

1952 – 2002
50 Jahre Kompetenz für Wetter und Klima
Deutscher Wetterdienst



Berichte des Deutschen Wetterdienstes

223

**Klimatologische Auswertung von Zeitreihen des
Monatsmittels der Lufttemperatur und der monatlichen
Niederschlagshöhe im 20. Jahrhundert**

von
Ute Maier, Jörg Kudlinski und Gerhard Müller-Westermeier

Zur Herstellung dieses Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

ISSN 0072-4130
ISBN 3-88148-390-X

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Deutschen Wetterdienstes in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm, oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

Herausgeber und Verlag:
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach am Main

Anschrift der Autoren:
Dipl.-Met.'in Ute Maier
Jörg Kudlinski
Dipl.-Met. Gerhard Müller-Westermeier
Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Strasse 135
63067 Offenbach a. M.

Inhalt

1	Übersicht	7
2	Einleitung	8
3	Datenherkunft und Berechnungsverfahren	8
3.1	Monatsmitteltemperaturen	8
3.2	Niederschlagssummen	9
3.3	Trockenheitsindex	11
4	Ergebnisse	12
4.1	Die Temperatur	12
4.1.1	Mitteltemperaturen für Jahr und Jahreszeiten	12
4.1.2	Frühjahr	15
4.1.3	Sommer	15
4.1.4	Herbst	16
4.1.5	Winter	17
4.2	Der Niederschlag	17
4.2.1	Niederschlagssummen für Jahr und Jahreszeiten	17
4.2.2	Frühjahr	21
4.2.3	Sommer	22
4.2.4	Herbst	24
4.2.5	Winter	25
4.3	Der Trockenheitsindex	27
4.3.1	Jahr und Jahreszeiten	27
5	Zusammenfassung	29
6	Literatur	30
7	Abbildungen	31

Abstract

The controlled and corrected climatological parameters 'mean monthly temperature' and 'mean monthly precipitation' of 100 years (1901-2000) for Germany were interpolated and calculated to the density of a 1x1 km-grid. These grids built the base for the calculation of the grid 'mean monthly index of aridity' (de Martonne) as third parameter.

To achieve information about the climatological changes during the century, mean and frequency values for these parameters at each grid point were calculated and classified for years, seasons and six ranges of elevation.

The results show an increase of 0,61 K of the mean annual grid point temperature during the analysed period. The linear tendencies for the six ranges of elevation reflect this, most influenced through the increasing mean temperature in summer (0.65 K) and autumn (0.82 K) during this century.

Similar significant results could not be found for precipitation. Dry and wet periods vary during the 100 years. Winter and spring values show just a light increase of mean precipitation, the summer even a decrease of 2,7 % in comparison to the mean summer value.

The index of aridity is mostly connected to precipitation, temperature shows less influence to this parameter. So the results follow those of the precipitation. The linear tendencies show a small increase of warm and wet years for the six analysed ranges of elevation and the mean annual grid point value.

1 Übersicht

Basierend auf den kontrollierten und korrigierten Werten der mittleren Monatstemperatur und den monatlichen Niederschlagssummen aus 100 Jahren (1901 – 2000) für Deutschland wurden Rasterwerte mit einer Auflösung von 1 x 1 km interpoliert und berechnet. Aus den Rasterfeldern der beiden Größen errechneten sich die entsprechenden Rasterfelder für den Trockenheitsindex nach de Martonne als dritte klimatologische Größe.

Um Informationen über die klimatischen Veränderungen während des letzten Jahrhunderts aus diesen Daten zu erhalten, wurden Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen aus den Gitterpunktwerten berechnet und nach Auffälligkeiten in Jahren, Jahreszeiten und sechs Höhenstufen untersucht.

Die Ergebnisse zeigen eine Zunahme der Gebietsmitteltemperatur von 0,61 K über den betrachteten Zeitraum. Die linearen Trends für das Gebietsmittel der sechs untersuchten Höhenstufen geben dies entsprechend wieder. Verantwortlich für diese Trends sind in erster Linie die Temperaturanstiege im Sommer (0,65 K) und Herbst (0,82 K) seit Beginn des Jahrhunderts.

Für das Gebietsmittel des Niederschlags finden sich keine ähnlich signifikanten Ergebnisse. Trockene und nasse Perioden treten ohne eindeutige Tendenz in dem gesamten Zeitraum auf. Im Winter und Frühjahr ergibt sich eine schwache Zunahme der Niederschlagssummen, im Sommer verzeichnet man dagegen einen schwachen Rückgang von 2,7 % bezogen auf den Mittelwert des gesamten Zeitraums.

Der Trockenheitsindex wird in erster Linie durch die Niederschlagswerte bestimmt, die Temperatur hat nur einen geringen Einfluß auf diese Größe. Daher ergeben sich im Vergleich zum Niederschlag keine deutlich abweichenden Erkenntnisse. Die linear berechneten Tendenzen zeigen eine geringe Zunahme von warmen und feuchten Jahren sowohl für den Gebietsmittelwert als auch für diejenigen Werte in den sechs betrachteten Höhenbereichen.

2 Einleitung

Zur Erklärung klimatischer Veränderungen werden in zunehmendem Maße lange Messreihen herangezogen und bewertet. Die Frage, ob es sich bei diesen Veränderungen um punktuelle Ereignisse (etwa durch Veränderungen in der Stationsumgebung) oder generelle Klimaänderungen handelt, wird immer heftiger diskutiert. Dabei gewinnt der Übergang von punktuellen Messreihen auf Zeitreihen von Gebietsmitteln besondere Bedeutung.

In dieser Auswertung sollen Zeitreihen von räumlich gemittelten Werten klimatologischer Kenngrößen für Deutschland vorgestellt werden. Beschrieben werden die Temperatur- und Niederschlagsdaten sowie ein daraus abgeleiteter Trockenheitsindex für das 20. Jahrhundert, nähere Erklärungen können und sollen hier nicht weiter gegeben werden.

3 Datenherkunft und Berechnungsverfahren

3.1 Monatsmitteltemperaturen

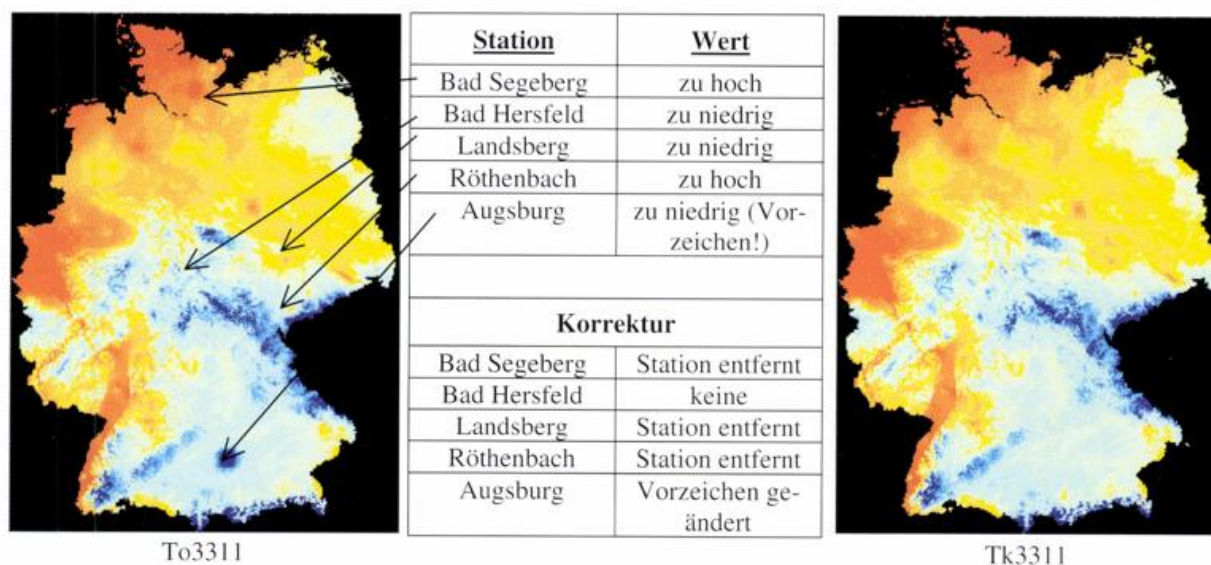
Ausgangsmaterial für die Berechnung der Temperaturfelder sind die mittleren monatlichen Temperaturen von ca. 1400 verschiedenen Stationen aus dem Zeitraum 1901 bis 2000, die aber zu einem großen Teil nicht über den ganzen Zeitraum hinweg existierten, so dass in jedem Jahr nur ca. 400-600 Stationen vorliegen. Aus den unkorrigierten Rohdaten wurden Rasterdateien mit 654 x 866 Punkten erzeugt, die als Basis für die Rohdatenkorrektur dienen. Zur Rasterkartenerstellung für die Monatsmitteltemperatur wurde folgendes Verfahren verwendet:

1. Das erste Programm füllt ein Gitter von 654 x 866 Punkten, das Deutschland im Gauß-Krüger-Netz des 09°-Meridianstreifens im 1 km-Raster abdeckt, an den Gitterpunkten, für die Stationswerte vorliegen, mit Werten eines Parameters, wobei anhand einer räumlich variablen linearen Höhenabhängigkeit auf Meeresniveau reduziert wird.
2. Das nachfolgende Programm interpoliert leere Gitterpunkte in einem Gitter von maximal 1000 x 1000 Gitterpunkten. Gitterpunkte, zu denen die zugehörigen Höhenwerte fehlten, bleiben leer, besetzte Gitterpunkte werden unverändert erhalten. Die Größe des Umgebungsbereichs, der zum Interpolieren benutzt werden soll, ist frei wählbar. Große Umgebungsbereiche führen zu einer starken Glättung im Bereich der leeren Gitterpunkte, so dass die gefüllten Gitterpunkte teilweise sehr isoliert herausragen. Kleine Umgebungsbereiche führen bei dünnem Messnetz zu Lücken, da Gitterpunkte, für die im Umgebungsbereich kein gefüllter Gitterpunkt gefunden wird, leer gelassen werden.
3. Im letzten Schritt werden die Werte des Gitters mit Hilfe einer linearen Regression unter Verwendung gleichartiger Gitter mit topographischen Höhen und Regressionsfaktoren in reliefbezogene Werte umgerechnet.

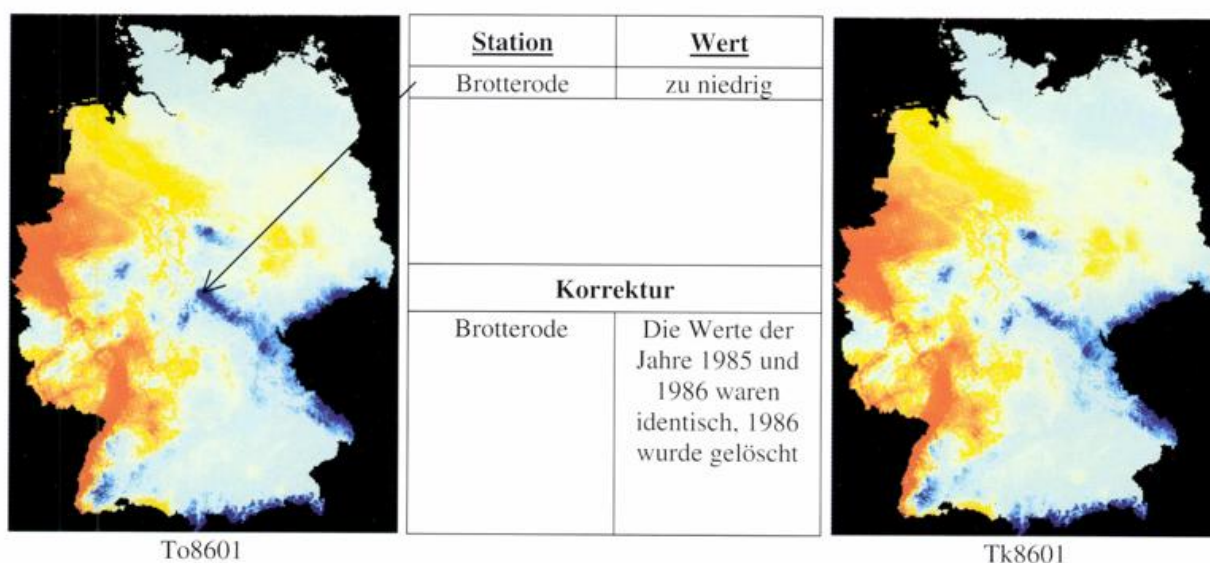
Die graphisch dargestellten Raster waren Basis für die durchgeführte Fehleranalyse in den Originaldaten. Es ergaben sich Fehler in den Stationshöhen, den Stationskoordinaten und den Temperaturmittelwerten der Monate. Die korrigierten Stations- und Messdaten lieferten die Grundlage für eine erneute Berechnung der Raster.

Beispiele für die Kartendarstellung der Rasterdaten vor und nach der Datenkorrektur:

a) November 1933



b) Januar 1986



3.2 Niederschlagssummen

Etwa 8000 Messstationen lieferten die Rohdaten für die Berechnung der Rasterfelder der Niederschlagssummen. Auch diese Stationen haben allerdings häufig nicht über den ganzen Zeitraum hinweg beobachtet, so dass in jedem Jahr nur ca. 4000-5500 Stationen vorliegen.

Zunächst erfolgte eine Überprüfung bzw. Ergänzung der Stationskoordinaten und Höhen, dann wurden die Raster nach dem gleichen Schema wie für die Temperatur berechnet. Die Karten aus diesen Rasterfeldern waren Grundlage für die Überprüfung der erfaßten Messwerte. Das Korrigieren dieser Messreihen war insofern schwieriger, da lokale Starkniederschläge auftreten können, die in den Karten als isolierte Inselwerte auftauchen. Geringe Nieder-

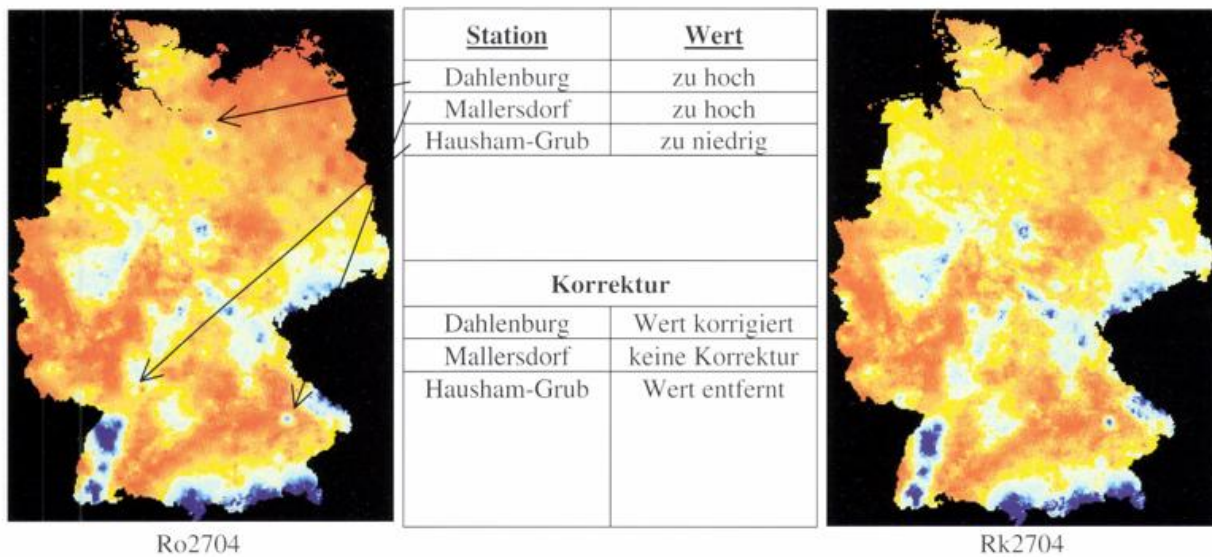
schlagshöhen in einer Umgebung mit hohen Niederschlagssummen erwiesen sich entsprechend häufiger als Fehler in den Grunddaten.

Die Berechnung der Rasterfelder nach der Fehleranalyse und Datenkorrektur wurde für die Niederschlagssummen nach einem anderen Verfahren als bei der Temperatur durchgeführt, um Abweichungen von der mittleren Höhenabhängigkeit in den Einzeljahren zu eliminieren:

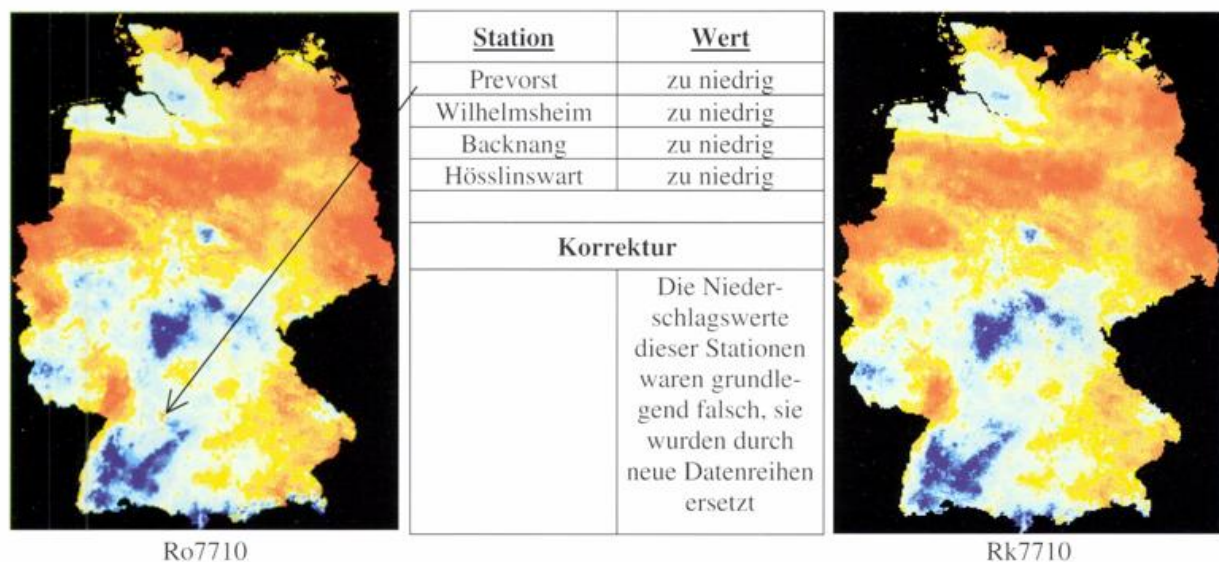
1. Zunächst wird das Verhältnis von aktueller Niederschlagshöhe zum 30jährigen Referenzwert gebildet. Dabei werden, soweit vorhanden, die Referenzwerte der einzelnen Stationen benutzt, ansonsten die Referenzwerte des zugehörigen Rasterpunkts verwendet. Diese Verhältniswerte bilden die Ausgangsdaten für den ersten Programmablauf, der das 1 km-Gitter mit Werten besetzt.
2. Die Interpolation für die nicht besetzten Gitterpunkte erfolgt analog der Vorgehensweise für die Temperatur.
3. Das Feld der Niederschlagshöhen wird anschließend durch Multiplikation des Verhältnisses mit den Niederschlagswerten im Referenzzeitraum an jedem Rasterpunkt gewonnen.

Beispiele für die Kartendarstellung der Rasterdaten vor und nach der Datenkorrektur:

a) April 1927



b) Oktober 1977



3.3 Trockenheitsindex

Die Rasterfelder des Trockenheitsindex wurden aus denjenigen des Niederschlags und der Temperatur berechnet, indem für jeden Rasterpunkt die Gleichung nach de Martonne auf die Monats-Niederschlagssummen und die Monatsmitteltemperatur angewendet wurde:

$$A = r / (T_m + 10)$$

A: Trockenheitsindex
r: Niederschlagshöhe in mm
T_m: Mitteltemperatur in Grad C

Dieselbe Gleichung fand Anwendung für die Berechnung des Trockenheitsindex der Jahreszeiten, der Halbjahre und Jahre, wozu die entsprechenden Rasterfelder der Grundgrößen durch Summen- bzw. Mittelbildung aus den monatlichen Rasterfeldern zuvor erstellt wurden. Um Entartungen des Index zu vermeiden, wurde für Temperaturen unter $-9,9\text{ °C}$ der Wert $-9,9\text{ °C}$ gesetzt.

Die für den Zeitraum 1901-2000 aus den korrigierten Grunddaten erstellten Rasterfelder der Temperatur, des Niederschlags und Trockenheitsindex waren die Grundlage der Zeitreihenberechnung für Gebietsmittel und Häufigkeitsverteilungen für Deutschland, untergliedert nach dem Vorkommen in verschiedenen Höhenlagen. Ausgewertet wurden die Ergebnisse in den Höhenstufen

Höhenstufen	Anzahl der Punkte
0-50 m	86.170
51-100 m	53.421
101-200 m	39.979
201-400 m	80.973
401-600 m	69.269
601-1000 m	25.319
1001-3000 m	3.172
Alle Höhenstufen	358.303

Anm.: Ergebnisse für die Auswertung der Daten nach 27 Höhenstufen liegen ebenfalls vor.

4. Ergebnisse

4.1 Die Temperatur

4.1.1 Mitteltemperaturen für Jahr und Jahreszeiten

Der weltweit beobachtete Temperaturanstieg zeigt sich auch für Deutschland. Die Abweichungen der mittleren Jahrestemperatur vom Gebietsmittelwert für die Jahre 1901-2000 ($8,29\text{ °C}$) liegen ab 1943 häufiger im positiven Bereich. Die positiven Abweichungen sind größer, während die negativen Abweichungen in den kälteren Jahren meist kleiner ausfallen als zu Beginn des Jahrhunderts (Abb. 1). Trotzdem traten vier der sechs kältesten Jahre nach 1950 auf. Das letzte Jahrzehnt war das wärmste, die bisher höchsten mittleren Jahrestemperaturen wurden für 2000 gemessen ($9,9\text{ °C}$) (s. Tab. 1, Tab. 2, Abb. 2). Sechs der wärmsten zehn Jahre traten im letzten Jahrzehnt auf, daraus erklärt sich der deutliche Anstieg der gleitenden 30jährigen Temperaturmittelwerte nach 1976 (Abb. 3).

Tab. 1: Wärmste Jahre

Jahr	Mittlere Temperatur in °C	Differenz in K
2000	9,87	1,58
1994	9,71	1,45
1934	9,59	1,33
1990	9,49	1,23
1999	9,49	1,19
1989	9,48	1,22
1992	9,38	1,13
1949	9,16	0,90
1911	9,11	0,85
1998	9,07	0,78

Tab. 2: Kälteste Jahre

Jahr	Mittlere Temperatur in °C	Differenz in K
1940	6,65	-1,61
1956	6,85	-1,41
1963	7,12	-1,14
1962	7,16	-1,10
1941	7,19	-1,07
1996	7,21	-1,05
1902	7,23	-1,03
1922	7,24	-1,02
1942	7,31	-0,95
1919	7,36	-0,90

Das Maximum der relativen Häufigkeiten aller vorkommenden Temperaturbereiche liegt im kältesten Jahr (1940) mit 53,5 % in der Klasse 6,0-6,9 °C, im wärmsten Jahr (2000) mit 42,3 % um vier Klassen darüber (10,0-10,9 °C) (vgl. Abb. 4a, 4b). Insgesamt treten 78,7 % der Gebietsmittelwerte zwischen 9,0 °C und 10,9 °C auf. Im Jahr 1973, dessen Gebietsmitteltemperatur mit 8,2 °C etwa am Mittelwert des Jahrhunderts liegt, sind die Häufigkeiten der vorkommenden Temperaturbereiche am ehesten normalverteilt.

Tab. 3: Maximum der relativen Häufigkeit von Temperaturbereichen für drei ausgewählte Jahre, alle Höhenstufen

Jahr	Klasse	Mittelwert aller Höhenstufen in °C	Relative Häufigkeit in %
1940	6,0-6,9°C	6,7	53,5
1973	8,0-8,9°C	8,2	45,2
2000	10,0-10,9°C	9,9	42,3

Der ansteigende Trend der Gebietsmitteltemperatur von 0,61 K beruht im wesentlichen auf einer Wärmeperiode von 1942 bis 1951 und den hohen Jahresmitteltemperaturen seit 1988. Dieses Bild spiegelt sich auch wieder, wenn man einzelne Höhenstufen betrachtet. Die höchsten Temperaturen treten im Höhenbereich von 101-200 m auf, während sowohl in niedrigerem Gelände als auch in größeren Höhenlagen die Jahresmitteltemperaturen niedriger liegen. Die niedrigeren Gebietsmitteltemperaturen unterhalb 100 m beruhen im wesentlichen auf der Verschiebung des Gebietsschwerpunkts von Süd- und Mitteldeutschland nach Norddeutschland. Die Temperaturwerte in den größeren Höhenstufen entsprechen der üblichen Temperaturabnahme mit der Höhe. Die für jede Höhenstufe positiven Trends verlaufen nahezu parallel (Abb. 5, Tab. 4).

Tab. 4: Trendwerte (Jahr) in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in K	Trendwert 2000 in K	Differenz in K
0-50 m	8,44	9,02	0,57
51-100 m	8,62	9,18	0,57
101-200 m	8,73	9,38	0,66
201-400 m	8,00	8,66	0,66
401-600 m	7,28	7,90	0,62
601-1000 m	6,36	6,99	0,63
1001-3000 m	3,83	4,43	0,61
Alle Höhenstufen	7,99	8,60	0,61

Untersucht man die Verteilung der vorkommenden Temperaturbereiche am Beispiel der Höhenstufen 101-200 m und 401-600 m (vgl. Abb. 6a, 6b; Abb. 7a, 7b) für das wärmste und kälteste Jahr des Jahrhunderts, so zeigt sich in der wärmsten Höhenstufe eine Verschiebung des Häufigkeitsmaximums über 4 Temperaturklassen.

Tab. 5: Maximum der relativen Häufigkeit von Temperaturbereichen für drei ausgewählte Jahre, 101-200 m

Jahr	Klasse	Mittelwert in °C	Relative Häufigkeit in %
1940	6,0-6,9 °C	7,3	43,4
1973	8,0-8,9 °C	9,0	55,5
2000	10,0-10,9 °C	10,7	71,2

Tab. 6: Maximum der relativen Häufigkeit von Temperaturbereichen für drei ausgewählte Jahre, 401-600 m

Jahr	Klasse	Mittelwert in °C	Relative Häufigkeit in %
1940	6,0-6,9 °C	6,1	58,7
1973	7,0-7,9 °C	7,3	73,4
2000	9,0-9,9 °C	9,2	64,5

Analysiert man die sich aus den Mittelwerten über jeweils 30 Jahre ergebenden einzelnen Trends, so zeigen sich innerhalb des allgemeinen zunehmenden Trends auch zwei - allerdings nur relativ schwache - Temperaturabnahmen, die die Kälteperioden in den 20er und 50er Jahren wiedergeben (vgl. Abb. 1, Abb. 2). Die größten Temperaturanstiege findet man in den beiden Mittelungszeiträumen 1961-1990 und 1971-2000, wobei der zweite Zeitraum den insgesamt stärksten positiven Trend aufweist (Tab. 7). Zwar fällt das sechstkälteste Jahr in diesem Jahrhundert (1996) in diesen Zeitraum, dies wirkt sich jedoch nicht entscheidend aus.

Wie Tabelle 8 zeigt, ist diese für die Jahresmitteltemperatur zu verzeichnende Zunahme nicht gleichmäßig auf die klimatologischen Jahreszeiten verteilt.

Tab. 7: Trendwerte aus den Mittelwerten über 30 Jahre (in K)

Zeitraum	Frühjahr in K	Sommer in K	Herbst in K	Winter in K	Jahr in K
1901-1930	0,28	-0,06	0,65	-0,24	0,29
1911-1940	-0,74	0,83	1,24	-1,85	-0,16
1921-1950	0,91	1,06	0,94	-0,80	0,50
1931-1960	0,23	-0,52	0,13	0,59	0,11
1941-1970	-1,04	-0,73	0,30	0,12	-0,39
1951-1980	-0,31	-0,07	-0,22	0,88	0,02
1961-1990	0,69	0,37	0,06	1,61	0,69
1971-2000	1,66	0,89	0,67	0,73	1,00

Tab. 8: Temperaturanstieg in den klimatologischen Jahreszeiten (aus Trendberechnung 1901-2000)

	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Anstieg (K)	0,43	0,65	0,82	0,36	0,61
Bestimmtheitsmaß	0,0168	0,0511	0,0648	0,0032	0,0682

4.1.2 Frühjahr

Im Frühjahr ist der Trend nur schwach ausgeprägt. Größere positive Abweichungen vom Mittelwert finden sich vermehrt im zweiten, vierten und vor allem im letzten Jahrzehnt des Jahrhunderts (Abb. 8). Das wärmste Frühjahr trat im Jahr 2000 auf, die nachfolgend wärmsten liegen in der ersten Jahrhunderthälfte (1920, 1948, 1945). Die niedrigste Gebietsmitteltemperatur für ein Frühjahr findet man mit 5,9 °C im Jahr 1955 (Abb. 8, Abb. 9). Die einzelnen Trends der Temperaturmittel für 30 Jahre (Tab. 7) zeigen deutlicher, dass die mittlere Frühjahrstemperatur der letzten Jahrzehnte ansteigt. Diese über 30 Jahre gleitend gerechneten Mittelwerte schwanken in einer Breite von 0,5 K um den Mittelwert der Jahre 1901-2000 (Abb. 10).

Tab. 9: Trendwerte (Frühjahr) in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in K	Trendwert 2000 in K	Differenz in K
0-50 m	7,84	8,22	0,38
51-100 m	8,25	8,63	0,38
101-200 m	8,49	8,98	0,49
201-400 m	7,83	8,32	0,49
401-600 m	7,14	7,59	0,45
601-1000 m	6,03	6,45	0,43
1001-3000 m	3,09	3,39	0,30
Alle Höhenstufen	7,67	8,10	0,43

Die kaum ausgeprägt ansteigenden Trends des Gebietsmittels der Frühjahrstemperaturen (Abb. 11) über das Jahrhundert zeigen sich entsprechend in den unterschiedlichen Höhenstufen. Für den Höhenbereich 1001-3000 m ist mit 0,3 K der Anstieg der Gebietsmitteltemperatur am geringsten. Die Abweichungen zum Mittelwert in dieser Höhenstufe sind in der zweiten Jahrhunderthälfte deutlich häufiger negativ, die positiven Abweichungen in den letzten 10 Jahren lassen aber auch hier auf eine langsame Erwärmung schließen (Abb. 9).

4.1.3 Sommer

Der Sommer hat im Vergleich zum Frühjahr wesentlich mehr Einfluß auf die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur. Der Anstieg von 0,65 K in diesem Jahrhundert wird eingeleitet durch eine Periode warmer Sommer ab 1929, die Ende der 40er Jahre endet. Auch der wärmste Sommer des Jahrhunderts (1947) findet sich in diesem Bereich. In diesem Zeitraum liegen die Sommermitteltemperaturen meist über dem Mittelwert des Jahrhunderts, die Abweichungen sind sehr deutlich kleiner als in den Jahren nach 1958. Positive Abweichungen von mehr als 1,0 K treten vermehrt erst ab 1976 auf (Abb. 12). Die kühlen Sommer zeigen ab 1966 kleinere Temperaturdifferenzen zum Mittelwert als die kühlen Sommer bis 1925. Das Auftreten von drei der zehn wärmsten Sommer im letzten Jahrzehnt (1994, 1992, 1997) ist ebenfalls entscheidend für den errechneten Trend.

In den verschiedenen Höhenlagen verlaufen die Trends nicht eindeutig parallel. Der stärkste Anstieg der Sommermitteltemperatur tritt in der Höhenstufe 201-400 m auf (vgl. Tab. 10, Abb. 13).

