©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Überprüfung der Datenreihe der Jahresmitteltemperaturen für Halle (Saale) von 1851 bis 2015 auf Homogenität

Helen Schadwill, Jürgen Döring, Martina Wolter und Heinz Borg

9 Abbildungen und 1 Tabelle

Abstract

Schadwill, H., Döring, J., Wolter, M., Borg, H.: Examination of the annual mean air temperatures for Halle (Saale) from 1851 to 2015 for homogeneity. - Hercynia N. F (2017): 115 – 133.

Sound statements about past and future developments of our climate require long data records. In long records it is not uncommon that the data are distorted by factors such as relocation of the measurement site, changes in the instrumentation, or urbanisation. This must be examined to preclude wrong interpretations of the data. To recognize inhomogeneities in a record the data of interest must be compared to data from other sites which are not too far away and free of the aforementioned distortions.

In this study the record of the annual mean temperatures for Halle (Saale) which dates back to 1851 was examined. Since then the measurement site was relocated twice (at the end of 1900 and 1953) and the instrumentation was changed several times. Two weather stations were selected for comparison: The one in Potsdam which was never moved since data collection began in 1893, and the one in Lindenberg which was moved twice, but only by a few metres, and whose record commenced in 1907.

The record for these two stations is much shorter than for Halle. To be able to go back until 1851 the data series for Berlin which starts 1851, too, was utilized as well. However, the recording site in Berlin was moved in March 1908 and thrice thereafter. Berlin is therefore not a good choice as a reference for the years from 1908 onwards and is only fully considered here for the period from 1851 to 1907.

To examine the data for Halle the differences in the annual mean temperatures between Halle and the reference stations Berlin, Potsdam und Lindenberg were computed. There was no hint that the relocation of the station in Halle at the end of 1900 had any effect on the data. This would have been visible in the comparison of the Halle data to those from Berlin or Potsdam. In contrast, with respect to all three reference stations there was a sudden drop in the temperature differences from 1953 to 1954. This occurred due to the relocation of the station in Halle from the city to Kröllwitz, a moderately built-up suburb with lots of green areas, and the continued registration of the measured temperatures without taking the different surroundings of the new location into account. Before and after this drop the data record for Halle is alright.

To get a consistent data record the annual mean air temperatures for Halle prior until 1954 were adjusted based on the data for Potsdam. First, a representative mean of the temperature differences between Halle and Potsdam for the periods 1893 to 1953 and 1954 to 2015 was calculated. Then, the difference between these two means was determined (0.4 K) and subtracted from the data measured in Halle from 1851 to 1953. This eliminated the aforementioned inhomogeneity. The resulting annual mean air temperatures for Halle prior to 1954 are now 0.4 K lower than before. Due to this adjustment a consistent data record is now available for Halle from 1851 to 2015.

According to the original data four of the ten warmest years occurred since 1990, and six before 1954 with 1934 as the warmest year overall. In the corrected data eight of the ten warmest years appear since 1990, and 1934 is now only the second-warmest year, together with the year 2000. This demonstrates that it is absolutely necessary to examine data records for homogeneity and correct them if necessary to avoid a misinterpretation of the climatic development.

Key words: temperature records, data adjustment, climate change

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

1 Einleitung

Kenntnisse über die Klimaentwicklung zu erlangen und eine repräsentative Aussage treffen zu können, erfordert über viele Jahrzehnte bestehende Mess- und Beobachtungsstationen sowie eine kontinuierliche Datenerfassung (HUPFER & KUTTLER 1998). Außerdem dürfen die Datenreihen keine Inhomogenitäten enthalten, die z.B. durch eine Veränderung der Standortbedingungen, die Verlagerung des Standorts oder einen Wechsel der Messinstrumente entstehen können.

Die Standortbedingungen verändern sich häufig durch Verstädterung. Infolge des Bevölkerungsanstiegs kam es vor allem in den letzten 150 Jahren immer mehr zur Erweiterung und zum Ausbau von Städten, um für die zunehmende Bevölkerung Wohnraum zu schaffen. Wenn Wetteraufzeichnungen über lange Zeiträume an der gleichen Messstation erfolgten und diese zur Zeit ihrer Einrichtung am Rand einer größeren Siedlung lag, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass die Umgebung im Lauf der Zeit immer dichter bebaut wurde und die Station dadurch ihren Charakter änderte. Um dem entgegen zu wirken, wurden mancherorts die Messstationen an einen anderen Standort verlegt, weil sie buchstäblich im Weg waren oder durch die zunehmende Bebauung (Stadtklimaeffekt) nicht mehr repräsentativ erschienen.

Auch eine Umstellung auf modernere, präzisere Messinstrumente kann Lücken oder Inhomogenitäten in den Datenreihen entstehen lassen (ZAMG 2016, HUPFER & KUTTLER 1998). Die Problematik bei lückenhaften oder inhomogenen Messreihen ist, dass sie Trends verfälschen können. Mögliche Veränderungen des Klimas können so schleichend oder in kürzeren Zeitabschnitten sprunghaft erscheinen (HUPFER & KUTTLER 1998).

Klimadaten unterscheiden sich in der Regel von Standort zu Standort, sie können aber auch gleich sein. Wenn keine Störfaktoren vorliegen, bleibt der Unterschied zwischen den Datenreihen der untersuchten Standorte über den Messzeitraum erhalten. Nähern sich diese allerdings im Verlauf an oder entfernen sich voneinander, ist von einer Störung auszugehen.

Die Klimazeitreihe von Halle (Saale) ist sehr lang, sie geht bis ins Jahr 1851 zurück. Die Messstation wurde seitdem zweimal verlegt (Ende 1900 und Ende 1953). Um zu überprüfen, ob sich das auf die Homogenität der Lufttemperaturreihe von Halle ausgewirkt hat, werden die Daten für Halle hier zunächst mit Daten von zwei anderen Orten verglichen (Potsdam und Lindenberg), an denen die Messstation seit Beginn der Aufzeichnungen nicht bzw. nur geringfügig verlegt wurde und wo auch das Umfeld der Messstation nicht wesentlich verändert wurde (siehe Kapitel 2.2.3 und 2.2.4). Es werden zwei Standorte herangezogen, da es bei einem Vergleich mit nur einem Standort schwierig ist zu erkennen, bei welcher Datenreihe, Halle oder der Vergleichsstation, die Inhomogenitäten liegen, wenn es welche gibt.

Die Temperaturaufzeichnungen in Potsdam begannen 1893, in Lindenberg 1907. Diese beiden Zeitreihen sind also kürzer als die für Halle, sodass ein Vergleich mit Halle erst ab Beginn der Aufzeichnung an diesen beiden Stationen möglich ist. Um bis ins Jahr 1851 zurückgehen zu können, wird deshalb noch auf die Datenreihe aus Berlin zurückgegriffen, die wie in Halle im Jahr 1851 beginnt. Allerdings wurde der Standort der Messungen in Berlin erstmals im März 1908 und danach noch drei weitere Male verlegt. Berlin ist daher für die Zeit ab 1908 kein guter Vergleichsstandort und wird hier nur für 1851 bis 1907 näher als Vergleichsstation herangezogen. Potsdam wird für die Jahre 1893 bis 2015 und Lindenberg für 1907 bis 2015 verwendet.

Es sei noch angemerkt, dass alle drei Vergleichsstationen relativ weit von Halle entfernt liegen (ca. 175 km bis 225 km), es gibt aber keine näher liegenden Stationen, die geeignet wären, da entweder die Datenreihe zu kurz ist oder Störfaktoren vorliegen.

2 Daten

2.1 Allgemeines

In dieser Arbeit werden nur die Jahresmitteltemperaturen betrachtet. Diese wurden aus den Tagesmitteltemperaturen berechnet, die ihrerseits aus den gemessenen Temperaturen zu den Mannheimer Stunden

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

(siehe Kapitel 2.3) bzw. den stündlichen Werten für jeden Tag berechnet wurden. Alle im Folgenden verwendeten Lufttemperaturen gelten für 2 m über dem Erdboden.

Für die Zeitreihen der Lufttemperatur in Halle, Berlin, Potsdam und Lindenberg wurden die Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD 2016) herangezogen. Dabei erfolgte ein Abgleich mit den „Klimatologische(n) Normalwerte(n) für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik 1901 - 1950“ (Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik 1978) und mit der „Klimakunde des Deutschen Reiches“ (Reichsamt für Wetterdienst 1939), wobei eventuell falsch übernommene Werte korrigiert wurden.

Um eine repräsentative Aussage über die Temperaturentwicklung und eventuelle Inhomogenitäten treffen zu können, ist, wie eben schon gesagt, eine kontinuierliche Erfassung der Daten durch viele Jahrzehnte bestehende Mess- und Beobachtungsstationen erforderlich (Hupfer & Kuttler 1998).

2.2 Lage der Messstationen

2.2.1 Halle (Saale)

Die Stadt Halle liegt im Regenschatten des Harzes. Die geografische Lage der Messstation im Stadtteil Kröllwitz ist 51°30‘ nördliche Breite und 11°56‘ östliche Länge in 113 m Höhe über NN (Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik 1978). Die Messungen erfolgten von 1851 bis Ende 1900 in der Mauerstraße, damals am Rand des alten Stadtkerns, ab 1901 bis Ende 1964 in der Ludwig-Wucherer-Straße auf dem Gelände der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, das anfangs auch am Stadtrand lag. 1954 ging eine Station in Halle-Kröllwitz in Betrieb. Dieser Standort befindet sich in einem locker bebauten Gebiet mit hohem Grünanteil nordwestlich des Stadtzentrums. Ein Einfluss einer zunehmenden Verstädterung auf die Temperaturdaten ist dort, im Gegensatz zum Standort Ludwig-Wucherer-Straße, nicht zu befürchten. Daher sind die Daten aus Kröllwitz vorzuziehen. Es handelt sich hier also zunächst nicht um eine klassische Stationsverlegung, bei der die vormalige Station geschlossen wird, sondern um einen Schwenk zur Nutzung von Daten einer repräsentativeren Station. Der Einfachheit halber wird das hier trotzdem als Stationsverlegung bezeichnet. Der Standort Kröllwitz wurde vom DWD bis 2015 geführt und dann geschlossen, ohne in Halle eine neue Station zu errichten. Seit 1993 werden vom Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg auf seiner landwirtschaftlichen Versuchsstation, dem Julius-Kühn-Feld am nordöstlichen Stadtrand von Halle, Wetterdaten gemessen. Diese Station ist von Ackerflächen umgeben, Effekte einer Verstädterung sind hier nicht zu erwarten. Mit Daten dieser Station kann die Hallesche Temperaturreihe in Zukunft fortgeschrieben werden. Das wird später noch etwas genauer ausgeführt.

