

# Ist das Klima von Halle (Saale) noch „normal“? Betrachtungen anhand der Temperatur- und Niederschlagsreihe von 1851 bis heute

Jürgen DÖRING und Heinz BORG

7 Abbildungen und 3 Tabellen

## Abstract

DÖRING, J.; BORG, H.: Is the climate of Halle (Saale) still “normal”? A review based on the temperature and precipitation data from 1851 until today. – *Hercynia N.F.* 41 (2008): 3–21.

The world-wide discussion about climate change and man-made contributions to it, which is presently going on among scientists and in the general public, raises interest in climate information on a regional scale. This is addressed here for the Halle (Saale) region. Based on local temperature and precipitation data from 1851 until today, variations and trends in these climate factors are analysed to assess, if there are signs for a change in the regional climate.

As in comparable records from other parts of central Europe, the Halle data from 1851 to 2000 show a slight tendency for an increase in the mean annual air temperature and a slight tendency for a decrease in the annual precipitation. However, the coefficient of determination for both tendencies is very small, which rules them out as an indicator of future developments.

For individual months, even within the same season, there is no uniform trend in air temperature or precipitation: some show a slight increase, others a slight decrease, in some there is no tendency at all. In general, the temperature and precipitation data are characterised by cyclic variations around a mean, with the cycles typically lasting several decades. Until the last year of the data considered here (2006), temperature and precipitation remained within the bounds of variation observed since 1851. This indicates that the climate in Halle shows no sign of being anything but “normal”.

The 30-year periods, which are generally used to compute long-term means to which data from individual years are then compared, are unsuitable to assess variations in climate. Due to the aforementioned cyclic temperature and precipitation variations, a given 30-year reference period may fall into a relatively cold or warm and/or into a relatively dry or moist period. This is the case for the presently used reference period (1961 - 1990), which represents a comparatively cool and dry period.

*Key words:* climate change, climate data collection, air temperature, precipitation, climate of Halle (Saale)

## 1 Einleitung

Das Problem ist allgegenwärtig, ob Wissenschaft, Politik oder Stammtisch, überall werden Fragen diskutiert wie: Wie entwickelt sich unser Klima in den nächsten Jahrzehnten? Ist die gegenwärtig zu beobachtende weltweit sehr warme Klimaperiode der Beginn einer noch stärkeren globalen Erwärmung? Sind wir Menschen selbst schuld und was können wir dagegen tun?

Wissenschaft, Politik und Medien diskutieren seit längerer Zeit das Problem „Weltklima“ mit dem gutzuhelßenden Ziel der Verminderung der Emission von Treibhausgasen, was schon allein unter dem Gesichtspunkt des schonenden und nachhaltigen Umganges mit unseren fossilen Ressourcen sinnvoll ist (z. B. Klimaschutzbericht der UNO 2007 – IPCC 2007). Das Thema sichert allen Medien Einschaltquoten bzw. Auflagenhöhen und wird dabei mehr oder weniger tiefgründig behandelt. Im Ringen um Aufmerksamkeit werden Szenarien präsentiert, die eine bevorstehende Klimakatastrophe prognostizieren. Eintretende Un-

wetter mit großen Schäden (z. B. Elbehochwasser 2002, Hurrikan Katrina 2005, Orkantief Kyrill 2007) werden als Beweis für die Richtigkeit der „Vorhersagen“ benutzt, unabhängig davon, ob ein sachlicher Zusammenhang besteht oder nicht. Die negativen Folgen einer globalen Erwärmung werden dramatisch und zum Teil übertrieben dargestellt; über mögliche positive Effekte wird kaum berichtet.

Wenn wirklich eine „Klimakatastrophe“ bevorsteht, ist das gleichbedeutend mit einer dramatischen Verschlechterung der gegenwärtigen Situation und bedeutet indirekt, dass die heutige Klimaverteilung mit all ihren Unzulänglichkeiten in Ordnung ist, was insbesondere angesichts der derzeitigen räumlichen Verteilung des Niederschlages auf der Erde keineswegs behauptet werden kann (MALBERG 2002), oder es geht nur um die sogenannten Industrienationen, die, abgesehen von räumlich und zeitlich begrenzten Witterungsunbilden, ein vergleichsweise optimales Klima haben.

Um die Frage zu klären, ob unser gegenwärtiges Klima normal ist und stattfindende Veränderungen unnormal sind, muss man sich zunächst damit beschäftigen, was eigentlich „normales“ Klima ist. Dabei ist festzuhalten, dass es keine exakte wissenschaftliche Definition gibt, bis zu welcher Abweichung vom Mittelwert Klima noch als normal bezeichnet wird. Streng gesehen ist zum Beispiel schon eine Abweichung von 0,1 K nicht mehr normal, weil vom Mittelwert abweichend. In der klimatologischen Praxis hängt es aber vom betrachteten Ort oder Raum, dem Bezugszeitraum und dem Klimatelement ab, ob ein Wert noch normal ist oder nicht. Gemeint ist keine Wertung wie in der öffentlichen Diskussion (unnormal = negativ), sondern lediglich eine mehr oder weniger große Abweichung von einem mittleren Wert. Letztendlich ist es auch noch dem Betrachter überlassen, ob er beispielsweise bei einer Jahresmitteltemperatur für Halle ab einer Abweichung von 0,5, 1,0 oder 1,5 K vom 30-jährigen Mittel beginnt von einem nicht mehr normalen Wert zu sprechen.

In der Klimatologie wurde aus Sicht der heutigen Klimadiskussion ein Fehler gemacht, als die langjährigen Mittelwerte für eine bestimmte Bezugsperiode (z. B. 1951–1980 oder 1961–1990) als Normalwerte bezeichnet wurden. Mit dem Einzug dieses Begriffes in das allgemeine Vokabular wurde jeder vom entsprechenden Mittelwert abweichende Wert zum Unnormalen erklärt und die zeitliche Dynamik als wesentliches Merkmal des Klimas außer Acht gelassen. In der Erdgeschichte gab es immer wieder Temperaturänderungen von 5 bis 10 K, die in dieser Größenordnung tatsächliche Klimaänderungen darstellen und die Entwicklung des Lebens auf der Erde wesentlich prägten. Temperaturschwankungen von  $\pm 2$  K um das langjährige Jahresmittel und Niederschlagsschwankungen von 20 % um die mittlere Jahressumme im Verlauf von 50 bis 200 Jahren sind auch in den letzten 2000 Jahren beobachtet worden und gehören zum „normalen“ Erscheinungsbild des gegenwärtigen Klimas. Objektiv betrachtet bleibt also festzuhalten: Klimaänderungen und -schwankungen sind normal.

Aufbauend und in Fortsetzung des Beitrages von DÖRING (2004) soll im Folgenden speziell der Frage nachgegangen werden, welche Änderungen und eventuell Trends an der über 150-jährigen halleischen Klimareihe erkennbar sind und ob Parallelen zur globalen Entwicklung bestehen. Einschränkend ist dabei festzuhalten: Die hiesige Klimareihe ist eine ortsspezifische Datenreihe, von der allein keine Aussage über globale Prozesse abgeleitet werden kann. Allerdings entwickelte sich in jüngster Vergangenheit in Zusammenhang mit der öffentlichen Diskussion der Klimaproblematik ein zunehmender Informations- und Forschungsbedarf gerade hinsichtlich der Folgen von Klimaänderungen im regionalen Maßstab. Für das östliche Harzvorland wurden bereits Untersuchungen insbesondere im Hinblick auf Änderungen des Wasserregimes in Zusammenhang mit künftiger Landnutzung (z. B. MÜLLER et al. 2002, WURBS 2005) sowie der Wirkungen auf die Vegetation (z. B. BRUELHEIDE & JANDT 2007, KOLODZIEJ 2007) durchgeführt. Auch das Klima von Halle war in der Vergangenheit neben dem oben erwähnten Beitrag schon mehrfach Gegenstand von Untersuchungen (z. B. HOELSCHER 1954, WENDLING 2002).

## 2 Vorhandene Klimaaufzeichnungen für Halle

Wetterbeobachtungen und -messungen haben in Halle eine lange Tradition. Für Halle existiert eine fast ununterbrochene Klimamessreihe seit 1851. Aber auch schon für die Zeit davor sind Wetterbeobachtungen

vorhanden. Wie bereits bei DÖRING (2004) ausgeführt, wurde im Jahre 1820 in Halle ein Gewitterbeobachtungsnetz mit zeitweise 500 Meldestellen eingerichtet (HESSE 1966). An der halleischen Universität liegen Originalaufzeichnungen von Wetterbeobachtungen aus den Jahren 1824 und 1825 sowie ab 1836 vor. Bereits vor Gründung des Landwirtschaftlichen Institutes (1863) war die Bedeutung von Witterung und Klima für die landwirtschaftliche Forschung und Praxis bekannt und aus diesem Grund wurden vermutlich auch diese Wetterbeobachtungen durchgeführt. Die erste offizielle Klimastation wurde am 1. Januar 1851 auf dem Gelände des heutigen Elisabeth-Krankenhauses in der Mauerstraße eingerichtet und dort bis 1900 betrieben (WENDLING 2002). Im April 1899 wurden im Garten des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität in der Ludwig-Wucherer-Straße durch Paul Holdefleiß Klimabeobachtungen aufgenommen. Trotz teilweise widriger Umstände wurden die Messungen während des 1. und 2. Weltkrieges kontinuierlich fortgeführt. Die Messreihe in der Ludwig-Wucherer-Straße endet Dezember 1969. Nach 1945 wurde parallel dazu an mehreren Stellen in Halle mit Klimabeobachtungen begonnen.

Im August 1946 wurde durch die damalige Landeswetterwarte Sachsen-Anhalt auf dem Flugplatz Halle-Passendorf eine Klimastation eingerichtet, die im August 1953 nach Halle-Kröllwitz verlegt wurde (WENDLING 2002). Bis heute ist an gleicher Stelle eine automatische Station des Deutschen Wetterdienstes in Betrieb. Von 1950 bis 1958 und ab 1992 liegen Beobachtungstabellen bzw. Daten einer (seit Mitte 1992) automatischen Station vom landwirtschaftlichen Versuchsfeld in Halle (Julius-Kühn-Feld) vor. Sehr wahrscheinlich wurden hier bereits vorher und zwischendurch Wetterbeobachtungen durchgeführt, der Verbleib der Aufzeichnungen ist aber unbekannt. Das agrarmeteorologische Institut der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität richtete ab 1954 unter Alfred MÄDE in Stichelsdorf/Zöberitz am nordöstlichen Stadtrand von Halle eine agrarmeteorologische Versuchsstation ein, an der bis Juni 1994 neben den eigentlichen Klimabeobachtungen mehrere agrarmeteorologische Dauerversuche zum Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens, zur Bodenatmung und Phänologie betrieben wurden. Nach Schließung dieser Versuchsstation erfolgte im Juli 1994 eine Verlegung der Klimastation nach Halle-Seeben am nördlichen Stadtrand von Halle, ca. 4 km von Zöberitz entfernt (DÖRING 2000).

