

Jährliche Variabilität von Lufttemperatur und Niederschlag in Freiburg

Andreas Matzarakis und Helmut Mayer

Meteorologisches Institut der Universität Freiburg

Zusammenfassung

Einfache graphische Darstellungen von langfristig erhobenen meteorologischen Parametern können zahlreiche bedeutende Informationen vermitteln. Beginnend ab dem Jahr 1980 werden für die Station Freiburg des Deutschen Wetterdienstes Tagesmittelwerte der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über Grund), kumulative Tagessummen des Niederschlags und Monatssummen des Niederschlags in Form von Jahresgraphiken präsentiert. Als Vergleich dienen die entsprechenden Werte für die Klimaperiode von 1961 bis 1990. Erste statistische Analysen ergeben Hinweise auf die Entwicklung von Lufttemperatur und Niederschlag im Untersuchungszeitraum.

Annual variability of air temperature and precipitation in Freiburg

Abstract

Important information can be obtained from graphical presentation of meteorological parameters recorded on a long-term basis. With effect from 1980, daily mean values of air temperature (at 2 m above the ground) as well as cumulative daily totals and monthly totals of precipitation observed at the Freiburg station of the German Weather Service are presented in form of annual diagrams. For comparison, the corresponding values for the climate period 1961 to 1990 have also been presented. From preliminary statistical analyses, the development of air temperature and precipitation during the period of investigation can be estimated.

1 Einleitung

Lufttemperatur und Niederschlag stellen zwei grundlegende meteorologische Parameter bzw. Klimavariablen dar, die fast an jeder meteorologischen Station bzw. Klimastation erhoben werden. Diese Größen sind auch Anwendern, die mit Meteorologie und Klimatologie nicht so vertraut sind, bekannt und werden daher für vielfältige Anwendungen benötigt. Im Hinblick auf die Klimaproblematik sind Lufttemperatur und Niederschlag die Größen, die am häufigsten erwähnt werden. Auf der Grundlage von langfristigen Werten kann vor dem Hintergrund von Klimamodellen abgeschätzt werden, inwieweit sich die daraus resultierenden Klimaprognosen im regionalen Bereich bei Lufttemperatur und Niederschlag bereits widerspiegeln.

2 Methodik

Dem Bedarf an langfristigen Informationen über Lufttemperatur und Niederschlag läßt sich über einfache Jahresgraphiken gerecht werden. Diese Methode wird bereits in verschiedenen Städten in Deutschland, wie z.B. München oder Karlsruhe, angewendet. Ausgangspunkt für diese Untersuchung waren Tagesmittelwerte der Lufttemperatur (in 2 m Höhe über Grund) und tägliche Niederschlagssummen, die an der Station Freiburg des Deutschen Wetterdienstes (DWD) langfristig erhoben und in den Deutschen Meteorologischen Jahrbüchern und Monatlichen Witterungsberichten bzw. im Witterungsreport und Witterungsexpress des DWD publiziert werden. Beginnend ab dem Jahr 1980 wurden diese Daten in Form von Jahresgraphiken zusammengefasst und zum Vergleich den analogen Werten für den Zeitraum 1961 bis 1990 (Klima-Normalperiode) gegenübergestellt.

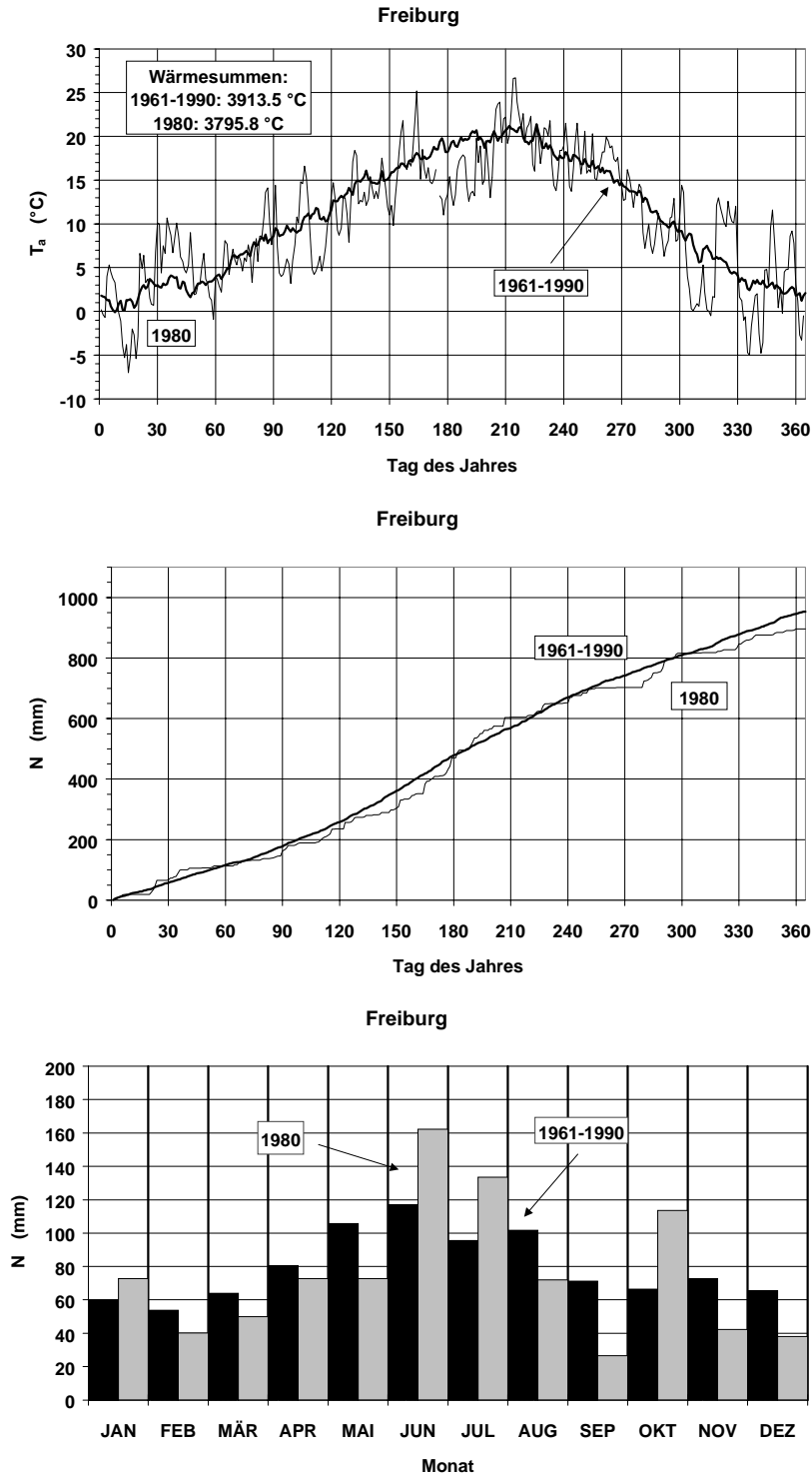
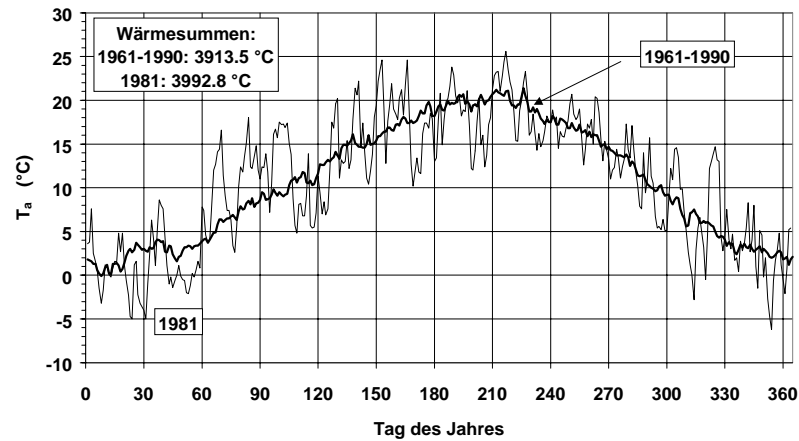


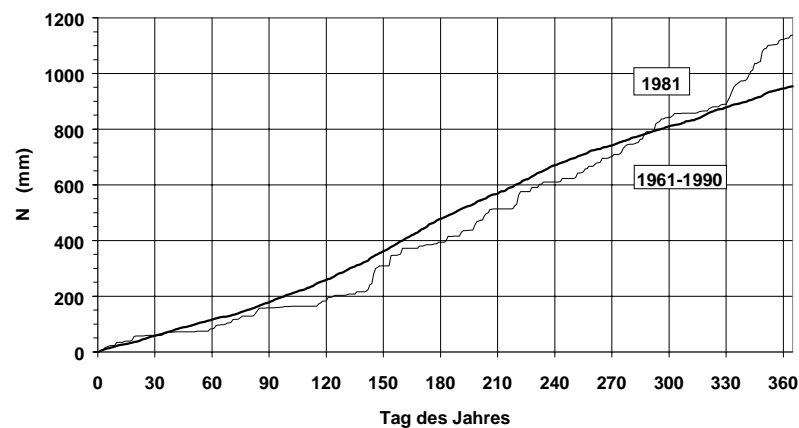
Abb. 1: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1980 und von 1961 bis 1990

Fig. 1: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1980 and from 1961 to 1990

Freiburg



Freiburg



Freiburg

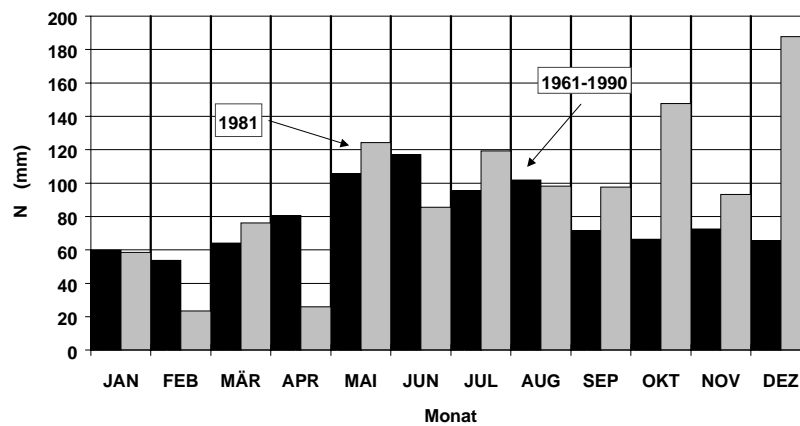


Abb. 2: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1981 und von 1961 bis 1990

Fig. 2: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1981 and from 1961 to 1990

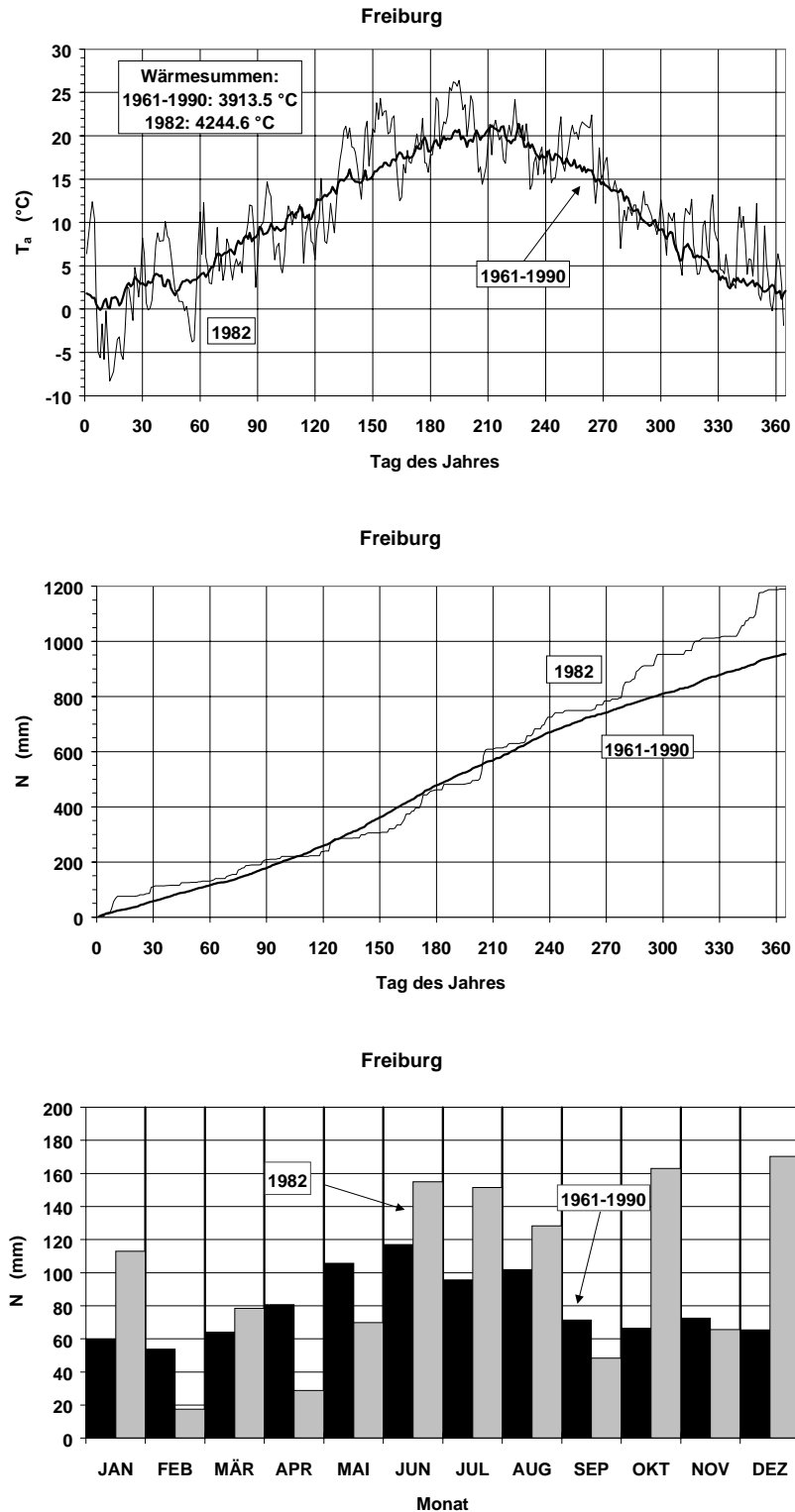


Abb. 3: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1982 und von 1961 bis 1990

