



Berichte des Deutschen Wetterdienstes

229

**Klimatologische Auswertung von Zeitreihen
der Monatsmittel von Temperaturminima
und Temperaturmaxima im 20. Jahrhundert**

von
Ute Maier, Christian Drohm, Gerhard Müller-Westermeier

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

ISSN 0072-4130
ISBN 3-88148-417-5
978-3-88148-417-6

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
Kaiserleistr. 29
63067 Offenbach am Main

Anschrift des Autors:

Christian Drohm
Alte kasseler Str. 28
35043 Marburg

Ute Maier
Im Winkel 20
35043 Marburg

Gerhard Müller-Westermeier
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Klimaüberwachung
Kaiserstraße 44
63067 Offenbach am Main

Inhalt / Contents

1.	Abstract	5
2.	Übersicht	5
3.	Einleitung	6
4.	Datenherkunft und Berechnungsverfahren	6
5.	Ergebnisse	8
5.1.	Mittleres tägliches Temperaturminimum	8
5.1.1.	Mittlere Temperaturminima für Jahr und Jahreszeiten	8
5.1.2.	Frühjahr	11
5.1.3.	Sommer	11
5.1.4.	Herbst	12
5.1.5.	Winter	12
5.2.	Mittleres tägliches Temperaturmaximum	13
5.2.1.	Mittlere Temperaturmaxima für Jahr und Jahreszeiten	13
5.2.2.	Frühjahr	16
5.2.3.	Sommer	16
5.2.4.	Herbst	17
5.2.5.	Winter	17
5.3.	Mittlere tägliche Temperaturamplitude	18
5.3.1.	Zusammenhang von Temperaturamplitude und -minimum bzw. -maximum.	18
5.3.2.	Mittlere Temperaturamplituden für Jahr und Jahreszeiten	18
5.3.3.	Frühjahr	21
5.3.4.	Sommer	22
5.3.5.	Herbst	23
5.3.6.	Winter	23
6.	Zusammenfassung	25
7.	Literaturverzeichnis	25
8.	Abbildungsverzeichnis	26

1. Abstract

The controlled and corrected climatologic parameters 'mean daily maximum temperature' and 'mean daily minimum temperature' 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 daily amplitude' as third parameter.

To achieve information about the climate changes caused by the increasing concentration of greenhouse gases in the atmosphere during the century, mean and frequency values for these parameters at each grid point were calculated and classified for years, seasons and seven ranges of elevation.

The results show an increase of 0,79 K of the mean annual grid point minimum temperature during the analysed period. The linear tendencies for the seven ranges of elevation are most influenced by the increasing mean minimum temperature in summer (0,82 K) and autumn (1,03 K).

For the mean maximum temperature we obtain an smaller tendency of 0,58 K. Autumn mean maximum temperatures determine most of the calculated annual tendency. Elevations above 600 m show an about 0,3 K stronger tendency than the mean grid value of this parameter.

The annual amplitude mean grid value shows no clear linear tendency. Especially the 30 year moving average shows temperature amplitude oscillation. This kind of tendency is also found for the seasonal mean grid temperature amplitude in various intensities.

2. Übersicht

Basierend auf den kontrollierten und korrigierten Werten des mittleren täglichen Tagesminimums und -maximums der Temperatur 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 die mittlere tägliche Temperaturamplitude als weitere klimatologische Größe.

Um Informationen über die klimatischen Veränderungen durch den Einfluss strahlungsintensiver Spurengase in der Atmosphäre während des letzten Jahrhunderts aus diesen Daten zu erhalten, wurden Mittelwerte und Häufigkeitsverteilungen aus den Gitterpunktwerten berechnet und nach Auffälligkeiten in Jahren, Jahreszeiten und sieben Höhenstufen analysiert.

Die Ergebnisse zeigen eine Zunahme des mittleren täglichen Gebietsmittelminimums von 0,79 K über den betrachteten Zeitraum. Die linearen Trends für das Gebietsmittel der sieben untersuchten Höhenstufen geben dies entsprechend mit nur geringfügig von einander abweichenden Trendwerten wieder. Verantwortlich für diese Trends sind in erster Linie die Temperaturanstiege im Sommer (0,82 K) und Herbst (1,03 K) seit Beginn des Jahrhunderts.

Für das Gebietsmittel der mittleren täglichen Maximaltemperatur ergibt sich ein deutlich schwächerer Trend von 0,58 K. Der Herbst hat auch hier den größten Einfluss auf den errechneten Trend. Oberhalb 600 m ü. NN ist der Anstieg des mittleren täglichen Temperaturmaximums um ca. 0,3 K stärker ausgeprägt als für das Gebietsmittel dieses Parameters.

Das Gebietsmittel der mittleren täglichen Temperaturschwankung im Jahr lässt keinen gesicherten linearen Trend erkennen. Besonders im gleitenden 30-jährigen Mittel findet man eine schwingungsförmige Veränderung der Temperaturamplitude. Diese Tendenz ist auch in den Jahreszeiten unterschiedlich klar erkennbar.

3. Einleitung

Im Rahmen des Projekts „Klima des 20. Jahrhunderts“ wurden bereits Zeitreihen des mittleren Tagesmittels der Lufttemperatur und der monatlichen Niederschlagshöhe für Deutschland untersucht. In gleicher Weise sollen hier die Untersuchungsergebnisse der Zeitreihen des mittleren täglichen Temperaturmaximums und -minimums vorgestellt werden. Diese beiden Parameter sind für die Analyse anthropogener Klimatrends von besonderer Bedeutung, weil sie die mittlere tägliche Temperaturschwankung bestimmen. Es wird vermutet, dass die Anreicherung IR-absorbierender Spurengase in der Atmosphäre zu einer Abnahme der täglichen Temperaturschwankung führt, da sich durch diese Gase besonders die nächtliche Ausstrahlung verringert, so dass die Temperaturminima ansteigen, während die Maxima weitgehend unverändert bleiben [2].

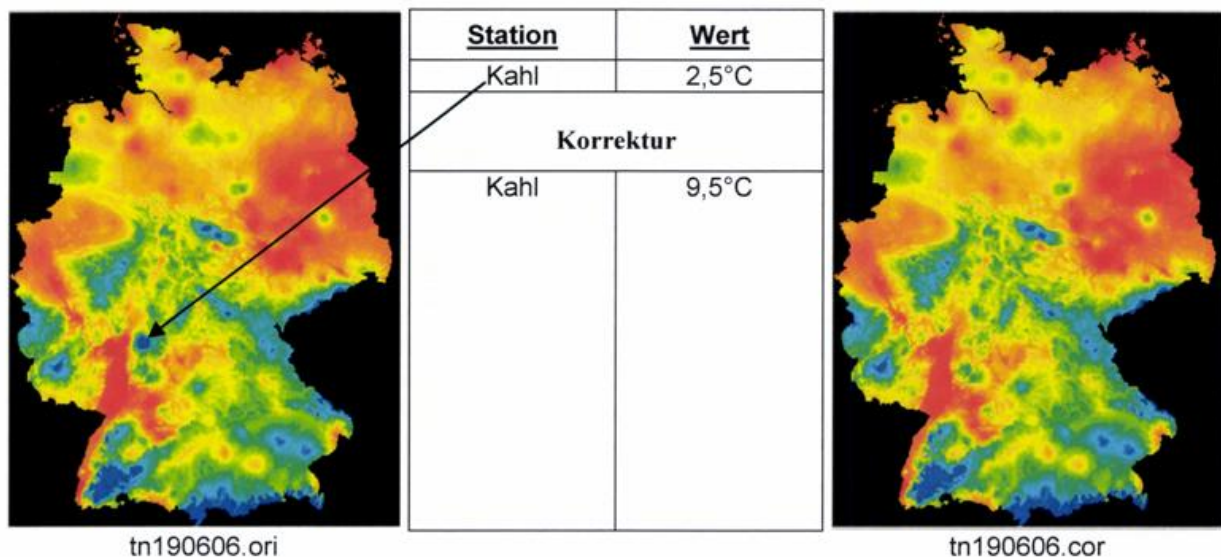
4. Datenherkunft und Berechnungsverfahren

Ausgangsmaterial für die Berechnung der Temperaturfelder sind die mittleren täglichen Temperaturminima an 1279 und die mittleren täglichen Temperaturmaxima an 1281 verschiedenen Stationen aus dem Zeitraum 1901 bis 2000, die aber zu einem großen Teil nicht über den ganzen Zeitraum hinweg existierten, so dass abhängig vom Jahr zwischen 233 (1901) und 622 (1998) Stationen vorliegen. Aus den unkorrigierten Rohdaten wurden wie in [1] beschriebene Rasterdateien mit 654 x 866 Punkten erzeugt, deren graphische Darstellungen als Basis für die Rohdatenkorrektur dienen.

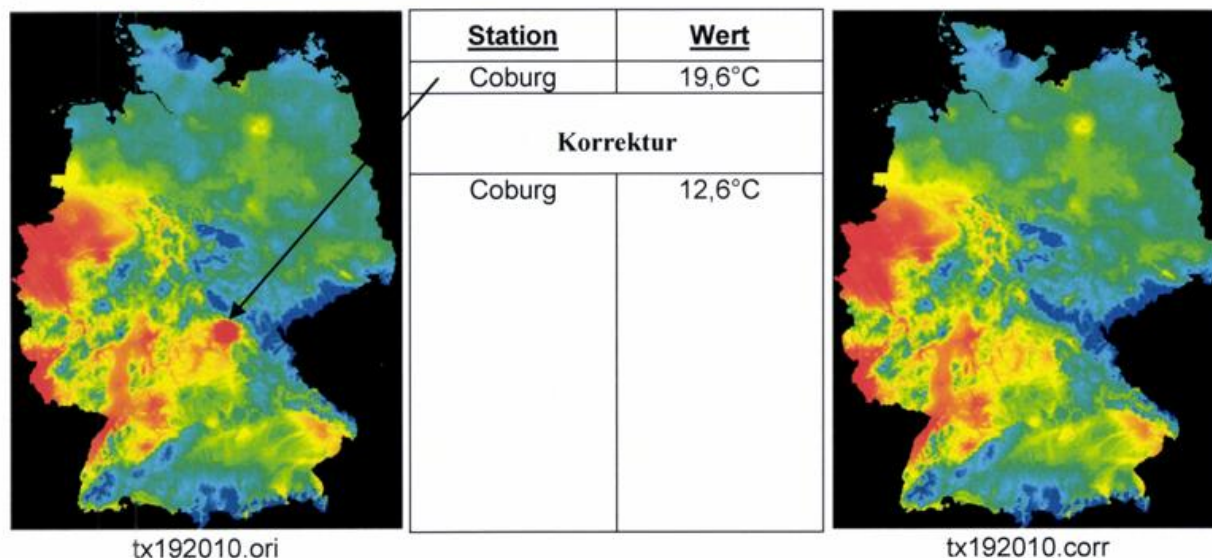
Die durchgeführte Fehleranalyse für die Originaldaten ergab überwiegend Fehler in den Monatsmitteln, falsche Stationshöhen und -koordinaten waren durch die Korrektur der Mitteltemperaturen und Niederschlagssummen weitestgehend eliminiert. Korrigierte Stations- und Messdaten lieferten die Grundlage für eine erneute Berechnung der Raster.

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

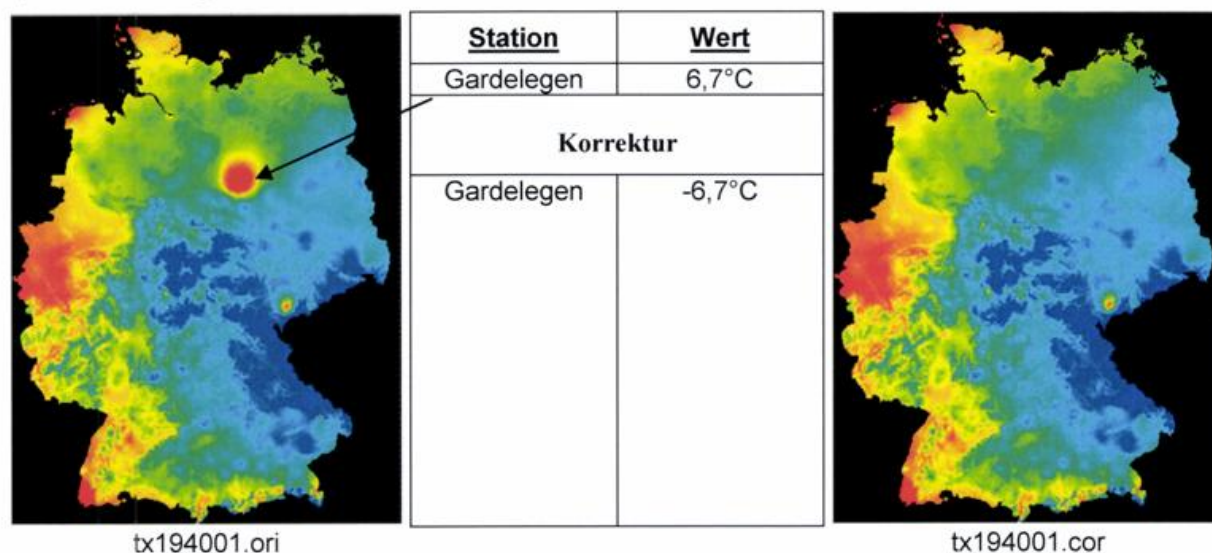
a) Mittleres Temperaturminimum im Juni 1906



b) Mittleres Temperaturmaximum im Oktober 1920



c) Mittleres Temperaturmaximum im Januar 1940



Aus den korrigierten Rasterfeldern für das mittlere monatliche Maximum und Minimum der Temperatur wurden die entsprechenden Raster für Jahreszeiten, Halbjahre und das Jahr generiert sowie die Raster der täglichen Temperaturamplitude berechnet. Diese Rasterfelder sind 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	Anteil in %
0-50 m	86.170	24,05
51-100 m	53.421	14,91
101-200 m	39.979	11,16
201-400 m	80.973	22,60
401-600 m	69.269	19,33
601-1000 m	25.319	7,07
1001-3000 m	3.172	0,89
Alle Höhenstufen	358.303	100,00

5. Ergebnisse

5.1. Mittleres tägliches Temperaturminimum

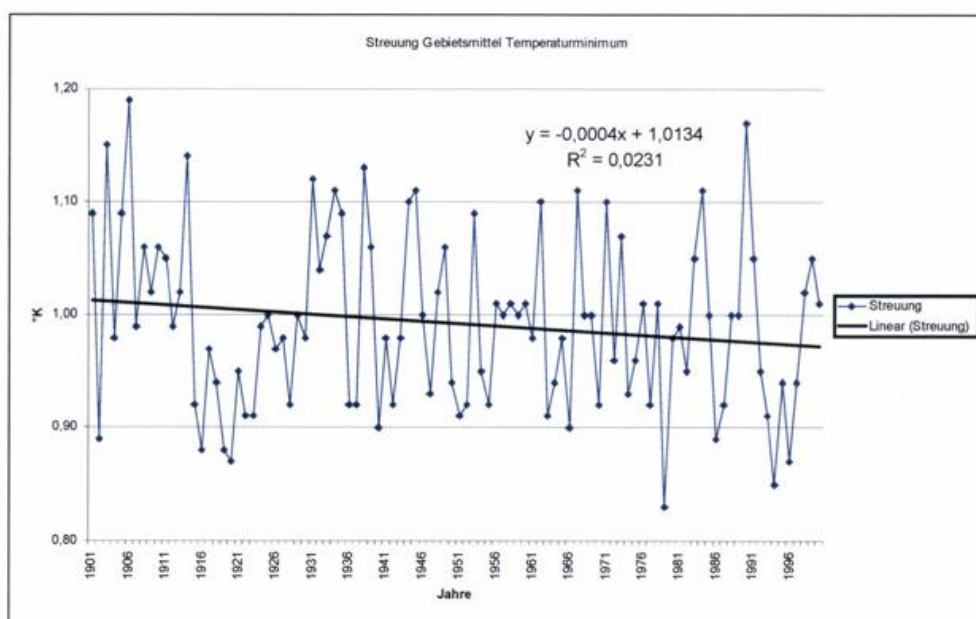
5.1.1. Mittlere Tagesminima der Temperatur für Jahr und Jahreszeiten

Der in [1] beschriebene Anstieg der mittleren Lufttemperatur zeigt sich verstärkt für die mittleren täglichen Temperaturminima. Die lineare Regression ergibt einen mittleren Temperaturanstieg um 0,79 K von 3,93 °C auf 4,72 °C im Beobachtungszeitraum 1901 bis 2000 (Abb. 1). Das Bestimmtheitsmaß r^2 beträgt hierbei 0,11. Alle acht höchsten mittleren Tagestiefsttemperaturen treten ab 1988 auf (Tab. 1a). Die höchste mittlere Tagestiefsttemperatur stammt aus dem Jahr 2000, die zehn Jahre mit den niedrigsten mittleren Temperaturminima verteilen sich auf die Zeit vor 1970 (Tab. 1b). Die Häufung hoher Tagestiefsttemperaturen in der letzten Dekade des 20. Jahrhunderts bestimmt damit auch der Verlauf des gleitenden 30-jährigen Mittels (Abb. 2). Dieses liegt bis in die 60er Jahre innerhalb eines engen Korridors zwischen 4,1 °C und 4,3 °C und steigt dann zum Ende des Beobachtungszeitraumes bis auf 4,7 °C an.

Tab. 1 Jahre mit höchstem und niedrigsten mittleren jährlichen Tagesminimum der Temperatur

Rang	a) höchstes mittleres Minimum			b) niedrigstes mittleres Minimum		
	Jahr	mittleres Minimum (°C)	Abweichung (K)	Jahr	mittleres Minimum (°C)	Abweichung (K)
1	2000	6,06	1,74	1940	2,46	-1,86
2	1994	5,81	1,49	1963	2,87	-1,46
3	1999	5,58	1,26	1929	2,88	-1,44
4	1990	5,48	1,15	1956	2,92	-1,40
5	1988	5,43	1,11	1942	3,08	-1,24
6	1989	5,40	1,07	1941	3,24	-1,09
7	1998	5,37	1,04	1962	3,28	-1,05
8	1992	5,36	1,04	1922	3,30	-1,03
9	1934	5,31	0,99	1933	3,42	-0,90
10	1974	5,12	0,80	1902	3,44	-0,89

Die Streuung der Rasterwerte der mittleren täglichen Minimaltemperatur in den Einzeljahren schwankt zwischen 0,83 K (1979) und 1,19 K (1906). Der zeitliche Trend der Streuung ist schwach negativ und mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,02 wenig aussagekräftig (Abb A).



(Abb. A)

Betrachtet man statt des Gebietsmittels die einzelnen Höhenstufen, verändert sich das Bild nur marginal. Die positiven Trends sind nahezu gleich. Der geringste Anstieg im untersuchten Zeitraum findet sich mit 0,74 K in der Höhenstufe 51-100 m, der höchste mit 0,85 K in der Höhenstufe 401-600 m. Das Bestimmtheitsmaß r^2 für diese Trends liegt zwischen 0,088 für die Höhenstufe 51-100 m und 0,15 für die Höhenstufe 1001-3000 m (Tab. 2).

Die relativen Häufigkeiten der Jahresmittel der täglichen Minimaltemperatur sind in Abb. 4 über alle Höhenstufen, in Abb. 5 für die Höhenstufe 101-200 m und in Abb. 6 für die Höhenstufe 401-600 m für jeweils die Jahre 1940 (kältestes Jahr), 2000 (wärmstes Jahr), 1979 (geringste Streuung in der Verteilung über alle Höhenstufen) und 1906 (größte Streuung) dargestellt.

Der ansteigende Trend der mittleren Tagestiefsttemperatur ergibt sich nahezu ausschließlich aus den Werten gegen Ende des Jahrhunderts, wie sowohl die Darstellung des gleitenden 30-jährigen Mittels (Abb. 2) als auch die Trendberechnungen über 30-jährige Zeiträume zeigen (Tab. 3).

Die Zunahme des mittleren Tagesminimums fällt im Sommer und Herbst stärker und ausgeprägter aus als im Frühjahr und Winter (Tab. 4). Trendberechnungen für die einzelnen Monate zeigen ebenfalls durchweg ansteigende mittlere Werte, allerdings sind die Trends - entsprechend der kleineren Datenbasis - sehr unterschiedlich in ihrer Ausprägung. In den Monaten August bis November ist der Anstieg mit jeweils über 1 K am größten, am geringsten ist er im Mai mit 0,48 K. Die Trendberechnungen für die einzelnen Wintermonate Dezember bis Februar ergeben zwar numerisch einen Anstieg um ca. 0,6-0,7 K, jedoch wird ein eventuell tatsächlich vorhandener Trend stark von der Streuung der Werte dominiert. Die Differenz zwischen höchster und niedrigster mittlerer Tagestiefsttemperatur im Berichtszeitraum beträgt für die Wintermonate ca. 10 K im Dezember, 14 K im Januar und 16 K im Februar. Hierdurch bestimmt beträgt das Bestimmtheitsmaß für die Wintermonate jeweils weniger als 0,01.

Tab. 2 Trendwerte des mittleren jährlichen Tagesminimums der Temperatur in Höhenstufen

<i>Höhenstufe</i>	<i>Trendwert 1901 (°C)</i>	<i>Trendwert 2000 (°C)</i>	<i>Anstieg (K)</i>	<i>Bestimmtheitsmaß r^2</i>
0-50 m	4,58	5,36	0,78	0,094
51-100 m	4,56	5,31	0,74	0,088
101-200 m	4,62	5,41	0,79	0,11
201-400 m	3,88	4,65	0,77	0,11
401-600 m	3,08	3,93	0,85	0,14
601-1000 m	2,29	3,08	0,79	0,13
1001 - 3000 m	0,10	0,93	0,83	0,15
Gebietsmittel	3,93	4,72	0,79	0,11

Tab. 3 Trends des mittleren jährlichen Tagesminimums der Temperatur über 30-jährige Zeiträume

<i>Zeitraum</i>	<i>Frühjahr (K)</i>	<i>Sommer (K)</i>	<i>Herbst (K)</i>	<i>Winter (K)</i>	<i>Jahr (K)</i>
1901-1930	-0,05	-0,24	0,44	-0,52	0,07
1911-1940	-0,64	0,57	1,25	-1,97	-0,23
1921-1950	0,68	0,76	0,83	-1,01	0,30
1931-1960	0,03	-0,09	-0,06	0,47	0,11
1941-1970	-0,17	-0,32	0,45	0,35	0,02
1951-1980	0,25	-0,00	0,16	1,16	0,34
1961-1990	0,52	0,68	0,41	1,71	0,84
1971-2000	1,52	0,86	0,88	0,58	0,97

Tab. 4 Trendberechnungen des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Monaten und klimatologischen Jahreszeiten

Mittelungszeitraum	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2	Standardabweichung σ (K)
Jahr	3,93	4,72	0,79	0,11	0,68
Sommerhalbjahr	8,78	9,62	0,83	0,21	0,54
Winterhalbjahr	-0,86	-0,24	0,63	0,022	1,22
Frühjahr	3,01	3,65	0,64	0,04	0,88
Sommer	10,94	11,75	0,82	0,16	0,59
Herbst	4,57	5,60	1,03	0,11	0,91
Winter	-2,69	-2,24	0,45	0,004	1,99
Januar	-3,43	-2,71	0,72	0,005	2,99
Februar	-3,07	-2,45	0,61	0,003	3,17
März	-0,46	0,39	0,86	0,019	1,80
April	2,69	3,27	0,58	0,019	1,22
Mai	6,81	7,30	0,48	0,014	1,19
Juni	9,78	10,53	0,75	0,056	0,92
Juli	11,81	12,43	0,63	0,040	0,91
August	11,22	12,30	1,07	0,13	0,88
September	8,43	9,47	1,03	0,068	1,16
Oktober	4,58	5,62	1,04	0,047	1,40
November	0,68	1,71	1,03	0,037	1,56
Dezember	-1,95	-1,28	0,66	0,0082	2,15

Aus der Berechnung der Regression für jeden einzelnen Gitterpunkt aus den einhundert Rastern des mittleren jährlichen Temperaturminimums ergibt sich eine Trendkarte (Abb. B). Stark negative Trends für das Temperaturminimum treten danach vorwiegend in größeren Höhenlagen und im Norden Deutschlands auf, eine einheitliche Tendenz ist jedoch nicht erkennbar. Das sehr uneinheitliche Bild erklärt sich auch durch die im Lauf des Jahrhunderts zunehmende Stationsdichte.

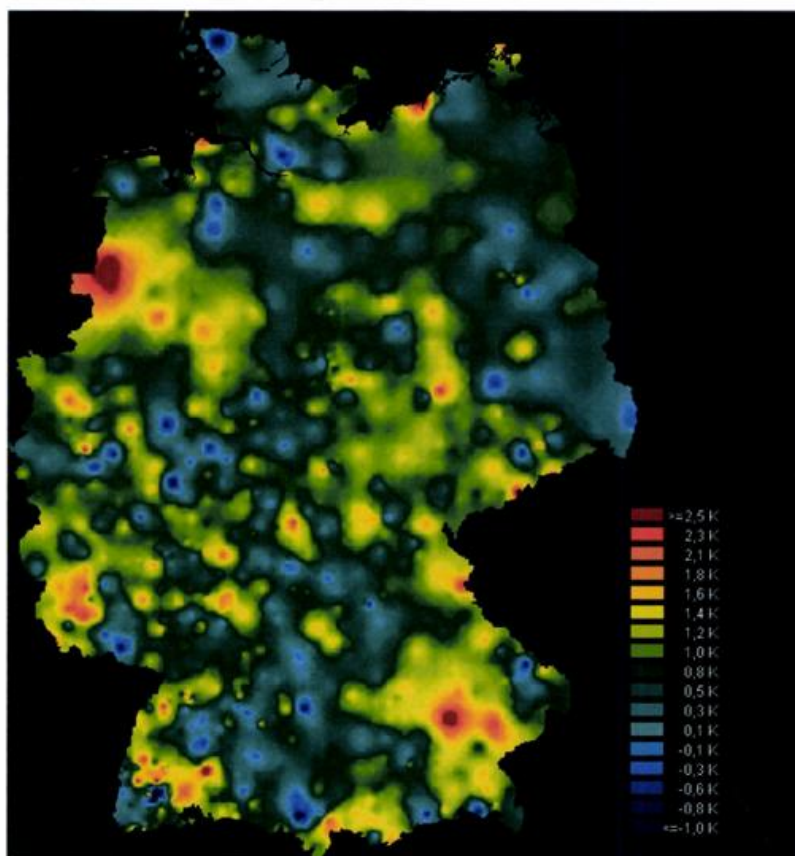


Abb. B

5.1.2. Frühjahr

Der Anstieg des Gebietsmittelwertes der mittleren Tagesstiefsttemperatur ist im Frühjahr mit 0,64 K etwas schwächer als im Jahr. In den letzten beiden Dekaden des 20. Jahrhunderts treten unterdurchschnittliche Werte nur noch vereinzelt auf. Zwar stammt der zweithöchste Wert aus dem Jahr 1920, der Trendverlauf wird hierdurch jedoch nicht wesentlich beeinflusst, da es sich um einen Einzelfall handelt. Der niedrigste Wert wurde für das Jahr 1955 errechnet (Abb. 7). Fünf der zehn höchsten Werte stammen aus der letzten Dekade des Untersuchungszeitraums.

Die zehn niedrigsten Werte verteilen sich nahezu gleichmäßig auf die Zeit vor 1990. Die Darstellung des gleitenden 30-jährigen Mittels (Abb. 8) zeigt bis in die 60-er Jahre einen Verlauf innerhalb eines Korridors zwischen 3,05 und 3,3 °C und einen steilen Anstieg auf 3,65 °C ab 1970. Dieser Verlauf ist dem des für das Jahr gerechneten 30-jährigen gleitenden Mittels sehr ähnlich.

Die Trendberechnungen für die einzelnen Höhenstufen zeigen ein entsprechendes Bild, am schwächsten ausgeprägt ist der Trend in der Höhenstufe 1001-3000 m (Tab. 5).

Tab 5 Trendwerte des mittleren Tagesminimums der Temperatur (Frühjahr) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	3,37	4,04	0,67	0,046
51-100 m	3,55	4,16	0,60	0,037
101-200 m	3,77	4,41	0,64	0,044
201-400 m	3,10	3,69	0,60	0,039
401-600 m	2,36	3,06	0,70	0,050
601-1000 m	1,53	2,11	0,58	0,033
1001 - 3000 m	-0,90	-0,41	0,48	0,021
Gebietsmittel	3,02	3,65	0,64	0,045

5.1.3. Sommer

Die mittleren Tagesminima im Sommer sind im vergangenen Jahrhundert um 0,81 K gestiegen, die Zunahme fällt mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,16 deutlich aus. Die sechs höchsten Werte treten in den letzten beiden Dekaden auf, sechs der zehn niedrigsten Werte vor 1930 (Abb. 10). In den ersten 30 Jahren liegen weniger als ein Drittel der mittleren Tagesstiefsttemperaturen über dem Mittelwert, nach 1980 treten negative Abweichungen nur vereinzelt auf.

Am deutlichsten zeigt sich der Anstieg des mittleren Temperaturminimums in der Höhenstufe 1001-3000 m, nur geringfügig abgeschwächt auch in den unteren Höhenstufen 0-50 m und 51-100 m (Tab 6, Abb. 12).

Tab. 6 Trendwerte des mittleren Tagesminimums der Temperatur (Sommer) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	11,41	12,14	0,73	0,12
51-100 m	11,56	12,27	0,71	0,12
101-200 m	11,60	12,43	0,84	0,16
201-400 m	10,85	11,68	0,83	0,15
401-600 m	10,30	11,22	0,93	0,19
601-1000 m	9,49	10,41	0,92	0,18
1001 - 3000 m	7,12	8,13	1,01	0,20
Gebietsmittel	10,94	11,75	0,82	0,16

Die Darstellung des gleitenden 30-jährigen Mittels (Abb. 11) zeigt bis 1945 einen Anstieg von 11 °C auf 11,4 °C, geringe Schwankungen um 11,3 °C in den darauf folgenden 30 Jahren und eine erneute Zunahme seit 1975 auf bisher 11,65 °C.

5.1.4. Herbst

Das herbstliche Gebietsmittel des Temperaturminimums zeigt mit seinem deutlichen Anstieg um 1,03 K im Untersuchungszeitraum am stärksten die Erwärmung in unseren Breiten. Dieser Trend beruht auf einer deutlichen Häufung großer negativer Abweichungen in den ersten drei Dekaden sowie deren sehr seltenem Auftreten nach 1980 (Abb. 13). Die größte positive Abweichung vom Mittelwert ist im Jahr 2000 (+ 1,97 K) festzustellen, die größte negative tritt 1912 (-2,21 K) auf.

Die zehn höchsten Werte fallen alle in den Zeitraum nach 1935, fünf davon allein in die letzten beiden Dekaden des Jahrhunderts. Sieben der zehn niedrigsten Werte treten in den ersten drei Jahrzehnten auf, während in den letzten beiden Dekaden insgesamt nur fünf negative Abweichungen vom Mittelwert zu finden sind.

Anders als in Frühjahr und Sommer zeigt der Trend eine eindeutige Abhängigkeit von der Höhenstufe. Je geringer die geographische Höhe ist, desto größer und bestimmter fällt der Trend aus (Tab. 7, Abb. 15).

Das gleitende 30-jährige Mittel des mittleren jährlichen Temperaturminimums weist einen steilen Anstieg zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf, der um 1940 endet und sich in einer nur noch geringen Zunahme bis in die letzte Dekade fortsetzt. In den niedrigen Höhenstufen steigen die Werte ebenfalls ab 1940 - wenn auch stark verlangsamt - weiter an, während für höhere Lagen in der zweiten Jahrhunderthälfte keine eindeutige Tendenz mehr zu finden ist (Abb. 15).

Tab. 7 Trendwerte des mittleren Tagesminimums der Temperatur (Herbst) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	5,26	6,41	1,15	0,13
51-100 m	5,14	6,23	1,09	0,11
101-200 m	5,16	6,22	1,06	0,11
201-400 m	4,46	5,43	0,97	0,094
401-600 m	3,73	4,71	0,99	0,10
601-1000 m	3,10	3,94	0,83	0,075
1001 - 3000 m	1,23	2,11	0,88	0,078
Gebietsmittel	4,57	5,60	1,03	0,11

5.1.5. Winter

Die mittleren Tagestiefsttemperaturen im Winter zeigen zwar rechnerisch einen Anstieg um 0,45 K im Berichtszeitraum, die Verteilung der Werte sowie deren große Streuung lässt es jedoch nicht zu, hier von einem eindeutigen Trend zu sprechen. Die niedrigsten Werte konzentrieren sich in der Mitte des Jahrhunderts - keiner der zehn niedrigsten Werte stammt aus der Zeit vor 1920 oder nach 1970. Acht der zehn höchsten Werte treten nach 1970 auf. (Abb. 16). Entsprechend zeigt das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 17) einen Abfall bis zur Mitte des Jahrhunderts um ca. 1 K und nachfolgend einen entsprechenden - etwas stärkeren - Anstieg. Angesichts der hohen Streuung der Einzelwerte - zwischen höchstem und niedrigstem Wert liegen im Winter nahezu 10 K - ist hier kein eindeutiger Trend auszumachen. In der Betrachtung der einzelnen Höhenstufen gilt diese Aussage analog, es lassen sich keine klaren Unterschiede erkennen.

Tab. 8 Trendwerte des mittleren Tagesminimums der Temperatur (Winter) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	-1,62	-1,25	0,37	0,0025
51-100 m	-1,89	-1,53	0,36	0,0023
101-200 m	-1,93	-1,51	0,42	0,0035
201-400 m	-2,75	-2,32	0,43	0,0040
401-600 m	-3,95	-3,38	0,57	0,0073
601-1000 m	-4,87	-4,25	0,61	0,0098
1001 - 3000 m	-6,96	-6,20	0,76	0,0163
Gebietsmittel	-2,69	-2,24	0,45	0,0042

5.2. Mittleres tägliches Temperaturmaximum

5.2.1. Mittlere Tagesmaxima der Temperatur für Jahr und Jahreszeiten

Auch die mittlere Tageshöchsttemperatur verzeichnet im Laufe des Berichtszeitraums eine Zunahme, der Trend ergibt einen Anstieg um 0,58 K von 12,24 °C auf 12,82 °C. Das Bestimmtheitsmaß fällt mit 0,049 deutlich niedriger aus als für die mittleren Tagesminima. Bis in die 40er Jahre hinein findet man vorwiegend unterdurchschnittliche Werte, die allerdings von drei stark überdurchschnittlichen Jahren (1911, 1921 und 1934) unterbrochen werden. Im Zeitraum von 1988 bis 2000 befindet sich mit 1996 nur ein Jahr, dessen mittlere Tageshöchsttemperatur unter dem Durchschnitt liegt, dieses weist zudem den fünftniedrigsten Wert des Jahrhunderts auf (Abb. 19, Tab. 9a, Tab. 9b). Sechs der zehn höchsten Werte treten ab 1989 auf, die restlichen 4 Spitzenwerte - darunter der höchste Wert - verteilen sich auf die Zeit vor 1960. Die zehn niedrigsten mittleren Tagesmaxima liegen nahezu gleichmäßig gestreut im gesamten Zeitraum.

