

Veränderung langjähriger Temperaturreihen in Mitteleuropa (und weltweit) seit dem 18. Jahrhundert

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Ziele der Arbeit	1
2.1.	Vorgehen und Anliegen	1
2.2.	Anspruch und anthropogener Treibhauseffekt.....	3
2.3.	Fehlerquellen.....	6
3.	Detaillierte Analysen für Mitteleuropa	7
3.1.	Klimazone	7
3.2.	Berlin.....	8
3.2.1.	Lage und Daten der Station.....	8
3.2.2.	Jahresmittel.....	9
3.2.3.	Jahreszeitenmittel	9
3.2.3.1.	Winter.....	9
3.2.3.2.	Frühling	10
3.2.3.3.	Sommer	10
3.2.3.4.	Herbst	11
3.3.	De Bilt	12
3.3.1.	Lage und Daten der Station.....	12
3.3.2.	Jahresmittel.....	12
3.3.3.	Jahreszeitenmittel	13
3.3.3.1.	Winter.....	13
3.3.3.2.	Frühling	13
3.3.3.3.	Sommer	14
3.3.3.4.	Herbst	14
3.4.	München und Hohenpeißenberg	14
3.4.1.	Lage und Daten der Station München.....	14
3.4.2.	Lage und Daten der Station Hohenpeißenberg	15
3.4.3.	Gründe für den Vergleich beider Stationen.....	16
3.4.4.	Jahresmittel.....	16
3.4.5.	Jahreszeitenmittel	17
3.4.5.1.	Winter.....	17
3.4.5.2.	Frühling	18
3.4.5.3.	Sommer	18
3.4.5.4.	Herbst	19
3.5.	Prag (Stadt und Flughafen) und Wien.....	19
3.5.1.	Lage und Daten der Station Prag-Stadt (Prag-Klementinum).....	19
3.5.2.	Lage und Daten der Station Prag-Flughafen (Prag-Ruzyne)	20
3.5.3.	Lage und Daten der Station Wien	20
3.5.4.	Gründe für den Vergleich der drei Stationen	21
3.5.5.	Jahresmittel.....	21
3.5.6.	Jahreszeitenmittel	22
3.5.6.1.	Winter.....	22
3.5.6.2.	Frühling	23
3.5.6.3.	Sommer	24
3.5.6.4.	Herbst	25

4.	Grobanalysen für andere Teile der Erde	25
4.1.	Darwin	25
4.1.1.	Lage und Daten der Station	25
4.1.2.	Mittel- und Extremwerte	26
4.1.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	27
4.2.	Sydney	27
4.2.1.	Lage und Daten der Station	27
4.2.2.	Mittel- und Extremwerte	28
4.2.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	28
4.3.	Tokio	28
4.3.1.	Lage und Daten der Station	28
4.3.2.	Mittel- und Extremwerte	29
4.3.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	29
4.4.	New York	29
4.4.1.	Lage und Daten der Station	29
4.4.2.	Mittel- und Extremwerte	30
4.4.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	30
4.5.	Reykjavik	30
4.5.1.	Lage und Daten der Station	30
4.5.2.	Mittel- und Extremwerte	31
4.5.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	31
4.6.	Werchojansk	31
4.6.1.	Lage und Daten der Station	31
4.6.2.	Mittel- und Extremwerte	32
4.6.3.	Veränderung der Jahresmittel und Analyse	32
5.	Appell	32

Abkürzungsverzeichnis

bspw. =	beispielsweise
bzw. =	beziehungsweise
ca. =	circa
vgl. =	vergleiche
z. B. =	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Temperaturentwicklung Jahr	i
Temperaturentwicklung Winter	ii
Temperaturentwicklung Frühling	iii
Temperaturentwicklung Sommer	iv
Temperaturentwicklung Herbst	v
Temperaturentwicklung weltweite Stationen	vi

1. Einleitung

Immer wieder wird, inzwischen weltweit, die Frage gestellt, inwieweit sich das Erdklima in den letzten Jahrhunderten (auf natürlicher bzw. anthropogener Basis) veränderte. In dieser Arbeit werden langjährige Klimareihen auf Ihre Veränderungen untersucht. Die Idee des Autors zur Durchführung dieser Studie entstand durch eine Diskussion vom 7. April 2006 im Forum der Wetterzentrale, Deutschlands größtem Forum für wetterinteressierte Profis und Laien.¹

2. Ziele der Arbeit

2.1. Vorgehen und Anliegen

Als Hauptanliegen dieser Studie werden Veränderungen und Tendenzen der Monatsmitteltemperatur sieben langjähriger repräsentativ (soweit das für langjährige Reihen aufgrund ihrer geringen Anzahl überhaupt möglich ist) ausgewählter Temperaturmessreihen Mitteleuropas untersucht, welche mindestens 200 Jahre, maximal jedoch lückenhaft bis 1701 (Berlin) bzw. durchgehend bis 1706 (De Bilt) zurückreichen. Im Rahmen dieser Ausarbeitung werden Extrema und langjährige Mittelwerte der mittleren Temperatur betrachtet, verstärktes Augenmerk wird dabei auf aktuelle Temperaturtrends gelegt. Eine grundlegende und umfassende Ursachenanalyse dieser ist im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht möglich. Betrachtet werden die Werte der Stationen Berlin, München, Hohenpeißenberg, Prag (zwei Stationen im Vergleich, eine im Umland, eine in der Innenstadt), Wien und De Bilt.

In einem zweiten Schritt werden zusätzlich sechs ausgewählte Stationen weltweit untersucht, Darwin und Sydney (Australien), New York (USA), Tokio (Japan), Werchojansk (Russland) und Reykjavik (Island). Diese Messreihen reichen mindestens 100 Jahre, maximal bis 1822 (New York) zurück und sind nicht repräsentativ ausgewählt. Es ist dem Autor bewusst, dass Klimazonen fehlen, aber eine weitere Ausdehnung der Untersuchung würde den Rahmen dieser Arbeit (deren Fokus auf Mitteleuropa liegt) sprengen, überdies sind nur in wenigen Gebieten der Erde so viele und lange Messreihen wie in Europa zu finden.

Primärquelle für die in dieser Untersuchung verwendeten Daten war ursprünglich das Klimaarchiv der Wetterzentrale², von dort wurden die monatlichen Temperaturmittel der

¹ www.wetterzentrale.de/forum

„Auslösethread“: http://www.wetter-zentrale.com/cgi-bin/webbbs/wzarchive2006_2.pl?read=870186

² <http://www.wetter-zentrale.com/klima/index.html>, die Daten dieser Quelle stammen original von: <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html#surface>

untersuchten Stationen übernommen, welche die Basis dieser Arbeit darstellten. Diese Daten wurden aufgrund von Fehlern bzw. Lücken innerhalb der Datenreihen zur Erzielung besserer Analyseergebnisse im Verlaufe der Untersuchung mittels diverser, in der jeweiligen Stationsbeschreibung aufgeführten Subquellen ersetzt, vervollständigt oder überprüft. Ziel dessen war, Datenlücken zu schließen sowie die Genauigkeit der Werte des Klimaarchives der Wetterzentrale zu überprüfen und zu verbessern. Da aufgrund der Variabilität des Klimas von einzelnen Monatsmitteln keine tendenziellen Aussagen abgeleitet werden können, wurde ein langjähriger Mittelwert der Werte aufgeschlüsselt nach Monaten zur besseren Trenderfassung gebildet und untersucht. Dabei wurde (da es in dieser Arbeit um die Untersuchung langfristiger Temperaturtrends geht) das 30jährige gleitende Mittel kürzeren Zeiträumen wie dem 11jährigen gleitenden Mittel wegen seiner geringeren Anfälligkeit für zufällige Schwankungen vorgezogen.³ Weiterführend wurde dieses dann ebenfalls für die vier meteorologischen Jahreszeiten ermittelt, für den meteorologischen Winter aus den Monaten Dezember, Januar und Februar, für den Frühling aus März, April und Mai, für den Sommer aus Juni, Juli und August sowie für den Herbst aus den Monaten September, Oktober und November. Das jeweilige gleitende 30jährige Mittel wurde dabei aus den 14 vorhergehenden, dem aktuellen und den 15 nachfolgenden Jahren gebildet.

Zur besseren Visualisierung der gewonnenen Erkenntnisse wurden für die vier Jahreszeiten und das Jahresmittel im Bereich Mitteleuropa separate Diagramme zum zeitlichen Verlauf der gleitenden 30jährigen Mitteltemperatur erstellt (siehe Anlagen: Abbildungen 1 bis 5). In diesen Diagrammen sind die Veränderungen dieses Mittels für die sieben untersuchten Stationen von 1751 (Berlin, De Bilt) bzw. 1801 (restliche Stationen) bis zur heutigen Zeit zu erkennen. Da alle Datenreihen 2005 enden, liegt das letzte gleitende Mittel demzufolge für das Jahr 1990 vor und umfasst den Zeitraum 1976 bis 2005.

Die Analyse wurde separat für jede Station bzw. vergleichend für mehrere Stationen für den Jahreszeitraum sowie alle Jahreszeiten durchgeführt. Nach Informationen zur Station selbst erfolgt eine Aufführung der Extremwerte, danach die Beschreibung der beobachteten Trends in der Veränderung des langjährigen Temperaturmittels.

Im Bereich Welt wurden auf Basis der gleitenden 30jährigen Jahresmitteltemperaturen die gleitenden Abweichungen vom Temperaturmittel im Jahr des Messbeginns errechnet. Diese wurden dann ebenfalls in einem Diagramm dargestellt. (Abbildungen 6). Die Untersuchung

³ Für die Station Berlin wurde zur Entscheidungsfindung ein Vergleich der jeweiligen Einjahresmittel, Elfjahresmittel und 30-Jahresmittel vorgenommen. Dieses wurde nach dem Vergleich der Jahresmittel auch für die Jahreszeitenmittel durchgeführt. Die entsprechenden Tabellen sind beim Autor einzusehen.

der sechs weltweit verteilten Stationen ist knapp gehalten. Der Analyseteil umfasst nur die Veränderung der Jahresmitteltemperatur. Nach Informationen zu der jeweiligen Station werden Extremwerte aufgeführt, danach wird die Veränderung der langjährigen Mittel zum Startwert im Jahr des Messbeginns beschrieben.

2.2. Anspruch und anthropogener Treibhauseffekt

Diese Untersuchung ist eine Auswertung vergangener Ereignisse. Sie kann im Gegensatz zu wissenschaftlichen Untersuchungen der Erdatmosphäre keine eindeutigen Antworten geben, ob (besonders bezogen auf das 20. Jahrhundert und aktuelle Trends) gefundene Veränderungen eindeutig anthropogener Art sind oder möglicherweise doch auf natürliche Prozesse zurückgeführt werden können. Letzteres ist für einzelne Stationen oder Regionen möglich, jedoch global extrem unwahrscheinlich, der menschliche Einfluss auf das Weltklima ist wissenschaftlicher Konsens. Im Folgenden soll zur Einführung in die Thematik der anthropogene Treibhauseffekt kurz theoretisch umrissen werden.

Einen natürlichen Treibhauseffekt gibt es seitdem die Erde existiert. Durch die klimawirksamen Treibhausgase Wasserdampf (H_2O), Kohlendioxid (CO_2), Distickstoffoxid (N_2O), Methan (CH_4) und Ozon (O_3) sowie weiterer Spurengase wird die globale Mitteltemperatur in Bodennähe, die ohne das Vorhandensein einer derartigen Atmosphäre $-18\text{ }^\circ\text{C}$ betragen würde, um $33\text{ }^\circ\text{C}$ auf $+15\text{ }^\circ\text{C}$ angehoben.

Seit Beginn der Industrialisierung ist der Anteil bestimmter, den natürlichen Treibhauseffekt beeinflussender, Treibhausgase markant gestiegen, wofür wissenschaftlich belegt der Mensch verantwortlich gemacht werden muss. Wissenschaftlich gesichert ist ebenso die Erkenntnis, dass in der erdgeschichtlichen Vergangenheit CO_2 -Konzentration und Temperatur korrelierten. Während der letzten 1000 Jahre lag der CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre ziemlich konstant um 280 ppm. Seit 1800 jedoch wurde ein stetiger, immer stärker zunehmender Anstieg auf ca. 380 ppm im Jahr 2005 registriert. Ursache dafür sind weltweit steigende CO_2 -Emissionen des Menschen. Selbst mithilfe radikaler Klimaschutzziele ist eine Verdopplung des vorindustriellen Wertes in den nächsten Jahrzehnten kaum noch zu verhindern.

Die Uratmosphäre der Erde bestand vermutlich zu um die 95 % aus CO_2 . Die beständige Degression des CO_2 -Gehaltes der Erdatmosphäre ist auf zwei Kohlenstoffkreisläufe zurückzuführen. In erdgeschichtlich früherer Zeit war der Silikat-Karbonat-Kreislauf mit den Hauptbestandteilen Verwitterung, Bildung von Kalkschalen und Vulkanismus bestimmend.

Während ein hoher Verwitterungsanteil in damaliger Zeit der Atmosphäre viel CO₂ entzog, ist dieser Kreislauf heute so gut wie ausgeglichen. Mit zunehmender Evolution wurde ein anderer Kreislauf immer bedeutender, der Kreislauf aus CO₂ und organischem Kohlenstoff, der maßgeblich durch die Biosphäre gesteuert wird. Dieser Kreislauf wird sich bis in die ferne erdgeschichtliche Zukunft durch den Verbrauch und die Speicherung von CO₂ in der Biomasse weiter intensivieren und der Atmosphäre weiteres CO₂ entziehen. Da gleichzeitig eine weitere Erhöhung der Strahlungsintensität der Sonne erwartet wird, ist ungewiss, welcher Effekt in Bezug auf den Strahlungshaushalt der Erdatmosphäre bestimmender sein wird.⁴

Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre und die globale Temperatur sind gekoppelt, d. h. eine Veränderung des einen bewirkt eine Veränderung des anderen Wertes. Die Entstehung der meisten erdgeschichtlichen Eiszeiten mit Perioden von vielen Dutzenden von Millionen Jahren wurde hauptsächlich durch einen sich intensivierenden CO₂-Verbrauch und einen damit verbundenen geringeren Treibhauseffekt (und nicht wie verbreitet vermutet zum großen Teil durch Veränderungen in der Strahlungsintensität der Sonne) verursacht.⁵ Tatsächlich stieg die Strahlungsintensität der Sonne im Verlauf der Erdgeschichte immer weiter an.⁶ Es wird vermutet, dass zu Zeiten der Uratmosphäre die Sonneneinstrahlung auf die Erde nur 70 % des heutigen Wertes betrug. Durch den hohen CO₂-Anteil war jedoch ein Großteil der durch endogene Prozesse und Sonneneinstrahlung vorhandenen Wärme in der Erdatmosphäre „gefangen“. Dadurch betrug die Temperatur der Erdoberfläche zu Zeiten der Uratmosphäre vor 4,5 Mrd. Jahren ca. 1200 °C bei einem Druck von 80.000 bis 100.000 hPa.⁷

Die Kaltzeiten der Vergangenheit der letzten 400.000 Jahre wurden vor allem durch die Exzentrizität (also durch die Veränderung der Ellipsenbahn des Erdumlaufes um die Sonne) mit einer Amplitude von ca. 100.000 Jahren verursacht. Kam es danach wieder zu einer Erhöhung der Temperatur bewirkte dies eine erhöhte Freisetzung von CO₂ vor allem aus den Weltmeeren (Warmzeiten) bzw. umgekehrt ließen sinkende Temperaturen den atmosphärischen CO₂-Gehalt wieder sinken (Kaltzeiten). Beide Effekte sind positiv rückgekoppelt. Der anthropogene Klimawandel erfolgt unter umgekehrten Vorzeichen. Nicht die Temperaturen steigen diesmal zuerst massiv an, sondern der Gehalt des CO₂. Anthropogene Ursachen dafür sind nicht zu leugnen. Durch die Wirkung des erhöhten Anteils des Treibhausgases CO₂ in der Troposphäre wird die Rückstrahlung zuvor auf die Erde gelangter Sonnenenergie in den Weltraum vermindert, was zu einer Erhöhung der globalen

⁴ Vgl. DWD (2003), S. 8 ff.

