

NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG

Karten D 1 - D 7

VON FRANZ FLIRI

1. Einführung

Unter allen Witterungs- und Klimaerscheinungen in einem bestimmten Raum kommt dem Niederschlag eine besonders hervorragende Bedeutung zu. Wasser ist nicht nur für das pflanzliche, tierische und menschliche Leben entscheidend notwendig, sondern wird auch in zunehmendem Maße als Energieträger, Rohstoff und vielseitiges Bewegungs- und Betriebsmittel in allen Zweigen der Wirtschaft benötigt. Die Kenntnis des Wasserkreislaufes in der Natur und in deren vom Menschen genutzten und beeinflussten Teilen ist daher ein vordringliches Anliegen der einschlägigen Wissenschaften geworden. Aus theoretischen und praktischen Gründen steht dabei die Bestimmung des Wasserhaushaltes begrenzter Gebiete an erster Stelle. Hierzu bedarf es neben fortlaufender Messungen von Abfluss und Verdunstung genauer Kenntnisse über den Niederschlag. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich die Niederschlagsmenge mit der Höhe, den Oberflächenformen (Relief) und auch mit der Zeit (Jahreszeit, Klimaschwankungen) ändert. Daher müssen die Messungen dauernd und an möglichst vielen Orten ausgeführt werden. Dies geschieht entweder durch Registrierung (selbstschreibende Geräte, Regenschreiber, Ombrographen), durch täglich mehrmalige oder einmalige Ablesung (Regenmesser, Ombrometer) oder durch Ablesung in größeren Zeitabständen (wöchentlich bis jährlich) an größeren Sammlern (Totalisatoren).

Die gemessenen Mengenwerte werden regelmäßig an Zentralstellen (Meteorologische Zentralanstalten, Hydrografische Dienste) gemeldet, dort überprüft, zu Tages-, Monats- und Jahresübersichten zusammengestellt und mehr oder weniger umfassend in Jahrbüchern veröffentlicht. Wenn die Beobachtungsdauer genügend groß ist, können aus den gemessenen Mengen einzelner Tage, Monate und Jahre schließlich Durchschnittswerte (Normalwerte) berechnet werden. In der Regel weisen nicht alle Beobachtungsstationen eine gleich und genügend lange Beobachtungsdauer auf. Daher müssen alle durchschnittlichen Mengen in einem besonderen Rechengang auf eine einheitliche Beobachtungsperiode umgerechnet (reduziert) werden. Für die Klimakarten in diesem Atlas wurde als einheitlicher Zeitraum die international verwendete Klimaperiode 1931 bis 1960 gewählt. Mittels Reduktion war es jedoch möglich, auch solche Orte zu berücksichtigen, für die Beobachtungen ganz oder teilweise außerhalb dieses Zeitraums vorlagen,

In Klimakarten wird die Niederschlagsverteilung gewöhnlich durch Linien gleicher Menge (Isohyeten, Niederschlagsgleichen) dargestellt. Um einen besseren Gesamteindruck der Verteilung von Feucht- und Trockengebieten zu erhalten, werden die Flächen zwischen den Linien durch Farbstufen gekennzeichnet. Erfahrungsgemäß nimmt in den Gebirgen der gemäßigten Klimazone der Erde der Niederschlag mit der Höhe zu.

Diese Höhenabhängigkeit der Menge wird daher vorteilhaft zur Konstruktion der Isohyeten benutzt. Auch in den beiliegenden Klimakarten wurde dieser Zusammenhang für die Jahreskarte in zahlreichen Teilgebieten des bearbeiteten Raumes bestimmt. Dies ist auch wichtig, um zu einer Schätzung für jene Höhenstufen zu gelangen, aus denen keine Messungen vorliegen oder deren Werte aus besonderen Gründen unglaublich erscheinen. Letzteres betrifft vielfach das windreiche Gebiet oberhalb der Waldgrenze, vor allem die höheren Gebirgsteile.

Für Teilgebiete der vorliegenden Karten sind bisher schon mehrfach Niederschlagskarten veröffentlicht worden, jedoch meist nach den staatlichen Grenzen und für verschiedene Zeiträume. Der Inhalt dieser Karten wurde zwar bei den vorliegenden neuen Karten fallweise berücksichtigt,

doch wurden letztere im übrigen unabhängig und für das gesamte Gebiet einheitlich entworfen und ausgeführt. Dies war umso eher möglich, als sich die Zahl der Beobachtungsstationen gegenüber früher überaus stark vermehrt hat.

