
KURZZUSAMMENFASSUNG

0 Motivation

0a – Warum wurde diese Untersuchung gemacht?

Mitteleuropa war in den letzten zwanzig Jahren mehrmals von außergewöhnlichen Starkniederschlagsereignissen betroffen, von denen einige zu herausragenden Hochwasserereignissen geführt haben, wie im Juli 1997 an der Oder, im Mai 1999 an der Donau, im August 2002 an Elbe und Donau oder großräumig im Mai/Juni 2010 und 2013. Im Zuge des globalen Klimawandels stellt sich nun die Frage, ob es zukünftig durch Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation und/oder durch die Zunahme der Lufttemperatur und -feuchtigkeit zu einem veränderten Risiko für derartige Starkniederschlagsereignisse kommt.

1 Inhalt der Untersuchung

1a – Inhalt und Ziele des Vorhabens

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Veränderung von großräumigen Starkniederschlagsereignissen im Klimawandel für den Zeitraum von 1951 bis 2100. Das Untersuchungsgebiet umfasst Süddeutschland, Österreich und angrenzende Teile der Schweiz sowie Tschechiens. Als innovativer Ansatz wurden starkniederschlagsrelevante Muster der atmosphärischen Zirkulation parallel nach zwei verschiedenen Vorgehensweisen bestimmt und ausgewertet. Diese Muster umfassen einerseits großräumige Zirkulationstypen („Wetterlagen“) und andererseits Zugbahnen von Tiefdruckgebieten. Die Erkenntnisse sollen helfen, hochwasserrelevante Niederschlagsereignisse hinsichtlich der großräumigen atmosphärischen Vorgänge identifizieren und besser verstehen zu können und Entscheidungsträger im Hochwassermanagement mit belastbaren Fakten in der Entwicklung von Klimawandelanpassungsstrategien zu unterstützen.

1b – Sind kleinräumige (konvektive) Starkniederschlagsereignisse in dieser Untersuchung berücksichtigt?

Kleinräumige, konvektive Niederschläge, die nur in Einzelfällen substanziell zu extremen Niederschlägen in einer gesamten Region beitragen, werden in dieser Arbeit nicht thematisiert. Somit ist kein Rückschluss auf die gesamte Änderung der Niederschlagscharakteristik möglich.

1c – Wie kann mit der erarbeiteten Methodik die Hochwasservorhersage unterstützt werden?

Durch die quantitative Bestimmung der Starkniederschlagsrelevanz von Zugbahnen von Tiefdruckgebieten und von großräumigen Zirkulationstypen über Europa kann die Hochwasservorhersage qualitativ unterstützt werden, da die neu gewonnenen Erkenntnisse zu einem besseren Verständnis der hydro-meteorologischen Zusammenhänge beitragen.

1d – Ist eine direkte Aussage über die zukünftige Entwicklung von Hochwassern möglich?

Aus den Ergebnissen kann keine direkte Aussage über Hochwasser abgeleitet werden. Jedoch lässt sich aus den erzielten Resultaten eine konkrete Aussage über das potentielle Risiko von Hochwassern ableiten.

2 Starkniederschlagsrelevante Zugbahnen und Zirkulationstypen

2a – Welche atmosphärischen Zirkulationstypen (ZT) sowie Zugbahnen von Tiefdruckgebieten (ZB) sind starkniederschlagsrelevant (snr)?

Tiefdruckgebiete im Bodendruckfeld, welche im Bereich der Alpensüdseite entstehen und dann über den Alpenostrand nach Mitteleuropa ziehen (Vb-Zugbahn), weisen mit Abstand die größte Starkniederschlagsrelevanz auf. Besonders häufig sind diese in höheren Luftschichten mit einem sogenannten „Cut-Off“ Tief über dem Alpenraum oder Mitteleuropa verbunden. Als „cut-off-low“ wird ein Tiefdruckgebiet bezeichnet, welches eine kreisförmige Struktur aufweist und sich von der Polarfront abgelöst hat. Dieses meist stationäre Höhentief trägt wesentlich zu der langen Dauer der Niederschlagsereignisse bei. Ein zweites Muster mit hoher Starkniederschlagsrelevanz ist eine zonale Wetterlage mit einem starken Bodentief über Mitteleuropa.

