

Tafel 2.8 Wetterlagen und Niederschlagsverteilung im europäischen Alpenraum

Einleitung

Typische, auf ähnliche Weise wieder und wieder auftretende Wetterlagen gehören zur täglichen Erfahrung der Menschen im Alpenraum. Ein vertrautes Beispiel sind Föhnlagen, bei denen die Anströmung von Luftmassen aus nördlicher oder südlicher Richtung gegen die Alpen erfolgt. Stauniederschläge auf der Windseite und warme, trockene Verhältnisse auf der windabgewandten Seite des Alpenhauptkamms begleiten solche Strömungslagen. In der Wetterlagenklassifikation wird diese Erfahrung genutzt, indem ähnliche meteorologische Situationen zu Gruppen – den Wetterlagen – zusammengefasst werden. Dies erlaubt eine vereinfachte Beschreibung des Wettergeschehens mit Hilfe von typischen Mustern.

Allerdings lehrt die Erfahrung auch, dass das Wetter eines jeden Tages einzigartig ist und sich nicht auf genau gleiche Weise wiederholt. Auch Tage, die derselben Wetterlage zugeordnet werden, können sich im zeitlichen Ablauf, in der lokalen Ausprägung und in der Intensität der auftretenden meteorologischen Phänomene stark unterscheiden. So kommt es nicht in allen Fällen von grossräumiger Südanströmung gegen die Alpen zu Föhnstürmen in den Tälern der Alpennordseite. Die Beschreibung des Wetterablaufs mittels weniger Wetterlagen ist daher zwangsläufig auch unvollständig.

Diese beiden Aspekte, das heisst die vereinfachte, aber unvollständige Beschreibung, sind zugleich die Stärke und die Schwäche von Wetterlagenklassifikationen. Die vorliegende Tafel betont deshalb nicht nur die charakteristischen Merkmale der Wetterlagen, sondern illustriert auch die Unterschiede innerhalb der Wetterlagen. Für die Hydrologie bieten Wetterlagenklassen eine Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen der grossräumigen atmosphärischen Strömung und dem Niederschlag. Als Vorhersageinstrument aber sind sie modernen numerischen Verfahren unterlegen.

Die vorliegende Tafel beschreibt typische Wetterlagen im Alpenraum und die mit ihnen verbundene Niederschlagsverteilung. Zudem werden Schwankungen in der Wetterlagenhäufigkeit von Jahreszeit zu Jahreszeit, von Jahr zu Jahr sowie der Zusammenhang zwischen der vorherrschenden Wetterlage und der räumlichen Verteilung von Druck und Temperatur auf der kontinentalen Skala illustriert.

Automatische Wetterlagenklassifikation

In vielen automatischen Verfahren der Wetterlagenklassifikation werden sowohl die Wetterlagen als auch die Zuordnung einzelner Tage zu diesen Wetterlagen in einem Berechnungsschritt ermittelt. Figur 1 illustriert dieses Prinzip: Mit einem statistischen Verfahren (z.B. einer Clusteranalyse) werden alle Tage eines Untersuchungszeitraums so in Gruppen unterteilt, dass die Verteilung des Drucks oder einer anderen Grösse innerhalb der Gruppen weniger stark variiert als zwischen den Gruppen. Die Mittelwerte von meteorologischen Grössen (Druck, Niederschlag etc.) über alle Tage einer Gruppe beschreiben dann die gemeinsamen Eigenschaften der zur Wetterlage gehörenden Tage.

Für die vorliegende Atlastafel wurde eine Klassifikation ausgewählt, die unter der Abkürzung PCACA bekannt ist [6]. Sie wird hier in einer Variante verwendet, die neun Wetterlagen unterscheidet und für die Anwendung im Alpenraum gedacht ist. Im Rahmen eines systematischen Vergleichs von Klassifikationen [1] wurde gezeigt, dass PCACA die Niederschlagsverteilung im Alpenraum besonders gut beschreibt [8]. Diese automatische Klassifikation ist eine Alternative zu den in der Schweiz gebräuchlichen nicht-automatischen Klassifikationen nach Schüepp und Perret [5,9]. Wegen der vollautomatischen und objektiven Berechnung ist sie für klimatologische Anwendungen besonders gut geeignet (siehe auch [7]).

