

Luftmassen, Wetterlagen und Schlaganfälle in der Region Augsburg

Christoph Beck, Michael Ertl, Benjamin Kühnbach, Jasmin Hartmann, Gertrud Hammel, Annette Straub, Esther Giemsa, Stefanie Seubert, Verena Fricke, Andreas Philipp, Claudia Traidl-Hoffmann, Jens Soentgen, Jucundus Jacobeit, Markus Naumann

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Beck, Christoph, Michael Ertl, Benjamin Kühnbach, Jasmin Hartmann, Gertrud Hammel, Annette Straub, Esther Giemsa, et al. 2020. "Luftmassen, Wetterlagen und Schlaganfälle in der Region Augsburg." In *Umwelt und Gesundheit*, edited by Jens Soentgen, Ulrich M. Gassner, Julia von Hayek, and Alexandra Manzei, 279–92. Baden-Baden: Nomos.
<https://doi.org/10.5771/9783845296951-277>.

Luftmassen, Wetterlagen und Schlaganfälle in der Region Augsburg

Christoph Beck, Michael Ertl, Benjamin Kühlbach, Jasmin Hartmann, Gertrud Hammel, Annette Straub, Esther Giemsa, Stefanie Seubert, Verena Fricke, Andreas Philipp, Claudia Traidl-Hoffmann, Jens Soentgen, Jucundus Jacobeit und Markus Naumann

Inhaltsübersicht

0. Einleitung	279
1. Datengrundlage und Vorgehensweise	282
2. Zusammenhänge zwischen Luftmassen bzw. Wetterlagen und Schlaganfällen	286
3. Zusammenfassung und Ausblick	288
Literatur	289

0. Einleitung

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind Schlaganfälle die wichtigste umweltassoziierte Erkrankung weltweit, diejenige, auf deren Konto die meisten Todesfälle gehen.¹ Schlaganfallerkrankungen sind nicht nur eine der häufigsten Todesursachen, sondern auch die häufigste Ursache für dauerhafte Pflegebedürftigkeit in Deutschland und weltweit². Darüber hinaus schränken neurologische Folgeerkrankungen wie Aphasie, Hemiparese, Demenz oder Depressionen die Lebensqualität von Schlaganfallpatienten häufig nachhaltig stark ein.³ Die höchsten Gesundheitskosten in Deutschland resultieren aus kardiovaskulären Erkrankungen und Schlaganfällen⁴, denen daher für Medizin und Gesundheitsversorgung enorme – auch volkswirtschaftliche – Relevanz zukommt. Für Schlaganfall bekannte Risi-

1 WHO o. J.

2 Benjamin et al. 2017.

3 Béjot et al. 2016.

4 Robert Koch-Institut 2015.

kofaktoren sind vor allem Bluthochdruck, Diabetes mellitus, erhöhtes Cholesterin, Rauchen, Alkoholkonsum sowie Herzrhythmusstörungen.⁵

Aus einer Vielzahl von Studien ergeben sich deutliche Hinweise darauf, dass die Auftrittshäufigkeit und Schwere von Schlaganfallerkrankungen auch von den meteorologischen/witterungsklimatologischen und weiteren Umweltfaktoren, wie etwa der Luftqualität (beispielsweise Feinstaubkonzentration), beeinflusst wird. Zusammenhänge zwischen Lufttemperatur und Schlaganfällen bzw. Schlaganfall-Subtypen wurden beispielsweise in Großbritannien⁶, Deutschland⁷, Portugal⁸, Italien⁹, der Türkei¹⁰, Japan¹¹, China¹², Russland¹³ und den USA¹⁴ ermittelt. Aus den genannten Studien ergaben sich überwiegend nachteilige Effekte von Temperaturanomalien – negativen wie positiven – sowie kurzfristigen Temperaturänderungen.

Nicht immer konsistente Effekte auf Schlaganfallerkrankungen konnten daneben aber auch für weitere meteorologische Parameter wie Luftdruck¹⁵ und relative Luftfeuchtigkeit¹⁶ aufgezeigt werden.

So konnten beispielsweise kurzfristige Luftdruckschwankungen für aneurysmatische Subarachnoidalblutungen¹⁷, zerebrale Infarkte, intrazerebrale Blutungen und transitorisch ischämische Attacken (TIA)¹⁸ verantwortlich gemacht werden. Die Wirkung der Luftdruckschwankungen zeigte sich hierbei teilweise bedeutsamer als die Lufttemperatureffekte.¹⁹

Über die schlaganfallrelevante Wirkung einzelner meteorologischer/witterungsklimatologischer Parameter wird insbesondere auch der kombinierten Wirkung von Anomalien verschiedener Variablen Bedeutung für

5 Benjamin et al. 2017; Robert Koch-Institut 2015.

6 Dawson et al. 2008; Kovats et al. 2004.

7 Rakers et al. 2015; Kyobutungi et al. 2005.

8 Maghalães et al. 2011; Azevedo et al. 1995.

9 Morabito et al. 2011.

10 Çevik et al. 2015.