Unter den großräumigen Zirkulationstypen (ZT) erweisen sich insbesondere die bereits erwähnten „Cut-Off“ Tiefs in unterschiedlichen Positionen als starkniederschlagsrelevant. Daneben sind südöstlich gerichtete Ausweitungen des subpolaren Tiefdrucks, zonale Zirkulationsmuster („Westwetterlagen“, v.a. für die nördlich und westlich gelegenen Regionen), meridionale Tröge (v.a. für Gebiete südlich des Alpenhauptkamms) sowie Zirkulationsmuster mit nordwestlicher Anströmung (v.a. für den Nordrand der Alpen) von Bedeutung.

2b – Gibt es dabei räumliche und jahreszeitliche Unterschiede?

Vb Zugbahnen sind vor allem im Sommerhalbjahr (Mai-Oktober) in den Einzugsgebieten von Donau, Oder und Elbe relevant. Im Winterhalbjahr (November-April) nimmt diese Zugbahn eine spezielle Rolle in den Regionen im Bereich des Alpenostrandes ein. Zugbahnen des Typs TRZ oder Atlantik sind vorwiegend für die Flüsse Rhein, Ems und Weser von Bedeutung, dabei gibt es keine jahreszeitlichen Unterschiede.

Bei den snr ZT treten „Cut-Off“ Tiefs in allen Jahreszeiten mit Ausnahme des Herbsts besonders hervor. Die südöstlich gerichtete Ausweitung des subpolaren Tiefdrucks ist v.a. im Frühjahr vertreten, während die (für unterschiedliche Regionen relevanten) zonalen, meridionalen und gemischten Zirkulationsmuster v.a. im Herbst und Winter festzustellen sind.

2c – Welche ZT/ZB sind für die stärksten 20 Niederschlagsereignisse verantwortlich?

Je nach Region unterscheiden sich die Termine der größten 2-tägigen Niederschlagsereignisse der letzten 50 Jahre. Grundsätzlich waren dabei in den nordwestlichen Regionen hauptsächlich Tiefdruckgebiete des Zugbahntyps ATL und TRZ sowie in den südöstlichen Regionen solche des Typs Vb, X-S oder X-N verantwortlich.

Von den snr ZT sind – je nach Region – „Cut-Off“ Tiefs, zonale Muster, meridionale Tröge sowie Zirkulationsmuster mit Nordwest-Anströmung vertreten.

2d – Wie sind in diesem Zusammenhang die Ereignisse von 1997, 1999, 2002, 2005, 2013 einzuordnen?

Die fünf größten Niederschlagsereignisse Mitteleuropas (36h-Summe, Mittel über alle Gebiete, absteigende Reihenfolge) im Zeitraum von 1961 bis 2002 sind: 12. August 2002; 19. Juli 1981; 6. August 1985; 8. August 1978; 8. Juli 1996. Bei all diesen Ereignissen ist im Bodenluftdruckfeld ein starkes Vb-Tief zu beobachten gewesen. Andere Ereignisse wie in 1997, 1999 oder 2005 führten regional zu sehr großen Hochwassern, bedingt durch andere hydrologisch-meteorologisch relevante Rahmenbedingungen. Das Ereignis von 2013 ist als eines der größten der letzten 120 Jahre einzuordnen (Blöschl et al., 2013a) und wurde durch ein „Cut-Off“ Tief über Mitteleuropa ausgelöst, welches im Bodenniveau von mehreren, aufeinander folgenden Bodentiefs begleitet wurden. Diese entstanden im westlichen Mittelmeerraum und über dem Balkan (Grams et al., 2013). Von den snr ZT können diesen Ereignissen insbesondere „Cut-Off“ Tiefs, meridionale Tröge sowie südöstlich ausgeweitete Subpolartiefs zugeordnet werden.

