

FACHBEREICH GEOWISSENSCHAFTEN

INSTITUT FÜR METEOROLOGIE

Biosynoptische Auswertung der Zyklogenese  
*(Fallstudie: Hauptschlagader)*

Bachelorarbeit von Michael Wolter

Gutachter:

Prof. Dr. Sahar Sodoudi

Dr. Ines Langer

Berlin, 23.09.2013

## Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wird der Einfluss des Wetters auf Aortendissektionen im Berliner Stadtgebiet untersucht. Dazu wurden die Daten des Deutschen Herzzentrum Berlin der Jahre 1986 bis 2012 mit einem Patientenkollektiv von 899 Fällen bezüglich des Tölzer Wetterschemas ausgewertet. Das Königstein/Tölzer Schema unterteilt eine Idealzyklone in 10 Phasen, welche sich untereinander in ihren Wetterparametern und -phänomenen unterscheiden. Die Auswertung dieser Idealzyklone erfolgte objektiv anhand der 13 Uhr Bodenwetterkarte der Berliner Wetterkarte. Die 13 Uhr Wetterkarte wurde verwendet, da nur einmal am Tag diese Karte gezeichnet wird. Mithilfe dieser definierten Wetterphasen nach dem Königstein/Tölzer Schema ergibt sich, dass für den Berliner Raum über die untersuchten 26 Jahre ein statistischer Zusammenhang zum Wetter besteht. In der Summe stellt das Tiefdruckgebiet den größeren Anteil an erhöhter Biotropie.

Die Auswertung der prozentualen Verteilung der Krankheitsfälle zum prozentualen Auftreten der Wetterphasen erfolgt Jahresweise und saisonal. In der Jahresbetrachtung findet sich eine erhöhte Biotropie direkt hinter dem Hochdruckzentrum, sowie im Bereich des Tiefdruckzentrums nach der Warmfront und vor der Kaltfront. Verminderte Biotropie ist dagegen in den Bereichen zwischen den Druckzentren zu finden. Der Frühling, der Herbst und der Winter variieren unterschiedlich bezüglich der Wetterphasen, zu erkennen ist aber nach wie vor ein typischer 2 Phasenverlauf, mit jeweils einem Maximum im Hochdruckgebiet und einem im Tiefdruckgebiet. Im Sommer zeigt nur in der Phase des unmittelbaren Tiefdruckzentrums einen Zusammenhang mit Aortendissektionsfällen. Die stärksten Wetterphasendifferenzen zwischen erhöhter und verminderter Biotropie finden im Herbst zwischen dem Aufgleitprozess der nahenden Warmfront und dem Okklusionsdurchgang statt. Ein erhöhtes Aufkommen an Aortendissektionen wurde demnach in den kalten und wechselhaften Jahreszeiten vor allem im Herbst, aber auch im Winter und Frühling, im Bereich der Druckzentren, festgestellt.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Biometeorologie.....	5
1.2	Aortendissektion.....	6
1.2.1	Die Aorta .....	6
1.2.2	Aortendissektion .....	7
1.3	Stand der Forschung.....	8
1.3.1	Literaturübersicht.....	8
2	Verwendeter Datensatz.....	10
3	Meteorologische Methode der Datenauswertung -Wetterklassifizierung Tölzer und Königsteiner Schema.....	14
3.1	Klassifikation des Wetters .....	14
3.2	Königstein-Tölzer-Schema.....	14
3.3	Wetterphasen des Tölzer Schemas.....	15
4	Durchführung der Auswertung.....	18
5	Auswertung.....	19
5.1	Ergebnisse der Aortendissektionsfälle in Zusammenhang mit dem Tölzer-Schema.....	19
5.2	Saisonale Trennung der klimatischen Analyse nach dem Tölzer Schema.....	21
5.2.1	Fallzahlen Aortendissektionen nach dem Tölzer Schema.....	22
5.2.2	Verhältnis der Aortendissektionen zum Phasenaufkommen des Tölzer Schema im Berliner Raum.....	23
5.2.3	Saisonales Verhältnis der Aortendissektionen zum Phasenaufkommen des Tölzer Schema im Berliner Raum.....	25
5.3	Statistische Auswertung.....	27
5.4	Fehlerabschätzung.....	30
6	Zusammenfassung.....	31
7	Ausblick.....	32
8	Danksagung.....	33
9	Literatur.....	34

## 1 Einleitung

Die Aortendissektion ist eine akute und lebensbedrohliche Erkrankung. Eine Dissektion der Aorta entsteht, wenn die Gefäßwand einreißt und Blut in die Wandzwischenräume gelangt. Durchschnittlich wird diese plötzlich auftretende Krankheit mit 5-15 pro 100.000 Einwohnern pro Jahr angegeben [Kuhnt, 2009]. Sie ist die 13. häufigste Todesursache der über 65 Jährigen und wird durch Bluthochdruck, erblich bedingte Bindegewebserkrankungen wie dem Marfan-Syndrom oder Gefäßerkrankungen begünstigt [Rehders et al., 2006]. Mit dem technische Fortschritt und der damit verbunden besseren Diagnose der Aortendissektion wächst auch das Bestreben nach einem schnelleren Management des Diagnoseverfahrens und somit zu einer lebenserhaltenden Maßnahme.

Der Bereich der Biometeorologie und hier gerade die Öffentlichkeit und auch die Medien stellen ein enormes Interesse an medizin-meteorologischen Informationen. In Deutschland werden vom Deutschen Wetterdienst ([www.dwd.de](http://www.dwd.de)) Warnungen sowie biometeorologische Hinweise erstellt, um die Bevölkerungen vor entsprechenden potentiellen gefährlichen Wettersituationen zu informieren. Dazu zählen u.a. Hitzewarnungen sowie UV-Vorhersagen und Pollenflugvorhersagen, so geben z.B. Bioklimakarten (Abb. 1) einen Hinweis über die Häufigkeit der Wärmebelastung im Sommerhalbjahr, die trotz angepasster Bekleidung zu erwarten sind, überlagert mit der Häufigkeit von Kältereizen im Winterhalbjahr. Die Abb.1 zeigt sehr gut die häufige Wärmebelastung westlich des Schwarzwaldes, entlang des Rheins bis Karlsruhe. Das Berliner Stadtgebiet befindet sich im Gebiet der gelegentlichen Wärmebelastung und des Kältereizes. Die Stadt Berlin liegt in der gemäßigten Klimazone und wird bestimmt durch eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 591mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,5°C, wobei es im langjährigen Mittel im Jahr 42,6 Sommertage und 9 heiße Tage gibt, sowie 78,5 Frosttage und 20,8 Eistage. Die durchschnittliche Jahressonnenscheindauer beträgt 1726 Stunden, der Wind weht am häufigsten aus West (21%) und Südwest (16%), am seltensten aus Nord und Nordost. [DWD Klimadaten Deutschland 1981-2010, Berlin Dahlem].

Die Idee dieser Bachelorarbeit entstand durch eine Anfrage des Deutschen Herzzentrum (Herrn PD. Dr. Knosalla) an das Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin. Demzufolge sind den dortigen behandelnden Ärzten subjektiv Häufungen von Aortendissektion bei bestimmten Wettersituationen aufgefallen. Somit ergab sich die Grundlage für diese Bachelorarbeit die sich mit der objektiven Untersuchung der Wetterlage in Abhängigkeit der Aortendissektion für das Berliner Stadtgebiet beschäftigt. Dabei wurde das Tölzer Wetterschema zur Auswertung des Wetters verwendet.

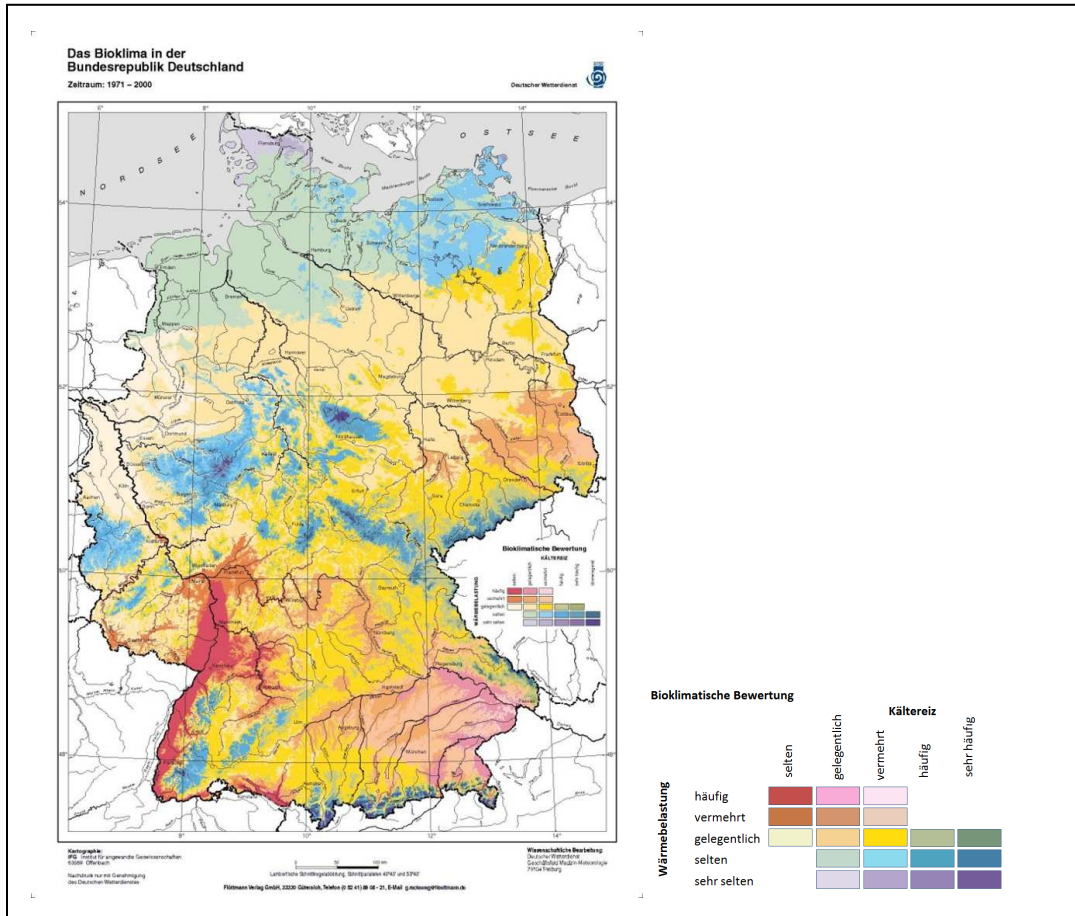


Abb.1 Bioklimakarte von Deutschland 1971-2000. Dargestellt ist die im langjährigen Mittel zu erwartende thermische Beanspruchung des Menschen [Becker, et al., 2007].

Sollte sich ein Bezug der auftretenden Aortendissektionsfälle zum Wetter ergeben, besteht das übergeordnete Ziel darin, den behandelnden Ärzte insbesondere der Krankenhäuser bei bestimmten Wettersituationen auf ein erhöhtes Aufkommen von Aortendissektionen hin zu sensibilisieren und diese zu warnen. Die Überlebenschance eines Patienten vom Schmerzeintritt zur unmittelbar notwendigen Operation könnte somit erhöht werden.

## 1.1 Biometeorologie

Seit Jahrhunderten ist ein Zusammenhang zwischen Organismen und der Wetterfähigkeit bekannt [Sönning, 2007]. Bereits Hippokrates (460-375 v. Chr.) erwähnte in seiner Schrift den Einfluss der Umwelt auf die Gesundheit auch wenn einige von ihm postulierte Hypothesen, wie der Einfluss von Magnetfeldschwankungen, mithilfe moderner Untersuchungen als Aberglaube wiederlegt wurden [Kling, 2010]. Aus dieser Erkenntnis hat sich eine eigenständige Wissenschaft, die Biometeorologie, entwickelt.

Die Biometeorologie erforscht den Zusammenhang zwischen der Atmosphäre und dem biologischen Systemen, als Untergruppe existiert die Humanbiometeorologie. Diese Medizinmeteorologie stellt eine Interdisziplinäre Wissenschaft dar, die neben der Meteorologie und Biologie, im Hinblick auf den Menschen, auch die Medizin verknüpft.

