der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen dem Ausgangs- und dem Zielbezirk eines Interhospitaltransfers

## **2 Material und Methoden**

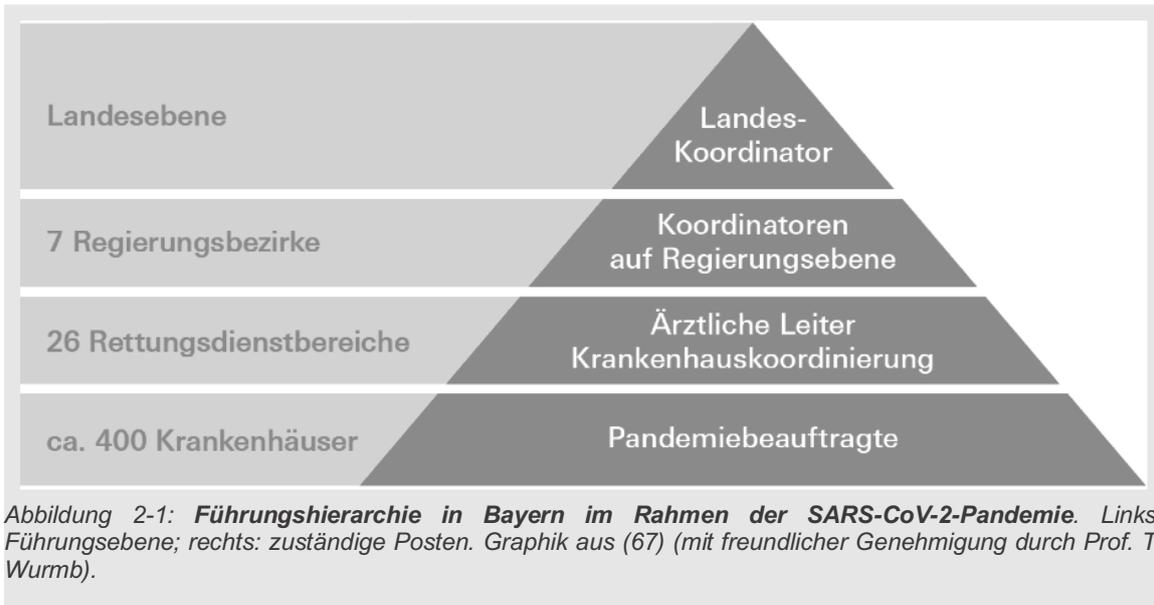
Diese Arbeit basiert auf einer retrospektiven Analyse der Versorgungsqualität der Krankenhäuser und der Interhospitaltransporte in Bayern, sowie der lokalen SARS-CoV-2-Inzidenzzahlen der bayerischen Regierungsbezirke im Zeitraum vom 21. November 2021 bis zum 20. Februar 2022. Hierzu wurden durch die Windmühlen-Onlineplattform des Universitätsklinikums Würzburg (UKW) generierte Daten und die vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zur Verfügung gestellten Infektionszahlen gesichtet und graphisch visualisiert. Anschließend erfolgte die statistische Datenauswertung.

### **2.1 Windmühlen-Onlineplattform**

#### **2.1.1 Teilnehmer und Registrierung**

Die Windmühlen-Onlineplattform ist seit Dezember 2020 nutzbar. Im Zuge der zweiten SARS-CoV-2-Infektionswelle wurde die Plattform vom Servicezentrum Medizin-Informatik des UKW als webbasierte Applikation entwickelt. Nach der erfolgreichen Nutzung des Windmühlenmodells durch die Krankenhäuser und Rettungsdienstbereiche in Unterfranken wurde die Anwendung des Systems im November 2021 auf ganz Bayern ausgeweitet. (67)

Die Online-Dateneingabe erfolgt durch die in Bayern zur Pandemiebewältigung etablierten Führungsstrukturen, die in Abbildung 2-1 dargestellt sind. Die Pandemiebeauftragten der Krankenhäuser bilden die unterste Führungsebene und melden die Lage ihrer jeweiligen Klinik. Auf Ebene der 26 bayerischen Rettungsdienstbereiche fassen die Ärztlichen Leitungen Krankenhauskoordination (ÄLKHK) die Lagemeldungen der Krankenhäuser in ihrem Bereich jeweils zu einer Gesamtmeldung zusammen. Auf Grundlage der Lagemeldungen der ÄLKHK ihres Regierungsbezirks ermitteln die sieben Bezirkskoordinierenden die jeweilige Gesamtlage ihres Regierungsbezirks. (67)



Um die Online-Dateneingabe durchführen zu können, ist eine einmalige Registrierung im Serviceportal des UKW und die Freischaltung durch den Systemadministrator notwendig. Eine Anwenderschulung für die Verwendung der Online-Plattform ist aufgrund der eingängigen Farbcodierung mittels Ampelschema nicht erforderlich. In einer Legende unterhalb der Eingabefelder findet sich die Erklärung der einzelnen Versorgungsstufen (siehe Abbildung 2-2). Zusätzliches Hintergrundwissen und eine kurze Erläuterung des Windmühlenmodells sind in einer weiteren Schaltfläche verlinkt.

**Legende:**

Der Windmühlenflügel mit der höchsten Farbkategorie (ROT>ORANGE>GELB>GRÜN) bestimmt das Versorgungslevel des Gesamtsystems. Beispiel: Ist ein Flügel rot, bedeutet dies eine dekomensierte Krisenversorgung in diesem Krankenhaus.

**Grün:** **Individualversorgung**, die vorhandene Kapazität ist größer als der Bedarf. Die Patientenversorgung erfolgt nach anerkannten medizinischen Standards.

**Gelb:** **Kompensierte Krisenversorgung**, individualmedizinische Versorgung gesichert. Der Bedarf steigt. Die ergriffenen Maßnahmen wirken, die Kapazität bleibt größer als der Bedarf. Die Patientenversorgung erfolgt nach anerkannten medizinischen Standards.

**Orange:** **kompensierte Krisenversorgung**, individualmedizinische Versorgung gefährdet. Die Maßnahmen zur Steigerung der Kapazität sind ausgeschöpft. Die Kapazität kann nicht weiter gesteigert werden. Die Kapazität deckt gerade noch den Bedarf. Die Patientenversorgung erfolgt noch weitestgehend nach anerkannten medizinischen Standards.

**Rot:** **Dekomensierte Krisenversorgung**, die Behandlung kann nicht nach anerkannten medizinischen Standards erfolgen. Die Kapazität ist kleiner als der Bedarf. Das Ausmaß der Versorgung des einzelnen Patienten wird eingeschränkt, um möglichst vielen Menschen das Überleben zu ermöglichen.

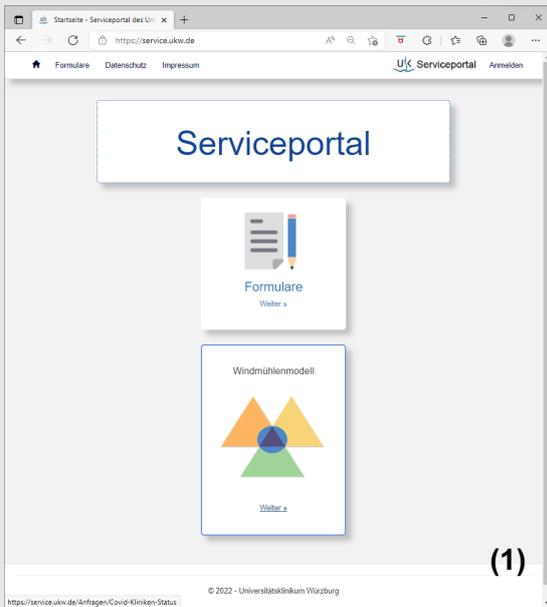
Abbildung 2-2: **Legende der Windmühlen-Onlineplattform.** Screenshot der Dateneingabe-Seite der Windmühlen-Onlineplattform unter <https://service.ukw.de/Anfragen/Covid-Kliniken-Status>.

### 2.1.2 Dateneingabe

Die Dateneingabe erfolgt täglich über die Applikation „Windmühlenmodell“ des UKW-Serviceportals. Unter der Internetadresse <https://service.ukw.de> kann die Schaltfläche

„Windmühlenmodell“ ausgewählt werden. So gelangt der Nutzer zur Login-Seite des Serviceportals und wird, nach der Anmeldung mit seiner registrierten E-Mail-Adresse und dem zugehörigen Passwort, direkt zur Eingabeseite mit der Graphik für seinen jeweiligen Bereich weitergeleitet.

Die tägliche Lagemeldung kann von 3.00 Uhr bis 2.59 Uhr des Folgetages online abgegeben werden. Durch wiederholtes Anklicken der Windmühlenflügel kann die Farbe der einzelnen Flügel geändert werden. Die Grundeinstellung aller Felder ist „grün“. Die Abgabe einer unvollständigen Lagemeldung ist nicht möglich. Durch Anklicken der Schaltfläche „Absenden“ werden die Angaben gespeichert und in einer Gesamtübersicht dargestellt. Die Gesamtübersicht kann unter dem Reiter „Übersicht“ geöffnet werden. Der Zeitaufwand für die Dateneingabe ist sehr gering und beträgt insgesamt etwa eine Minute. In Abbildung 2-3 sind die Einzelschritte einer beispielhaften Dateneingabe dargestellt.



(1)

## Anmelden

E-Mail

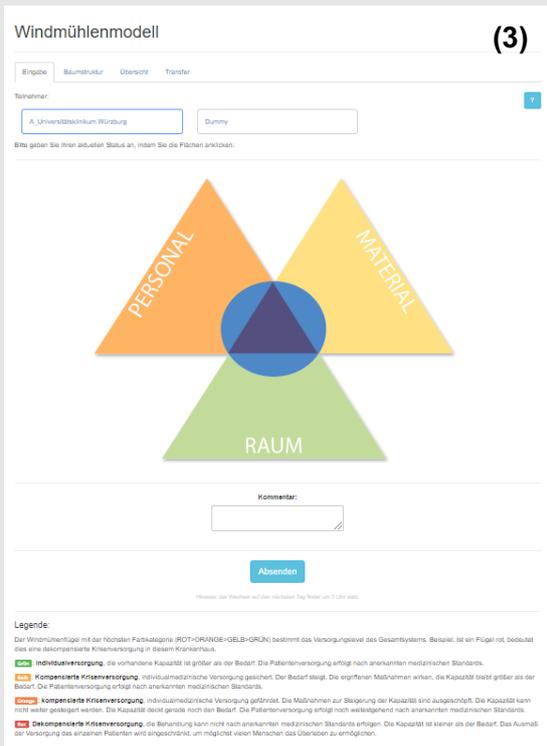
Kennwort

Speichern?

Anmelden

[Passwort vergessen](#)

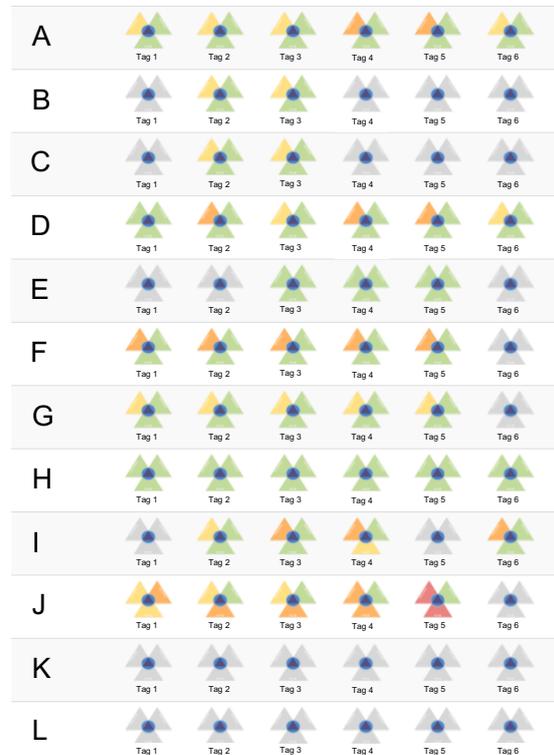
(2)



(3)

## Windmühlenmodell

Eingabe Baumstruktur Übersicht Transfer



(4)

Abbildung 2-3: Exemplarische Darstellung einer Dateneingabe im Windmühlenmodell. (1) Startseite des UKW-Serviceportals; (2) Login mit den registrierten Nutzerdaten; (3) Dateneingabe; (4) 6-Tage-Übersicht der Lagemeldungen anderer Nutzer im Umkreis. Eigene Graphik.

### **2.1.3 Datenbank**

Alle eingegebenen Daten sind auf dem Server des UKW gespeichert. Für diese Arbeit wurden die Eingaben der Bezirkskoordinierenden innerhalb des Untersuchungszeitraums durch die IT-Abteilung des UKW zur Verfügung gestellt. Der Datensatz enthielt Datum und Uhrzeit jeder Eingabe, sowie den meldenden Bezirkskoordinator und die Lage der vier Windmühlenflügel jeweils als Buchstabenkürzel für die gemeldete Farbe („R“ für rot, „O“ für orange, „Y“ für gelb, „G“ für grün). Diese Daten wurden mittels Microsoft Excel tabellarisch aufgetragen und nach Regierungsbezirken sortiert.

## **2.2 Interhospitaltransfers zwischen bayerischen Regierungsbezirken**

### **2.2.1 Teilnehmer und Registrierung**

Im Februar 2022 wurde die Windmühlen-Onlineplattform um den Reiter „Transfer“ erweitert. Hier werden Daten zu Interhospitaltransfers eingegeben und gesammelt. Zur Dateneingabe berechtigt sind alle Bezirkskoordinierenden. Für die auf der Windmühlen-Onlineplattform registrierten Anwender ist keine gesonderte Freischaltung zur Nutzung dieser Funktion erforderlich.

### **2.2.2 Dateneingabe**

Die Verlegungsdaten können über die Applikation „Windmühlenmodell“ des UKW-Servicezentrums eingegeben werden. Der Benutzer-Login erfolgt, wie bei einer Lagemeldung im Windmühlenmodell, über das Serviceportal des UKW und erfordert dieselben Nutzerdaten. Nach der Anmeldung gelangt man über den Reiter „Transfer“ und die Schaltfläche „Transfer hinzufügen“ zur Eingabematrix für die Verlegungsdaten. Dort ist, neben dem Datum der Verlegung, die Eingabe von Start- und Zielort einer Verlegung auf mehreren Hierarchieebenen wie Krankenhaus, Rettungsdienstbereich und Regierungsbezirk möglich. Zusätzlich werden patientenbezogene Daten zu SARS-CoV-2-Infektionsstatus und Behandlungsbedarf (intensiv- oder normalstationär) sowie die Initialen des Patienten abgefragt. Weitere relevante Angaben können bei Bedarf in ein Kommentarfeld eingetragen werden.

Die Dateneingabe ist auch rückwirkend möglich. Die Eingabefelder müssen nicht vollständig ausgefüllt sein. Um Doppeleingaben erkennbar zu machen, wird der Nutzer vor jedem Eintrag gefragt, ob er Empfänger oder Sender des Transports ist. Nach dem Speichern eines Eintrags ist die Verlegung für alle Nutzer unter dem Reiter „Transfer“ in

der Gesamtübersicht aller Interhospitaltransfers sichtbar. Eine exemplarische Dateneingabe ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

**Transfer hinzufügen**

Eingabe Baumstruktur Übersicht **Transfer**

Hier können sie einen Transfer von Patienten eintragen, dieser wird dann in der Transferliste für alle angezeigt  
Bitte wählen Sie einen Teilnehmer aus.

A\_Universitätsklinikum Würzburg

Nehmen Sie Patienten auf oder geben Sie diese ab?  
Hiermit legen Sie fest, ob Sie Ziel oder Quelle sind.

Aufnahme von Patienten: ○

Abgabe von Patienten: ● (1)

Bitte geben Sie das Datum des Transfers ein:  
Datum Transfer: Feld löschen  
04.05.2022

Wohin wird der Patient verlegt?  
Wählen Sie 'Andere' für die Texteingabe aus.

Bezirk:  
Unterranken (Bezirkskoordinator)

ILS/ALKHK: (2)

Handelt es sich um Patienten mit Covid?  
Ja ●  
Nein: ○

Weitere Angaben  
Intensivpatient ○  
Normalstationpatient ○  
Keine Auswahl ●

Initialen des Patienten:  
Kommentar:

Speichern (3)

**Transferliste (4)**

Eingabe Baumstruktur Übersicht **Transfer**

Export CSV Transfer hinzufügen

11.04.2022	Oberranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Bayreuth/Kulmbach (Of)	↓ (ICU)	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Nordsoborplatz (Opf) Klinikum Weiden
10.04.2022	Oberranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Bayreuth/Kulmbach (Of)	↓ (ICU)	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Regensburg (Opf) Universitätsklinikum Regensburg
01.04.2022	Unterranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Würzburg (Ufr) UKW	↑ (ICU)	Oberranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Bamberg-Forchheim (Of)
21.03.2022	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Amberg (Opf) Klinikum Amberg	↑ (NST)	Mittelfranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Nürnberg (Mfr)
18.03.2022	Unterranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Schweinfurt (Ufr)	↓ (ICU)	Unterranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Würzburg (Ufr) Universitätsklinikum Würzburg
10.03.2022	Oberranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Hochfranken (Of) KH Saib	↑ (ICU)	Mittelfranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Nürnberg (Mfr)
08.03.2022	Mittelfranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Ansbach (Mfr)	↓ (ICU)	Unterranken (Bezirkskoordinator) ALKHK Würzburg (Ufr) Universitätsklinikum Würzburg
07.03.2022	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Regensburg (Opf) Universitätsklinikum Regensburg	↑ (NST)	Niederbayern (Bezirkskoordinator) ALKHK Straubing (Ndb)
02.02.2022	Niederbayern (Bezirkskoordinator) ALKHK Landshut (Ndb) Klinikum Landshut	↑ (ICU)	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Regensburg (Opf)
02.02.2022	Niederbayern (Bezirkskoordinator) ALKHK Landshut (Ndb)	↓ (ICU)	Oberplatz (Bezirkskoordinator) ALKHK Regensburg (Opf) Universitätsklinikum Regensburg

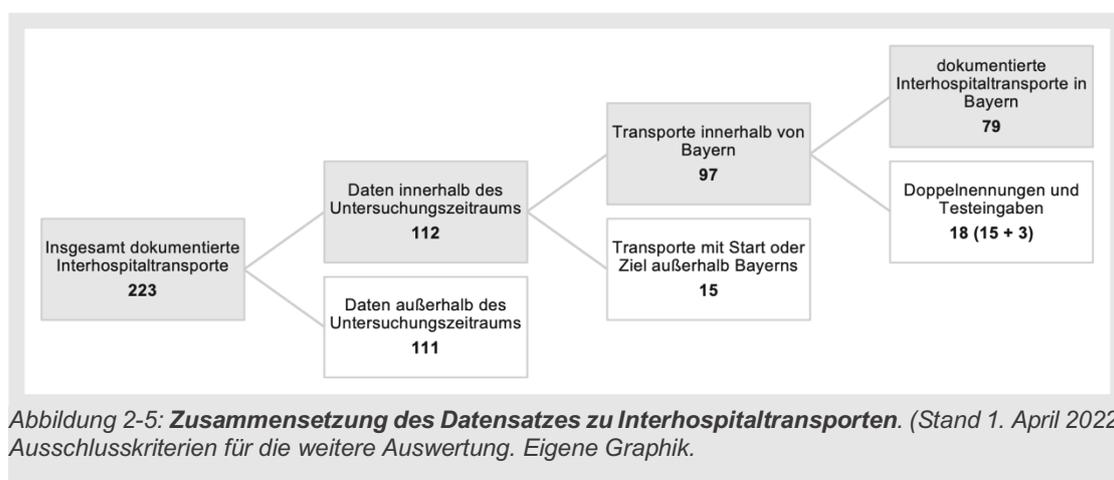
Abbildung 2-4: Exemplarische Darstellung der Eingabe von Interhospitaltransfers. (1) Datenabfrage bezüglich der dokumentierenden Partei; (2) Eingabe von Transportdaten; (3) patientenbezogene Dateneingabe; (4) Liste aller dokumentierten Transfers. Eigene Graphik.

### 2.2.3 Datenbank

Alle eingegebenen Daten sind auf dem Server des UKW gespeichert und können von registrierten und berechtigten Nutzern der Windmühlen-Plattform in Form einer CSV-Datei (CSV = comma separated values) heruntergeladen werden. Für diese Arbeit wurde die CSV-Datei mit Stand vom 1. April 2022 verwendet.

Alle vorhandenen Daten wurden mit Microsoft Excel tabellarisch aufgetragen und sortiert. Der Datensatz enthielt für jeden Interhospitaltransfer das Datum, Angaben zu Start- und Zielort, SARS-CoV-2-Infektionsstatus und Behandlungsbedarf des Patienten

sowie die Identifikation der dokumentierenden Person als Sender oder Empfänger der Verlegung. Zu einigen Transporten lagen zusätzlich die Patienteninitialen oder andere Informationen in Form eines Kommentars vor. Verlegungen, die außerhalb des Untersuchungszeitraums stattfanden oder deren Start- oder Zielort nicht in Bayern lag, wurden von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Bei einer doppelten Dokumentation desselben Transports durch Sender und Empfänger wurde nur einer der beiden Einträge ausgewertet. Drei Einträge, die als „Test“ gekennzeichnet waren, wurden von der weiteren Beurteilung ausgeschlossen. Die genaue Zusammensetzung des Datensatzes ist in Abbildung 2-5 dargestellt.



### 2.3 Lokale SARS-CoV-2-Infektionszahlen der bayerischen Regierungsbezirke

Die 7-Tage-SARS-CoV-2-Fallzahlen der bayerischen Stadt- und Landkreise im Zeitraum vom 1. Oktober 2020 bis 4. Mai 2022 wurden für diese Arbeit vom LGL zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz beinhaltet für jeden Tag des Untersuchungszeitraums die 7-Tage-Fallzahl aller bayerischen Stadt- und Landkreise. Die Meldungen der Stadt- und Landkreise wurden nach Regierungsbezirken sortiert. Um die tägliche 7-Tage-Fallzahl eines Regierungsbezirks zu ermitteln, wurden die 7-Tage-Fallzahlen aller Stadt- und Landkreise des jeweiligen Regierungsbezirks addiert.

Als Bezugsgröße für die Berechnung der 7-Tage-Inzidenzen wurden die vom statistischen Bundesamt erhobenen Bevölkerungszahlen der bayerischen Regierungsbezirke mit Stand vom 31. Dezember 2020 (69) zu Grunde gelegt.

Zur Berechnung des 7-Tage-Inzidenzwertes eines Regierungsbezirks wurde folgende Formel angewendet:

$$7\text{-Tage-Inzidenz} = \frac{7\text{-Tage-Fallzahl}}{\text{Bevölkerungszahl}} \times 100.000$$

## **2.4 Graphische Darstellung**

### **2.4.1 Windmühlen-Lagemeldungen**

Die Datenbank mit allen Lagemeldungen des Windmühlenmodells im Untersuchungszeitraum wurde mit Hilfe von Microsoft Excel in eine Tabelle umgewandelt. In Form eines vertikalen Zeitstrahls wurden die einzelnen Tagesmeldungen der Regierungsbezirke als farbige Kacheln abgebildet. Die Farbe der einzelnen Felder entspricht der jeweiligen Lagemeldung (rot, orange, gelb oder grün). Bei fehlenden Tagesmeldungen wurden die korrespondierenden Felder grau dargestellt. Nach diesem Schema wurden drei Übersichtsglyphen erstellt.

- (1) Gesamtübersicht der sieben bayerischen Regierungsbezirke mit detaillierter Darstellung der täglichen Lagemeldungen aller Windmühlenflügel sortiert nach Regierungsbezirk
- (2) Darstellung der täglichen Gesamttageslage aller Regierungsbezirke
- (3) Gesamtübersicht der vier Versorgungsbereiche mit detaillierter Darstellung der täglichen Lagemeldungen aller Regierungsbezirke sortiert nach Versorgungsbereichen

### **2.4.2 Interhospitaltransfers**

Die Verlegungsdaten des Untersuchungszeitraums wurden mit Hilfe der Programme Paintbrush und Microsoft Word auf einer Landkarte der Internetseite d-maps.com (70) abgebildet. Die Transportrichtungen wurden hierbei als Pfeile zwischen den betreffenden Regierungsbezirken dargestellt. Die Anzahl der jeweils dokumentierten Transfers spiegelt sich in der Stärke der Pfeillinien wider (je stärker die Linie, desto höher die Zahl der Verlegungen).