3 Prozessverständnis von Vb Ereignissen

3a – Welche Erkenntnisse haben wir hinsichtlich der Vb-Zugbahn gewonnen?

Tiefdruckgebiete auf der Zugbahn Vb sind für die Entstehung von großen Hochwassern von größter Relevanz, obwohl sie sehr selten sind (im Mittel 5 Ereignisse pro Jahr für 1961-2002). Diese Relevanz betrifft im speziellen die Sommermonate und hängt vor allem von einer hohen Intensität der Bodentiefs, einer langen Verweildauer über Mitteleuropa und hohen Niederschlagsintensitäten ab. Viele der stärksten Vb-Tiefs sind im Sommerhalbjahr zu beobachten, dies trifft jedoch nicht auf alle anderen Zugbahntypen zu. Besonders kritisch in diesem Zusammenhang ist die Bodenfeuchte zum Beginn des Niederschlagsereignisses, somit kommt der Wiederholung von ähnlichen Wetterlagen eine spezielle Bedeutung zu.

3b – Gibt es ein „worst-case“ Starkniederschlagsszenario für Mitteleuropa?

Im Zuge dieser Untersuchung konnte analytisch gezeigt werden, dass die größte Wahrscheinlichkeit für ein starkes Niederschlagsereignis über Mitteleuropa dann besteht, wenn ein Tiefdruckgebiet in höheren Luftschichten stationär über dem Alpenraum liegt und das dazugehörige Bodentief entgegen dem Uhrzeigersinn von Oberitalien über den Alpenostrand hin zum Oberlauf der Elbe bzw. Oder zieht. Letzteres entspricht genau der vor über 100 Jahren von Van Bebber erstmalig aufgezeigten Vb-Zugbahn. Das Tiefdruckgebiet muss dazu ebenfalls stark ausgeprägt sein und die Atmosphäre ein hohes Temperatur- und Feuchteniveau aufweisen.

4 Beobachtete Veränderungen

4a – Gibt es Trends von starken Gebietsniederschlägen in der Beobachtungsperiode?

Für die letzten 60 Jahre zeigen sich die deutlichsten Veränderungen bezüglich des Niederschlagsverhaltens im Herbst: in fast allen Regionen (außer Nordosten Österreichs und Südosten Tschechiens) haben sowohl die Starkniederschlagshäufigkeit als auch die Starkniederschlagssummen signifikant zugenommen. Ansonsten treten erhebliche jahreszeitliche wie regionale Unterschiede auf, d.h. ohne einheitliche Tendenz sind neben Zunahmen auch Abnahmen und lediglich insignifikante Änderungen zu erkennen.

4b – Gibt es Trends von snr ZT/ZB in der Beobachtungsperiode?

In den letzten 60 Jahren hat sich die Auftrittshäufigkeit von starkniederschlagsrelevanten Zugbahnen nicht verändert. Davon ausgenommen sind Tiefdruckgebiete, die von Oberitalien in Richtung Südosten wandern (Typ X-S). Diese sind in den letzten 20 Jahren signifikant häufiger zu beobachten.

Auch bei den snr Zirkulationstypen (ZT) sind nur vereinzelt signifikante Änderungen zu beobachten, die sich aber durchaus in regionalen Starkniederschlagstrends widerspiegeln. Während im Winter und Frühjahr sowohl vereinzelt Abnahmen als auch Zunahmen auftreten, hat im Sommer ein selten auftretendes „Cut-Off“ Tief weiter abgenommen und im Herbst eine Zunahme bei zwei snr ZT stattgefunden, die v.a. für den Süden bzw. den westlichen Teil des Untersuchungsgebiets relevant sind.

