

UNIA Universität Augsburg
Wissenschaftszentrum
Umwelt

Jahresbericht 2019



Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

PROJEKTTEAM

- Dr. Markus Homann
markus.homann@geo.uni-augsburg.de
Tel.: +49 (0) 821 598 2650
- M.Sc. Selina Thanheiser
selina.thanheiser@geo.uni-augsburg.de
Tel.: +49 (0) 821 598 – 2655
- Prof. Dr. Jucundus Jacobeit
jucundus.jacobeit@geo.uni-augsburg.de
Tel.: +49 (0) 821 598 - 2670
- PD Dr. Christoph Beck
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de
Tel.: +49 (0) 821 598 - 2129
- PD Dr. Andreas Philipp
a.philipp@geo.uni-augsburg.de
Tel.: +49 (0) 821 598 – 2266
- Sabina Hüttinger
sabina.huettinger@outlook.de
- Dr. Klaus Haslinger
klaus.haslinger@zamg.ac.at
Tel.: +43(0)1 36026 2236
- Dr. Michael Hofstätter
michael.hofstaetter@zamg.ac.at
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Annemarie Lexer
annemarie.lexer@zamg.ac.at
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Dr. Mag. Christoph Matulla
christoph.matulla@zamg.ac.at
Tel.: +43(0)1 36026 2217

- Mag. Georg Pistotnik
georg.pistotnik@zamg.ac.at
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Prof. Dr. Günther Blöschl
bloeschl@hydro.tuwien.ac.at.
Tel.: +43(0)1 58801 22315
- Dipl.-Ing. Dr. techn. Jürgen Komma
komma@hydro.tuwien.ac.at
Tel.: +43 (0)1 58801 223160
- Ing. Dr. techn. José Salinas
salinas@hydro.tuwien.ac.at
+43 (0)1 58801 22312

PROJEKTPARTNER

- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Wien
- Technische Universität Wien

FÖRDERUNG

- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
- Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus (Österreich)

PROJEKTLAUFZEIT

- Juni 2018 - Juni 2021

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Worum geht es?

Das Forschungsprojekt WETRAX+ ist die Weiterführung des deutsch-österreichischen Projektes WETRAX (Weather Patterns, CycloneTracks and related precipitation Extremes - „Auswirkungen des Klimawandels auf großflächige Starkniederschläge in Süddeutschland und Österreich“), das sich von 2012 bis 2015 mit der Klimawandelanalyse von Wetterlagen und Zugbahnen beschäftigt hat, welche vor allem für die Entstehung von Hochwasserereignissen in mittleren und großen Flussgebieten von Bedeutung sind.

WETRAX+ soll nun im Zeitraum von 2018 bis 2021 einen wichtigen Beitrag zur Vertiefung des Wissens über hydrometeorologische Zusammenhänge und damit für das staatliche Management von meteorologisch-hydrologischen Extremereignissen liefern. Erstmals sollen lokale Extremereignisse, die zu Sturzfluten führen, einbezogen (Jacobeit et al. 2018) und neben starken Niederschlagsereignissen auch Trockenperioden berücksichtigt werden. Das Untersuchungsgebiet liegt im südlichen Mitteleuropa und umfasst Teile Deutschlands, Österreichs, der Schweiz und Tschechiens.

Der Augsburger Forschungsschwerpunkt in WETRAX+ konzentriert sich insbesondere auf verschiedene Wetterlagen- bzw. Zirkulationstypklassifikationen sowie die Untersuchung der Eigenschaften von atmosphärischen Zirkulationsmustern, die für Extremereignisse wie Starkniederschläge und Trockenperioden relevant sind.

Zielsetzung und Methoden

Das Ziel von Zirkulationstypklassifikationen ist es, eine Vielzahl singulärer Ausprägungsformen, wie zum Beispiel die täglichen Luftdruckverhältnisse über Mitteleuropa, zu einer komprimierten Anzahl von Klassen zu verdichten (Homann 2017). Diese Zirkulationstypen werden genutzt, um die Veränderung von großräumigen Starkniederschlägen und Trockenperioden im Klimawandel zu untersuchen. Das zentrale Verfahren zur Abschätzung künftiger Extremereignisse basiert auf der Übertragung rezenter Zirkulationstypen auf Zirkulationsdaten szenariobasierter Modellsimulationen (Hofstätter et al. 2015).