Nach der oben beschriebenen Methode wurde eine Gesamtübersicht erstellt, die alle Interhospitaltransfers im Untersuchungszeitraum enthält. Für zwei Einzeltage innerhalb des Untersuchungszeitraums wurden außerdem gesonderte Karten erstellt, in denen die jeweiligen Verlegungen des Tages eingetragen wurden. Zusätzlich wurden hier die

Regierungsbezirke in der Farbe ihrer Windmühlen-Lagemeldung am betreffenden Tag eingefärbt.

## **2.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der oben genannten Daten erfolgte in Microsoft Excel und IBM SPSS Statistics. Für alle statistischen Berechnungen wurde das Signifikanzniveau von  $p < .05$  festgelegt.

### **2.5.1 Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells**

Innerhalb des 92-tägigen Untersuchungszeitraums wurde für jeden der sieben bayerischen Regierungsbezirke die Nutzungshäufigkeit der Windmühlen-Plattform ermittelt. Neben der Anzahl von Tagen mit vorhandenen Lagemeldungen wurde auch der Anteil dieser Tage am Gesamtzeitraum errechnet. Aus den beiden ermittelten Werten wurden jeweils der Median und die zugehörigen Interquartilsabstände mit 25. und 75. Perzentile gebildet.

### **2.5.2 Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken**

Für die Auswertung der Unterschiede der Lagemeldungen zwischen den verschiedenen Regierungsbezirken wurden für jeden Regierungsbezirk nur die Tage mit abgegebenen Lagemeldungen berücksichtigt. Tage, an denen keine Lagemeldungen vorlagen, wurden für den betreffenden Regierungsbezirk aus den Berechnungen ausgeschlossen. Um die Lagen der einzelnen Regierungsbezirke besser vergleichen zu können, wurde für jeden Bezirk täglich die Gesamtlage aus den vorliegenden Lagemeldungen der vier Versorgungsbereiche ermittelt. Hierfür wurde entsprechend der Publikationen von Wurmb et al. (67,68) an jedem Tag des Untersuchungszeitraums die Lage des Windmühlenflügels mit der größten Einschränkung der Versorgungsqualität als Gesamtlagemeldung des betreffenden Regierungsbezirks übernommen.

Für jeden Regierungsbezirk wurden die Anteile der vier Gesamtlagemeldungen „rot“, „orange“, „gelb“ und „grün“ an den für den betreffenden Bezirk vorliegenden Gesamtlagemeldungen errechnet. Zusätzlich wurden der Median und die zugehörigen Interquartilsabstände mit 25. und 75. Perzentile für die vier Lagemeldungen bestimmt.

Zur Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede der Gesamtlage zwischen den sieben Regierungsbezirken wurde der Kruskal-Wallis-Test für vergleichende

Berechnungen von mehr als zwei ordinalskalierten Variablen angewendet. Die zentralen Tendenzen der Lagemeldungen der sieben Bezirke wurden anhand der mittleren Rangsummen ( $M_{\text{Rang}}$ ) miteinander verglichen. Eine höhere  $M_{\text{Rang}}$  zeigt eine zentrale Tendenz zu schlechterer Versorgungsqualität im betreffenden Regierungsbezirk. Zur Aufschlüsselung von Gruppenunterschieden wurden mit Hilfe des Dunn-Bonferroni-post-hoc-Tests paarweise Vergleiche zwischen allen Regierungsbezirken durchgeführt. Als Maß der Effektstärke wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  berechnet. Werten ab  $|r| = .1$  zeigen eine schwache Korrelation, eine mittlere Korrelation besteht ab  $|r| = .3$  und bei Werten ab  $|r| = .5$  liegt eine starke Korrelation vor.

### **2.5.3 Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen**

Für die Auswertung der Unterschiede der Lagemeldungen zwischen den verschiedenen Versorgungsbereichen wurden für jeden Versorgungsbereich nur die Tage mit abgegebenen Lagemeldungen berücksichtigt. Tage, an denen keine Lagemeldungen vorlagen, wurden aus den Berechnungen ausgeschlossen.

Für jeden Versorgungsbereich wurden die Anteile der vier Lagemeldungen „rot“, „orange“, „gelb“ und „grün“ an den für den betreffenden Versorgungsbereich in den sieben Regierungsbezirken vorliegenden Lagemeldungen errechnet. Zusätzlich wurden der Median und die zugehörigen Interquartilsabstände mit 25. und 75. Perzentile für die vier Lagemeldungen bestimmt.

Zur Ermittlung statistisch signifikanter Unterschiede der Lagemeldungen zwischen den vier Versorgungsbereichen wurde der Kruskal-Wallis-Test für vergleichende Berechnungen von mehr als zwei ordinalskalierten Variablen angewendet. Die zentralen Tendenzen der Lagemeldungen der sieben Bezirke wurden anhand der  $M_{\text{Rang}}$  miteinander verglichen. Eine höhere  $M_{\text{Rang}}$  zeigt eine zentrale Tendenz zu schlechterer Versorgungsqualität im betreffenden Versorgungsbereich. Zur Aufschlüsselung von Gruppenunterschieden wurden mit Hilfe des Dunn-Bonferroni-post-hoc-Tests paarweise Vergleiche zwischen allen Versorgungsbereichen durchgeführt. Als Maß der Effektstärke wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  berechnet. Werte ab  $|r| = .1$  zeigen eine schwache Korrelation, eine mittlere Korrelation besteht ab  $|r| = .3$  und bei Werten ab  $|r| = .5$  liegt eine starke Korrelation vor.

### **2.5.4 Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte nach Regierungsbezirken**

Zur Auswertung statistisch signifikanter Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen den sieben Regierungsbezirken untereinander wurden die vorliegenden Daten

zunächst mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Anschließend wurde der Kruskal-Wallis-Test für vergleichende Berechnungen von mehreren nicht-normalverteilten metrischen Variablen durchgeführt.

Zusätzlich wurde der jeweilige Mittelwert aller 7-Tage-Inzidenzwerte im Untersuchungszeitraum für alle Regierungsbezirke einzeln und für Bayern insgesamt gebildet. Die Mittelwerte der Regierungsbezirke wurden jeweils vom gesamtbayerischen Mittelwert abgezogen, um die Unterschiede der einzelnen Bezirke vom bayernweiten Mittelwert darzustellen.

### **2.5.5 Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes**

Für die Auswertung von Zusammenhängen von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes wurden nur die Tage mit abgegebenen Lagemeldungen berücksichtigt. Tage, an denen keine Lagemeldungen vorlagen, wurden aus den Berechnungen ausgeschlossen. Der Beobachtungszeitraum wurde für eine genauere Analyse in zwei Zeitabschnitte aufgeteilt. Die Zeiträume 21. November 2021 – 31. Dezember 2021 und 1. Januar 2022 – 20. Februar 2022 wurden getrennt ausgewertet.

Für die vier Versorgungsbereiche „Covid-ITS“, „Non-Covid-ITS“, „Covid-NST“ und „Non-Covid-NST“ sowie die Gesamtlagemeldungen wurden jeweils die Mittelwerte der 7-Tage-Inzidenzen aller Tage mit der gleichen Lagemeldung im Windmühlenmodell gebildet. Diese mittleren 7-Tage-Inzidenzwerte wurden anschließend innerhalb des jeweiligen Bereichs mit den mittleren Inzidenzwerten der anderen Windmühlen-Lagemeldungen dieses Bereichs verglichen.

Um statistisch signifikante Unterschiede zu untersuchen, wurde eine einfaktorielle ANOVA (analysis of variance) berechnet. Für diese Berechnungen wurden die Daten mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Die Darstellung möglicher Ausreißer erfolgte im Box-Whisker-Plot. Zur Prüfung der Varianzhomogenität wurde der Levene-Test durchgeführt. Bei nicht vorhandener Varianzhomogenität wurde eine Welch-ANOVA berechnet. Zur Aufschlüsselung von Gruppenunterschieden wurde der Games-Howell-post-hoc-Test angewendet. Die Effektstärke wurde durch die Berechnung von Eta-Quadrat ( $\eta^2$ ) ermittelt. Werte ab  $\eta^2 = .01$  zeigen einen kleinen Effekt, ein mittlerer Effekt besteht ab  $\eta^2 = .06$  und bei Werten ab  $\eta^2 = .14$  liegt ein großer Effekt vor.

### **2.5.6 Analyse der Interhospitaltransfers**

Die Patientenströme wurden in absoluten Zahlen angegeben. Weitere statistische Auswertungen erfolgten nicht.

### **2.5.7 Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen**

Bei der Auswertung der Unterschiede von Lagemeldungen der Ausgangs- und Zielbezirke der Interhospitaltransfers wurden alle für den Untersuchungszeitraum vorliegenden Daten einbezogen. Auch Datensätze, bei denen keine Windmühlen-Lagemeldung für den Verlegungstag im Ausgangs- und/oder Zielbezirk vorlag, wurden berücksichtigt.

Die anteilige Häufigkeit der Windmühlen-Lagemeldungen „rot“, „orange“, „gelb“ und „grün“ sowie der Anteil fehlender Lagemeldungen „grau“ an den Lagemeldungen der Ausgangsbezirke wurde bestimmt. Ebenso wurden die anteiligen Häufigkeiten der verschiedenen Lagemeldungen der Zielbezirke in Abhängigkeit von der Lage im Ausgangsbezirk ermittelt.

Zur Ermittlung statistisch bedeutsamer Unterschiede zwischen den Lagemeldungen der Ausgangsbezirke und den Lagemeldungen der Zielbezirke wurde der Mann-Whitney-U-Test für den Vergleich von zwei ordinalskalierten Variablen angewendet. Die Verteilung innerhalb der beiden Gruppen wurde mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf statistische Gleichheit überprüft. Bei ungleicher Verteilung innerhalb der Gruppen wurden die  $M_{\text{Rang}}$  beider Gruppen verglichen. Eine höhere  $M_{\text{Rang}}$  zeigt eine zentrale Tendenz zu schlechterer Versorgungsqualität im betreffenden Versorgungsbereich. Als Maß der Effektstärke wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  berechnet. Werte ab  $|r| = .1$  zeigen eine schwache Korrelation, eine mittlere Korrelation besteht ab  $|r| = .3$  und bei Werten ab  $|r| = .5$  liegt eine starke Korrelation vor.

### **2.5.8 Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk von Patientenverlegungen**

Zur Ermittlung statistisch bedeutsamer Unterschiede zwischen den 7-Tage-Inzidenzwerten der Ausgangsbezirke und den 7-Tage-Inzidenzwerten der Zielbezirke wurde der Mann-Whitney-U-Test für den Vergleich von zwei intervallskalierten Variablen angewendet. Die Verteilung innerhalb der beiden Gruppen wurde mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf statistische Gleichheit überprüft. Bei ungleicher Verteilung innerhalb der Gruppen wurden die  $M_{\text{Rang}}$  beider Gruppen verglichen. Eine

höhere  $M_{\text{Rang}}$  zeigt eine zentrale Tendenz zu höheren Inzidenzwerten im betreffenden Versorgungsbereich. Als Maß der Effektstärke wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  berechnet. Werte ab  $|r| = .1$  zeigen eine schwache Korrelation, eine mittlere Korrelation besteht ab  $|r| = .3$  und bei Werten ab  $|r| = .5$  liegt eine starke Korrelation vor.

## **2.6 Ethikvotum**

Die Ethik-Kommission der Julius-Maximilians-Universität Würzburg sah in ihrer Entscheidung vom 08. Februar 2022 mit dem Aktenzeichen 20211021 03 keine ethischen oder rechtlichen Bedenken, die gegen die retrospektive Auswertung der erhobenen Daten sprächen. Bei der Durchführung der Analysen wurden alle geltenden Vorschriften und Datenschutzbestimmungen beachtet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells

Innerhalb des 92-tägigen Untersuchungszeitraums dieser Arbeit wurde die Windmühlen-Onlineplattform im Median an 84 Tagen zur Lagemeldung genutzt. Das entspricht einer Anwendung an 91.30% der Tage im Beobachtungszeitraum. In Tabelle 1 ist die Nutzungshäufigkeit der Windmühle in den einzelnen bayerischen Regierungsbezirken dargestellt.

*Tabelle 1: Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells. Eingaben vorhanden = Tage im 92-tägigen Beobachtungszeitraum, an denen die Windmühle im jeweiligen Regierungsbezirk geklickt wurde. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).*

	Eingaben vorhanden	
	Anteil des Gesamtzeitraums [%]	Anzahl der Tage
<i>Unterfranken</i>	95.65	88
<i>Oberfranken</i>	73.91	68
<i>Mittelfranken</i>	59.78	55
<i>Oberbayern</i>	59.78	55
<i>Niederbayern</i>	92.39	85
<i>Schwaben</i>	96.74	89
<i>Oberpfalz</i>	91.30	84
<b>Median</b> (Q1 – Q3)	<b>91.30</b> (66.85 – 94.02)	<b>84.0</b> (61.5 – 86.5)

#### 3.2 Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken

Abbildung 3-1 zeigt die über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg abgegebenen Lagemeldungen sortiert nach den sieben bayerischen Regierungsbezirken. In Abbildung 3-2 ist die tagesaktuelle Gesamtlage der Regierungsbezirke, bestimmt durch das jeweils schlechteste gemeldete Versorgungslevel, abgebildet. In beiden Darstellungen ist erkennbar, dass die Versorgungslage der südlichen und südwestlichen Regierungsbezirke vor allem im November und Dezember 2021 angespannter als in den nördlichen und nordöstlichen Regierungsbezirken Bayerns war.

An insgesamt drei Tagen wurde die Versorgungsstufe „rot“ gemeldet, davon an zwei Tagen aus Schwaben und an einem Tag aus Niederbayern. Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg wurde die Versorgungsstufe „grün“ an insgesamt fünf

Tagen im Februar 2022 gleichzeitig für alle Krankenhausbereiche eines Regierungsbezirkes gemeldet, davon an vier Tagen in Unterfranken und an einem Tag in Mittelfranken. An den übrigen Tagen wurden aus allen Regierungsbezirken die angespannteren Lagemeldungen „gelb“, „orange“ oder „rot“ für mindestens einen von vier Versorgungsbereichen angegeben.

In Tabelle 2 ist die Verteilung der Tagesgesamtlagen aller Regierungsbezirke dargestellt. Die Versorgungsstufen der kompensierten Krisenversorgung überwiegen deutlich mit 69.41% (gelb) und 29.41% (orange) im Median.

Um Unterschiede der Gesamtlagemeldungen zwischen den einzelnen Regierungsbezirken zu untersuchen, wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Hier zeigten sich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Gesamtlagemeldungen zwischen den Regierungsbezirken „Unterfranken“ ( $M_{Rang} = 190.16$ ), „Oberfranken“ ( $M_{Rang} = 207.38$ ), „Mittelfranken“ ( $M_{Rang} = 328.53$ ), „Oberbayern“ ( $M_{Rang} = 317.96$ ), „Niederbayern“ ( $M_{Rang} = 275.73$ ), „Schwaben“ ( $M_{Rang} = 345.39$ ) und „Oberpfalz“ ( $M_{Rang} = 202.14$ ),  $p < .001$ . Im Dunn-Bonferroni-post-hoc-Test konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gesamtlagemeldungen mehrerer Regierungsbezirke festgestellt werden (siehe Tabelle 3).

*Tabelle 2: Gesamtlage der Krankenhausversorgung in den Regierungsbezirken Bayerns. Anteil der Tage im Beobachtungszeitraum, an denen die Versorgungsstufe „Rot“, „Orange“, „Gelb“ oder „Grün“ im jeweiligen Regierungsbezirk gemeldet wurde. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).*

<b>Gesamtlage</b>	<b>Rot [%]</b>	<b>Orange [%]</b>	<b>Gelb [%]</b>	<b>Grün [%]</b>
<i>Unterfranken</i>	.00	1.14	94.32	4.55
<i>Oberfranken</i>	.00	4.41	95.59	.00
<i>Mittelfranken</i>	.00	52.73	45.45	1.82
<i>Oberbayern</i>	.00	47.27	52.73	.00
<i>Niederbayern</i>	1.18	29.41	69.41	.00
<i>Schwaben</i>	2.25	55.06	42.70	.00
<i>Oberpfalz</i>	.00	2.38	97.62	.00
<b>Median</b>	<b>.00</b>	<b>29.41</b>	<b>69.41</b>	<b>.00</b>
(Q1 – Q3)	(.00 – .59)	(3.40 – 50.00)	(49.09 – 94.95)	(.00 – .91)

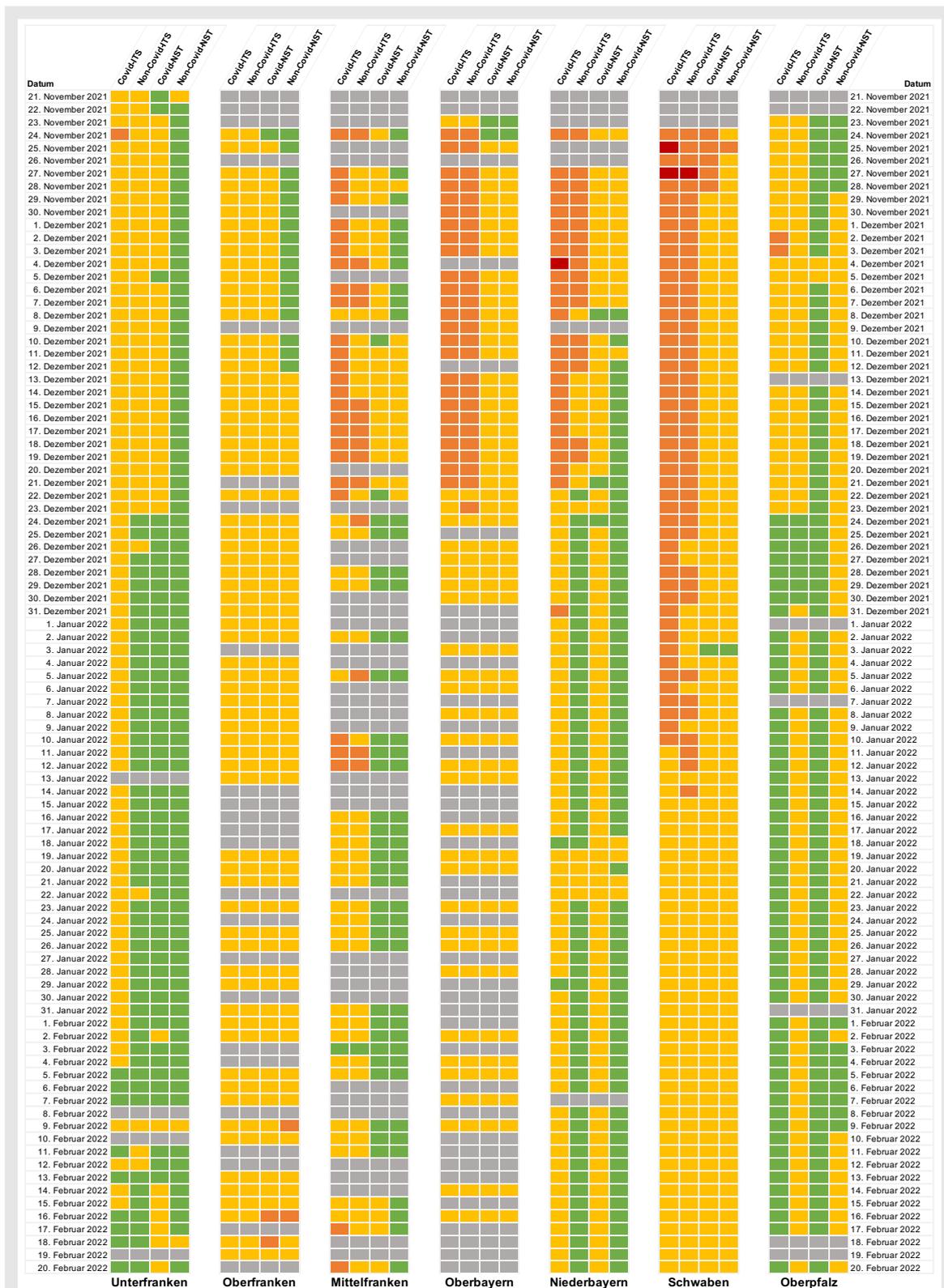


Abbildung 3-1: Graphische Darstellung des Versorgungslevels in den bayerischen Krankenhäusern sortiert nach Regierungsbezirken. Darstellung der im Rahmen des Windmühlenmodells abgegebenen Lagemeldungen: grün = Individualversorgung; gelb = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gesichert; orange = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gefährdet; rot = dekompenzierte Krisenversorgung, grau = keine Eingabe. Eigene Graphik.

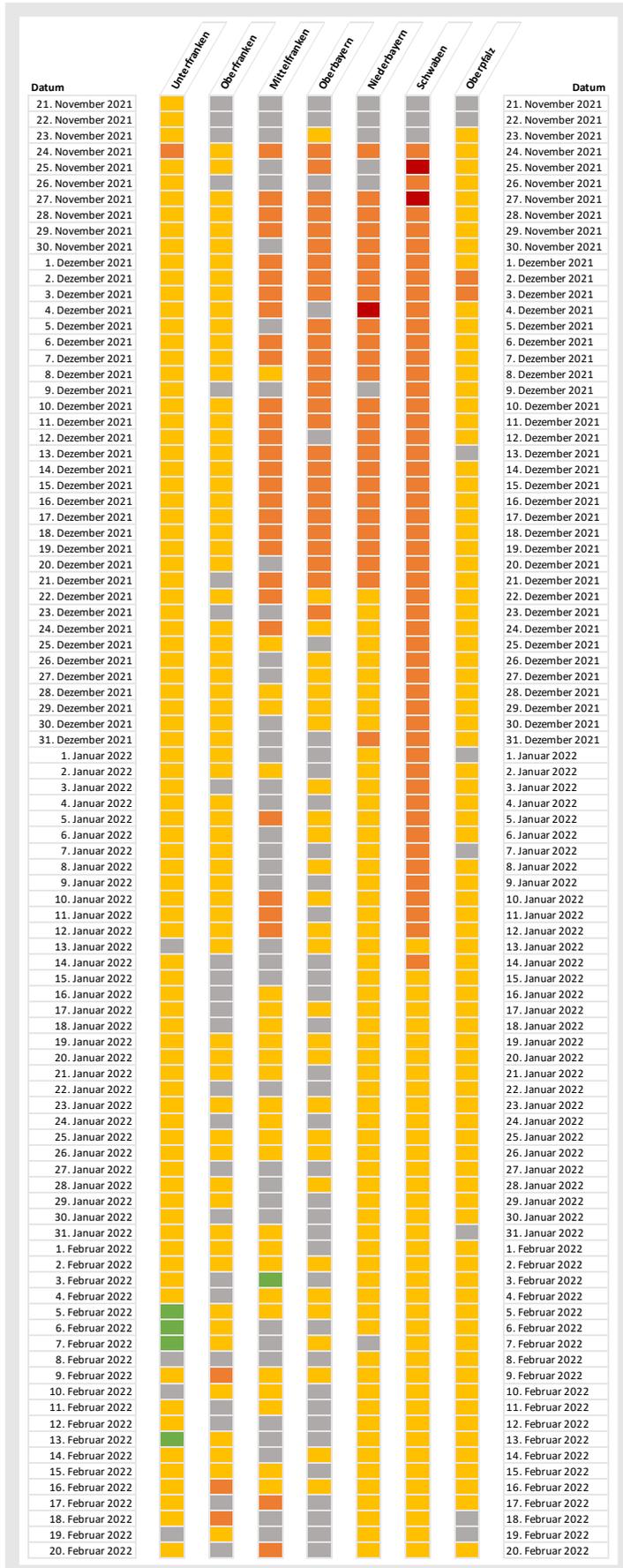


Abbildung 3-2: Gesamtlage der bayerischen Regierungsbezirke anhand des Windmühlenmodells. Darstellung der durch die Bezirkskoordinatoren täglich im Rahmen des Windmühlenmodells abgegebenen Lagemeldungen: grün = Individualversorgung; gelb = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gesichert; orange = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gefährdet; rot = dekompenzierte Krisenversorgung, grau = keine Eingabe. Eigene Graphik.