2.2.2 Berlin

Wie in Halle reichen auch die Daten aus Berlin bis 1851 zurück. Ursprünglich (1851 bis März 1908) wurde in der Stadtmitte gemessen. Der genaue Standort der Messungen ist nicht bekannt und es wurde wahrscheinlich auch nicht die ganze Zeit an der gleichen Stelle gemessen. Im April 1908 wurde die Station dann vom Stadtinneren nach Berlin-Dahlem (Vorstadtlage) und dort später noch dreimal verlegt. Von April 1908 bis Ende März 1950 war der Standort für die Messungen das Gelände der Königlich Preußischen Gartenlehranstalt in der Königin-Luise-Straße. Ab April 1950 erfolgte die Klimaaufzeichnung für anderthalb Jahre am heutigen Institut für Meteorologie der Freien Universität (FU) Berlin am Kiebitzweg (heute Otto-von-Simson-Straße). Von November 1951 bis Mitte Juli 1997 wanderte der Messstandort in die Podbielskiallee. Seit August 1997 werden die Daten am heutigen Standort im Botanischen Garten erhoben (52°27‘ nördliche Breite, 13°18‘ östliche Länge, 51 m über NN; Myrcik 2016).

Alle Standorte in Berlin-Dahlem liegen nur wenige hundert Meter voneinander entfernt. Das Gebiet im Umfeld aller Standorte dort ist locker bebaut mit relativ vielen Grünflächen. Die Messgeräte standen bzw.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

stehen an allen Standorten auf einer mehr oder weniger großen Grünfläche. Dennoch ist Berlin wegen der wiederholten Verlegung der Station seit 1908 kein idealer Vergleichsstandort für die Zeit danach. Auch die Daten für 1851 bis 1907 sind zunächst mit Vorsicht zu verwenden, da die Station im Stadtzentrum eventuell auch mehrfach verschoben wurde. Allerdings gibt es für einen Vergleich mit den frühen Daten aus Halle keine sinnvolle Alternative.

2.2.3 Potsdam

Eine ebenfalls recht weit zurückreichende Datenreihe der Lufttemperaturen existiert für Potsdam mit Messbeginn 1893. Oft ist auch von der „Säkularstation Potsdam“ die Rede. Das bedeutet, hier liegt die Datenreihe einer Station vor, die ohne Lücken ein Jahrhundert und länger zurückreicht. Die Station liegt auf dem Telegrafenberg auf 52°23‘ nördlicher Breite und 13°04‘ östlicher Länge in 81 m Höhe über NN (PIK 2016a, METEOROLOGISCHER DIENST DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK 1978). Sie liegt ca. 600 m außerhalb der bebauten Zone. Seit Beginn der Wetteraufzeichnung ist der Telegrafenberg Standort der Messungen für Lufttemperatur, Strahlung, Wind und Niederschlag. Er befindet sich am Rande eines ausgedehnten Waldgebietes. Das Messfeld selbst ist eine 1200 m² große flache Wiese und wird in einem Abstand von ca. 50 - 100 m von 15 - 20 m hohen Bäumen umgeben. Es liegt neben dem Gebäude des ehemaligen meteorologischen Observatoriums. Seit Messbeginn ist die direkte Umgebung unverändert, eine Verlagerung der Station sowie Messunterbrechungen gab es nicht (PIK 2016b).

2.2.4 Lindenberg

Das Meteorologische Observatorium im brandenburgischen Lindenberg wurde 1905 gegründet. Eine vollständige Datenreihe existiert ab dem Jahr 1907. Lindenberg liegt südöstlich von Berlin auf 52°13‘ nördlicher Breite und 14°07‘ östlicher Länge in 108 m Höhe über NN (METEOROLOGISCHER DIENST DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK 1978). Das Messumfeld der Station in Lindenberg ist eine freie Fläche, die in etwa 100 m Entfernung von Bäumen und einigen wenigen Wohnhäusern außerhalb der Anlage umsäumt wird. Von der Gründungszeit 1905 bis 1956 stand die Messstation auf einem Hang, auf dessen Kuppe heute die Strahlungsmessung erfolgt. Im Jahr 1956 wurde die Messstation auf eine ca. 50 m entfernte, freie und ebene Fläche verlegt. 1971 wurde die Station noch einmal wenige Meter versetzt (SCHROBITZ 2016). Die Station gilt als repräsentativ, da die meteorologischen Messungen seit der Gründung des Observatoriums praktisch am selben Standort stattfinden (HERBER-PFLÜGER 2016, MOL-RAO 2015).

2.3 Lufttemperaturmessung

Die Messung der Lufttemperatur erfolgte in Halle bis Mitte 1953 unter Verwendung eines Quecksilberthermometers dreimal am Tag an den „Mannheimer Stunden“ (7, 14 und 21 Uhr Mitteleuropäische Zeit, MEZ) in 2 m Höhe über dem Erdboden. Abgelöst wurde dieses Thermometer im Sommer 1953 durch einen Thermografen, das Quecksilberthermometer kam jedoch weiterhin zum Einsatz. Auch in Kröllwitz wurden zunächst Quecksilberthermometer und ein Thermograf verwendet. Seit den 1980er Jahren erfolgte die Lufttemperaturmessung mit einem Widerstandsthermometer (PT100). Trotz einer Automatisierung der Messungen und der damit verbundenen zeitlichen Verdichtung der Datenaufzeichnung erfolgte die Berechnung der Tagesmittel bis 2001 weiterhin nach den Mannheimer Stunden. Danach erfolgte sie an allen DWD-Stationen, also auch in Berlin, Potsdam und Lindenberg aus 24 stündlichen Werten.

Die Lufttemperaturmessung in Berlin wurde ab 1851 für lange Zeit mit einem Quecksilberthermometer durchgeführt. Diese Messmethode wurde nach den jeweiligen Standortwechseln beibehalten und erst im Sommer 1997 durch die elektrische Widerstandsmessung (PT100) ersetzt, welche bis heute zur Messung

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

der Lufttemperatur verwendet wird. Bis Ende 1981 erfolgten die Messungen nach den „Mannheimer Stunden“. Von 1982 bis Ende März 2001 wurden die Messwerte um 07:30 MEZ, 14:30 MEZ und 21:30 MEZ abgelesen. Seit April 2001 geschieht dies stündlich ab 00:50 MEZ.

In Potsdam fand die Lufttemperaturmessung ab 1893 an den „Mannheimer Stunden“ statt. Dabei wurde die Temperatur zunächst mit einem Quecksilberthermometer in einer unbelüfteten Freilandthermometerhütte aus Holz gemessen. Seit einigen Jahren geschieht das auch stündlich mit einem Thermografen und mittlerweile auch mit einem PT100. (Der genaue Zeitpunkt konnte nicht ermittelt werden.)

Die Messung der Lufttemperatur in Lindenberg erfolgte laut Beobachtungsbüchern seit Beginn der Messung 1907 mit einem Quecksilberthermometer in einer Wetterhütte nach den „Mannheimer Stunden“. In dem Zeitraum von 1920 bis 1932 kam ein Bimetallthermograf zum Einsatz. Nach 1932 erfolgte die Messung der Lufttemperatur wieder mit einem Quecksilberthermometer in einer Wetterhütte. Seit dem Jahr 2000 werden die Lufttemperaturen stündlich mit einem elektrischen Widerstandsthermometer (PT100) gemessen und seit dem Jahr 2008 gibt es zusätzlich neue Messinstrumente in der Wetterhütte (u.a. Minimum- und Maximum-Thermometer).

2.4 Vergleich der Temperaturdaten

Zweck der hier angestellten Vergleiche ist es zu prüfen, ob sich die beiden Verlegungen der Messstation in Halle auf den Verlauf der Datenreihe ausgewirkt haben. Nach Malberg (2010) lässt sich die Verlegung einer Messstation an einer sprunghaften Änderung in den Klimawerten erkennen.

Zunächst werden die Datenreihen von Halle, Berlin, Potsdam und Lindenberg dargestellt und kurz beschrieben. Danach folgt der Vergleich der Halleschen Datenreihe mit den drei anderen. Dazu werden die Differenzen in der Lufttemperatur zwischen den jeweils miteinander zu vergleichenden Datenreihen gebildet.

Als Erstes werden die Daten aus Halle mit denen aus Berlin verglichen. Wegen der diversen belegten Standortwechsel in Berlin seit 1908 wird hier nur der Zeitraum von 1851 bis Ende 1907 genauer beleuchtet und auf die übrigen Jahre nur kurz eingegangen. In Halle gab es Ende 1900 eine Stationsverlegung. Ein Vergleich mit den Berliner Werten soll aufzeigen, ob und wie sehr sich das auf die Hallesche Datenreihe ausgewirkt hat. Dieser Vergleich ist mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten, da nicht zu ermitteln war, ob und wie oft die Messstation in der Berliner Stadtmitte verschoben wurde und wo genau die Standorte lagen.

Als Nächstes werden die Daten aus Halle denen aus Potsdam gegenübergestellt. Die Temperaturmessungen in Potsdam begannen 1893 und die Station wurde nie verlegt. Daher sind die Potsdamer Daten für einen Vergleich über den gesamten Zeitraum von 1893 bis 2015 geeignet. In diesen Zeitraum fallen die Stationsverlegungen in Halle Ende 1900 und Ende 1953. Der Vergleich mit Potsdam kann also aufzeigen, ob und wie sehr sich die beiden Stationsverlegungen auf die Hallesche Datenreihe ausgewirkt haben.

Abschließend werden die Daten aus Halle und Lindenberg miteinander verglichen. Die Zeitreihe für Lindenberg geht von 1907 bis heute. Die Station wurde seitdem nur geringfügig verschoben und eignet sich daher für einen Vergleich über den gesamten Zeitraum von 1907 bis 2015. Die Zeitreihe ist zu kurz, um Aussagen über die erste Stationsverlegung in Halle (1900) treffen zu können, aber die eventuellen Auswirkungen der zweiten Verlegung in Halle (1953) können damit beurteilt werden.