Fig. 3: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1982 and from 1961 to 1990

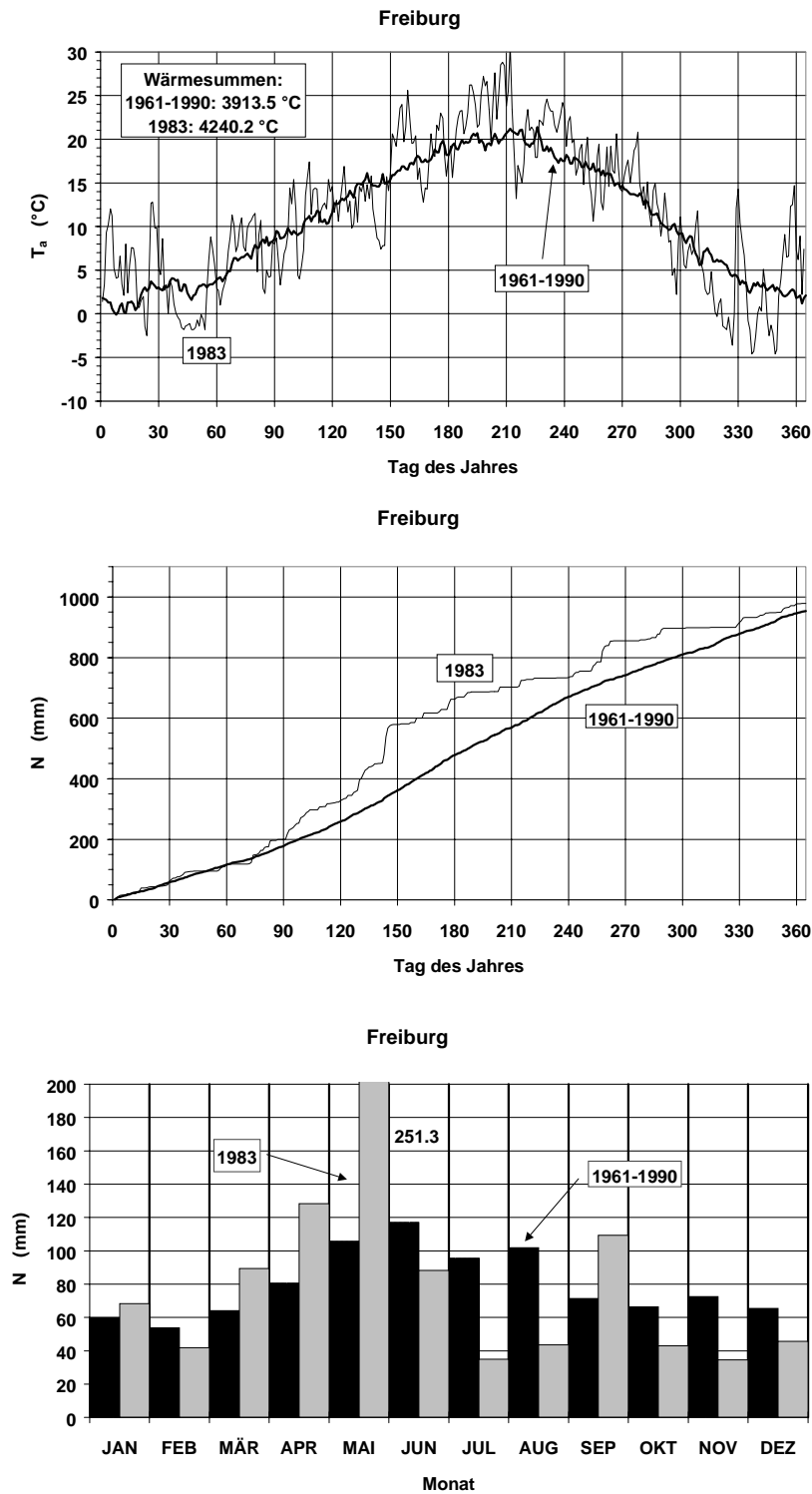


Abb. 4: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1983 und von 1961 bis 1990

Fig. 4: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1983 and from 1961 to 1990

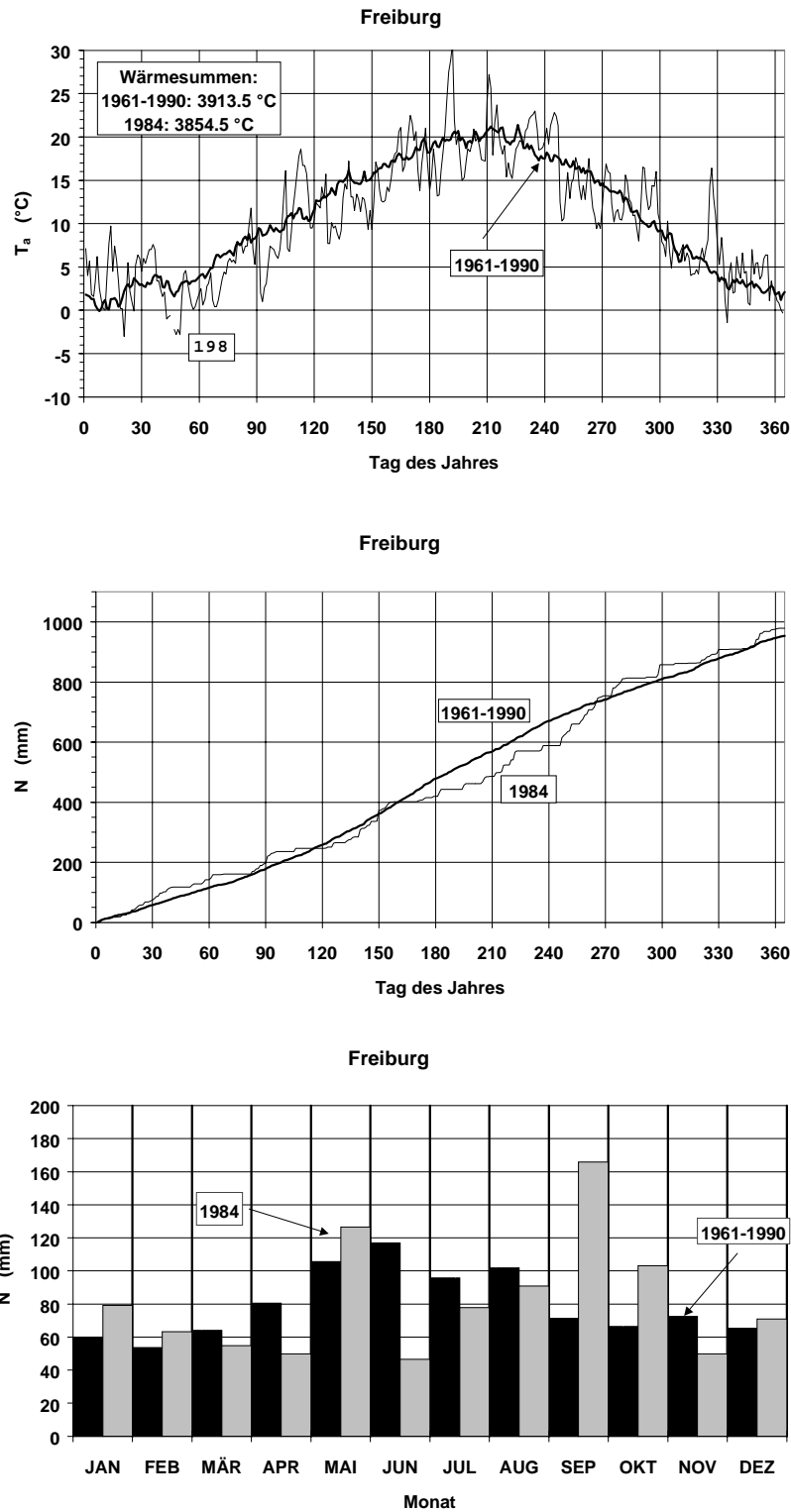


Abb. 5: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1984 und von 1961 bis 1990

Fig. 5: Daily mean values of air temperature T_a (in 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1984 and from 1961 to 1990

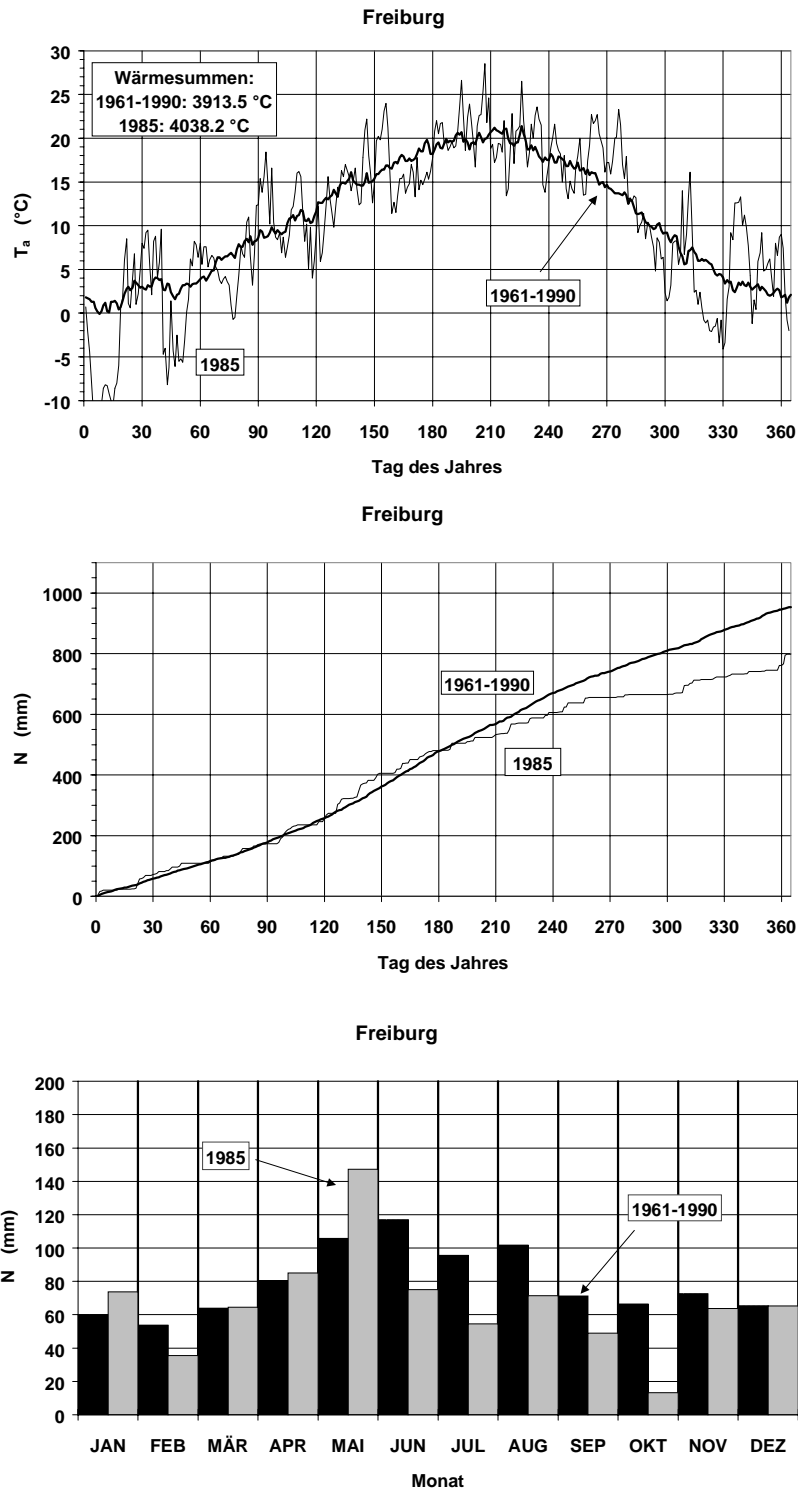


Abb. 6: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1985 und von 1961 bis 1990