**Tabelle 3: Unterschiede der Gesamtlagemeldungen der Regierungsbezirke (Ergebnisübersicht des Dunn-Bonferroni-post-hoc-Tests).** Auflistung der paarweisen Vergleiche mit Angabe von Standartteststatistik (z), Signifikanzniveau (p) und Pearson-Korrelationskoeffizient (r). Kennzeichnung signifikanter Ergebnisse durch \*.

	<b>z</b>	<b>p</b>	<b>r</b>	
<i>Unterfranken – Oberpfalz</i>	-0.671	1.000	-	
<i>Unterfranken – Oberfranken</i>	-0.911	1.000	-	
<i>Unterfranken – Niederbayern</i>	-4.804	.001	-.21	*
<i>Unterfranken – Oberbayern</i>	-6.348	.001	-.28	*
<i>Unterfranken – Mittelfranken</i>	-6.872	.001	-.30	*
<i>Unterfranken – Schwaben</i>	-8.816	.001	-.39	*
<i>Oberpfalz – Oberfranken</i>	.274	1.000	-	
<i>Oberpfalz – Niederbayern</i>	4.083	.001	.18	*
<i>Oberpfalz – Oberbayern</i>	5.700	.001	.25	*
<i>Oberpfalz – Mittelfranken</i>	6.220	.001	.27	*
<i>Oberpfalz – Schwaben</i>	8.039	.001	.35	*
<i>Oberfranken – Niederbayern</i>	-3.586	.007	-.16	*
<i>Oberfranken – Oberbayern</i>	-5.206	.001	-.23	*
<i>Oberfranken – Mittelfranken</i>	-5.703	.001	-.25	*
<i>Oberfranken – Schwaben</i>	-7.315	.001	-.32	*
<i>Niederbayern – Oberbayern</i>	2.084	.781	-	
<i>Niederbayern – Mittelfranken</i>	2.605	.193	-	
<i>Niederbayern – Schwaben</i>	-3.921	.002	-.17	*
<i>Oberbayern – Mittelfranken</i>	.473	1.000	-	
<i>Oberbayern – Schwaben</i>	-1.365	1.000	-	
<i>Mittelfranken – Schwaben</i>	-.839	1.000	-	

### 3.3 Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen

In Abbildung 3-3 sind alle innerhalb des Untersuchungszeitraums abgegebenen Lagemeldungen der Bezirkskoordinatoren graphisch dargestellt. In der Gesamtübersicht dominiert das Versorgungslevel der kompensierten Krisenversorgung mit gesicherter Versorgung (gelb) in allen vier Versorgungsbereichen. Innerhalb des Beobachtungszeitraums wurde in vier Fällen eine dekompenzierte Krisenversorgung (rot) angegeben. Die Versorgungsstufe „rot“ wurde dreimal auf einer Covid-ITS und einmal auf einer Non-Covid-ITS gemeldet. Auf den Normalstationen kam es nicht zur Dekompensation der Patientenversorgung. Lagemeldungen der kompensierten Krisenversorgung mit gefährdeter Versorgung (orange) kamen größtenteils von den Intensivstationen und wurden im Zeitraum von November und Dezember 2021 abgegeben.

In den Tabellen 4 – 7 sind die Anteile der vier Versorgungsstufen an den Lagemeldungen der Regierungsbezirke für die jeweiligen Versorgungsbereiche aufgelistet.

Um Unterschiede zwischen den Lagemeldungen der einzelnen Versorgungsbereiche aufzuzeigen, wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Hier zeigten sich signifikante Unterschiede in der Verteilung der Lagemeldungen zwischen den Versorgungsbereichen „Covid-ITS“ ( $M_{Rang} = 1288.15$ ), „Non-Covid-ITS“ ( $M_{Rang} = 1161.00$ ), „Covid-NST“ ( $M_{Rang} = 928.50$ ) und „Non-Covid-NST“ ( $M_{Rang} = 816.34$ ),  $p < .001$ . Im Dunn-Bonferroni-post-hoc-Test konnten signifikante Unterschiede zwischen den Lagemeldungen aller Versorgungsbereiche festgestellt werden. Zwischen „Non-Covid-NST“ und „Covid-NST“ ( $z = 3.47$ ,  $p = .003$ ,  $r = .08$ ), zwischen „Non-Covid-NST“ und „Non-Covid ITS“ ( $z = 10.65$ ,  $p < .001$ ,  $r = .23$ ), zwischen „Non-Covid-NST“ und „Covid-ITS“ ( $z = 14.58$ ,  $p < .001$ ,  $r = .32$ ), zwischen „Covid-NST“ und „Non-Covid-ITS“ ( $z = 7.18$ ,  $p < .001$ ,  $r = .16$ ), zwischen „Covid-NST“ und „Covid-ITS“ ( $z = 11.11$ ,  $p < .001$ ,  $r = .24$ ) und zwischen „Non-Covid-ITS“ und „Covid-ITS“ ( $z = 3.93$ ,  $p = .001$ ,  $r = .09$ ).

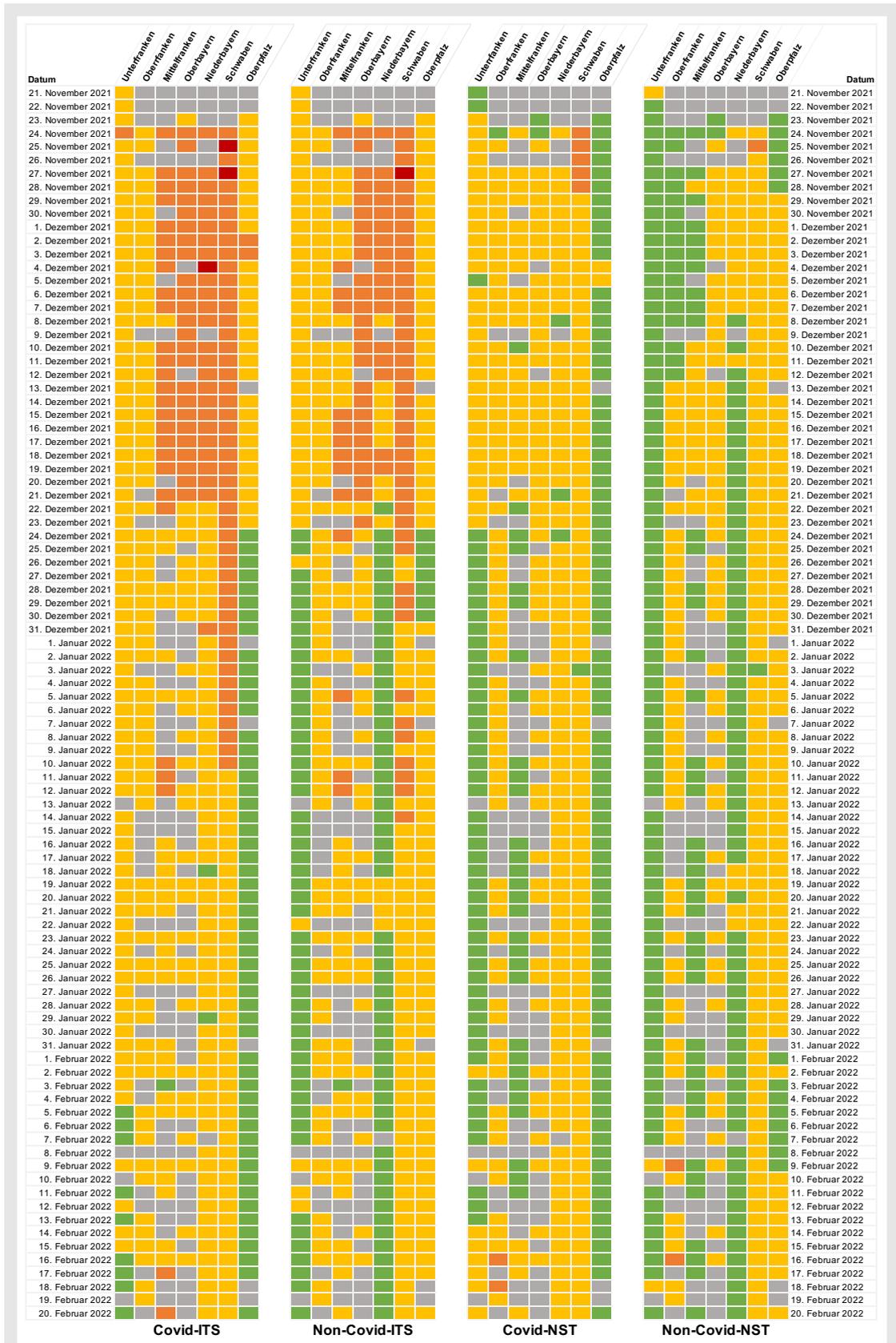


Abbildung 3-3: Graphische Darstellung des Versorgungslevels in den bayerischen Krankenhäusern sortiert nach Versorgungsbereichen. Darstellung der im Rahmen des Windmühlenmodells abgegebenen Lagemeldungen: grün = Individualversorgung; gelb = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gesichert; orange = kompensierte Krisenversorgung, Versorgung gefährdet; rot = dekompenzierte Krisenversorgung, grau = keine Eingabe. Eigene Graphik.

Tabelle 4: **Versorgungslage des Windmühlenflügels Covid-ITS.** Anteil der Versorgungsstufen „Rot“, „Orange“, „Gelb“ und „Grün“ an den Lagemeldungen der Regierungsbezirke. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).

<b>Covid-ITS</b>	<b>Rot [%]</b>	<b>Orange [%]</b>	<b>Gelb [%]</b>	<b>Grün [%]</b>
<i>Unterfranken</i>	.00	1.14	88.64	10.23
<i>Oberfranken</i>	.00	.00	100.00	.00
<i>Mittelfranken</i>	.00	49.09	49.09	1.82
<i>Oberbayern</i>	.00	45.45	54.55	.00
<i>Niederbayern</i>	1.18	29.41	67.06	2.35
<i>Schwaben</i>	2.25	51.69	46.07	.00
<i>Oberpfalz</i>	.00	2.38	33.33	64.29
<b>Median</b>	<b>.00</b>	<b>29.41</b>	<b>54.55</b>	<b>1.82</b>
(Q1 – Q3)	(.00 – .59)	(1.76 – 47.27)	(47.58 – 77.85)	(.00 – 6.29)

Tabelle 5: **Versorgungslage des Windmühlenflügels Non-Covid-ITS.** Anteil der Versorgungsstufen „Rot“, „Orange“, „Gelb“ und „Grün“ an den Lagemeldungen der Regierungsbezirke. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).

<b>Non-Covid-ITS</b>	<b>Rot [%]</b>	<b>Orange [%]</b>	<b>Gelb [%]</b>	<b>Grün [%]</b>
<i>Unterfranken</i>	.00	.00	43.18	56.82
<i>Oberfranken</i>	.00	.00	100.00	.00
<i>Mittelfranken</i>	.00	25.45	72.73	1.82
<i>Oberbayern</i>	.00	47.27	52.73	.00
<i>Niederbayern</i>	.00	20.00	15.29	64.71
<i>Schwaben</i>	1.12	46.07	52.81	.00
<i>Oberpfalz</i>	.00	.00	91.67	8.33
<b>Median</b>	<b>.00</b>	<b>20.00</b>	<b>52.81</b>	<b>1.82</b>
(Q1 – Q3)	(.00 – .00)	(.00 – 35.76)	(47.95 – 82.20)	(.00 – 32.58)

Tabelle 6: **Versorgungslage des Windmühlenflügels Covid-NST.** Anteil der Versorgungsstufen „Rot“, „Orange“, „Gelb“ und „Grün“ an den Lagemeldungen der Regierungsbezirke. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).

<b>Covid-NST</b>	<b>Rot [%]</b>	<b>Orange [%]</b>	<b>Gelb [%]</b>	<b>Grün [%]</b>
<i>Unterfranken</i>	.00	.00	43.18	56.82
<i>Oberfranken</i>	.00	2.94	95.59	1.47
<i>Mittelfranken</i>	.00	.00	45.45	54.55
<i>Oberbayern</i>	.00	.00	96.36	3.64
<i>Niederbayern</i>	.00	.00	96.47	3.53
<i>Schwaben</i>	.00	5.62	93.26	1.12
<i>Oberpfalz</i>	.00	.00	2.38	97.62
<b>Median</b>	<b>.00</b>	<b>.00</b>	<b>93.26</b>	<b>3.64</b>
(Q1 – Q3)	(.00 – .00)	(.00 – 1.47)	(44.32 – 95.98)	(2.50 – 55.68)

Tabelle 7: **Versorgungslage des Windmühlenflügels Non-Covid-NST**. Anteil der Versorgungsstufen „Rot“, „Orange“, „Gelb“ und „Grün“ an den Lagemeldungen der Regierungsbezirke. Angabe des Medians mit zugehöriger Interquartilsrange von Quartil 1 (Q1) bis Quartil 3 (Q3).

<b>Non-Covid-NST</b>	<b>Rot [%]</b>	<b>Orange [%]</b>	<b>Gelb [%]</b>	<b>Grün [%]</b>
Unterfranken	.00	.00	3.41	96.59
Oberfranken	.00	2.94	72.06	25.00
Mittelfranken	.00	.00	23.64	76.36
Oberbayern	.00	.00	96.36	3.64
Niederbayern	.00	.00	20.00	80.00
Schwaben	.00	1.12	97.75	1.12
Oberpfalz	.00	.00	83.33	16.67
<b>Median</b>	<b>.00</b>	<b>.00</b>	<b>72.06</b>	<b>25.00</b>
(Q1 – Q3)	(.00 – .00)	(.00 – .56)	(21.82 – 89.85)	(10.15 – 78.18)

### 3.4 Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte der Regierungsbezirke

In Abbildung 3-5 ist der zeitliche Verlauf des 7-Tage-SARS-CoV-2-Inzidenzwertes in den bayerischen Regierungsbezirken dargestellt. Alle sieben Regierungsbezirke zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf mit sinkenden 7-Tage-Inzidenzen im November und Dezember 2021, gefolgt von einem steilen Anstieg der Inzidenzwerte ab Januar 2022. Die 7-Tage-Inzidenz war gemäß dem Shapiro-Wilk-Test in allen Regierungsbezirken nicht normalverteilt,  $p < .001$ . Im anschließend durchgeführten Kruskal-Wallis-Test zeigten sich zwischen den sieben Regierungsbezirken keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der 7-Tage-Inzidenzwerte,  $p = .146$ . In Abbildung 3-4 ist die Streuung der Inzidenzwerte graphisch dargestellt.

Die mittleren 7-Tage-Inzidenzwerte der einzelnen Regierungsbezirke und deren Unterschied zum gesamtbayerisch gemittelten 7-Tage-Inzidenzwert sind in Tabelle 8 abgebildet.

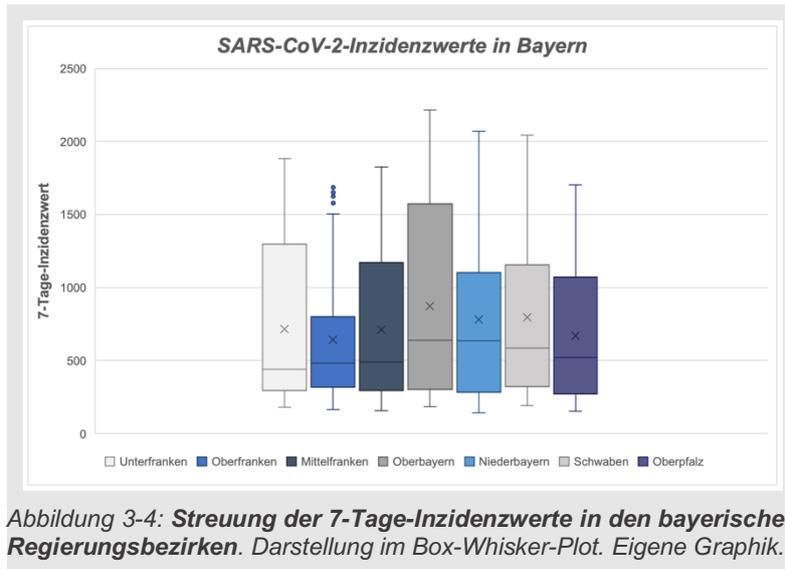


Tabelle 8: **Vergleich der mittleren 7-Tage-Inzidenzwerte.** Angabe der Mittelwerte aller 7-Tage-Inzidenzen im Untersuchungszeitraum für jeden bayerischen Regierungsbezirk und den gesamten Freistaat Bayern sowie des jeweiligen Unterschieds zum gesamtbayerischen Mittelwert.

	<b>Mittelwert der 7-Tage-Inzidenzen</b>	<b>Unterschied zur bayernweiten mittleren 7-Tage-Inzidenz</b>
<i>Unterfranken</i>	715.3	- 64.9
<i>Oberfranken</i>	644.4	- 135.7
<i>Mittelfranken</i>	712.8	- 67.4
<i>Oberbayern</i>	874.0	93.9
<i>Niederbayern</i>	781.1	1.0
<i>Schwaben</i>	795.2	15.1
<i>Oberpfalz</i>	668.7	- 111.4
<b>Bayern</b>	<b>780.1</b>	

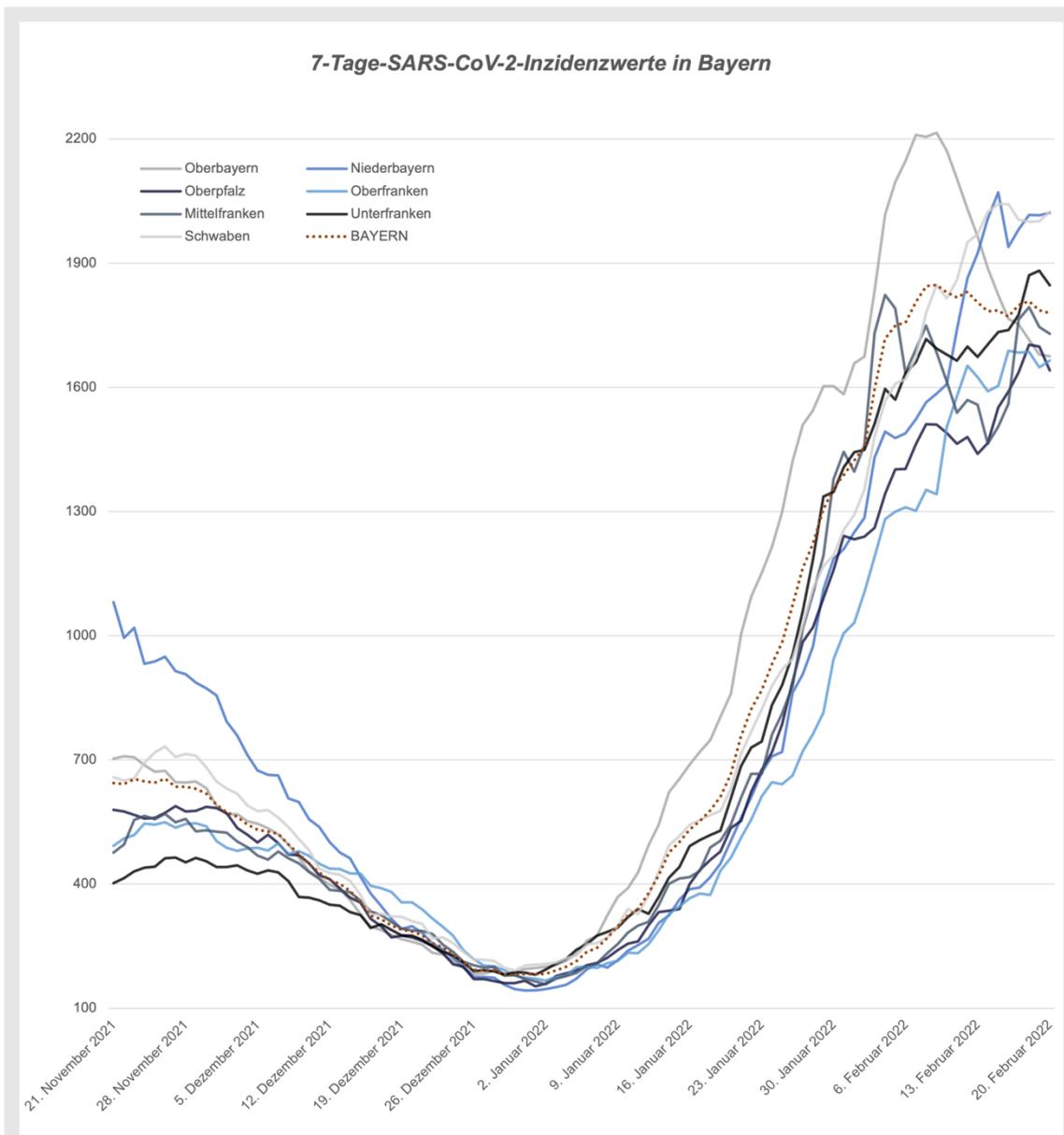


Abbildung 3-5: **7-Tage-SARS-CoV-2-Inzidenzwerte der bayerischen Regierungsbezirke.** Darstellung der 7-Tage-Inzidenzen der Regierungsbezirke (durchgezogene Linien) im Vergleich zum 7-Tage-Inzidenzwert für Bayern insgesamt (gepunktete Linie) im Zeitraum vom 21. November 2021 bis 20. Februar 2022. Eigene Graphik.

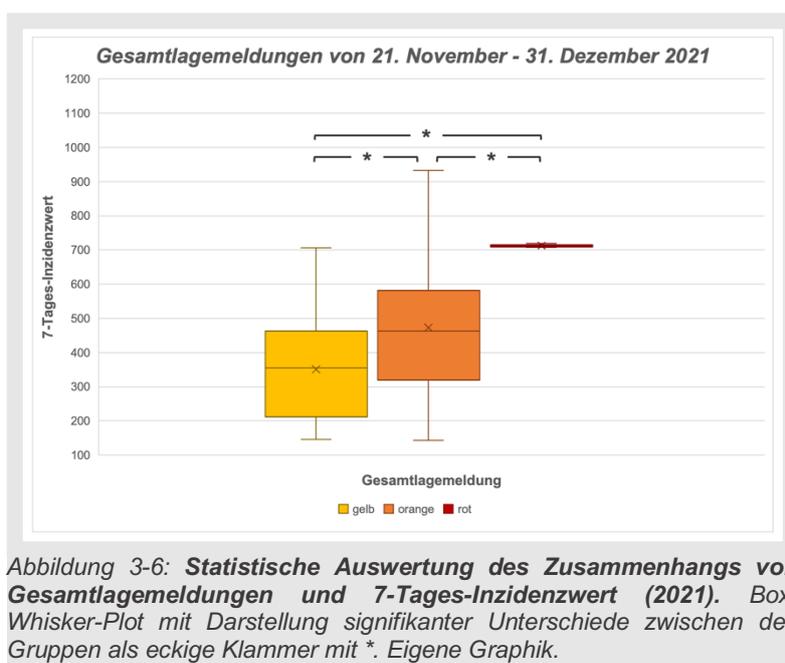
### 3.5 Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes

#### 3.5.1 Gesamtlage

##### 3.5.1.1 Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021

Im Zeitraum 21. November 2021 – 31. Dezember 2021 wurden die Gesamtlagemeldungen „rot“ (n = 3, M = 712.73, SD = 5.64), „orange“ (n = 113, M =

470.80, SD = 182.67) und „gelb“ (n = 131, M = 350.72, SD = 138.33) dokumentiert. Im Box-Whisker-Plot (siehe Abbildung 3-6) gab es keine Ausreißer. Die Daten waren für die Lagemeldung „rot“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „orange“ und „gelb“ lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 134.28) = 493.32$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen allen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert erhöhte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (120.08, 95%-CI [70.49, 169.67]), zwischen „rot“ und „orange“ (241.93, 95%-CI [200.39, 283.47]) und zwischen „rot“ und „gelb“ (362.01, 95%-CI [332.28, 391.74]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen großen Zusammenhang ( $\eta^2 = .16$ , 95%-CI [.01, .24]).