Wetterlagen und Niederschlag

Die Kartenseite der Tafel gibt einen Überblick über die Wetterlagen. Dazu sind die Mittelwerte des Niederschlags, der Temperaturabweichung vom jahreszeitlichen Mittel und des Luftdrucks in Europa für eine Auswahl von Wetterlagen in jeder Jahreszeit dargestellt. Darüber hinaus wird gezeigt, wie häufig Regentage bzw. Tage mit intensiven Niederschlägen in diesen Wetterlagen vorkommen, und wie diese Häufigkeit im Alpenraum variiert. Dabei sind die Häufigkeiten in den einzelnen Wetterlagen im Verhältnis zur durchschnittlichen Häufigkeit über alle Tage des Untersuchungszeitraums angegeben. Die folgenden Beschreibungen zeigen am Beispiel zweier Wetterlagen, wie die Karten interpretiert werden können:

In der Westlage liegen die Alpen in einer breiten westlichen Strömung über Mitteleuropa, oft am Südrand eines Tiefs über der Nordsee. Im Winter ist dies mit erheblichen Niederschlägen in ganz Mitteleuropa verbunden, wobei die grössten Niederschlagsmengen an der Westseite der Alpen fallen. Regentage sind in dieser Wetterlage bis zu zweimal häufiger als im Durchschnitt, wobei dies am Westrand der Alpen besonders ausgeprägt ist. Das Auftreten intensiver Niederschläge ist am Westrand und nordwestlich der Alpen um einen Faktor von 3 oder mehr erhöht. Auf der Alpensüdseite sind Regentage in dieser Wetterlage zwar etwas häufiger, intensive Niederschläge jedoch seltener als im Durchschnitt.

Es gibt systematische Unterschiede in den charakteristischen Eigenschaften der Wetterlagen zwischen den verschiedenen Jahreszeiten. Dies wird am Beispiel der Westlage gezeigt, die für alle vier Jahreszeiten dargestellt ist. In Herbst und Winter ist die westliche Strömung stärker und die damit verbundenen Niederschlagsmuster sind markanter als in Frühling und Sommer. Zudem führt der Zustrom maritimer Luftmassen im Winter zu vergleichsweise milden Temperaturen, in den anderen Jahreszeiten aber eher zu durchschnittlichen Temperaturen.

Während einer winterlichen Hochdrucklage liegt das Zentrum des Hochs oft östlich der Alpen. Sein Einfluss erstreckt sich jedoch über weite Teile des europäischen Festlandes und äussert sich dort in geringen Niederschlagsmengen. Die blockierende Wirkung des Hochs lenkt ostwärts wandernde atlantische Tiefdruckgebiete nach Norden ab, was zu nennenswerten Niederschlägen über den Britischen Inseln und Skandinavien führen kann. Im gesamten Alpenraum ist die Hochdrucklage mit trockenen Verhältnissen verbunden. So kommen Regentage im Winter in den Alpen etwa zwei bis vier Mal weniger häufig vor als im Durchschnitt. Intensive Niederschläge sind sehr selten, ihre Häufigkeit ist um einen Faktor von etwa 10 reduziert.

Trotz Gemeinsamkeiten können sich Tage derselben Wetterlage auch innerhalb einer Jahreszeit beträchtlich voneinander unterscheiden. In Figur 1 (rechts) sind vier Wintertage aus der Nordwestlage dargestellt. Die Druck-, Temperatur- und Niederschlagsverteilungen zeigen erhebliche Unterschiede und auch grössere Abweichungen von den typischen Mustern der Wetterlage. Die Aussagekraft der Wetterlage für die meteorologischen Eigenschaften einzelner Tage ist also ziemlich eingeschränkt.

Schwankungen der Wetterlagenhäufigkeit

Die Wetterlagen kommen in verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich häufig vor (Fig. 2, rechts oben). Besonders auffällig ist, dass im Sommer etwa jeder zweite Tag der Flachdrucklage zugeordnet wird. Situationen mit wenig ausgeprägten grossräumigen Strömungsmustern sind im Sommer besonders häufig und das lokale Wettergeschehen wird dann stark von anderen Faktoren mitbestimmt. Andere Wetterlagen kommen im Sommer fast nicht vor, in den übrigen Jahreszeiten aber relativ gleichmässig (Hochdrucklage, Troglage, nördliche Westlage, Südostlage, Südsüdwestlage). Die West-, Nordwest- und Nordostlage weisen einen nur geringen Jahresgang in der Häufigkeit ihres Auftretens auf.

