

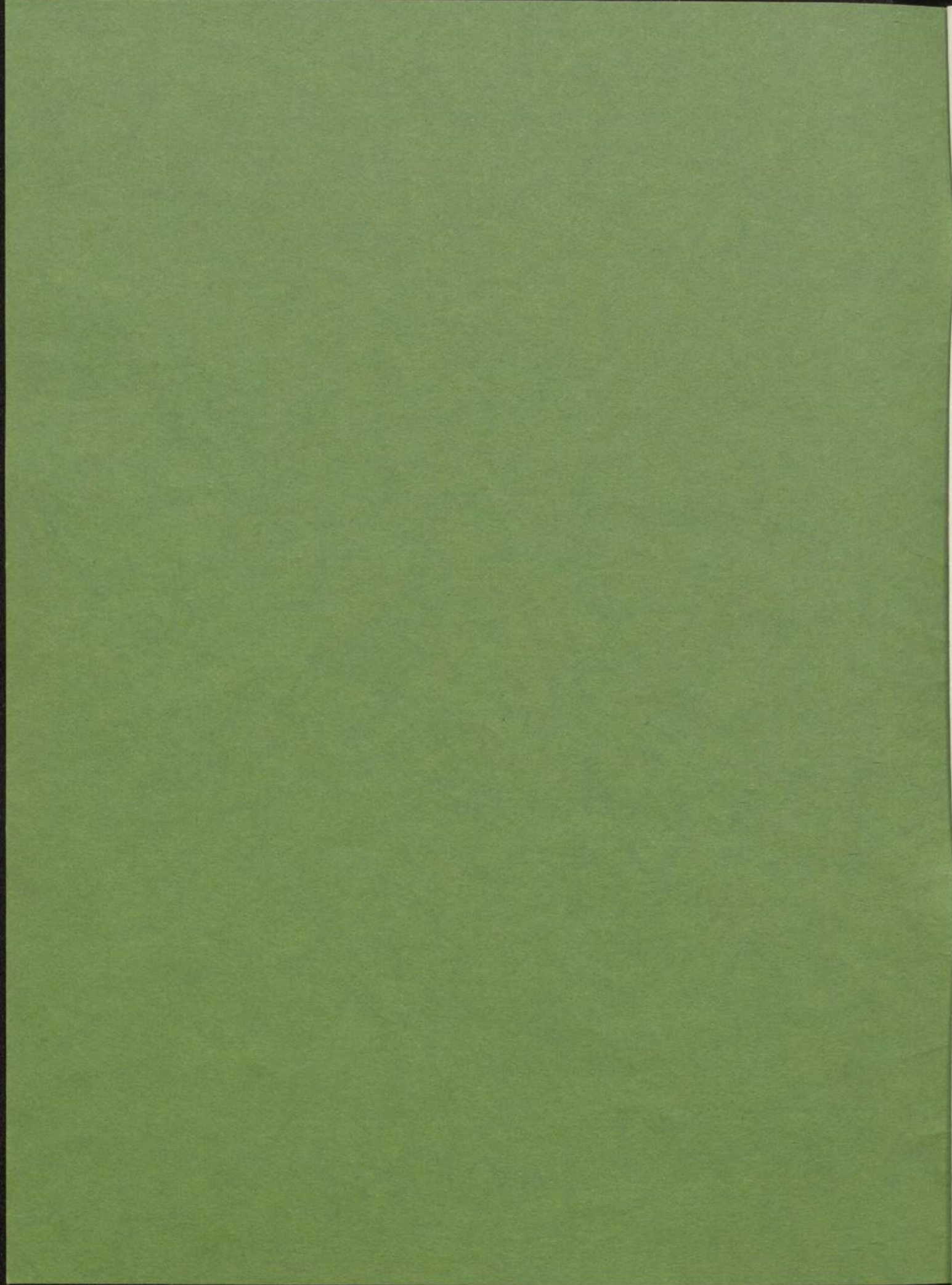
**Die Verdunstung
in der Bundesrepublik Deutschland
Zeitraum 1951–1980**

Teil II

von
Helmuth Dommermuth und Walter Trampf

(mit 11 Karten im Maßstab 1:1 Million)

Offenbach am Main 1991
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes



Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland Zeitraum 1951-1980

Teil II

von

Helmuth Dommermuth und Walter Trampf

(mit 11 Karten im Maßstab 1:1 Million)

Offenbach am Main 1991
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

ISBN 3-88148-265-2

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt, Frankfurter Straße 135, 6050 Offenbach am Main

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Met. Helmuth Dommermuth

Dipl.-Met. Walter Trampf

Deutscher Wetterdienst

Zentralamt

Frankfurter Straße 135

6050 Offenbach am Main

1. Zielsetzung

Nachdem im Teil I der Untersuchung die Zielsetzung der Arbeit und die Aufgabenstellung der Teilnehmer festgelegt wurden, ist im folgenden Teil der Bericht über die Durchführung der Arbeiten zu veröffentlichen.

Die Arbeit ist in zwei Hauptteile gegliedert: 1. Die Darstellung der Gitterpunkthöhen und 2. Die Darstellung der potentiellen Evapotranspiration.

	Inhalt	Seite
1	Zielsetzung	3
1.1	Durchführung der Arbeiten	3
2	Die Potentielle Evapotranspiration	3
3	Beschreibung der Karten	6
3.1	Darstellung der Gitterpunkthöhen	6
3.2	Darstellung der potentiellen Evapotranspiration	6
3.2.1	Die potentielle Evapotranspiration über Sommergerste	6
3.2.1.1	Mittlere jährliche Verdunstungshöhen	6
3.2.1.2	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes April bis Juli	7
3.2.2	Die potentielle Evapotranspiration über Wintergerste	7
3.2.2.1	Mittlere jährliche Verdunstungshöhen	7
3.2.2.2	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes April bis Juni	7
3.2.2.3	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes März bis Juli	7
3.2.3	Die potentielle Evapotranspiration über mittelfrühen Kartoffeln	7
3.2.3.1	Mittlere jährliche Verdunstungshöhen	8
3.2.3.2	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Mai bis September	8
3.2.4	Die potentielle Evapotranspiration über Spätkartoffeln	8
3.2.4.1	Mittlere jährliche Verdunstungshöhen	8
3.2.4.2	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Mai bis September	8
3.2.4.3	Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Juni bis August	8
4	Literatur	8

1 Zielsetzung

Nachdem im Teil I *Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland* die potentielle Evapotranspiration über Gras, Zuckerrüben, Winterweizen und Mais dargestellt wurde, sollen in diesem Band die Kulturen Sommergerste, Wintergerste, mittelfrühe und späte Kartoffelsorten behandelt werden.

Leider standen zur Bearbeitung der Karten nur die meteorologischen Daten der Klimastationen aus dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vor dem 3.10.1990 in einer DV-gerechten Form zur Verfügung. Darüber hinaus lag lediglich ein Gitterpunkthöhenraster vor, welches das eben genannte Gebiet abdeckt. Obwohl damit die Karten nur einen Teilbereich der Bundesrepublik Deutschland erfassen, möchten wir dennoch nicht auf eine Publikation derselben verzichten, zumal der Teil I des Werkes auf reges Interesse stieß.

Es ist jedoch beabsichtigt, zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die erforderlichen Unterlagen vorliegen, Karten der potentiellen Evapotranspiration aller bisher behandelten Kulturen für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland herauszubringen.

1.1 Durchführung der Arbeiten

Der vorliegende Teil II *Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland* wurde unter der Leitung von K. Heger in der Abteilung Agrarmeteorologie des Zentralamtes des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES erarbeitet. Die wissenschaftliche Bearbei-

tung oblag H. Dommermuth und W. Trampf. Die erforderlichen Programmierarbeiten wurden von G. Rampe und Frau G. Augter ausgeführt, während die technische Abwicklung in den Händen von Frau U. Josche lag.

2 Die Potentielle Evapotranspiration

Wie bereits im Teil I dieses Werkes erläutert, wird zur Berechnung der potentiellen Evapotranspiration, d.h. die Verdunstung über einem Pflanzenbestand bei ausreichender Wasserversorgung der Pflanzen, sowohl in der aktuellen agrarmeteorologischen Beratung als auch bei agrarklimatologischen Fragestellungen vom DEUTSCHEN WETTERDIENST seit Jahren das von HAUDE entwickelte Verfahren erfolgreich eingesetzt. Es besitzt den Vorteil, daß zu seiner Anwendung nur die Messung der beiden Parameter Lufttemperatur und relative Luftfeuchte erforderlich ist:

$$ETP = \alpha \cdot (es - ea) = \alpha \cdot es \cdot (1 - f/100) \quad (1)$$

ETP = potentielle Evapotranspiration (mm/d)
 es = Sättigungsdampfdruck der Luft (hPa)
 (eine Funktion der Lufttemperatur)
 ea = aktueller Dampfdruck der Luft (hPa)
 f = relative Luftfeuchte (%)
 α = jahreszeitlich variierender Koeffizient
 (mm/hPa) für unterschiedliche Kulturen
 (vgl. Tabelle 1)

Tabelle 1: Jahreszeitlich variierender Koeffizient α (mm/hPa)

	Sommergerste	Wintergerste	mittelfrühe Kartoffel	Spätkartoffel
Januar	0,1350*	0,1800	0,1350*	0,1350*
Februar	0,1350*	0,1800	0,1350*	0,1350*
März	0,1800	0,2025	0,1350*	0,1350*
April	0,3000	0,3000	0,1500*	0,1500*
Mai	0,3825	0,3825	0,2625	0,2100
Juni	0,3975	0,3975	0,3000	0,3000
Juli	0,3525	0,3525	0,3750	0,3750
August	0,1500*	0,1500*	0,3000	0,3375
September	0,1500*	0,1500*	0,2100	0,2625
Oktober	0,1350*	0,1800	0,1350*	0,1350*
November	0,1350*	0,1800	0,1350*	0,1350*
Dezember	0,1350*	0,1800	0,1350*	0,1350*

* Koeffizient für unbewachsenes Feld

Die in Tabelle 1 dargestellten Koeffizienten der HAUDE-Gleichung spiegeln sowohl den unterschiedlichen Wasseranspruch der verschiedenen Kulturen als auch deren Entwicklung wieder. Das Wachstum der Pflanze und die Ausbildung des Blattwerkes, d.h. die Zunahme des Blattflächenindex werden durch einen Anstieg des α -Wertes gekennzeichnet. So sind zum Beispiel die Koeffizienten der Gerste im Mai größer als die der Kartoffeln. Der Blattflächenindex und damit die transpirierende Flä-

che der Kartoffel ist erst wenig ausgeprägt, während die Gerste nahezu voll entwickelt ist.

Bei der Benutzung der HAUDE-Formel und dementsprechend auch der vorliegenden Karten ist zu beachten, daß die oben genannten Koeffizienten den Vegetationsverlauf nur grob wieder spiegeln. Regionale zeitliche Unterschiede etwa zwischen dem Rheingraben und dem norddeutschen Flachland werden nicht berücksichtigt.