Es ist auch nicht auszuschließen, dass die Messwerte in Halle durch eine Zunahme der Bebauung im Umfeld der Standorte in der Mauerstraße und Ludwig-Wucherer-Straße oder durch Instrumentenwechsel beeinflusst wurden. Auch das wird sich durch einen Vergleich mit den drei anderen Stationen klären.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

3 Ergebnisse

3.1 Temperaturdatenreihe Halle (Saale)

In Abb. 1 ist der Temperaturverlauf in Halle von 1851 bis 2015 zu sehen. Er zeigt einen wechselnden Anstieg und Abfall der Lufttemperaturen. Abgesehen von Schwankungen von Jahr zu Jahr sind folgende Tendenzen zu erkennen: Von 1851 bis etwa 1888 ist ein erstes Auf und Ab der Temperatur zu sehen. Anschließend steigt die Temperatur bis 1911 und bleibt dann bis etwa 1930 auf einem konstanten Niveau. Bis 1953 gehen die Temperaturen wieder nach oben, abgesehen von einer „Beule“ zwischen 1940 und 1942. Danach folgt ein steiler Abfall bis 1956, seitdem steigen die Temperaturen wieder. Diese Beschreibung, wie auch die in den noch folgenden Kapiteln, bezieht sich auf die einzelnen Jahreswerte und nicht auf den 9-jährigen gleitenden Durchschnitt.

Das insgesamt wärmste Jahr ist 1934 mit 11,3 °C, das kälteste 1855 bzw. 1864 mit jeweils 7,2 °C. Die Mitteltemperatur für den gesamten Betrachtungszeitraum beträgt 9,3 °C.

Die Dekade 1990 bis 1999 gilt als die wärmste des gesamten 20. Jahrhunderts. Außerdem sollen die ersten Jahre des 21. Jahrhunderts bereits wärmer als das Mittel der so genannten „Klimanormalperiode“ von 1961 bis 1990 gewesen sein (UBA 2012). In den Jahresmitteltemperaturen für Halle spiegelt sich das so nicht wider. Ähnlich hohe Temperaturen wie in den letzten 30 Jahren gab es in Halle laut Abb. 1 schon zwischen 1863 und 1872 sowie zwischen 1934 und 1953.

3.2 Temperaturdatenreihe Berlin

Von den Daten aus Berlin werden später nur die Jahre 1851 bis 1907 zum Vergleich herangezogen, dennoch wird hier die komplette Datenreihe kurz beschrieben. In Abb. 2 ist der Verlauf der Jahresmitteltemperatur für Berlin im gesamten Betrachtungszeitraum von 1851 bis 2015 dargestellt. Auch hier ist ein wechselnder Anstieg und Abfall der Lufttemperaturen zu sehen. Abgesehen von Temperaturschwankungen von einem Jahr zum nächsten sind in Berlin folgende Tendenzen zu erkennen: Wie in Halle gibt es von 1851 bis 1888 ein erstes Auf und Ab, gefolgt von einem erneuten Anstieg, der in Berlin allerdings nur bis 1906 dauert. Dann sinkt die Temperatur in Berlin bis in die frühen 1920er Jahre, während sie in Halle bis 1930 etwa gleich bleibt. Es schließt sich ein Anstieg bis 1953 mit einer „Beule“ zwischen 1940 und 1942 an. Danach folgt ein steiler Abfall bis 1956, seitdem gehen die Werte wieder nach oben.

Das wärmste Jahr ist 2014 mit 11,4 °C, das kälteste 1940 mit 7,0 °C. Die Mitteltemperatur für den gesamten Zeitraum beträgt 9,1 °C.

In Berlin gab es gemäß Abb. 2 zwischen 1863 und 1878 sowie 1934 schon ähnlich hohe Temperaturen wie in den letzten drei Jahrzehnten.

3.3 Temperaturdatenreihe Potsdam

Abb. 3 zeigt den Temperaturverlauf in Potsdam von 1893 bis 2015. Darin ist kein so deutlicher, periodisch wechselnder Anstieg und Abfall der Lufttemperaturen sichtbar wie in Halle oder Berlin. Das liegt daran, dass die Datenreihe von Potsdam 42 Jahre kürzer ist als die von Halle. Wahrscheinlich gäbe es auch hier ein Auf und Ab der Lufttemperaturen zwischen 1851 und 1888, wenn diese Datenreihe soweit zurückreichen würde.

Abgesehen von Temperaturschwankungen von Jahr zu Jahr ist Folgendes zu erkennen: Von 1893 bis 1909 zeigen die Temperaturen keinen Trend. Dann springen sie auf ein höheres, bis 1933 etwa gleich bleibendes Niveau. Danach verläuft diese Datenreihe wie die aus Berlin.

Im Jahr 2014 wurde der bisher höchste Wert mit 11,0 °C verzeichnet, der bisher niedrigste 1940 mit 6,6 °C. Die Mitteltemperatur für den gesamten Betrachtungszeitraum liegt bei 8,8 °C.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

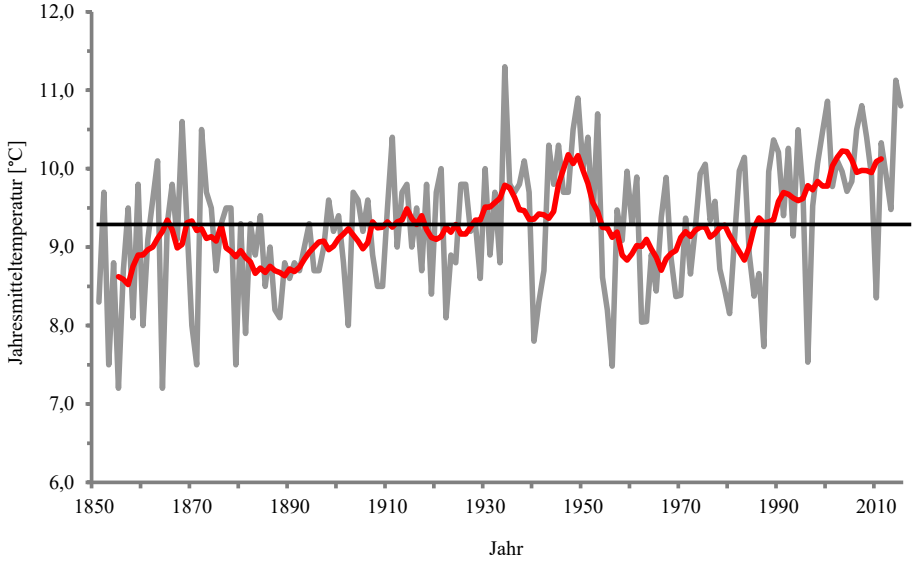

Abb. 1 Jahresmitteltemperaturen (graue Linie) sowie der 9-jährige gleitende Durchschnitt (rote Linie) und der Mittelwert (horizontale Linie) für 1851 bis 2015 für Halle (Saale). Quelle: DWD 2016.

Fig. 1 Annual mean temperatures (grey line), 9-year moving average (red line) and the mean (horizontal line) for 1851 to 2015 for Halle (Saale). Source: DWD 2016.

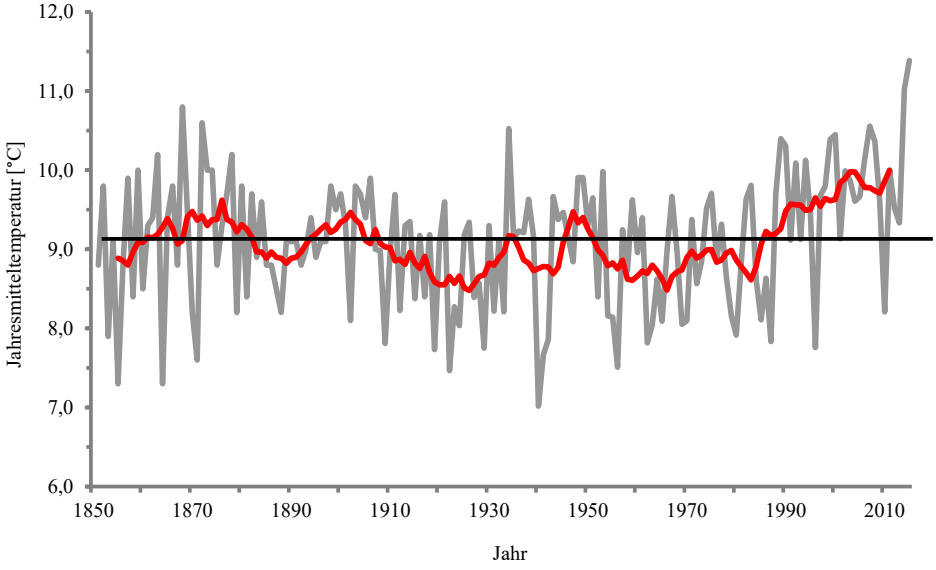

Abb. 2 Jahresmitteltemperaturen (graue Linie) sowie der 9-jährige gleitende Durchschnitt (rote Linie) und der Mittelwert (horizontale Linie) für 1851 bis 2015 für Berlin. Quelle: DWD 2016.

Fig. 2 Annual mean temperatures (grey line), 9-year moving average (red line) and the mean (horizontal line) for 1851 to 2015 for Berlin. Source: DWD 2016.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Die Potsdamer Datenreihe entspricht den Aussagen des UBA (2012). Mit Ausnahme des Jahres 1934 treten hier die höchsten Temperaturen seit Beginn der Messungen ab 1989 auf.