Die Häufigkeit von Wetterlagen variiert auch stark von Jahr zu Jahr. Diese Schwankungen gehen zum Teil mit Schwankungen lokaler Klimaparameter einher. In Figur 2 (unten) wird ein solcher Zusammenhang für den Niederschlag illustriert. Als Beispiel sei die Graphik «Winter, Alpennordseite» betrachtet. Sie zeigt im unteren Teil jährliche Niederschlagsanomalien gemittelt über ein Gebiet auf der Alpennordseite (siehe Karte «Untersuchungsgebiete») für die Wintermonate (Dezember bis Februar). Die Säulen im oberen Teil der Graphik zeigen die relativen

Häufigkeiten der Wetterlagen für jedes Jahr. Dabei sind die neun Wetterlagen so geordnet, dass diejenigen, die auf der Alpennordseite im Mittel trockener sind, in der Säule weiter unten stehen. Die Färbung der jeweiligen Wetterlage gibt an, ob sie im Durchschnitt mit trockenen, mässig trockenen, mässig nassen oder nassen Verhältnissen einhergeht.

Die Graphik zeigt deutlich, dass ein Teil der jährlichen Schwankungen der Niederschlagsmenge durch Schwankungen der Wetterlagenhäufigkeit erklärt werden kann. In trockenen Jahren dominieren Wetterlagen, die zu trockenen Verhältnissen führen, in feuchten Jahren Wetterlagen, die zu höheren Niederschlägen führen. Andererseits wird auch deutlich, dass nicht die gesamte Information über die Niederschlagsanomalien aus den Wetterlagenhäufigkeiten abgelesen werden kann. Als Beispiel können die Jahre 1988 und 1996 verglichen werden: Obwohl es 1988 wesentlich mehr West- und Nordwestlagen gab, für die grosse Niederschlagsmengen typisch sind, sind die tatsächlich gemessenen Niederschläge in beiden Jahren fast gleich. Dies kann nur durch die teils erheblichen Variationen innerhalb einer Wetterlage erklärt werden.

Datengrundlagen

Die hier verwendeten Wetterlagendaten wurden im Rahmen von COST 733 [1] zur Verfügung gestellt. Datengrundlage der Wetterlagenklassifikation ist der auf Meereshöhe reduzierte Bodendruck der ERA-40 Reanalyse [10] in den Alpen und angrenzenden Regionen (Klassifizierungsgebiet in Figur 2). Für die Übersichtskarten wurden ebenfalls diese Druckdaten verwendet sowie Niederschlags- und Temperaturgitter, die im Rahmen des Projekts ENSEMBLES erstellt wurden [4]. Zur Berechnung der Häufigkeiten von Regentagen und von Tagen mit intensiven Niederschlägen wurden hochaufgelöste Niederschlagsgitter für den Alpenraum verwendet [2,3].

Verdankungen

Die Autoren bedanken sich für fruchtbare Diskussionen innerhalb von COST 733 (Leitung: Ole Einar Tveito) und im Klimaanalyseteam von MeteoSchweiz (Leitung: Mark A. Liniger). Die Erarbeitung der Atlas-Tafel wurde vom Staatssekretariat für Bildung und Forschung mitfinanziert (COST Aktion Nr. 733, SBF Nr. C06.077).

Literatur

- [1] **COST Action 733:** Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications for European Regions (www.cost733.org).
- [2] **Frei, C., Schär, C. (1998):** A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain-gauge observations. In: *Int. J. Climatol.*, Vol. 18:873–900, Chichester.
- [3] **Frei, C. et al. (2006):** Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models. In: *J. Geophys. Res.*, Vol. 111:D06105, Washington.
- [4] **Haylock, M.R. et al. (2008):** A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. In: *J. Geophys. Res.*, Vol. 113:D20119, Washington.
- [5] **Perret, R. (1987):** Une classification des situations météorologiques à l'usage de la prévision. *Veröffentlichungen der MeteoSchweiz*, Vol. 46, Zürich.
- [6] **Philipp, A. et al. (2010):** COST733CAT – a database of weather and circulation type classifications. In: *Physics and Chemistry of the Earth*, accepted, London.
- [7] **Salvisberg, E. (1996):** Wetterlagenklimatologie – Möglichkeiten und Grenzen ihres Beitrages zur Klimawirkungsforschung im Alpenraum. *Geographica Bernensia*, G 51, Bern.
- [8] **Schiemann, R., Frei, C. (2009):** How to quantify the resolution of surface climate by circulation types: an example for Alpine precipitation. In: *Physics and Chemistry of the Earth*, in press, London.
- [9] **Schüepp, M. (1968):** Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955 bis 1967. *Veröffentlichungen der MeteoSchweiz*, Vol. 11, Zürich.
- [10] **Uppala, S.M. et al. (2005):** The ERA-40 re-analysis. In: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, Vol. 131:2961–3012, London.

Kartengrundlagen

Schweizer Weltatlas, © EDK