11 Matsumoto et al. 2010; Ohwaki et al. 2004.

12 Goggins et al. 2012.

13 Feigin et al. 2000.

14 Rivera-Lara et al. 2015; Ebi et al. 2004.

15 Rakers et al. 2015; Morabito et al. 2011; Jimenez-Conde et al. 2008; Dawson et al. 2008.

16 Rakers et al. 2015; Goggins et al. 2012.

17 Zacharias 2012; Law et al. 2009; Abe et al. 2008; Setzer et al. 2007; Landers et al. 1997.

18 Kriszbacher et al. 2010.

19 Zacharias 2012; Jimenez-Conde et al. 2008; Landers et al. 1997.

Schlaganfallerkrankungen beigemessen.²⁰ Damit zeigt sich auch, dass es nicht ausreicht, nur einzelne Faktoren zu beachten, vielmehr kommt es auf das Zusammenwirken der Faktoren an. Und hier setzt unsere Forschung an.

Zur Untersuchung dieser synergetischen Gesundheitswirkung des Wetters können sogenannte Luftmassen- und/oder Wetterlagenklassifikationen eingesetzt werden, die unterschiedliche großskalige und/oder lokale meteorologische/witterungsklimatologische Parameter kombiniert zur Quantifizierung der atmosphärischen Situation heranziehen.²¹ Entsprechende Klassifikationen werden erfolgreich in verschiedenen Bereichen der Klimawissenschaften zur Analyse der Zusammenhänge zwischen atmosphärischen Bedingungen und Umweltparametern eingesetzt.²² Im Rahmen gesundheitsbezogener Studien findet eine Anwendung dieser Verfahren bisher allerdings selten statt.²³

Die eingehende Untersuchung der geschilderten Zusammenhänge zwischen Umwelt- und Klimafaktoren und Schlaganfallerkrankungen in der Region Augsburg ist der Gegenstand einer Forschungs Kooperation zwischen Neurologen, Klima- und Umweltwissenschaftlern, Epidemiologen und Umweltmedizinern des Universitätsklinikums Augsburg (Klinik für Neurologie und klinische Neurophysiologie), der Universität Augsburg (Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung; Wissenschaftszentrum Umwelt – WZU), des Helmholtz Zentrums München (HMGU) und des Universitären Zentrums für Gesundheitswissenschaften am Klinikum Augsburg (UNIKA-T).

Die Forschungs Kooperation intendiert die detaillierte Untersuchung der Zusammenhänge zwischen verschiedenen Klima- und Umweltfaktoren und Schlaganfallerkrankungen und hierbei insbesondere die Identifikation derjenigen Einflussfaktoren, die nachweis- und quantifizierbaren Einfluss auf Schlaganfallerkrankungen in der Region Augsburg haben.

Ausgangspunkt war dabei die klinische Beobachtung, dass an bestimmten Tagen bestimmte Typen von Schlaganfällen sehr auffällig gehäuft auftraten. An anderen Tagen hingegen war es umgekehrt auffallend ruhig in den Ambulanzen des Klinikums. Dies führte zu der Vermutung, dass hier Umwelteinflüsse im Spiel sein könnten. Als diese Beobachtungen mit Um-

20 Berginer et al. 1989; Jimenez-Conde et al. 2008.

21 Z. B. Philipp et al. 2016.

22 Z. B. Beck et al. 2014; Beck et al. 2015.

23 Urban/Kyselý 2015; Hondula et al. 2014; Kyselý/Huth 2010a; Kyselý/Huth 2010b; Kassomenos et al. 2001.

weltwissenschaftlern der Universität Augsburg diskutiert wurden, war bald die Idee für ein gemeinsames Forschungsprojekt geboren.

Der vorliegende Beitrag stellt die Datengrundlagen, zentrale Vorgehensweisen und erste Ergebnisse unserer Studien vor, die im Rahmen der interdisziplinären Forschungsk Kooperation zu den Zusammenhängen zwischen Luftmassen/Wetterlagen und der Aufttrittshäufigkeit von Schlaganfallerkankungen in der Region Augsburg durchgeführt und zum Teil bereits an anderer Stelle publiziert worden sind.²⁴

Das Verständnis und die quantitative Erfassung dieser Zusammenhänge ist unerlässliche Voraussetzung für geplante weiterführende Forschungsarbeiten, die – auf der Grundlage belastbarer Erkenntnisse zur Wirkung von Klima-/Umwelteinflüssen auf Schlaganfallerkankungen – Abschätzungen kurzfristiger, wetter- und umweltbedingter Variationen sowie Projektionen möglicher langfristiger klimawandelbedingter Änderungen des Schlaganfallrisikos bis zum Ende des 21. Jahrhunderts liefern sollen.