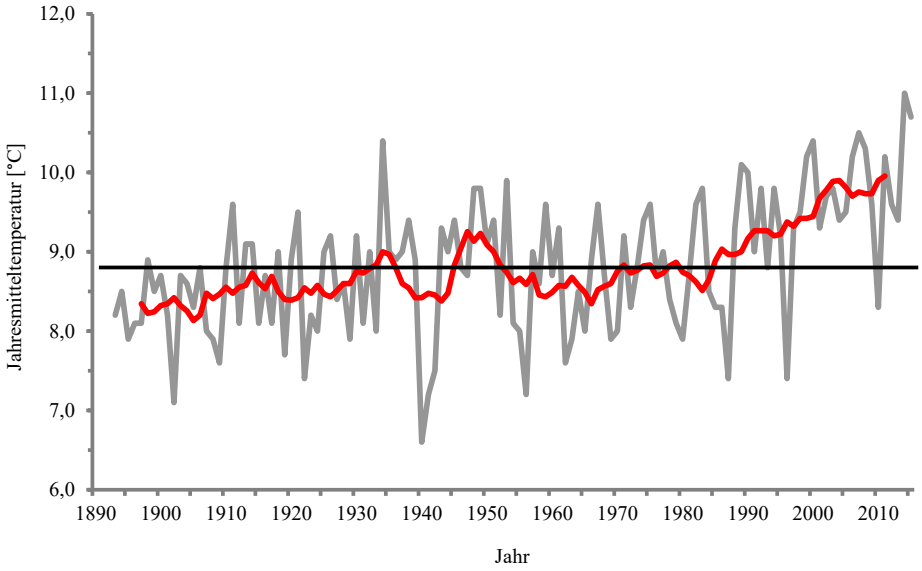

Abb. 3 Jahresmitteltemperaturen (graue Linie) sowie der 9-jährige gleitende Durchschnitt (rote Linie) und der Mittelwert (horizontale Linie) für 1893 bis 2015 für Potsdam. Quelle: DWD 2016.

Fig. 3 Annual mean temperatures (grey line), 9-year moving average (red line) and the mean (horizontal line) for 1893 to 2015 for Potsdam. Source: DWD 2016.

3.4 Temperaturdatenreihe Lindenberg

Der Temperaturverlauf in Lindenberg für den Zeitraum von 1907 bis 2015 (Abb. 4) ist dem von Potsdam (Abb. 3) über diesen Zeitraum ziemlich ähnlich. Dementsprechend ist hier auch kein so deutlicher, periodisch wechselnder Anstieg und Abfall der Lufttemperaturen sichtbar wie in Halle oder Berlin, zumal die Datenreihe von Lindenberg noch kürzer als die von Potsdam ist und die ersten 56 Jahre im Vergleich zu Halle oder Berlin fehlen.

Im Jahr 2014 wurde die bisher höchste Lufttemperatur von 10,8 °C registriert und im Jahr 1940 die bisher niedrigste von nur 6,4 °C. Die Mitteltemperatur für den gesamten Betrachtungszeitraum beträgt 8,8 °C. Wie in Potsdam treten die höchsten Temperaturen in Lindenberg mit Ausnahme des Jahres 1934 ebenfalls ab 1989 auf.

3.5 Vergleich der Temperaturdatenreihen Halle (Saale) und Berlin

Wie schon erwähnt, wurde der Standort der Messungen in Berlin seit 1908 mehrfach verlegt und ist daher als Vergleichsstandort nicht ideal. Allerdings gibt es für den Zeitraum 1851 bis einschließlich 1907, dem letzten Jahr vor der ersten verbrieften Verlegung der Berliner Station aus dem Stadtzentrum nach Berlin-Dahlem, keine sinnvolle Alternative. Hier wird zwar der gesamte Zeitraum gezeigt, aber später nur der Zeitraum von 1851 bis 1907 verwendet. Ein ausführlicher Vergleich der Daten aus Halle und Berlin von 1908 bis 2015 ist in SCHADWILL (2016) nachzulesen.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

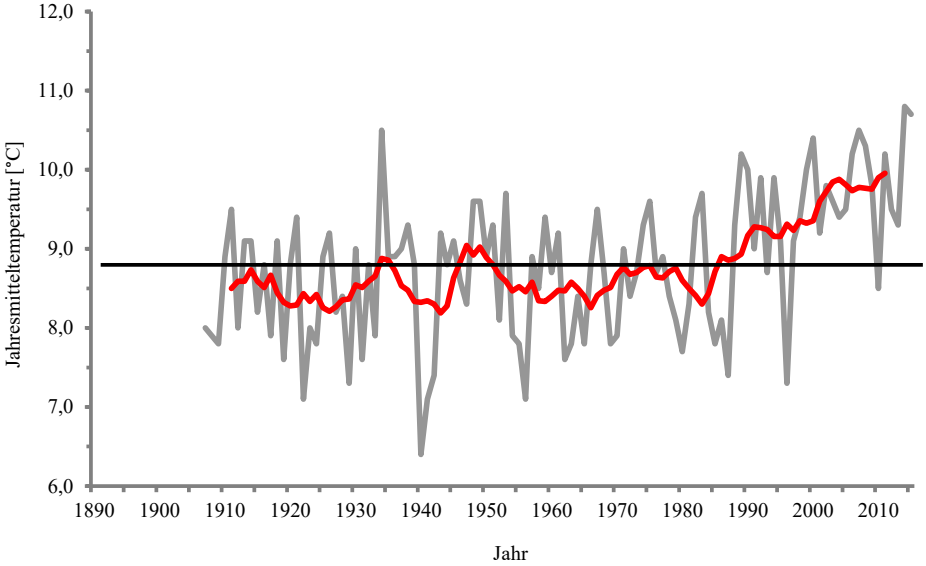

Abb. 4 Jahresmitteltemperaturen (graue Linie) sowie der 9-jährige gleitende Durchschnitt (rote Linie) und der Mittelwert (horizontale Linie) für 1907 bis 2015 für Lindenberg. Quelle: DWD 2016.

Fig. 4 Annual mean temperatures (grey line), 9-year moving average (red line) and the mean (horizontal line) for 1907 to 2015 for Lindenberg. Source: DWD 2016.

In Abb. 5 sind die Differenzen der Lufttemperaturen von Halle und Berlin (T_{Halle} - T_{Berlin}) für den gesamten Zeitraum von 1851 bis 2015 zu sehen. Dabei ist die Stationsverlegung in Halle zum Jahreswechsel 1953/54 deutlich an einem steilen Abfall der Temperaturdifferenzen zu erkennen.

Außerdem ist ein Sprung in den Temperaturdifferenzen von 1908 nach 1909 zu sehen, weil die Berliner Station von einem unbekannten Ort in der Stadtmitte nach Berlin-Dahlem verlegt wurde. Der Standort Halle blieb zu diesem Zeitpunkt an der gleichen Stelle, sodass dieser Sprung auf den Standortwechsel in Berlin zurückzuführen ist. Ab 1909 wurden in Berlin niedrigere Temperaturen gemessen als zuvor. Grund dafür ist die neue Lage der Berliner Station in einer locker bebauten Umgebung mit hohem Grünanteil. Zuvor lag sie im Stadtzentrum, wo die dichte Bebauung zu erhöhten Temperaturen führte. Dieser Stadteinfluss ist ab 1909 in Berlin nicht mehr vorhanden.

In Halle gab es zum Jahreswechsel 1900/01 einen Standortwechsel, der aber in den Daten nicht zu erkennen ist, denn für die Jahre 1851 bis einschließlich 1907 ist kein Trend in den Differenzen der Lufttemperaturen zwischen Halle und Berlin erkennbar. Das bedeutet, dass am alten und am neuen Standort in Halle die gleichen Temperaturverhältnisse herrschten, ansonsten würde man den Standortwechsel in den Daten sehen.

3.6 Vergleich der Temperaturdatenreihen Halle (Saale) und Potsdam

In Abb. 6 sind die Differenzen zwischen Halle und Potsdam (T_{Halle} - $T_{Potsdam}$) im Zeitraum von 1893 bis 2015 dargestellt. Bis zum Jahr 1939 ist eine relativ konstante Differenz von etwa 0,8 K zu erkennen. Der erste Standortwechsel in Halle zum Jahr 1901 schlägt sich also nicht in den Temperaturdifferenzen nieder. Dass hier keine Veränderung in den Differenzen von 1908 nach 1909 zu sehen ist, unterstreicht außerdem, dass der Sprung im Vergleich Halle - Berlin durch die Stationsverlegung in Berlin bedingt ist.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

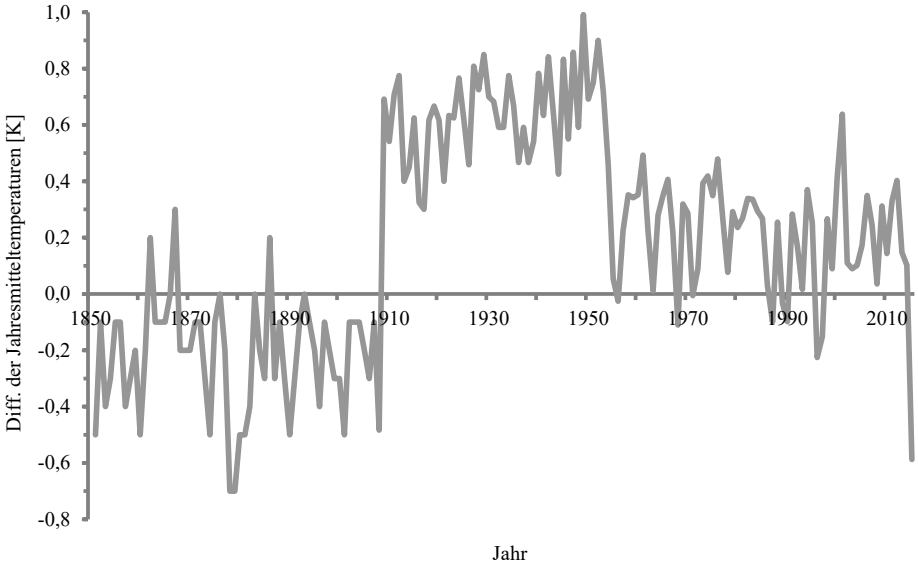

Abb. 5 Differenzen der Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle (Saale) und Berlin von 1851 bis 2015.

Fig. 5 Differences in the annual mean temperatures between Halle (Saale) and Berlin from 1851 to 2015.

Von 1940 bis 1953 liegen die Differenzen mit oft über 1 K deutlich höher. Von 1953 nach 1954, also zum Zeitpunkt des zweiten Standortwechsels in Halle, erfolgt ein abrupter Abfall in den Differenzen in der Lufttemperatur auf niedrigere Werte als je zuvor. Wie schon beim Vergleich mit Berlin, ist der zweite Standortwechsel in den Daten also sehr deutlich zu sehen. Von 1954 bis etwa 2002 liegen die Temperaturdifferenzen nur noch bei rund 0,4 K und sind recht konstant. Anschließend fallen sie bis 2015 ab.