Mit der Software aus der COST Action 733 (Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications for European Regions) werden großräumige atmosphärische Zirkulationstypen abgeleitet (Philipp et al. 2016). Bereits im Vorläufer-WETRAX-Projekt fand eine systematische Auswertung der Abbildungsleistungen unterschiedlicher Klassifizierungskataloge der COST-Software auf den Starkniederschlag statt. Hierbei stellte sich die SANDRA Methode (Simulated Annealing and Diversified Randomization nach Philipp et al. 2007), die der Familie der nicht-hierarchischen Clusteranalysen zuzuordnen ist, als anderen Methoden überlegen bezüglich der Stratifikation von Niederschlag heraus. Mit dieser Methode können zudem weitere, über die Zirkulationsfelder hinausgehende Parameter (z.B. Feuchtefelder) miteinbezogen werden, was einen deutlichen Vorteil hinsichtlich der Abschätzungsqualität bietet und zur Auswahl dieser Methode für alle weiteren Untersuchungen geführt hat. Eine mittlere Anzahl von 18 Klassen verhindert, dass durch zu geringe Klassenstärken Spezialfälle in einer Klasse dominieren, die in den Klimamodellen nicht abgebildet werden können.

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Für die Klassifikationen werden atmosphärische Variablenfelder aus gegitterten täglichen JRA55-Reanalysedaten (JMA - Japanische Meteorologische Agentur 2018) und aus gegitterten, täglichen Niederschlagsdaten (ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 2018) für den Zeitraum 1961-2015 verwendet. Von der ZAMG stehen zudem Daten über Zyklonenzugbahnen im Untersuchungsgebiet zur Verfügung. Alle Eingangsgrößen werden im Klassifikationsprozess spezifisch gewichtet.

Die Abbildungsleistung der Zirkulationstypklassifikation in Bezug auf den Niederschlag wird mit dem dichotomen Gütemaß Brier-Skill-Score (BSS) überprüft. „Starke Gebietsniederschläge“ sind als tägliche Niederschläge jenseits des 95%-Perzentsils 1961-2015 definiert. Zur Vermeidung der ausschließlichen Berücksichtigung von Vb-Wetterlagen sollen im WETRAX+ Projekt auch Niederschläge über dem 75%-, 80%-, 85% und 90%- Perzentil analysiert werden.

Da beim entgegengesetzten Extrem nicht nur einzelne Trockentage untersucht werden sollen, sondern v.a. andauernde Trockenperioden, wird Trockenheit als Perzentilwertunterschreitung des langjährigen Niederschlagsmittels bezogen auf den Zeitraum 1961 bis 2015 definiert und ebenfalls mithilfe des BSS überprüft.

Die jeweils identifizierten Zirkulationstypen werden anschließend hinsichtlich ihrer Persistenz untersucht. Das bedeutet, es wird ermittelt, wie viele Tage hintereinander ein bestimmter Zirkulationstyp auftritt. Es geht dabei darum, langanhaltende synoptische Situationen zu erfassen, weshalb Typen, welche lokal zu ähnlichen Verhältnissen führen, zusammengefasst betrachtet werden, womit vergangene Extremereignisse zirkulationsbasiert identifiziert werden können (Richardson et al. 2018).

Durchführung und Ergebnisse

In einem ersten Schritt findet die Niederschlagsregionalisierung des Untersuchungsgebietes mittels s-modaler Hauptkomponentenanalyse (s-PCA) statt, um Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität zu identifizieren. Im Untersuchungsgebiet resultieren sechs derartige Regionen. Diese lassen sich jeweils durch eine gewichtet gemittelte Niederschlagszeitreihe charakterisieren, wobei als Gewichte die Korrelationen zwischen den Hauptkomponenten bzw. Regionen und den zugehörigen Gitterboxen fungieren.

In den letzten Monaten wurden im WETRAX+ Projekt optimierte Zirkulationstypklassifikationen sowohl für den Starkniederschlag als auch für die Trockenheit entwickelt.