Fig. 6: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1985 and from 1961 to 1990

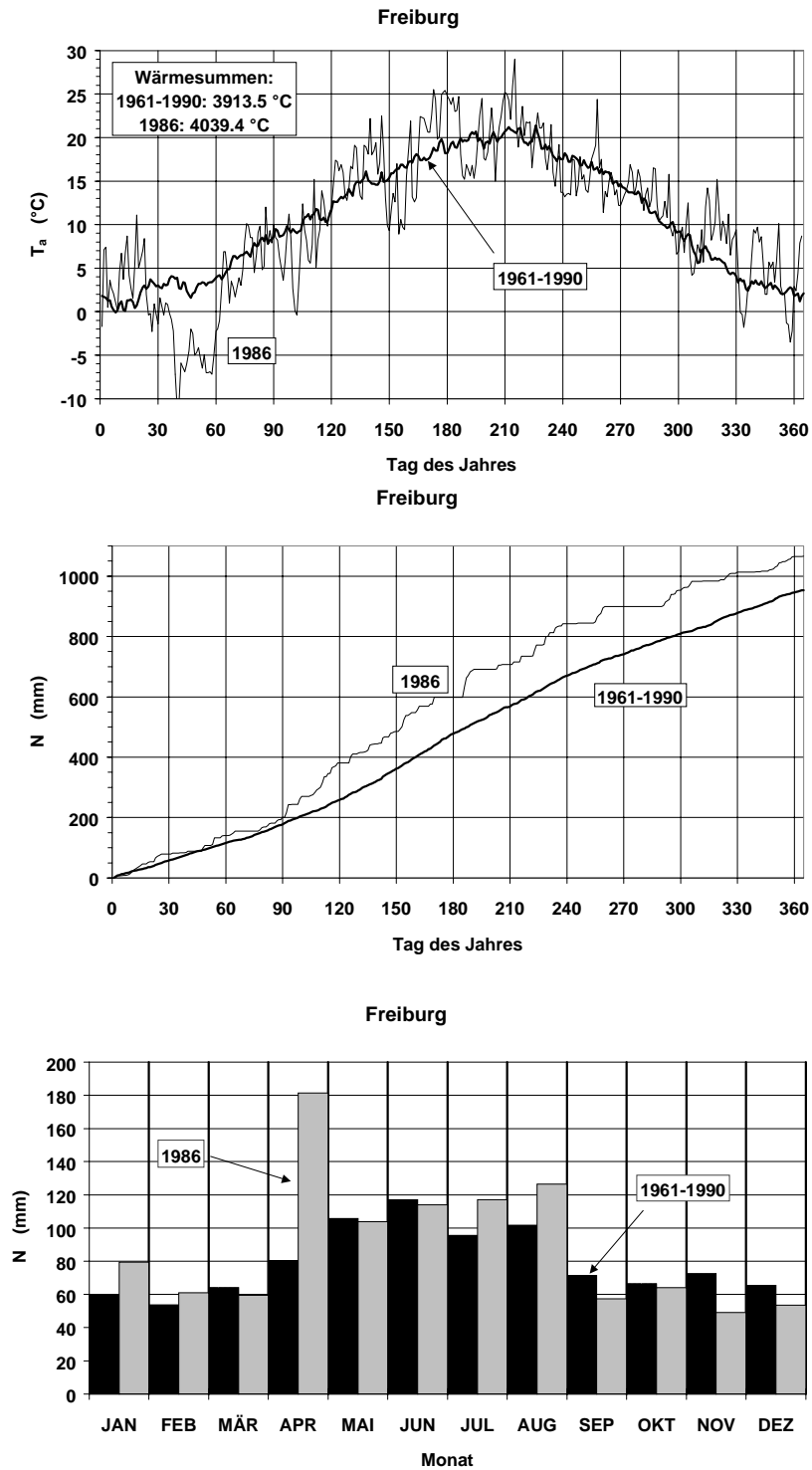


Abb. 7: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1986 und von 1961 bis 1990

Fig. 7: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1986 and from 1961 to 1990

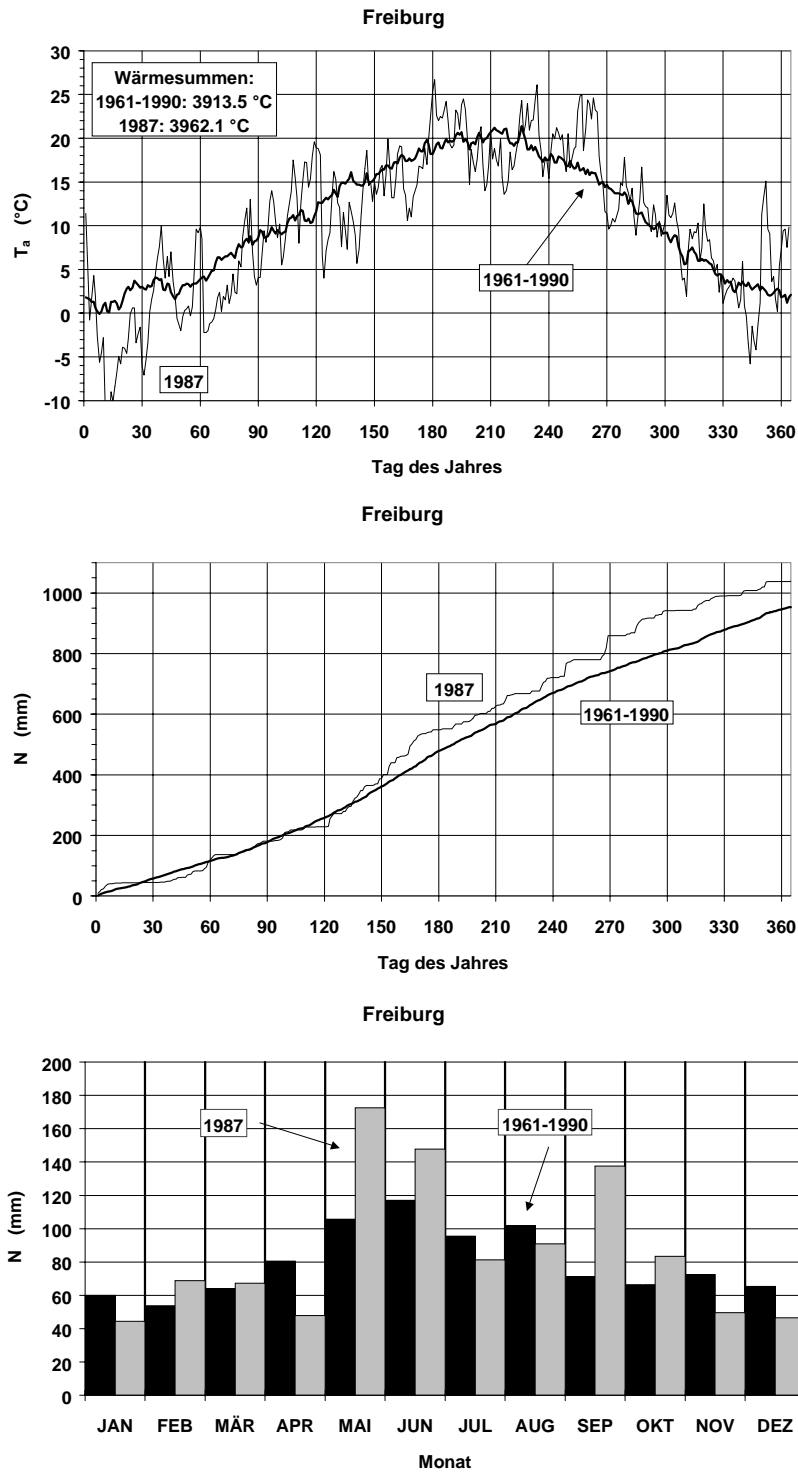


Abb. 8: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1987 und von 1961 bis 1990

Fig. 8: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1987 and from 1961 to 1990

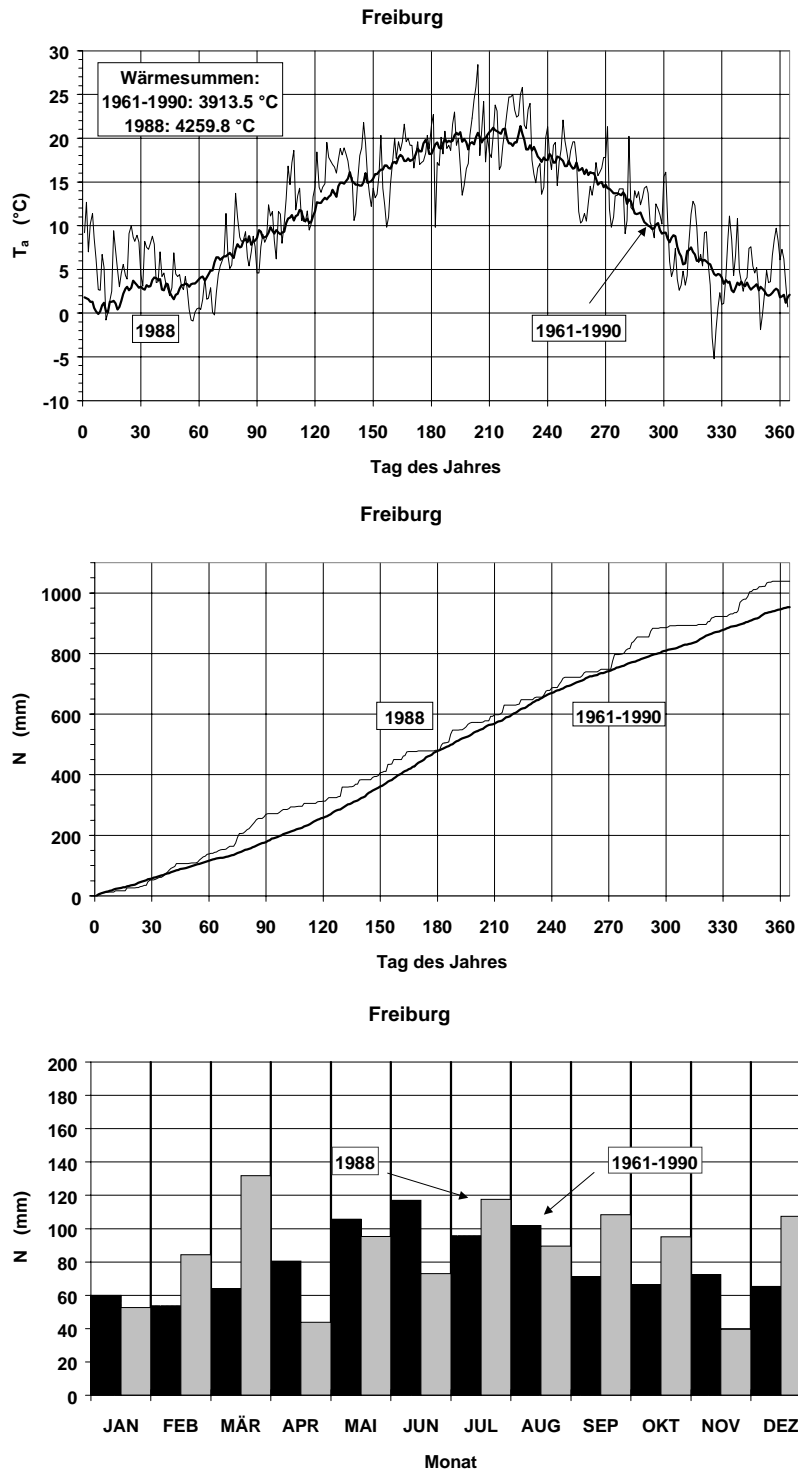


Abb. 9: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1988 und von 1961 bis 1990

Fig. 9: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1988 and from 1961 to 1990