In Deutschland entstand im Laufe der 1920er Jahre mehrere Forschungskreise, unter anderem im Hinblick auf die Vergabe von Kurortprädikaten, welche nach der Gründung des Deutschen Wetterdienstes 1952 unter dem Namen "Medizinmeteorologische Forschungsstelle" fortgeführt wurden. Neben der Luftqualitätsforschung widmete man sich hierbei der Frage nach krankheitsauslösenden Wetterparametern und Wetterfühligkeitsbeschwerden, die neben Kopfschmerzen nach den zwei Weltkriegen besonders als Narben- und Phantomschmerzen bei Amputationsstümpfen auftraten. Bis in die 70er Jahre wurden auf Grundlage der durch die Biometeorologie gewonnenen Erkenntnisse sogar Operationen auf Zeiträume mit verminderter Biotropie verlegt [Sönning, 2007]. In der heutigen Zeit gewinnt die Human-Biometeorologie besonders durch die Klimawandeldiskussion an Bedeutung [Becker et al., 2007]. Zu den modernen Anwendungen zählen Pollenfluginformationsdienste, UV-, Ozon- und Hitzewarnungen sowie Lufthygienische Messungen [Bläsing et al., 2010].

## **1.2 Aortendissektion**

### **1.2.1 Die Aorta**

Die Aorta (<http://www.dr-gumpert.de/html/aorta.html>), häufig auch als Hauptschlagader bezeichnet, ist maßgeblich das Verbindungsstück zwischen dem Herzen und dem Körper. Vom Herzen aus wird über die Aorta das mit Sauerstoff angereicherte Blut in die von ihr abzweigenden Arterien geleitet, womit sie alle Organe und die Körperperipherie versorgt. Dabei führt sie oberhalb des Herzens in einer Kehre bis in den Bauchraum, in dem sie sich immer weiter verästelt [Abb. 2]. Die Gefäßwand der ca. 2cm breiten Aorta weist einen dreischichtigen Aufbau auf. Der elastische Aufbau aller dieser Schichten und im Besonderen die mittlere Muskelschicht (Media) gestatten der Aorta die sogenannte Windkesselfunktion. Der vom Herzen pulsweise ausgestoßene Blutstrom wird dabei durch eine Gefäßvolumenänderung der Aorta teilweise kurzzeitig gespeichert und bei einem geringen Blutstrom abgegeben, womit der pulsierende Strom in einen kontinuierlichen umgewandelt wird. Bis auf den Lungenkreislauf zur Sauerstoffanreicherung des Blutes ist die Aorta somit für die Verteilung und Druckregulierung des gesamten Blutkreislaufes verantwortlich.

### 1.2.2 Aortendissektion

Die Aortendissektion, auch 'Aneurysma dissecans aortae' bezeichnet, ist eine lebensbedrohliche Erkrankung. Durchschnittlich erkranken an ihr 2,6–3,5/Jahr/100.000 Einwohner [Ince et al., 2011]. Bedingt durch Arteriosklerose (eine Verhärtung der Aorta durch Ablagerung von Fett, Thromben, Bindegewebe oder Kalk) oder traumatische Ereignisse kommt es hier zum Einriss durch ein oder mehrere Schichten. Dabei kann sich ein mit Blut gefüllter Beutel (falsches Lumen), der den Durchfluss unterbindet, ausbreiten und unter Umständen zum Herzen oder anderen Arteriengängen wandern. 40% der mit einer akuten Aortendissektion betroffenen Patienten verstirbt sofort. Mit jeder weiteren Stunde verstirbt durchschnittlich ein weiteres Prozent der Patienten in den ersten 48 Stunden. Nach einer Woche sind bereits 70%, nach 3 Monaten 90% der Patienten verstorben [Sievers et al., 2011, Ince et al., 2011].

Neben dieser Krankheit stellt auch die Diagnose und Erkennung einer akuten Aortendissektion eine kritische Phase dar, Hansen et al. (2007) führte 39% von Fälle auf, die einer tatsächlicher Aortendissektion entsprachen, jedoch nicht als solche erkannt wurden. Es treten neben Symptomen wie stechende Brust- und Rückenschmerzen auch untypische Beschwerden auf, welche oftmals eher auf andere Erkrankungen schließen lassen, wenn nicht bewusst nach einer Aortendissektion gesucht wird [Hansen et al., 2007]. So wird bei 28% der Patienten erst postmortal eine Aortendissektion festgestellt [Spittell et al., 1993]. Eine zweifelsfreie zuverlässige Diagnose der Aortendissektion ist nur mit einer Computertomographie zu erhalten. Akute Aortendissektionen sind, anders als viele andere Erkrankungen zur Analyse bezüglich des Wetterablaufes prädestiniert, da mit dem Ausbruch dieser Krankheit ein unmittelbar stechender Schmerz eintritt. Kann sich der Patient an diesen Schmerzzeitpunkt erinnern, so ist im Nachhinein eine Auswertung mit dem Wetterverlauf möglich.

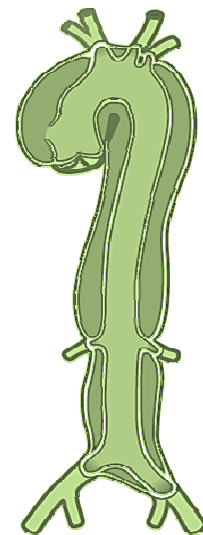


Abb. 2: Schema der Aorta, dunkel hinterlegt sind mögliche Aussackungsbereiche der Dissektion [Rehders et al., 2006].

## 1.3 Stand der Forschung

### 1.3.1 Literaturübersicht

In der Literatur existieren bislang nur drei wichtige Studien, die sich mit dem Auftreten von Aortendissektionen bei bestimmten Wettersituationen befassen:

- Benouaich et al. 2009 fanden einen statistischen Zusammenhang zwischen der Aortendissektion zu niedrigen Temperaturen sowie einer erhöhten saisonalen Inzidenz im Winter und einer Verminderten im Sommer.
- Eine amerikanische Studie [Mehta et al., 2002] die 957 Fälle untersuchte, kommt zu demselben Schluss wie Benouaich et al. [2009], dass ein saisonaler Unterschied existiert. Der Winter verzeichnet den höchsten Anteil an Fällen, während der Sommer dagegen geringere Fälle aufweist.
- Eine Studie aus Großbritannien (Repanos et al. 2005) wertet Aortendissektionsfälle anhand des Druckes und der Temperatur aus. Unter Nutzung von 26 Fällen operierter Patienten konnte kein statistischer Zusammenhang zum Wetter festgestellt werden.

Bereits 1931 beschäftigte sich Struppler mit den Auswirkungen des Wetters auf den Tod. Dabei unterteilte er die von ihm beobachteten Todesursachen im Krankenhaus München-Schwabing in 6. Kategorien und gelangte für die Herz- und Gefäßkrankheiten zu dem Ergebnis, dass diese besonders bei Warm- und Kaltfronten vorherrschend seien [Brezowsky, 1965].

Bei seiner Analyse nach der Tölzer Arbeitsmethode (Kapitel 3.2) fand H. Brezowsky 1965 eine übernormale Häufung von Befindungsstörungen und Todesfällen bei einer Warmluftadvektion. Weiterhin klassifizierte er auf Grund seiner Untersuchungen die Wetterphasen „föhnig übersteigertes Schönwetter“, „aufkommender Wetterumschlag“, „vollzogener Wetterumschlag“ und den „Kaltfrontdurchgang“ als biologisch ungünstig, die Phasen „hochreichende Labilität“, „mittleres Schönwetter“ und „gesteigertes Schönwetter“ wiederum als günstig.

Ebenfalls 1965 übertrug Brezowsky Arbeiten anderer Arbeitskreise auf das Tölzer Wetterschema und fand eine grundlegende Übereinstimmung „negativer“ Biotropie zu den Phasen „föhnig übersteigertes Schönwetter“ und dem „aufkommender Wetterumschlag“. Als besonders belastende Jahreszeiten führte er den Winter und Frühling an. Untersuchungen zur Auswirkung des Wetters auf Krankheiten wurden in der Vergangenheit von einer Vielzahl von Arbeitskreisen durchgeführt. Besonders anschaulich wurden diese, bezogen auf das Königstein/Tölzer Wetterphasenschema, von Sönning 1981 in Tabelle 1 zusammengestellt.



Wetterphase	2	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	1
Psychopathie	●									
Erkältungskrkh., Grippe	○	+			○					
Migräne	X	X		○				X		
Reizbarkeit		●			○					
Kopfschmerz		○		○	○		○	○		X
Schizophrenie		●	○	●						
Blutungen		●		○	●	X				
Schlaf tiefe		●			●	●		○	+	+
Subj. Beschwerden		●			○	●				○
Bronchitis		○					○			
Spasmen		●			○			●	X	
Thrombose		X		●	○	X				
Traumat. Enzephalitis				●	●					
Unfallbereitschaft		X		●	○	●	X		○	+
Embolie		X	+	●	●	●	○	○	X	X
Hypotoner Kollaps		○			●					+
Appendizitis				○	●				○	
Entzündliche Prozesse					●	○	X			
Pneumonie				○						
Neurosis				○	●	○				
Suizid		○		○	●					X
Glaukom				X	●		X	○		X
Herzinfarkt	+	○		●	●	●	○	○	X	+
Reaktionszeit		X	+		●		●	○		+
Stumpfschmerz				○	●			●	○	
Herzinsuffizienz	+				●			●		+
Psych. Depression				○	○	●				
Hämophile Gelenkblutung				○		●				
Magenperforation					○	○	○	●		
Herztod					X	○	○	●		X
Apoplexie				X	X			●	○	
Diabetes				X				●		
Angina Pectoris	+		+			X		●	●	
Rheumatoide Arthritis							○	○	●	
Frühgeburt					X			○		
Epilepsie								○	X	
Koliken								○	●	X

*Tabelle 1. Auswahl der Forschungsergebnisse verschiedener deutscher Arbeitskreise übertragen auf Königstein/Tölzer-Schema, Sönning 1981.*

*Statistischer Zusammenhang: ● gut gesichert, ○ gesichert, X Trend, + günstiger Einfluss*

## 2 Verwendeter Datensatz

Zur statistischen objektiven Auswertung der Wetterlagen wurde des Tölzer und Königssteiner Schema mit den entsprechenden Tagen der Aortendissektion verglichen. Der Aortendissektionsdatensatz des Deutschen Herzzentrums deckt den Zeitraum vom 31.08.1986 bis zum 01.11.2012 ab, wobei die Jahre 1986 und 2012 keine vollständigen Jahre sind. Als Zeitangabe weist der Datensatz den rekonstruierten Schmerzeintritt des Patienten aus und enthält Patienten aus Berlin und dem Brandenburger Umland. Fälle, welche augenscheinlich keinen Zusammenhang zur Meteorologie besitzen, wurden zur Auswertung nicht herangezogen. Insgesamt enthält der Datensatz 899 Fälle.

Der Datensatz von 1986 bis 2012 wurde zunächst unabhängig von der Meteorologie untersucht und entsprechend auf Jahres-, Monats- und Wochenschwankungen ausgewertet (Abb. 3 - 6).

### Tagesstatistik

Bei der Auswertung nach Wochentagen (Abb. 3) wird ersichtlich, dass eine erhöhte Anzahl der Fälle zum Wochenbeginn besteht, diese zur Mitte der Woche abklingt und mit dem näher kommen des Wochenendes wieder ansteigt. Eine möglicher Zusammenhang könnte der Stressabbau zum Wochenende sein und der Arbeitsbeginn zum Wochenanfang. Minima stellen vor allem die Wochentage Mittwoch und Sonntag dar. Dagegen scheinen sich der Montag und Samstag als besonders negativ auf die Aortendissektion auszuwirken. Diese Verteilung kann jedoch nicht mit dem Wetter in Beziehung gebracht werden, da Wochentage eine vom Menschen willkürlich gewählte Aufteilung der Jahrestage sind und sich nicht mit physikalischen Wetterparametern darstellen lassen.