3.7 Vergleich der Temperaturdatenreihen Halle (Saale) und Lindenberg

Abb. 7 zeigt die Differenzen der Lufttemperaturen an diesen beiden Standorten (T_{Halle} - $T_{Lindenberg}$) im Zeitraum von 1907 bis 2015. Von 1907 bis 1928 steigen sie mit einigem Auf und Ab stetig an. Die kleinsten Differenzen in den ersten Jahren dieses Zeitraums liegen bei 0,6 K, die größten in den letzten Jahren bei 1,0 K. Zwischen 1929 und 1931 springen die Differenzen auf ein Niveau von 1,0 bis 1,3 K und sinken danach auf ein Niveau von 0,8 bis 0,9 K zwischen den Jahren 1932 und 1939. Anschließend steigen die Differenzen rapide an und liegen von 1940 bis 1953 auf einem Niveau von 1,2 K mit Spitzen von 1,4 K. Von 1953 nach 1954 ist wieder ein plötzlicher Abfall in den Temperaturdifferenzen zu sehen. Auch hier ist also der zweite Standortwechsel in Halle klar zu erkennen. Bis etwa 2002 betragen die Differenzen im Mittel dann nur noch rund 0,5 K, ohne eine an- oder absteigende Tendenz. In der Folge fallen sie bis 2015 ab.

In dem Zeitraum von 1932 bis 2015 sind die Differenzen zwischen Halle und Lindenberg denen zwischen Halle und Potsdam sehr ähnlich. Davor gibt es allerdings Unterschiede, vor allem zwischen 1920 und 1931. Vorher sind die Unterschiede im Verlauf der Differenzen in beiden Vergleichen noch relativ gering.

Lindenberg wurde als eine der Vergleichsstationen herangezogen, weil es hier keine nennenswerte Stationsverlegung gab und diese Datenreihe daher homogen sein sollte. Nach genauer Recherche stellte sich jedoch heraus, dass die Temperaturwerte für die Jahre 1920 bis 1932 rekonstruiert wurden, indem aus

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

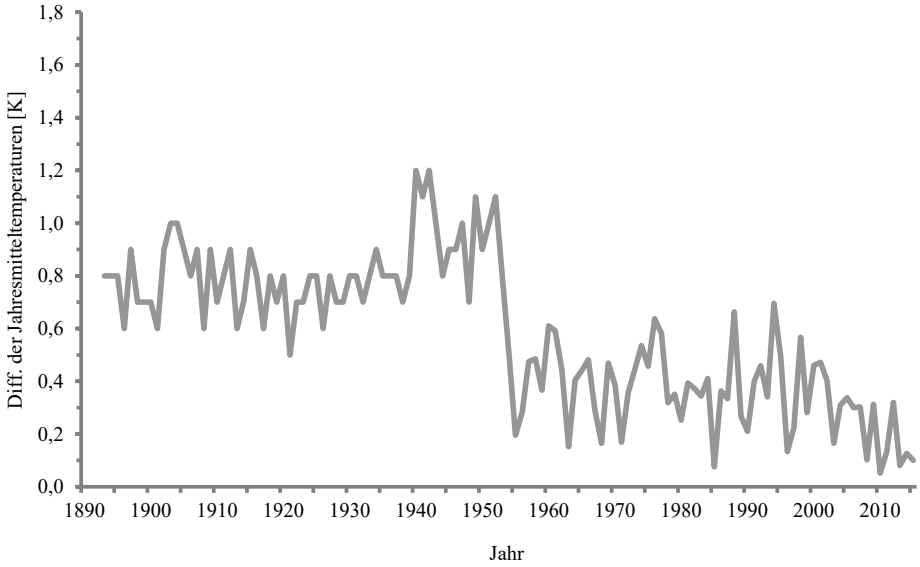

Abb. 6 Differenzen der Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle (Saale) und Potsdam von 1893 bis 2015.

Fig. 6 Differences in the annual mean temperatures between Halle (Saale) and Potsdam from 1893 to 2015.

Thermografenaufzeichnungen die Temperaturen zu den „Mannheimer Stunden“ von den Papierstreifen abgelesen und daraus die Tagesmittel gebildet wurden. Es wurde also vorübergehend eine andere Art der Datenaufzeichnung verwendet. Das könnte ein Grund für das abweichende Verhalten zu dem Vergleich Halle - Potsdam sein. Es ist allerdings auch nicht auszuschließen, dass für den teilweise anderen Datenverlauf in Lindenberg klimatologische Ursachen vorliegen.

Bis auf den Zeitraum von etwa 1920 bis 1931 stimmen die Datenreihen aus Potsdam und Lindenberg sowie deren Vergleich mit den Daten aus Halle gut (ab 1932) oder wenigstens einigermaßen (vor 1920) überein. Das lässt Zweifel an den Daten aus Lindenberg für 1920 bis 1931 aufkommen. In Anbetracht des möglichen Rekonstruktionsfehlers in den Daten von Lindenberg wird die Potsdamer Datenreihe wegen ihrer sichereren Kontinuität vor 1954 für die Überprüfung der Halleschen Lufttemperaturen auf Homogenität bevorzugt. Außerdem ist die Potsdamer Datenreihe länger.

3.8 Korrektur der Halleschen Datenreihe

Wie eben gezeigt, gibt es in den Temperaturdifferenzen zwischen Halle und Berlin von 1851 bis 1907, dem Jahr vor der ersten verbrieften Stationsverlegung in Berlin, keinen Trend. Von 1908 nach 1909 gibt es dann einen Sprung in den Temperaturdifferenzen, der jedoch durch einen Standortwechsel in Berlin bedingt ist. Die Temperaturdifferenzen zwischen Halle und Potsdam zwischen 1893 und 1953 lassen ebenfalls keinen Trend erkennen. Beide Vergleiche zeigen, dass sich die Stationsverlegung in Halle am Ende des Jahres 1900 nicht auf den Verlauf der Temperaturdaten ausgewirkt hat.

Der Vergleich der Lufttemperaturen in Halle mit denen in Berlin, Potsdam und Lindenberg zeigt, dass es von 1953 nach 1954 einen drastischen Abfall in den Temperaturdifferenzen zwischen Halle und diesen drei Standorten gibt. Die zweite Stationsverlegung hatte also einen deutlichen Einfluss auf die Temperaturdaten. Ab 1954 wurden die Messwerte der Lufttemperatur in Halle-Kröllwitz herangezogen. Dieser

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

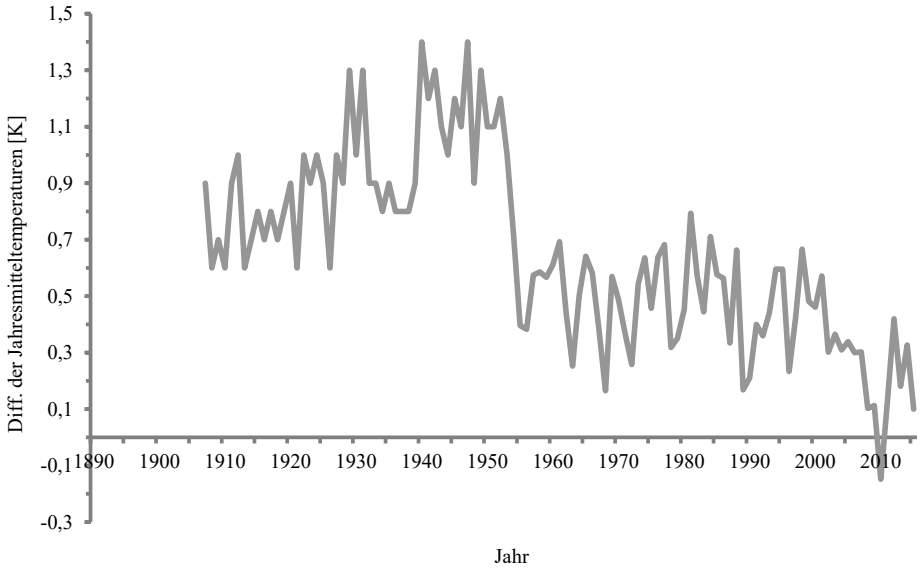

Abb. 7 Differenzen der Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle (Saale) und Lindenberg von 1907 bis 2015.

Fig. 7 Differences in the annual mean temperatures between Halle (Saale) and Lindenberg from 1907 to 2015.

Standort ist durch eine locker bebaute Lage mit viel Grün gekennzeichnet und erklärt somit die kühleren Lufttemperaturen in Halle ab diesem Zeitpunkt. Das Umfeld des vorherigen Standorts in der Ludwig-Wucherer-Straße ist stärker bebaut.

Außer dem Versatz von 1953 zu 1954 sind die Daten aus Halle vorher und nachher konsistent. Um den Versatz zu korrigieren und eine durchgehend konsistente Datenreihe für Halle zu erhalten, wurden die Lufttemperaturen anhand der Potsdamer Daten korrigiert. Dazu wurde als Erstes ein repräsentativer Mittelwert der Temperaturdifferenzen zwischen den Standorten Halle und Potsdam für die Zeiträume 1893 bis 1953 und 1954 bis 2015 gebildet. Dann wurde die Differenz dieser beiden Mittelwerte berechnet. Dieser Wert (0,4 K) wurde abschließend von den Messwerten in Halle für die Jahre vor 1954 abgezogen. Wie aus Abb. 6 ersichtlich ist, sind die Temperaturdifferenzen zwischen Halle und Potsdam von 1940 bis 1953 deutlich höher als in den Jahren davor. Eine Korrelation der Daten von beiden Stationen zeigte, dass in diesem Zeitraum die Temperaturen in Potsdam weiter unter denen von Halle lagen als zwischen 1893 und 1939. Der Grund dafür ist unklar. Weil der Zeitraum von 1940 bis 1953 ungewöhnlich ist, wurden zur Berechnung eines repräsentativen Mittelwerts der Temperaturdifferenzen zwischen 1893 bis 1953 nur die Daten der Jahre 1893 bis 1939 verwendet. Der Wert beträgt 0,8 K.

