



**Berichte des Deutschen Wetterdienstes**

**193**

**Numerisches Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten**

von  
Gerhard Müller-Westermeier



Zitationsvorschlag:

Müller-Westermeier, Gerhard: Numerisches Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. -  
Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 1995.  
(Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 193)

ISSN der Onlineausgabe: 2194-5969

ISSN der Druckausgabe: 0072-4130

---

## Nutzungsbedingungen



Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz

Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

---

Herausgeber und Verlag: :

Deutscher Wetterdienst  
Frankfurter Straße 135  
D- 63067 Offenbach am Main

Internet: [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

Mail: [bibliothek@dwd.de](mailto:bibliothek@dwd.de)

## INHALT

Zusammenfassung/ Abstracts .....	5
Einleitung .....	7
Grundprinzip .....	8
Realisierbares Verfahren.....	8
Datenbasis .....	9
Vorhandene Programme .....	10
Praktische Anwendung .....	11
Bisherige Ergebnisse.....	13
Zusammenfassende Bewertung.....	16
Literatur.....	17
Karten .....	19



## Zusammenfassung

Es wird ein einfaches Verfahren vorgestellt, mit dem Karten klimatologischer Parameter, für die eine Regressionsbeziehung zur Topographie besteht, weitgehend ohne manuelle Arbeitsschritte hergestellt werden können. Dabei werden die Werte an Meßstationen mit Hilfe räumlich variabler Regressionsfunktionen, die flächendeckend interpoliert wurden, auf ein gemeinsames Bezugsniveau umgerechnet. Diese reduzierten Werte werden räumlich interpoliert und anschließend unter Verwendung einer topographischen Datei mittels der Regressionsfunktionen wieder auf Werte im echten Höhenniveau umgerechnet. Es werden Ergebnisse für die Parameter mittlere jährliche Lufttemperatur und mittlerer Jahresniederschlag für Deutschland aufbauend auf einer topographischen Datei im 1 km-Raster dargestellt.

## Abstract

A simple method to develop maps of climatological parameters, which show a significant correlation with topography, without major manual work is presented. Values of observing stations are reduced to a common reference niveau using spatially variable regression functions. These reduced values are interpolated and are subsequently reconfirmed to values in the actual topography. Results for the parameters average yearly air temperature and precipitation for Germany based on a topographical grid of 1 km are shown.



## Einleitung

Für verschiedenste Anwendungsbereiche werden klimatologische Karten benötigt, in denen statistische Kenngrößen eines klimatologischen Parameters flächenhaft in Form von Isolinien oder Farbstufen dargestellt sind.

Ausgangsbasis hierfür sind die Meßreihen an den Stationen klimatologischer Meßnetze. Aus repräsentativen Zeitabschnitten, die groß genug sein müssen, stabile Werte zu erhalten, werden die statistischen Kenngrößen - i. a. Mittelwerte - berechnet.

Die folgende Übertragung der Punktwerte in die Fläche geschieht bisher noch weitgehend manuell und subjektiv. Die Werte werden in orographische Grundkarten eingetragen. Isolinien werden nach Erfahrungsregeln unter Berücksichtigung der Topographie gezeichnet.

Dieses Verfahren ist sehr personal- und zeitaufwendig und die Subjektivität der Linienführung erschwert den Vergleich verschiedener Karten.

Eine einfache numerische Interpolation bringt meist nur unbefriedigende Ergebnisse, da die Meßnetze i. a. zu weitmaschig sind, um die von der Topographie abhängigen klimatologischen Effekte ausreichend zu berücksichtigen.

Es wurde daher ein einfaches Verfahren entwickelt, mit dem klimatologische Karten unter Berücksichtigung der Topographie weitgehend maschinell und reproduzierbar erstellt werden können.

Die dazu notwendigen Programme und Dateien sind auf das Gebiet von Deutschland und die im Deutschen Wetterdienst üblichen Kartenmaßstäbe und -projektionen zugeschnitten. Das Verfahren kann aber grundsätzlich auch in anderen Gebieten angewendet werden.

## Grundprinzip

Es werden Regressionsbeziehungen zwischen den klimatologischen Parametern an den einzelnen Meßstationen und der Topographie für verschiedene Regionen bestimmt. Das heißt, der klimatologische Parameter wird als Funktion der topographischen Parameter Höhe und Bewuchs dargestellt.

$$t_{i,j} = f_{i,j}(h_{i,j}, n_{i,j}, w_{i,j})$$

$t_{i,j}$ : Wert am Gitterpunkt (i,j)  
 $h_{i,j}$ : Höhenwert für den Gitterpunkt (i,j)  
 $n_{i,j}$ : Hangneigung für den Gitterpunkt (i,j)  
 $w_{i,j}$ : Bodennutzung, Bewuchs für den Gitterpunkt (i,j)

Die Regressionskoeffizienten können prinzipiell für jeden Gitterpunkt unterschiedlich sein. In der Praxis können Regressionskoeffizienten nur für Gebiete berechnet werden. Sie werden einzelnen Punkten des Gebiets zugeordnet und auf die Fläche interpoliert.

Mit diesen Regressionsbeziehungen werden die Werte der klimatologischen Parameter auf einen Standardzustand reduziert. Die reduzierten Werte werden ebenfalls in die Fläche interpoliert.

Anschließend werden die interpolierten Werte mit Hilfe der Regressionsgleichung unter Verwendung einer topographischen Datei wieder in Werte, die dem jeweiligen Gelände entsprechen, umgerechnet.

## Realisiertes Verfahren

Es wurde ein anwendbares Verfahren zur Erstellung von Karten im Maßstabsbereich von 1:1 Million bis 1:4 Millionen entwickelt. Dabei wird eine lineare Regression zwischen topographischer Höhe und klimatologischem Parameter berechnet.

$$t_{i,j} = t_{0,i,j} + b_{i,j} * h_{i,j}$$

$t_0$ : Wert im Bezugsniveau  
 $b$ : Regressionskoeffizient

Beziehungen zur topographischen Orientierung sowie zur Landnutzung werden wegen des relativ kleinen Maßstabs vernachlässigt.

Die Werte des klimatologischen Parameters werden auf Meeresebene reduziert.

$$t_{0,i,j} = t_{i,j} - b_{i,j} * h_{i,j}$$

Bei den Interpolationen wird folgende Formel verwendet:

$$t_{i,j} = \frac{\sum_{l=j-D}^{j+D} \sum_{k=i-D}^{i+D} \frac{t_{k,l}}{d_{k,l}^2}}{\sum_{l=j-D}^{j+D} \sum_{k=i-D}^{i+D} \frac{1}{d_{k,l}^2}}$$

$t_{i,j}$ : Wert am Gitterpunkt (i,j)

D: maximale Entfernung, bis zu der Werte bei der Interpolation berücksichtigt werden sollen

$d_{k,l}$ : Differenz des Gitterpunkts (k,l) vom Gitterpunkt (i,j)

$$d_{k,l} = \sqrt{(i-k)^2 + (j-l)^2}$$

Die Größe des berücksichtigten Einflußbereichs ist frei wählbar. Die Werte an Gitterpunkten, für die Meßwerte vorhanden sind, bleiben unverändert erhalten.

### Datenbasis

Als topographische Datenbasis liegt eine Datei mit Höhenwerten im 1 km Raster für Deutschland vor. Sie basiert auf Ablesungen der Höhenwerte an den Maschen des Gauß-Krüger-Gradnetzes, die auf den Bezugsmeridian 9 Grad Ost umgerechnet wurden (Raster von 654 x 866 Punkten).

Die Datei wurde in der Abteilung Klimatologie des Zentralamts des Deutschen Wetterdienstes erstellt. Die Datei für die alten Bundesländer stammt bereits aus den Jahren 1982 - 1986, die Datei der neuen Länder wurde in den Jahren 1991 und 1992 aufgebaut.

Grundlage bilden amtliche topographische Karten im Maßstab 1:25 000. Für die alten Bundesländer wurden die im Jahre 1986 jeweils neuesten verfügbaren Karten benutzt. Für die neuen Länder wurden Karten aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg verwendet, da die vorliegenden neueren Karten teilweise verfälscht sind.

Es wurden die Höhenwerte an den Gitterpunkten des Gauß-Krüger-Gradnetzes mit einer Genauigkeit von 5 m digitalisiert. Meeresflächen erhielten den Wert 1. Die Datei ist weitgehend grenzscharf. In einigen Bereichen wurden über die Grenze hinaus die gesamten Kartenblätter digitalisiert.

Die Daten für die neuen Länder sind geprüft und korrigiert. In den Daten für die alten Länder wurden lediglich einzelne offensichtliche Fehler korrigiert. Die Datei ist in Karte 3 dargestellt.

Als klimatologische Grundlage kann jede Datei dienen, in denen der Wert für den gewünschten Parameter sowie Koordinaten- und Höhenangaben für jede Meßstation jeweils in einem Datensatz zusammengefaßt sind.

#### **Vorhandene Programme**

Zur Berechnung der Höhenregressionen kann jedes Programm, das die Regression zwischen zwei Parametern berechnet, benutzt werden. In dieser Untersuchung wurde das im Deutschen Wetterdienst erstellte Programm KORR verwendet. Es berechnet lineare Korrelation und Regression zwischen zwei frei wählbaren Parametern in Abhängigkeit von der Jahreszeit, wobei die benutzten Fälle durch eine Zusatzbedingung eingeschränkt werden können.

Die folgenden Programme sind alle auf das 1 km Gitter von 654 x 866 Punkten im Gauß-Krüger-Netz des 9 Grad E Meridians ausgerichtet.

Zur Erstellung eines Gitters von Regressionskoeffizienten liegt das Programm GITTER\_GK vor. Dieses Programm füllt ein Gitter von 654 x 866 Punkten, das Deutschland im Gauß-Krüger-Netz des 09 Grad Meridianstreifens im 1 km - Raster abdeckt, mit Werten eines Parameters, wobei anhand einer linearen Höhenabhängigkeit auf Meeresniveau reduziert wird.

Hierzu muß interaktiv eine Datei mit räumlichen Stützwerten der Regressionskoeffizienten, die mit Programm KORR berechnet wurden, erstellt werden. Je mehr Stützwerte vorgegeben werden, um so geringer kann der Einflußbereich bei der anschließenden Interpolation gewählt werden und um so rascher läuft das zugehörige Programm ab.

Zur Interpolation der nicht belegten Gitterpunkte liegt das Programm INTERPOL\_GK vor. Dieses Programm interpoliert leere Gitterpunkte in einem 654 x 866 Gitter. Gefüllte Gitterpunkte bleiben unverändert erhalten. Gitterpunkte, zu denen die Höhenwerte in der zugehörigen topographischen Datei fehlen, bleiben leer.