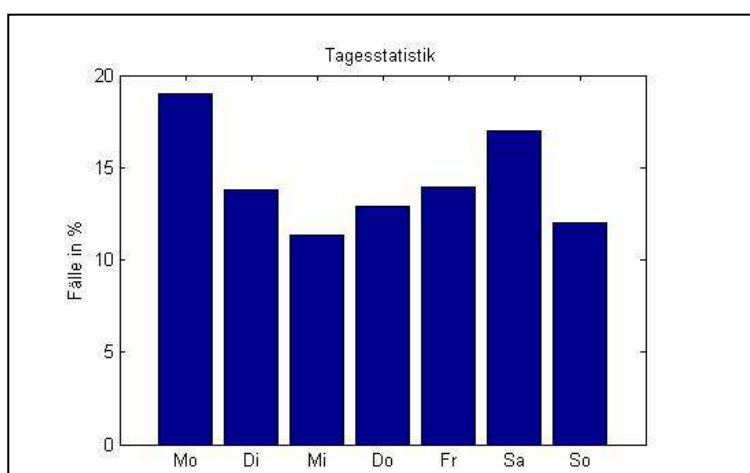


Abb. 3. Aufteilung der 899 Aortendissektionsfälle auf Wochentage der Jahre der 1986 bis 2012.

## Jahresstatistik

Die Abb. 4 zeigt die absolute Fallzahl der Aortendissektionen für die Jahre 1986 bis 2012. Beide Randjahre (1986 und 2012) sind nur zum Teil vertreten, da der Datensatz im August 1986 beginnt und im Jahr 2012 endet, welches jedoch lediglich mit einem Fall vertreten ist, weshalb beide Jahre bei einer Interpretation nicht berücksichtigt werden.

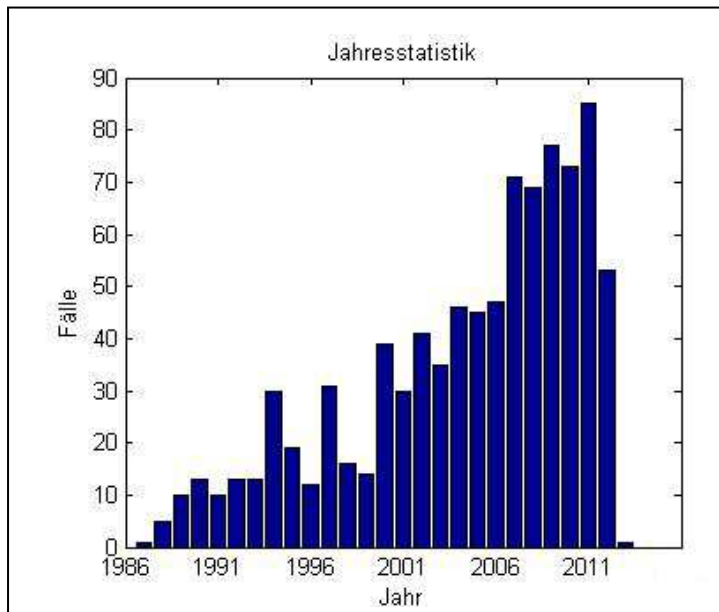
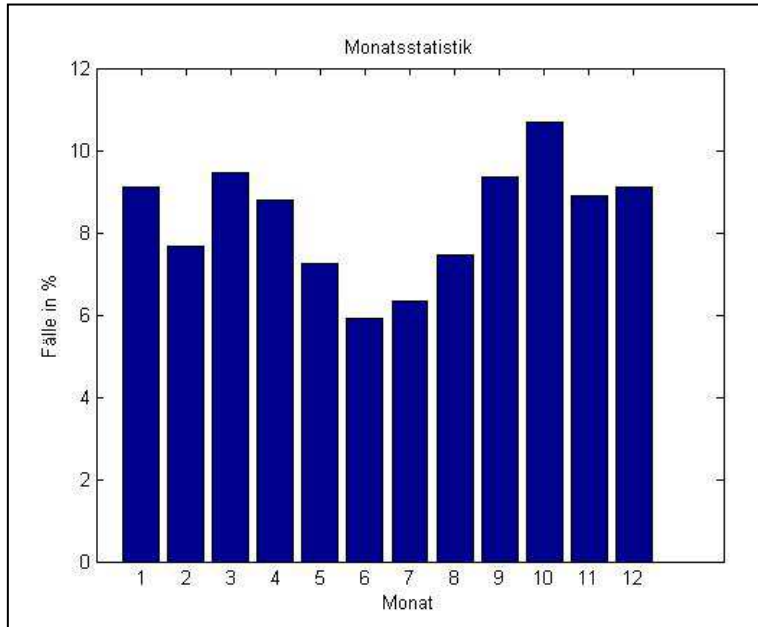


Abb. 4 Aufteilung der 899 Aortendissektionsfälle auf die Jahre 1986 bis 2012.

Insgesamt lässt sich in Abb. 4 ein linear wachsender Zusammenhang erkennen, wobei in den Jahren 1999 und 2005 deutliche Sprünge auftreten. Der Anstieg lässt sich mit der technischen Entwicklung in der Erkennung der Krankheit erklären. Wie im Kapitel „Aortendissektion“ (1.3.2) erläutert, ist man bei der Diagnose besonders auf bildgebende Verfahren wie Echokardiographie, Magnetresonanztomographie oder Computertomographie angewiesen [Sievers et al., 2011]. Diese Verfahren wirken sich neben ihrer technischen Entwicklung auch in ihrer Verbreitung maßgeblich auf die Fallzahlen aus. Während zu Beginn des Datensatzes die Anzahl und Qualität der Verfahren nur gering waren und somit Aortendissektionsfälle unentdeckt blieben oder falsch interpretiert wurden, verbesserte sich die Diagnose von Jahr zu Jahr. Eine Interpretation der jahreszeitlichen Schwankungen der tatsächlichen Aortendissektionsfälle ist damit nur schwer möglich.

## **Monatsstatistik**

Desweiteres wurde der Datensatz nach Monaten hin untersucht. Hierbei kann aufgrund der Jahresmittel angenommen werden, dass keine Störfaktoren infolge technischen Fortschritts im Erkennen der Aortendissektionen vorliegen.



*Abb. 5 Aufspaltung der 899 Aortendissektionsfälle auf Monate der Jahre 1986 bis 2012.*

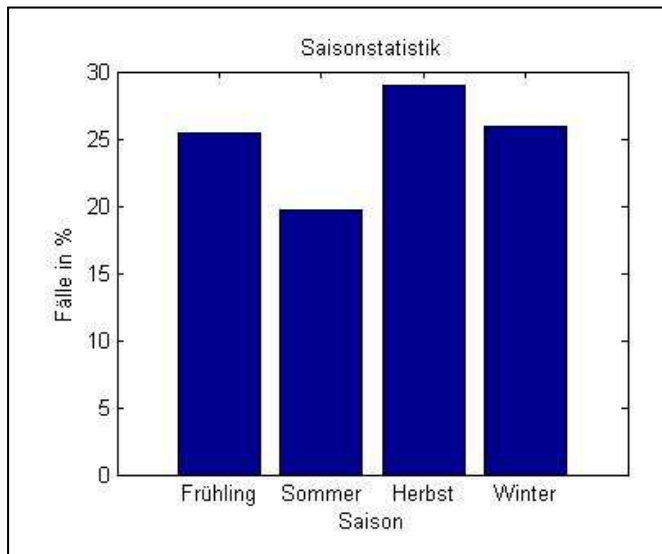
Die Monatsstatistik (Abb. 5) weist einen erkennbaren Phasenverlauf auf. Dabei zeigen die Monate bei angenommener Gleichverteilung der Jahre Grenzen zwischen 5,9% und 10,7% der Fälle. Das entspricht für den betrachteten Zeitraum einer durchschnittlichen Häufigkeit von 2 bis 4 Fällen pro Monat. Das Minimum liegt im Juni, ein zweiter, kleinerer Einbruch ist im Februar zu finden. Der Monat mit den meisten Fällen ist der Oktober, gefolgt vom August und März.

## **Jahreszeitliche Statistik**

Eine weitere Einteilung erfolgt nach den meteorologischen Jahreszeiten. Zu der jeweiligen Jahreszeit gehört folgender Zeitraum:

Frühling:	01.03– 31.05
Sommer:	01. 06 – 31.08
Herbst:	01.09 – 30.11
Winter:	01.12 – 28.02

In der saisonalen Betrachtung der Fälle (Abb. 6) zeigten sich dabei besonders die wechselhaften Jahreszeiten Frühling, Herbst und Winter als vorherrschend für Aortendissektionen, wobei der Herbst mit 28,9% dominiert. Negativ dagegen scheint sich der Sommer auf die Aortendissektion auszuwirken, er ist mit 19,7% Fällen die am geringsten ausgeprägte Jahreszeit. Dies entspricht auch nahezu dem Ergebnis der Studie nach [Mehta et al., 2002], die im Sommer auf eine Häufung von 19,4% kamen, jedoch die höchste Fallzahl führt bei ihnen der Winter mit 28,8% an.



*Abb. 6: Aufspaltung der 899 Aortendissektionsfälle nach Jahreszeiten der Jahre 1986-2012.*

Trotzdem die jährliche Verteilung (Abb.3) der Aortendissektionen, die bedingt durch technischen Fortschritt in der Diagnose einen Anstieg zeigt, ist eine meteorologische Analyse möglich, da die Auswertung der Aortendissektionsfälle nach den monatlichen und saisonalen Jahreszeiten zeigt, dass die Krankheit verstärkt im Herbst, Winter und Frühjahr auftritt. Im Kapitel 3 wird nun die Vorgehensweise der weiteren Auswertung der Aortendissektionsfälle mit Hilfe des Tölzer-Königsteiner Schema erklärt.

### **3 Meteorologische Methode der Datenauswertung -Wetterklassifizierung Tölzer und Königsteiner Schema**

#### **3.1 Klassifikation des Wetters**

Unser Wetter lässt sich formell mit drei Faktoren Temperatur, Luftdruck und Feuchte beschreiben. Jeder für sich betrachtet nötigt den menschlichen Körper bei genügend großer Variation zur Anpassung [Scholling et al., 1964]. Dieser physiologische Stress kann unter Umständen zum Ausbruch einer Krankheit führen. Dabei darf das Wetter jedoch nicht als Krankheitsursache, sondern lediglich als ein möglicher Auslöser angenommen werden [Walser et al., 1972].

In großangelegten Untersuchungen im 20. Jahrhundert, wie z.B. in Druck- und Wärmekammerversuchen, konnte jedoch keiner dieser Faktoren als alleiniger Auslöser festgemacht werden. Des weiteren legte Brezowsky dar, dass vor allem aperiodische Wetterschwankungen als Auslöser zur suchen seien, da periodisch wiederkehrende Jahreszeiten oder charakteristische Tagesgänge auf den Körper akklimatisierend wirken, dieser sich also auf kurz oder lang an sie anpasst [Brezowsky, 1965]. Um das Wetter in seiner Gesamtheit zu den Aortendissektionsfällen analysieren zu können, wurde in dieser Arbeit das Königstein/Tölzer Wetterphasenschema (Kap. 3.2) verwendet.

#### **3.2 Königstein-Tölzer-Schema**

Zur Untersuchung meteorologischer Kausalitäten auf Krankheiten wurden in der Vergangenheit je nach Arbeitskreis unterschiedliche Betrachtungsweisen gewählt. Hier entstanden unter anderem das Tölzer, Tübinger, und Hamburger Schema, welche komplexe meteorologische Parameter gruppierten und auf medizinmeteorologische Gesichtspunkte hin analysierten, sich untereinander jedoch nur hinsichtlich ihrer Anzahl an Phasen unterschieden [Sönning, 2007]. Dies führte zu einer besseren Kommunikation der jeweiligen Arbeitsgruppen, Ergebnisse konnten so einfach an das eigene Schema angepasst bzw. verglichen werden. Die „Idealzyklone“ des Königsteiner Arbeitskreises setzte sich hierbei besonders bei der biosynoptischen Wetteranalyse durch. Diese stellt den idealisierten Bewegungsablauf eines Hochs und teilokkludierten Tiefs mit seiner Warm- und Kaltfront dar, was dem Schema seinen Namen verleiht. Das Schema wurde vom Tölzer Arbeitskreise aufgenommen und in anfangs 6 Phasen (Abb. 7) unterteilt [Brezowsky, 1965]. Jede Phase unterliegt hierbei ihren spezifischen meteorologischen Parametern wie Druck, Temperatur und Wind, lässt sich jedoch auch aufgrund ihrer markanten dynamischen Prozesse und Wetterphänomene von den anderen unterscheiden. In ihrer Gesamtheit bilden die Phasen in ihrem Zyklus von 1-6 unser idealisiert periodisch verlaufendes Wettergeschehen nach.