⁵ Eine weitere Rolle spielt die Verteilung der Landmassen.

⁶ Astronomische Untersuchungen beschreiben die Zunahme der Strahlungsenergie eines Sterns mit zunehmender Alterung als typisch.

⁷ Vgl. DWD (2003), S. 8 ff.

Temperatur führt. Weitere positive Rückkopplungen wie das Schmelzen von Gletschern und polaren Eisflächen (Folge: geringere direkte Reflexion in den Weltraum durch geringere Albedo der freigelegten Erd- oder Wasserflächen), der Erwärmung der Weltmeere (Folgen: geringere CO₂-Speicherfähigkeit und damit weitere Erhöhung des CO₂-Anteils in der Atmosphäre, Ausdehnung der weltweiten Wasserfläche und damit geringere Albedo als über Landflächen, Erwärmung über Wasser streichender Luftmassen, höhere Luftfeuchte und dadurch höherer Treibhauseffekt durch Wirkung des Wasserdampfes als Treibhausgas etc.) und vieler anderer Effekte verstärken die Erwärmung zusätzlich.

Je nach angewendetem Prognosemodell führen die Veränderungen in der Atmosphärenzusammensetzung zu einer Zunahme der globalen Mitteltemperatur von 1,5 K bis 4,5 K bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Durch das Auftreten von bisher unbekanntem oder unterschätzten Rückkopplungseffekten können jedoch auch Werte außerhalb dieser Bandbreite ergeben.

Politische Maßnahmen sollen helfen, den „worst case“, eine weitere unkontrollierte Aufheizung der Erde, zu verhindern. Die Folgen einer globalen Temperaturerhöhung von über 2 K gelten den meisten wissenschaftlichen Klimastudien zufolge als kaum mehr beherrschbar. Den Erfolg inzwischen weltweit eingeleiteter politischer Bemühungen werden die Nachfahren der jetzt politisch und wirtschaftlich entscheidenden Generationen beurteilen können.

Es darf nicht unterschlagen werden, dass sehr viele Faktoren auf das Klima der Erde wirken. Terrestrisch betrachtet änderte sich z. B. in der erdgeschichtlichen Vergangenheit die Zusammensetzung der Erdatmosphäre von der Entstehung der Erde bis zur heutigen Zeit signifikant. Die Abschwächung tektonischer und vulkanischer Aktivitäten bewirkte, dass der CO₂-Gehalt auf den heutigen niedrigen Stand sinken konnte. All diese Veränderungen vollzogen sich aber im Zeitraum von zehntausenden, von Millionen von Jahren. Die heutigen Veränderungen geschehen in Jahrzehnten.

Beispiele für extraterrestrische Veränderungen bietet überwiegend die Sonne. Dieses Gebiet ist Gegenstand umfangreicher wissenschaftlicher Forschungen, bis heute sind noch nicht alle diesbezüglichen Prozesse und Rückkopplungen verstanden. Klimaskeptiker negieren häufig den überwiegenden Einfluss des CO₂-Anstieges an der bereits seit mehr als 100 Jahren andauernden Erwärmung der Erde. Diese Argumentationen werden dadurch gestützt, dass sich die Sonne seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts in einer Phase außergewöhnlich hoher Aktivität befinde. Dies zeigt sich in einem erhöhten Auftreten von Gasausbrüchen und

Strahlungsstürmen. Ebenso ist die mittlere Sonnenfleckenanzahl, die in einem elfjährigen⁸ Zyklus schwankt, seit den 1940er Jahren auf dem höchsten Niveau seit mindestens 1000 Jahren. Eine hohe Anzahl an Sonnenflecken erhöht die auf die Erde einwirkende Sonnenenergie, wobei einige Quellen [wie z. B. DWD 2003, S. 8] diesen Einfluss als sehr gering beschreiben. Bspw. sind Rückkopplungseffekte wie eine damit zusammenhängende erhöhte Wolkenbildung noch zu wenig erforscht, um einem erhöhten Auftreten von Sonnenflecken eindeutig eine Erwärmungswirkung zuzuordnen. Der globale Temperaturanstieg bis Mitte der 1970er Jahre könnte möglicherweise dennoch zum Teil damit erklärt werden, der stetige, immer schnellere Anstieg der weltweiten Mitteltemperatur in den letzten 30 Jahren aber kann mit diesem Ansatz eindeutig nicht mehr erfasst werden. Die Sonnenaktivität blieb während dieser Zeit weitgehend konstant. Die einzige plausible Erklärung für die beobachtete Temperaturzunahme bietet die erhöhte Treibhauswirkung der Atmosphäre durch eine Zunahme der Treibhausgase.

Dass der anthropogene Erwärmungseffekt nicht schon viel früher einsetzte, kann zu einem großen Teil auch mit der durch die Industrialisierung stark ansteigende Aerosolmenge in der Erdatmosphäre erklärt werden, die eine Erwärmung durch die zunehmenden CO₂-Emissionen noch kompensierte. Zudem führen vulkanische Aktivitäten immer wieder zu zusätzlichen Aerosoleinträgen, so dass die Erwärmung nicht gleichmäßig verläuft. Teilweise, wie in den 1960er Jahren, konnte dadurch sogar eine Nettoabkühlung beobachtet werden. Inzwischen ist die Bilanz zwischen den Faktoren, die die Sonnenstrahlung gar nicht erst auf die Erde gelangen lassen und denen, die sie nicht wieder aus der Atmosphäre entlassen, aber so unausgeglichen, dass die Folgen in Form einer immer stärkeren globalen Erwärmung immer deutlicher werden.⁹

2.3. Fehlerquellen

Es wurde versucht, die Qualität der verwendeten Reihen v. a. durch die Verwendung homogener bzw. geprüfter Reihen so hoch als möglich zu halten. Aussagen über Klimaveränderungen aufgrund einzelner Messreihen zu treffen ist dennoch schwierig. Verschiedene Fehlerquellen verfälschen die Messwerte, so dass eine Vergleichbarkeit über die gesamte Geschichte einer Station (insbesondere bei nicht homogenisierten Werten) häufig nur eine eingeschränkte Aussagekraft besitzt. Trotzdem sind Tendenzen im Allgemeinen gut

⁸ Dieser Zyklus ist nicht konstant, im 20. Jahrhundert lag dieser Wert bei ca. 10,5 Jahren

⁹ Vgl. auch Grafiken auf <http://www.giss.nasa.gov/data/simodel/>

erkennbar, gerade bei Verwendung langjähriger Kennzahlen wie des gleitenden 30jährigen Mittels.

Die meisten Stationen mit langen Klimareihen haben irgendwann in ihrer Geschichte ihren Standort gewechselt, häufig nicht nur einmal. Nur beschränkt konnten die jeweiligen Stationshistoriken komplett nachvollzogen werden, so dass in der Lagebeschreibung durchaus Fehler und Unvollständigkeiten möglich sind. Generell wurde in kombinierten Reihen versucht, die Vergleichbarkeit der Standorte zu wahren, völlige Homogenität dieser ist jedoch eine Illusion. Außerdem - auch gleich bleibende Standorte verändern sich, Bäume wachsen, Häuser werden neu gebaut, Städte dehnen sich aus. Flächen, die im Jahr 1800 noch 5 km außerhalb einer Stadt lagen, können im Jahre 2006 weit im inneren Teil einer Großstadt liegen. Dadurch werden, vor allem im Gebiet außerhalb der zwei Wendekreise, menschenverursachte Erwärmungen, so genannte Stadtwärmeeffekte, deutlich. Auf eine überregionale und großflächige Änderung des Klimas müssen diese jedoch keinen Einfluss haben. Die Veränderung von Messgenauigkeiten und möglicherweise Fehler, die sich über Jahre potenzieren, sind ebenfalls ein Problem und können nicht ausgeschlossen werden. Auch Fehler in der Übernahme der Originaldaten treten auf und können in jeder Reihe vermutet werden.

3. Detaillierte Analysen für Mitteleuropa

3.1. Klimazone

Alle untersuchten Stationen Mitteleuropas liegen nach Wladimir Köppens Klimaklassifikation¹⁰ im Bereich Cfb, was warmgemäßigtem, feuchttemperiertem Klima mit warmen Sommern und kühlen bis kalten Wintern entspricht, dem repräsentativen durchschnittlichen Klima Mitteleuropas. Einzig und allein die auf 380 m über NN gelegene Station Prag-Ruzyne oberhalb des eigentlichen Stadtgebietes von Prag auf 200 m über NN fällt durch ihre vorrangig im 19. Jahrhundert im Januar und teilweise sogar Februar unter -3 °C gelegenen durchschnittlichen Monatsmittel in die Grenzzone zum Bereich Dfb (winterfeucht-kaltes Klima mit warmen Sommern und kalten Wintern).

¹⁰ Basierend auf: Wladimir Köppen „Geografisches System der Klimate“ (1936)

3.2. Berlin

3.2.1. Lage und Daten der Station

Deutschlands Hauptstadt Berlin liegt im Osten der Republik und wird sowohl von maritimem Westwindwetter als auch kontinentalem Einfluss beherrscht. Im norddeutschen Flachland gelegen, halten sich orografische Einflüsse in Grenzen. Die Wetterstation Berlin - Tempelhof¹¹ liegt auf ca. 52,5 ° nördlicher Breite und 13,4 ° östlicher Länge auf 50m über NN.

Ein Problem bei dieser Datenreihe ist der häufige Wechsel der Standorte, offiziell trägt diese zwar den Namen Berlin-Tempelhof, ist aber in den über drei Jahrhunderten ihres Bestehens oft umgezogen. Bis 1908 wurden verschiedene Messstellen in der Innenstadt Berlins (Bezirke Mitte und Kreuzberg) mit teils rasch wechselnden Beobachtern, Beobachtungsmethoden und Geräten herangezogen. Die Folgedaten bis 1950 stammen von der Klimastation in Berlin-Dahlem, ab 1951 wurden die Daten der neuen Wetterstation am Flughafen Berlin-Tempelhof verwendet. Diese wurde anschließend ebenfalls zweimal innerhalb des Flughafengeländes versetzt.¹²

Die Jahresdaten dieser Untersuchung sind die von Jürgen Pelz 1997 in der Berliner Wetterkarte veröffentlichten homogenisierten Jahreswerte für Berlin-Tempelhof,¹³ die Jahresmittel nach 1997 stammen direkt vom Deutschen Wetterdienst¹⁴. Für die monatlichen Werte und die der Jahreszeitenmittel wurden die von Jörg Wichmann im Jahre 2006 für Berlin-Tempelhof homogenisierten Monatsmittel verwendet. Diese werden Ende 2006 nochmals einer Fehlerreduktion durch Jörg Wichmann unterzogen, die Ergebnisse werden nach ihrer Veröffentlichung als Update in diesen Bericht mit eingearbeitet¹⁵

Mit Aufnahme der Messungen im Jahre 1701 ist die Berliner Reihe eine der ältesten Wettermessreihen der Welt. Im Zeitraum bis 1710 liegen einzelne Datenlücken vor, von Juni 1710 bis Dezember 1727 sind keine Daten vorhanden, ebenso von Mai bis Dezember 1729. Die Analyse der Berliner Reihe startet mit dem Jahre 1737 (= 30jähriges gleitendes Mittel 1751), da, mit Ausnahme des Zeitraumes November 1751 bis November 1755, von diesem Zeitpunkt an keine Datenlücken mehr auftreten. Da das 30jährige Mittel für diese

¹¹ Bild der aktuellen Station unter <http://www.albwetter.de/BTempelhof.htm>

¹² Informationen zur Reihe von Berlin Tempelhof von Jürgen Pelz (per Fax), bei Interesse an näheren Informationen zur Reihe bitte an den Autor (Andreas Hoy) wenden

¹³ Jürgen Pelz, Beitrag SO 21/97 zur Berliner Wetterkarte

¹⁴ <http://www.dwd.de>

¹⁵ Jörg Wichmann, Mail vom 25.10.2006

Untersuchung relevant ist, sind bei der Interpretation aller Trends bis 1769 die Lücken der 1750er Jahre zu beachten. Für diese Studie wurden bis 2005 vorhandene Daten verwendet.

3.2.2. Jahresmittel

Das tiefste Jahresmittel wurde mit 6,2 °C im Jahr 1740 registriert, betrachtet man nur den Zeitraum des 19. bis 21. Jahrhunderts, liegt es bei 7,1 °C (1838 und 1855). Das höchste Jahresmittel wurde 1756 mit 12,0 °C erreicht, gefolgt von 1779 mit 11,3 °C. Ohne Betrachtung der frühen Jahre liegen die Jahre 1834 und 2000 mit 11,1 °C an der Spitze. Die Jahresmittel im 18. Jahrhundert unterliegen einer hohen Schwankungsbreite, im 19. und 20. Jahrhundert ist dies nicht mehr so ausgeprägt. Die Amplitude zwischen kältestem und wärmstem Jahr beträgt 5,8 K bzw. nur auf das 19. bis 21. Jahrhundert bezogen 4,9 K.

Der Start der Analyse der durchschnittlichen Jahresmitteltemperaturen im Jahr 1751 erfolgt auf einem Niveau von ca. 9,1 °C, welches im Verlauf der Untersuchung erst 80 Jahre später wieder erreicht wird. Basierend auf den sporadisch vorliegenden Daten ab 1701 ist allerdings ersichtlich, dass im Vorfeld noch niedrigere Werte erreicht wurden. Der offensichtlich schon im Gang befindliche Erwärmungsprozess setzt sich mit Schwankungen bis ca. 1790 fort. Das durchschnittliche Mittel beträgt nun 9,7 °C, dieses Niveau wird erst zum Ende des Betrachtungszeitraumes wieder erreicht. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts sinken die Werte wieder ab und bleiben danach bis um das Jahr 1895 relativ konstant auf niedrigem Niveau von um die 8,6 bis 8,9 °C. Danach erfolgt ein Anstieg um 0,6 K bis 1924, bis zur Mitte der 70er Jahre ist nachfolgend kein Trend zu erkennen. Die seit den 1970er Jahren beginnende Erwärmung wird im 30jährigen Mittel anfangs durch die kühlen 1960er Jahre kompensiert, erst die letzten 15 Jahre bis 1990 lassen einen starken Anstieg des Mittels um 0,5 K erkennen.