Gegenstand der Betrachtungen in diesem Beitrag sind die Monats- und Jahresmittelwerte der Lufttemperatur (gemessen in 2 m Höhe über dem Erdboden) und die Monats- und Jahressummen des Niederschlages (gemessen in 1 m Höhe über dem Erdboden).

### 3 Datenverfügbarkeit und Homogenität der halleischen Messreihe

Lange Messreihen sind unverzichtbar für die Analyse der Klimaentwicklung in der jüngeren Vergangenheit und Basis für Simulationen künftiger Klimaszenarien. Diese langen Reihen haben aber in vielen Fällen ein Problem: Es gibt kaum eine über 100 Jahre lange Klimareihe, die immer am gleichen Standort aufgenommen wurde. Die Gründe sind vielschichtig; so können äußere Einflüsse, wie z. B. städtebauliche Veränderungen oder Flächeneigentumswechsel, Stationsverlegungen erzwingen, aber auch fachliche Gesichtspunkte, wie zunehmende Bebauung im Umfeld und damit steigender Stadteinfluss, können Anlass für eine Verlegung an den Stadtrand sein. Ortswechsel können zu sprunghaften Veränderungen insbesondere der Temperatur führen, wenn die Umgebungsbedingungen sich erheblich unterscheiden oder sich die Höhenlage über NN verändert. Hier sind detaillierte Lagebeschreibungen der Beobachter von unschätzbarem Wert für die spätere Beurteilung der Datenreihe.

Für die Stadt Halle ist, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, bis zum Jahr 1945 nur eine Messreihe vorhanden, danach stehen für mehrere Standorte im Stadtgebiet zeitweise parallel Daten zur Verfügung. Für diesen Beitrag wurde bei Vorhandensein mehrerer, jeweils die Datenreihe ausgewählt, die den geringsten Stadteinfluss erwarten lässt. Für die Betrachtungen werden konkret folgende Klimabeobachtungen bzw. -messungen herangezogen:

Januar 1851 bis Dezember 1900

Klimastation Mauerstraße

Januar 1901 bis Dezember 1949

Klimastation Landwirtschaftliches Institut  
(Ludwig-Wucherer-Straße)

Januar 1950 bis Juli 1953	Klimastation Halle-Passendorf
August 1953 bis Dezember 1964	Klimastation Halle-Kröllwitz
Januar 1965 bis Juni 1994	Klimastation Versuchsfeld Zöberitz
Seit Juli 1994	Klimastation Halle-Seeben

Von 1851 bis 1949 lagen die Stationen im innerstädtischen Bereich mit mehrgeschossiger Bebauung und geringem Grünanteil. Allerdings dürfte in diesem Zeitraum der Stadteinfluss auf die Messergebnisse insbesondere durch den noch geringen motorisierten Straßenverkehr nicht sehr groß gewesen sein. Die Standorte Passendorf (heute Halle-Neustadt) und Kröllwitz lagen bzw. liegen in Siedlungen am Stadtrand mit lockerer Bebauung und hohem Grünanteil. Der sich ab den 50er Jahren durch zunehmende Industrialisierung und Motorisierung des Verkehrs stärker entwickelnde Stadtklimaeffekt dürfte durch die Verlagerung der Klimabeobachtungen im Jahr 1965 an den Stadtrand weitgehend kompensiert worden sein. Das Versuchsfeld Zöberitz und die Station Halle-Seeben befinden sich an der nordöstlichen bzw. nördlichen Stadtgrenze, umgeben von landwirtschaftlich genutzten Flächen, bei vorherrschend südwestlicher Luftströmung mit leichtem Stadteinfluss, bedingt durch die Lage im Lee der Stadt. Der städtische Einfluss auf die betrachtete langjährige Messreihe dürfte also insgesamt relativ gering sein und andere Effekte nicht überdecken. Lediglich für die Lufttemperatur ist vor 1965 eine leichte Erhöhung nicht ganz auszuschließen. Bei WENDLING (2002) wird für den Zeitraum 1961 bis 1966 zwischen Halle-Kröllwitz und der Station in der Ludwig-Wucherer-Straße eine mittlere Differenz von 0,6 K angegeben. Ein Vergleich der Reihen von Halle-Kröllwitz und Zöberitz für die Jahre 1965 bis 1990 zeigt geringere Differenzen ( $< 0,3$  K). Auf die Niederschlagshöhe sind bislang vergleichsweise wenig und zum Teil widersprüchliche Stadteffekte bekannt. Durch die geringe Entfernung der oben aufgeführten Standorte voneinander sind diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede zu erwarten.

Zur statistischen Prüfung der Qualität langer Klimareihen werden in der Regel Homogenitätstests durchgeführt (SCHÖNWIESE & RAPP 1993, WENDLING 2002). Damit können insbesondere Sprünge in Datenreihen, die häufig durch Stationsverlegungen hervorgerufen werden, erkannt und mittels Homogenisierung beseitigt werden. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass klimatologische Besonderheiten einer Messreihe als Fehler interpretiert werden und nach der Bearbeitung nicht mehr vorhanden sind. Außerdem wird für den Homogenitätstest eine zweite Datenreihe benötigt, die zweifelsfrei nicht gestört ist. Derartige Klimareihen, die seit 1851 existieren und diese Bedingung erfüllen, sind relativ selten. Für die hallesche Reihe wurde ein Vergleich mit der Station Erfurt durchgeführt. Für Erfurt als Vergleichsstandort sprechen genauso lange Klimaaufzeichnungen und die durch seine Lage im Thüringer Becken vergleichbaren Klimabedingungen.

Die Klimastation Erfurt hat zwar mehrere Standortwechsel erfahren (METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR 1978), die bezüglich der Temperatur aber keine Verwerfungen verursachten (Abb. 1a). Der Standortwechsel im August 1946 zeigt jedoch einen erkennbaren Effekt auf die Niederschlagsverhältnisse, was in der kumulativen Gegenüberstellung der Jahreswerte von Halle und Erfurt an der Veränderung des Anstieges der Kurve bei ca. 50.000 mm erkennbar ist (Abb. 1b). Sowohl der U-Test nach Mann-Whitney als auch der F-Test ergaben bei den Temperatur- und Niederschlagsreihen aber keine signifikanten Differenzen zwischen Erfurt und Halle bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Man kann daher relativ sicher davon ausgehen, dass die verwendete hallesche Reihe trotz mehrerer Ortswechsel keine Sprünge oder Verwerfungen aufweist, die nicht klimatisch zu begründen sind.

## 4 Verlauf und Trends der halleschen Klimareihe

### 4.1 Temperatur

Grundlage der folgenden Betrachtungen sind die Jahres- und Monatswerte der Lufttemperatur für die in Abschnitt 3 beschriebenen Standorte im Stadtgebiet von Halle. Aus Gründen der Überschaubarkeit wurden für die tabellarische Darstellung die Daten zu Zehnjahresmittelwerten komprimiert. In Tabelle 1 sind

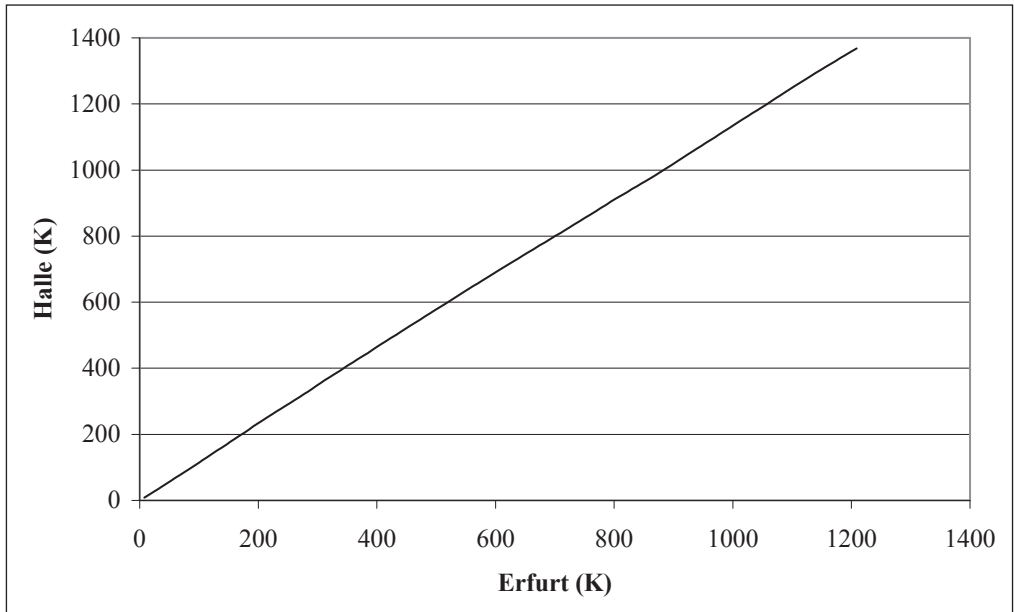


Abb. 1a Gegenüberstellung der kumulativen Jahresmittel der Lufttemperaturen von Erfurt und Halle

Fig. 1a Comparison of the cumulative mean annual air temperature for Erfurt and Halle

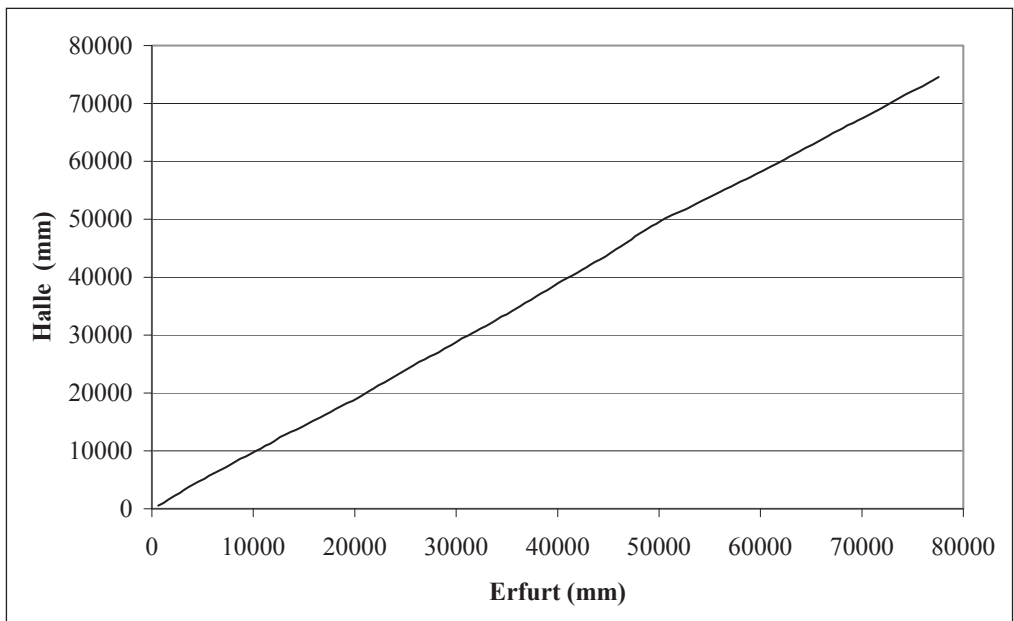


Abb. 1b Gegenüberstellung der kumulativen Jahresniederschlagshöhen von Erfurt und Halle

Fig. 1b Comparison of the cumulative annual precipitation for Erfurt and Halle

die Zehnjahresmittelwerte der Lufttemperatur sowie die im betrachteten Zeitraum wärmsten und kältesten Jahre bzw. Monate aufgeführt. Zum besseren Überblick wurde jeweils das im Mittel wärmste und kälteste Jahrzehnt markiert.