### **3.3 Wetterphasen des Tölzer Schemas**

Die sechs Wetterphasen des Tölzer Schemas wurden dabei in folgende Phasen unterteilt:

- 1 – mittleres Schönwetter
- 2 – gesteigertes Schönwetter
- 3 – föhnig übersteigertes Schönwetter
- 4 – aufkommender Wetterumschlag
- 5 – vollzogener Wetterumschlag
- 6 – Wetterberuhigung

Die Wetterphasen werden wie folgt erklärt [Liljequist et al., 1984, Malberg, 1997]:

#### **1 – mittleres Schönwetter**

In diesem Gebiet zwischen der Kaltfront und dem nahenden Hochdruckgebiet klingen die kaltfrontbedingten Wetterprozesse langsam ab. Stratus und Cumulusbewölkung beginnt aufzureißen, was mit einem strahlungsbedingtem Anstieg der Temperaturen einhergeht.

#### **2 – gesteigertes Schönwetter - Hochdruckbereich**

Im Bereich des Hochdruckes kommt es aufgrund des antizyklonalen Drehsinns zu Absinkprozessen und Ausströmen in den unteren Schichten. Dies begünstigt eine stabile Atmosphäre mit erhöhtem Strahlungstransport, was zu Bildung einer Inversionsschicht führen kann.

#### **3 – föhnig übersteigertes Schönwetter**

Im windschwachen Gebiet westlich des Hochdruckkerns gelegen, sorgen die Absinkprozesse für eine adiabatische Erwärmung und verminderter relativer Feuchte, was im Zusammenspiel mit hoher solarer Einstrahlung zu hohen Temperaturen führen kann.

#### **4 – aufkommender Wetterumschlag**

Das dem Hoch folgende Tiefdruckgebiet macht sich in der Regel durch eine ihm vorlaufende Warmfront bemerkbar. Dabei schiebt sich die Warmfront keilförmig über die vorgelagerte Luftmasse, woraus sich eine dichte, absinkende Wolkendecke mit Niederschlagspotential bildet. Temperaturen nehmen im bodennahen Bereich der Warmfront rasch zu, der Druck fällt ab.

## 5 – vollzogener Wetterumschlag

Im Warmsektor des Tiefdruckgebiets klingen die Wetterprozesse ab, der Luftdruck erreicht seinen Tiefstwert. Vereinzelt Quellwolken können Schauer bringen, wegen der aufreißenden Wolkendecke können die Temperaturen strahlungsbedingt wieder etwas steigen. Bei einem ausgeprägten Tief können die vorangegangene (Phase 4) und folgende Phase (5) auf ein einziges Wettergeschehen, die Okklusion, zusammenschrumpfen.

## 6 – Wetterberuhigung

Trotz ihres Namens beinhaltet diese Phase die Kaltfront, die aufgrund der Luftmassenunterschiede hochreichende Quellwolken mit Schauerpotential erzeugt. Im Bereich der Bodenfront gibt es einen markanten Temperaturfall, der Luftdruck beginnt wieder zu steigen. Hinter der Front setzt eine Wetterberuhigung erst langsam mit näherkommen des Hochs ein.

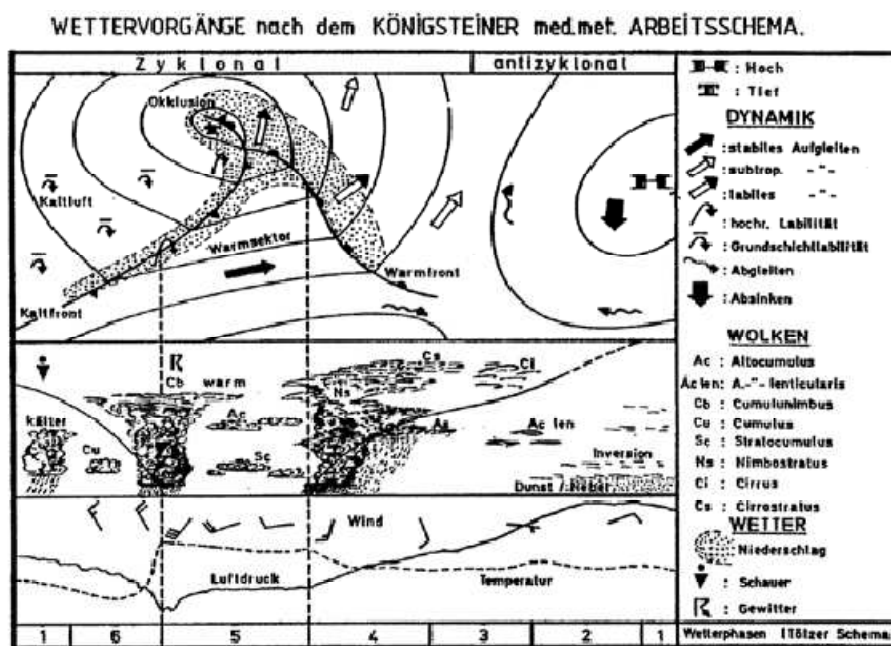


Abb. 7: Darstellung der Idealzyklone nach dem Königsteiner Arbeitskreis mit eingetragenen Wetterphasen des Tölzer Schemas. [Sönning, 2007].



Später wurde das Tölzer Schema in weitere Phasen unterteilt, so dass die der Wetterabschnitte 4,5 und 6 noch weiter untergliedert wurden [Brezowsky, 1965]:

4.1 – stabiles Aufgleiten

4.2 – labiles Aufgleiten

4.3 – Warmfrontdurchgang

5.1 – stabiles Aufgleiten

5.2 – Okklusionsdurchgang

6.1 – Kaltfrontdurchgang

6.2 – hochreichende Labilität

#### **4.1 – stabiles Aufgleiten**

Vorläufer einer kommenden Warmfront sind Aufgleitprozesse warmer Luft in der oberen Troposphäre, was mit der Bildung von Cirren einhergeht. Diese Prozesse können bereits 500-800km vor dem Frontdurchgang am Boden entstehen.

#### **4.2 – labiles Aufgleiten**

Durch Hebung der warmen Luft über der vorgelagerten Luftschicht kühlt sich die Warmluft adiabatisch ab, die relative Feuchte steigt und führt zu Wolkenbildung in Form von Altostratus und Stratocumulus mit oft einsetzendem Landregen. Mit näherkommen der Warmfront sinkt die Wolkenbasis immer weiter ab.

#### **4.3 - Warmfrontdurchgang**

Die Warmluft erreicht nun auch den Boden, was mit einem raschen Anstieg der Temperaturen in Verbindung steht. Gelegentlich führen hochreichende, konvektive Wolken (Nimbostratus) zu einer kurzzeitigen Erhöhung des Niederschlags. Da die Warmfront mit einem Tiefdruck in Verbindung steht, kommt es zu einem stetigen sinken des Luftdrucks.

#### **5.1 – stabiles Aufgleiten**

Hinter der Warmfront und südlich des Tiefdruckkerns, beginnt die Wetterberuhigung. Stratus und Stratokumulus können gelegentlichen Niederschlag bringen. Luftdruck und Temperatur sind relativ gleichbleibend, die Temperaturen können mit aufreißen der Wolkenfelder und einsetzender Einstrahlung auch weiter ansteigen.

## **5.2 - Okklusionsdurchgang**

Nahe dem Tiefdruckkern wurde der Warmsektor von der ihm schneller folgenden Kaltluft angehoben und hat damit, im voll entwickelten Stadium, keinen Bodenkontakt mehr. Je nachdem, ob das nachfolgende Kaltluftgebiet wärmer oder kälter als die aktuelle Luftmasse ist, kommt es beim Durchzug zu einem leichten Temperaturanstieg, oder -fall. Durch adiabatische Hebung der Warmfront entstehen, oftmals vorlaufend zur Okklusion, kräftiger Cumulonimbus mit erhöhtem Niederschlagspotential. Je weiter eine Zyklone altert, umso länger verläuft die Okklusion nach Süden und verkürzt damit den Warmluftsektor am Boden.

## **6.1 - Kaltfrontdurchgang**

Die sich schneller bewegende Kaltfront schiebt sich unter die vorlaufende Warmluft und hebt diese an. Aufgrund von Reibungsprozessen besitzt die vertikale Front eine steilere Neigung als die Warmfront, womit ein rascherer Wetterumschwung einhergeht. Auch hier führt die adiabatische Hebung der Warmluft zur Ausbildung von schauerreichen Cumulonimbus. Je schneller sich die Kaltluft in Bezug zur Warmfront bewegt, umso intensiver sind die Wettergeschehen an der Kaltfront. Mit Durchgang der Front setzt ein rascher Temperaturfall ein.

## **6.2 - hochreichende Labilität**

Hinter der Kaltfront sorgt die kalte Luftmasse und die Vorderseite des zyklonalen Höhentrogs für ein labiles Aufsteigen mit unbeständigem Wetter und vielen konvektiven Wolkenfeldern. Mit dem Durchgang des Tiefdrucks und näherkommen des Hochs beginnt der Luftdruck wieder zu steigen.

## **4 Durchführung der Auswertung**

Die objektive Zuordnung der Wetterlage und Einteilung in das Königsteiner/Tölzer Schema zum jeweiligen Schmerzzeitpunkt erfolgte anhand der Berliner Wetterkarte. Diese befindet sich in gebundener und digitaler Form in der Bibliothek des Institutes für Meteorologie der FU-Berlin. Seit 1952 werden in der Berliner Wetterkarte die tagesaktuellen Wetterinformationen aus Deutschland und der Welt zusammengestellt. Eine Tagesanalyse umfasst hier eine Deutschland und Europa-Bodenwetterkarte (13 Uhr bzw. 01 Uhr MEZ), schriftliche Vorhersagen für die kommenden Tage, eine 500hPa Europa-Analysekarte (01 Uhr MEZ), ein NOAA-Satellitenbild von Europa und ein METEOSAT IR-Bild Deutschlands. Auch enthält die Berliner Wetterkarte Vorhersagekarten numerischer Modelle, Berliner Mess- und

Umweltdaten, Wettermeldungen weltweiter Stationen mit schriftlicher Zusammenfassung und eine 850hPa Analysekarte Deutschlands (01 Uhr MEZ).

Für die objektive Auswertung wurden beide Bodenwetterkarten (01 und 13 Uhr MEZ) sowie die Sattellitenbilder, welche jedoch erst seit 1995 zur Verfügung stehen, verwendet. Zuerst wurde der Aortendissektionsfall (Tag) und die zugehörige Deutschland - Bodenwetterkarte objektiv verglichen. Um einen großräumigen Überblick der fallspezifischen Wetterlage zu erhalten und zusätzlich die Europa-Bodenwetterkarte (01 MESZ) ausgewertet. Desweiteres wurden die Deutschland-Bodenwetterkarte und die Europa- Bodenwetterkarte des Vortages (13 und 01 Uhr MEZ) betrachtet, um eine Vorstellung der ablaufenden Frontalprozesse und deren Verlagerungsgeschwindigkeit sowie -richtung zu bekommen.

Da die vorliegenden Schmerzzeitpunkte auch eine Zeitangabe beinhalten, die nicht immer mit den Erscheinungsterminen der Wetterkarten identisch sind, erfolgte die Auswertung dahingehend, dass die gesamte Wettersituation um den Schmerzzeitpunkt ausgewertet wurde.

Die Einteilung der Wetterphasen des Tölzer Schemas erfolgte primär durch die Lage der Druckgebiete und Fronten. Zusätzlich wurden Stationssymbole der Bodenwetterkarten und Satellitenbilder verwendet um die synoptische Wettersituation besser analysieren zu können.

## **5 Auswertung**

### **5.1 Ergebnisse der Aortendissektionsfälle in Zusammenhang mit dem Tölzer-Schema**

Um die Ergebnisse der Wetterlagen im Vergleich zu den Aortendissektionsfällen ins Verhältnis zu setzen, wurde zunächst nur für die Jahre 2006 bis 2011 für jeden Tag für 13 Uhr (MEZ) die Phasen nach dem Tölzer Schema für den Berliner Raum ausgezählt. Das Ergebnis der 2191 ausgewerteten Fälle ist in der Abbildung 8 getrennt nach den einzelnen Phasen als Jahresmittel von 2006 bis 2011 dargestellt.

