

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 33 (1992)

Heft: 2

Artikel: Regionalisierung des Niederschlags : Aufbereitung von Niederschlagsdaten mit Hilfe digitaler Geländeinformationen

Autor: Klein, Gereon

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088745>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Regionalisierung des Niederschlags

Aufbereitung von Niederschlagsdaten mit Hilfe
digitaler Geländeinformationen

Gereon Klein

Zusammenfassung

Im Rahmen des REKLIP-Klimaatlasses (REgionales KLIma Projekt) erfolgt die Aufbereitung der Niederschlagsdaten (1951-1980), die von den nationalen Wetterdiensten der Schweiz, der Bundesrepublik Deutschland und Frankreich zur Verfügung gestellt werden. Ziel der Forschungsarbeit ist es, die manuelle, subjektive Erstellung von Niederschlagskarten durch eine objektive Modellierung der räumlichen Niederschlagsverteilung mit Hilfe der EDV zu ersetzen.

1 Einleitung

In einem Teilbereich des Regionalen-Klima-Projektes (REKLIP) wird an der Erstellung eines digitalen Klimaatlasses gearbeitet.

Der Einsatz von Geographischen Informationssystemen bei der Kartenerstellung ermöglicht es, neuartige Methoden zu erarbeiten, die von der manuellen, subjektiven Kartenerstellung zu einem reproduzierbaren, objektiven Ansatz führen.

Mit Hilfe statistischer Methoden erfolgt eine Modellierung der räumlichen Niederschlagsverteilung. Neben einer höheren zeitlichen und räumlichen Auflösung der Niederschlagsverhältnisse werden die Karten Informationen über die Güte des Ergebnisses enthalten. Ziel ist es, bessere Planungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen.

2 Bestandsaufnahme der vorhandenen Niederschlagskarten

Die bisher für das REKLIP-Gebiet veröffentlichten Isohyetenkarten beschränken sich in der Regel auf die jeweiligen nationalen Staatsgebiete und stellen die Niederschlagsverhältnisse in unterschiedlicher Auflösung dar. Der Massstab liegt meistens zwischen 1:1.000.000 und 1:2.000.000, jedoch nie grösser als 1:500.000.

Das gesamte REKLIP-Gebiet beschreiben ausschliesslich die Karten von *CHR/KHR* (1977) im Maßstab 1:2.150.000 und *Rudloff* (1977) im Massstab 1:1.000.000.

Für die Region Basel liegen von *Moser* (1984) ausführliche Betrachtungen zum Niederschlag für einen Dreijahreszeitraum vor.

Der Einfluss von Wetterlagen wird bei *Moser* (1984) und *Hendl* (1966) berücksichtigt. *Schirmer* (1973) untersucht die räumliche Niederschlagsverteilung an Einzeltagen in Hinsicht auf Zugrichtungsbahnen von Niederschlagsprozessen und prägt den Begriff der Schauerstrassen.

Eine Automatisierung der Kartendarstellung erfolgt nur durch *Moser* (1984), *Benichou & Breton* (1987) und *Direction de la Météorologie National* (1988).

3 Datenbasis

Das REKLIP-Gebiet erstreckt sich vom Kraichgau bis zum Schweizer Jura und von den Vogesen bis zum Schwarzwald. Für diesen Raum steht ein digitales Geländemodell zur Verfügung, das in 250-Meter-Abständen Höhenangaben enthält. Die monatlichen Niederschlagssummen von 1951-1980 werden als Median, sowie als erstes und vierter Quintil aufgearbeitet. Daraus werden Isohyetenkarten im Maßstab 1:500.000 für die einzelnen Monate, die hydrologischen Halbjahre, die Vegetationsperiode und das Jahr abgeleitet.

