

Die Methoden der Rekonstruktion historischer Wetterdaten

von Walter Rentel

1. Einführung

Ein Rückblick in die klimatische Vergangenheit wirft zunächst Definitionsprobleme auf und provoziert die Frage: „Was ist eigentlich Klima?“ Wir unterscheiden im deutschen Sprachgebrauch die Begriffe Wetter, Witterung und Klima. Das Wetter ist dabei das sich kurzfristig, tagtäglich abspielende, spürbare Geschehen in der unteren Atmosphäre (Troposphäre) zu einem bestimmten Zeitpunkt, an einem bestimmten Ort, wie er durch die meteorologischen Hauptelemente (Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Wind, Strahlung) und ihr Zusammenwirken gekennzeichnet ist. Die Witterung ist an Lebenszyklus und -dauer von Luftdruckgebilden orientiert, die den durchschnittlich vorherrschenden Charakter des Wetterablaufs von einigen Tagen oder Jahreszeiten bestimmen. Das Klima ist der durchschnittliche Verlauf des chaotischen Geschehens 'Wetter' an einem bestimmten Ort bzw. in einer bestimmten Zone der Erdoberfläche. Es wird durch statistische Gesamteigenschaften (Mittelwerte, Häufigkeiten) der genannten meteorologischen Elemente (Klimaelemente) charakterisiert. Nach Übereinkunft der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) stellt das Klima das „mittlere Wetter“ über einen 30jährigen Zeitraum dar. Diese „Normalperiode“ wurde erstmalig 1935 für die Klimaperiode 1901-1930 festgelegt. Sie ist klimahistorisch willkürlich. Die Natur kann mit solchen menschlichen Normen oder Zäsuren nichts anfangen. Es gilt heute die WMO-Norm 1961-1990. Durch den räumlichen und zeitlichen Maßstab unterscheidet sich damit das Wetter vom Klima. Wetter und Klima werden aber zusätzlich durch die Stoffkreisläufe (Wasser und Kohlenstoff) der Erde und durch die Strahlungsenergie der Sonne beeinflusst. Die bisherigen Definitionen verdeutlichen, dass die Vorgänge des Wettergeschehens gleichzeitig Grundlagen für das Klima sind. Dabei ist aber zu beachten, dass, wenn 30jähriges Wetter erst einmal induktiv zu einem Klimawert verdichtet worden ist, eine deduktive Entzerrung in die Einzelkomponenten nicht mehr möglich ist. Die Beachtung dieses Aspektes ist bei der Rekonstruktion historischer Wetterdaten wichtig. Im Hinblick auf eine saubere Definitionsgrenze spielt die Zeit eine wichtige Rolle, um zu wissen, ob man über das Wetter oder das Klima schreibt.

Die Rekonstruktion von Klimaverhältnissen der Vergangenheit ist neben der Klimafolgenforschung ein bedeutender Forschungsbereich der Historischen Klimatologie. Eine Erkenntnis der 1960er Jahre war die Wandelbarkeit des Klimas. Es war nie konstant.

Die Historische Klimatologie bezieht sich auf den Zeitraum des Holozäns (siehe Abb.1)¹, Mauelshagen² ist jedoch der Auffassung, dass Klimarekonstruktionen auf Basis schriftlicher Quellen nicht über die letzten 1.000 Jahre hinausreichen.