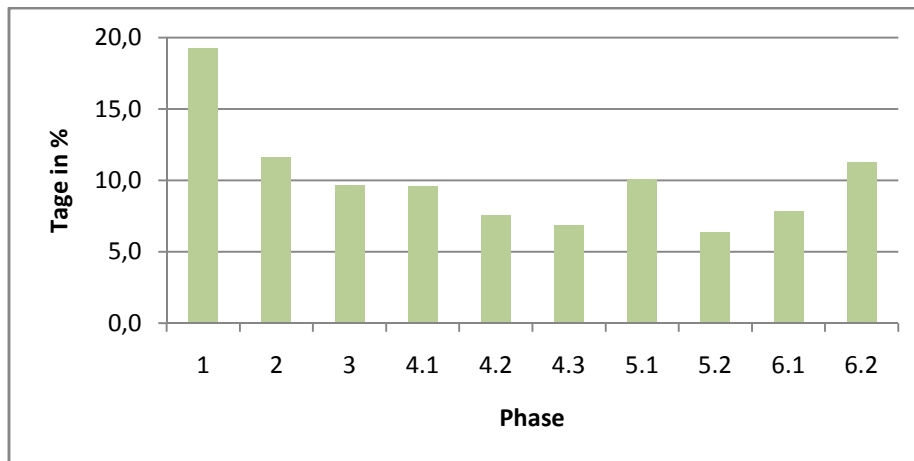


Abb. 8: Jahresmittel (2006-2011) der Tölzer Phasen für den Berliner Raum. Ausgewertet anhand der Deutschland-Bodenwetterkarten (13 Uhr, MEZ).

Die Auswertung der Jahresmittel (Abb. 8) zeigt, dass die einzelnen Phasen nicht gleich verteilt sind. Somit erfolgt die Auswertung der Aortendissektionsfälle dahingehend, dass diese mit dem Jahresmittel der auftretenden Tölzer-Phasen von 2006 bis 2011 ins Verhältnis gesetzt werden. Aufgrund der manuellen Auswertung der Jahre 2006 bis 2011 war es nicht möglich eine 30-jährige umfassende Klimaanalyse zu erstellen.

Abbildung 8 zeigt, dass die Phasen 4.3 (6,8%) und 5.2 (6,3%) im Mittel der untersuchten Jahre von 2006-2011 weniger auftreten, demgegenüber kommt die Phase 1 (19,3%), mittleres Schönwetter, am häufigsten vor. Unter der Annahme eines idealen Zyklonendurchganges nimmt die Durchgangszeit der Phasen von 1 bis 4.3 stetig ab und steigt mit der Phase 5.2 (stabiles Aufgleiten) wieder durchgängig bis zur Phase 1 (mittleres Schönwetter) an. Lediglich Phase 5.1 (10,1%), welche zwischen den beiden Minima liegt, hebt sich mit einer etwas längeren Verweildauer von diesem Verlauf ähnlich einer halben Sinusschwingung ab.

Phase	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	67	83	88	82	55	47
2	39	51	37	34	50	44
3	35	27	26	26	47	50
4.1	50	31	34	36	25	34
4.2	22	17	30	30	31	35
4.3	23	33	20	29	22	23
5.1	38	33	30	38	43	39
5.2	23	23	17	32	25	19
6.1	24	32	32	25	29	30
6.2	44	35	52	33	38	44

Tab.1: Fallzahlen aufgelistet nach Phase und Jahr, aus: 13 Uhr MEZ – Deutschland Bodenwetterkarten Auswertung für die Jahre 2006 – 2011 im Berliner Raum nach dem Tölzer Schema.

In der Abbildung 9.1 sind die einzelnen Jahre von 2006-2011 des Tölzer-Wetterschemas zueinander dargestellt. Es zeigt sich, dass jedes Jahr eine andere Verteilung der Phasen eintritt. Den größten Unterschied weisen die Jahre 2008 und 2011 in der Phase 1 mit einer Differenz von 41 Fällen (11,2%) auf. Ein enger Zusammenhang zu den Mittelwerten aus Abbildung 8 kann insofern geschlossen werden, als das bis auf das Jahr 2011 alle weiteren Einzeljahre, wie auch der Mittelwert, in der Phase 1 dominieren.

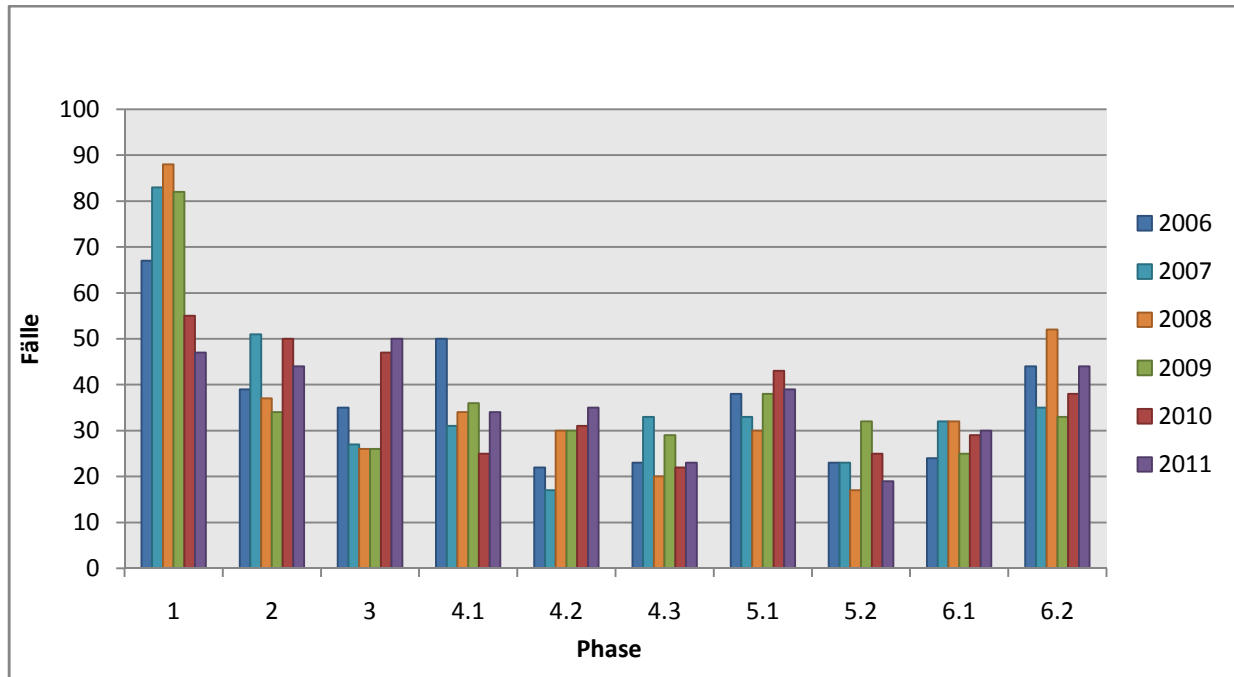


Abb. 9.1: Darstellung der Fallzahlen für die Jahre 2006 bis 2011 pro Tölzer Phase, aus: 13 Uhr MEZ – Deutschland Bodenwetterkarten im Berliner Raum.

## 5.2 Saisonale Trennung der klimatischen Analyse nach dem Tölzer Schema

Aus dem Kapitel 2, bei der Betrachtung des Datensatzes der Aortendissectionen, geht hervor, dass ein saisonaler Unterschied besteht. Aus diesem Grund wird ebenfalls eine saisonale Analyse der Phasenverteilung für die Jahre 2006 bis 2011 durchgeführt (Abbildung 9.2).

Die Jahreszeitliche Verteilung folgt ähnlich dem Jahresverlauf (Abb.8). Der größte Unterschied besteht in der Phase 1 zwischen dem Sommer und dem Winter mit einer Differenz von 42 Fällen (Sommer: 130; Winter: 88). Der Sommer zeigt unter allen Jahreszeiten außer der Phase 1 nur geringe Variationen bezüglich der Phasen untereinander, dagegen hebt sich die Phase 5.1 (stabiles Aufgleiten) im Frühling und im Herbst hervor.

Im Frühling (37 Fälle) und im Sommer (30 Fälle) tritt die Phase 4.2 (labiles Aufgleiten) im Berliner Raum an seltensten auf. Im Herbst zeigt die Phase 4.3 der Warmfrontdurchgang (29 Fälle) und im Winter Phase 5.2 der Okklusionsvorgang (29 Fälle) die geringsten Fälle.

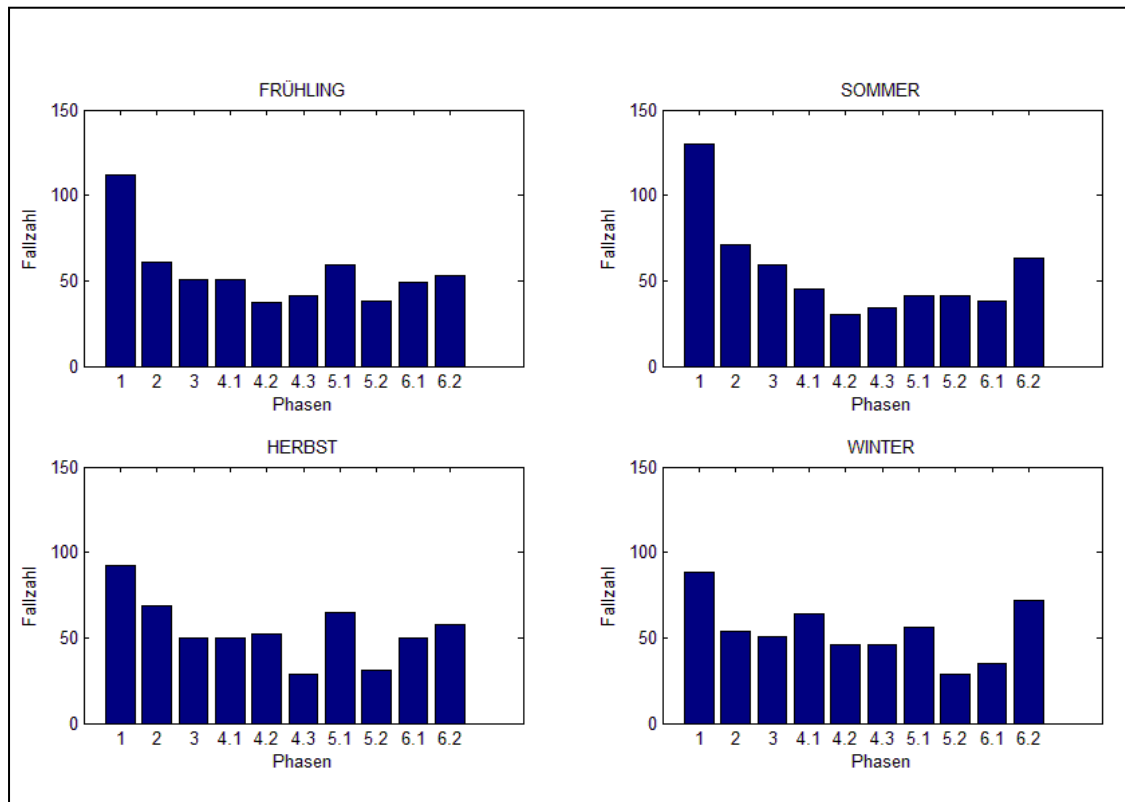


Abb. 9.2: Saisonale Auswertung (2006-2011) der Tölzer- Phasen für den Berliner Raum. Ausgewertet anhand der Deutschland-Bodenwetterkarten (13 Uhr, MEZ).

### 5.2.1 Fallzahlen Aortendissektionen nach dem Tölzer Schema

In der weiteren Auswertung werden die Aortendissektionsfälle zunächst nach dem Tölzer-Schema ausgezählt (Abb.10). Es lässt sich ein leichter Trend erkennen, jedoch wurde aus der vorangegangenen Klimaanalyse (Abb. 8) analysiert, dass z.B. die Phase 1 am häufigsten auftritt und sich daraus auch mehr Aortendissektionsfälle ergeben. Die Phase 5.1 (stabiles Aufgleiten) tritt am häufigsten im Zusammenhang mit Aortendisektionsfällen auf, dagegen zeigt die Phase 4.2 (lablies Aufgleiten) kaum einen Zusammenhang mit Aortendissektionen.