Tabelle 2: Mittlere monatliche Verdunstungshöhen in mm (1951-1980) : Potentielle Evapotranspiration über Wintergerste (Wi) und Spätkartoffeln (Sk)

Monate		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe
Schleswig	(Wi)	4	6	15	42	81	103	89	38	27	18	7	4	434
43 m über NN	(Sk)	3	4	10	21	44	77	95	87	47	13	5	3	409
Bremen	(Wi)	7	9	23	57	105	127	111	49	35	24	11	7	572
4 m	(Sk)	5	7	15	28	58	96	118	111	62	18	7	5	530
Osnabrück	(Wi)	7	10	23	54	98	118	107	46	33	23	11	7	537
95 m	(Sk)	5	7	15	27	53	89	114	103	58	17	8	5	501
Braunschweig *	(Wi)	7	9	21	51	100	124	114	53	36	26	11	8	559
81 m	(Sk)	5	7	14	25	55	94	121	121	63	19	8	6	537
Bad Salzuflen	(Wi)	7	12	23	57	99	121	110	48	37	27	12	7	559
98 m	(Sk)	5	9	15	28	54	91	117	109	64	20	9	5	526
Kassel	(Wi)	8	12	27	65	116	137	130	55	41	29	12	7	639
231 m	(Sk)	6	9	18	32	63	103	138	125	72	22	9	5	602
Giessen	(Wi)	8	12	29	68	122	141	140	58	42	28	12	8	668
186 m	(Sk)	6	9	19	34	67	107	149	130	74	21	9	6	631
Aachen	(Wi)	9	14	26	55	98	113	106	45	38	29	15	10	558
202 m	(Sk)	7	10	17	27	53	85	112	102	66	22	11	7	519
Trier	(Wi)	7	11	29	66	116	131	135	54	41	27	12	7	635
265 m	(Sk)	5	8	19	33	63	99	144	122	72	20	8	5	598
Würzburg	(Wi)	7	12	29	71	124	144	147	61	45	32	12	7	691
268 m	(Sk)	5	9	19	35	68	109	157	137	80	24	9	5	657
Stuttgart	(Wi)	13	17	36	74	128	147	154	63	48	38	19	13	748
286 m	(Sk)	9	12	23	37	70	111	164	141	84	28	14	9	702
Freiburg i. Br.	(Wi)	11	15	33	73	125	141	154	61	46	32	16	11	718
269 m	(Sk)	8	11	22	36	68	107	164	139	81	24	12	8	680
Regensburg	(Wi)	6	9	27	67	120	141	145	58	41	27	10	6	657
366 m	(Sk)	4	7	18	33	66	107	154	130	73	20	7	4	623
Passau	(Wi)	6	10	28	64	113	131	130	53	39	28	11	6	619
409 m	(Sk)	4	7	19	32	62	99	138	119	69	21	8	4	582

* Zeitraum 1961-1980

Die Gegenüberstellung der Monatshöhen der potentiellen Evapotranspiration über Wintergerste und Spätkartoffeln für ausgewählte Stationen (Tabelle 2) zeigt den im Jahresverlauf unterschiedlichen Wasserbedarf der beiden genannten Kulturen.

Während die potentielle Verdunstung über Spätkartoffeln in den Monaten Juli bis September größer ist als über einem Wintergerstenschlag, ist es in der übrigen Zeit umgekehrt. Ein Vergleich der Jahresverdunstungshöhen zeigt, daß der Wasserverbrauch der Wintergerste den der Spätkartoffeln übertrifft.

Auffallend ist, daß unabhängig von der betrachteten Kultur die potentielle Verdunstung im Norden geringer ist als bei Standorten im Süden. Dieses Süd-Nord-Gefälle ist dem Rückgang der Verdunstung mit ansteigender Höhe des Standortes überlagert. Dennoch läßt sich der zweitgenannte Effekt an Hand der Jahresverdunstungshöhen der Stationen Gießen (NN + 186 m) und Kassel (NN + 231 m) oder Regensburg (NN + 366 m) und Passau (NN + 409 m) zeigen.

In Abbildung 1 und 2 sind Jahreshöhen der Verdunstung über Wintergerste und durch die Gitterpunkte angenäherten Geländeprofile (vgl. Kapitel 3.1) gegenübergestellt. Während Abbildung 1 den Verlauf entlang des Breitengrades 49° 40' N, d.h. etwa die Linie Saarburg-Worms-Ochsenfurt-Scheinfeld-Vohenstrauß, wiedergibt, ist in Abbildung 2 der Verlauf entlang des Längengrades 08° 30' E, d.h. etwa der Linie Bremerhaven-Bielefeld-Wetzlar-Donaueschingen-Waldshut, dargestellt. Bei beiden Abbildungen wurden, um den Einfluß der Höhe über NN auf die po-

tentielle Verdunstung deutlicher zu machen, im Gegensatz zu den kartographischen Darstellungen die Verdunstungshöhen auch für Geländepunkte berücksichtigt, die höher als 500 m liegen.

Deutlich spiegelt sich in Abbildung 1 von Westen kommend die Zunahme der Verdunstung zum Rheingraben hin wieder. Lagen die Verdunstungswerte auf den Höhen des Hunsrücks zum Teil noch unter 550 mm, so steigen sie zum Rheingraben hin auf über 750 mm an, um im Odenwald wieder unter 600 mm zu sinken. Südlich von Miltenberg erreicht die Verdunstungshöhe mit über 670 mm ein sekundäres Maximum. Den höchsten Wert nach Durchschreiten des Rheingrabens finden wir mit 737 mm unmittelbar östlich von Ochsenfurt, knapp gefolgt von 728 mm nördlich von Erlangen im Regnitztal.

Im norddeutschen Flachland steigen die Verdunstungshöhen nach Süden zum Teutoburger Wald hin um ca. 10% an (Abbildung 2). Die Schwelle 600 mm wird vor Erreichen der Ausläufer des Sauerlandes überschritten. Auf den Höhen des Rothaargebirges sinken die Verdunstungswerte unter 400 mm, um im Lahntal auf über 670 mm anzusteigen. Nachdem die Taunushöhen nochmals für einen Rückgang der Verdunstung sorgten, werden nun im Rheingraben die höchsten Verdunstungswerte dieses Profils mit über 760 mm (Raum Mannheim) erreicht. Mit dem Anstieg zum Schwarzwald geht die potentielle Evapotranspiration deutlich zurück. Mehr als 600 mm werden erst wieder im Kinzigtal bei Wolfach und später im Gebiet des Oberrheins bei Waldshut erreicht.

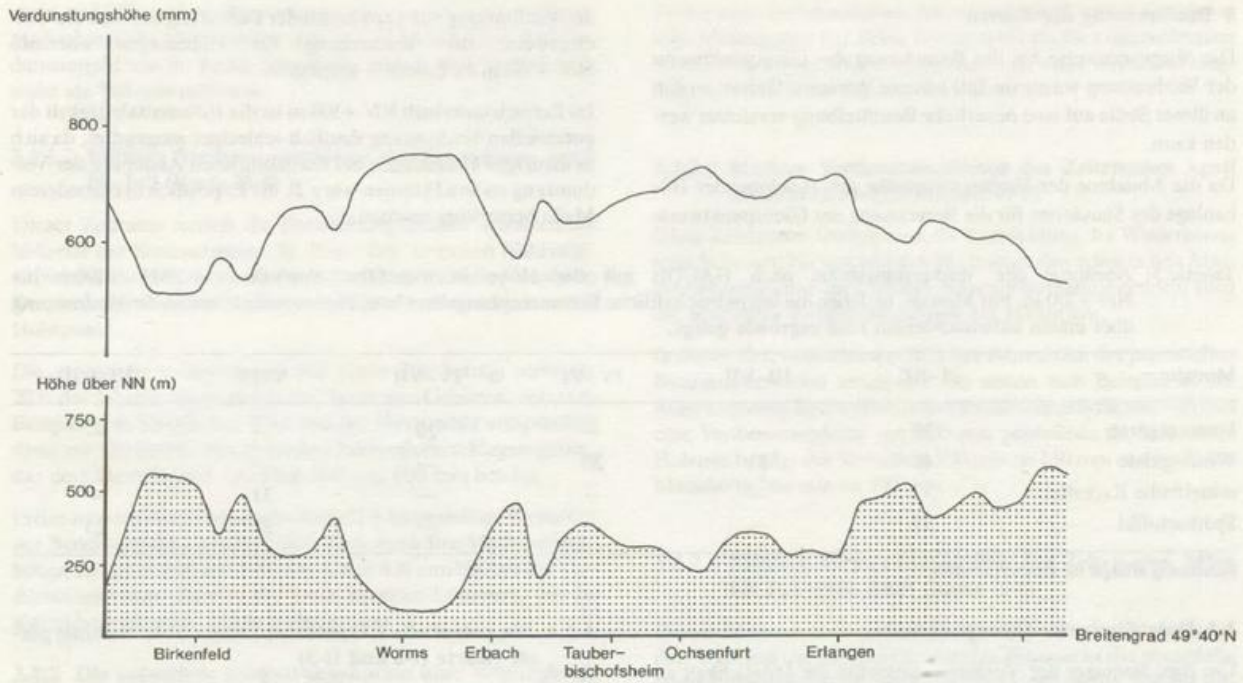


Abbildung 1: Jahresverdunstungshöhen über Wintergerste auf Standorten entlang des Breitengrads 49° 40' N

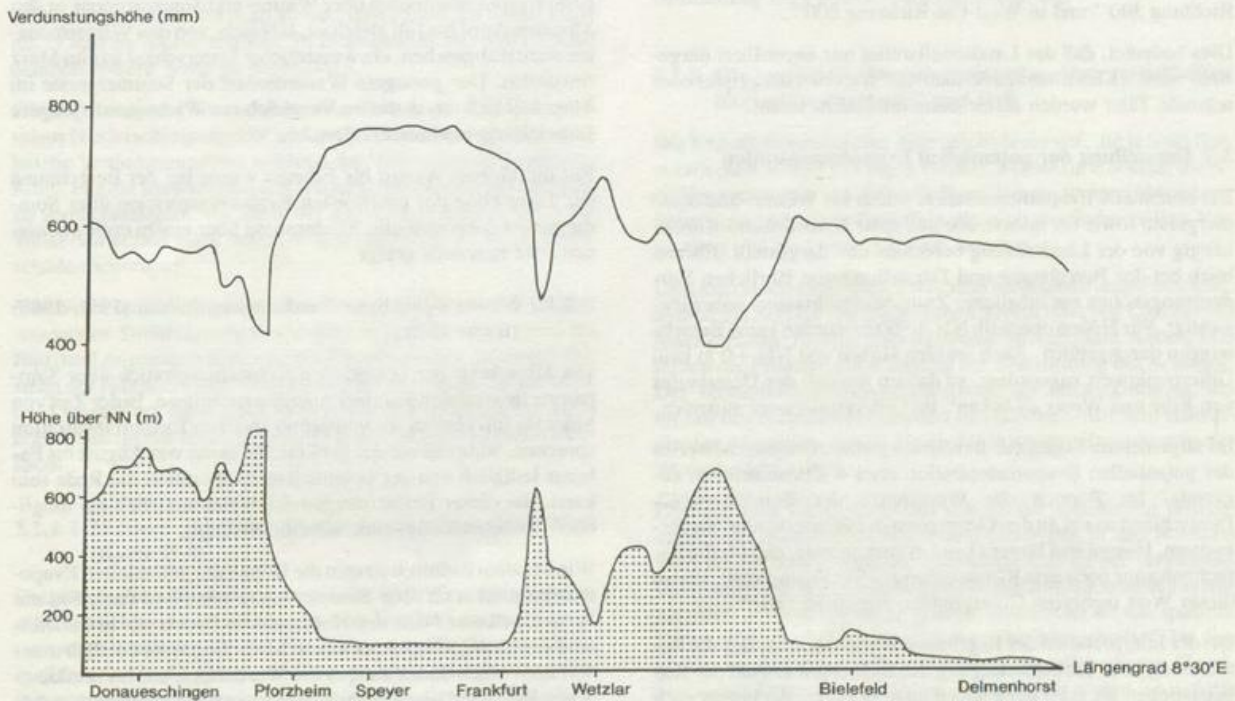


Abbildung 2: Jahresverdunstungshöhen über Wintergerste auf Standorten entlang des Längengrades 8° 30' E

3 Beschreibung der Karten

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Gitterpunktwerte der Verdunstung wurde im Teil I dieses Werkes erläutert, so daß an dieser Stelle auf eine neuerliche Beschreibung verzichtet werden kann.

Da die Abnahme der Verdunstungshöhe mit zunehmender Höhenlage des Standortes für die Berechnung der Gitterpunktwerte

Tabelle 3: Abnahme der Verdunstungshöhe nach HAUDE mit der Höhe in mm/100m oberhalb von NN +100m bis NN +700 m. Für Monate, in denen die landwirtschaftliche Kultur nicht angebaut bzw. abgeerntet ist, wurde die Verdunstung über einem unbewachsenem Feld zugrunde gelegt.