Das hier neu gebotene Bild der Niederschlagsverteilung beruht jedoch auch bei der größeren Stationsdichte nur auf stichprobenhaften Messungen - Räumliche und zeitliche Extrapolationen und Interpolationen allein machen schon ein objektives Bild unmöglich. Überdies ist der lokal gemessene Niederschlag nicht identisch mit dem flächenhaft gefallenen, und die Nebenniederschläge werden überhaupt kaum erfasst. Die Karten der Niederschlagsmenge können daher nicht im strengen Sinne als ein maßstabsgetreues Abbild der tatsächlich vorhandenen, wahrscheinlich geländebedingt noch viel bunteren Verhältnisse bewertet werden. Sie mögen eher als ein mit allen derzeit vorhandenen Mitteln unternommener Versuch gelten, zu einer möglichst wahrheitsgetreuen und glaubwürdigen Umschreibung zu gelangen. Dabei müssen Fehler verschiedener Art in Kauf genommen werden. Soweit diese auf der Messung selbst und der Konstruktion beruhen, sind sie in geringen Meereshöhen und in den geschützten Tälern gering, in größeren Höhen und besonders auf Gipfeln und Kämmen bedeutend. Durch Wahl größerer Isohyetenstufen konnte dem Rechnung getragen werden.

2. Verteilung der Beobachtungsstationen (Karte D 1)

Die auf den Karten dargestellte Fläche umfasst rund 57.500 qkm mit 1089 Beobachtungsstationen, sodass auf eine Station eine durchschnittliche Fläche von 52,8 qkm entfällt. Wären alle Stationen im Quadratverband angeordnet, so würde ihre Entfernung weniger als 7,3 km betragen. Tatsächlich liegen die Verhältnisse nicht so günstig. Einerseits weist das Stationsnetz selbst beträchtliche Unterschiede in der Dichte auf, andererseits sind die für die meisten hochalpinen Stationen berechneten Werte wegen der Verfälschung durch Wind in der Regel zu niedrig und zumindest nicht unmittelbar verwertbar.

Die flächenhafte Verteilung spiegelt zum Teil die Besiedlung selbst, zum Teil aber auch das örtlich besondere Anliegen von Wissenschaft und Wirtschaft an genauerer Kenntnis des Wasserhaushalts wider. So haben Großkraftwerke beiderseits der Silvretta, im Achenseegebiet, im Kaunertal, in den Hohen Tauern und ebenso an verschiedenen Stellen des italienischen Alpenteils zu einer besonderen Netzverdichtung geführt. An das Kaunertal schließt im Osten das Venter Tal an, in dem derzeit der Schwerpunkt wissenschaftlich glaziologischer Arbeiten liegt, was sich ebenfalls in einer Reihe von zusätzlichen Messstellen äußert.

Im ganzen betrachtet weist der bayerische Kartenteil das dichteste, der österreichische das dünnste Netz auf, wobei hier die Teilgebiete der Lechtaler Alpen, der Stubai Alpen, der Tuxer Alpen und Osttirols als noch durchaus verdichtungswürdig angesehen werden dürfen. Da Italien von der Energie- und Bewässerungswirtschaft her noch mehr als die anderen Alpenstaaten zur Erforschung der wissenschaftlichen Grundlagen veranlasst ist, hat sich auch sein Beobachtungsnetz nach der Zahl der Stationen und nach der Qualität der Beobachtungen besonders gut entwickelt. Von den auf der Stationskarte enthaltenen Beobachtungsorten entfallen nach Staaten geordnet 18 auf die Schweiz, 201 auf Bayern, 300 auf Österreich und 570 auf Italien. Außerdem wurden zur Konstruktion der Karten die Werte von weiteren 70 Stationen verwendet, die jedoch bereits außerhalb der Blattgrenzen liegen. Letztlich beruhen die gebotenen Niederschlagskarten auf rund 8 Millionen Tagesbeobachtungen durch rund 2000 Beobachter, denen auch an dieser Stelle gedankt sein soll.

Die Verteilung der in der Stationskarte enthaltenen 1089 Stationen nach Höhenstufen geht aus nachstehender Tabelle hervor.