Entsprechende – hinreichend verlässliche – Aussagen sollen es im Weiteren Patienten und medizinischen Versorgungseinrichtungen erlauben, rechtzeitig adäquate präventive und kurative Maßnahmen zu treffen. Wenn man wüsste, dass bei bestimmtem Wetter mit einer erhöhten Häufigkeit von Schlaganfällen in unserer Region gerechnet werden muss, kann man Vorsorge treffen: gewissermaßen anhand der Wettervorhersage. Und Vorsorge könnte nicht nur das Klinikum treffen, auch die Patienten selbst könnten sich vorsehen, indem man sie darauf aufmerksam macht, dass bei diesem oder jenem Wetter eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für einen Schlaganfall besteht. Im Idealfall könnte damit zukünftig das Auftreten von Schlaganfällen verhindert bzw. die Folgeschwere der Erkrankung durch eine adäquate medizinische Versorgung minimiert werden.

1. Datengrundlage und Vorgehensweise

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Luftmassen/Wetterlagen und Schlaganfällen in der Region Augsburg bestehen am Forschungsstandort Augsburg ausgezeichnete Voraussetzungen. Man benötigt einerseits, um Statistik betreiben zu können und zu verlässlichen Aussagen zu gelangen, eine hohe Zahl an Patienten, die auch gut dokumentiert sind.

Genau dies ist in Augsburg gegeben: Das Universitätsklinikum Augsburg verfügt über eine in Deutschland einzigartige Versorgungssituation

24 Ertl et al. 2019.

von Schlaganfallpatienten: durch die starke Zentralisierung auf einen Maximalversorger in der Region und das Fehlen weiterer neurologischer Kliniken und *Stroke Units* im Umkreis von bis zu 50 km erfolgt hier eine lückenlose Erfassung betroffener Patienten. Dies führt zu einer sehr umfangreichen Patientenzahl (~ 1.800/Jahr) und gewährt eine flächendeckende und homogene Datenerfassung. Für den Zeitraum seit 2006 umfasst die verfügbare Datenbasis ca. 18.000 Schlaganfälle, die zusätzlich nach unterschiedlichen Kriterien (ICD – *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*, TOAST – *Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment*) in Subtypen kategorisiert sind.

Andererseits müssen Umweltfaktoren über lange Zeiträume und in hoher Qualität gemessen werden, wenn mit Aussicht auf Erfolg versucht werden soll, Zusammenhänge festzustellen. Auch diese Voraussetzung ist in Augsburg erfüllt: Am Institut für Geographie (Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung) sind meteorologische Datensätze und verschiedene methodische Ansätze zur Klassifikation von Luftmassen und Wetterlagen verfügbar.²⁵

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen erfolgte die quantitative Charakterisierung der schlaganfallrelevanten meteorologisch-witterungsklimatologischen Bedingungen in der Region Augsburg in Form einer sogenannten Luftmassenklassifikation.²⁶ Zur Ermittlung relevanter Luftmassen werden hierbei meteorologische Messwerte der offiziellen Beobachtungsstation des Deutschen Wetterdienstes in Augsburg-Mühlhausen herangezogen. Aus spezifischen Kombinationen von Messwerten der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und weiterer Kenngrößen ergibt sich hierbei die Zuordnung einzelner Tage des Untersuchungszeitraums zu sieben Luftmassenkategorien, die sich maßgeblich hinsichtlich der mit ihrem Auftreten verbundenen Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse unterscheiden lassen.

Die sieben unterschiedenen Luftmassen sind maßgeblich charakterisiert zum einen durch ihre jeweiligen Luftfeuchtigkeitsverhältnisse – *moist* (M), *dry* (D) – und zum anderen durch ihre unterschiedlichen Temperaturniveaus – *tropical* (T), *moderate* (M), *polar* (P). Zusätzlich zu den sechs Luftmassenkategorien, die sich aus Kombinationen der Temperatur- und Feuchtigkeitsniveaus ergeben, wird eine siebte Luftmassenkategorie TR

25 Z. B. Beck et al. 2007, Philipp et al. 2016.

26 Kalkstein/Corrigan 1986; Davis/Kalkstein 1990; Sheridan 2002; Beck et al. 2018; Kühnbach 2018.

(*transient*) definiert, die durch eine ausgeprägte kurzfristige Wechselhaftigkeit der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse gekennzeichnet ist. Insgesamt ergeben sich die folgenden sieben Luftmassenkategorien:

- DT – trocken-tropisch
- DM – trocken-gemäßigt
- DP – trocken-polar
- MP – feucht-polar
- MM – feucht-gemäßigt
- MT – feucht-tropisch
- TR – transient/wechselhaft

deren klimatische Charakteristika in Abbildung 1 dargestellt sind.