Die vier häufigsten Wetterphasen bei dieser Erkrankung sind die Phasen, stabiles Aufgleiten, mittleres Schönwetter, übersteigertes Schönwetter und hochreichende Labilität.

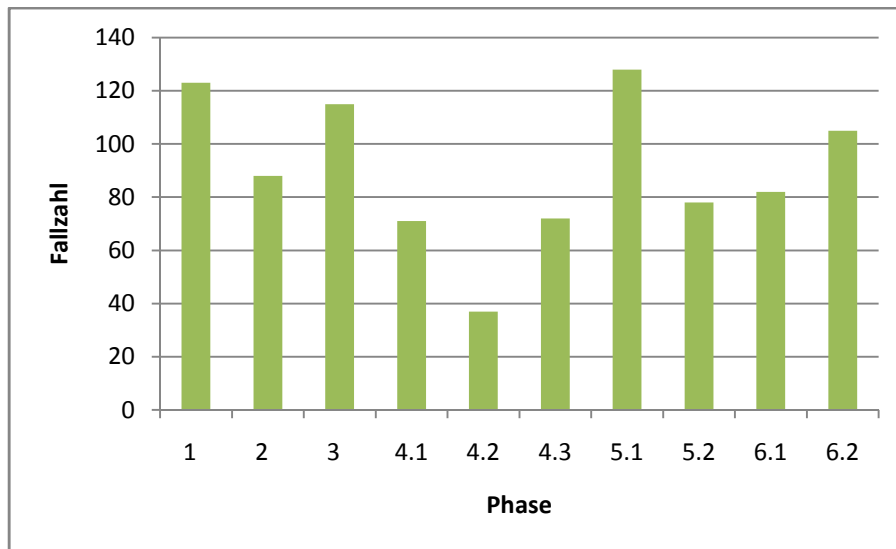


Abb. 10: Anzahl der Aortendissektionen getrennt nach Phasen des Tölzer Schemas vom 31.08.1986 bis zum 01.11.2012.

### 5.2.2 Verhältnis der Aortendissektionen zum Phasenaufkommen des Tölzer Schema im Berliner Raum

Um die zeitliche Verteilung der Phasen zu berücksichtigen, wurden die Fallzahlen in Abbildung 11 in das Verhältnis zur Phasenlänge gesetzt. Hierfür wurde der prozentuale Fallanteil der jeweiligen Phase durch den prozentualen Anteil des Klimaanteils je Phase dividiert.

$$\chi_{Ph} = \frac{P_{AD}/G_{AD}}{P_{KI}/G_{KI}} \quad (1)$$

$P_{AD}$  = Aortendissektion Fallzahl der jeweiligen Phase

$P_{KI}$  = Klimafallzahl der jeweiligen Phase

$G_{AD}$  = Gesamtzahl untersuchter Aortendissektionen (N=899)

$G_{KI}$  = Gesamtzahl untersuchter Klimafälle (N=2191)

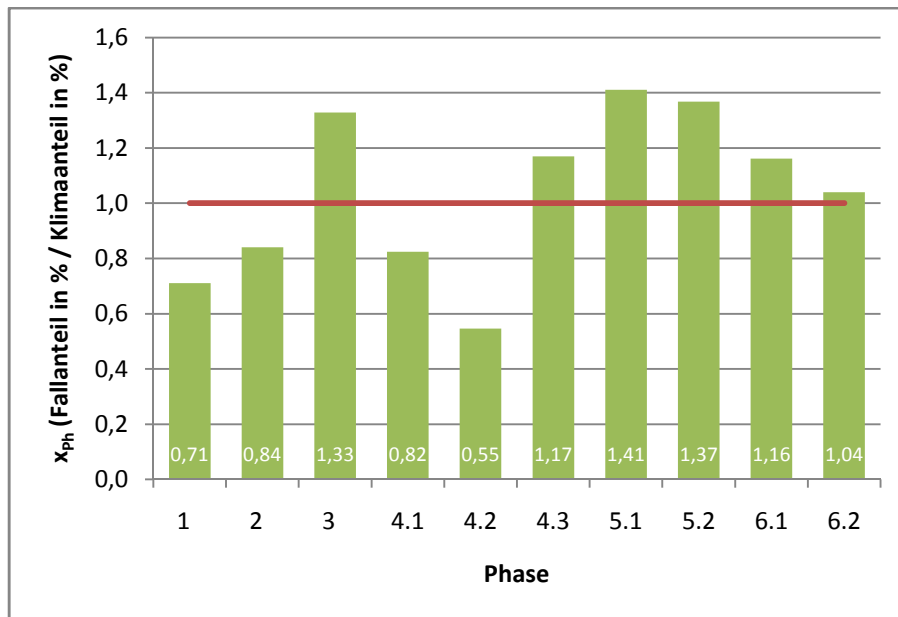


Abb. 11: Darstellung des prozentualen Anteils der Aortendissektionen je Phase des Tölzer Schemas geteilt durch prozentualen Anteil der Klimaanalyse je Phase (grün), Grenzgerade (rot) für den Fall: Fallanteil = Klimaanteil. Fallanalyse: 31.08.1986 – 01.11.2012, Klimaanalyse: 01.01.2006 – 31.12.2011

Der dabei berechnete Wert  $x_{ph}$  (1) entspricht dem Faktor, um den die Aortendissektionswerte die analysierten Klimawerte bei der jeweiligen Phase verfehlen. Der Faktor „1,0“ bedeutet in diesem Fall also, dass die Anzahl der Erkrankungen mit der beobachteten Verteilung der Phasen über den Mittelwert der ausgewerteten Jahre deckungsgleich wäre, was mit der roten Grenzgeraden (Abb. 11) dargestellt wird. Würden alle Werte dieser Geraden folgen, bestünde kein Zusammenhang zum Wetter, da jede Phase mit Erkrankungen, im Verhältnis zur Phasenlänge, gleichbesetzt wäre. Werte oberhalb der Grenzgeraden deuten auf eine erhöhte Biotropie hin, die Häufung von Aortendissektion der Phase ist damit überdurchschnittlich höher, als die Phase selbst im Zyklus vorkommt. Äquivalent dazu verweisen Werte unterhalb der Geraden auf eine verminderte Biotropie.

Die Abbildung 11 zeigt einen Phasenverlauf mit zwei Minima und Maxima auf. Erstes Maximum bildet die Phase 3, föhniges übersteigertes Wetter ( $x_{ph}=1,33$ ), zweites und gleichzeitig das Stärkste, die Phase 5.1, stabiles Aufgleiten ( $x_{ph}=1,41$ ). Demgegenüber stehen die Minima mit den Phasen 1, mittleres Schönwetter ( $x_{ph}=0,74$ ) und 4.2, labiles Aufgleiten ( $x_{ph}=0,55$ ). Abbildung 11 zeigt beginnend bei Phase 1 mittleres Schönwetter eine verminderte Biotropie diese rasch bis zum ersten Maximum der Phase 3, um dann ebenso schnell wieder bis zur Phase 4.2 abzufallen. In diesem Bereich des Hochdruckdurchganges befinden sich alle Phasen vermindelter Biotropie.



Mit einsetzen des Tiefdruckeinflusses kommt es zu einem erneuten raschen Anstiegs bis zum zweiten Maximum der Phase 5.1. Anschließend setzt ein langsames abklingen der erhöhten Biotropie ein, wobei sich alle durch das Tief bestimmte Phasen (4.3 bis 6.2) oberhalb der Grenzgerade befinden.

Insgesamt sind es somit die Hoch- und Tiefdruckzentren, die eine erhöhte Biotropie fördern und demgegenüber stehen die labilen Aufgleitprozesse und auch das mittlere Schönwetter in denen eine Verminderung feststellbar ist. Des Weiteren weisen die unter Tiefdruckeinfluss stehenden Phasen in der Summe einen höheren biotropen Einfluss auf Aortendissektionen aus, als die unter Hochdruckeinfluss stehenden.

### **5.2.3 Saisonales Verhältnis der Aortendissektionen zum Phasenaufkommen des Tölzer Schema im Berliner Raum**

Für den gebildeten Faktorwert  $X_{Ph}$  (1) erfolgt die Auswertung der Aortendissektionen saisonal. Bereits bei der Auswertung der saisonalen Abhängigkeit zu den Aortendissektionsfällen (Abb.6) wurde gezeigt, dass der Datensatz saisonal variiert. Saisonale Unterschiede sind demnach auch für  $X_{Ph}$  zu erwarten.

Abbildung 12 zeigt die Varianz der saisonalen Verteilung der Aortendissektionsfälle. Die Jahreszeiten zeigen alle eine unterschiedliche Verteilung bezüglich der Tölzer-Phasen. Im Frühling treten verstärkt Aortendissektionsfälle bei der Phase 3 (föhnig übersteigertes Schönwetter) auf, gefolgt von der Phase 6.1 (Kaltfrontdurchgang) und 6.2 (hochreichende Labilität). Einen geringen Zusammenhang zur Aortendissektion zeigt die Phase 4.2 (labiles Aufgleiten).

Der Sommer weist dagegen einen relativ gradlinigen Verlauf im Bereich verminderter Biotropie auf, mit einer verstärkten Phase 5.1 (stabiles Aufgleiten) die eine stark erhöhter Biotropie ( $X_{Ph} = 1,78$ ) zeigt, welche auch im Winter am häufigsten vorkommt.

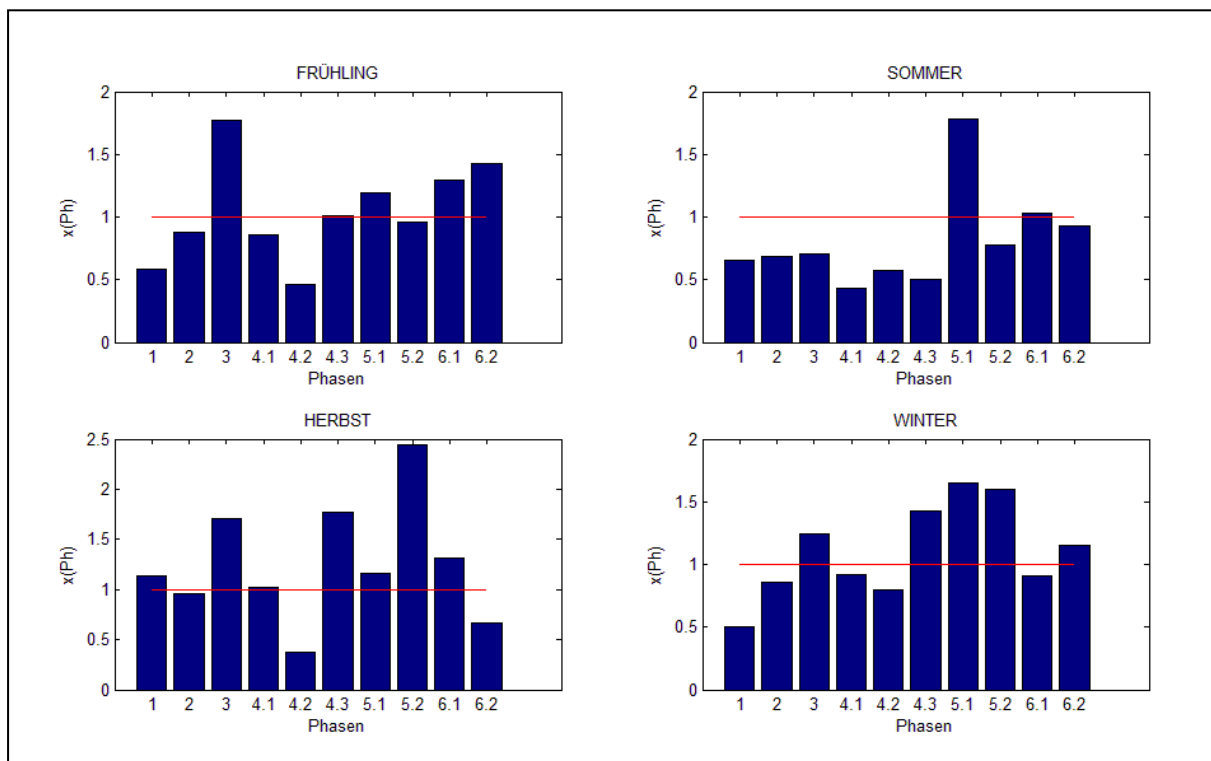


Abb. 12: Saisonale Darstellung des prozentualen Anteils der Aortendissektionen je Phase und Saison des Tölzer Schemas geteilt durch prozentualen Anteil der Klimaanalyse je Phase und Saison (blau), Grenzgerade (rot) für den Fall: Fallanteil = Klimaanteil. Fallanalyse: 31.08.1986 – 01.11.2012, Klimaanalyse: 01.01.2006 – 31.12.2011.