Starkniederschlag

Die aus dem Vorläufer-WETRAX hervorgegangene, auf die Zielgröße des Niederschlags konditionierte Klassifikation wurde in WETRAX+ um die Kovariante Zyklonenzugbahnen erweitert. Die Bestimmung dieser Cyclone Tracks erfolgte durch die Detektion lokaler Minima des MSLP Luftdruckfeldes (Hofstätter 2015). Die Zugbahnen werden dabei durch zehn voneinander abgegrenzte Sektoren definiert. Die Daten zu den Zyklonenzugbahnen gingen in Form des täglichen Druckminimums für den Zeitraum 1961 bis 2015 in die Zirkulationstypklassifikation ein. Die Niederschlagsdaten gehen auf Basis der Regionalisierung in Form von sechs täglich aufgelösten Niederschlagszeitreihen (gewichtetes Mittel aller Gitterboxen einer Region ähnlicher Niederschlagsvariabilität) in die Klassifikation ein. Hinsichtlich der atmosphärischen Variablen aus den Reanalysedaten ergibt sich eine Kombination aus middle-

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

rem Meeresspiegelluftdruck (hPa), Vertikalgeschwindigkeit (hPa/h) im 700 hPa Niveau und relativer Luftfeuchte (%) im 700 hPa Niveau als jene mit der besten Abbildungsleistung für den Starkniederschlag.

Trockenheit

Für die Zirkulationstypklassifikation hinsichtlich von Trockenperioden wurde unter den verfügbaren atmosphärischen Variablen der Reanalysedaten zunächst nach der besten Kombination und Gewichtung gesucht, da hier nicht auf eine bereits bestehende Klassifikation aus dem Vorgängerprojekt zurückgegriffen werden konnte. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Kombination der atmosphärischen Variablen mittlerer Meeresspiegelluftdruck (hPa), relative Luftfeuchtigkeit (%), zonale Windkomponente (m/s), meridionale Windkomponente (m/s), letztere im 700 hPa Niveau, und Lufttemperatur in 2 m Höhe (K) zur besten Abbildungsleistung der Klassifikation führt.

Tabelle 1 a-b gibt Auskunft über die Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der beiden finalen Klassifikationen sowie über deren Abbildungsleistung in Form des BSS (Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität).

Die starkniederschlags- bzw. trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen werden anhand der relativen Häufigkeiten der Zirkulationstypstage über dem 95. Perzentil für den Starkniederschlag bzw. unter dem 20. Perzentil für die Trockenheit identifiziert. Sind mehr als 20 % der Auftrittstage eines Zirkulationstypen oberhalb des 95. Perzentils bzw. unterhalb des 20. Perzentils, so gilt ein Zirkulationstyp als starkniederschlags- bzw. trockenheitsrelevant.

In Abbildung 1a und 1b werden die Luftdruckkonfigurationen [hPa] sowie der mittlere tägliche Niederschlag [mm] der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen dargestellt. Es handelt sich überwiegend um gemischte Zirkulationsformen, wobei insbesondere Typ 5 ein Cut-Off-Low andeutet. Die mittlere tägliche Niederschlagssumme dieser Typen liegt regional bei bis zu 60 mm.

In Abbildung 1c werden entsprechend die Luftdruckkonfigurationen [hPa] sowie die Boxplots des Niederschlags [mm] (Mittelwert aller Gitterboxen aller Tage) des jeweiligen Zirkulationstyps der trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen dargestellt. Bei Typ 1 und Typ 14 handelt es sich um ein dominantes Hoch über Zentral-Ost-Europa. Typ 2 zeigt einen Hochdruckkeil vom Azorenhoch Richtung Zentral-Ost-Europa, Typ 4 eine schwach antizyklonale Südwest-Lage. Das tägliche Niederschlagsmittel liegt bei den trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen bei maximal 5 mm

Aus den beiden Zirkulationsklassifikationen sind also nun Zirkulationstypen identifiziert worden, die einerseits für starke Niederschläge und andererseits für Trockenheit im Untersuchungsgebiet verantwortlich sind. Mit diesen Typen ist es möglich, vergangene und auch künftige Extremereignisse zu erkennen. Denn wenn aufeinanderfolgende Tage ausfindig gemacht werden können, an denen ausschließlich entweder trockenheits- oder starkniederschlagsrelevante Zirkulationstypen vorkommen, so ist davon auszugehen, dass es sich um eine Periode mit starken Niederschlägen bzw. um eine Periode langanhaltender Trockenheit handelt. Das Wissen darüber, wie sich vergangene Extremereignisse zirkulationsdynamisch zusammensetzen, kann dabei helfen, sie auch in der Zukunft erkennen zu können.