Für die Erstellung eines Gitters mit den reduzierten Werten des zu bearbeitenden Parameters ist das Programm GITTER\_GK\_REG erstellt worden. Dieses Programm entspricht weitgehend dem Programm GITTER\_GK, jedoch werden die Werte der Gitterpunkte anhand der topographischen Datei und der Datei der Regressionskoeffizienten auf Meeresniveau reduziert.

Zur Interpolation der nicht belegten Gitterpunkte kann wieder Programm INTERPOL\_GK verwendet werden.

Zur Umrechnung des Rasters der reduzierten Werte des klimatologischen Parameters in Werte, die der Geländehöhe entsprechen, liegt das Programm INTERPOL\_TOPO vor. Dieses Programm rechnet die Werte eines 654 x 866 Gitters mit Hilfe einer linearen Regression unter Verwendung gleichartiger Gitter mit topographischen Höhen und Regressionsfaktoren in Relief bezogene Werte um.

Für die Ausgabe der Rasterfelder wurde das Fortran-Programm KARTE entwickelt, das einen farbigen Ausdruck eines Rasterfelds erzeugt.

### **Praktische Anwendung**

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist eine starke Korrelation zwischen dem darzustellenden Parameter und der Topographie.

Es wurde daher zunächst mit der Erstellung von Temperaturkarten begonnen. Bisher wurde eine Karte der Jahresmitteltemperatur für den Zeitraum 1951 - 1980 erstellt. Hierfür standen Werte von 469 Stationen zur Verfügung.

Außerdem wurde eine Karte der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen im Zeitraum 1951-1980 erzeugt. Die Grundlage hierbei bildeten Daten von 4121 Meßstellen.

Bei den Stationswerten handelt es sich nicht nur um Daten von vollständigen Meßreihen, es wurden vielmehr auch Werte von kürzeren Zeitreihen, die mit Hilfe von Nachbarstationen auf den Bezugszeitraum reduziert wurden, miteinbezogen. Eine fachliche Prüfung der Daten auf Repräsentanz und Homogenität fand jedoch nicht statt, so daß sich lokale Unterschiede zu anderweitig veröffentlichten Karten ergeben können.

Bei der Auswahl der Gebiete, für die die Regressionen berechnet werden sollen, ist die Dichte des Meßnetzes zu berücksichtigen. Für Klimastationen hat sich eine Einteilung in 12 Gebiete bewährt:

Eine E - W - Gliederung entlang 9 Grad und 11 Grad 30 Minuten E sowie eine N - S - Gliederung entlang 52 Grad, 50 Grad 30 Minuten (im E 50 Grad) und 48 Grad 30 Minuten (im W 49 Grad).

Für die Gebiete nördlich von 52 Grad N ergeben sich allerdings infolge der geringen Höhenunterschiede keine brauchbaren Regressionen, so daß für diese Bereiche die Koeffizienten der südlich angrenzenden Gebiete benutzt wurden.

Beim Niederschlag ist infolge der hohen Stationsdichte eine Gliederung in 1 Grad Felder möglich. Allerdings ist die Korrelation zur Topographie hier nicht so stark wie bei der Temperatur. Einzelne unrealistische Regressionskoeffizienten wurden daher durch Interpolationen aus Nachbarwerten ersetzt.

Die Regressionskoeffizienten wurden in Dateien mit Punktdaten in 1/2 Grad Abstand umgesetzt.

Für die Interpolation wurde bei den Regressionskoeffizienten ein Einflußbereich bis zu 45 Gitterpunkten Abstand gewählt.

Für die Temperaturwerte wurde ein Einflußbereich von 40 km benutzt. Dieser Bereich ist für das klimatologische Meßnetz noch recht gering. Wesentlich größere Einflußbereiche führen jedoch zu extrem hoher Rechenzeit.

Da bei diesem Einflußbereich insbesondere in den neuen Ländern noch Lücken im interpolierten Feld auftraten, wurde ausgehend von den bereits interpolierten Daten ein zweiter Interpolationslauf durchgeführt.

Für den Niederschlag erwies sich ein Interpolationsbereich von 20 km als ausreichend.

## **Bisherige Ergebnisse**

Um die Leistung des Verfahrens beurteilen zu können, wurden manuell erstellte Karten für das Jahresmittel der Lufttemperatur (Karte 1) und die mittlere jährliche Niederschlagshöhe (Karte 2) zum Vergleich herangezogen. Außerdem wurden auch andere einfachere numerische Verfahren angewendet:

Es wurde eine rein numerische Interpolation der Stationswerte ohne Berücksichtigung der Topographie durchgeführt.

Es wurde ausgehend von den Werten einer einzelnen repräsentativen Station eine kombinierte lineare Höhen-, Längen- und Breitenabhängigkeit zur Berechnung der klimatologischen Werte im Höhenraster angewendet.

Außerdem wurden Karten mit räumlich konstanter Höhenregression erstellt.

Das Ergebnis der einfachen numerischen Interpolation der mittleren Jahresmitteltemperatur ist als Karte 4 dargestellt. Aufgrund des relativ dünnen Stationsnetzes ergibt sich ein unbefriedigendes Bild. Die zu erwartenden topographischen Strukturen werden nur teilweise abgebildet. Insbesondere dominieren einzelne Bergstationen einen viel größeren Bereich, als es ihrer Höhenlage entspricht.

Das analoge Ergebnis für die mittlere jährliche Niederschlagshöhe ist in Karte 5 dargestellt. Aufgrund des dichteren Stationsnetzes sind hier die größeren Strukturen der Orographie bereits weitgehend zufriedenstellend berücksichtigt. Diese Karte entspricht qualitativ weitgehend manuell entworfenen Karten dieses Maßstabs. Lediglich die fehlende Verbindung von Ketten kleiner Einzelgebiete entlang enger Flußtäler wie Mittelrhein und Mosel läßt noch die numerische Erstellung erkennen.

Generell sind solche rein numerischen Interpolationen sinnvoll, wenn das Stationsnetz relativ zum Kartenmaßstab dicht ist oder die Korrelation zur Topographie nicht gut ausgebildet ist. Dies gilt z. B. bei der Analyse individueller Monate und Jahre und insbesondere bei Karten der Abweichung kurzer Zeiträume von langjährigen Mittelwerten.

Karte 6 zeigt das Ergebnis der linearen Höhen-, Breiten- und Längenregression für die mittlere Jahresmitteltemperatur 1951-80 ausgehend vom Wert der Station Gießen. Diese Karte gibt die reliefbedingten Temperaturunterschiede sehr detailliert wieder. Die regionale Struktur wird größtenteils genauer dargestellt, als es bei einer manuellen Analyse in diesem Maßstab üblich ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß sich die Struktur eines Isolinienfeldes an der Auflösung der Topographie in der Grundkarte, die für den Druck verwendet wird, orientieren muß.

Großräumig zeigt die Karte aber noch einige Mängel. Insbesondere erscheint das nordwestdeutsche Küstengebiet zu warm, während die Niederungen Süd- und Ostdeutschlands zu kühl ausfallen.

Erst die Verwendung aller verfügbaren Stationswerte zusammen mit der topographischen Information führt zu befriedigenden Ergebnissen.

Karte 7 zeigt die Temperaturverteilung unter Berücksichtigung der Topographie mittels einer räumlich konstanten Höhenregression von 0.6 Grad/100m. Sie läßt alle topographischen Effekte erkennen, die im Rahmen des gewählten Maßstabs zu erwarten sind.

Das optimale Ergebnis sollte aber erst bei einer Regionalisierung der Höhenabhängigkeit, wie sie mit dem neu entwickelten Verfahren möglich ist, erreicht werden.

Karte 8 zeigt die dabei zunächst entstehende Verteilung der auf Meeresebene reduzierten Temperatur. Hier läßt sich eine klimatologisch sinnvolle Temperaturzunahme von NE nach SW erkennen, die manuell entworfenen Karten dieser Größe, die in älteren Klimaatlantiken häufig dargestellt wurden, entspricht.

Gelegentlich lassen sich lokale städtische Wärmeinseln erkennen (z. B. Hamburg). Vereinzelt ergeben sich auch unmotiviert Wärme- und Kälteinseln, die vermutlich auf unrepräsentative Stationslage, Inhomogenitäten u. ä. zurückzuführen sind. Insofern läßt sich die Karte auch zur Aufdeckung systematischer Fehler nutzen.

Die wahre Lufttemperatur ist in Karte 9 dargestellt. Sie zeigt nahezu alle Strukturen, die auf manuell erstellten Karten vorhanden sind, wobei die Gliederung des Geländes oft genauer berücksichtigt wird, als es bei manueller Kartenzzeichnung möglich ist.

Die bei der Karte der reduzierten Temperaturen festgestellten Unzulänglichkeiten bleiben allerdings erhalten:

Es treten einige unwahrscheinliche Wärme- und Kälteinseln auf. Der Wärmeinseleffekt von Berlin wird wegen der geringen Stationsdichte zu weit in das Umland extrapoliert. Im flachen Gelände zeigen sich in datenarmen Gebieten unrealistisch kantige Isolinien, insbesondere in NE-Deutschland. Die relativ warmen Niederungen des Donautals werden inselartig unterbrochen, da Stationen aus kühleren Randgebieten ihren Einfluß zu sehr ausdehnen.

Gegenüber der Karte mit räumlich konstanter Höhenregression treten zwar einige lokale Veränderungen auf. Inwieweit diese Veränderungen jedoch auch signifikante Verbesserungen sind, läßt sich noch nicht nachweisen, da unabhängige Informationen über die wahre räumliche Temperaturverteilung weitgehend fehlen.

Hierfür müßten spezielle Testläufe mit Interpolation unter gezielter Ausgrenzung einzelner Stationen, die dann zur Verifikation dienen können, durchgeführt werden.

Die Ergebnisse für die mittlere jährliche Niederschlagshöhe sind in den Karten 10 bis 12 zusammengestellt:

Karte 10 enthält die Niederschlagsverteilung bei räumlich konstanter Höhenregression. Sie zeigt alle zu erwartenden topographischen Effekte. Abgesehen von kleineren Störungen durch einzelne nicht repräsentative Stationen und Aneinanderreihung kleiner Minima und Maxima, wo sich eine Zusammenlegung entlang topographischer Strukturen anböte, liefert die Karte alles, was von einer kartographischen Darstellung des mittleren Niederschlags in diesem Maßstab erwartet werden kann.