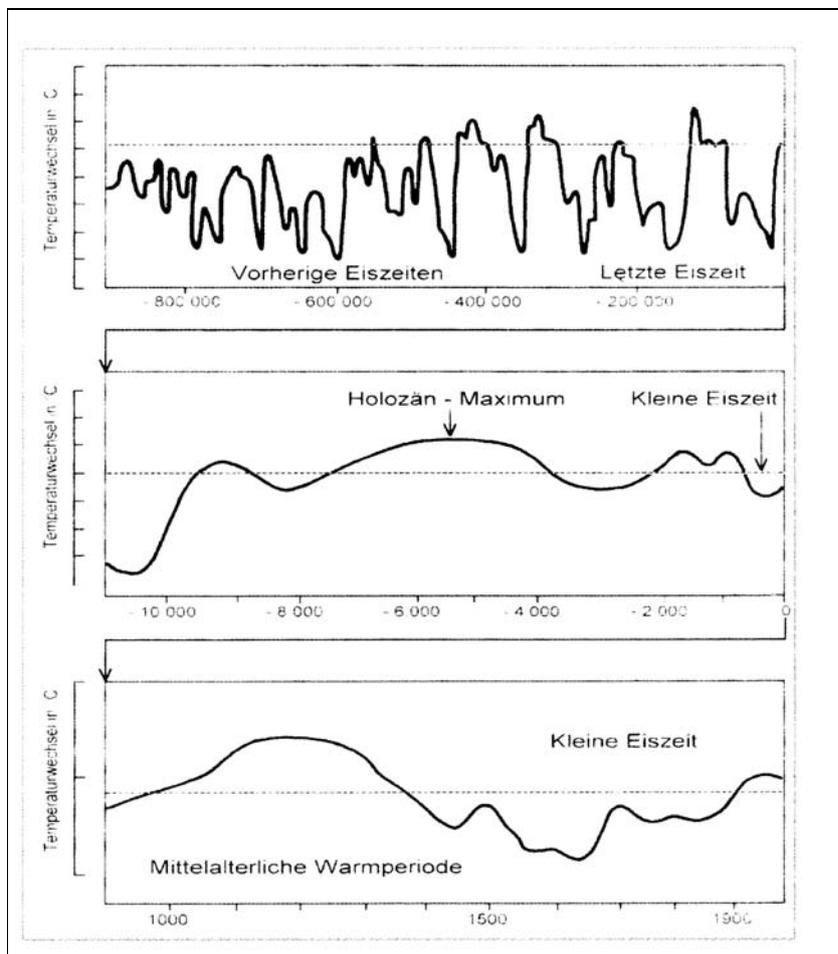


Abb. 1: Die Wandelbarkeit des Klimas (Zeitangaben vor heute (2000), (die gestrichelte Linie = Normalperiode 1961-1990).

Mit der Abb.1 wird gleichzeitig verdeutlicht, dass die einfachste und gebräuchlichste Art „Klimageschichte“ zu schreiben, die Präsentation von Temperaturkurven ist. Damit wird die nicht fassbare komplexe Größe „Klima“ auf einen Wert, die Temperatur, reduziert. Das ebenso wichtige Element Niederschlag wird selten verwendet. Das hat seinen Grund in der unterschiedlichen räumlichen Differenzierung des Niederschlages.

Die Interdisziplinarität des relativ neuen Forschungsfaches Historische Klimatologie – die erste Definition erfolgte 1978 in der Zeitschrift „Nature“³ wird daran deutlich, dass neben der Meteorologie und der Zeit, auch der Raum als geographische Kategorie bei der

¹ BEHRINGER, Wolfgang: Kulturgeschichte des Klimas, München 2007, S. 34.

² MAUELSHAGEN, Franz: Klimageschichte der Neuzeit 1500-1900 (Geschichte kompakt), Darmstadt 2010, S.37.

³ Ebd., S. 16.

Rekonstruktion historischer Wetterdaten relevant ist. Dieser Aspekt ist insofern wichtig, als sich die bisherigen Rekonstruktionen von Pfister und Glaser auf Mitteleuropa und die Schweiz bezogen. Rekonstruktionen für kleinere geographische Räume (regional/lokal), wie das Paderborner Land, fehlen völlig.

2. Die makro- und mikrohistorische Quellenlage

Die Historische Klimatologie befasst sich vor allem mit der Interpretation schriftlicher Quellen, zu denen auch historische Instrumentenmessdaten gehören. Mit Einführung des amtlichen, standardisierten Messnetzes im Jahre 1881, endete der klimageschichtliche Zeitabschnitt, die sog. Paläoklimatologie.

Nach gängigem Forschungsstand werden grundsätzlich zwei Quellen unterschieden, die aus Archiven der Gesellschaft (Schriftquellen) und die aus Quellen der Natur (Sachquellen). Die Abb. 2 und Abb. 3 geben dazu einen Überblick.