Tab. 10: Trendwerte (Sommer) in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in K	Trendwert 2000 in K	Differenz in K
0-50 m	16,38	16,86	0,48
51-100 m	16,78	17,32	0,55
101-200 m	16,82	17,57	0,75
201-400 m	16,04	16,82	0,78
401-600 m	15,50	16,20	0,71
601-1000 m	14,40	15,12	0,72
1001-3000 m	11,32	11,99	0,68
Alle Höhenstufen	16,06	16,71	0,65

4.1.4 Herbst

Der Herbst zeigt eine stark ausgeprägte, statistisch signifikante Erwärmung, die in den Jahren nach 1922 einsetzt. Der Anstieg der Mitteltemperatur für die Jahre 1911-1940 beträgt 1,24 K (Tab. 7), der auch prägnant in der Darstellung der über 30 Jahre gleitend gemittelten Temperaturen erscheint (vgl. Abb. 17). Nach 1940 zeigt dieser gleitende Mittelwert nur noch eine geringe Schwankungsbreite, die Einzeltrends der nachfolgenden 30-Jahres-Perioden fallen entsprechend schwach aus. Insgesamt ist der herbstliche Temperaturanstieg im Jahrhundert mit 0,82 K am maßgeblichsten an dem Anstieg des Jahresmittels der Gebietsmitteltemperatur beteiligt. Der kälteste Herbst (6,05 °C) mit einer Abweichung von -2,52 K vom Mittelwert trat 1912 auf (Abb. 15); der wärmste Herbst mit 10,44 °C war 1982, der damit um +1,85 K vom Jahrhundertmittel abweicht.

In den Höhenlagen bis 200 m findet man kaum Unterschiede in den mittleren Temperaturen, die Mittelwerte der Höhenstufe 200-400 m entsprechen nahezu denen des gesamten Gebietsmittels (Linie Kombination, Abb. 16). Erst ab der Höhenstufe 401-600 m und darüberliegend nehmen die Mitteltemperaturen deutlich ab, wobei die Trends für die einzelnen Höhenstufen annähernd parallel verlaufen (Tab. 11).

Tab. 11: Trendwerte (Herbst) in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in K	Trendwert 2000 in K	Differenz in K
0-50 m	8,74	9,60	0,87
51-100 m	8,76	9,58	0,82
101-200 m	8,83	9,69	0,86
201-400 m	8,11	8,94	0,82
401-600 m	7,45	8,22	0,77
601-1000 m	6,72	7,46	0,75
1001-3000 m	4,63	5,36	0,73
Alle Höhenstufen	8,18	9,00	0,82

4.1.5 Winter

Für den klimatologischen Winter zeichnet sich kein nennenswerter Trend in der Entwicklung der Gebietsmitteltemperatur ab. Fünf der zehn kältesten Winter traten zwischen 1941 und 1963 auf (Abb. 19). In diesem Zeitraum gab es auch keine Winter mit extremen Abweichungen der Temperatur vom Mittelwert (Abb. 18), wie man sie 1975 mit $+3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ und ab 1988 vermehrt findet. Der wärmste Winter mit einer Mitteltemperatur von $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ war 1990, der kälteste im Jahr 1963 hatte eine mittlere Temperatur von $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Das Ansteigen der winterlichen Mitteltemperatur läßt bei Betrachtung der Trends in den einzelnen Höhenstufen keine gravierenden Unterschiede erkennen. Bis in 600 m Höhe verlaufen die Trends nahezu parallel, eine Zunahme von mehr als $0,4^{\circ}\text{C}$ tritt in den beiden letzten Höhenstufen auf (Tabelle 12).

Tab. 12: Trendwerte (Winter) in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in K	Trendwert 2000 in K	Differenz in K
0-50 m	0,92	1,30	0,38
51-100 m	0,79	1,12	0,33
101-200 m	0,88	1,20	0,32
201-400 m	0,12	0,45	0,33
401-600 m	-0,87	-0,53	0,34
601-1000 m	-1,62	-1,17	0,45
1001-3000 m	-3,64	-3,10	0,54
Alle Höhenstufen	0,14	0,50	0,36

Für das Jahr und die Jahreszeiten gilt gleichermaßen, dass die Gebietsmitteltemperatur der Höhenstufe 201-400 m einen nahezu identischen Verlauf zu der Gebietsmitteltemperatur aller Höhenstufen aufweist. Im Frühjahr sind die Temperaturen für die Höhenlage bis 50 m über lange Zeiträume ebenfalls gleich, im Winter zeigt sich diese Höhenstufe meist wärmer als die Höhenlagen 51-100 m und 101-200 m und weicht damit von der Reihenfolge der anderen Jahreszeiten und des Jahres ab. Hier kommt zum Tragen, dass die Gebiete bis 50 m Höhe überwiegend in Küstennähe liegen. Betrachtet man die Bestimmtheitsmaße der errechneten Trends für das Gebietsmittel der Temperatur, so erkennt man, dass die Trends im Frühjahr und Winter statistisch nicht signifikant sind. Der Sommertrend ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % signifikant. Die Trends für den Herbst und das Jahr sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % signifikant. Für den Sommer und Herbst sind die Temperaturzunahmen besonders deutlich und tragen am stärksten zu der über das Jahrhundert errechneten Temperaturzunahme von $0,61\text{K}$ bei (Tabelle 8).

4.2 Der Niederschlag

4.2.1 Niederschlagssummen für Jahr und Jahreszeiten

Die Abweichungen der Jahresniederschlagssummen vom Mittelwert der Jahre 1901-2000 (vgl. Abb. 21) lassen kurze Trocken- oder Nässeperioden erkennen. Insgesamt wurde für das Gebietsmittel der jährlichen Niederschlagssumme eine Zunahme der Niederschlagsmenge von $65,9\text{ mm}$ ($8,9\%$, s. Tab. 17) errechnet. Insbesondere in den ersten 20 Jahren des Jahrhunderts fehlen auffallend niederschlagsreiche Jahre. Die im Mittel niederschlagsärmsten Jahrzehnte waren die Jahre 1971-1980 ($4,5\%$ unter dem langjährigen Mittel) sowie die ersten beiden

Jahrzehnte (-3,9 % / -4,0 %) des Jahrhunderts (vgl. Tab. 13, Abb. 22a). Die niederschlagsreichsten Dezennien finden sich zum Ende des Jahrhunderts.

Tab. 13: Abweichung der mittleren Niederschläge der Jahrzehnte vom langjährigen Mittel

Jahrzehnte	Mittel Dekade in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1901-1910	744,30	-29,79	-3,85
1911-1920	743,42	-30,68	-3,96
1921-1930	778,22	4,12	0,53
1931-1940	778,03	3,93	0,51
1941-1950	747,60	-26,49	-3,42
1951-1960	773,82	-0,27	-0,04
1961-1970	812,51	38,41	4,96
1971-1980	739,63	-34,46	-4,45
1981-1990	814,75	40,66	5,25
1991-2000	808,67	34,58	4,47
<i>Langjähriges Mittel 1901-2000: 774,1 mm</i>			

Zieht man zum Vergleich die Abweichungen der 30-jährigen Mittel vom langjährigen Mittel heran, so bestätigen sich die vergleichsweise geringen Niederschläge zu Beginn des Jahrhunderts (vgl. Tab. 14, Abb. 22b) ebenso wie die niederschlagsreichen Perioden in den letzten Jahrzehnten.

Tab. 14: Abweichung der 30-jährigen Mittel vom langjährigen Mittel

Jahr	Abweichung Jahr in mm	Abweichung Frühjahr in mm	Abweichung Sommer in mm	Abweichung Herbst in mm	Abweichung Winter in mm
1901-1930	-18,79	-5,61	-1,22	-3,32	-7,22
1911-1940	-7,55	-4,01	0,19	4,38	-9,05
1921-1950	-6,15	-6,10	3,49	6,83	-10,90
1931-1960	-7,62	-11,23	9,48	-1,83	-6,08
1941-1970	3,88	-1,90	10,70	-8,33	3,68
1951-1980	1,22	0,32	8,38	-6,04	-2,49
1961-1990	14,87	14,09	-5,90	-0,47	7,01
1971-2000	13,59	7,00	-10,95	7,54	9,53
<i>Langjährige Mittel</i>	<i>774,1 mm</i>	<i>171,79 mm</i>	<i>245,29 mm</i>	<i>183,79 mm</i>	<i>173,67 mm</i>

Das niederschlagsärmste Jahr war 1959 mit nur 551 mm Niederschlag (-223 mm Abweichung zum Mittelwert der Jahre 1901-2000), gefolgt von 1911 (557 mm / -217 mm) und 1921 (578 mm / -196 mm) (vgl. Tab. 15, vgl. Abb. 23).

Tab. 15: Niederschlagsärmste Jahre, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1959	551,13	-222,97	-28,80
1911	556,81	-217,28	-28,07
1921	578,21	-195,89	-25,31
1929	591,29	-182,81	-23,62
1953	591,77	-182,33	-23,55
1976	592,17	-181,92	-23,50
1971	601,30	-172,79	-22,32
1934	615,16	-158,93	-20,53
1943	619,93	-154,16	-19,92
1964	631,20	-142,89	-18,46
<i>Langjähriges Mittel 1901-2000: 774,1 mm</i>			

Die niederschlagsreichsten Jahrzehnte waren die 60er (+4,96 %) und 80er (+5,25 %) Jahre (vgl. Tab. 13, Abb. 22a), was sich auch in den 30-jährigen Mittelwerten widerspiegelt.

Die größte Niederschlagssumme hatte das Jahr 1981 (995 mm, 221 mm über dem Mittel), gefolgt von 1965 (989 mm / +215 mm) und 1966 (965 mm / +191 mm); im dann folgenden Jahr 1998 beträgt die Abweichung nur noch 146 mm. Acht der 10 regenreichsten Jahre überhaupt lagen in der zweiten Jahrhunderthälfte (Tab. 16), extreme Abweichungen zur mittleren Jahresniederschlagssumme finden sich jedoch nach 1981 nicht mehr.

Tab. 16: Niederschlagsreichste Jahre, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1981	995,54	221,45	28,61
1965	989,38	215,28	27,81
1966	965,21	191,11	24,69
1998	919,65	145,55	18,80
1939	916,32	142,23	18,37
1970	913,32	139,22	17,99
1922	893,98	119,88	15,49
1994	890,65	116,55	15,06
1993	885,77	111,68	14,43
1974	885,47	111,38	14,39
<i>Langjähriges Mittel 1901-2000: 774,1 mm</i>			

Betrachtet man die Veränderung der Niederschlagssummen in den einzelnen Höhenstufen, so fällt auf, dass die prozentual deutlichste Zunahme im Bereich von 401-600 m (+13 %) auftritt, der Anstieg in den Bereichen darüber fällt etwas geringer aus. Deutlich weniger Zunahme weisen die Bereiche bis 200 m auf.

Die Niederschlagskurve der Höhenstufe 201-400 m entspricht wie bei der Temperatur nahezu den Werten des Gebietsmittels für alle Höhenstufen (vgl. Tab. 17, Abb. 23).

Tab. 17: Veränderung der Jahresniederschlagshöhe in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in mm	Trendwert 2000 in mm	Veränderung in mm	Veränderung in %
0-50 m	645,85	694,03	48,18	7,46
51-100 m	624,63	646,73	22,11	3,54
101-200 m	659,70	688,62	28,92	4,38
201-400m	731,89	805,81	73,92	10,10
401-600m	822,08	928,42	106,35	12,94
601-1000m	1104,35	1227,49	123,14	11,15
1001-3000m	1890,52	2092,68	202,16	10,69
Alle Höhenstufen	741,16	807,03	65,87	8,89
<i>Langjähriges Mittel der Einzeljahre 1901-2000: 774,1 mm</i>				

Das Maximum der relativen Häufigkeiten aller vorkommenden Niederschlagsklassen liegt im trockensten Jahr (1959) mit 36 % in der Klasse 400-499 mm, im regenreichsten Jahr (1981) mit 21 % im Bereich von 900-999 mm (vgl. Abb. 25). Im Jahr 1945, dessen Jahresniederschlagssumme im Bereich des langjährigen Mittels von 1901-2000 liegt, ist die größte Klasse die von 600-699 mm mit einem Anteil von 25 %.

Tab. 18: Maximum der relativen Häufigkeit von Niederschlagsklassen für drei ausgewählte Jahre, alle Höhenstufen

Jahr	Klasse	Mittelwert aller Höhenstufen in mm	Relative Häufigkeit in %
1959	400-499 mm	551,13	35,57
1945	600-699 mm	772,62	24,90
1981	900-999 mm	995,54	21,12

Tab. 19 und 20 zeigen die Klassen mit den Häufigkeitsmaxima in den drei beispielhaften Jahren für die Höhenstufen 101-200 m und 401-600 m.

Tab. 19: Maximum der relativen Häufigkeit von Niederschlagsklassen für drei ausgewählte Jahre, 101-200m

Jahr	Klasse	Mittelwert der Höhenstufe 101-200m in mm	Relative Häufigkeit in %
1959	400-499 mm	453,91	39,60
1945	600-699 mm	685,26	36,17
1981	700-799 mm	894,10	20,85

Tab. 20: Maximum der relativen Häufigkeit von Niederschlagsklassen für drei ausgewählte Jahre, 401-600m

Jahr	Klasse	Mittelwert der Höhenstufe 401-600m in mm	Relative Häufigkeit in %
1959	600-699 mm	680,33	37,35
1945	700-799 mm	852,96	27,64
1981	1000-1099 mm	1135,69	22,56

Wie oben bereits erwähnt, ergibt sich für die Jahreswerte über den Betrachtungszeitraum gesehen kein sehr ausgeprägter Trend. Dieser Verhalt spiegelt sich auch in den Werten für die klimatologischen Jahreszeiten wieder (vgl. Abb. 24), dargestellt in gleitenden Mitteln über jeweils 30 Jahre.

Die größten positiven Abweichungen finden sich im Winter (+21 %, Tab. 21) und im Frühjahr (+14 %). Im Sommer und im Herbst ergibt sich so gut wie keine Veränderung, wobei der

Sommer ganz leicht abfällt (-2,7 %). Die Untersuchung der Gebietsmittel der Niederschlagssummen ergibt sowohl für die Jahre als auch die Jahreszeiten nach Aussage des Bestimmtheitsmaßes nur schwach ausgeprägte Trends (Tab. 21). Lediglich die Trends für den Winter und für das Jahr sind statistisch signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Für die einzelnen Höhenstufen in den Jahreszeiten ergeben sich auch keine Auffälligkeiten (vgl. Abb. 26).

Tab. 21: Veränderung der Niederschlagssummen in den klimatologischen Jahreszeiten (aus Trendberechnung 1901-2000)

	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Anstieg in mm	22,43	-6,71	16,59	33,44	65,87
Anstieg in %	13,97	-2,70	9,45	21,31	8,89
Bestimmtheitsmaß	0,0329	0,0018	0,0101	0,0421	0,0379

4.2.2 Frühjahr

Im Frühjahr (mit dem zweithöchsten Anstieg aller Jahreszeiten) sind die Anstiege der Niederschläge relativ gleichmäßig über alle Höhenstufen verteilt (vgl. Tab. 22).

Tab. 22: Veränderung der Niederschlagshöhe im Frühjahr in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in mm	Trendwert 2000 in mm	Veränderung in mm	Veränderung in %
0-50 m	132,97	146,77	13,80	10,38
51-100 m	130,32	148,41	18,09	13,88
101-200 m	142,51	162,82	20,32	14,26
201-400m	160,12	185,24	25,13	15,69
401-600m	183,58	211,92	28,34	15,44
601-1000m	251,48	284,68	33,20	13,20
1001-3000m	432,02	504,68	72,66	16,82
alle Höhenstufen	160,58	183,01	22,43	13,97
<i>Langjähriges Mittel Frühjahr 1901-2000: 171,80 mm</i>				

Die niederschlagsärmsten Frühjahre waren 1929 (-39,6 % im Vergleich zum langjährigen Mittel) sowie 1976 (-39,1 %). Die höchsten Niederschlagssummen im Frühjahr traten 1983 mit einer positiven Abweichung von 62,4 % sowie 1994 mit 51,6 % auf. Insgesamt fallen die Extrema in den Einzeljahren nach oben stärker aus (vgl. Tab. 23/24, Abb. 27).

Tab. 23: Niederschlagsärmste Frühjahre, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1929	103,75	-68,05	-39,61
1976	104,55	-67,25	-39,14
1934	109,29	-62,51	-36,38
1921	109,72	-62,07	-36,13
1918	116,39	-55,40	-32,25
1990	116,92	-54,88	-31,94
1991	118,20	-53,59	-31,20
1953	118,70	-53,10	-30,91
1974	124,43	-47,37	-27,57
1946	127,01	-44,78	-26,07
<i>Langjähriges Mittel Frühjahr 1901-2000: 171,80 mm</i>			

Tab. 24: Niederschlagsreichste Frühjahre, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1983	278,93	107,14	62,36
1994	260,47	88,67	51,61
1965	257,80	86,01	50,06
1914	249,07	77,27	44,98
1970	239,06	67,27	39,16
1961	228,21	56,42	32,84
1979	223,81	52,01	30,28
1986	222,39	50,59	29,45
1995	219,16	47,36	27,57
1981	217,10	45,31	26,37
<i>Langjähriges Mittel Frühjahr 1901-2000: 171,80 mm</i>			

Unterteilt man den Erfassungszeitraum nach Jahrzehnten, so erkennt man für das Frühjahr zwei Dekaden mit ausgeprägter positiver Tendenz (1961-1970: +17,2 %; 1981-1990: +11,6 %), die den langjährigen Trend beeinflussen (vgl. Tab. 25).

Tab. 25: Abweichung der mittleren Niederschläge der Jahrzehnte vom langjährigen Mittel im Frühjahr

Jahrzehnte	Mittel Dekade in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1901-1910	168,57	-3,22	-1,88
1911-1920	164,14	-7,65	-4,45
1921-1930	165,82	-5,97	-3,48
1931-1940	173,38	1,58	0,92
1941-1950	157,88	-13,91	-8,10
1951-1960	150,41	-21,39	-12,45
1961-1970	201,38	29,58	17,22
1971-1980	164,53	-7,26	-4,23
1981-1990	191,74	19,94	11,61
1991-2000	180,09	8,30	4,83
<i>Langjähriges Mittel Frühjahr 1901-2000: 171,80 mm</i>			

4.2.3 Sommer

Im Sommer ergibt sich der leicht abfallende Trend aus den Höhenstufen bis 400 m, die alle eine negative Tendenz aufweisen. Die Trends der Höhenstufen darüber, besonders im Bereich oberhalb 1000 m, steigen dagegen an (vgl. Tab. 26).

Tab. 26: Veränderung der Niederschlagshöhe im Sommer in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in mm	Trendwert 2000 in mm	Veränderung in mm	Veränderung in %
0-50 m	214,34	205,31	-9,02	-4,21
51-100 m	211,11	195,05	-16,06	-7,61
101-200 m	221,10	205,74	-15,36	-6,95
201-400m	236,90	231,11	-5,79	-2,44
401-600m	282,53	285,38	2,85	1,01
601-1000m	379,17	381,60	2,43	0,64
1001-3000m	677,51	695,35	17,84	2,63
alle Höhenstufen	248,64	241,93	-6,71	-2,70
<i>Langjähriges Mittel Sommer 1901-2000: 245,29mm</i>				

Bei den Sommern in den Einzeljahren sind die Abweichungen nach oben bzw. unten recht gleichmäßig verteilt (vgl. Tab. 27/28, Abb. 28).

Tab. 27: Niederschlagsärmste Sommer, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1911	123,97	-121,32	-49,46
1904	133,01	-112,27	-45,77
1976	138,31	-106,98	-43,61
1983	144,89	-100,40	-40,93
1947	157,59	-87,70	-35,75
1949	167,41	-77,87	-31,75
1921	169,82	-75,46	-30,76
1964	175,25	-70,04	-28,55
1952	185,03	-60,26	-24,57
1973	186,10	-59,19	-24,13
<i>Langjähriges Mittel Sommer 1901-2000: 245,29mm</i>			

Tab. 28: Niederschlagsreichste Sommer, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1927	349,83	104,54	42,62
1956	346,40	101,11	41,22
1954	346,27	100,99	41,17
1931	336,49	91,20	37,18
1910	328,43	83,15	33,90
1966	327,58	82,29	33,55
1926	322,60	77,31	31,52
1924	322,09	76,80	31,31
1948	319,85	74,56	30,40
1980	316,75	71,46	29,13
<i>Langjähriges Mittel Sommer 1901-2000: 245,29mm</i>			

Entscheidend für den leicht fallenden Trend der sommerlichen Niederschläge sind die drei letzten Jahrzehnte, die in Folge negative Abweichungen zur mittleren sommerlichen Niederschlagssumme des Jahrhunderts aufweisen. Insgesamt schwanken die mittleren Niederschlagssummen der Dekaden wesentlich geringer um den Mittelwert als im Frühjahr. Mit einer positiven Abweichung von 10,7 % ragt die sechste Dekade am deutlichsten heraus, da zwei der zehn niederschlagsreichsten Jahre (1954 und 1956) in diesem Zeitraum liegen.

Tab. 29: Abweichung der mittleren Niederschläge der Jahrzehnte vom langjährigen Mittel im Sommer

Jahrzehnte	Mittel Dekade in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1901-1910	245,47	0,18	0,07
1911-1920	233,25	-12,04	-4,91
1921-1930	253,48	8,19	3,34
1931-1940	249,70	4,42	1,80
1941-1950	243,14	-2,15	-0,87
1951-1960	271,46	26,17	10,67
1961-1970	253,36	8,07	3,29
1971-1980	236,20	-9,08	-3,70
1981-1990	228,62	-16,67	-6,80
1991-2000	238,18	-7,10	-2,90
<i>Langjähriges Mittel Sommer 1901-2000: 245,29mm</i>			

4.2.4 Herbst

Im Herbst, der einen positiven Trend von etwa 9 % aufweist, ergibt sich ein etwas anderes Bild. So ist der Anstieg in der Höhenstufe von 0-50 m, wenn auch auf niedrigem Niveau, mit 12 % deutlich größer als in den beiden darüberliegenden Höhenbereichen. Die stärkste Zunahme der herbstlichen Niederschlagssumme ergibt sich mit 15 % für die Höhenstufe 401-600 m.

Tab. 30: Veränderung der Niederschlagshöhe im Herbst in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in mm	Trendwert 2000 in mm	Veränderung in mm	Veränderung in %
0-50 m	159,77	178,99	19,22	12,03
51-100 m	149,34	152,11	2,78	1,86
101-200 m	159,43	160,51	1,08	0,68
201-400m	174,26	192,25	17,99	10,32
401-600m	187,14	215,33	28,20	15,07
601-1000m	251,60	276,02	24,42	9,71
1001-3000m	415,52	437,20	21,68	5,22
alle Höhenstufen	175,49	192,09	16,59	9,45
<i>Langjähriges Mittel Herbst 1901-2000: 183,79 mm</i>				

In den Einzeljahren sind die positiven Abweichungen zum Mittelwert deutlich stärker als die negativen (Tab. 31/32, Abb. 29).

Tab. 31: Niederschlagsärmste Herbste, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1953	83,76	-100,03	-54,42
1959	91,13	-92,66	-50,42
1908	94,96	-88,83	-48,33
1948	100,30	-83,49	-45,43
1920	100,89	-82,90	-45,10
1962	104,97	-78,82	-42,88
1907	106,79	-77,00	-41,89
1921	117,92	-65,87	-35,84
1902	122,93	-60,86	-33,12
1949	124,72	-59,07	-32,14
<i>Langjähriges Mittel Herbst 1901-2000: 183,79 mm</i>			

Tab. 32: Niederschlagsreichste Herbste, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1998	351,60	167,81	91,30
1939	300,79	117,00	63,66
1930	293,76	109,97	59,83
1952	290,55	106,76	58,09
1981	284,87	101,08	55,00
1974	268,31	84,52	45,99
1944	266,67	82,88	45,09
1960	243,44	59,65	32,45
1932	241,38	57,59	31,33
1905	237,18	53,39	29,05
<i>Langjähriges Mittel Herbst 1901-2000: 183,79 mm</i>			

Während die Werte über die Jahrzehnte in den Jahren bis 1920 unter dem langjährigen Mittel liegen, zeigen die 20er und 30er Jahre eine relativ deutliche Abweichung nach oben. Die folgenden vier Dekaden sind dann wieder leicht negativ.

Tab. 33: Abweichung der mittleren Niederschläge der Jahrzehnte vom langjährigen Mittel im Herbst

Jahrzehnte	Mittel Dekade in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1901-1910	173,02	-10,77	-5,86
1911-1920	165,99	-17,80	-9,69
1921-1930	202,42	18,63	10,13
1931-1940	196,11	12,32	6,71
1941-1950	173,32	-10,47	-5,70
1951-1960	176,45	-7,34	-4,00
1961-1970	176,62	-7,17	-3,90
1971-1980	180,20	-3,59	-1,95
1981-1990	193,14	9,35	5,09
1991-2000	200,64	16,85	9,17
<i>Langjähriges Mittel Herbst 1901-2000: 183,79 mm</i>			

4.2.5 Winter

Für den Winter, dessen positiver Trend im Vergleich der Jahreszeiten am deutlichsten ausfällt (+21,3 %) sind insbesondere die ansteigenden Werte in den Höhenlagen über 200 m bestimmend.

Tab. 34: Veränderung der Niederschlagshöhe im Winter in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901 in mm	Trendwert 2000 in mm	Veränderung in mm	Veränderung in %
0-50 m	139,43	163,03	23,60	16,93
51-100 m	134,26	151,37	17,12	12,75
101-200 m	136,91	159,89	22,99	16,79
201-400m	160,87	197,71	36,84	22,90
401-600m	169,38	216,36	46,99	27,74
601-1000m	223,03	286,17	63,14	28,31
1001-3000m	368,66	456,18	87,52	23,74
alle Höhenstufen	156,95	190,39	33,44	21,31
<i>Langjähriges Mittel Winter 1901-2000: 173,67 mm</i>				

Auch im Winter sind die positiven Abweichungen zum Mittelwert für Einzeljahre ausgeprägter als die negativen (vgl. Tab. 35/36, Abb. 30).

Tab. 35: Niederschlagsärmste Winter, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1972	68,97	-104,70	-60,29
1964	70,67	-103,00	-59,31
1933	90,84	-82,83	-47,69
1949	92,51	-81,16	-46,73
1934	93,84	-79,83	-45,96
1947	97,03	-76,64	-44,13
1973	98,50	-75,16	-43,28
1996	107,11	-66,56	-38,33
1929	110,87	-62,80	-36,16
1971	116,63	-57,04	-32,85
<i>Langjähriges Mittel Winter 1901-2000: 173,67 mm</i>			

Tab. 36: Niederschlagsreichste Winter, Abweichung zum langjährigen Mittel

Jahr	Niederschlagshöhe in mm	Abweichung in mm	Abweichung in %
1948	303,97	130,30	75,03
1995	278,67	105,00	60,46
1994	278,65	104,99	60,45
2000	271,08	97,41	56,09
1916	268,83	95,16	54,80
1966	250,76	77,09	44,39
1920	246,32	72,65	41,83
1967	239,68	66,01	38,01
1987	235,77	62,10	35,76
1946	232,65	58,98	33,96
<i>Langjähriges Mittel Winter 1901-2000: 173,67 mm</i>			

Über die Jahrzehnte betrachtet fallen die relativ großen Abweichungen vom Mittelwert nach unten in den 20er, 30er und 80er Jahren auf. Der Zeitraum von 1981-1990 weist dagegen die prozentual größte positive Abweichung aus (vgl. Tab. 37), die mitbestimmend ist für den winterlichen Trend.

Tab. 37: Abweichung der mittleren Niederschläge der Jahrzehnte vom langjährigen Mittel im Winter

Jahrzehnte	Mittel Dekade	Abweichung in mm	Abweichung in %
1902-1910	159,76	-13,91	-8,01
1911-1920	181,05	7,38	4,25
1921-1930	157,88	-15,79	-9,09
1931-1940	154,94	-18,73	-10,79
1941-1950	175,50	1,83	1,06
1951-1960	172,33	-1,33	-0,77
1961-1970	184,23	10,56	6,08
1971-1980	156,97	-16,70	-9,61
1981-1990	200,85	27,18	15,65
1991-2000	191,79	18,12	10,43
<i>Langjähriges Mittel Winter 1902-2000: 173,67 mm</i>			

Der errechnete Trendanstieg von 65,9mm für alle Jahreszeiten über das Jahrhundert basiert im wesentlichen auf einer Zunahme der Niederschlagssummen im Frühjahr und Winter. Insgesamt kann für den Untersuchungszeitraum kaum von einer eindeutigen Tendenz wie bei den Temperaturdaten gesprochen werden.

4.3 Der Trockenheitsindex

4.3.1 Jahr und Jahreszeiten

Ein Maß für die klimatischen Verhältnisse ist der Trockenheitsindex I_{tr} , der nach de Martonne aus den Rasterfeldern der Temperatur und des Niederschlags errechnet wurde. Um das Verhalten dieser Größe werten zu können, gilt es, aussagekräftige Grenzwerte für unterschiedliche klimatische Bedingungen zu finden.

Errechnet man aus den niederschlagsreichsten und -ärmsten, wärmsten und kältesten Jahren des Jahrhunderts den jeweiligen Trockenheitsindex, ergeben sich folgende Werte als Anhaltspunkt:

Tab. 38: Trockenheitsindex nach maximalen und minimalen Werten der Temperatur und des Niederschlags

Klima	Index Gebietsmittel	Index 600-1000 m
naß (1981) und kalt (1940)	59,79	96,62
naß (1981) und warm (2000)	50,09	81,49
Trocken (1959) und kalt (1940)	33,10	61,40
Trocken (1959) und warm (2000)	27,73	51,79

Betrachtet man dazu die Indexwerte aus warmen, kalten, feuchten und trockenen Jahren (ausgesucht nach willkürlich gewählten Grenzen für das Gebietsmittel der Jahresmitteltemperatur (größer 8,7 °C und kleiner 7,5 °C) und das Gebietsmittel der Jahresniederschlagssumme (größer 850 mm und kleiner 650 mm), Tab. 39, vgl. Abb. 31), kann man für eine Skalierung des Trockenheitsindex folgende Wertebereiche festlegen, wenn man davon ausgeht, dass die Extremwerte für Temperatur und Niederschlag nicht gleichzeitig auftreten:

naß und kalt	$I_{tr} > 51$
naß und warm	$45 < I_{tr} < 51$
normal	$36 < I_{tr} < 45$
trocken und kalt	$33,5 < I_{tr} < 36$
trocken und warm	$I_{tr} < 33,5$

Diese Richtwerte gelten nur für das Jahresgebietsmittel des Trockenheitsindex. In den einzelnen Höhenstufen und Jahreszeiten müssen sich die Wertebereiche zwangsläufig durch niedrigere (oder höhere) Temperaturen und höhere (geringere) Niederschläge ändern (vgl. Tab. 38).

Tab. 39: Gebietsmittelwerte des Trockenheitsindex

a)		b)		c)		d)	
Trockene und warme Jahre ($T > 8,7^{\circ}\text{C}$ und $R < 650$ mm)		Nasse und warme Jahre ($T > 8,7^{\circ}\text{C}$ und $R > 850$ mm)		Trockene und kalte Jahre ($T < 7,5^{\circ}\text{C}$ und $R < 650$ mm)		Nasse und kalte Jahre ($T < 7,5^{\circ}\text{C}$ und $R > 850$ mm)	
Jahr	Index	Jahr	Index	Jahr	Index	Jahr	Index
1911	29,6	1926	47,7	1929	34,4	1922	52,6
1921	30,8	1961	45,9			1941	51,2
1934	31,9	1974	47,8			1965	57,4
1943	33,2	1988	46,5			1987	51,3
1953	31,7	1994	45,7				
1959	29,5	1995	47,2				
		1998	48,8				

Im wesentlichen folgt der Jahrestrockenheitsindex dem Kurvenverlauf der Jahresniederschlagssumme (Abb. 32). Kalte, trockene Jahre sind die Ausnahme, warme, nasse Jahre nehmen zu (viertes Quartal des Jahrhunderts, vgl. Tab. 39b). Die Kurve für die Indexwerte der Höhenstufe 201-400 m verläuft in weiten Bereichen dicht an oder auf derjenigen des Gebietsmittels (Linie „Kombi“, Abb. 33). Für die Höhenstufen ab 400 m findet man klar getrennte Kurvenverläufe der Werte des Trockenheitsindex, die Kurven für die drei niedrigsten Höhenstufen schneiden sich häufig. Deutliche Trends zu höheren Werten des Trockenheitsindex treten ebenfalls erst ab 400 m Höhe auf (Abb. 34).