Für ein 75 x 100 km grosses Gebiet, das sich vom Rhein bis in den Schwarzwald und von Ettenheim bis nach Kandern erstreckt, wird an der Berechnung von Niederschlagskarten im Massstab von 1:200.000 gearbeitet. Datengrundlage hierfür sind die Tagesniederschläge von 87 Stationen während der Jahre 1985-1987. Als zusätzliche Information dient eine Wetterlagenklassifikation, die aus den Windrichtungsdaten der Wetterstation Feldberg abgeleitet wurde.

4 Modellkonzept

Der Niederschlag wird in seiner räumlichen Verteilung im wesentlichen von der Geländehöhe über NN und der umgebenden Geländeform geprägt. Wesentlich sind auch lokale, zufällige Prozesse.

Das angewendete Modell versucht den Einfluss der absoluten Höhenlage und der Topographie auf den Niederschlag zu fassen. Die sich ergebenden Residuen werden stochastisch interpoliert. Dazu wird aus den Tagesniederschlagswerten der mittlere

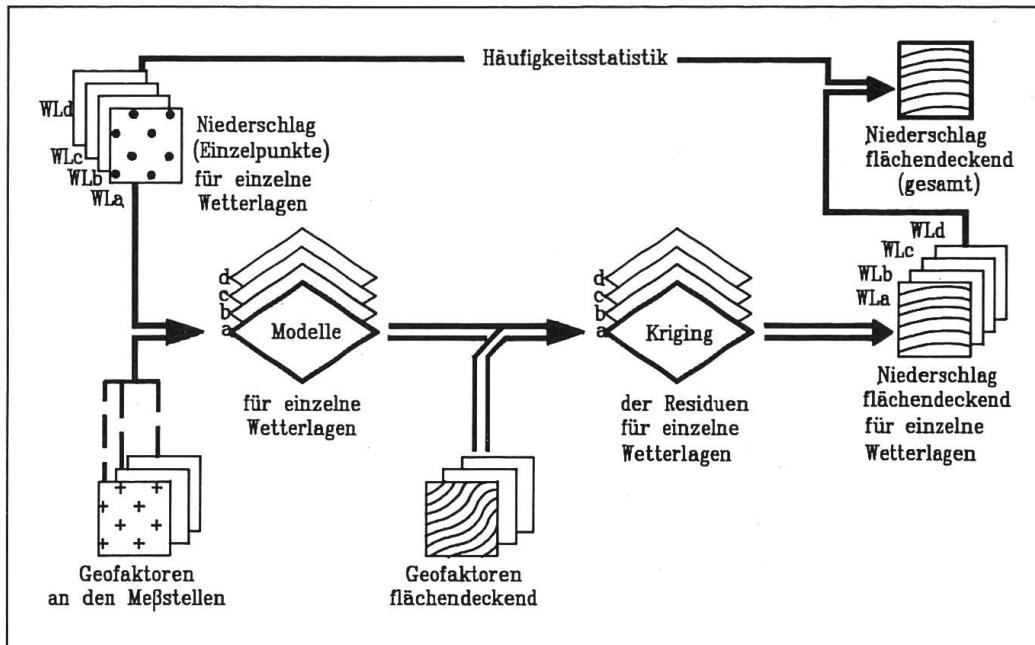


Abb. 1 Ablaufschema für die Regionalisierung der an den Stationen gemessenen Zeitreihen mit Hilfe von Geofaktoren bei deutlicher Abhängigkeit der räumlichen Muster des Niederschlags von der Wettersituation (nach Gossmann 1991).

Stationsniederschlag für einzelne Wetterlagen berechnet. Mit Hilfe einer Häufigkeitsstatistik der Wetterlagen lässt sich sodann der gesamte Niederschlag flächendeckend berechnen (Abb. 1).