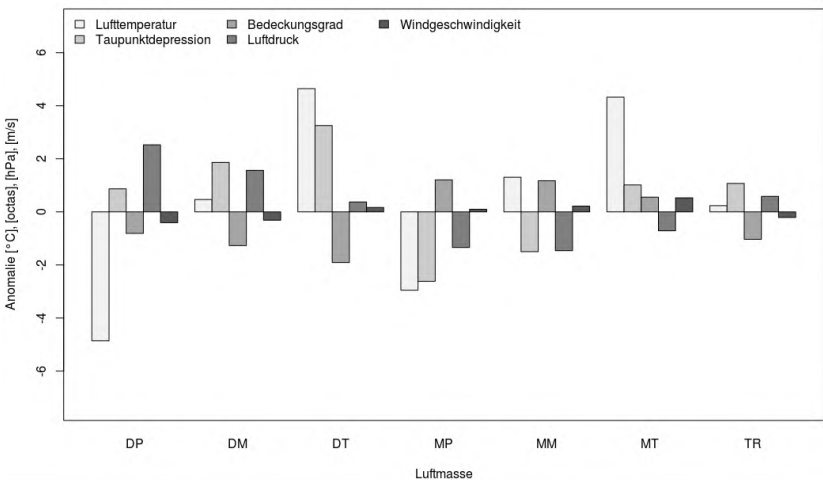


Abb. 1: Mittlere monatliche meteorologische Anomaliecharakteristika der sieben Luftmassenkategorien im Zeitraum 2006-2015²⁷

27 Dargestellt sind Anomalien – mittlere Differenzen zum jeweiligen monatlichen Mittelwert – der Tageswerte der Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$); des Luftdruckes (hPa); der Taupunktniedrigung um 15 UTC ($^{\circ}\text{C}$); des Bedeckungsgrades (octas); der Windgeschwindigkeit (m/s). Für die Luftmassenkategorien DP, dry polar; DM, dry moderate; DT, dry tropical; MP, moist polar; MM, moist moderate; MT, moist tropical; TR, transitional.

Die sieben resultierenden Luftmassen unterscheiden sich aber nicht nur bezuglich eines spezifischen meteorologischen Parameters – z. B. der Lufttemperatur oder der Luftfeuchtigkeit – sondern repräsentieren unterschiedliche meteorologische/witterungsklimatologische Bedingungen, unter Berücksichtigung des Zusammenspiels verschiedener meteorologischer Parameter. So zeigen sich zwischen den Luftmassenkategorien beispielsweise auch deutliche Differenzierungen bezuglich des Bedeckungsgrades oder des Luftdruckes (Abb. 1).

Die im Jahresverlauf variablen Auftrittshufigkeiten der Luftmassenkategorien in Augsburg sind in Abbildung 2 dokumentiert.

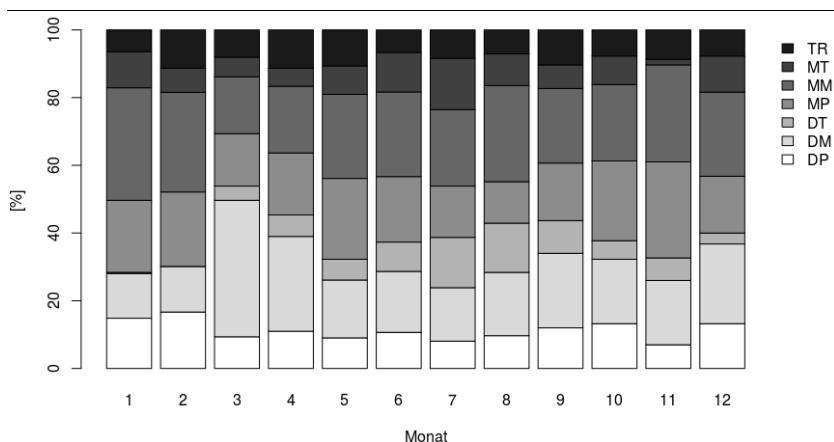


Abb. 2: Relative monatliche Auftrittshufigkeiten der Luftmassenkategorien im Zeitraum 2006-2015²⁸

Die in der Region Augsburg am häufigsten auftretenden Luftmassenkategorien sind MM (*moist moderate* – feucht-gemaigt) und DM (*dry moderate* – trocken-gemaigt). Im Wesentlichen auf die Sommermonate beschränkt ist das Auftreten der trockenen tropischen Luftmassen.

Über die hier vorgestellte Luftmassenklassifikation hinaus beziehen weiterführend angewendete fortgeschrittenere Ansätze der Wetterlagenklassifikation zum einen neben den lokalen meteorologischen Bedingungen auch die großräumigen atmosphärischen Verhältnisse – etwa die Luftdruckver-

28 TR, transitional type; MT, moist tropical; MM, moist moderate; MP, moist polar; DT, dry tropical; DM, dry moderate; DP, dry polar.

teilung über Europa – und zum anderen beispielsweise auch relevante Parameter aus verschiedenen atmosphärischen Niveaus in die Bestimmung der Wetterlagen mit ein, um auf diese Weise die potentiell Schlaganfallrelevanten atmosphärischen Bedingungen möglichst umfassend zu berücksichtigen.²⁹