Das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 20) wächst zunächst von 12,35 °C auf 12,65 °C an. Dieser Zunahme, die um 1945 endet, folgt ein Absinken auf den Anfangswert bis 1965. Ab 1970 zeigt das gleitende 30-jährige Mittel einen steilen Anstieg auf bisher 12,75 °C.

Auch die Trendberechnungen über 30-jährige Zeiträume (Tab. 10) zeigen ein ungleichmäßiges Bild. Lediglich im letzten Mittelungsintervall 1971-2000 weisen die Trends für die einzelnen Jahreszeiten ein gemeinsames Vorzeichen auf.

Tab. 9 Jahre mit höchstem und niedrigstem mittleren Tagesmaximum der Temperatur

Rang	a) höchstes mittleres Temperaturmaximum			b) niedrigstes mittleres Temperaturmaximum		
	Jahr	mittleres Maximum (°C)	Abweichung (K)	Jahr	mittleres Maximum (°C)	Abweichung (K)
1	1934	14,10	1,57	1940	10,95	-1,58
2	2000	14,09	1,56	1956	10,97	-1,56
3	1959	13,99	1,46	1941	11,26	-1,27
4	1989	13,96	1,43	1902	11,28	-1,25
5	1994	13,93	1,40	1996	11,30	-1,23
6	1921	13,90	1,37	1962	11,35	-1,18
7	1990	13,86	1,34	1987	11,36	-1,17
8	1949	13,84	1,31	1922	11,36	-1,17
9	1999	13,77	1,24	1919	11,48	-1,05
10	1992	13,68	1,15	1909	11,55	-0,97

Tab. 10 Trends des mittleren Tagesmaximums der Temperatur über 30-jährige Zeiträume

Zeitraum	Frühjahr (K)	Sommer (K)	Herbst (K)	Winter (K)	Jahr (K)
1901-1930	0,51	-0,09	0,77	0,02	0,41
1911-1940	-0,81	0,85	1,29	-1,66	-0,11
1921-1950	1,06	1,22	1,17	-0,56	0,69
1931-1960	0,33	-0,78	0,30	0,57	0,09
1941-1970	-1,67	-0,82	0,27	-0,04	-0,62
1951-1980	-0,74	-0,08	-0,50	0,74	-0,20
1961-1990	0,82	0,19	-0,29	1,66	0,59
1971-2000	1,77	0,99	0,47	0,99	1,06

Betrachtet man die einzelnen Höhenstufen, verändert sich hier - im Gegensatz zur Situation bei den Tagestiefsttemperaturen - das Gesamtbild. Der ansteigende Trend, der im Gebietsmittel kaum ausgeprägt ist, tritt in den Höhenstufen ab 600 m deutlicher zutage (Abb. 21, Tab. 11).

Tab. 11 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	12,39	12,89	0,49	0,032
51-100 m	12,81	13,32	0,51	0,033
101-200 m	13,01	13,67	0,66	0,057
201-400 m	12,38	13,01	0,62	0,055
401-600 m	11,74	12,31	0,56	0,046
601-1000 m	10,67	11,50	0,83	0,10
1001 - 3000 m	8,18	9,06	0,88	0,11
Gebietsmittel	12,24	12,82	0,59	0,049

Die Streuung der Rasterwerte variiert nur geringfügig zwischen 0,94 K (1956, 1963, 1972) und 1,12 K (1999). Ein zeitlicher Trend der Streuung ist auch hier nicht vorhanden, jedoch lässt sich ein lockerer Zusammenhang zwischen Temperaturmaximum und Streuung vermuten. Höhere mittlere Maxima korrelieren hierbei mit größeren Streuungen.

Die relativen Häufigkeiten der Jahresmittel der täglichen Maximaltemperatur sind in Abb. 22 über alle Höhenstufen, in Abb. 23 für die Höhenstufe 101-200 m und in Abb. 24 für die Höhenstufe 401-600 m für jeweils die Jahre 1940 (kältestes Jahr), 1934 (wärmstes Jahr), 1963 (geringste Streuung in der Verteilung über alle Höhenstufen) und 1999 (größte Streuung) dargestellt.

Die Berechnung von Trends für Monate und klimatologische Jahreszeiten ergibt in allen Jahreszeiten Temperaturanstiege, die jedoch im Winter und Frühjahr kleiner und unbestimmter ausfallen als im Herbst und Sommer. Den deutlichsten Anstieg um 0,83 K zeigt der Herbst. Im Herbst ist auch das Bestimmtheitsmaß des Trends mit 0,046 am höchsten, allerdings immer noch recht gering verglichen mit den Werten, die sich für die Trends der Tagestiefsttemperaturen ergeben. Für den Anstieg des Trends im Sommer ist fast ausschließlich der August bestimmend, der mit einem Anstieg um 1,67 K bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,096 den bei weitem deutlichsten Trend aufweist. Eine mögliche Erklärung dieses Ergebnisses kann die Abnahme der Westwetterlagen in den letzten 25 Jahren des Jahrhunderts geben. Die beiden anderen Sommermonate zeigen nur einen extrem schwach ausgeprägten ansteigenden (Juli) oder sogar fallenden (Juni) Trend. Der August hat nach diesen Berechnungen den Juli als Monat mit der höchsten mittleren Tageshöchsttemperatur abgelöst, der Herbst weist mittlerweile - anders als zu Beginn des 20. Jahrhunderts - einen höheren Wert auf als das Frühjahr.

Tab. 12 Trendberechnungen der mittleren Tageshöchsttemperatur nach Monaten und klimatologischen Jahreszeiten

Mittelungszeitraum	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2	Standardabweichung σ (K)
Jahr	12,24	12,82	0,59	0,049	0,78
Sommerhalbjahr	18,74	19,29	0,55	0,034	0,88
Winterhalbjahr	5,81	6,30	0,50	0,016	1,16
Frühjahr	12,53	12,87	0,34	0,007	1,19
Sommer	21,37	21,96	0,59	0,025	1,09
Herbst	12,26	13,10	0,83	0,046	1,14
Winter	2,87	3,27	0,41	0,005	1,77
Januar	2,02	2,54	0,53	0,004	2,54
Februar	3,32	3,93	0,61	0,004	2,83
März	7,69	8,13	0,44	0,003	2,24
April	12,16	12,84	0,68	0,011	1,89
Mai	17,73	17,64	-0,09	0,0002	1,73
Juni	20,69	20,50	-0,19	0,001	1,61
Juli	22,27	22,56	0,29	0,002	1,81
August	21,15	22,82	1,68	0,096	1,58
September	18,14	18,77	0,63	0,010	1,82
Oktober	12,42	13,41	0,99	0,028	1,72
November	6,23	7,10	0,87	0,024	1,64
Dezember	2,96	3,56	0,60	0,008	1,97

Die Trendkarte des mittleren täglichen Temperaturmaximums (Abb. D) lässt eine schwache Abhängigkeit von der Orographie und der geographischen Länge erkennen. Unter kontinentalem Einfluss und in größeren Höhen werden die Temperaturmaxima überwiegend kleiner, aber auch hier ergibt sich kein einheitliches Bild, da durch die zunehmende Stationsdichte interpolierte Werte von gemessenen Werten abgelöst werden. Der starke Anstieg des Temperaturmaximums an einigen Stellen wird durch den Übergang von interpolierten Punktwerten zu Stationsdaten (oder in der Umkehrung von Stationsdaten zu interpolierten Werten, wie in Abb. C für das Beispiel der Station Kiel dargestellt) verursacht. Die Stationslagen passen offenbar teilweise nur unzureichend zu den interpolierten Rasterwerten.

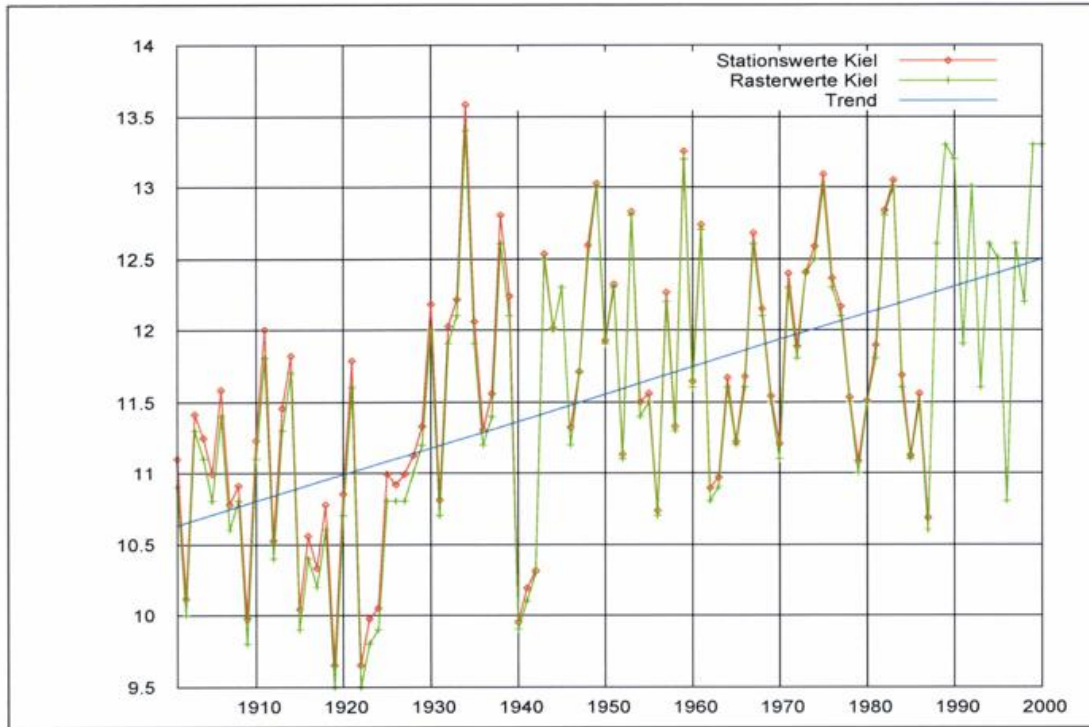


Abb. C

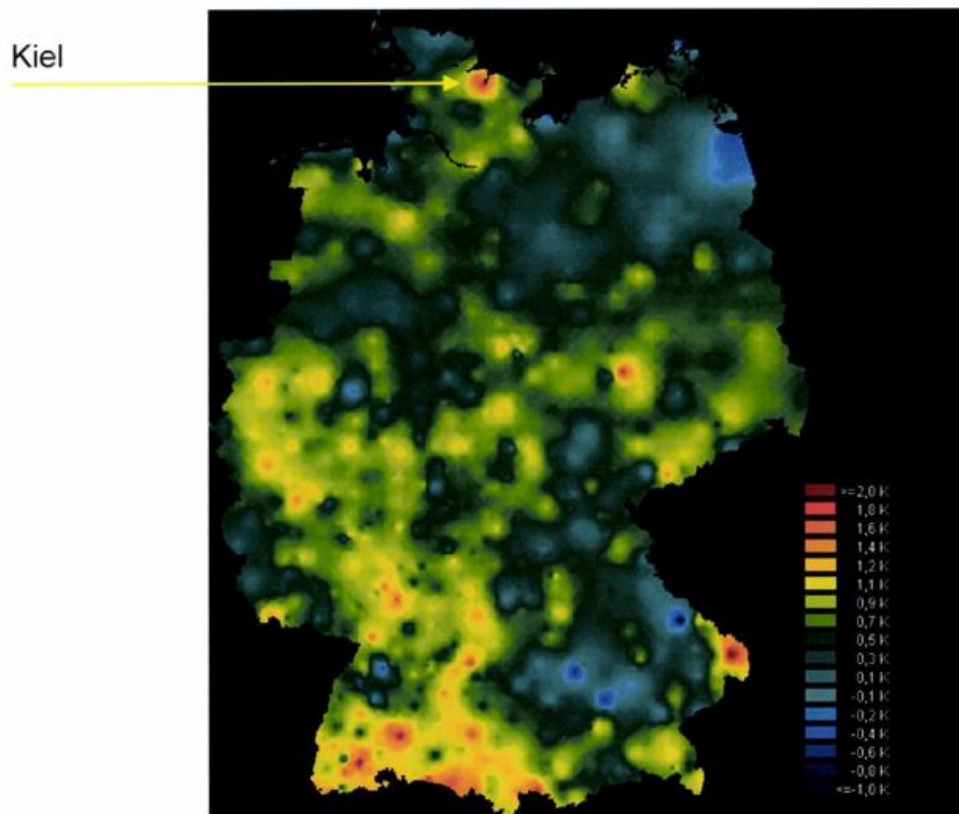


Abb. D

5.2.2. Frühjahr

Der Anstieg der mittleren Tageshöchsttemperatur im Frühjahr um 0,34 K ist eher als rechnerische Größe denn als Trend zu sehen. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wechselten sich Perioden mit überdurchschnittlichen und solche mit unterdurchschnittlichen Werten ab (Abb. 25). Die markantesten Zeiträume sind eine Häufung niedriger Werte von 1962 bis 1988 und eine Häufung hoher Werte von 1943 bis 1953. Seit 1989 liegen die mittleren Tageshöchsttemperaturen wieder meist oberhalb des Mittelwerts. Das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 26) verläuft bis ca. 1960 innerhalb eines Korridors zwischen 12,6 °C und 12,9 °C und fällt bis 1970 auf ca. 12,2 °C ab. Zum Ende des Beobachtungszeitraumes ist dieses Absinken jedoch wieder ausgeglichen.

Tab. 13 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Frühjahr) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	12,36	12,70	0,33	0,007
51-100 m	13,06	13,36	0,30	0,005
101-200 m	13,41	13,83	0,42	0,010
201-400 m	12,88	13,25	0,37	0,008
401-600 m	12,25	12,51	0,26	0,004
601-1000 m	10,83	11,30	0,47	0,012
1001 - 3000 m	7,73	8,10	0,37	0,007
Gebietsmittel	12,53	12,87	0,34	0,007

Auch in der Betrachtung der einzelnen Höhenstufen zeigen sich für die mittleren Tageshöchsttemperaturen keine eindeutigen Trends, das Verhalten ist ähnlich wie für das Gebietsmittel beschrieben (Abb. 27, Tab. 13).

5.2.3. Sommer

Die mittleren täglichen Temperaturmaxima im Sommer zeigen - im Gegensatz zu den mittleren täglichen Temperaturminima - keinen ausgeprägten Trend. Der rechnerische Anstieg um 0,59 K im Gebietsmittel ist mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,025 kaum zuverlässig. Dies resultiert aus einem sehr unterschiedlichen Verhalten der klimatologischen Sommermonate. Während im Juni und Juli keine Trends feststellbar sind - rechnerisch ergibt sich für den Juni sogar eine geringe Abnahme des mittleren täglichen Temperaturmaximums - zeigt sich für den August ein recht deutlicher Anstieg um 1,67 K, der in den Höhenstufen 101-400 m am stärksten zutage tritt (Tab. 17).

Tab. 14 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Sommer) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	21,33	21,80	0,48	0,014
51-100 m	22,01	22,58	0,57	0,020
101-200 m	22,21	22,98	0,77	0,038
201-400 m	21,58	22,26	0,69	0,030
401-600 m	21,07	21,57	0,50	0,017
601-1000 m	19,63	20,33	0,70	0,035
1001 - 3000 m	16,21	16,82	0,61	0,029
Gebietsmittel	21,37	21,96	0,59	0,025

Tab. 15 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Juni) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	20,62	20,45	-0,17	0,001
51-100 m	21,37	21,20	-0,16	0,0008
101-200 m	21,56	21,50	-0,06	0,00009
201-400 m	20,95	20,74	-0,21	0,001
401-600 m	20,38	20,04	-0,34	0,004
601-1000 m	18,82	18,77	-0,05	0,00009
1001 - 3000 m	15,26	15,23	-0,03	0,00003
Gebietsmittel	20,69	20,50	-0,19	0,0011

Tab. 16 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Juli) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901(°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg(K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	22,25	22,28	0,02	0,00001
51-100 m	22,92	23,14	0,22	0,001
101-200 m	23,10	23,58	0,49	0,006
201-400 m	22,47	22,90	0,43	0,004
401-600 m	21,98	22,24	0,26	0,002
601-1000 m	20,51	21,08	0,57	0,008
1001 - 3000 m	17,01	17,60	0,59	0,009
Gebietsmittel	22,27	22,56	0,29	0,002

Tab. 17 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (August) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	21,10	22,68	1,58	0,076
51-100 m	21,76	23,41	1,65	0,082
101-200 m	21,99	23,85	1,87	0,107
201-400 m	21,31	23,15	1,84	0,103
401-600 m	20,85	22,42	1,57	0,082
601-1000 m	19,57	21,14	1,58	0,084
1001 - 3000 m	16,35	17,63	1,28	0,060
Gebietsmittel	21,15	22,82	1,68	0,096

5.2.4. Herbst

Die mittleren täglichen Temperaturmaxima im Herbst zeigen einen mäßig ausgeprägten Anstieg um 0,83 K, der im wesentlichen verursacht wird durch eine Häufung niedriger Werte in den ersten drei Dekaden des Beobachtungszeitraumes (Abb. 31).

Das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 32) steigt entsprechend bis 1956 von 12,2 °C auf 13,1 °C an, seitdem ist ein langsames Absinken auf 12,7 °C - auf das Jahrhundertmittel - zu verzeichnen. Der ansteigende Trend dokumentiert sich in Höhenlagen oberhalb 600 m wesentlich deutlicher.

Tab. 18 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Herbst) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	12,61	13,25	0,64	0,032
51-100 m	12,85	13,53	0,68	0,031
101-200 m	12,94	13,83	0,89	0,048
201-400 m	12,27	13,17	0,89	0,049
401-600 m	11,66	12,57	0,91	0,049
601-1000 m	10,80	12,05	1,24	0,079
1001 - 3000 m	8,76	10,17	1,41	0,094
Gebietsmittel	12,26	13,10	0,83	0,046

5.2.5. Winter

Das mittlere tägliche Temperaturmaximum im Winter ist rechnerisch um 0,41 K gestiegen. Zwischen den höchsten und niedrigsten Werten liegen nahezu 9 K. Die niedrigsten Werte stammen vorwiegend aus der Mitte, die höchsten aus den letzten drei Jahrzehnten des Berichtszeitraums (Abb. 34). Das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 35) zeigt entsprechend zunächst ein Absinken von ca. 3,4 °C um 1925 auf 2,45 °C bis 1955, gefolgt von einem Anstieg auf bisher 3,5 °C. Weder im Gebietsmittel noch in den einzelnen Höhenstufen (Tab.19, Abb. 36) liegt ein gesicherter Trend vor.

Tab. 19 Trendwerte des mittleren Tagesmaximums der Temperatur (Winter) in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	3,34	3,72	0,37	0,003
51-100 m	3,38	3,73	0,34	0,003
101-200 m	3,55	3,93	0,39	0,004
201-400 m	2,89	3,26	0,37	0,004
401-600 m	2,09	2,48	0,40	0,005
601-1000 m	1,50	2,25	0,75	0,018
1001 - 3000 m	0,11	1,08	0,96	0,029
Gebietsmittel	2,87	3,27	0,41	0,005

5.3. Mittlere tägliche Temperaturamplitude

5.3.1. Zusammenhang von Temperaturamplitude und -minimum bzw. -maximum.

Die mittleren täglichen Temperaturamplituden sind mit den entsprechenden Minima und Maxima der Temperatur eng korreliert, der Charakter dieses Zusammenhangs ändert sich jedoch im Verlauf des Jahres. Von März bis Oktober korrelieren höhere Maxima mit größeren Amplituden, in den Wintermonaten Januar und Februar treten dagegen niedrige Minima gemeinsam mit großen Amplituden auf.

Ein gegebenenfalls existierender Trend von Minimum bzw. Maximum zu einer bestimmten Jahreszeit lässt somit einen bestimmten Trend für die mittlere Temperaturamplitude erwarten, worauf in der Betrachtung der einzelnen Jahreszeiten kurz eingegangen wird.

In den Abb. 37 und 38 ist der Zusammenhang der Amplitude mit Temperaturminimum bzw. Temperaturmaximum für alle 1200 Einzelmonate dargestellt.

5.3.2. Mittlere Tagesamplituden der Temperatur für Jahr und Jahreszeiten

Rechnerisch ergibt sich für die mittlere tägliche Temperaturamplitude von 1901 bis 2000 ein Absinken um 0,20 K. Der Betrachtungszeitraum beginnt mit einer Periode niedriger Temperaturamplituden, die um 1930 endet und von einer Periode hoher Amplituden bis ca. 1960 abgelöst wird. Seither herrschen wieder niedrige Werte vor (Abb. 39). Die Darstellung des gleitenden 30-jährigen Mittels (Abb. 40) verdeutlicht dieses Verhalten, die Kurve gleicht eher einer Schwingung, die zufällig am tiefsten Punkt endet, als einem linearen Trend. Dieser schwingungsförmige Verlauf (Abb. E) zeigt sich unterschiedlich deutlich in allen Jahreszeiten. In den Trendperioden 1901 bis 1930 und 1921 bis 1950 finden sich für alle Jahreszeiten Anstiege der mittleren Temperaturamplitude, in den Zeiträumen 1941-1970 und 1951-1980 ausschließlich fallende Werte.

Tab. 20 Jahre mit größter und kleinster mittlerer jährlicher Tagesamplitude der Temperatur

Rang	a) größte mittlere Temperaturamplitude			b) kleinste mittlere Temperaturamplitude		
	Jahr	mittlere Amplitude (K)	Abweichung (K)	Jahr	mittlere Amplitude (K)	Abweichung (K)
1	1959	9,62	1,41	1984	7,45	-0,76
2	1947	9,50	1,31	1987	7,49	-0,72
3	1921	9,41	1,24	1978	7,53	-0,69
4	1929	9,14	0,98	1977	7,58	-0,65
5	1949	9,08	0,93	1988	7,59	-0,64
6	1943	9,05	0,90	1980	7,60	-0,65
7	1911	8,87	0,74	1970	7,69	-0,56
8	1934	8,79	0,66	1905	7,70	-0,56
9	1953	8,76	0,64	1981	7,70	-0,56
10	1933	8,72	0,61	1966	7,71	-0,56

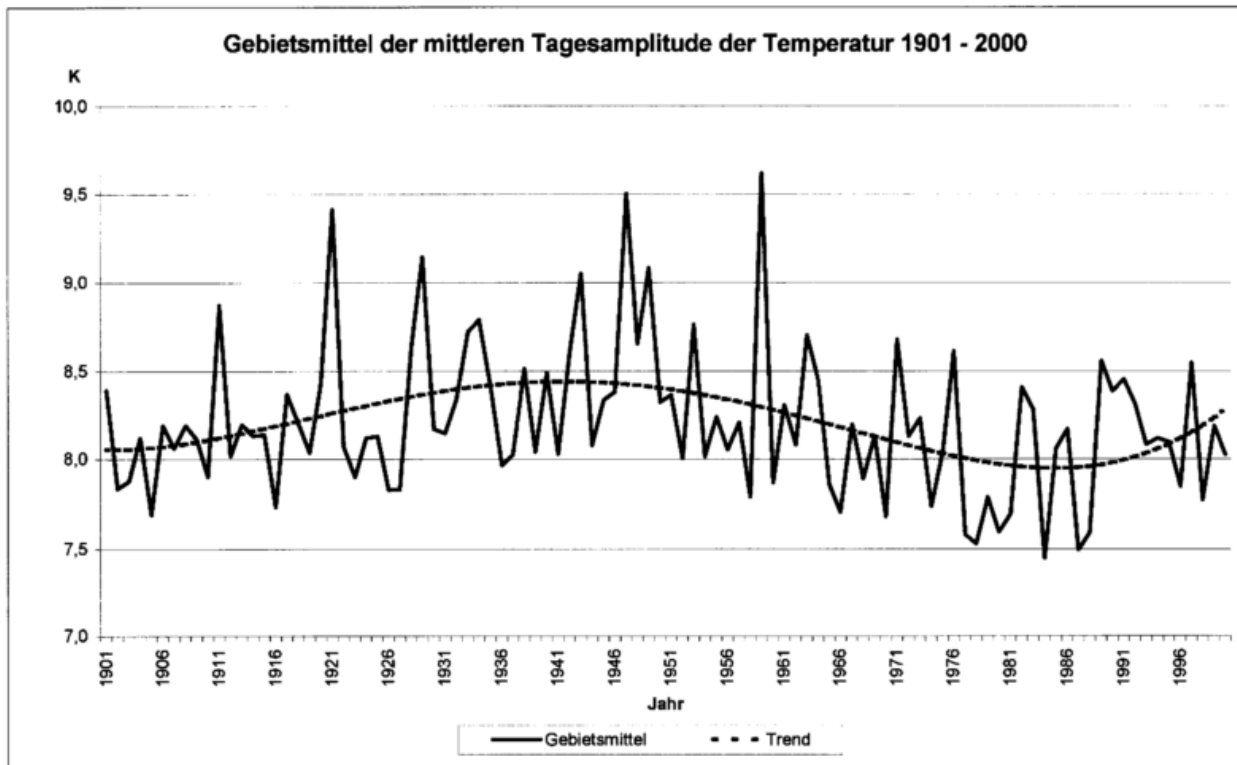


Abb. E

In der Höhenabhängigkeit der Amplitudentrends findet sich oberhalb 600 m eine Umkehrung. Die geringe Zunahme der Amplitude von 0,05 K ist über ein Bestimmtheitsmaß von 0,001 nicht abgesichert.

Tab. 21 Trendwerte der mittleren jährlichen Tagesamplitude der Temperatur in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	7,82	7,53	-0,28	0,040
51-100 m	8,25	8,02	-0,23	0,023
101-200 m	8,39	8,25	-0,13	0,008
201-400 m	8,50	8,36	-0,14	0,008
401-600 m	8,67	8,38	-0,29	0,036
601-1000 m	8,39	8,43	0,05	0,0009
1001 - 3000 m	8,09	8,13	0,05	0,001
Gebietsmittel	8,31	8,11	-0,20	0,020

Tab. 22 Trends der mittleren jährlichen Tagesamplitude der Temperatur über 30-jährige Zeiträume

Zeitraum	Frühjahr (K)	Sommer (K)	Herbst (K)	Winter (K)	Jahr (K)
1901-1930	0,56	0,15	0,34	0,52	0,33
1911-1940	-0,17	0,28	0,05	0,32	0,12
1921-1950	0,38	0,46	0,34	0,44	0,39
1931-1960	0,30	-0,70	0,36	0,09	-0,01
1941-1970	-1,50	-0,51	-0,19	-0,39	-0,65
1951-1980	-0,99	-0,08	-0,66	-0,42	-0,54
1961-1990	0,30	-0,48	-0,70	-0,04	-0,26
1971-2000	0,25	0,12	-0,42	0,42	0,09

Tab. 23 Trendberechnungen der mittleren Tagesamplituden der Temperatur nach Monaten und klimatologischen Jahreszeiten

Mittelungszeitraum	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2	Standardabweichung $\sigma(K)$
Jahr	8,31	8,11	-0,20	0,020	0,42
Sommerhalbjahr	9,97	9,68	-0,28	0,018	0,62
Winterhalbjahr	6,65	6,54	-0,12	0,007	0,42
Frühjahr	9,51	9,22	-0,30	0,017	0,67
Sommer	10,43	10,21	-0,22	0,008	0,73
Herbst	7,70	7,50	-0,20	0,006	0,74
Winter	5,54	5,50	-0,04	0,0004	0,50
Januar	5,44	5,25	-0,19	0,006	0,73
Februar	6,38	6,38	-0,00	0,00	0,93
März	8,15	7,74	-0,41	0,011	1,15
April	9,47	9,57	0,10	0,0006	1,16
Mai	10,92	10,34	-0,57	0,029	0,99
Juni	10,91	9,97	-0,94	0,070	1,03
Juli	10,47	10,13	-0,34	0,007	1,17
August	9,92	10,52	0,60	0,030	1,02
September	9,70	9,30	-0,40	0,009	1,27
Oktober	7,84	7,79	-0,05	0,0002	1,22
November	5,55	5,40	-0,15	0,005	0,62
Dezember	4,90	4,83	-0,06	0,001	0,52

Die Trendkarte der mittleren jährlichen Temperaturamplitude (Abb. E) ist gekennzeichnet durch starke regionale Unterschiede. Man kann eine schwache Abhängigkeit von der Topographie vermuten, aber die unterschiedliche Stationsdichte über das Jahrhundert hat auch hier den stärkeren Einfluss auf das Ergebnis der Einzelpunktregression.

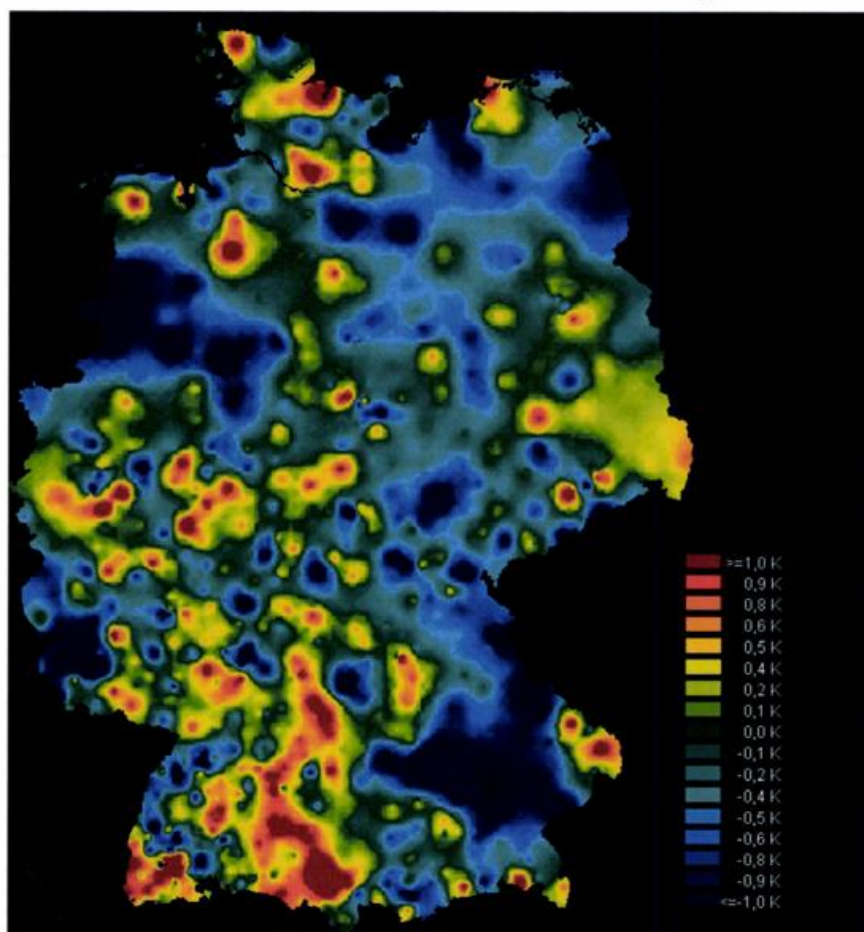


Abb. F

Die Streuung der Rasterwerte variiert zwischen 0,53 K (1939) und 1,02 K (1962). Ein zeitlicher Trend der Streuung ist nicht gesichert, es zeigt sich allerdings ein Zusammenhang zwischen mittlerer Temperaturamplitude und Streuung. Höhere mittlere Amplituden korrelieren hierbei mit größeren Streuungen.

Die relativen Häufigkeiten der Jahresmittel der mittleren täglichen Temperaturamplitude im Jahr sind in Abb. 42 über alle Höhenstufen, in Abb. 43 für die Höhenstufe 101-200 m und in Abb. 44 für die Höhenstufe 401-600 m für jeweils die Jahre 1984 (geringste Amplitude), 1959 (größte Amplitude), 1939 (geringste Streuung in der Verteilung über alle Höhenstufen) und 1962 (größte Streuung) dargestellt.

5.3.3. Frühjahr

Die mittlere tägliche Temperaturamplitude im Frühjahr zeigt ebenfalls den für das Jahr beschriebenen schwingungsförmigen Verlauf (Abb. G), der bestimmt wird durch eine Häufung überdurchschnittlicher Werte zwischen 1940 und 1960 sowie größtenteils unterdurchschnittliche Werte vor 1910 und nach 1960. Der Trend weist ein Absinken der mittleren Temperaturamplitude um 0,30 K aus. Dieses Verhalten trifft für alle Höhenstufen zu. Der rechnerische Trend ist am größten für die Höhenstufe 401-600 m, in Höhen oberhalb 600 m existiert kein nennenswerter Trend.

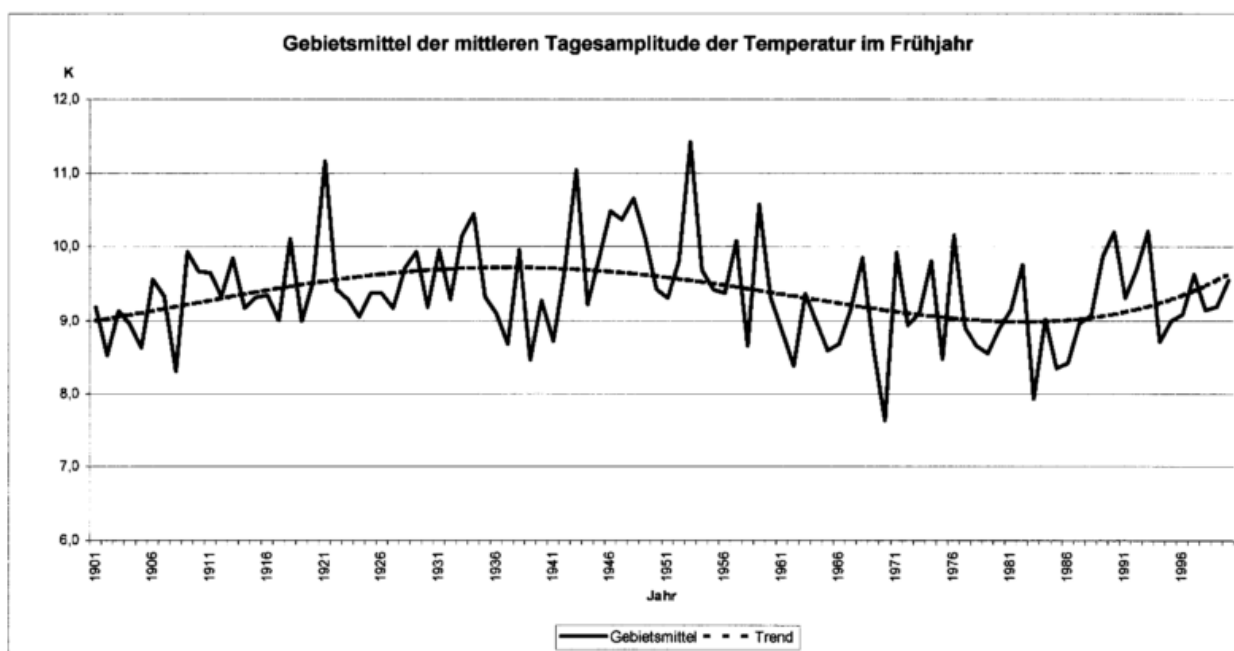


Abb. G

Tab. 24 Trendwerte der mittleren Temperaturamplitude im Frühjahr in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	9,00	8,66	-0,34	0,022
51-100 m	9,51	9,20	-0,31	0,016
101-200 m	9,65	9,43	-0,22	0,009
201-400 m	9,79	9,55	-0,23	0,009
401-600 m	9,88	9,45	-0,43	0,031
601-1000 m	9,30	9,19	-0,11	0,002
1001 - 3000 m	8,63	8,51	-0,12	0,003
Gebietsmittel	9,51	9,22	-0,30	0,017

Die mittlere Temperaturamplitude zeigt im Frühjahr keine deutliche Abhängigkeit vom mittleren Minimum. Eine Regression über dem mittleren Frühjahrsmaximum ergibt für einen Anstieg der Höchsttemperatur um 1 K einen Anstieg der Amplitude von 0,38 K bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,463. Der rechnerische Anstieg der mittleren

Tageshöchsttemperaturen im Frühjahr um 0,34 K ließe also - im Gegensatz zur tatsächlichen Entwicklung - einen Anstieg der mittleren Temperaturamplitude um 0,13 K erwarten.