Modellierung der Geofaktoren

Grundlegend ist die Vorstellung, dass der Niederschlag nicht nur von der Höhenlage des Betrachtungspunktes, sondern auch von der Geländeform der Umgebung beeinflusst wird. Zur Erfassung der Topographie in der Stationsumgebung wird um den Messpunkt eine 11×11 Punkte umfassende Höhenmatrix aus dem digitalen Geländemodell (DGM) ausgelesen. Bei einer Maschenweite von 500 m wird demnach eine Umgebung von ca. $5,5 \times 5,5$ km Grösse betrachtet. Da nur die relativen Höhenunterschiede in dieser Fläche für die Geländeformen von Interesse sind, wird diese Matrix mit der mittleren Geländehöhe normiert. Diese normierte Matrix geht als ein Fall unter 'n' Stationsmatrizen mit 121 Variablen in eine Hauptachsentransformation ein. Es ergeben sich 15 Hauptachsen, bei denen die Varianz eines Faktors grösser als die Varianz einer Variablen ist. Isohypsenbilder dieser Geländeformtypen ergeben sich nach einer Renormierung der Hauptachsenladungen (Abb. 2).

Sie beschreiben z.B. eine Kuppe oder Mulde, ein Tal oder einen Rücken, oder einen Sattel mit unterschiedlicher Ausrichtung, aber auch kompliziertere Formtypen wie z.B. Mehrtalungssysteme. Aus der Verknüpfung der Geländeformtypen mit den jeweiligen Hauptkomponentenwerten (scores) lässt sich das ursprüngliche Geländemodell einer Stationsumgebung mit einem Informationsverlust von nur 5% bis 10% rekonstruieren.

Im weiteren wird für jeden Punkt des Untersuchungsgebietes aus dem DGM eine normierte Umgebungsmatrix extrahiert und mit einer Hauptachsentransformation auf ihre Geländeformtypen hin untersucht. Es wird ein Mehrgleichungssystem aufgebaut (Güsselfeldt 1988), das die Beziehung zwischen der absoluten Stationshöhe

(unabhängige Variable), den Geländeformtypen und dem gemessenen Niederschlag beschreibt. Zugleich werden die wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Variablen (Multikollinearitäten) berechnet und eliminiert.

Aus dem Regressionsmodell kann der Niederschlag für jeden Punkt des Untersuchungsraumes abgeleitet werden. Nach bisherigen Erfahrungen liegt die Varianzaufklärung in Abhängigkeit vom betrachteten Einzeltag oder der Wetterlage zwischen 20% und 70%.

Interpolation der Residuen

Die Residuen der Regressionsbeziehung werden mit dem stochastischen Interpolationsmodell 'Kriging' bearbeitet (Olea 1975). Basierend auf der Annahme, dass die Variation (Erhaltungsneigung) eines Geophänomens richtungs- und distanzabhängig ist, bietet dieses Verfahren die Möglichkeit, die einzelnen Niederschlagsstationen in ihrer räumlichen Lage hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit in Richtungs- und Entfernungssektoren zu gewichten.

Um die Ähnlichkeit der einzelnen Niederschlagsstationen in ihrer räumlichen Lage zu beschreiben, wird eine Funktion (Variogramm) ermittelt, das in Richtungssektoren und Entfernungsklassen die "Zunahme der Unähnlichkeit" darstellt.

Die räumliche Variabilität des Niederschlags wird über den Ansatz des gewichteten Mittelwertes derart bestimmt, dass die Schätzung keinen systematischen Fehler aufweist und der Schätzfehler minimal ist.

Die Berechnung der Gewichte erfolgt mit einem linearen 'Kriging-System', das mit Hilfe des 'Lagrange Multiplikators' subsequent gelöst wird. Als Nebenprodukt erhält man die Varianz der Schätzung.