5 Klimamodelle im Vergleich

5a – Können die verwendeten Klimamodelle die wichtigen ZT/ZB gut wiedergeben?

Für die Bestimmung der Güte der Klimamodelle spielt der Einfluss der räumlichen Auflösung der verwendeten globalen atmosphärischen Referenzdatensätze eine größere Rolle als die Wahl des Klimamodells. Im Vergleich mit ERA-40 zeigt sich, dass alle

Klimamodelle die Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Zugbahntypen auf Jahresbasis gut wiedergeben können. Lediglich beim Typ X-S ist eine deutliche Unterschätzung, beim Typ Vb eine leichte Überschätzung der Auftrittshäufigkeit zu erkennen. Die saisonale Charakteristik wird grundsätzlich von allen Klimamodellen gut erfasst, die neueren Modelle ECHAM5 und EC-Earth weisen dabei eine besonders hohe Güte auf. Allerdings wird in allen untersuchten Klimamodellen die Häufigkeit von starken Vb-Tiefs im Hochsommer stark unterschätzt.

Die wesentlichen Grundzüge der bodennahen atmosphärischen Zirkulation im europäischen Bereich werden von den globalen Klimamodellen hinreichend gut wiedergegeben. Dies zeigt sich insbesondere an den bedeutenden Variabilitätsmodi des Luftdrucks im Meeresniveau, die hinsichtlich der räumlichen Muster, der zugehörigen Varianzerklärungsanteile und etwaiger Saisonalität in allen Klimamodellen beobachtungsnah repräsentiert sind.

5b – Welche Unterschiede zeigen sich in der Güte des (statistisch) modellierten Niederschlages?

In der zirkulationstypenbasierten Untersuchung des Niederschlages wurde im Winter die höchste Modellgüte gefunden. Dies betrifft insbesondere die Regionen Süd, Nordstau, Nordwest und Südwest.

Bei der Validierung der Klimamodelle bezüglich der Zugbahnen basierenden Analyse fällt sowohl bei Untersuchungen auf Jahresbasis als auch auf saisonaler Basis die überaus ähnliche regionale Charakteristik zwischen den einzelnen Realisationen der Klimamodelle ECHAM5 und ECHAM6 auf. Diese spiegelt sich nicht nur auf den beiden Druckniveaus (700 hPa und Meeresniveau) wider, sondern ist auch in der Betrachtung aller Zugbahnen gemeinsam sowie zugbahnspezifisch für Vb, X-N und ATL im Gesamtjahr zu beobachten. Einzelne Realisationen dürften mit einem tieferen Temperaturniveau und somit weniger Feuchte in der Atmosphäre rechnen, wodurch der Ereignisniederschlag stärker unterschätzt wird. Diese Unterschätzung betrifft alle Jahreszeiten (ausgenommen Winter). Diese Saison ist in der Niederschlagsanalyse mittels Zugbahnen jene mit der größten Unsicherheit. Der Frühling und der Herbst weisen die geringsten Abweichungen auf, wobei im Speziellen die auf der Grundlage des Klimamodells EC-Earth statistisch modellierten Niederschlagsmengen im Frühling deutlich unterschätzt werden.

Im Vergleich zu ECHAM5 und ECHAM6 verhält sich EC-Earth gänzlich anders und weist eine ganz eigene Modellcharakteristik auf. Damit wird die Vorgehensweise untermauert, sich bei der Analyse des Klimas nicht nur auf ein einziges Klimamodell zu verlassen!

Der Klimamodellbezogene BIAS (systematische Abweichung der berechneten Werte von einer Referenz) ist im Mittel über alle Regionen sehr klein (ECHAM5 0% bis +15%, ECHAM6 0% bis +10%, EC-Earth 0%), betrachtet man jedoch einzelne Regionen, so fallen in bestimmten Jahreszeiten (vor allem im Sommer und Winter) große positive oder negative Abweichungen auf!

6 Veränderungen in der Klimazukunft

6a – Ändert sich die Auftrittshäufigkeit der snr ZT/ZB in der Klimazukunft?