### 3.5.1.2 Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022

Im Zeitraum 1. Januar 2022 – 20. Februar 2022 wurden die Gesamtlagemeldungen „orange“ (n = 22, M = 589.60, SD = 592.55), „gelb“ (n = 250, M = 986.70, SD = 616.59) und „grün“ (n = 5, M = 1653.88, SD = 58.80) dokumentiert. Im Box-Whisker-Plot (siehe Abbildung 3-7) gab es Ausreißer bei den Lagemeldungen „orange“ und „grün“, bei der Lagemeldung „gelb“ gab es keine Ausreißer. Die Daten waren für die Lagemeldung „grün“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „orange“ und „gelb“ lag keine

Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 35.80) = 120.64$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ,  $p = .02$  zwischen „orange und „gelb“) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen allen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert verringerte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (-397.10, 95%-CI [-726.28, -67.93]), zwischen „orange“ und „grün“ (-1064.29, 95%-CI [-1387.80, -740.78]) und zwischen „gelb“ und „grün“ (-667.18, 95%-CI [-781.89, -552.47]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen kleinen Zusammenhang ( $\eta^2 = .05$ , 95%-CI [.01, .11]).

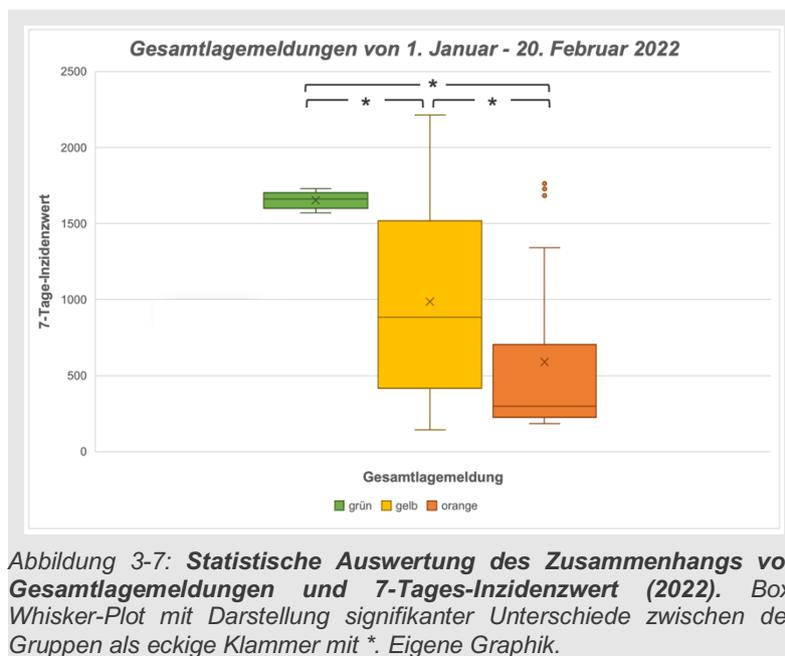


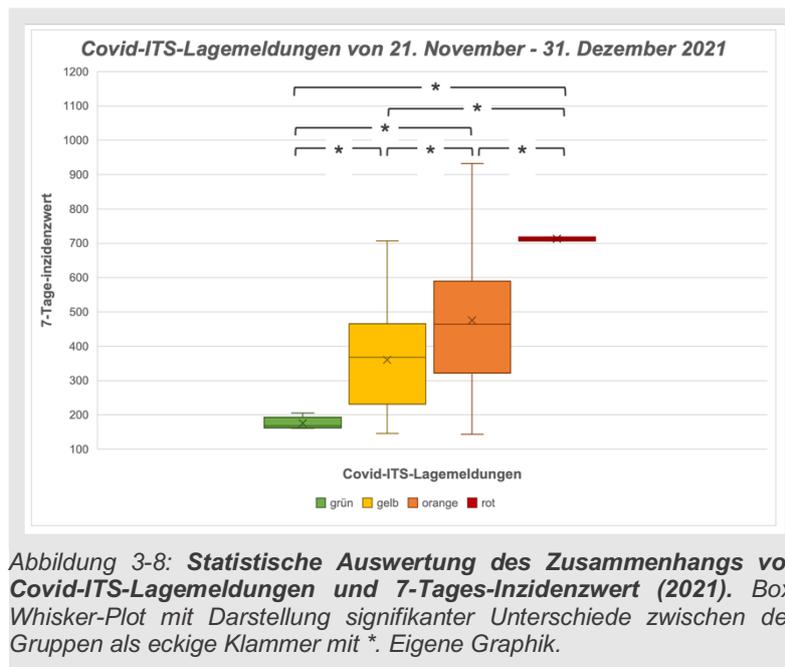
Abbildung 3-7: **Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Gesamtlagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).** Box-Whisker-Plot mit Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppen als eckige Klammer mit \*. Eigene Graphik.

### 3.5.2 Covid-ITS

#### 3.5.2.1 Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021

Auf den Covid-ITS wurden zwischen dem 21. November 2021 und dem 31. Dezember 2021 die Lagemeldungen „rot“ ( $n = 3$ ,  $M = 712.73$ ,  $SD = 5.64$ ), „orange“ ( $n = 111$ ,  $M = 475.08$ ,  $SD = 181.47$ ), „gelb“ ( $n = 125$ ,  $M = 360.09$ ,  $SD = 134.85$ ) und „grün“ ( $n = 8$ ,  $M = 175.08$ ,  $SD = 17.92$ ) abgegeben. Wie in Abbildung 3-8 dargestellt, gab es im Box-Whisker-Plot keine Ausreißer. Die Daten waren für die Lagemeldung „rot“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „orange“, „gelb“ und „grün“ lag keine Normalverteilung vor

(Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(3, 34.28) = 1962.14$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen allen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert erhöhte sich zwischen „gelb“ und „grün“ (185.00, 95%-CI [149.31, 220.70]), zwischen „orange“ und „gelb“ (114.99, 95%-CI [60.52, 169.47]), zwischen „orange“ und „grün“ (300.00, 95%-CI [252.12, 347.87]), zwischen „rot“ und „orange“ (237.65, 95%-CI [191.93, 283.38]), zwischen „rot“ und „gelb“ (352.64, 95%-CI [320.04, 385.25]) und zwischen „rot“ und „grün“ (537.65, 95%-CI [515.41, 559.89]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen großen Zusammenhang ( $\eta^2 = .20$ , 95%-CI [.11, .28]).



### 3.5.2.2 Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022

Zwischen 1. Januar 2022 und 20. Februar 2022 wurden auf den Covid-ITS die Lagemeldungen „orange“ ( $n = 15$ ,  $M = 458.52$ ,  $SD = 524.56$ ), „gelb“ ( $n = 204$ ,  $M = 991.25$ ,  $SD = 630.42$ ) und „grün“ ( $n = 58$ ,  $M = 1014.19$ ,  $SD = 577.11$ ) abgegeben. Im Box-Whisker-Plot (siehe Abbildung 3-9) gab es keine Ausreißer bei den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“, bei der Lagemeldung „orange“ gab es zwei Ausreißer. Die Daten waren für keine Lagemeldung normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p = .01$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert

unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 37.01) = 7.23$ ,  $p = .002$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p = .004$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen einigen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert verringerte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (-532.73, 95%-CI [-897.93, -167.52]) und zwischen „orange“ und „grün“ (-555.67, 95%-CI [-943.70, -167.64]). Zwischen den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ gab es keinen signifikanten Unterschied (-22.94, 95%-CI [-231.61, 185.72]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen kleinen Zusammenhang ( $\eta^2 = .04$ , 95%-CI [.00, .09]).

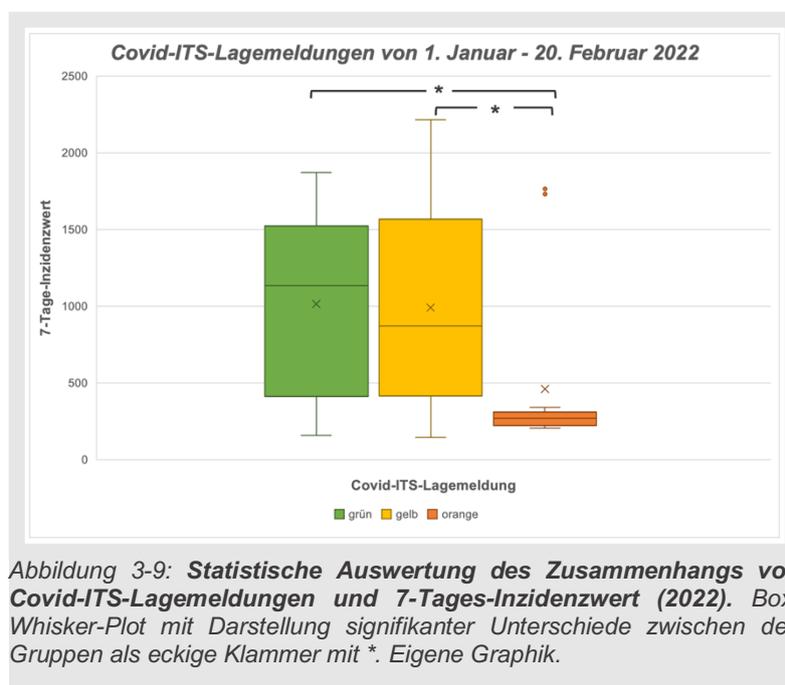


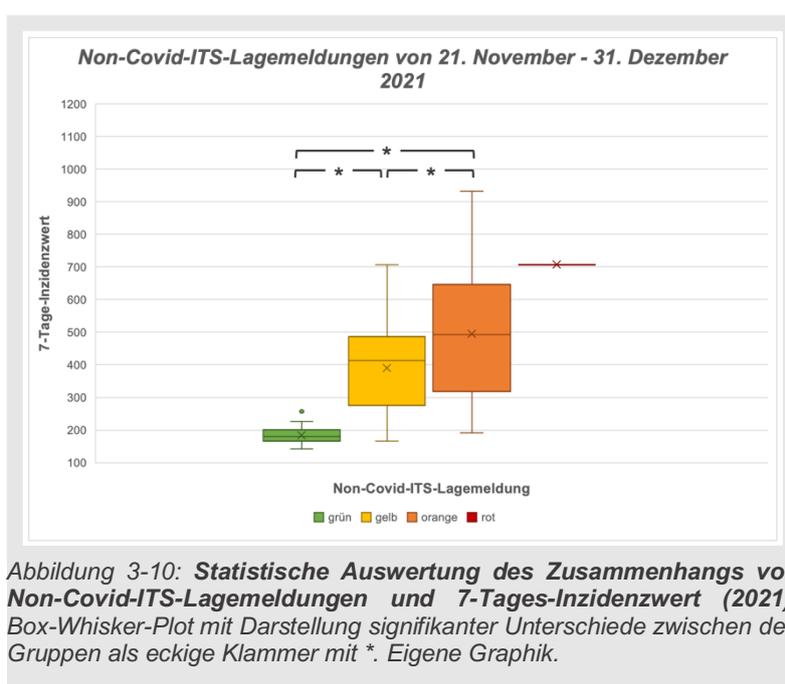
Abbildung 3-9: **Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Covid-ITS-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).** Box-Whisker-Plot mit Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppen als eckige Klammer mit \*. Eigene Graphik.

### 3.5.3 Non-Covid-ITS

#### 3.5.3.1 Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021

Ende 2021 wurden von den Non-Covid-ITS die Lagemeldungen „rot“ ( $n = 1$ ,  $M = 707.40$ ), „orange“ ( $n = 88$ ,  $M = 495.23$ ,  $SD = 20.70$ ), „gelb“ ( $n = 135$ ,  $M = 390.66$ ,  $SD = 126.31$ ) und „grün“ ( $n = 23$ ,  $M = 185.08$ ,  $SD = 27.31$ ) abgesetzt. Die Lage „rot“ wurde aufgrund der kleinen Gruppengröße von der weiteren Auswertung ausgenommen. Im Box-Whisker-Plot gab es, wie in Abbildung 3-10 gezeigt, bei der Lage „grün“ einen Ausreißer, bei den anderen Lagemeldungen gab es keine Ausreißer. Die Daten waren für die Lagemeldung „grün“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „orange“ und „gelb“ lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine

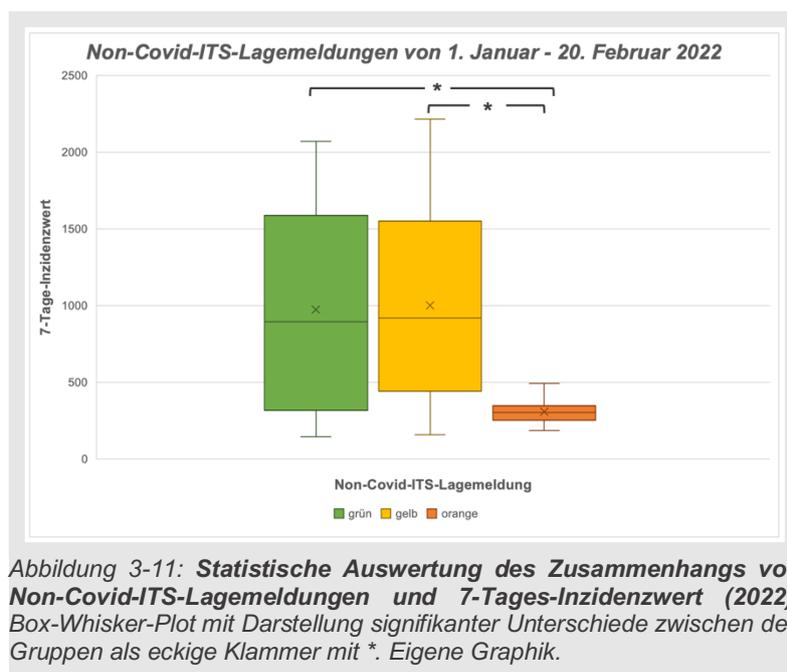
Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 147.86) = 217.18$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen allen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert erhöhte sich zwischen „gelb“ und „grün“ (205.58, 95%-CI [176.53, 234.63]), zwischen „orange“ und „gelb“ (104.57, 95%-CI [49.15, 159.98]) und zwischen „orange“ und „grün“ (310.14, 95%-CI [259.05, 361.24]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen großen Zusammenhang ( $\eta^2 = .25$ , 95%-CI [.16, .34]).



### 3.5.3.2 Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022

Anfang 2022 wurden von den Non-Covid-ITS die Lagemeldungen „orange“ ( $n = 10$ ,  $M = 308.22$ ,  $SD = 85.08$ ), „gelb“ ( $n = 177$ ,  $M = 1001.01$ ,  $SD = 45.80$ ) und „grün“ ( $n = 90$ ,  $M = 973.95$ ,  $SD = 650.71$ ) abgesetzt. Im Box-Whisker-Plot (siehe Abbildung 3-11) gab es einen Ausreißer bei der Lagemeldung „orange“, bei den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ gab es keine Ausreißer. Die Daten waren für die Lagemeldung „orange“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 107.85) = 107.11$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-

Tage-Inzidenzwerten zwischen einigen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert verringerte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (-692.79, 95%-CI [-819.25, -566.33]) und zwischen „orange“ und „grün“ (-665.73, 95%-CI [-841.13, -490.33]). Zwischen den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ gab es keinen signifikanten Unterschied (27.06, 95%-CI [-167.96, 222.08]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen kleinen Zusammenhang ( $\eta^2 = .04$ , 95%-CI [.01, .09]).

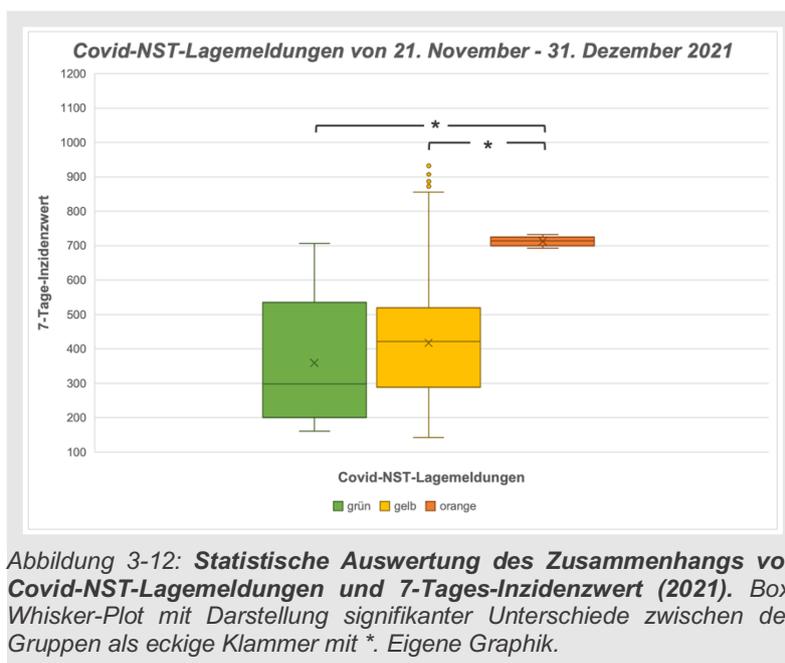


### 3.5.4 Covid-NST

#### 3.5.4.1 Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021

Die Covid-NST meldeten im Zeitraum 21. November 2021 – 31. Dezember 2021 die Lagen „orange“ (n = 5, M = 713.00, SD = 14.54), „gelb“ (n = 183, M = 418.07, SD = 168.34) und „grün“ (n = 59, M = 359.53, SD = 165.98). Im Box-Whisker-Plot gab es bei der Lagemeldung „gelb“ mehrere Ausreißer, bei den Lagen „orange“ und „grün“ gab es keine Ausreißer (siehe Abbildung 3-12). Die Daten waren für die Lagemeldung „orange“ normalverteilt, für die Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 73.46) = 302.12$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen einigen der Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-

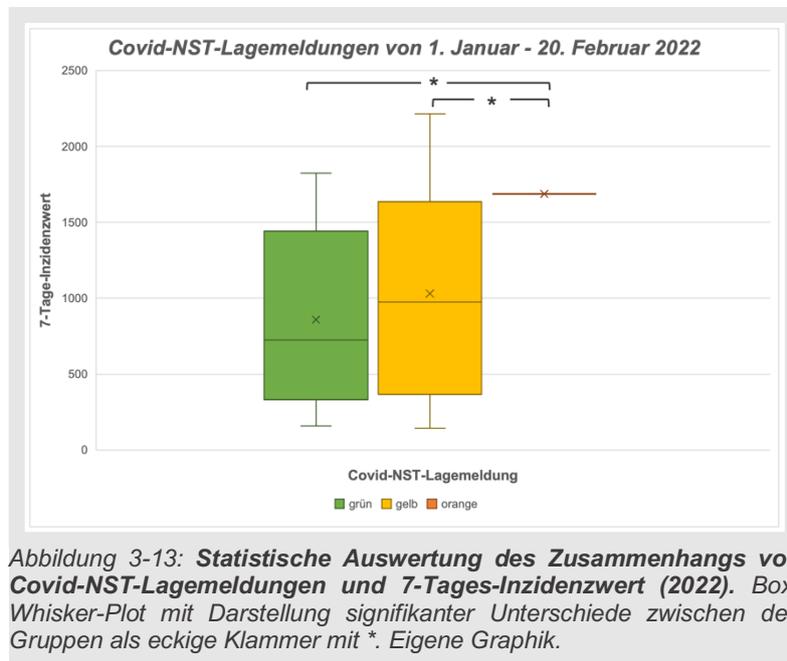
Tage-Inzidenzwert erhöhte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (294.93, 95%-CI [261.28, 328.58]) und zwischen „orange“ und „grün“ (353.47, 95%-CI [299.28, 407.66]). Zwischen den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ zeigte der Games-Howell-post-hoc-Test keinen signifikanten Unterschied (58.54, 95%-CI [-.79, 117.87],  $p = .054$ ). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen mittelgroßen Zusammenhang ( $\eta^2 = .08$ , 95%-CI [.03, .15]).



### 3.5.4.2 Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022

Im Zeitraum 1. Januar 2022 – 20. Februar 2022 meldeten die Covid-NST die Lagemeldungen „orange“ (n = 2, M = 1686.87, SD = 2.13), „gelb“ (n = 165, M = 1030.97, SD = 663.61) und „grün“ (n = 110, M = 858.48, SD = 545.31). Im Box-Whisker-Plot (siehe ) gab es keine Ausreißer. Die Daten waren für keine Lagemeldung normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(2, 174.88) = 206.39$ ,  $p < .001$ . Der Games-Howell-post-hoc-Test zeigte einen signifikanten Unterschied ( $p < .001$ ) in den 7-Tage-Inzidenzwerten zwischen allen Lagemeldungen. Der durchschnittliche 7-Tage-Inzidenzwert erhöhte sich zwischen „orange“ und „gelb“ (655.90, 95%-CI [533.66, 778.14]) und zwischen „orange“ und „grün“ (828.39, 95%-CI [704.80, 951.99]). Zwischen den Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ gab es keinen signifikanten Unterschied (172.49,

95%-CI [-.28, 345.26]). Zwischen den Lagemeldungen und den 7-Tage-Inzidenzwerten gab es einen kleinen Zusammenhang ( $\eta^2 = .03$ , 95%-CI [.00, .07]).



### 3.5.5 Non-Covid-NST

#### 3.5.5.1 Zeitraum 21. November – 31. Dezember 2021

Im Zeitraum 21. November 2021 – 31. Dezember 2021 wurden durch die Non-Covid-NST die Lagemeldungen „orange“ (n = 1, M = 718.63), „gelb“ (n = 145, M = 419.43, SD = 192.05) und „grün“ (n = 101, M = 393.53, SD = 138.95) dokumentiert. Die Lagemeldung „orange“ wurde wegen der kleinen Gruppengröße nicht in die weiteren Berechnungen einbezogen. Im Box-Whisker-Plot gab es keine Ausreißer (siehe Abbildung 3-14). Für die Daten der Lagemeldungen „gelb“ und „grün“ lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war keine Varianzhomogenität gegeben ( $p < .001$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich nicht signifikant für die verschiedenen Lagemeldungen, Welch-ANOVA  $F(1, 243.63) = 1.51$ ,  $p = .22$ .

