

Tafel 2.5 Extreme Gebietsniederschläge unterschiedlicher Dauer und Wiederkehrperioden

Einleitung

Niederschläge sind Flächenerscheinungen – räumlich und zeitlich begrenzt. Ihre horizontale Ausdehnung, die Dauer ihres Auftretens über einem Gebiet sowie die Niederschlagsmengen und deren räumliche Verteilung werden durch den Prozess der Niederschlagsbildung in der Atmosphäre, dessen horizontale Wanderung und Lebensdauer bestimmt.

Die bis heute genaueste Erfassung der Niederschlagsmengen ist die Messung mit Auffanggefässen an festen Standorten (siehe Tafel 2.1). Die primäre Möglichkeit zur Charakterisierung von Niederschlagsregimes sind deshalb Masszahlen aus diesen Punktmessreihen (siehe Tafeln 2.2, 2.4, 2.4²). Sie beinhalten die Dimensionen Menge und Dauer. Wegen der zufälligen und systematischen räumlichen Variabilität des Niederschlags einer bestimmten Dauer sind Punktmessungen jedoch nur für ihren Messort und eine kleine Umgebung repräsentativ, deren Grösse von der Topographie und vom Niederschlagsprozess abhängt, aber weniger als 100 km² beträgt. Im allgemeinen muss die Niederschlagsbelastung von Gebieten bereits ab Flächen von etwa 30 km² aus den über diese Gebiete gemittelten Niederschlägen hergeleitet werden. Zur Beschreibung der Gebietsniederschlagsmengen ist deshalb ausser den Dimensionen Menge und Dauer zusätzlich noch die Fläche von Bedeutung.

Die Niederschlagsmengen einer bestimmten Dauer besitzen in einer beliebig festgelegten Fläche ein Maximum und ein Minimum (siehe z.B. Fig. 1). Die vom Maximum aus in wachsenden Teilflächen bestimmten Gebietsniederschläge ergeben – in einem Flächen-Mengen-Diagramm – mit zunehmender Fläche charakteristisch abnehmende Kurven, sogenannte Abminderungskurven, die auf verschiedene Weise dargestellt werden können (Fig. 2, 3 und 4).

Grundlagen und Methodik

Die dieser Atlas-Tafel zugrundeliegende Analyse [1] stützt sich auf die Niederschlagsmessnetze der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (siehe Karte). Die verwendete zeitliche Auflösung der Stationsmessreihen beträgt eine Stunde. Die Werte der Stationen mit Messungen nur im Tagesschritt wurden mit Hilfe der stündlichen Messungen der ANETZ-Stationen in Stundenwerte aufgeteilt. Für die Analyse stand damit die Periode 1981–1993 zur Verfügung. Die Abminderungskurven der Gebietsniederschläge wurden für acht nicht-kalendarische Dauerstufen zwischen 3 und 72 Stunden ermittelt.

Die Existenz und die Orientierung der Alpen erzeugen unterschiedliche Niederschlagsklimata. Dementsprechend wurde das Gebiet der Schweiz in acht Zonen gegliedert (siehe Karte) und in jeder Zone das Abminderungsverhalten pro Dauerstufe untersucht. Im Wallis wurde die massgebend aus WSW bis NW beeinflusste Zone 4 von der aus SW bis SE her überregneten Zone 5 getrennt. Ebenso drängte sich südalpin eine Unterscheidung des Gebietes um Camedo (Zone 6) vom übrigen Teil (Zone 7) auf. Das Bergell und das Puschlav verhalten sich ebenfalls eigenständig. Sie waren aber wegen ihrer Lage und Grösse sowie spezieller Eigenschaften des Messnetzes nicht analysierbar (siehe auch «Anwendung»). Zur Analyse wurden in jeder Zone die stärksten Gebietsniederschläge ausgewählt und in jeder Dauerstufe bis zur Gesamtdauer des Ereignisses berücksichtigt. Für jedes Ereignis lässt sich eine Abminderungskurve herleiten. Dazu wurden die Gebietsniederschläge stets vom Zentrum des «meteorologischen» Niederschlagsfeldes aus bestimmt, d.h. unabhängig von hydrologischen Einzugsgebieten. Für die statistischen Analysen zu den Figuren 2 und 3 verwendete man pro Zone und Dauerstufe die 26 intensivsten Ereignisse. Die daraus resultierenden Abminderungskurven wurden aufgrund der «Weibull-3»-Verteilung erzeugt.