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Starkniederschlag					
Luftdruck auf Meeresniveau [hPa]	Vertikalgeschwindigkeit [hPa/h]	Relative Feuchte [%]	Niederschlag [mm]	Zyklonenzugbahn n [hPa]	Brier Skill Score (1961-2015)
	700 hPa	700 hPa			
1	5	5	10	2	0.36 – 0.63

Tabelle 1a: Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der finalen WETRAX+ Klassifikationen hinsichtlich von Starkniederschlag sowie Brier-Skill-Score Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität.

Trockenperioden						
Luftdruck auf Meeresniveau [hPa]	Relative Feuchte [%]	U-Wind Komponente [m/s]	V-Wind Komponente [m/s]	Temperatur [K]	Niederschlag [mm]	Brier-Skill-Score (1961-2015)
	700 hPa	700 hPa	700 hPa	2 m		
1	2	1	1	3	18	0.41 – 0.72

Tabelle 1b: Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der finalen WETRAX+ Klassifikationen hinsichtlich von Trockenperioden sowie Brier-Skill-Score Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität.

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

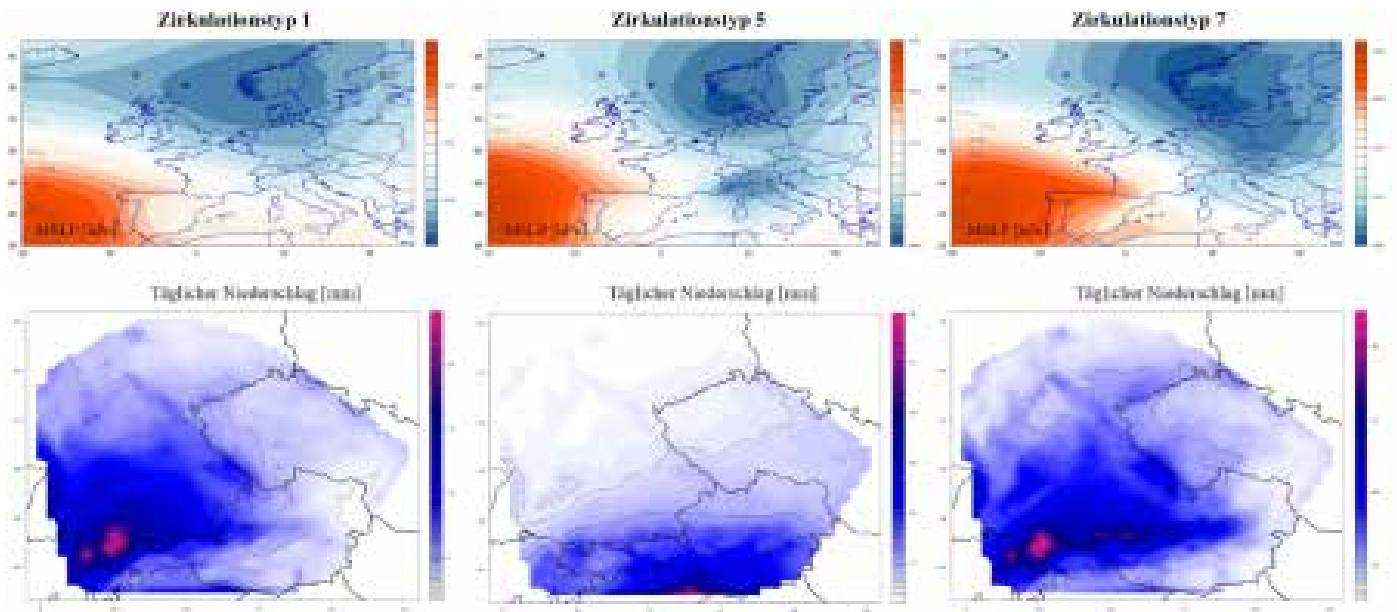


Abb. 1a: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 5, 7, 9, 14, 16 mit zugehörigem mittlerem Tagesniederschlag [mm].