Tab. 40: Trendwerte des Jahrestrockenheitsindex in den einzelnen Höhenstufen (aus Trendberechnung 1901-2000)

Höhenstufen	Trendwert 1901	Trendwert 2000	Differenz
0-50 m	35,11	36,58	1,47
51-100 m	33,63	33,76	0,13
101-200 m	35,32	35,57	0,25
201-400 m	40,82	43,29	2,47
401-600 m	47,85	52,01	4,17
601-1000 m	68,08	72,59	4,52
1001-3000 m	140,56	149,16	8,60
alle Höhenstufen	41,93	44,09	2,16
Mittelwert Jahr 1901-2000: 43,01 mm/°C			

Die Tabellen der größten und kleinsten Werte des Trockenheitsindex zeigen, dass in erster Linie der Niederschlag die Größe bestimmt. Die niederschlagsreichsten Jahre (vgl. Tab. 12)

haben auch den höchsten Trockenheitsindex. Das wärmste Jahr (2000) war zwar überdurchschnittlich niederschlagsreich, der Index fällt dagegen nicht auf.

Tab. 41: Größte Gebietsmittel des Trockenheitsindex

Jahr	Mittlerer Trockenheitsindex	Differenz zum Mittelwert	Anmerkung
1965	57,43	14,43	
1981	55,51	12,50	niederschlagsreichstes Jahr
1966	52,83	9,82	
1922	52,64	9,63	
1970	52,34	9,33	
1940	51,57	8,56	kältestes Jahr
1987	51,26	8,26	
1941	51,18	8,17	
1939	50,88	7,88	
1956	50,87	7,86	
<i>Mittelwert Jahr 1901-2000: 43,01 mm/°C</i>			

Tab. 42: Kleinste Gebietsmittel des Trockenheitsindex

Jahr	Mittlerer Trockenheitsindex	Differenz zum Mittelwert	Anmerkung
1959	29,49	-13,52	niederschlagsärmstes Jahr
1911	29,60	-13,40	
1921	30,82	-12,18	
1953	31,65	-11,35	
1934	31,89	-11,11	
1976	32,64	-10,37	
1971	33,17	-9,84	
1943	33,24	-9,77	
1929	34,40	-8,61	
1949	34,70	-8,30	
<i>Mittelwert Jahr 1901-2000: 43,01 mm/°C</i>			

Entsprechend der überwiegenden Abhängigkeit des Trockenheitsindex vom Niederschlag findet man auch für die Jahreszeiten keine spektakulären Abweichungen zu den Ergebnissen des Niederschlags (Abb. 35-Abb. 42).

Vergleicht man die relativen Häufigkeiten des Trockenheitsindex (Abb. 43) mit denen des Niederschlags insbesondere für das trockenste Jahr 1959 (Abb. 25), findet man gleichlaufende Verteilungen und nahezu gleich große relative Häufigkeiten der jeweiligen Klassen. Die enge Koppelung des Trockenheitsindex an den Niederschlag und der geringe Einfluß der Temperatur auf diese Größe wird damit bestätigt.

5 Zusammenfassung

Der weltweit beobachtete Temperaturanstieg zeigt sich auch in den Gebietsmitteltemperaturen für Deutschland. Aus dem linearen Trend ergibt sich eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur von 0,61 K, die sich mit nur geringen Unterschieden in den sechs betrachteten Höhenstufen ebenfalls wiederfindet, die Trends in den einzelnen Höhenstufen verlaufen nahezu parallel. Maßgeblich wird dies durch im Verlauf dieses Jahrhunderts ansteigende Mitteltemperaturen im Sommer und Herbst bestimmt. Im Winter und Frühjahr zeigen sich keine signifikanten Veränderungen der mittleren Temperatur. Repräsentativ für die Gebietsmitteltemperatur kann man Temperaturwerte für die Höhenstufe 201-400 m heranziehen, die mit fast 81.000 in die

Untersuchung einfließenden Temperaturwerten einen Anteil von 22,6 % am gesamten Datenaufkommen hat.

Für die Jahresniederschlagswerte ergibt sich über den Betrachtungszeitraum gesehen kein ausgeprägter Trend. Dieser Verhalt spiegelt sich auch in den Werten für die klimatologischen Jahreszeiten wieder: Die größten positiven Abweichungen zum langjährigen Mittelwert der Einzeljahre finden sich im Winter (+21,3 %) und im Frühjahr (+14 %), im Sommer und im Herbst ergibt sich so gut wie keine Veränderung, wobei der Sommer ganz leicht abfällt (-2,7 %). Auch für die einzelnen Höhenstufen in den Jahreszeiten ergeben sich keine Auffälligkeiten. Insgesamt kann für den Untersuchungszeitraum kaum von einer eindeutigen Tendenz wie bei den Temperaturdaten gesprochen werden.

Der Trockenheitsindex folgt im wesentlichen dem Verlauf der jeweiligen Niederschlagskurven. Kalte, trockene Jahre sind die Ausnahme, warme, nasse Jahre nehmen zu. Hier kommt die enge Koppelung des Trockenheitsindex mit den Niederschlagswerten und der geringe Einfluß der Temperaturwerte zum Tragen.

6 Literatur

Martonne, E. de (1926): L'indice d'aridité. Bull. Ass. Geogr. de France. Vol IX. Paris.

Müller-Westermeier, G. (1995): Numerisches Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes. Nr. 193. Offenbach.

Schönwiese, C.-D. (1994): Klimatologie. Stuttgart.

Schröder, F. (1997): Visualisierung meteorologischer Daten. Berlin / Heidelberg.

Wackernagel, H. (1995): Multivariate geostatistics: An introduction with applications. Berlin.

7 Abbildungen

Abb. 1	Abweichung der mittleren Temperatur im Jahr vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 2	Jahresmitteltemperatur 1901-2000 nach Höhenstufen
Abb. 3	Gleitende 30jährige Mittelwerte der Jahrestemperatur
Abb. 4a	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000
Abb. 4b	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperaturklassen für 1940 und 2000
Abb. 5	Trends der Jahresmitteltemperatur-Gebietsmittel für 7 Höhenstufen
Abb. 6a	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000 (Höhenstufe 101-200 m)
Abb. 6b	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperaturklassen für 1940 und 2000 (Höhenstufe 101-200 m)
Abb. 7a	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000 (Höhenstufe 401-600 m)
Abb. 7b	Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperaturklassen für 1940 und 2000 (Höhenstufe 401-600 m)
Abb. 8	Abweichung der mittleren Temperatur im Frühjahr vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 9	Mitteltemperatur im Frühjahr 1901-2000 nach Höhenstufen
Abb. 10	Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur Frühjahr
Abb. 11	Trends für die Mitteltemperaturen der Jahreszeiten 1901-2000
Abb. 12	Abweichung der mittleren Temperatur im Sommer vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 13	Mitteltemperatur im Sommer 1901-2000 nach Höhenstufen
Abb. 14	Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur Sommer
Abb. 15	Abweichung der mittleren Temperatur im Herbst vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 16	Mitteltemperatur im Herbst 1901-2000 nach Höhenstufen
Abb. 17	Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur Herbst
Abb. 18	Abweichung der mittleren Temperatur im Winter vom Mittelwert 1902-2000
Abb. 19	Mitteltemperatur im Winter 1902-2000 nach Höhenstufen
Abb. 20	Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur Winter
Abb. 21	Abweichung des mittleren Niederschlags im Jahr vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 22a	Mittlere Niederschläge nach Jahrzehnten
Abb. 22b	Gleitende 30jährige Mittelwerte des Jahresniederschlags
Abb. 23	Jahresniederschlag 1901-2000 nach Höhenstufen
Abb. 24	Gleitende 30jährige Mittelwerte des Niederschlags der Jahreszeiten
Abb. 25a	Relative Häufigkeit der Jahresniederschlagshöhen nach Klassen für 1959 und 1981
Abb. 25b	Relative Häufigkeit der Jahresniederschlagsklassen für 1959 und 1981
Abb. 26	Trends für die Niederschlagshöhe der Jahreszeiten 1901-2000
Abb. 27	Abweichung des mittleren Niederschlags im Frühjahr vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 28	Abweichung des mittleren Niederschlags im Sommer vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 29	Abweichung des mittleren Niederschlags im Herbst vom Mittelwert 1901-2000
Abb. 30	Abweichung des mittleren Niederschlags im Winter vom Mittelwert 1902-2000
Abb. 31	Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur 1901-2000
Abb. 32	Jahresgebietsmittel Niederschlagssumme (in dm), Temperatur und Trockenheitsindex
Abb. 33	Jahrestrockenheitsindex 1901-2000
Abb. 34	Trends des Jahrestrockenheitsindex 1901-2000
Abb. 35	Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Frühjahr
Abb. 36	Trockenheitsindex im Frühjahr 1901-2000
Abb. 37	Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Sommer
Abb. 38	Trockenheitsindex im Sommer 1901-2000
Abb. 39	Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Herbst
Abb. 40	Trockenheitsindex im Herbst 1901-2000
Abb. 41	Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Winter
Abb. 42	Trockenheitsindex im Winter 1902-2000
Abb. 43a	Relative Häufigkeiten des Trockenheitsindex nach Klassen für 1959 und 1965
Abb. 43b	Relative Häufigkeiten der Trockenheitsindexklassen für 1959 und 1965

Abweichung der mittleren Temperatur im Jahr vom Mittelwert 1901 - 2000

Mittelwert 1901-2000: 8,29 °C

°C

2

1,5

1

0,5

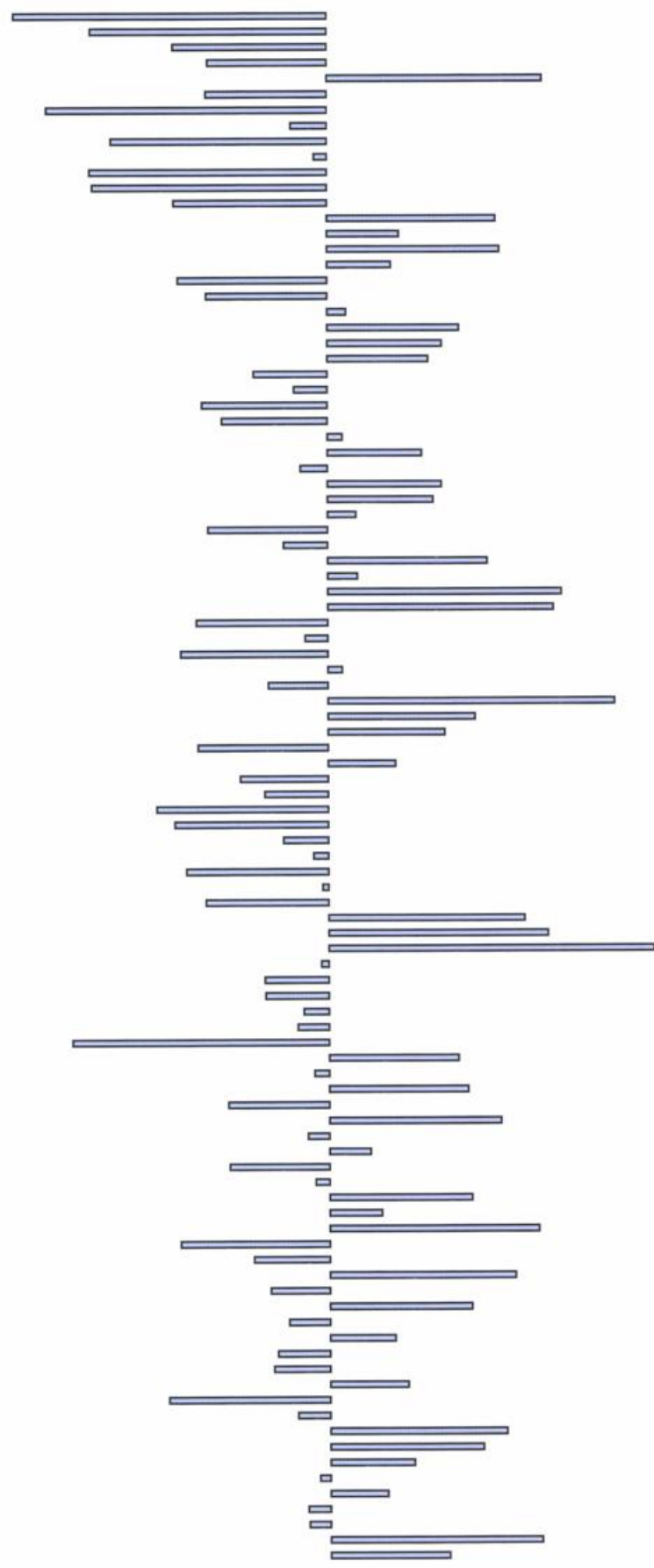
0

-0,5

-1

-1,5

-2



Jahr

Jahresmitteltemperatur 1901 - 2000 nach Höhenstufen

Trendwert 1901: 7,99 °C
Trendwert 2000: 8,60 °C
 $R^2 = 0,0682$
Mittelwert 8,29 °C

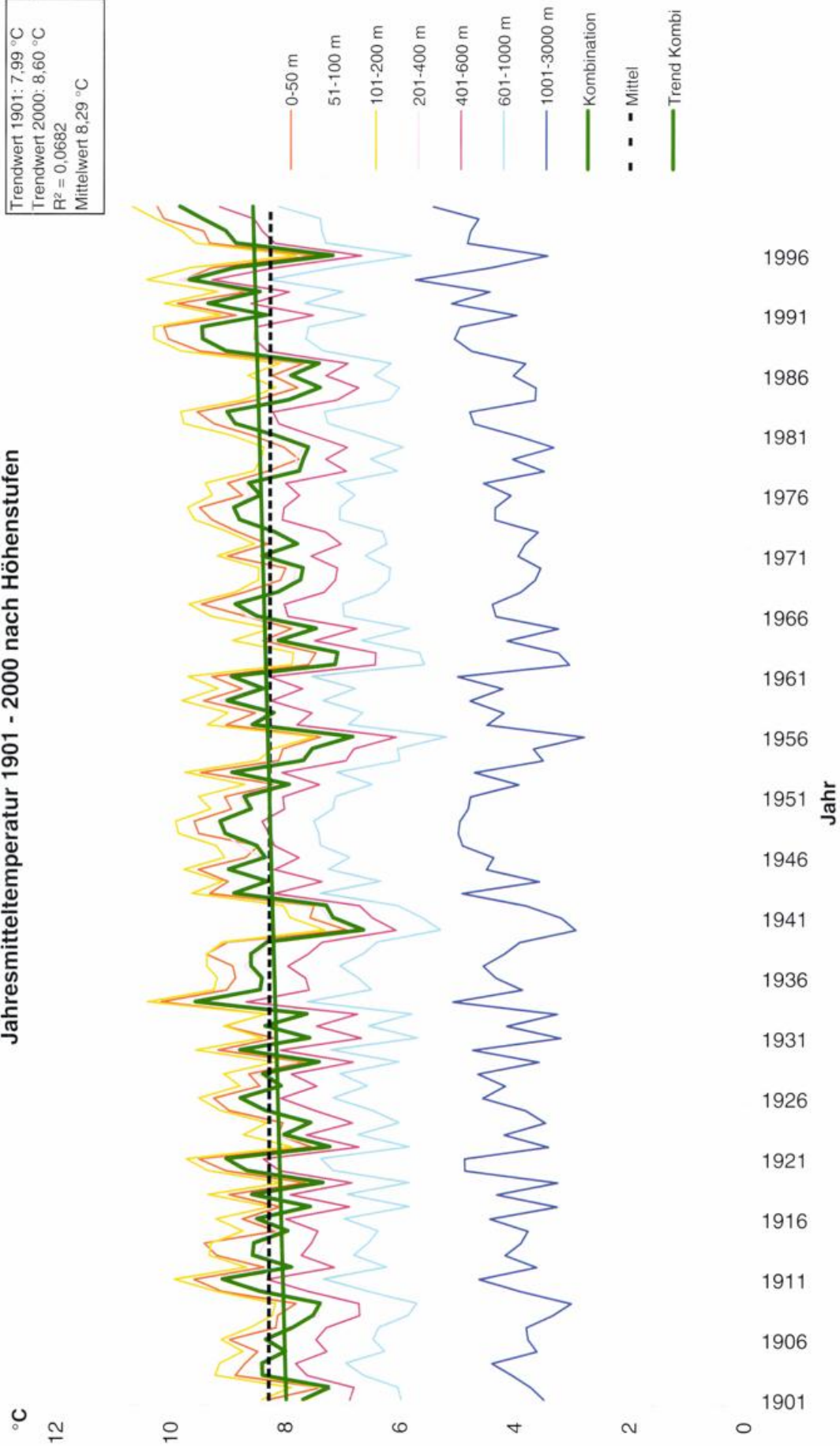
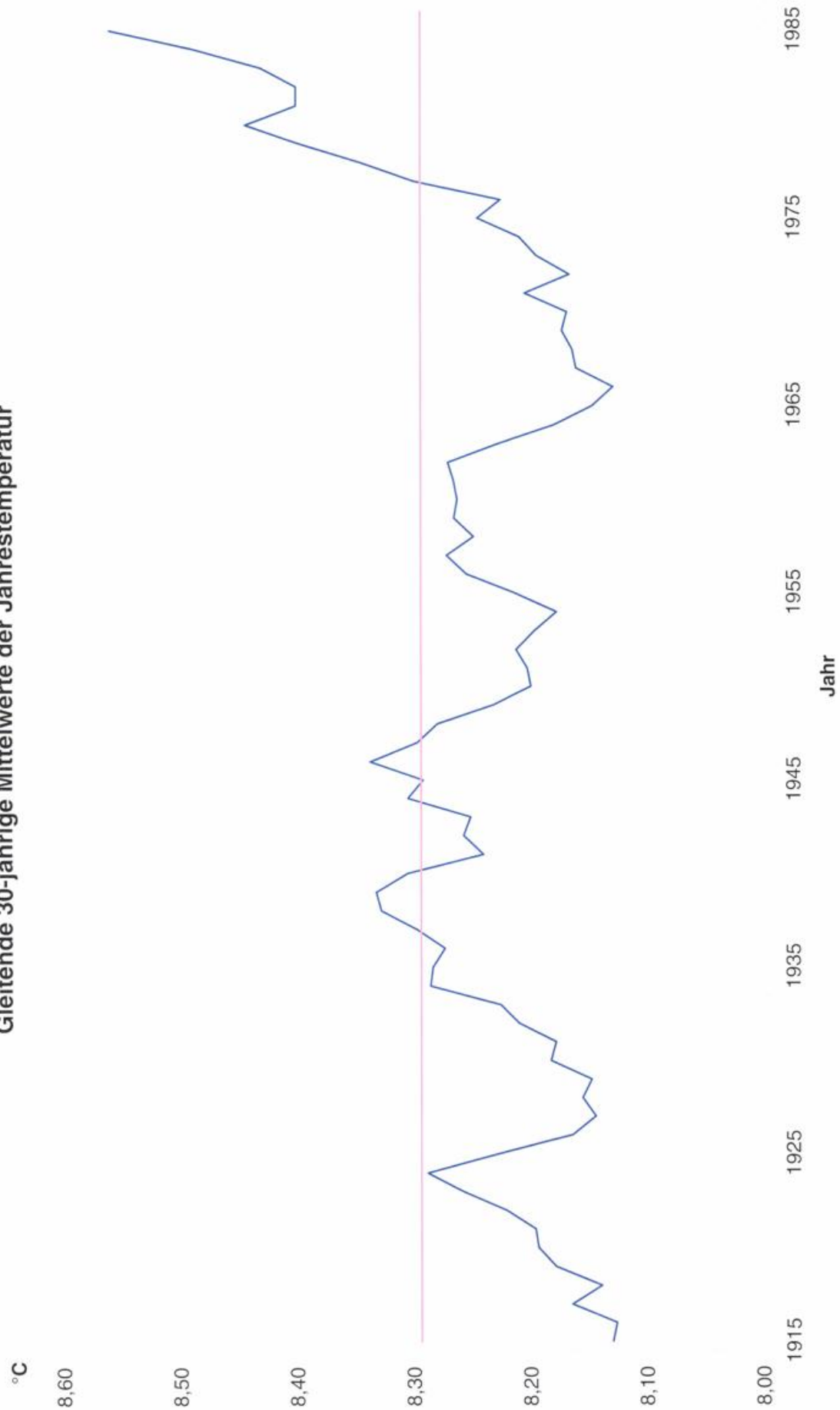


Abb. 2

Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Jahrestemperatur



Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000

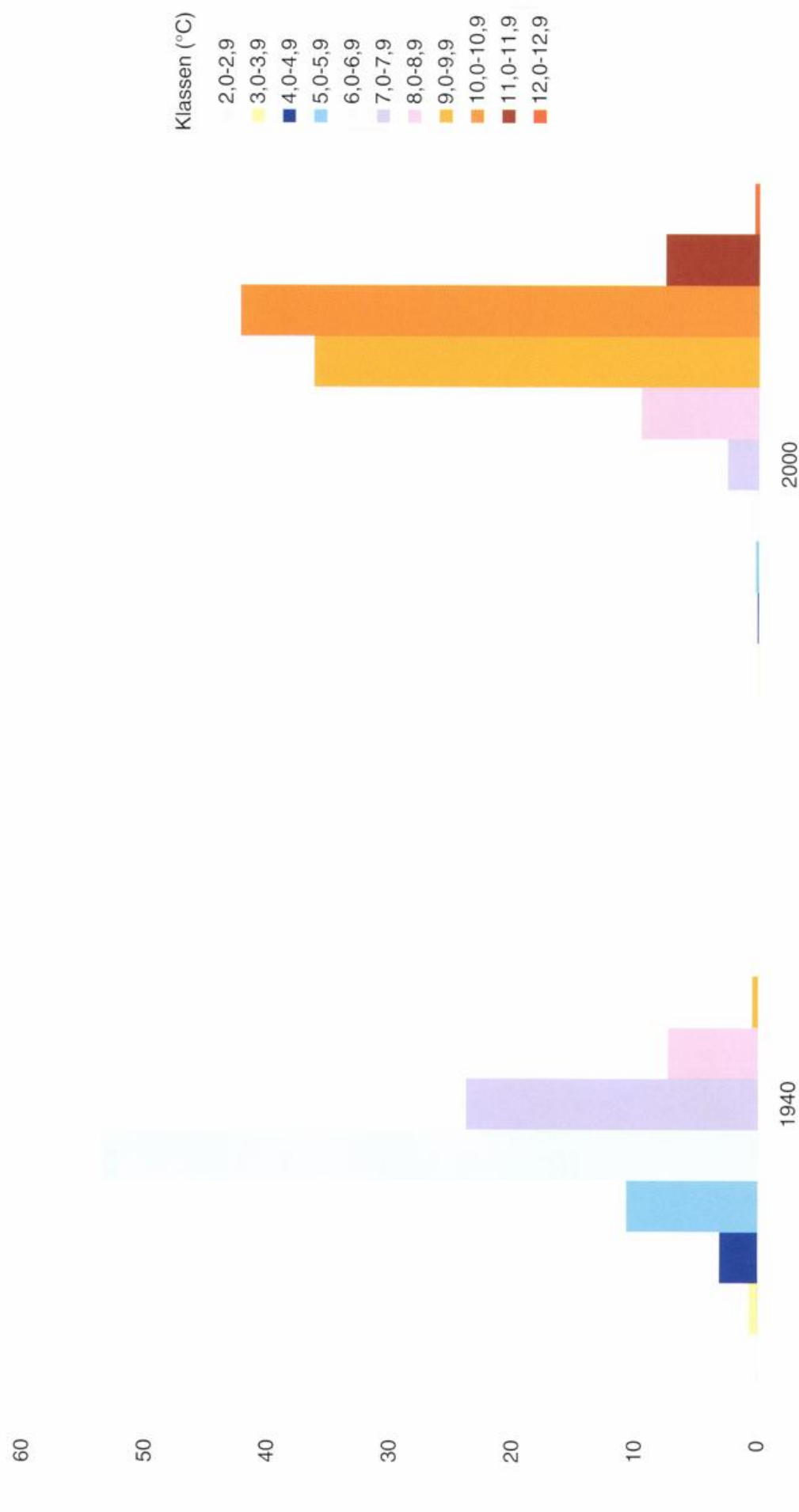


Abb. 4a

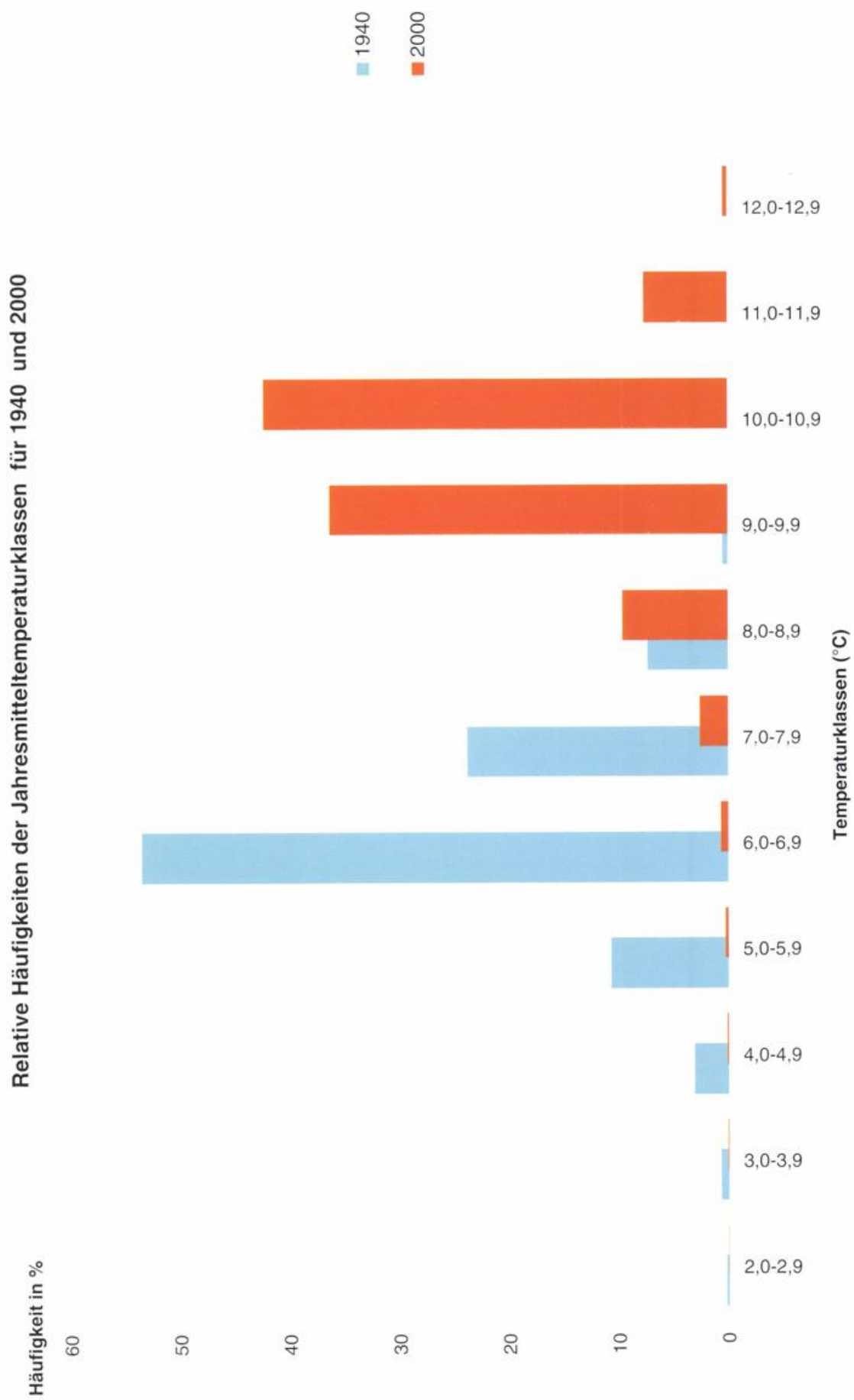


Abb. 4b

Trends der Jahresmitteltemperatur - Gebietsmittel - für 7 Höhenstufen

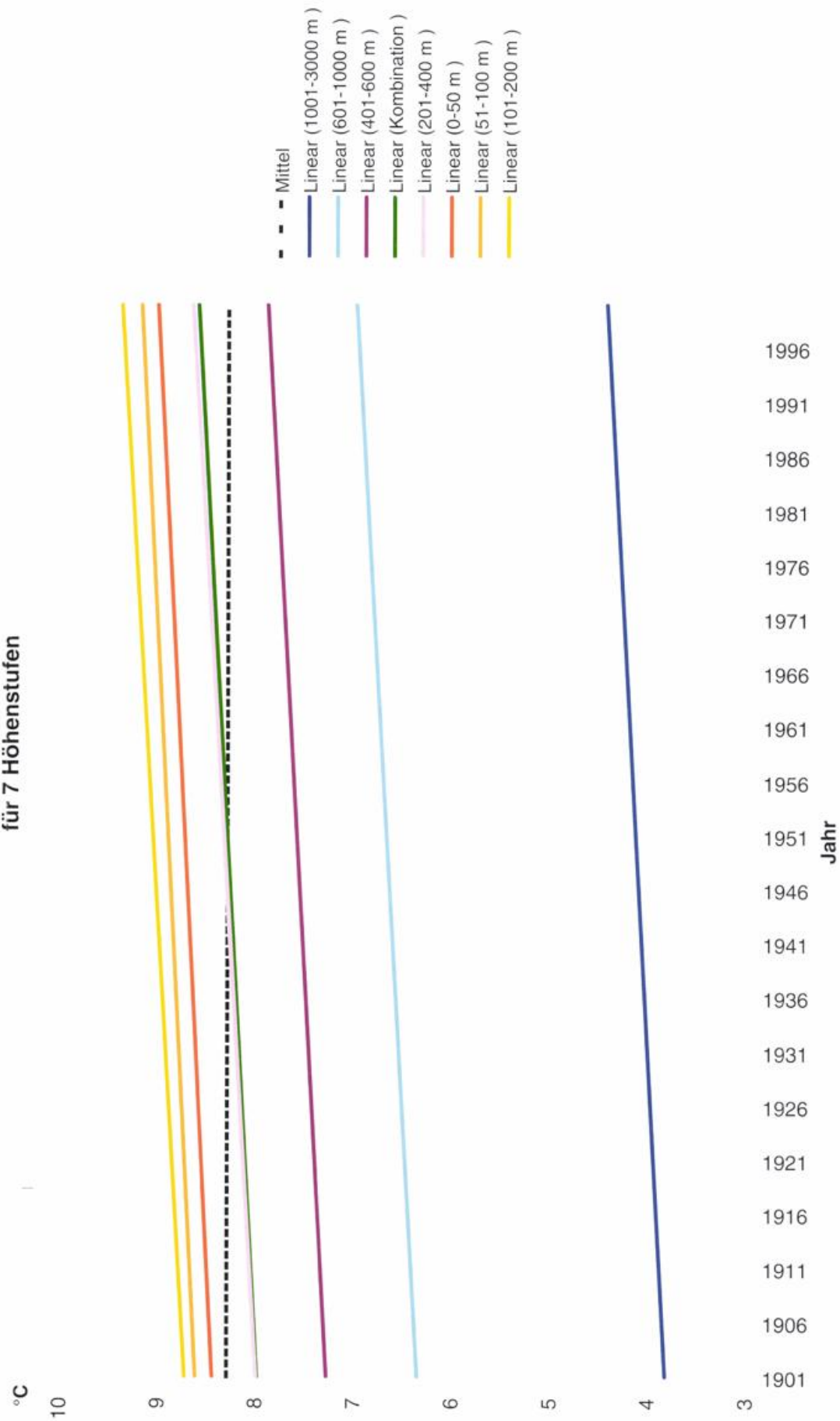


Abb. 5

Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000
(Höhenstufe 101 - 200 m)