Informationen	Archive der Gesellschaft		
Direkte Beobachtung und/oder instrumentelle Messung meteorologischer Parameter	Schriftliche Quellen	beobachtet	gemessen
		<ul style="list-style-type: none"> - Anomalien - Naturgefahren - Wetterlagen - tägliches Wetter - Sonnenaktivität 	<ul style="list-style-type: none"> - Luftdruck - Temperatur - Niederschlag - Wasserstand
Indirekte Daten (Proxydaten) Spuren klimatisch beeinflusster Prozesse	Schriftliche Quellen	organisch	anorganisch
		<ul style="list-style-type: none"> - Pflanzenphänologie: Blüte- und Reifezeit, Erntetermine und Erntevolumen von Kulturpflanzen - Volumen und Zuckergehalt von Weinmosternten 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoch- und Niedrig- wassermarken - Vereisung von Gewässern - Schneefall, Schneebedeckung <p><i>kulturell</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bittprozessionen (klimabedingt, insbes. bei Trockenheit) - Bildquellen - archäologische Reste

Typen klimageschichtlicher Informationen, leicht verändert nach Chr. Pfister u.a.:
Wetternachhersage, S. 16.

Abb. 2: Archive der Gesellschaft.

Bei den Sachquellen handelt es sich überwiegend um sog. Proxys, das sind Daten indirekter Klimazeugen, die sich nicht sofort erklären lassen. Bei der Erschließung dieser Proxys ist der Klimahistoriker auf die Unterstützung von Geo- und Biowissenschaftlern angewiesen.

Inhalt	Archive der Natur	
Direkte Daten – Beobachtung von Wettererscheinungen oder – Messung von Klimaelementen		
Indirekte oder Proxydaten – Spuren klimatisch beeinflusster Prozesse	<i>organische</i> – Baumringe (Breite, Dichte) – Tier- und Pflanzenreste – Fossiles Holz – Fossile Pollen und Sporen – Torfbildungen, usw.	<i>nicht organische</i> – Eisbohrkerne – terrestrische Sedimente – Seesedimente – Gletscherablagerungen – Rinnenfüllungen, usw.

Abb. 3: Archive der Natur

Mit Schriftquellen können kontinuierliche, historische *Klimaentwicklungen*, mit Sachquellen (Proxys) historische *Klimazustände* erschlossen werden,

Pfister und Glaser sind die Klimahistoriker, die in den 1970er Jahren mit der systematischen Suche nach Wetterinformationen in den Archiven der Gesellschaft und der Natur ihre Datenbanken aufbauten, mit denen dann serielle Zeitreihen gebildet werden konnten. Christian Pfister hat bis 1995 seine Datenbank EURO-CLIMIST aufgebaut und dem allgemeinen Zugriff für die Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.⁴ In Deutschland hat Rüdiger Glaser seine Datenbank HISKLID über Jahre zusammengestellt und in seiner „Standardchronik“⁵ veröffentlicht.

Unter mikrohistorischem Aspekt kann festgestellt werden, dass es für das Paderborner Land kaum Quellen aus natürlichen Archiven gibt, um damit serielle Zeitreihen zu erstellen. Die Erschließung von schriftlichen Wetterinformationen (siehe Abb.1) ist mit umfangreichem Quellenstudium in den Archiven des Paderborner Landes verbunden. In Chroniken, Annalen, Wetterjournalen und Witterungstagebüchern, sind Informationen über das Wettergeschehen überliefert. Dabei sind als sehr umfassende Quellen die Wetterinformationen in den Ortschroniken anzusehen. Die preußische Verordnung vom 12. Dezember 1817 verfügte,

⁴ PFISTER, Christian: *Wetternachhersage: 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496-1995)*, Bern, Stuttgart, Wien, 1999.

⁵ GLASER, Rüdiger: *Klimageschichte Mitteleuropas – 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*, Darmstadt 2001.

dass rückwirkend von 1800 an Ortschroniken zu führen seien. Wetterrelevante Vorschriften enthielt der Punkt VII:11.

Darin heißt es:

„11) Am Schlusse jedes Monats eine kurze Bemerkung der in demselben vorgeherrschten Witterung, mit Angabe aller etwa vorgekommenen außerordentlichen Luft- und Naturerscheinungen.“

Eine zusammenfassende Darstellung dieser wetterrelevanten Textstellen (6.000 Seiten) in 11 ausgewählten Gemeinden ist vom Verfasser dieses Beitrages in seiner „Wetter-Chronik für das Paderborner Land“⁶ erstellt worden. Die Informationen zum Wetter in dieser Wetter-Chronik sind eine Mischung aus deskriptiven und mit der Zeit zunehmend auch numerischen (gemessene) Daten.