Tab. 1 Zehnjahresmittel sowie höchste und tiefste Jahres- und Monatsmittel der Lufttemperatur für Halle von 1851 bis 2000

Tab. 1 10-year means and highest and lowest values of the annual and monthly air temperature for Halle from 1851 to 2000

Jahrzehnt	Temperatur (°C)												
	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1851-1860	8,6	0,6	-0,5	2,4	7,4	12,6	17,3	18,6	18,1	14,0	9,9	2,1	0,4
1861-1870	9,2	-0,6	1,8	3,5	8,9	14,0	17,2	18,7	17,8	14,9	9,2	4,3	0,7
1871-1880	9,1	0,0	0,8	4,0	8,8	12,2	17,6	19,3	18,7	14,7	9,3	3,6	0,2
1881-1890	8,7	-0,7	0,6	3,1	8,1	13,8	16,7	18,2	17,0	14,0	8,4	4,1	0,5
1891-1900	9,0	-1,0	1,1	4,1	8,5	13,0	17,0	18,4	18,0	14,3	9,4	4,3	1,3
1901-1910	9,0	0,4	1,1	4,2	8,2	13,7	17,0	18,0	17,2	13,7	9,7	3,7	1,1
1911-1920	9,3	0,5	1,9	5,0	9,0	14,1	16,6	18,3	17,4	14,0	8,4	4,1	2,8
1921-1930	9,2	1,2	0,5	4,9	8,3	13,8	15,9	18,8	17,6	14,3	9,8	4,4	1,2
1931-1940	9,5	0,4	1,0	4,5	8,8	13,9	17,7	19,1	18,5	14,9	9,3	5,6	0,5
1941-1950	9,8	-0,9	0,9	4,5	10,2	14,5	17,3	19,5	19,1	15,9	10,1	4,8	1,4
1951-1960	8,9	0,0	-0,7	3,5	8,0	13,0	16,5	18,2	17,5	14,0	9,3	4,6	2,4
1961-1970	8,7	-1,2	0,2	3,1	8,7	12,7	16,9	17,8	17,3	14,5	10,2	4,5	-0,6
1971-1980	9,0	0,1	1,3	4,4	7,5	12,7	16,1	17,9	17,9	14,0	8,8	4,7	2,3
1981-1990	9,4	0,3	0,1	4,8	8,4	13,9	16,1	18,6	18,4	14,7	10,5	4,8	2,0
1991-2000	9,4	1,0	1,7	4,9	9,0	13,4	16,2	18,6	18,6	14,1	9,2	3,9	1,3
1851-2000	9,1	0,0	0,8	4,1	8,5	13,4	16,8	18,5	17,9	14,4	9,4	4,2	1,2
Standardab.	0,8	3,1	3,2	2,2	1,6	1,7	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,9	2,5
Maximum	11,2	5,4	6,8	8,8	12,4	18,1	20,8	22,2	21,6	19,3	12,8	8,5	5,8
Jahr	1934	1921	1990	1938	1948	1889	1889	1994	1944	1947	1949	1938	1974
Minimum	7,0	-9,6	-10,8	-2,7	5,0	9,6	12,0	15,1	15,0	10,3	5,4	-1,4	-6,5
Jahr	1996	1940	1956	1853	1852	1851	1923	1898	1956	1912	1922	1858	1879
Hintergrund schwarz: wärmstes Jahrzehnt													
Hintergrund grau: kältestes Jahrzehnt													

Im gesamten Zeitraum von 1851 bis 2000 liegt die mittlere Jahrestemperatur bei 9,1 °C. Kältester Monat ist im Mittel der Januar mit einer Durchschnittstemperatur von 0,0 °C, wärmster Monat ist der Juli mit 18,5 °C. Das insgesamt wärmste Jahr war 1934 mit 11,2 °C, das kälteste 1996 mit im Durchschnitt 7,0 °C. Bei den Monatsmittelwerten zeigt sich eine erhebliche Schwankungsbreite. Wärmster Monat war der Juli 1994 mit 22,2 °C. Allerdings wurde dieser Wert in der Zwischenzeit bereits überboten; der extrem warme Juli 2006 ging mit einer Mitteltemperatur von 23,4 °C in die Statistik ein. Andererseits sind aber auch sehr kalte Wintermonate in Halle möglich, wie beispielsweise der Februar 1956 (-10,8 °C), der Februar 1929 (-10,6 °C) oder der Januar 1940 mit einer Monatsmitteltemperatur von -9,6 °C.

Bei Betrachtung der Zehnjahresmittelwerte fällt auf, dass selbst im zehnjährigen Durchschnitt relativ große Schwankungen der Jahres- und Monatsmittel zu beobachten sind. So liegt zwischen dem im Jahresmittel kältesten Jahrzehnt (1851 – 1860 mit 8,6 °C) und dem wärmsten (1941 – 1950 mit 9,8 °C) eine Differenz von immerhin 1,2 K.

Bei Betrachtung der einzelnen Monate häufen sich die tiefsten Werte im Zeitraum von 1851 bis 1910 und in der Zeit zwischen 1951 und 1970. Die höchsten zehnjährigen Monatsmitteltemperaturen sind überwiegend zwischen 1911 und 1950 zu finden. Nur im Oktober war die Dekade von 1981 bis 1990 am wärmsten.

Die Analyse der Jahresmitteltemperaturen zeigt übereinstimmend mit anderen Zeitreihen in Mitteleuropa einen ansteigenden linearen Trend von 1851 bis 2000, allerdings mit einem sehr niedrigen Bestimmtheitsmaß (Abb. 2; mit linearem Trend ist hier und im Folgenden immer das Ergebnis einer linearen Regression gemeint). Der Anstieg ist auch nicht sehr überraschend, da zu Beginn des Trendzeitraumes überwiegend negative und am Ende des 20. Jahrhunderts positive Abweichungen vom Mittel des gesamten Zeitraumes verzeichnet wurden.

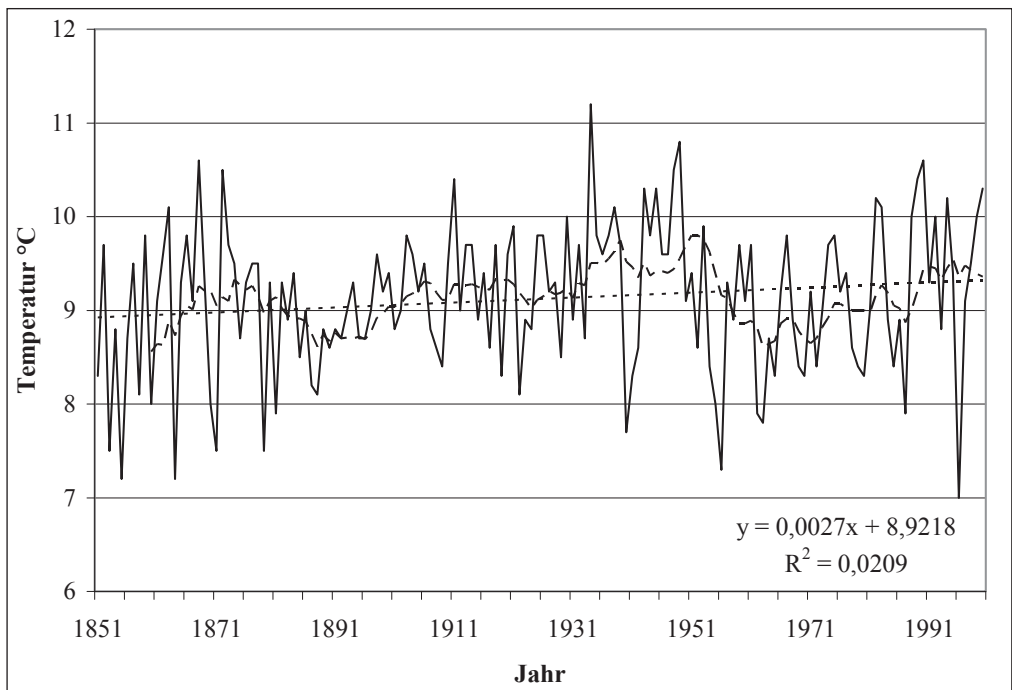


Abb. 2 Verlauf (durchgezogene Linie), 10-jähriger gleitender Durchschnitt (gestrichelte Linie) und lineare Regression (gepunktete Linie) der Jahresmittel der Lufttemperaturen für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 2 Time course (solid line), 10-year moving average (dashed line) and linear regression (dotted line) of the mean annual air temperatures for Halle from 1851 to 2000

Werden die Jahreswerte mit einem zehnjährigen gleitenden Mittel geglättet (Abb. 2), sind mehr oder weniger periodische Schwankungen der mittleren Lufttemperatur zu beobachten. Diese vergleichsweise kälteren oder wärmeren Phasen halten meist mehrere Jahrzehnte an. Kältere Abschnitte findet man zu Beginn des Untersuchungszeitraumes, zwischen 1881 und 1900 und zwischen 1961 und 1980. Relativ warm

war es dagegen zwischen 1871 und 1880, von 1931 bis 1950 und ab 1991, wobei in letzterem Zeitraum im Unterschied zu anderen Zeitreihen Mitteleuropas das Niveau des warmen Zeitraumes von 1931 bis 1950 nicht ganz erreicht wurde. Der starke Anstieg der Lufttemperatur zwischen 1981 und 2000, wie er im Mittel der Klimastationen Basel, Berlin, Prag und Wien beobachtet wurde (MALBERG 2007a), fällt für Halle wesentlich schwächer aus.

Ursache hierfür könnte der Wegfall der starken Industriebelastung nach 1990 im Umfeld von Halle sein. Seit etwa 1950 führte diese zu einem positiven Temperatureffekt, der an vergleichbaren Standorten ohne derartige Industriekonzentration nicht beobachtet wurde. Welche Ausmaße dieser Effekt erreichte, zeigt sich im Vergleich der Jahresmitteltemperaturen für den Zeitraum 1951 bis 1980 für den Industriestandort Bitterfeld mit 9,8 °C und dem ca. 25 km entfernten Schkeuditz (bei Leipzig) mit 8,6 °C (METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR 1987). Mit dem radikalen Rückbau bzw. der Modernisierung der noch vorhandenen Industrieanlagen nach 1990 wurde auch die damit verbundene Temperaturerhöhung aufgehoben. Dieser „Rückgang“ der Lufttemperatur könnte teilweise die Erhöhung ab 1990 kompensieren und sich in einem geringeren Anstieg für Halle in diesem Zeitraum im Vergleich zu anderen Stationen widerspiegeln.