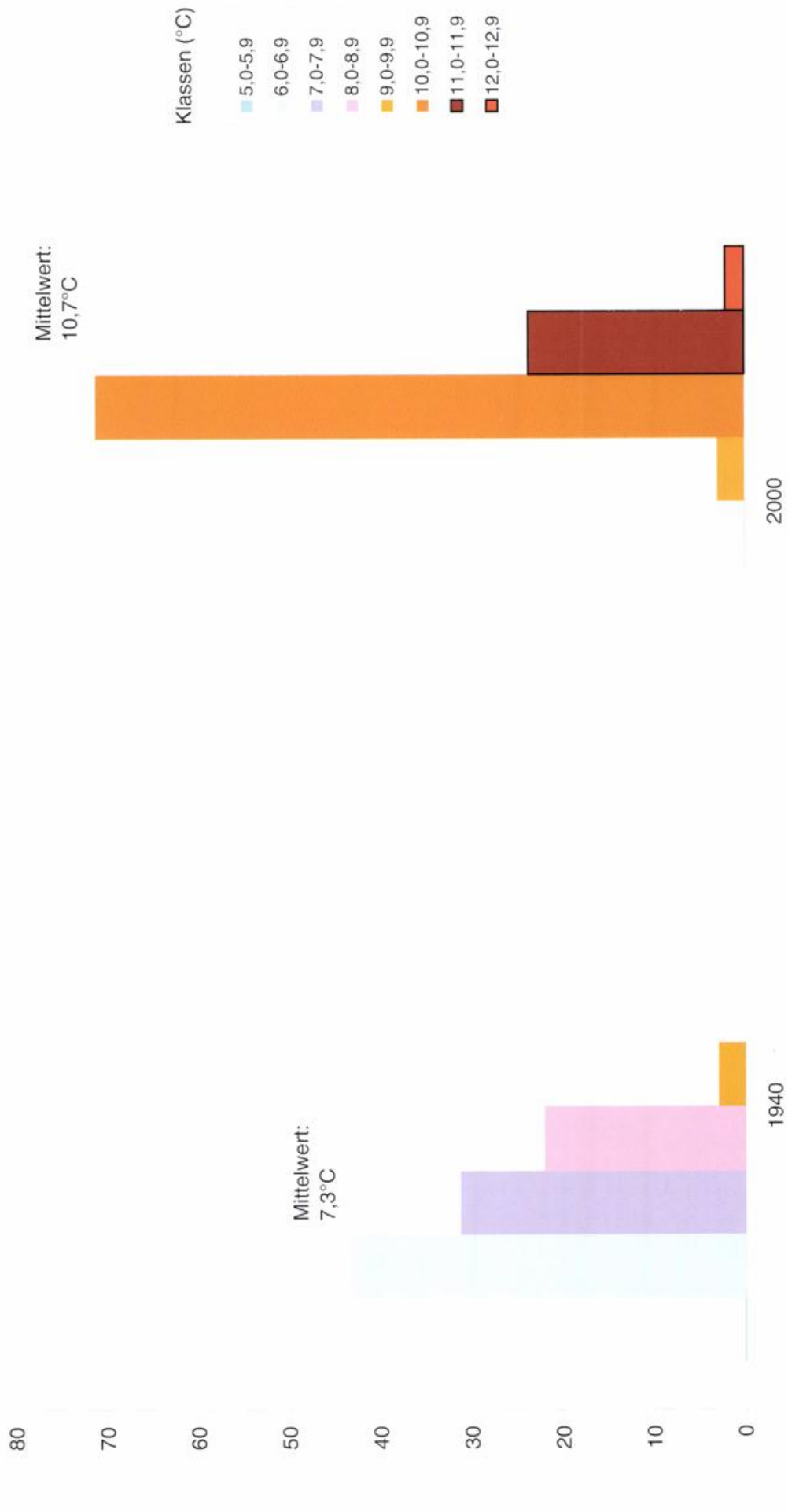


Abb. 6a

Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000
(Höhenstufe 101 - 200 m)

Häufigkeit in %

80
70
60
50
40
30
20
10
0

1940
2000

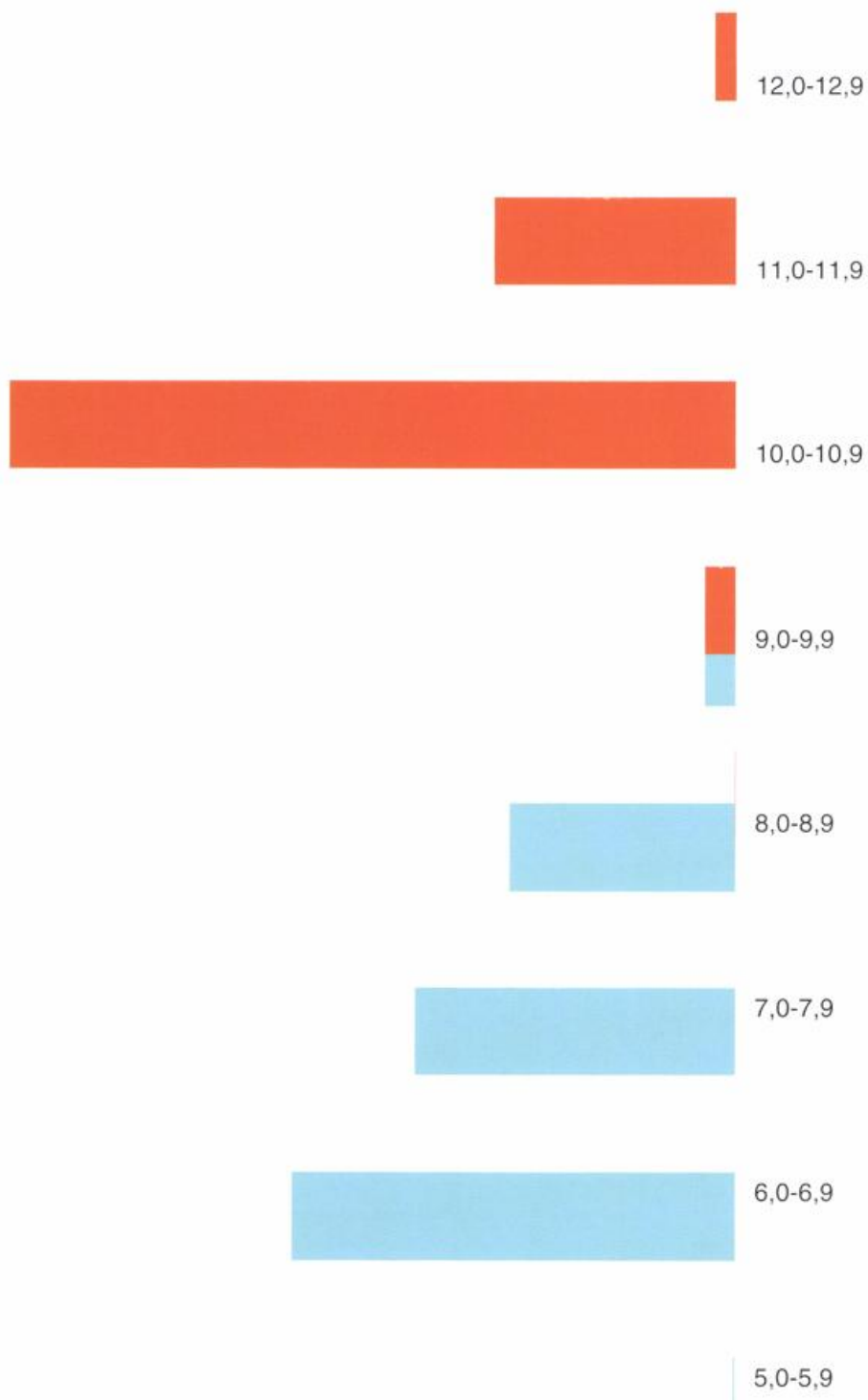


Abb. 6b

Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000
(Höhenstufe 401 - 600 m)

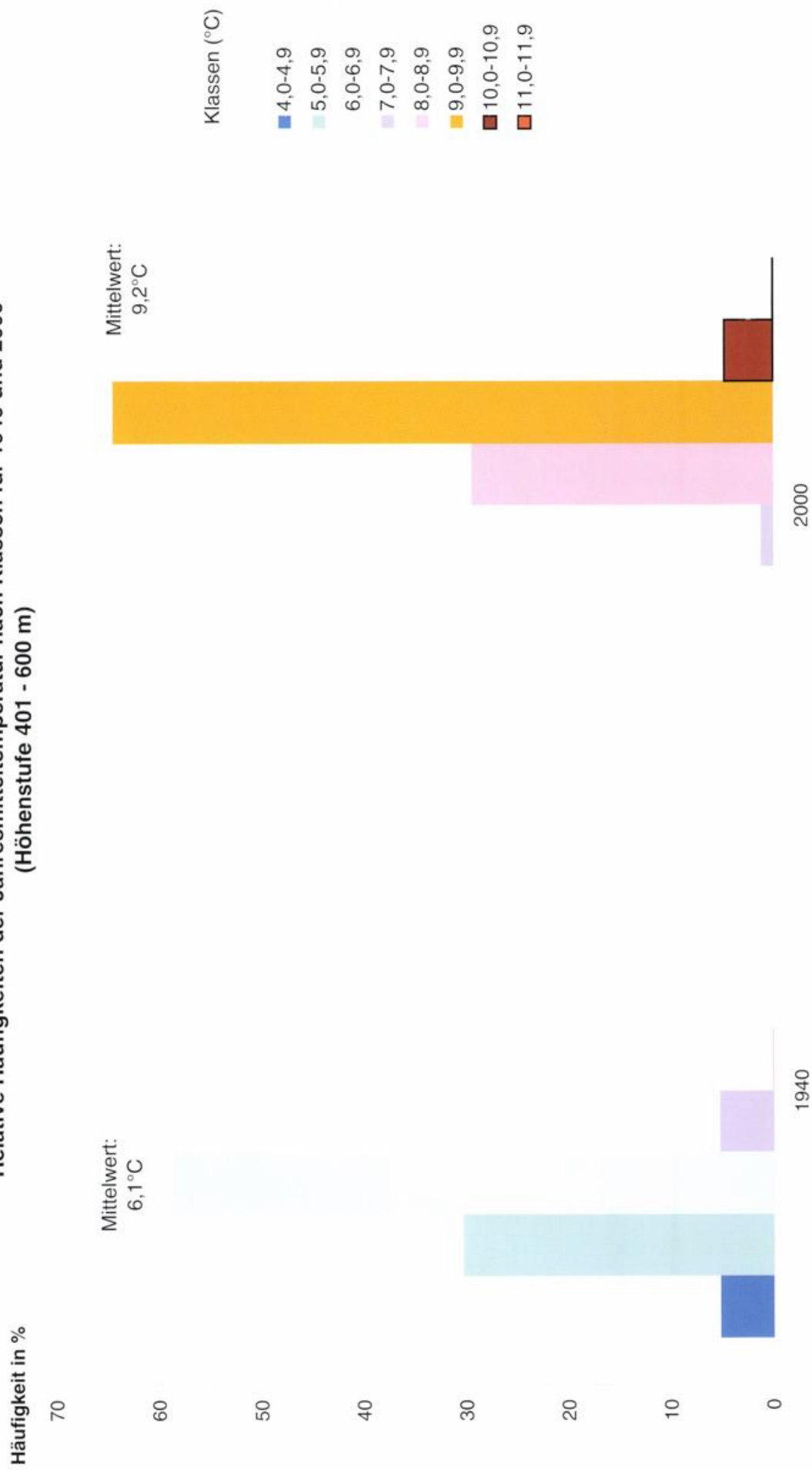


Abb. 7a

Relative Häufigkeiten der Jahresmitteltemperatur nach Klassen für 1940 und 2000
(Höhenstufe 401 - 600 m)

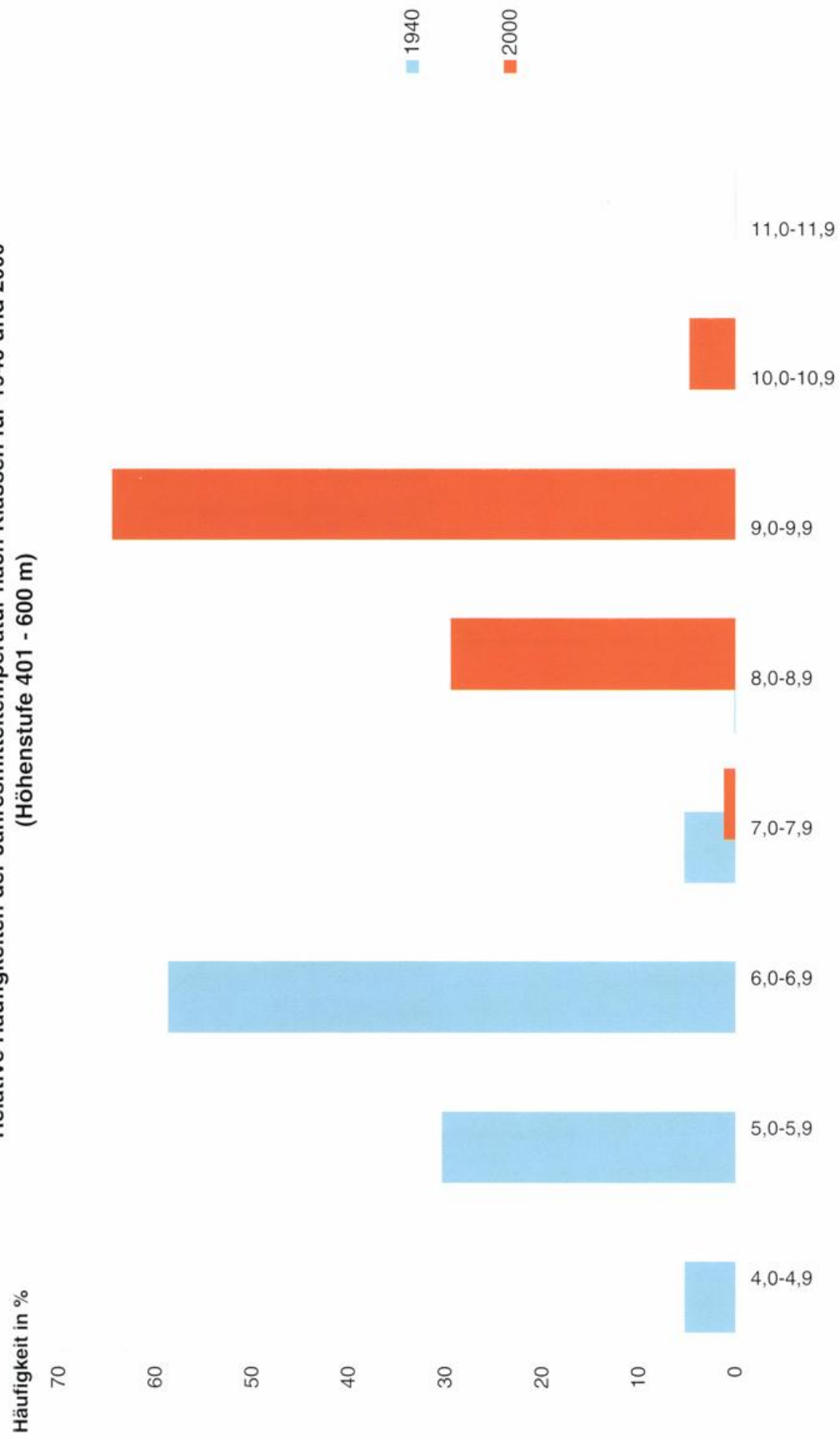
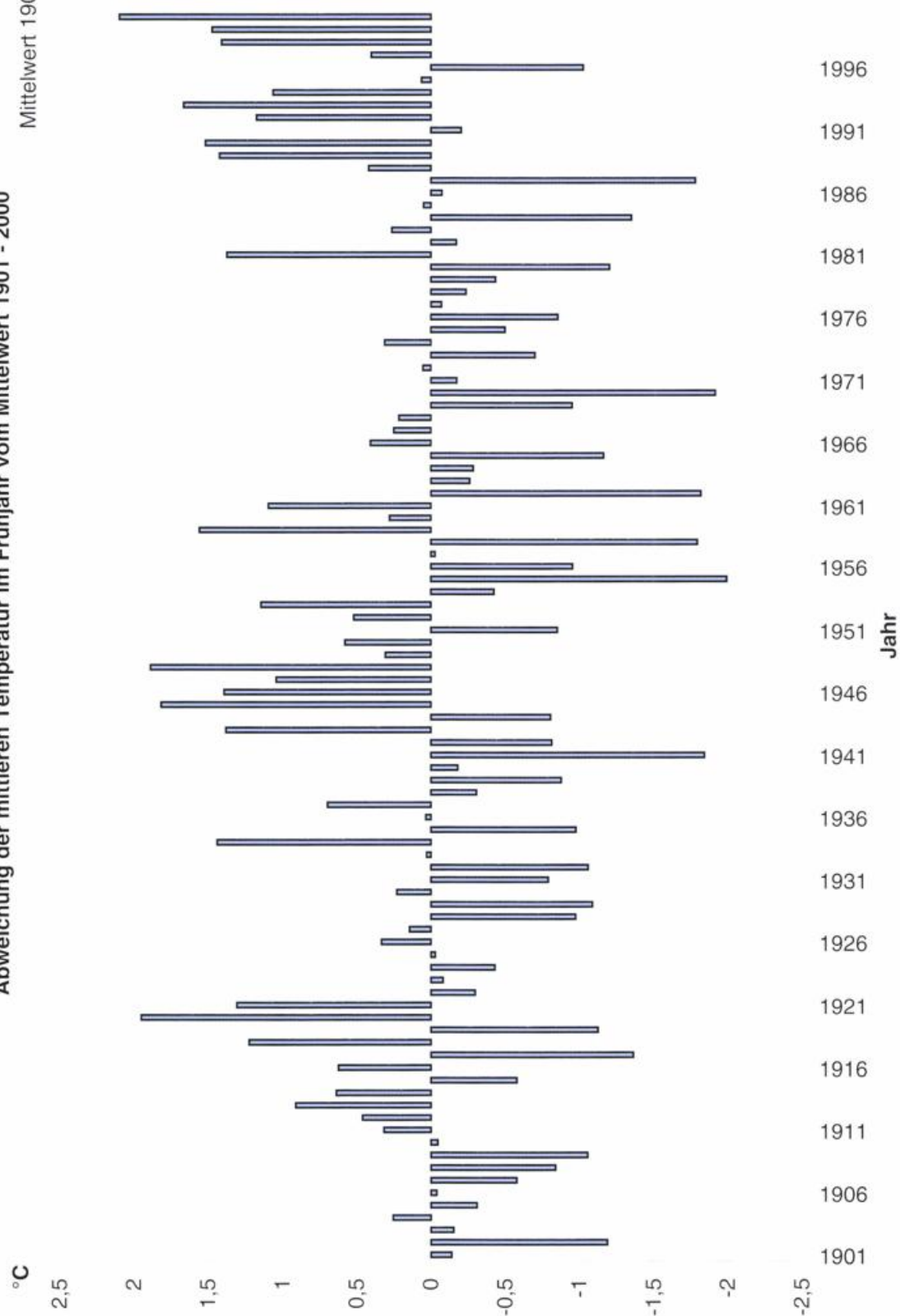


Abb. 7b

Abweichung der mittleren Temperatur im Frühjahr vom Mittelwert 1901 - 2000

Mittelwert 1901-2000: 7,88 °C



Mitteltemperatur im Frühjahr 1901 - 2000 nach Höhenstufen

Trendwert 1901: 7,67 °C
Trendwert 2000: 8,10 °C
 $R^2 = 0,0168$
Mittelwert 7,88 °C

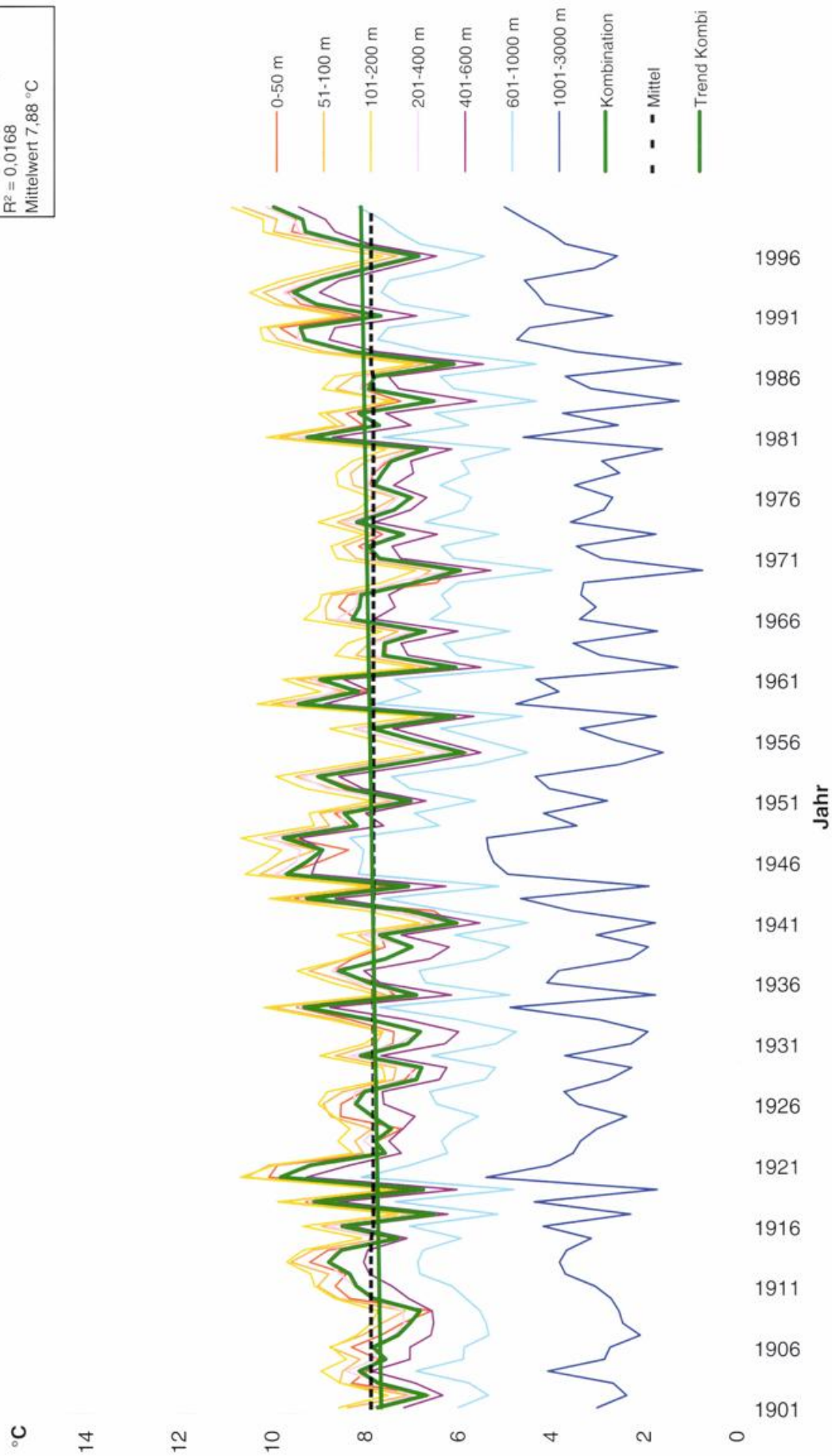
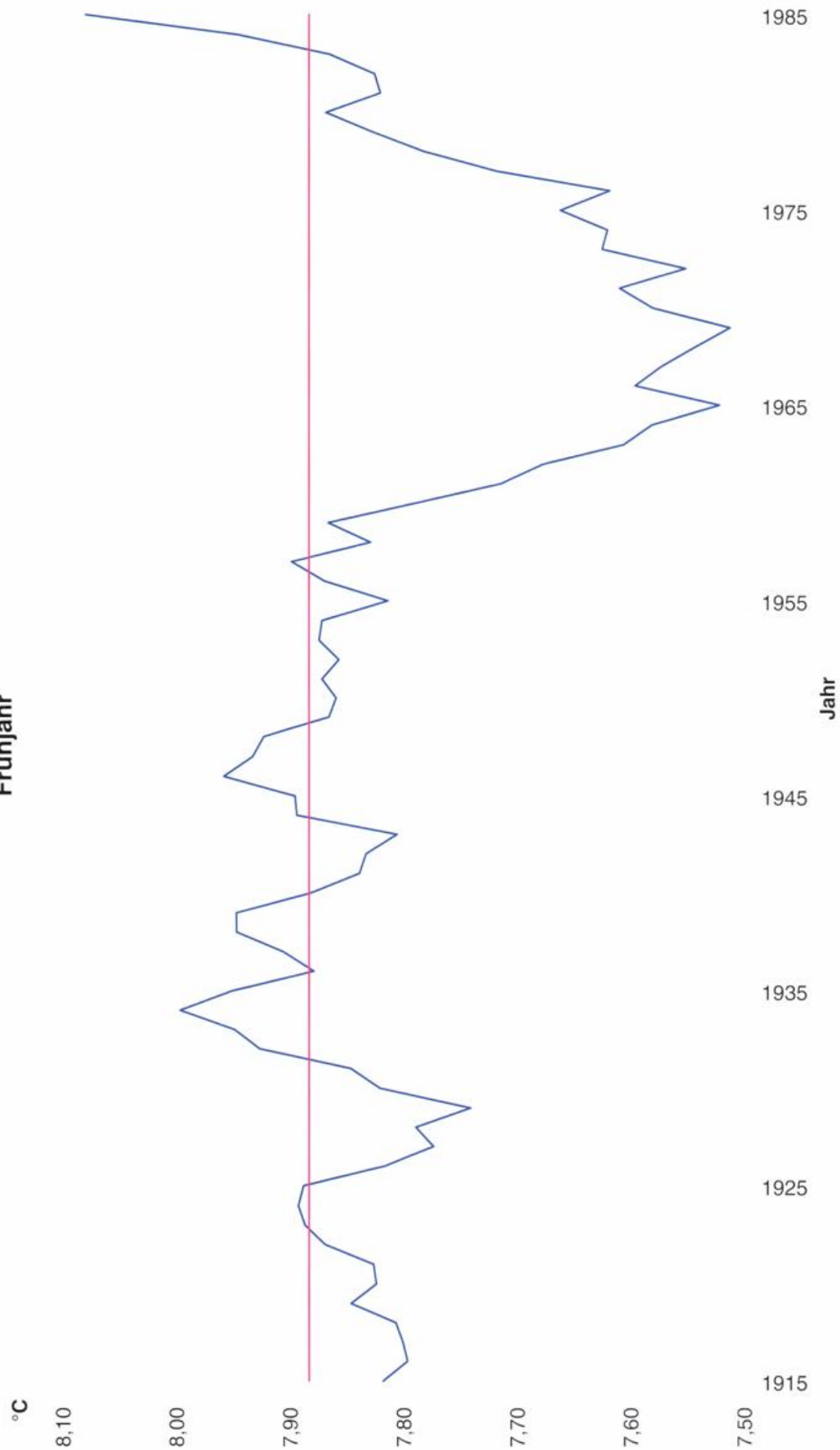


Abb. 9

Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur Frühjahr



Trends für die Mitteltemperaturen der Jahreszeiten 1901 - 2000

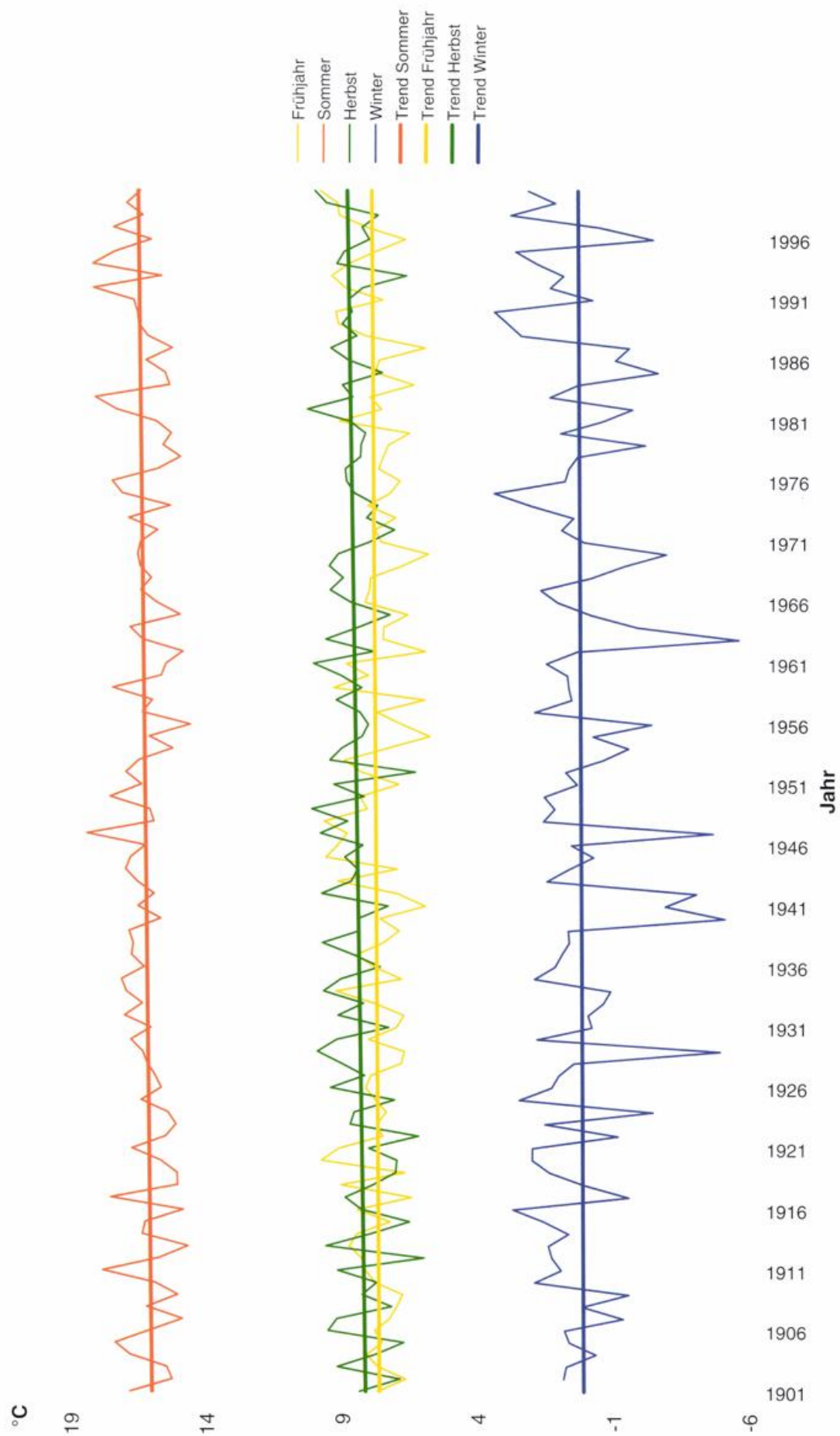
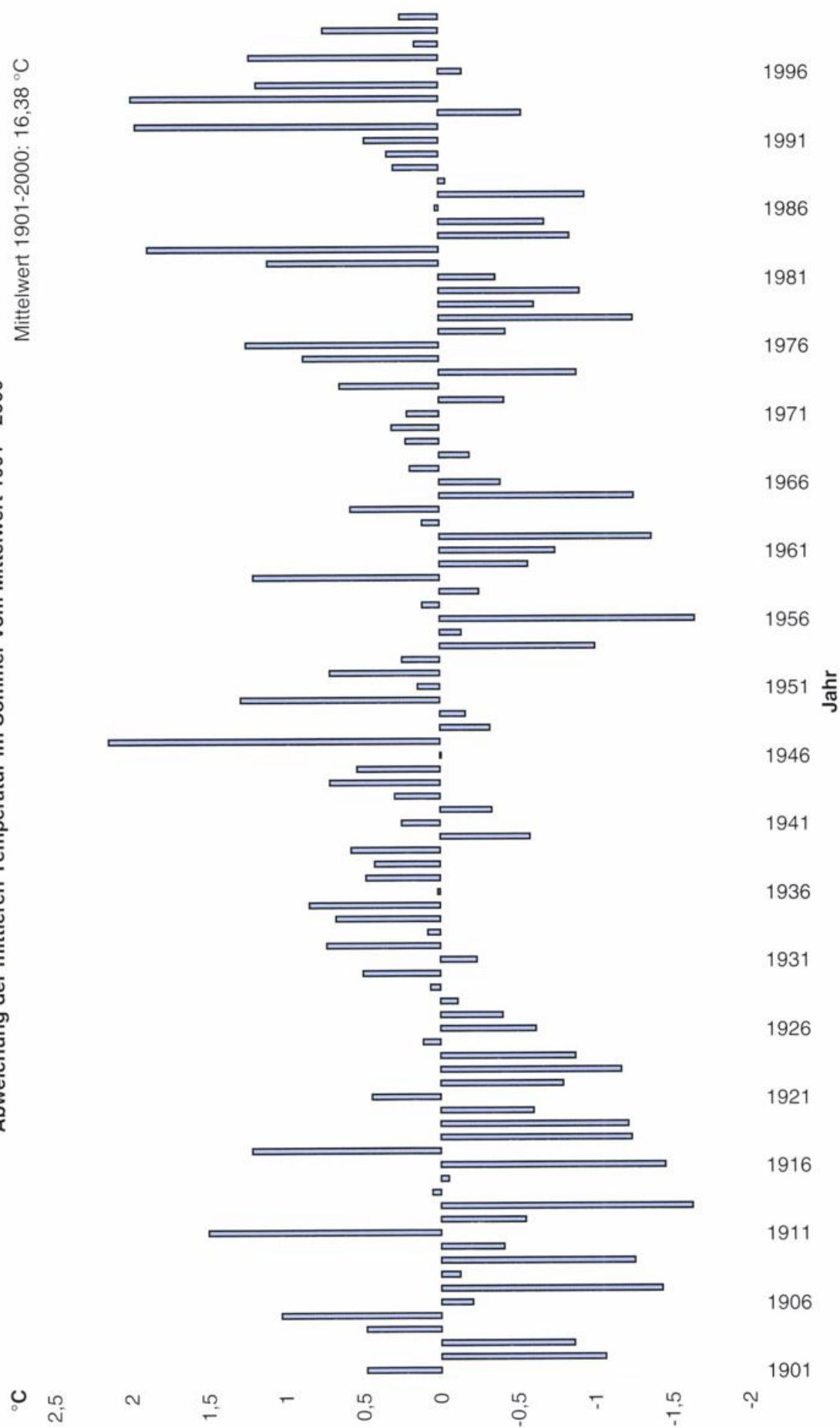