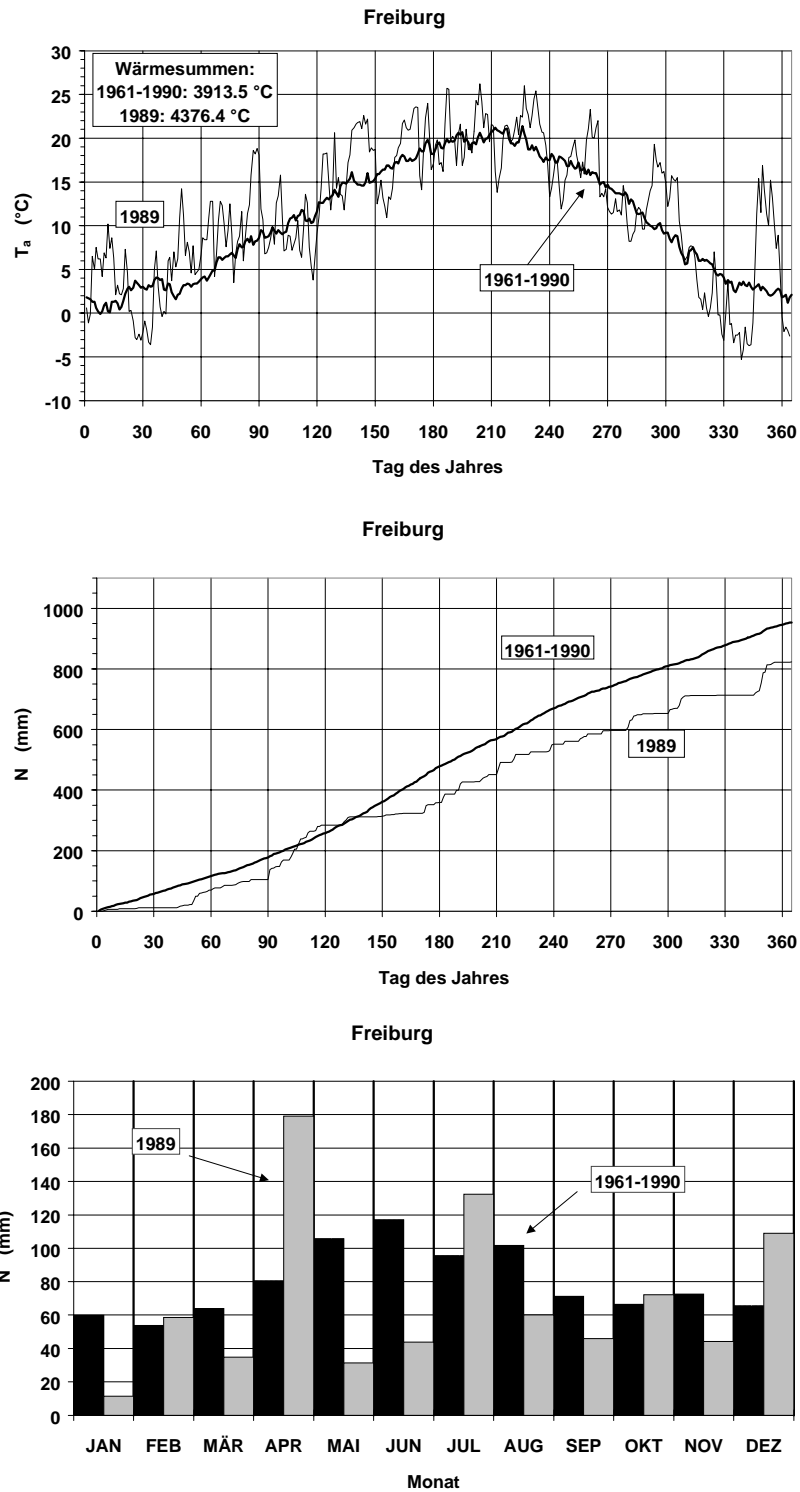


Abb. 10: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1989 und von 1961 bis 1990

Fig. 10: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1989 and from 1961 to 1990

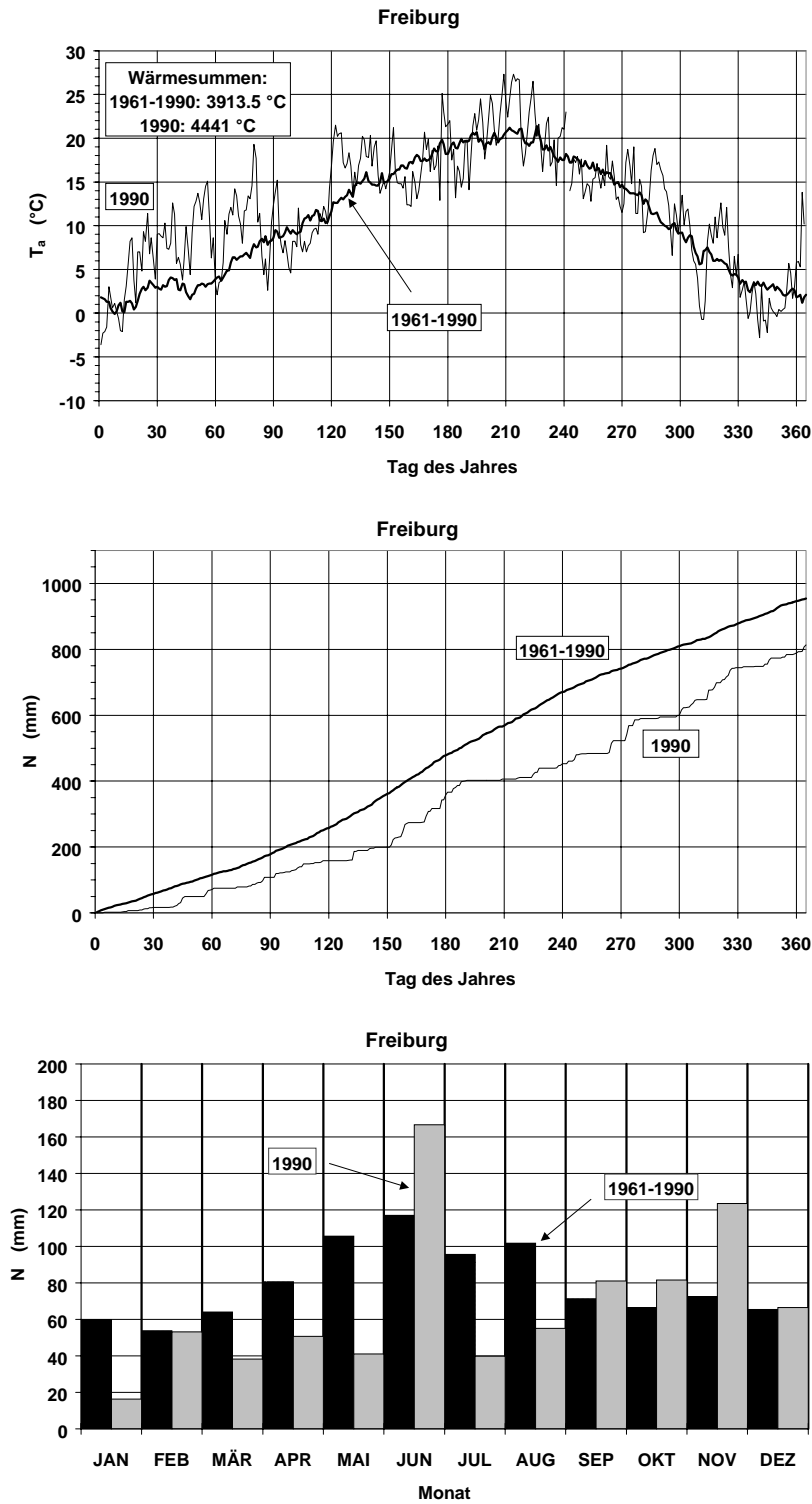


Abb. 11: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1990 und von 1961 bis 1990

Fig. 11: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1990 and from 1961 to 1990

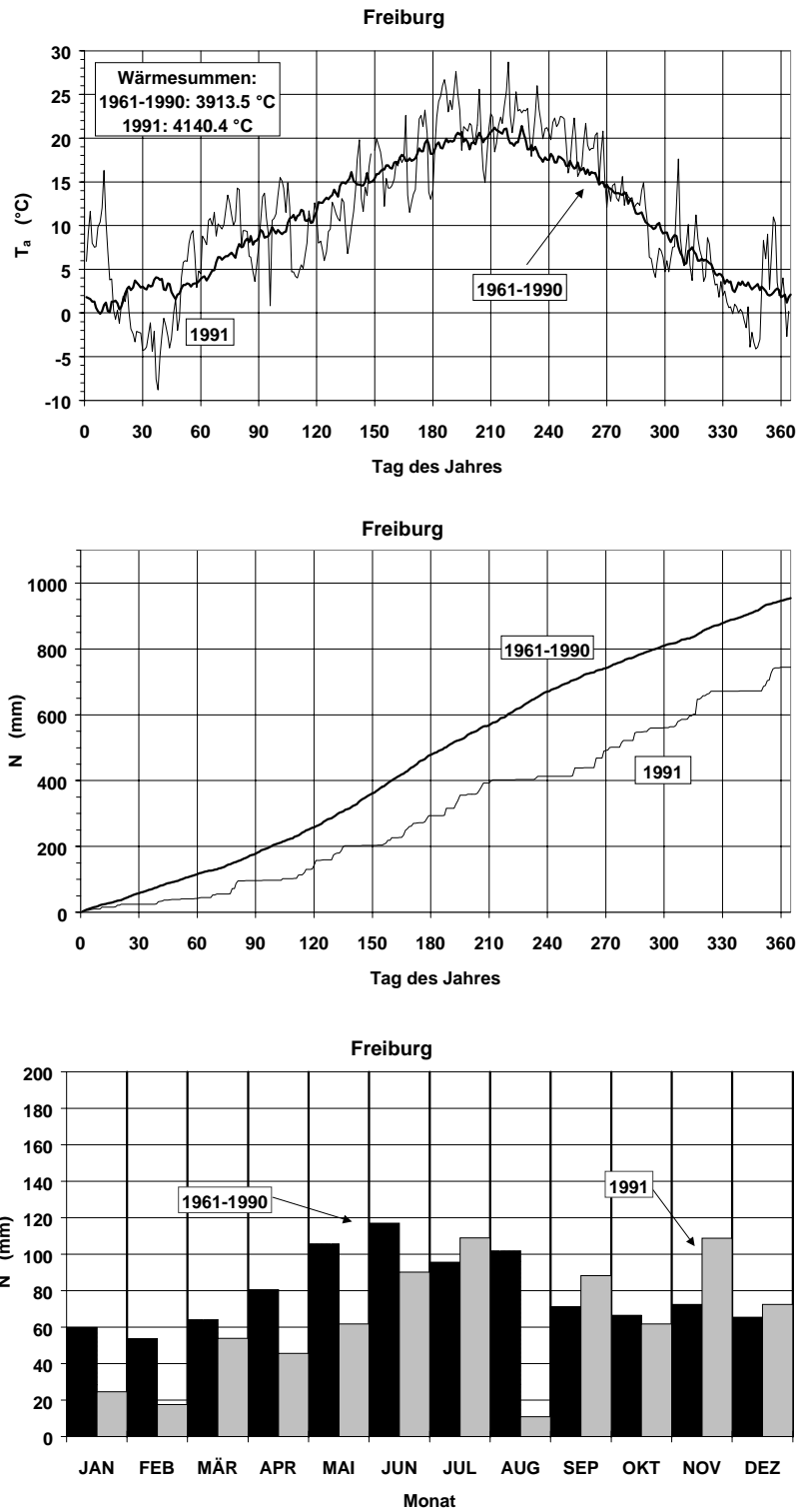


Abb. 12: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1991 und von 1961 bis 1990

Fig. 12: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1991 and from 1961 to 1990