3.2.3. Jahreszeitenmittel

3.2.3.1. Winter

Der kälteste Winter ist der von 1708/1709 mit einem Mittel von -6,0 °C, der Januar ragt hier mit -11,0 °C, der kälteste Monatsmitteltemperatur in der Berliner Reihe, deutlich heraus. Auf den Plätzen folgen die Winter 1829/30 und 1939/40 mit -5,9 °C, danach der von 1946/47 mit -5,1 °C. Monatsmittel unter -10 °C wurden neben dem Januar 1709 noch im Dezember 1788 (-10,5 °C), in den Januaren 1823 und 1838 (-10,3 °C) und dem Februar 1929 (-10,1 °C)

registriert. Der wärmste Winter ist der von 1755/56 mit 5,6 °C, alle Monate waren hier mit 5,5 bis 5,8 °C sehr markant zu warm. Es folgen die Winter 1989/90 mit 4,5 °C und 1795/96 mit 4,3 °C. Die Schwankungsbreite der kalten Jahreszeit liegt bei stattlichen 11,1 K bzw. nur auf das 19. bis 21. Jahrhundert bezogen 10,1 K.

Der Winter ist die schwankungsaktivste aller Jahreszeiten, wodurch Einzelereignisse auch bei einem so langjährigen Mittel wie dem 30jährigen deutliche Spuren hinterlassen können. Der fast schon zyklische Wechsel von kalten und warmen Wintern führt innerhalb der Trends zu größeren Schwankungen. Am Beginn der Betrachtung 1751 liegt das Mittel knapp unterhalb von 1 °C bei einem leichten Anstiegstrend, welcher den Werten ab 1701 nach betrachtet offensichtlich bereits deutlich früher einsetzte. Nach dem Jahre 1760 kommt es zu einem Rückgang der Mitteltemperaturen. Im 19. Jahrhundert ist kein einheitlicher Trend zu erkennen, die Werte schwanken zwischen -0,3 °C und 0,6 °C. Im 20. Jahrhundert erfolgt ein deutlicher Anstieg innerhalb von 15 Jahren bis 1913 um 0,8 K auf 0,7 °C. Nach 10 Jahren um dieses Niveau sinkt der Mittelwert deutlich um 1 K bis 1954 ab, so dass das Mittel nun leicht unter dem Gefrierpunkt liegt. Danach erfolgt ein starker Anstieg um 1,4 K auf das Rekordniveau von 1,3 °C für das 30jährige Gleitmittel von 1988.

3.2.3.2.Frühling

Die zwei kältesten Frühjahre liegen mit 4,7 °C (1785) und 4,8 °C (1740) im 18. Jahrhundert, gefolgt vom Jahr 1853 mit 5,2 °C. Das wärmste Frühjahr wurde im Jahr 1794 mit 12,0 °C gemessen. Die Jahre 2000, 1811 und 1779 folgen mit 11,5 °C auf Platz 2. Die Schwankungsbreite beträgt 7,3 K bzw. nur auf das 19. bis 21. Jahrhundert bezogen 6,3 K.

Nach einem kühlen Beginn steigt das Mittel um 0,8 K auf 9,2 °C im Jahr 1765, bis ca. 1815 herrscht danach ein uneinheitlicher Trend. Nach einem starken Rückgang um 1,3 K auf 8,0 °C bis 1845 bleibt das Temperaturmittel bis vor die Jahrhundertwende 1900 auf diesem Niveau. Der danach folgende Anstieg setzt sich bis ca. 1934 fort. Das erreichte Niveau von 9,0 °C sinkt bis 1965 wieder auf 8,5 °C ab, danach kommt es zu einem deutlichen Anstieg auf 9,4 °C im Jahr 1990.

3.2.3.3.Sommer

Der kälteste Sommer ist der von 1732 mit einem Mittel von 15,0 °C, gefolgt von den Jahren 1733 und 1844 mit 15,2 °C. Der zwei wärmsten Sommer sind die von 1775 und 1826 mit 21,5

°C, gefolgt von den Jahren 1781 und 1834 mit 21,3 °C. Nach 1834 konnten Werte über 20 °C mit Ausnahme von 1947 (20,0 °C) erst wieder seit den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts beobachtet werden, dort aber extrem gehäuft (1992, 1994, 1997, 2003, 2006). Der wärmste Monat überhaupt ist der August 1807 mit 24,5 °C, dicht gefolgt vom Juli 2006 mit 24,4 °C. An dritter Stelle folgt mit 23,7 °C der Juli 1994. Die Variabilität der Sommermonate beträgt 6,5 K bzw. nur auf das 19. bis 21. Jahrhundert bezogen 6,3 K.

Der Sommertrend von 1740 (nicht im Diagramm aufgeführt) bis 1789 ist der deutlichste aller betrachteten Jahreszeiten und Reihen überhaupt. Von später nicht wieder erreichten 16,8 °C steigt das Mittel um 2,5 K auf später nicht wieder erreichte 19,3 °C. Sofern diese Zahlen wirklich den Tatsachen entsprechen und nicht durch eine Veränderung von Messmethoden oder verändertem Strahlungsschutz herbeigeführt wurden (was besonders auf Messungen im Sommer große Auswirkungen hätte), wäre der Klimawechsel für die damals lebenden Menschen deutlich zu spüren gewesen, denn kühle Sommer wurden durch warme regelrecht ersetzt. Da von 1701 bis 1774 (mit Lücken) die Beobachtungen durch verschiedene Mitglieder der Familie Kirch an gleichem Standort durchgeführt wurden, sollte eine relative Homogenität der Messdaten gegeben sein.¹⁶

Die folgenden 50 Jahre zeichnen sich durch einen Abwärtstrend in den Bereich von 18,0 °C aus, abgeschwächt und uneinheitlich setzt sich dieser Trend bis zum Wert von 17,5 °C im Jahre 1915 fort. Nach einem Anstieg um ca. 1 K bis 1945 ist bis zur Mitte der 1970er Jahre erneut ein leichter Abwärtstrend zu beobachten, der von einem nur leichten Aufwärtstrend bis 1990 abgelöst wird. Hierbei ist zu beachten, dass ab 1990 verstärkt sehr warme Sommer auftraten, die bisher noch durch die kühleren Sommer der 1980er Jahre kompensiert werden, so dass der auch hier zu beobachtende Erwärmungstrend im 30jährigen Mittel in den nächsten Jahren voraussichtlich deutlich stärker in Erscheinung treten wird.

3.2.3.4. Herbst

Der kälteste Herbst ist der von 1739 mit 5,8 °C, gefolgt vom Herbst 1786 mit 6,3 °C und dem von 1912 mit 6,8 °C. 1795 und 1982 war der Herbst mit 11,9 °C am wärmsten, gefolgt von den Jahren 1756 und 1824 (11,5 °C). Der Herbst 2006 könnte sich in die Reihe der wärmsten Herbst-Jahreszeiten mit einordnen. Die Schwankungsamplitude liegt bei 6,1 K, bzw. nur auf das 19. bis 21. Jahrhundert bezogen 5,6 K.

¹⁶ Vgl. Jürgen Pelz, Beitrag SO 21/97 zur Berliner Wetterkarte

Auf einem Niveau von 9,0 °C beginnend, ist bis ca. 1813 ein uneinheitlicher Aufwärtstrend auf 10,0 °C zu erkennen. Dieser wird gefolgt von einem langfristigen Abwärtstrend bis 1907 auf 8,7 °C. Bis 1941 erfolgt abermals ein Anstieg auf ein Niveau von ca. 9,6 °C. Dieses wird bis zum Ende des Betrachtungszeitraums unter geringen Schwankungen gehalten.

3.3. De Bilt

3.3.1. Lage und Daten der Station

Die Wetterstation De Bilt befindet sich nahe Utrecht in Holland.¹⁷ Nur knapp über dem Meeresspiegel im Übergangsbereich vom Utrechter Hügelland zum Rheinland gelegen, ist die Gegend ein Paradebeispiel für maritim geprägtes Klima. Die als halboffen zu bezeichnende Umgebung der Station besteht aus Gras- und Ackerland unterbrochen von Abschnitten stärkerer Bebauung und Wäldern. Es überwiegen sandige Böden. Der Messstandort ist nur zwei Meter über dem Meeresspiegel auf 52,1 ° nördlicher Breite und 5,1 ° östlicher Länge zu finden.¹⁸

Die vorliegende Messreihe beginnt im Jahr 1706 und liegt im Jahr 2005 exakt 300 Jahre vor. Die De Bilt genannte Reihe setzt sich aus den Werten diverser holländischer Stationen zusammen, die auf den Standort De Bilt reduziert wurden. Die Rohdaten stammen von 1706 bis 1734 aus Delft/ Rijnsburg, von 1735 bis 1800 und 1811 bis 1848 aus Zwanenburg, von 1801 bis 1810 aus Haarlem sowie von 1849 bis 1897 aus Utrecht. Seit 1898 wird auf dem heutigen Standort am Observatorium in De Bilt (dem Hauptsitz des holländischen Wetterdienstes) gemessen.¹⁹

Datenquelle der verwendeten Daten ist der niederländische Wetterdienst KNMI²⁰. Die Auswertungen mithilfe des gleitenden 30jährigen Mittels starten 1751.

3.3.2. Jahresmittel

¹⁷ Lagekarte: <http://www.weather-forecast.com/locationmaps/DeBilt.jpg> (gelber Stern) & <http://www.knmi.nl/klimatologie/normalen1971-2000/html/stationskaart.jpg>

Bilder der Station: <http://www.albwetter.de/DeBilt.htm>

¹⁸ Ergänzende Informationen/ Historie: <http://www.knmi.nl/klimatologie/metadata/debilt.html> & <http://www.archivolt-bna.nl/KNMI.html> (niederländisch)

¹⁹ Informationen zur Reihe De Bilt von Theo Brandsma, KNMI (per E-Mail)

²⁰ <http://www.knmi.nl/> (Daten per Mail)

Das kälteste Jahr wurde 1740 mit 6,5 °C registriert, gefolgt von 1805 mit 7,0 °C, die wärmsten fünf Jahre liegen komplett in den letzten 20 Jahren (1990, 1999, 2000: 10,9 °C; 2002, 2005: 10,8 °C). Die Schwankungsbreite der letzten 300 Jahre liegt somit bei 4,4 K.

Bis zur Jahrhundertwende 1800 gibt es nach kurzzeitigem Anstieg einen uneinheitlichen, sinkenden Trend von 9,1 K 1761 auf 8,6 K zum Ende. Bis ca. 1831 steigen die Werte wieder bis auf 9,2 K an. Auf diesem Niveau verharren sie bis zum Ende des 19. Jahrhunderts, danach kommt es bis 1942 zu einem geringen Anstieg um 0,4 K, gefolgt von einem leichten Rückgang. Mit Beginn der 1970er Jahre kehrt sich dieser in einen deutlichen Aufwärtstrend um.

3.3.3. Jahreszeitenmittel

3.3.3.1. Winter

Die europaweit sehr kalten Winter 1829/30 und 1962/63 sind die kältesten überhaupt in De Bilt mit -3,1 °C. Berlins kältester Winter 1708/09 landet in De Bilt nur auf Rang 10 mit -1,7 °C. Kältester Monat überhaupt ist der Januar 1823 mit -7,0 °C, gefolgt vom Februar 1956 mit -6,7 °C. Der Westlagenwinter 1989/90 führt die Wärmerangliste mit 6,0 °C an, gefolgt vom wettertechnisch ähnlichen Vorwinter 1988/89 mit 5,6 °C. Da extreme Kältewellen wegen der maritimen Lage nur unter Abschwächung die Station erreichen beträgt die Schwankungsbreite im Winter nur 9,1 K.

Vom Analysestart 1751 (2,2 °C) bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts kommt es zu einem Abfall der Temperatur von fast 1 K. Danach ergibt sich bis ca. 1870 ein Aufwärtstrend von reichlich 1 K, die Hälfte davon wird bis zum Ende des Jahrhunderts wieder verloren. Das 20. Jahrhundert zeigt sich uneinheitlich mit einem Maxima von 2,9 °C 1924, einem Minima von 1,9 K 1954, einem darauf folgenden starken Anstieg bis 1962 auf 2,6 °C, einem leichten Abfall bis in die 1970er Jahre und einem deutlichen Anstieg in den zwei Jahrzehnten darauf.

3.3.3.2. Frühling

Das kälteste Frühjahr wurde 1740 mit 5,0 °C registriert, knapp gefolgt von 1845 mit 5,1 °C. Am wärmsten ist es 1811 und 1862 mit einem Mittel von 10,7 °C, 1998 folgt mit 10,6 °C auf dem dritten Rang. Die Variabilität beträgt 5,7 K.

Im 18. Jahrhundert schwanken die Werte um 8,0 °C, danach ist kein eindeutiger Trend auf etwas höherem Niveau zu erkennen. Erst mit Beginn der 1970er Jahre erfolgt ein deutlicher Anstieg auf bis heute 9,2 °C, dem mit Abstand höchstem Wert der Reihe.

3.3.3.3.Sommer

Der kälteste Sommer der Aufzeichnungsreihe trat 1725 auf, als im Mittel nur 13,1 °C erreicht wurden, 1805 folgt mit großem Abstand (14,0 °C). Am wärmsten waren die Sommer 1826 und 1947 mit 18,7 °C, 1781 und 2003 folgen mit 18,6 °C auf den Plätzen. Die Schwankungsbreite beträgt 5,6 °C. Der wärmste Sommermonat überhaupt war der Juli 2006 mit 22,3 °C, in weitem Abstand folgen die Julimonate 1994 (21,4 °C) und 1783 (20,6 °C).

Nach einem Anstieg um 0,5 K in den ersten 20 Jahren erfolgt in den nächsten 30 ein Rückgang um fast 1 K. Bis nach Mitte des 19. Jahrhunderts kommt es zu einer leicht steigenden Tendenz, die Erwärmung wird bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts durch einen Rückgang der Werte wieder kompensiert. Bis in die 1940er Jahre erfolgt ein recht deutlicher Anstieg, der durch den Rückgang bis in die 1960er Jahre nicht vollständig ausgeglichen werden kann. Bis heute ist erneut eine recht deutliche Erwärmung zu beobachten.

3.3.3.4.Herbst

Der kälteste registrierte Herbst ist der des Jahres 1786 mit 7,1 °C, gefolgt von 1739 und 1805 mit 7,5 °C. Der Wärmerekord wurde 2005 mit 12,4 °C aufgestellt, 1731 folgt mit 12,0 °C auf Rang zwei. Die Variabilität beträgt 5,3 K.

Bis ca. 1785 schwanken die Mittel nach einem Anstiegstrend am Beginn um Werte knapp unter 10 °C, danach ist ein Rückgang bis 1800 auf 9,4 K zu beobachten, gefolgt von einem erneuten Anstieg auf 10 °C bis 1835. Bis 1917 kommt es zu einem langsamen Rückgang auf 9,4 °C, danach bis 1948 zu einem Anstieg um 0,8 K. Bis zum Beginn der 1980er Jahre bleibt der Mittelwert knapp über 10 °C erhalten, in der letzten Dekade setzt sich jedoch wieder ein Anstiegstrend durch.