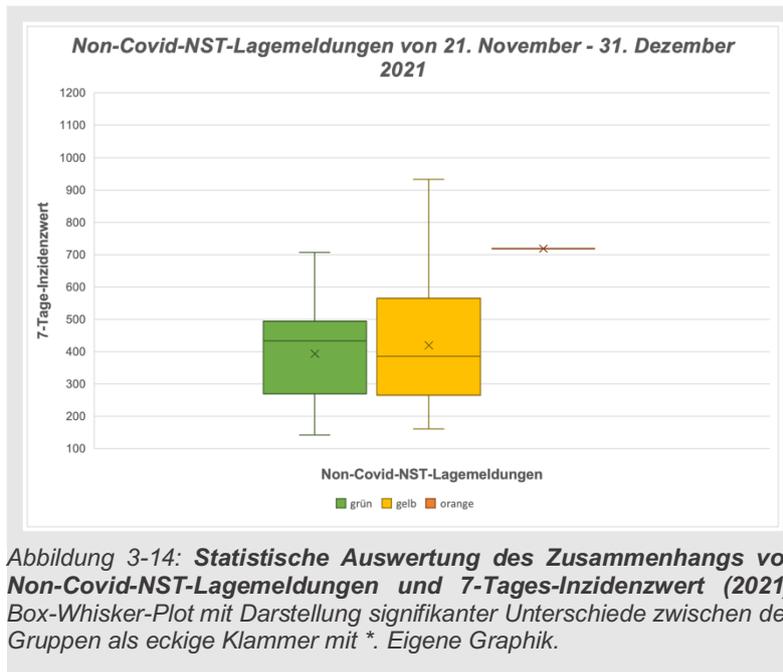
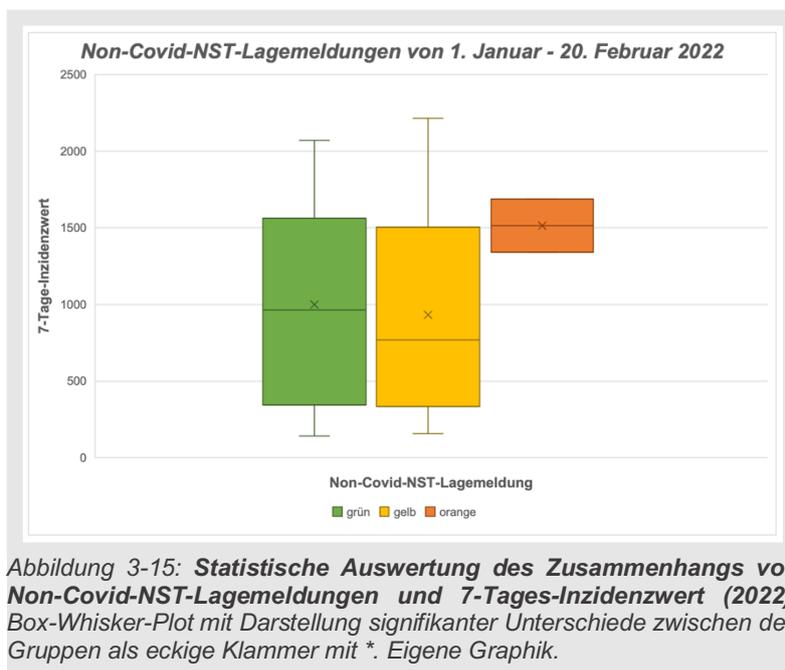


Abbildung 3-14: **Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Non-Covid-NST-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).** Box-Whisker-Plot mit Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppen als eckige Klammer mit \*. Eigene Graphik.

### 3.5.5.2 Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022

Im Zeitraum 1. Januar 2022 – 20. Februar 2022 wurden durch die Non-Covid-NST die Lagemeldungen „orange“ (n = 2, M = 1515.23, SD = 244.87), „gelb“ (n = 147, M = 931.48, SD = 627.81) und „grün“ (n = 128, M = 999.67, SD = 621.87) dokumentiert. Im Box-Whisker-Plot (siehe Abbildung 3-15) gab es keine Ausreißer. Die Daten waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test,  $\alpha = .05$ ). Gemäß dem Levene-Test war Varianzhomogenität gegeben ( $p = .11$ ). Der mittlere 7-Tage-Inzidenzwert unterschied sich für die verschiedenen Lagemeldungen nicht signifikant, Welch-ANOVA  $F(2, 2.91) = 4.28, p = .14$ .



### 3.6 Analyse der Interhospitaltransfers

Eine Übersicht der Patientenströme zwischen den bayerischen Regierungsbezirken im Untersuchungszeitraum findet sich in Abbildung 3-16. Tabelle 9 zeigt die absoluten Zahlen der Interhospitaltransfers in Bayern. Die große Mehrheit der erfassten Verlegungen erfolgte von Niederbayern in die Oberpfalz. Damit war Niederbayern der Regierungsbezirk mit den meisten Abverlegungen, in der Oberpfalz wurden die meisten Patienten aus anderen Regierungsbezirken aufgenommen.

Im Beobachtungszeitraum erfolgten keine Patientenverlegungen aus Unterfranken in andere bayerische Regierungsbezirke, nach Schwaben wurde kein Transfer aus einem anderen Regierungsbezirk dokumentiert. In den anderen fünf bayerischen Regierungsbezirken waren die Zahlen erfasster Zu- und Abverlegungen ausgeglichen. Insgesamt erfolgte eine Umverteilung von Patienten vom Süden in den Norden Bayerns. Die Mehrzahl der verlegten Patienten war SARS-CoV-2-positiv und wurde intensivmedizinisch behandelt. Tabelle 10 zeigt die erfassten Patientencharakteristika. Abbildung 3-17 zeigt die zeitliche Verteilung der Interhospitaltransfers innerhalb des Untersuchungszeitraums.

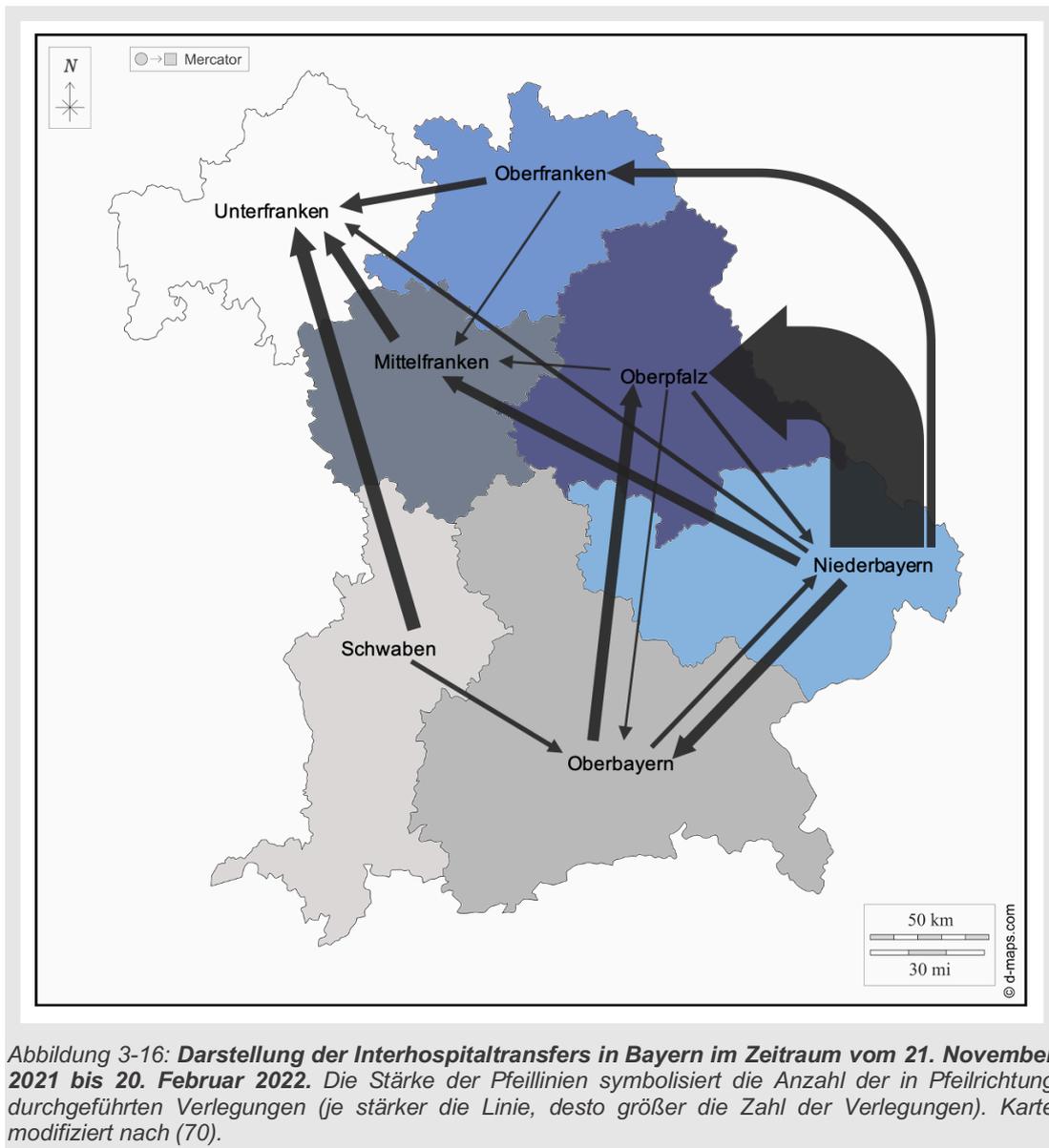
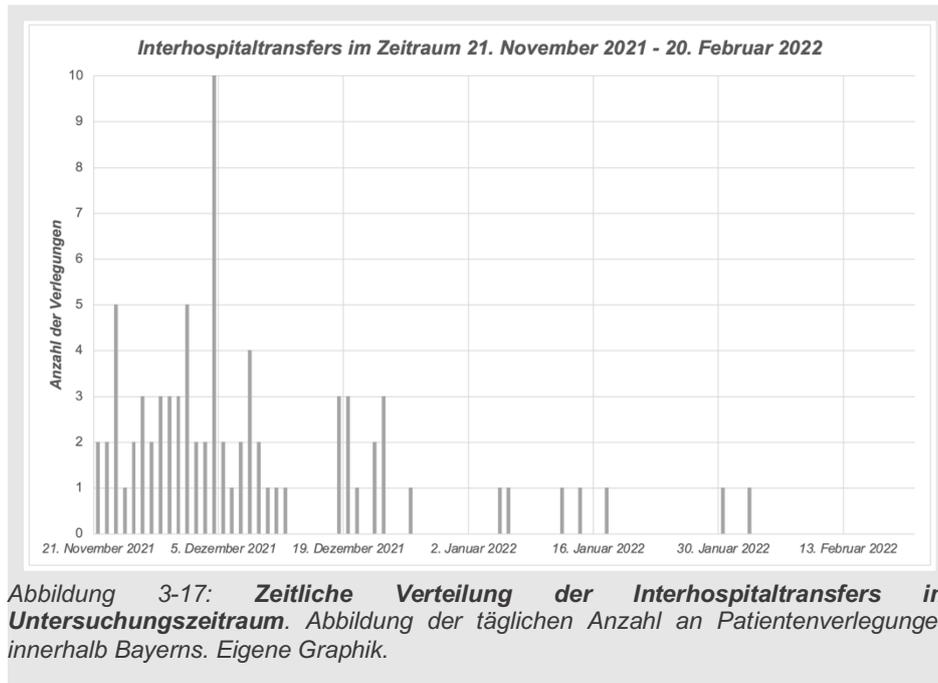


Tabelle 9: Anzahl der Interhospitaltransfers zwischen den bayerischen Regierungsbezirken. Horizontal = Ausgangsort des Patiententransfers; Vertikal = Zielort des Patiententransfers.

	UF	OF	MF	OB	NB	SW	OP	Abverlegungen
Unterfranken (UF)	–	0	0	0	0	0	0	0
Oberfranken (OF)	3	–	1	0	0	0	0	4
Mittelfranken (MF)	5	0	–	0	0	0	0	5
Oberbayern (OB)	0	0	0	–	2	0	5	7
Niederbayern (NB)	2	4	4	5	–	0	36	51
Schwaben (SW)	6	0	0	2	0	–	0	8
Oberpfalz (OP)	0	0	1	1	2	0	–	4
<b>Zuverlegungen</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>41</b>	

Tabelle 10: **Charakteristika der Verlegungspatienten.**

	Intensivstation	Normalstation	Gesamt
Covid	72	2	74
Non-Covid	5	0	5
<b>Gesamt</b>	<b>77</b>	<b>2</b>	<b>79</b>



### 3.7 Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen

Die Daten zu Lagemeldungen der Ausgangs- und Zielregionen von Patiententransfers sind in den Tabellen 11 und 12 sowie in Abbildung 3-18 dargestellt. Von den dokumentierten Interhospitaltransfers gingen 44.30% von Regierungsbezirken mit der Lagemeldung „orange“ und 12.66% von Regionen mit der Lagemeldung „rot“ aus. Alle Transfers aus Regionen mit dekompensierter Krisenversorgung („rot“) erfolgten in Bezirke mit entspannterer Versorgungslage. Auch die anderen Patientenverlegungen erfolgten in der Mehrzahl in Regionen mit besserer oder gleicher Lagemeldung. Nur in Einzelfällen wurden Patienten in Regierungsbezirke mit schlechterer Lagemeldung als die Ausgangsregion verlegt. In Abbildung 3-19 sind die Verlegungstransporte innerhalb

Bayerns an zwei aufeinander folgenden Tagen innerhalb des Beobachtungszeitraums dargestellt.

Ein Mann-Whitney-U-Test wurde berechnet, um zu prüfen, ob sich die Windmühlen-Lagemeldungen der Ausgangsbezirke einer Verlegung von den Meldungen der Zielbezirke unterscheiden. Die Verteilungen beider Gruppen unterschieden sich voneinander, Kolmogorov-Smirnov  $p < .001$ . Zwischen den Lagemeldungen der Ausgangsbezirke einer Patientenverlegung und denen der Zielbezirke gab es einen signifikanten Unterschied,  $U = 1063.50$ ,  $Z = -6.00$ ,  $p < .001$ ,  $r = -.51$ . Die Verlegungen erfolgten von Ausgangsbezirken mit angespannter Lage ( $M_{Rang} = 87.64$ ) in Zielbezirke mit entspannterer Lage ( $M_{Rang} = 50.98$ ).

*Tabelle 11: Ausgangslage der Startregionen bei Interhospitaltransfers.*

Ausgangslage	Anzahl der Verlegungen	Anteil [%]
<i>grau</i>	14	17.72
<i>rot</i>	10	12.66
<i>orange</i>	35	44.30
<i>gelb</i>	19	24.05
<i>grün</i>	1	1.27
<b>gesamt</b>	<b>79</b>	

*Tabelle 12: Lage der Zielregion von Interhospitaltransfers in Abhängigkeit von der Lage der Startregion. Angabe der Anzahl an Verlegungen sowie des Anteils an den Verlegungen aus einer Startregion mit derselben Ausgangslage.*

	nach grau		nach rot		nach orange		nach gelb		nach grün	
<i>grau</i>	5	35.71%	0	.00%	1	7.14%	8	57.14%	0	.00%
<i>rot</i>	1	10.00%	0	.00%	1	10.00%	8	80.00%	0	.00%
<i>orange</i>	0	.00%	0	.00%	11	31.43%	24	68.57%	0	.00%
<i>gelb</i>	2	10.53%	0	.00%	1	5.26%	10	52.63%	6	31.58%
<i>grün</i>	0	.00%	0	.00%	0	.00%	1	100.00%	0	.00%

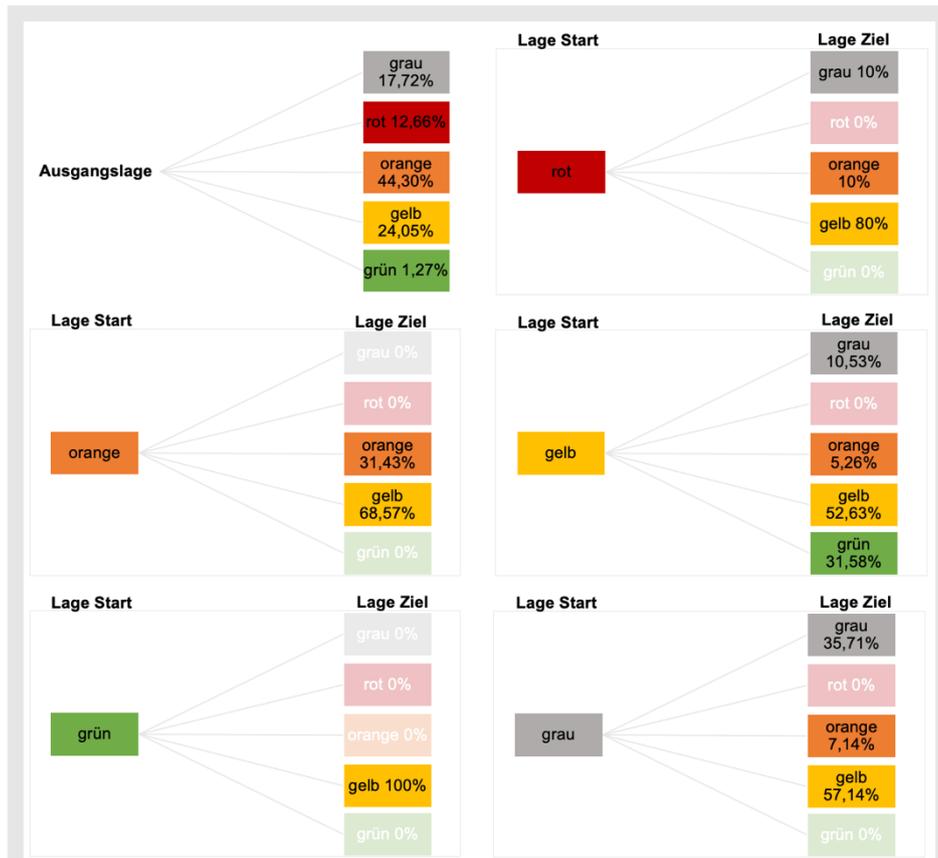


Abbildung 3-18: **Darstellung der jeweiligen Lagemeldungen von Start- und Zielregion bei Interhospitaltransfers.** Oben links = Verteilung der Ausgangslage in der Startregion einer Verlegung; Darstellung der Lagemeldungen der Zielregionen aufgeteilt nach Ausgangslage der Startregion. Eigene Graphik.

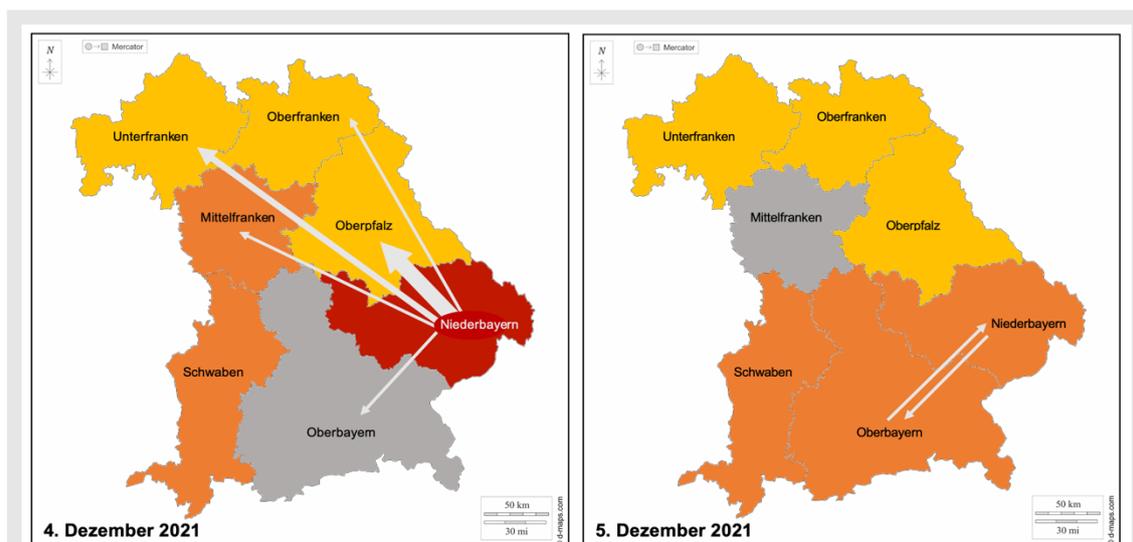
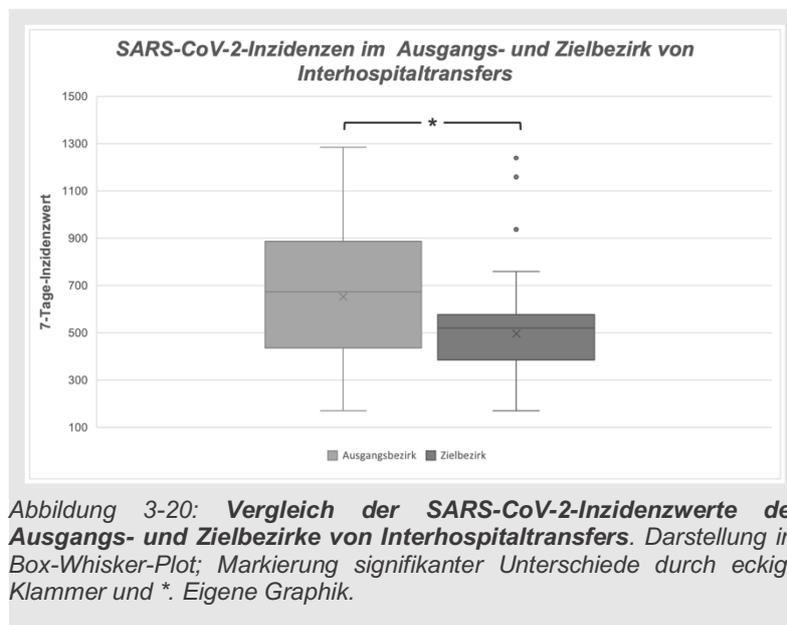


Abbildung 3-19: **Exemplarische Darstellung der Interhospitaltransporte in Bayern.** Links: Verlegungen am 4. Dezember 2021; Rechts: Verlegungen am 5. Dezember 2021. Die Farbe der Regierungsbezirke entspricht der am jeweiligen Tag über das Windmühlenmodell gemeldeten Gesamtlage. Die Stärke der Pfeillinien symbolisiert die Anzahl der in Pfeilrichtung durchgeführten Verlegungen am entsprechenden Tag (je stärker die Linie, desto größer die Zahl der Verlegungen). Karten modifiziert nach (70).

### 3.8 Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk der Interhospitaltransfers

In Abbildung 3-20 sind die 7-Tage-Inzidenzwerte der Ausgangs- und Zielbezirke von Patientenverlegungen im Box-Whisker-Plot dargestellt. Durch die Berechnung eines Mann-Whitney-U-Tests wurde geprüft, ob sich die 7-Tage-Inzidenzwerte der Ausgangsbezirke einer Verlegung von den Inzidenzwerten der Zielbezirke unterscheiden. Die Verteilungen beider Gruppen unterschieden sich voneinander, Kolmogorov-Smirnov  $p = .01$ . Zwischen den 7-Tage-Inzidenzwerten der Ausgangsbezirke eines Interhospitaltransfers und denen der Zielbezirke gab es einen signifikanten Unterschied,  $U = 2017.00$ ,  $Z = -3.84$ ,  $p < .001$ ,  $r = -.31$ . Die 7-Tage-Inzidenzwerte der Ausgangsbezirke ( $M_{Rang} = 93.47$ ) waren höher als die Inzidenzwerte der Zielbezirke ( $M_{Rang} = 65.53$ ).



## 4 Diskussion

Durch die SARS-CoV-2-Pandemie kam es sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene zu extremen Belastungen und zeitweise auch zu Überlastungen der Gesundheitssysteme (31,37,38,40). Zur Bewältigung der komplexen, durch die Pandemie ausgelösten, Probleme wurden Führungsstrukturen und Krisenstäbe aufgebaut, um politische und medizinische Entscheidungen zu treffen (55,71). Grundlage der Entscheidungsfindung dieser Krisenstäbe war die Beurteilung von Lagemeldungen basierend auf Faktoren wie der Auslastung von Krankenhäusern, der Entwicklung der SARS-CoV-2-Inzidenz oder der Verfügbarkeit von medizinischen Geräten und Schutzausrüstung (27,56).

Um der dynamischen Pandemieentwicklung und den daraus entstehenden Herausforderungen zu begegnen, wurde in Bayern das Windmühlenmodell nach Wurmb et al. zur Lagedarstellung und -bewertung angewendet (67,68). Mit Hilfe der zugehörigen Online-Plattform konnten das Pandemiegesehen und die regionale Belastung der Kliniken übersichtlich und zeitnah abgebildet werden. Durch das umfassende Lagebild wurde außerdem die Planung von Interhospitaltransfers innerhalb Bayerns vereinfacht (67).

### 4.1 Diskussion der Ergebnisse

#### 4.1.1 Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells

Die Windmühlen-Onlineplattform wurde bereits in der bayernweiten Einführungsphase vom 21. November 2021 bis 20. Februar 2022 im Median an 84 von 92 Tagen von den Bezirkskoordinatoren zur Lagedarstellung genutzt.

Besonders in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums ließ die Nutzungshäufigkeit in drei Regierungsbezirken deutlich nach (siehe Abbildung 3-1). Die nachlassende Nutzung könnte unter anderem durch die deutschlandweit zunehmende Entspannung der Hospitalisierungsrate Anfang 2022 erklärt werden (siehe Abbildung 1-2). Bei einer medianen Nutzungshäufigkeit der Windmühlen-Plattform von 91.30% der Tage im Untersuchungszeitraum kann trotzdem von einer zuverlässigen Abbildung der Versorgungslage in Bayern ausgegangen werden.