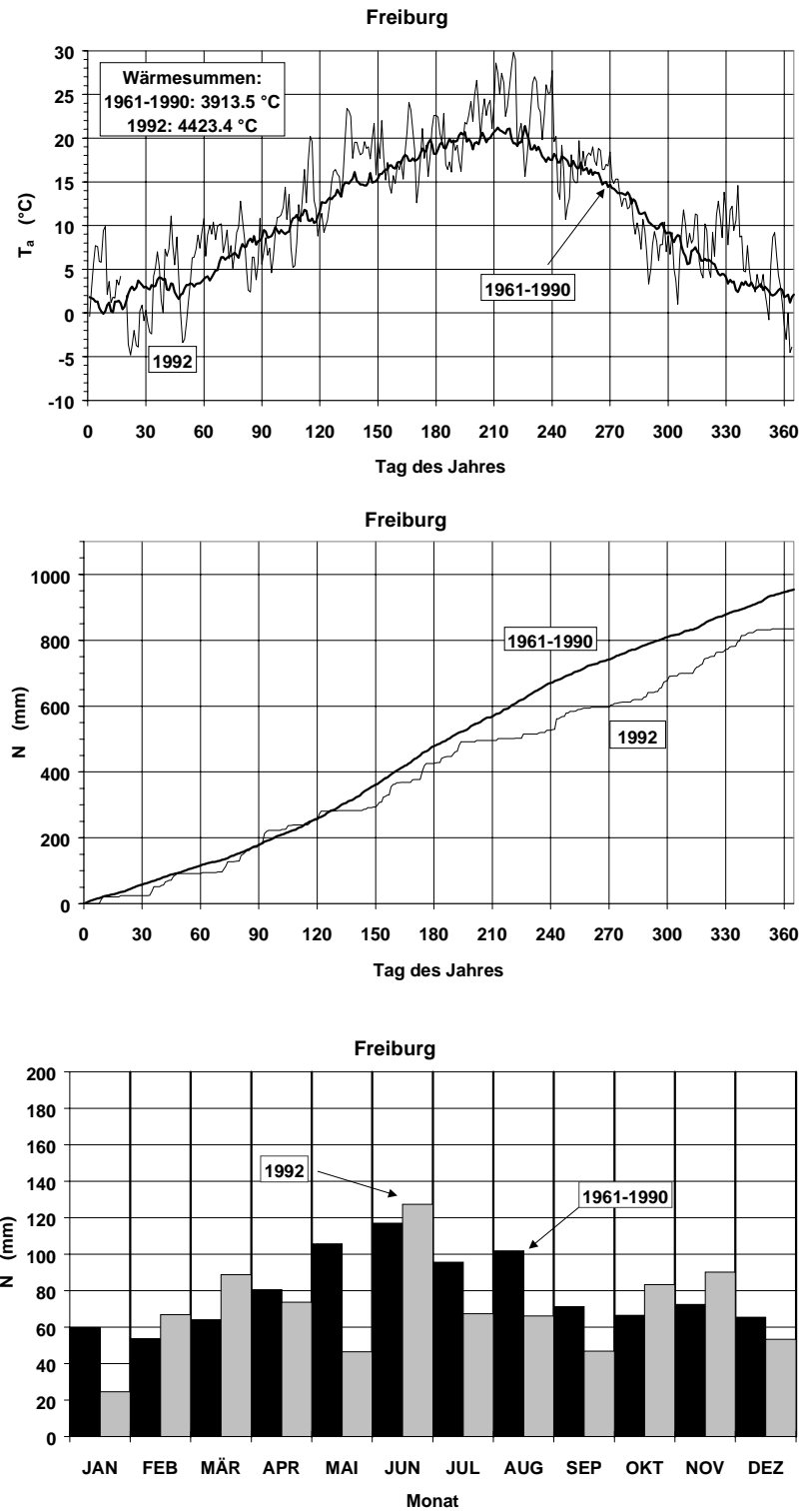


Abb. 13: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1992 und von 1961 bis 1990

Fig. 13: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1992 and from 1961 to 1990

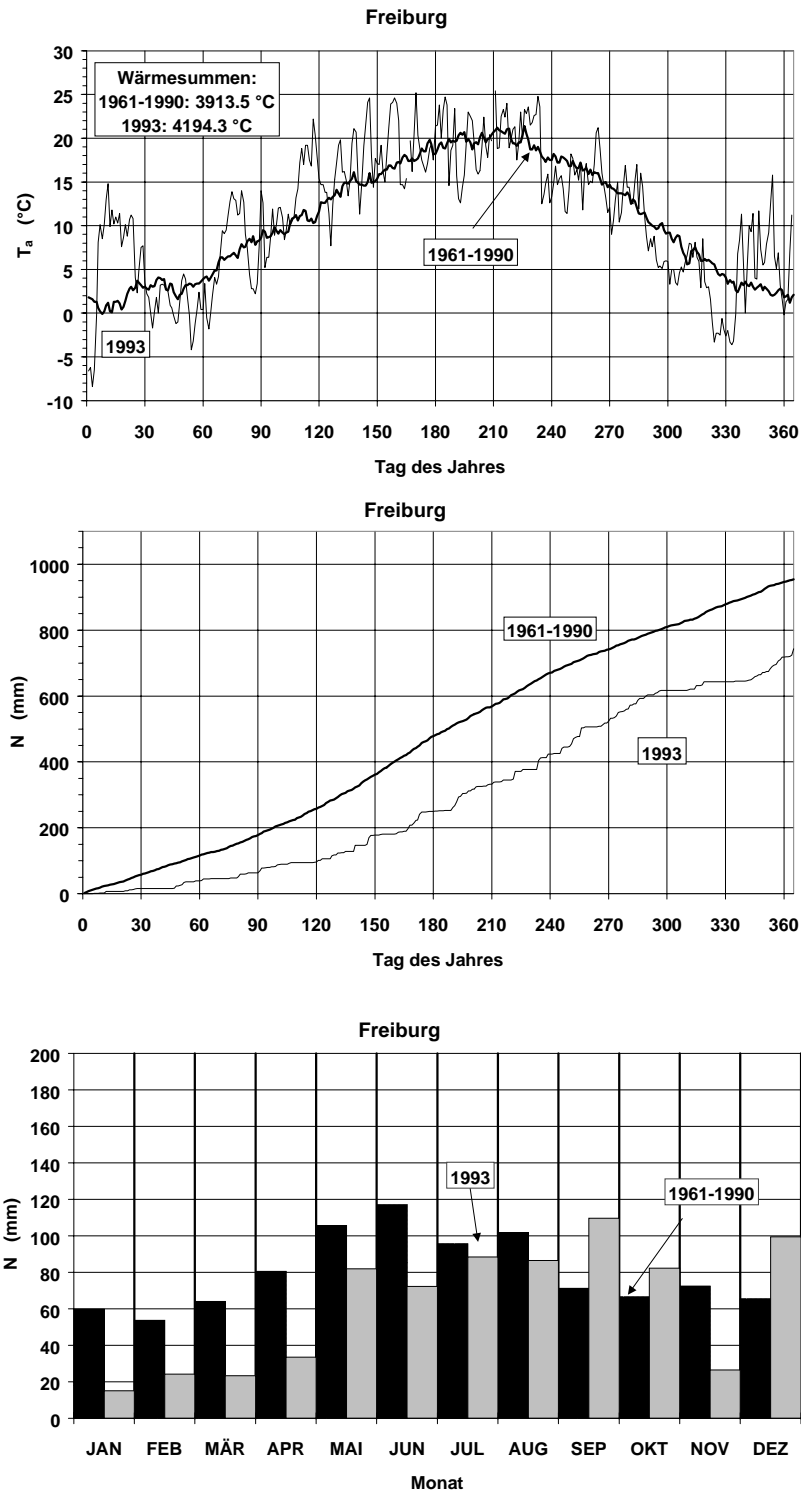


Abb. 14: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1993 und von 1961 bis 1990

Fig. 14: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1993 and from 1961 to 1990

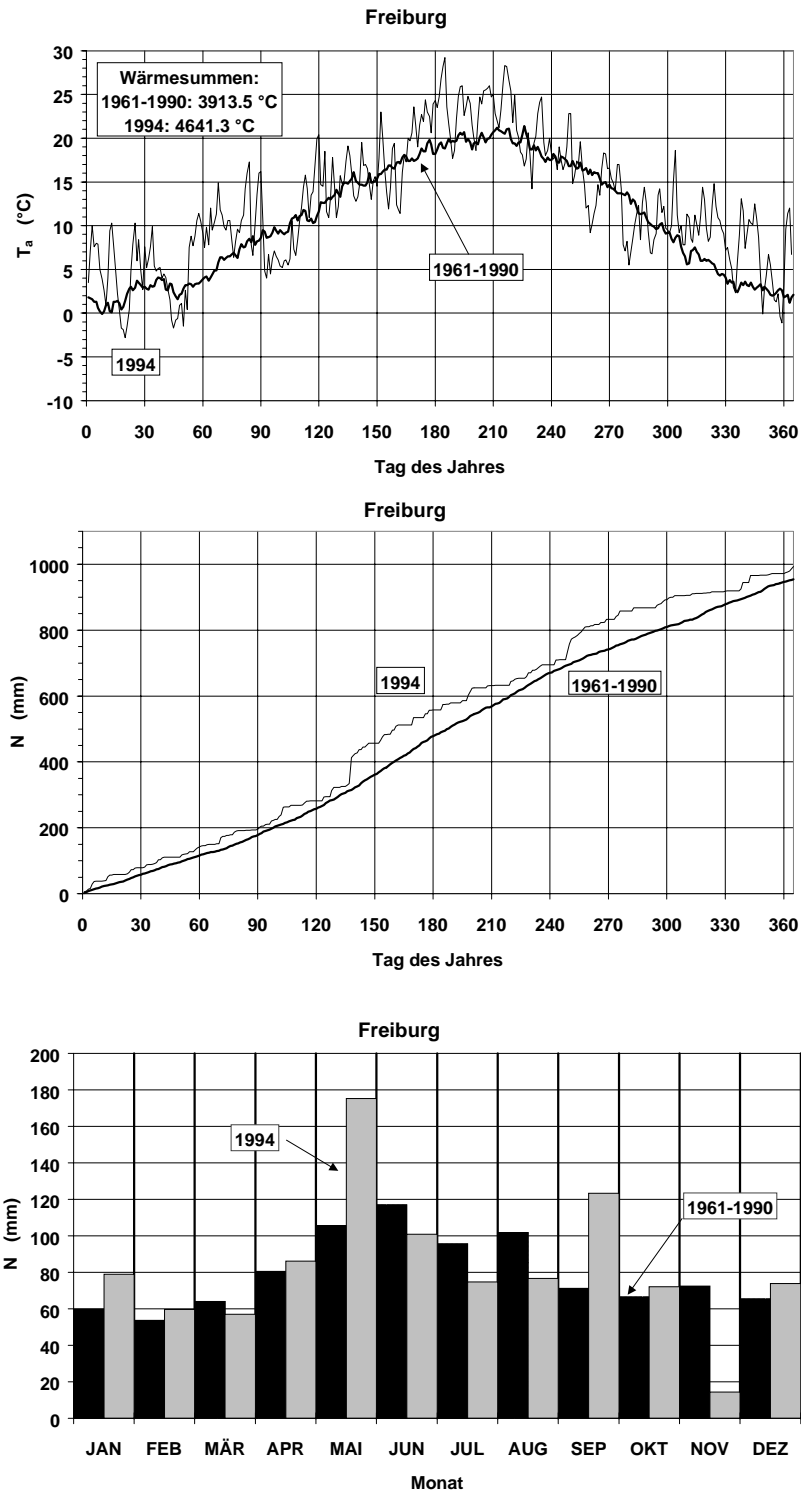


Abb. 15: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1994 und von 1961 bis 1990

Fig. 15: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1994 and from 1961 to 1990