Höhenstufe	Stationen	Höhenstufe	Stationen
0 m	114	1800 m	45
200 m	66	2000 m	29
400 m	84	2200 m	15
600 m	146	2400 m	11
800 m	173	2600 m	14
1000 m	128	2800 m	13
1200 m	115	3000 m	4
1400 m	84	3200 m	2
1600 m	45	3400 m	1

In der Stationskarte sind jene Stationen durch größere Signaturen hervorgehoben, an denen neben dem Niederschlag auch andere Klimaerscheinungen beobachtet werden, wie etwa die Lufttemperatur, die Feuchtigkeit, Gewittertätigkeit, Bewölkung und die Windverhältnisse. Ferner geben die Signaturen an, ob die Beobachtungsreihe in der Periode 1931 bis 1960 vollständig war oder nicht, wobei kleinere Beobachtungslücken unberücksichtigt geblieben bzw. durch Reduktion geschlossen worden sind. Diese rund 450 Stationen lieferten auch die Grundlagen für die Karte der Variabilität der jährlichen Niederschlagsmengen. Von 21 Stationen konnten nur die Niederschlagsmengen des Sommers, von 36 Totalisatoren nur die Jahresmengen angegeben werden. In dem der Karte D 1 beigegebenen Verzeichnis sind die Stationen nach den natürlichen Flussgebieten geordnet beziffert, um ihr Auffinden in der Karte zu erleichtern. Dem Verzeichnis sind auch die Stationshöhen zu entnehmen. Für Orte, an denen die Messstellen ein- oder mehrmals verlegt worden sind, wurde die durchschnittliche Stationshöhe angegeben.

3. Niederschlagsverteilung im Sommer und Winter (Karten D 2 und D 3)

Die Verteilung der Niederschlagsmengen ist auf den Karten durch Linien gleicher Mengen (Isohyeten) dargestellt. Die zwischen den Linien liegenden Flächen sind nach einer Skala derart farbig angelegt, dass die niederschlagsreichsten Gebiete blau bis violett, die niederschlagsärmsten gelb bis weiß erscheinen. Die Isohyeten sind bis 400 mm von 50 zu 50 mm, darüber bis 700 mm von 100 zu 100 mm gezeichnet. Gebiete mit mehr als 700 mm wurden in einheitlicher Farbe gekennzeichnet, wobei die Mengen örtlich mehr als 800, 900 und 1000 mm betragen können. Dies gilt vor allem für größere Höhen, aus denen jedoch keine zuverlässigen Messungen vorliegen.

Der Vergleich beider Karten zeigt, dass im ganzen Raum von Tirol im Sommer mehr Niederschlag als im Winter fällt. Abgesehen von der Zunahme der Mengen mit der Höhe sind auch die Randgebiete im Norden und Süden feuchter als die inneralpinen Täler. Dieser Gegensatz ist im Winter größer als im Sommer: Die inneren Alpentäler sind vor allem im Winter relativ arm an Niederschlag. Die trockensten Gebiete von Tirol liegen im Winter im Etsch-, Eisack-, Rienz- und südlichen Wipptal, im Sommer im Vintschgau. Die größten Niederschlagsmengen fallen dagegen durchwegs in größeren Höhen, und zwar im Sommer in den nördlichen Kalkalpen, Zillertaler Alpen und Hohen Tauern sowie im Gebirge zwischen Piave und Tagliamento. Im Winter zeichnen sich Maximalgebiete im Raume des Arlberg, in den Hohen Tauern sowie zwischen Piave und Tagliamento ab.

4. Niederschlagsverteilung im Frühling und Herbst (Karten D 4 und D 5)

Während Winter und Sommer sich durch meist große Unterschiede der Mengen auszeichnen, weisen Frühling und Herbst eine große Ähnlichkeit auf. Wiederum findet man die trockensten Gebiete im inneralpinen Bereich, während die feuchtesten sich nicht im Gebiet der Nord- und östlichen Zentralalpen, sondern in den Südalpen befinden. Zwischen Frühling und Herbst sind einige Unterschiede zu bemerken: Im Süden ist allgemein der Herbst niederschlagsreicher als der Frühling; im Norden liegt im Frühling das Maximalgebiet im Bereich der nordöstlichen Kalkalpen, im Herbst dagegen im Raum Arlberg.