#### **4.1.2 Auswertung der Lagemeldungen nach Regierungsbezirken**

Die Lagemeldungen der einzelnen Bezirke unterschieden sich signifikant voneinander. Es zeigte sich ein Nord-Süd-Gefälle mit einer angespannteren Versorgungslage im Süden Bayerns. Diese Unterschiede der Versorgungsqualität waren besonders im November und Dezember 2021 sichtbar (siehe Abbildungen 3-1 und 3-2). Die durch die Windmühlen-Plattform festgestellte räumliche Verteilung der Pandemiebelastungen deckt sich mit den regionalen Fallzahlen (36) und Berichten aus Politik und Medien (35,72). Mögliche Erklärungsansätze für die Unterschiede zwischen den Bezirken wären hohe Infektionszahlen von Nachbarländern sowie von Nord- nach Südbayern sinkende Impfquoten gegen das SARS-CoV-2-Virus (1,36,72).

Die vorherrschende Versorgungsqualität in den Regierungsbezirken im Beobachtungszeitraum war die kompensierte Krisenversorgung. Die Versorgung wurde im Median an zwei Dritteln der Tage als gesichert („gelb“) eingeschätzt, in einem Drittel des Beobachtungszeitraums wurde die Lagemeldung „orange“ abgegeben. Nur in Einzelfällen wurde die Lagefarbe „rot“ gemeldet, genauso war eine flächendeckende Meldung der Versorgungslage „grün“ nur an wenigen Tagen möglich (siehe Tabelle 2).

#### **4.1.3 Auswertung der Lagemeldungen nach Versorgungsbereichen**

Die Lagemeldungen der vier betrachteten Versorgungsbereiche gingen im Untersuchungszeitraum deutlich auseinander. Die Versorgungslage der Intensivstationen war über alle Regierungsbezirke hinweg signifikant angespannter als die Lage auf den Normalstationen. Ebenso zeigte sich auf den Covid-Stationen ein signifikant angespannteres Versorgungslevel als auf den Non-Covid-Stationen.

Eine stärkere Belastung der Intensivstationen gegenüber Normalstationen geht auch aus den Daten des RKI und des DIVI-Intensivregisters hervor (36,63).

#### **4.1.4 Auswertung der 7-Tage-Inzidenzwerte nach Regierungsbezirken**

Die 7-Tage-Inzidenzwerte der bayerischen Regierungsbezirke zeigen im Beobachtungszeitraum einen ähnlichen Verlauf mit fallenden Inzidenzen zum Jahreswechsel 2021/22, gefolgt von einem deutlichen Anstieg der Inzidenzen im Januar und Februar 2022 (siehe Abbildung 3-5). Zwischen den Inzidenzwerten der einzelnen Bezirke konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Beim Vergleich der jeweiligen Mittelwerte der 7-Tage-Inzidenzen der sieben Regierungsbezirke mit dem gesamtbayerischen Mittelwert zeigt sich jedoch ein Unterschied zwischen Nord- und Südbayern. Während die Regierungsbezirke in der

nördlichen Hälfte Bayerns unterhalb des Mittelwertes für Gesamtbayern lagen, waren die mittleren 7-Tage-Inzidenzwerte der südbayerischen Bezirke im Untersuchungszeitraum höher als der bayernweite Inzidenzwert (siehe Tabelle 8).

#### **4.1.5 Zusammenhang von Lagemeldung und Höhe des 7-Tage-Inzidenzwertes**

Im Zeitraum vom 21. November 2021 bis zum 20. Februar 2022 wurde das Pandemiegeschehen von zwei Infektionswellen, ausgelöst durch die SARS-CoV-2-Subtypen Delta und Omikron, geprägt (32–35). Um den unterschiedlichen vorherrschenden Varianten des SARS-CoV-2-Virus in der Datenauswertung Rechnung zu tragen, wurde die Analyse der Zusammenhänge von Lagemeldungen und 7-Tage-Inzidenzwerten in zwei Zeiträume aufgeteilt.

Zwischen den gemeldeten 7-Tage-SARS-CoV-2-Inzidenzwerten und den Windmühlen-Lagemeldungen, mit Ausnahme der Meldungen von Non-Covid-NST, konnten statistisch signifikante Zusammenhänge festgestellt werden. Im Zeitraum von 21. November – 31. Dezember 2021 wurden die Lagemeldungen mit ansteigenden 7-Tage-Inzidenzwerten in allen Versorgungsbereichen signifikant schlechter. Die Versorgungslage der Covid-NST verschlechterte sich im Zeitraum von 1. Januar – 20. Februar 2022 in gleicher Weise signifikant mit zunehmenden 7-Tage-Inzidenzwerten. Im Gegensatz dazu verbesserten sich die Windmühlen-Lagemeldungen der Intensivstationen zwischen 1. Januar und 20. Februar 2022 ungeachtet steigender Inzidenzwerte signifikant.

Im Rahmen der Delta-Infektionswelle Ende 2021 kam es zu einer großen Zahl an Hospitalisierungen, während die Omikron-Infektionen bei deutlich höheren Infektionszahlen Anfang 2022 zu weniger Krankenhausbehandlungen führten (siehe Abbildung 1-2). Das Windmühlen-Modell spiegelt durch die abgegebenen Lagemeldungen nicht allein die Zahl der SARS-CoV-2-Infektionen wider, sondern gibt Aufschluss über die tatsächlichen Belastungen der Krankenhäuser. Abbildung 4-1 zeigt den Pandemieverlauf und die Belegungszahlen der Covid-ITS und -NST in Bayern. Die große Auslastung der Intensivstationen Ende 2021 ist auch anhand der Belegungszahlen der IVENA-Plattform erkennbar. Ebenso geht aus den Kapazitätsdaten von IVENA für den Zeitraum 1. Januar – 20. Februar 2022 eine abnehmende Zahl von Covid-Intensivpatienten trotz steigender Inzidenzwerte hervor. Die Anzahl der Patienten auf den Covid-Normalstationen stieg auch Anfang 2022 mit zunehmenden 7-Tage-Inzidenzzahlen wieder deutlich an.

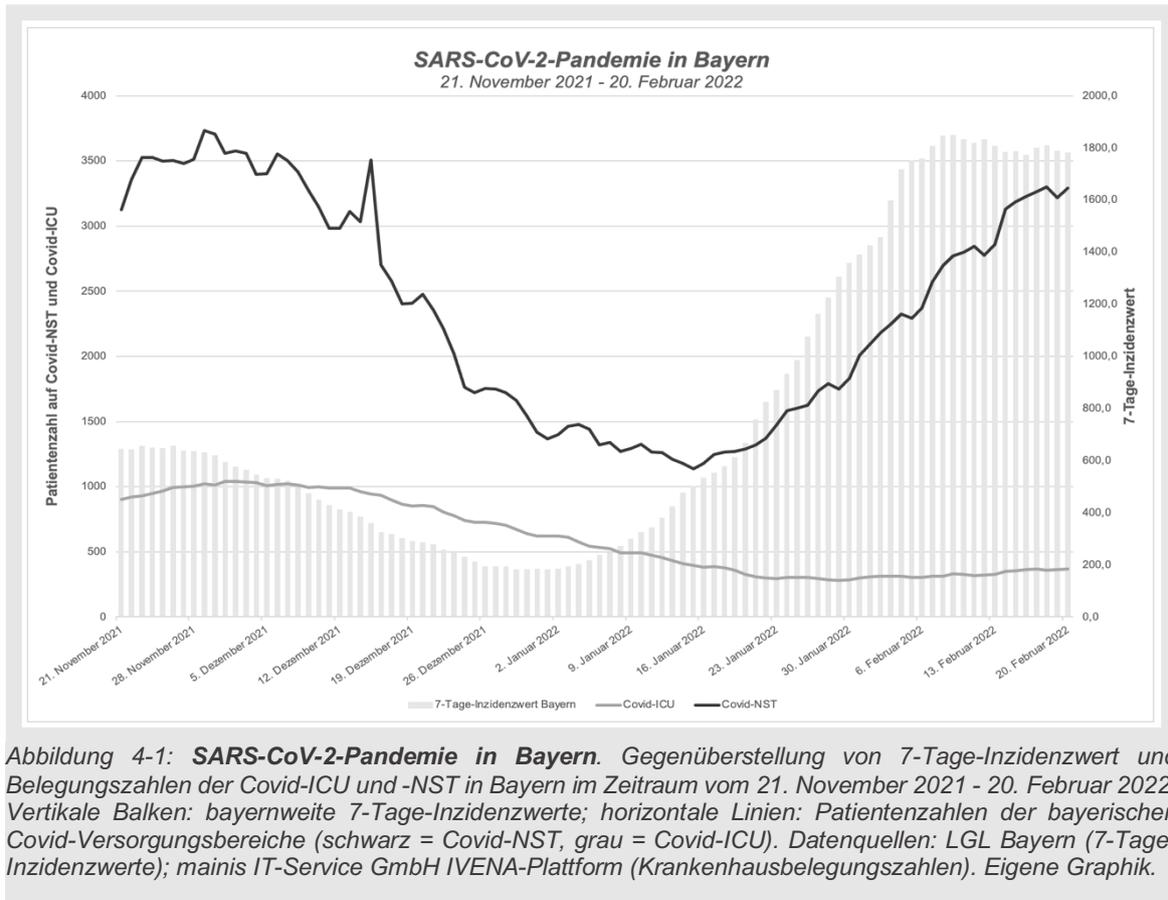


Abbildung 4-1: **SARS-CoV-2-Pandemie in Bayern.** Gegenüberstellung von 7-Tage-Inzidenzwert und Belegungszahlen der Covid-ICU und -NST in Bayern im Zeitraum vom 21. November 2021 - 20. Februar 2022. Vertikale Balken: bayernweite 7-Tage-Inzidenzwerte; horizontale Linien: Patientenzahlen der bayerischen Covid-Versorgungsbereiche (schwarz = Covid-NST, grau = Covid-ICU). Datenquellen: LGL Bayern (7-Tage-Inzidenzwerte); mainis IT-Service GmbH IVENA-Plattform (Krankenhausbelegungszahlen). Eigene Graphik.

#### 4.1.6 Analyse der Interhospitaltransfers

Im Beobachtungszeitraum wurden 79 Interhospitaltransfers innerhalb Bayerns dokumentiert. Die Mehrheit der verlegten Patienten war SARS-CoV-2-positiv und intensivbehandlungspflichtig. Die Patientenverlegungen erfolgten größtenteils im November und Dezember 2021 (siehe Abbildung 3-17). Die dokumentierten Patientencharakteristika der Transferpatienten spiegeln die vorherrschende Versorgungsknappheit insbesondere auf den Covid-ITS wider, die durch die Windmühlen-Lagemeldungen (siehe Abbildung 3-3) dokumentiert wurde. Anhand von Abbildung 3-16 ist eine Umverteilung der Patienten vom Süden Bayerns in nördlichere Regierungsbezirke erkennbar.

#### 4.1.7 Unterschiede der Lagemeldungen von Ausgangs- und Zielbezirk der Patientenverlegungen

Bei den dokumentierten Interhospitaltransfers konnten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Windmühlen-Lagemeldungen der Ausgangs- und

Zielbezirke einer Patientenverlegung festgestellt werden. Die Versorgungslage der Ausgangsbezirke war zum Verlegungszeitpunkt signifikant angespannter als die der aufnehmenden Regierungsbezirke.

Aus den Lagemeldungen des Windmühlen-Modells können somit auch konkrete Handlungsoptionen abgeleitet und deren Einflüsse sichtbar gemacht werden. So wurden beispielsweise am 4. Dezember 2021 mehrere Interhospitaltransfers von einem Regierungsbezirk mit dekompenzierter Krisenversorgung (Lagemeldung „rot“) in die anderen Bezirke durchgeführt. Bereits am Folgetag war im Ausgangsbezirk die Rückkehr zur kompensierten Krisenversorgung (Lagemeldung „orange“) möglich (siehe Abbildung 3-19).

#### **4.1.8 Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte zwischen Ausgangs- und Zielbezirk von Patientenverlegungen**

Die 7-Tage-Inzidenzwerte unterschieden sich zwischen den Ausgangsbezirken und den Zielbezirken von Interhospitaltransfers in statistisch signifikanter Weise. Am Tag der Verlegung waren die Inzidenzwerte der Ausgangsbezirke signifikant höher als die 7-Tage-Inzidenzen der aufnehmenden Regierungsbezirke.

Die Mehrheit der dokumentierten Patientenverlegungen fand im Zuge der Delta-Infektionswelle im November und Dezember 2021 statt. In diesem Zeitraum war die Hospitalisierungsrate von SARS-CoV-2-Infizierten hoch (siehe Abbildung 1-2), sodass auch anhand der Unterschiede der 7-Tage-Inzidenzwerte von einer Patientenumverteilung von belasteten in weniger beeinträchtigte Regionen ausgegangen werden kann.

## **4.2 Lagemeldung und -darstellung als Entscheidungsgrundlage für Führungsstäbe**

### **4.2.1 Möglichkeiten der Lagemeldung und -darstellung**

Bei der Zusammenarbeit mehrerer Akteure, wie beispielsweise von Rettungsdiensten und Akutkrankenhäusern in der medizinischen Notfallversorgung oder verschiedenen Hilfsorganisationen im Rahmen eines Großschadensereignisses, ist die Kommunikation essenziell für die erfolgreiche Schadensbewältigung. Entscheidungen über das Vorgehen werden auf Basis der aktuellen Lagemeldungen getroffen (73). Zu diesem Zweck gibt es vor allem an der Schnittstelle zwischen Präklinik und Klinik sowie im Katastrophenschutz etablierte Systeme zur Lagemeldung und -darstellung (74–76).

Über die IVENA-eHealth-Onlineplattform können Rettungsdienst-Leitstellen die aktuellen Versorgungskapazitäten der Krankenhäuser in Echtzeit einsehen und so die Patientenströme aus dem Rettungsdienst ressourcengerecht verteilen. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit der Vorankündigung von Patienten und der Übermittlung relevanter Patientendaten, wie Diagnose oder erwarteter Eintreffzeit, an die behandelnde Klinik (74,77).

Von der Feuerwehr in Nordrhein-Westfalen (NRW) wird das analoge „Lagedarstellungssystem NRW“ als Führungsmittel im Einsatz verwendet. Hier trägt der Einsatzleiter vor Ort alle relevanten Informationen handschriftlich in ein standardisiertes Papierformular, das „taktische Arbeitsblatt“, ein. Auf den höheren Führungsebenen stehen ähnlich aufgebaute, ebenfalls analoge Vorlagen in Form von Plakaten und Wandtafeln zur Verfügung (75,78).

In Baden-Württemberg wird im Katastrophenschutz die elektronische Lagedarstellung Bevölkerungsschutz (ELD-BS) zum Informationsaustausch auf Behörden- und Ministerialebene genutzt. In einer Onlineanwendung basierend auf umfangreichem Kartenmaterial können hier die Lagemeldungen einzelner betroffener Bezirke auf einer Landkarte zusammengefasst und zwischen Krisenstäben, Behörden und Ministerien kommuniziert werden (76,79).

Die verschiedenen etablierten Systeme zur Lagedarstellung sind maßgeschneidert auf das jeweils vorgesehene Anwendungsgebiet. Für den Einsatz in einem neuen Kontext sind zeitaufwändige Anpassungen und Änderungen notwendig (64,79). Internetbasierte Methoden der Lagemeldung ermöglichen den schnellen und automatisierten Informationsaustausch zwischen verschiedenen Stellen. Grundvoraussetzung für die Anwendung dieser Systeme ist eine funktionierende Infrastruktur mit Internetzugang und Stromversorgung (74,76). Im Gegensatz dazu sind analoge Systeme unabhängig von der vorhandenen Infrastruktur nutzbar. Die Kommunikation gewonnener Informationen zwischen den Führungsebenen muss allerdings bei jeder Lageänderung separat erfolgen und ist dadurch zeit- und personalaufwändig. Zusätzlich besteht hier immer die Gefahr eines Informationsverlustes (17,78).

#### **4.2.2 Vergleich verschiedener Systeme zur Lagemeldung und -darstellung im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland**

Zur Bewältigung der durch die SARS-CoV-2-Pandemie bedingten Belastungen des Gesundheitssystems wurden Möglichkeiten für Kliniken geschaffen, um ihre jeweilige Versorgungslage zu kommunizieren und so einen Überblick der deutschlandweiten

Behandlungskapazitäten zu vermitteln. Hierfür wurden bereits bestehende Plattformen angepasst und ausgeweitet. IVENA-eHealth entwickelte das Modul „Sonderlage“, in dem Bettenkapazitäten und Vorratsmengen an Schutzausrüstung abgebildet und krankenhausesübergreifend mitgeteilt werden können (64). Das bereits bestehende Meldeportal für ECMO-Behandlungsplätze wurde vom DIVI in Zusammenarbeit mit dem RKI ausgeweitet auf ein Register aller intensivmedizinischen Behandlungsplätze (63,80).

Das DIVI-Intensivregister bietet, aufgrund der täglichen Meldepflicht für alle deutschen Akutkrankenhäuser mit Intensivbetten nach der DIVI-Intensivregister-Verordnung von April 2020 eine vollständige Übersicht der Versorgungskapazitäten auf Intensivstationen. Erfasst werden sowohl quantitative Informationen zur Bettenanzahl als auch qualitative Angaben über die aktuelle Betriebssituation. Die Lageerhebung im Intensivregister ist auf die Intensivstationen begrenzt und bildet die Versorgungssituation auf Normalstationen nicht ab (63,81).

Im IVENA-Sonderlage-Modul kann neben den Bettenkapazitäten von Intensiv- und Normalstationen auch die Versorgungslage mit medizinischen Verbrauchsgütern dargestellt werden. Die Plattform stellt jedoch nur quantitative Daten zur Verfügung und wird in Deutschland nicht flächendeckend angewendet (64).

Das in Baden-Württemberg genutzte ELD-BS wird auch für die Lagedarstellung und Koordination von Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung eingesetzt. Hier können die aktuelle Infektionslage und bereits ergriffene Maßnahmen in Karten detailliert eingetragen werden. Ähnlich wie bei der täglichen Veröffentlichung aktueller Infektionszahlen durch das RKI und die WHO (1,36) wird die Lage der Krankenhäuser in dieser Anwendung allerdings nicht gesondert dargestellt (82).

Das in Bayern während der Pandemie neu eingeführte Windmühlen-Modell erfasst die Versorgungsqualität in Kliniken auf verschiedenen Ebenen. Neben der Situation in den vier Krankenhausbereichen Covid-ITS, Non-Covid-ITS, Covid-NST und Non-Covid-NST wird auch die Verfügbarkeit von Personal, Behandlungsplätzen und Verbrauchsgütern auf den einzelnen Stationen erhoben. Weiterhin wird die Lage einzelner Kliniken zu Gesamtlagemeldungen für Rettungsdienstbereiche oder Regierungsbezirke zusammengefasst abgebildet. Mit dem Windmühlen-Modell wird ein umfassendes Lagebild durch das bekannte Ampel-Farbschema einfach und verständlich abgebildet. Das Modell verwendet nur qualitative Daten und wird bislang ausschließlich in Bayern eingesetzt (67,68). Im Rahmen des Projekts „CODEX+ Monitor“ (collaborative data

exchange) des Netzwerks Universitätsmedizin soll das Windmühlen-Modell zukünftig auch an den anderen deutschen Universitätskliniken eingesetzt werden (83).

In Tabelle 13 findet sich eine Gegenüberstellung von Kerneigenschaften der verschiedenen Systeme zur Lagedarstellung.

*Tabelle 13: Gegenüberstellung verschiedener Systeme der Lagedarstellung in Krankenhäusern. Festlegung der Kriterien und Bewertung durch die Autorin dieser Arbeit. „+++“ = groß, „++“ = mittel, „+“ = klein, „-“ = trifft nicht zu.*

	<b>DIVI-Intensivregister</b>	<b>IVENA-Sonderlage</b>	<b>Windmühlen-Modell</b>
<i>Art der Datenerhebung</i>	quantitativ & qualitativ	quantitativ	qualitativ
<i>Nutzungsaufwand</i>	++	++	+
<i>Detailtiefe</i>	+	++	+++
<i>Übersichtlichkeit</i>	+	+	+++
<i>Skalierbarkeit</i>	+	-	+++
<i>Entscheidungsgrundlage</i>	++	++	+++
<i>Bekanntheit &amp; Nutzung</i>	+++	++	+

### **4.3 Bewältigung der SARS-CoV-2-Pandemie in Bayern**

In Bayern zeigte sich, ähnlich wie in Deutschland insgesamt, ein sehr heterogenes Infektionsgeschehen. Während die nördlichen Regierungsbezirke durch die SARS-CoV-2-Pandemie weniger beeinträchtigt waren, gab es besonders in den südlichen Regionen Infektions-Hotspots mit sehr hoher Auslastung der vorhandenen Krankenhauskapazitäten (35,49,55). Ein Gesamtüberblick über die Lage auf lokaler, regionaler und überregionaler Ebene ist essenziell für die Pandemiebewältigung und die Steuerung von Patientenströmen (55,67).

Um den Herausforderungen der SARS-CoV-2-Pandemie zu begegnen, wurde in Bayern ab November 2021 das Windmühlenmodell zur Lagedarstellung und -bewertung in den bereits etablierten Führungsstrukturen eingesetzt. Dadurch können qualitative Lagemeldungen auf verschiedenen Führungsebenen abgegeben und als skalierbarer Überblick unterschiedlicher Organisationsebenen, von der klinikinternen Lageübersicht bis zum Lagevergleich mehrerer Regierungsbezirke, dargestellt werden. (67)

Einen Gesamtüberblick der Lage zu gewinnen ist schwierig, da hierfür die Daten zu Krankenhauskapazitäten verschiedener Regionen zusammengetragen und interpretiert werden müssen. Mit Hilfe des Windmühlen-Modells können die tagesaktuellen Lagemeldungen der einzelnen Regierungsbezirke problemlos gegenübergestellt

werden. So lassen sich Lageübersichten sortiert nach Regierungsbezirk (siehe Tabelle 2 und Abbildungen 3-1 und 3-2) oder nach Krankenhausbereich (siehe Abbildung 3-3 und Tabellen 4 – 7) generieren und auch Lageveränderungen im zeitlichen Verlauf abbilden.

Die Belastung der Kliniken durch die SARS-CoV-2-Pandemie in Bayern war regional unterschiedlich schwer. Ende 2021 war die Versorgungslage im Süden Bayerns deutlich angespannter als in den nördlichen Regierungsbezirken (siehe Abbildungen 3-1 und 3-2). Die Interhospitaltransfers von Covid-19-Erkrankten in diesem Zeitraum erfolgten, wie in den Abbildungen 3-18 und 3-20 gezeigt, von Regionen mit angespannter Versorgungslage in Bezirke mit höheren Behandlungskapazitäten und geringeren Inzidenzwerten. Die Mehrzahl der Verlegungen erfolgte von südlichen Bezirken nach Nordbayern (siehe Abbildung 3-16).

#### **4.4 Mögliche zukünftige Anwendungsgebiete des Windmühlenmodells**

Ähnlich wie im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie ist die Darstellung und Bewertung der aktuellen Ressourcenverfügbarkeit auch bei der Bewältigung anderer außergewöhnlicher Ereignisse und Schadenslagen relevant. Alle am Einsatz beteiligten Führungsebenen treffen ihre Entscheidungen auf Grundlage der vorliegenden Lagemeldungen. Daher ist eine einheitliche und übersichtliche Lagedarstellung wichtig für die Bewältigung komplexer Lagen. (7,17,27) Das Windmühlen-Modell kann ein weiteres hilfreiches Führungswerkzeug zur Lagedarstellung und -bewertung sein.