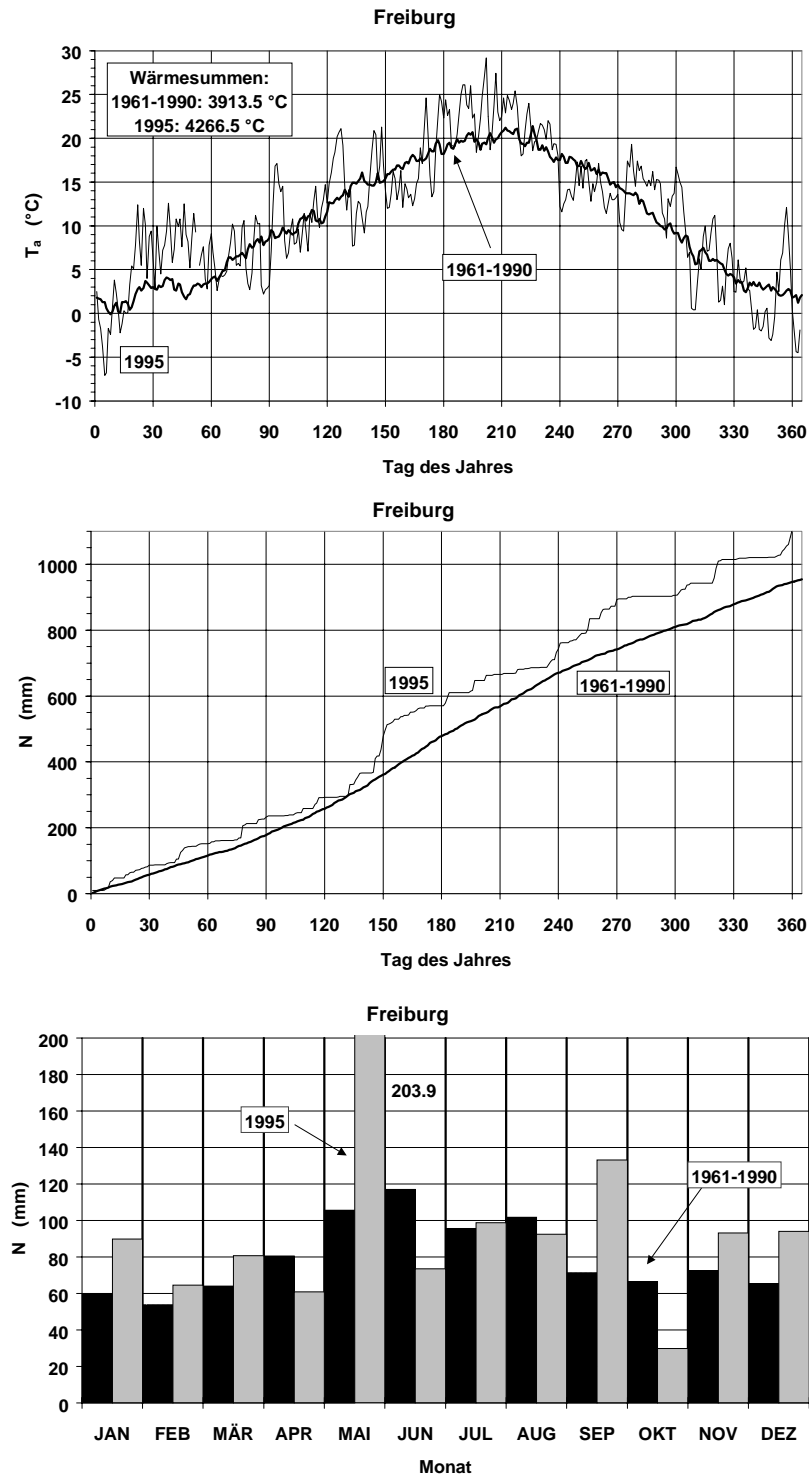


Abb. 16: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1995 und von 1961 bis 1990

Fig. 16: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1995 and from 1961 to 1990

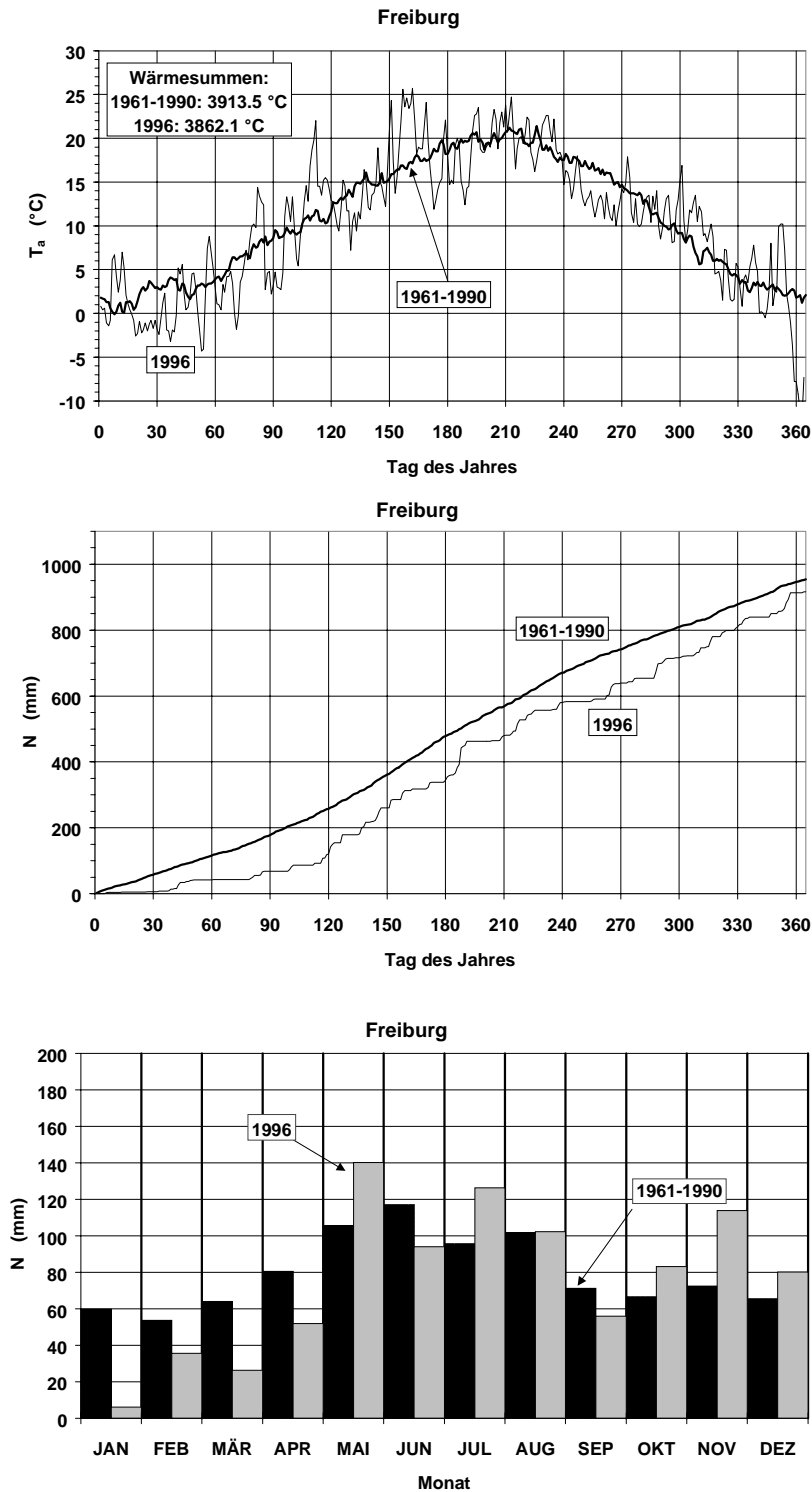


Abb. 17: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1996 und von 1961 bis 1990

Fig. 17: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1996 and from 1961 to 1990

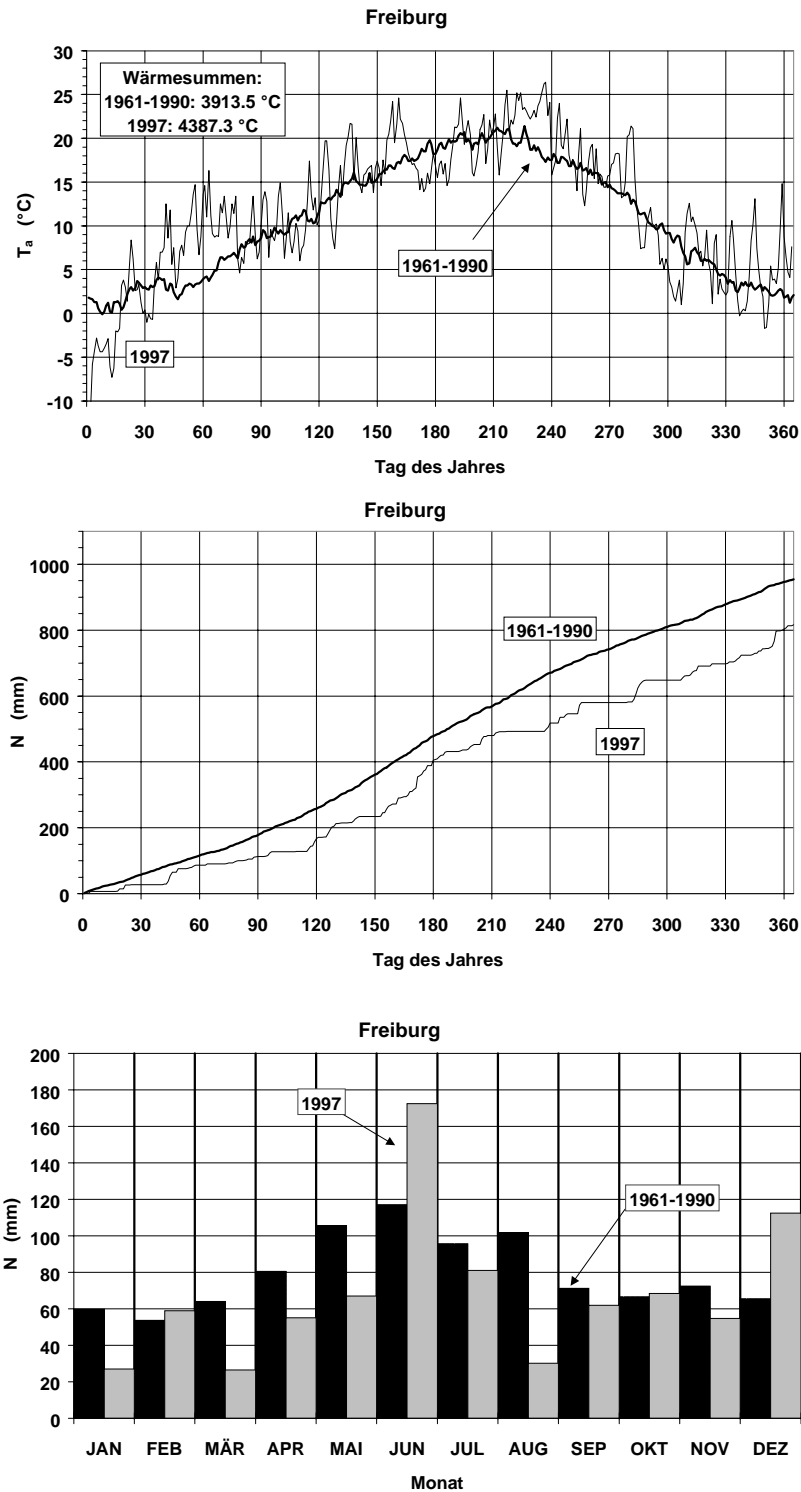


Abb. 18: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1997 und von 1961 bis 1990

Fig. 18: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1997 and from 1961 to 1990

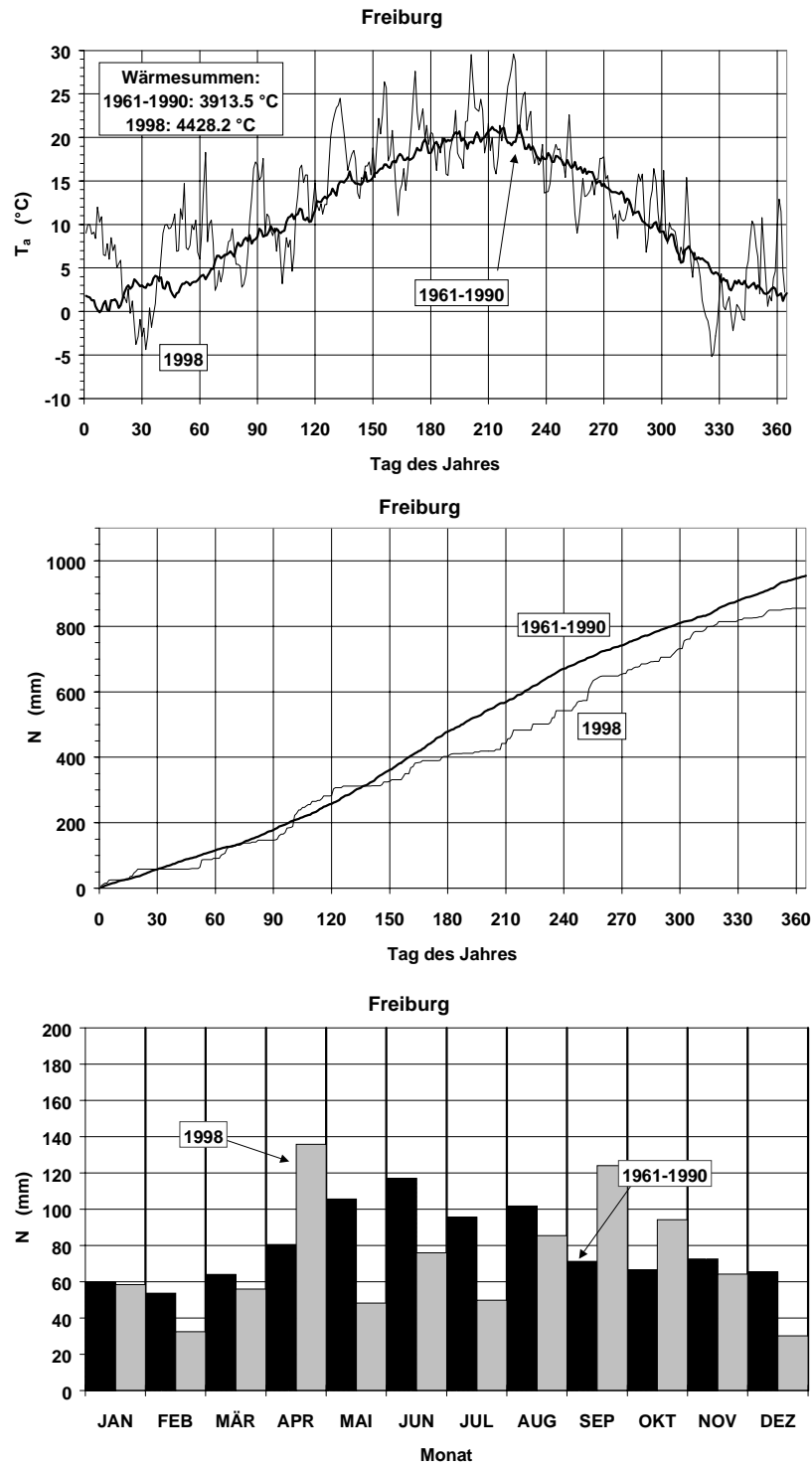


Abb. 19: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1998 und von 1961 bis 1990