In einem weiterführenden Untersuchungsschritt werden die ermittelten Luftmassen- bzw. Wetterlagenkategorien sodann bezüglich der Häufigkeit der mit ihrem Auftreten verbundenen Schlaganfallerkrankungen statistisch analysiert, um auf diese Weise diejenigen Luftmassen bzw. Wetterlagen zu identifizieren, deren Auftreten mit einem statistisch signifikant erhöhten bzw. reduzierten Schlaganfallrisiko verbunden sind. Hierbei werden neben den zeitlich synchronen Zusammenhängen zwischen Einflussfaktoren und Zielgröße – vorherrschende Luftmassenkategorie am Tag des Schlaganfalles - auch zeitversetzte Effekte – Veränderungen der Luftmassencharakteristik im Vorfeld (bis zu fünf Tage) des Schlaganfalles - adäquat berücksichtigt.

2. Zusammenhänge zwischen Luftmassen bzw. Wetterlagen und Schlaganfällen

Aus den oben skizzierten initialen Untersuchungen ergeben sich statistisch signifikante Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen Luftmassen und Schlaganfällen in der Region Augsburg. Es ist dabei allerdings festzuhalten, dass die Zusammenhänge bei Betrachtung unterschiedlicher Patientengruppen (kategorisiert nach z. B. Alter, Geschlecht, Risikofaktoren), verschiedener Schlaganfall-Subtypen (z. B. makroangiopathische oder kardiogen-embolische Schlaganfälle) und bei Zugrundelegung unterschiedlicher jahreszeitlicher Zusammenfassungen durchaus uneinheitlich und teilweise sogar gegensätzlich ausgebildet sein können.³⁰ Es ist also nicht so, dass sich einfach sagen ließe: Wenn es sonniges, trockenes Wetter ist, haben wir mehr (oder weniger) Schlaganfälle. Das liegt unter anderem daran, dass mit dem Wort „Schlaganfall“ recht unterschiedliche Erkrankungen bezeichnet werden. So gibt es den ischämischen Schlaganfall, der durch Blutgefäßverstopfung zustandekommt. Ein anderer Schlaganfalltypus ist der hämorrhagische, bei dem Gefäßwände reißen und Blut austritt. Beiden Erkrankungen liegen unterschiedliche Ursachen zugrunde, auch unter-

29 Z. B. Fricke 2018.

30 Ertl et al. 2019.

schiedliche Mechanismen, auch wenn die Symptome ähnlich oder gar identisch sein können. Weil aber der Mechanismus ein jeweils anderer ist, wird dann auch plausibel, dass Umwelteinflüsse wie etwa die hier herangezogenen Luftmassen sich unterschiedlich auswirken können. Dies ist auch, was wir tatsächlich beobachten konnten.

Bei gesamtjähriger Betrachtung treten für einige Schlaganfall-Subtypen bei trockenen und warmen Luftmassen (*dry tropical* – DT) statistisch signifikant erhöhte Schlaganfallhäufigkeiten auf während das Schlaganfallrisiko bei trockenen und kalten Luftmassen (*dry polar* – DP) signifikant reduziert erscheint (siehe Abbildung 3). Betrachtet man ergänzend die Temperaturentwicklung im Vorfeld des Schlaganfallereignisses so scheint sich ein Anstieg der Lufttemperatur positiv (reduzierend), ein Temperaturabfall dagegen negativ (erhöhend) auf das Schlaganfallrisiko auszuwirken.

Differenzierungen dieser Zusammenhänge ergeben sich zum einen mit Blick auf verschiedene Schlaganfall-Subtypen (nicht gezeigt). So bedingen trockene und warme Luftmassen (DT) zwar einerseits ein geringeres Risiko für hämorrhagische Schlaganfälle, sie sind aber andererseits mit erhöhten Häufigkeiten makroangiopathischer Schlaganfälle verbunden. Von makroangiopathischen Schlaganfällen spricht man, wenn ein Verschluss eines hirnversorgenden Blutgefäßes vorliegt. Trockene und kalte (DP) Luftmassen weisen erhöhte Häufigkeiten intrazerebraler Blutungen und gleichzeitig ein geringeres Risiko für ischämische Schlaganfalltypen auf. Feuchte Luftmassen scheinen mit reduzierten Häufigkeiten makroangiopathischer Schlaganfälle einherzugehen.

Ausgeprägte Temperaturanstiege über fünf Tage sind mit reduzierten Auftretishäufigkeiten hämorrhagischer Schlaganfälle, Temperaturzunahmen generell mit geringerem Auftreten makroangiopathischer und kardiogen-embolischer Schlaganfälle verbunden. Hingegen sind distinkte Temperaturabfälle mit einem erhöhten Risiko für makroangiopathische Schlaganfälle assoziiert.