Interessant ist auch, dass die Schwankungen von Jahr zu Jahr in den kälteren Phasen deutlich geringer ausfallen als in insgesamt wärmeren Jahrzehnten: Die wärmsten und kältesten Jahre traten immer in insgesamt relativ hoch temperierten Perioden auf (vgl. Abb. 2). Das lässt einen Zusammenhang zu der sich sehr langsam und über Jahrzehnte nur wenig verändernden großräumigen Zirkulation der Atmosphäre im nordatlantischen Bereich vermuten. Bekannt ist, dass die Nordatlantik-Oszillation (NAO), dargestellt durch den NAO-Index als Maß für die Luftdruckunterschiede zwischen dem subtropischen und subpolaren Nordatlantik, einen wesentlichen Einfluss auf die Temperaturverhältnisse in Europa hat (MÄCHEL 1995). Große Luftdruckunterschiede (positiver NAO-Index) führen zu einer lebhaften Westströmung über dem Nordatlantik und Westeuropa, verbunden mit gehäuft milden Wintern und kühlen Sommern in Europa. Bei nicht so hohen Luftdruckgegensätzen (negativer NAO-Index) ist die Westströmung nur schwach ausgeprägt und es kommt auch in Westeuropa zu häufigeren Hochdruckwetterlagen mit stärkeren kontinentalen Einflüssen und größeren Temperaturschwankungen. Der NAO-Index schwankt einerseits von Jahr zu Jahr sehr stark, ist aber auch durch längere Phasen mit überwiegend positiven oder negativen Werten gekennzeichnet. So wurden beispielsweise im Zeitraum zwischen 1951 und 1980 mit häufigen sehr kalten Wintern auch überwiegend negative NAO-Werte im Winter festgestellt (HUPFER 1991, GOLDBERGER 2006).

Betrachtet man den Verlauf der Lufttemperatur von 1851 bis 2000 in einzelnen Monaten, ergibt sich ein stärker differenziertes Bild als im gesamten Jahr. In der Mehrzahl der Monate (Januar, März: Abb. 3a, April, August, Oktober, November, Dezember) ist mehr oder weniger stark ein positiver linearer Trend zu beobachten. Aber auch Monate mit negativem Trend (Juni: Abb. 3b, Juli) sind zu verzeichnen. In den Monaten Februar (Abb. 3c), Mai und September ist kein eindeutiger Trend ersichtlich. Diese uneinheitlichen und auch nicht auf bestimmte Jahreszeiten konzentrierten positiven oder negativen Entwicklungen sind ein weiteres Indiz für die große Unsicherheit von Aussagen hinsichtlich vorhandener Trends, die sich u. a. auch in den sehr niedrigen  $R^2$ -Werten widerspiegeln.

## 4.2 Niederschlag

In Tabelle 2 sind die Zehnjahresmittelwerte sowie die mittleren und extremen Jahres- bzw. Monatssummen des Niederschlages für Halle im Zeitraum 1851 bis 2000 aufgeführt.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt für den Gesamtzeitraum 1851 bis 2000 in Halle 497 mm. Der niederschlagsärmste Monat ist im Jahresmittel der Februar mit 26 mm, am meisten Niederschlag fällt im Juli mit 67 mm. Niederschlagsreichstes Jahr seit 1851 ist 1939 mit 751 mm Niederschlag. Fast ebenso hohe Jahressummen wurden 1875 (721 mm) und 1941 (708 mm) erreicht. Die niedrigste Jahressumme des Niederschlages wurde 1911 mit 256 mm gemessen, aber auch 1982 und 1976 war es mit 258 bzw. 278 mm extrem trocken.



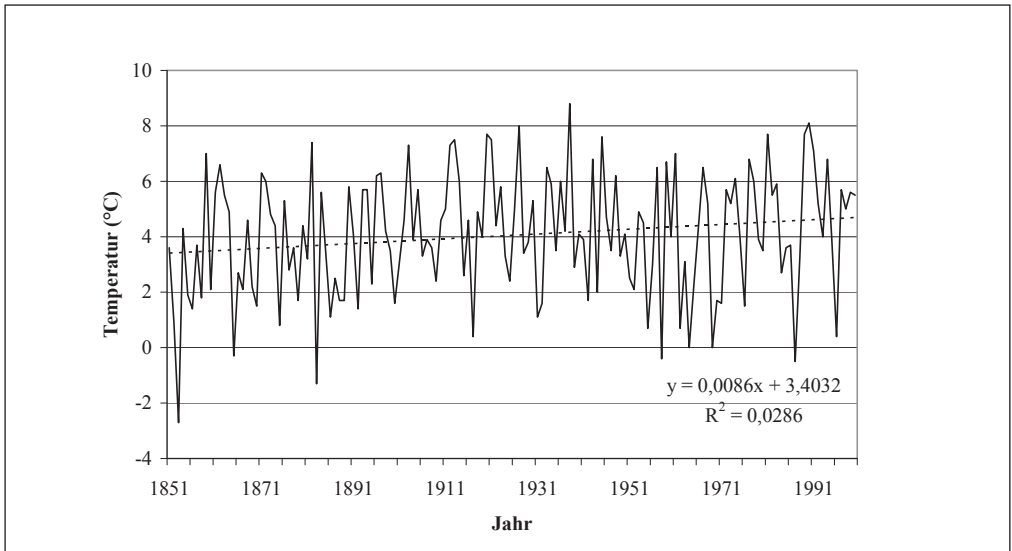


Abb. 3a Verlauf (durchgezogene Linie) und lineare Regression (gepunktete Linie) der mittleren Lufttemperaturen im März für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 3a Time course (solid line) and linear regression (dotted line) of the mean air temperatures in March for Halle from 1851 to 2000

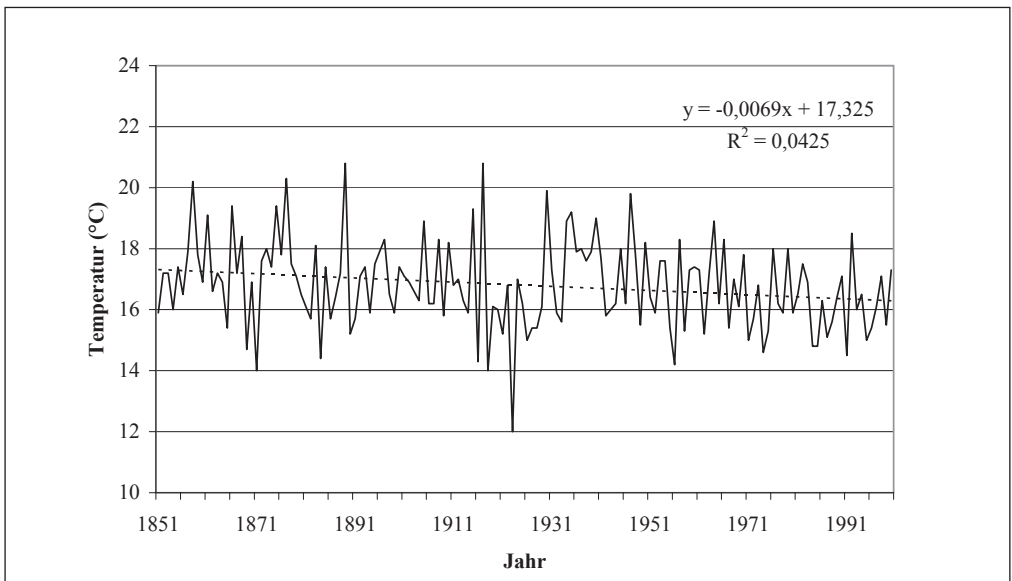


Abb. 3b Verlauf (durchgezogene Linie) und lineare Regression (gepunktete Linie) der mittleren Lufttemperaturen im Juni für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 3b Time course (solid line) and linear regression (dotted line) of the mean air temperatures in June for Halle from 1851 to 2000

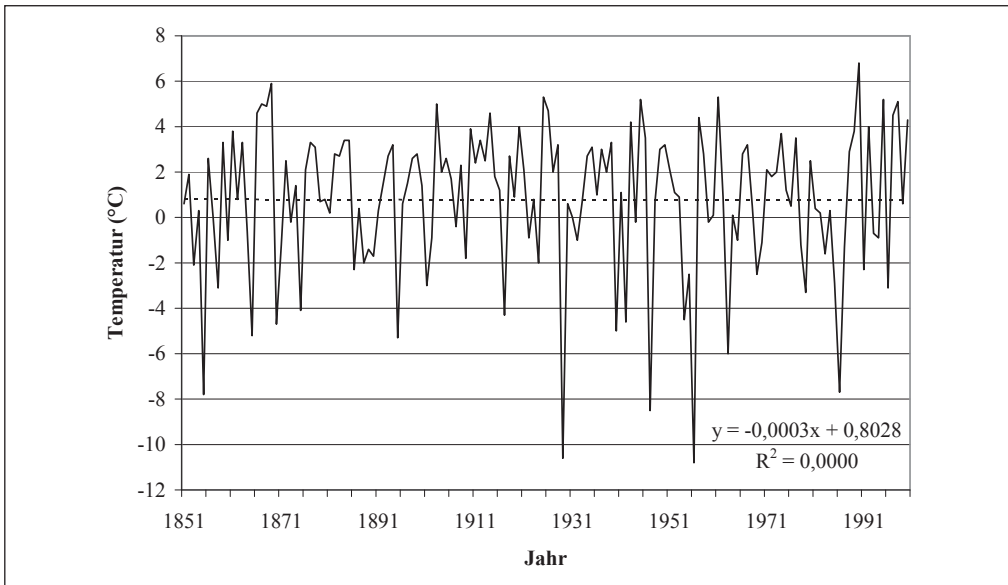


Abb. 3c Verlauf (durchgezogene Linie) und lineare Regression (gepunktete Linie) der mittleren Lufttemperaturen im Februar für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 3c Time course (solid line) and linear regression (dotted line) of the mean air temperatures in February for Halle from 1851 to 2000

Die höchste im Untersuchungszeitraum in Halle gemessene Monatssumme des Niederschlages wurde im Juli 1882 mit 206 mm registriert. Monatssummen über 100 mm sind relativ selten, wurden aber außer im Februar und März schon in allen Monaten beobachtet.

Die niedrigsten Monatssummen liegen in den Sommermonaten zwischen 10 und 13 mm, ansonsten bei 1 bis 3 mm; sie wurden meist mehrfach registriert. Einen Monat völlig ohne Niederschlag, wie gebietsweise in der Norddeutschen Tiefebene und an der Ostseeküste schon aufgetreten, gab es in Halle seit 1851 noch nicht.

Wie bei der Temperatur gibt es auch beim Niederschlag relativ große Differenzen zwischen dem niederschlagsärmsten und niederschlagsreichsten Jahrzehnt. Das niedrigste Zehnjahresmittel der Jahressummen wurde 1971 bis 1980 mit 450 mm errechnet, das höchste für den Zeitraum 1891 bis 1900 mit 550 mm. Dazwischen liegt immerhin ein Unterschied von 100 mm. Beleg für die großen Schwankungen der Jahressummen des Niederschlages ist auch die Standardabweichung vom Mittelwert für 1851 bis 2000 von 88 mm.