Abb. 11

Abweichung der mittleren Temperatur im Sommer vom Mittelwert 1901 - 2000

Mittelwert 1901-2000: 16,38 °C



Mitteltemperatur im Sommer 1901 - 2000 nach Höhenstufen

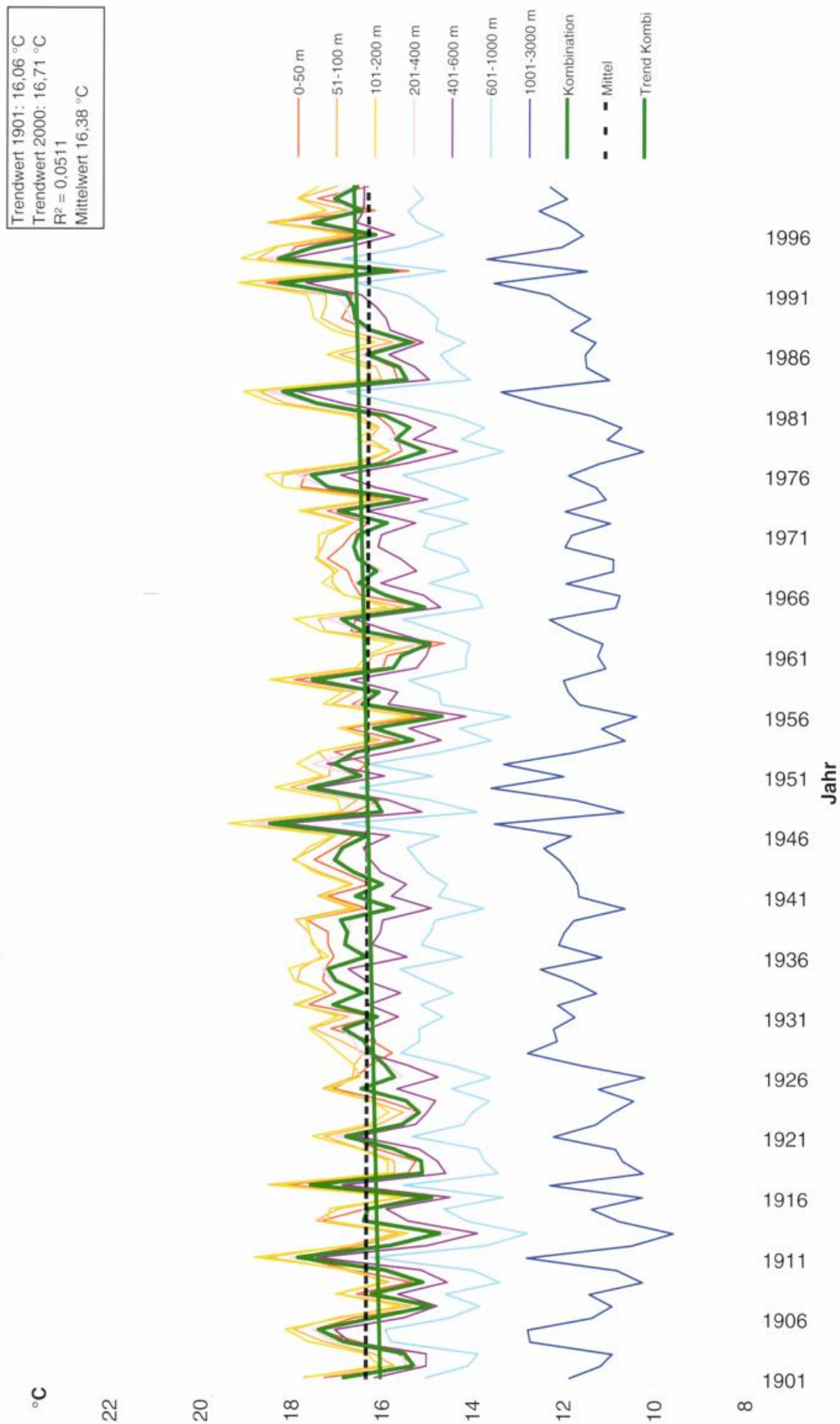
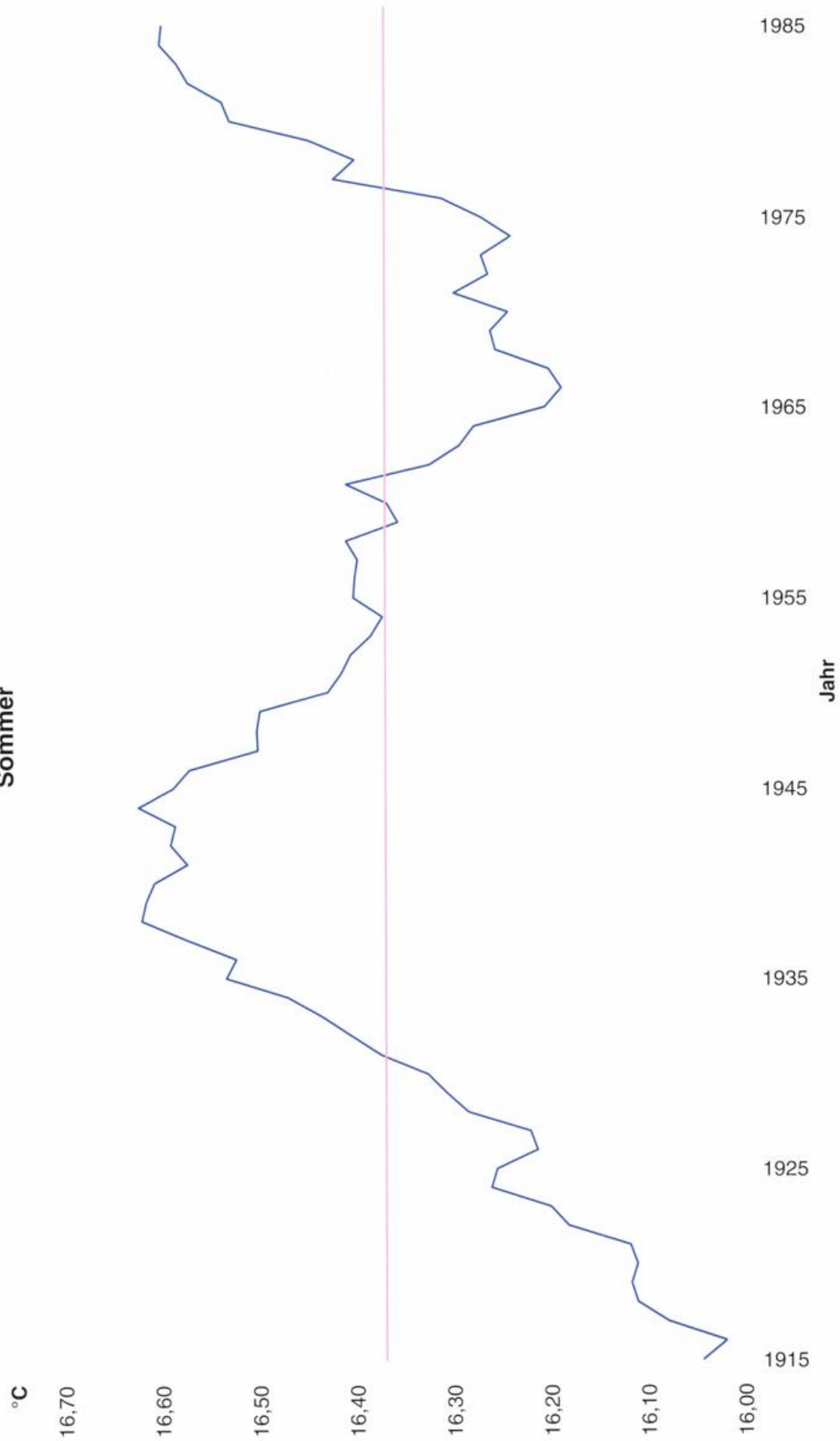