Resultate

Figur 1 zeigt die atmosphärischen Bedingungen der extremsten Dauerniederschlagsereignisse im Zeitraum von 1977 bis 1994 und die räumliche Niederschlagsverteilung. Die horizontalen Druckverteilungen und ihre vertikalen Schichtungen sind auf das Wesentliche vereinfacht. Sie sollen die entscheidenden Strömungseigenschaften deutlich machen. Die Niederschlagsfelder zeigen, dass die extremsten Dauerniederschläge süd- und inneralpin nur bei Strömungen gegen die Alpen auftreten. Nordalpin entstehen die extremsten Niederschlagsmengen weitgehend unabhängig vom Gebirge. Die Figuren 2, 3 und 4 zeigen pro Zone für ausgewählte Dauern die Abminderungskurven. Die Abszissen der Diagramme sind einheitlich bis 5000 km^2 skaliert; für kleinere Zonen sind die Kurven bis zur Grösse der Zonenflächen gezeichnet. Die Ordinaten sind den dauerabhängigen Mengen [mm] angepasst (Fig. 2 und 4) bzw. bestehen aus einer normierten Skala (Fig. 3). Für Gebietsflächen bis ca. 300 km^2 werden die Kurven der Dauerstufen 3 und 6 Stunden durch Schauer bestimmt. Für grössere Flächen sowie in allen längeren Dauern (ab 12 Stunden) sind Dauerniederschläge massgebend. In Zone 3 sind Schauer mit dem bestehenden Messnetz wegen der topographisch starken Gebietsgliederung nicht repräsentativ erfassbar. Demzufolge sind die 3stündigen absoluten Abminderungskurven erst für Flächen ab 300 km^2 dargestellt (Fig. 2). Die relativen Abminderungen fehlen ganz (auch für 6 Stunden), da die Normierung mit dem Anfangswert der Kurven nicht möglich ist (Fig. 3).

Mit zunehmender Dauer flachen sich die Abminderungskurven systematisch ab; dies ist in der relativen Darstellung besonders gut sichtbar (Fig. 3, z.B. Zone 1). Bei Niederschlagsdauern über 24 Stunden ändern sich die Kurvenformen nur noch wenig. Über kleinen Flächen hingegen nehmen die Werte bei kurzen Dauern (z.B. 3 Stunden) stark ab; dies gibt die starke Niederschlagsabnahme in Schauern vom Zentrum zum Rand wieder. Starke Niederschläge längerer Dauer sind grossflächig. Entsprechend flacher sind die Abminderungen.

Die relativen Abminderungskurven erweisen sich als unabhängig von der Wiederkehrperiode. Deshalb zeigt Figur 3 für jede Zone und Dauerstufe nur eine Kurve. Die dauerabhängige Reihenfolge pro Diagramm (Zone) ist in den inneralpinen Zonen 4, 5 und 8 aufgrund der besonderen Niederschlagsbedingungen kaum ausgebildet. Die zum Teil «gestörte» Reihenfolge in den übrigen Zonen ist auf die kurze Referenzperiode zurückzuführen. Für Zone 8 (Engadin) sind nur die Dauerstufen von 3 bis 48 Stunden abgebildet. Die Analyse für längere Dauern war mangels geeigneter Fälle nicht gesichert.

Anwendung

Die Abminderungskurven stellen nicht die Abnahme des Gebietsniederschlags in einem Niederschlagsfeld dar, sondern geben für beliebige Flächen den absoluten Gebietsniederschlag (Fig. 2 und 4) bzw. den relativen Abminderungsfaktor (Fig. 3) an. Die Diagramme enthalten insbesondere die folgenden Informationen:

- 1) Die Hüllkurven beschreiben für jede Fläche den grössten erfassten Gebietsniederschlag in der Referenzperiode (Fig. 4). Sie sind zum Vergleich gedacht.
- 2) Die absoluten Abminderungskurven (Fig. 2) liefern für eine bestimmte Fläche und Dauer den meteorologischen Gebietsniederschlag einer interessierenden Wiederkehrperiode.
Beispiel: Bei einer Dauer von 12 Stunden und einer Fläche von 500 km^2 beträgt der 50jährige meteorologische Niederschlag in Zone 1 (West) 91 mm und in Zone 3 (Ost) 102 mm. Bei der Anwendung auf ein hydrologisches Einzugsgebiet ist zu beachten, dass damit der Gebietsniederschlag im Einzugsgebiet überschätzt wird, da die Wahrscheinlichkeit der Menge ausser von der Häufigkeit von Starkniederschlagsfeldern zusätzlich von der Lage des Einzugsgebietes in diesen Feldern abhängt (vgl. Fall A2).
- 3) Die relativen Abminderungskurven (Fig. 3) ergeben pro Zone, Dauerstufe und Fläche einen Abminderungsfaktor (AF), der das Verhältnis zwischen der Gebietsniederschlagshöhe und dem Punktwert im Zentrum des Niederschlagsfeldes darstellt. Als Punktwert kann entweder

der Zentrumswert eines Ereignisses (Fall A) oder ein Punktwert bestimmter Wiederkehrperiode aus Tafel 2.4² verwendet werden (Fall B).

Fall A: Bei dieser Anwendung können entweder der meteorologische Gebietsniederschlag P eines Ereignisses (Fall A1) oder der Niederschlag P' in einem Einzugsgebiet (Fall A2) bestimmt werden. Für den Fall A1 lässt sich der AF direkt auf den an einer Messstation erfassten Höchstwert im Zentrum des Starkniederschlagsfeldes anwenden.

Beispiel für Zone 1: Bei 12stündigem Niederschlag von 100 mm im Feldzentrum schätzt sich der Gebietsniederschlag für eine Fläche von 600 km² auf $P = 100 \cdot 0.71 = 71$ mm.

Für den Fall A2 ist zusätzlich noch der Abstand r derjenigen Station mit dem höchsten Ereignisniederschlag im gefragten Einzugsgebiet zur Station mit dem höchsten Wert, also zum Zentrum des Starkniederschlagsfeldes, zu berücksichtigen. Die Abminderung ist erst von der Fläche $F = \pi \cdot r^2$ an zu verwenden.

Beispiel für ein Einzugsgebiet mit einer Fläche von $F = 600$ km² und einem Höchstwert des Niederschlags im Einzugsgebiet von 50 mm (Dauer = 12 Stunden): Der Abstand r sei 12 km, also ist die Abminderung erst ab einer Fläche von 452 km² ($\pi \cdot 12^2$) anzuwenden. Bei der Fläche $F = 452$ km² ist $AF = 0.74$; bei $(452+600) = 1052$ km² ist $AF = 0.67$, für 600 km² Gebietsfläche ist somit $P' = 50 \cdot 0.67/0.74 = 45$ mm. Aufgrund des Analysenkonzeptes sowie der Abweichung des Feldes von der Kreisform stellen diese Abschätzungen jeweils obere Werte dar.

Fall B: Im Fall B wird zur Abschätzung von Gebietsniederschlägen bestimmter Wiederkehrperioden in einem Einzugsgebiet von den Punktniederschlägen der Tafel 2.4² ausgegangen: In den Zonen 1, 2, 4, 6, 7 und 8 ist von demjenigen Punktwert auszugehen, der im Einzugsgebiet die höchste Menge bezüglich einer Wiederkehrperiode aufweist. Auf diesen Wert kann der AF für die Gebietsfläche direkt angewendet werden.

In den Zonen 3 und 5 sind die Felder der Starkniederschläge vom Typ «19. Juli 1987» (für Zone 3) bzw. «24. September 1993» (für Zone 5) (Fig. 1). In diesen beiden Zonen eignet sich also für Niederschlagsdauern von über 6 Stunden der in Fall A2 beschriebene Ansatz. Bemessungsorte für den Abstand r sind für die Zone 3 Hinterrhein (Stations-Nr. 280) und für die Zone 5 Binn (Stations-Nr. 7100).

Für das Bergell und das Puschlav sind zur Abschätzung von Gebietsniederschlägen die Abminderungsfaktoren der Zone 7 zu empfehlen.

Literatur

- [1] Grebner, D., Roesch, Th. (1998): Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen und mögliche Niederschlags-grenzwerte in der Schweiz. Schlussbericht NFP 31, Zürich.