5. Niederschlagsverteilung im Jahr (Karte D 6)

Auf dieser Karte wurden die Linien gleicher Niederschlagsmenge (Isohyeten) bis 1000 mm Jahresniederschlag von 100 zu 100 mm eingetragen, darüber noch die Isohyeten 1200 mm, 1400 mm, 1700 mm und 2000 mm. Die Karte zeigt, dass der inneralpine Kernraum von Tirol eine Insel verhältnismäßiger Trockenheit darstellt, die von den feuchteren Randzonen und Vorländern umrahmt wird. Sowohl im Inn- als im Etschtal und in anderen Tälern nimmt der Niederschlag taleinwärts trotz Zunahme der Höhe nicht zu, sondern ab. Das trockenste Tal von Tirol ist dabei der Vintschgau mit zum Teil weniger als 500 mm Jahresmenge. Er ist wahrscheinlich damit das trockenste Gebiet der Alpen überhaupt, wobei die Trockenheit im Winter mehr als im Sommer ausgeprägt erscheint. Die größten Jahresmengen fallen im Durchschnitt im Gebirge zwischen Piave und Tagliamento, wahrscheinlich sogar mehr als 3000 mm.

6. Variabilität der jährlichen Niederschlagsmengen (Karte D 7)

Die Darstellung der jährlichen durchschnittlichen Niederschlagsmengen (Karte D 6) reicht nicht zur Kennzeichnung der Niederschlagsverhältnisse aus. So können die Durchschnitte aus Einzelwerten, berechnet sein, die sich wenig oder stark vom Durchschnitt selbst unterscheiden: Die Streuung der Einzelwerte um den Durchschnitt kann klein oder groß sein. Zur Angabe der Streuung wird in der Statistik die Standardabweichung verwendet. Ihre Berechnung erfolgt nach der folgenden Formel, in der die 30 Einzelwerte der verwendeten Periode mit x , die Summe ihrer Quadrate mit Sx^2 , das Quadrat ihrer Summe mit $S^2 x$ und die Zahl der Einzelwerte mit N bezeichnet wird. Die Standardabweichung s wird dann berechnet zu

$$s = \sqrt{\left(Sx^2 - \frac{S^2 x}{N}\right) : (N - 1)}$$

Die so berechnete Streuungsgröße s kann weiter in Prozent des Durchschnitt selbst ausgedrückt werden. Dieser Wert wird als Variabilität bezeichnet. Die Berechnung der Variabilitätswerte erfolgte an der elektronischen Rechenanlage des Institutes für Rechentechnik der Universität Innsbruck.

In der Karte D 7 ist die Variabilität durch Linien gleicher Größe (Isovariable) dargestellt, die von 2 zu 2 Prozent gezeichnet sind. Werte unter 10 und über 28 wurden jeweils in den gleichen Stufen zusammengefasst. Eine allgemeine Erfahrung der Klimatologie zeigt, dass die Variabilität mit zunehmender Jahresmenge abnimmt, also in einem Gebirgsland in größeren Höhen geringer ist als in den Tälern und Niederungen.

Aus diesem Grunde wurde die Farbskala so gewählt, dass ein gewisser Vergleich mit der Mengenkarte D 6 möglich ist. Die Karte lässt einen deutlichen Unterschied der Verhältnisse im nördlichen und südlichen Landesteil erkennen. Im Norden ist die Veränderlichkeit geringer, also die Zuverlässigkeit des Eintretens durchschnittlicher Jahresmengen größer als im Süden. Die oben genannte Regel größerer Veränderlichkeit bei größerer Trockenheit gilt jedoch nicht überall. So besitzt gerade der Vintschgau als trockenstes Gebiet eine nur mittlere Variabilität, in Nordtirol ist

die Variabilität im feuchteren Unterinntal größer als im trockeneren Oberinntal, und die extrem feuchten Gebiete zwischen Piave und Tagliamento wie auch die niederschlagsreichen Lessinischen Alpen weisen eine große Veränderlichkeit der Jahresmengen auf.

Es sei noch erwähnt, dass der Wert der Variabilität nicht gleichmäßig vom Durchschnitt nach oben und unten verteilt ist. Die Abweichungen zu größeren Jahressummen sind größer, jene zu geringeren kleiner.