Zum anderen zeigen sich aber auch ausgeprägte Unterschiede der Zusammenhänge zwischen Luftmassen und Schlaganfallhäufigkeiten bei Berücksichtigung verschiedener nichtklimatischer Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht oder spezifischer Risikofaktoren wie etwa Nikotinkonsum, Bluthochdruck, Übergewicht, erhöhtem Cholesterin oder Diabetes.³¹

31 Ertl et al. 2019.

Die diesen Befunden potentiell zugrundeliegenden pathophysiologischen Wirkzusammenhänge sind in einem jüngst publizierten Artikel von Ertl und Co-Autoren³² ausführlicher erläutert.

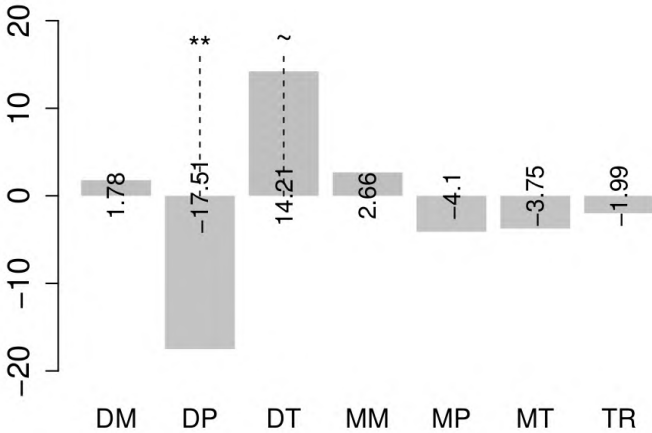


Abb. 3: Relativ erhöhte/reduzierte Schlaganfallmorbidityen der sieben Luftmassenkategorien in Augsburg³³

3. Zusammenfassung und Ausblick

Auf der Grundlage einer umfangreichen Schlaganfall-Datenbasis für die Region Augsburg und unter Verwendung synoptisch-klimatologischer Klassifikationsmethoden konnten statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen dem Auftreten unterschiedlicher Luftmassenkategorien und der Auftretshäufigkeit von Schlaganfallerkrankungen nachgewiesen werden. Darüber hinaus konnte die Relevanz kurzfristiger Temperaturänderungen für das Auftreten von Schlaganfällen/Schlaganfallsubtypen bestätigt werden.

32 Ertl et al. 2019.

33 Für gesamtjährliche Betrachtung, ohne Differenzierung nach Schlaganfall-Subgruppen ** bzw. ~ indizieren statistische Signifikanz der Abweichungen für $\alpha = 0.01$ bzw. $\alpha = 0.1$ ($\alpha =$ zugrundegelegte Irrtumswahrscheinlichkeit des verwendeten Ein-Stichproben t-Tests).

Aufbauend auf den hier dokumentierten Untersuchungen und den sich daraus ergebenden initialen Resultate sind im Rahmen der interdisziplinären Forschungskooperation zum übergeordneten Thema „Umweltfaktoren und Schlaganfälle in der Region Augsburg“ weiterführende Analysen geplant, die vertiefte Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen Umweltfaktoren und Schlaganfällen in der Region Augsburg liefern werden.

Ein wesentliches Element dieser zukünftigen Forschungen wird insbesondere die Entwicklung optimierter Wetterlagenklassifikationen darstellen³⁴, die in noch höherem Maße als die bisher eingesetzten Klassifikationsansätze geeignet sein werden die bedeutsamsten schlaganfallrelevanten meteorologisch-witterungsklimatologischen Einflussgrößen zu identifizieren und bezüglich ihrer Gesundheitseffekte zu quantifizieren. Hierbei werden verstärkt auch relevante nichtklimatische Umweltfaktoren, insbesondere Luftqualitätsparameter, in die Untersuchungen integriert werden, um den gesundheitsrelevanten Wechselwirkungen zwischen klimatischen und nichtklimatischen Parametern angemessen Rechnung zu tragen.

Auf der Grundlage solchermaßen optimierter Zusammenhangsanalysen sollen schließlich statistische Modelle entwickelt werden, die eine begründete Abschätzung des mit spezifischen Umweltfaktoren verbundenen Schlaganfallrisikos in der Region Augsburg erlauben und die damit die Grundlage für die langfristig angestrebte Entwicklung von ‚Schlaganfall-Warnsystemen‘ darstellen können.

So kann dann aus dieser Grundlagenforschung ein sehr konkreter Nutzen für die Patienten entstehen. Zwar können die Risikofaktoren – das Wetter – nicht nach Belieben verändert werden, man kann aber die Versorgung optimieren und damit die Folgen von Schlaganfällen so gering wie möglich halten. Bedenkt man, dass eine sofortige optimale Versorgung bei Schlaganfällen von ebenso entscheidender Wichtigkeit ist wie bei Herzinfarkten, erkennt man, wie wichtig eine solche Zielsetzung ist.

Literatur

- Abe, T/Ohde, S/Ishimatsu, S/Ogata, H/Hasegawa, T/Nakamura, T/Tokuda, Y (2008):* Effects of meteorological factors on the onset of subarachnoid hemorrhage. In: *Journal of Clinical Neuroscience*, 15: 9, 1005-1010.
- Azevedo, E/Ribeiro, HA/Lopes, F/Martins, R/Barros, H (1995):* Cold: a risk factor for stroke? In: *Journal of Neurology*, 242: 4, 217-221.