5.3.4. Sommer

Die mittlere tägliche Temperaturamplitude im Sommer hat im Beobachtungszeitraum rechnerisch um 0,22 K abgenommen. Der für das Jahr beschriebene schwingungsförmige Verlauf (Abb. H) tritt auch hier zutage. Wie im Frühjahr ist die Abnahme der Temperaturamplitude in der Höhenstufe 401-600 m am größten.

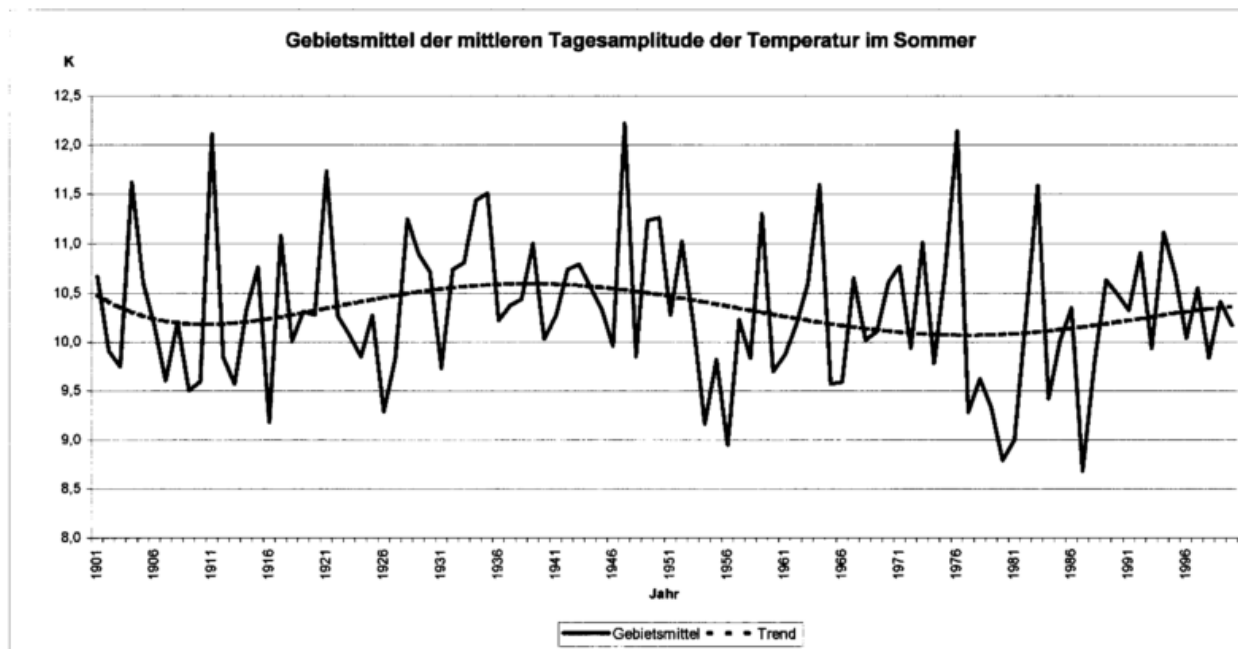


Abb. H

Tab. 25 Trendwerte der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Sommer in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	9,92	9,66	-0,25	0,009
51-100 m	10,45	10,32	-0,14	0,002
101-200 m	10,62	10,55	-0,07	0,0007
201-400 m	10,72	10,58	-0,15	0,003
401-600 m	10,78	10,34	-0,43	0,027
601-1000 m	10,14	9,92	-0,22	0,008
1001 - 3000 m	9,09	8,69	-0,40	0,032
Gebietsmittel	10,43	10,21	-0,22	0,008

Die mittlere tägliche Temperaturamplitude im Sommer ist nur mäßig mit dem mittleren Temperaturminimum korreliert (0,44 K T_{amp} / 1 K T_{min} bei einem Bestimmtheitsmaß r^2 von 0,12), sie korreliert sehr deutlich mit der mittleren Tageshöchsttemperatur (0,58 K T_{amp} / 1 K T_{max} , $r^2=0,74$).

Der Anstieg des mittleren Temperaturminimums um 0,82 K lässt einen Anstieg der Temperaturamplitude um 0,36 K, der Anstieg des mittleren Temperaturmaximums um 0,59 K einen Anstieg um 0,34 K erwarten. Der tatsächliche Trend liegt also um mehr als 0,5 K unterhalb dessen, was anhand der Trends der Höchst- bzw. Tiefsttemperaturen zu erwarten gewesen wäre.

In den einzelnen Sommermonaten verlaufen die Trends sehr unterschiedlich. Während im Juni und Juli ein Absinken der mittleren Amplitude um 0,34 K bzw. 0,94 K zu verzeichnen ist, zeigt der August einen Anstieg um 0,60 K. Dieses Verhalten spiegelt die Trends der Maxima in den betreffenden Monaten wider, wobei der beobachtete Trend jedoch immer unterhalb des zu erwartenden liegt.

5.3.5. Herbst

Rechnerisch ist die mittlere tägliche Temperaturamplitude im Herbst im Gebietsmittel um 0,20 K gefallen. Das gleitende 30-jährige Mittel (Abb. 52) folgt ebenfalls dem für das Jahr beschriebenen schwingungsförmigen Verlauf, wenn auch weniger deutlich (Abb. I). In der Betrachtung der einzelnen Höhenstufen verändert sich das Gesamtbild jedoch extrem. In der niedrigsten Höhenstufe sinkt die Temperaturamplitude um 0,51 K, in Höhen oberhalb 600 m ist jedoch ein Anstieg um 0,41 K bzw. 0,53 K festzustellen. In den mittleren Höhenstufen 101 m-600 m zeigen sich keine deutlichen Trends.

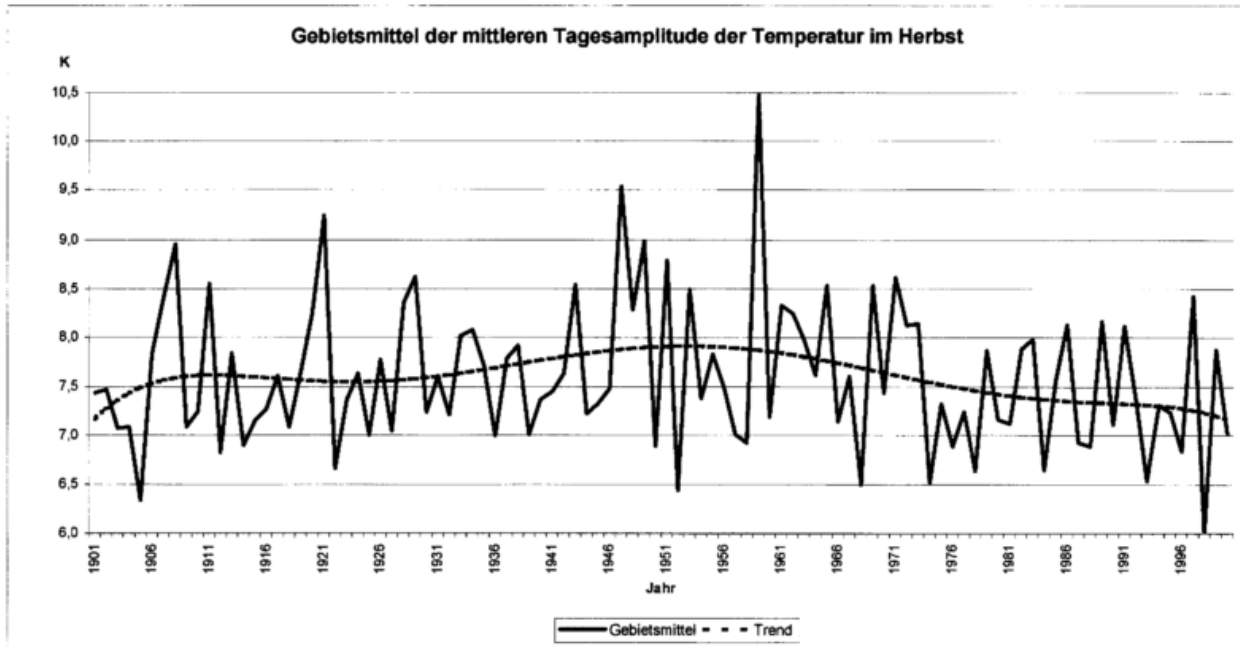


Abb. I

Tab. 26 Trendwerte der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Herbst in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	7,35	6,84	-0,51	0,049
51-100 m	7,72	7,30	-0,42	0,027
101-200 m	7,78	7,61	-0,18	0,004
201-400 m	7,81	7,74	-0,07	0,0006
401-600 m	7,94	7,86	-0,08	0,0007
601-1000 m	7,70	8,11	0,41	0,022
1001 - 3000 m	7,53	8,06	0,53	0,045
Gebietsmittel	7,70	7,50	-0,20	0,006

Die Temperaturamplitude im Herbst weist keine ausgeprägte Korrelation mit dem mittleren Temperaturminimum auf, der Zusammenhang mit dem mittleren Maximum ist deutlich ($0,39 \text{ K Amp} / 1 \text{ K Tmax}$, $r^2=0,36$). Der Anstieg der mittleren Maxima um 0,83 K ließe also einen Anstieg der Amplitude um 0,32 K erwarten, wiederum ist der tatsächliche Trend ca. 0,5 K unterhalb des Erwartungswertes aus der Entwicklung von Tmax.

5.3.6. Winter

Auch im Winter zeigt die mittlere Temperaturamplitude den für das Jahr beschriebenen schwingungsförmigen Verlauf (Abb. J). Die Trendberechnungen liefern weder für das Gebietsmittel noch für die einzelnen Höhenstufen ausgeprägte Trends.

In den Höhenstufen über 600 m ist ein geringer Anstieg, in der Höhenstufe 401-600 m ein geringes Absinken der Amplitude zu verzeichnen.

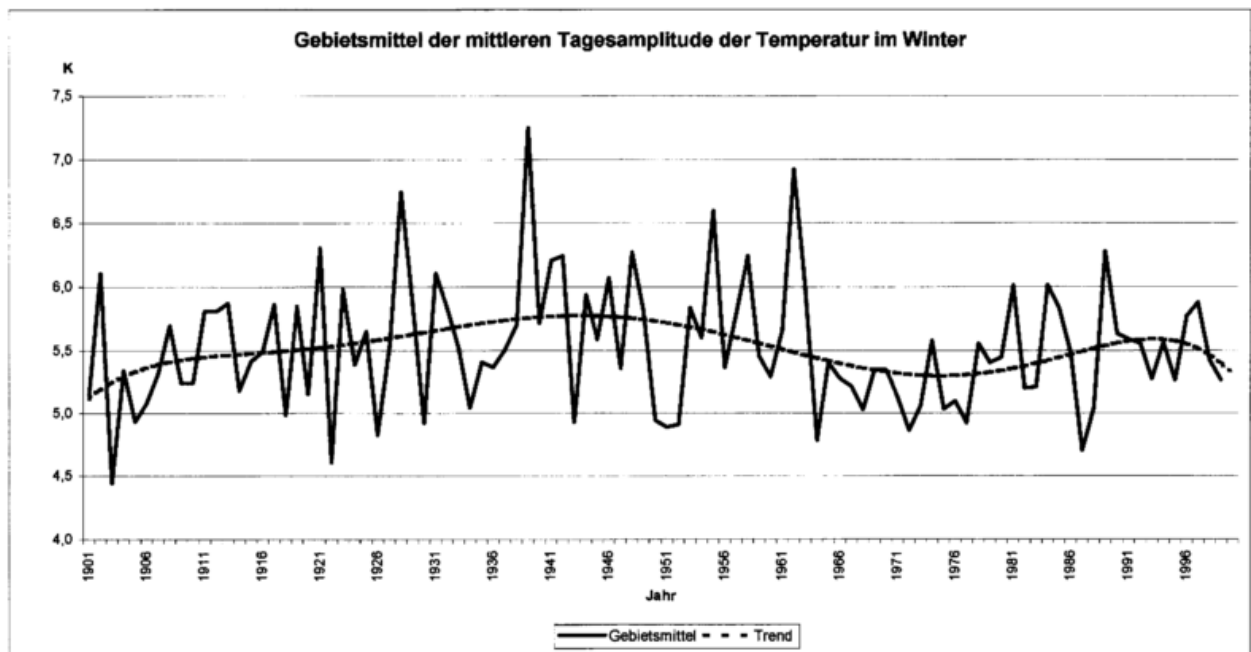


Abb. J

Tab. 27 Trendwerte der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Winter in Höhenstufen

Höhenstufe	Trendwert 1901 (°C)	Trendwert 2000 (°C)	Anstieg (K)	Bestimmtheitsmaß r^2
0-50 m	4,95	4,96	0,008	0,00003
51-100 m	5,27	5,26	-0,01	0,00004
101-200 m	5,47	5,44	-0,03	0,0004
201-400 m	5,64	5,59	-0,06	0,0008
401-600 m	6,03	5,86	-0,16	0,007
601-1000 m	6,36	6,50	0,14	0,005
1001 - 3000 m	7,06	7,28	0,21	0,013
Gebietsmittel	5,54	5,50	-0,04	0,0004

Im Winter ist die mittlere tägliche Temperaturamplitude besser mit dem Temperaturminimum (-0,14 K Tamp / 1 K Tmin, $r^2=0,31$) als mit dem Maximum (-0,10 Tamp / 1 K Tmax, $r^2=0,08$) korreliert. Der rechnerische Anstieg der Tagesstiefsttemperatur im Winter um 0,45 K ließe ein geringes Absinken der mittleren täglichen Temperaturamplitude um 0,14 K erwarten, was sich ungefähr mit der tatsächlichen Entwicklung deckt.

Tab. 28 Trends und Erwartungswerte der mittleren Tagesamplitude der Temperatur

Größe	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Trend Minimum (K)	0,64	0,82	1,03	0,45	0,79
Korrelation Amplitude / Minimum (r^2)	0,12 (0,03)	0,44 (0,13)	-0,05 (0,004)	-0,14 (0,31)	
Erwarteter Trend der Amplitude aus Minimum (K)		0,36		0,06	
Trend Maximum (K)	0,34	0,59	0,83	0,41	0,58
Korrelation Amplitude / Maximum (r^2)	0,38 (0,46)	0,58 (0,74)	0,39 (0,36)	-0,10 (0,12)	
Erwarteter Trend der Amplitude aus Maximum (K)	0,13	0,34	0,32	-0,04	
Trend Amplitude (K)	-0,30	-0,22	-0,20	-0,04	-0,20

6. Zusammenfassung

Aus dem Anstieg des Gebietsmitteltemperaturminimums in Deutschland im vergangenen Jahrhundert kann man auf Veränderungen im Strahlungshaushalt schließen, speziell eine Zunahme der Gegenstrahlung im infraroten Bereich durch vermehrte Einbringung anthropogener Spurengase in die Atmosphäre. Der lineare Trend ist mit 0,79 K deutlicher als die Zunahme der Jahresmitteltemperatur von 0,61 K und zeigt sich in höheren Lagen stärker ausgeprägt als im Flachland. Maßgeblich wird dies durch im Verlauf des Untersuchungszeitraums ansteigende Minimaltemperaturen im Sommer und Herbst bestimmt. Im Winter und Frühjahr ist der Anstieg schwächer mit deutlich kleinerem Bestimmtheitsmaß. Repräsentativ für das Gebietsmitteltemperaturminimum kann man Temperaturwerte für die Höhenstufen 101-200 m und 201-400 m heranziehen, die mit fast 120.000 in die Untersuchung einfließenden Werten einen Anteil von 33,76 % am gesamten Datenaufkommen hat.

Für die mittleren jährlichen Tagesmaxima der Temperatur ergibt sich über die 100 Jahre ein schwächer ausgeprägter Trend als für das Minimum, ein Anstieg von 0,58 K ist zu verzeichnen. Dieser wird hauptsächlich durch die Zunahme im Herbst um 0,83 K bestimmt und fällt in Höhen oberhalb 600 m noch deutlich größer aus. Die größten positiven Abweichungen zum langjährigen Mittelwert der Einzeljahre treten im Winter auf. Im Sommer zeigt die Betrachtung der Einzelmonate, dass im Juni (schwach negativ) und Juli (schwach positiv) keine Trends zu finden sind, dagegen ergibt sich im August ein extremer Anstieg des Temperaturmaximums von 1,68 K im vergangenen Jahrhundert.

Die Trendanalyse der Gebietsmittel des Temperaturmaximums in einzelnen Höhenstufen für Jahreszeiten liefert als Auffälligkeit eine Höhenabhängigkeit im Herbst. Insgesamt ist für den Untersuchungszeitraum nur eine schwache Tendenz erkennbar, gestützt durch das jeweilige Bestimmtheitsmaß.

Das Gebietsmittel der mittleren täglichen Temperaturschwankung zeigt eine geringe Abnahme von 0,2 K in 100 Jahren. Das passt zu der Erwartung, dass sie tägliche Temperaturamplitude infolge der Zunahme der Konzentration strahlungsaktiver Gase in der Atmosphäre geringer werden sollte. Dieser Trend ist jedoch statistisch nicht signifikant. Es ist auch kein klarer linearer Trend, vielmehr zeigt sich ein eher schwingungsförmiger Verlauf. Im Frühjahr, Sommer und Herbst liegt der errechnete Trend für das Gebietsmittel der Temperaturamplitude jeweils um 0,5 K unterhalb der Erwartung, die sich aus der Entwicklung des Temperaturmaximums ergibt. Nur im Herbst und Winter sind geringe Zunahmen der Temperaturamplituden oberhalb 600 m ü. NN festzustellen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Ute Maier, Jörg Kudlinski, Gerhard Müller-Westermeier, 2003
Klimatologische Auswertung von Zeitreihen des Monatsmittels der Lufttemperatur und der monatlichen Niederschlagshöhe im 20. Jahrhundert, Berichte des deutschen Wetterdienstes Nr. 223, Offenbach am Main
- [2] C.D. Schönwiese, *Klimaänderungen*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 135 (1995)

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert
Abb. 2	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur (Gebietsmittel)
Abb. 3	Mittleres Tagesminimum der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 4	Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel
Abb. 5	Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m
Abb. 6	Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m
Abb. 7	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert
Abb. 8	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)
Abb. 9	Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 10	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert
Abb. 11	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)
Abb. 12	Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 13	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert
Abb. 14	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)
Abb. 15	Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 16	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert
Abb. 17	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)
Abb. 18	Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 19	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert
Abb. 20	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur (Gebietsmittel)
Abb. 21	Mittleres Tagesmaximum der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 22	relative Häufigkeiten des mittleren Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel
Abb. 23	relative Häufigkeiten des mittleren Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m
Abb. 24	relative Häufigkeiten des mittleren täglichen Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m
Abb. 25	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr vom Mittelwert
Abb. 26	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)
Abb. 27	Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 28	Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert
Abb. 29	Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)

Abb. 30 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Sommer , 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 31 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert
Abb. 32 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)
Abb. 33 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 34 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Winter vom Mittelwert
Abb. 35 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)
Abb. 36 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 37 Mittlere Tagesamplitude und mittleres Tagesmaximum der Temperatur, Gebietsmittel
Abb. 38 Mittlere Tagesamplitude und mittleres tägliches Tagesminimum der Temperatur, Gebietsmittel
Abb. 39 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert
Abb. 40 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur (Gebietsmittel)
Abb. 41 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 42 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel
Abb. 43 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m
Abb. 44 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m
Abb. 45 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert
Abb. 46 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)
Abb. 47 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 48 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert
Abb. 49 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)
Abb. 50 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 51 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert
Abb. 52 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)
Abb. 53 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel
Abb. 54 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert
Abb. 55 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)
Abb. 56 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Abbildung 1 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

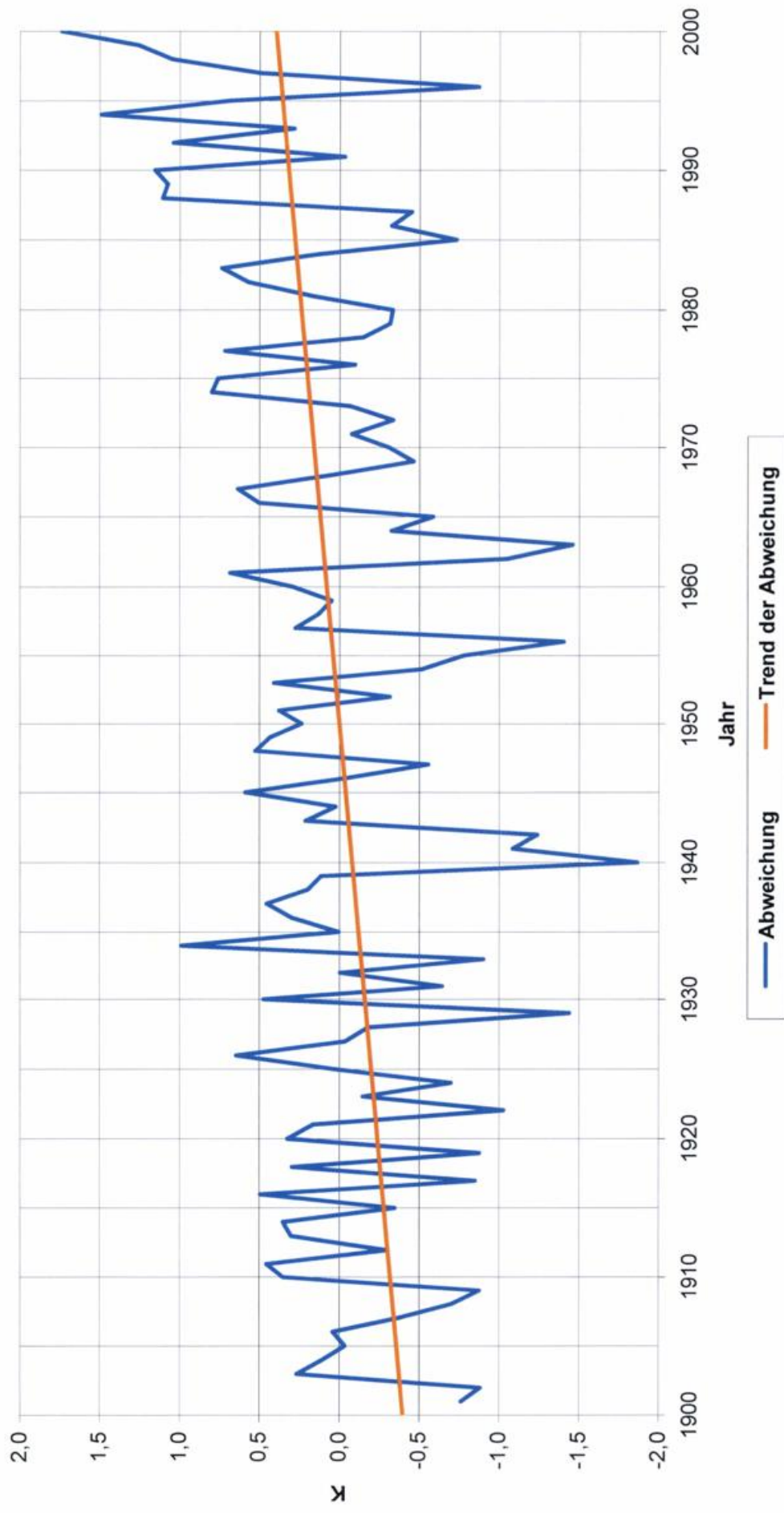


Abbildung 2 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur (Gebietsmittel)

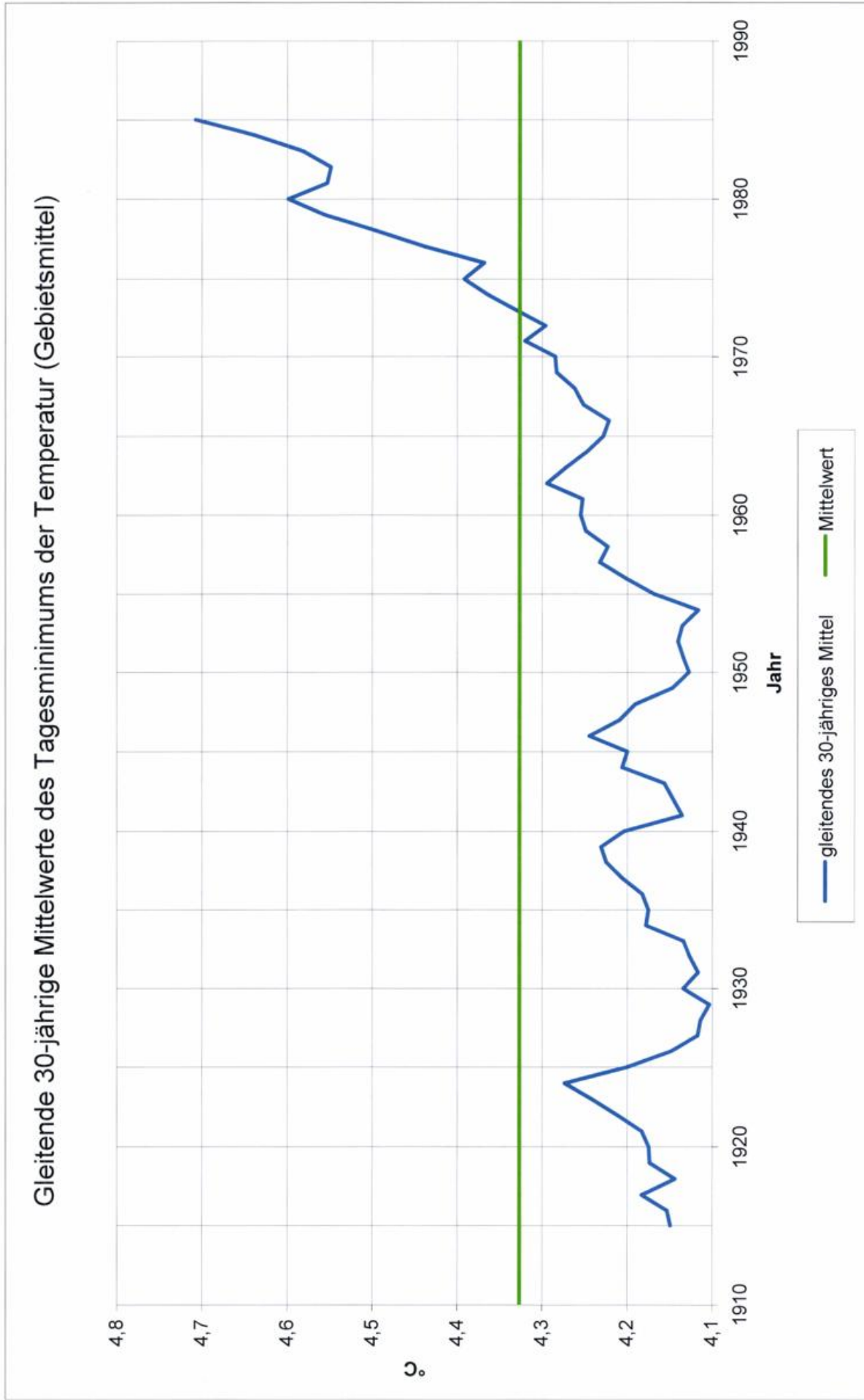


Abbildung 3 Mittleres Tagesminimum der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

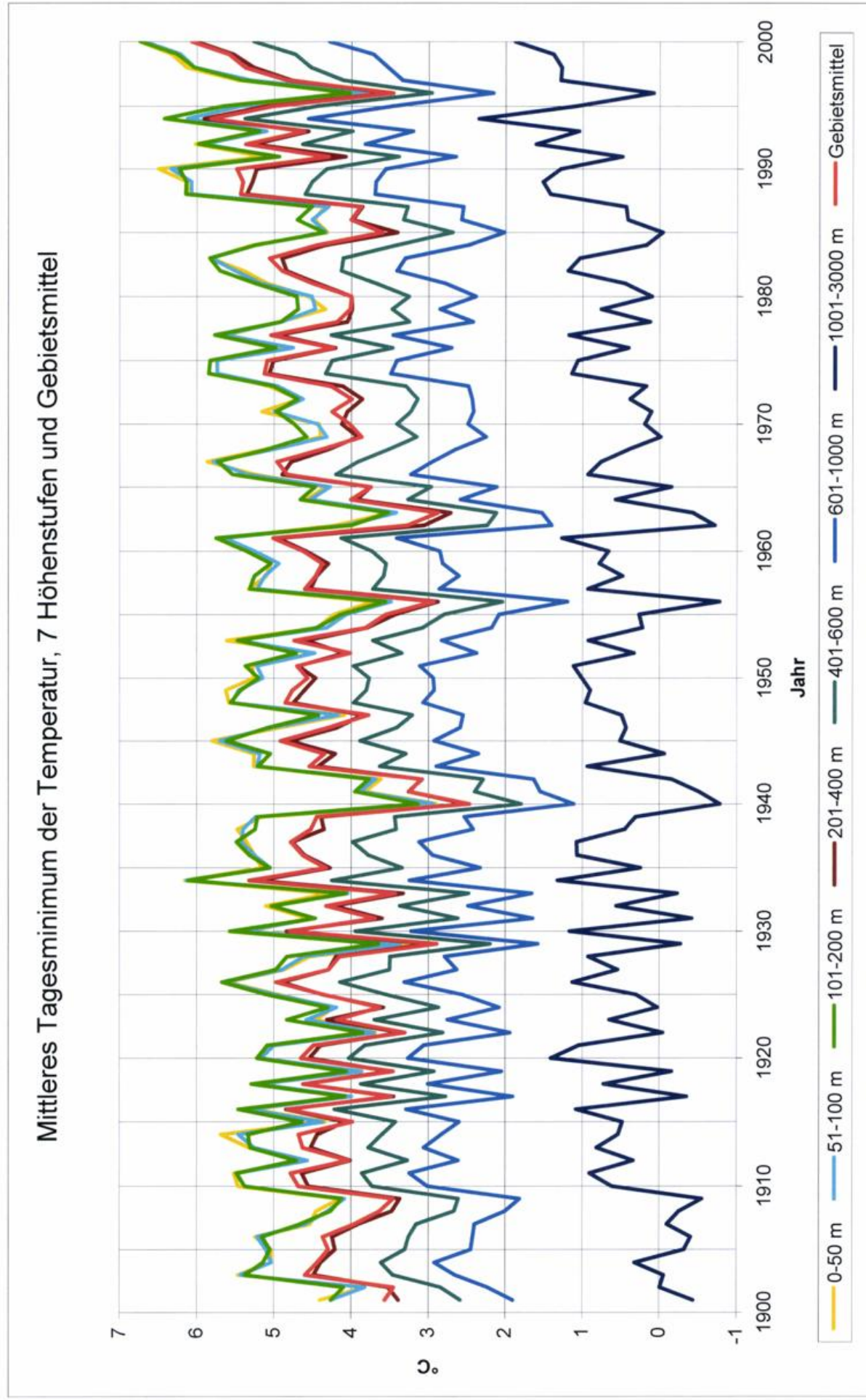


Abbildung 4 Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel

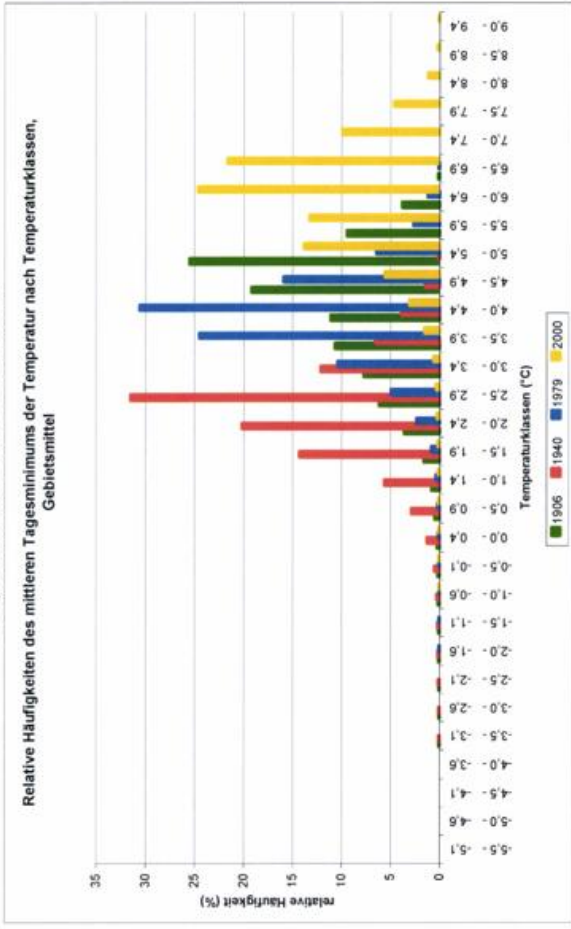


Abbildung 5 Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m

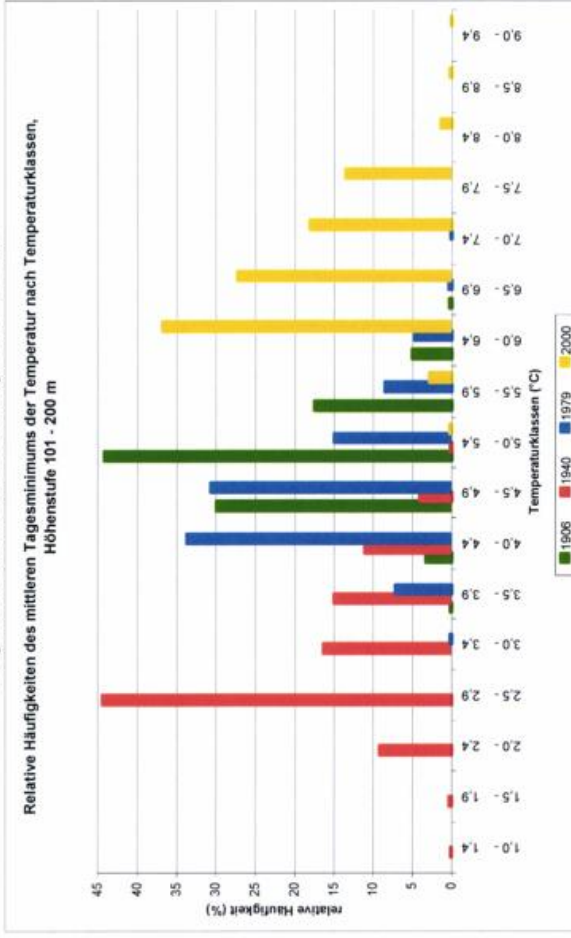
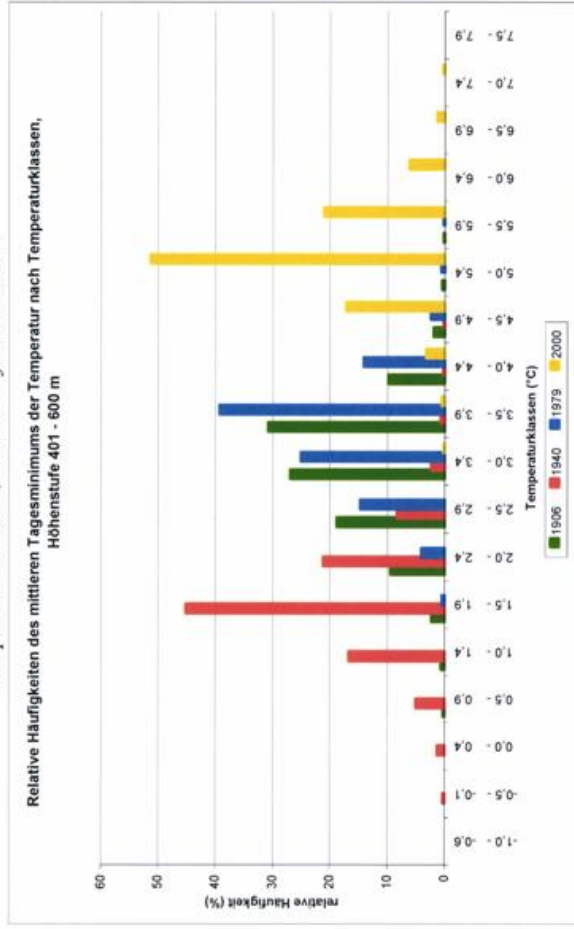