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

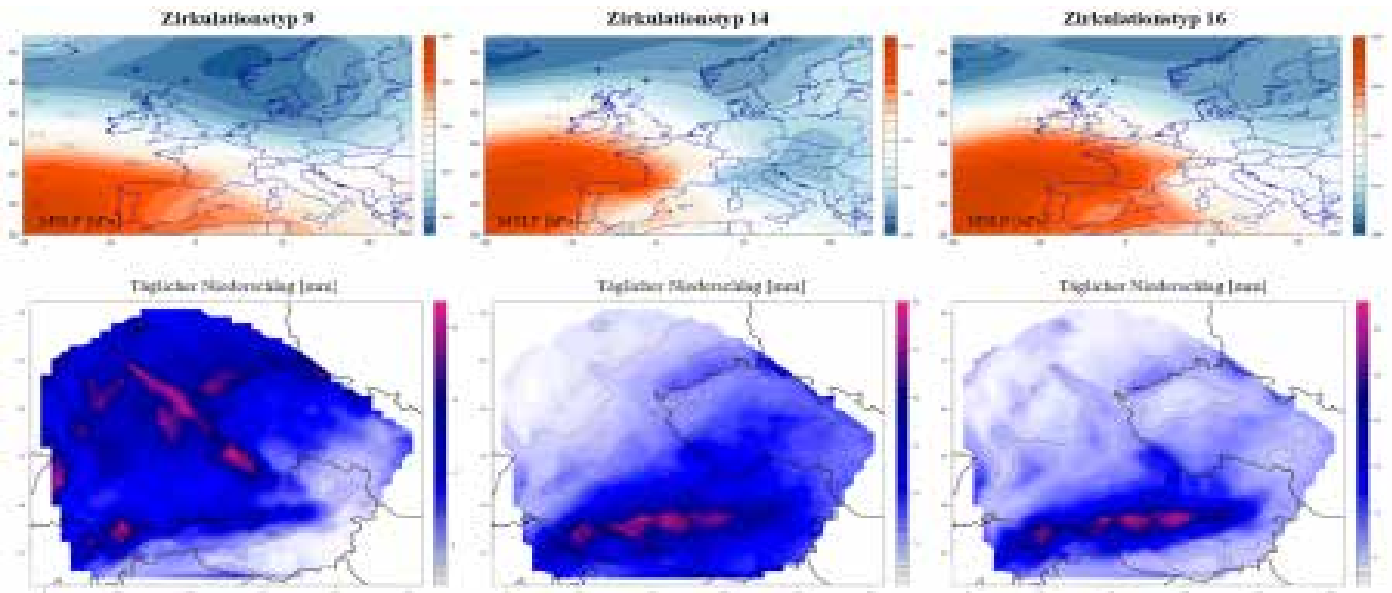


Abb. 1b: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 5, 7, 9, 14, 16 mit zugehörigem mittlerem Tagesniederschlag [mm].