Monate	I-XII	III-VII	IV-VI	IV-VII	V-IX	VI-VIII
Sommergerste	39	—	—	29	—	—
Wintergerste	40	31	20	—	—	—
mittelfrühe Kartoffel	37	—	—	—	31	—
Spätkartoffel	37	—	—	—	31	23

Berechnung erfolgte für 100-700 m NN

3.1 Darstellung der Gitterpunkthöhen

Um dem Benutzer der Verdunstungskarten die Möglichkeit zu geben, die für die Gitterpunkte berechneten Verdunstungswerte einzuordnen und im Hinblick auf deren Umgebung zu interpretieren, wurden in der vorliegenden Karte die Höhen der Gitterpunkte über NN bereitgestellt.

Die im Teil II Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland verwendeten Gitterpunkte sind dieselben wie in Teil I des Werkes. Die Höhen stellen näherungsweise den mittleren Höhenwert eines den Gitterpunkt umgebenden Feldes dar, welches in Süd-Nord-Richtung 30'' und in West-Ost-Richtung 50'' umfaßt. Der Abstand der Gitterpunkte beträgt in Süd-Nord-Richtung 300'' und in West-Ost-Richtung 500''.

Dies bedeutet, daß das Landschaftsrelief nur angenähert dargestellt wird. „Kleinräumige Strukturen“ wie etwa Berggipfel oder schmale Täler werden daher kaum oder nicht erfaßt.

3.2 Darstellung der potentiellen Evapotranspiration

Die potentielle Evapotranspiration wurde für Winter- und Sommergerste sowie für mittelfrühe und späte Kartoffelsorten unabhängig von der Landnutzung berechnet und dargestellt. Ebenso blieb bei der Berechnung und Darstellung von jährlichen Verdunstungshöhen ein möglicher Zwischenfruchtanbau unberücksichtigt. Für Höhen oberhalb NN +500 m wurden keine Berechnungen durchgeführt. Auch wurden Höhen von NN +0 m kein Gitterpunktwert zugeordnet, so daß im Bereich des Unterlaufes von Elbe und Weser „Lücken“ im Gitterpunktraster auftreten.

Im allgemeinen liegen der Berechnung eines Gitterpunktwertes der potentiellen Evapotranspiration etwa 4 Klimastationen zugrunde. Im Bereich der Westgrenze der Bundesrepublik Deutschland sowie an den Ostgrenzen der Bundesländer Niedersachsen, Hessen und Bayern kann es vorkommen, daß für die Berechnung nur noch eine Klimastation zur Verfügung steht, so daß dieser Wert mehreren Gitterpunkten zugeordnet wird.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, daß die Berechnung ohne Berücksichtigung der Exposition sowohl der Klimastationen als auch der Gitterpunkte erfolgte. An einem nach Süden orientierten Hang wird daher die potentielle Verdunstungshöhe größer sein als der angegebene Wert, während für einen Nordhang niedrigere Werte zu erwarten sind.

der Verdunstung von entscheidender Bedeutung ist, sind die Gradientenwerte der Verdunstung für Höhenlagen oberhalb NN +100 m in Tabelle 3 dargestellt.

Im Bereich unterhalb NN +100 m ist die Höhenabhängigkeit der potentiellen Verdunstung deutlich schlechter ausgeprägt, da sich in niedrigen Höhenlagen bei der räumlichen Änderung der Verdunstung andere Faktoren wie z.B. die Exposition in besonderem Maße bemerkbar machen.

3.2.1 Die potentielle Evapotranspiration über Sommergerste (Karte II-2 und II-3)

Die Aussaat der Sommergerste erfolgt im allgemeinen im zeitigen Frühjahr, wemgleich auch eine spätere Aussaat keine wesentliche Ertragseinbuße zur Folge hat.

Ist der Wasserbedarf der jungen Getreidepflänzchen im März noch gering, so lassen Schossen und Ährenschieben den Wasserbedarf der Sommergerste in den Monaten April bis Juni rasch ansteigen. Wie bei der Wintergerste erreicht dieser im Juni bzw. Juli seinen höchsten Wert.

Während bei gleichen meteorologischen Bedingungen die potentielle Evapotranspiration über Winter- und Sommergerste in den Monaten April bis Juli gleich ist, läßt sich, von den Wintermonaten einmal abgesehen, ein wesentlicher Unterschied nur im März feststellen. Der geringere Wasserbedarf der Sommergerste im März läßt sich durch das im Vergleich zur Wintergerste jüngere Entwicklungsstadium erklären.

Für die Monate August bis Februar wurde bei der Berechnung der Jahreshöhe der potentiellen Evapotranspiration über Sommergerste die potentielle Verdunstung über einem unbewachsenem Feld zugrunde gelegt.

3.2.1.1 Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (1951-1980) (Karte II-2)

Die Jahreshöhe der potentiellen Evapotranspiration über Sommergerste setzt sich aus zwei Anteilen zusammen. In der Zeit von März bis Juli können wir von der potentiellen Evapotranspiration sprechen, während auf der geräumten Fläche von August bis Februar lediglich von der potentiellen Evaporation die Rede sein kann. Bei dieser Betrachtungsweise bleibt natürlich ein möglicher Zwischenfruchtanbau unberücksichtigt.

Wie bei allen Kulturen steigen die Höhen der potentiellen Evapotranspiration auch über Sommergerste von Nord nach Süd an: In unmittelbarer Nähe der Nordseeküste finden wir in Ostfriesland die niedrigsten Jahreshöhen. Meist liegen sie deutlich unter 400 mm. Nach Süden steigen die Werte rasch an. Im norddeutschen Flachland werden verbreitet potentielle Verdunstungshöhen von mehr als 500 mm angetroffen. Im östlichen Niedersachsen, aber auch im Münsterland sind sogar Werte über 580 mm zu finden. Von Norden kommend werden 600 mm am Nieder-

rhein und 700 mm im Rheingraben, im Neckarraum sowie im Maintal erreicht oder überschritten, wobei die größten Jahresverdunstungshöhen im Raum Mannheim und in Unterfranken mit mehr als 740 mm auftreten.

3.2.1.2 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes April bis Juli (Karte II-3)

Dieser Zeitraum umfaßt die Entwicklungsphasen Schossen bis Vollreife der Sommergerste. In dieser Zeit erreichen Nährstoffaufnahme sowie Wasserbedarf und damit natürlich die potentielle Evapotranspiration im Vegetationszyklus der Sommergerste den Höhepunkt.

Die potentielle Verdunstungshöhe dieser Zeit beträgt mehr als 70% der Jahresverdunstungshöhe. In einigen Gebieten, wie zum Beispiel dem Hessischen Ried und der Vorderpfalz entsprechen diese mit 520 bis 540 mm meist dem Jahresniederschlagsangebot, das dort überwiegend zwischen 500 und 600 mm beträgt.

In den meisten Bereichen des in Karte II-3 dargestellten Westteiles der Bundesrepublik bewegen sich die potentiellen Verdunstungshöhen zwischen 400 und 500 mm. Unter 400 mm bleiben die Verdunstungshöhen nördlich der Linie Meppen-Lüneburg, um im Küstenbereich unter 300 mm abzusinken.

3.2.2 Die potentielle Evapotranspiration über Wintergerste (Karte II-4 – II-6)

Die Aussaat der Wintergerste erfolgt im allgemeinen in der dritten Septemberdekade, wenngleich je nach klimatischer Gunst oder Ungunst des Standortes eine spätere oder frühere Aussaat in Frage kommt. Wie alle Wintergetreidearten transpirieren die Gerstenpflänzchen auch in den Wintermonaten, so daß ein Wintergerstenschlag eine höhere potentielle Verdunstung aufweist als ein unbewachsenes Feld. In dieser Zeit entspricht die potentielle Verdunstung der Wintergerste der Verdunstung des Winterweizens (vgl. Teil I). Der Beitrag zur Jahresverdunstungshöhe ist in dieser Zeit gering, werden doch im vieljährigen Mittel nur selten mehr als 15 mm im Monat erreicht. In Einzeljahren sind jedoch auch deutlich höhere Werte zu beobachten.

Für die klimatische Wasserbilanz eines Jahres, der Differenz zwischen Niederschlagsangebot und potentieller Verdunstung, spielen die Verdunstungsraten während der Wintermonate kaum eine Rolle. Für die Entwicklung der Wintergerste sind sie jedoch nicht zu vernachlässigen. Vor allem bei gefrorenem Boden, wenn die Wasseraufnahme stark beeinträchtigt ist, kann es zu Trockenschäden kommen.

Stimuliert durch die steigenden Temperaturen und ein größer werdendes Strahlungsangebot erfolgt in den Monaten April bis Juni das Längenwachstum und das Ährenschieben. In dieser Zeit steigt der Nährstoffbedarf und damit auch der Wasserbedarf stark an. Der mittlere Jahresgang der potentiellen Evapotranspiration über Wintergerste und Sommergerste ist in diesen Monaten identisch.

3.2.2.1 Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (1951–1980) (Karte II-4)

Die potentielle Jahresverdunstungshöhe über Wintergerste unterscheidet sich im wesentlichen von dem Vergleichswert der Sommergerste durch den Beitrag des Zeitraumes Oktober bis März. In dieser Zeit ist die potentielle Evapotranspiration über den Wintergerstenpflänzchen geringfügig größer als die potentielle Evaporation über einem unbewachsenen Schlag. Hinzu kommt, daß in dieser Zeit das zur Verdunstung bereitstehende Energieangebot nur gering ist.

So betragen die Jahreshöhen der potentiellen Evapotranspiration über Wintergerste nur 10 bis 20 mm mehr als die entsprechenden Höhen über einem Sommergerstenschlag, wenn von einem möglichen Zwischenfruchtanbau abgesehen wird.

3.2.2.2 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes April bis Juni (1951–1980) (Karte II-5)

Diese Zeitspanne umfaßt etwa die Entwicklung der Wintergerste vom Schossen bis zur Milchreife. Infolge des erheblichen Massenwachses und der erhöhten Nährstoffaufnahme erreicht auch die potentielle Evapotranspiration ein Maximum.

In dieser Zeit werden knapp 50% der Jahreshöhe der potentiellen Evapotranspiration umgesetzt. So stehen zum Beispiel in der Köln-Aachener Bucht einer Jahresverdunstungshöhe von 660 mm eine Verdunstungshöhe von 320 mm gegenüber. In Schleswig-Holstein beträgt das Verhältnis 500 mm zu 250 mm und im Raum Mannheim 760 mm zu 370 mm.

3.2.2.3 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes März bis Juli (1951–1980) (Karte II-6)

Dieser Zeitraum stellt die Hauptvegetationszeit der Wintergerste dar. Während der Monate Oktober bis Februar ist die potentielle Evapotranspiration über der Wintergerste nur gering. Mit der jahreszeitlich bedingten Zunahme des Energieangebotes infolge des höheren Sonnenstandes und der ansteigenden Lufttemperaturen beginnt im März der Wasserbedarf der Wintergerste spürbar zu wachsen (vgl. Kapitel 2, Tabelle 2). Mit dem Beginn des Schossens, das etwa Ende März/Anfang April einsetzt, ist eine sprunghafte Zunahme der potentiellen Evapotranspiration zu beobachten.

Die Höhe der potentiellen Evapotranspiration während der Monate März bis Juli beträgt etwa 70 bis 75% der potentiellen Jahresverdunstung über einem Wintergerstenschlag.

3.2.3 Die potentielle Evapotranspiration über mittelfrühen Kartoffeln (Karte II-7 und II-8)

Die Kartoffeln weisen eine Vegetationsdauer auf, die je nach Sorte zwischen 90 und 160 Tagen variiert. Mittelfrühe Sorten, die eine Vegetationszeit von 120–140 Tagen haben, werden sowohl zur Erzeugung von Speisekartoffeln als auch zur industriellen Verwertung und als Futterkartoffeln angebaut.

Läßt man einen möglichen Zwischenfruchtanbau außer Betracht, so sind die Schläge mit mittelfrühen Sorten etwa von Oktober bis März geräumt. Erst mit dem Auflaufen im April bzw. Anfang Mai leisten die Pflanzen einen Beitrag zur Verdunstung des Schlages. Der Wasserbedarf steigt entsprechend der Entwicklung an, um im Juli den höchsten Monatswert zu erreichen. Mit dem reifebedingten Abwelken, das im Laufe des Augustes einsetzt, geht der Wasserbedarf zurück.