Abbildung 6 Relative Häufigkeiten des mittleren Tagesminimums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m



Ausgewählte Jahre:

- 1940: niedrigster Wert (Gebietsmittel 2,46 °C, mittlere Streuung 0,9 K)
- 1979: geringste Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 4,01 °C, mittlere Streuung 0,83 K)
- 1906: größte Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 4,36 °C, mittlere Streuung 1,19 K)
- 2000: höchster Wert (Gebietsmittel 6,06 °C, mittlere Streuung 1,01 K)

Abbildung 7 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert

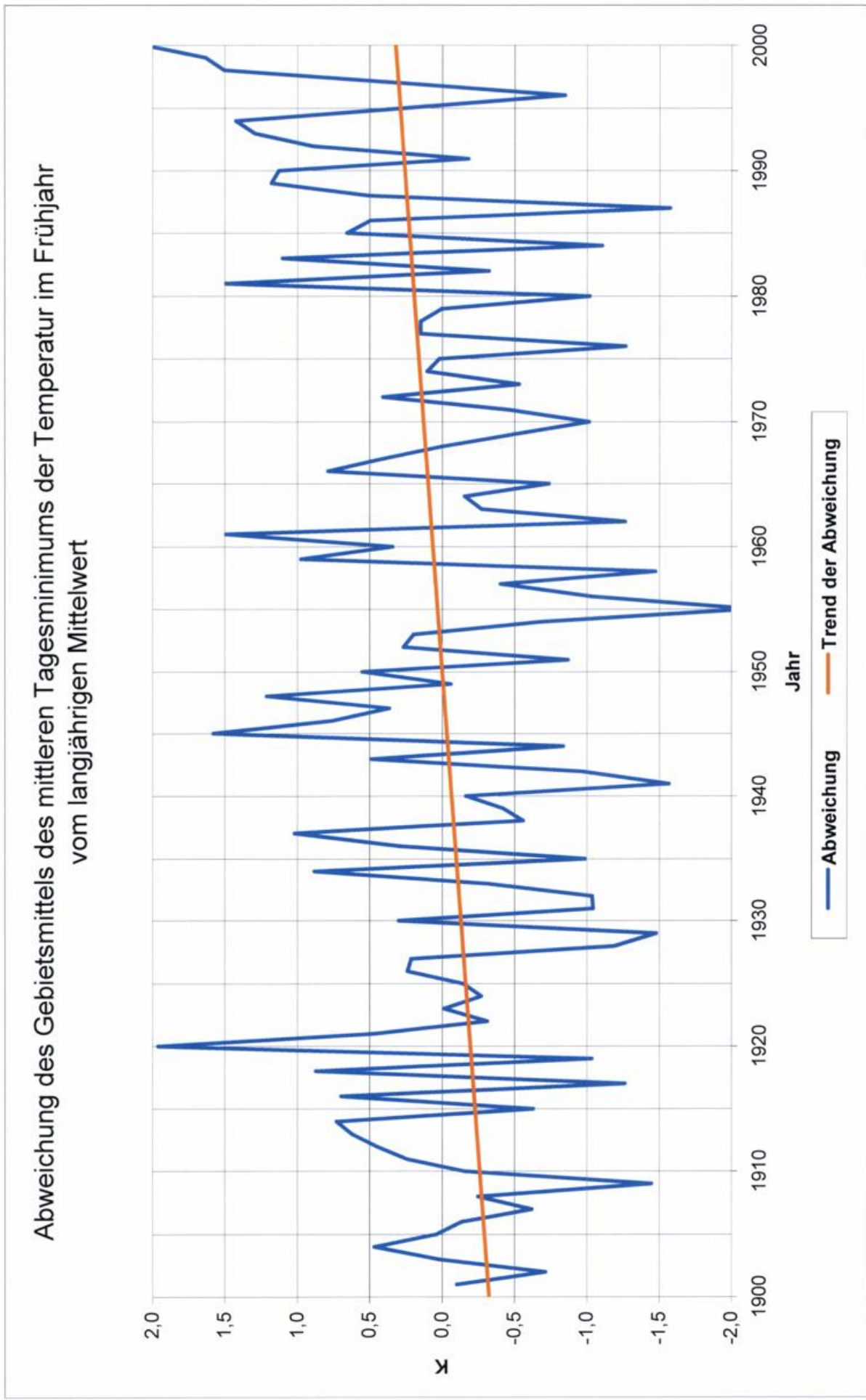


Abbildung 8 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)

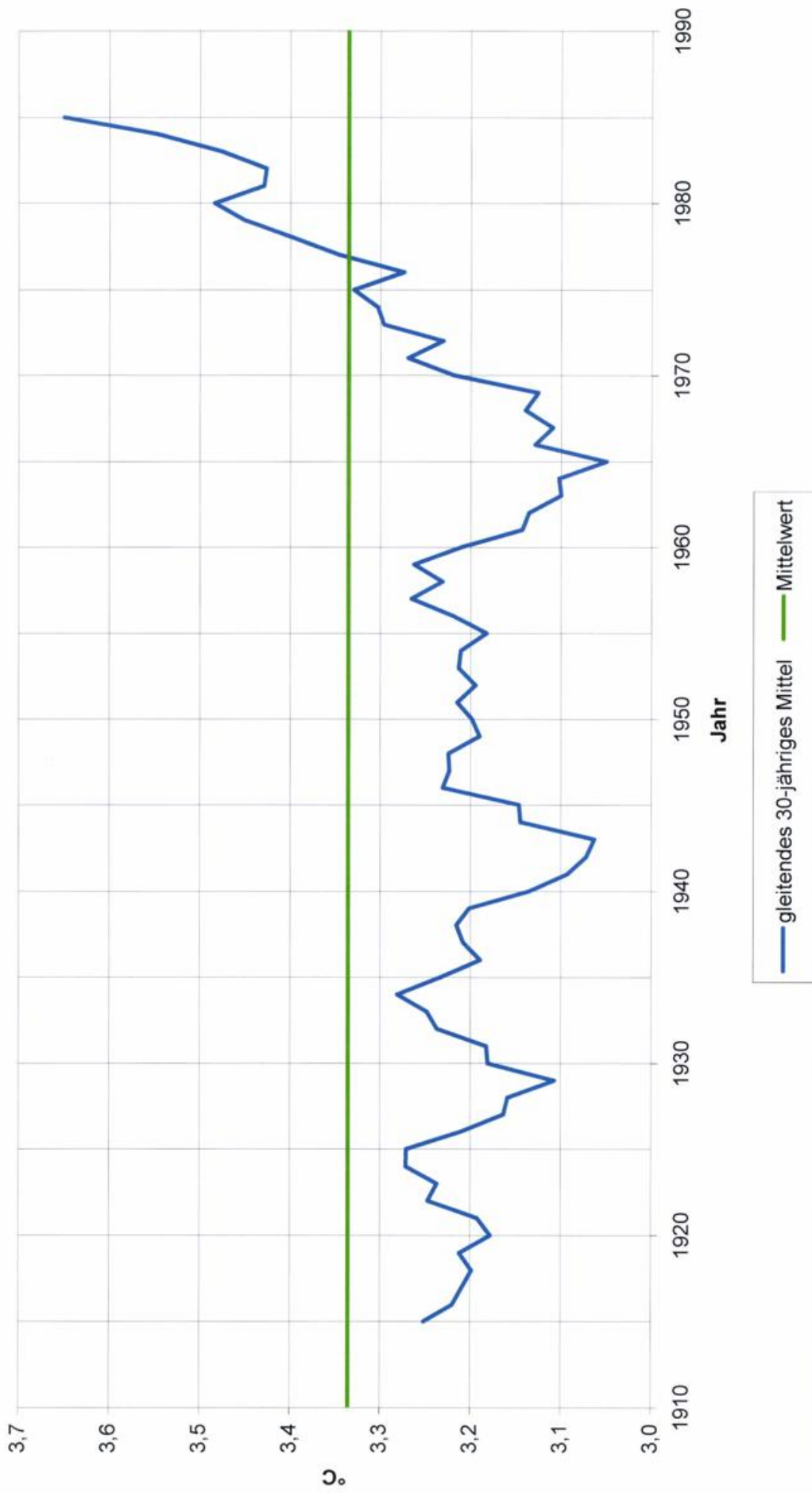


Abbildung 9 Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

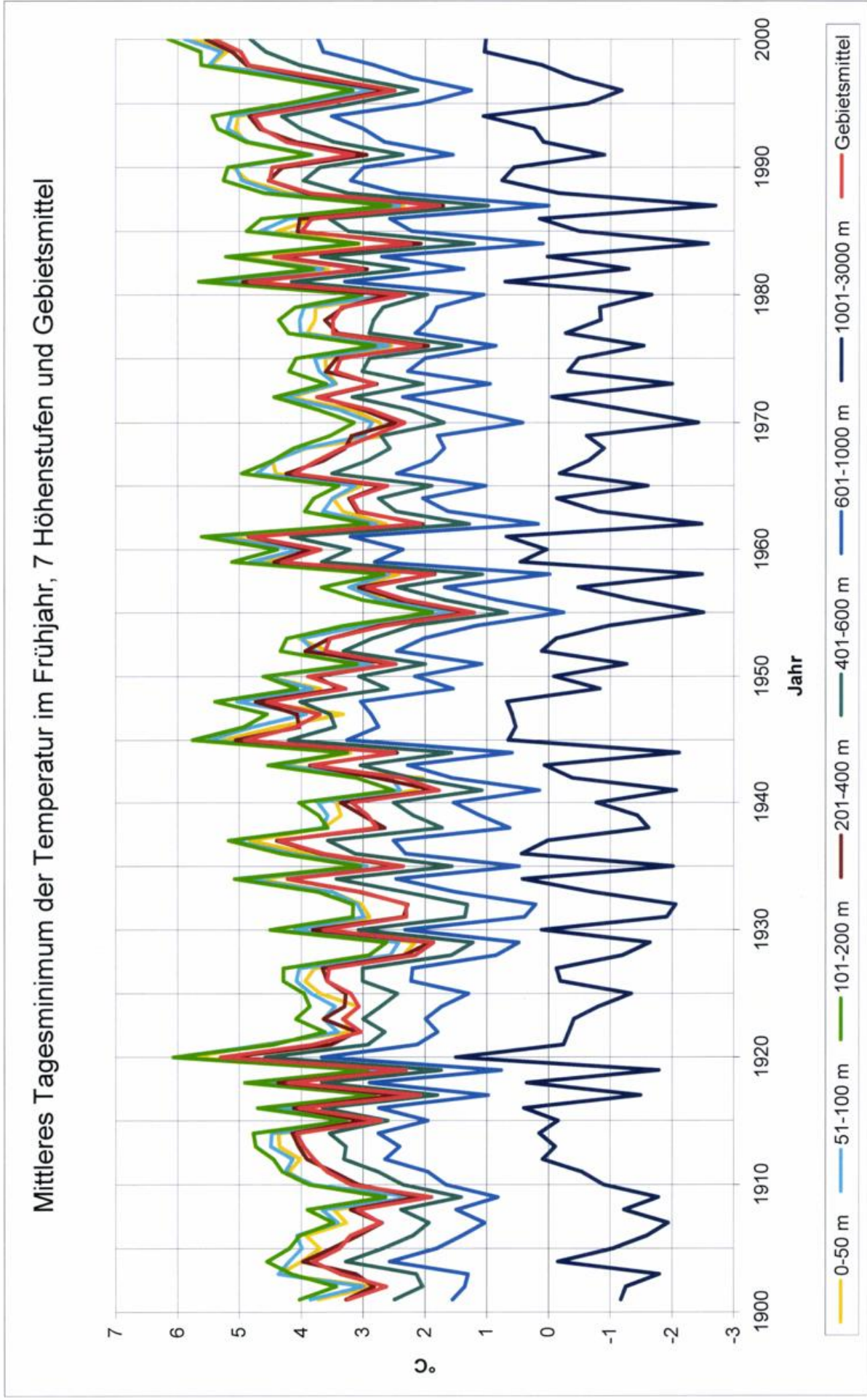


Abbildung 10 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

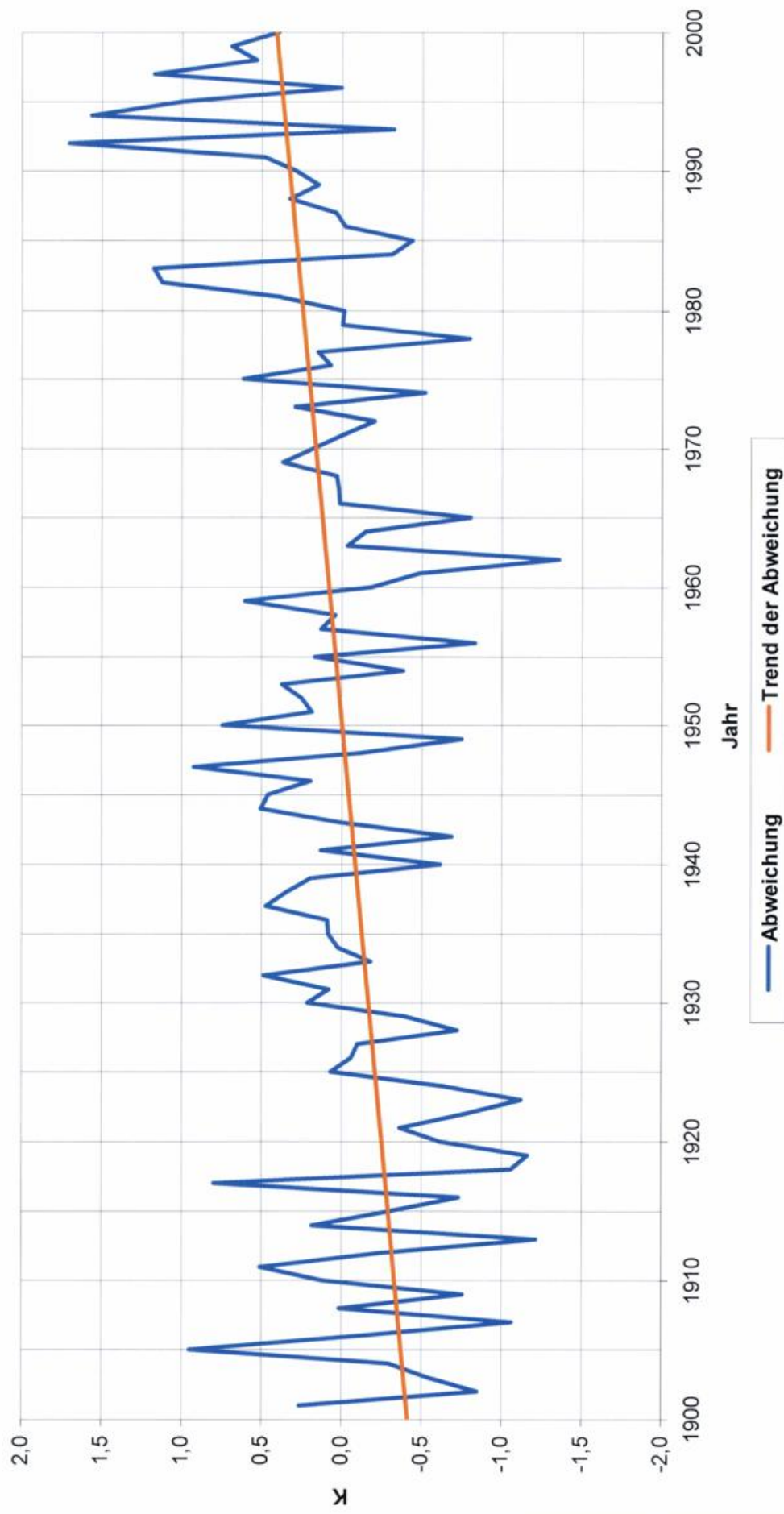


Abbildung 11 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)

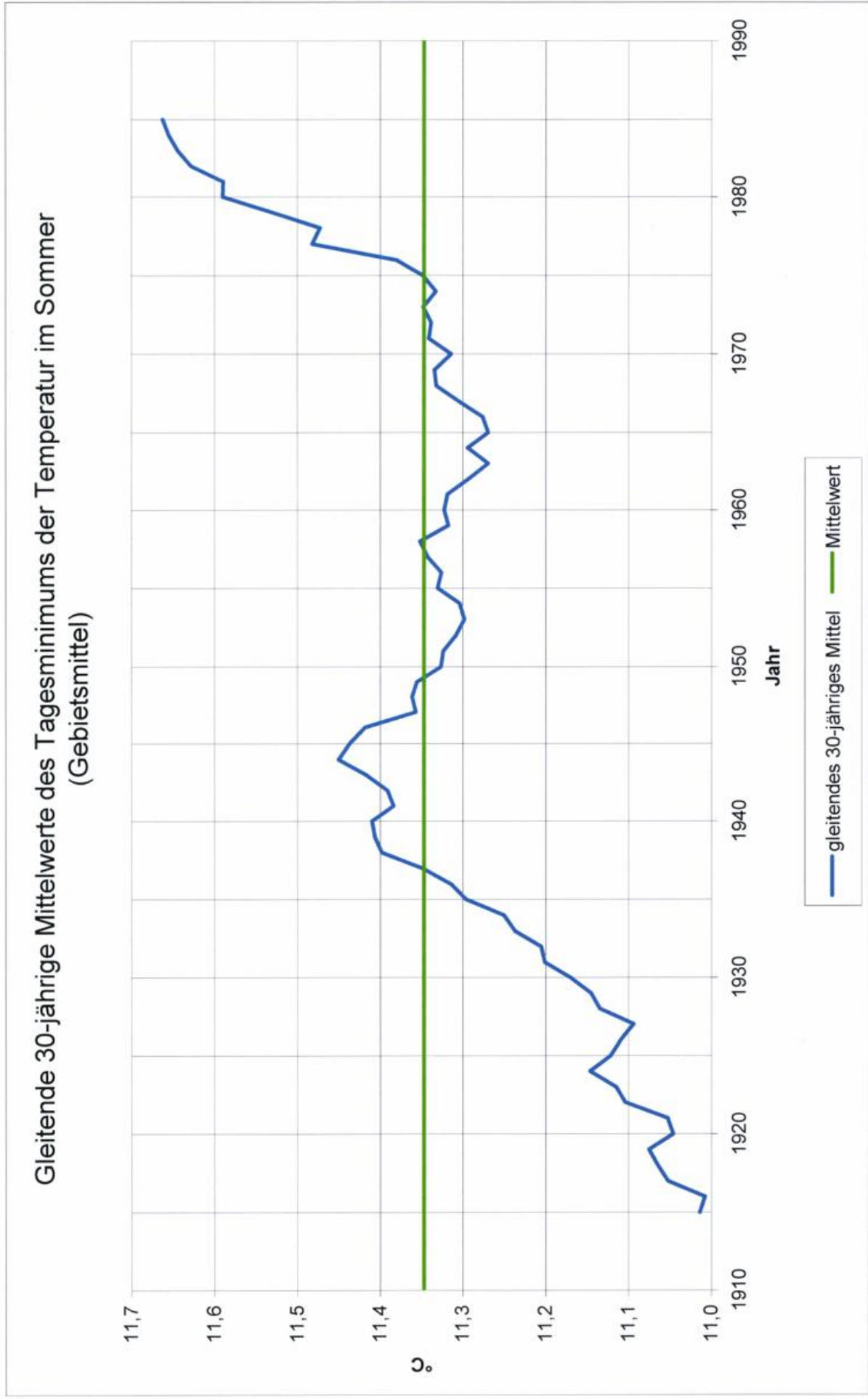


Abbildung 12 Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

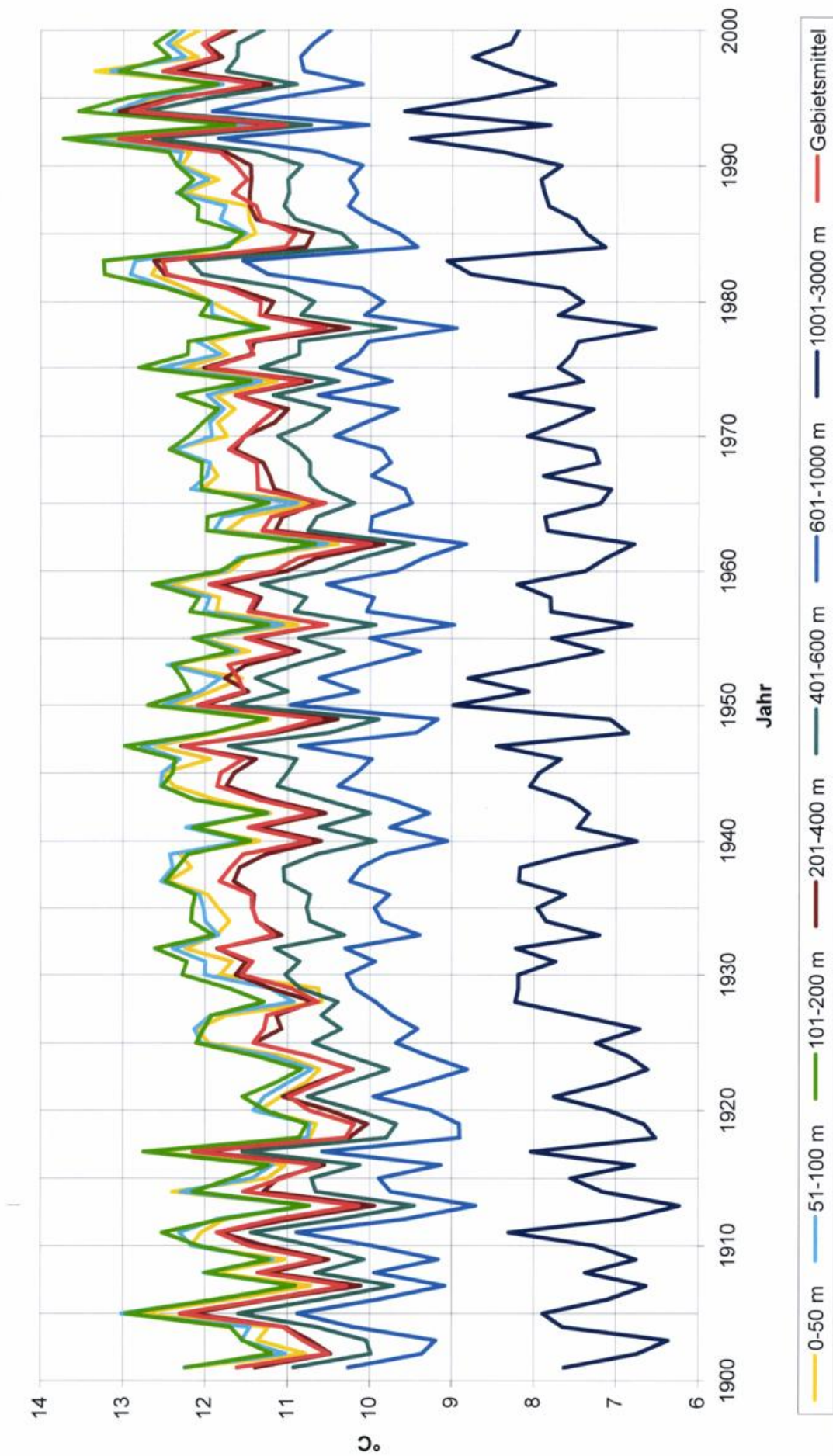


Abbildung 13 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert

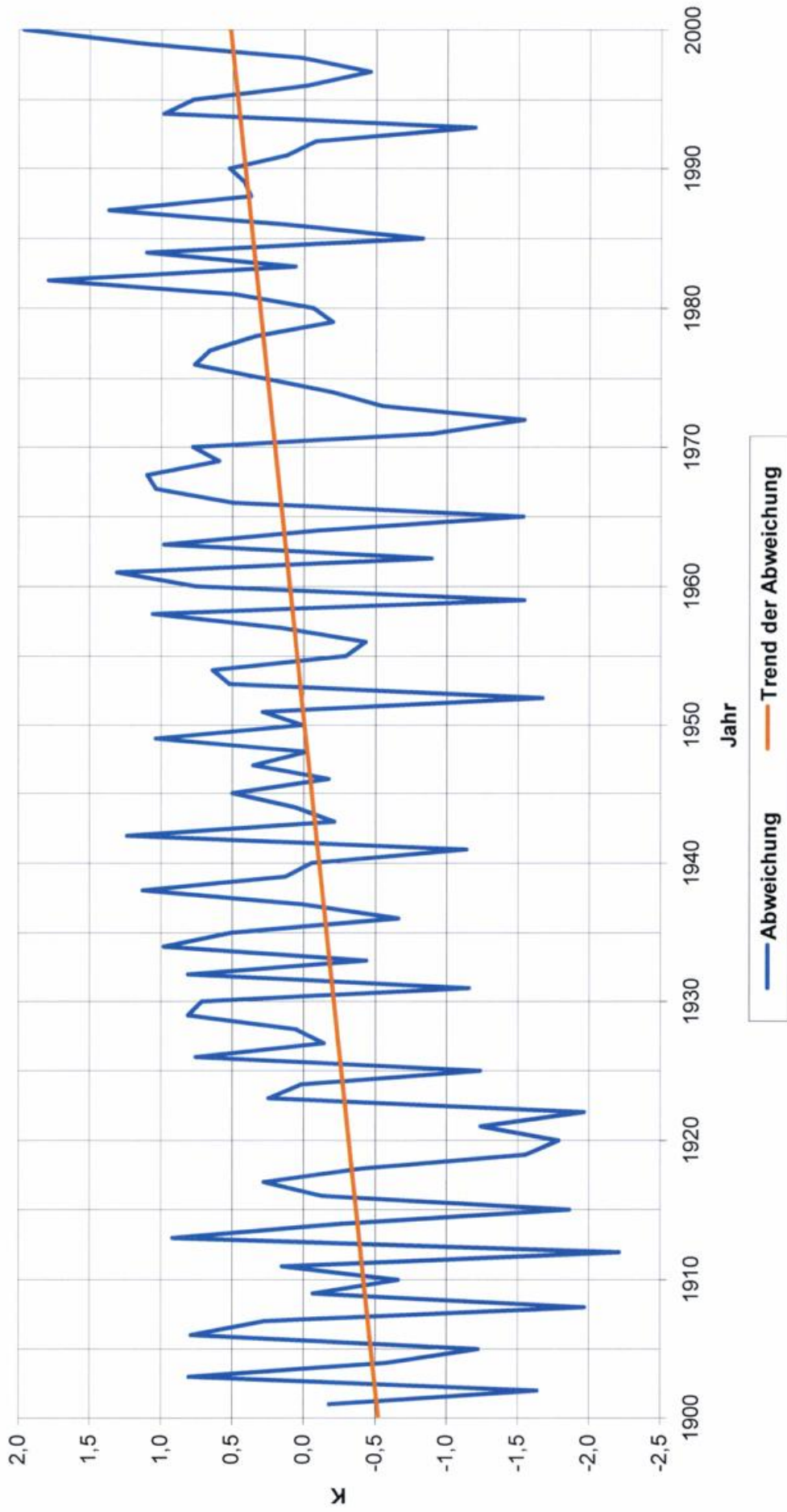


Abbildung 14 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

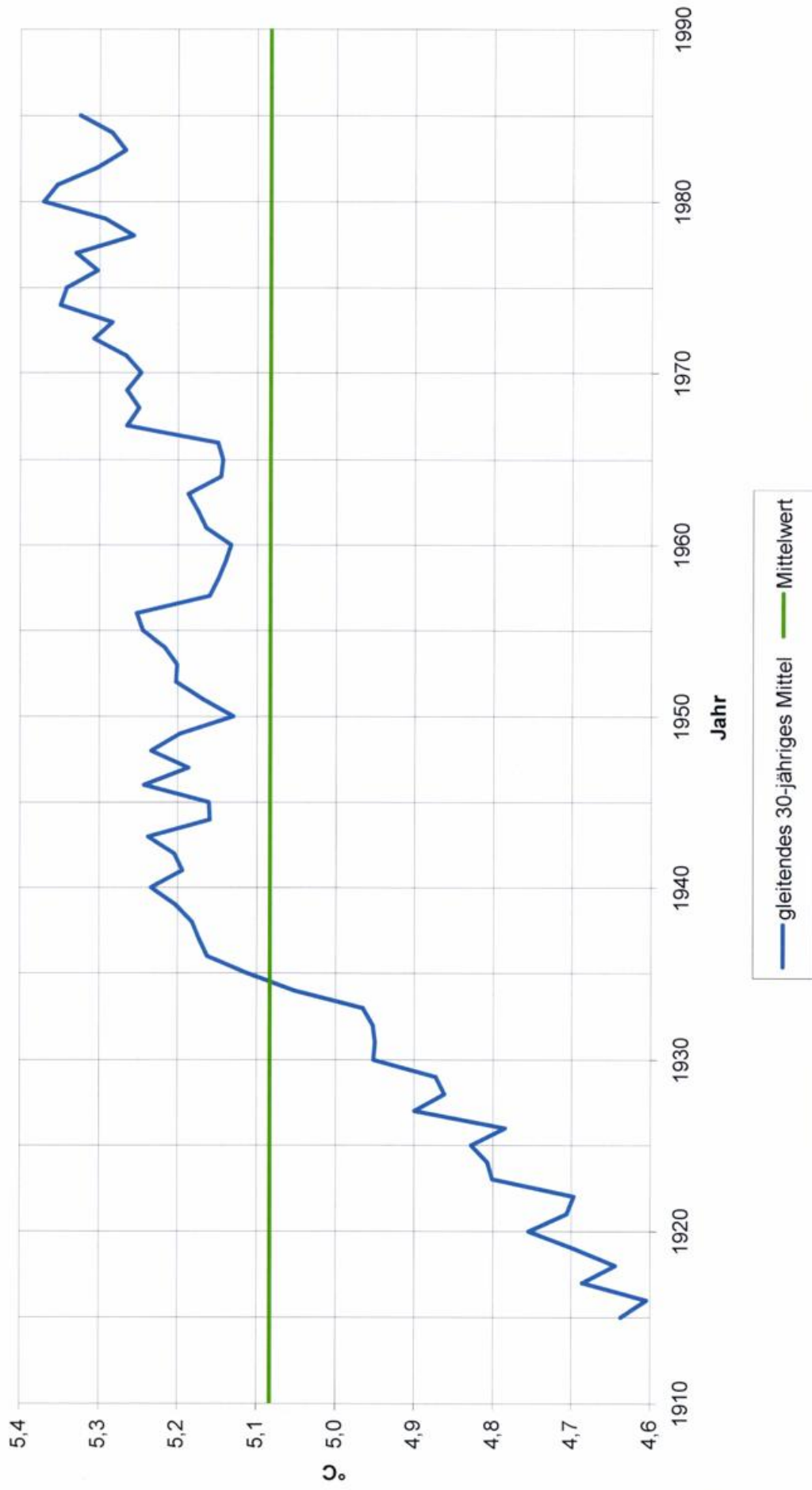


Abbildung 15 Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

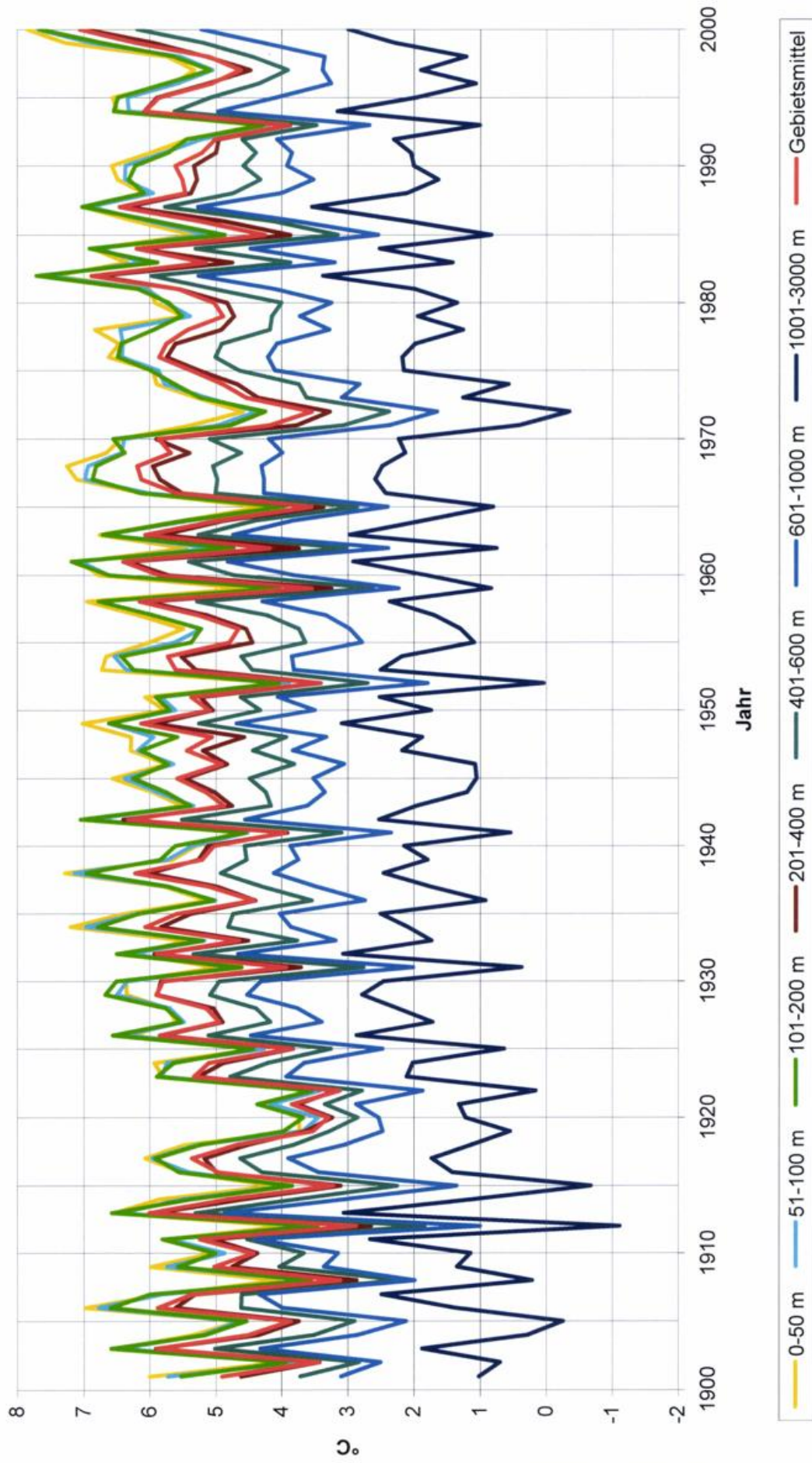


Abbildung 16 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesminimums der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert

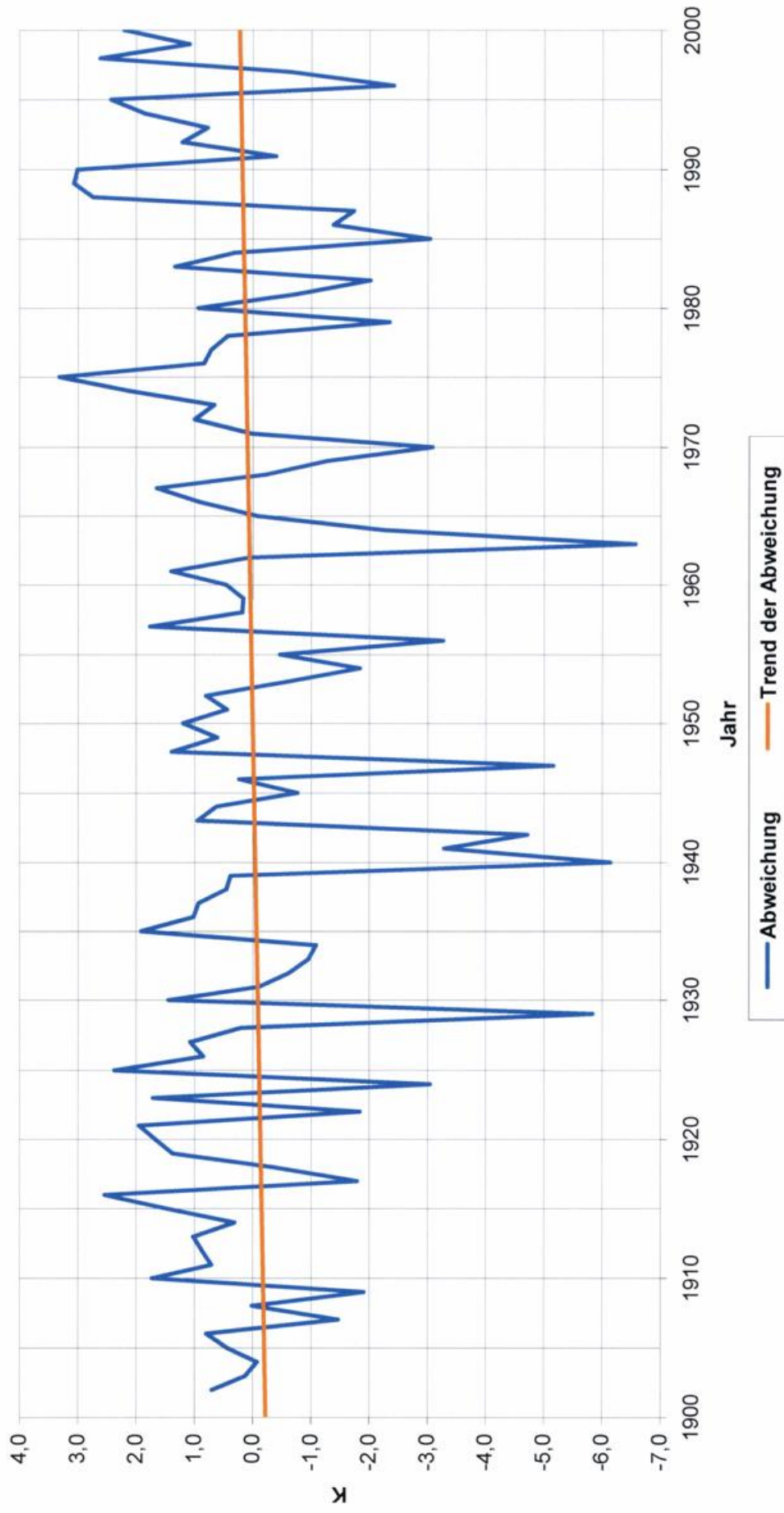


Abbildung 17 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesminimums der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)

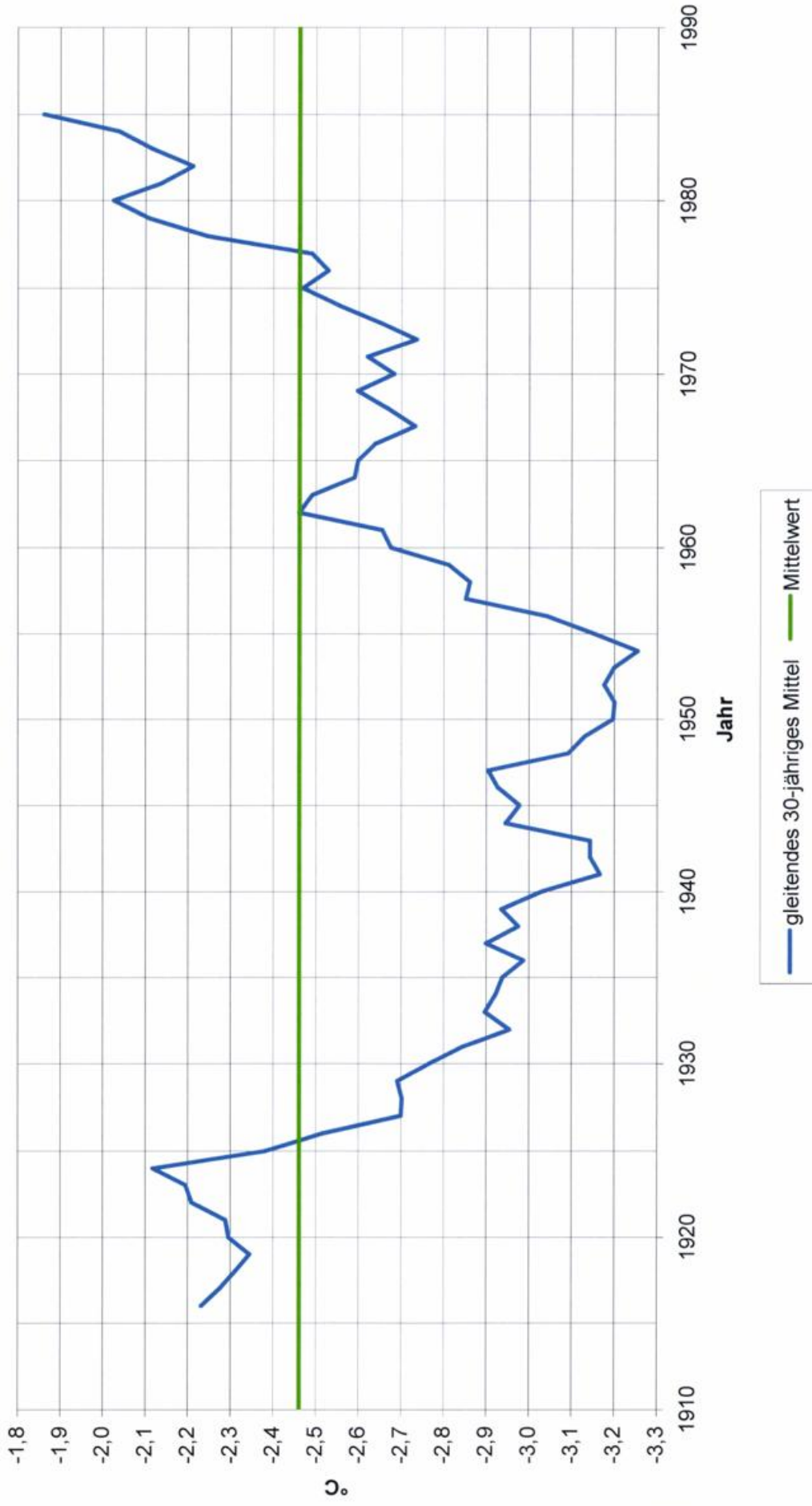


Abbildung 18 Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittleres Tagesminimum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

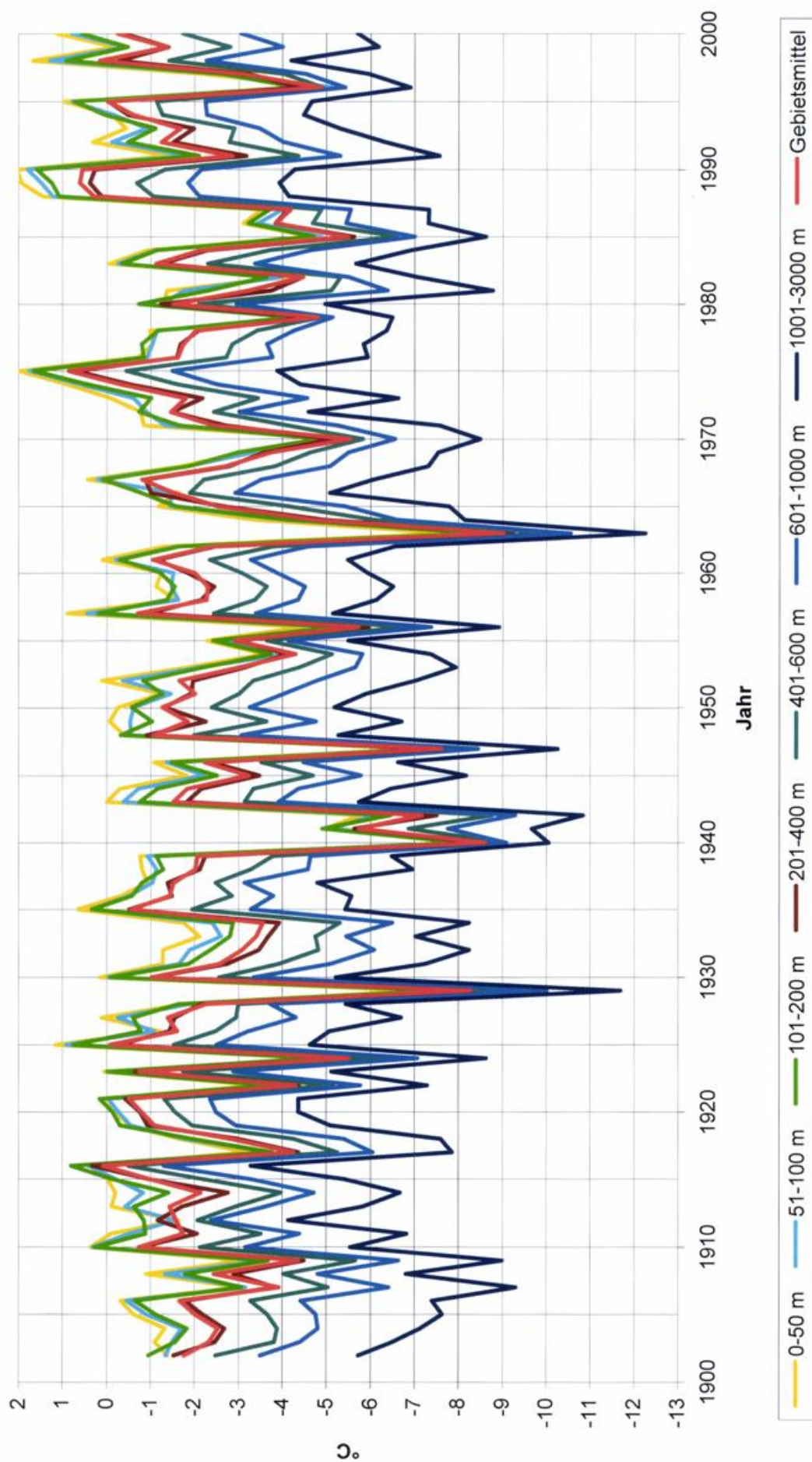


Abbildung 19 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

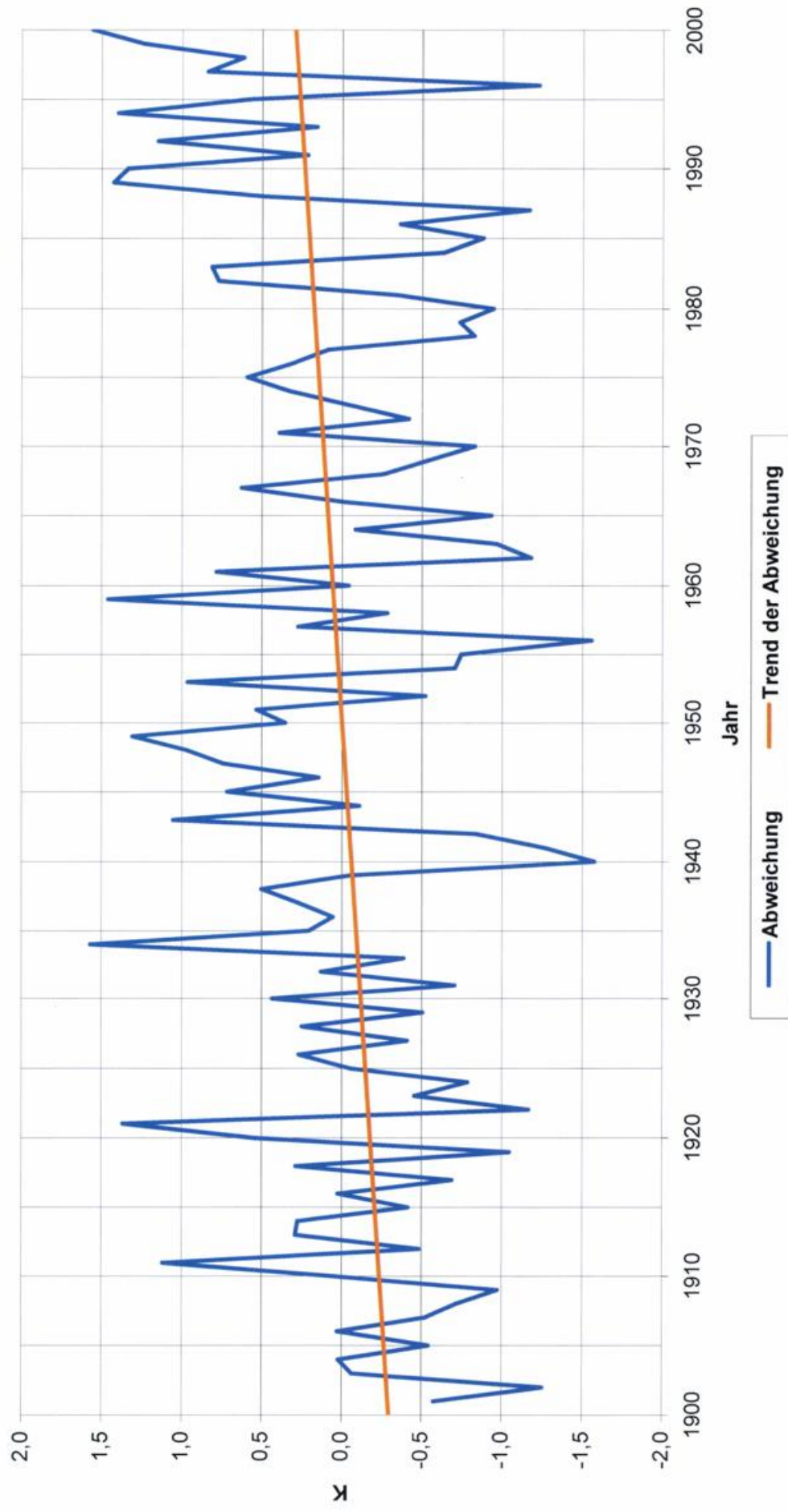


Abbildung 20 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur (Gebietsmittel)

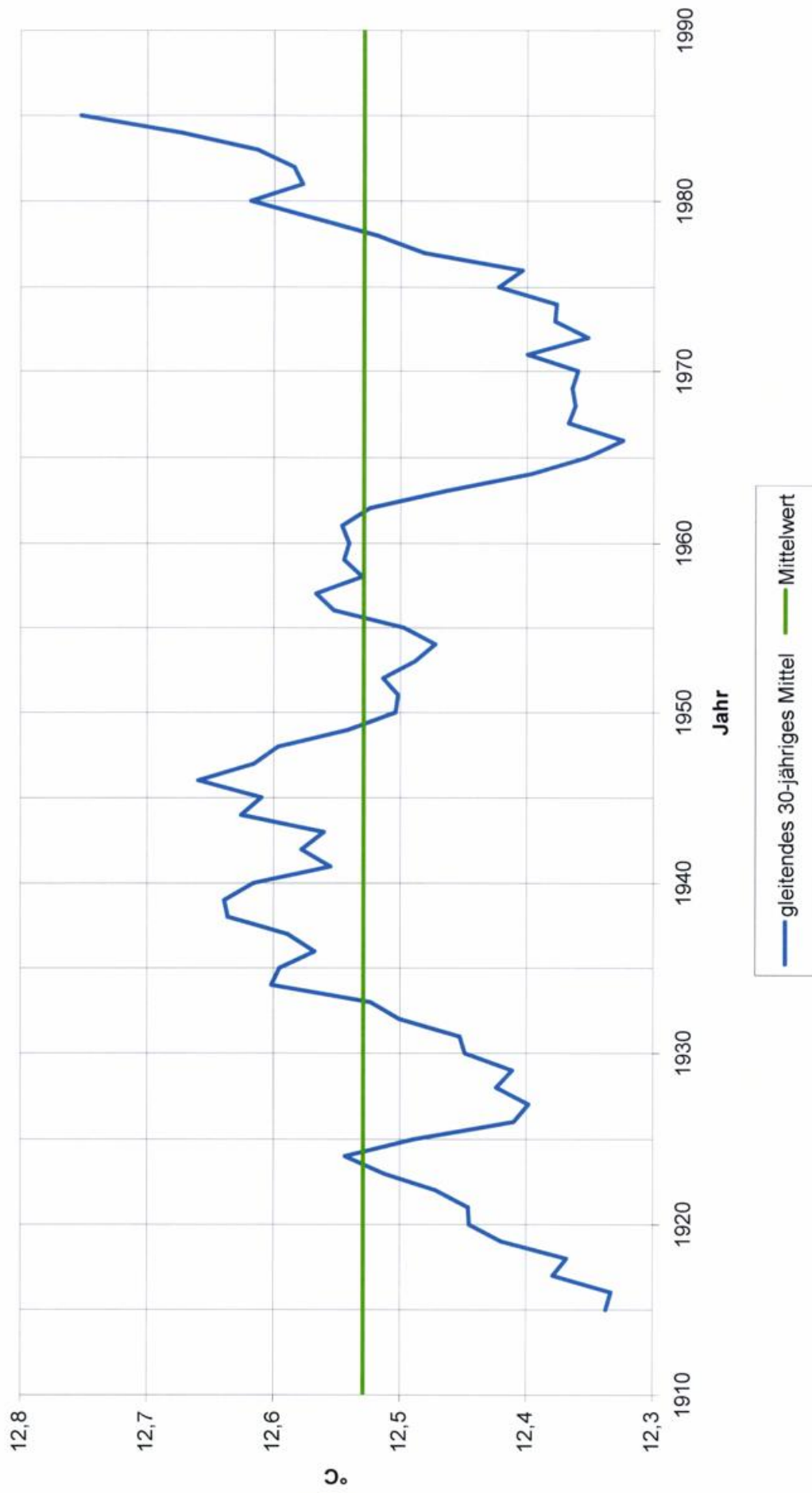


Abbildung 21 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

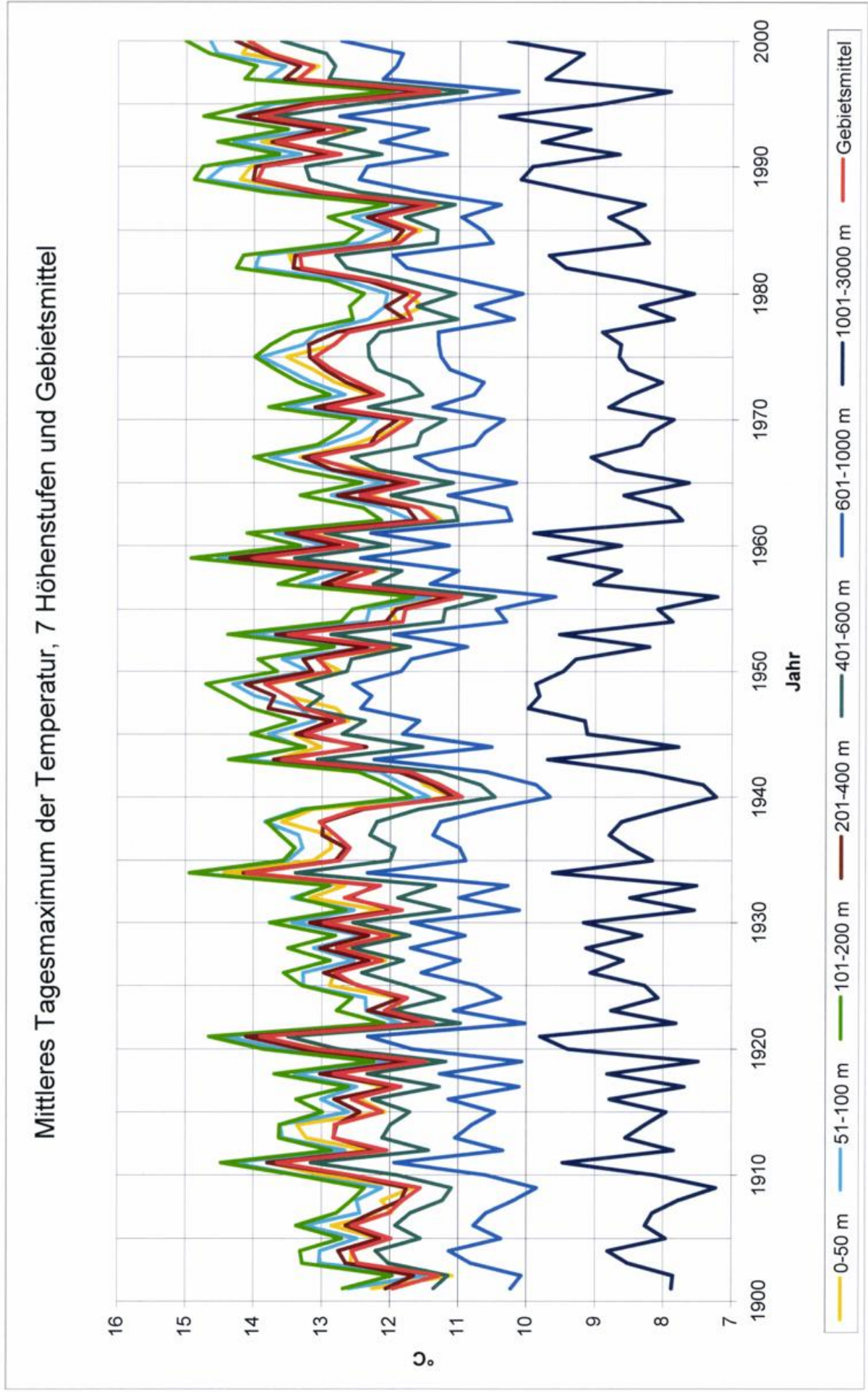


Abbildung 22 relative Häufigkeiten des mittleren Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel

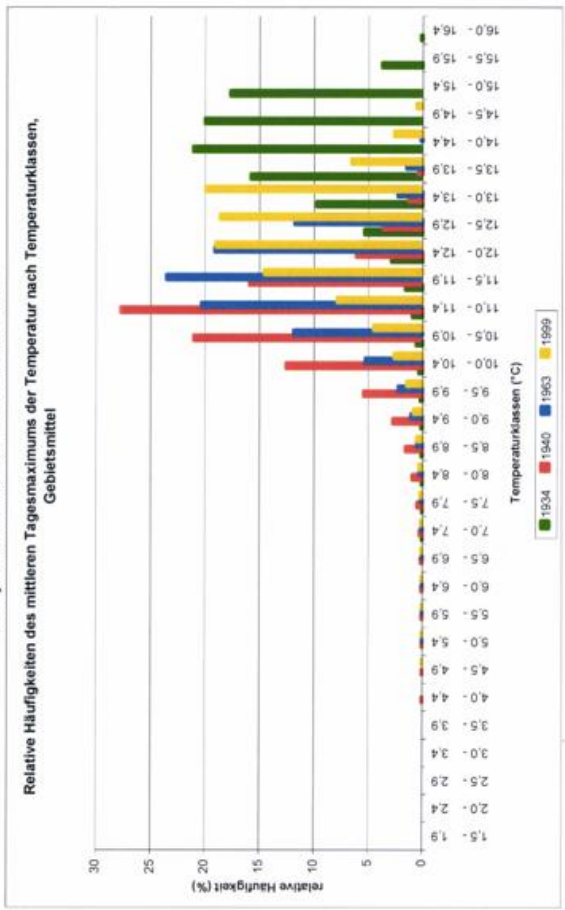


Abbildung 23 relative Häufigkeiten des mittleren Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m

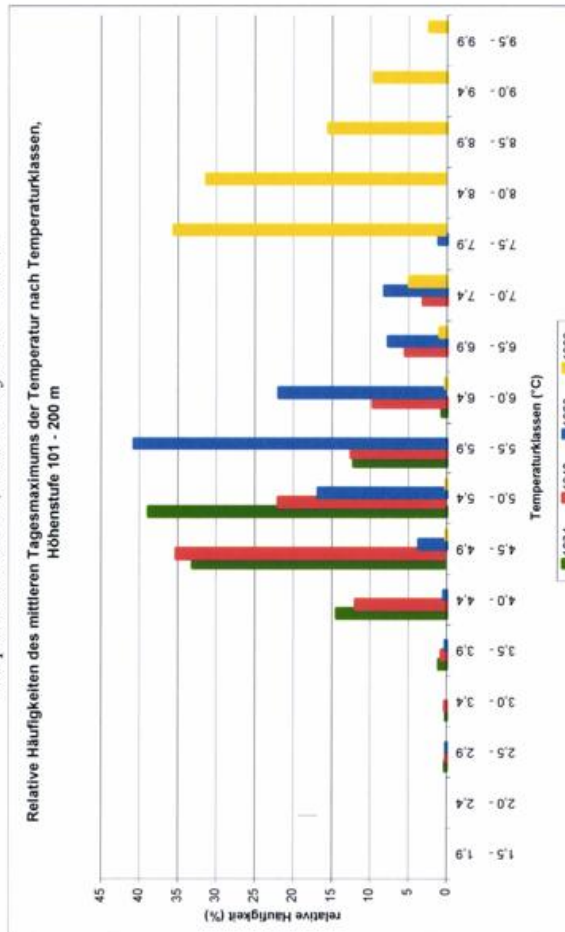
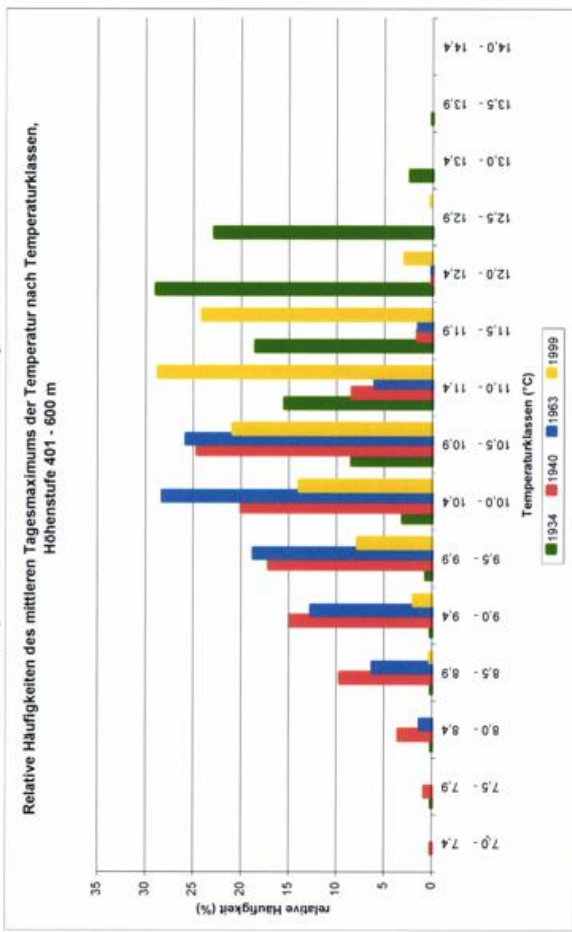


Abbildung 24 relative Häufigkeiten des mittleren täglichen Tagesmaximums der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m



Ausgewählte Jahre:

1940: niedrigster Wert (Gebietsmittel 10,96 °C, mittlere Streuung 0,99 K)

1963: geringste Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 11,56 °C, mittlere Streuung 0,94 K)

1999: größte Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 13,77 °C, mittlere Streuung 1,12 K)

1934: höchster Wert (Gebietsmittel 14,10 °C, mittlere Streuung 1,06 K)

Abbildung 25 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr vom Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert

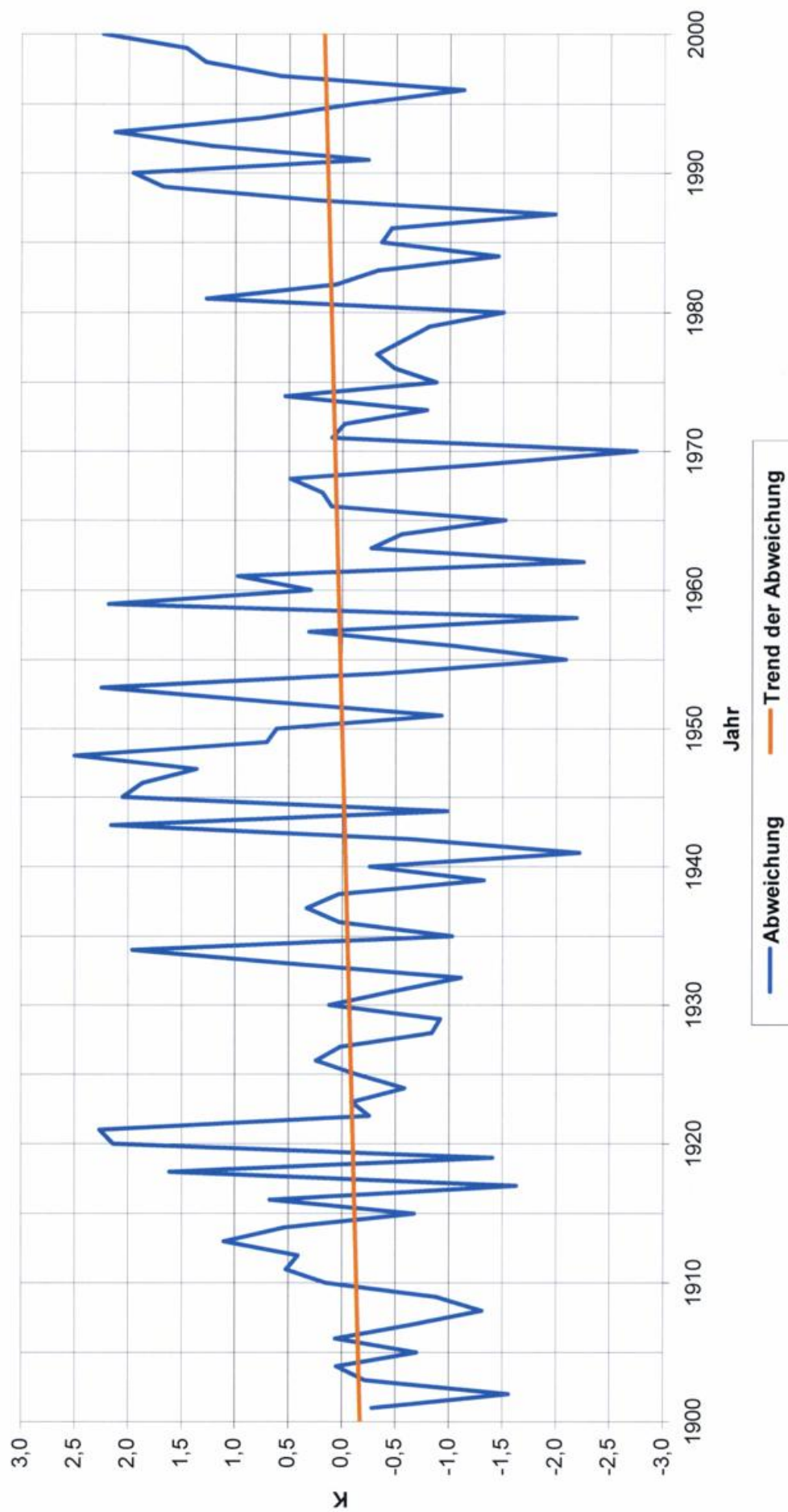


Abbildung 26 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)