In Karte 11 ist der auf NN reduzierte Niederschlag dargestellt. Man erkennt, daß die Gebirge keineswegs gleichartig stark zur Niederschlagsvermehrung führen. So treten Sauerland, Schwarzwald und Alpen auch relativ zu ihrer Höhe als besonders niederschlagsreich hervor, während Thüringer Wald, Bayrischer Wald und Erzgebirge verhältnismäßig niederschlagsarm sind. Dies entspricht dem Trend zu abnehmenden Niederschlagshöhe bei zunehmender Kontinentalität.

Auch auf relativ kleine Entfernungen findet man solche Unterschiede: Im Rhein-Main-Gebiet fallen Odenwald und Spessart als besonders regenreiche Regionen auf, während der Taunus ausgesprochen trocken ist. Hier ist offenbar die Streichrichtung der Gebirge von besonderer Bedeutung. Während bei Odenwald und Spessart die Streichrichtung nahezu senkrecht zu den regenbringenden Westwinden ist, so daß ein großer Stau-effekt eintritt, verläuft die Kammlinie des Taunus bei gleichen Wetterlagen weitgehend strömungsparallel.

Zu bemerken ist auch, daß das Gebiet um die Zugspitze relativ trocken erscheint. Hier machen sich vermutlich Unzulänglichkeiten der Niederschlagsmessung bemerkbar. Niederschlagsverluste bei starkem Wind und trockenem Schnee, wie er in der extremen Lage dieser Bergstation besonders häufig vorkommt, dürften zu einer erheblichen Unterschätzung des Niederschlags führen. Da das Meßnetz in diesem Bereich relativ dünn ist, wirkt sich dies auf das gesamte umliegende Bergland aus.

Die Verteilung des dem Relief mit räumlich variabler Höhenregression angepaßten mittleren Jahresniederschlags ist in Karte 12 dargestellt. Sie ähnelt weitgehend der Karte, die mit räumlich konstanter Höhenregression erzeugt wurde. Unterschiede sind nur sehr kleinräumig, da die mit Meßwerten belegten Gitterpunkte ihren Originalwert behalten und das Meßnetz insgesamt sehr dicht ist.

Wie bei der Temperatur bleibt die Bewertung der Unterschiede speziellen Tests vorbehalten.

### **Zusammenfassende Bewertung**

Durch einfache räumliche Interpolation punktueller Messungen können nur bei einem sehr dichten Stationsnetz und relativ kleinen Maßstäben befriedigende klimatologische Karten gewonnen werden.

Sofern eine brauchbare Korrelation zwischen einem klimatologischen Parameter und der Topographie vorliegt, kann die Anwendung des beschriebenen Verfahrens zur Interpolation unter Berücksichtigung der Regressionsbeziehung zu einer erheblichen Verbesserung der Ergebnisse führen. Die Ergebnisse sind den manuell erstellten klimatologischen Karten qualitativ weitgehend ebenbürtig.

Im allgemeinen bringt eine räumlich konstante Regressionsbeziehung bereits befriedigende Ergebnisse. Durch die Regionalisierung der Regressionsbeziehungen können die Ergebnisse noch modifiziert werden. Die damit verbundene Verbesserung läßt sich bisher aber kaum quantifizieren.

## Literatur

Bergheim + Rau OHG

Bestimmung der Abhängigkeit klimatologischer Größen von der Höhe sowie der geographischen Länge und Breite unter Berücksichtigung der orographischen Umgebung der Meßstation  
Bericht zum Werkvertrag vom 15. 10. 1985  
unveröffentlicht

Gerth, W.-P.:

Regional Climatic Maps for Land Use Planning  
in: Walter Kirchhofer u. a. (Ed.)  
Applied Climatology  
25. Geogr. Congress,  
Sympos. Nr. 18  
Zürich, 1984

Gerth, W.-P.:

Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei  
Nutzungsänderungen  
Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 171  
Offenbach, 1986

Gerth, W.-P.:

Anwendungsorientierte Erstellung großmaßstäbiger  
Klimaeignungskarten für die Regionalplanung  
Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 173  
Offenbach, 1987

Hellmann, G.; v. Elsner, G.; Henze, H; Knoch, K.:

Klima-Atlas von Deutschland  
Berlin, 1921

Höschele, K.; Kalb, M.:

Das Klima ausgewählter Orte in der Bundesrepublik Deutschland:  
Karlsruhe  
Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 174  
Offenbach, 1988

Kalb, M.:

Klimakarten des Deutschen Wetterdienstes für den Bereich der  
Bundesrepublik Deutschland  
Natur u. Landsch. 54, 1979

Kalb, M.:  
Das Klima der Bundesrepublik Deutschland Lfg. 2:  
Besondere Niederschlagshöhen für Monate und Jahr  
Offenbach, 1980

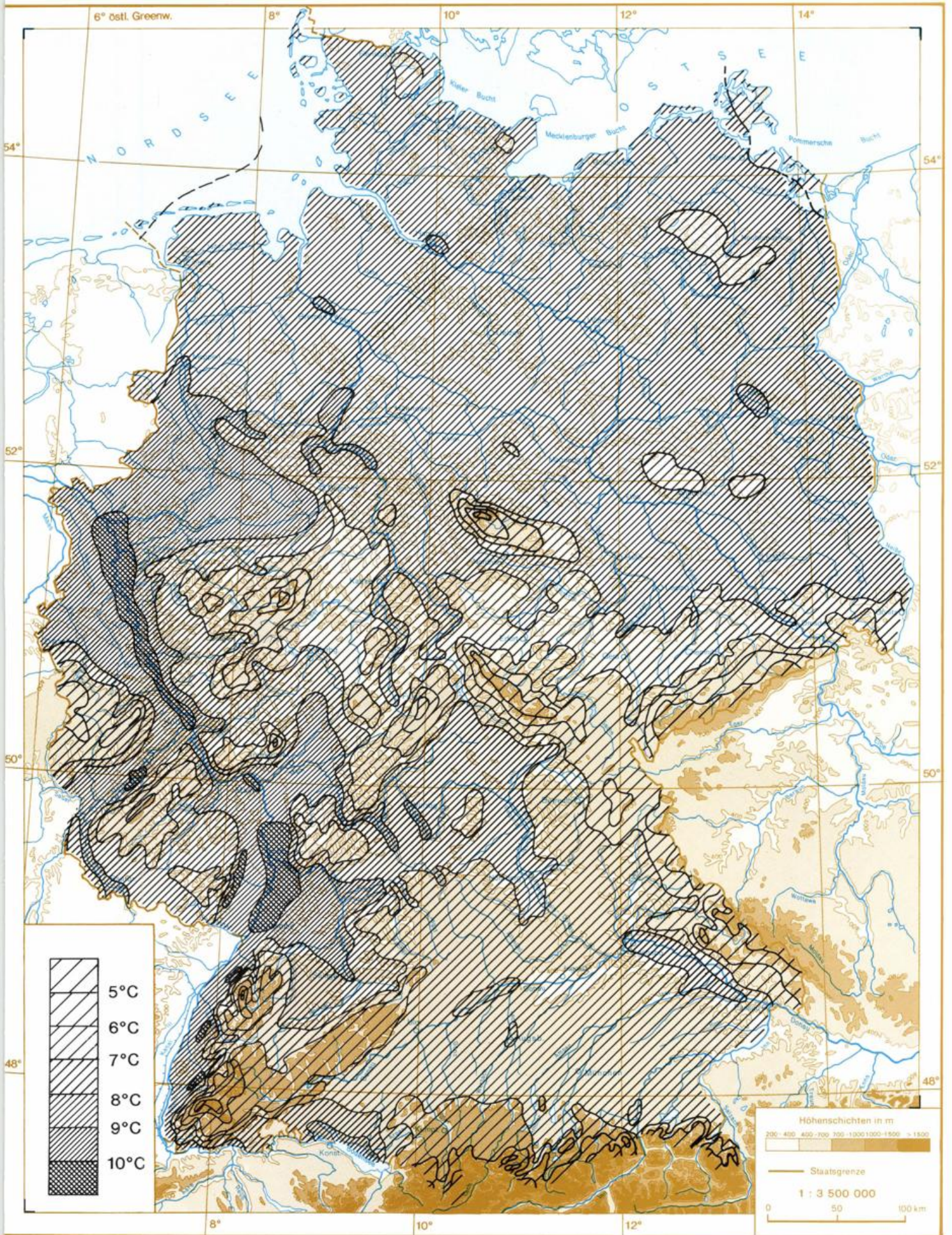
Kalb, M.; Vent-Schmidt, V.:  
Das Klima von Hessen  
Standortkarte im Rahmen d. agrarstrukturellen Vorplanung  
Wiesbaden, 1981

Kalb, M.; Vent-Schmidt, V.; Gerth, W.-P.:  
Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei  
Nutzungsänderungen, 1. Arbeitsbericht  
Offenbach, 1984

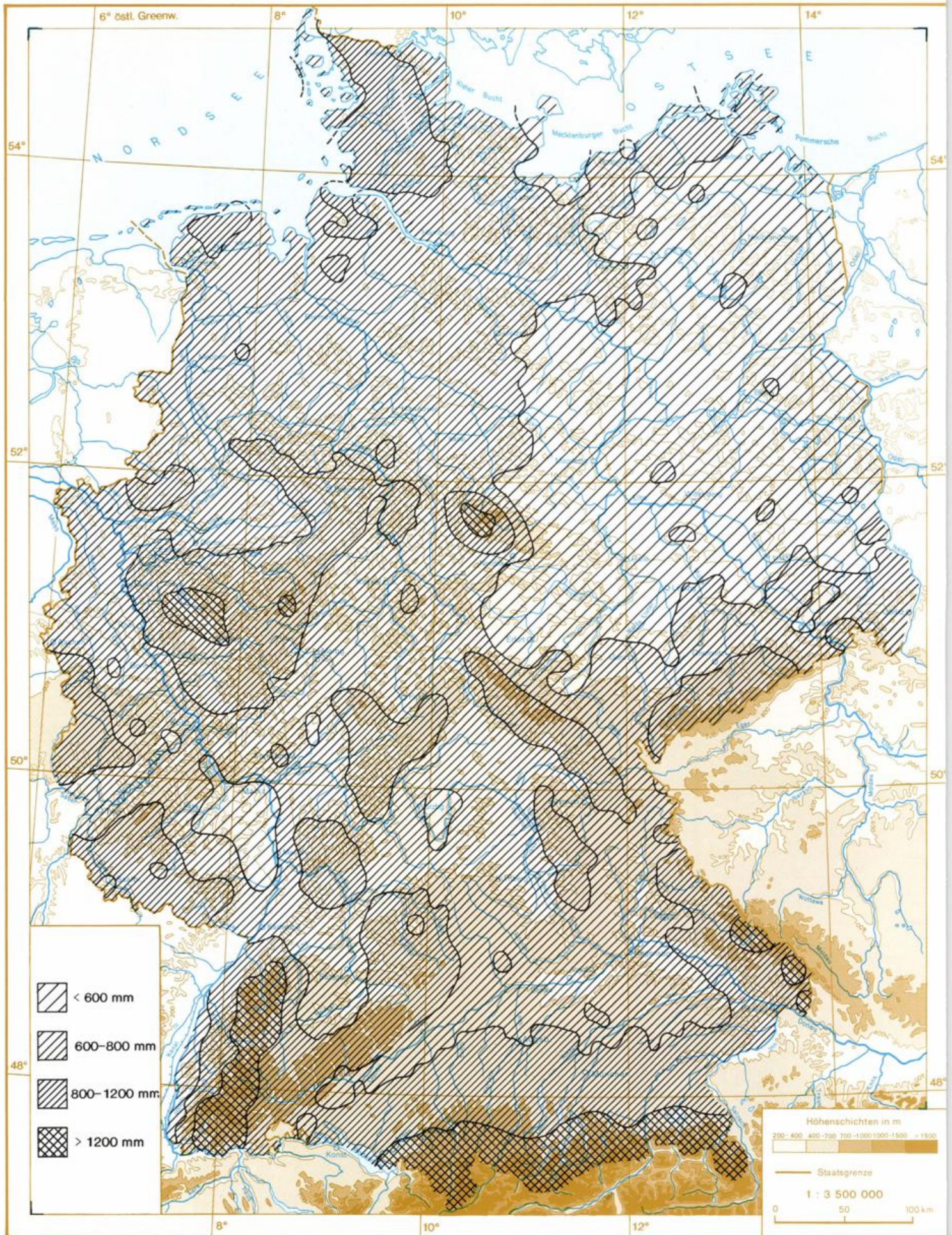
Kalb, M.; Vent-Schmidt, V.; Gerth, W.-P.:  
Klimatische Wechselwirkungen in der Raumplanung bei  
Nutzungsänderungen, 2. Arbeitsbericht  
Offenbach, 1985