Abb. 6 zeigt weiterhin, dass die Temperaturdifferenzen zwischen Halle und Potsdam ab 2003 geringer sind als zwischen 1954 und 2002. Eine Korrelation der Temperaturwerte ergab, dass nach 2002 die Werte für Potsdam höher lagen als zwischen 1954 und 2002. Auch hierfür ist der Grund unklar. Zur Berechnung eines repräsentativen Mittelwerts der Temperaturdifferenzen zwischen 1954 und 2015 wurden daher nur die Daten der Jahre 1954 bis 2002 herangezogen. Das Mittel beträgt hier 0,4 K.

Als Zwischenergebnis zeigt Abb. 8 die Differenzen in den Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle und Potsdam (T_{Halle} - $T_{Potsdam}$) nach der Korrektur. Der Temperaturversatz, der durch die zweite Stationsverlegung entstand, ist durch diese Vorgehensweise nicht mehr sichtbar. Es sind auch sonst keine Inhomogenitäten zu sehen, abgesehen von den schon angesprochenen hohen (1940 bis 1953) bzw. niedrigen Differenzen (nach 2002), die aber auf eine unbekannte Ursache in Potsdam zurückzuführen sind.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Als Endergebnis sind in Abb. 9 die Temperaturen für Halle nach der Korrektur dargestellt. Die Werte ab 1954 sind unverändert, die Werte davor sind nun 0,4 K niedriger. Diese neuen Werte sind „hypothetisch“, d.h. es sind die Werte, die gemessen worden wären, wenn die Station in Halle während des gesamten Betrachtungszeitraumes, also seit 1851, in Halle-Kröllwitz gelegen hätte.

Wir haben übrigens auch versucht, alle Daten zur Berechnung eines Mittelwerts der Temperaturdifferenzen für die Zeiträume 1893 bis 1953 bzw. 1954 bis 2015 zu verwenden. Das ergab eine Differenz zwischen den beiden Mittelwerten von 0,5 K. Nach Abzug dieses Wertes von den Daten aus Halle für die Jahre vor 1954 erhielten wir dann eine Darstellung analog zu Abb. 8. Darin wurde jedoch offensichtlich, dass der Abzug von 0,5 K eine „Überkorrektur“ zur Folge hatte. Die korrigierten Daten vor 1954 passten dann nicht so gut zu den unkorrigierten Daten ab 1954.

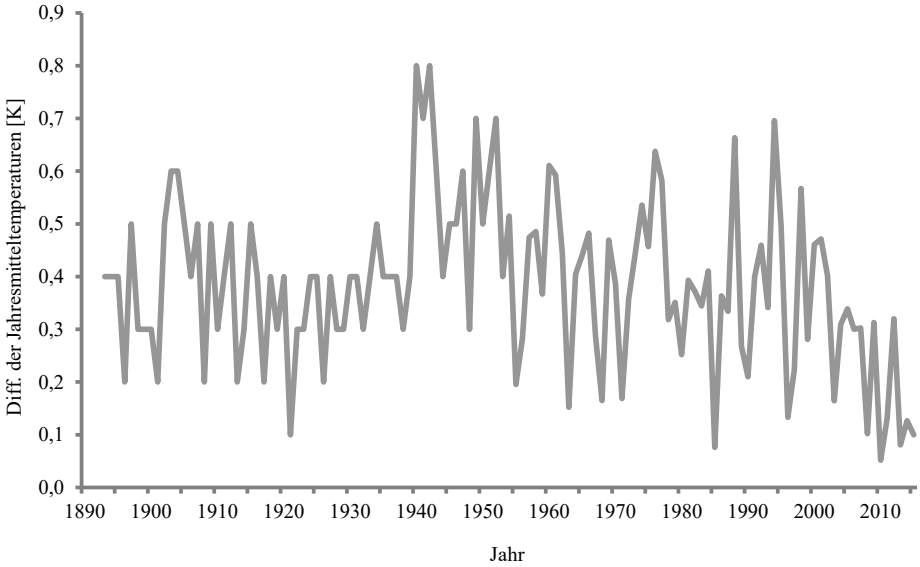

Abb. 8 Differenzen der Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle (Saale) und Potsdam von 1893 bis 2015 nach der Korrektur der Jahre vor 1954 in der Datenreihe für Halle anhand der Datenreihe für Potsdam (Absenkung um 0,4 K).

Fig. 8 Differences in the annual mean temperatures between Halle (Saale) and Potsdam from 1893 to 2015 after adjustment of the years before 1954 in the data series for Halle using the data series for Potsdam (lowering by 0.4 K).

Auf Basis der Potsdamer Daten alleine kann man keine Schlüsse für die Zeit vor 1893 ziehen, da die Messungen dort erst in diesem Jahr begannen. Die Daten für Berlin gehen allerdings bis 1851 zurück. Die Zeiträume der Vergleiche von Halle mit Berlin und Potsdam überlappen sich um 15 Jahre (1893 bis 1907). Setzt man die Ergebnisse aus beiden Vergleichen zusammen, kann man daraus folgern, dass die Hallesche Datenreihe zwischen 1851 und 1953 homogen ist. Dementsprechend ist es legitim auch die Halleschen Werte vor 1893 um 0,4 K zu reduzieren.

Wird Abb. 9 mit den ursprünglichen Daten in Abb. 1 verglichen, wird deutlich, dass durch die hier angewandte Art der Korrektur das Auf und Ab der Temperaturen von Jahr zu Jahr sowie die längerfristigen Temperaturbewegungen erhalten geblieben sind. Lediglich der Abfall der Temperaturen von 1953 bis 1956 ist durch die Beseitigung des Versatzes von 1953 zu 1954 nicht mehr so steil wie vorher. Deutlich wird auch, dass die Temperaturen der letzten 30 Jahre jetzt insgesamt höher erscheinen als in den Jahren

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

zuvor. Nach der Korrektur ist das wärmste Jahr nun nicht mehr 1934, sondern 2014 mit 11,1 °C. Das kälteste Jahr bleibt 1855 bzw. 1864, jetzt aber um 0,4 K kälter mit 6,8 °C. Die Mitteltemperatur des gesamten Zeitraums von 1851 bis 2015 liegt nach der Korrektur bei 9,0 °C, zuvor lag sie bei 9,3 °C.

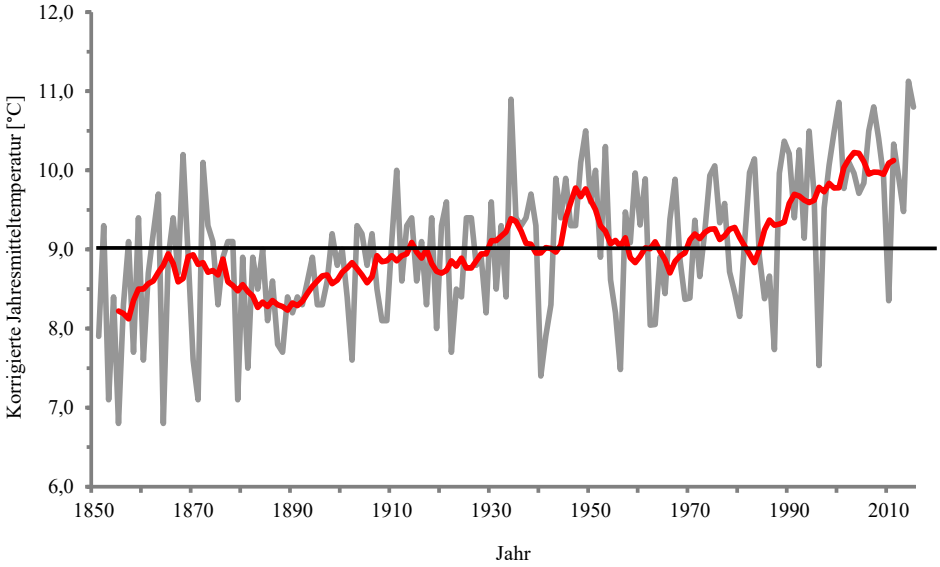

Abb. 9 Jahresmitteltemperaturen (graue Linie) sowie der 9-jährige gleitende Durchschnitt (rote Linie) und der Mittelwert (horizontale Linie) für 1851 bis 2015 für Halle (Saale) nach Korrektur der Jahre vor 1954 anhand der Datenreihe für Potsdam (Absenkung um 0,4 K).

Fig. 9 Annual mean temperatures (grey line), 9-year moving average (red line) and the mean (horizontal line) for 1851 to 2015 for Halle (Saale) after adjustment of the years before 1954 using the data series for Potsdam (lowering by 0.4 K).

In Tabelle 1 sind die zehn wärmsten Jahre in Halle im gesamten Betrachtungszeitraum von 1851 bis 2015 vor und nach der Korrektur aufgeführt. Vor der Korrektur fallen sechs davon in die Zeit vor 1954 und vier davon in die Zeit nach 1990. Das war aus der Beschreibung der Datenreihe in Kapitel 3.1 zu erwarten. Werden die Temperaturen nach der Korrektur betrachtet, sieht die Verteilung völlig anders aus. Es liegen nur noch zwei Jahre vor 1954, die anderen acht treten ab 1990 auf. Damit besagen nun auch die Daten aus Halle, dass die letzten 30 Jahre die insgesamt wärmste Periode seit Beginn der Messungen darstellen. Die Aussage, dass ähnliche Temperaturen wie in den letzten 30 Jahren auch schon früher gemessen wurden und sich dieses Temperaturniveau nur wiederholt (siehe Kapitel 3.1), erweist sich nun als falsch.

4 Diskussion

Der Vergleich von Halle mit den Stationen Berlin, Potsdam und Lindenberg hat gezeigt, dass sich die Stationsverlegung Ende 1953 in Halle auf die Daten ausgewirkt hat. Das ist in den Abb. 5 bis 7 deutlich zu sehen, während die Verlegung von 1900 im Vergleich von Halle mit Berlin und Potsdam (Abb. 5 und 6) nicht zu bemerken ist. In Abb. 5 ist außerdem die Verlegung der Station in Berlin im Jahr 1908 klar zu erkennen.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Tab. 1 Gegenüberstellung der zehn wärmsten Jahre in Halle (Saale) vor und nach der Korrektur der Jahresmitteltemperaturen vor 1954 anhand der Datenreihe für Potsdam (Absenkung um 0,4 K).