Entsprechend groß sind auch die Differenzen bei den über 10 Jahre gemittelten Monatssummen. Die höchsten Zehnjahresmittel liegen in allen Monaten etwa doppelt so hoch wie die niedrigsten. In niederschlagsarmen Zeiten werden im 10-jährigen Durchschnitt in den Wintermonaten nur rund 20 mm Niederschlag erreicht, in niederschlagsreichen Zeiten wird im Winter genauso viel Niederschlag (41 - 45 mm) gemessen wie in Jahrzehnten mit relativ trockenen Sommermonaten (35 - 45 mm). In den einzelnen Jahrzehnten treten extrem hohe und niedrige Monatssummen häufig gleichzeitig und nur in ein oder zwei Monaten auf, so dass sich der Einfluss auf die mittleren Jahressummen in Grenzen hält und zum Teil eliminiert. Bemerkenswert ist, dass die Monate mit den höchsten Zehnjahresdurchschnittswerten ausschließlich vor 1950 auftraten, während die niedrigsten mittleren Monatssummen über den gesamten Zeitraum verteilt sind. Hier spiegelt sich der auch in den Jahressummen erkennbare sehr niederschlagsarme Abschnitt zwi-

Tab. 2 Zehnjahresmittel sowie höchste und tiefste Jahres- und Monatssummen des Niederschlages für Halle von 1851 bis 2000

Tab. 2 10-year means and highest and lowest values of the annual and monthly precipitation for Halle from 1851 to 2000

Jahrzehnt	Niederschlag (mm)												
	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1851-1860	521	21	31	29	38	59	80	87	58	35	29	25	29
1861-1870	476	26	22	43	34	34	70	60	51	25	32	34	44
1871-1880	477	30	26	30	30	40	78	57	35	31	43	46	31
1881-1890	512	19	18	38	36	55	53	80	46	35	55	44	33
1891-1900	550	44	35	39	31	53	60	71	63	51	40	28	34
1901-1910	505	20	24	28	30	53	61	90	52	57	28	35	28
1911-1920	466	35	21	31	36	52	40	61	52	30	38	27	45
1921-1930	522	33	21	25	50	54	55	63	69	37	55	36	25
1931-1940	506	33	32	30	36	56	57	62	54	44	47	33	24
1941-1950	538	32	41	27	36	50	72	71	76	28	36	44	31
1951-1960	491	26	20	27	28	48	69	75	65	35	46	28	26
1961-1970	475	28	27	28	40	55	54	49	57	41	27	34	36
1971-1980	450	20	18	28	35	50	61	52	57	35	40	29	25
1981-1990	452	24	23	33	40	45	57	45	45	41	27	36	37
1991-2000	514	26	25	39	36	52	55	77	50	49	35	34	35
1851-2000	497	28	26	32	36	50	61	67	55	38	39	34	32
Standardab.	88	16	16	19	21	27	31	38	29	23	26	22	18
Maximum	751	113	92	85	100	182	163	206	167	110	142	148	102
Jahr	1939	1895	1946	1994	1867	1908	1853	1882	1924	1851	1889	1875	1874
Minimum	256	1	2	3	2	11	12	13	10	2	2	1	1
Jahr	1911	1876	1857	1984	1893	1868	1976	1969	1871	1959	1908	1892	1972
		1996				1915		1990	1947				
						1947							
Hintergrund schwarz: niederschlagsreichstes Jahrzehnt													
Hintergrund grau: niederschlagsärmstes Jahrzehnt													

schen 1960 und 1990 mit erheblich unter dem langjährigen Mittel liegenden Niederschlagshöhen wider. Ab 1991 ist wieder ein deutlicher Anstieg der mittleren Jahressummen auf höhere Werte erkennbar.

Der lineare Trend der Jahressummen ist negativ (Abb. 4), was nicht unwesentlich aus der oben beschriebenen relativ trockenen Periode zwischen 1961 und 1990 resultiert. In diesem Zeitraum ist auch eine Häufung extrem trockener Einzeljahre erkennbar. Dass dies kein allgemeiner Trend ist, der sich in die Zukunft fortsetzen muss, zeigt der Wiederanstieg der Niederschlagshöhen nach 1990.

Das 10-jährige gleitende Mittel der Jahresniederschlagssummen (Abb. 4) verdeutlicht auch hier einen Wechsel zwischen niederschlagsärmeren und niederschlagsreicheren Perioden. Die Dauer dieser Perioden schwankt etwa zwischen 5 und 30 Jahren. Besonders ausgeprägt sind die relativ trockenen Zeiträume

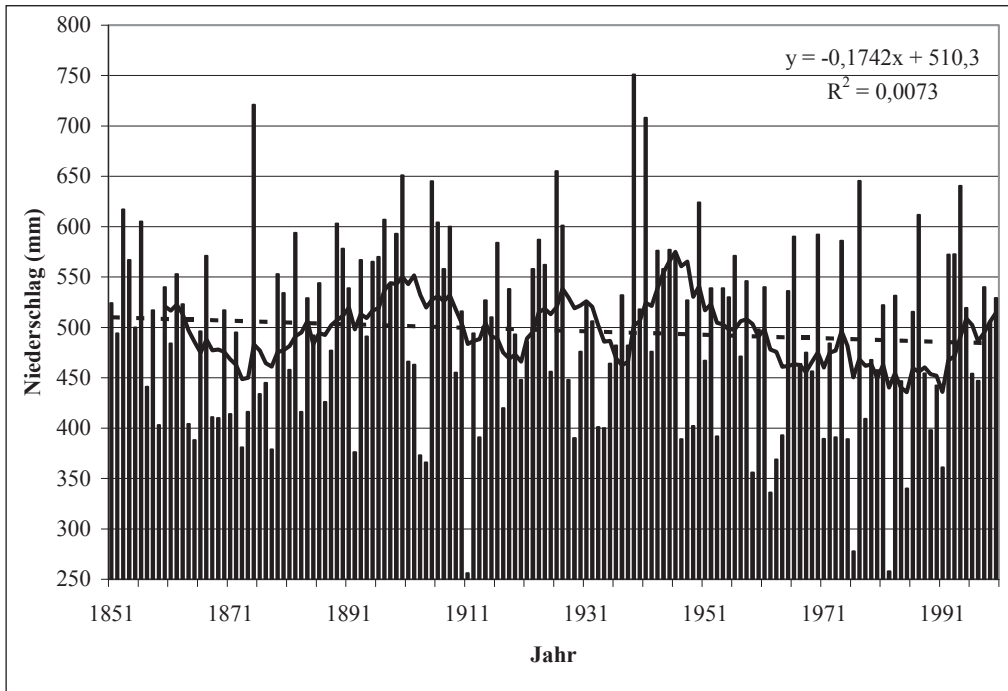


Abb. 4 Einzelwerte (Balken), 10-jähriger gleitender Durchschnitt (durchgezogene Linie) und lineare Regression (gestrichelte Linie) der Jahressummen der Niederschläge für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 4 Values (bars), 10-year moving average (solid line) and linear regression (dashed line) of the mean annual precipitation for Halle from 1851 to 2000

zwischen 1861 und 1890 sowie zwischen 1961 und 1990. Relativ niederschlagsreich war es besonders zwischen 1891 und 1910 und zwischen 1941 und 1950. Auch hier deutet sich ab 1991 eine weitere Periode mit übernormalen Niederschlägen an.

Für die einzelnen Monate zeigt der Trend wieder ein sehr differenziertes Bild. Die Monate April, August und September (Abb. 5a) zeigen eine trendmäßige Zunahme der Niederschlagssummen, die Monate März (Abb. 5b), Juni, Juli, Oktober und Dezember einen leicht abfallenden Jahrestrend. Die Niederschläge im Januar, Februar, Mai (Abb. 5c) und Dezember ändern sich kaum. Alle Trendaussagen sind mit sehr geringer statistischer Sicherheit ( $R^2$ ) behaftet. Da auch hier keine eindeutige monatliche oder jahreszeitliche Verteilung von Zu- oder Abnahmetendenzen zu beobachten ist, sind sowohl der Jahrestrend als auch die monatlichen Trends nicht für eine Aussage hinsichtlich einer künftigen Entwicklung extrapolierbar.

## 5 Diskussion

Von den in Kapitel 4 vorgestellten Sachverhalten lassen sich zusammenfassend nachfolgende Erkenntnisse ableiten, die zur Diskussion gestellt werden.

### Das Klima von Halle im Jahr 2000 ist so „normal“ wie das Klima des Jahres 1851

Das Klima eines relativ kurzen Zeitraums ist eine Momentaufnahme des Gesamtspektrums, also nur ein Ausschnitt aus dem Varianzbereich des Klimas. Ein Ziel der Analysen war herauszufinden, ob sich im

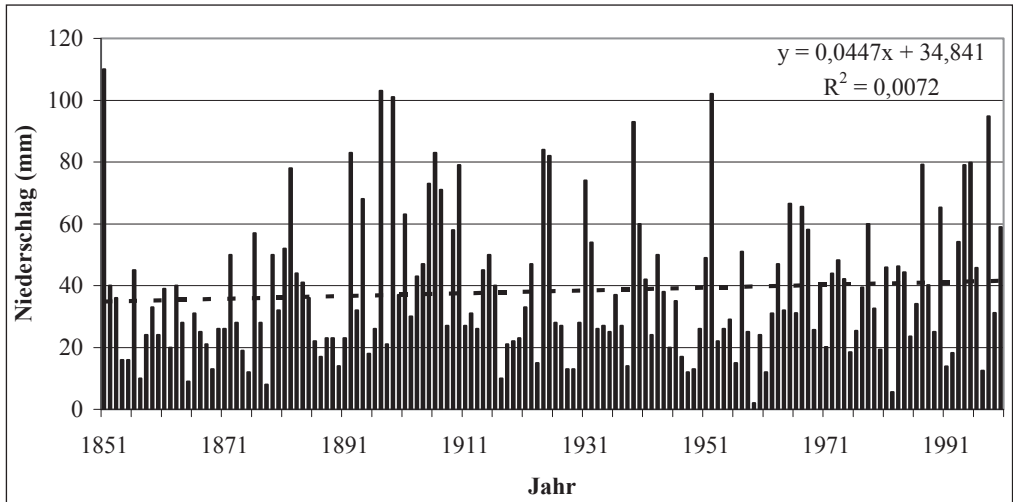


Abb. 5a Einzelwerte (Balken) und lineare Regression (gestrichelte Linie) der Monatssummen der Niederschläge im September für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 5a Values (bars) and linear regression (dashed line) of the mean monthly precipitation in September for Halle from 1851 to 2000

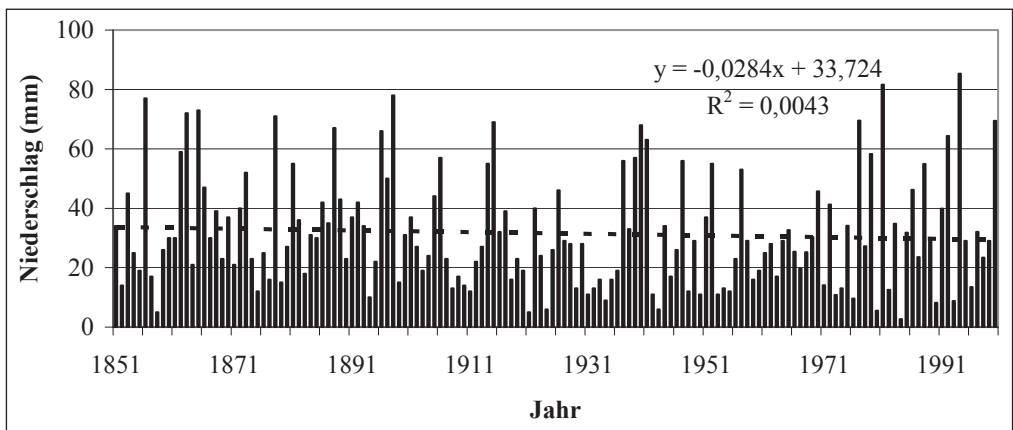


Abb. 5b Einzelwerte (Balken) und lineare Regression (gestrichelte Linie) der Monatssummen der Niederschläge im März für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 5b Values (bars) and linear regression (dashed line) of the mean monthly precipitation in March for Halle from 1851 to 2000

Verlauf der 150 betrachteten Jahre Veränderungen bei den wesentlichen Klimaparametern Lufttemperatur und Niederschlag vollzogen haben, die eine systematische Entwicklung oder Trends erkennen lassen.