Abb. 13

**Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur
Sommer**



Abweichung der mittleren Temperatur im Herbst vom Mittelwert 1901 - 2000

Mittelwert 1901-2000: 8,59 °C

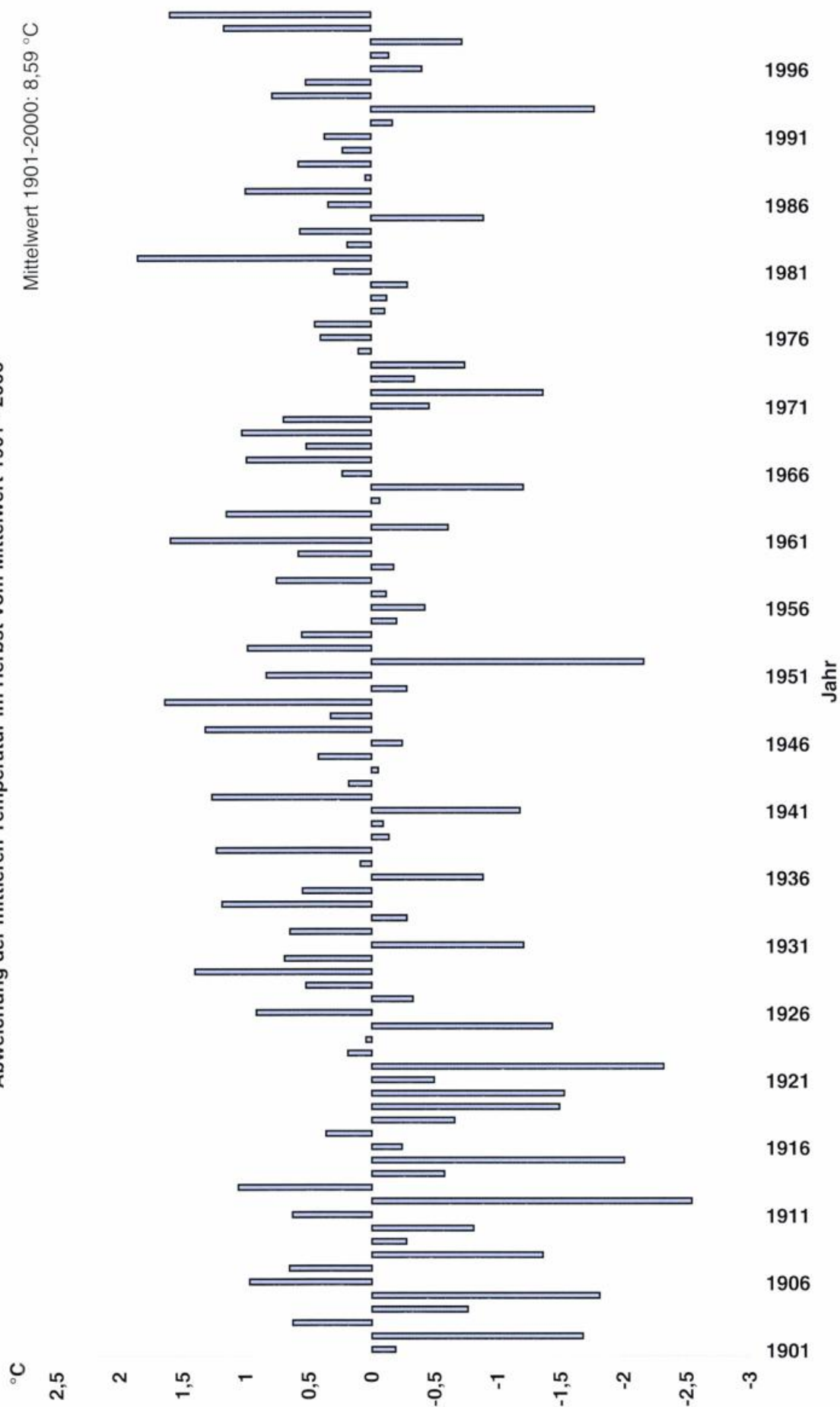


Abb. 15

Mitteltemperatur im Herbst 1901 - 2000 nach Höhenstufen

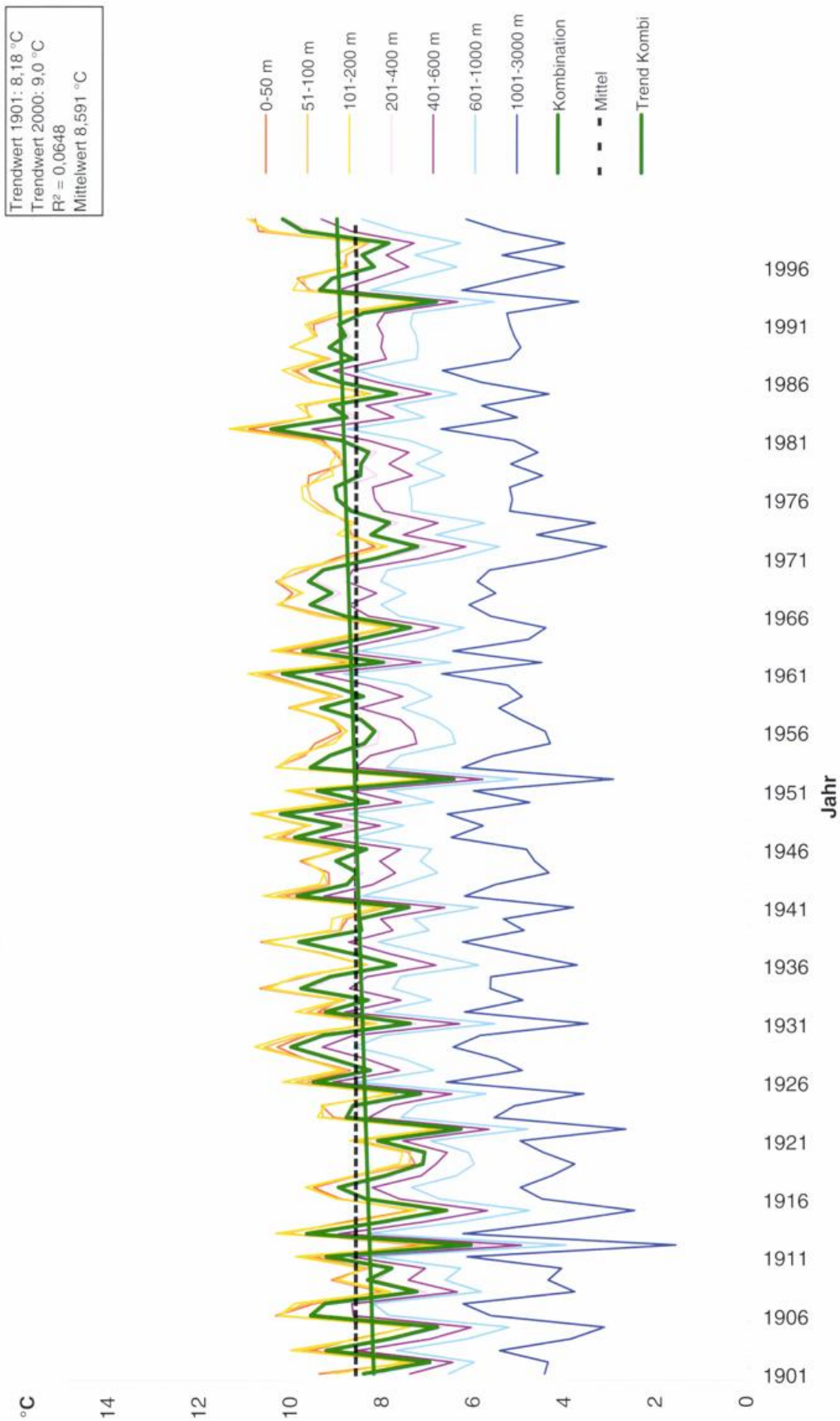


Abb. 16

**Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur
Herbst**

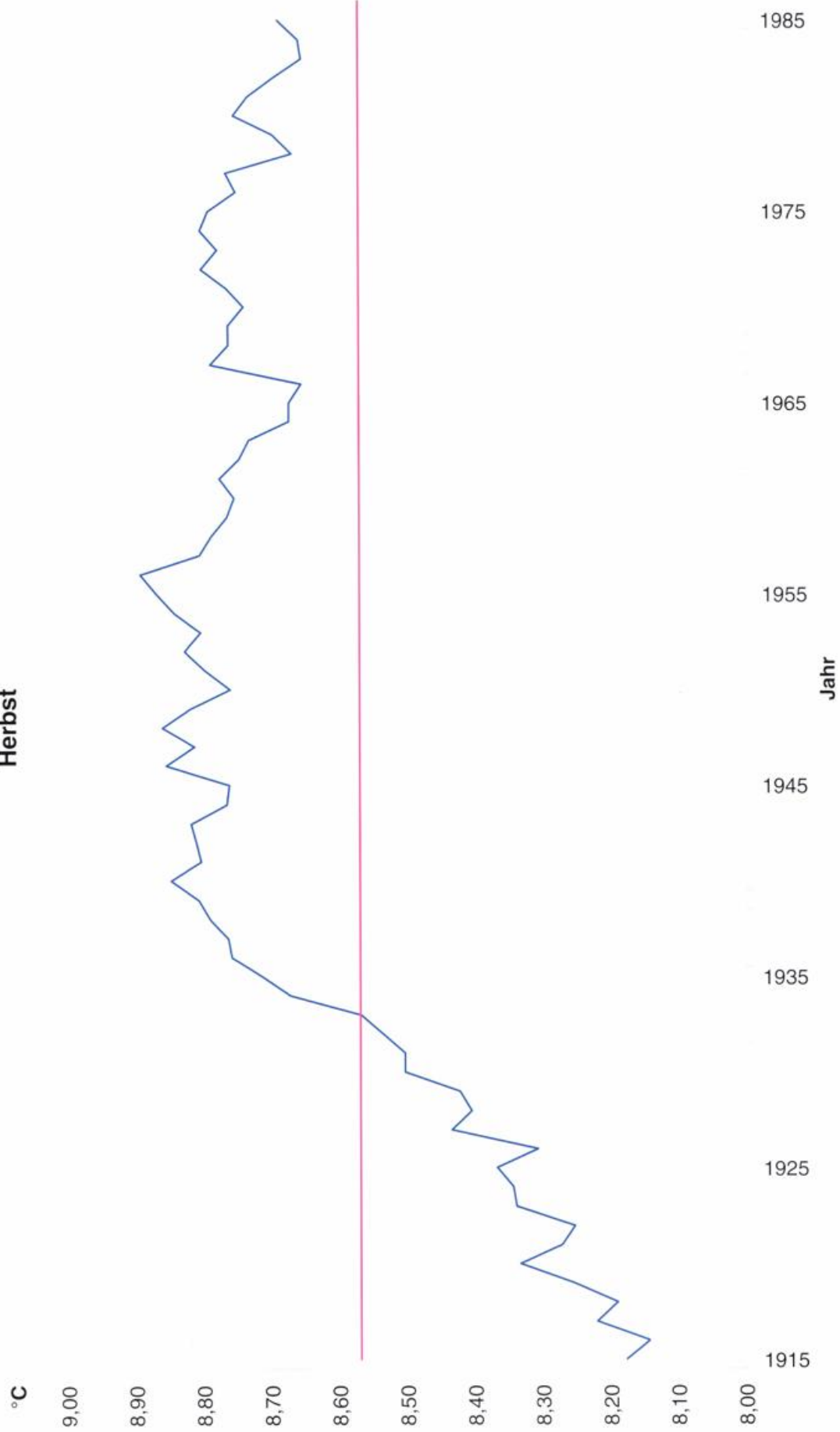


Abb. 17

Abweichung der mittleren Temperatur im Winter vom Mittelwert 1902 - 2000

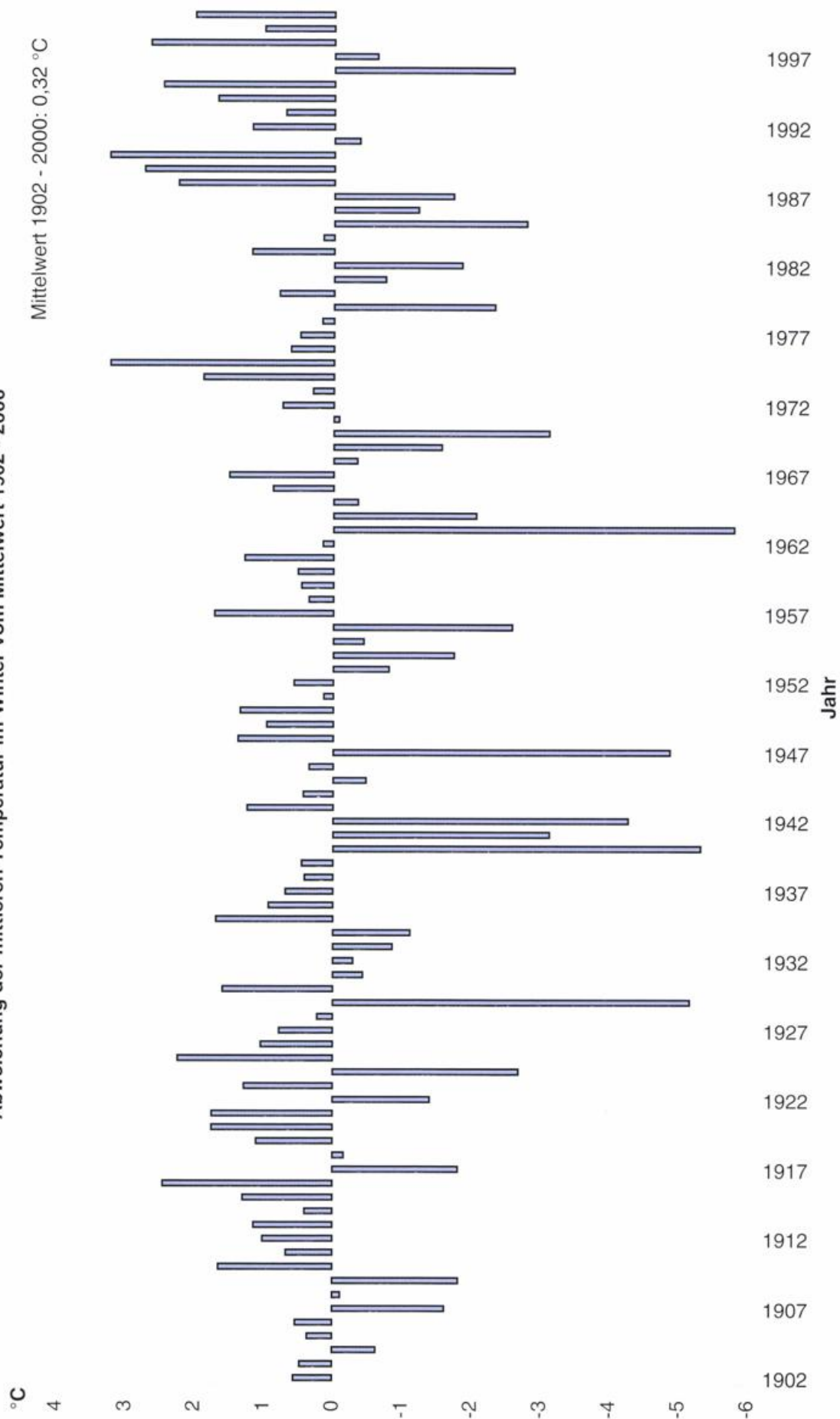


Abb. 18

Mitteltemperatur im Winter 1902 - 2000 nach Höhenstufen

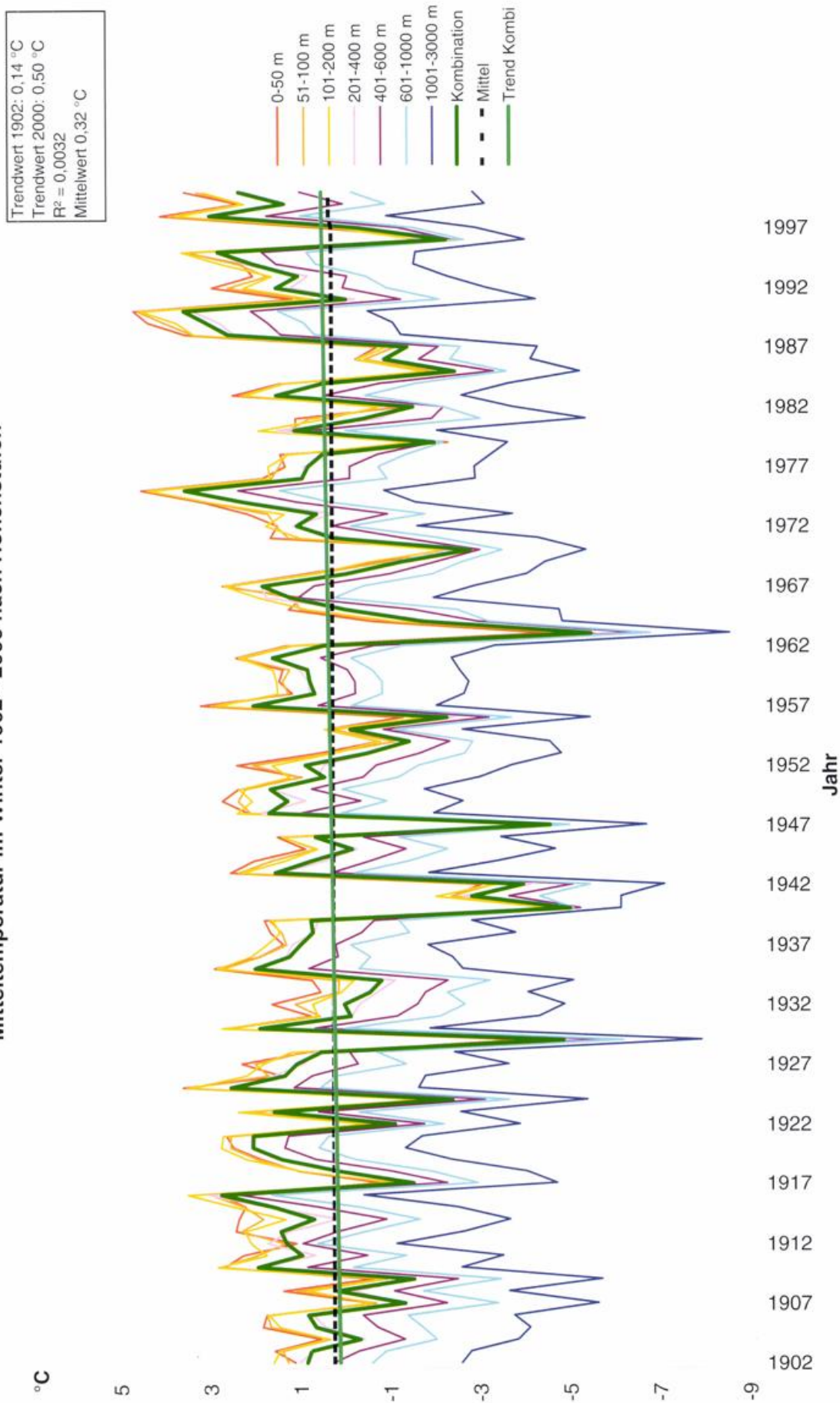
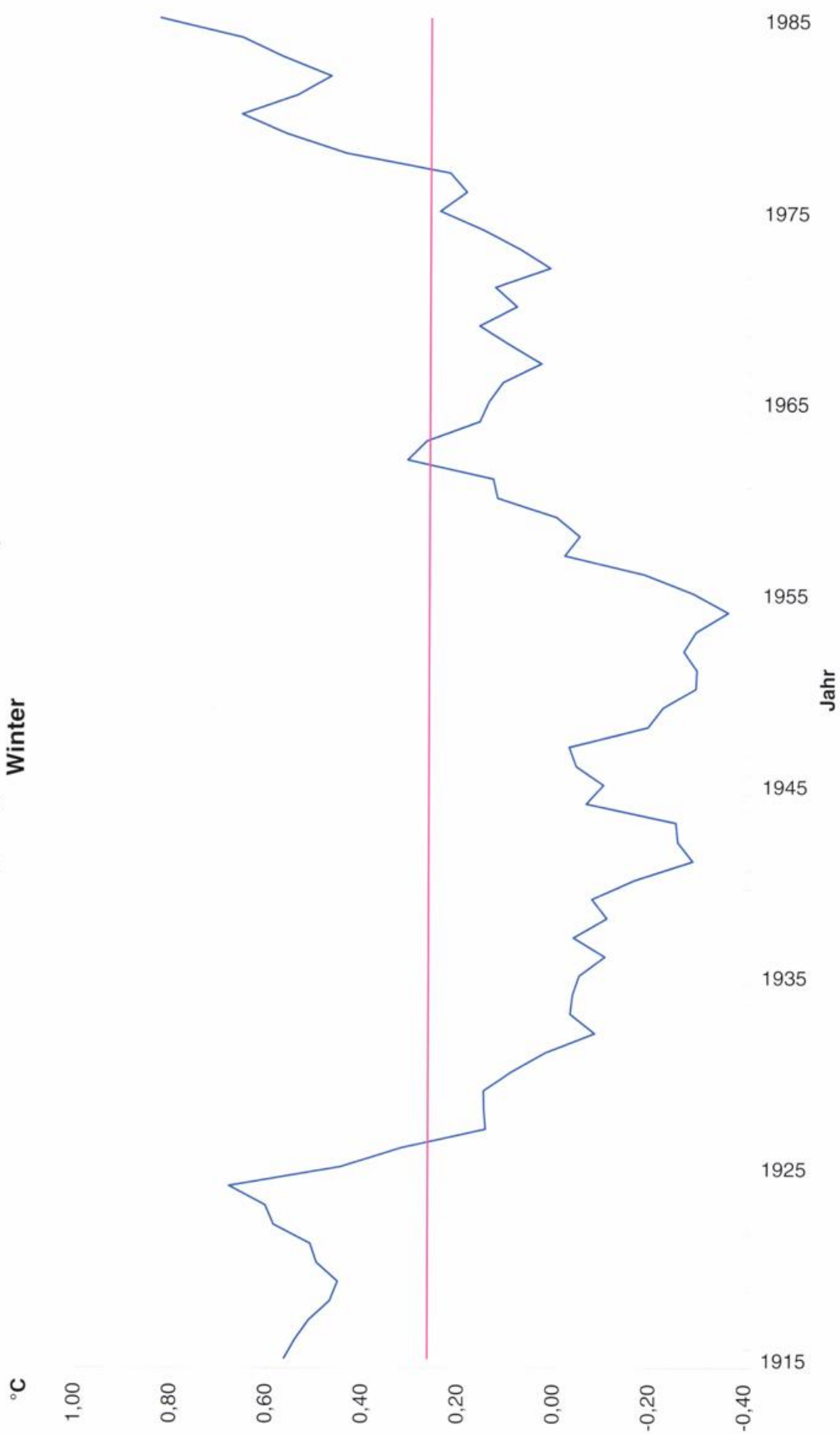
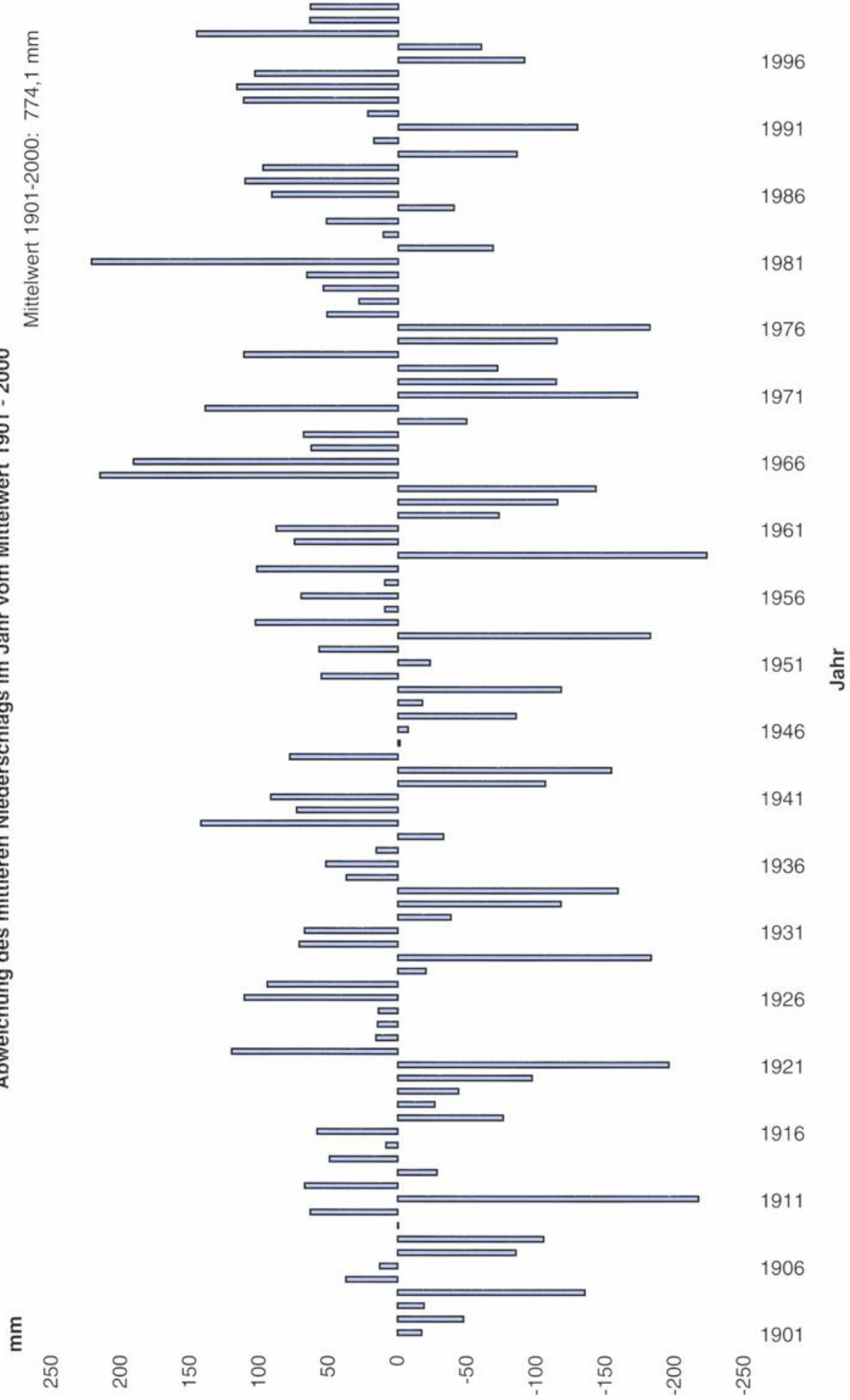


Abb. 19

**Gleitende 30jährige Mittelwerte der Temperatur
Winter**



Abweichung des mittleren Niederschlags im Jahr vom Mittelwert 1901 - 2000



Mittlere Niederschläge nach Jahrzehnten

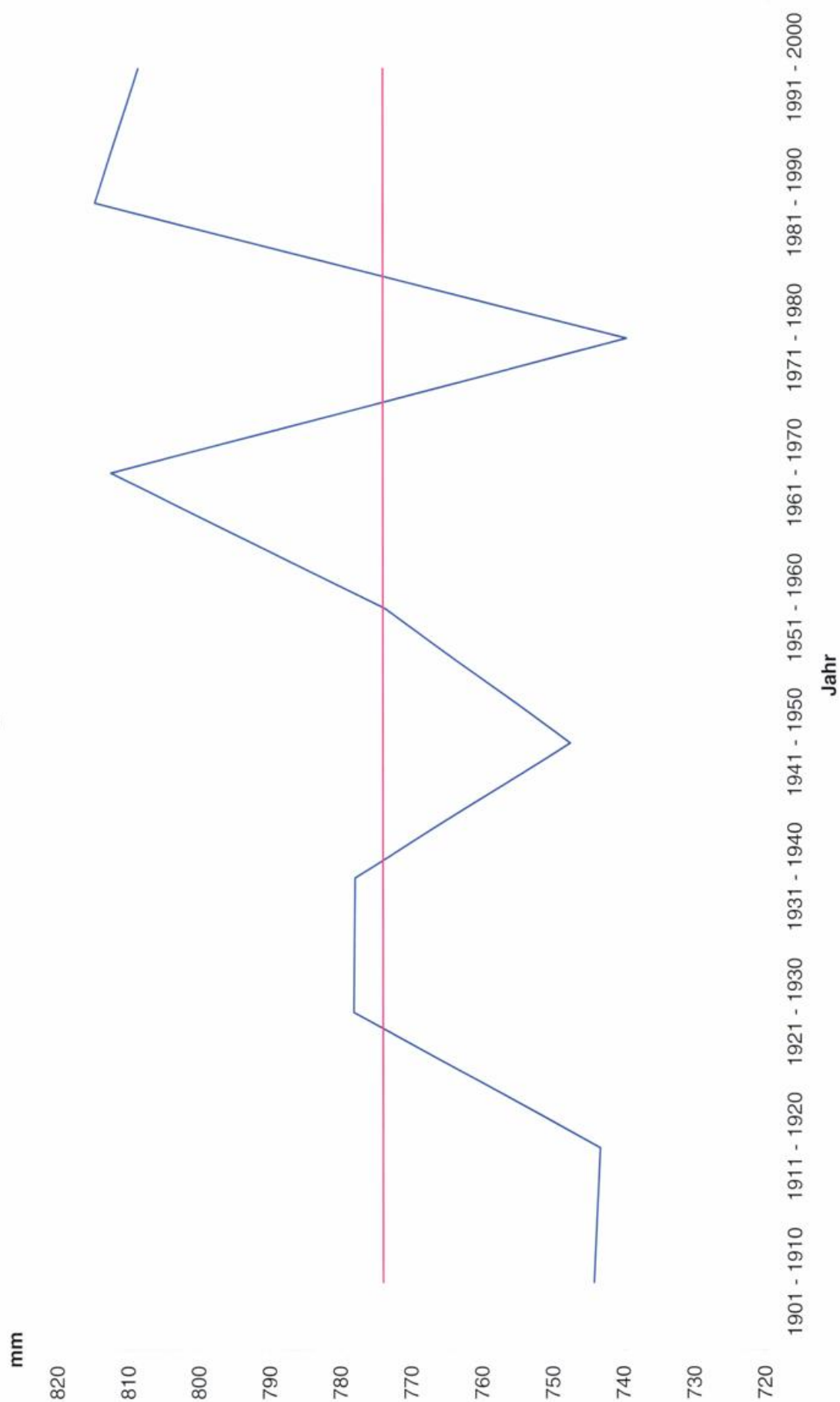


Abb. 22a

Gleitende 30jährige Mittelwerte des Jahresniederschlags

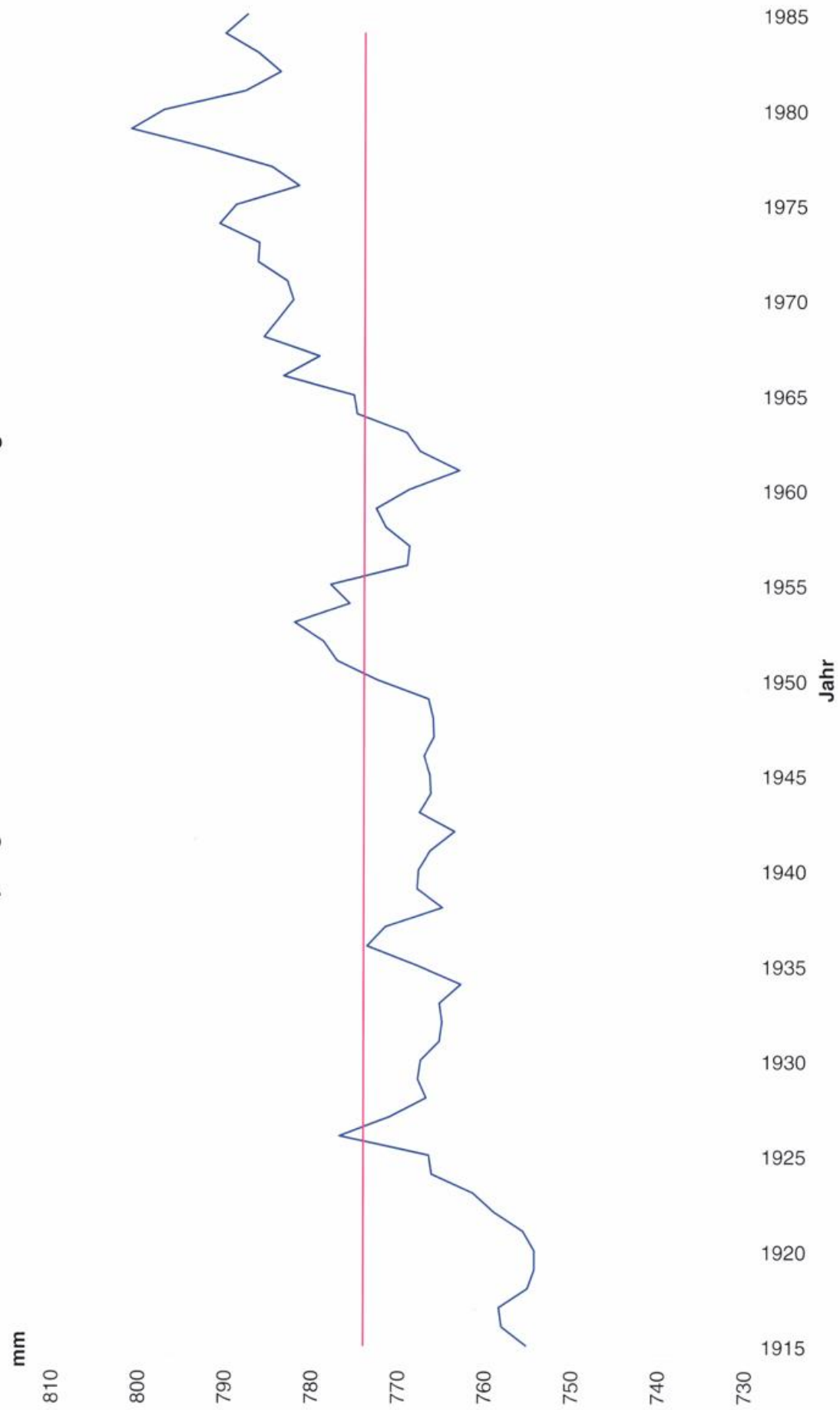


Abb. 22b

Jahresniederschlag 1901 - 2000 nach Höhenstufen

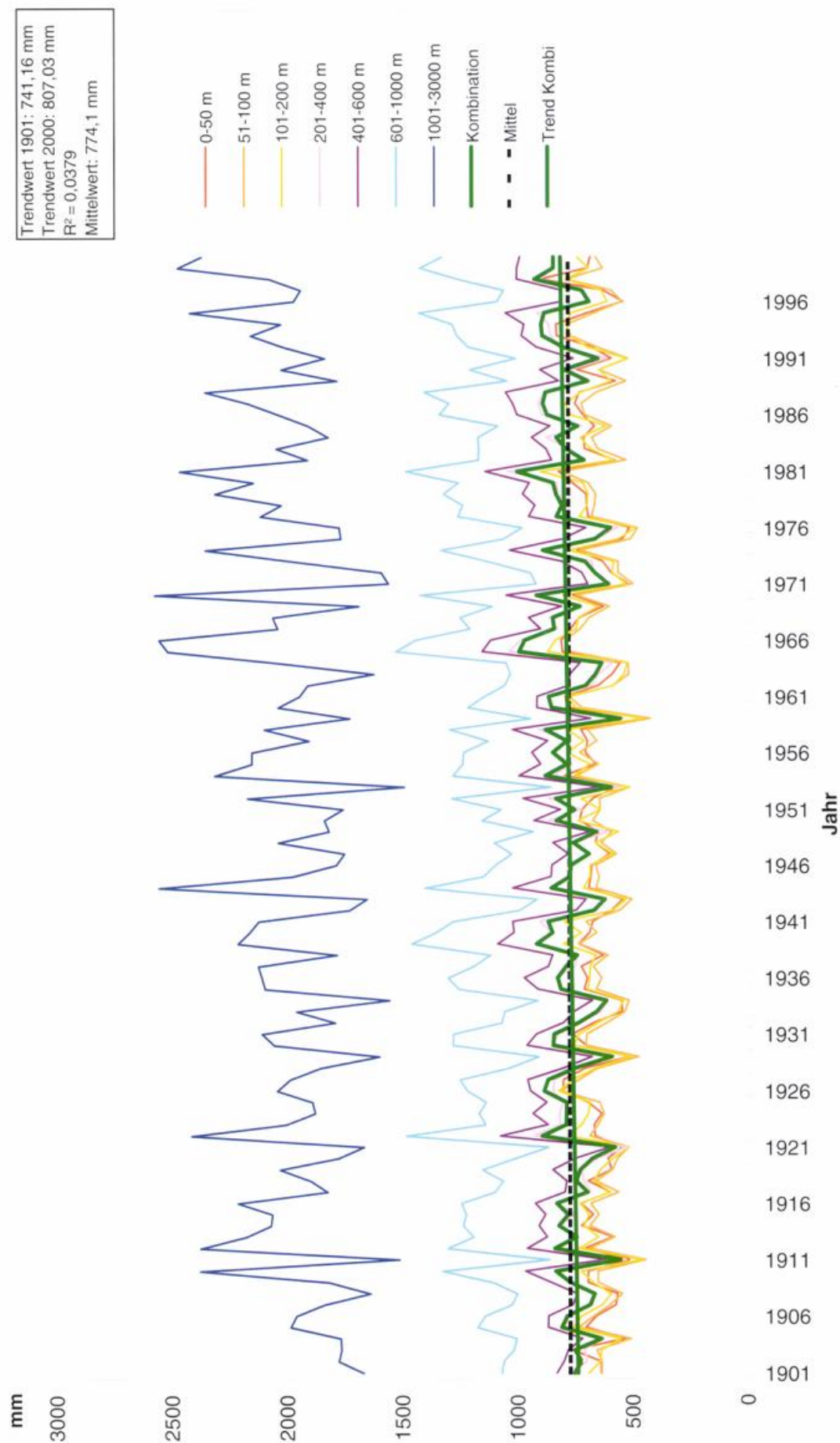


Abb. 23

Gleitende 30jährige Mittelwerte des Niederschlags der Jahreszeiten

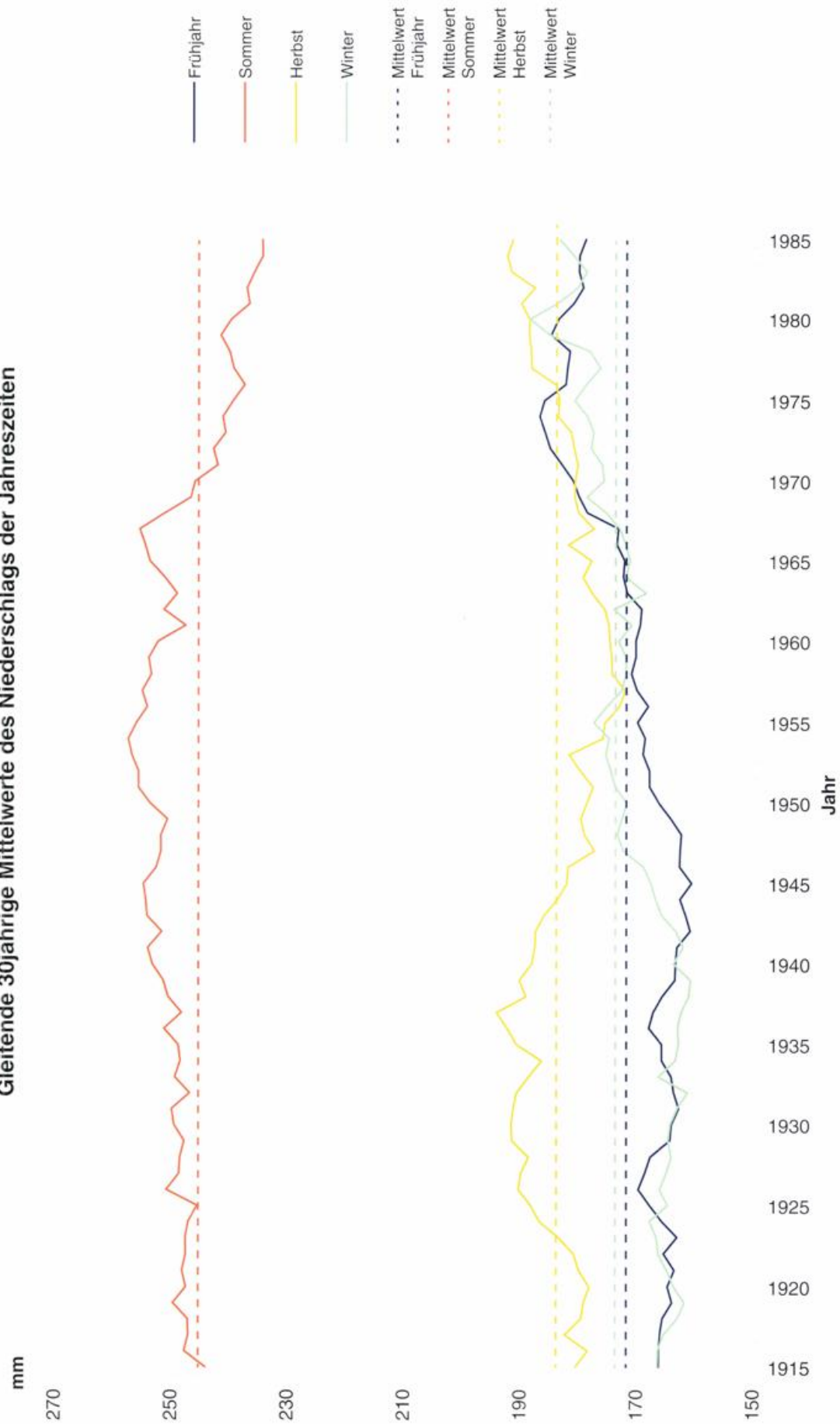


Abb. 24

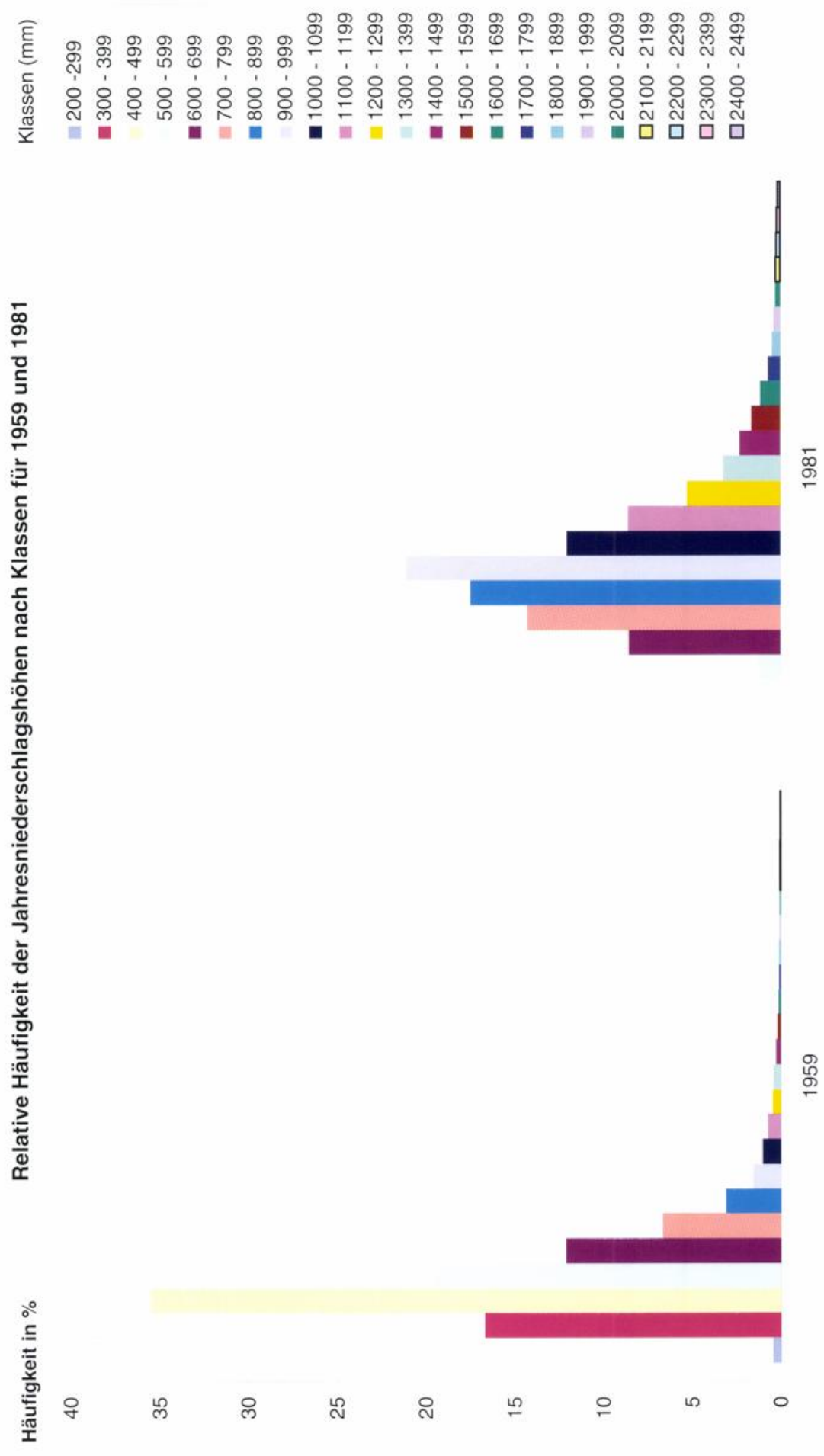


Abb. 25a

Relative Häufigkeit der Jahresniederschlagsklassen für 1959 und 1981

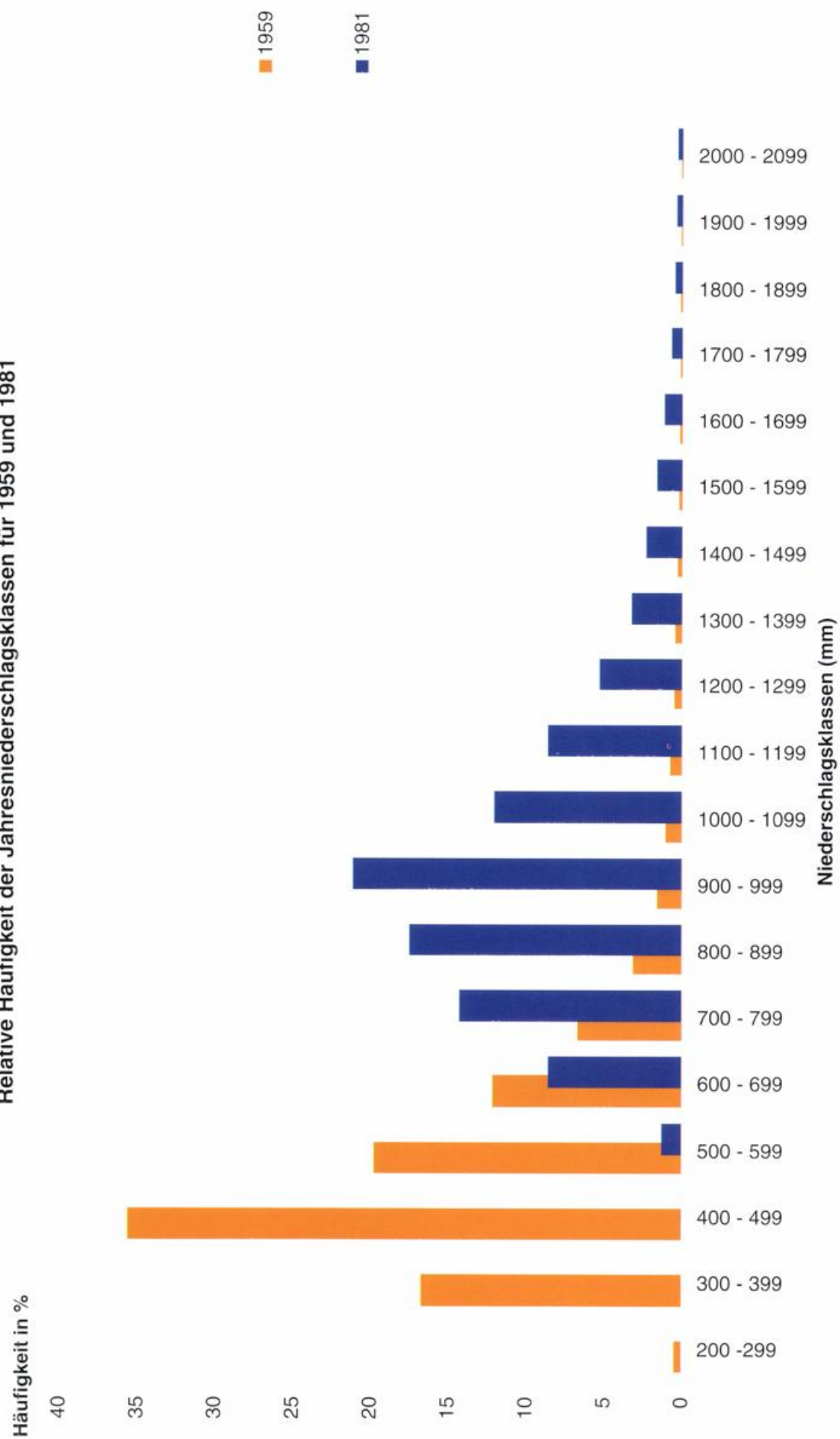
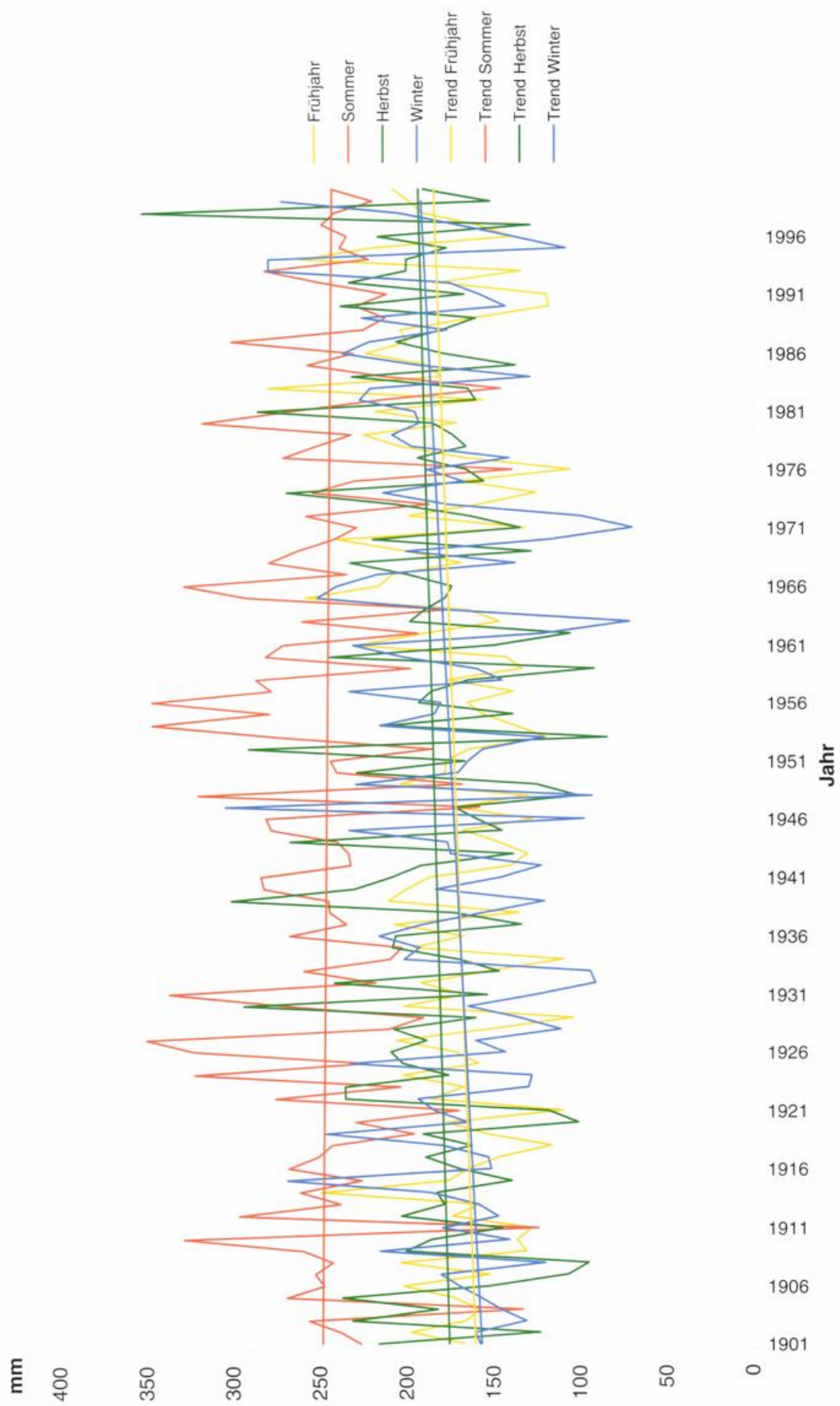