In der Klimazukunft zeigt sich ein signifikanter Rückgang von -20% in der Anzahl der gefundenen Zugbahnen über Europa. Dieser kommt vor allem aus dem Sommerhalbjahr und weist nur eine geringe Abhängigkeit von der Intensität der Tiefdruckgebiete auf. Der Rückgang gilt in gleichem Maße für die starkniederschlagsrelevanten Typen Vb und ATL, jedoch nicht für die beiden snr Typen X-N und X-S. Für letztere lassen sich aufgrund der Bandbreite der Klimaänderungssignale keine klaren Aussagen über die zukünftigen Veränderungen der Auftrittshäufigkeit ableiten.

Bei den ZT lässt sich im Winter eine Zunahme starkniederschlagsrelevanter zonaler Zirkulationsmuster feststellen, während im Sommer gleichbleibende oder abnehmende Häufigkeiten von snr ZT zu verzeichnen sind. Die geringste Anzahl signifikanter Änderungen ergibt sich im Herbst.

6b – Wie ändern sich die Starkniederschlagsmengen und –häufigkeiten in der Klimazukunft?

Ein Blick über alle Regionen zeigt allgemein eine Zunahme in der Niederschlagsmenge der Starkniederschlagsereignisse. Auf Jahresbasis lässt sich nur für die auf dem 700hPa Niveau analysierten Zugbahnen eine robuste Zunahme in der Niederschlagsmenge von 2021 bis 2050 um +7% bis +9% und von 2071 bis 2100 um +12% feststellen. Auf saisonaler Basis sind die Änderungen deutlich weniger signifikant, wobei jedoch der Sommer mit einer starken Abnahme der Niederschlagsmenge von 2071 bis 2100 für beide Druckniveaus von -10% bis -23% markant hervortritt!

Auf der Grundlage veränderter ZT-Auftrittshäufigkeiten ergeben sich überwiegend ähnliche Änderungen bei Starkniederschlagshäufigkeiten und Starkniederschlagssummen, d.h. die Intensität der regionalen Starkniederschläge bleibt im Mittel annähernd gleich; nur in wenigen Fällen zeigt sich eine Zunahme um etwa +5%. Unter den regionsspezifisch starkniederschlagsrelevanten ZT lässt sich allerdings teilweise eine generelle Niederschlagszunahme in Abhängigkeit von verstärkter Hebung und größerer Luftfeuchtigkeit in der Zukunft feststellen. Diese (statistisch allerdings nicht hinreichend robuste) Zunahme bewegt sich meist zwischen +5% und +12%. Am häufigsten finden sich diese Zunahmen im Sommer, während der Herbst kaum davon betroffen ist. In den übrigen Jahreszeiten trifft dies auf ein Viertel bis knapp der Hälfte aller Fälle zu.

Eine spezielle Auswertung der Vb-Zugbahnen weist auf größere Veränderungen der Starkniederschlagsmengen für diese Ereignisse hin.

6c – Welche Flussgebiete in Mitteleuropa sind besonders betroffen und in welcher Jahreszeit?

Beschränkt man nun die Betrachtung der Änderungen in den Starkniederschlagsereignissen auf Flusseinzugsgebiete, so sind im Frühling in beiden betrachteten Auswer-

tungsperioden (von 2021 bis 2050, von 2071 bis 2100) vor allem jene der Donau und Elbe betroffen (+16%). Im Sommer treten die stärksten und robustesten Änderungen in den Starkniederschlagsmengen für die Einzugsgebiete des Rheins, der Elbe, der Donau, des Inn, der Salzach und der Mur auf (-4% bis -32%). Diese jedoch erst von 2071 bis 2100. Davor zeigen sich in den betrachteten Klimamodellen keine robusten Änderungen.

6d – Gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen der Änderung der Auftrittshäufigkeit (ZB/ZT) und der Änderung der Niederschlagsmenge?