Ein deutlicher Unterschied läßt sich bei der potentiellen Verdunstung über mittelfrühen und späten Kartoffeln in den Monaten Mai, August und September feststellen. Infolge der vergleichsweise schnelleren Entwicklung der mittelfrühen Kartoffeln verfügen diese im Mai über eine größere Blattfläche als die späteren Sorten. Entsprechend größer ist dann ihr Wasserbedarf. Im August ist bei den mittelfrühen Kartoffeln das reifebedingte Abwelken weiter fortgeschritten als bei den späteren Sorten, so daß die potentielle Verdunstung deutlich niedriger ist als bei den letztgenannten. Noch deutlicher wird der Unterschied im September, wenn bei den mittelfrühen Sorten das Roden einsetzt.

3.2.3.1 Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (1951-1980) (Karte II-7)

Die Jahreshöhen der potentiellen Evapotranspiration über mittelfrühen Kartoffeln variieren zwischen 710 mm im Raum Mannheim und 320 mm im unmittelbaren Küstenbereich.

Von Norden kommend wird an der Linie Meppen-Bremen-Hamburg-Ratzeburg das Gebiet erreicht, in welchem — von den höheren Lagen einmal abgesehen — die potentielle Jahresverdunstung mehr als 500 mm beträgt. In den klimatisch bevorzugten Gebieten, wie dem Kölner Raum, dem Rhein-Main-Gebiet und dem Rheingraben, sowie Franken und dem Donauraum liegen die Jahreshöhen zwischen 600 und 700 mm. Die höchsten Werte sind mit über 700 mm im Raum Mannheim zu finden.

3.2.3.2 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Mai bis September (1951-1980) (Karte II-8)

In Karte II-8 sind die potentiellen Verdunstungshöhen der Vegetationszeit der mittelfrühen Kartoffelsorten dargestellt.

Wenn auch das Auflaufen in den wärmeren Gebieten schon im April erfolgt, so ist in diesem Monat der Beitrag der Transpiration der Pflanzen zur Evapotranspiration eines Schlages noch gering.

In der Vegetationszeit der mittelfrühen Kartoffeln werden zwischen 80 und 84% der Jahreshöhe der potentiellen Verdunstung eines Schlages umgesetzt. Die Höhe der potentiellen Evapotranspiration beträgt in dieser Zeit zwischen 300 mm im Küstenbereich und rund 590 mm im Raum Mannheim.

3.2.4 Die potentielle Evapotranspiration über Spätkartoffeln (Karte II-9 – II-11)

Was für die mittelfrühen Kartoffelsorten in Kapitel 3.2.3 gesagt wurde, gilt im allgemeinen auch für die Spätkartoffel. Freilich ist die Vegetationszeit dieser Sorten mit 140 bis 160 Tagen etwa drei Wochen länger als die der mittelfrühen Sorten. Wegen des vergleichsweise hohen Stärkegehaltes sind diese Sorten besonders für die industrielle Verarbeitung geeignet. Selbstverständlich dient der Anbau der späten und sehr späten Sorten auch zur Erzeugung von Speise- und Futterkartoffeln.

Infolge der langsameren Entwicklung der Spätkartoffel ist deren Wasseranspruch im Mai geringer als der mittelfrühen Sorten. Ab Ende August, wenn bei den mittelfrühen Sorten das reifebedingte Abwelken des Krautes und damit ein Rückgang der potentiellen Evapotranspiration erfolgt, ist der Wasserverbrauch der Spätkartoffel deutlich größer.

3.2.4.1 Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (1951-1980) (Karte II-9)

Die Jahreshöhe der potentiellen Evapotranspiration über Spätkartoffeln liegt geringfügig über der eines Schlages mittelfrüher Kartoffeln. Ist der Wasserverbrauch infolge der langsameren Entwicklung im Mai geringer als bei mittelfrühen Sorten, so wird der Wasseranspruch im August und September wegen des späteren Abwelkens des Krautes deutlich höher.

Der Unterschied der Jahresverdunstungssummen zwischen Spätkartoffeln und mittelfrühen Sorten beträgt daher in der Regel nur etwa 10 bis 15 mm.

3.2.4.2 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Mai bis September (1951-1980) (Karte II-10)

Wie bei den mittelfrühen Kartoffelsorten umfaßt dieser Zeitraum etwa die Vegetationszeit der Spätkartoffel.

Gemessen an der Jahreshöhe der potentiellen Evapotranspiration werden in diesem Zeitraum mehr als 80% erreicht. Die Marke 600 mm wird lediglich im Raum Mannheim erreicht oder überschritten. Potentielle Verdunstungshöhen unter 300 mm findet man in Ostfriesland und den Nordseeinseln, während — vom unmittelbaren Küstenbereich und höheren Lagen abgesehen — diese nördlich der Linie Bonn-Melsungen meist zwischen 400 mm und 500 mm variieren. Südlich dieser Linie werden zumeist Höhen zwischen 450 und 600 mm berechnet.

3.2.4.3 Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes Juni bis August (1951-1980) (Karte II-11)

In diesem Zeitraum ist der Wasserbedarf der Spätkartoffel am größten: Die Pflanzen sind voll entwickelt; Bildung und Wachstum der Knollen haben eingesetzt. Die potentielle Verdunstung erreicht in dieser Zeit knapp über 60% der Jahresverdunstung.

Im Küstengebiet betragen die Höhen der potentiellen Evapotranspiration meist deutlich weniger als 250 mm, um zu den Mittelgebirgen hin auf Werte zwischen 300 und 350 mm anzusteigen. Sieht man einmal von den höheren Lagen ab, so variieren die potentiellen Verdunstungshöhen im Mittelgebirgsraum bis zum Alpenvorland meist zwischen 320 und 380 mm. Verdunstungshöhen über 400 mm werden in den klimatisch begünstigten Gebieten Frankens und dem Rhein-Main-Gebiet sowie dem Rheingraben erreicht.

4 Literatur

Eine Literaturauswahl zum Thema Verdunstung ist im Teil I des Werkes zusammengestellt, so daß an dieser Stelle darauf verzichtet wurde.

Der Vollständigkeit halber seien jedoch an dieser Stelle Schreibfehler in der genannten Literaturzusammenstellung korrigiert:

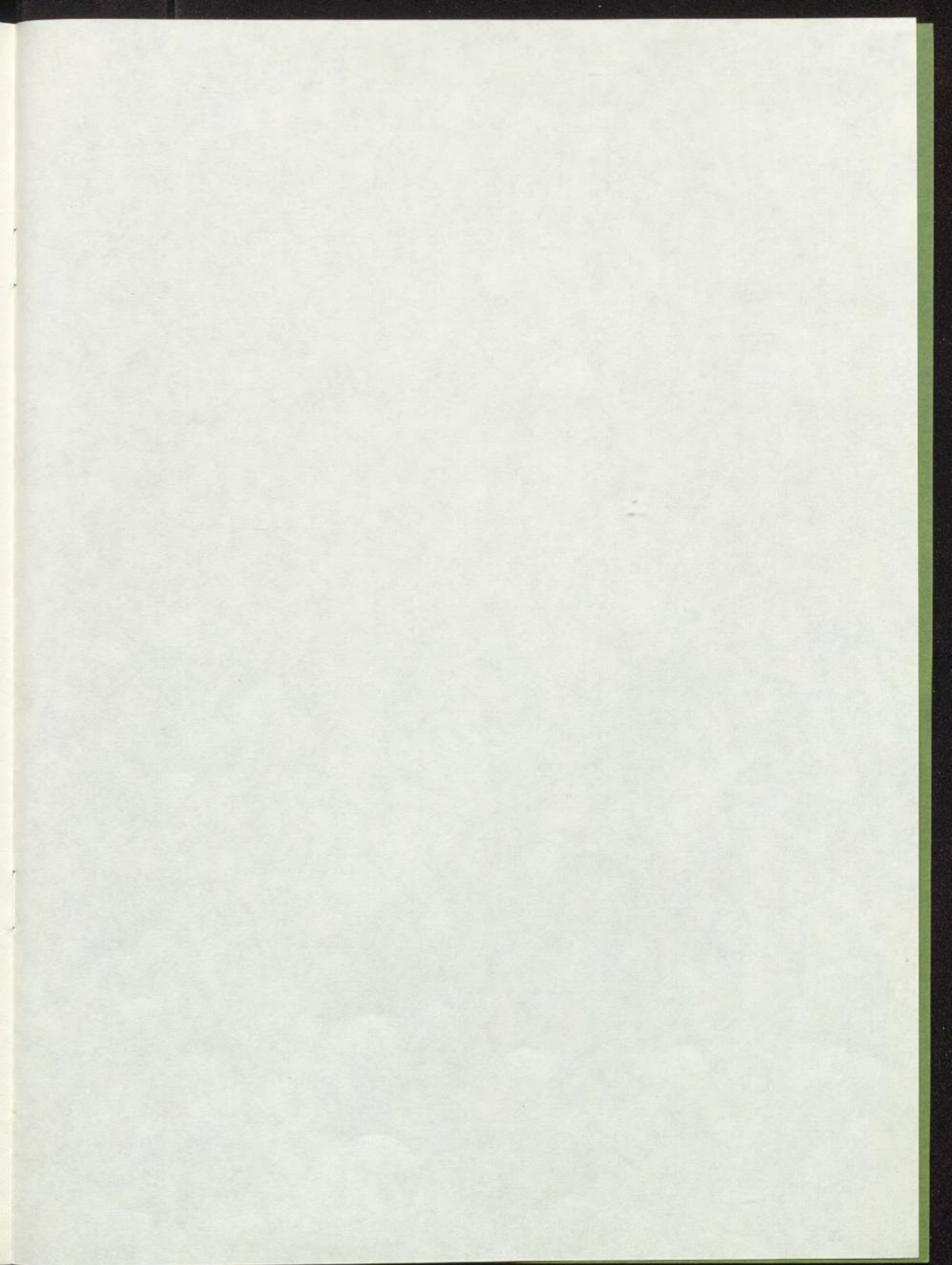
MAKKINK, G. F. (1957): Testing the Penman formula by means of lysimeters. *J. Inst. Water Eng.* 11:277-288