3.4. München und Hohenpeißenberg

3.4.1. Lage und Daten der Station München

Bayerns Hauptstadt München liegt im Süden Deutschlands im Alpenvorland auf durchschnittlich mehr als 500 m über NN, dabei macht sich klimatisch die Lage zu den Alpen bemerkbar. Der Messstandort München-Riem befindet sich auf 48,1 ° nördlicher Breite und 11,7 ° östlicher Länge auf einer Höhenlage von 529 m über NN. Die Wetterstation liegt am östlichen Stadtrand Münchens.

Die Münchener Reihe tritt nicht einheitlich auf. Seit 1781 gab es Messungen im Münchener Augustinerkloster, in der Damenstiftsgasse und der Münchener Sternwarte mit etlichen Beobachtungslücken. Herr Martin Päsler erarbeitete im Rahmen einer Forschungsarbeit an der Universität München - Meteorologisches Institut im Juli 1970 eine Temperaturmessreihe ab 1781 aus den in München gemessenen Werten. Diese Daten reduzierte er für den Standort München-Riem und berechnete die fehlenden Münchener Werte aus den Daten von Stationen in der Umgebung Münchens, wie z.B. Ingolstadt, Regensburg und Andechs. Die Station München-Riem selbst wurde erst am 25.11.1939 eingerichtet und am 16.05.1992 aufgelöst. Am Ende des Zweiten Weltkrieges wurden vorübergehend die Beobachtungen für wenige Monate eingestellt und die Daten der Station München-Bogenhausen verwendet. Im Jahr 1992 zog die Station zum Flughafen Erdinger Moos um (Breite 48,3 ° nördlich, Länge 11,8 ° östlich). Diese Daten sind aufgrund unterschiedlicher Umgebungskomponenten nicht mit dem Standort München-Riem zu vergleichen. Die Station Oberschleißheim (Beobachtungen seit dem 01.04.1976) entspricht am ehesten den Umgebungsbedingungen derer am Standort München-Riem (Stadtrandlage, Höhe 484 m).²¹ Daher werden ab 1992 die Daten der DWD-Station Oberschleißheim für die Weiterführung der Reihe herangezogen. Diese stammen direkt vom Deutschen Wetterdienst, die Quellwerte der übrigen Reihe sind die Daten der Wetterzentrale.

Die Aufnahme der Messungen erfolgte 1781, es liegen aufgrund der oben beschriebenen Homogenisierungsvorgänge keinerlei Datenausfälle vor. Die Analyse des gleitenden 30jährigen Mittels beginnt im Jahr 1801.

3.4.2. Lage und Daten der Station Hohenpeißenberg

Der 988 m hohe Peißenberg wird klimatisch von seiner Lage am Alpenrand geprägt. Die Wetterstation Hohenpeißenberg befindet sich auf 977 m Höhe auf 47,8 ° nördlicher Breite und 11,0 ° östlicher Länge.

²¹ Informationen zur Reihe München-Riem von Guido Kugelmann, DWD Reg. Gutachterbüro München (per E-Mail)

Messbeginn war im Jahr 1781, mit über 220 Jahren durchgehender Datenaufzeichnung am gleichen Standort ist die Station Hohenpeißenberg die älteste Bergwetterwarte der Welt und ein Juwel für die Wissenschaft. Gemessen wurde bis 1940 auf dem Klostergelände auf dem Hohenpeißenberg, danach erfolgte ein Umzug auf ein Gelände nahe dem alten Standort (ca. 100m entfernt), was aber keine Auswirkungen auf die Durchgängigkeit der Messreihe nach sich zog²².

Die verwendete Datenreihe ist lückenlos und stammt direkt vom Deutschen Wetterdienst. Die Auswertungen des gleitenden 30jährigen Mittels beginnen im Jahr 1801.

3.4.3. Gründe für den Vergleich beider Stationen

Die Stationen München und Hohenpeißenberg liegen klimatisch vergleichbar im Alpenvorland und sind nur ca. 50 km voneinander entfernt. München hat zwar ca. 1,5 K höhere Jahresmittel zu verzeichnen und im Vergleich der einzelnen Jahreszeiten liegt Hohenpeißenberg zwischen 0 K (Winter) und 3 K (Sommer) unter den Münchener Werten, aber im Trend der Temperaturentwicklung über die Jahre hinweg liegen beide Stationen auf gleicher Wellenlänge. An beiden Stationen liegen seit 1781 Messwerte vor, so dass ebenfalls ein gemeinsamer Startpunkt für die Analyse gegeben ist.

3.4.4. Jahresmittel

Für München wurde das geringste Jahresmittel mit 5,9 °C in den Jahren 1870 und 1829 registriert, gefolgt von den Jahren 1785, 1871 und 1879 mit 6,0 °C. Für Hohenpeißenberg lag es 1879 mit 4,2 °C am niedrigsten, 1829 war nur 0,1 K wärmer. Das höchste Jahresmittel in München liegt mit 1994 (9,9 °C) noch nicht weit zurück, gefolgt von 1794 mit 9,6 °C. Auf dem Hohenpeißenberg war es 1811 mit 8,3 °C am wärmsten, die Jahre 1810, 1994 und 2003 waren nur 0,1 K kühler. Die Amplitude zwischen kältestem und wärmstem Jahr beträgt für München 4,0 K und für den Hohenpeißenberg 4,1 K.

Die Differenz zwischen dem Münchener (1801: 8,1 °C) und Hohenpeißenberger Mittel (1801: 6,6 °C) liegt über die betrachtete Periode weitgehend konstant um die 1,5 K. Im 19.

²² Zusätzliche Informationen zur Station unter <http://www.dwd.de/de/Funde/Observator/MOHP/wir/historie.htm>, Lagebild unter <http://www.dwd.de/de/Funde/Observator/MOHP/MOHP.htm> und Bilder der Station unter <http://www.dwd.de/de/Funde/Observator/MOHP/wir/bildergalerie.htm> sowie <http://www.albwetter.de/Hohenpeissenberg.htm>

Jahrhundert bis ca. 1880 ist beim Jahresmittel ein Abwärtstrend zu beobachten, der mit 0,8 K für München geringer als für den Hohenpeißenberg (1,2 K) ausfällt. Das 20. Jahrhundert fällt durch das Gegenteil auf, über den gesamten Zeitraum kommt es hier zu einem Anstieg der Temperaturen, nur unterbrochen von einem leichten Rückgang in den 1960er Jahren, ab den 1970er Jahren ist ein starker Anstieg um 0,3 °C (München) bzw. 0,5 °C (Hohenpeißenberg) innerhalb von 15 Jahren bis zum Ende des Betrachtungszeitpunktes 1990 auffällig.

3.4.5. Jahreszeitenmittel

3.4.5.1. Winter

Der kälteste Münchener Winter war der von 1962/63 mit -7,0 °C, gefolgt von dem von 1928/29 mit -6,9 °C und dem von 1829/30 mit -6,7 °C. Als kälteste Monate überhaupt mit Werten unter -10 °C gingen der Februar 1956 mit -11,6 °C, der Februar 1929 mit -11,3 °C, der Dezember 1788 mit -10,7 °C und der Dezember 1879 mit -10,6 °C in die Statistik ein. Auf dem Hohenpeißenberg waren die Winter 1829/30 (-6,5 °C), 1894/95 (-6,2 °C) und 1962/63 (-6,0 °C) am strengsten. Monate unter -10 °C traten auf dem Hohenpeißenberg nur zwei auf, der Februar 1956 mit -12,4 °C und der Dezember 1788 mit -10,5 °C. Der wärmste Münchener Winter trat 1833/34 mit 3,1 °C auf, gefolgt von 1795/96 mit 2,9 °C und 1876/77 mit 2,5 °C. Der mildeste Winter auf dem Hohenpeißenberg war der von 1989/90 mit 3,1 °C, die nachfolgenden Plätze belegen der Winter 1795/96 mit 2,6 °C und die Winter 1915/16 und 1997/98 mit 1,7 °C. Die Schwankungsamplitude für München liegt bei 10,1 K, für den Hohenpeißenberg bei 9,6 K.

Die Differenz zwischen dem Münchener (1801: -1,0 °C) und Hohenpeißenberger Mittel (1801: -1,2 °C) schwankt über die betrachtete Periode leicht zwischen 0,2 und 0,5 K mit einem Maximum um die Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert. Richtung Jahrtausendwende gleichen sich beide Mittelwerte immer mehr an, so dass die Differenz auf 0,1 K sinkt. Da zwischen einzelnen Wintern generell innerhalb weniger Jahre deutlich stärkere Schwankungen als zu den anderen Jahreszeiten auftreten, schwankt auch das 30jährige Mittel stärker als dies im Frühling, Sommer oder Herbst zu beobachten ist. Vom Untersuchungsbeginn 1801 bis zum Ende des 19. Jahrhunderts ist ein leichter Abwärtstrend mit Verstärkung in den letzten 30 Jahren auffällig, insgesamt sinkt das Mittel in 100 Jahren um reichlich 1 K. Bis 1924 kommt es, unterbrochen von einem Abfall mit Minimum um 1919, zu einem markanten Anstieg um 1,2 K für München bzw. 1,4 K für den Hohenpeißenberg. Bis 1941 sinkt das Wintermittel erneut um 0,9 K ab, die folgenden 50

Jahre steigt es nach zehnjähriger Stagnation deutlich um ca. 1 K bis zum Ende des Betrachtungszeitraums an.

3.4.5.2.Frühling

Der mit Abstand kälteste Frühling trat 1785 mit 3,5 °C in München bzw. 1,5 °C auf dem Hohenpeißenberg auf. In München folgen 1837 und 1845 (4,7 °C), auf dem Hohenpeißenberg 1837 (2,3 °C) und 1853 sowie 1883 (2,7 °C). Der wärmste Frühling war der von 1794 mit 11,2 °C, 1811 war mit 10,9 °C ebenfalls sehr mild, gefolgt erst wieder von 1822 und 1862 mit 10,2 °C. Auf dem Hohenpeißenberg liegt ebenfalls 1794 mit 8,9 °C vorn, 1811, 1822 und 1862 folgen mit 8,7 °C dahinter. Die Schwankungsbreite beträgt 7,7 K für München und 7,4 K für den Hohenpeißenberg.

Die Differenz zwischen dem Münchener (1801: 8,2 °C) und Hohenpeißenberger Mittel (1801: 6,2 °C) liegt über den betrachteten Zeitraum leicht über 2,0 K. Vom Beginn der Auswertung 1801 bis 1846 sinken die Mittelwerte um reichlich 1 K ab, danach stagniert die Münchener Reihe bis 1888 während die Hohenpeißenberger noch leicht um knapp 0,5 K absinkt. Bis zur Mitte der 1950er Jahre steigen die Münchener um 1 K und die Hohenpeißenberger um 1,5 K an, danach erfolgt ein markanter Rückgang um 0,5 K innerhalb von zehn Jahren, der nach leichter Stagnation bis 1990 wieder mehr als kompensiert wurde.

3.4.5.3.Sommer

Die kältesten Münchener Sommer waren das „Jahr ohne Sommer“ (ausgelöst durch einen Vulkanausbruch in Südostasien ein Jahr zuvor)²³ 1816 mit 14,3 °C, 1913 mit 14,4 °C und 1882 mit 14,9 °C, die kältesten Hohenpeißenberger die von 1813 mit 11,5 °C, 1816 mit 11,7 °C und 1882 sowie 1913 mit 11,9 °C. Der Sommer 2003 war ein absoluter Ausnahmesommer mit einem Mittelwert von 20,8 °C in München und 19,1 °C auf dem Hohenpeißenberg. Abgeschlagen auf den Plätzen folgen 1807 mit 19,8 °C bzw. 17,3 °C und 1992 in München mit 18,1 °C und 1994 auf dem Hohenpeißenberg mit 16,8 °C. Als wärmster Monat löste der August 2003 mit 22,0 °C in München und 20,7 °C auf dem Hohenpeißenberg die bisherigen Spitzenreiter August 1807 mit 21,7 °C für München und Juli 1983 mit 19,7 °C für den Hohenpeißenberg ab. Der Juli 2006 schob sich mit 21,9 °C (Wert München-Flughafen!) bzw.

²³ Informationen dazu u.a. auf <http://de.wikipedia.org/wiki/Tambora>

19,8 °C (Hohenpeißenberg) jetzt noch dazwischen. Die Schwankungsbreite des Sommers beträgt 6,5 K (ohne 2003/ 2006: 5,5 K) für München und 7,6 K (ohne 2003/ 2006: 5,8 K).

Die Differenz zwischen dem Münchener (1801: 17,0 °C) und Hohenpeißenberger Mittel (1801: 14,5 °C) liegt über den betrachteten Zeitraum ziemlich konstant bei 2,5 K. Nach einem Rückgang um 0,5 K bis 1826 setzt sich die folgenden 100 Jahre ein uneinheitlicher Trend mit zuerst Erwärmungs- danach wieder Abkühlungstendenz durch. Nach einem erneuten Anstieg bis 1939 um 0,5 K und einem erneuten Absinken um diesen Betrag bis 1967 setzt sich bis 1990 ein auf dem Hohenpeißenberg stärker als in München ausgeprägter Anstiegstrend durch, der heiße Sommer 2003 ist in beiden Reihen im 30jährigen Mittel als kräftiger Anstieg um 0,2 K deutlich zu erkennen.

3.4.5.4. Herbst

Besonders kalt war der Herbst in München in den Jahren 1901 (5,0 °C), 1786 (5,1 °C) und 1782 (5,2 °C), auf dem Hohenpeißenberg in den Jahren 1912 (3,0 °C), 1922 (3,6 °C) und 1851 sowie 1782 (3,9 °C). Besonders warm fallen in München 1811 und 1961 (10,2 °C) sowie 1963 (10,0 °C) aus, auf dem Hohenpeißenberg 1810 (10,0 °C), 1811 (9,8 °C) und 1961 (9,5 °C). Die Schwankungsbreite beträgt 5,2 K für München und 7,0 K für den Hohenpeißenberg.

Die Differenz zwischen der Münchener (1801: 8,0 °C) und der Hohenpeißenberger Reihe (1801: 7,1 °C) schwankt im Zeitverlauf um 1 K. Nach einem ab 1801 ca. 25 Jahre währenden leichten Anstieg nahmen die Werte bis 1881 um reichlich 1 K ab. Der nachfolgende Anstieg dauerte bis 1956 und erbrachte eine Zunahme des Mittels um 1,5 K. Die nachfolgende Tendenz bis 2005 ist uneinheitlich mit einer erneuten Anstiegstendenz in den letzten fünf Jahren.

3.5. Prag (Stadt und Flughafen) und Wien

3.5.1. Lage und Daten der Station Prag-Stadt (Prag-Klementinum)

Die tschechische Hauptstadt Prag liegt eingebettet von Mittelgebirgen im Böhmisches Becken auf über 200 m über NN. Das Klima ist kontinental geprägt. Die Station Prag-

Klementinum²⁴ befindet sich inmitten des Prager Stadtzentrums auf 50,0 ° nördlicher Breite und 14,0 ° östlicher Länge. Sie liegt 194 m über dem Meeresspiegel.

Der Messstandort ist seit Messbeginn 1775 nie verändert worden, er befindet sich an der historischen Fenster-Wetterhütte auf der sonnenabgewandten Seite des Observatoriums. Damit entspricht die Messung zwar nicht WMO-Standards, ist aber in Bezug auf Kontinuität anderen Messreihen überlegen.