Die Lufttemperatur zeigt von 1851 bis 2000 einen leichten Anstieg, der, wie oben beschrieben, aber wesentlich auf den relativ kalten Startzeitraum und die warme Phase am Ende des Untersuchungszeitraumes zurückzuführen ist. Dieser Trend stimmt mit dem bei SCHÖNWIESE et al. (2006) für den Zeitraum 1901

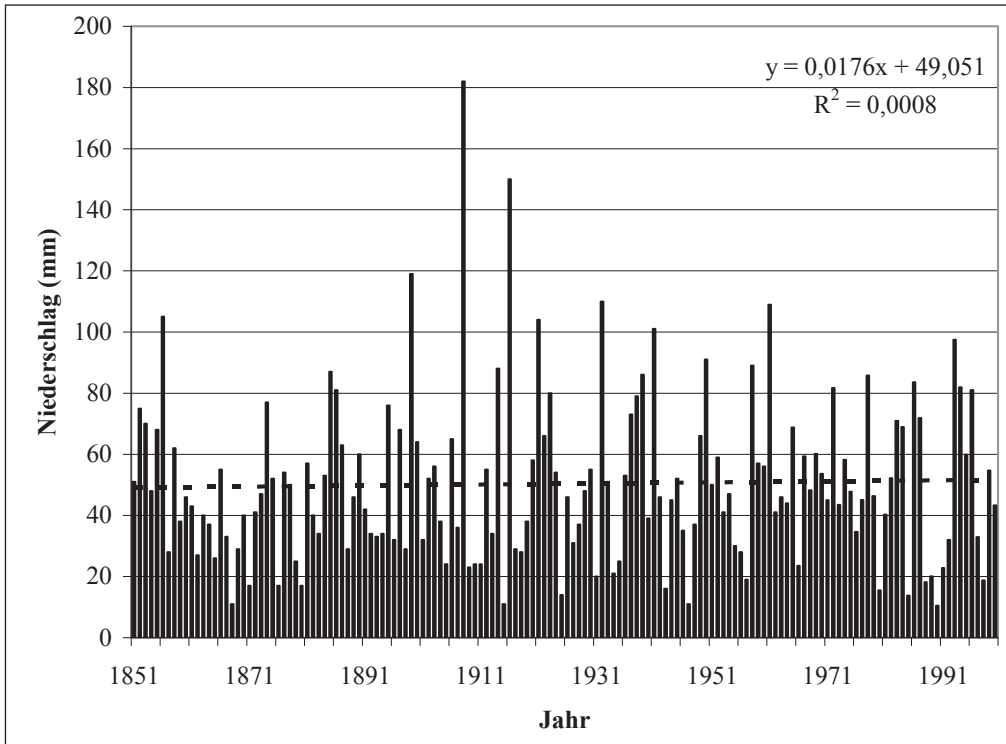


Abb. 5c Einzelwerte (Balken) und lineare Regression (gestrichelte Linie) der Monatssummen der Niederschläge im Mai für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 5c Values (bars) and linear regression (dashed line) of the mean monthly precipitation in May for Halle from 1851 to 2000

bis 2000 ausgewiesenen Temperaturanstieg für Deutschland überein, fällt aber deutlich schwächer aus. Ob dieser Trend anhält und welche Ursachen dafür infrage kommen, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Der errechnete Trend hängt im Übrigen auch wesentlich von der Betrachtungsperiode ab. Berücksichtigt man z. B. nur die Jahre von 1911 bis 2000, geht die Temperatur leicht zurück. Das Bestimmtheitsmaß ist in allen Fällen allerdings sehr niedrig, so dass keine gesicherten Aussagen über den weiteren Verlauf möglich sind.

Beim Niederschlag ist von 1851 bis 2000 ein schwacher negativer Trend erkennbar, aber mit einem noch geringeren Bestimmtheitsmaß als bei der Temperatur. Dass zudem die jährlichen Niederschlagshöhen vergleichsweise starken periodischen Schwankungen bei sehr unterschiedlicher Periodenlänge unterworfen sind, erschwert eine sichere Trendaussage zusätzlich. Auch hier hängt der Trend vom Betrachtungszeitraum ab. Für die Periode von 1911 bis 2007 ist er z. B. leicht positiv. Unabhängig vom Betrachtungszeitraum ist das Bestimmtheitsmaß stets sehr niedrig und macht gesicherte Prognosen unmöglich.

Für Deutschland insgesamt wird mit Ausnahme des Sommers eher ein positiver Niederschlagstrend beobachtet (SCHÖNWIENSE et al. 2006). Bezüglich der Zu- oder Abnahme von Extremniederschlagsereignissen, die bei FABIG (2007) für das Mitteldeutsche Trockengebiet erörtert werden, kann aus methodischen Gründen mit den hier betrachteten Jahres- und Monatssummen keine Tendenz dargestellt werden.

### **Das Klima von Halle zeigt bis zum heutigen Zeitpunkt keine Anzeichen, bisherige Streubereiche zu verlassen und extremer zu werden**

Lufttemperatur- und Niederschlagsverlauf in den Jahren 1851 bis 2000 in Halle sind sehr variabel, längere wärmere Phasen wechseln mit längeren kühleren Zeiträumen. Ebenso gibt es niederschlagsärmere und niederschlagsreichere Zeitabschnitte. Die Länge der Zeiträume liegt überwiegend zwischen ein und drei Jahrzehnten.

Die Klimadaten von Halle belegen, dass es nicht nur Schwankungen der Temperatur und des Niederschlages von Jahr zu Jahr um einen Mittelwert gibt, sondern dass es außerdem über längere Zeiträume zu einer Häufung von positiven oder negativen Abweichungen kommt. Lufttemperatur und Niederschlag folgen also periodischen Schwankungen um einen mittleren Wert. Zwischen wärmeren und kälteren Perioden liegt dabei eine Differenz von  $> 1$  K. Der Unterschied zwischen der niederschlagsärmsten und niederschlagsreichsten Phase beträgt in der Jahressumme 100 mm. Es ist also völlig normal, dass über 10, 20 oder 30 Jahre hintereinander gehäuft relativ warme oder kalte bzw. feuchte oder trockene Jahre auftreten. Hier liegt die Gefahr, bei Betrachtung zu kurzer Perioden zu falschen Schlussfolgerungen zu kommen.

Auch ist an den hier verwendeten Monatswerten nicht erkennbar, dass am Ende der Reihe gehäuft Temperaturextreme nach oben beobachtet werden. Wenn man natürlich den Zeitraum ab 1951 für sich betrachtet (viele andere Messreihen und daraus resultierende Untersuchungen beginnen hier), dann findet man die höchsten Temperaturen am Ende der Periode. Wie der eingezeichnete lineare Trend erkennen lässt (Abb. 6), fällt der Temperaturanstieg dann wesentlich stärker aus als für den gesamten Zeitraum von 1851 bis 2000 (Abb. 2).

Auch die Niederschlagsdaten lassen keine Häufung von extrem hohen oder niedrigen Monatssummen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erkennen. Über die Veränderung von Tagessummen des Niederschlages ist damit allerdings keine direkte Aussage möglich, es ist aber anzunehmen, dass Monate mit sehr hohen Monatssummen auch mehr Tage mit hohen Tagessummen bzw. trockene Monate entsprechend weniger Tage mit hohen Tagessummen beinhalten.

### **Ein 30-jähriger Zeitraum ist als sogenannte „Normal- oder Referenzperiode“ ungeeignet**

Die oben beschriebenen, zum Teil über mehrere Jahrzehnte andauernden gleichgerichteten Abweichungen von Temperatur und Niederschlag vom 150-jährigen Durchschnittswert zeigen, wie wenig geeignet eine 30-jährige Periode als Bezugszeitraum für langjährige Mittelwerte ist. Im Extremfall liegt ein solcher Zeitraum genau in einer kalten/warmen oder trockenen/feuchten Periode. Besonders trifft das auf die gegenwärtig als „Normalperiode“ bezeichnete Zeitreihe von 1961 bis 1990 und auch auf die zuvor benutzte Periode von 1951 bis 1980 zu. In letzterem Zeitraum lag das 30-jährige Lufttemperaturmittel um 0,6 K niedriger als in der wärmsten 30-Jahresperiode von 1921 bis 1950 (Abb. 7). Wenn dann noch ausgehend von dieser relativ kalten Zeit ein Bezug zu den gegenwärtig relativ warmen Jahren hergestellt wird, muss ein positiver Temperaturtrend herauskommen. Die Niederschlagsverteilung offenbart ein ähnliches Bild. Zwischen niederschlagsärmster (1961 bis 1990) und niederschlagsreichster (1921 bis 1950) 30-Jahresperiode liegt für Halle eine Differenz von 64 mm.

Egal welchen 30-jährigen Zeitraum man sich aus den 150 Jahren herausnimmt, jeder einzelne Zeitraum hat seine Besonderheiten und kein einziger beschreibt das „mittlere Klima“ von Halle.

Das Problem liegt sicher darin, dass man in der Vergangenheit häufig schon zufrieden sein musste, wenn 30 Beobachtungsjahre für einen Standort verfügbar waren. Durch inzwischen immer länger andauernde Messreihen verbessert sich die Situation gegenwärtig allerdings immer mehr. Messungen und Beobachtungen über 30 Jahre sind nur bedingt geeignet, das Klima eines Standortes zu beschreiben. Das Problem lässt sich auch nicht lösen, indem man die Bezugsperiode einfach verlängert (z. B. auf 50 Jahre), denn auch dann hat man wieder nur einen (zwar längeren) Ausschnitt aus der gesamten Vielfalt des Klimas dargestellt. Man muss sich einfach der Grenzen der Aussagen und statistischen Interpretationsmöglichkeiten von zeitlich befristeten Datenreihen bewusst werden.