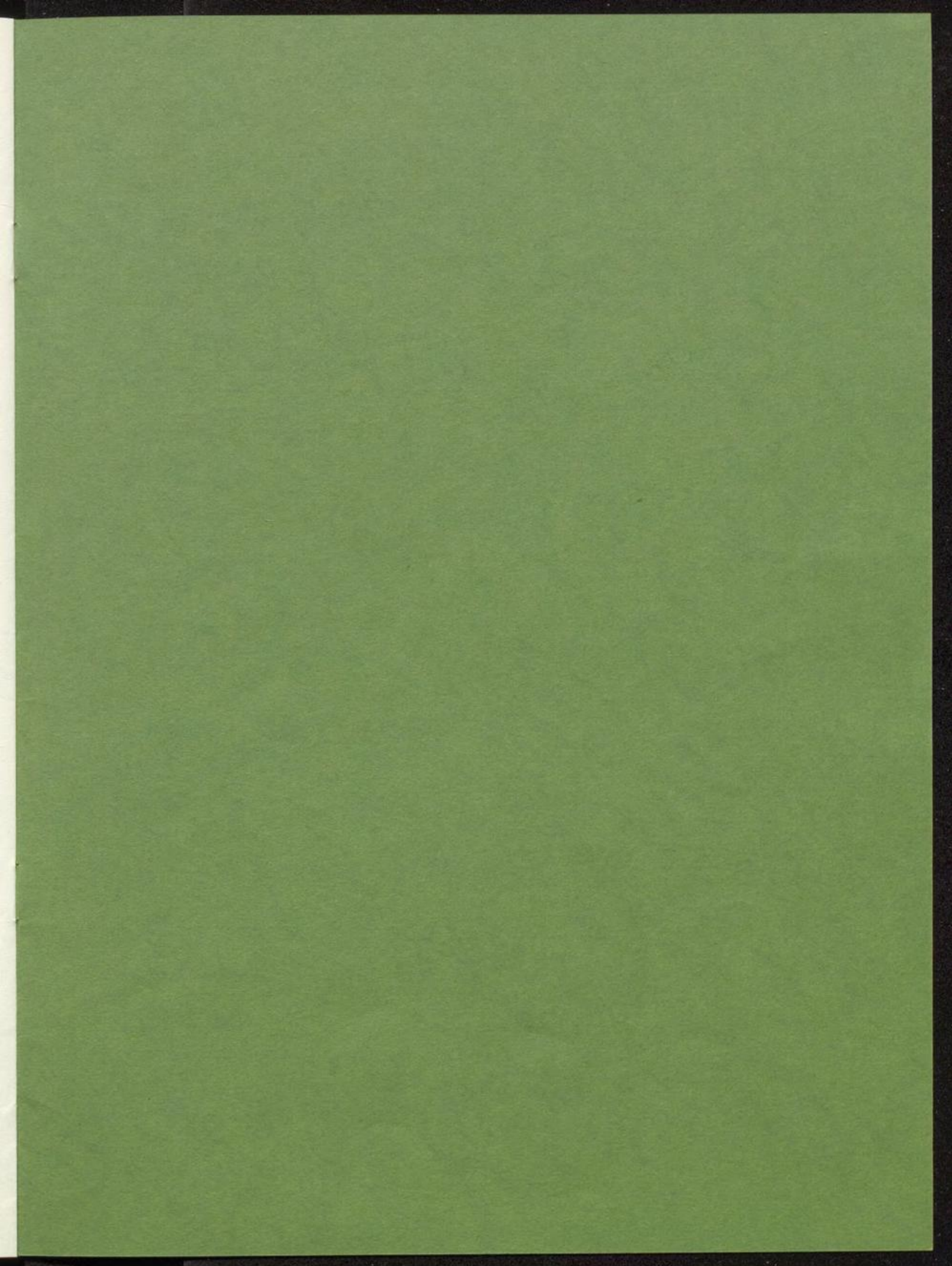
MAKKINK, G. F. (1961): De verdamping uit vegetaties in verband met formule van Penman. *Comm. Hydrol. Research TNO, The Hague. Proceedings and Informations* 4:90-115

THORNTHWAITE, C.W., HOLZMANN, B. (1942): Measurement of evaporation from land and water surfaces. *US DA Techn. Bull. No. 817, Washington*

THORNTHWAITE, C.W. (1948): An approach toward rational classification of climate. *Geograph. Review* 38:55-94

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. (1957): Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Inst. Technology, publ. Climat 10, No. 3, Centerton, New Jersey*; 185-311.