Berechnung des Gesamtniederschlags

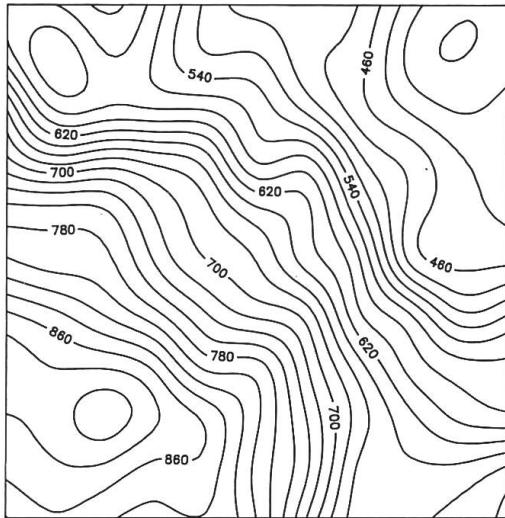
Das flächenhafte Ergebnis aus dem Mehrgleichungssystem und der Kriging-Interpolation werden miteinander verrechnet. Dies reproduziert den an den Niederschlagsstationen gemessenen Wert und liefert zugleich einen Anhaltspunkt über die Güte der Niederschlagskarte in Form von Linien gleicher Varianz. In Abhängigkeit vom Bezugszeitraum, der den Niederschlagskarten zugrunde liegt, kann durch eine Häufigkeitstatistik das Einzelergebnis gewichtet und zu einem gesamten Niederschlag zusammengefügt werden.

5 Ergebnisse erster Modellberechnungen

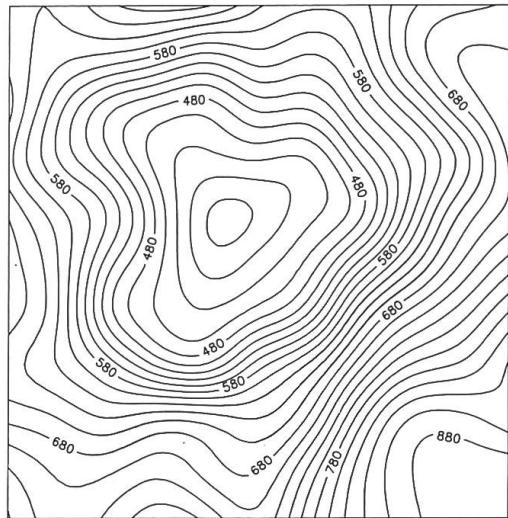
Bisher erfolgten Modellberechnungen für einzelne Tage und Wetterlagen. Es ist festzustellen, dass der Niederschlag in seiner räumlichen Verteilung durch das Modell sachgerecht reproduziert wird. Die Varianzaufklärung liegt bei 20% bis 70%, wobei der Beitrag der absoluten Höhenlage zwischen 50% und 60% variiert. Bei Wetterlagen mit Anströmrichtungen aus SSW über W bis NNW dominiert der Einfluss der Höhenlage auf das Modellergebniss, dagegen tragen die Geländeformtypen bei Anströmrichtungen aus den Sektoren N über E bis S wesentlich zur Varianzaufklärung bei.

Die Residuen zeigen keine auffällige Struktur, die auf besondere kleinräumige Prozesse hinweist.