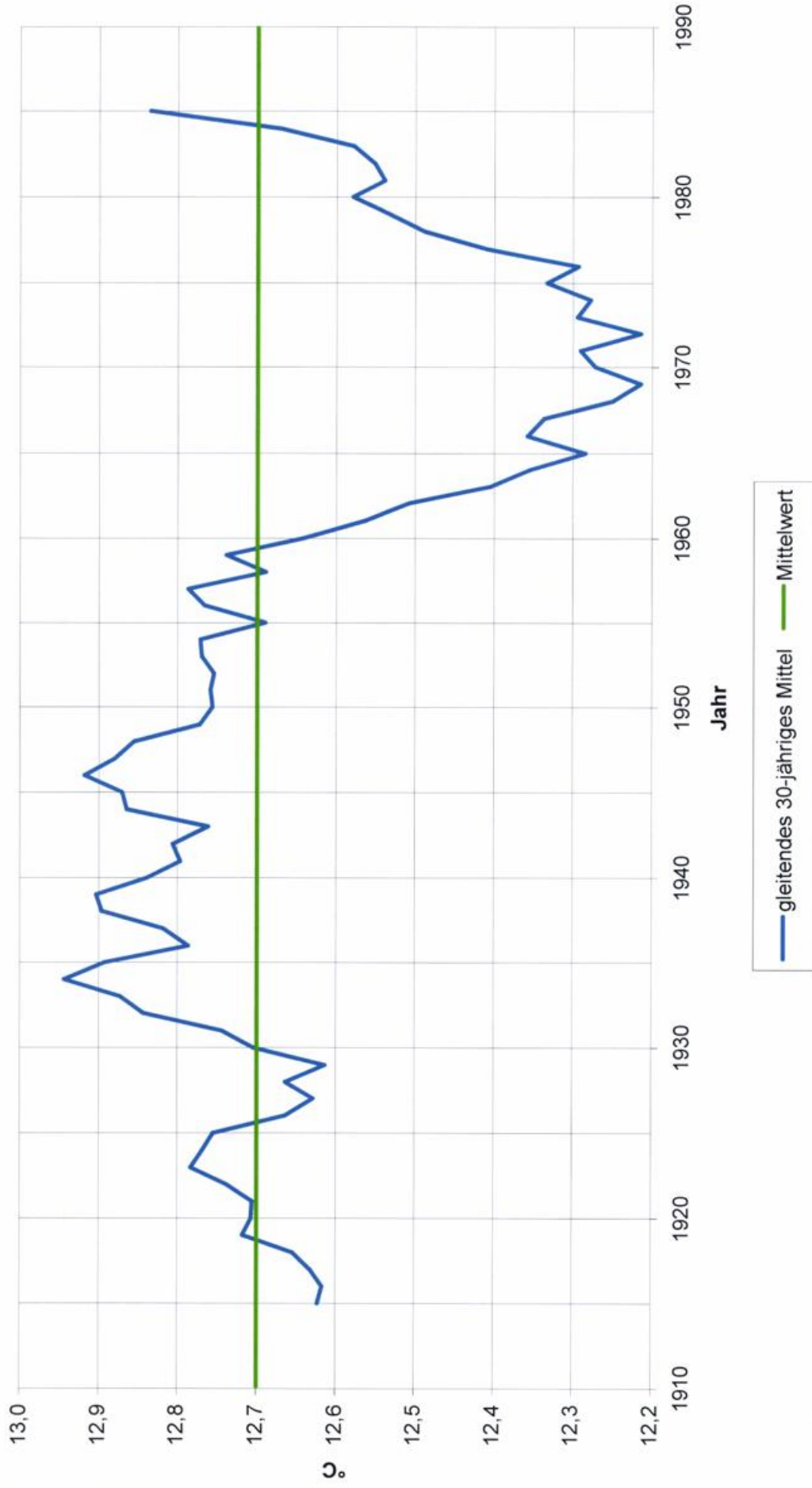


Abbildung 27 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

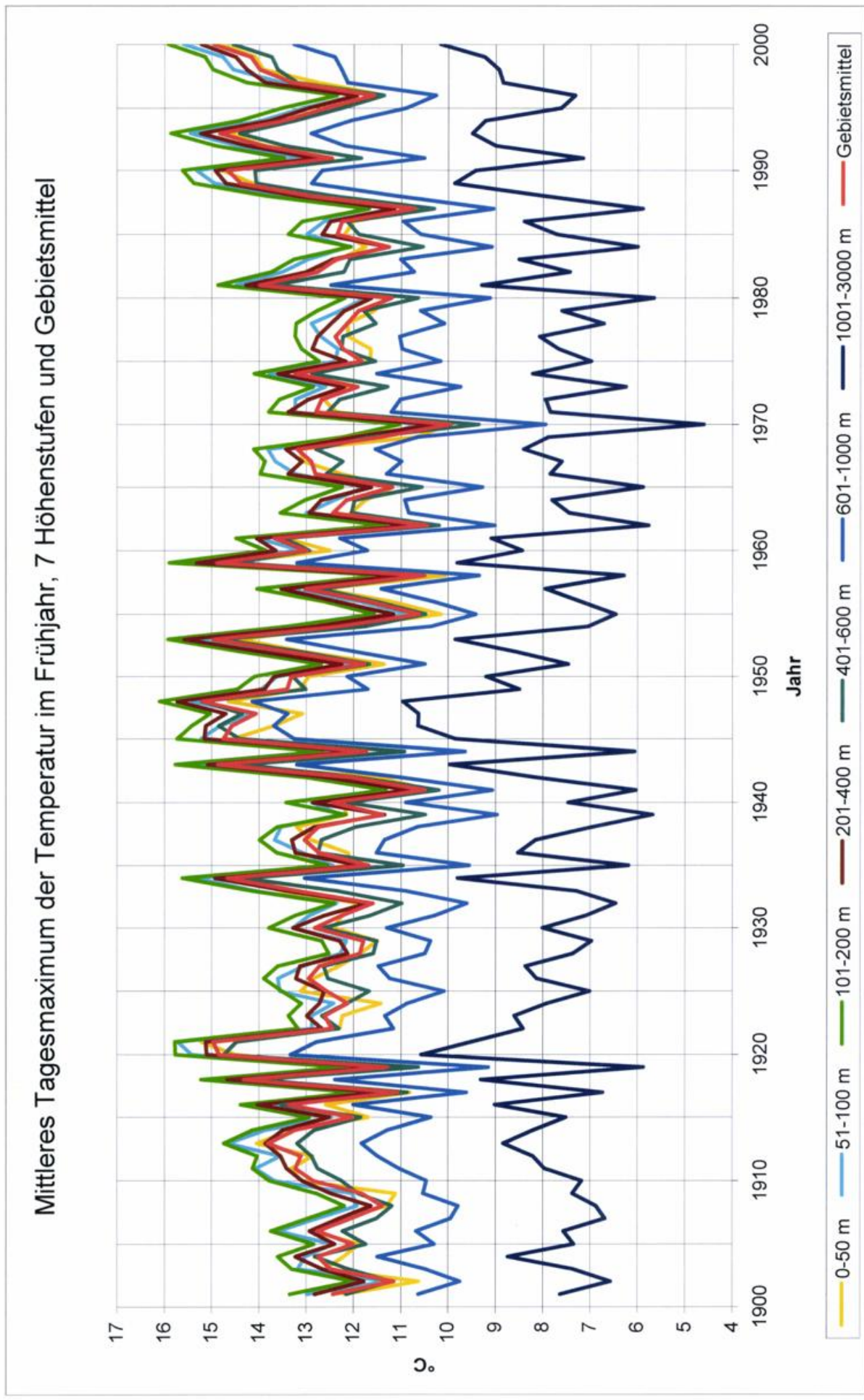


Abbildung 28 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

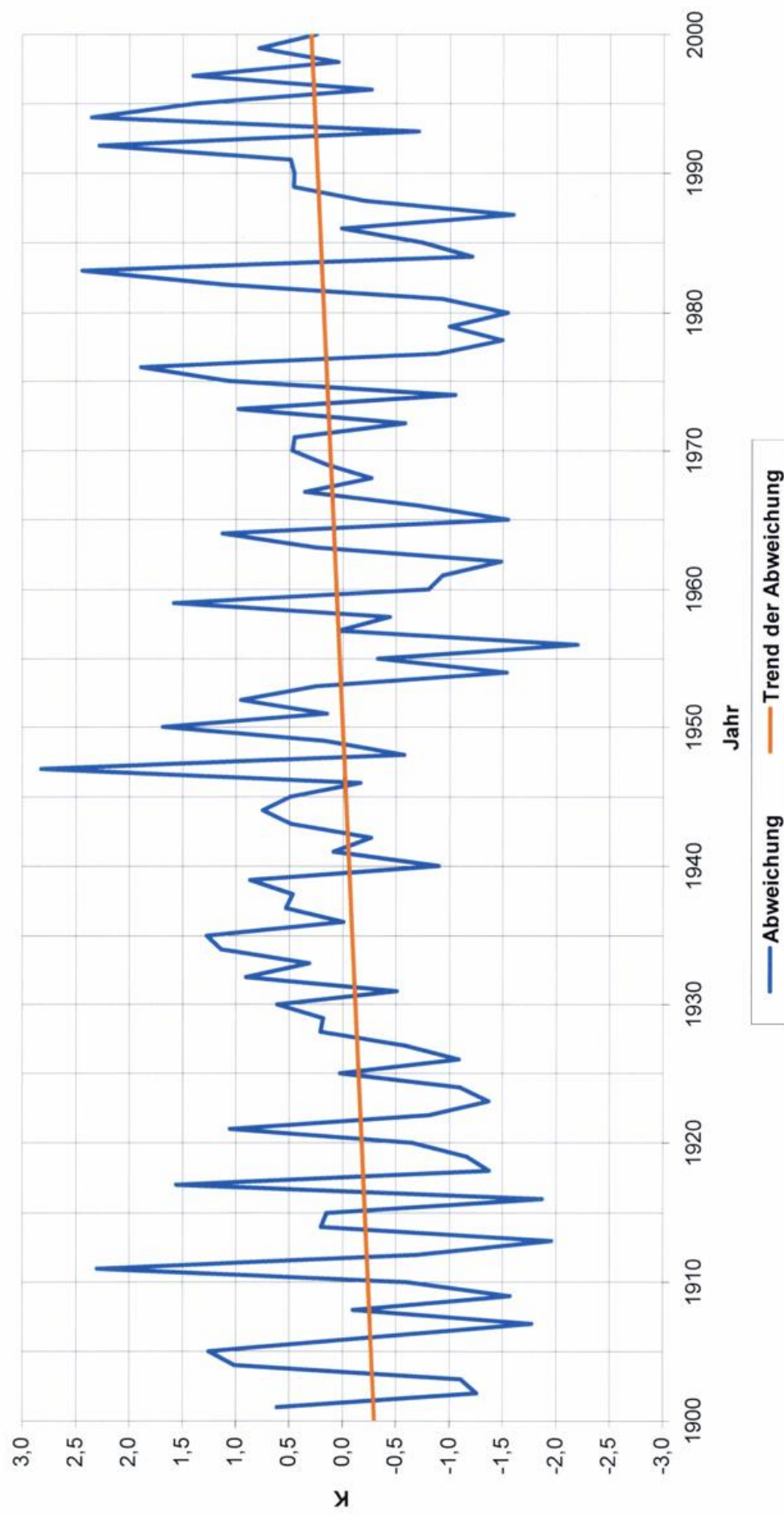


Abbildung 29 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)

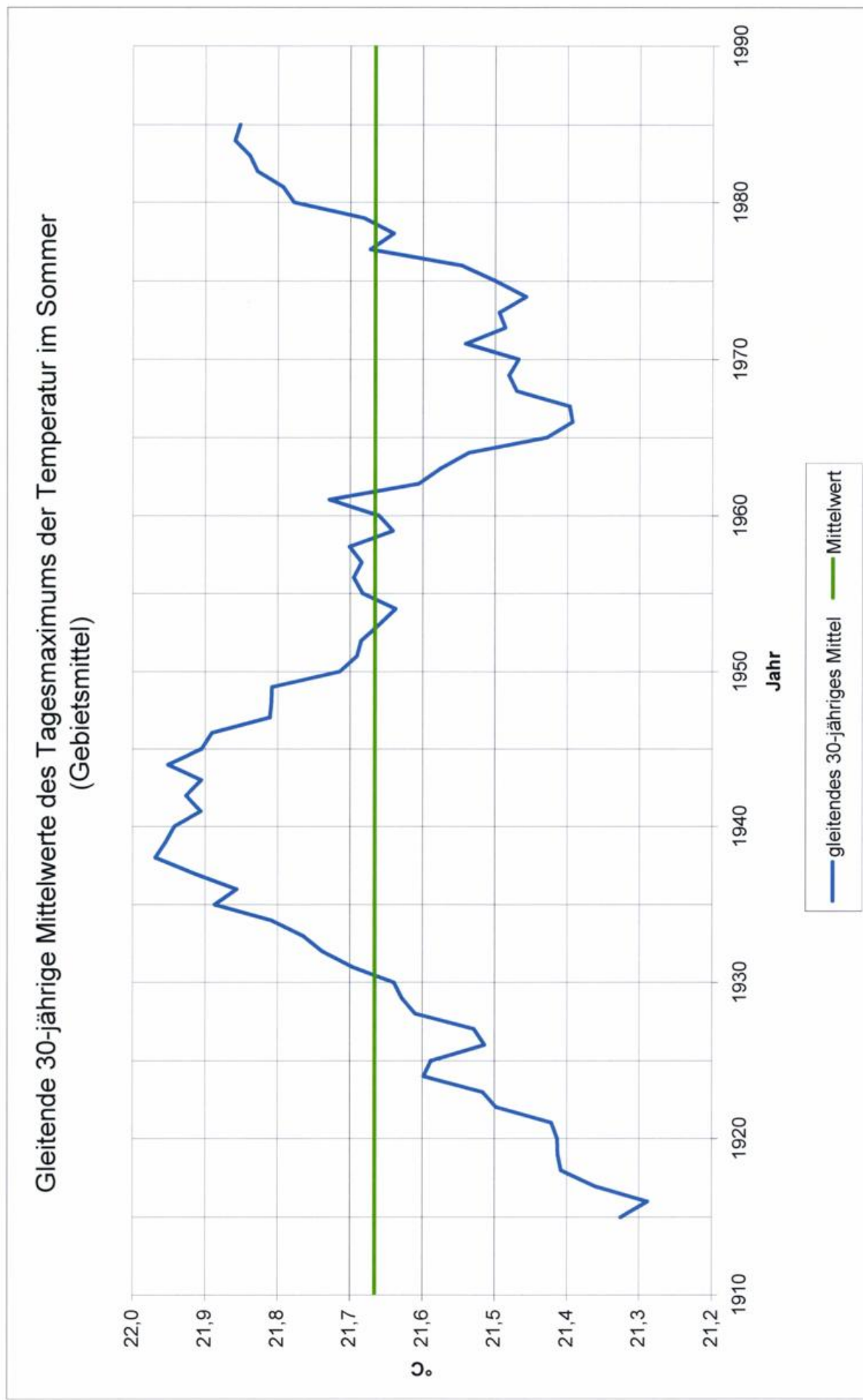


Abbildung 30 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

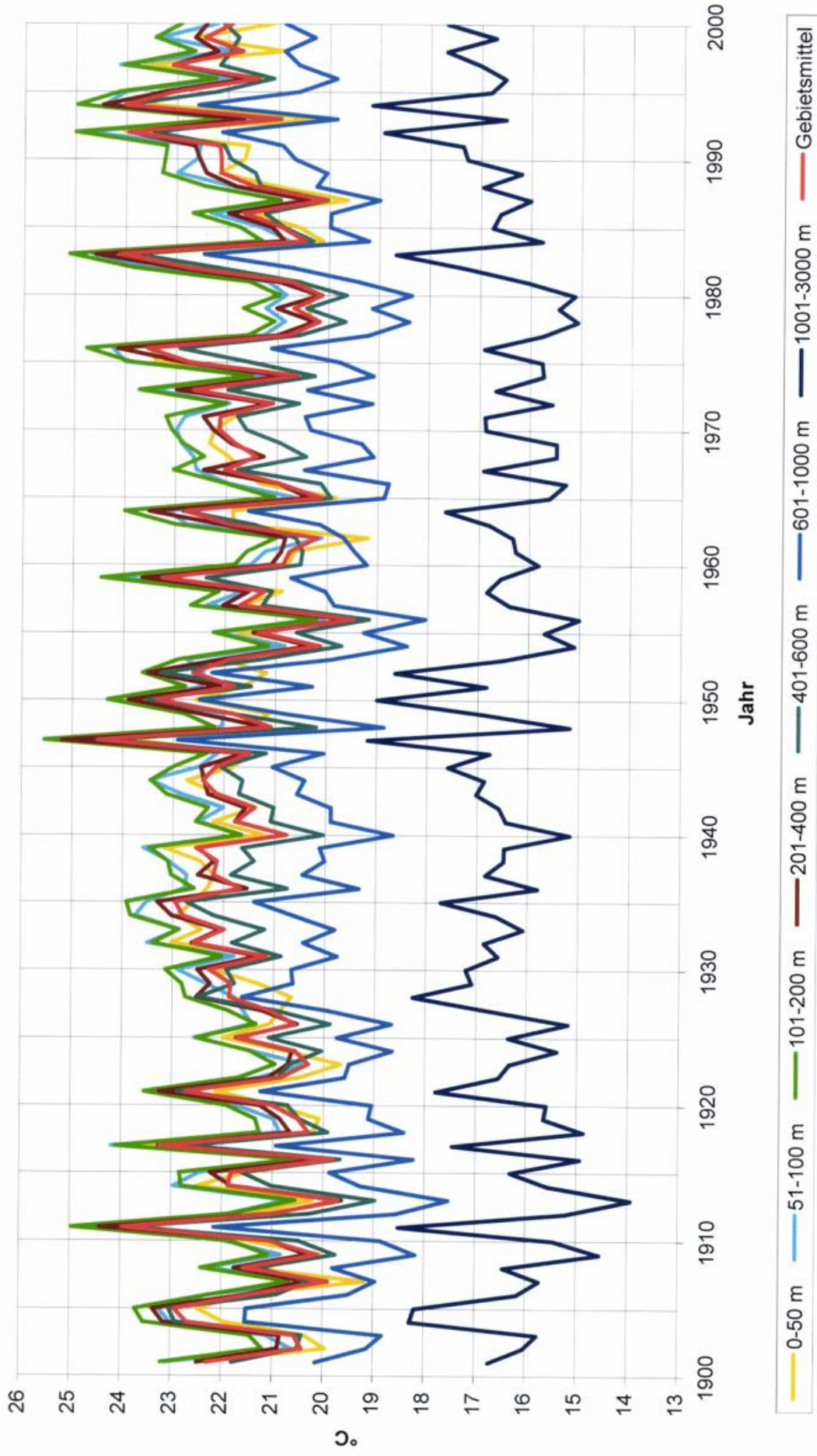


Abbildung 31 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert

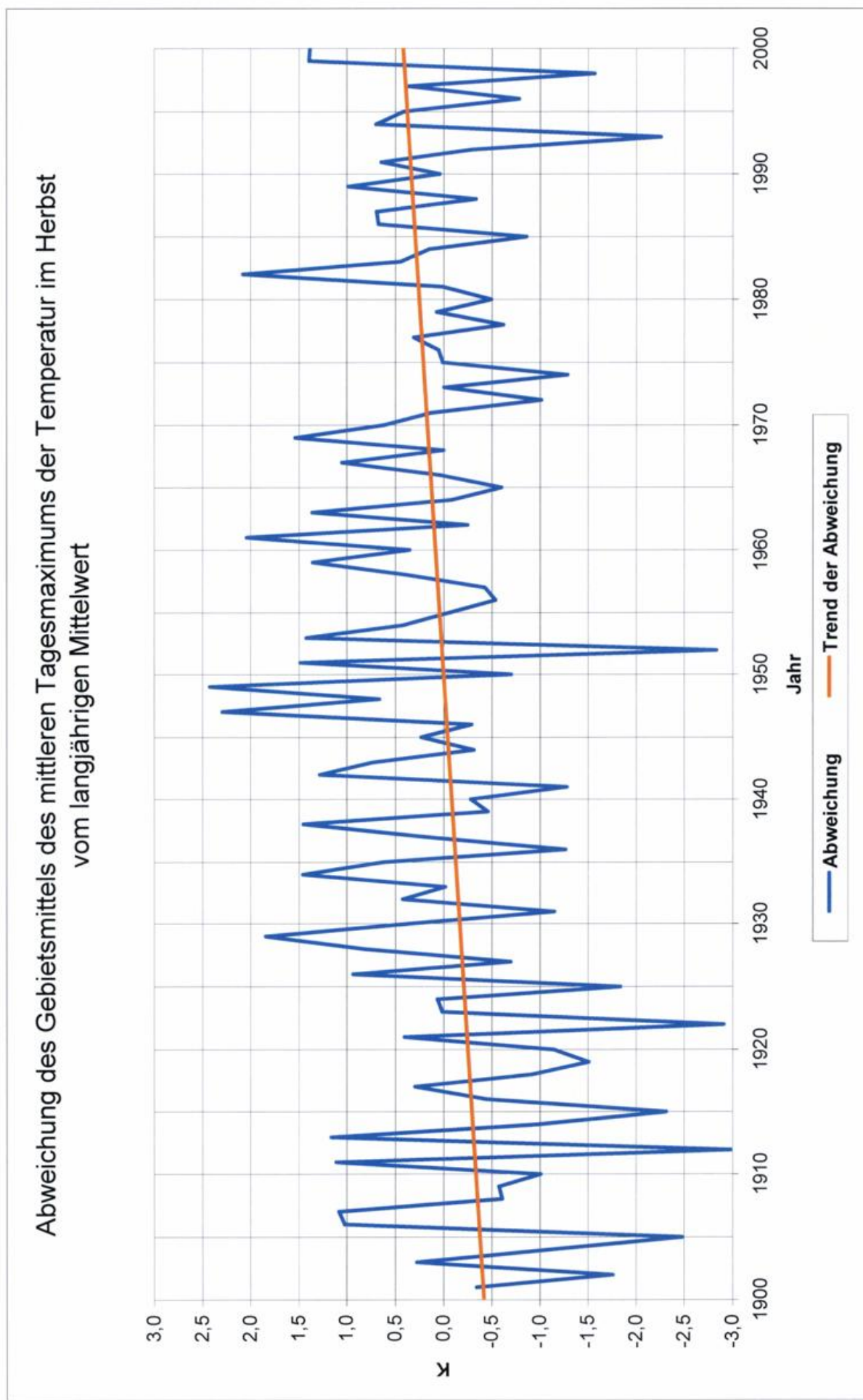


Abbildung 32 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

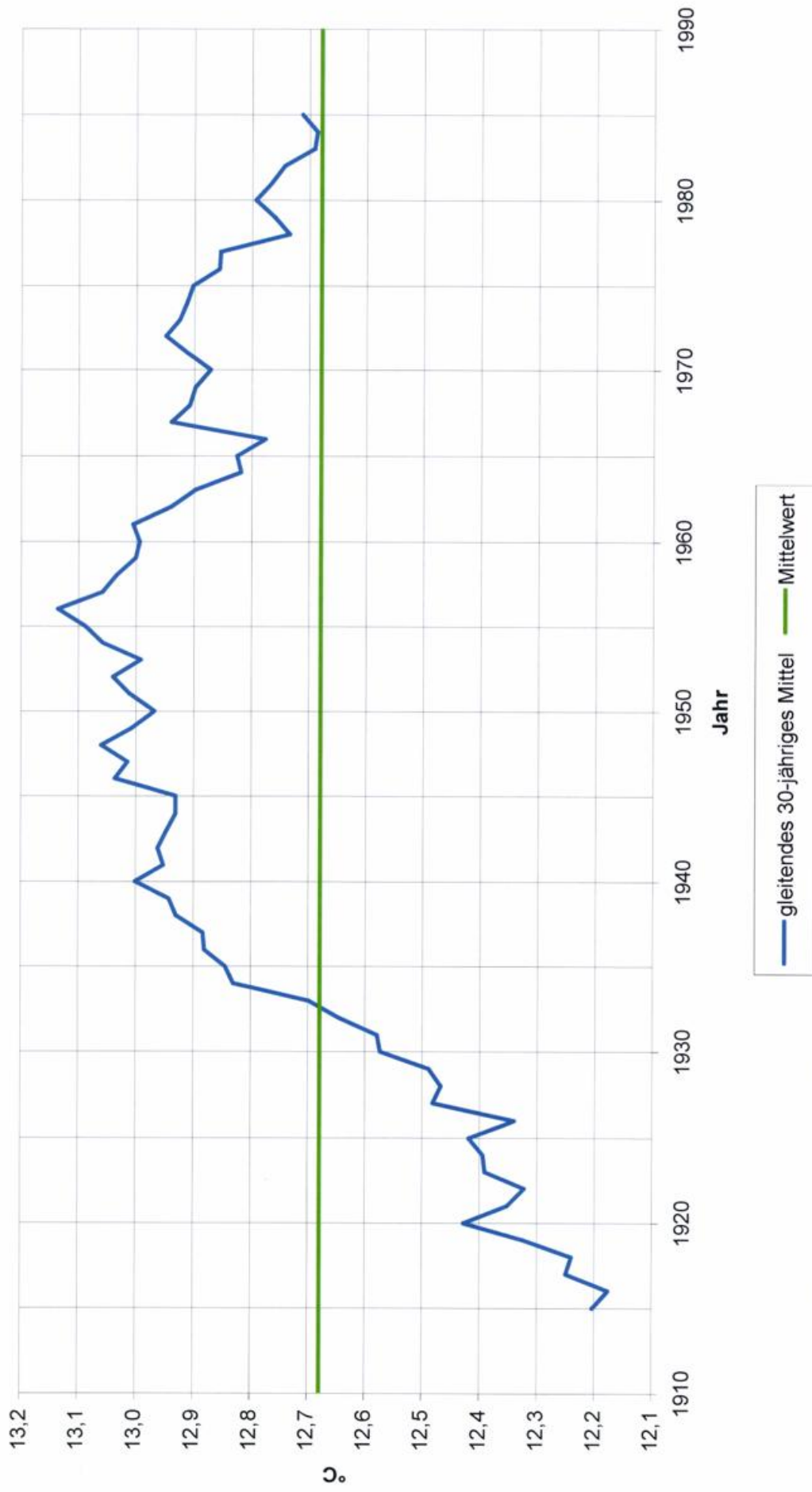


Abbildung 33 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

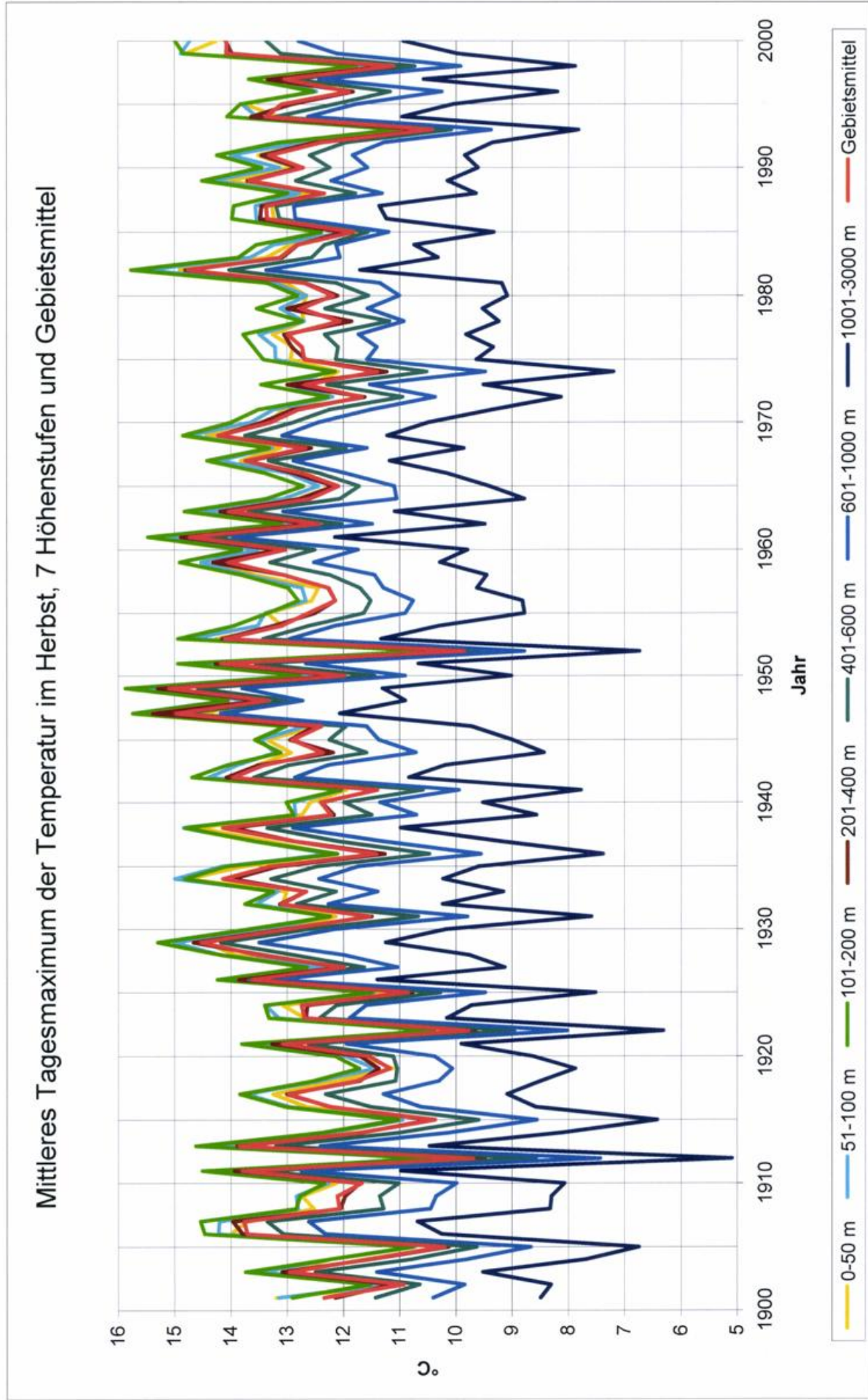


Abbildung 34 Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Winter vom Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels des mittleren Tagesmaximums der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert

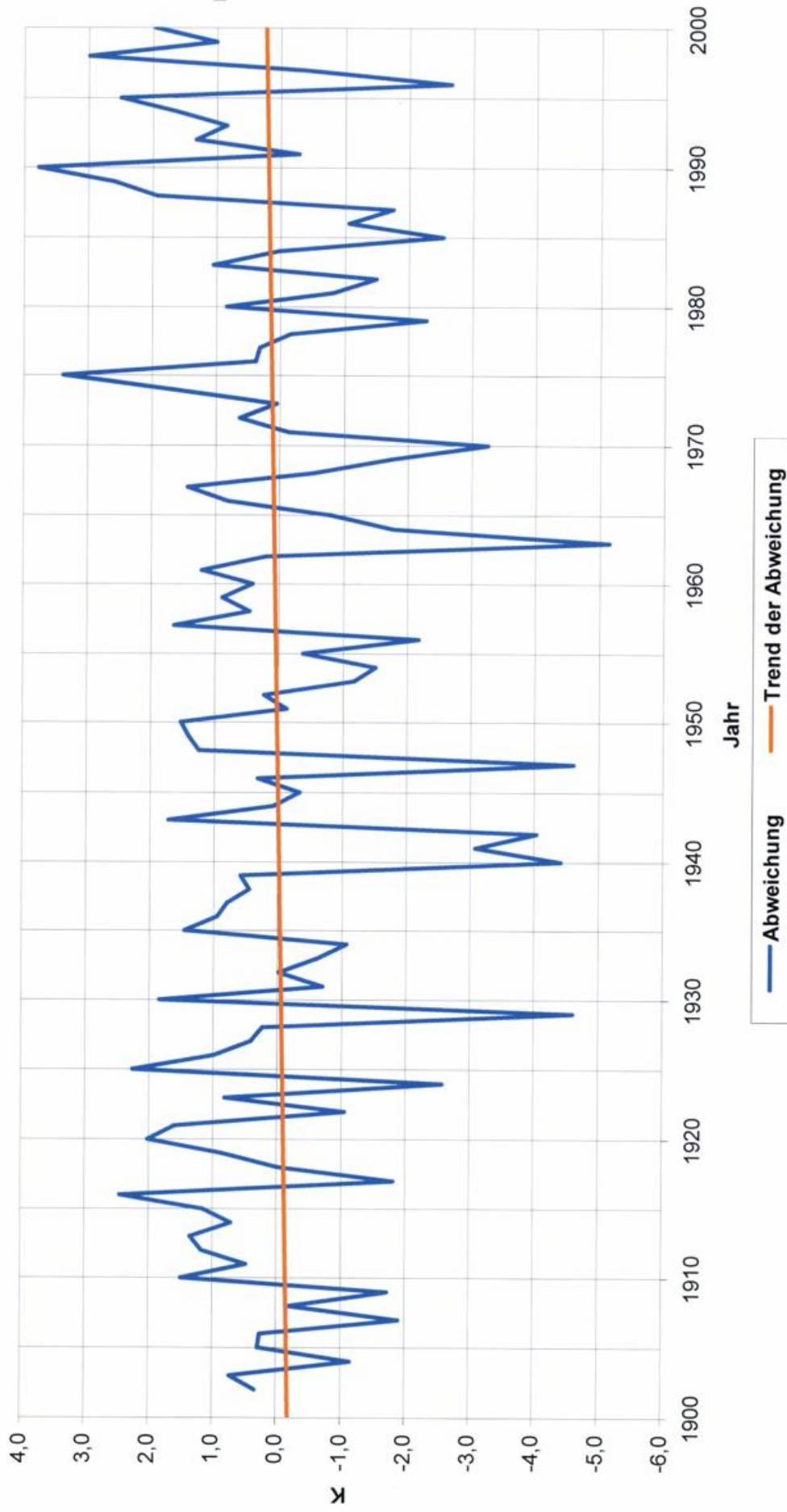


Abbildung 35 Gleitende 30-jährige Mittelwerte des Tagesmaximums der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)