Offizieller Startpunkt der Messungen ist das Jahr 1775, die offensichtlich homogenisierten Daten²⁵ der Station liegen lückenlos bis zum 30.04.2005 vor. In den Jahren vor 1775 wurden zwar auch Aufzeichnungen durchgeführt, diese sind jedoch nur lückenhaft erhalten geblieben. Datenquelle ist das „European Climate Assessment & Dataset Project“ (ECA&D).²⁶ Die Auswertungen mithilfe des gleitenden 30jährigen Mittels starten 1801.

3.5.2. Lage und Daten der Station Prag-Flughafen (Prag-Ruzyne)

Die Station Prag-Ruzyne befindet sich am Flughafen Prag 15 km westlich des Stadtzentrums auf 50,1 ° nördlicher Breite und 14,3 ° östlicher Länge. Mit einer Höhenlage von 380 m befindet sie sich am höher gelegenen Stadtrand von Prag. Für die Hauptstadt selbst ist sie daher nicht repräsentativ, wohl aber für das höher gelegene Umland. Ob, wie viele und welche Standortwechsel es in der Geschichte der Station gab, ist nicht bekannt.

Die Messungen wurden im Jahre 1771 aufgenommen, Datenausfälle traten in den ersten drei Jahren häufig auf. Mit der Analyse des gleitenden 30jährigen Mittels wird im Jahre 1801 begonnen, von September 1939 bis Dezember 1950 liegen infolge des Zweiten Weltkrieges keine Messwerte vor, was für den Zeitraum 1925 bis 1965 Einschränkungen in der Genauigkeit der Analyse mit sich bringt. Datenquelle ist die Wetterzentrale, die Daten ab 1994 stammen aus der Sächsischen Klimadatenbank bzw. von der NOAA²⁷.

3.5.3. Lage und Daten der Station Wien

²⁴ Bilder der Station unter <http://www.albwetter.de/Prag.htm>, nähere Informationen unter <http://www.chmi.cz/meteo/ok/klemhiste.html> und <http://www.chmi.cz/meteo/ok/klemintroe.html> (englisch)

²⁵ Vermutung des Autors aufgrund der Konsistenz der Reihe, Angaben darüber liegen nicht vor.

²⁶ <http://eca.knmi.nl/>

²⁷ <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>

Die österreichische Hauptstadt Wien liegt kontinental im Donautal auf durchschnittlich knapp 200 m über NN. Die Wetterstation Wien - Hohe Warte²⁸ befindet sich auf 48,3 ° nördlicher Breite und 16,4 ° östlicher Länge auf 203 m über NN, Stationsverlegungen sind nicht bekannt.

Die Messreihe ist lückenlos beginnend im Jahre 1775. Mit der Analyse des gleitenden 30jährigen Mittels wird im Jahre 1801 begonnen. Datenquelle bis 1992 ist die Wetterzentrale, dann die NOAA in Abstimmung mit ECA.

3.5.4. Gründe für den Vergleich der drei Stationen

Obwohl auf den ersten Blick möglicherweise widersinnig erscheinend, gibt es doch gute Gründe für eine gemeinsame Untersuchung aller drei Reihen. Die beiden Hauptstädte Prag und Wien liegen ca. 250 km voneinander entfernt. Beide eint eine deutlich kontinentale Lage. Prag-Flughafen liegt im Jahresmittel ca. 2K kälter als die Stationen Prag-Stadt und Wien, dieser Unterschied ist in allen Jahreszeiten ähnlich ausgeprägt, die Temperaturtrends verlaufen ebenso durchweg ähnlich. Mit dem Messbeginn in den Jahren 1771 (Prag-Flughafen) bzw. 1775 ist ein gemeinsamer Startpunkt für die folgenden Analysen gegeben. Ein Vergleich der beiden Prager Stationen eröffnet außerdem die Möglichkeit, diese untereinander zu vergleichen. Damit kann bspw. erkannt werden, ob wirklich großflächige klimatische Veränderungen vorliegen oder diese möglicherweise besonders stark auf die Stadtzentren infolge des Stadtwärmeeffektes zutreffen. In diesem Falle müsste sich das Mittel der Station Prag-Flughafen in deutlich geringerem Ausmaß erhöhen als dies bei den beiden Stadtstationen in Prag und Wien der Fall ist.

3.5.5. Jahresmittel

Am Prager Flughafen wurde das geringste Jahresmittel mit 4,5 °C 1799 registriert, gefolgt von 1864 mit 5,2 °C. In der Prager Innenstadt waren die Jahre 1838 und 1871 mit 7,2 °C am kältesten, im 18. und 19. Jahrhundert wurden mehrfach Jahresmittel von 7,4 °C gemessen. Für Wien lag es 1829 mit 6,7 °C am niedrigsten, auf dem zweiten Rang folgt 1940 mit 7,4 °C. Die höchsten Jahresmittel am Flughafen Prag traten in den Jahren 1834 und 1794 mit 9,7 °C auf, gefolgt vom Jahr 2000 mit 9,6 °C. In der Innenstadt liegt das Jahr 2000 mit 12,0 °C vorn,

²⁸ Bilder der Station unter <http://www.albwetter.de/Wien.htm> sowie <http://www.susanne-danssmann.de/Stationen/> (Wien Hohe Warte)

dicht gefolgt von 1994 mit 11,9 °C. In Wien wurde in den letzten fünfzehn Jahren der bisherige Rekord von 1797 mit 11,3 °C gleich mehrfach übertroffen: 1994 mit 11,5°C und 2000 mit 11,7 °C. 2002 lag mit 11,3 °C ebenfalls beachtlich hoch. Die Amplitude zwischen kältestem und wärmstem Jahr beträgt für Prag-Flughafen 5,2 K, für Prag-Stadt 4,8 K und für Wien 5,0 K.

Die Differenz zwischen dem Prager Flughafen (1801: 8,1 °C) und Prag-Innenstadt (1801: 10,0 °C) sowie Wien (1801: 9,8 °C) liegt über die betrachtete Periode um 1,8 K. In den letzten zwei Jahrzehnten nahm dieser Unterschied signifikant um 0,5 K zu. Prag-Innenstadt ist anfangs 0,1 bis 0,2 K wärmer als Wien, vor der Mitte des 19. Jahrhunderts kehrt sich dieses jedoch um, so dass Prag-Innenstadt nun 0,1 K kälter als Wien ist. Vor der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert gleichen sich beide Werte wieder an und um 1915 überholt Prag-Innenstadt Wien. Am Ende des Betrachtungszeitraums liegt Wien um 0,2 K zurück.

Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts ist beim Jahresmittel an allen Stationen ein Abwärtstrend um knapp 1 K zu beobachten. Danach erfolgt bis zum Ende des Betrachtungszeitraums ein anfangs sehr schwach ausgeprägter, später deutlicherer Anstieg um über 1 K, der sich in den letzten zwei Jahrzehnten in Prag-Innenstadt und Wien noch stark beschleunigt (1954 bis 1990 Prag-Flughafen +0,3 K, Prag-Innenstadt +0,9 K, Wien +0,8 K)

3.5.6. Jahreszeitenmittel

3.5.6.1. Winter

Der strengste Winter am Prager Flughafen war der von 1798/99 mit -9,1 °C, gefolgt von dem von 1829/30 mit -8,3 °C. In der Prager Innenstadt war es umgekehrt, der Winter 1829/30 erreichte ein Mittel von -6,1 °C und geht damit als kältester Winter in die Annalen ein, der von 1798/99 gelangt mit -5,8 °C nur auf Platz zwei. Als kälteste Monate überhaupt gingen der Februar 1929 mit -13,7 °C (Flughafen) bzw. -11,0 °C (Innenstadt) und der Januar 1788 mit -12,2 °C (Flughafen) bzw. -9,7 °C (Innenstadt) in die Statistik ein. In Wien waren die Winter 1829/30 (-6,6 °C) und 1939/40 (-5,2 °C) am kältesten. Die kältesten Monate überhaupt waren der Februar 1956 mit -9,9 °C und der Dezember 1840 mit -9,6 °C. Der wärmste Winter am Prager Flughafen trat 1795/96 mit 2,1 °C auf, die Winter 1793/94, 1988/89 und 1989/90 folgen mit 1,8°C dahinter. In der Prager Innenstadt liegen 1795/96 und 1997/98 mit 4,3 °C vorn, mit 4,0 °C ordnen sich 1989/90 und 1994/95 dahinter ein. Der mildeste Winter in Wien trat 1997/98 mit 3,6 °C auf, gefolgt von 1915/16 mit 3,5 °C und den Jahren 1974/75 und

1988/89 mit einem Mittel von 3,3 °C. Die Schwankungsamplitude für Prag-Flughafen liegt bei 11,0 K, für Prag-Innenstadt bei 10,4 K und für Wien bei 10,2 K.

Die Differenz zwischen dem Wiener Mittel (1801: -0,3 °C) und dem Mittel des Prager Flughafens (1801: -2,1 °C) liegt über die betrachtete Periode zwischen 1,5 und 2 K und nimmt im 20. Jahrhundert tendenziell etwas ab. Prag-Innenstadt ist überwiegend zwischen 0,2 und 0,4 K wärmer als Wien und orientiert sich stärker an diesem Wert als an dem von Prag-Flughafen.

Da zwischen einzelnen Wintern generell stärkere Schwankungen als zu den anderen Jahreszeiten auftreten, schwankt auch das 30jährige Mittel innerhalb weniger Jahre deutlich stärker als dies im Frühling, Sommer oder Herbst zu beobachten ist. Vom Untersuchungsbeginn 1801 bis 1841 fällt zunächst ein leichter Abwärtstrend von reichlich 0,5 K auf, der später stagniert. Nach 1883 steigen die Mittel bis um 1924 (Wien, Prag-Innenstadt) bzw. 1938 (Prag-Flughafen, Wert verfälscht durch Datenausfall, der die kalten 1940er Jahre außer Acht lässt.) tendenziell wieder an. Bis 1954 sinken die Mittel erneut um 1 K bzw. 0,5 K (Prag-Flughafen, Wert verfälscht) um bis Ende des Betrachtungszeitraumes wieder deutlich, unterbrochen von einem Einbruch Ende der 1960er Jahre, anzusteigen. Dieser Anstieg in den letzten vier Jahrzehnten liegt signifikant bei ca. 1,5 K

3.5.6.2.Frühling

Der mit Abstand kälteste Frühling trat 1785 mit 3,0 °C am Prager Flughafen, 4,6 °C in der Prager Innenstadt und 5,8 °C in Wien auf. In Prag folgt 1853 (3,9 °C am Flughafen, 5,5 °C in der Innenstadt), in Wien 1839 (6,4 °C) auf Platz zwei. Der wärmste Frühling trat 1794 mit 11,1 °C (Prag-Flughafen) bzw. 12,7 °C (Prag-Innenstadt) und Wien auf, gefolgt von 1811 mit 10,7 °C (Prag) bzw. 12,2 °C (Prag-Innenstadt und Wien), in der Prager Innenstadt (12,6 °C) und in Wien (12,3 °C) schiebt sich 2000 noch dazwischen. Die Schwankungsbreite beträgt 8,1 K für Prag (Flughafen und Innenstadt) und 6,9 K für Wien.

Die Differenz zwischen dem Prager Flughafen (1801: 8,1 °C) und dem Wiener Mittel (1801: 9,9 °C) liegt über den betrachteten Zeitraum um 2 K mit steigender Tendenz zum Ende. Prag-Innenstadt ist im 19. Jahrhundert 0,2 bis 0,4 K kälter als Wien, im 20. Jahrhundert beträgt der Unterschied nur noch 0,1 K und in den letzten fünfzehn Jahren wird Wien von Prag-Innenstadt überholt (0,2 K Differenz 1990). Die Prager Innenstadt ist damit am Ende des Betrachtungszeitraumes um fast 2,5 K wärmer als der Prager Flughafen.

Vom Beginn der Auswertung 1801 bis zum Minimum zur Mitte des 19. Jahrhunderts sinken die Mittelwerte um reichlich 1 K ab. Bis zum Beginn der 1970er Jahre erfolgt ein nur leichter Anstieg, unterbrochen von Stagnationsphasen, um knapp 1 K. Danach kommt es in den letzten 25 Jahren des Betrachtungszeitraums zu einem deutlichen Anstieg von 1,1 K (Prag-Innenstadt bzw. 0,7 K (Wien) auf die höchsten Werte seit Messbeginn, für den Prager Flughafen (+0,6 K) auf den gleichen Stand wie zum Beginn der Messperiode.

3.5.6.3.Sommer

Die kältesten Sommer am Prager Flughafen waren die von 1864 mit 14,2 °C und 1844 mit 14,9 °C, die kältesten in der Prager Innenstadt die von 1844 mit 16,4 °C und 1913 mit 16,6 °C, die kältesten Wiener die von 1913 mit 16,7 °C und 1829 sowie 1921 mit 17,0 °C. Die wärmsten Sommer am Prager Flughafen und auch die einzigen mit einem Temperaturmittel über 20 °C traten in den Jahren 1811, 1834 (20,6 °C) und 1807 (20,3 °C) auf, 2003 folgt mit 19,8 °C nur auf Platz 4. In der Prager Innenstadt liegt 2003 jedoch mit 22,4 °C vorn, gefolgt von den Sommern 1834 (22,1 °C) und 1811 (22,0 °C). Für Wien treten die Sommer 1811 und 2003 (22,5 °C) und 1992 (21,7 °C) hervor. Der wärmste Monat überhaupt war an allen drei Stationen der August 1807 mit 23,7 °C (Prag-Flughafen), 25,2 °C (Prag-Innenstadt) bzw. 25,5 °C (Wien). Auf dem zweiten Rang folgen der Juli 1834 für Prag-Flughafen (22,5 °C), der Juli 1994 für Prag-Innenstadt (24,5 °C) bzw. der August 1992 für Wien (24,7 °C). Die Schwankungsbreite des Sommers beträgt 6,2 K für Prag-Flughafen, 6,0 K für Prag-Innenstadt und 5,8 K für Wien.

Die Differenz zwischen dem Prager Flughafen (1801: 17,9 °C) und Wien (1801: 19,5 °C) schwankt über den betrachteten Zeitraum zwischen 1,5 und 2K, zum Ende des Betrachtungszeitraums steigt die Differenz auf 2,5 K an. Prag-Innenstadt bewegt sich analog zum Wiener Mittel, ist meistens etwas wärmer, Mitte des 19. Jahrhunderts etwas kälter als Wien. 1990 liegen beide Werte gleichauf bei 19,6 °C

Nach einem von Schwankungen unterbrochenen langfristigen Rückgang von ca. 1,5 K bis zum Minimum 1911 steigt das Sommermittel an allen drei Stationen bis zum Beginn der 1940er Jahre wieder um ein knappes K an, für Wien ist nachfolgend bis Mitte der 1970er Jahre eine Stagnation zu beobachten, in Prag gehen die Sommertemperaturen um 0,2 K (Innenstadt) bzw. um 0,5 K (Flughafen) zurück. Die aktuellen Entwicklungen zeigen nur einen geringen Anstieg für Prag-Flughafen von 0,3 K, aber einen deutlichen Anstieg für Prag-Innenstadt (0,6 K) und Wien (0,8 K) in den 15 Jahren bis 1990 auf die für die beiden letzteren

Station höchsten Werte seit Messbeginn. Eine Erklärung für die deutlich verhaltenere Entwicklung von Prag-Flughafen, wo sich die Werte 1990 im Gegensatz zu allen anderen untersuchten mitteleuropäischen Stationen nur 0,5 K über dem Minimum von 1912 (16,6 °C) befinden, ist dem Autor nicht möglich.