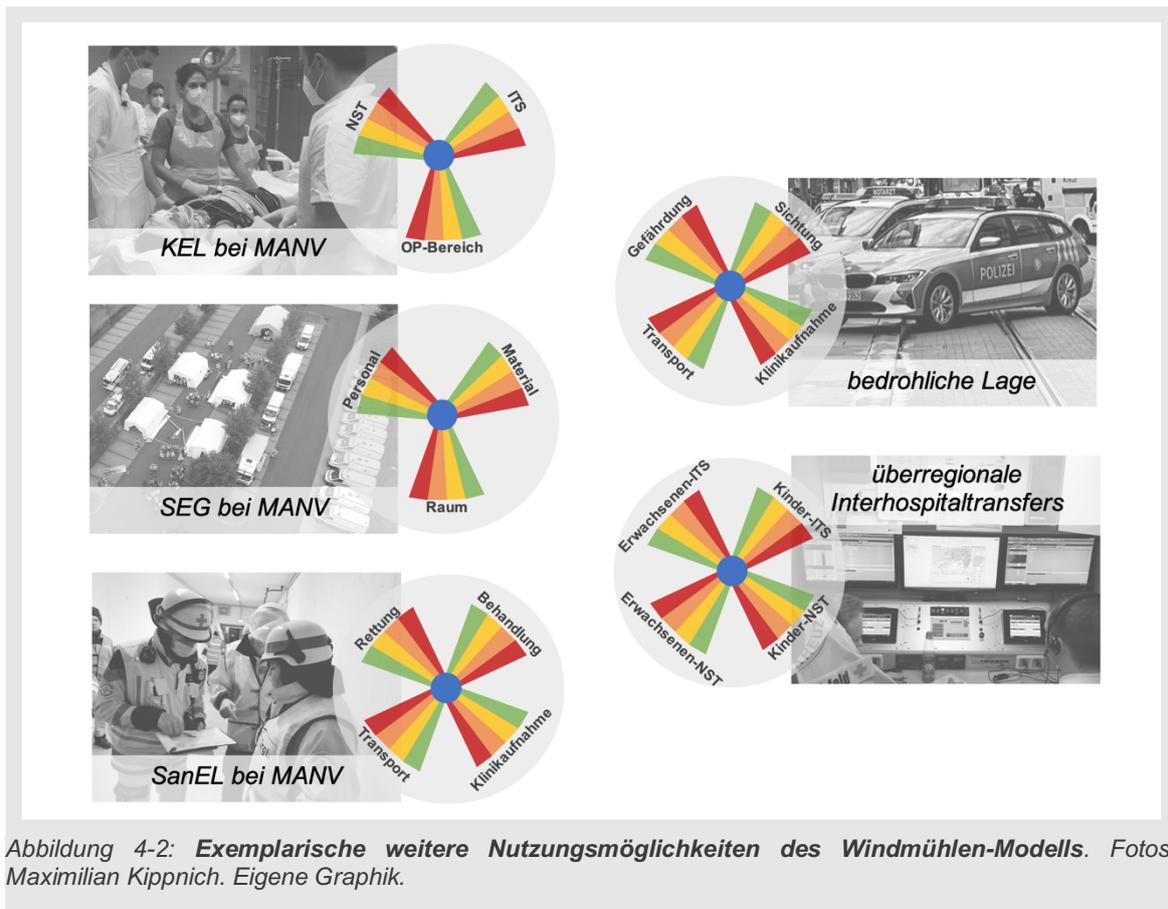
Im Falle eines MANV erfolgt die Lageeinschätzung durch die Einsatzkräfte vor Ort (7). Hierfür stehen meist analoge Checklisten wie das „taktische Arbeitsblatt“ der Feuerwehr NRW zur Verfügung (78). Zusätzlich bietet sich die Lagebewertung durch das Windmühlen-Modell mit den klassischen Kategorien „Personal“, „Material“ und „Raum“ zur Abstraktion der Lage zum Beispiel in den einzelnen eingesetzten SEG an. Diese Windmühlen-Meldungen könnten schnell und ohne großen Aufwand an den übergeordneten Führungsstab übermittelt werden. Auf Ebene des Führungsstabes könnte eine weitere Windmühle mit den Flügeln „Rettung“, „Behandlung“, „Transport“ und „Krankenhausaufnahme“ die präklinische Rettungskette abbilden und mögliche Ressourcenengpässe aufzeigen. Diese Lageübersichten könnten als Entscheidungsgrundlage beispielsweise für die Alarmierung weiterer Einheiten dienen. Aus Sicht der KEL könnten bei einem MANV mit Hilfe einer Windmühle mit der Einteilung in „OP-Bereich“, „Intensivstation“ und „Normalstation“ die verfügbaren Klinikkapazitäten

mit den präklinischen Führungspersonen kommuniziert werden. Bereits bestehende Zuweisungsstrategien für die Verteilung von Verletzten auf umliegende Krankenhäuser wie ein Wellenplan (24) könnten so um einen Rückmeldemechanismus der Kliniken erweitert werden. Da es bei einem Großschadensereignis kaum zeitlichen Vorlauf für die Führungsstrukturen gibt, wäre es sinnvoll das Windmühlen-Modell in Papierform anzuwenden und so eine schnelle Entscheidungsfindung zu ermöglichen. Auf Krankenhausebene wäre auch eine Ergänzung bereits bestehender Online-Meldesysteme wie IVENA (74) durch eine Windmühlen-Onlineplattform zur Darstellung und schnellen Übermittlung der Versorgungsqualität denkbar.

Liegt eine sogenannte „bedrohliche Lage“ wie ein Amoklauf oder ein Terroranschlag vor, ändert sich das Vorgehen der Einsatz- und Rettungskräfte. Die Sicherheit der Einsatzkräfte rückt in den Vordergrund. Aus taktischen Gründen wird in diesem Fall auf einen präklinischen Behandlungsplatz verzichtet. Stattdessen werden die Verletzten nach der Sichtung direkt in die Notaufnahmen umliegender Kliniken transportiert. (84) Die Windmühle für den Führungsstab einer „bedrohlichen Einsatzlage“ könnte die Flügel „Gefährdung“, „Sichtung“, „Transport“ und „Krankenhausaufnahme“ besitzen.

Durch den Krieg zwischen Russland und der Ukraine kommt es zu vielen Verletzten. Um eine Überlastung der Kliniken vor Ort zu verhindern, wird das im Zuge der SARS-CoV-2-Pandemie entwickelte Kleeblatt-Modell auch für die Verlegung von Kriegsverletzten aus überlasteten Krankenhäusern nach Deutschland eingesetzt. Über eine zentrale Stelle, das gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ), werden Verlegungen auf die fünf Kleeblatt-Regionen verteilt. In jedem Kleeblatt gibt es eine Koordinationsstelle, die die jeweilige Zielklinik des Transfers festlegt. (53,85) Das Windmühlen-Modell könnte hier einen genaueren Lageüberblick sowohl auf Ebene der fünf deutschen Koordinationsstellen als auch für das GMLZ gewähren. Eine mögliche Einteilung der Windmühle wäre „Erwachsenen-ITS“, „Erwachsenen-NST“, „Kinder-ITS“ und „Kinder-NST“. Da es sich bei den Verlegungen um planbare Ereignisse handelt und viele verschiedene Stellen an der Koordination beteiligt sind, wäre eine Online-Plattform mit Zugriff für alle Koordinierenden, ähnlich der Windmühlen-Plattform für Covid-19-Transfers, in diesem Fall eine hilfreiche Ergänzung.

Die oben beschriebenen Abwandlungen des Windmühlen-Modells sind in Abbildung 4-2 dargestellt.



#### 4.5 Skalierbare und multimodal anwendbare Lagedarstellung durch das Windmühlen-Modell

Das Windmühlen-Modell ist ein nützliches Werkzeug zur Lagedarstellung und Lagebewertung. Durch eine Abstraktion der Lagemeldungen erlaubt die Windmühle eine übersichtliche Abbildung der Versorgungsqualität und die Darstellung von Lageveränderungen im Rahmen dynamischer Schadensereignisse. Die einzigen Voraussetzungen für eine gemeinsame Verwendung des Windmühlen-Modells sind einheitliche Kriterien zur Einteilung der Versorgungsstufen und bestehende Führungsstrukturen (67,68).

Meldungen innerhalb des Windmühlen-Modells lassen sich zwischen den beteiligten Führungsebenen problemlos skalieren. Durch eine Zusammenfassung mehrerer Windmühlen einer untergeordneten Führungsebene kann die Lageübersicht für eine höhere Führungsebene vereinfacht werden. Ebenso lassen sich Lageübersichten in der Windmühle in die zugrunde liegenden Einzelmeldungen auflösen und so die Ursachen

möglicher Ressourcenengpässe nachvollziehen. Dabei kann jede Ebene der Führungsstruktur eigene, für sie relevante Kategorien, zur Unterteilung der Windmühlenflügel festlegen (siehe Abschnitt 4.4).

Durch die flexible Festlegung der Windmühlen-Kategorien ist das System in den verschiedensten Schadenslagen anwendbar und kann innerhalb kürzester Zeit an die Bedürfnisse des Führungspersonals angepasst werden. Für den überregionalen Einsatz des Windmühlen-Modells bietet sich eine Online-Plattform, wie sie im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie genutzt wird, an. Bei einem Ausfall der IT- oder Stromversorgung und im Rahmen von Ad-hoc-Einsätzen eignet sich das Windmühlen-Modell aufgrund seiner Übersichtlichkeit auch zur analogen Anwendung in Papierform.

#### **4.6 Limitationen dieser Arbeit**

Kernstück dieser Arbeit sind die über die Windmühlen-Onlineplattform erhobenen Daten zur Versorgungslage der vier Krankenhausbereiche in den sieben bayerischen Regierungsbezirken sowie zu den Interhospitaltransfers innerhalb Bayerns im Zeitraum vom 21. November 2021 bis zum 20. Februar 2022. Damit ist die Aussagekraft der Ergebnisse direkt abhängig von der Richtigkeit und der Vollständigkeit der durch die Bezirkskoordinatoren gemachten Angaben.

Die Lagemeldungen wurden im Untersuchungszeitraum täglich für den aktuellen Tag von den Bezirkskoordinatoren auf der Onlineplattform eingegeben. Fehlende Angaben sind bei Betrachtung der am Zeitstrahl aufgetragenen vorhandenen Daten wie beispielsweise in Abbildung 3-1 direkt ersichtlich. Die Anzahl an fehlenden Lagemeldungen kann so für jeden Regierungsbezirk ermittelt und die Nutzungshäufigkeit in den Bezirken so miteinander verglichen werden (siehe Tabelle 1). Im Gegensatz zu den Lagemeldungen wurden die Daten zu Interhospitaltransfers nur rückwirkend von den Bezirkskoordinatoren abgefragt. Um ein möglichst vollständiges Bild der innerbayerischen Verlegungen im Beobachtungszeitraum zu bekommen, wurden die Bezirkskoordinatoren angehalten sowohl die Zu- als auch die Abverlegungen ihres Regierungsbezirks anzugeben. Doppelt dokumentierte Patientenverlegungen wurden nur einmal in die Auswertung einbezogen. Trotz dieser Vorkehrungen besteht die Möglichkeit, dass einige Verlegungen in dieser Arbeit nicht erfasst wurden.

Im Untersuchungszeitraum wurde das Pandemiegeschehen von zwei Infektionswellen, ausgelöst durch die SARS-CoV-2-Subtypen Delta und Omikron, geprägt (32–35). Durch die Überlappung der beiden Infektionswellen zur Jahreswende 2021/22 und die

unterschiedliche Infektionskinetik der zwei SARS-CoV-2-Subtypen können die Zusammenhänge von 7-Tage-Inzidenzwert und Lagemeldungen in diesem Zeitraum verzerrt sein. Eine weitere mögliche Störvariable stellt die mehrwöchige Behandlungsdauer einer schweren Covid-Infektion (48,49) dar, da die Belastung der Krankenhäuser durch sinkende Inzidenzwerte erst mit zeitlicher Verzögerung abnimmt.

## 5 Zusammenfassung

Bei Großschadensereignissen oder Katastrophen arbeiten die Einsatzkräfte verschiedener Organisationen und Krankenhäuser zusammen, um die Schadenslage zu bewältigen. Für die Koordinierung dieser Einsätze benötigen die Führungskräfte ein möglichst genaues Bild der aktuellen Lage (4). Auch im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie war eine Übersicht über die Versorgungslage der Krankenhäuser erforderlich, um mögliche lokale Ressourcenengpässe frühzeitig zu erkennen und durch geeignete Maßnahmen zu beheben. Zu diesem Zweck wurde in Bayern im November 2021 das Windmühlen-Modell eingeführt. Basierend auf einer Online-Plattform meldeten die zuständigen Bezirkskoordinierenden der bayerischen Regierungsbezirke täglich die Versorgungslage ihrer Kliniken anhand der Komponenten Personal, Material und Raum. Außerdem gab es die Möglichkeit zur Dokumentation von Patientenverlegungen (67). Die über die Windmühlen-Onlineplattform gesammelten Lagemeldungen und dokumentierten Verlegungen des Zeitraums von 21. November 2021 bis 20. Februar 2022 wurden in der vorliegenden Arbeit detailliert aufbereitet. Zusätzlich wurden die erfassten Daten statistisch ausgewertet und mit den örtlichen 7-Tage-Inzidenzwerten des SARS-CoV-2-Virus verglichen.

Durch das Windmühlen-Modell konnten Unterschiede in der Versorgungslage zwischen den Regierungsbezirken sehr effektiv sichtbar gemacht werden. Insgesamt waren Intensivstationen deutlich stärker belastet als Normalstationen. Die Versorgungsqualität war in Covid-Bereichen stärker beeinträchtigt als auf Stationen ohne Covid-Patienten. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Windmühlen-Lagemeldungen nicht allein die regionalen Inzidenzwerte, sondern die tatsächliche Versorgungssituation vor Ort abbilden. Die dokumentierten Interhospitaltransfers erfolgten von Regionen mit hohen Inzidenzwerten und schlechter Ressourcenverfügbarkeit in Bezirke mit weniger kritischer Versorgungslage. Damit konnten aus den Windmühlen-Lagemeldungen auch konkrete Handlungskonsequenzen, wie strategische Patientenverlegungen, abgeleitet werden.

Lagemeldungen sind wichtig für die abgestimmte Zusammenarbeit verschiedener Stellen bei der Bewältigung einer Krise. Die etablierten Systeme zur Lageerfassung sind meist quantitativ ausgelegt und nur wenig skalierbar. Die Anwendung in einem neuen Kontext erfordert oft zeitaufwändige Anpassungen (63,74,75,79). Im Gegensatz dazu bietet das Windmühlen-Modell eine skalierbare, eher qualitativ ausgerichtete Lagedarstellung und ist aufgrund seines unkomplizierten Aufbaus innerhalb kürzester Zeit für eine Nutzung in verschiedensten Schadenslagen adaptierbar.



## 6 Literaturverzeichnis

1. World Health Organization. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. [zitiert 28. März 2022]. Verfügbar unter: <https://covid19.who.int>
2. Kippnich M, Kippnich U, Erhard H, Meybohm P, Wurmb T. Weiterentwicklung im Katastrophenschutz: Ziel, Strategie und Taktik am Beispiel der Hochwasserkatastrophe 2021 im Ahrtal: „Lessons learned“ aus Sicht der Medizinischen Task Force 47 (Unterfranken). Notfall Rettungsmed [Internet]. 11. November 2022 [zitiert 11. Dezember 2022]; Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/s10049-022-01089-7>
3. Patwary MM, Browning MHEM, Rodriguez-Morales AJ. War in the Time of COVID-19 Crisis: A Public Health Emergency in Ukraine. Prehosp Disaster med. August 2022;37(4):568–9.
4. Kippnich M, Meybohm P, Wurmb T. Präklinische und klinische Versorgungskonzepte in der Katastrophenmedizin. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. Februar 2021;56(02):111–23.
5. Wurmb T, Scholtes K, Kolibay F, Meybohm P, Kippnich M. Krankenhausalarm- und -einsatzplanung – Krisenvorbereitung und Krisenbewältigung. Notaufnahme up2date. Juli 2021;3(03):283–95.
6. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. BBK-Glossar [Internet]. BBK-Glossar. [zitiert 21. Februar 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/glossar\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/glossar_node.html)
7. Kippnich M, Kowalzik B, Cermak R, Kippnich U, Kranke P, Wurmb T. Katastrophen- und Zivilschutz in Deutschland. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. September 2017;52(09):606–17.
8. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Konzeption Zivile Verteidigung [Internet]. 2016 [zitiert 22. Februar 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_\\_Verschieben/Konzeption\\_Zivile\\_Verteidigung\\_KZV.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/__Verschieben/Konzeption_Zivile_Verteidigung_KZV.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
9. Kippnich M, Schmitz M, Schmidt J, Wurmb T. Massenansturm von Verbrennungspatienten. Notfall + Rettungsmedizin. 1. Juni 2019;22(4):284–90.
10. Scholz J, Sefrin P, Böttiger BW, Dörges V, Wenzel V, Herausgeber. Notfallmedizinische Begriffsdefinitionen. In: Notfallmedizin [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013 [zitiert 22. Februar 2022]. S. 46–9. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-001-2161>
11. Fischer P, Wafaisade A, Bail H, Domres B, Kabir K, Braun T. Civil protection and disaster medicine in Germany today. Langenbecks Arch Surg. April 2011;396(4):523–8.
12. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Das deutsche Bevölkerungsschutzsystem [Internet]. BBK. [zitiert 24. Februar 2022]. Verfügbar unter:

- [https://www.bbk.bund.de/DE/Das-BBK/Das-BBK-stellt-sich-vor/Das-deutsche-Bevoelkerungsschutzsystem/das-deutsche-bevoelkerungsschutzsystem\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Das-BBK/Das-BBK-stellt-sich-vor/Das-deutsche-Bevoelkerungsschutzsystem/das-deutsche-bevoelkerungsschutzsystem_node.html)
13. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Rahmenkonzept Medizinische Task Force (MTF) für die Aufstellung und den Einsatz der Medizinischen Task Force [Internet]. BBK. 2018 [zitiert 26. Februar 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/MTF/Literaturhinweise/Rahmenkonzept-MTF.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/MTF/Literaturhinweise/Rahmenkonzept-MTF.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
  14. Stratmann D. Strategien des Rettungsdienstes - Konsequenzen nach dem 11. September 2001. Notfall & Rettungsmedizin. 1. März 2003;6(2):102–6.
  15. Hecker N, Domres BD. The German emergency and disaster medicine and management system — history and present. Chinese Journal of Traumatology. April 2018;21(2):64–72.
  16. Schnelleinsatzgruppen - BRK [Internet]. Bayerisches Rotes Kreuz. [zitiert 25. Februar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.brk.de/bereitschaften/fachdienste-der-brk-bereitschaften/schnelleinsatzgruppen.html>
  17. Feuerwehrdienstvorschrift 100 - Führung und Leitung im Einsatz - Führungssystem [Internet]. 1999 [zitiert 7. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.gesetze-bayern.de/Content/Resource?path=resources%2fBayVwV96946\\_BayVV2153-I-223-A001.PDF](https://www.gesetze-bayern.de/Content/Resource?path=resources%2fBayVwV96946_BayVV2153-I-223-A001.PDF)
  18. Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Sport und Integration. Aufgaben und Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern [Internet]. stmi.bayern.de. [zitiert 3. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.stmi.bayern.de/sus/katastrophenschutz/katastrophenschutzsystem/aufgabenundorganisation/index.php>
  19. Schmöllner G, Hagen F. Sichtung und Vorsichtung bei Massenanfall von Verletzten und Erkrankten. retten! November 2017;6(05):372–81.
  20. Bail HJ, Kleber C, Haas NP, Fischer P, Mahlke L, Matthes G, u. a. Verteilungsplanung von Verletzten beim MANV oder Katastrophenfall: Strukturierung der Krankenhauskapazitäten am Beispiel des Katastrophennetzwerks der DGU. Unfallchirurg. Oktober 2009;112(10):870–7.
  21. Aniset L, Wulf H, Wranze E, Kill C. Medizinische Leitungsfunktionen im deutschen Rettungsdienst: Qualifikationsanforderungen an Leitende Notärzte und Ärztliche Leiter Rettungsdienst in den einzelnen Bundesländern. Notfall Rettungsmed. August 2011;14(5):399–408.
  22. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Krankenhausalarm- und -einsatzplanung (KAEP) [Internet]. BBK. [zitiert 11. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Gesundheitlicher-Bevoelkerungsschutz/Krankenhausalarmplanung/krankenhausalarmplanung\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Gesundheitlicher-Bevoelkerungsschutz/Krankenhausalarmplanung/krankenhausalarmplanung_node.html)
  23. Adams HA, Flemming A, Krettek C, Koppert W. Der Notfallplan des Krankenhauses. Med Klin Intensivmed Notfmed. Februar 2015;110(1):37–48.

24. Sefrin P, Kuhnigk H. Großschadensereignisse - Behandlungskapazitäten und Zuweisungsstrategien. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* März 2008;43(3):232–5.
25. Wurmb T, Scholtes K, Kolibay F, Rechenbach P, Vogel U, Kowalzik B. Alarm- und Einsatzplanung im Krankenhaus: Vorbereitung auf Großschadenslagen. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* September 2017;52(09):594–605.
26. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Gesundheit [Internet]. BBK. [zitiert 11. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-Branchen/Gesundheit/gesundheit\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-Branchen/Gesundheit/gesundheit_node.html)
27. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Herausgeber. Handbuch Krankenhausalarm- und -einsatzplanung (KAEP). November 2020;176.
28. Lu H, Stratton CW, Tang Y. Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle. *J Med Virol.* April 2020;92(4):401–2.
29. WHO Europa. Ausbruch der Coronavirus-Krankheit (COVID-19) - Das Virus [Internet]. Weltgesundheitsorganisation Regionalbüro für Europa. [zitiert 17. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.euro.who.int/de/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/novel-coronavirus-2019-ncov>
30. Nacoti M, Ciocca A, Giupponi A, Brambillasca P, Lussana F, Pisano M, u. a. At the epicenter of COVID-19 pandemic and humanitarian crisis in Italy: Changing perspectives on preparation and mitigation. *NEJM Catalyst* [Internet]. 21. März 2020; Verfügbar unter: <https://catalyst.nejm.org/doi/pdf/10.1056/CAT.20.0080>
31. Elke B, Juliane W, Helene E, Ulrike N, Dimitra P, Christoph R, u. a. A country-level analysis comparing hospital capacity and utilisation during the first COVID-19 wave across Europe. *Health Policy.* Dezember 2021;S0168851021002906.
32. Chronik zum Coronavirus SARS-CoV-2 [Internet]. Bundesministerium für Gesundheit. [zitiert 17. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html?stand=20210217%2F&cHash=876e476f5233719c5ca7f819cc23f6f0>
33. Robert Koch-Institut. Täglich gemeldete Neuinfektionen und Todesfälle mit dem Coronavirus (COVID-19) in Deutschland seit Januar 2020 (Stand: 17. März 2022) [Internet]. Statista. [zitiert 18. März 2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1100739/umfrage/entwicklung-der-taeglichen-fallzahl-des-coronavirus-in-deutschland/>
34. Robert Koch-Institut. Anzahl Infektionen mit dem Coronavirus (COVID-19), Hospitalisierungen und Todesfälle\* in Deutschland nach Meldewoche (Stand: 16. März 2022) [Internet]. Statista. [zitiert 18. März 2022]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1190592/umfrage/coronainfektionen-und-hospitalisierte-faelle-in-deutschland-nach-meldewoche/>
35. Jungbauer A, Kleinhenz A, Schmitt S. Corona in Grafiken: So hat sich das Virus in

- Unterfranken bereits verbreitet. mainpost.de [Internet]. 7. März 2022 [zitiert 16. März 2022]; Verfügbar unter: <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/corona-in-grafiken-so-hat-sich-das-virus-in-unterfranken-bereits-verbreitet-art-10742696>
36. Robert Koch-Institut: COVID-19-Dashboard [Internet]. [zitiert 18. März 2022]. Verfügbar unter: <https://experience.arcgis.com/experience/478220a4c454480e823b17327b2bf1d4/page/Landkreis/>
  37. Goyal P, Choi JJ, Pinheiro LC, Schenck EJ, Chen R, Jabri A, u. a. Clinical Characteristics of Covid-19 in New York City. *N Engl J Med*. 11. Juni 2020;382(24):2372–4.
  38. Schreiber W, Wolf P, Bigalke N, Bigalke MU, Graf BM, Dittmar MS. Managementstrategie für den Massenanfall von Erkrankten/Infizierten in Alten- und Pflegeheimen im Kontext der COVID-19-Pandemie. *Med Klin Intensivmed Notfmed* [Internet]. 20. April 2021 [zitiert 21. Januar 2022]; Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/s00063-021-00816-1>
  39. Gauss T, Pasquier P, Joannes-Boyau O, Constantin JM, Langeron O, Bouzat P, u. a. Preliminary pragmatic lessons from the SARS-CoV-2 pandemic in France. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*. Juni 2020;39(3):329–32.
  40. Bollinger T, Rupprecht T, Schmitt F, Raab HR. SARS-CoV-2-Ausbruch: Wenn Maximalversorger maximal betroffen sind. *Deutsches Ärzteblatt*. 2021;118(14):A 709-12.
  41. tagesschau.de. Einigung auf umfassendes Kontaktverbot [Internet]. tagesschau.de. [zitiert 20. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/inland/kontaktverbot-coronavirus-101.html>
  42. tagesschau.de. Chronik zu Corona: Ein Virus verändert die gesamte Welt [Internet]. tagesschau.de. [zitiert 17. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/faktenfinder/hintergrund/corona-chronik-pandemie-103.html>
  43. Bundesministerium für Gesundheit. Nationale Teststrategie SARS-CoV-2 [Internet]. [zitiert 20. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3\\_Downloads/C/Coronavirus/Teststrategie/NationaleTeststrategie\\_Schaubild.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/C/Coronavirus/Teststrategie/NationaleTeststrategie_Schaubild.pdf)
  44. Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege. Isolation und Quarantäne - Zeiträume, Entlasskriterien, Ausnahmen (Stand: 24.01.2022) [Internet]. [zitiert 20. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.stmgp.bayern.de/wp-content/uploads/2022/03/isolation\\_quarantaene.png](https://www.stmgp.bayern.de/wp-content/uploads/2022/03/isolation_quarantaene.png)
  45. Bundesministerium für Gesundheit. Die Nationale Impfstrategie [Internet]. Zusammen gegen Corona. [zitiert 20. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.zusammengegencorona.de/impfen/basiswissen-zum-impfen/die-nationale-impfstrategie/>
  46. Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, u. a. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus–Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 17. März 2020;323(11):1061.