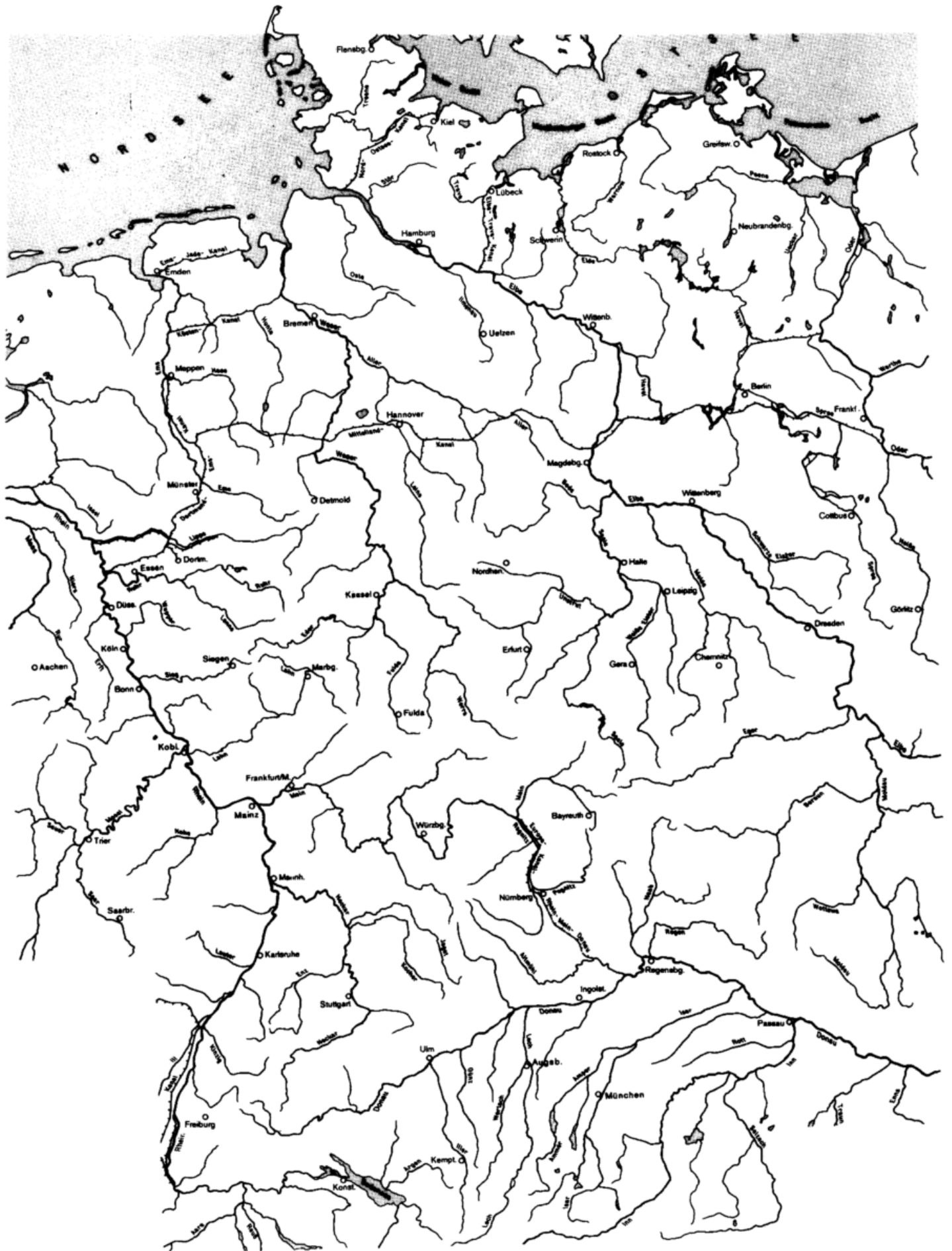
Kalb, M.; Schirmer, H.:  
Das Klima der Bundesrepublik Deutschland  
4. Mittlere Nebelhäufigkeit und Nebelstruktur  
Offenbach, 1992

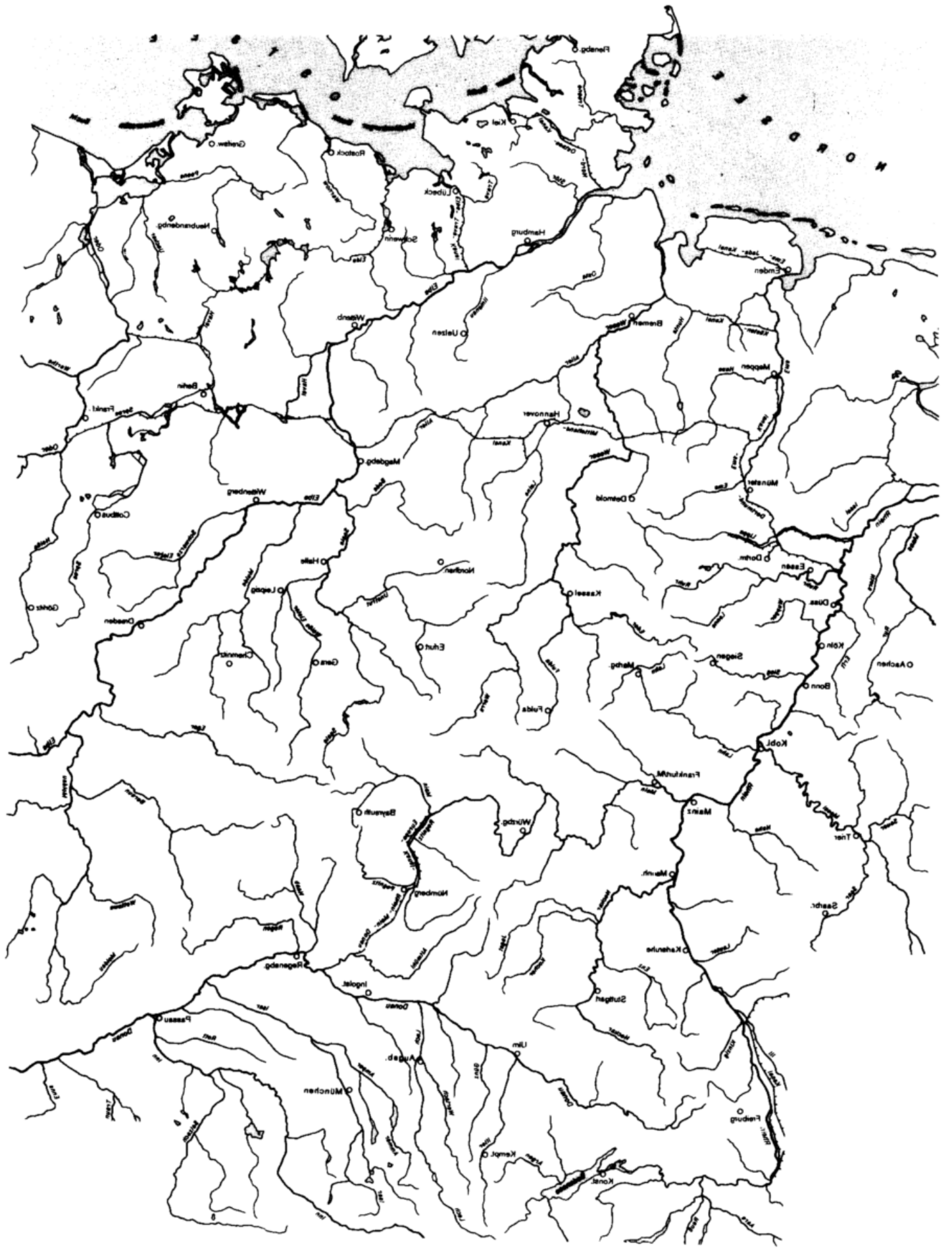
# Mittl. Jahresmittel der Lufttemperatur (°C) Zeitraum 1951–1980