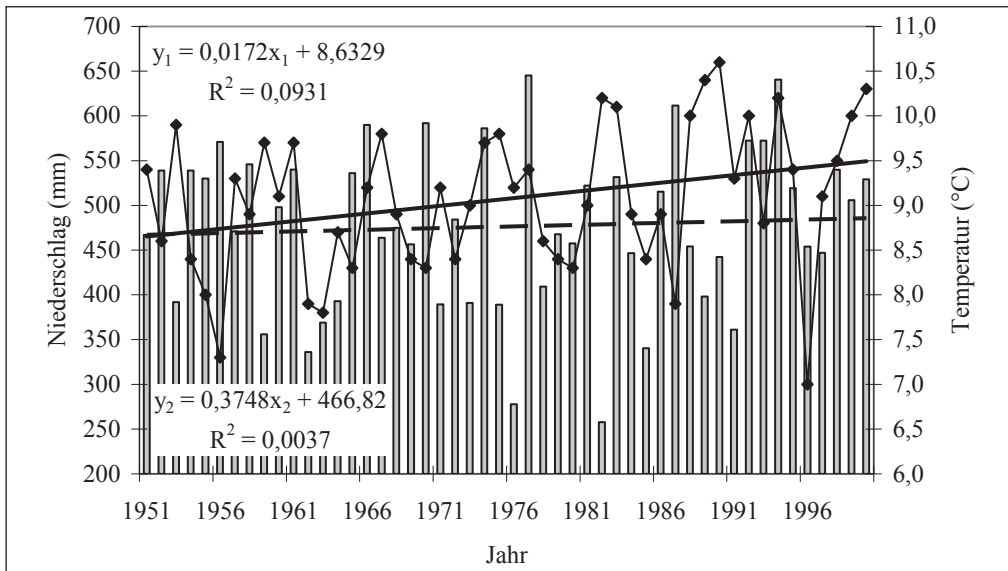


Abb. 6 Jahreswerte und lineare Regression der Lufttemperatur (mit dünner Linie verbundene Rhomben bzw. durchgezogene Linie,  $y_1$ ) und des Niederschlages (Balken bzw. gestrichelte Linie,  $y_2$ ) für Halle von 1951 bis 2000

Fig. 6 Annual values and linear regression of air temperature (rhombi connected by a thin line, continuous straight line,  $y_1$ ) and precipitation (bars, dashed line,  $y_2$ ) for Halle from 1951 to 2000

## 6 Temperatur- und Niederschlagsentwicklung in Halle seit 2001

Da das Ende des Zeitraumes 1851 bis 2000 inzwischen schon einige Jahre zurück liegt, ist die Frage von Interesse, wie sich Temperatur und Niederschlag seitdem entwickelt haben; setzen sich die Trends der letzten Jahrzehnte fort oder gibt es Anzeichen für Veränderungen? Da diese Aussagen sich nur auf sechs Jahre (2001–2006) stützen, sind naturgemäß noch keine gesicherten Aussagen abzuleiten, aber erste ungefähre Entwicklungsrichtungen sind doch erkennbar.

Die durchschnittlichen Temperaturen und Niederschläge (Jahres- bzw. Monatswerte) für den Zeitraum 2001 bis 2006 sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Die Lufttemperaturen sind gegenüber den vorangegangenen zwei Jahrzehnten nur unwesentlich (0,1 K) gestiegen (vgl. Tab. 1). Trotz des weiteren leichten Anstieges wird die mittlere Temperatur des Jahrzehntes zwischen 1941 und 1950 (9,8 °C) nicht erreicht (vgl. Tab. 1). Bei MALBERG (2007b) ist bezüglich der globalen Temperaturentwicklung von einer Stagnation bzw. sogar einem leichten Rückgang seit 1998 zu lesen. Die Abschwächung des Anstieges für Halle geht also durchaus mit der großräumigen Entwicklung konform.

Auch bei Betrachtung der Monatswerte zeigt sich in den Jahren 2001 bis 2006 kein einheitlicher Trend. Während die weitere leichte Temperaturzunahme besonders durch höhere Werte in den Sommer- und Herbstmonaten (Juni bis November) verursacht wird, ist im Winter und Frühling eine leichte Abkühlung gegenüber den vorangegangenen Jahrzehnten zu beobachten.

Die Tendenz zu wieder höheren Niederschlagssummen, die ab 1991 zu verzeichnen ist, setzt sich auch in den letzten Jahren weiter fort. Die mittlere Jahressumme von 2001 bis 2006 liegt nicht weit von der der niederschlagsreichsten Jahrzehnte seit 1850 entfernt (vgl. Tab. 2 und 3). Dabei ist besonders im August und September und von November bis Januar eine deutliche Zunahme zu erkennen. Wie bereits ausgeführt, gibt es auch in relativ niederschlagsreichen Perioden, wie dieser, sehr trockene Abschnitte (Oktober).



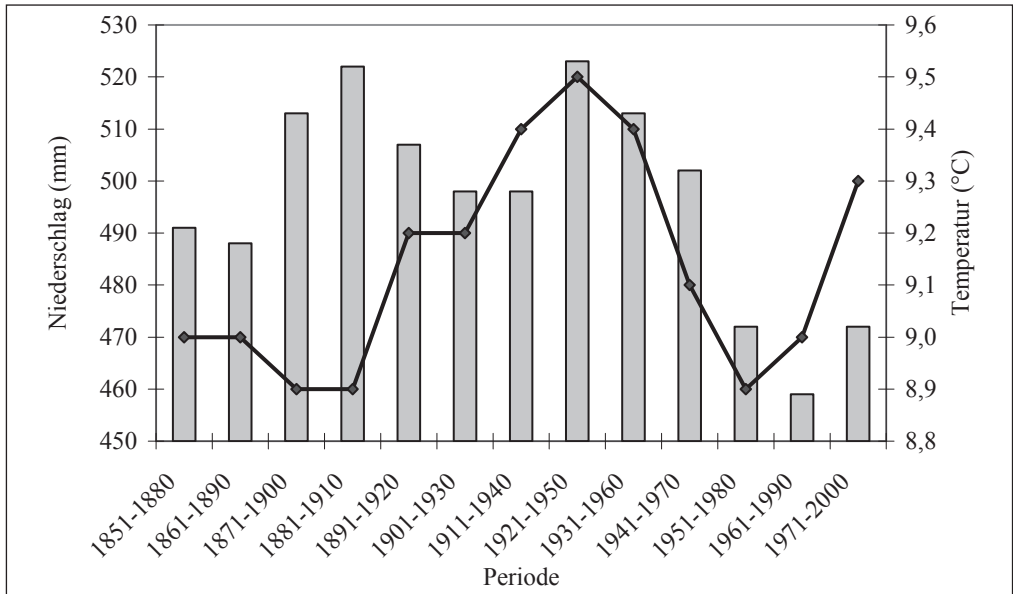


Abb. 7 30-jährige Mittel der jährlichen Lufttemperatur (mit Linie verbundene Rhomben) und der Jahresniederschlags-höhe (Balken) für Halle von 1851 bis 2000

Fig. 7 30-year averages of the mean annual air temperature (rhombi connected by a line) and of the annual precipitation (bars) for Halle from 1851 to 2000

Tab. 3 Mittelwerte für Lufttemperatur und Niederschlag für Halle von 2001 bis 2006

Tab. 3 Mean values of air temperature and precipitation for Halle from 2001 to 2006

Periode	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
	Temperatur (°C)												
2001-2006	9,5	0,2	1,2	3,9	8,7	13,5	16,6	19,4	18,7	14,8	10,2	5,3	1,2
	Niederschlag (mm)												
2001-2006	537	35	26	36	29	48	54	74	61	57	27	54	45

## 7 Schlussfolgerungen

Aus heutiger Perspektive ist die Weitsicht, mit der bereits Mitte des 19. Jahrhunderts kontinuierliche Wetterbeobachtungen aufgenommen wurden, hoch anzuerkennen. Nur dadurch ist es heute möglich, die gegenwärtigen anthropogenen Effekte auf unser Klima zu quantifizieren und zu bewerten. Um so unverständlicher ist die Geringschätzung, mit der in der Gegenwart kontinuierliche meteorologische Messungen und Beobachtungen gesehen werden, was daran zu erkennen ist, dass über Jahrzehnte bestehende Klimadatenreihen aus Mittelknappheit abgebrochen werden, oder weil sie nicht sofort wissenschaftliche Ergebnisse liefern. Das Klima kann nicht mit ein- oder zweijährigen Messreihen, wie sie heute in vielen Wissenschaftsgebieten üblich sind, erfasst werden, da viele klimatische Ereignisse nur einmal in 5, 10, 20, 50, 100 oder auch 1000 Jahren auftreten. Die Ergebnisse belegen, wie wichtig die Fortführung insbesondere der langen Messreihen unter möglichst konstanten Rahmenbedingungen ist.

Die hier gemachten Aussagen zum zeitlichen Verlauf und zur Streuung von Lufttemperatur und Niederschlag sind an die Datenreihe von Halle gebunden. Aus diesem Grund ist eine Verallgemeinerung, insbesondere der Trendaussagen, für andere Räume nur eingeschränkt möglich.

Eine tiefgründige Analyse und Diskussion der Ursachen von Temperaturänderungen oder Niederschlagsvariationen in bestimmten Zeiträumen war nicht vorgesehen und ist mit dem vorliegenden Material auch nicht möglich. Hierzu bedarf es eines wesentlich umfangreicheren Ansatzes unter Einbeziehung großräumiger Klimawirkungen und einer Diskussion von Ursachen für Klimaänderungen.

Es bleibt zu hoffen, dass der gegenwärtige Eifer, mit dem nicht nur Wissenschaftler das Thema Klima bearbeiten, dazu beiträgt, zu raschen weiteren Erkenntnissen bezüglich des Klimas der Erde in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu kommen und dass insbesondere dem regionalen Aspekt dabei eine wesentlich größere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

## 8 Zusammenfassung

DÖRING, J.; BORG, H.: Ist das Klima von Halle (Saale) noch „normal“? Betrachtungen anhand der Temperatur- und Niederschlagsreihe von 1851 bis heute. – *Hercynia N.F.* **41** (2008): 3–21.

Die weltweit in Wissenschaft und Öffentlichkeit geführte Diskussion zum Thema Klimawandel und dem anthropogenen Anteil an diesem sensibilisiert und weckt Interesse an Klimainformationen auch im regionalen Umfeld. Dem wird hier für die Region Halle (Saale) Rechnung getragen. Mittels der seit 1851 für Halle vorliegenden Temperatur- und Niederschlagsdaten werden Schwankungen und Trends dieser Reihe analysiert, um herauszufinden, ob sich in der Region Anzeichen für nachhaltige Veränderungen des Klimas zeigen.