Im Frühling, Herbst und Winter zeigt der Hochdruckeinfluss (Phase 1 bis 4.1) einen ausgeprägten Verlauf mit einem Maximum der Phase 3. Unter Tiefdruckeinfluss (Phase 4.2 bis 6.2) variieren die Aortendissektionen im Verhältnis zum Phasenaufkommen des Klimas weitaus mehr. Maxima liegen im Sommer und Winter in der Phase 5.1 ( $X_{Ph} = 1,78$  und  $1,65$ ), im Herbst in Phase 5.2 ( $X_{Ph} = 2,44$ ) und im Frühling in Phase 6.2 ( $X_{Ph} = 1,43$ ).

Die stärksten Gegensätze und damit die höchste Merkmalsausprägung innerhalb einer Saison sind im Herbst zu finden. Hier stehen sich die Phasen 4.2 und 5.2 mit einem Faktorwert von  $X_{Ph} = 0,37$  und  $2,44$  gegenüber, womit ein starker Wechsel zwischen verminderter und erhöhter Biotropie stattfindet.

Insgesamt zeigt sich, dass aus dem Verlauf der jährlichen Verteilung (Abb. 11) nicht ohne weiteres auf die saisonale Verteilung der Tölzer Phasen geschlossen werden kann. Jede Jahreszeit besitzt, trotz ihrer groben Ähnlichkeit zu den anderen Jahreszeiten, eine unterschiedlich starke Ausprägung der Tölzer-Phasen.

### 5.3 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung des Datensatzes der Aortendissektion und der Klimaverteilung nach dem Tölzer Schema, werden der Chi<sup>2</sup>-Test und die Korrelation nach Pearson als statistische Testverfahren angewendet.

Um zu prüfen, ob die gezogenen Stichproben in allen Gruppen gleichverteilt (Nullhypothese, H<sub>0</sub>), oder signifikant verschieden (Alternativhypothese, H<sub>1</sub>) sind, wird der Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson verwendet. Ausgegeben wird der Signifikanzwert  $p$ . Das Signifikanzniveau  $[\alpha]$  wird, wie in der Statistik üblich, mit 5% festgelegt. Sollte dieser Wert durch den Signifikanzwert unterschritten werden, wird die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese als gestützt, jedoch nicht als bewiesen angesehen, da es sich hier um eine explorative Datenanalyse handelt.

Um zu untersuchen, ob die in Abbildung 11 dargestellten  $x_{ph}$  Werte eine Merkmalsausprägung besitzen oder jede Phase gleichverteilt ist und nur aufgrund der niedrigen Stichprobenauswahl schwankt, wird der Chi<sup>2</sup> Test angewendet. Da es sich im eigentlichen Sinne bei den Werten um eine prozentuale Verteilung handelt, werden alle mit dem Faktor 100 multipliziert. Der Chi<sup>2</sup>-Test fordert neben den eigentlichen Werten auch die erwarteten Werte bei einer Gleichverteilung (H<sub>0</sub>), in diesem Falle der Wert 100, da hierbei die Anzahl der Klimawerte und die der Aortendissektionen gleichhäufig wären. Der ausgegebene Signifikanzwert  $p = 0,822 * 10^{-13}$  ist erheblich kleiner als das Signifikanzniveau ( $\alpha=0,05$ ), womit die Alternativhypothese hoch signifikant ist und die Unterschiede damit nicht mit einer normalen Stichprobenschwankung zu interpretieren sind.

Des Weiteren wird die Signifikanz von Korrelationen nach Pearson bestimmt. Wie schon bei dem Chi<sup>2</sup>-Test entscheidet der Signifikanzwert bei vorher definiertem Signifikanzniveau über die Annahme von H<sub>0</sub> (Korrelation ist nicht signifikant) oder H<sub>1</sub> (signifikant).

In der Kreuztabelle (Tab. 2) wurden alle Jahre der untersuchten Klimareihe auf ihre Korrelation untereinander und auf die dahingehende Signifikanz überprüft. Aus den 15 möglichen Kombinationsmöglichkeiten sind 7 höchst signifikant und 3 signifikant. Nicht signifikant korreliert sind demnach 5 Kombinationen wobei hier besonders die Jahre 2009 und 2011 (Korr=0,367;  $p=0,297$ ) weniger korreliert sind.

Korrelationen							
		2006	2007	2008	2009	2010	2011
2006	Korrelation nach Pearson	1	,800**	,856**	,816**	,632	,643*
	Signifikanz (2-seitig)		,006	,002	,004	,050	,045
2007	Korrelation nach Pearson	,800**	1	,873**	,887**	,684*	,468
	Signifikanz (2-seitig)	,006		,001	,001	,029	,172
2008	Korrelation nach Pearson	,856**	,873**	1	,887**	,644*	,588
	Signifikanz (2-seitig)	,002	,001		,001	,044	,074
2009	Korrelation nach Pearson	,816**	,887**	,887**	1	,568	,367
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,001	,001		,087	,297
2010	Korrelation nach Pearson	,632	,684*	,644*	,568	1	,873**
	Signifikanz (2-seitig)	,050	,029	,044	,087		,001
2011	Korrelation nach Pearson	,643*	,468	,588	,367	,873**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,045	,172	,074	,297	,001	
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.							
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.							

Tab.2: Korrelation der Fallzahlen nach Jahren, aus: 13 Uhr MEZ – Deutschland Bodenwetterkarten Auswertung für die Jahre 2006 – 2011 im Berliner Raum nach dem Tölzer Schema.

Zusätzlich wurde eine Korrelation für die saisonale Verteilung der Aortendissektionen in ihren Phasen durchgeführt (Tabelle 3). Es wurde bereits festgestellt (Kap. 2), dass diese untereinander nicht gleichverteilt sind. Dieses Ergebnis zeigt auch die saisonale Korrelation, lediglich zwei von sechs möglichen Kombinationen sind überhaupt schwach signifikant korreliert (Frühling-Sommer, Herbst-Sommer). Am schlechtesten dagegen ist der Herbst mit dem Winter korreliert, der Wert liegt bei -0,011, womit sich kein linearer Zusammenhang erkennen lässt. Insgesamt gibt es große Unterschiede in den einzelnen Jahreszeiten, in Bezug auf das Auftreten der Aortendissektionen.

		Korrelationen			
		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Frühling	Korrelation nach Pearson	1	,646*	,566	,473
	Signifikanz (2-seitig)		,044	,088	,167
Sommer	Korrelation nach Pearson	,646*	1	,642*	,318
	Signifikanz (2-seitig)	,044		,046	,370
Herbst	Korrelation nach Pearson	,566	,642*	1	-,011
	Signifikanz (2-seitig)	,088	,046		,976
Winter	Korrelation nach Pearson	,473	,318	-,011	1
	Signifikanz (2-seitig)	,167	,370	,976	

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab.3: Saisonale Korrelation der Aortendissektion Fallzahlen. Auswertungszeitraum 31.08.1986 – 01.11.2012 für Berliner Raum nach dem Tölzer Schema.

		Korrelationen			
		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Frühling	Korrelation nach Pearson	1	,946**	,881**	,796**
	Signifikanz (2-seitig)		,000	,001	,006
Sommer	Korrelation nach Pearson	,946**	1	,816**	,782**
	Signifikanz (2-seitig)	,000		,004	,008
Herbst	Korrelation nach Pearson	,881**	,816**	1	,779**
	Signifikanz (2-seitig)	,001	,004		,008
Winter	Korrelation nach Pearson	,796**	,782**	,779**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,006	,008	,008	

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tab.4: Saisonale Korrelation der Fallzahlen anhand der 13 Uhr MEZ – Deutschland Bodenwetterkarten. Auswertung für die Jahre 2006 – 2011 im Berliner Raum nach dem Tölzer Schema.

Geprüft wird weiterhin, inwieweit die Tölzer Phasenverteilung in den einzelnen Jahreszeiten der 6 untersuchten Jahre von 2006 bis 2011 ohne die Aortendissektionen übereinstimmt. Die Ergebnisse der Korrelation (Tab.4) bestätigen das Ergebnis der einzelnen Jahreszeiten (Abb. 9.2). Demnach zeigen alle Jahreszeiten den Verlauf, mit einem Maximum der Phase 1 (mittleres Schönwetter) und einem leichten Abfall der folgenden Phasen 2 bis 5.2 und dann wieder dem leichten Anstieg der Phase 6.1 bis 6.2. Die Phase 1, mittleres Schönwetter tritt am häufigsten auf gefolgt von der Phase 5.1 (stabiles Aufgleiten) bzw. der Phase 6.1 (Kaltfrontdurchgang).

Alle Jahreszeiten sind höchst signifikant untereinander korreliert, die Jahre selber untereinander korrelieren überwiegend gut. Damit kann die statische Untersuchung der Aortendissektionsfälle zur Wetterphase mit der Basis der 6-jährigen Klimastatistik für das Berliner Stadtgebiet verwendet werden. Die Phasen der Aortendissektionen korrelieren saisonal nicht, auch ist die Verteilung der einzelnen Tölzer-Wetterphasen von der Jahreszeit abhängig.

#### **5.4 Fehlerabschätzung**

Da für die Analyse von Frontensystemen zurzeit keine automatisierten Verfahren zur Verfügung stehen, muss diese per Hand durchgeführt werden, was mit Problemen der Reproduzierbarkeit einhergeht. Die Qualität der Wetterkarten ist abhängig von dem Kartenzeichner sowie dem Erfahrungsschatz desselben. Daher können Wetterkarten für den gleichen Termin von unterschiedlichen Kartenzeichnern verschiedene Informationen liefern.

Des Weiteren besteht bei der Analyse nach dem Tölzer Schema an den Rändern der einzelnen Phasen ein gewisses Fehlerpotential, das bei einer subjektiven Verlagerung des Wettergeschehens, falls also keine Karte für den entsprechenden Zeitpunkt vorliegt, noch vergrößert werden kann.

Um den Fehler für die ideelle Verlagerung der Druckgebiete zwischen den festen Zeitpunkten der Wetterkarten abschätzen zu können, sollen im folgenden exemplarisch Rechnungen durchgeführt werden, welche die Realität jedoch nur bedingt widerspiegeln.

In der Synoptik werden Druckgebiete mit einer Größe von 1000km abgeschätzt. Die betrachtete Idealzyklone besteht aus einem Hoch und einem Tief, die angenommene Gesamtlänge beträgt somit 2000km, eine Phase des Tölzer Schemas (10 Phasen), bei angenommener Gleichverteilung der Phasen 200km.

Eine Extremwertbetrachtung stellen Sturmtiefs, mit Verlagerungsgeschwindigkeiten um 100km/h, dar. Mit dieser Geschwindigkeit würden zwischen den Terminen 01 und 13 Uhr 6 Phasen passiert werden. Die mittlere Verlagerungsgeschwindigkeit eines Tiefs liegt jedoch in den mittleren Breiten zwischen 20-30km/h. Damit werden im Tölzer Schema bei 25km/h lediglich 1,5 Phasen passiert.

Im anderen Extremfall kann sich ein Hoch auch mehrere Tage stationär verhalten, damit verbunden auch die jeweilige Phase.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Annahme eine Gleichverteilung der Phasen sehr optimistisch ist. Gerade Fronten nähern sich in ihrem Verlauf einander an und können dann die Klassen 4-6 auf wenige Kilometer verkürzen.

## **6 Zusammenfassung**

In dieser Arbeit wurden 899 Fälle von Aortendissektionen über einen Zeitraum von 26 Jahren auf einen Zusammenhang zum Wetter für den Berliner Raum untersucht.