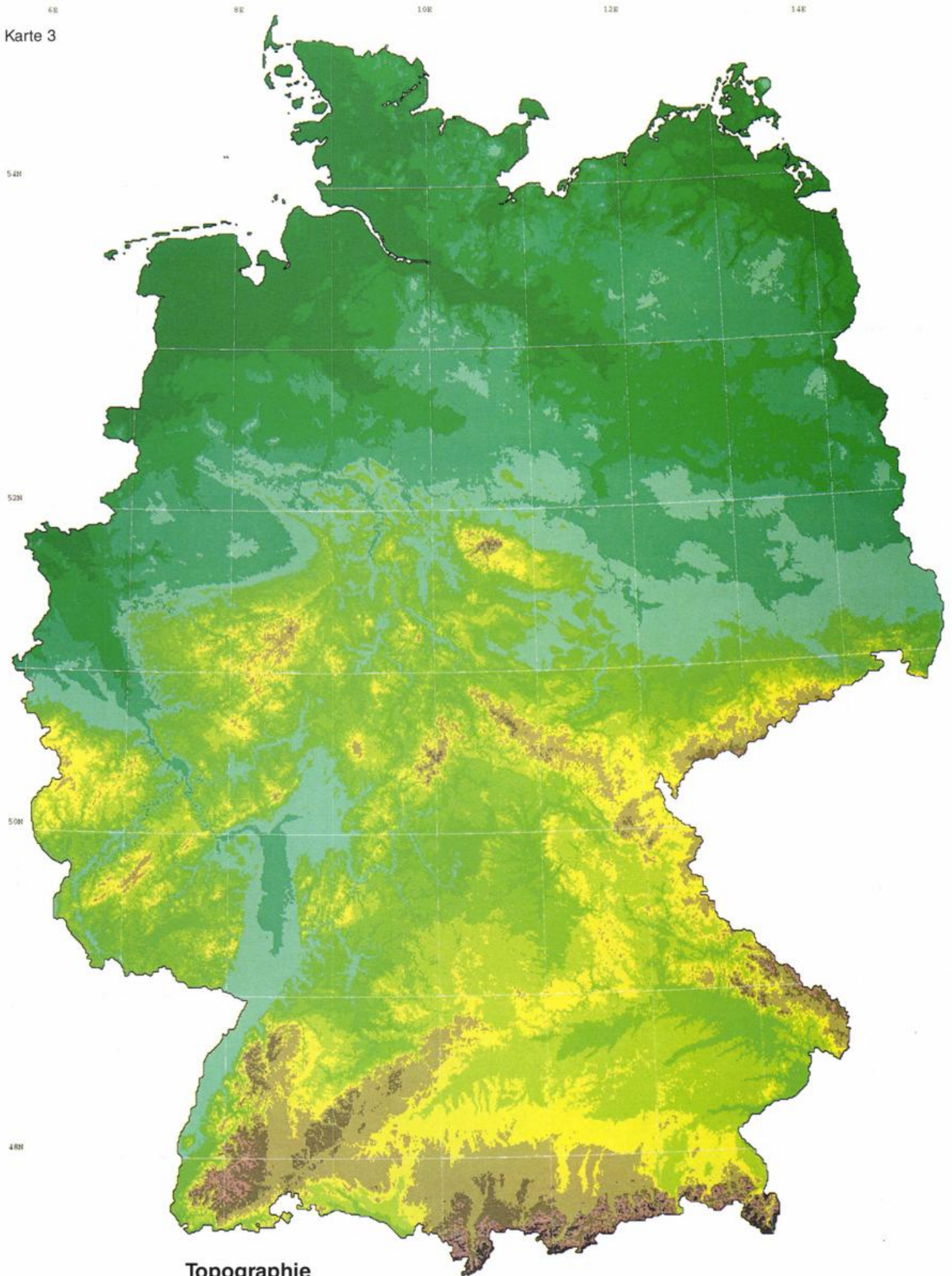


# Mittlere jährliche Niederschlagshöhe (mm) Zeitraum 1951–1980









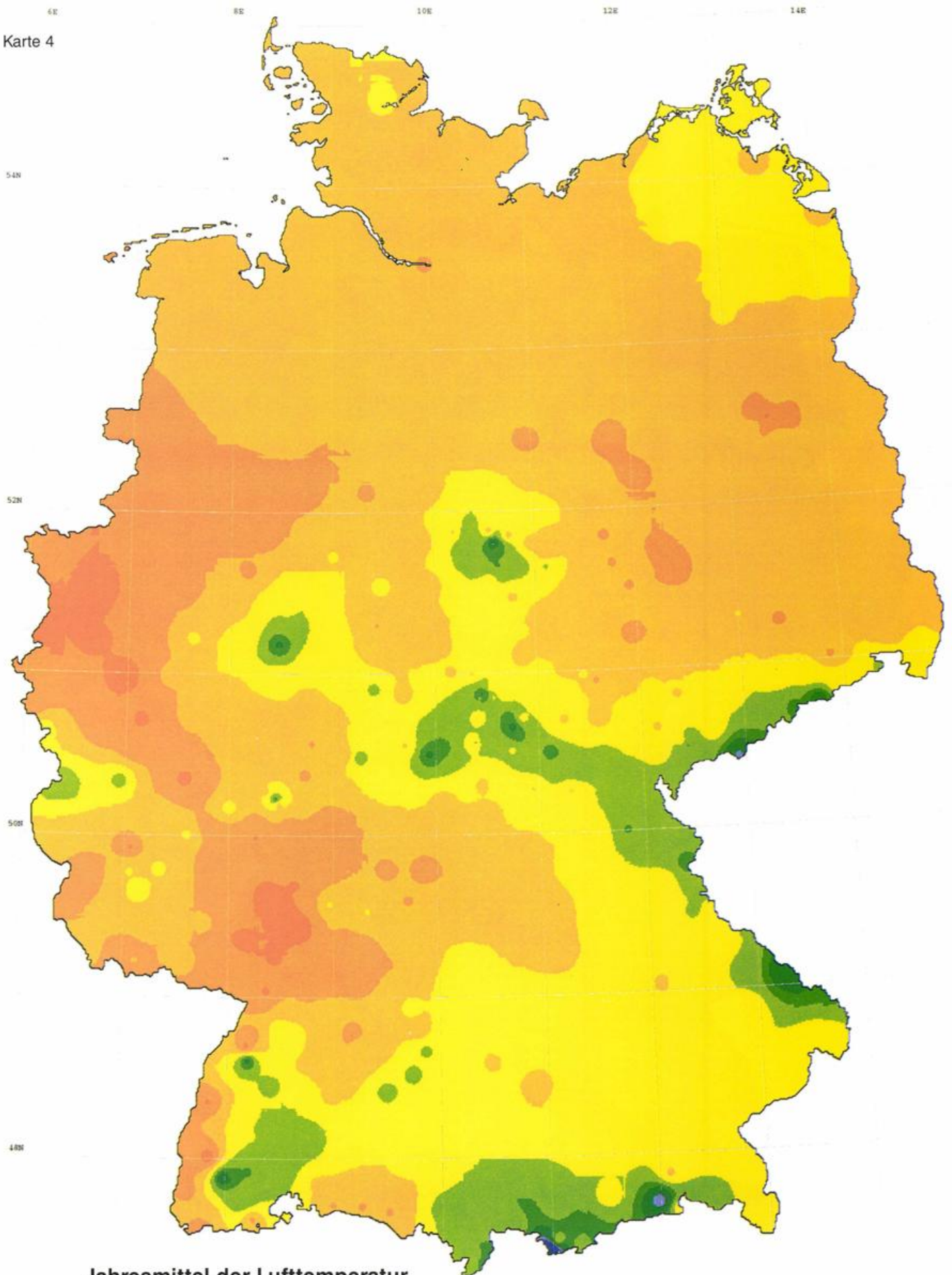
### Topographie

der Bundesrepublik Deutschland

Mittelwerte

Maßstab: 1:3500000  
Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE (R. Kunkel)  
Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Umgebung    | <input type="checkbox"/> 0-25 m      |
| <input type="checkbox"/> 25-50 m     | <input type="checkbox"/> 50-100 m    |
| <input type="checkbox"/> 100-200 m   | <input type="checkbox"/> 200-300 m   |
| <input type="checkbox"/> 300-400 m   | <input type="checkbox"/> 400-500 m   |
| <input type="checkbox"/> 500-600 m   | <input type="checkbox"/> 600-800 m   |
| <input type="checkbox"/> 800-1000 m  | <input type="checkbox"/> 1000-1200 m |
| <input type="checkbox"/> 1200-1500 m | <input type="checkbox"/> >=1500 m    |



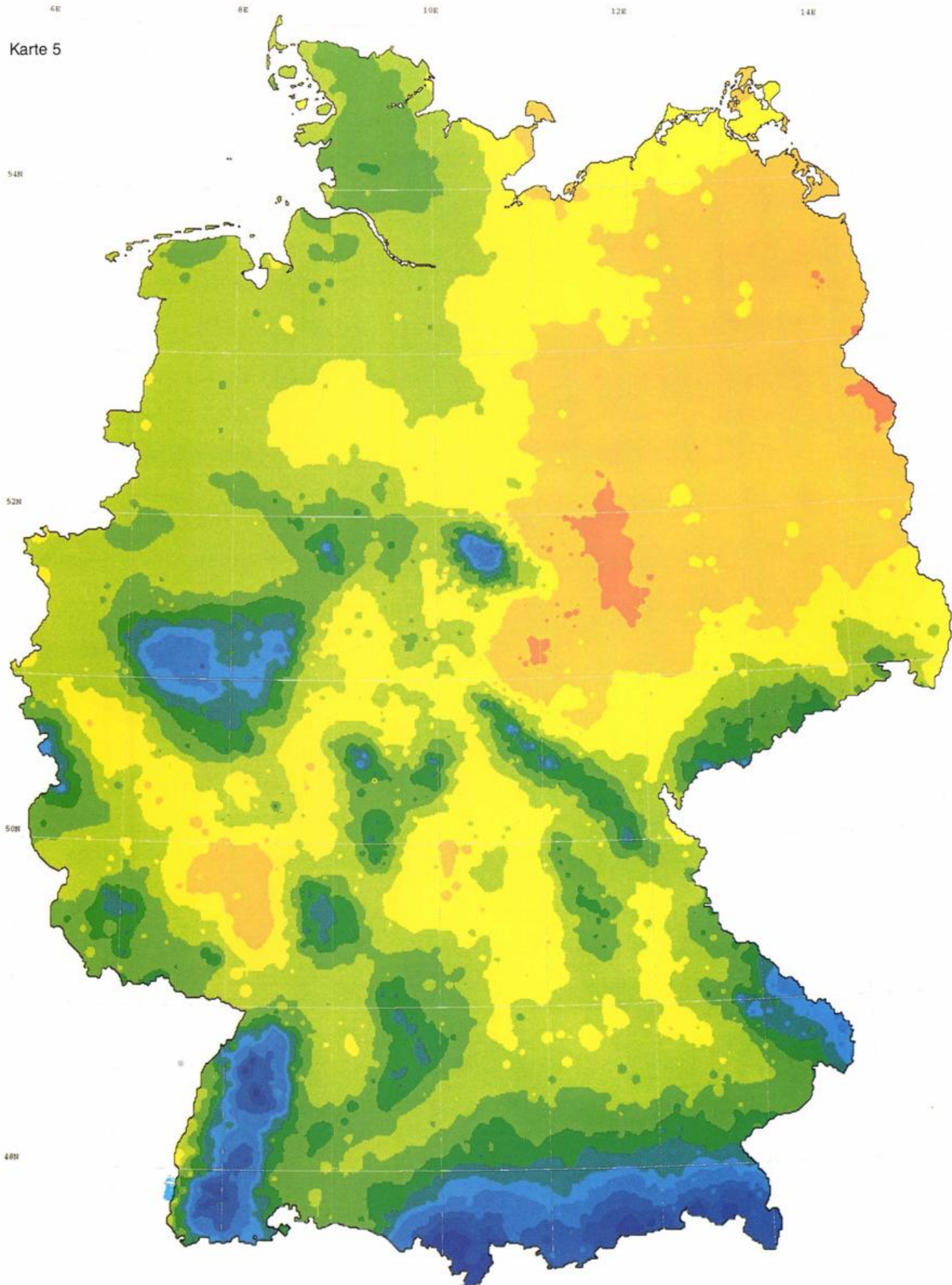
### Jahresmittel der Lufttemperatur

Zeitraum 1951–1980

Interpol. bis 50 km; ohne Höhenregression

Maßstab: 1:3500000  
 Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
 Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE (R. Kunkel)  
 Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
 Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |              |             |
|--------------|-------------|
| Umgebung     | < 0 Grad C  |
| 0-1 Grad C   | 1-2 Grad C  |
| 2-3 Grad C   | 3-4 Grad C  |
| 4-5 Grad C   | 5-6 Grad C  |
| 6-7 Grad C   | 7-8 Grad C  |
| 8-9 Grad C   | 9-10 Grad C |
| 10-11 Grad C |             |