Übereinstimmend mit vergleichbaren Messreihen in Mitteleuropa zeigt sich bei dem Jahresmittel der Lufttemperatur ein leicht ansteigender linearer Trend von 1851 bis 2000, bei der Jahressumme des Niederschlages ein leicht negativer linearer Trend. Das Bestimmtheitsmaß für beide Trends ist jedoch sehr gering, so dass daraus keine Aussagen hinsichtlich künftiger Entwicklungen abgeleitet werden können. Für die einzelnen Monate sind die Trends sehr uneinheitlich: Teils ansteigend, teils abfallend, teils gleichbleibend. Selbst innerhalb der Jahreszeiten lassen sich keine gleichgerichteten Änderungen finden. Insgesamt sind sowohl der Temperatur- als auch der Niederschlagsverlauf durch mehrere Jahrzehnte dauernde periodische Schwankungen um einen Durchschnittswert gekennzeichnet.

Bis zum Ende der betrachteten Zeit (Jahr 2006) wird der seit 1851 bestehende Varianzbereich von Temperatur und Niederschlag nicht verlassen. Die Klimabedingungen in Halle bewegen sich also im „normalen“ Bereich.

Die allgemein verwendeten 30-Jahresperioden als langjähriges Klimamittel zur Darstellung von Abweichungen der Einzeljahre vom Durchschnitt erweisen sich für eine Beurteilung der Klimaentwicklung als ungeeignet, da durch den oben genannten periodischen Temperatur- und Niederschlagsverlauf die Referenzperioden mehr oder weniger zufällig in relativ kalte/warme bzw. niederschlagsarme/-reiche Zeiträume fallen. Das trifft auch auf die aktuell verwendete Referenzperiode von 1961 bis 1990 zu, die für Halle einen vergleichsweise kühlen und niederschlagsarmen Zeitraum repräsentiert.

## 9 Literatur

- BRUELHEIDE, H.; JANDT, U. (2007): The relationship between dry grassland vegetation and microclimate along a west-east gradient in Central Germany. – *Hercynia N.F.* **40**: 153-176.
- DÖRING, J. (2000): Klima- und Witterungsverhältnisse am Ökohof Seeben im Untersuchungszeitraum. – In: HÜLSBERGEN, K.-J.; DIEPENBROCK, W. (Ed.): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. – Universitätszentrum für Umweltwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

- DÖRING, J. (2004): Zu den Klimaverhältnissen im östlichen Harzvorland. – *Hercynia N. F.* 37: 137-154.
- FABIG, I. (2007): Wandel der Niederschlagsverhältnisse im Lee des Harzes - Indikatoren eines regionalen Klimawandels ? – *Hercynia N.F.* 40: 33-39.
- GOLDBERGER, J. (2006): Die Nordatlantik-Oszillation und die nordalpinen Winter 1901–2005. – *Beitr. Inst. Meteorologie der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte 06/06*, Berlin.
- HESSE, W. (1966): Grundlagen der Meteorologie für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft. – Akad. Verlagsgesell. Geest & Portig, Leipzig.
- HOELSCHER, L. (1954): Beiträge zur Kenntnis des Klimas von Halle/S. – *Abh. d. Meteorol. Dienst DDR*, Bd. 3, Nr. 24, Berlin.
- HUPFER, P. (1991): Das Klimasystem der Erde. – Akademie-Verlag, Berlin.
- IPCC FOURTH ASSESSMENT REPORT (AR4) (2007): Paris, 2. Februar.
- KOŁODZIEJ, A. (2007): Klimawandel in Sachsen-Anhalt: Auswirkungen auf die phänologischen Phasen wildwachsender Pflanzen. – *Ber. Dt. Wetterdienst 231*, Selbstverlag Dt. Wetterdienst Offenbach (Main).
- MÄCHEL, H. O. (1995): Variabilität der Aktionszentren der bodennahen Zirkulation über dem Atlantik im Zeitraum 1881-1989. – *Bonner Meteorol. Abhandl.* 44, 188 S.
- MALBERG, H. (2002): Über den Klimawandel in Mitteleuropa seit 1850 und sein Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. – *Beitr. Inst. Meteorologie der Freien Univ. Berlin zur Berliner Wetterkarte 62/02*, Berlin.
- MALBERG, H. (2007a): Der solare Einfluss auf das mitteleuropäische und globale Klima seit 1778 bzw. 1850. – *Beitr. Inst. Meteorologie der Freien Univ. Berlin zur Berliner Wetterkarte 73/07*, Berlin.
- MALBERG, H. (2007b): EL Nino, Vulkane und die globale Erwärmung seit 1980. – *Beitr. Inst. Meteorologie der Freien Univ. Berlin zur Berliner Wetterkarte 03/07*, Berlin.
- METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR, Ed. (1978): Klimatologische Normalwerte für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik (1901–1950). – Akademie-Verlag, Berlin.
- METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR, Ed. (1987): Klimadaten der DDR - Ein Handbuch für die Praxis - Reihe B, Band 14: Klimatologische Normalwerte 1951/80. – Potsdam.
- MÜLLER, J.; JÖRN, P.; SCHUMANN, A.; SCHELLIN, H. (2002): Evapotranspirations- und Versickerungsverhalten sowie Häufigkeit von Bodendürren im Mitteldeutschen Trockengebiet unter Berücksichtigung von Substrat und Bewuchs. – *Klimastatusber. des DWD 2001*, Offenbach.
- SCHÖNWIESE, C.-D.; RAPP, J. (1993): Klimatrend-Atlas Europa 1891 - 1990. – *Ber. Zentrum Umweltforsch. J. W. Goethe-Univ.*, Nr. 20, Frankfurt (Main).
- SCHÖNWIESE, C.-D.; STAEGER, T.; TRÖMEL, S. (2006): Klimawandel und Extremereignisse in Deutschland. – *Klimastatusber. DWD 2005*, Offenbach.
- WENDLING, U. (2002): Das Klima der Stadt Halle (Saale) nach den Wetterbeobachtungen 1901 bis 2000. – *Klimastatusber. DWD 2001*, Offenbach.
- WURBS, D. (2005): Vergleichende Untersuchungen zu den Folgewirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt in Flusseinzugsgebieten. – *Diss. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg*.

*Manuskript angenommen: 22. April 2008*

Anschrift der Autoren:

Dr. Jürgen Döring, Prof. Dr. Heinz Borg

Naturwissenschaftliche Fakultät III der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Ludwig-Wucherer-Str. 81, D - 06108 Halle/S.

e-mail: juergen.doering@landw.uni-halle.de

**GARVE, E.: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen.** – Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Hannover, 2007. Heft 43: 1–506. Format A4, flexibel gebunden. – ISSN 0933-147. Preis: 50,00 Euro. (Bezug über Herausgeber: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Fachbehörde Naturschutz, PF 91 07 13, D-30427 Hannover.)

In den letzten Jahren sind neben dem Florenatlas für Gesamtdeutschland auch Verbreitungsatlanten der Bundesländer Schleswig-Holstein und Hamburg, Bayern, Saarland, Sachsen, Thüringen und Nordrhein-Westfalen erschienen. Nun wurde auch der Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen von Niedersachsen und Bremen vorgelegt.

Dieser entstand im Ergebnis des „Niedersächsischen Pflanzenarten-Erfassungsprogramm“, welches vor nunmehr 25 Jahren, im November 1982, gestartet wurde und nur durch die Unterstützung und das hohe Engagement von Naturschutzbehörden und ehrenamtlichen Mitarbeitern gelingen konnte. Das Bearbeitungsgebiet umfasst eine Fläche von 48.022 km<sup>2</sup> bzw. 1.738 Messtischblattquadranten. Dabei ist das zugrunde liegende Raster um das 4-fache feiner als im Bundesatlas von HAEUPLER & SCHÖNFELDER (1989). Insgesamt werden in diesem Verbreitungsatlas 2.234 Arten, Unterarten, Varietäten und Artengruppen behandelt und für 1.881 Sippen Rasterkarten dargestellt.

Dem Buch vorangestellt sind eine Einleitung unter Würdigung des langwierigen Entstehungsprozesses dieses umfangreichen Werkes sowie ein Kapitel zu Methodik und Grundlagen. In letzterem werden das Bearbeitungsgebiet (dazu eine Karte mit den naturräumlichen Regionen) und der Bearbeitungszeitraum, das Rasternetz, die Nomenklatur und Sippenauswahl, die Datenerfassung und -verarbeitung, der Bearbeitungsstand sowie der floristische Status beschrieben. Im Ergebnisteil schließen sich einige Auswertungen der vielfältig erhobenen Daten an. So wird z.B. die Anzahl der Sippen je Rasterfeld ausgewertet, im Ergebnis dessen, die Quadranten mit den höchsten Sippenzahlen in den Gebieten der großen Städte Braunschweig, Celle, Bremen, Goslar und Hannover zu finden sind. Insgesamt kommen 47 Arten in mehr als 1700 Quadranten vor, allen voran *Urtica dioica*, *Poa annua* und *Taraxacum officinale* agg. Die in Kartierzeitraum von 1982 bis 2003 im Gebiet aufgetretenen Neophyten werden mit Jahreszahl des Erstnachweises und der Anzahl der Quadranten zusammengestellt. Außerdem werden zum einen Arten deren Bestandsentwicklung rückläufig ist, wie z.B. *Spiranthes spiralis*, *Eriophorum gracile* und *Chenopodium urbicum* mit einem Rückgang von 97 %, zum anderen Arten mit Bestandszunahme (höchste Zunahme bei *Atriplex micrantha*, *Senecio inaequidens*, *Lathyrus latifolius*) ausgewiesen. Es schließen sich einige Erläuterungen zum Kartenteil an, und die Entwicklung der floristischen Erforschung wird beleuchtet, die sehr interessante Details über die Historie der Etablierung der Floristik in Niedersachsen über einen Zeitraum von mehr als 400 Jahren gibt.

Der Hauptteil des Werkes umfasst den Kartenteil, worin die einzelnen Sippen in alphabetischer Abfolge gereiht und nummeriert sind. Zunächst werden für jede Art in einem ca. 100-seitigen Abschnitt kurze Anmerkungen zu einzelnen Sippen mit Literaturangaben eingefügt. Hier stehen vor allem Angaben zum Status, konkrete Fundpunkte oder letzte Vorkommen von als ausgestorben geltenden Sippen, Ausbreitungs- und Rückgangstendenzen oder Probleme der Sippendifferenzierung im Mittelpunkt. Es werden auch Arten berücksichtigt, die aus unterschiedlichen Gründen im Kartenteil nicht vertreten sind. Bei zahlreichen Arten wird auf weiterführende Literatur verwiesen.

Der Einschub einer Reihe von brillanten Farbfotos, die vielfach botanische Kostbarkeiten von verschiedenen Landschaftsbereichen darstellen sowie einige Fotos derer, die durch ihre fleißige Zuarbeit zum Gelingen des Buches beigetragen haben, wirken auflockernd. Auf mehr als 300 Seiten schließen sich die farbigen Verbreitungskarten an. Die Größe der Karten ist in einem Maßstab gewählt, der für eine übersichtliche Darstellung ausreichend groß, zugleich aber auch raumsparend ist. Die Kartenlegenden beinhalten die fortlaufende Nummer, den wissenschaftlichen und deutschen Namen, Angaben zum Gefährdungstatus in den drei Naturraumgruppen (Küste, Tiefland, Hügel- und Bergland). Das 30-seitige

**Fortsetzung S. 38**