Tab. 1 Juxtaposition of the ten warmest years in Halle (Saale) before and after adjustment of the annual mean temperatures before 1954 using the data series for Potsdam (lowering by 0.4 K).

	vor der Korrektur		**nach der Korrektur**	
lfd. Nummer	**Jahr**	**Temp. (°C)**	**Jahr**	**Temp. (°C)**
1	1934	11,3	2014	11,1
2	2014	11,1	1934	10,9
3	1949	10,9	2000	10,9
4	2000	10,9	2007	10,8
5	2007	10,8	2015	10,8
6	2015	10,8	1949	10,5
7	1953	10,7	2006	10,5
8	1868	10,6	1994	10,5
9	1872	10,5	1999	10,5
10	1948	10,5	2008	10,4

Die Verwendung von Klimadaten für einen Ort, wie z.B. in Halle, die an verschiedenen Standorten erhoben wurden, kann eine Interpretation der Zeitreihen verfälschen, wenn sich die Einflüsse von Standortwechseln in den Messwerten niederschlagen und diese Einflüsse nicht bemerkt und korrigiert werden. Nimmt man die ursprünglichen Daten von Halle (Abb. 1), treten nur vier der zehn wärmsten Jahre nach 1990 auf (Tab. 1). Zieht man dagegen die korrigierten Daten heran (Abb. 9) sind es acht von zehn (Tab. 1). Auf Basis der ursprünglichen Daten hätte man somit wie Döring und Borg (2008) gefolgert, dass die hohen Temperaturen der letzten Jahrzehnte nicht ungewöhnlich sind, auf Basis der korrigierten Daten dagegen, dass es in den letzten 30 Jahren insgesamt wärmer war als in den 135 Jahren davor.

Neben einem Standortwechsel kann sich auch eine Veränderung der Messmethode auf die Daten auswirken. Das wurde für Halle nicht festgestellt, obwohl sich die Messmethoden über den hier betrachteten Zeitraum geändert haben. Die Daten nach einer solchen Veränderung zeigten keine Auffälligkeiten.

Auch die Umgebung einer Messstation kann sich verändern, häufig durch eine Zunahme der Bebauung. Baumaterialien und Versiegelungen erhöhen wegen der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften, im Vergleich zum vorhergehenden Zustand, die Lufttemperatur. Änderungen im Umfeld einer Messstation finden oft langsam über mehrere Jahre statt. Auswirkungen auf die Temperatur sind dann besonders schwer zu erkennen. Wenn Veränderungen im Umfeld beginnen sich auf die Messwerte auszuwirken, wird die Verlegung einer Station sinnvoll.

Bei jeder Verlegung einer Messstation, jeder Änderung der Messmethode und jeder Änderung des Messumfeldes muss geprüft werden, ob sich das auf die Daten auswirkt. Wenn ja, müssen sie korrigiert werden. Um die eventuellen Auswirkungen einer Stationsverlegung oder eines Instrumentenwechsels erkennen und dann korrigieren zu können, gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen kann man die Messungen am neuen und am alten Standort für einige Zeit parallel durchführen bzw. die alte und die neue Messmethode parallel verwenden und die Ergebnisse dann vergleichen. Zum anderen kann man die Daten mit denen aus einer anderen Station ohne Standort- bzw. Instrumentenwechsel vergleichen, wie es hier getan wurde.

Ob und wie sich Veränderungen im Umfeld einer Messstation auswirken, lässt sich nur im Vergleich mit einer anderen Station feststellen. Zum Zeitpunkt des Messbeginns in Halle im Jahr 1851 war nur das

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

heutige Zentrum (die heutige Altstadt) bebaut. Mit wenigen Ausnahmen gab es außerhalb dieses Bereichs kaum Bebauung, dort lagen nur Acker- und Vegetationsflächen (DETTE 2006). Im Verlauf der darauf folgenden Jahre wichen Teile dieser Flächen neuen Siedlungen und neuer Infrastruktur. Bis zum Zeitpunkt der Verlegung Ende 1953 lag die Station also im zunehmend bebauten Gebiet der Stadt, zunächst in der Mauerstraße, dann in der Ludwig-Wucherer-Straße. Auswirkungen auf die Temperaturen durch diese Veränderungen des Standortumfelds sind daher denkbar. Sie würden sich in einem Anstieg der Temperaturen im Vergleich zu einer Referenzstation niederschlagen. Die Stationen Potsdam und Lindenberg lagen zu dieser Zeit (und liegen auch heute noch) in einer locker bebauten Umgebung mit hohem Grünanteil bzw. auf dem Land. Es hat seit Messbeginn dort im näheren Umfeld auch keine wesentlichen baulichen Veränderungen gegeben. In Berlin gilt das seit März 1908.

Im Vergleich der Halleschen Daten mit denen aus Potsdam ist kein verstädterungsbedingter Temperaturanstieg zu erkennen. Dieser hätte sich in einer allmählichen Temperaturzunahme in Halle im Vergleich zu Potsdam zeigen müssen. Die Station Lindenberg ist wegen der rekonstruierten Daten für die Jahre 1920 bis 1932 für eine solche Untersuchung nicht geeignet.

Wie in SCHADWILL (2016) gezeigt wurde und auch in Abb. 5 hier zu sehen ist, lässt sich beim Stationsvergleich von Halle mit Berlin von 1917 bis 1929 und von 1939 bis 1952 jeweils ein Anstieg der Temperaturdifferenzen erkennen. Zu dieser Zeit befand sich die Berliner Station bereits in Berlin-Dahlem und wurde erst 1950 erneut verlegt. Die Anstiege folgen aber jeweils auf einen klaren Abfall der Differenzen in den Jahren davor. Das passt nicht zum Bild einer kontinuierlichen Temperaturerhöhung durch zunehmende Verstädterung in Halle.

HOELSCHER (1954) analysierte die Temperaturdaten für Halle für den Zeitraum 1851 bis 1950. Für 1851 bis 1900 ermittelte er eine durchschnittliche Temperatur von 8,9 °C, für 1901 bis 1950 von 9,4 °C, also 0,5 °C mehr. Er vermutete, dass ein zunehmender Stadteinfluss nach der Verlegung der Station im Jahr 1900 dafür verantwortlich sein könnte. Das kann durch unsere Vergleiche nicht bestätigt werden. Wie oben erwähnt, hätte er die Daten aus Halle mit Daten von einem anderen Standort vergleichen müssen, um seine Vermutung zu belegen. Das hat er nicht getan. Außerdem war das Umfeld der Station vor der Verlegung Ende 1900 ähnlich städtisch geprägt wie danach bis Ende 1953. Vielmehr deckt sich der von HOELSCHER (1954) beobachtete Temperaturanstieg mit einem globalen Anstieg der Temperaturen seit dem 19. Jahrhundert, der erstmals von CALLENDAR (1938) postuliert wurde.

Eine Bebauung im Rahmen der Stadtentwicklung führt dazu, dass Stadtzentren dichter werden und immer mehr in Richtung Stadtrand wachsen. Dadurch verändern sich die physikalischen Eigenschaften des Gebiets (MALBERG 2010) und somit die Klimaparameter (ZAMG 2016). Innerhalb einer Stadt können die Temperaturen im Jahresmittel um 0,5 bis zu 1,5 °C höher sein als in freiem Gelände (SCHÖNWIESE 2013), bedingt durch Baumaterialien wie Asphalt, Beton und Glas mit hohen Wärmespeicherkapazitäten. Hohe Gebäude mindern des Weiteren die Luftzufuhr, sodass nur bedingt eine Abkühlung in der Stadt erfolgen kann. Es kommt zur Bildung einer „städtischen Wärmeinsel“ (SCHÖNWIESE 2013, LANDSBERG 1981). Da die Windgeschwindigkeit innerorts durch die höhere Rauigkeit abnimmt, kann das ebenfalls zu höheren Temperaturen an den Messinstrumenten führen. Nach HUPFER & KUTTLER (1998) kommt es durch die Dreidimensionalität einer Stadt mit ihren Bauten auch zu einer Vergrößerung der atmosphärischen Grenzschicht, die dann weiter ins angrenzende Umland reicht. Der Temperaturunterschied vom Stadtinneren zum Umland kann so zuweilen bis zu 10 °C betragen (MALBERG 2010).

In einer Studie gehen LEISTENSCHNEIDER & KOWATSCH (2012) davon aus, dass der vielfach beobachtete Temperaturanstieg von 1,9 K in Deutschland über die letzten 100 bis 120 Jahre mit 1,1 K, im Schnitt also rund 0,1 K pro Jahrzehnt, durch den Wärmeinseleffekt begründet ist. Demnach wäre eine Erwärmung der Lufttemperatur von 0,8 K auf einen nicht vom Stadtklima verursachten Ursprung zurückzuführen.

Der Wärmeinseleffekt ist nicht für alle Städte gleich, er ist standortabhängig und räumlich sehr variabel (HUPFER & KUTTLER 1998). Er ist also keine Konstante, sondern eine sich mit dem Raum verändernde, dynamische Größe (LEISTENSCHNEIDER & KOWATSCH 2012). Er ließe sich nach LEISTENSCHNEIDER & KOWATSCH (2012) mithilfe eines Vergleichs der Lufttemperaturen mehrerer Städte herausrechnen.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

In der Arbeit hier wurde ein Stadtklimaeffekt zweimal beobachtet. Bis März 1908 lag die Berliner Station in der Stadtmitte. Danach wurde sie nach Berlin-Dahlem verlegt, wo die Bebauung lockerer ist und einen hohen Grünanteil hat. Ein Vergleich der Berliner Datenreihe mit der korrigierten Halleschen Reihe und der Potsdamer Reihe ergab, dass nach der Verlegung die in Berlin gemessenen Temperaturen um 0,85 K niedriger waren. Das bedeutet, der Stadteffekt führte hier zu einer um 0,85 K höheren Temperatur.

In Halle lag die Station von 1851 bis 1953 dicht am Stadtzentrum. Es gab zwei verschiedene Standorte. Die Verlegung der Station innerhalb des Zentrumsbereichs Ende des Jahres 1900 schlug sich aber nicht in den Daten nieder, sodass man davon ausgehen kann, dass an beiden Standorten die gleichen Temperaturbedingungen herrschten. Ab 1954 erfolgten die Messungen der Lufttemperatur in Halle-Kröllwitz. Dieser Standort ist, ähnlich wie Berlin-Dahlem, durch eine locker bebaute Lage mit viel Grün gekennzeichnet und erklärt somit die im Schnitt um 0,4 K kühleren Lufttemperaturen für Halle ab diesem Zeitpunkt. Der Stadteffekt war in Halle mit 0,4 K geringer als in Berlin. Beide Werte liegen aber dicht an bzw. in dem von Schönwiese (2013) genannten Bereich (siehe oben).