47. Kluge S, Malin JJ, Fichtner F, Müller OJ, Skoetz N, Karagiannidis C. Recommendations on the in-hospital treatment of patients with COVID-19. *Deutsches Ärzteblatt international* [Internet]. 17. Dezember 2021 [zitiert 21. März 2022]; Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.m2021.0374>
48. Herrmann J, Adam EH, Notz Q, Helmer P, Sonntagbauer M, Ungemach-Papenberg P, u. a. COVID-19 Induced Acute Respiratory Distress Syndrome—A Multicenter Observational Study. *Front Med.* 18. Dezember 2020;7:599533.
49. Römmele C, Neidel T, Heins J, Heider S, Otten V, Ebigbo A, u. a. Bettenkapazitätssteuerung in Zeiten der COVID-19-Pandemie: Eine simulationsbasierte Prognose der Normal- und Intensivstationsbetten anhand der deskriptiven Daten des Universitätsklinikums Augsburg. *Anaesthesist.* Oktober 2020;69(10):717–25.
50. Bundesministerium für Gesundheit. Formulierungshilfe für die Koalitionsfraktionen für einen aus der Mitte des Deutschen Bundestages einzubringenden Entwurf eines Gesetzes zum Ausgleich COVID-19 bedingter finanzieller Belastungen der Krankenhäuser und weiterer Gesundheitseinrichtungen (COVID-19-Krankenhausentlastungsgesetz) [Internet]. 2020 [zitiert 23. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3\\_Downloads/Gesetze\\_und\\_Verordnungen/GuV/C/Entwurf\\_COVID-19-Krankenhausentlastungsgesetz.pdf](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/GuV/C/Entwurf_COVID-19-Krankenhausentlastungsgesetz.pdf)
51. Schopow N, Osterhoff G, von Dercks N, Girrbach F, Josten C, Stehr S, u. a. Central COVID-19 Coordination Centers in Germany: Description, Economic Evaluation, and Systematic Review. *JMIR Public Health Surveill.* 18. November 2021;7(11):e33509.
52. Pfenninger EG, Naser J, Träger K, Dennler U, Jungwirth B, Schindler S, u. a. Die Pandemie bewältigen – Verlegungskonzept von COVID-19-Intensivpatienten und Non-COVID-19-Intensivpatienten in Baden-Württemberg. *Anaesthesist.* November 2021;70(11):951–61.
53. Was ist das Kleeblattkonzept? [Internet]. BBK. [zitiert 23. März 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Fokusthemen/Corona-Pandemie/Kleeblattkonzept/Was-ist-Kleeblattkonzept/was-ist-kleeblattkonzept\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Fokusthemen/Corona-Pandemie/Kleeblattkonzept/Was-ist-Kleeblattkonzept/was-ist-kleeblattkonzept_node.html)
54. Marckmann G, Neitzke G, Schildmann J, Michalsen A, Dutzmann J, Hartog C, u. a. Entscheidungen über die Zuteilung intensivmedizinischer Ressourcen im Kontext der COVID-19-Pandemie (Version 3): Klinisch-ethische Empfehlungen der DIVI, der DGINA, der DGAI, der DGIIN, der DGNI, der DGP, der DGP und der AEM. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* September 2020;115(6):477–85.
55. Dittmar MS, Altmeppen J, Bigalke MU, Niedermirtl F, Zimmermann M. Der Ärztliche Leiter Führungsgruppe Katastrophenschutz als zentrale Entscheidungsinstanz bei der Steuerung regionaler Krankenhauskapazitäten in der Pandemie: Ein Erfahrungsbericht zur ersten Welle der COVID-19-Pandemie in einem bayerischen Regierungsbezirk. *Anaesthesist.* Juli 2021;70(7):582–97.
56. Wurmb T, Scholtes K, Kolibay F, Schorscher N, Ertl G, Ernestus RI, u. a. Hospital preparedness for mass critical care during SARS-CoV-2 pandemic. *Crit Care.* Dezember

- 2020;24(1):386.
57. Wichmann D, Matthews H, Nentwich MF, Schmiedel S, Kluge S. Intensivmedizinisches Back-up bei infektiologischen Katastrophen. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. November 2020;115(8):641–8.
  58. Lotz C, Notz Q, Kranke P, Kredel M, Meybohm P. Unconventional approaches to mechanical ventilation—step-by-step through the COVID-19 crisis. *Crit Care*. Dezember 2020;24(1):233, s13054-020-02954-y.
  59. Notz Q, Herrmann J, Stumpner J, Schmid B, Schlesinger T, Kredel M, u. a. Anästhesie- und Intensivbeatmungsgeräte: Unterschiede und Nutzbarkeit bei COVID-19-Patienten. *Anaesthesist*. Mai 2020;69(5):316–22.
  60. Köppen J, Hartl K, Maier CB. Health workforce response to Covid-19: What pandemic preparedness planning and action at the federal and state levels in Germany?: Germany's health workforce responses to Covid-19. *Int J Health Plann Mgmt*. Mai 2021;36(S1):71–91.
  61. Mihatsch L, von der Linde M, Knolle F, Luchting B, Dimitriadis K, Heyn J. Survey of German medical students during the COVID-19 pandemic: attitudes toward volunteering versus compulsory service and associated factors. *J Med Ethics*. 21. Mai 2021;medethics-2020-107202.
  62. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin, Robert Koch-Institut, Deutsche Krankenhaus Gesellschaft. Pressemeldung: Corona-Pandemie: Website zur deutschlandweiten Abfrage freier Beatmungsplätze startet heute [Internet]. 2020 [zitiert 28. März 2022]. Verfügbar unter: <https://www.divi.de/images/Dokumente/200317-divi-rki-dkg-pressemeldung-divi-intensivregister.pdf>
  63. DIVI Intensivregister [Internet]. [zitiert 26. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.intensivregister.de/#/index>
  64. IVENA eHealth - Modul „Sonderlage“ [Internet]. [zitiert 26. Januar 2022]. Verfügbar unter: [http://www.ivena.de/page.php?view=&lang=1&si=61f10d0237bec&k1=main&k2=covid\\_19&k3=&k4=](http://www.ivena.de/page.php?view=&lang=1&si=61f10d0237bec&k1=main&k2=covid_19&k3=&k4=)
  65. Hick JL, Barbera JA, Kelen GD. Refining Surge Capacity: Conventional, Contingency, and Crisis Capacity. *Disaster med public health prep*. Juni 2009;3(S1):S59–67.
  66. Hick JL, Einav S, Hanfling D, Kissoon N, Dichter JR, Devereaux AV, u. a. Surge Capacity Principles. *Chest*. Oktober 2014;146(4):e1S-e16S.
  67. Wurmb T, Hahn N, Leßnau P, Meybohm P, Kraus M. COVID-19-Pandemie: Führung in Krisensituationen mithilfe des Windmühlenmodells. *Dtsch Arztebl*. 21. Januar 2022;119(3):A 64-68.
  68. Wurmb T, Ertl G, Ernestus RI, Meybohm P. Command and control in hospitals during SARS-CoV-2 pandemic: The windmill model of disaster response. *JEM*. 10. Dezember 2020;18(7):19–22.
  69. Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am

- 31.12.2020 [Internet]. Statistisches Bundesamt. [zitiert 30. Juni 2022]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/04-kreise.html>
70. Bayern - kostenlose hochauflösende Umrisskarte [Internet]. d-maps.com - kostenlose Karten. [zitiert 22. April 2022]. Verfügbar unter: [https://d-maps.com/carte.php?num\\_car=23843&lang=de](https://d-maps.com/carte.php?num_car=23843&lang=de)
71. 92 Tage Katastrophenfall – Corona-Pandemie in Bayern [Internet]. 2020 [zitiert 21. Februar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=TNYURtGzRGM>
72. Dr. Markus Söder, MdL. Blocken, Bremsen, Boostern - Bayerns Corona-Paket gegen die 4. Welle [Internet]. Regierungserklärung gehalten auf der; 2021 Nov 23 [zitiert 17. Dezember 2022]; Bayerischer Landtag. Verfügbar unter: <https://www.bayern.de/blocken-bremsen-boosternbayerns-corona-paket-gegen-die-4-welle/>
73. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Lagebild [Internet]. BBK. [zitiert 27. August 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Krisenmanagement/Lagebild/lagebild\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Krisenmanagement/Lagebild/lagebild_node.html)
74. IVENA eHealth - Über IVENA eHealth [Internet]. [zitiert 26. Januar 2022]. Verfügbar unter: <http://www.ivena.de/page.php?view=&lang=1&si=61ee7cdc45e05&k1=main&k2=ueber&k3=&k4=>
75. Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen. Das Lagedarstellungssystem NRW - Ein Führungsmittel zur einheitlichen Lagedarstellung [Internet]. IdF - Katastrophenschutz im Lande Nordrhein-Westfalen. [zitiert 27. August 2022]. Verfügbar unter: [https://www.idf.nrw.de/service/downloads/downloads\\_lagedarstellungssystem\\_nrw.php](https://www.idf.nrw.de/service/downloads/downloads_lagedarstellungssystem_nrw.php)
76. Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB. Elektronische Lagedarstellung Bevölkerungsschutz (ELD-BS) - Fraunhofer IOSB [Internet]. Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB. [zitiert 27. August 2022]. Verfügbar unter: <https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/elektronische-lagedarstellung-bevoelkerungsschutz.html>
77. Wiegand G. Optimierung der Rettungskette durch IVENA eHealth. eHealth Compass - Vernetzte Medizintechnik. (Herbst 2013):15–7.
78. Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen. Einführung in das taktische Arbeitsblatt. Verfügbar unter: [https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/lagedarstellungssystem\\_nrw/einfuehrung\\_in\\_das\\_taktische\\_arbeitsblatt\\_v1.pdf](https://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/lagedarstellungssystem_nrw/einfuehrung_in_das_taktische_arbeitsblatt_v1.pdf)
79. Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie. Elektronische Lagedarstellung Bevölkerungsschutz [Internet]. Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie. [zitiert 27. August 2022]. Verfügbar unter: <https://www.iuk.fraunhofer.de/de/themen/loesungen-und-kompetenzen-zur-bewaeltigung-der-corona-krise/eld-bs.html>
80. Ärzteblatt DÄG Redaktion Deutsches. DIVI startet Intensivregister zur Abfrage freier Beatmungsplätze in... [Internet]. Deutsches Ärzteblatt. 2020 [zitiert 25. März 2022].

Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/111136/DIVI-startet-Intensivregister-zur-Abfrage-freier-Beatmungsplaetze-in-Kliniken>

81. DIVI Intensivregister FAQ [Internet]. [zitiert 26. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.intensivregister.de/#/faq>
82. Fraunhofer IUK-Technologie. Corona-Management per Map und Touch - Elektronische Lagedarstellung erleichtert Abstimmung im Bevölkerungsschutz [Internet]. Fraunhofer-Innovisions. [zitiert 27. August 2022]. Verfügbar unter: <https://www.fraunhofer-innovisions.de/oeffentliche-sicherheit/corona-management-per-map-und-touch/>
83. Würzburg U. Ad-hoc-Projekt CODEX+ Monitor zur Pandemiesteuerung [Internet]. Uniklinikum Würzburg - Pressemitteilungen. 2022 [zitiert 20. August 2022]. Verfügbar unter: <https://www.ukw.de/presse/pressemitteilungen/detail/news/ad-hoc-projekt-codex-monitor-zur-pandemiesteuerung/>
84. Hossfeld B, Wurmb T, Josse F, Helm M. Massenanfall von Verletzten – Besonderheiten von „bedrohlichen Lagen“. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* September 2017;52(09):618–29.
85. Kleeblattkonzept [Internet]. BBK. [zitiert 28. Januar 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Fokusthemen/Corona-Pandemie/Kleeblattkonzept/kleeblattkonzept\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Fokusthemen/Corona-Pandemie/Kleeblattkonzept/kleeblattkonzept_node.html)

# Appendix

## I. Abkürzungsverzeichnis

$\eta^2$	Eta-Quadrat
ÄLKHK	Ärztliche Leitung Krankenhauskoordinierung
ANOVA	analysis of variance
AVBayRDG	Ausführungsverordnung des Bayerischen Rettungsdienstgesetzes
BayKSG	Bayerisches Katastrophenschutzgesetz
BayRDG	Bayerisches Rettungsdienstgesetz
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMI	Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat
CBRN	chemisch, biologisch, radionukleär
CODEX+	collaborative data exchange
Covid-19	coronavirus disease 2019
CSV	comma separated values
DIVI	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
ECMO	extrakorporale Membran-Oxygenierung
ELD-BS	Elektronische Lagedarstellung Bevölkerungsschutz
FüGK	Führungsgruppe Katastrophenschutz
FwDV 100	Feuerwehrdienstvorschrift 100 „Führung und Leitung im Einsatz“
GMLZ	gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IMC	Intermediate Care
IT	Informationstechnologie
ITS	Intensivstation
IVENA	Interdisziplinärer Versorgungsnachweis
KAEP	Krankenhausalarm- und -einsatzplanung
KEL	Krankenhauseinsatzleitung
KonTraG	Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
LNA	Leitender Notarzt
MANV	Massenanfall von Verletzten
$M_{\text{Rang}}$	mittlere Rangsumme
MTF	medizinische Task Force
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NRW	Nordrhein-Westfalen
NST	Normalstation
ÖEL	Örtliche Einsatzleitung
opEL	operative Krankenhauseinsatzleitung
OrgL	Organisatorische Leitung
RKI	Robert Koch Institut
RTW	Rettungstransportwagen
S1	Sachgebiet eins
SanEL	Sanitätseinsatzleitung
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Typ 2
SEG	Schnelleinsatzgruppe
THW	Technisches Hilfswerk
UKW	Universitätsklinikum Würzburg
WHO	Weltgesundheitsorganisation
ZSKG	Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes

## II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Hierarchie und Aufgaben der Führungsstrukturen im <b>Katastrophenschutz.</b> ....	5
Abbildung 1-2: <b>SARS-CoV-2-Pandemie in Deutschland 2020 – 2022.</b> ....	12
Abbildung 1-3: <b>Windmühlen-Graphiken.</b> ....	19
Abbildung 2-1: <b>Führungshierarchie in Bayern im Rahmen der SARS-CoV-2- Pandemie</b> .....	22
Abbildung 2-2: <b>Legende der Windmühlen-Onlineplattform.</b> .....	22
Abbildung 2-3: <b>Exemplarische Darstellung einer Dateneingabe im Windmühlenmodell.</b> .....	24
Abbildung 2-4: <b>Exemplarische Darstellung der Eingabe von Interhospitaltransfers.</b> .....	26
Abbildung 2-5: <b>Zusammensetzung des Datensatzes zu Interhospitaltransporten.</b> .....	27
Abbildung 3-1: <b>Graphische Darstellung des Versorgungslevels in den bayerischen Krankenhäusern sortiert nach Regierungsbezirken.</b> .....	36
Abbildung 3-2: <b>Gesamtlage der bayerischen Regierungsbezirke anhand des Windmühlenmodells.</b> .....	37
Abbildung 3-3: <b>Graphische Darstellung des Versorgungslevels in den bayerischen Krankenhäusern sortiert nach Versorgungsbereichen.</b> .....	40
Abbildung 3-4: <b>Streuung der 7-Tage-Inzidenzwerte in den bayerischen Regierungsbezirken.</b> .....	43
Abbildung 3-5: <b>7-Tage-SARS-CoV-2-Inzidenzwerte der bayerischen Regierungsbezirke.</b> .....	44
Abbildung 3-6: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Gesamtlagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).</b> .....	45
Abbildung 3-7: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Gesamtlagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).</b> .....	46
Abbildung 3-8: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Covid- ITS-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).</b> .....	47
Abbildung 3-9: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Covid- ITS-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).</b> .....	48
Abbildung 3-10: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Non- Covid-ITS-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).</b> .....	49

Abbildung 3-11: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Non-Covid-ITS-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).</b> .....	50
Abbildung 3-12: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Covid-NST-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).</b> .....	51
Abbildung 3-13: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Covid-NST-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).</b> .....	52
Abbildung 3-14: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Non-Covid-NST-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2021).</b> .....	53
Abbildung 3-15: <b>Statistische Auswertung des Zusammenhangs von Non-Covid-NST-Lagemeldungen und 7-Tages-Inzidenzwert (2022).</b> .....	54
Abbildung 3-16: <b>Darstellung der Interhospitaltransfers in Bayern im Zeitraum vom 21. November 2021 bis 20. Februar 2022.</b> .....	55
Abbildung 3-17: <b>Zeitliche Verteilung der Interhospitaltransfers im Untersuchungszeitraum.</b> .....	56
<i>Abbildung 3-18: Darstellung der jeweiligen Lagemeldungen von Start- und Zielregion bei Interhospitaltransfers.</i> .....	58
Abbildung 3-19: <b>Exemplarische Darstellung der Interhospitaltransporte in Bayern.</b> .....	58
Abbildung 3-20: <b>Vergleich der SARS-CoV-2-Inzidenzwerte der Ausgangs- und Zielbezirke von Interhospitaltransfers.</b> .....	59
Abbildung 4-1: <b>SARS-CoV-2-Pandemie in Bayern.</b> .....	63
Abbildung 4-2: <b>Exemplarische weitere Nutzungsmöglichkeiten des Windmühlen-Modells.</b> .....	70



### III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: <b>Nutzungshäufigkeit des Windmühlenmodells</b> .....	34
Tabelle 2: <b>Gesamtlage der Krankenhausversorgung in den Regierungsbezirken Bayerns</b> .....	35
Tabelle 3: <b>Unterschiede der Gesamtlagemeldungen der Regierungsbezirke (Ergebnisübersicht des Dunn-Bonferroni-post-hoc-Tests)</b> .....	38
Tabelle 4: <b>Versorgungslage des Windmühlenflügels Covid-ITS</b> .....	41
Tabelle 5: <b>Versorgungslage des Windmühlenflügels Non-Covid-ITS</b> .....	41
Tabelle 6: <b>Versorgungslage des Windmühlenflügels Covid-NST</b> .....	41
Tabelle 7: <b>Versorgungslage des Windmühlenflügels Non-Covid-NST</b> .....	42
Tabelle 8: <b>Vergleich der mittleren 7-Tage-Inzidenzwerte</b> .....	43
Tabelle 9: <b>Anzahl der Interhospitaltransfers zwischen den bayerischen Regierungsbezirken</b> .....	55
Tabelle 10: <b>Charakteristika der Verlegungspatienten</b> .....	56
Tabelle 11: <b>Ausgangslage der Startregionen bei Interhospitaltransfers</b> .....	57
Tabelle 12: <b>Lage der Zielregion von Interhospitaltransfers in Abhängigkeit von der Lage der Startregion</b> .....	57
Tabelle 13: <b>Gegenüberstellung verschiedener Systeme der Lagedarstellung in Krankenhäusern</b> .....	67



#### **IV. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich auf dem Weg zur Dissertation unterstützt und begleitet haben.

Für die Möglichkeit zur Promotion an der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikums Würzburg möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Patrick Meybohm bedanken.

Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. med. Thomas Wurmb herzlich für die Bereitstellung des Promotionsthemas, den Zugang zur Windmühlen-Onlineplattform und zu den gesammelten Daten, für die gute Betreuung und für das mir entgegengebrachte Vertrauen.

Mein besonderer Dank gilt zudem Herrn Dr. med. Maximilian Kippnich für die Einführung in das wissenschaftliche Schreiben, für seine wertvollen Anmerkungen im Schreibe- und Korrekturprozess dieser Arbeit und für seine ständige Erreichbarkeit und Hilfsbereitschaft.

Bei Frau Viktoria Rücker bedanke ich mich für ihre kompetente und freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung meiner Ergebnisse.

Maximilian Dümpert möchte ich für das Korrekturlesen dieser Arbeit und sein hilfreiches Feedback danken.

Meinen Eltern Petra und Hermann Klüpfel danke ich von ganzem Herzen für ihre bedingungslose Unterstützung während meines Studiums und der Arbeit an dieser Dissertation.



## V. Eigene Veröffentlichungen und Kongressvorträge

### i. Publierte Abstracts

**Klüpfel M**, Kippnich M, Hahn N, Leßnau P, Kraus M, Meybohm P, Wurmb T. Lagedarstellung und -bewertung durch den Einsatz des Windmühlenmodells – Einführung und Nutzung im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie. *Anästh Intensivmed.* Februar 2023; 64(Suppl3): S68.

Kippnich M, **Klüpfel M**, Kippnich U, Erhard H, Meier F, Meybohm P, Wurmb T. Moderne Einsatzmittel im medizinischen Katastrophenschutz – Ergebnisse einer Umfrage im Bayerischen Roten Kreuz in Unterfranken. *Anästh Intensivmed.* Februar 2023; 64(Suppl3): S69.

### ii. Kongressvorträge

**Klüpfel M**, Kippnich M, Hahn N, Leßnau P, Kraus M, Meybohm P, Wurmb T. Lagedarstellung und -bewertung durch den Einsatz des Windmühlenmodells – Einführung und Nutzung im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie. 19. Wissenschaftliche Arbeitstage Notfallmedizin des Arbeitskreises Notfallmedizin der DGAI, 05.-06.02.2023, Kiel, Deutschland.

Kippnich M, **Klüpfel M**, Kippnich U, Erhard H, Meier F, Meybohm P, Wurmb T. Moderne Einsatzmittel im medizinischen Katastrophenschutz – Ergebnisse einer Umfrage im Bayerischen Roten Kreuz in Unterfranken. 19. Wissenschaftliche Arbeitstage Notfallmedizin des Arbeitskreises Notfallmedizin der DGAI, 05.-06.02.2023, Kiel, Deutschland.