34 Fricke 2018.

- Beck, C/Jacobeit, J/Jones, PD (2007): Frequency and within-type variations of large scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in Central Europe since 1780. In: *Int. J. Climatol.*, 27: 4, 473-491.
- Beck, C/Weitnauer C/Jacobeit, J (2014): Downscaling of monthly PM10 indices at different sites in Bavaria (Germany) based on circulation type classifications. In: *Atmospheric Pollution Research*, 5: 4, 741-752.
- Beck, C/Philipp, A/Jacobeit, J (2015): Interannual drought index variations in Central Europe related to the large-scale atmospheric circulation - application and evaluation of statistical downscaling approaches based on circulation type classifications. In: *Theoretical and Applied Climatology*, 121: 3-4, 713-732.
- Beck, C/Kühlbach, B/Ertl, M/Naumann, M/Straub, A/Giemsas, E/Seubert, S/Soentgen, J/Jacobeit, J (2018): Stroke occurrence in the Augsburg region (Southern Germany) related to air masses and weather types. In: *Geophysical Research Abstracts*, 2018: 20 10117.
- Béjot, Y/Bailly, H/Durier, J/Giroud, M (2016): Epidemiology of stroke in Europe and trends for the 21st century. In: *La Presse Médicale*, 45: 12, 391-398.
- Benjamin, EJ/Blaha, MJ/Chiuve, SE/Cushman, M/Das, SR/Deo, R/de Ferranti, SD/Floyd, J/Fornage, M/Gillespie, C/Isasi, CR/Jiménez, MC/Chaffin Jordan, L/Judd, E/Lackland, D/Lichtman, JH/Lisabeth, L/Liu, S/Longenecker, CT/Mackey, RH/Matsushita, K/Mozaffarian, D/Mussolino, ME/Nasir, K/Neumar, RW/Palaniappan, L/Pandey, DK/Thiagarajan, RR/Reeves, MJ/Ritchey, M/Rodriguez, CJ/Roth, GA/Rosamond, WD/Sasson, C/Toufighi, A/Tsao, CW/Turner, MB/Virani, SS/Voeks, JH/Willey, JZ/Wilkins, JT/Wu, JH/Alger, HM/Wong, SS/Muntner, P On behalf of the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee (2017): Heart Disease and Stroke Statistics – 2017 Update: A Report From the American Heart Association. In: *Circulation*, 135: 10, 146-603.
- Berginer, VM/Goldsmith, J/Batz, U/Vardi, H/Shapiro, Y (1989): Clustering of strokes in association with meteorologic factors in the Negev Desert of Israel: 1981-1983. In: *Stroke*, 20: 1, 65-69.
- Çevik, YN/Doğan, Ö/Daş, M/Ahmedali, A/Kul, S/Bayram, H (2015): The association between weather conditions and stroke admissions in Turkey. In: *International Journal of Biometeorology*, 59: 7, 899-905.
- Davis, R/Kalkstein, L (1990): Development of an automated spatial synoptic climatological classification. In: *Int J Climatol*, 10: 8, 769-794.
- Dawson, J/Weir, C/Wright, F/Bryden, C/Aslanyan, S/Lees, K/Bird, W/Walters, M (2008): Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland. In: *Acta Neurologica Scandinavica*, 117: 2, 85-89.
- Ebi, KL/Exuzides, KA/Lau, E/Kelsh, M/Barnston, A (2004): Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California, 1983-1998. In: *International Journal of Biometeorology*, 49: 1, 48-58.
- Ertl, M/Beck, C/Kühlbach, B/Hartmann, J/Hammel, G/Straub, A/Giemsas, E/Seubert, S/Philipp, A/Traidl-Hoffmann, C/Soentgen, J/Jacobeit, J/Naumann, M (2019): New insights into weather and stroke: influences of specific air masses and temperature changes on stroke incidence. In: *Cerebrovasc Dis*, 47: 5-6, 275-284.