Fig. 19: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1998 and from 1961 to 1990

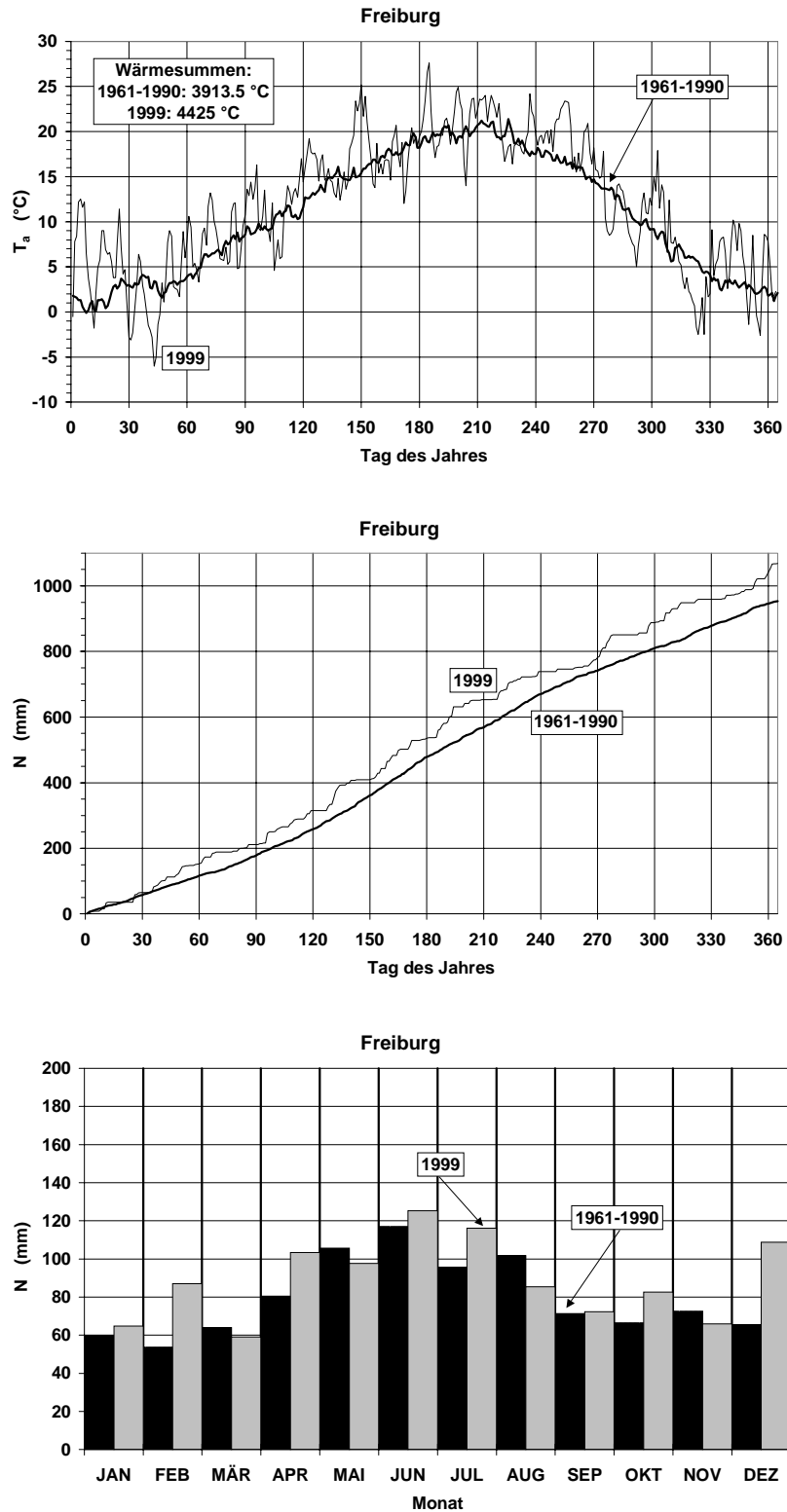


Abb. 20: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 1999 und von 1961 bis 1990

Fig. 20: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 1999 and from 1961 to 1990

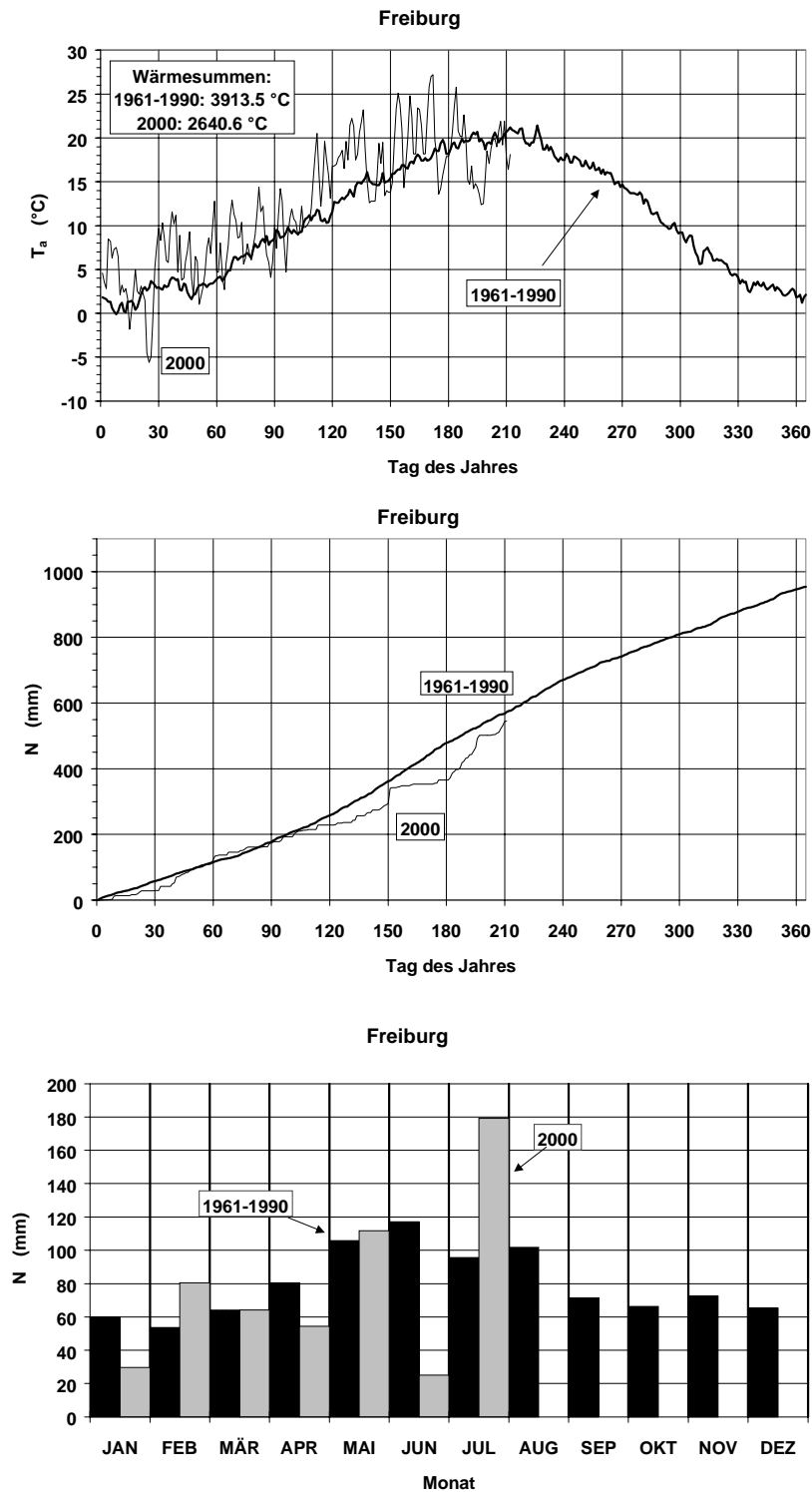


Abb. 21: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (in 2 m Höhe über Grund, oben), kumulative Tagessummen des Niederschlags N (Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg im Jahr 2000 und von 1961 bis 1990

Fig. 21: Daily mean values of air temperature T_a (at 2 m above the ground, above), cumulative daily totals of precipitation N (middle) and monthly totals of precipitation N (below) in Freiburg in 2000 and from 1961 to 1990

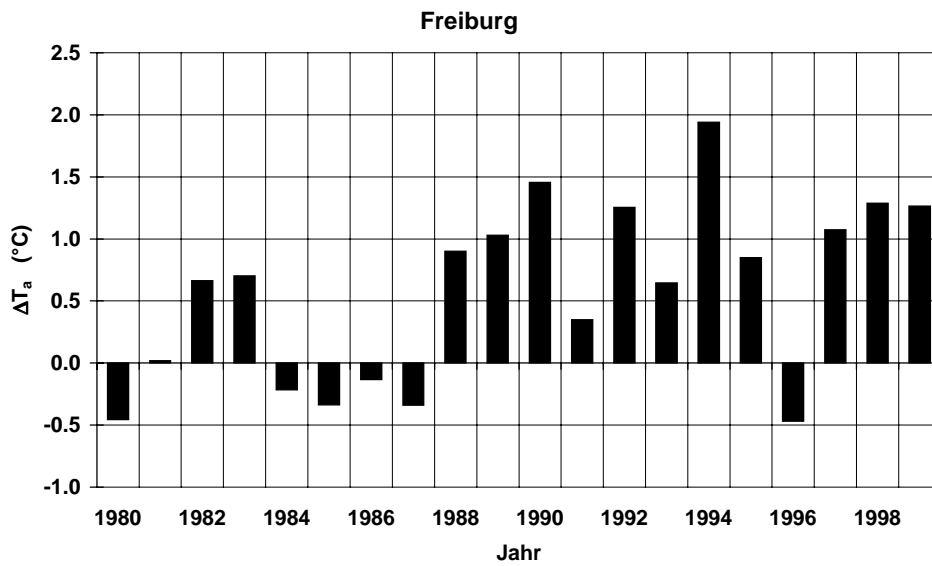


Abb. 22: Abweichungen ΔT_a der mittleren jährlichen Lufttemperaturen vom langfristigen Mittelwert (1961 bis 1990: 10.7 °C)

Fig. 22: Deviations ΔT_a of annual mean air temperatures from the long-term mean value (1961 to 1990: 10.7 °C)

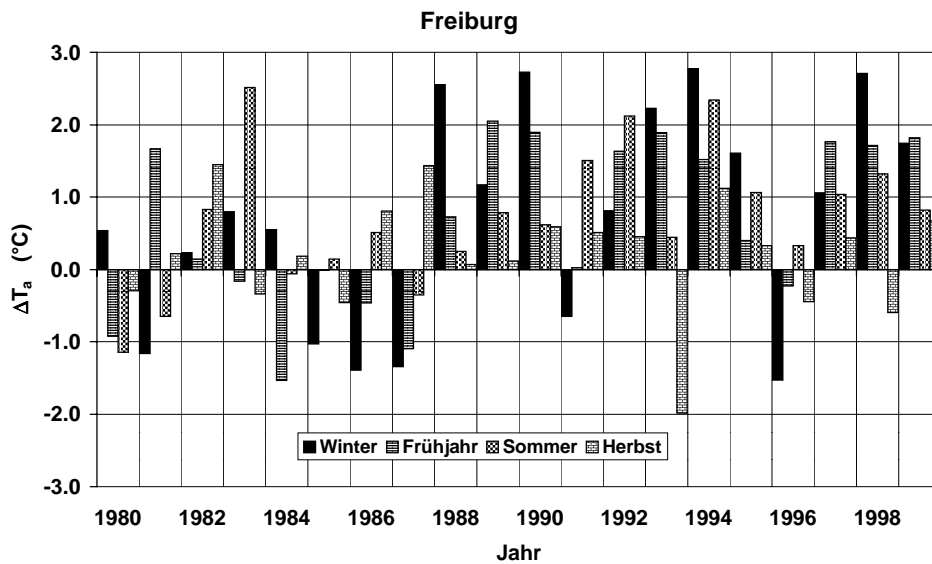


Abb. 23: Abweichungen ΔT_a der mittleren Lufttemperaturen pro Jahreszeit von den langfristigen Mittelwerten im Winter (2.5 °C), Frühjahr (10.3 °C), Sommer (18.9 °C) und Herbst (11.0 °C) im Zeitraum 1961 bis 1990