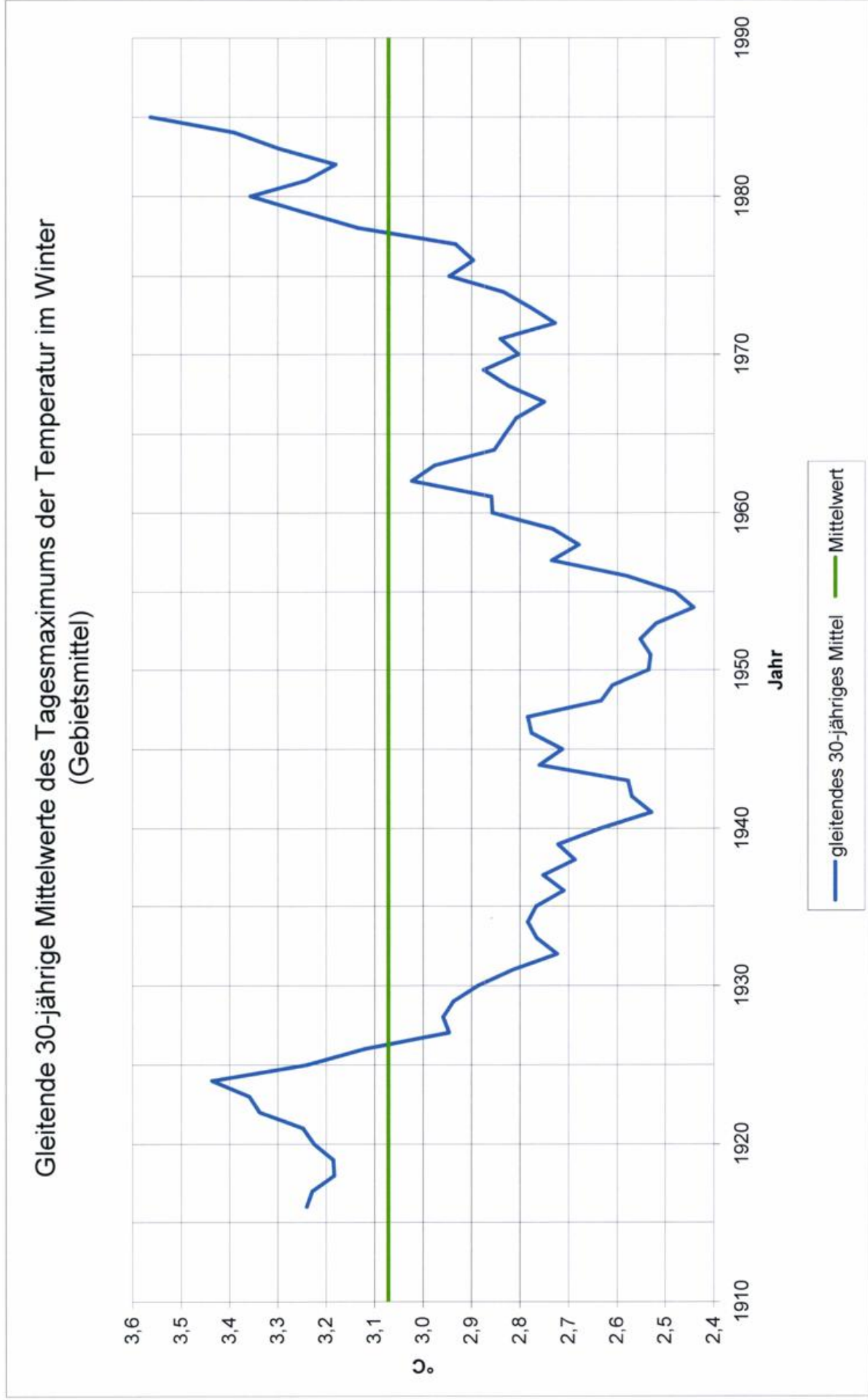


Abbildung 36 Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittleres Tagesmaximum der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

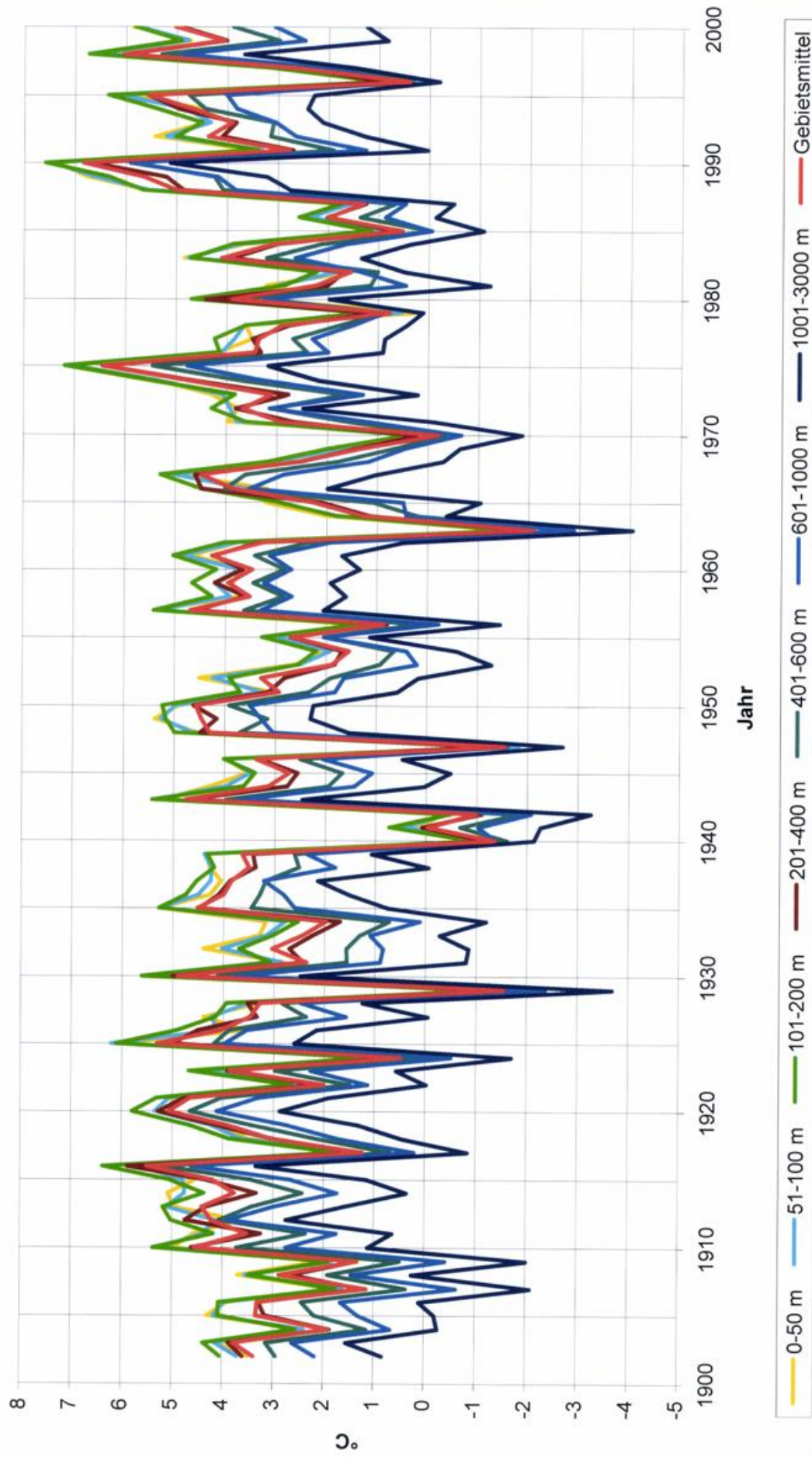


Abbildung 37 Mittlere Tagesamplitude und mittleres Tagesmaximum der Temperatur, Gebietsmittel

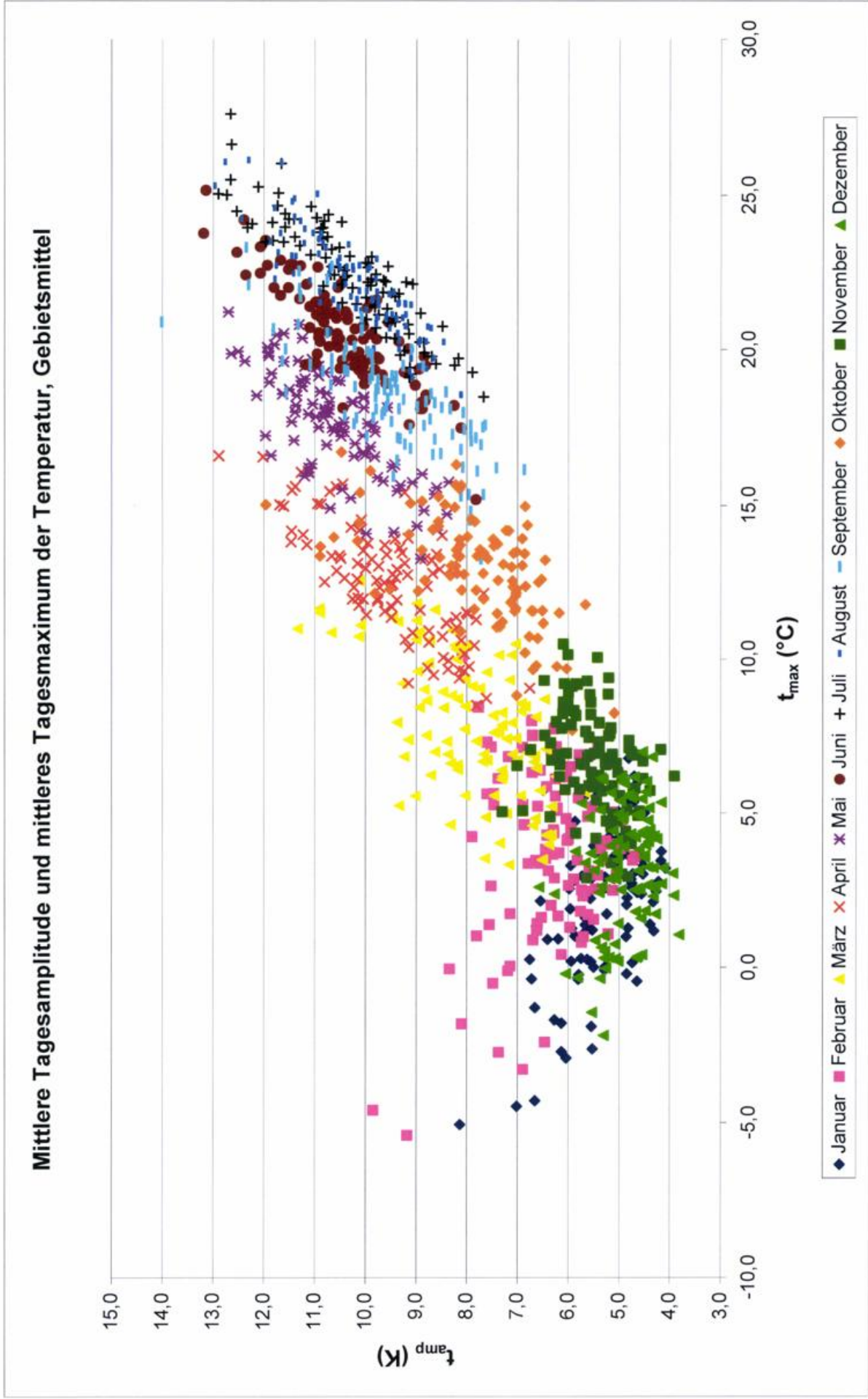


Abbildung 38 Mittlere Tagesamplitude und mittleres Tagesminimum der Temperatur, Gebietsmittel

Mittlere Tagesamplitude und mittleres Tagesminimum der Temperatur, Gebietsmittel

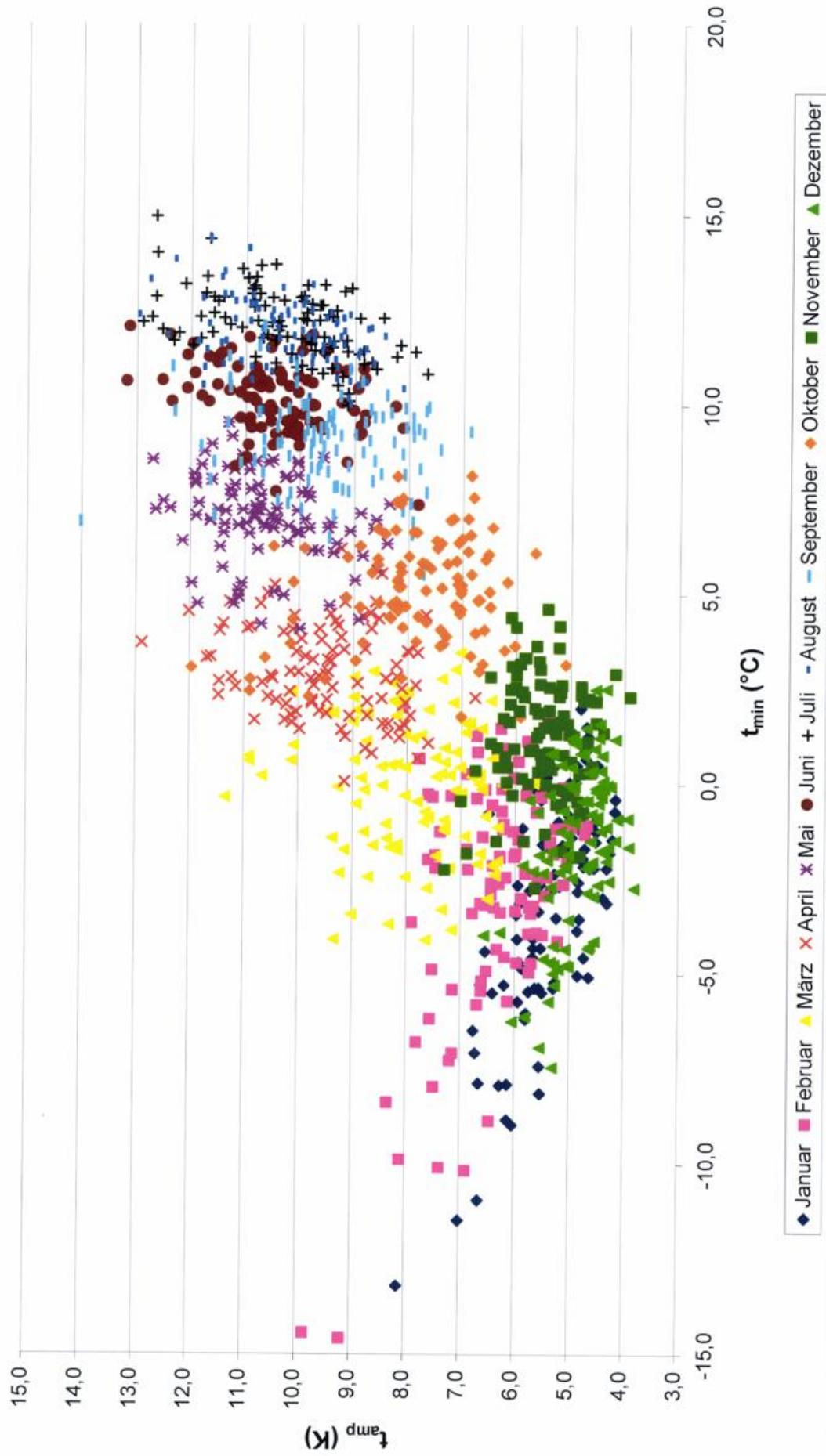


Abbildung 39 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Einzeljahr vom langjährigen Mittelwert

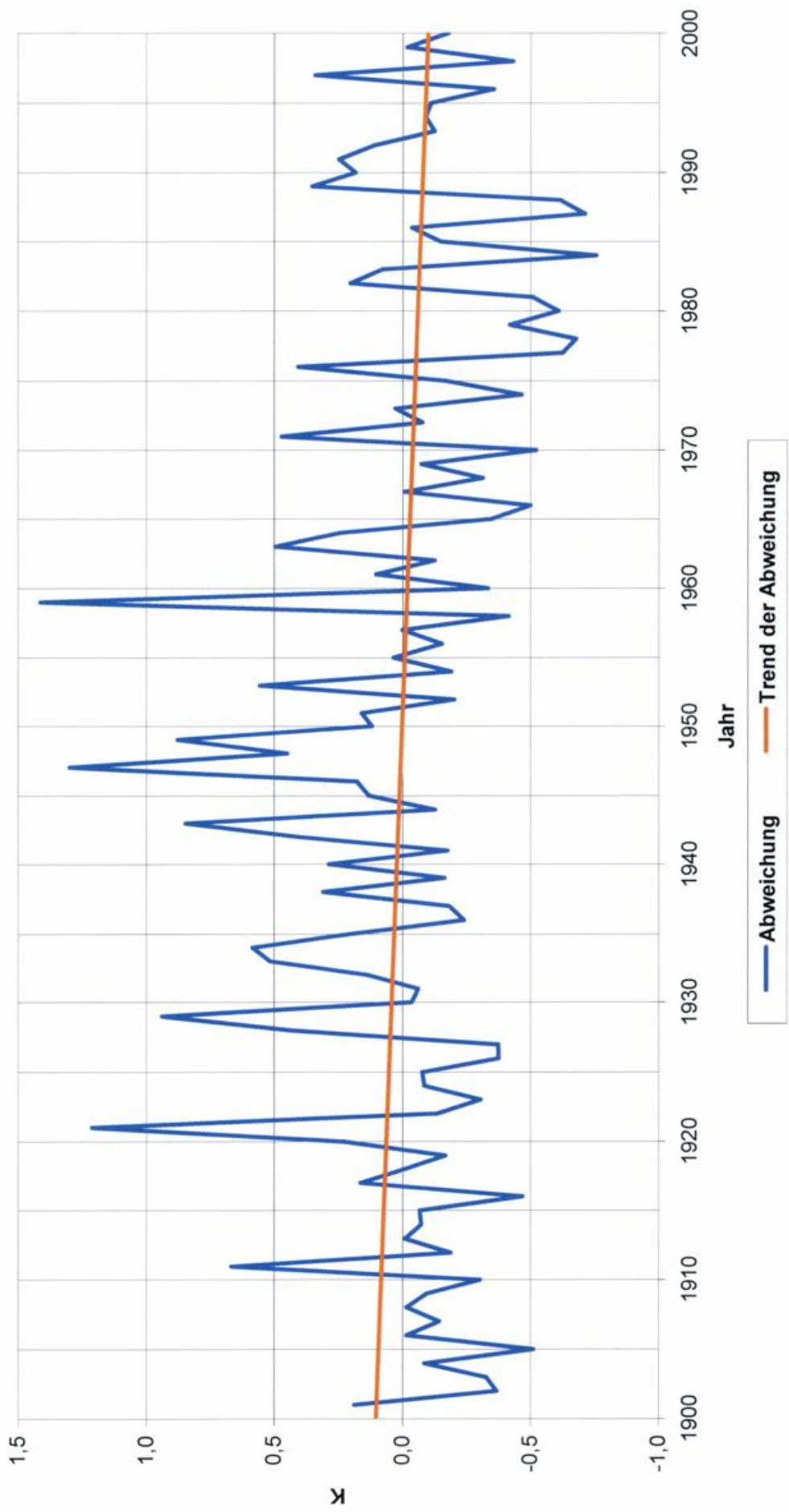


Abbildung 40 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur (Gebietsmittel)

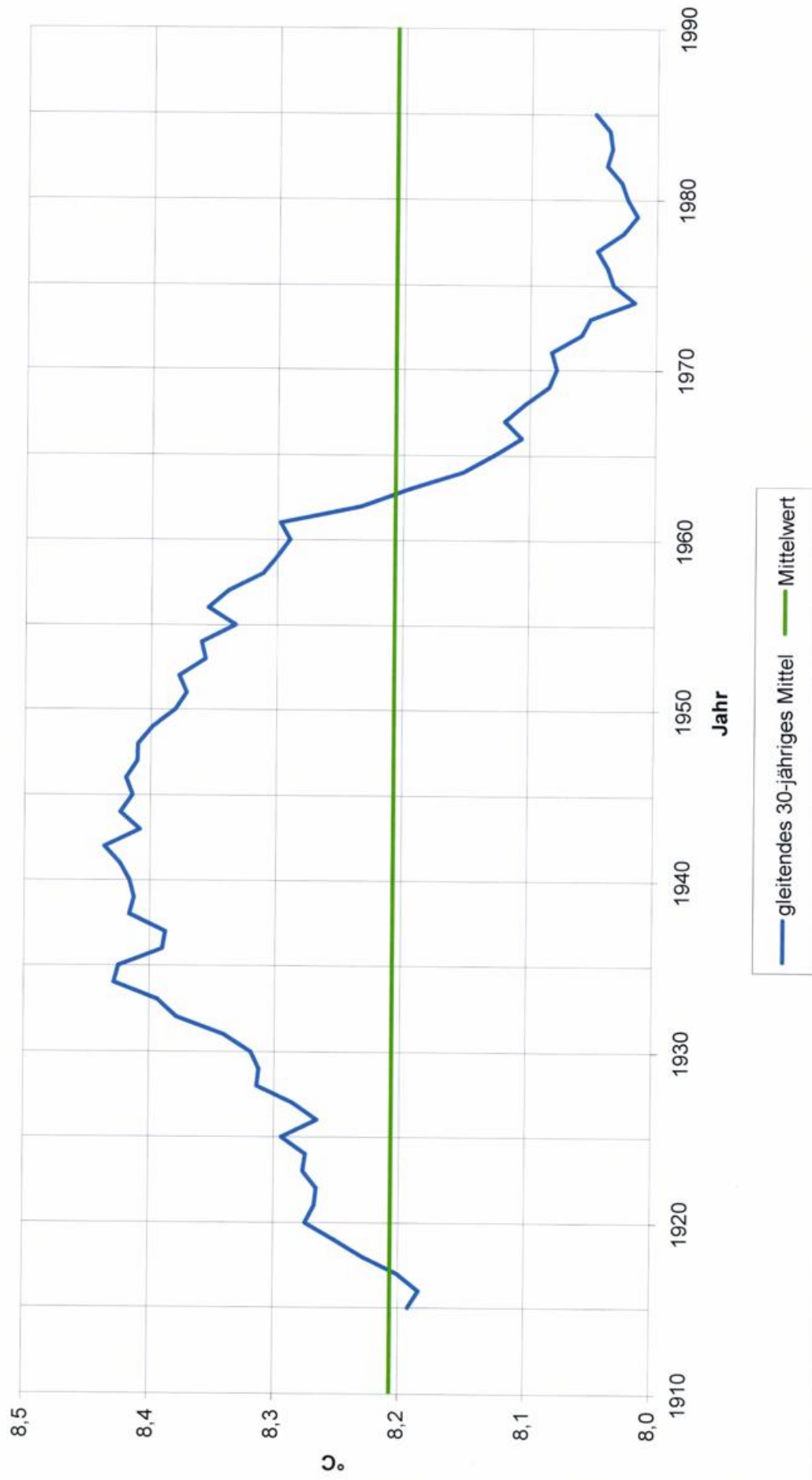


Abbildung 41 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

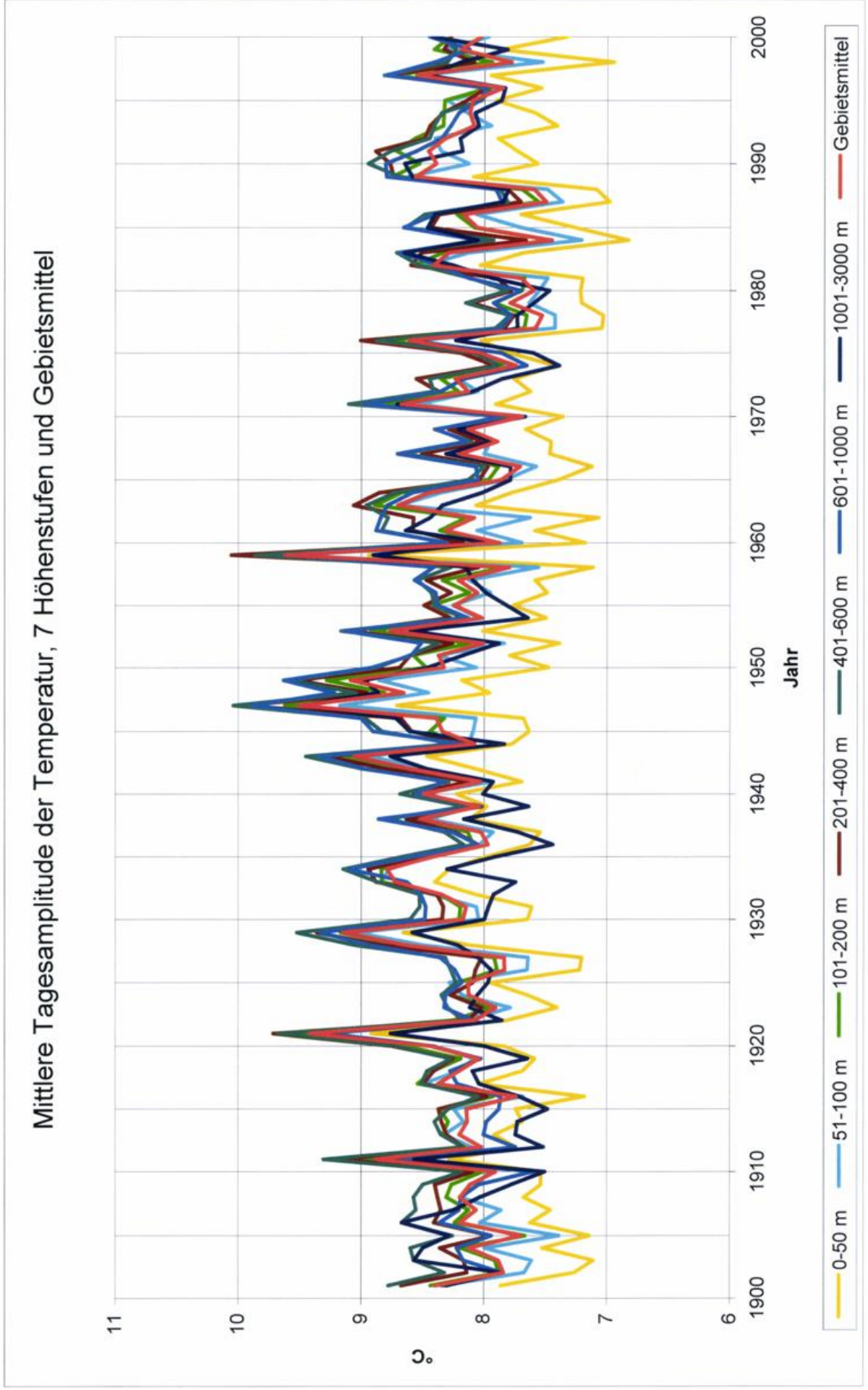


Abbildung 42 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Gebietsmittel

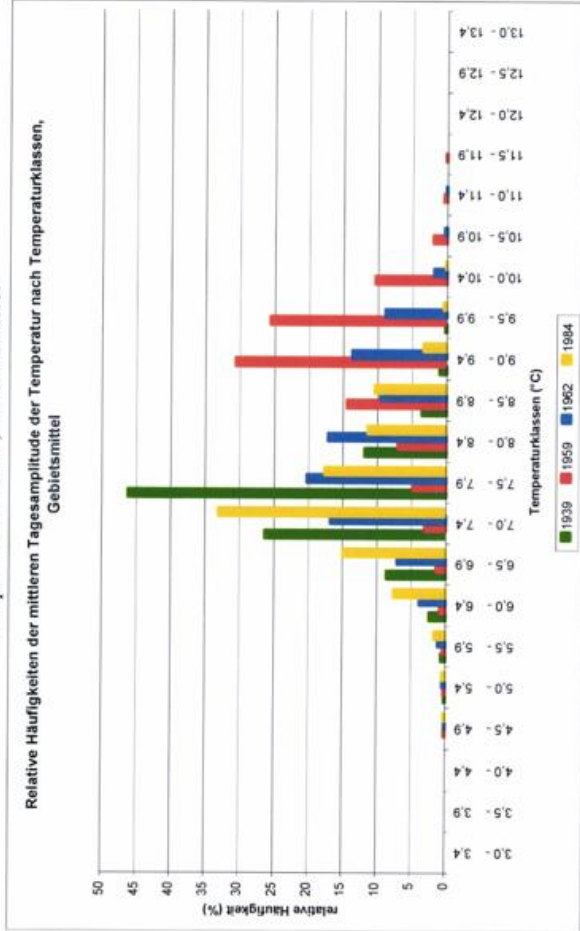


Abbildung 44 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 401-600 m

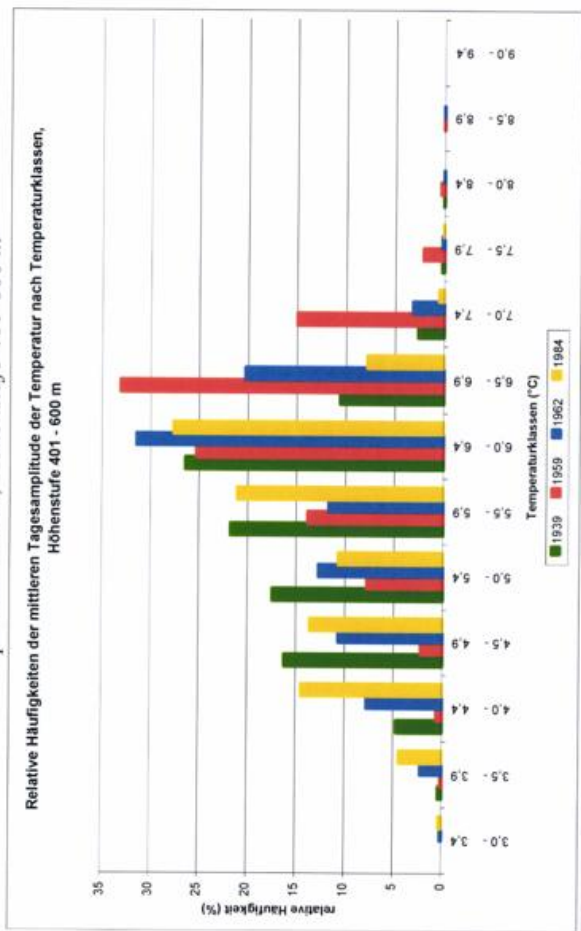
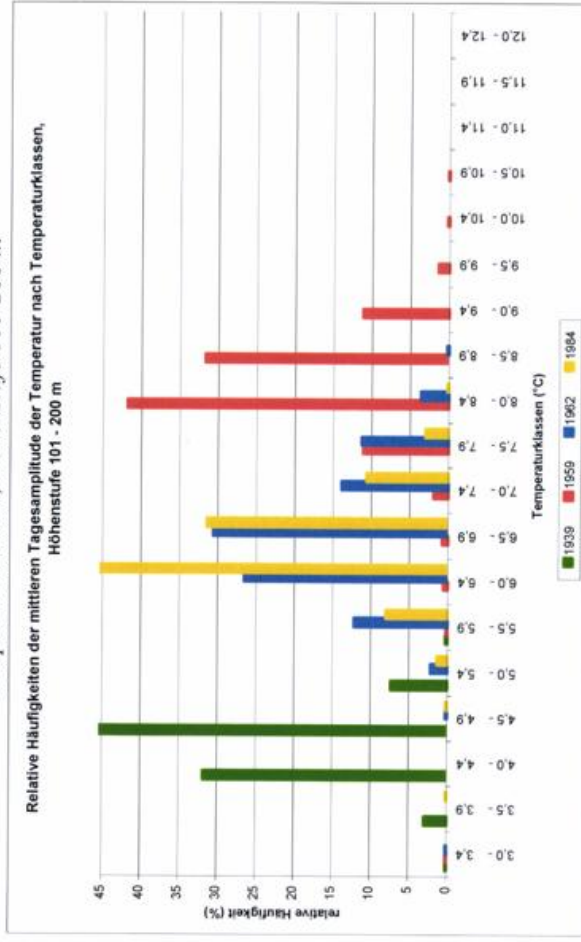


Abbildung 43 relative Häufigkeiten der mittleren Tagesamplitude der Temperatur nach Temperaturklassen, Höhenstufe 101-200 m



Ausgewählte Jahre:

1984: niedrigster Wert (Gebietsmittel 7,45 K, mittlere Streuung 0,80 K)

1939: geringste Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 8,04 K, mittlere Streuung 0,53 K)

1962: größte Streuung der Rasterwerte (Gebietsmittel 8,08 K, mittlere Streuung 1,02 K)

1959: höchster Wert (Gebietsmittel 9,62 K, mittlere Streuung 0,87 K)

Abbildung 45 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr vom langjährigen Mittelwert

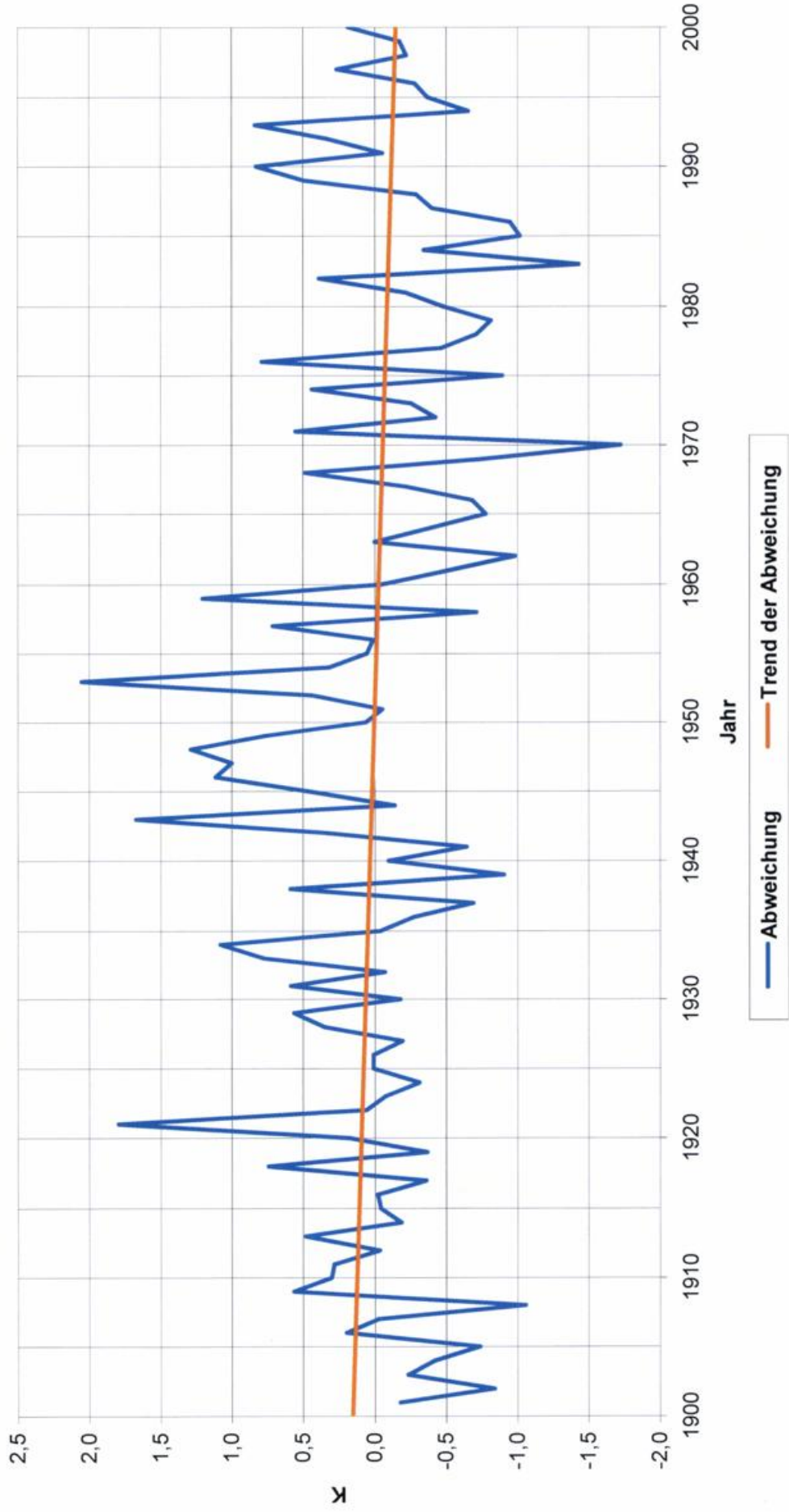


Abbildung 46 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Frühjahr (Gebietsmittel)