Eine hohe Auftrittshäufigkeit von starkniederschlagsrelevanten Zugbahnen und Zirkulationstypen ist naturgemäß mit einer größeren Anzahl von Niederschlagsereignissen verbunden. Die Niederschlagsmenge hängt davon aber nicht zwingend ab, während Änderungen in der Intensität der relevanten Tiefs, der Stationarität oder der verfügbaren atmosphärischen Feuchte eine wesentlich wichtigere Rolle für die Änderung der Mengen spielen.

7 Unsicherheiten, offene Fragen

7a – Stärken und Schwächen in der Untersuchung (Limitierung)

Schwächen:

- Annahme der Stationarität der aus der Vergangenheit abgeleiteten statistischen Modelle über die Zeit.
- Schwäche der globalen Klimamodelle in der Simulation der Verweildauer eines Tiefs über Mitteleuropa.
- Keine Berücksichtigung von konvektiven und advektiven Prozessen sowie von orographischer Verstärkung in der Niederschlagsmodellierung.
- Keine Berücksichtigung der Abfolge von ähnlichen Zirkulationsmustern hinsichtlich Niederschlag und Bodenfeuchte.

Stärken:

- Erstmalige Kombination zweier grundlegend unterschiedlicher, methodischer Ansätze zur Beantwortung einer gemeinsamen Fragestellung.
- Berücksichtigung von Gebieten mit ähnlicher Niederschlagsvariabilität.
- Unterscheidung von Zugbahntypen mit unterschiedlicher Niederschlagsrelevanz.
- Identifikation und Berücksichtigung von snr Zirkulationsmustern über Europa.

7b – Wie robust sind die Klimaänderungssignale?

Im Vergleich der beiden methodischen Ansätze (Zugbahnen u. Zirkulationstypen) sind die Ergebnisse speziell im Sommer sehr konsistent und robust. Sie indizieren einen generellen Rückgang bei großflächigen Starkniederschlägen, der allerdings nicht auf kleinräumige Konvektiv-Ereignisse übertragen werden kann und auch gegensätzliche Entwicklungen in besonderen Fällen nicht ausschließt. Beispielsweise zeigt sich bei alleiniger Betrachtung des Zugbahntyps Vb eine Zunahme der Starkniederschlagsmengen. Dies widerspricht jedoch nicht der generellen Abnahme, da einerseits Vb-Ereignisse

sehr selten sind und andererseits in den besonders hohen Perzentilen überproportional stark vertreten sind. Damit wirkt sich die Zunahme im Fall von Vb-Ereignissen nicht erkennbar auf die Veränderung der moderaten Extrema (95%-Perzentil) – bei Betrachtung der Gesamtheit aller Zugbahnen – aus.

7c – Gibt es einen erkennbaren Mehrwert der aktuellen Klimamodell-Generation (CMIP5) gegenüber der Vorgängergeneration (CMIP3)?

Das Klimamodell ECHAM6 zeigt teilweise eine stärkere Übereinstimmung der Ergebnisse im Vergleich der einzelnen Modellläufe zueinander als ECHAM5. Generell weisen die Klimamodelle EC-Earth und ECHAM6 (CMIP5) in der statistischen Modellierung des Niederschlages im Mittel einen geringeren BIAS auf als das Modell ECHAM5 (CMIP3). In der Abbildung der Zugbahnen und Zirkulationstypen selbst zeigen sich keine eindeutigen oder systematischen Unterschiede zwischen den Modellgenerationen, prinzipiell bringt jedoch die höhere räumliche Auflösung der neuen Modellgeneration Vorteile.

7d – Welche Fragen sind über WETRAX hinaus relevant?