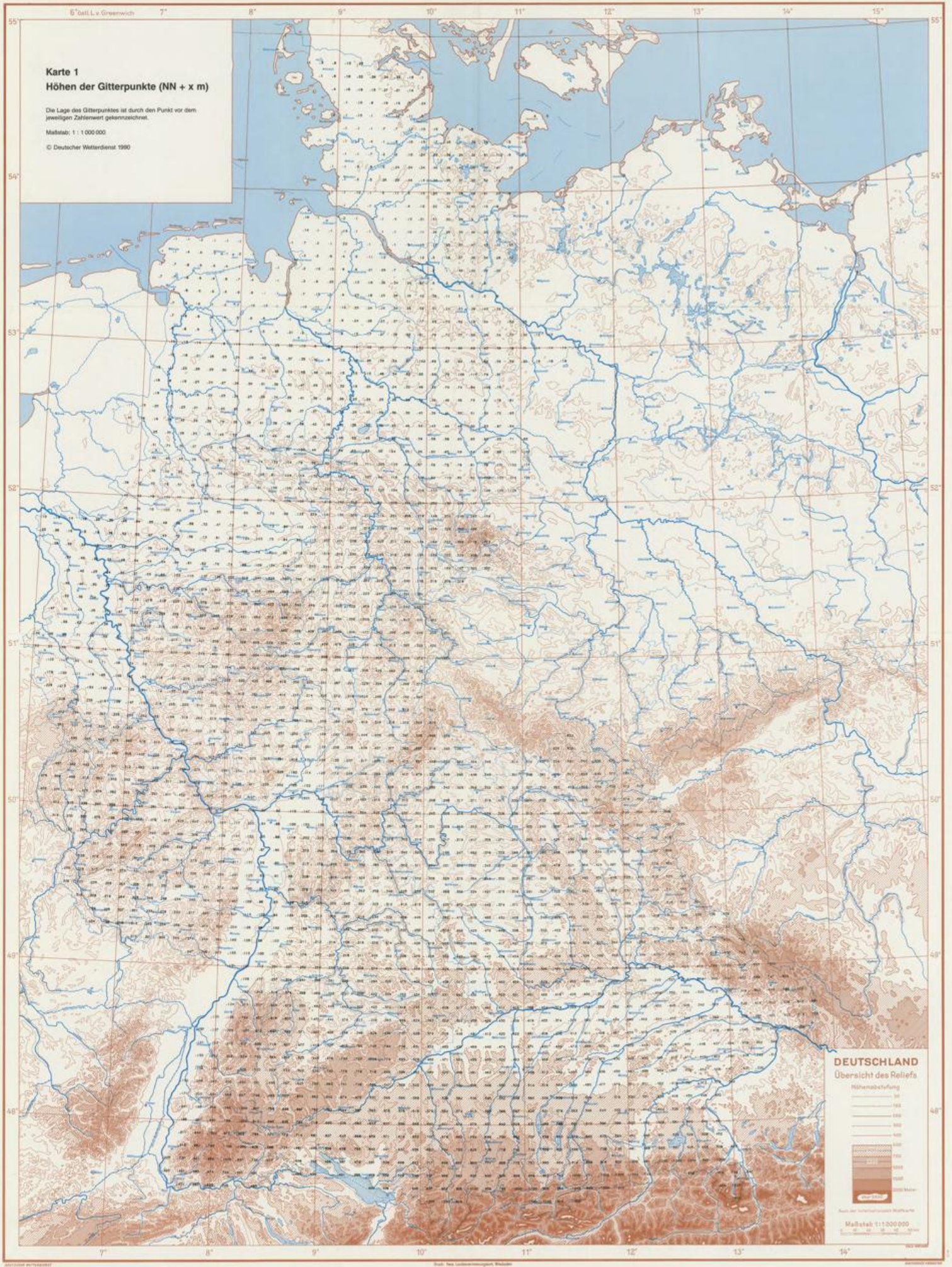


**Karte 1
Höhen der Gitterpunkte (NN + x m)**

Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990

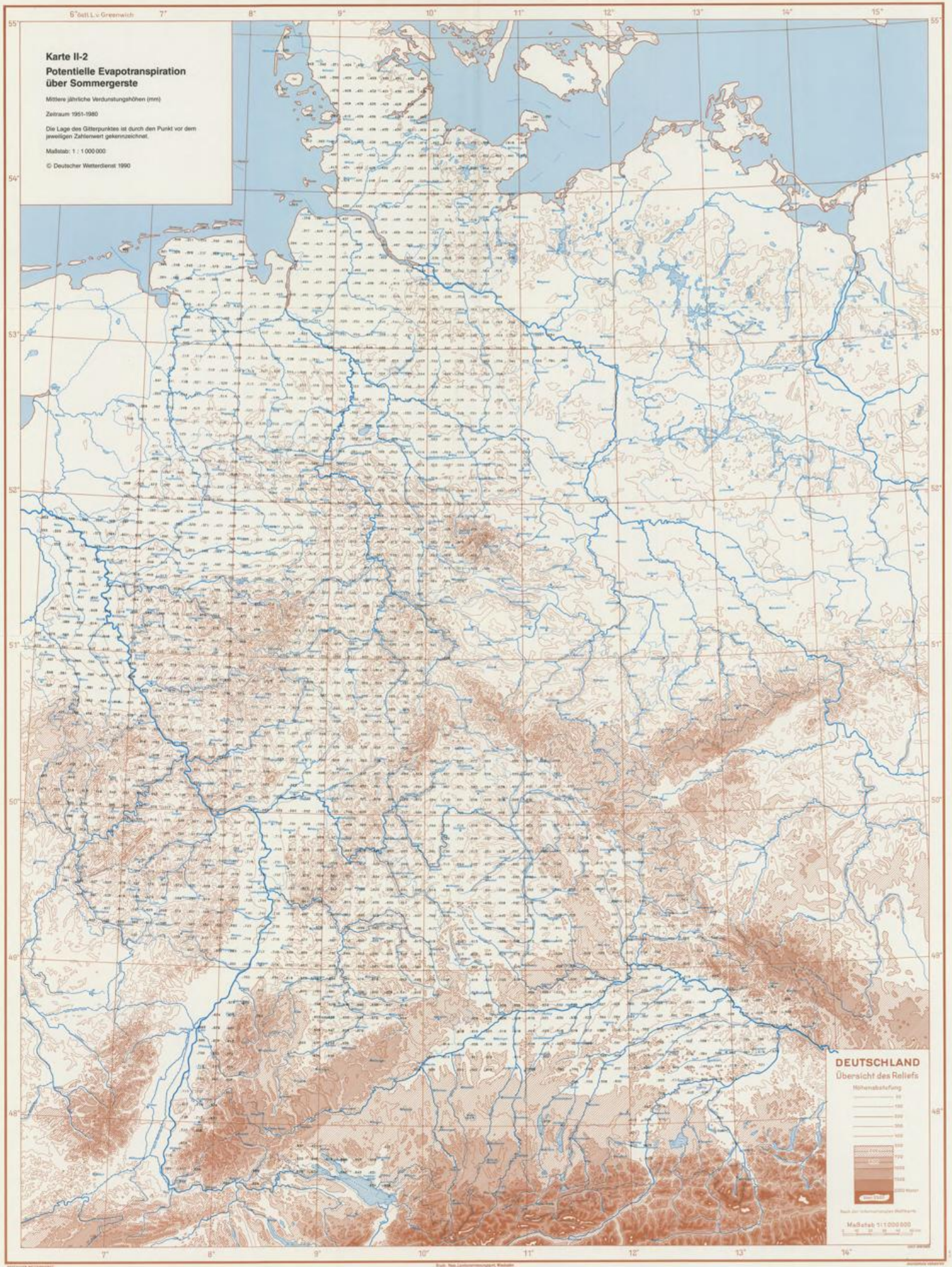


DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs



Quelle: Der Topographische Dienst des Deutschen Wetterdienstes

Maßstab: 1 : 1 000 000



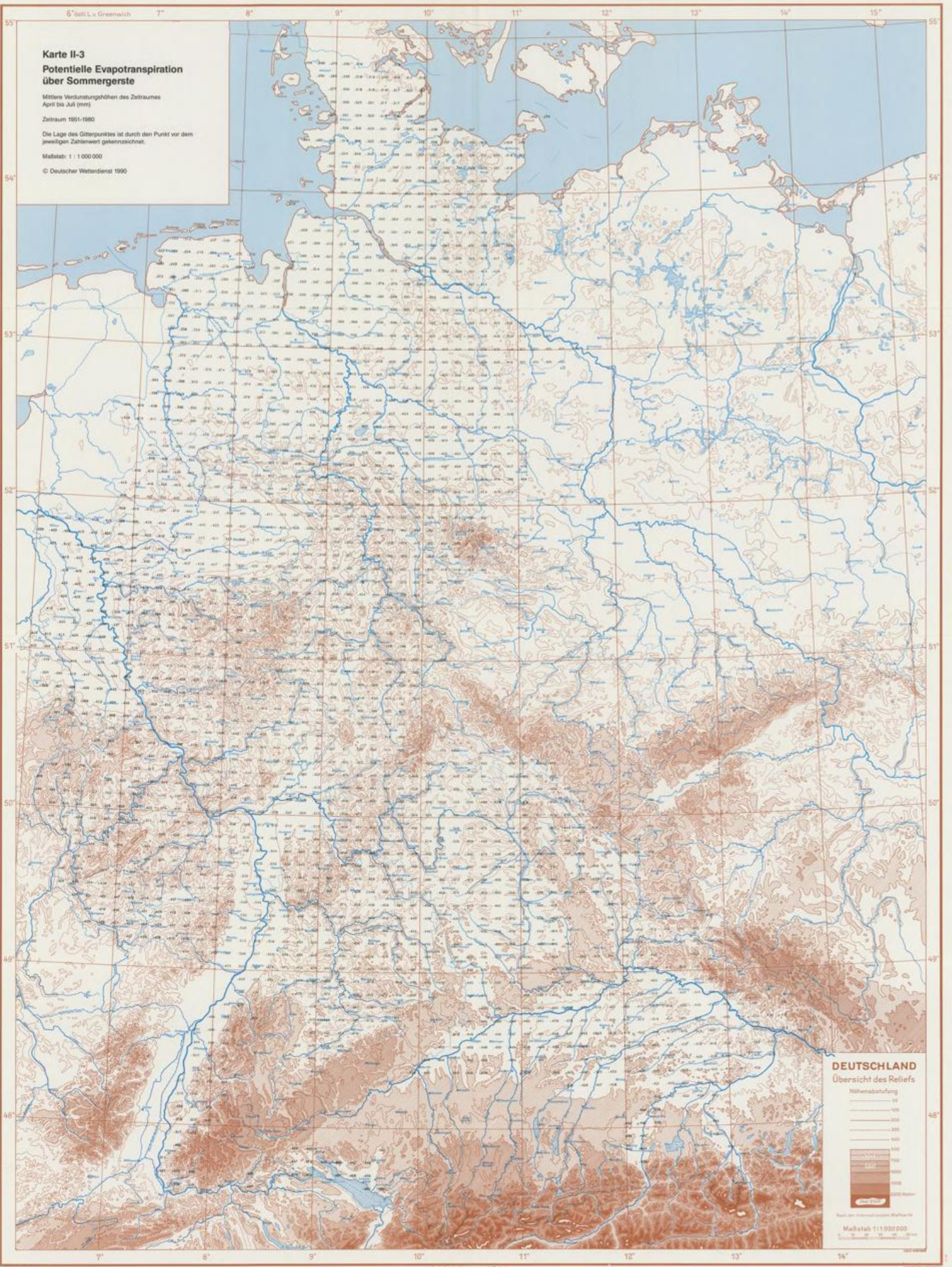
Karte II-2
Potentielle Evapotranspiration
über Sommergerste

Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (mm)
 Zeitraum 1951-1980
 Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.
 Maßstab: 1 : 1 000 000
 © Deutscher Wetterdienst 1990

DEUTSCHLAND
 Übersicht des Reliefs



Nach der Höhenabstufung
 Maßstab 1:1 000 000



Karte II-3
Potentielle Evapotranspiration
über Sommergerste

Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
 April bis Juli (mm)

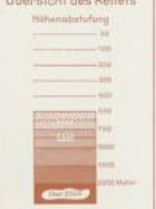
Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Güterpunktes ist durch den Punkt vor dem
 jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990

DEUTSCHLAND
 Übersicht des Reliefs



Maßstab 1:1 000 000

Karte II-4
Potentielle Evapotranspiration
über Wintergerste

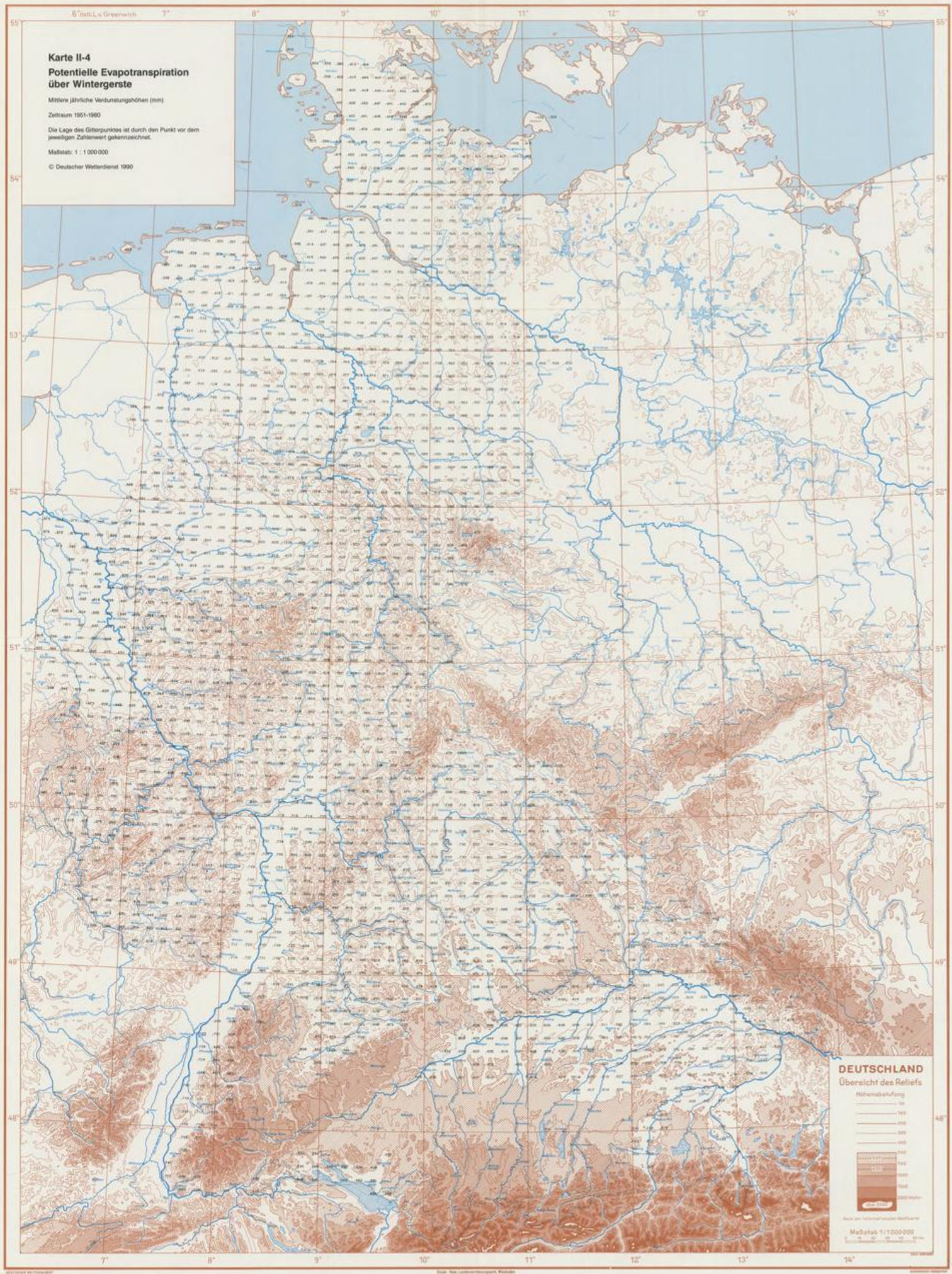
Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (mm)

Zeitraum 1951-1980

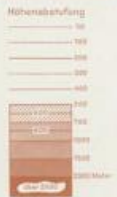
Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs



Nach dem Deutschen Institut für Fernstudien

Maßstab: 1 : 1 000 000

**Karte II-5
Potentielle Evapotranspiration
über Wintergerste**

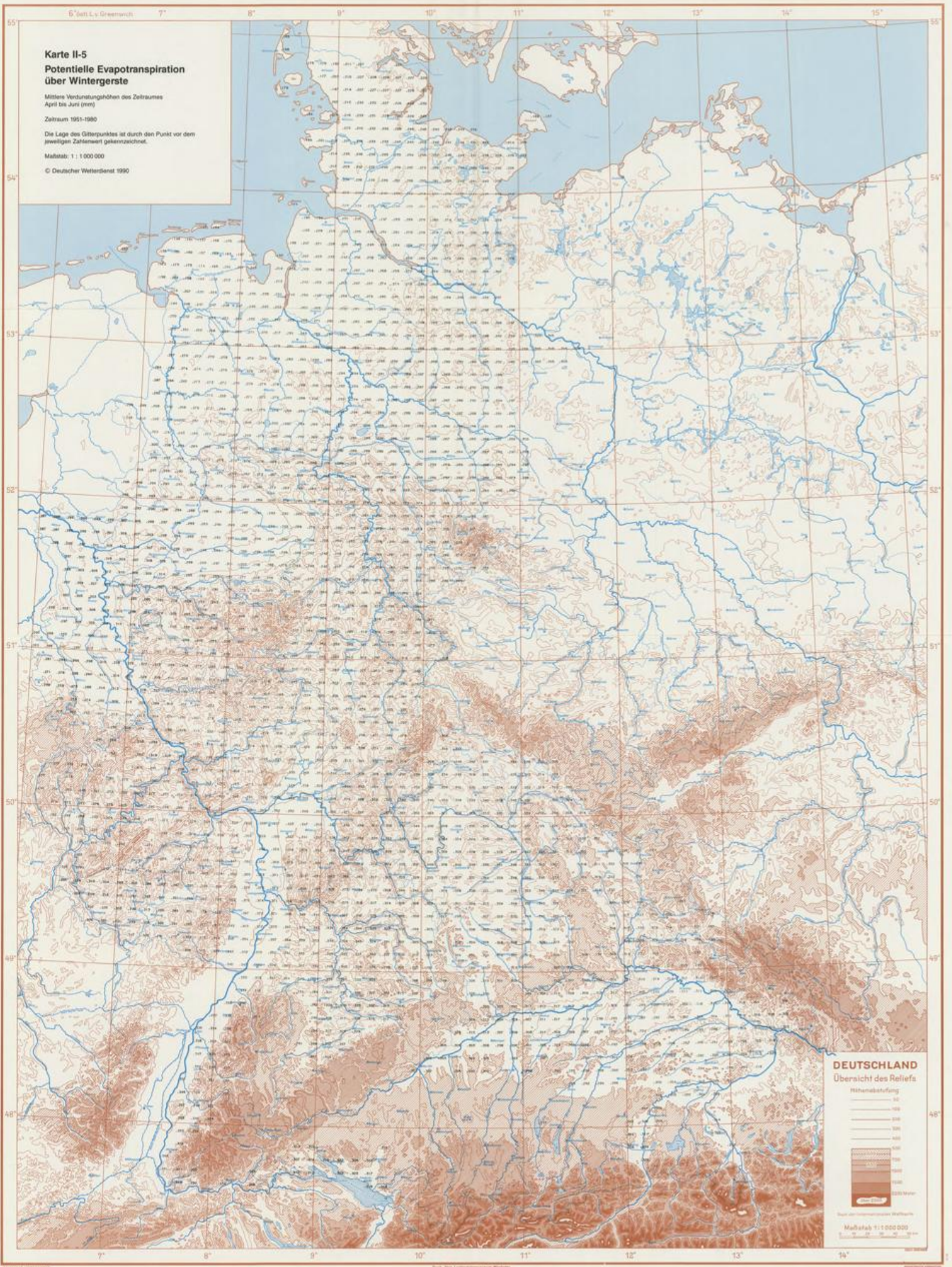
Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
April bis Juni (mm)

Zeitraum 1951-1990

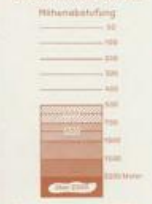
Die Lage des Güterpunktes ist durch den Punkt vor dem
jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



**DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs**



Nach dem amtlichen Maßstab
Maßstab 1 : 1 000 000

Karte II-6
Potentielle Evapotranspiration
über Wintergerste

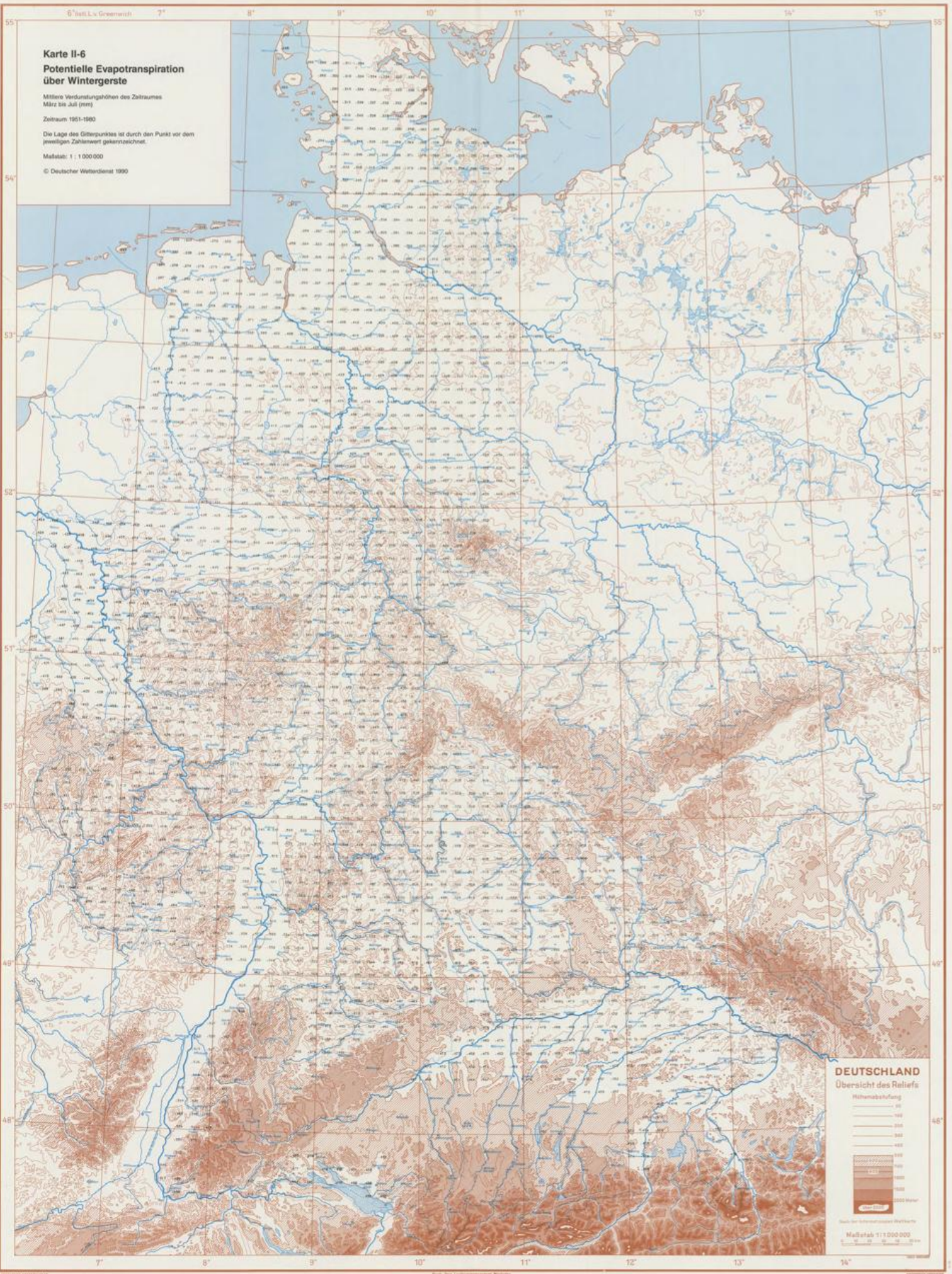
Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
März bis Juli (mm)

Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Güterpunktes ist durch den Punkt vor dem
jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs



Maßstab 1:1 000 000

**Karte II-7
Potentielle Evapotranspiration
über mittelfrühen Kartoffeln**

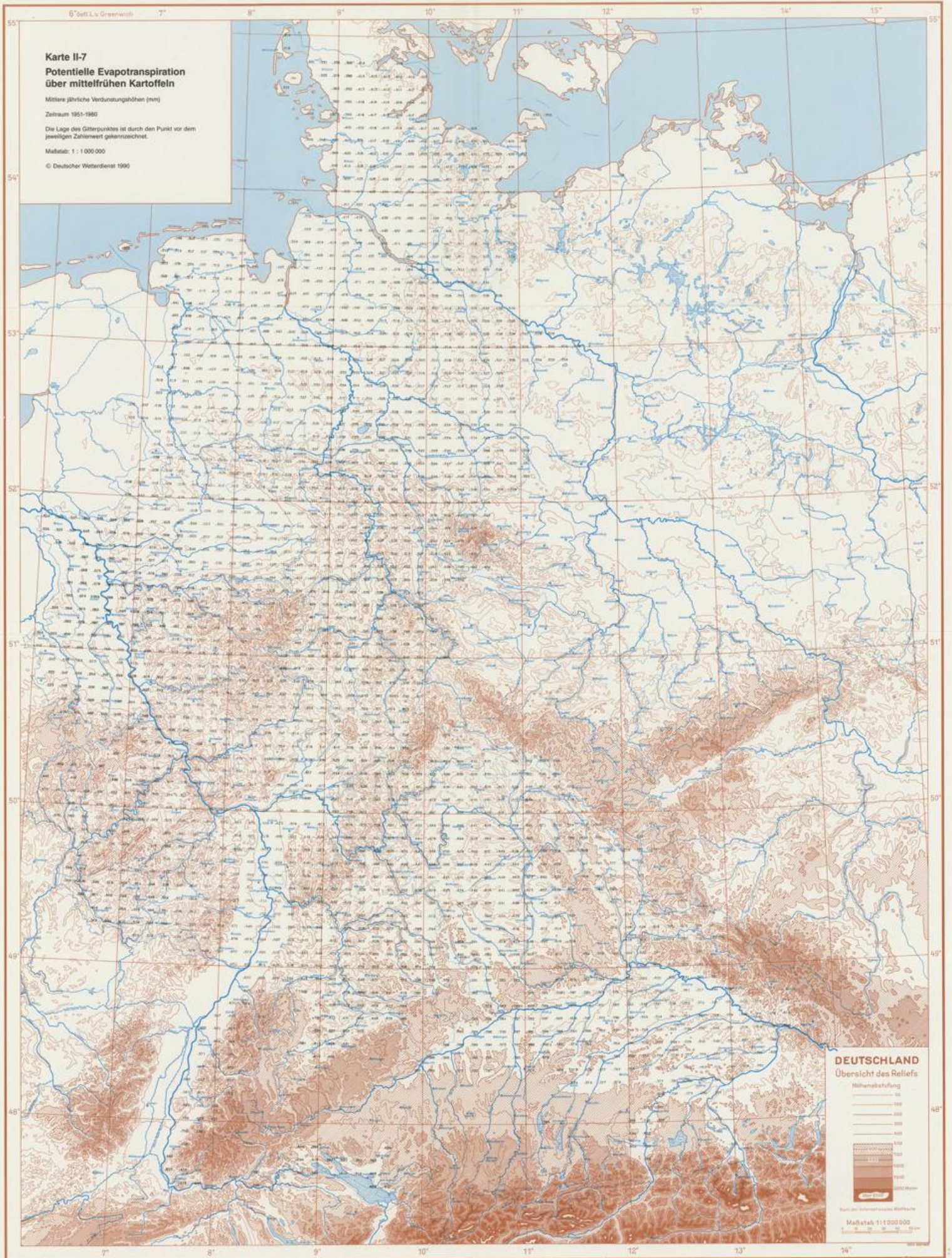
Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (mm)

Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs

Nühenabstufung



Maßstab 1:1 000 000

Karte II-8
Potentielle Evapotranspiration
über mittelfrühen Kartoffeln

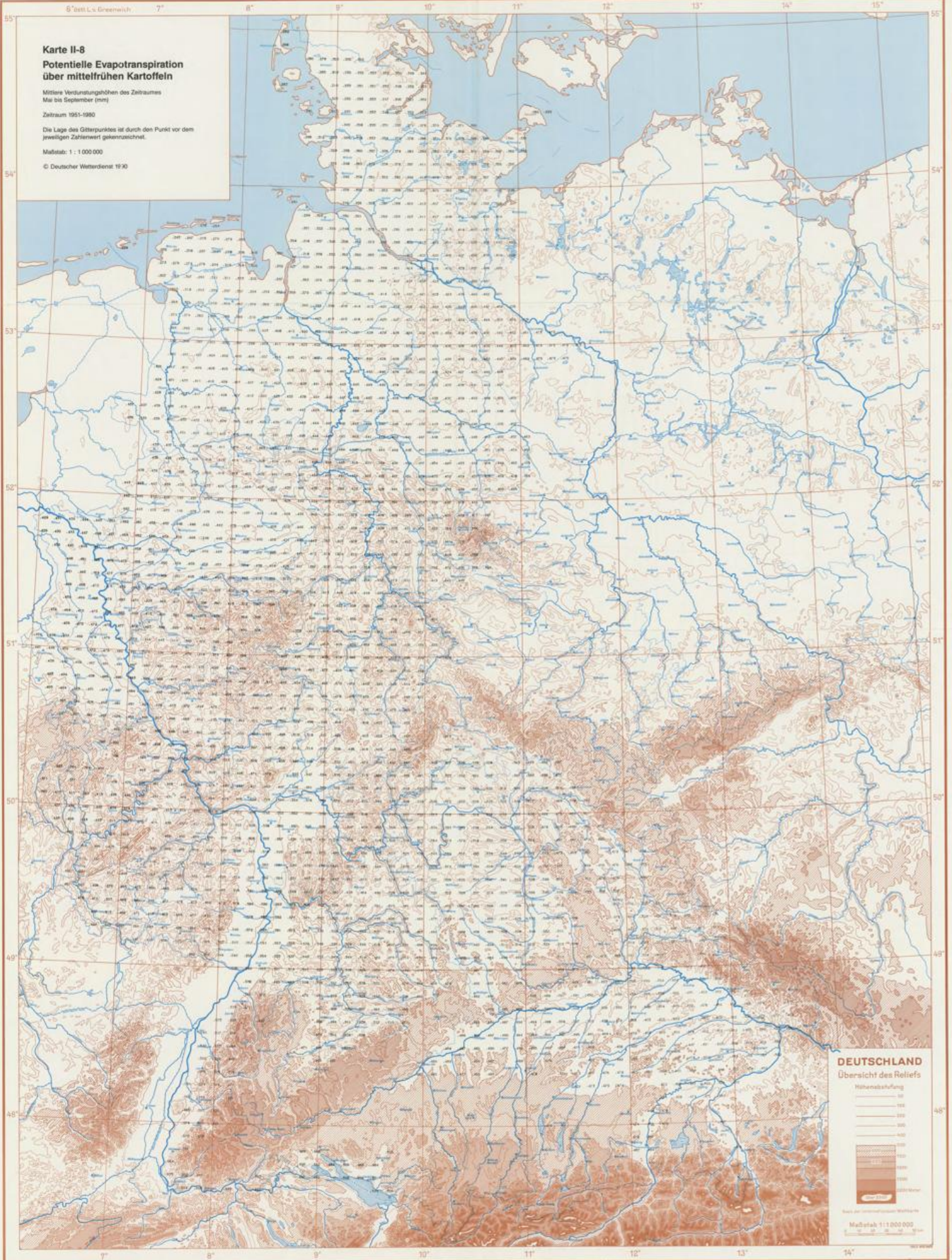
Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
Mai bis September (mm)

Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem
jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs



Nach der Geländehöhhenkarte
Maßstab 1:1 000 000

Karte II-9 Potentielle Evapotranspiration über Spätkartoffeln

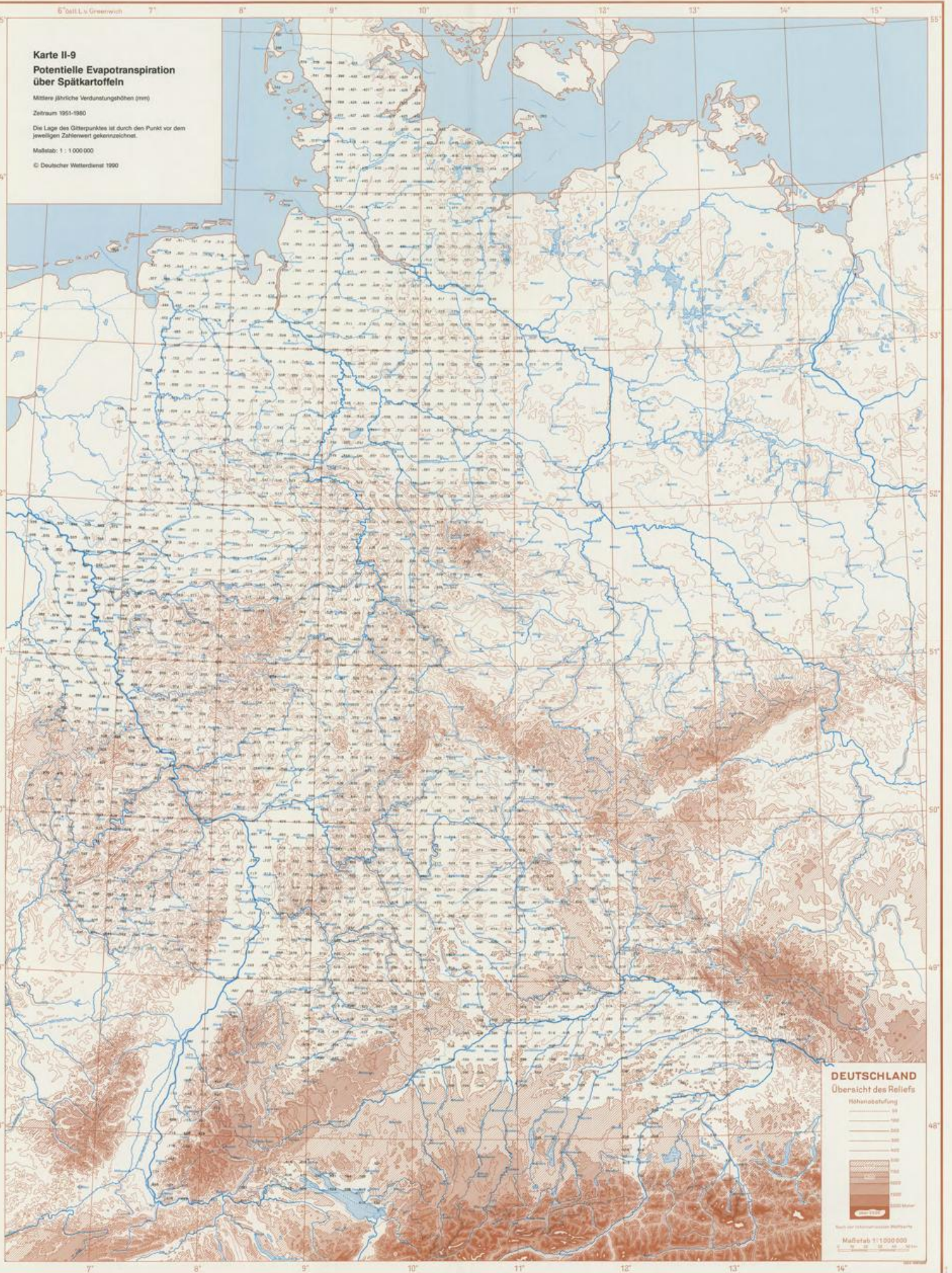
Mittlere jährliche Verdunstungshöhen (mm)

Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab: 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND Übersicht des Reliefs

Höhenstufung



Nach der Höhenkarte des WZM

Maßstab 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990

**Karte II-10
Potentielle Evapotranspiration
über Spätkartoffeln**

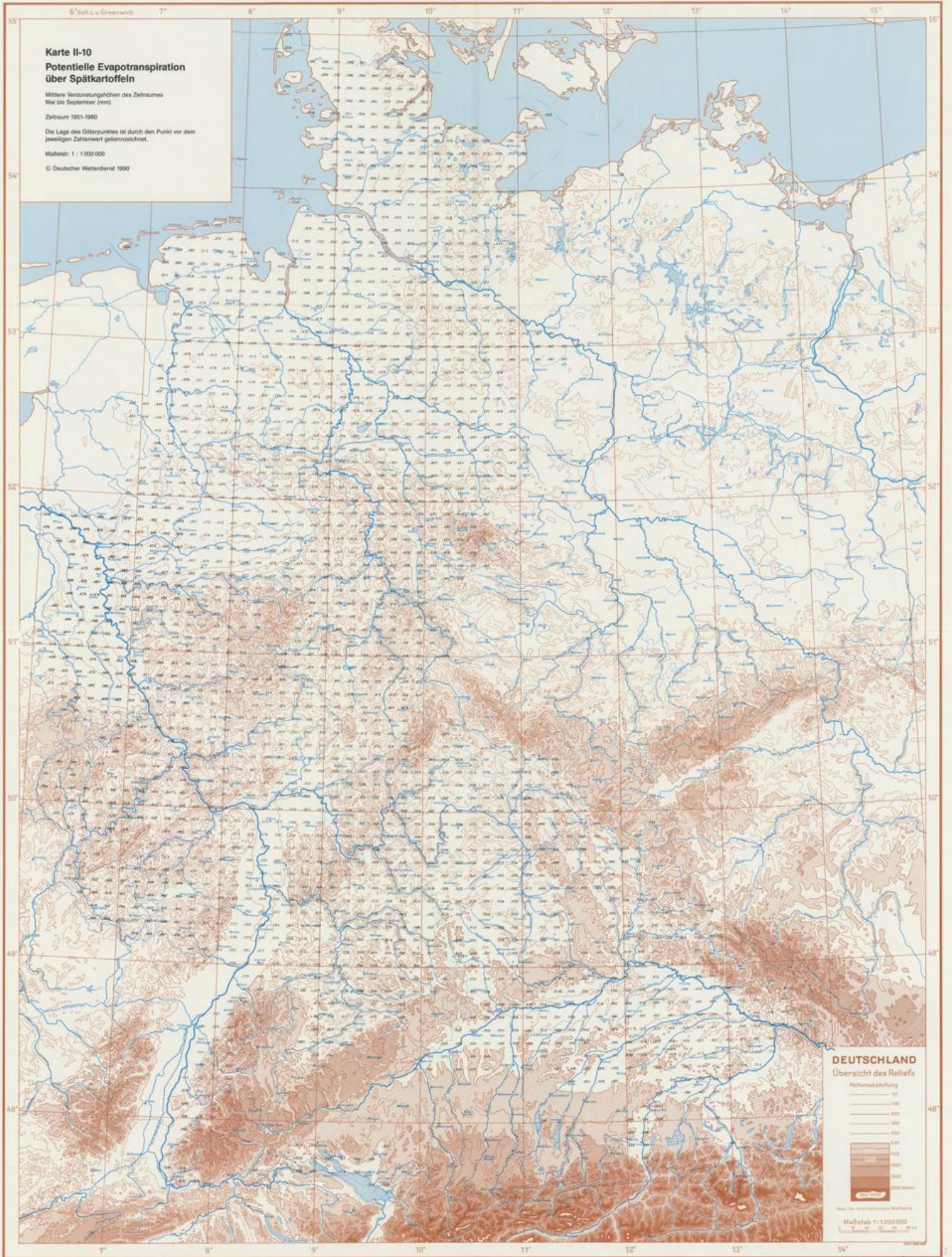
Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
Mai bis September (mm)

Zeitraum 1951-1980

Die Lage des Güterpunktes ist durch den Punkt vor dem
jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.

Maßstab 1 : 1 000 000

© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs

Höhenstufung



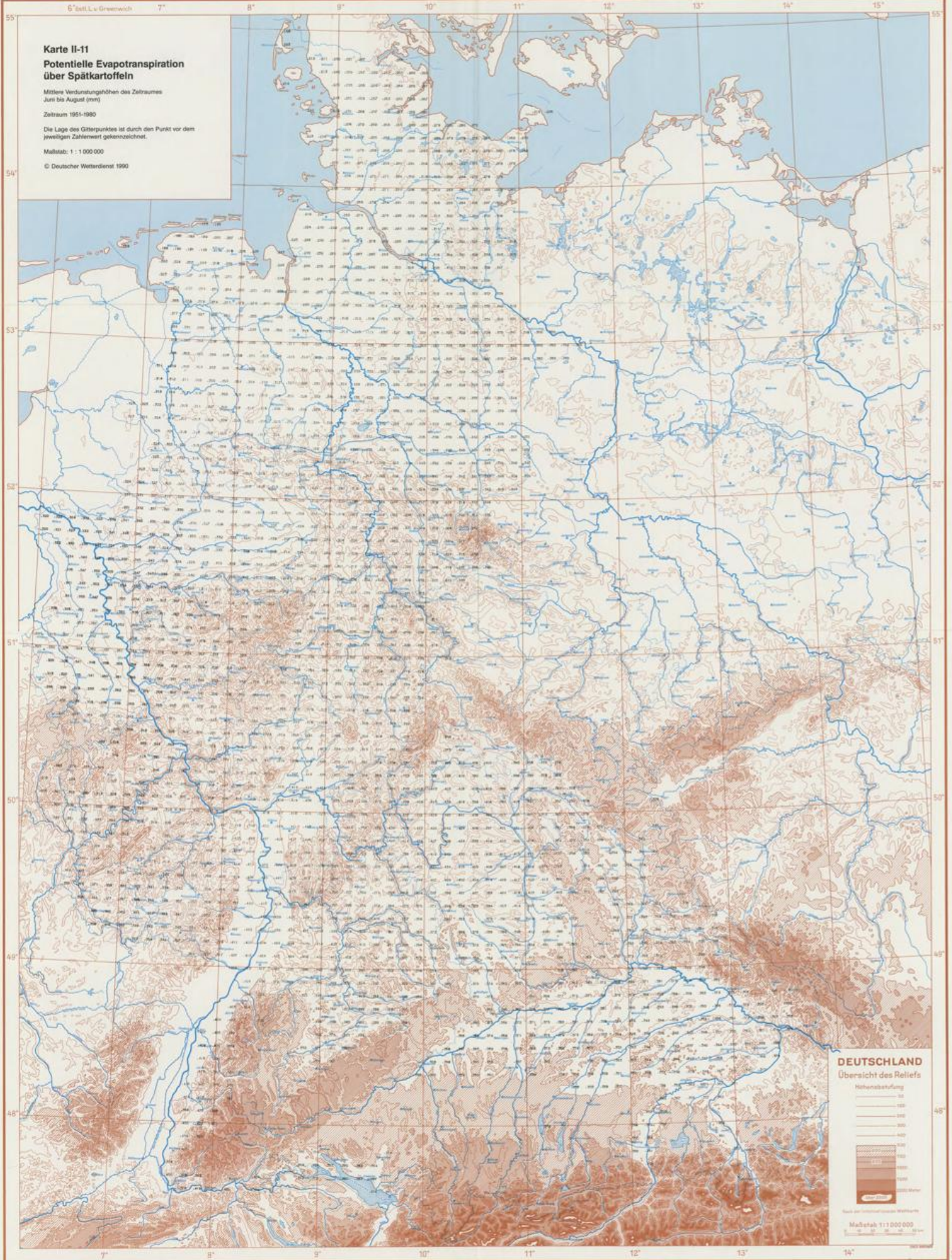
Nach dem topographischen Maßstab

Maßstab 1 : 1 000 000

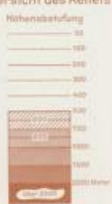
© Deutscher Wetterdienst 1990

Karte II-11
Potentielle Evapotranspiration
über Spätkartoffeln

Mittlere Verdunstungshöhen des Zeitraumes
Juni bis August (mm)
Zeitraum 1951-1980
Die Lage des Gitterpunktes ist durch den Punkt vor dem
jeweiligen Zahlenwert gekennzeichnet.
Maßstab: 1 : 1 000 000
© Deutscher Wetterdienst 1990



DEUTSCHLAND
Übersicht des Reliefs



Maßstab 1:1 000 000