3.5.6.4. Herbst

Die zwei kältesten Herbste in Prag waren die von 1786 (Flughafen: 4,1 °C, Innenstadt: 5,8 °C) und 1912 (Flughafen: 4,8 °C, Innenstadt: 6,6 °C). In Wien treten die Jahre 1912 mit 6,5 °C und 1829 mit 7,2 °C hervor. Der Anfang des 19. Jahrhunderts war bezogen auf den Herbst für alle drei Stationen am wärmsten. 1801 liegt in Prag mit 10,5 °C (Flughafen) bzw. 12,2 °C (Innenstadt) vorn, in Wien war es 1802 mit 12,0 °C sogar noch wärmer als 1801 mit 11,9 °C. Auch das Jahr 1811 sticht mit 10,2 °C (Prag-Flughafen), 12,0 °C (Prag-Innenstadt) bzw. 11,9 °C (Wien) deutlich hervor. Die 10,2 °C am Prager Flughafen wurden ebenfalls 1824 erreicht, die 12,0 °C in der Prager Innenstadt außerdem im Jahr 2000. Die Schwankungsbreite beträgt 6,4 K für Prag (Flughafen und Innenstadt) und 5,5 K für Wien.

Die Differenz zwischen der Prager (1801: 8,3 °C) und der Wiener Reihe (1801: 9,9 °C) schwankt im Zeitverlauf zwischen 1,5 und 2 K. Das Mittel von Prag-Innenstadt ist gegenüber Wien anfangs um 0,3 K höher, sinkt aber vor der Mitte des 19. Jahrhunderts unter den Wiener Wert, wo es ca. 0,1 K niedriger bis Anfang des 20. Jahrhunderts verharrt. Von 1923 bis 1978 bewegen sich beide Stationen auf gleichem Niveau, die letzten zehn Jahre ist Prag-Innenstadt ca. 0,2 K wärmer.

Nach uneinheitlichem Trend am Beginn des Betrachtungszeitraumes kommt es nachfolgend zu sinkenden Mittelwerten mit Minimum 1841 (Wien) bzw. 20 Jahre später (Prager Stationen). Bis ca. 1910 stagnieren die Werte um bis Mitte des 20. Jahrhunderts um ca. 1 K anzusteigen. Danach gehen die Werte bis Mitte der 1980er Jahre in Prag-Flughafen leicht zurück (0,5 K), in Wien und der Prager Innenstadt stagnieren sie. Die letzten fünf Jahre des Betrachtungszeitraumes deuten eine Trendwende hin zu wärmeren Temperaturen an.

4. Grobanalysen für andere Teile der Erde

4.1. Darwin

4.1.1. Lage und Daten der Station

Die kleinste australische Bundeshauptstadt Darwin repräsentiert tropisches Savannenklima mit nur zwei Jahreszeiten, der „dry“ (der Trockenzeit) von April bis November und der „wet“ (der Regenzeit) von Dezember bis März. Dies entspricht nach Köppens Klimaklassifikation der Zone Aw. Klimatisch maritim geprägt, kommt diese Ausprägung aber nur in der Regenzeit mit nördlichen Winden vom Indischen Ozean zur Geltung, zu dieser Zeit ist auch die Gefahr von tropischen Zyklonen besonders hoch. Auf Meeresebene spielen orografische Gegebenheiten keine Rolle.

Die Wetterstation befindet sich am Flughafen von Darwin (südlicher Stadtrand) 31 m über NN auf 12,4 ° südlicher Breite und 130,8 ° östlicher Länge. Aufgrund des tropischen Klimas können Einflüsse städtischer Erwärmung hier vernachlässigt werden. Stationsumzüge sind nicht bekannt, können aber nicht ausgeschlossen werden. Einen größeren Einfluss auf die Messreihe dürften diese, falls sie denn stattgefunden haben, nicht ausüben. Die Messreihe beginnt 1882 und weist nur einzelne Lücken aus. Das gleitende Mittel wurde ab 1896 berechnet. Datenquelle ist die Wetterzentrale, ab 1992 die NOAA.

4.1.2. Mittel- und Extremwerte

Das kälteste Jahr ist 1944 mit einem Jahresmittel von 26,6 °C, das wärmste 1892 mit 29,1 °C. Die Amplitude liegt bei 2,5 K, zwischen kältestem und wärmstem Monat liegen aufgrund des schwankungsarmen tropischen Klimas im Mittel nur 4,5 K. Die Einteilung in die vier mitteleuropäischen Jahreszeiten ist aufgrund des tropischen Klimas unzweckmäßig. Trotzdem werden die niedrigsten Werte in Darwin im Winter der Südhalbkugel erreicht, wenn die Sonneneinstrahlung am geringsten ist, daher findet sich im „kältesten“ Monat des Jahres, dem Juli, auch der bisher niedrigste Monatsmittelwert überhaupt, 21,8 °C im Jahr 1944. Der wärmste Monat bisher ist der November 1929 mit 31,0 °C, auch im Mittel liegen im vorletzten Monat des Jahres die Temperaturen am höchsten. Grund ist der Höhepunkt der „build up“, also der Zeit des Jahres, in der es immer schwüler wird und spektakuläre „lightning storms“ auftreten, die allerdings meist nur geringe und räumlich eng begrenzte Niederschläge bringen. Die Sonneneinstrahlung wird aufgrund des kommenden Sommers immer stärker und heizt die Erde auf. Während der Regenzeit von Dezember bis März, wo die Temperaturen korrelierend mit der Sonneneinstrahlung eigentlich am höchsten sein müssten, bringt die Südverlagerung der ITC²⁹ durch zunehmende Bewölkung und kräftige Monsunregenfälle Abkühlung. Somit ist auch der Frühling (September bis November) im

²⁹ Innertropische Konvergenzzone

Mittel etwas wärmer als der Sommer (Dezember bis Februar), ca. 3 K kälter ist es im Winter (Juni bis August). Der Herbst (März bis Mai) liegt etwas unterhalb der Frühlings- und Sommerwerte.

4.1.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Nach einer relativen Konstanz bis etwa 1920 tritt bis 1953 ein Negativtrend von 0,8 K auf. Danach wird es wieder geringfügig wärmer, die Endtemperatur 1990 liegt 0,4 K unter dem Startpunkt.

Da nur das 20. Jahrhundert als Referenz vorliegt, sind nahezu keine klimatischen Trendaussagen möglich. Bei genauerer Betrachtung der Werte spielen Anomalien wie El Nino oder La Nina auf einzelne Jahre gesehen eine nicht unbedeutende Rolle, langfristige Tendenzen können daraus aber nicht abgeleitet werden.

4.2. Sydney

4.2.1. Lage und Daten der Station

Australiens größte Stadt und Bundeshauptstadt von New South Wales, Sydney, liegt an der pazifischen Ostküste des Kontinents. Nach Köppens Klimaklassifikation liegt sie in der Zone Cfa, was warmgemäßigtem, feuchttemperiertem Klima mit heißen Sommern und milden Wintern entspricht. Durch die Küstenlage, und die überwiegend vom Meer wehenden Ostwinde ist das Klima eindeutig maritim geprägt. Orografische Gegebenheiten spielen in der Stadt selbst keine große Rolle, da nur geringe Höhenunterschiede innerhalb der Stadt auftreten. Auf der Südhalbkugel gelegen, sind die Jahreszeiten den europäischen entgegengesetzt.

Die Wetterstation befindet sich am Flughafen Sydney nur sechs Meter über dem Meeresspiegel auf 34,0 ° südlicher Breite und 151,2 ° östlicher Länge. Mit der Ausdehnung der Stadt ist der Standort jetzt von Vororten umschlossen. Der Messstandort ist zumindest einmal verlegt worden, da die Station am Flughafen erst seit den 1930er Jahren existiert. Vormaliger Messstandort³⁰ bis mindestens 1917 ist die Wetterstation auf dem Observatory Hill nahe der berühmten Sydneyer Hafenbrücke. Trotz dieser Verlegung kann die Reihe als weitgehend homogen eingeschätzt werden. Die Messreihe beginnt im Jahr 1859 und ist bis 1993

³⁰ Bilder der Station auf dem Observatory Hill unter <http://www.albwetter.de/Sydney.htm>

lückenlos, danach treten einige Datenlücken auf. Das gleitende 30jährige Mittel wurde ab 1873 berechnet. Datenquelle ist die Wetterzentrale, ab 1994 die NOAA.

4.2.2. Mittel- und Extremwerte

Das kälteste Jahr trat gleich zu Beginn der Messungen im Jahre 1860 mit 16,5 °C auf, das wärmste ist das vergangene Jahr 2005 mit 19,0 °C. Die Schwankung zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert beträgt nur 2,5 K. Die Amplitude zwischen kältestem und wärmstem Monat ist recht verhalten und beträgt im Mittel 10 K. Nur einmal, im kältesten Monat der gesamten Reihe, wurde ein Monatsmittel von unter 10 °C gemessen, im Juli 1895 mit 9,9 °C. Der wärmste Monat überhaupt war der El-Nino-Februar 1998 mit 25,3 °C.

4.2.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Von allen untersuchten Reihen weist die Sydneyer mit einem Anstieg um 1,0 K von 1873 bis 1990 den konstantesten Trend auf. Der Anstiegstrend verstärkte sich in den letzten fünf Jahren noch einmal.

Auch wenn dies wenig erscheint, ist festzustellen, dass die australische Ostküste generell immer wärmer und trockener wird, sich häufende Temperaturrekorde und Buschbrände machen dies auch abseits der Messungen bereits deutlich.

4.3. Tokio

4.3.1. Lage und Daten der Station

Nach Köppens Klimaklassifikation in der Zone Cfa gelegen, repräsentiert Japans Hauptstadt Tokio gemäßigtes, maritimes Klima mit kühlen Wintern und heißen Sommern, in denen auch Taifune auftreten können. Dazu trägt vor allem Tokios Lage an der Ostküste der Insel Honshu (eine der japanischen Hauptinseln) am Stillen Ozean bei.

Die Station befindet sich auf 35,7 ° nördlicher Breite und 139,8 ° östlicher Länge nur sechs Meter über dem Meeresspiegel am Flughafen von Tokio unweit der Pazifikküste. Die untersuchte Messreihe beginnt im Jahr 1876 und liegt bis zum Jahr 2005 lückenlos vor (Ausnahme: April 1978). Das gleitende Mittel wurde ab 1890 berechnet. Datenquelle ist die Wetterzentrale, ab 1994 die NOAA.

4.3.2. Mittel- und Extremwerte

Das kälteste Jahr trat 1884 mit 12,8 °C auf, das wärmste wurde 2003 mit 17,3 °C gemessen, die Schwankungsbreite beträgt 4,5 K. Es ist ein ausgeprägter Jahresgang der Temperatur mit einer Amplitude von im Mittel 22 K zwischen wärmstem und kältestem Monat zu beobachten. Der kälteste Monat überhaupt ist der Januar 1922 mit 0,6 °C, der wärmste der August 1995 mit 29,4 °C.

4.3.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Von 1890 bis 1910 schwankt das Mittel um seinen Anfangswert, in den 70 Jahren danach ist ein stetiger und starker Anstieg um am Ende 2,3 K bis 1990 zu verzeichnen.

Der verzeichnete Anstieg ist vermutlich zumindest zum Teil anthropogener Art, kann aber möglicherweise zu großen Teilen mit dem Stadtwärmeeffekt erklärt werden. Der Winter wird mit ca. 3 K überdurchschnittlich, der Sommer mit ca. 1 K unterdurchschnittlich wärmer, Frühling und Herbst tragen mit ca. 2 K zur Erwärmung bei, was diese These stützt.

4.4. New York

4.4.1. Lage und Daten der Station

Die größte Stadt der USA, New York, an der amerikanischen Ostküste gelegen, fällt mit ihrem gemäßigten, maritimem Klima mit kühlen bis kalten Wintern und heißen Sommern in Köppens Klimazone Cfa.

Die Station befindet sich auf 40,8 ° nördlicher Breite und 74,0 ° westlicher Länge inmitten des Central-Park in Manhattan auf einer leichten Anhöhe³¹. Stationsverlegungen haben nach Informationen des Autors nicht stattgefunden, was die Reihe zu einer der längsten Messreihen außerhalb Europas macht. Messbeginn ist 1822, das gleitende Mittel wurde ab 1836 berechnet. Die untersuchten Datensätze liegen vollständig vor und stammen aus der Wetterzentrale, ab 1987 direkt von der NOAA.

³¹ Bilder der Station unter <http://www.albwetter.de/NewYork.htm>

4.4.2. Mittel- und Extremwerte

Das kälteste Jahr trat 1836 mit einem Wert von 8,5 °C auf, die wärmsten 1990 und 1998 mit 14,0 °C, die Schwankung liegt bei 5,5 K. Der Jahresgang der Temperaturen liegt im Mittel bei 25 K. Der kälteste Monat überhaupt wurde dabei mit -6,9 °C im Januar 1857 ermittelt, die wärmsten mit 27,4 °C in den Julimonaten 1825 und 1999.

4.4.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Die mittlere Temperatur schwankt im 19. Jahrhundert leicht um ihren Startwert oder liegt leicht darunter, im 20. Jahrhundert erfolgt dann ein starker Anstieg um 1,5 K bis 1943, danach bleibt sie weitgehend konstant. In den letzten 20 Jahren ist jedoch wieder ein leichter Anstieg zu bemerken.

Ebenso wie in Tokio kann der im 20. Jahrhundert erfolgte Anstieg vermutlich zu großen Teilen auf den Stadtwärmeeffekt zurückgeführt werden, wenn auch die Wetterstation durch ihre Lage inmitten des Central Park recht geschützt liegt, was diesen Effekt möglicherweise sogar gegenüber dem realen Wert reduziert.

4.5. Reykjavik

4.5.1. Lage und Daten der Station

Islands Hauptstadt Reykjavik liegt an der Südwestküste der Insel. Nach Köppens Klimaklassifikation ist die Kennung Cfc für feuchttemperiertes Klima mit kurzen, kalten Sommern und kühlen bis kalten Wintern zutreffend. Für das für die nördliche Lage verhältnismäßig milde Klima ist der vom Atlantik kommende warme Golfstrom verantwortlich.

Die Station Reykjavik liegt 52 m über dem Meer auf 64,1 ° nördlicher Breite und 21,9 ° westlicher Länge am küstennahen Flughafen. Standortverlagerungen sind nicht bekannt. Daten liegen von 1901 bis 1990 ununterbrochen, danach mit wenigen Lücken vor. Das 30jährige gleitende Mittel wurde ab 1915 berechnet. Datenquelle ist die Wetterzentrale, ab 1990 die NOAA.