Bereits in der monatlichen Häufung der Aortendissektionsfälle (Abb. 5) ließ sich ein phasenförmiger Verlauf feststellen, der besonders in den Herbstmonaten ein Maximum aufweist, dagegen in den Sommermonaten deutlich weniger Erkrankungen vorzufinden sind. Dies kongruiert nicht vollständig mit bereits bekannten Ergebnissen der Studie von Mehta et al. [2002], bei denen die Wintermonate das absolute Maximum zeigen. Die Sommermonate hingegen weisen in dieser Studie wie auch bei [Mehta et al., 2002] nur eine geringe Häufung von Aortendissektionserkrankungen auf. Bereits diese Verteilung gibt einen Hinweis, dass das Wetter einen Einfluss auf Krankheiten besitzen könnte.

Für die Auswertung der Aortendissektionsfälle mit dem Wetter wurde das Königstein/Tölzer Schema verwendet, in dem die Idealzyklone in 10 Phasen unterteilt wurde, welche sich untereinander in ihren Wetterparametern und -phänomenen unterscheiden. Jeder Krankheitsfall konnte somit einer Phase zugeordnet werden. Unabhängig der Aortendissektionsfälle wurde für 6 Jahre (2006-2011) ebenfalls täglich die 13 Uhr Bodenwetterkarte nach dem Tölzer Schema ausgewertet. Hieraus ergab sich, dass die einzelnen Phasen nicht zeitlich konstant verteilt sind und somit die Auswertungen mit den Aortendissektionsfällen bezüglich der Gesamtheit der auftretenden Phasen korrigiert werden muss. Dafür wurde das Verhältnis aus dem prozentualen Auftreten der Krankheitsfälle zum prozentualen Auftreten der Wetterphasen jahresweise und saisonal gebildet. Hieraus ergab sich ein vom Mittelwert signifikant verschiedener Verlauf, der sich über die zehn Phasen in zwei Maxima und Minima unterteilt. Maxima, die eine erhöhte Biotropie kennzeichnen, befinden sich direkt hinter dem Hochdruckzentrum, sowie im Bereich des Tiefdruckzentrums

nach der Warmfront und vor der Kaltfront. Verminderte Biotropie ist dagegen in den Bereichen zwischen den Druckzentren zu finden. In der Summe stellt das Tiefdruckgebiet den größeren Anteil an erhöhter Biotropie dar.

Weiterhin wurden nur die Wetterphasen der 6 Jahre saisonal bezüglich der einzelnen Wetterphasen statistisch ausgewertet. Es zeigte sich eine gute Korrelation der einzelnen Jahreszeiten. Die Korrelation der nur Aortendissektionsfälle hingegen zeigt keinen saisonalen Zusammenhang.

Das Verhältnis der Tölzer-Wetterphasen zu den Aortendissektionsfällen zeigt im Sommer in seiner Verteilung einen anderen Verlauf als das gesamte Jahr. Die Phase des unmittelbaren Tiefdruckzentrums (Phase 5.1) zeigt eine verstärkte Biotropie, während die anderen Phasen überwiegend gleich verteilt sind bzw. kaum schwanken. Der Frühling, der Herbst und der Winter variieren unterschiedlich bezüglich der Wetterphasen, zu erkennen ist aber nach wie vor der typische 2 Phasenverlauf, mit jeweils einem Maximum im Hochdruckgebiet und einem im Tiefdruckgebiet.

Die stärksten Wetterphasendifferenzen zwischen erhöhter und verminderter Biotropie finden im Herbst zwischen dem Aufgleitprozess der nahenden Warmfront und dem Okklusionsdurchgang statt.

Insgesamt zeigt diese Arbeit, dass nach dem Königstein/Tölzer Schema für den Berliner Raum ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Aortendissektionen und dem Wetter besteht. Ein erhöhtes Aufkommen bei bestimmten Wetterlagen ist demnach in den kalten und wechselhaften Jahreszeiten vor allem im Herbst, aber auch im Winter und Frühling, im Bereich der Druckzentren, zu erwarten. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass das Wetter nicht als alleinige Ursache für das Ausbrechen einer Aortendissektion festgemacht werden darf, sondern lediglich als einer von mehreren stressfördernden Faktoren, der bei einer drohenden Aortendissektion den Ausbruch beschleunigen kann.

## **7 Ausblick**

Diese Arbeit zeigt mithilfe des Tölzer Schemas eine Verbindung zwischen Aortendissektionserkrankungen und dem Wetter für den Berliner Raum. Um die Konsistenz dieser Untersuchung zu bestätigen, müssten weitere Analysen für andere Ballungsräume durchgeführt werden, welche dann mit den hier aufgeführten Ergebnissen identisch sein sollten.

Zudem stellt das Tölzer Schema ein subjektives Analyseverfahren dar, welches mithilfe von objektiven Verfahren geprüft werden sollte. Da, wie in Kapitel 5.4 erwähnt, derzeit keine



automatisierte Frontenanalyse für den operativen Gebrauch zur Verfügung steht, müsste sich hierbei mit alternativen Wetterparametern beholfen werden. Eine dieser Alternativen stellt die Vorticity dar, mit deren Hilfe sich die Wirbelstärke eines Druckgebildes ausdrücken lässt. Hiermit ließe sich also die Lage und zudem die Stärke der Zyklonen und Antizyklone für unterschiedliche Höhenschichten bestimmen. Da Vorticitydaten nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich hochaufgelöst zur Verfügung stehen, würden sich diese für eine multivariate Prüfung der Ergebnisse eignen.

Sollte eine umfassende Prüfung der Ergebnisse erfolgreich sein, wäre eine verbesserte Versorgung des betroffenen Patienten möglich, da behandelnde Ärzte frühzeitig auf eine kommende Häufung der Aortendissektionserkrankungen aufmerksam gemacht werden könnten. Behandelnde Ärzte könnten somit bei ihrer Diagnose schneller ihr Augenmerk auf eine mögliche Aortendissektion richten, womit wertvolle Zeit zur nötigen Operation gespart werden würde und somit die Sterberate herabgesetzt werden könnte.

## **8 Danksagung**

Die vorliegende detaillierte Untersuchung resultiert aus Problemstellungen, die sich bei behandelnden Ärzten des Herzzentrum Berlins (Prof. Dr. med. Dr. h.c.mult. Roland Hetzer) ergaben. Bei Herrn Dr. Kurz und bei Herrn PD. Dr. Knosalla möchte ich mich für die Bereitstellung der Aortendissektionsfälle bedanken.

Danken möchte ich Frau Prof. Dr. S. Sodoudi für die stets offene und konstruktive inhaltliche Diskussion. Bei Frau Dr. I. Langer möchte ich mich für die Übernahme des Zweitgutachtens bedanken und die viele Zeit, die sie für die Korrektur meiner Arbeit investiert hat.

Zuletzt bedanke ich mich auch bei meinen Eltern für die Unterstützung meines Studiums in jeglicher Form.

## 9 Literatur

Becker, F., Ströder, U., (1962): Wirkungen kurzfristiger Änderungen der Biosphäre, in: Amelung, W., Evers, A. (Hrsg.): Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, (Schattauer) Stuttgart, 603-655.

Becker, P., Bucher, K., Jendritzky, G., Kaminski, U., Koppe, C., Laschewski, G., (2007): Gesundheitsrisiken durch Klimawandel, in: *Promet Jahrg. 33 Nr. 3/4, Biometeorologie des Menschen*, DWD, Offenbach/Main, 148-156.

Benouaich, V., Soler, P., Gourraud, P.A., Lopez, S., Rousseau, H., Marcheix, B., (2009): Impact of meteorological conditions on the occurrence of acute type A aortic dissections, *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 10 (2010), Frankreich, 403–407.

Bläsing, J., Koppe, C., (2010): *Angewandte Human-Biometeorologie, Präsentationsfolien*, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung des DWD, Freiburg.

Brezowsky, H., (1965): Meteorologische und biologische Analysen nach der Tölzer Arbeitsmethode, *Meteorologische Rundschau* Jg. 18, Heft 6.

Brezowsky, H., (1965): *Die Abhängigkeit des Herzinfarkts von Klima, Wetter und Jahreszeit*, Aus der Medizin-Meteorologischen Beratungsstelle Bad Tölz des Deutschen Wetterdienstes.

Hansen, M.S., Nogareda G.J., Hutchison S.J., (2007): Frequency of and inappropriate treatment of misdiagnosis of acute aortic dissection, in: *American Journal of Cardiology* 2007, Volume 99, 852-856.

Ince, H., Akin, I., Kische, S., Bünger, C. M., Tehders, T.C., Aienaber, C. A., (2011): Diagnostik und Therapie der Aortendissektion, in: *Gefäßchirurgie* 2011 Volume 16, Springer-Verlag: 570–577.

Kling, C.K., (2010): *Biometeorologie in Sozialen Medien*, Diplomarbeit, Universität Koblenz, Landau.

Liljequist, G.H., Cihak, K., (1984): *Allgemeine Meteorologie*, 3. Auflage, (Vrlg.) Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig/Wiesbaden.

Malberg, H., (1997): *Meteorologie und Klimatologie, eine Einführung*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

Mehta, R.H., Manfredini, R., Hassan, F., Sechtem, U., Bossone, E., Oh, J.K., Cooper, J.V., Smith, D.E., Poraluppi, F., Penn, M., Hutchison, S., Nienaber, C.A., Isselbacher, E.M., Eagle, K.A., (2002): Chronobiological Patterns of Acute Aortic Dissection, in *Circulation*, Journal of the American Heart Association, online Publikation, Dallas.

Rehders, T.C., Hüseyin, I., Schneider, H., Chatterjee, T., Nienaber, C. A., (2006): Diagnostisches und therapeutisches Management bei akutem Aortensyndrom, in: *Kardiologie up2date* Volume 2, Georg Thiem Verlag KG Stuttgart, New York: 75-88.

Repanos, C., Chadha, N.K., (2005): Is there a relationship between weather conditions and aortic dissection?, research article, *BMC Surgery* Volume 5, 21.

Scholling, W.E., (1964): Elemente der physiologischen Adaption. *Med. Klin.* 59, 2049 -1054.

Sievers, H.H., Schmidtke, C., (2011): Diagnostische Wege und Irrwege der akuten thorakalen Aortendissektion, in: *Herz 2011* Volume 36, (Urban & Vogel) Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Lübeck 2011: 474-479.

Sönning, W., (2007): Wetter und Gesundheit: Die Suche der Medizinmeteorologie nach dem biotropen Wetterfaktor, *umwelt-medizin-gesellschaft*, 20, 3, 212-218.

Spittell, P.C., Spittell, J.A., Joyce, J.W., Tajik AJ, Edwards, W.D., Schaff, H.V., Stanson, A.W., (1993): Clinical features and differential diagnosis of aortic dissection: Experience with 236 cases (1980 through 1990), in: *Mayo Clinic Proceedings* Volume 68, 642–651.

Struppler, V., (1931): „Gibt es Einflüsse der Witterung auf den Eintritt des Todes?“, aus dem Pathologischen Institut des Krankenhauses München-Schwabing, *Virchows Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin* Volume 283, Springer Link: 231-264.

Ungeheuer, H., Kügler H., (1957): Meteorologie-Biologie-Medizin, *Arzneimittelforschung* 7 , Cantor, Württemberg, 370-380.

Walser, K., Bieber, E., Dannerbeck, G., Gropper, M., Hropot, M.,Lankenfeld, H., Mayer, J., Vergho, H., Viktor, M., (1972): Klinische Beiträge zur Kenntnis der akuten Mastitis (Mastitis acuta gravis) des Rindes, in: 3. Mitteilung: Der Einfluss des Wetters, *Tierärztl. Wschr.* 17, Berlin und München: 330 – 333.

aufruf am 12.9.2013, DWD Klimadaten Dahlem 1981-2010:

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_klimadaten\\_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_\\_Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten\\_\\_kostenfrei%2Fausgabe\\_\\_standardformat\\_\\_node.html%3F\\_\\_nnn%3Dtrue&\\_state=maximized&\\_windowLabel=T82002](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fausgabe__standardformat__node.html%3F__nnn%3Dtrue&_state=maximized&_windowLabel=T82002).