- Feigin, VL/Nikitin, YP/Bots, ML/Vinogradova, TE/Grobbee, DE (2000): A population-based study of the associations of stroke occurrence with weather parameters in Siberia, Russia (1982–92). In: *European Journal of Neurology*, 7: 2, 171-178.
- Fricke, V (2018): Zusammenhänge zwischen Wetterlagen und Schlaganfällen im Raum Augsburg. Master Thesis University of Augsburg.
- Goggins, WB/Woo, J/Ho, S/Chan, EYY/Chau PH (2012): Weather, season, and daily stroke admissions in Hong Kong. In: *International Journal of Biometeorology*, 56: 5, 865-872.
- Hondula, DM/Vanos, JK/Gosling, SN (2014): The SSC: a decade of climate-health research and future directions. In: *International Journal of Biometeorology*, 58: 2, 109-120.
- Jimenez-Conde, J/Ois, A/Gomis, M/Rodriguez-Campello, A/Cuadrado-Godia, E/Subirana, I (2008): Weather as a trigger of stroke. Daily meteorological factors and incidence of stroke subtypes. In: *Cerebrovascular Disease*, 26: 4, 348-354.
- Kalkstein, LS/Corrigan, P (1986): A synoptic climatological approach for geographical analysis: assessment of sulfur dioxide concentrations. In: *Ann Assoc Am Geogr.*, 76: 3, 381-395.
- Kassomenos, P/Gryparis, A/Samoli, E/Katsouyanni, K/Lykoudis, S/Flocas, HA (2001): Atmospheric circulation types and daily mortality in Athens. In: *Environmental Health Perspectives*, 109: 6, 591-596.
- Kovats, RS/Hajat, S/Wilkinson, P (2004): Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. In: *Occupational and Environmental Medicine*, 61: 11, 893-898.
- Kriszbacher, I/Csboth, I/Fülöp, A/Boncz, I/Köbalmi, A/Müller, A/Bódis, J (2010): The influence of meteorological factors on cerebral infarction, intracerebral hemorrhage, subarachnoid hemorrhage and transient ischemic attack. In: *Value in Health*, 13: 7, A344.
- Kühlbach, B (2018): Development of a synoptic air mass classification and statistical relationships with strokes in the Augsburg region. Master Thesis University of Augsburg.
- Kyobutungi, C/Grau, A/Stieglbauer, G/Becher, H (2005): Absolute temperature, temperature changes and stroke risk: A case-crossover study. In: *European Journal of Epidemiology*, 20: 8, 693-698.
- Kyselý, J/Huth, R (2010a): Evaluating heat-related mortality in Korea by objective classifications of 'air masses'. In: *International Journal of Climatology*, 30: 10, 1484-1501.
- Kyselý, J/Huth, R (2010b): Relationships between summer air masses and mortality in Seoul: Comparison of weather-type classifications. In: *Physics and Chemistry of the Earth*, 35: 9, 536-543.
- Landers, AT/Narotam, PK/Govender, ST/van Dellen, JR (1997): The effect of changes in barometric pressure on the risk of rupture of intracranial aneurysms. In: *British Journal of Neurosurgery*, 11: 3, 191-195.

- Law, HY/Wong, GK/Chan, DT/Wong, L/Poon, WS (2009): Meteorological factors and aneurysmal subarachnoid haemorrhage in Hong Kong. In: Hong Kong Medical Journal, 15: 2, 85-89.
- Magalhães, R/Carolina Silva, M/Correia, M/Bailey, T (2011): Are stroke occurrence and outcome related to weather parameters? Results from a population-based study in northern Portugal. In: Cerebrovascular Diseases, 32: 6, 542-551.
- Matsumoto, M/Isbikawa, S/Kajii, E (2010): Cumulative Effects of Weather on Stroke Incidence: A Multi-Community Cohort Study in Japan. In: Journal of Epidemiology, 20: 2, 136-142.
- Morabito, M/Crisci, A/Vallorani, R/Amedeo Modesti, P/Gensini, GF/Orlandini, S (2011): Innovative approaches helpful to enhance knowledge on weather-related stroke events over a wide geographical area and a large population. In: Stroke, 42: 3, 593-600.
- Ohwaki, K/Yano, E/Murakami, H/Nagashima, H/Nakagomi, T (2004): Meteorological factors and the onset of hypertensive intracerebral hemorrhage. In: International Journal of Biometeorology 49: 2, 86-90.
- Philipp, A/Beck, C/Huth, R/Jacobeit, J (2016): Development and comparison of circulation type classifications using the COST 733 dataset and software. In: Int. J. Climatol. 36: 7, 2673-2691.
- Rakers, F/Schiffner, R/Rupprecht, S/Brandstadt, A/Witte, OW/Walthert, M/Schlattmann, P/Schwab, M (2016): Rapid weather changes are associated with increased ischemic stroke risk: a case-crossover study. In: Eur J Epidemiol, 31: 2, 137-146.
- Rivera-Lara, L/Kowalski, LB/Schneider, EB/Tamargo, RJ/Nyquist, P (2015): Elevated Relative Risk of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage With Colder Weather in the Mid-Atlantic Region. In: Journal of Clinical Neuroscience, 22: 10, 1582-1587.
- Sheridan, S (2002): The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. In: Int. J Climatol, 22: 1, 51-68.
- Urban, A/Kyselý, J (2015): Application of spatial synoptic classification in evaluating links between heat stress and cardiovascular mortality and morbidity in Prague, Czech Republic. In: International Journal of Biometeorology, 62: 1, 85-96.
- WHO – World Health Organisation (o. J.): Environment and Health: The big picture. URL: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-EN.pdf; 24.9.2019.
- Zacharias, S (2012): Literaturstudie zum Einfluss des Wetters auf die menschliche Gesundheit. Umweltbundesamt: UBA-FB-00.