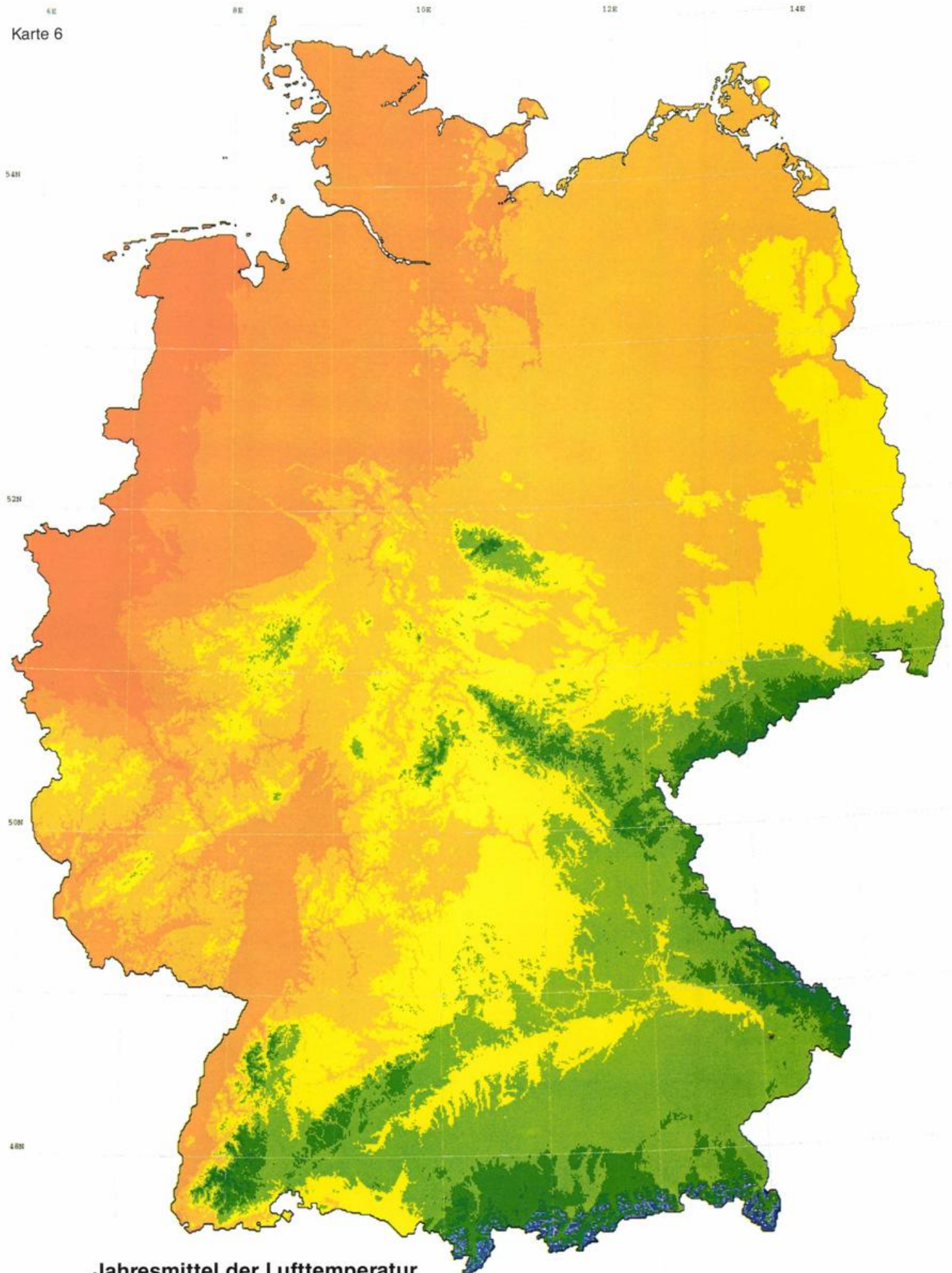
**Mittlere jährliche Niederschlagshöhe**

Zeitraum 1951-1980

Interpol. bis 20 km; ohne Höhenregression

Maßstab: 1:3500000  
 Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
 Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE (R. Kunkel)  
 Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
 Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |                |                |
|----------------|----------------|
| Umgebung       | < 300 mm/a     |
| 300-400 mm/a   | 400-500 mm/a   |
| 500-600 mm/a   | 600-700 mm/a   |
| 700-800 mm/a   | 800-900 mm/a   |
| 900-1000 mm/a  | 1000-1100 mm/a |
| 1100-1200 mm/a | 1200-1400 mm/a |
| 1400-1600 mm/a | 1600-1800 mm/a |
| >= 1800 mm/a   |                |



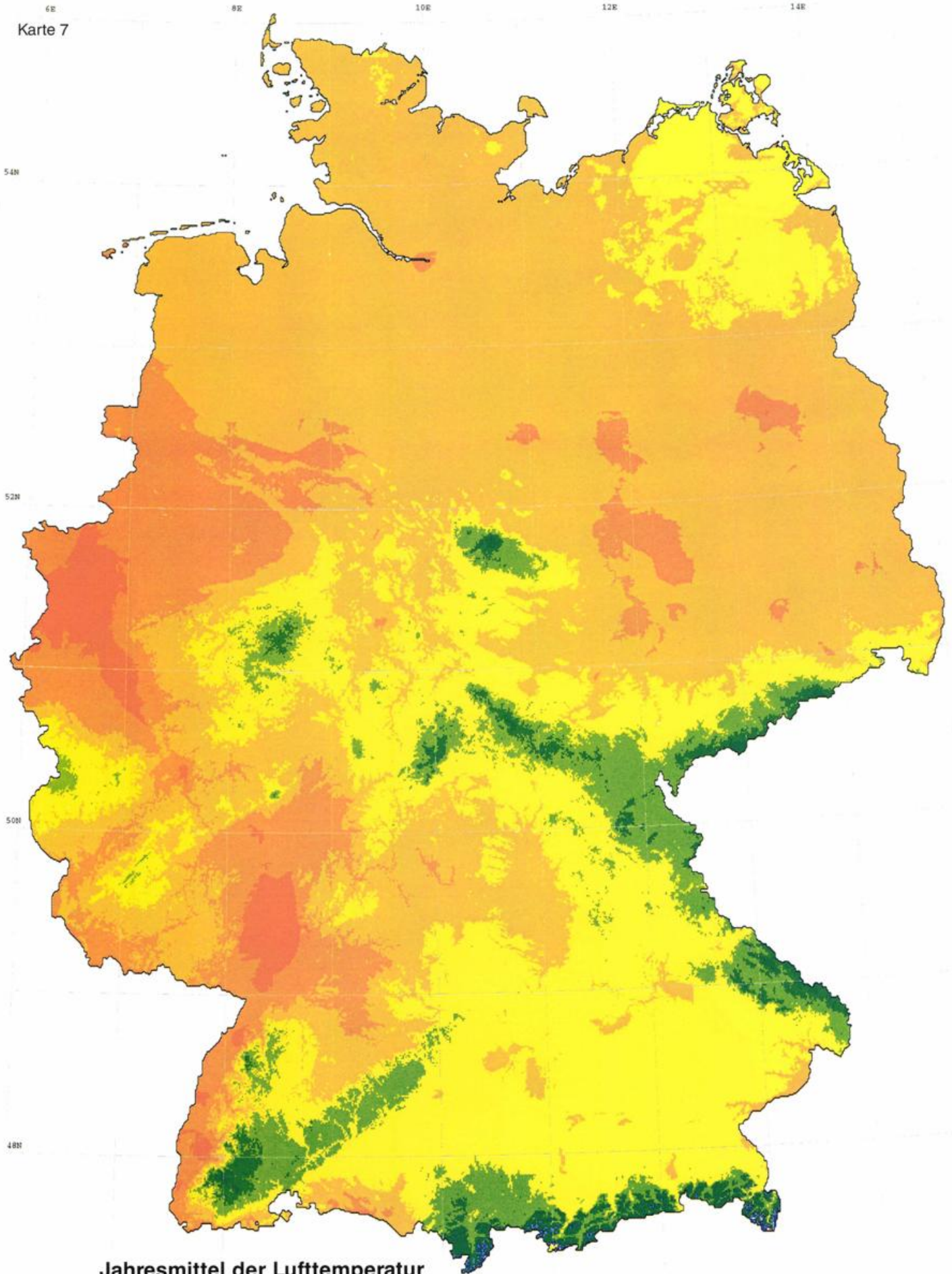
### Jahresmittel der Lufttemperatur

Zeitraum 1951–1980

Interpol. bis 40 km; Längen-, Breiten-, Höhenregression

Maßstab: 1:3500000  
 Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
 Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
 Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
 Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach





### Jahresmittel der Lufttemperatur

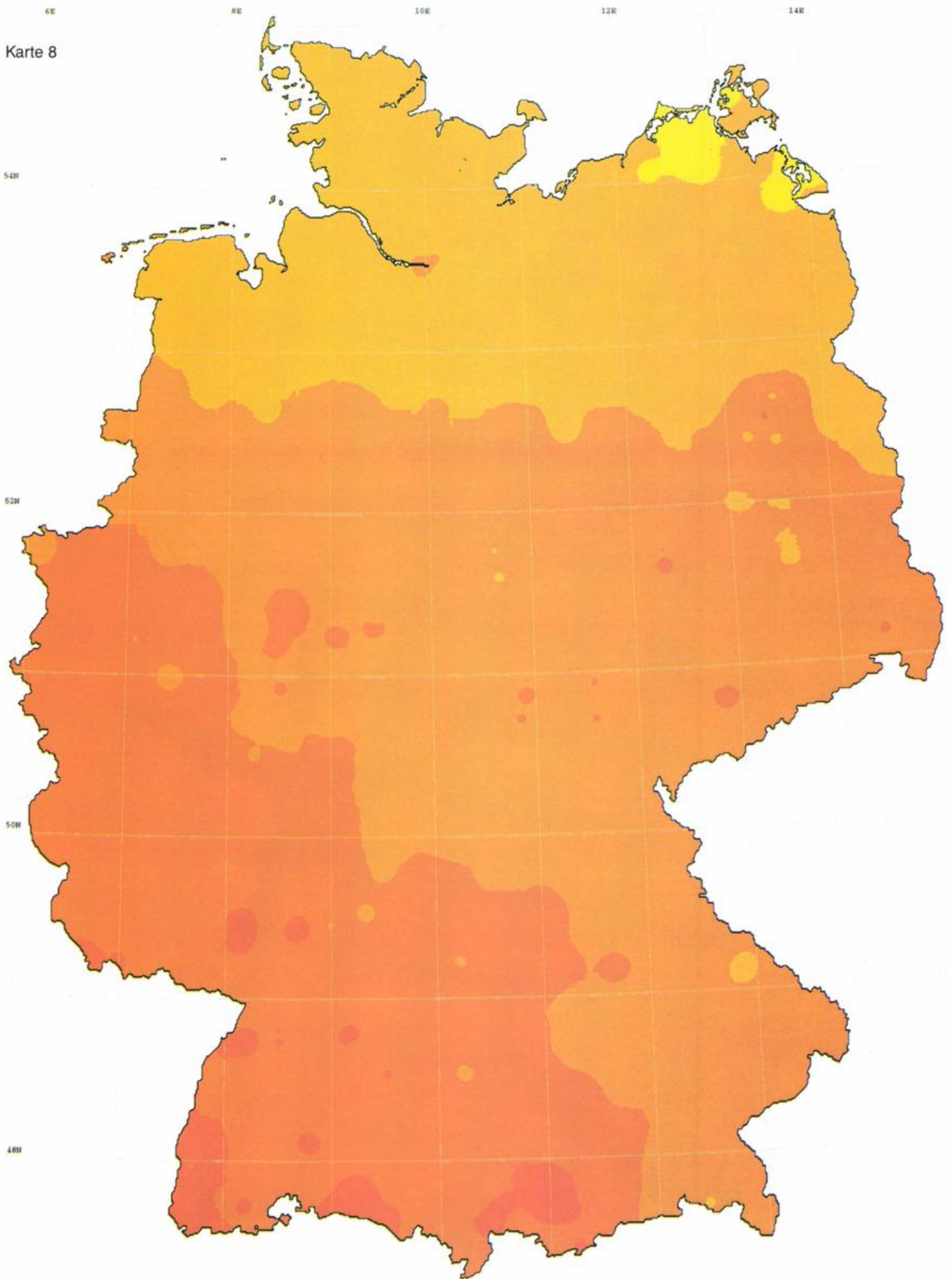
Zeitraum 1951-1980

Interpol. bis 40 km; räuml. konst. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |              |             |
|--------------|-------------|
| Umgebung     | < 0 Grad C  |
| 0-1 Grad C   | 1-2 Grad C  |
| 2-3 Grad C   | 3-4 Grad C  |
| 4-5 Grad C   | 5-6 Grad C  |
| 6-7 Grad C   | 7-8 Grad C  |
| 8-9 Grad C   | 9-10 Grad C |
| 10-11 Grad C |             |

Karte 8

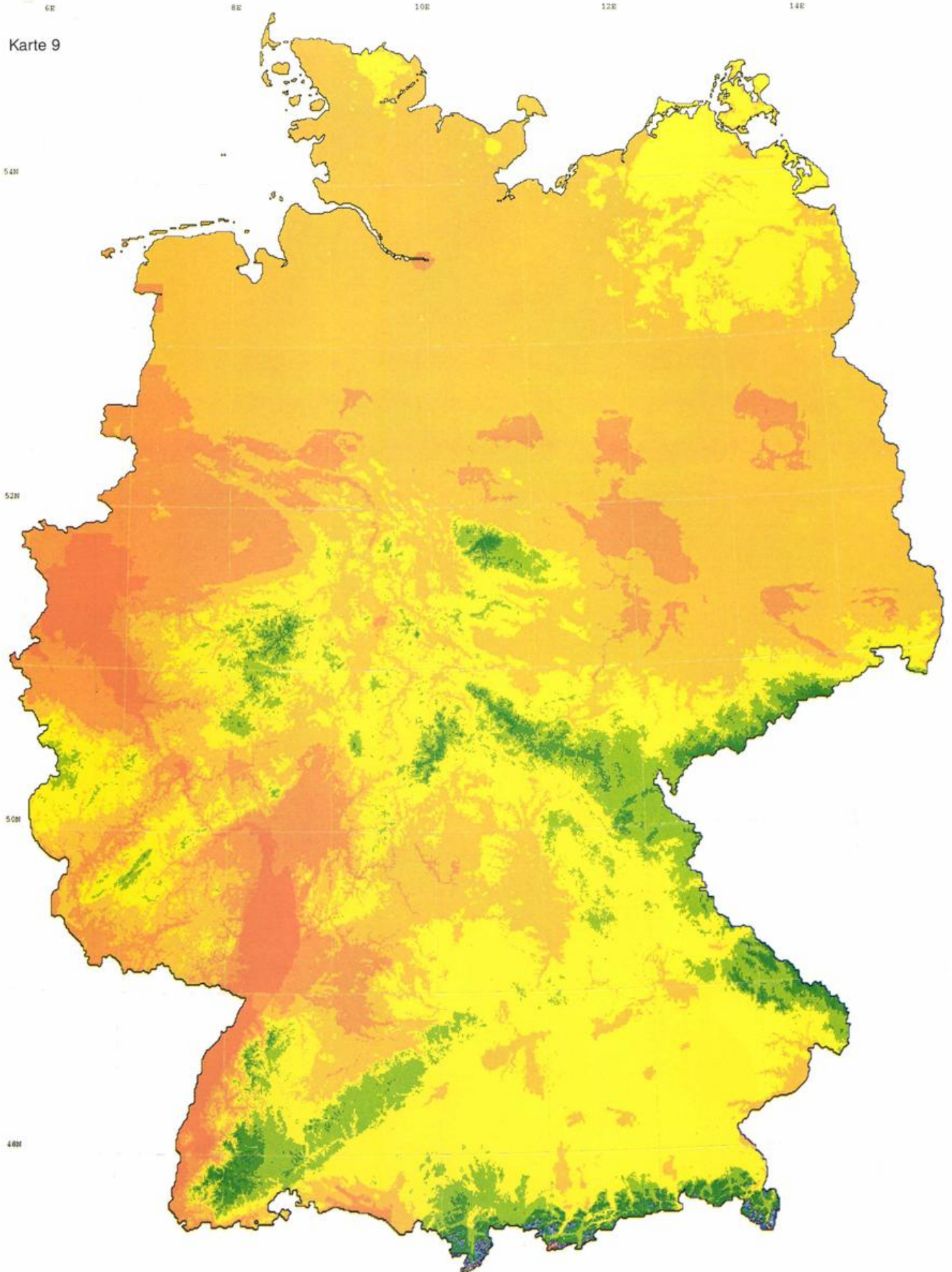


### Jahresmittel der Lufttemperatur

auf NN reduziert; Zeitraum 1951-1980  
Interpol. bis 50 km; räuml. var. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach





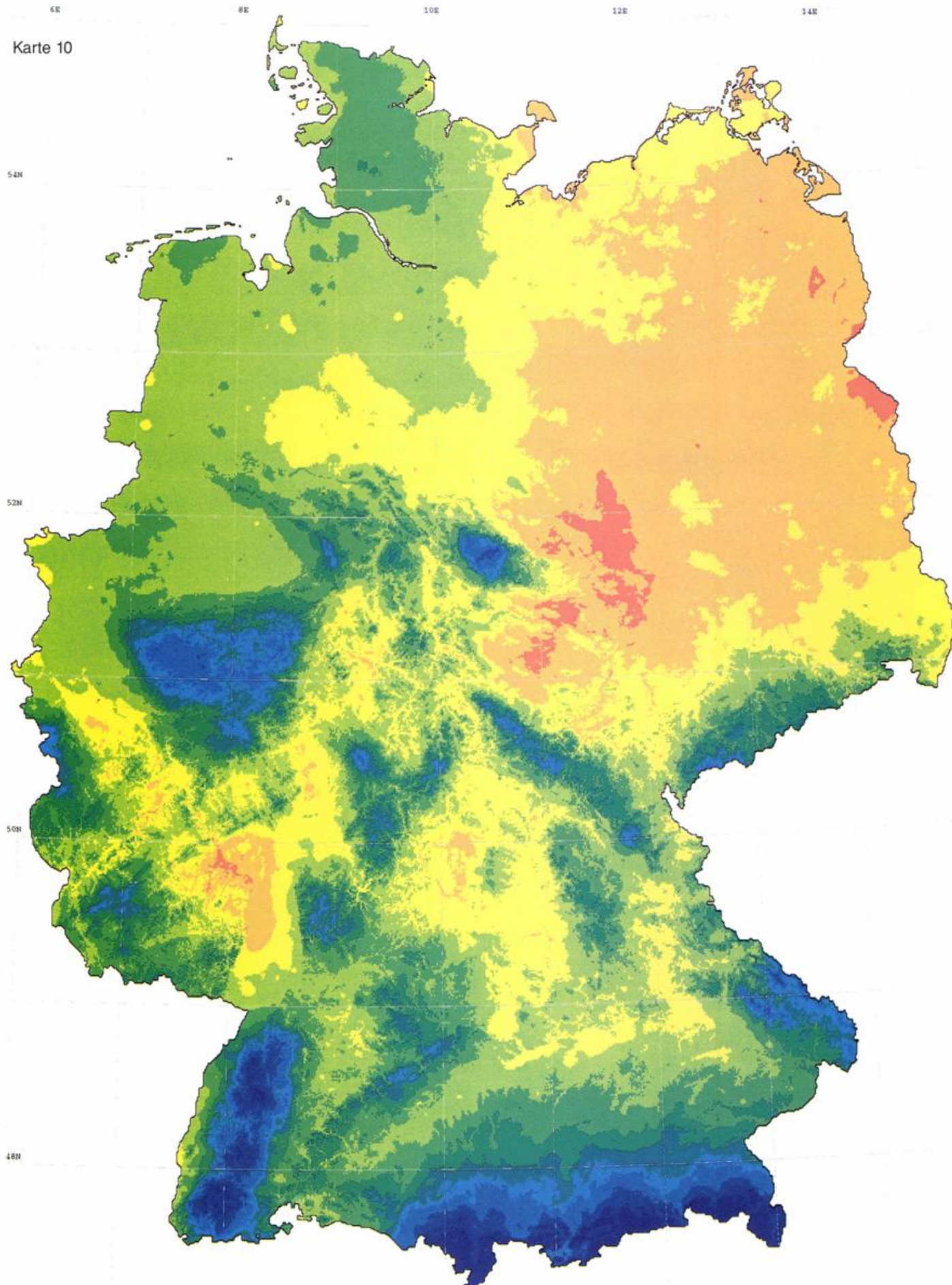
### Jahresmittel der Lufttemperatur

Zeitraum 1951–1980

Interpol. bis 40 km; räuml. var. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
 Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
 Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
 Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
 Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach





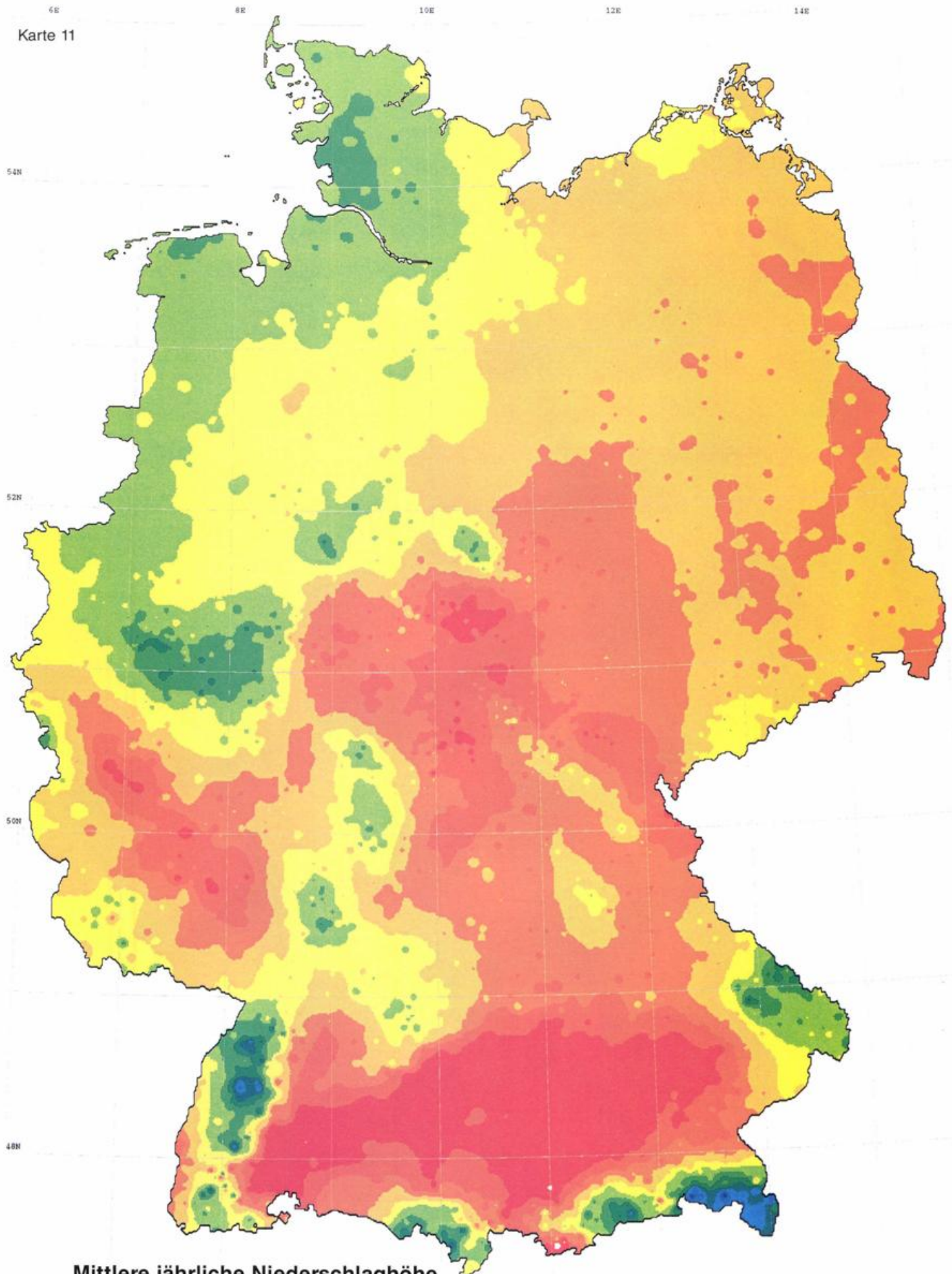
### Mittlere jährliche Niederschlagshöhe

Zeitraum 1951-1980

Interpol. bis 20 km; räuml. konst. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
 Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
 Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
 Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
 Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach





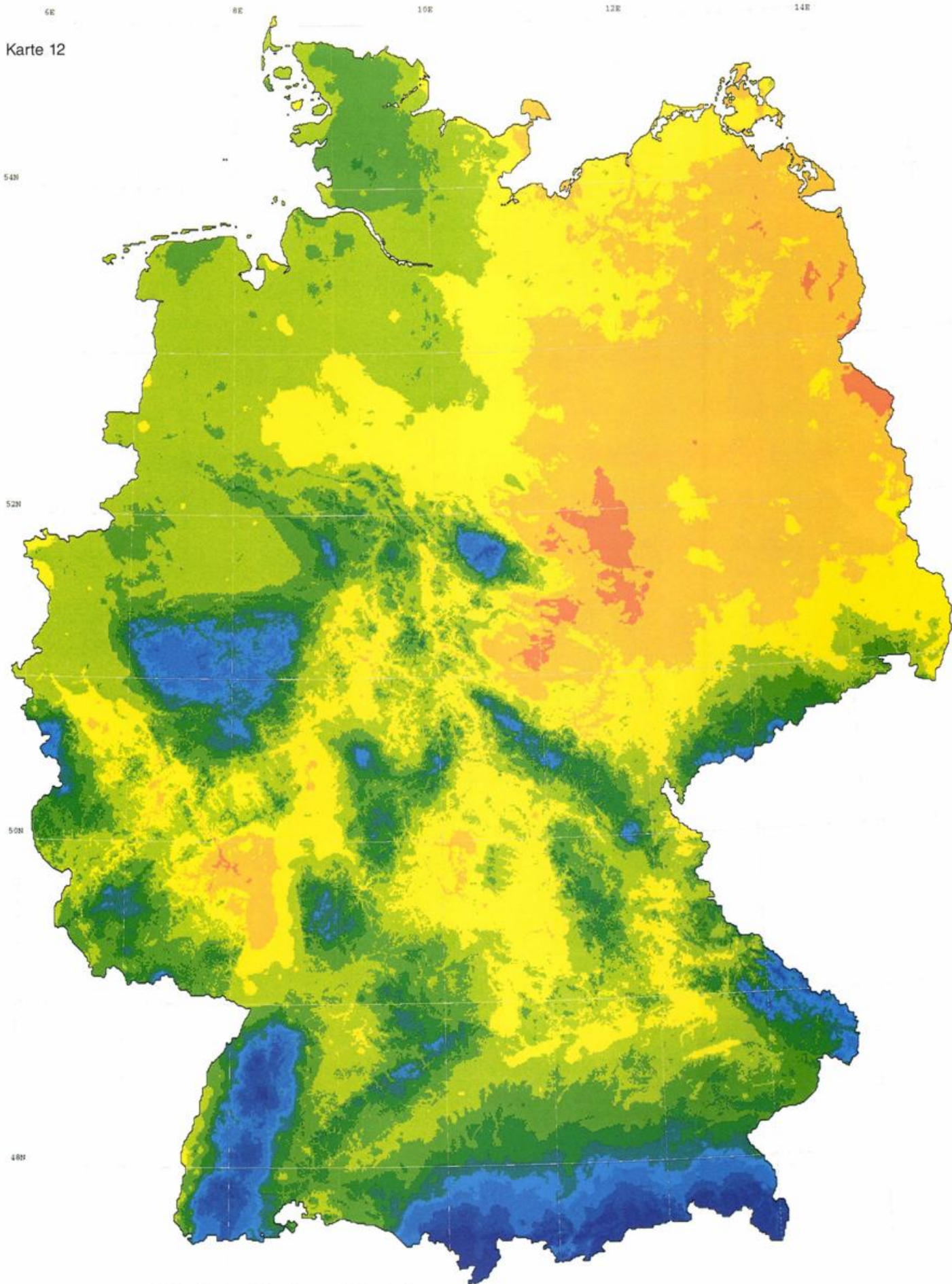
### Mittlere jährliche Niederschlagshöhe

auf NN reduziert; Zeitraum 1951-1980

Interpol. bis 20 km; räuml. var. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |                |                |
|----------------|----------------|
| Umgebung       | < 300 mm/a     |
| 300-400 mm/a   | 400-500 mm/a   |
| 500-600 mm/a   | 600-700 mm/a   |
| 700-800 mm/a   | 800-900 mm/a   |
| 900-1000 mm/a  | 1000-1100 mm/a |
| 1100-1200 mm/a | 1200-1400 mm/a |
| 1400-1600 mm/a |                |



### Mittlere jährliche Niederschlagshöhe

Zeitraum 1951–1980

Interpol. bis 20 km; räuml. var. lin. Höhenreg.

Maßstab: 1:3500000  
Koordinatensystem: Gauss-Krüger; Mittelmeridian 9 E; Spheroid Bessel  
Bearbeitung: Forschungszentrum Jülich, STE  
Kartenerstellung: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach  
Kartengrundlage: Deutscher Wetterdienst Zentralamt Offenbach

- |                |                |
|----------------|----------------|
| Umgebung       | < 300 mm/a     |
| 300–400 mm/a   | 400–500 mm/a   |
| 500–600 mm/a   | 600–700 mm/a   |
| 700–800 mm/a   | 800–900 mm/a   |
| 900–1000 mm/a  | 1000–1100 mm/a |
| 1100–1200 mm/a | 1200–1400 mm/a |
| 1400–1600 mm/a | 1600–1800 mm/a |
| >= 1800 mm/a   |                |