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

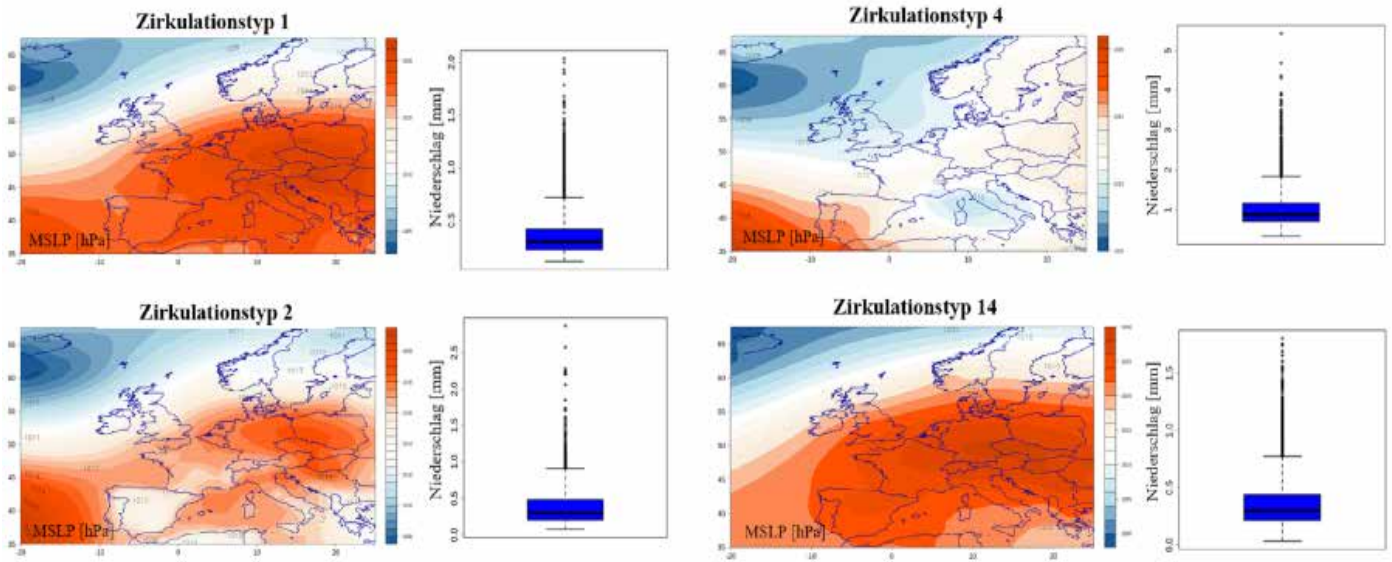


Abb. 1c: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 2, 4, 14 mit zugehörigen Boxplots des täglichen Niederschlags (Mittelwert aller Gitterboxen aller Tage) [mm].

Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Literatur

- Hofstätter, M. (2015): Die „Vb“ Zugbahn, Bulletin Österreichische Gesellschaft für Meteorologie [Hrsg.] 2 (15), S. 21-28.
- Hofstätter, M., Jacobeit, J., Homann, M., Lexer, A., Chimenti, B., Philipp, A., Beck, C., Ganekind, M. (2015): Wetrax: Weather Patterns, Cyclone Tracks and Related Precipitation Extremes, Manuskripte Geographica Augustana (19), S. 1-240.
- Homann, M. (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf atmosphärische Zirkulationstyphäufigkeiten und starke Gebietsniederschläge im südlichen Mitteleuropa. Dissertation an der Fakultät für Angewandte Informatik der Universität Augsburg, S. 1-129.
- Jacobeit, J., Blöschl G., Komma, J., Stahl, N., Hofstätter, M., Haslinger, K., Pistotnik, G. (2018): WETRAX+: Welche Wetterlagen führen zu Sturzfluten? Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 40 (18), S. 5-10.
- JMA - Japanische Meteorologische Agentur (2018): JRA55 Reanalyse Variablen 1958-2017, <https://rda.ucar.edu/>.
- Philipp, A., Beck, C., Huth, R., Jacobeit, J. (2016): Development and Comparison of Circulation Type Classifications Using the COST 733 Dataset and Software. International Journal of Climatology 36, S. 2673–2691.
- Philipp, A., Della-Marta, P. M., Jacobeit, J., Fereday, D. R., Jones, P. D., Moberg, A., Wanner, H. (2007): Long Term Variability of Daily North Atlantic-European Pressure Patterns Since 1850 Classified by Simulated Annealing Clustering. Journal of Climate, 20 (16), S. 4065-4095.
- Richardson, D., Kilsby, C., G., Fowler H., J., Bárdossy, A. (2018): Weekly to Multi-Month Persistence in Sets of Daily Weather Patterns over Europe and the North Atlantic Ocean, International Journal of Climatology 39 (4), S. 1-16.
- ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2018): Klimaübersichten, Oberösterreich, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>.