Fig. 23: Deviations ΔT_a of seasonal mean air temperatures from the long-term mean values in winter (2.5 °C), spring (10.3 °C), summer (18.9 °C) and fall (11.0 °C) in the period 1961 to 1990

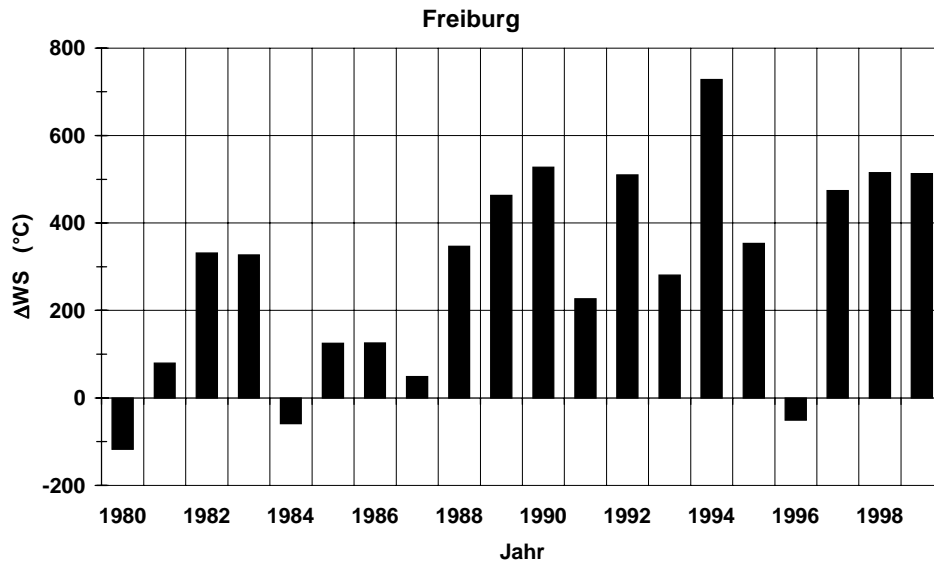


Abb. 24: Abweichungen ΔWS der jährlichen Wärmesummen vom langfristigen Mittelwert (1961 bis 1990: 3913.5 °C)

Fig. 24: Deviations ΔWS of annual heat sums from the long-term mean value (1961 to 1990: 3913.5 °C)

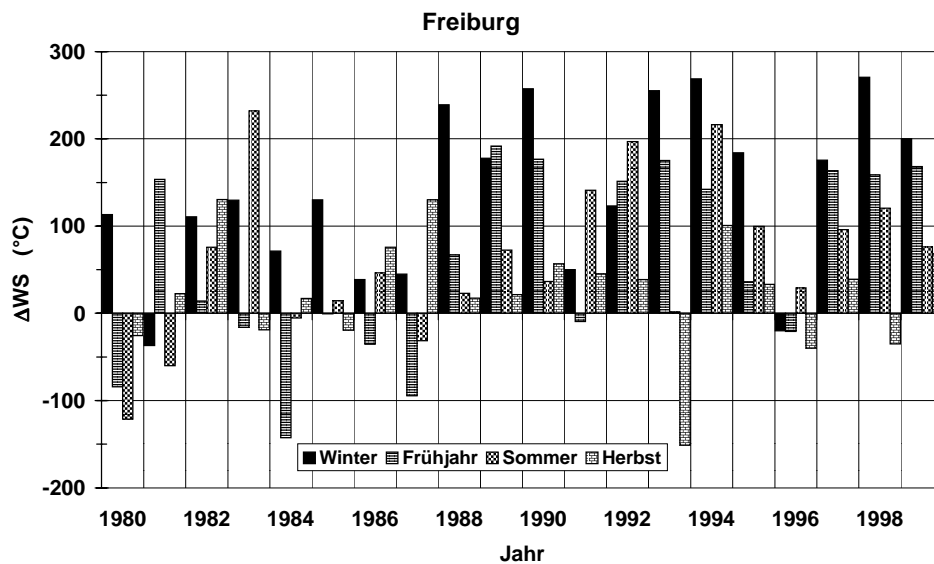


Abb. 25: Abweichungen ΔWS der Wärmesummen pro Jahreszeit von den langfristigen Mittelwerten im Winter (219.0 °C), Frühjahr (951.5 °C), Sommer (1740.9 °C) und Herbst (1002.1 °C) im Zeitraum 1961 bis 1990

Fig. 25: Deviations ΔWS of seasonal heat sums from the long-term mean values in winter (219.0 °C), spring (951.5 °C), summer (1740.9 °C) and fall (1002.1 °C) in the period 1961 to 1990

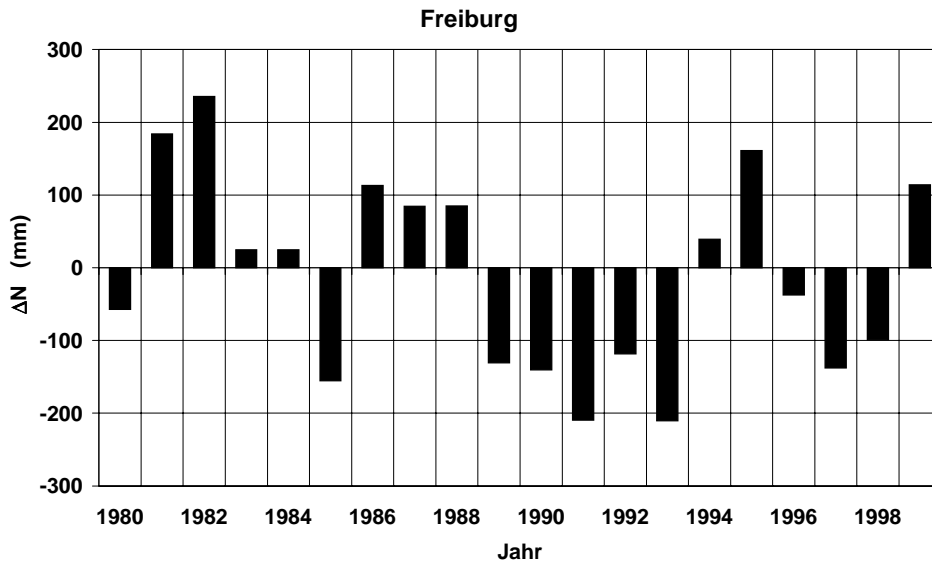


Abb. 26: Abweichungen ΔN der jährlichen Niederschlagssummen vom langfristigen Mittelwert (1961 bis 1990: 953.8 mm)

Fig. 26: Deviations ΔN of annual precipitation totals from the long-term mean value (1961 to 1990: 953.8 mm)

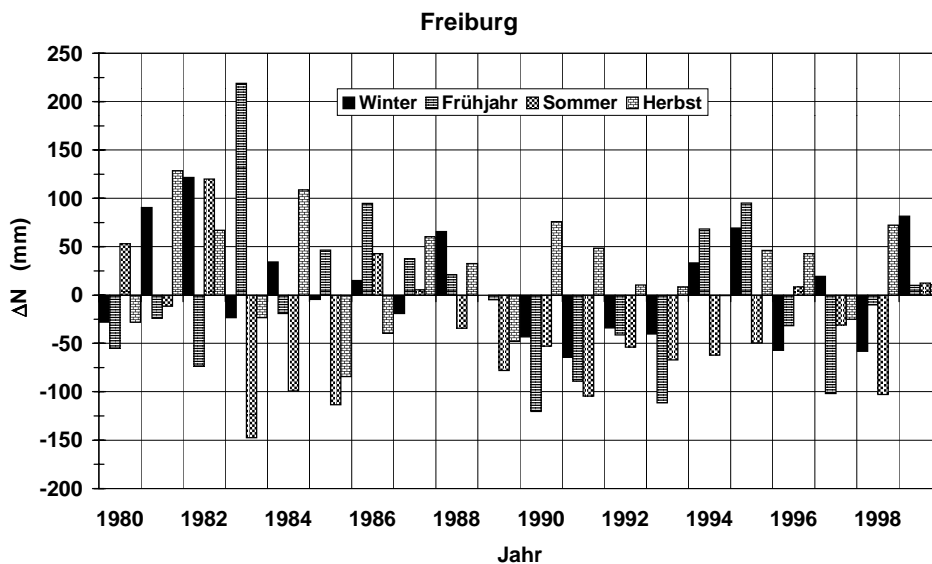


Abb. 27: Abweichungen ΔN der Niederschlagssummen pro Jahreszeit von den langfristigen Mittelwerten im Winter (179.0 mm), Frühjahr (250.2 mm), Sommer (314.4 mm) und Herbst (210.2 mm) im Zeitraum 1961 bis 1990

Fig. 27: Deviations ΔN of seasonal precipitation totals from the long-term mean values in winter (179.0 mm), spring (250.2 mm), summer (314.4 mm) and fall (210.2 mm) in the period 1961 to 1990

3 Ergebnisse

Als Resultate sind in den Abb. 1 bis 21 auf jeweils einer Seite die Tagesmittelwerte der Lufttemperatur T_a (oben), die kumulativen Tagessummen des Niederschlags N (in der Mitte) und Monatssummen des Niederschlags N (unten) in Freiburg für die Jahre 1980 bis 2000 und zum Vergleich für die Klimaperiode von 1961 bis 1990 dargestellt. Daraus kann in übersichtlicher Form abgeschätzt werden, ob ein Jahr zu kühl oder zu warm bzw. zu feucht oder zu trocken war. Ferner läßt sich daraus auch die klimatische Variabilität innerhalb eines Jahres entnehmen. In den Abb. 1 bis 21 sind zusätzlich die Wärmesummen für das aktuelle Jahr und im Mittel über den Zeitraum 1961 bis 1990 enthalten. Die jährliche Wärmesumme WS (in $^{\circ}C$) ist dabei wie folgt definiert:

$$WS = \sum_{i=1}^n \overline{T_{a,i}} \quad (1)$$

$\overline{T_{a,i}}$: Mittelwert von T_a (in $^{\circ}C$) am Tag i mit der Einschränkung $\overline{T_{a,i}} > 0^{\circ}C$,

ansonsten $\overline{T_{a,i}} = 0^{\circ}C$;

n : Anzahl der Tage pro Jahr.

Ergänzend sind in den Abb. 22 bis 27 die Abweichungen der Lufttemperatur, der Wärmesumme und der Niederschlagssumme von den langjährigen Mittelwerten im Zeitraum 1961 bis 1990, jeweils für das Jahr sowie für die vier Jahreszeiten, enthalten. Die Jahreszeiten umfassen nach der meteorologischen Einteilung folgende Monate:

- ** Winter: Dezember, Januar und Februar,
- ** Frühjahr: März, April und Mai,
- ** Sommer: Juni, Juli und August
- ** Herbst: September, Oktober und November.

Da der Zeitraum von 20 Jahren für statistische Trendanalysen zu kurz ist, wird hier auf die quantitative Angabe von Trends verzichtet. Dennoch zeigen die Resultate qualitativ für den Untersuchungszeitraum von 1980 bis 1999:

- ** Die mittleren jährlichen und saisonalen Lufttemperaturen steigen an.
- ** Die Wärmesummen pro Jahr und pro Jahreszeit werden größer.
- ** Bei den Niederschlagssummen pro Jahr und pro Jahreszeit scheinen sich die Verhältnisse kaum zu ändern; allerdings deutet sich eine leichte Tendenz in Richtung einer Niederschlagsabnahme an.

Diese Ergebnisse werden durch das Zusammenwirken von natürlichen Klimaschwankungen und anthropogen bedingten Klimaänderungen (zusätzlicher Treibhauseffekt, Beeinflussung der Stadtstation Freiburg durch zunehmende Urbanisierung) hervorgerufen. Eine Differenzierung nach den einzelnen Ursachen ist mit den hier analysierten Daten nicht möglich.

Anschrift der Autoren: Dr. Andreas Matzarakis und Prof. Dr. Helmut Mayer, Meteorologisches Institut der Universität Freiburg, Werderring 10, D-79085 Freiburg, e-mail: matzarak@uni-freiburg.de