Abbildung 47 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur Frühjahr, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

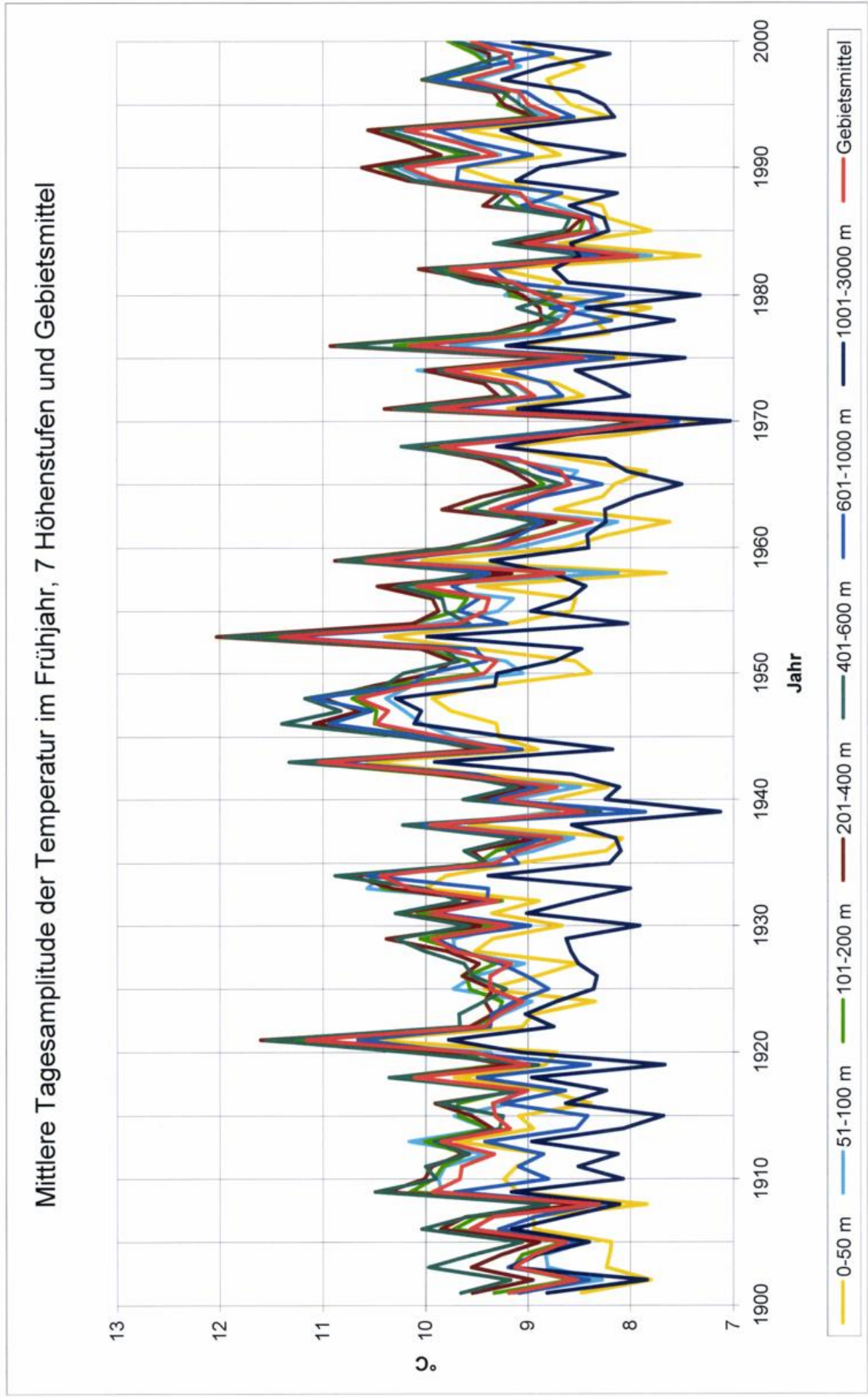


Abbildung 48 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Sommer vom langjährigen Mittelwert

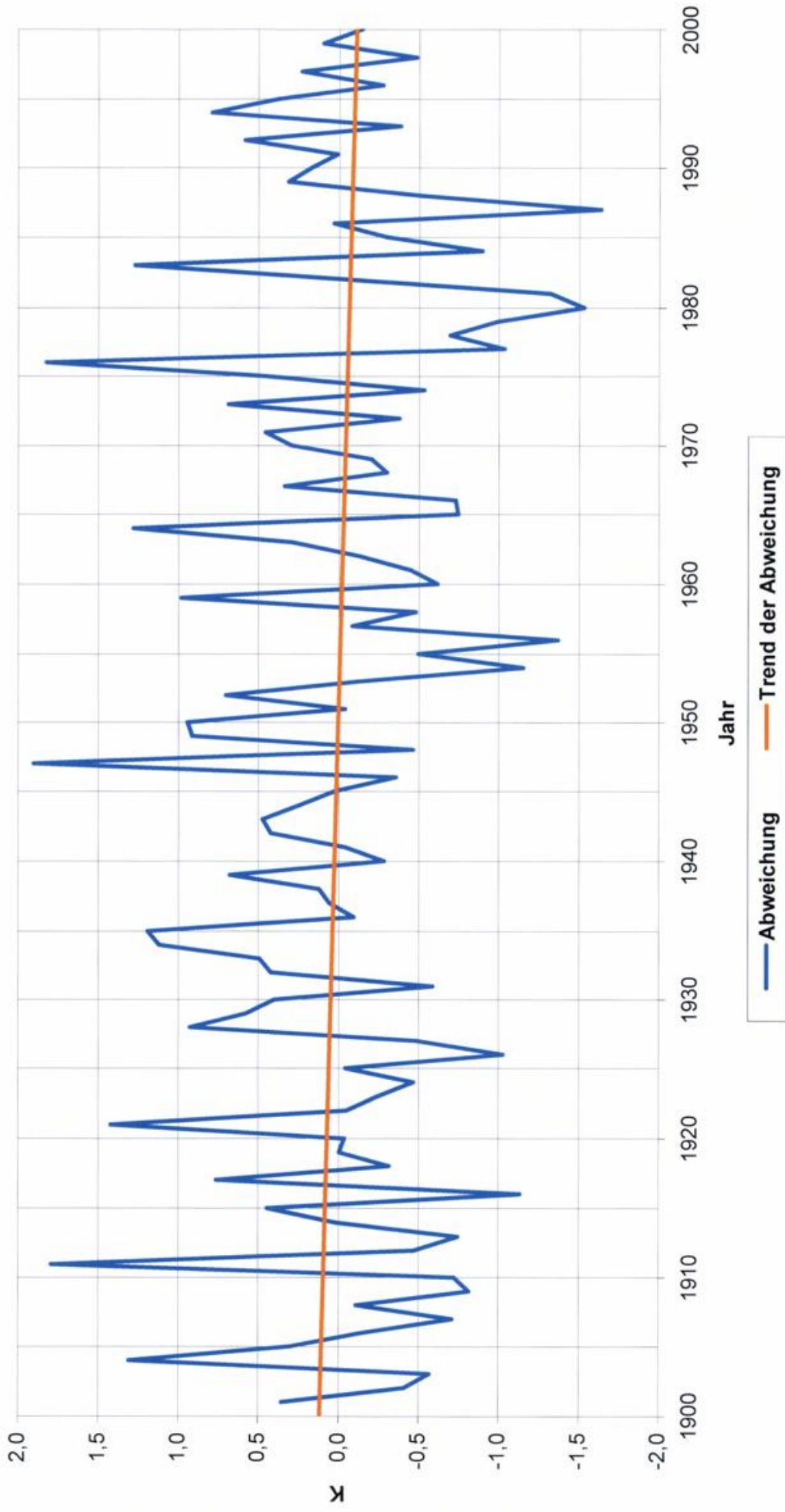


Abbildung 49 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Sommer (Gebietsmittel)

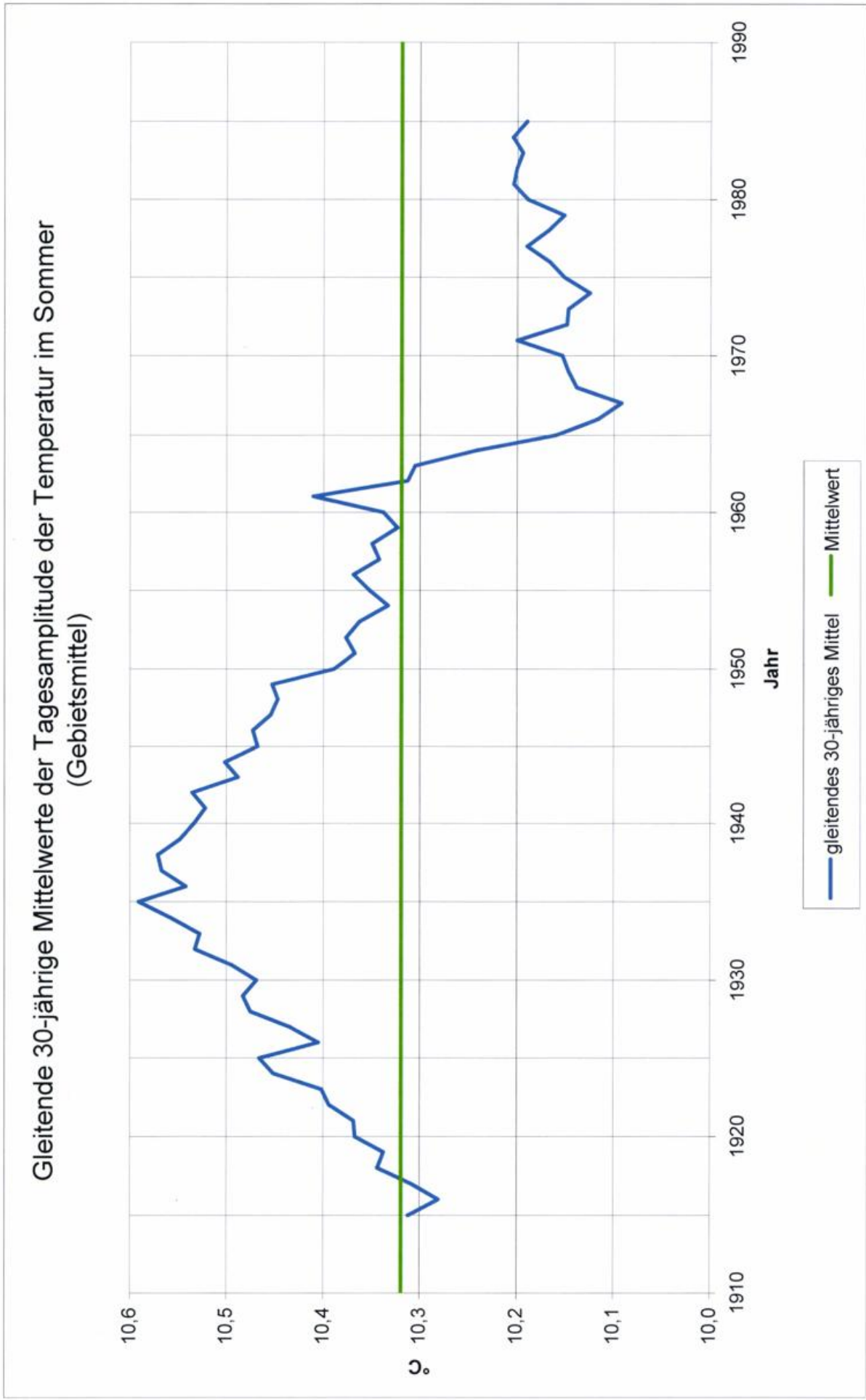


Abbildung 50 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Sommer, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

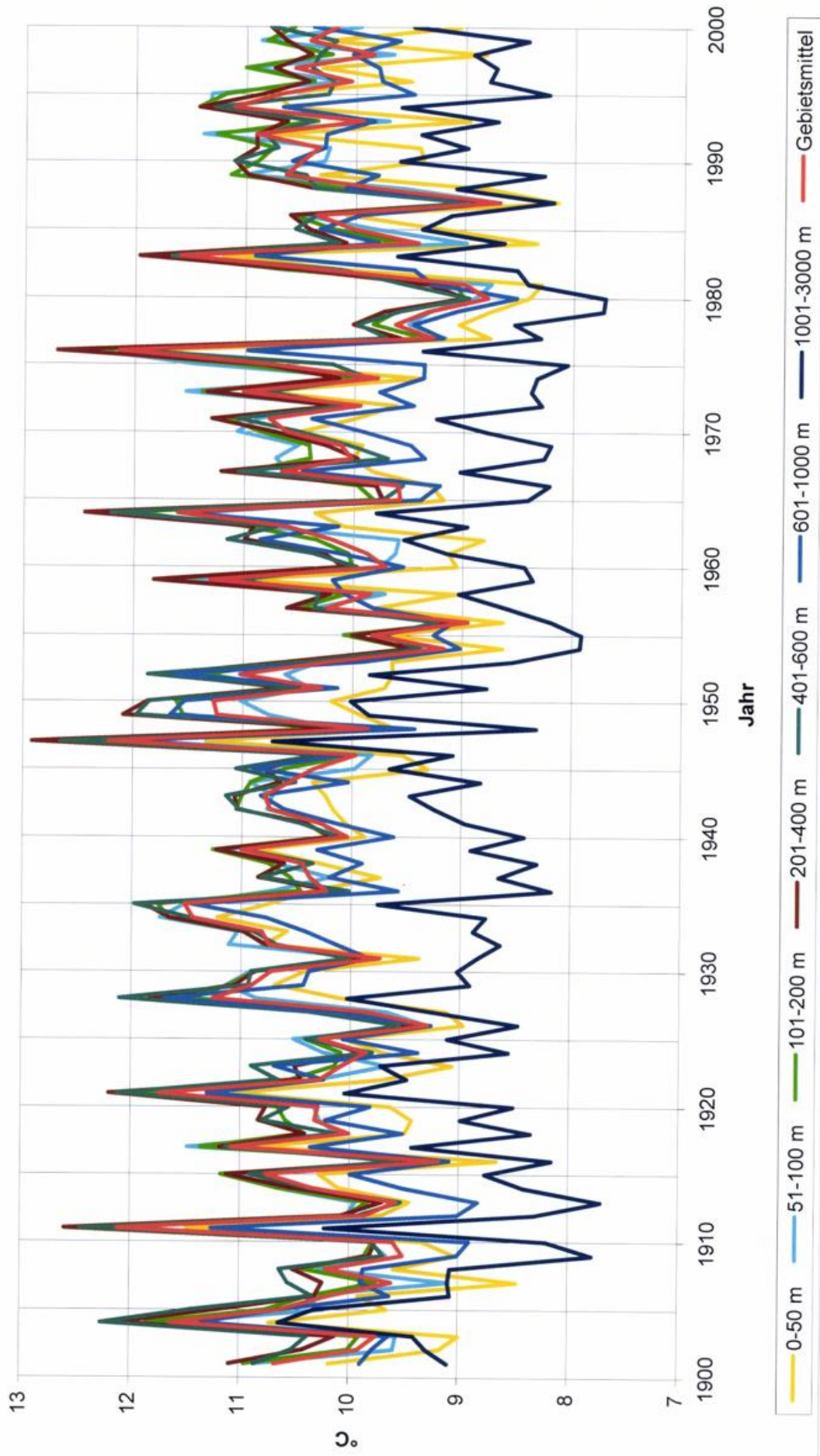


Abbildung 51 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Herbst vom langjährigen Mittelwert

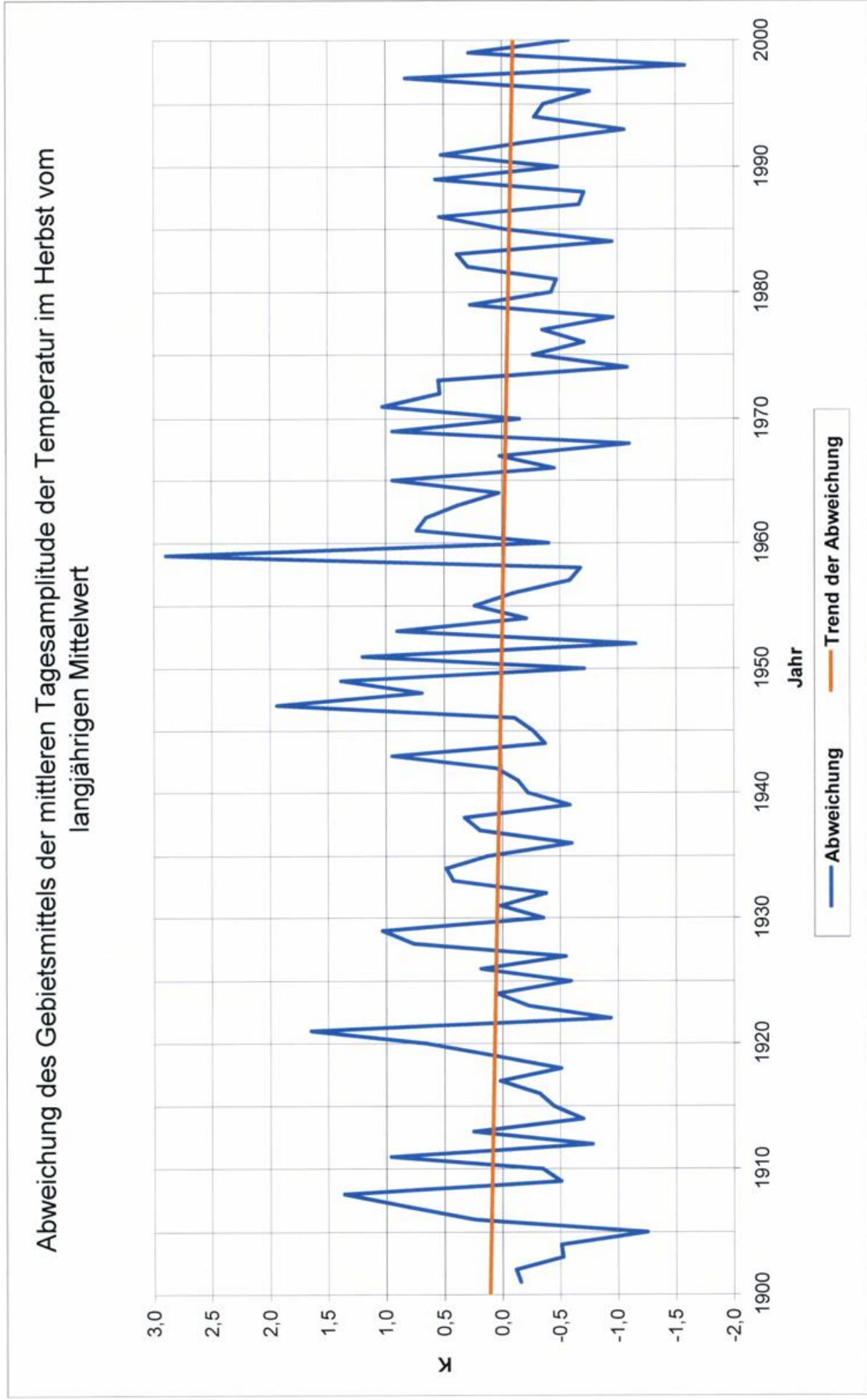


Abbildung 52 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Herbst (Gebietsmittel)

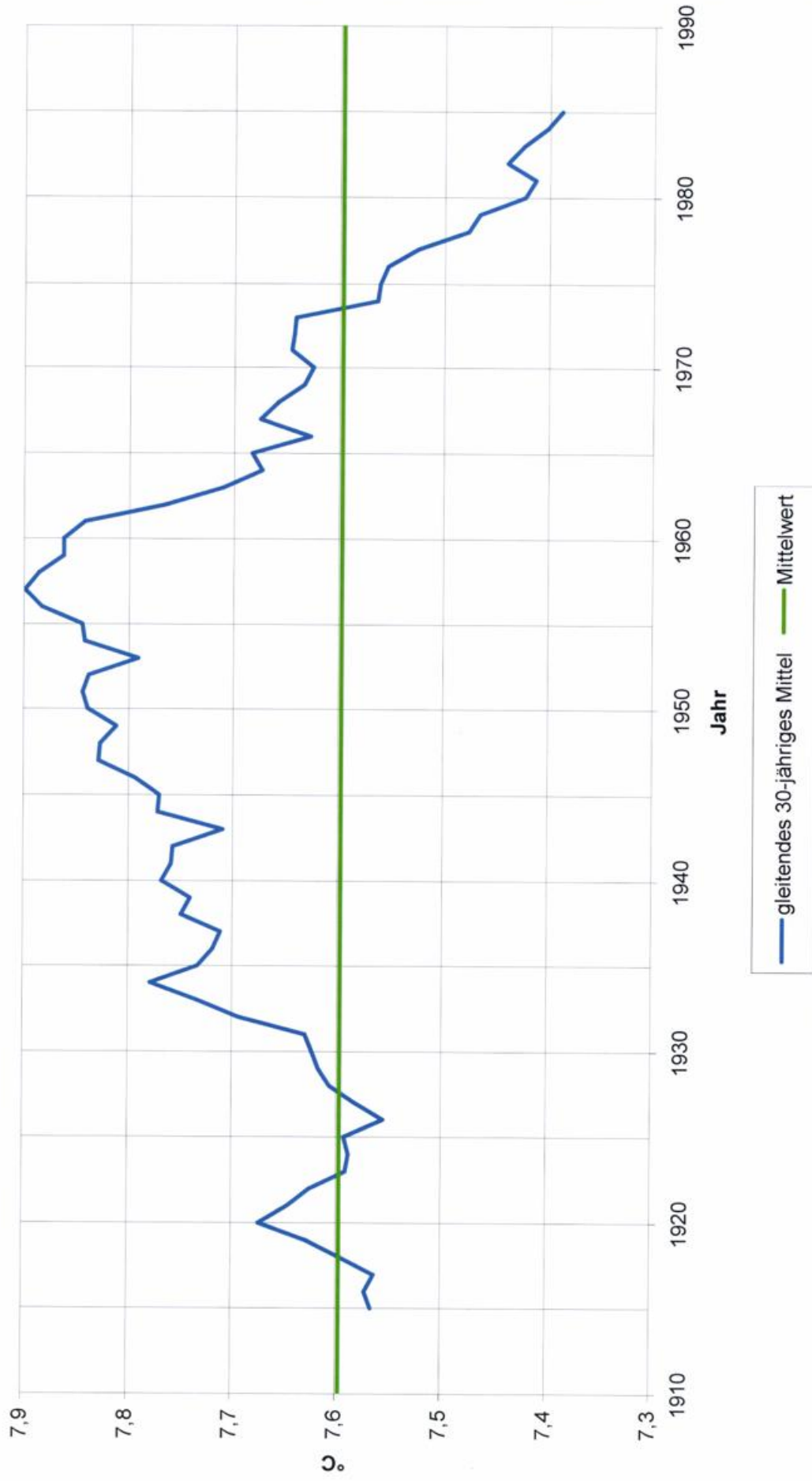


Abbildung 53 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Herbst, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

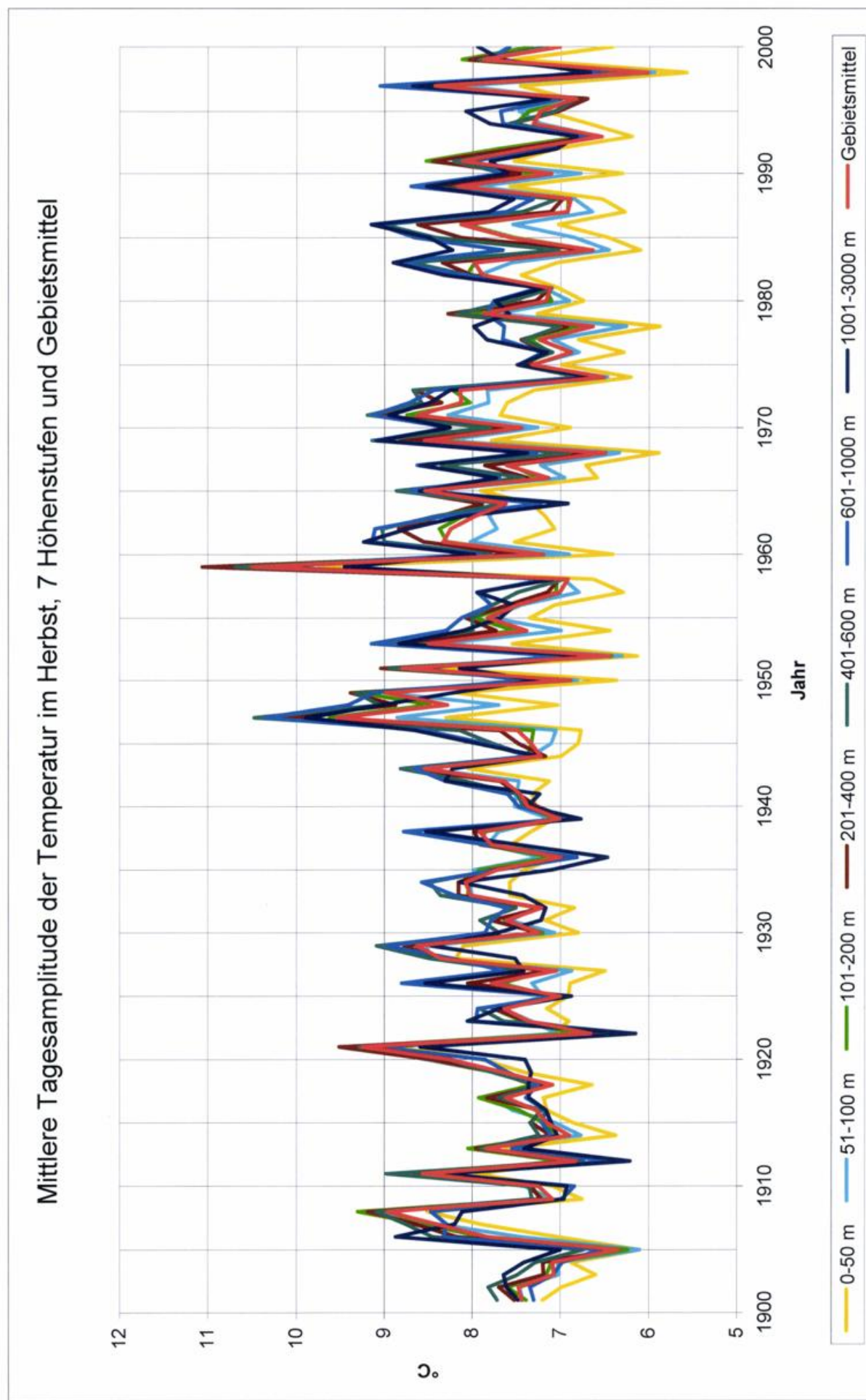


Abbildung 54 Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert

Abweichung des Gebietsmittels der mittleren Tagesamplitude der Temperatur im Winter vom langjährigen Mittelwert

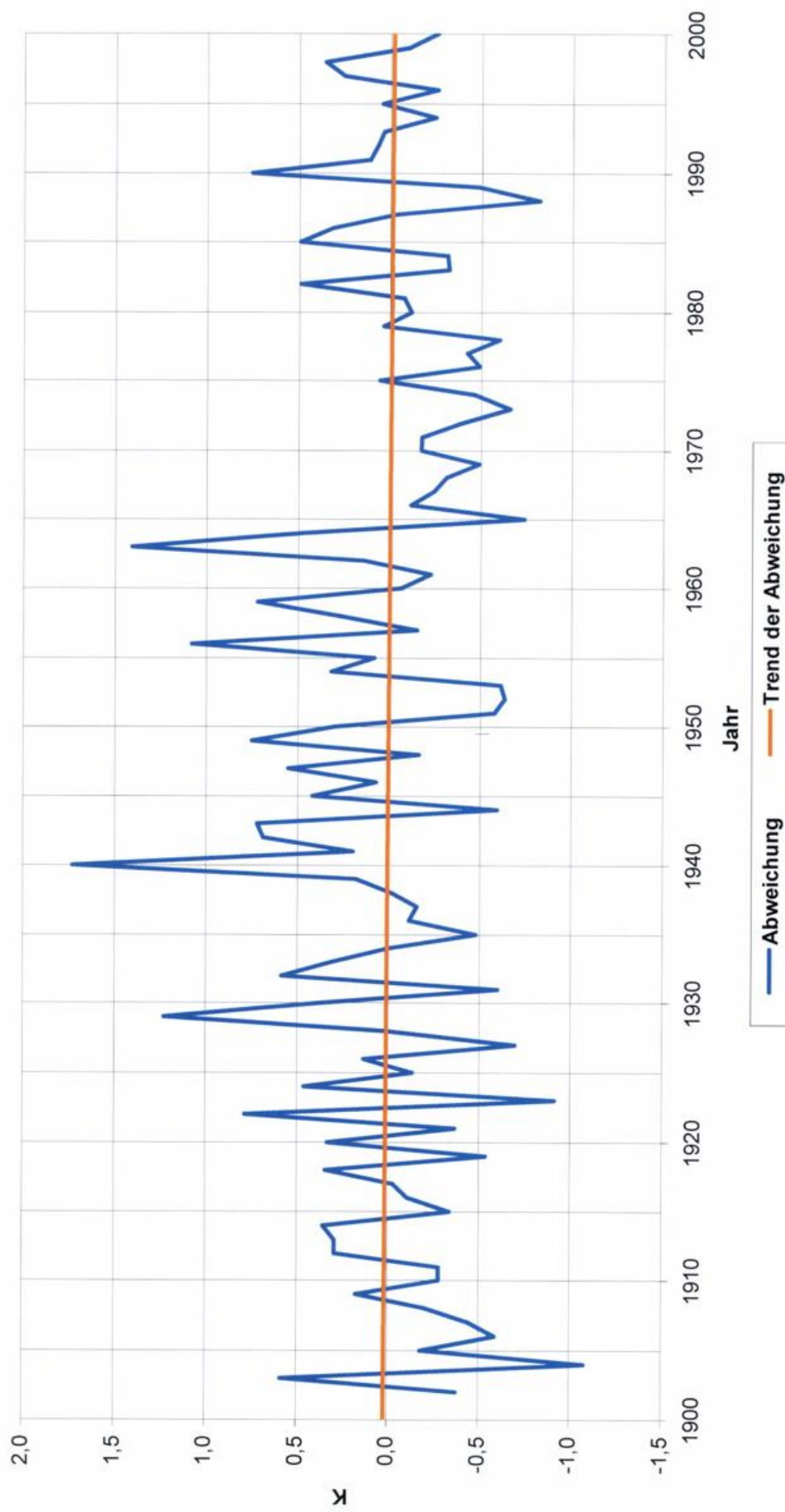


Abbildung 55 Gleitende 30-jährige Mittelwerte der Tagesamplitude der Temperatur im Winter (Gebietsmittel)

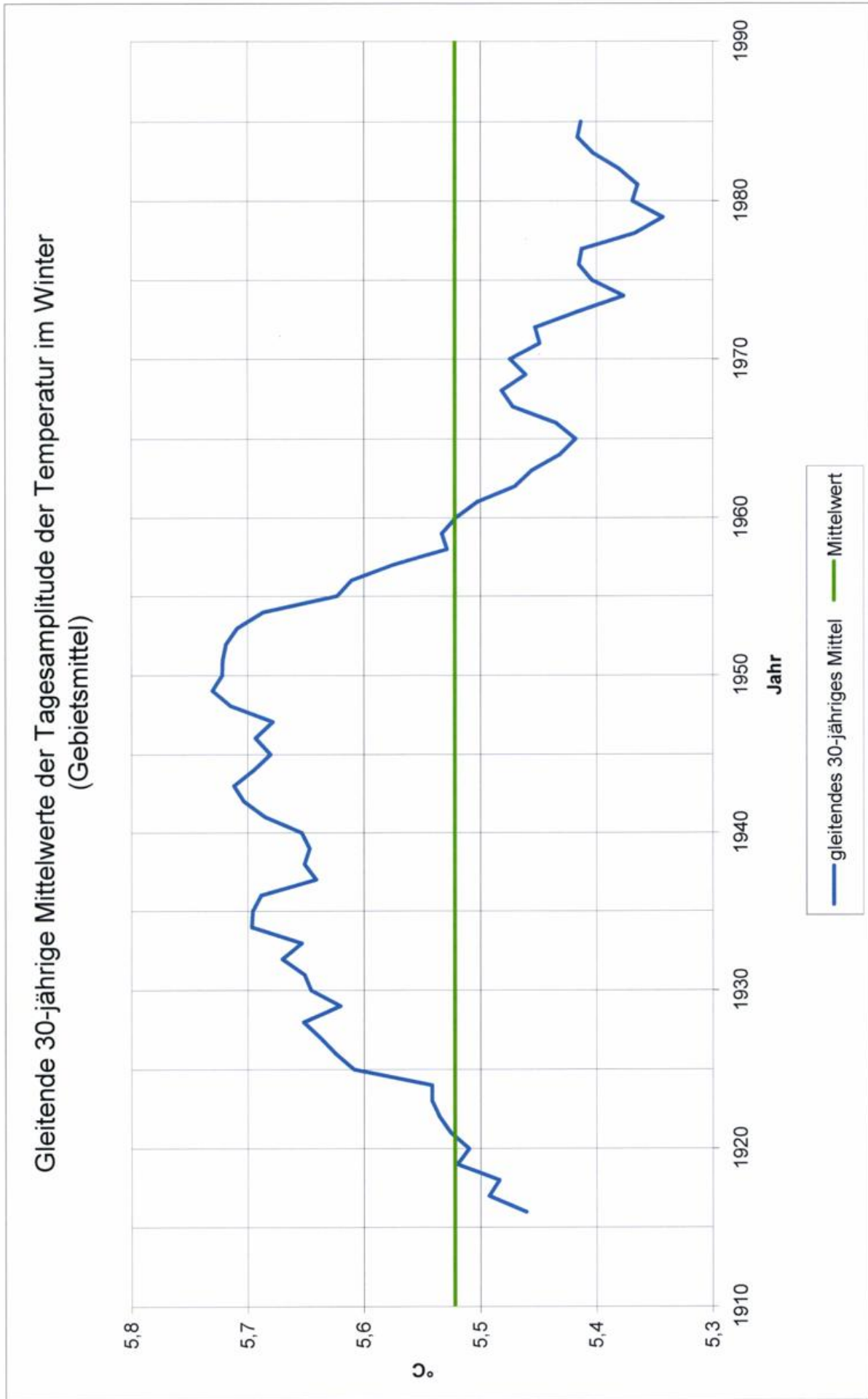


Abbildung 56 Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

Mittlere Tagesamplitude der Temperatur im Winter, 7 Höhenstufen und Gebietsmittel