Wie in Kapitel 2.2.1 schon erwähnt, wurde der Standort Kröllwitz 2015 geschlossen. Erfreulicherweise werden seit 1993 auf dem Kühnfeld am nordöstlichen Stadtrand von Halle Wetterdaten gemessen. Eine Korrelation der Temperaturdaten für die Jahre, in denen beide Station gleichzeitig in Betrieb waren, ergab, dass sich die Jahresmitteltemperaturen gleichmäßig um die 1:1-Linie verteilen. Das bedeutet, die Hallesche Temperaturreihe kann mit den Daten vom Kühnfeld fortgeschrieben werden, ohne dass diese Daten angepasst werden müssen.

5 Zusammenfassung

Schadwill, H., Döring, J., Wolter, M., Borg, H.: Überprüfung der Datenreihe der Jahresmitteltemperaturen für Halle (Saale) von 1851 bis 2015 auf Homogenität. - Hercynia N. F. 50 (2017): 115 – 133.

Um Aussagen über vergangene und zukünftige Entwicklungen des Klimas treffen zu können, sind lange Zeitreihen notwendig. Bei langen Klimazeitreihen ist nicht auszuschließen, dass die Daten durch Störfaktoren wie Stationsverlegung, Wechsel der Messinstrumente oder Verstädterung beeinflusst wurden. Das muss überprüft werden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Zur Erkennung solcher Beeinflussungen muss die fragliche Datenreihe mit Messwerten von anderen Standorten verglichen werden, die nicht zu weit entfernt liegen und nicht von den o.g. Störfaktoren betroffen sind.

In dieser Arbeit wurde die Datenreihe der Jahresmitteltemperaturen für Halle (Saale) überprüft, die bis ins Jahr 1851 zurückgeht. In dieser Zeit wurde die Station zweimal (Ende 1900 und Ende 1953) verlegt und es gab einige Instrumentenwechsel. Zum Vergleich wurde hier die Station Potsdam (Messbeginn 1893), welche nie verlegt wurde und die Station Lindenberg (Messbeginn 1907), welche zweimal verschoben wurde, aber jeweils nur um wenige Meter, gewählt. Die Aufzeichnungen für diese beiden Standorte sind wesentlich kürzer als für Halle. Um bis 1851 zurückgehen zu können, wurde deshalb noch auf die Datenreihe aus Berlin zurückgegriffen, die wie in Halle bis 1851 zurückgeht. Allerdings wurde der Standort der Messungen in Berlin erstmals im März 1908 und danach noch drei weitere Male verlegt. Berlin ist daher für die Zeit ab 1908 kein guter Vergleichsstandort und wird hier nur für die Zeit von 1851 bis 1907 näher herangezogen.

Zur Untersuchung der Halleschen Datenreihe wurden die Differenzen in den Jahresmitteltemperaturen zwischen Halle und den Vergleichsstationen Berlin, Potsdam und Lindenberg gebildet. Es gab keinen Hinweis darauf, dass sich die Stationsverlegung in Halle am Ende des Jahres 1900 auf die Daten ausgewirkt hat. Das wäre beim Vergleich der Daten von Halle mit denen aus Berlin und Potsdam in Erscheinung getreten. Dagegen zeigte sich in allen drei Vergleichen ein sprunghafter Rückgang in den Temperaturdifferenzen von 1953 zum Jahr 1954. Dieser entstand durch die Verlegung der Station in Halle aus der Stadt in eine locker bebaute Umgebung mit viel Grünanteil in Halle-Kröllwitz und der Fortschreibung der gemessenen Lufttemperaturen, ohne die veränderte Umgebung zu berücksichtigen. Vor und nach dem eben genannten Sprung zum Jahreswechsel 1953/54 ist die Hallesche Datenreihe konsistent.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Um eine durchgehend konsistente Datenreihe für Halle zu erhalten, wurden die Lufttemperaturen anhand der Potsdamer Daten korrigiert. Dazu wurde zunächst ein repräsentativer Mittelwert der Temperaturdifferenz für die Standorte Halle und Potsdam für den Zeitraum 1893 bis 1953 und den Zeitraum 1954 bis 2015 gebildet. Dann wurde aus diesen beiden Mittelwerten die Differenz berechnet. Dieser Wert (0,4 K) wurde nun von den Messwerten in Halle für den Zeitraum 1851 bis 1953 abgezogen. Dadurch wurde die Inhomogenität beseitigt. Die erhaltenen Lufttemperaturen für Halle sind von 1851 bis 1953 nun 0,4 K niedriger als zuvor. Nach dieser Korrektur steht eine in sich konsistente Datenreihe für Halle von 1851 bis 2015 zur Verfügung.

Gemäß der ursprünglichen Datenreihe traten vier der zehn wärmsten Jahre seit 1990 auf und sechs vor 1954 mit 1934 als dem wärmsten Jahr überhaupt. In der korrigierten Datenreihe sind es seit 1990 nun acht von zehn. Das Jahr 1934 ist jetzt nur noch das zweitwärmste, zusammen mit dem Jahr 2000. Das zeigt, dass es unerlässlich ist Datenreihen auf Homogenität zu prüfen und gegebenenfalls zu korrigieren, um Fehlinterpretationen im Klimaverlauf zu vermeiden.

6 Literatur

CALLENDAR, G. S. (1938): The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. - Q. J. R. Meteorol. Soc. 64: 223 - 240.

DETTE, C. (2006): Stadt- und Siedlungsentwicklung von Halle (Saale). - Landesamt f. Vermessung u. Geoinformation Sachsen-Anh., Halle (Saale). mars.geographie.uni-halle.de/geovlexcms/book/export/html/121.

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

DWD - DEUTSCHER WETTERDIENST (2016): Rohdaten der Lufttemperaturen für die Standorte Halle (Saale), Berlin, Potsdam und Lindenberg. http://dwd.de/climadatacenter.

HERBER-PFLÜGER, A. (2016): Geschichte des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg - Richard-Aßmann-Observatorium. - Meteorol. Observatorium Lindenberg, Lindenberg. http://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/lindenbergersaeule/mol/historie_node.html.

HOELSCHER, L. (1954): Beiträge zur Kenntnis des Klimas von Halle/S.: 1851 bis 1950 bzw. 1901 bis 1950. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik, Band 3, Nr. 24. - Meteorol. u. Hydrol. Dienst d. Deutschen Demokratischen Republik, Akademie-Verl., Berlin.

HUPFER, P., KUTTLER, W. (1998): Witterung und Klima, 10. Aufl. - Teubner, Stuttgart.

LANDSBERG, H. E. (1981): The urban climate. - Academic Press, New York.

LEISTENSCHNEIDER, R., KOWATSCH, J. (2012): Der Wärmeinseleffekt als maßgeblicher Treiber der gemessenen Temperaturen - Update 2012. Wissenschaft und Technologie. http://www.eike-klima-energie.eu/news-cache/der-waermeinseleffekt-als-massgeblicher-treiber-der-gemessenen-temperaturen.

MALBERG, H. (2010): Über scheinbare und tatsächliche Klimaerwärmung seit 1851. Beiträge zur Berliner Wetterkarte. Verein Berliner Wetterkarte e.V. zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft, SO 26/10. - Inst. f. Meteorol. d. Freien Univ. Berlin.

METEOROLOGISCHER DIENST DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK (1978): Klimatologische Normalwerte für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik (1901 - 1950). - Akademie-Verl., Berlin.

MOL-RAO - METEOROLOGISCHES OBSERVATORIUM LINDENBERG-RICHARD-ASSMANN-OBSERVATORIUM (2015): Klimafibel, Edition 2015. - Meteorol. Observatorium Lindenberg, Lindenberg.

MYRCIK, G. (2016): Persönliche Korrespondenz. - Inst. f. Meteorol. d. Freien Univ. Berlin.

PIK - POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH e. V. (2016a): http://www.pik-potsdam.de/services/infothek/telegraphenberg-d/suering-haus/sakularstation/lage.

PIK - POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH e. V. (2016b): http://www.pik-potsdam.de/services/infothek/telegraphenberg-d/suering-haus/sakularstation.

REICHSAMT FÜR WETTERDIENST (1939): Klimakunde des Deutschen Reiches, Band 2. - Reimer, Andrews & Steiner, Berlin.

SCHADWILL, H. (2016): Vergleich der Klimazeitreihen Berlin-Dahlem und Halle (Saale) von 1908 bis 2015 als Methode zur Erkennung von Inhomogenitäten und Störfaktoren. - Masterarb., Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.

SCHÖNWIESE, CH.-D. (2013): Klimatologie, 4. Aufl. - Ulmer, Stuttgart.

SCHROBITZ, K. (2016): Persönliche Korrespondenz. - Meteorol. Observatorium Lindenberg, Lindenberg.

©Univeritäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

UBA - Umweltbundesamt (2012): Globale Erwärmung im letzten Jahrzehnt. http://www.umweltbundesamt.de/stes/default/files/medien/377/publikationen/hgp_globale_erwaermung_im_letzten_jahrzehnt_0.pdf.

ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien (2016): http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimaforschung/ klimamessung/messfehler.

Manuskript angenommen: 13. Juli 2017

Anschrift der Autoren:
M. Sc. Helen Schadwill,
Dr. Jürgen Döring,
LTA Martina Wolter
Prof. Dr. Heinz Borg
Naturwissenschaftliche Fakultät III der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Julius-Kühn-Str. 23, D - 06112 Halle (Saale)
e-mail: lkkt@landw.uni-halle.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Hercynia

Jahr/Year: 2017

Band/Volume: 50

Autor(en)/Author(s): Schadwill Helen, Döring Jürgen, Wolter Martina, Borg Heinz

Artikel/Article: Überprüfung der Datenreihe der Jahresmitteltemperaturen für Halle (Saale) von 1851 bis 2015 auf Homogenität 115-133