Abb. 25b

Trends für die Niederschlagshöhe der Jahreszeiten 1901 - 2000



Abweichung des mittleren Niederschlags im Frühjahr vom Mittelwert 1901 - 2000

Mittelwert 1901-2000: 171,79 mm

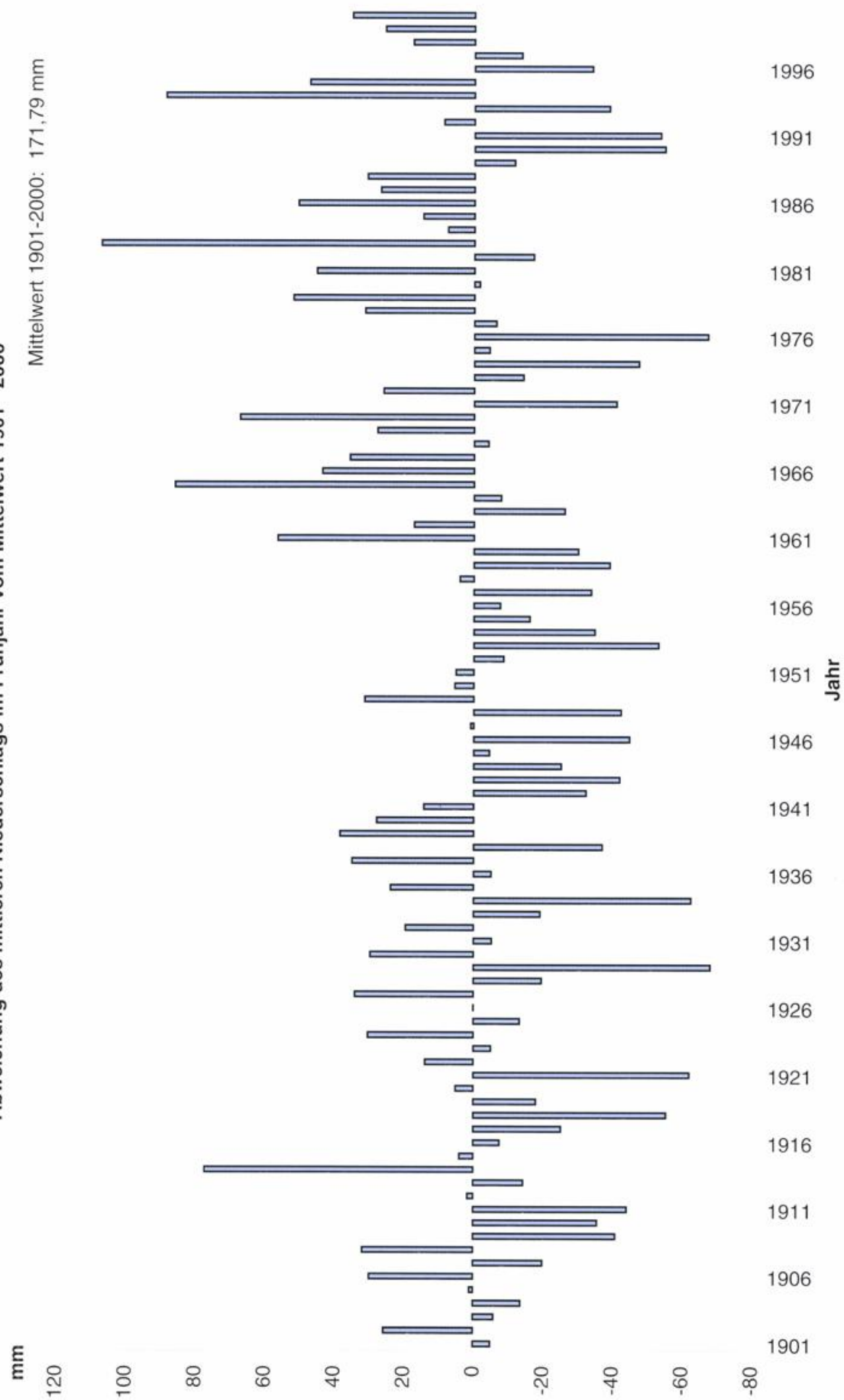


Abb. 27

Abweichung des mittleren Niederschlags im Sommer vom Mittelwert 1901 -2000

Mittelwert 1901-2000: 245,29 mm

mm

150

100

50

0

-50

-100

-150

1996

1991

1986

1981

1976

1971

1966

1961

1956

1951

1946

1941

1936

1931

1926

1921

1916

1911

1906

1901

Jahr

Abweichung des mittleren Niederschlags im Herbst vom Mittelwert 1901 - 2000

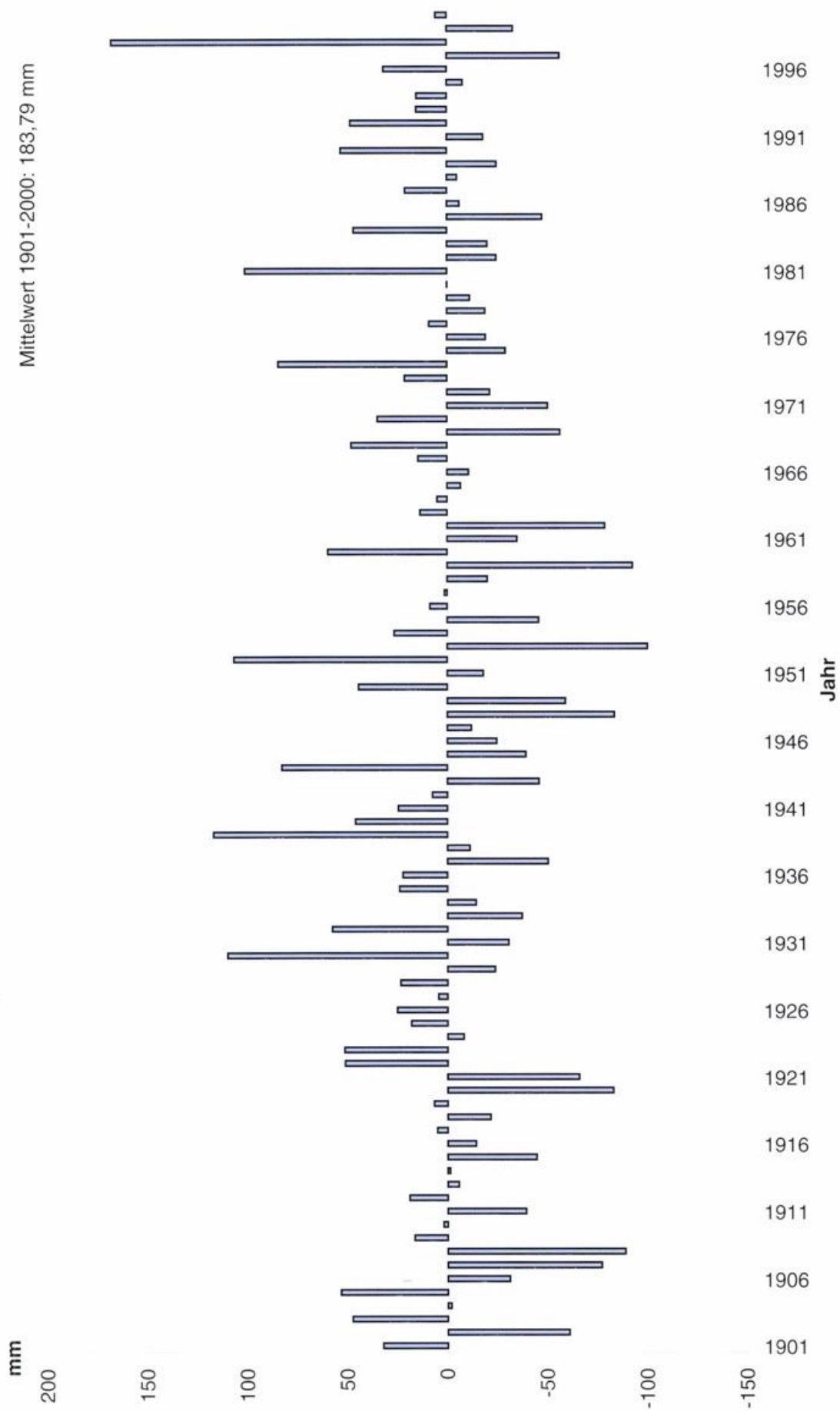


Abb. 29

Abweichung des mittleren Niederschlags im Winter vom Mittelwert 1902 - 2000

Mittelwert 1902-2000: 173,67mm

mm

150

100

50

0

-50

-100

-150

1997

1992

1987

1982

1977

1972

1967

1962

1957

1952
Jahr

1947

1942

1937

1932

1927

1922

1917

1912

1907

1902

Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur 1901 - 2000

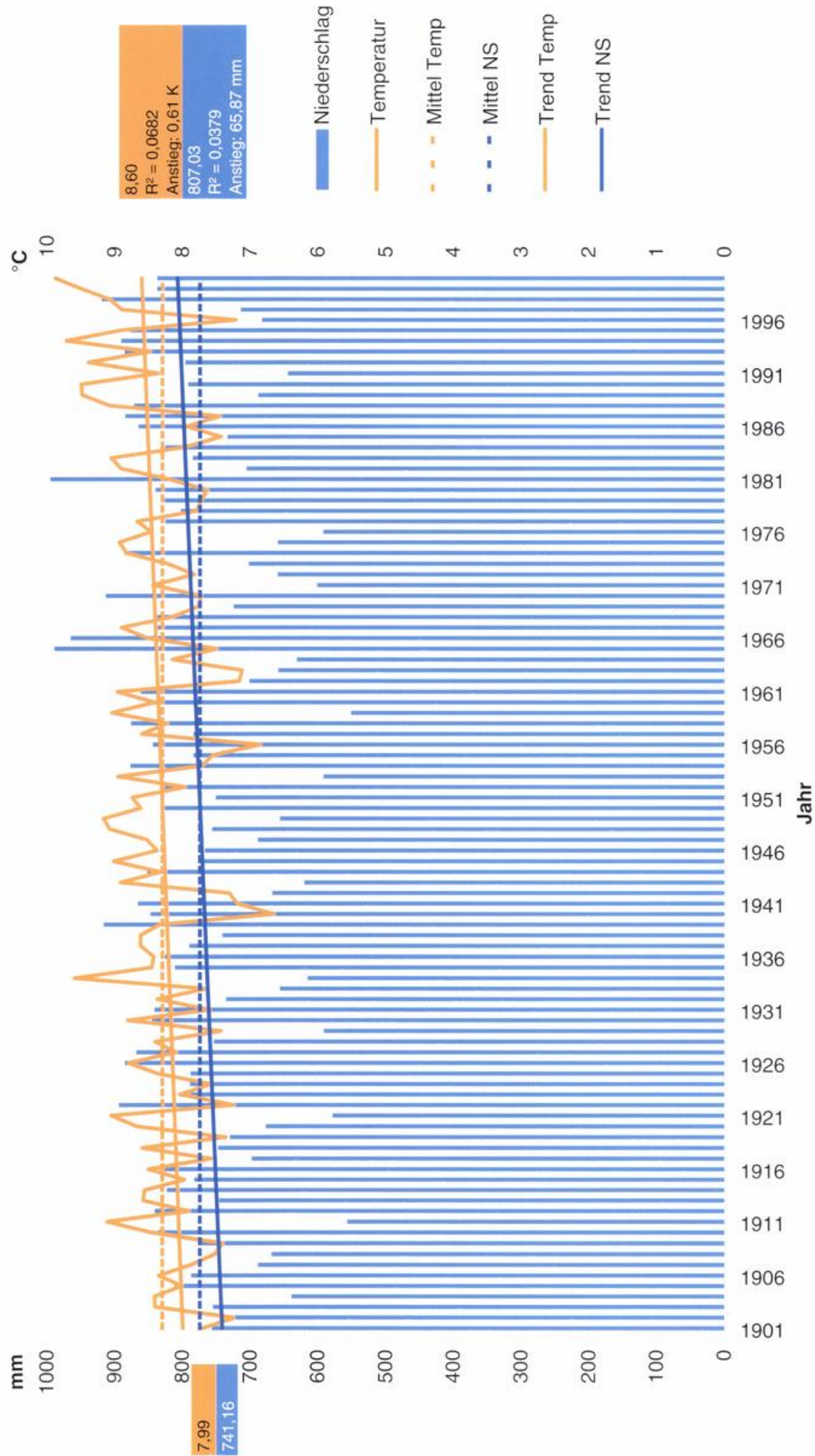
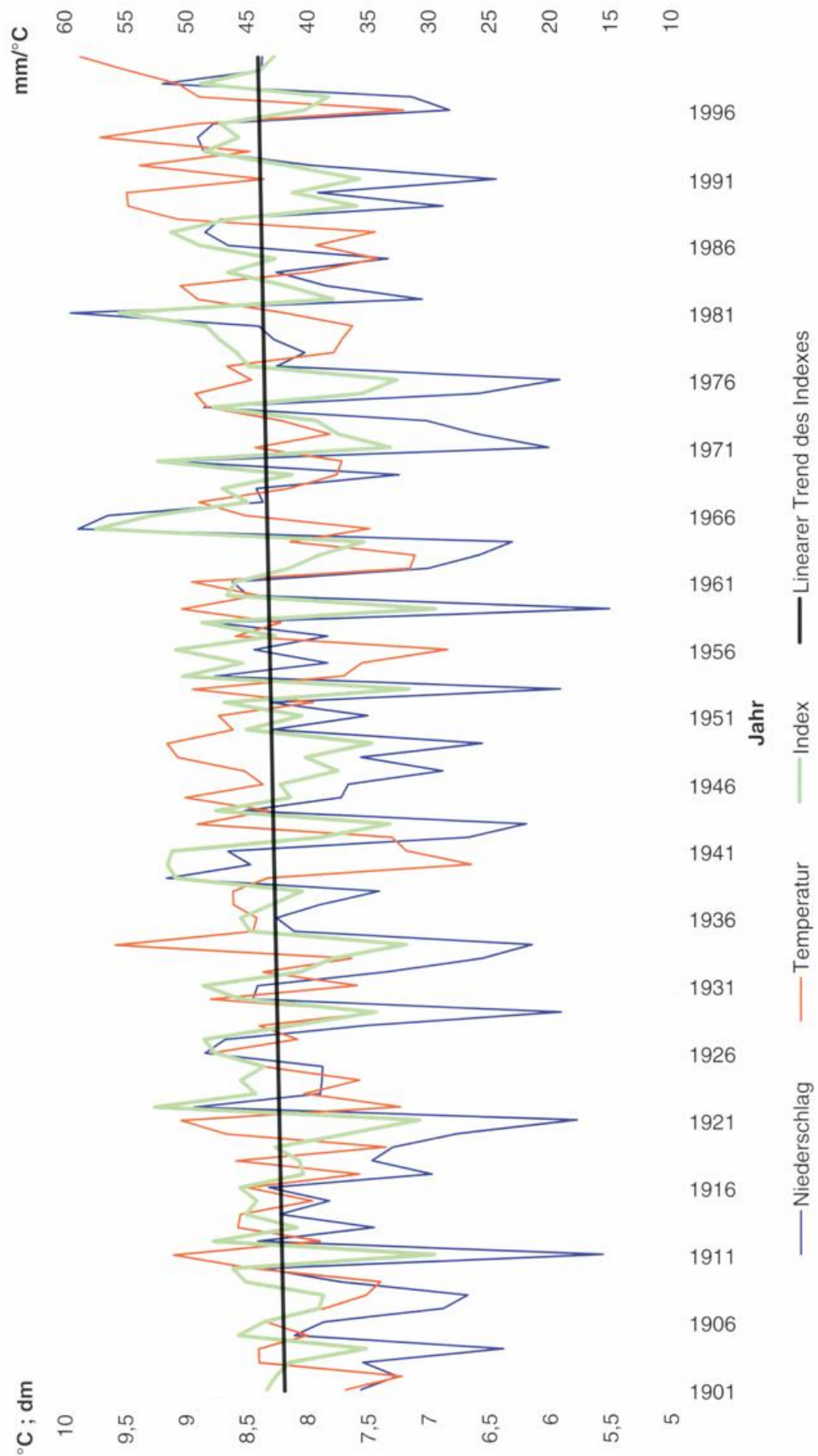


Abb. 31

Jahresgebietsmittel Niederschlagssumme (in dm), Temperatur und Trockenheitsindex



Jahrestrockenheitsindex 1901 - 2000

Formel : $A = r / (\overline{T_m} + 10)$
Trendwert 1901: 41,93
Trendwert 2000: 44,09
 $R^2 = 0,0118$
Mittelwert Kombi 43,01

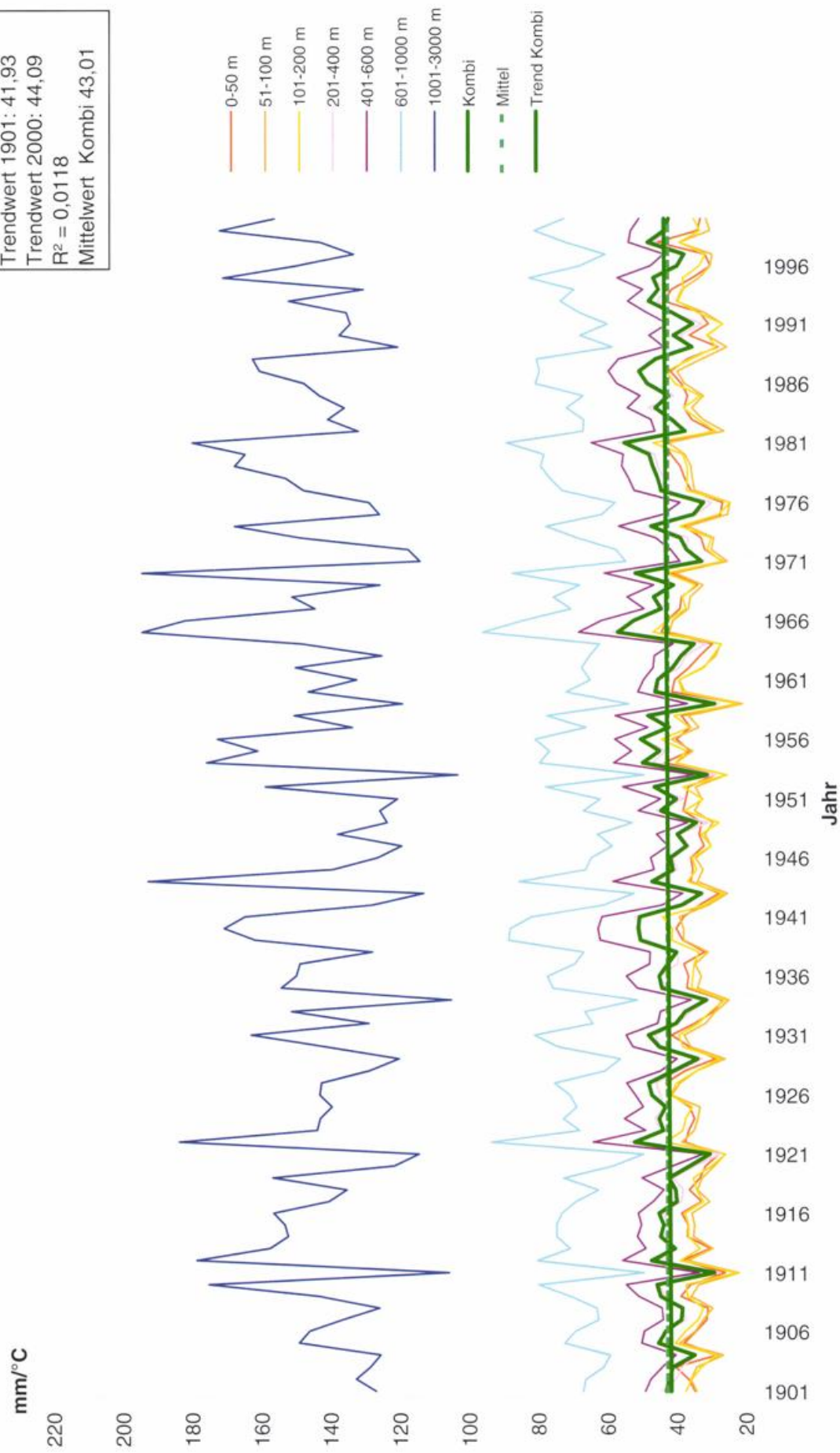
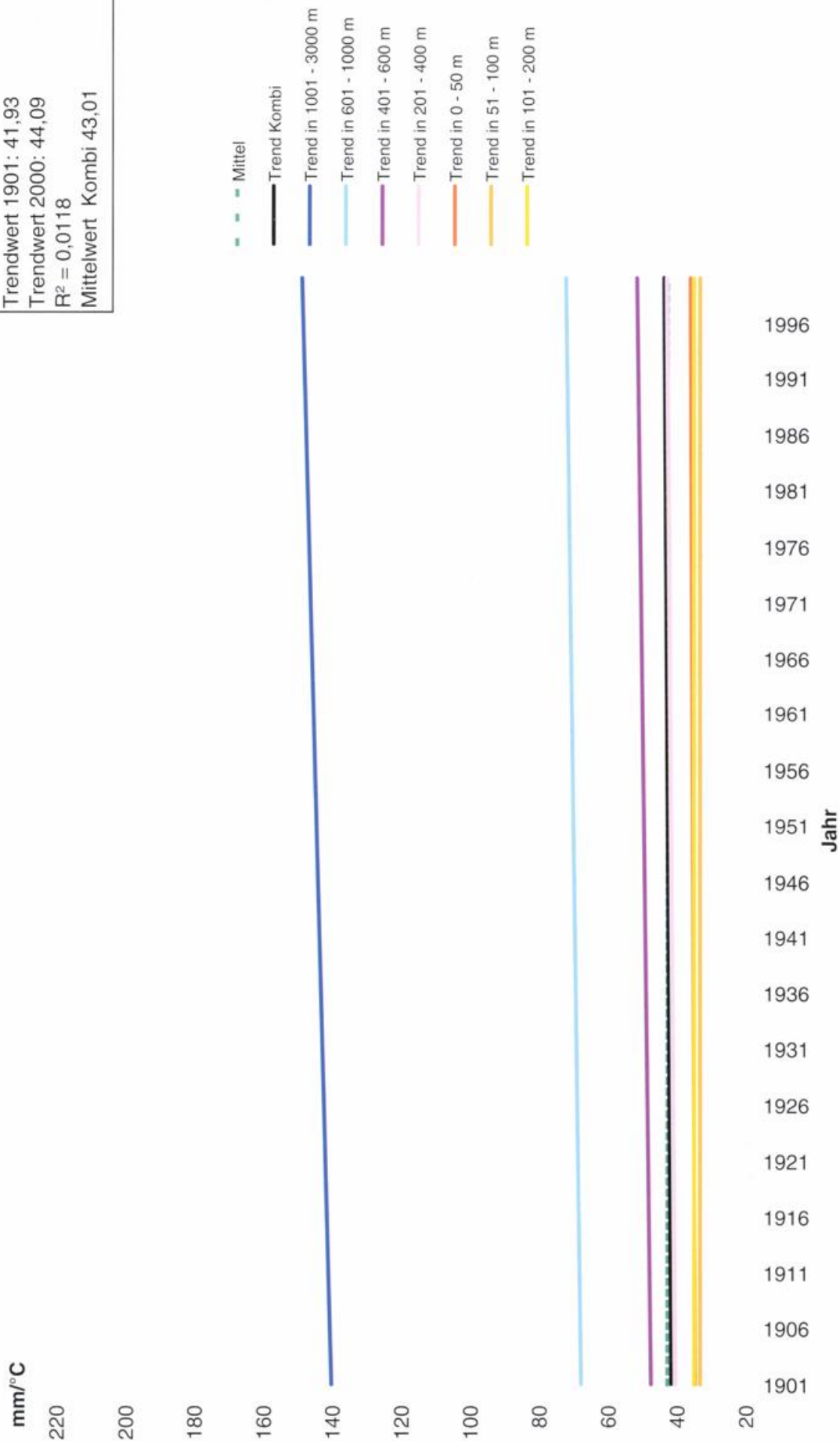


Abb. 33

Trends des Jahrestrockenheitsindexes 1901 - 2000

Formel : $A = r / (T_m + 10)$
 Trendwert 1901: 41,93
 Trendwert 2000: 44,09
 $R^2 = 0,0118$
 Mittelwert Kombi 43,01



Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Frühjahr

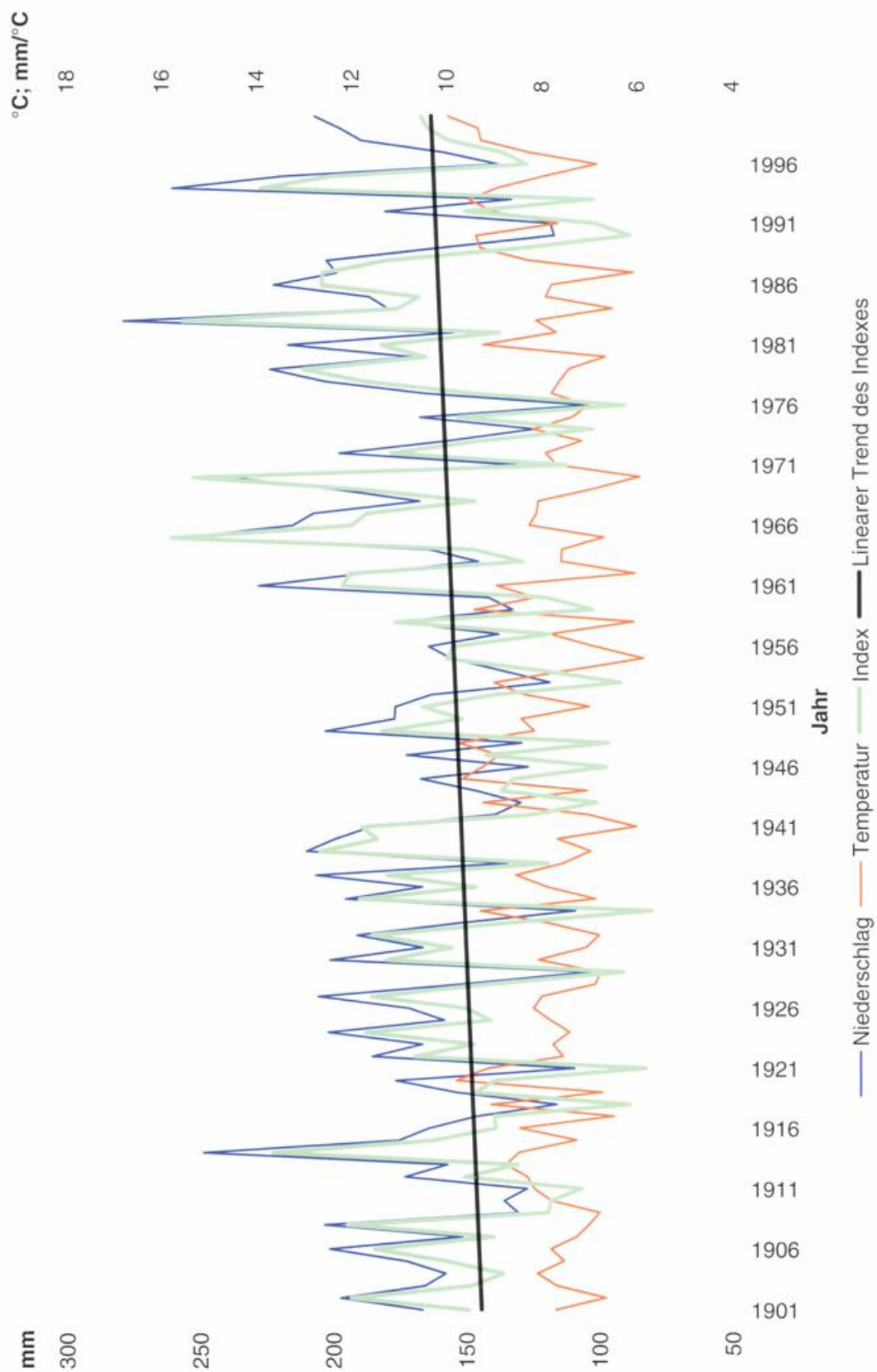


Abb. 35

Trockenheitsindex im Frühjahr 1901 - 2000

Formel : $A = r / (T_m + 10)$
Trendwert 1901: 9,31
Trendwert 2000: 10,33
 $R^2 = 0,0192$
Mittelwert Kombi 9,82