4.5.2. Mittel- und Extremwerte

Das kälteste Jahr wurde 1979 mit 2,8 °C registriert, die zwei wärmsten 1939 und 1941 mit 6,3 °C. Die Amplitude liegt bei 3,5 K. Der Jahresgang der Temperaturen weist bedingt durch die maritime Insellage nur ein Mittel von 10 K auf. Der kälteste Monat war der Januar 1918 mit -7,2 °C, er ist auch der einzige überhaupt unter -4,0 °C. Am wärmsten war der Juli 1917 mit 13,3 °C.

4.5.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Da die Messungen in Reykjavik erst im Jahr 1901 aufgenommen wurden ist eine Trenderfassung schwierig. Auf Basis der letzten 80 Jahre lässt sich für die ersten 30 Jahre der Messungen ein Anstieg um 0,6 K feststellen, bis 1980 fallen die Werte um 0,9 K wieder ab, um in den letzten zehn Jahren wieder um 0,2 K anzusteigen. Ob eine mögliche Schwächung des Golfstromes hier schon mit einfließt, ist reine Spekulation, da weiterführende Untersuchungen hierzu im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich waren. Ohne diese ist aber eine Aussage dazu nicht möglich.

4.6. Werchojansk

4.6.1. Lage und Daten der Station

Die sibirische Stadt Werchojansk befindet sich im Osten Russlands am Zusammenfluss der Flüsse Dulgalang und Sartang und ist von den bis zu 2500 m hohen Bergen des Werchojansker Gebirges und des Tscherskigebirges umgeben. Das eindeutig kontinentale Klima mit wenigen Niederschlägen und extremen Temperaturunterschieden von teilweise über 100 K im Jahresverlauf wird von extrem kalten Wintern und warmen, aber kurzen Sommern geprägt, was in Köppens Klimazone Dwd fällt.

Die Station liegt auf 67,6 ° nördlicher Breite und 133,4 ° östlicher Länge auf 137 m über NN in einem Flusstal, etwaige Stationsverlegungen sind unbekannt. Daten wurden seit 1891 aufgezeichnet, bis 1906 kam es häufig, danach selten zu Datenausfällen. Die Reihe liegt bis 2005 vor, das 30jährige gleitende Mittel wurde ab 1905 berechnet. Datenquelle ist die Wetterzentrale, ab 1990 die NOAA.

4.6.2. Mittel- und Extremwerte

Der kälteste Jahreswert wurde 1915 mit $-17,7\text{ °C}$ ermittelt, das „wärmste“ Jahresmittel 2000 mit $-12,1\text{ °C}$, die Schwankung innerhalb der letzten 102 Jahre beträgt 5,6 K. Der durchschnittliche Jahresgang der Temperaturen erreicht rekordverdächtige 63 K, im Vergleich der extremsten Monate Januar 1908 mit $-55,1\text{ °C}$ und Juli 1991 mit $20,4\text{ °C}$ liegt dieser bei 75,5 K

4.6.3. Veränderung der Jahresmittel und Analyse

Bis Ende der 1960er Jahre ist aufgrund der recht geringen und unregelmäßigen Schwankungen der Jahresmittelwerte ein eindeutiger Trend schlecht erkennbar, also ist in diesem Fall eine Betrachtung der Jahreszeitenmittelwerte unumgänglich. Hier fällt auf, dass die Winter in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ca. 2 K wärmer werden, danach ist nur noch ein geringfügiger Erwärmungstrend auszumachen. Die übrigen Jahreszeiten weisen nur leichte und unregelmäßige Schwankungen auf, ein Trend zu wärmeren Temperaturen ist hier nicht auszumachen. In den letzten 20 Jahren tritt eine deutliche Erwärmung im Jahresmittel von 1 K auf, die von allen Jahreszeiten, überdurchschnittlich aber wieder vom Winter getragen wird.

Eine Analyse der Werte ist aufgrund des relativ kleinen Datenmaterials von gerade einmal 100 Jahren schwierig. Im Winter ist ein Erwärmungstrend erkennbar, der aber für die Polarregion im Gegensatz zu anderen Gebieten wie z.B. in Nordamerika oder Grönland nur schwach ausfällt. Prognosen gehen besonders in den hohen Breitengraden von deutlich ansteigenden Temperaturen aus, eine weiterführende Analyse der Daten der nächsten Jahrzehnte werden zeigen, ob auch Sibirien davon in größerem Ausmaß betroffen ist.

5. Appell

Die Aufgabe dieser Studie ist es nicht, eindeutige Fakten zur anthropogenen Klimaveränderung zu liefern. Gerade die weltweiten Stationen sind dazu zu unterschiedlich, zu unrepräsentativ ausgewählt und schwer vergleichbar aufgrund unterschiedlich langer Datenreihen. Es ist, erwartungsgemäß, kein einheitlicher Trend im Verlauf aller Zeitreihen erkennbar. Große Städte zeigen Erwärmungstendenzen über die Zeit, die anfänglich zum Teil noch mit Stadtwärmeeffekten erklärt werden können, in den letzten Jahrzehnten aber eindeutig auf die globale Erwärmung bezogen werden müssen. Es ist in Erkenntnis dieser

Untersuchung unmöglich, aufgrund weniger Stationen eindeutige Aussagen in Bezug auf globale Klimaveränderungen zu treffen, das trifft unter Einschränkungen auch auf die in Mitteleuropa untersuchten Stationen zu.

Trotz allem - es ist wissenschaftlicher Konsens, dass der Klimawandel unausweichlich ist. Geeignete Studien dazu mit flächendeckender Herangehensweise liegen vor. Die Menschheit kann die Folgen des Klimawandels nur noch begrenzen, um die schlimmsten Auswirkungen zu mindern. Werden die bestehenden Klimaschutzziele jedoch nicht weiter verschärft und deren Einhaltung rigoros umgesetzt und kontrolliert, wird der Klimawandel von der Menschheit zukünftig kaum noch beherrschbar sein. Es ist Zeit zu handeln – jetzt!

© Andreas Hoy, Dresden (November 2006)

Informations- und Datenquellen:

Klimafakten, Klimageschichte und Klimawandel:

- CHMI: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/infklima.html>
- DWD: <http://www.dwd.de/de/WundK/Klimadaten/index.html>
- DWD „Klimastatusbericht 2003“, Offenbach (2004)
- IPCC-Klimabericht 2001: <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/ipcc2001/>
- Köppen, Wladimir: „Geografisches System der Klimate“ (1936)
- NASA: <http://www.giss.nasa.gov/> & <http://solarscience.msfc.nasa.gov/>
- NOAA: <http://www.cmdl.noaa.gov/>
- Wetterzentrale Forum: <http://www.wetter-zentrale.com/cgi-bin/webbbs/wzconfig.pl>
- Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/Portal:Wetter_und_Klima

Klimadaten:

- DWD: <http://www.dwd.de/de/Funde/Klima/KLIS/daten/online/nat/index.htm>
- ECA&D: <http://eca.knmi.nl/dailydata/index.php>
- KNMI: <http://climexp.knmi.nl/selectdailyseries.cgi?someone@somewhere>
- NOAA: <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html#surface>
- Pelz, Juergen: „Die Berliner Jahresmitteltemperaturen von 1701 bis 1996“ Beitrag SO 21/97 zur Berliner Wetterkarte (1997)
- Wetterzentrale: <http://www.wetter-zentrale.com/klima/index.html>

Wetterstationsbilder:

- Albwetter.de: <http://www.albwetter.de/Wetterstationsbilder.htm>
- Danssmann, Susanne: <http://www.susanne-danssmann.de/Wetterstationen.html>
- DWD: <http://www.dwd.de>
- KNMI: <http://www.knmi.nl>

Anlagenverzeichnis:

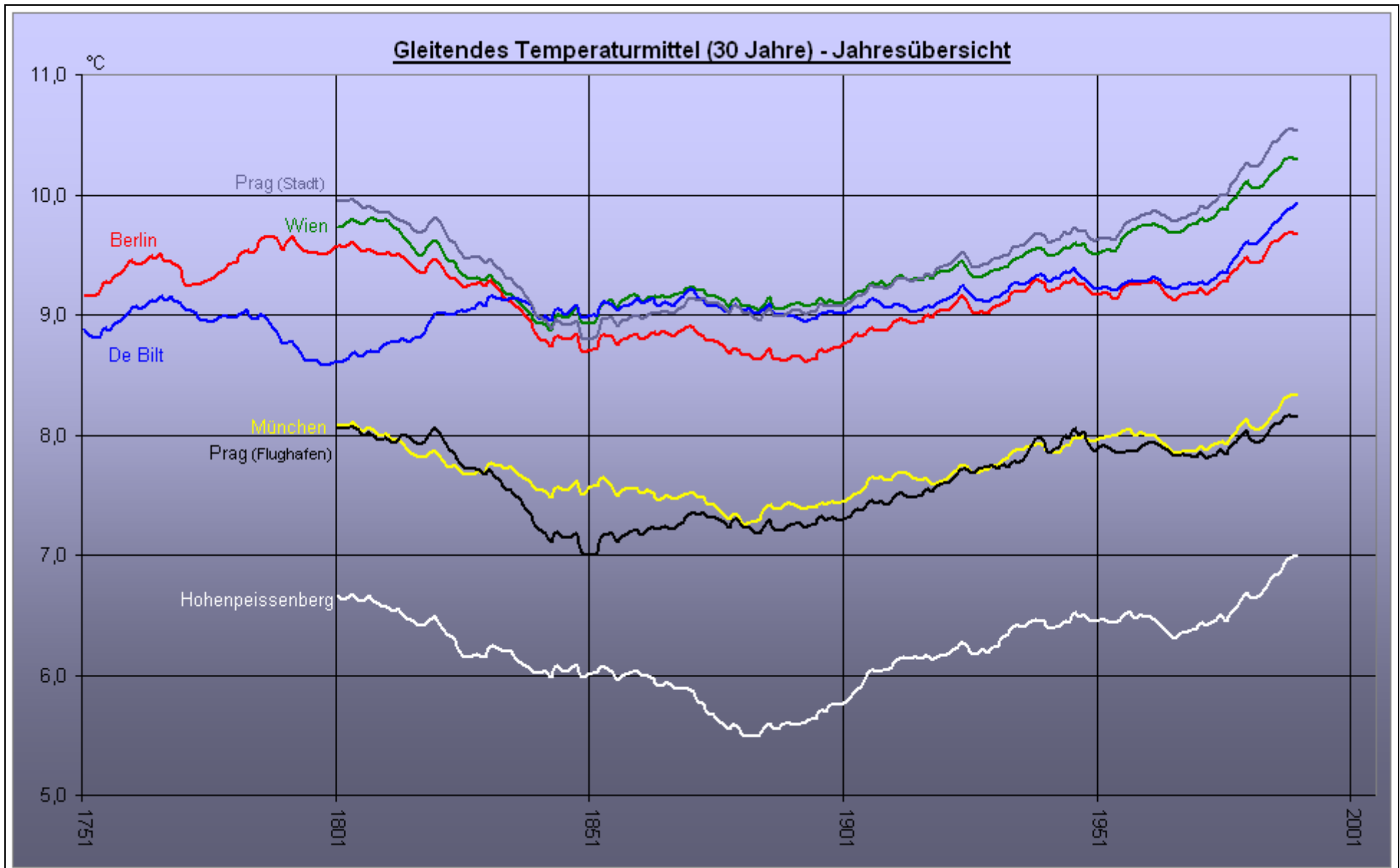


Abbildung 1: Temperaturentwicklung Jahr

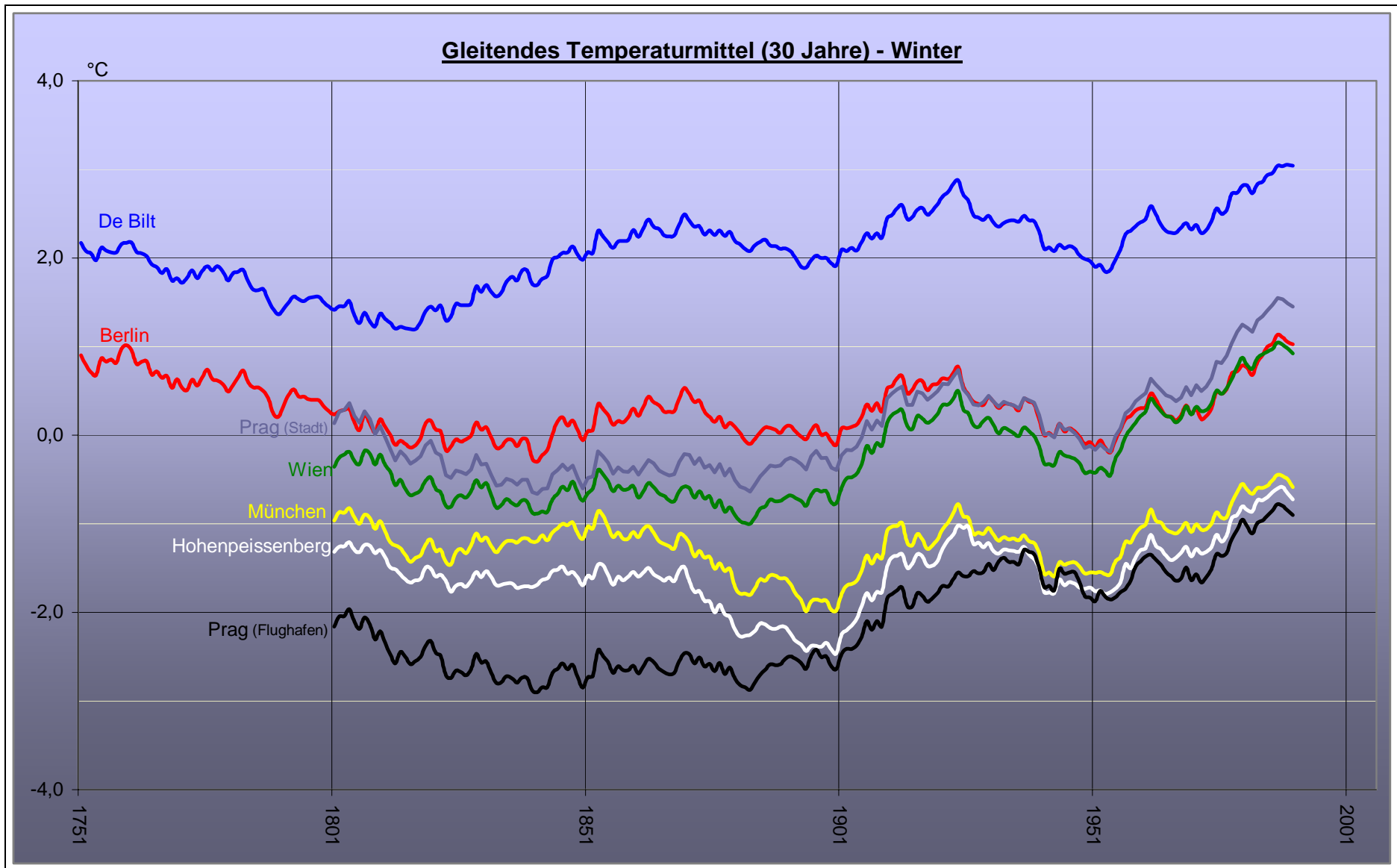


Abbildung 2: Temperaturentwicklung Winter

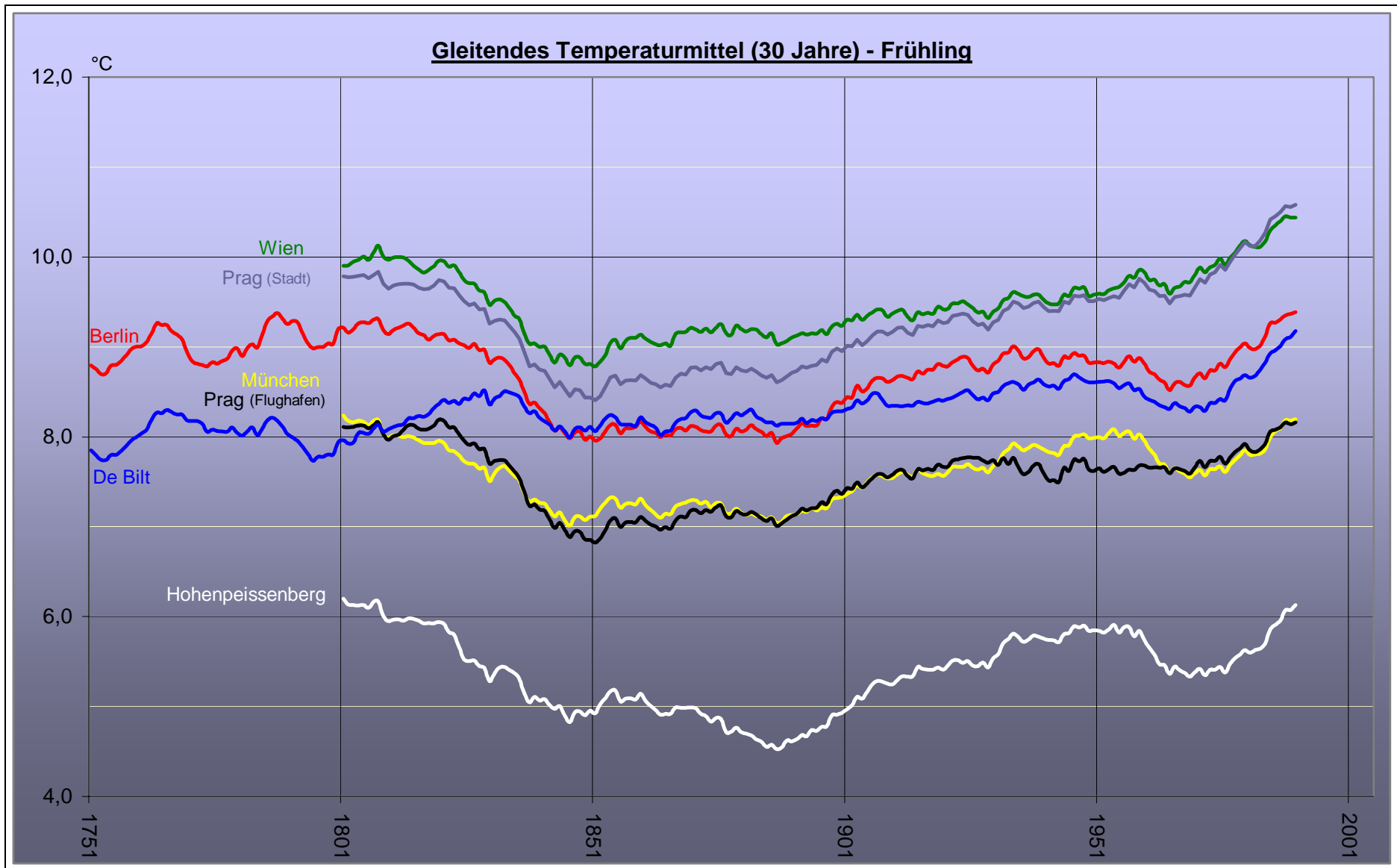


Abbildung 3: Temperaturentwicklung Frühling

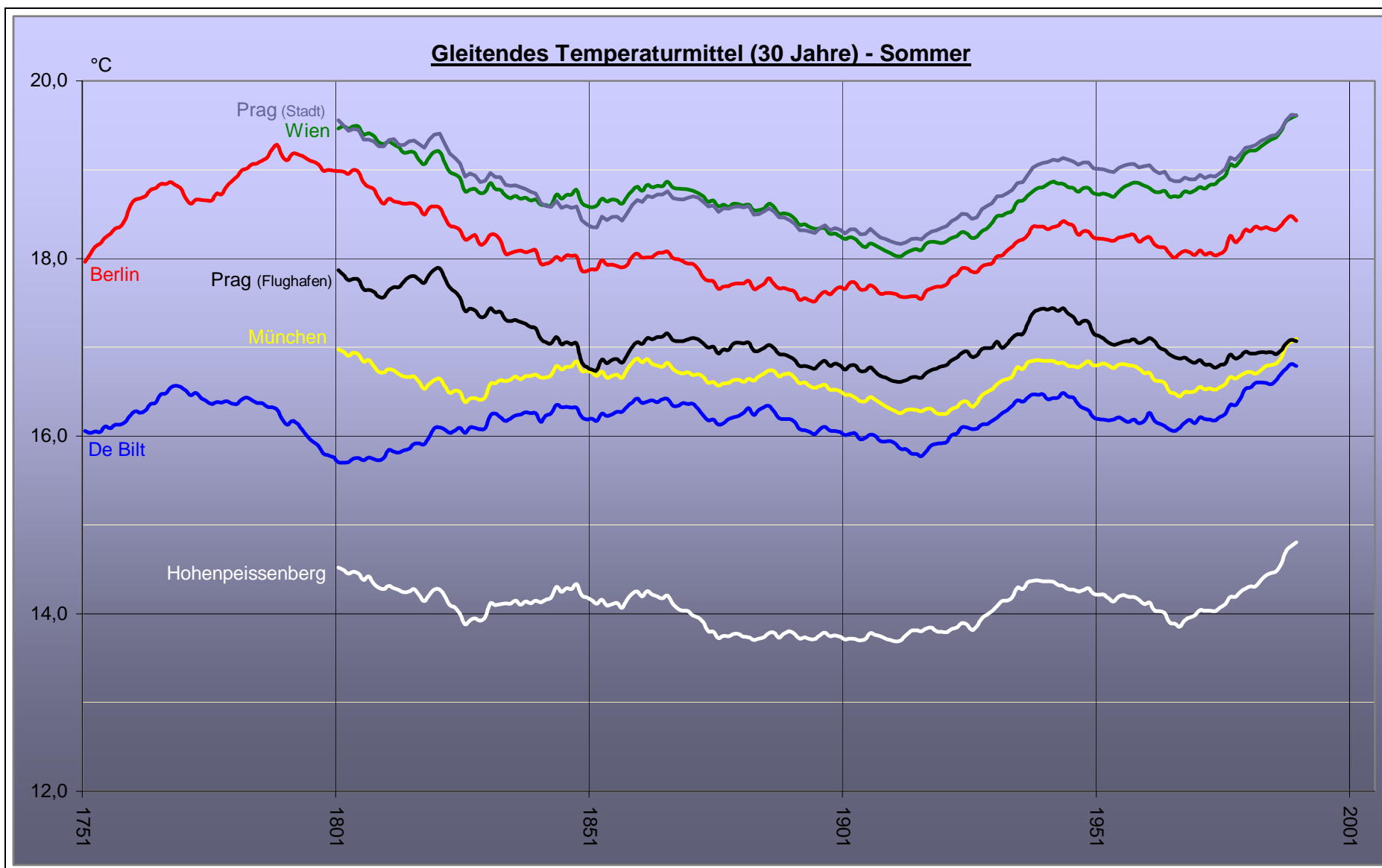


Abbildung 4: Temperaturentwicklung Sommer

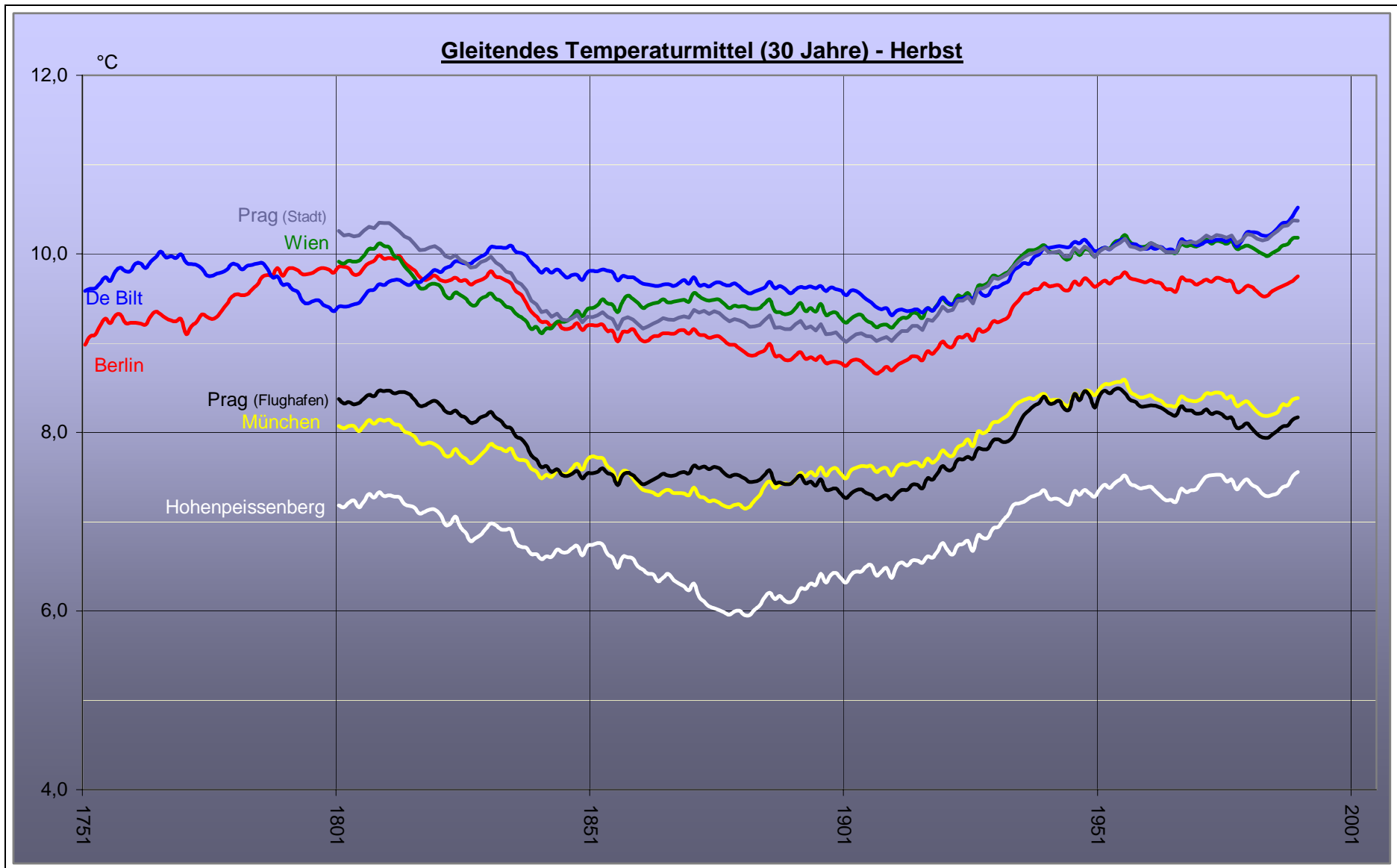


Abbildung 5: Temperaturentwicklung Herbst

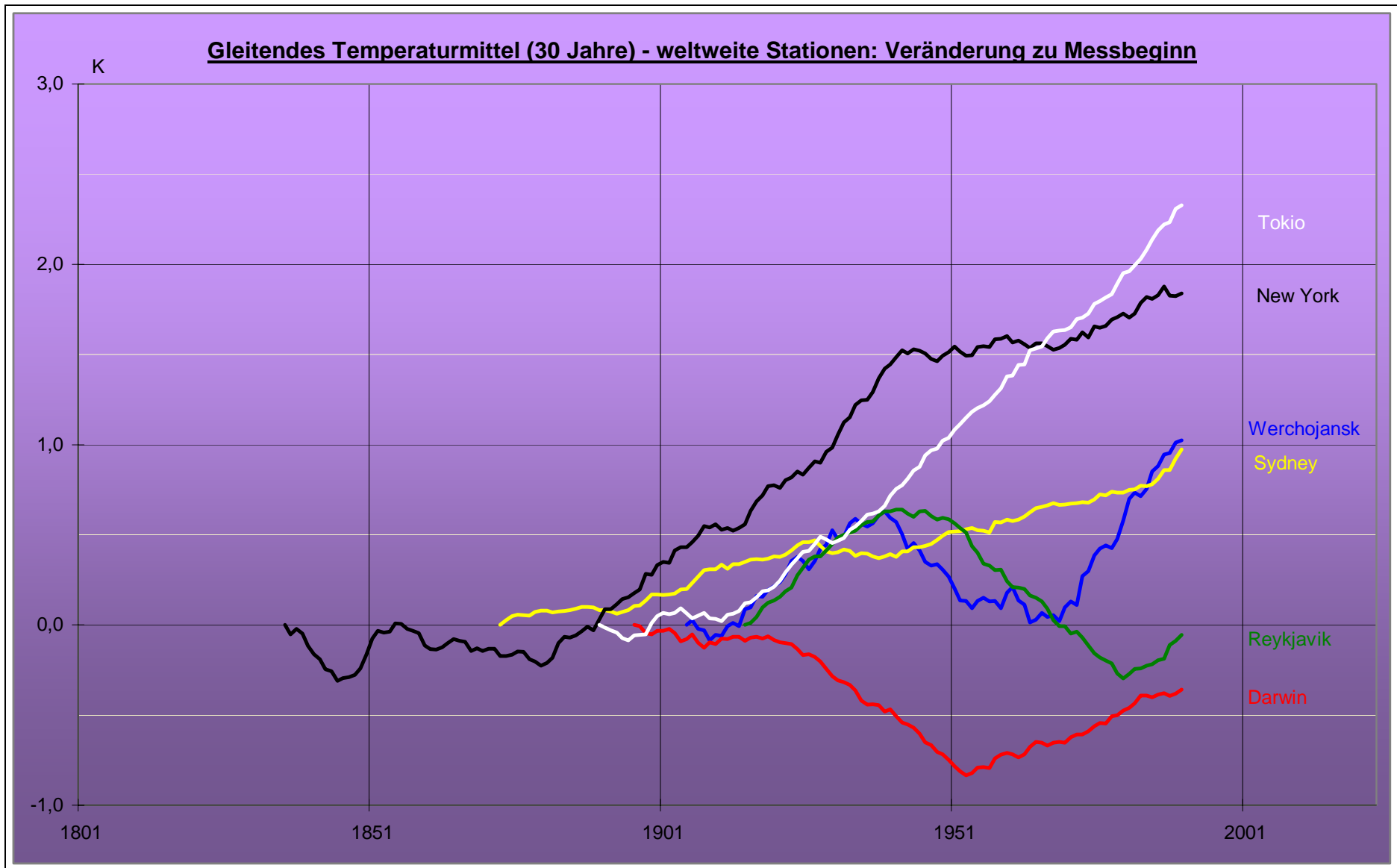


Abbildung 6: Temperaturentwicklung weltweite Stationen