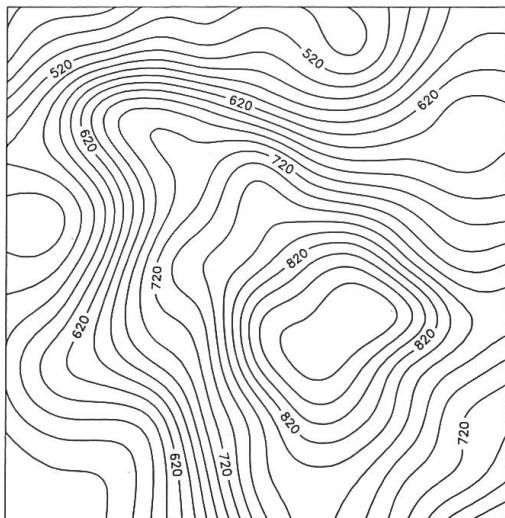
Gelaendeformtyp 1 im 500 m Raster



Gelaendeformtyp 2 im 500 m Raster



Gelaendeformtyp 3 im 500 m Raster



Gelaendeformtyp 4 im 500 m Raster

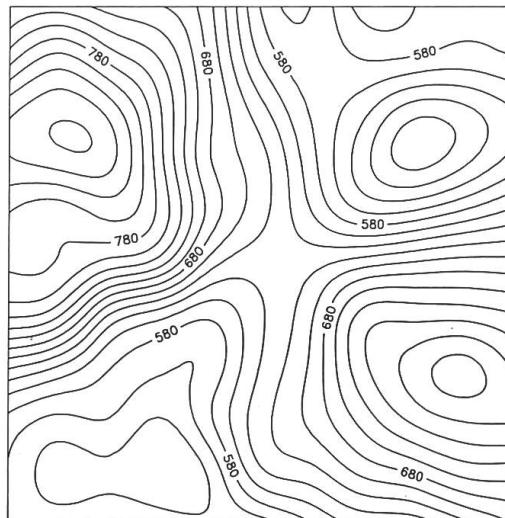


Abb. 2 Isohypsenbilder der ersten vier renormierten Hauptachsen (Geländeformtypen). Die Gesamtheit aller berechneten Geländeformtypen charakterisiert die Geländeform an den Messstellen. Die Kantenlänge beträgt jeweils 5,5 km.

Da die Verteilung des Niederschlags nicht einer Normalverteilung entspricht, wurde eine logarithmische und logistische Datentransformation durchgeführt. Es zeigt sich, dass bei der Betrachtung von Tagesniederschlagswerten diese Transformationen die Varianzaufklärung verschlechtern. Bei der Bearbeitung des Niederschlags für Wetterlagen hat eine Transformation keinen Einfluss auf das Modellergebnis.

6 Weitere Arbeitsschritte

Ziel der Berechnungen sind Niederschlagskarten für Wetterlagen. Die Karten sollen die Niederschlagshöhe als farbig abgestufte Flächendarstellung enthalten. Die Varianz der Modellergebnisse wird durch Isolinien wiedergegeben.

Dank

Das Regio-Klima-Projekt wird von den Kantonen beider Basel, der Region Elsass und dem Land Baden-Württemberg finanziert. Dem Deutschen Wetterdienst danke ich für die Bereitstellung der Daten.

Literatur

- Bénichou, P. & Breton, O.L. 1987. Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques. *La Météorologie* 7, 19, 23-34.
- CHR/KHR 1977. *Das Rheingebiet*. Hydrologische Monographie. Kartenband, Teil A Textband, Teil B Tabellen, Den Haag.
- Direction de la Météorologie Nationale 1988. *Précipitation en France*. Paris.
- Gossmann, H. 1991. Die Nutzung geographischer Informationssysteme in der ange-wandten Klimatologie. *GIS* 3, 3-7.
- Güssefeldt, J. 1988. *Kausalmodelle in Geographie, Ökonomie und Soziologie. Eine Einführung mit Übungen und einem Computerprogramm*. 426 S., Berlin.
- Hendl, M. 1966. *Grundriss einer Klimakunde der Deutschen Landschaften*. Leipzig.
- Moser, H.R. 1984. Niederschlagsverteilung und -struktur bei verschiedenen Wetterla-gen in der Region Basel. *Physiogeographica* 4, Basel.
- Olea, R.A. 1975. Optimum mapping techniques using regionalized variable theory. *Kansas Geological Survey, Series on Spatial Analysis* 2, 137 S., Lawrene.
- Rudloff, H.v. 1977. *Niederschlagskarte "Dreiländereck" Vogesen - Oberrhein - Schwarzwald - Jura - Bodensee - Allgäu*.
- Schirmer, H. 1973. Die räumliche Verteilung der Bänderstruktur des Niederschlags in Süd - und Südwestdeutschland. Klimatologische Studie für Zwecke der Landes-planung. *Forschungen zur Deutschen Landeskunde* 205, 75 S., Bad Godesberg.