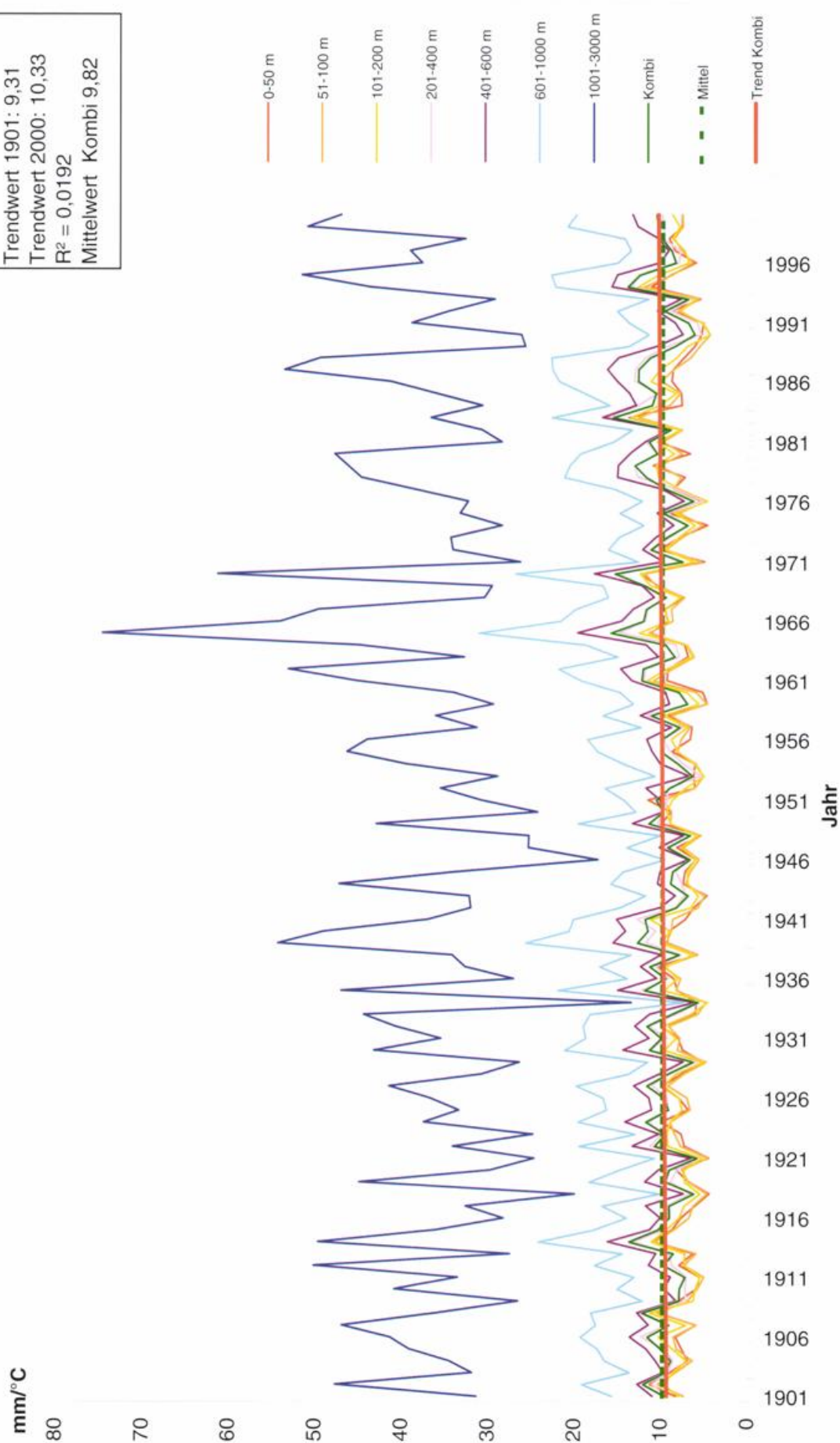


Abb. 36

Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Sommer

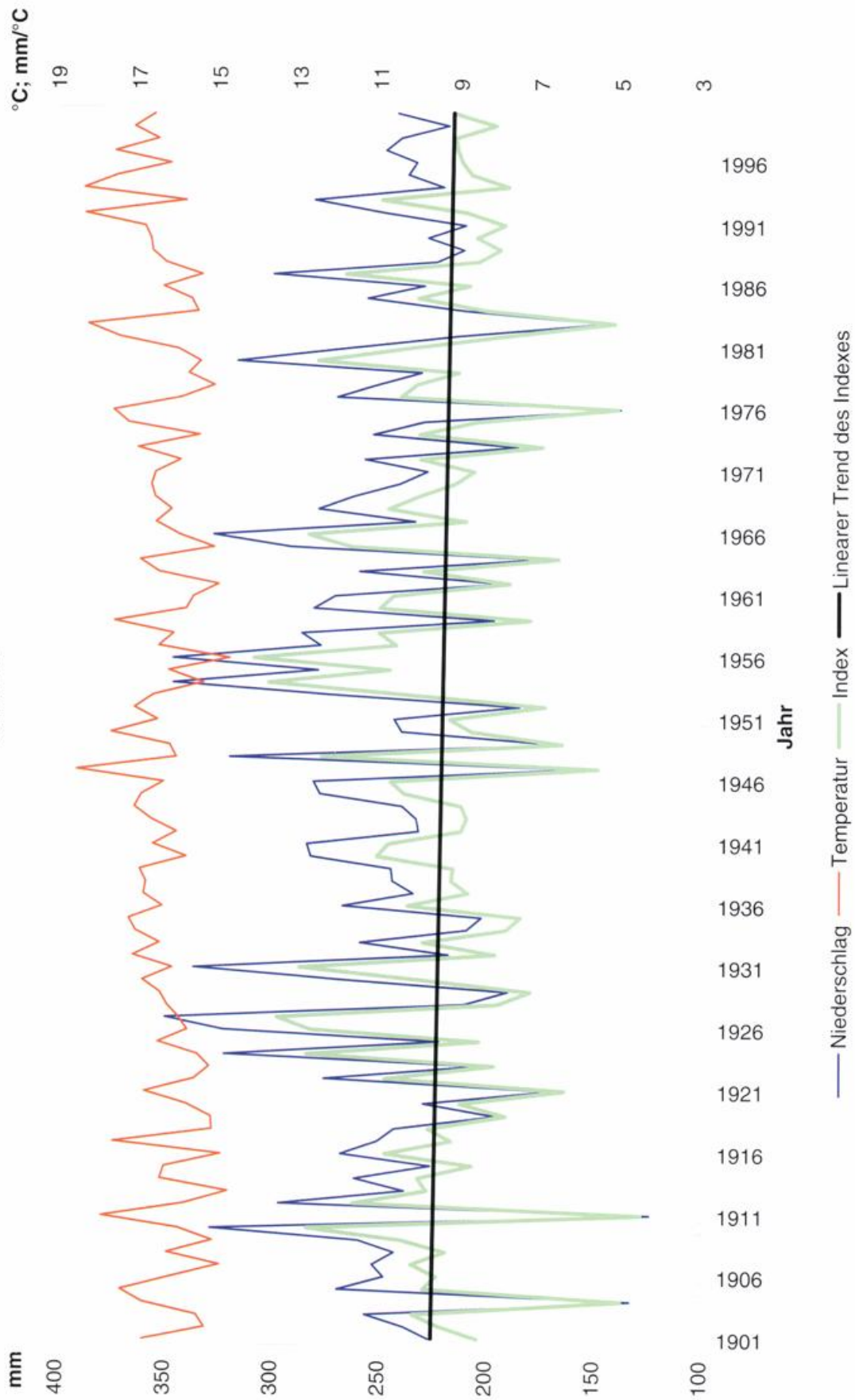


Abb. 37

Trockenheitsindex im Sommer 1901 - 2000

Formel: $A = r / (T_m + 10)$
Trendwert 1901: 9,68
Trendwert 2000: 9,20
 $R^2 = 0,0053$
Mittelwert Kombi 9,44

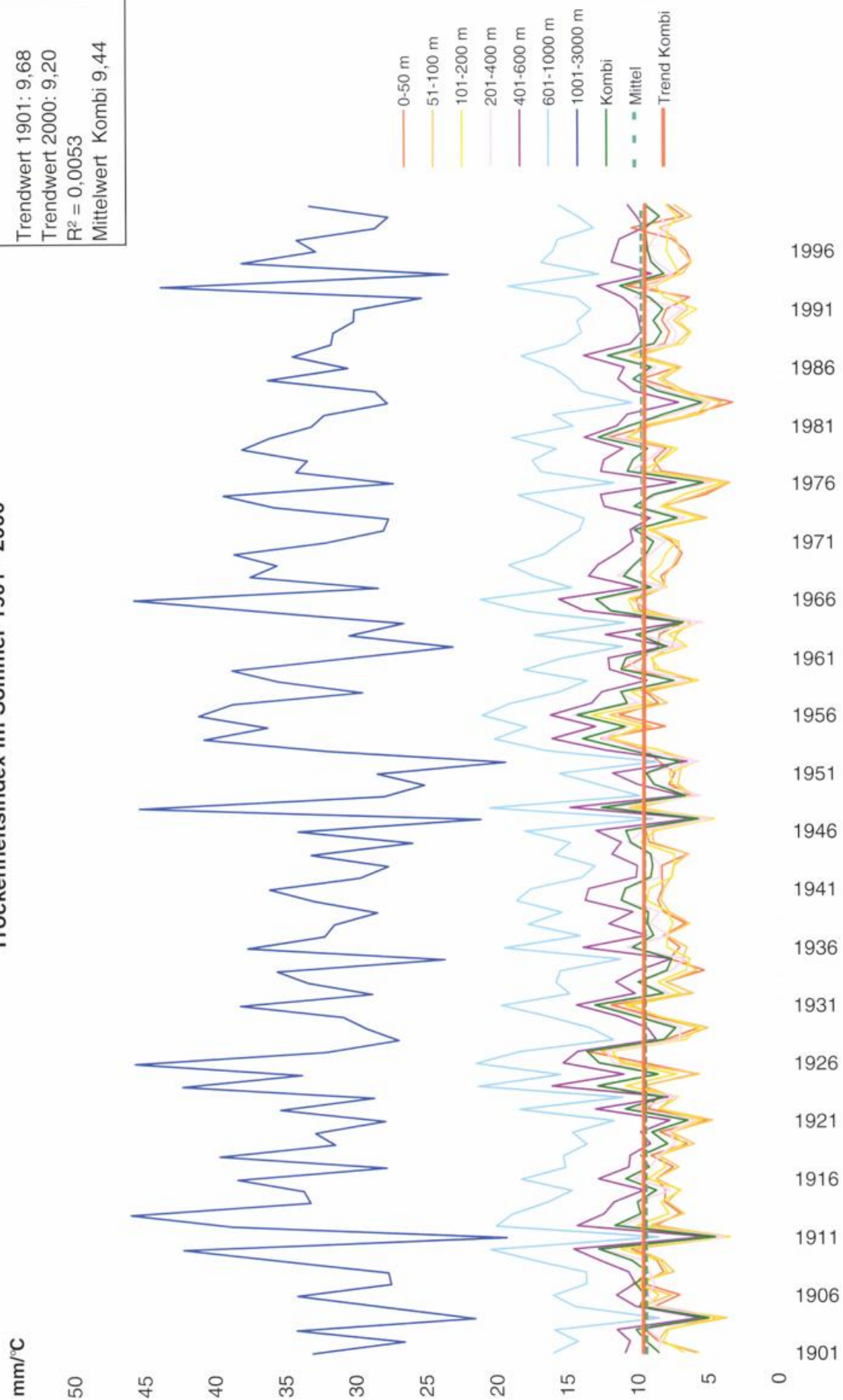


Abb. 38

Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex, Herbst

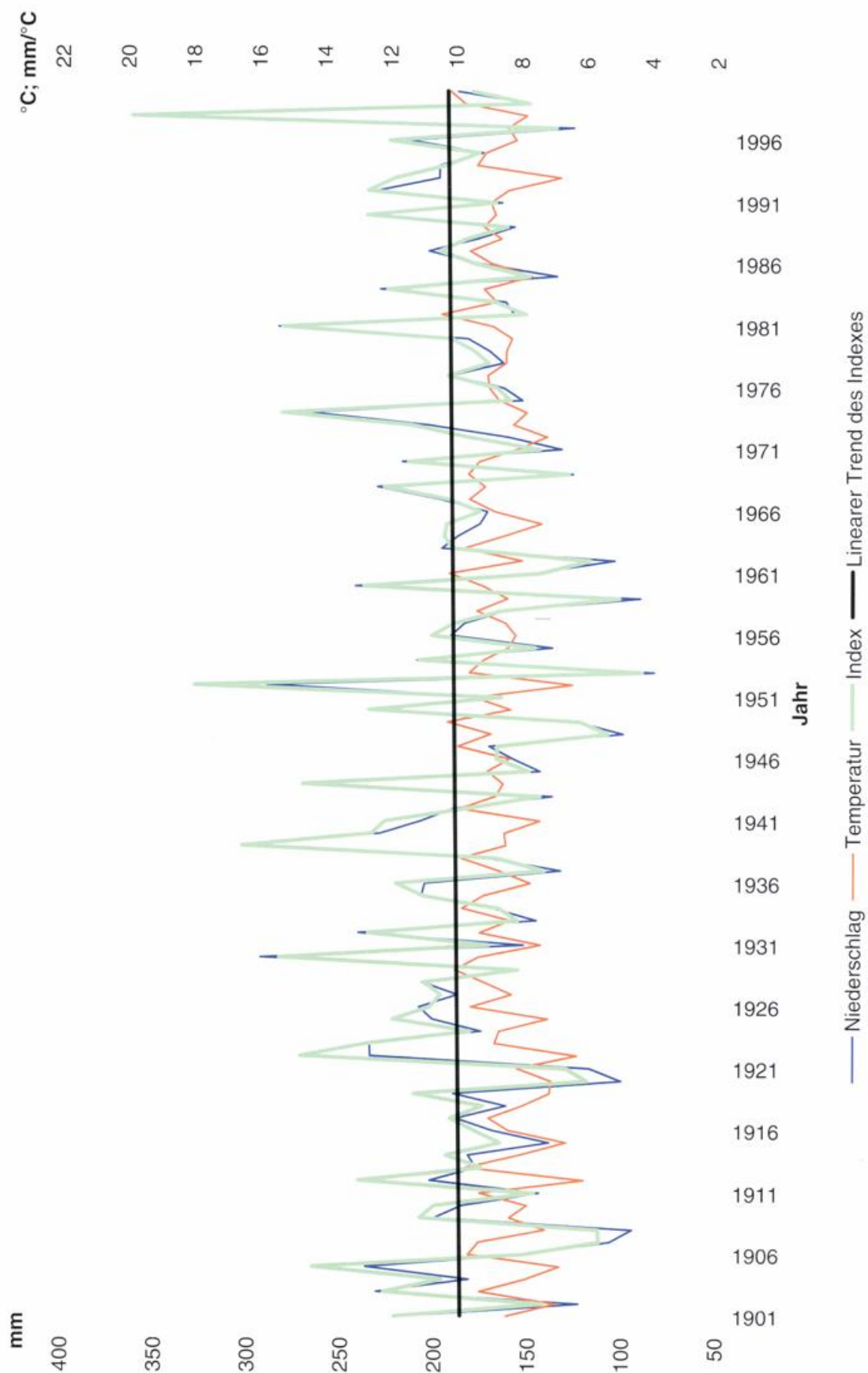


Abb. 39

Trockenheitsindex im Herbst 1901 - 2000

Formel : $A = r / (T_m + 10)$
Trendwert 1901: 9,80
Trendwert 2000: 10,27
 $R^2 = 0,0024$
Mittelwert Kombi 10,03

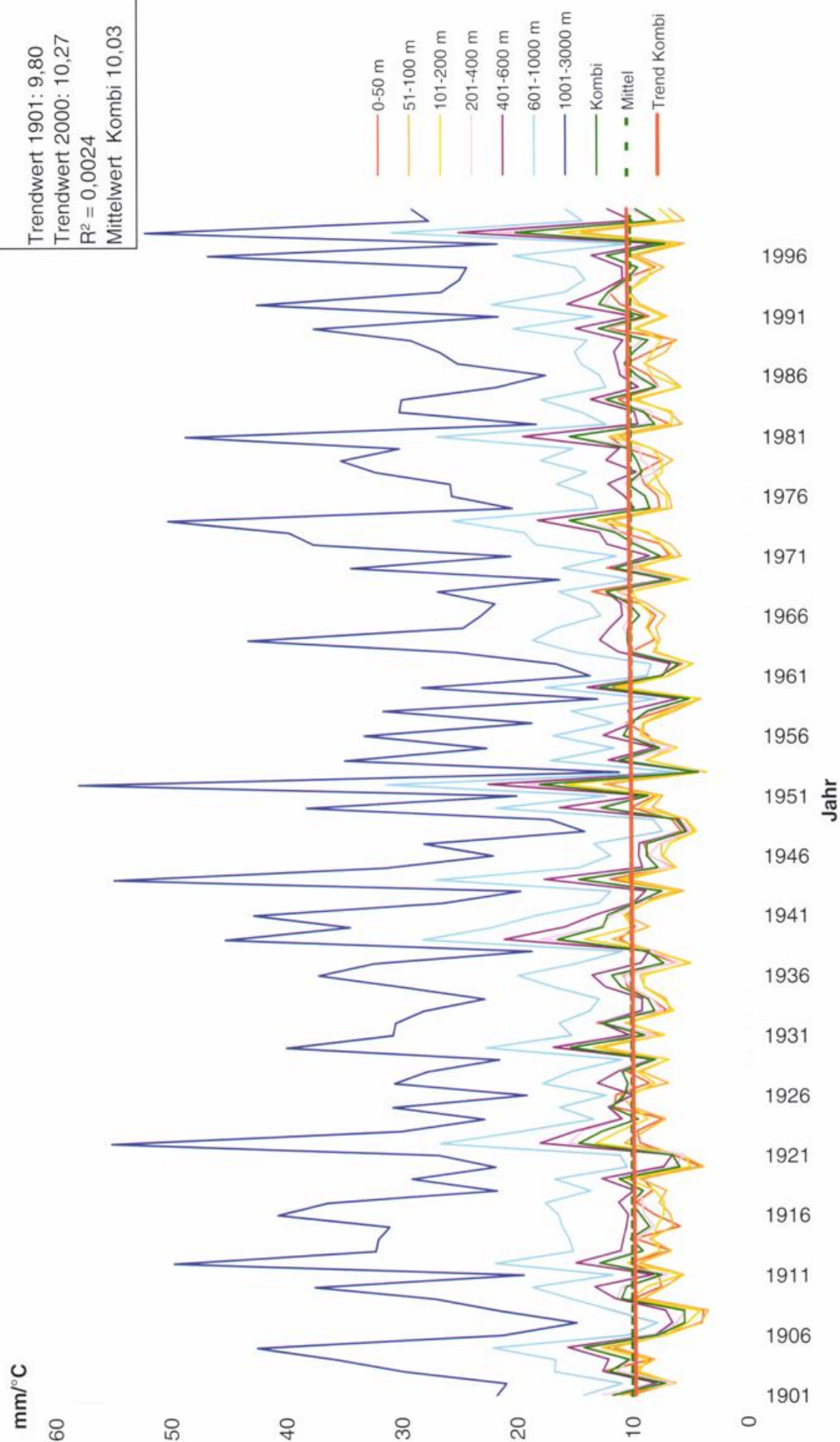


Abb.40

Gebietsmittel Temperatur, Niederschlag und Trockenheitsindex Winter

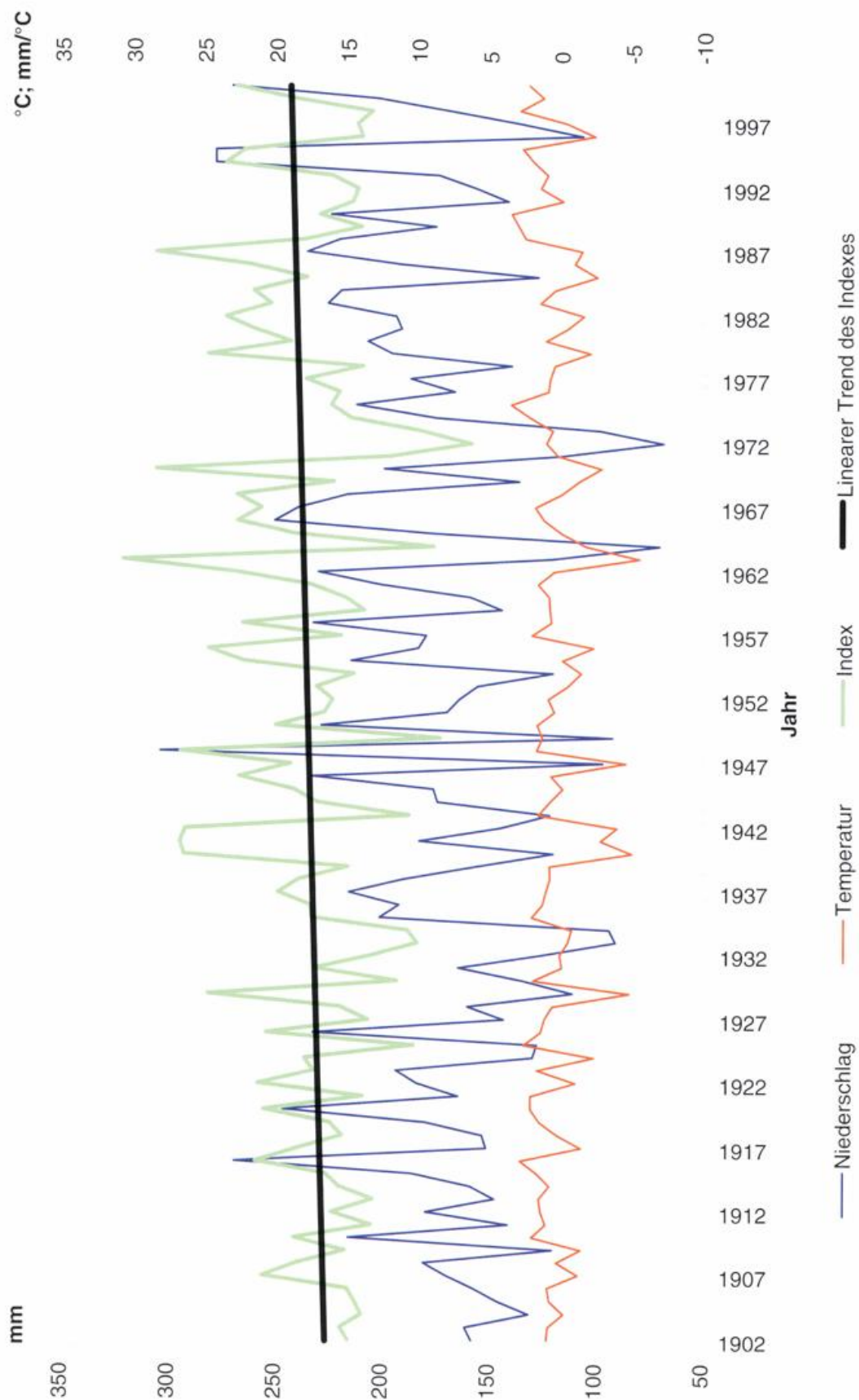
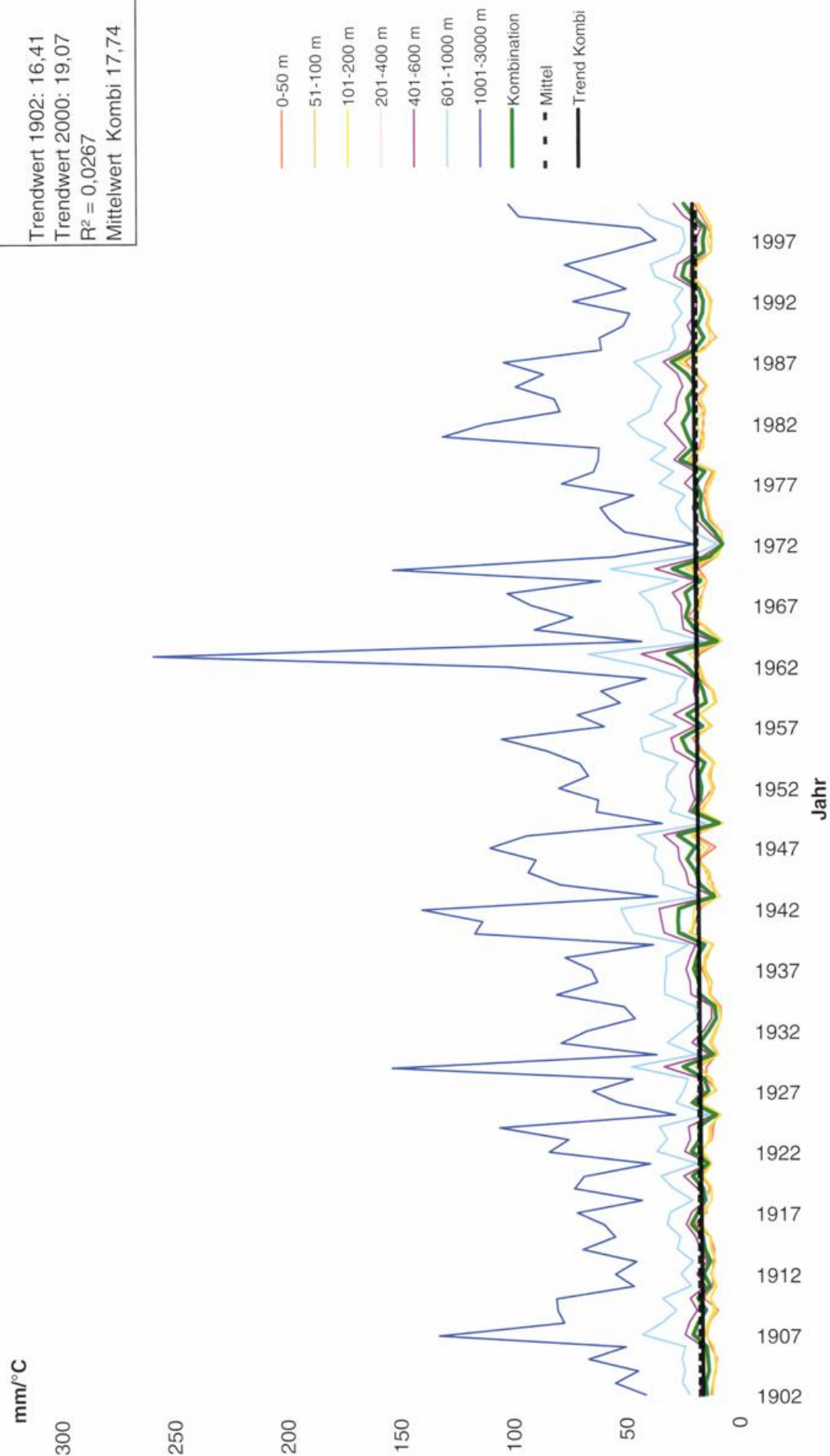


Abb. 41

Trockenheitsindex im Winter 1902 - 2000

Formel : $A = r / (T_m + 10)$
Trendwert 1902: 16,41
Trendwert 2000: 19,07
 $R^2 = 0,0267$
Mittelwert Kombi 17,74



Relative Häufigkeiten des Trockenheitsindex nach Klassen für 1959 und 1965

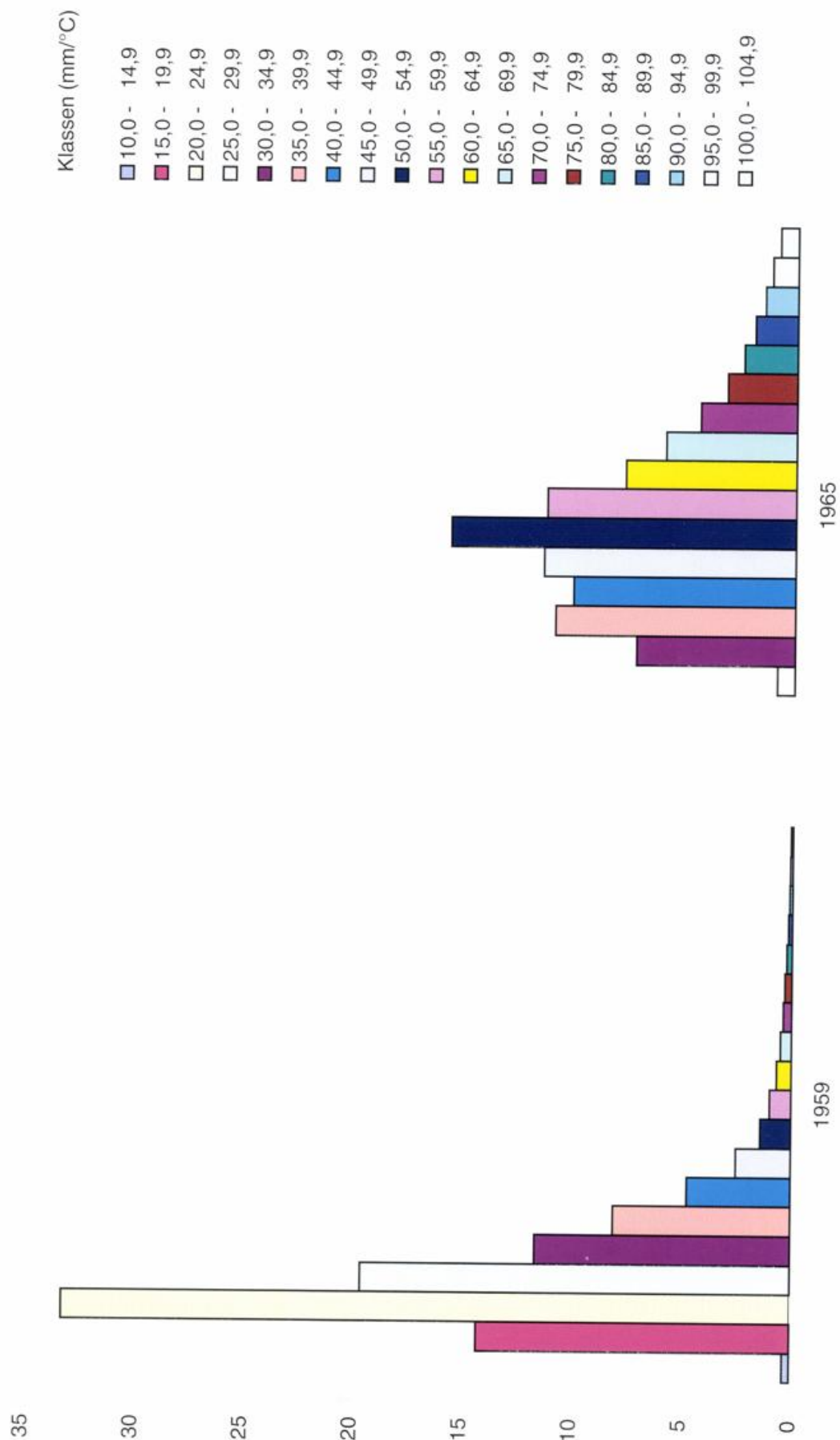


Abb. 43a

Relative Häufigkeiten der Trockenheitsindexklassen für 1959 und 1965

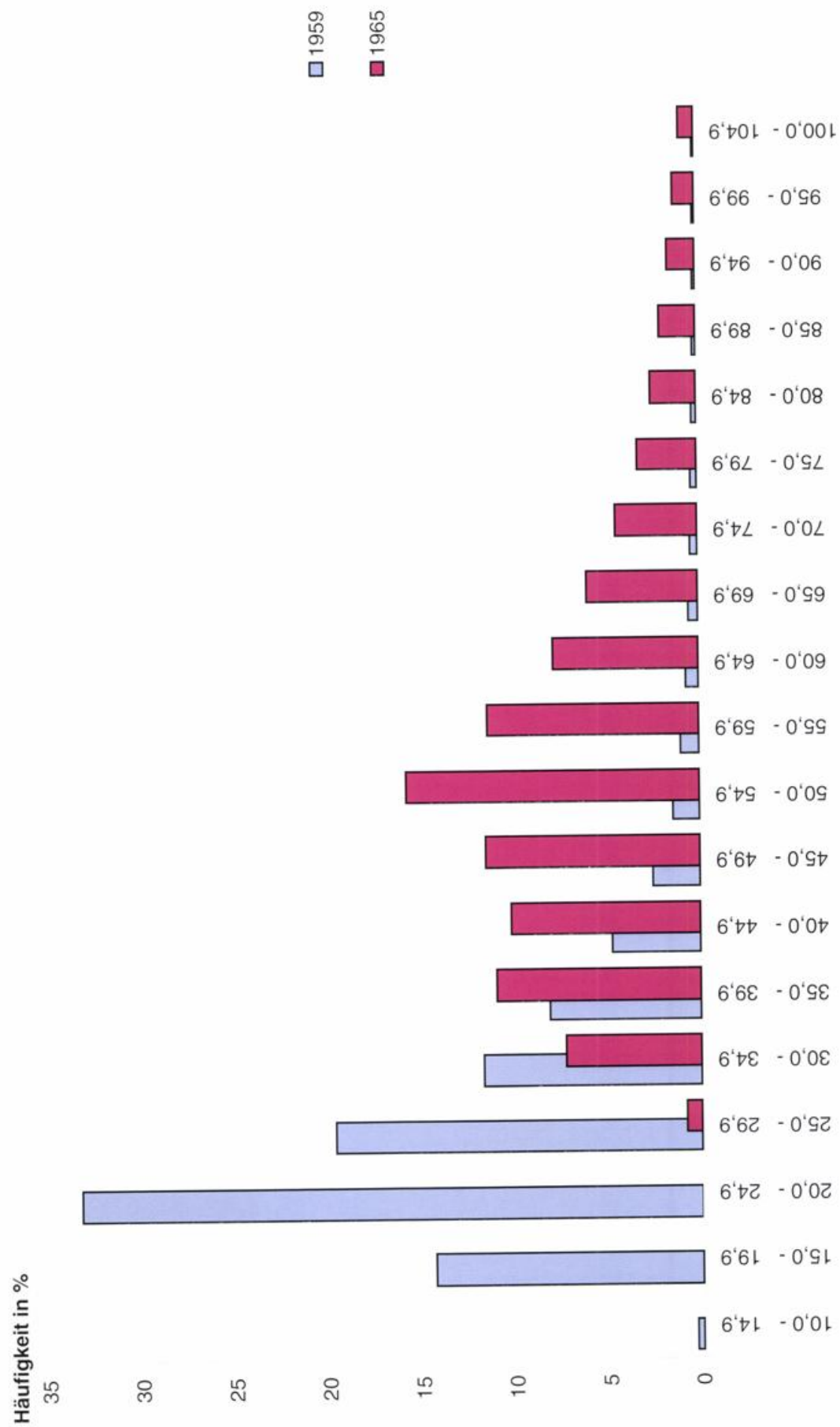


Abb. 43b