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen konnten nicht alle Fragestellungen beantwortet werden. Zudem ergeben sich aufgrund der vorliegenden Ergebnisse neue Fragestellungen:

- 1) Betrachtung der Instationaritäten in den Beziehungen zwischen großräumigen Prozessen und lokalen Auswirkungen.
- 2) Berücksichtigung der Abfolge von Ereignissen, Berücksichtigung von konvektiven und advektiven Prozessen.
- 3) Erweiterung des Untersuchungsgebietes auf Osteuropa insbesondere hinsichtlich der aufgezeigten Zunahme der Zugbahn X-S.
- 4) Untersuchung der Persistenz der relevanten Zirkulationsmuster hinsichtlich der Andauer von Niederschlagsereignissen.
- 5) Stärkere Berücksichtigung von typinternen Charakteristika (z.B. Intensität von Tiefdruckgebieten, Verlagerungsgeschwindigkeit, Luftfeuchte).
- 6) Analytische Zusammenführung der unterschiedlichen Methodik (z.B. Zugbahnen als Kovariaten der Zirkulationsklassifikation).
- 7) Wie extrem könnten Niederschlagsereignisse werden – bezüglich Analysen von sehr langen Zeiträumen – gibt es nach oben eine Grenze oder nicht?
- 8) Bessere Extremwertstatistik bei substanziell längeren Analyse-Zeiträumen.
- 9) Verschiebung der Jahreszeiten im Zuge des Klimawandels.
- 10) Erweiterung der Problematik auf Niedrigwassersituationen, nicht nur von Starkniederschlägen und Hochwasser.
- 11) Wie verändern sich die Ergebnisse der ZT und ZB sowie der statistischen Niederschlagsmodellierung bei der Verwendung regionaler Klimamodelle?
- 12) Sind die Ergebnisse der statistischen Niederschlagsmodellierung konsistent mit den Niederschlagssimulationen der regionalen Klimamodelle?
- 13) Wie können die ZT- bzw. ZB-Analysen die hydrologische Klimafolgenforschung zukünftig verbessern?

Abkürzungsverzeichnis der Kurzzusammenfassung

ATL	Zugbahntyp Atlantik: Vom Atlantik über West- und Nordwesteuropa nach Mitteleuropa ziehend.
CMIP3	Klimamodelle und –simulationen der Phase 3 des “Coupled Model Intercomparison Project” als Basis für den vierten Sachstandsbericht des IPCC (2007)
CMIP5	Klimamodelle und –simulationen der Phase 5 des “Coupled Model Intercomparison Project” als Basis für den fünften Sachstandsbericht des IPCC (2014)
Cut Off Tief	Ein Tiefdruckgebiet der höheren Luftschichten, welches sich aus der Polarfront ausgegliedert („abgelöst“) hat und meist eine kreisförmige Struktur aufweist.
snr	Starkniederschlagsrelevant: Als Starkniederschlag wurde jene Niederschlagsmenge festgelegt, welche im Mittel in 5% der Fälle erreicht oder überschritten wird (95.tes Perzentil). Umgekehrt weisen 95% aller Niederschlagsereignisse eine kleinere Niederschlagsmenge auf.
TRZ	Zugbahntyp TRZ: Tiefdruckgebiete welche erstmalig direkt über Mitteleuropa, im Bereich der „Track-Recognition-Zone“, detektiert werden und nicht dem Typen X-N, X-S oder Vb zuordenbar sind.
Vb	Zugbahntyp „fünf b“. Ein bodennahes Tiefdruckgebiet welches auf der Alpensüdseite entsteht und sich über den Alpenostrand hinweg in Richtung Polen verlagert.
X-N	Knapp südlich der Alpen entstehend und nordwärts ziehen (in den ersten 36 Stunden nach der erstmaligen Detektion). Im Unterschied zum Typ Vb erfolgt die Verlagerung nach Norden deutlich weiter östlich.
X-S	Knapp südlich der Alpen entstehend und südwärts ziehen (in den ersten 36 Stunden nach der erstmaligen Detektion).
ZB	Zugbahnen von Tiefdruckgebieten
ZT	Atmosphärische Zirkulationstypen