Historische Instrumentenmessungen gab es in Paderborn von 1848-1854 im Rahmen einer von Alexander v. Humboldt veranlassten Initiative, aufgrund derer in Preußen 32 meteorologische Stationen eingerichtet wurden. Darunter war auch der Standort Paderborn, der von Prof. Gundolf geleitet wurde.⁷ Amtliche Instrumentenmessungen gibt es in Deutschland seit 1881. Im Paderborner Land gibt es Messdaten vom Deutschen Wetterdienst (DWD) von Bad Lippspringe seit 1951, von Bad Driburg seit 1937.

3. Die Methoden der „Wetternachhersage“⁸

3.1 Die Index-Methode

Christian Pfister hat in den 1970er Jahren der Klimarekonstruktion mit der Index-Methode einen neuen Impuls gegeben, nachdem es ihm gelungen war, mit seiner Datenbank (CLIMIST) eine neue Rekonstruierungsgrundlage zu schaffen.⁹ Die in der Datenbank enthaltenen unstrukturierten Wetterinformationen wurden digitalisiert, mit einem neuen Kodierungssystem in Dateien abgelegt und dann systematisch ausgewertet, indem Klassen gebildet wurden. Klassen z.B. für konkrete Hinweise auf Temperaturen und Niederschlag, Angaben über die Windstärke und -richtung, Wolkenbedeckung, Naturereignisse, der Gegenstand sowie die Qualität einer phänologischen Beobachtung und Angaben über

⁶ RENTEL, Walter: Wetter-Chronik für das Paderborner Land 1800-2009: Wetter, Klima, Katastrophen; ein Beitrag zur Geschichte der Region, Paderborn 2009.

⁷ GUNDOLF, Anton: Eine Abhandlung über Meteorologie, Vortrag am 18.8.1855 anlässlich der Schlussfeierlichkeiten der Bischöflichen philosophisch-theologischen Lehranstalt zu Paderborn für das Studienjahr 1854-55, Programmheft 1855.

⁸ Der Begriff „Wetternachhersage“ wurde 1999 von Christian Pfister geprägt. Siehe dazu: PFISTER, Wetternachhersage.

⁹ Vgl. PFISTER, Christian: Klimageschichte der Schweiz 1525-1860, Berlin, Stuttgart 1985.

Folgewirkungen von Beobachtungen (z.B. Teuerung).¹⁰ Diese Klassen geben die Art, Qualität und zeitliche Auflösung der Informationen wieder. Die qualitativen Informationen werden in einem zweiten Schritt in serielle, gewichtete Indizes (siehe Abb.4) transformiert, d.h. quantifiziert.¹¹ Abschließend wird die gewonnene Indexreihe in monatlich zeitlicher Auflösung mithilfe moderner Referenzdaten (z.B. 1920-1980) in meteorologische Näherungswerte umgerechnet (d.h. kalibriert und verifiziert).

Index	Umschreibung	Temperatur	Niederschlag
+3	extrem	viel zu warm	viel zu nass
+2	deutlich übernormal	sehr warm	nass
+1	leicht/mäßig übernormal	zu warm	zu feucht
0	normal	normal	normal
-1	leicht/mäßig unternormal	zu kühl	zu trocken
-2	deutlich unternormal	kalt	trocken
-3	extrem	viel zu kalt	viel zu trocken

Temperatur- und Niederschlagsindizes; vereinfachte Darstellung nach Pfister

Abb.4: Die Indexstruktur

Ströhmer hat diesen Vorgang in seinem Beitrag (siehe FN 11) an einem phänologischen Beispiel erläutert. Eine zeitgenössische Notiz in einem Wetterjournal des 16. Jahrhunderts für einen Frühlingstag lautet: „die Apfelbaumblüte erfroren, leichter Schneefall“. Die methodischen Schritte mit der Indexmethode sehen dann wie folgt aus: „Wetterbeobachtung am Frühlingstag X = ‚Apfelbaumblüte erfroren‘ = 1. Schritt: ‚viel zu kalt‘/ 2. Schritt: ‚Index -3‘/ 3. Schritt: ‚-3‘ entspricht einer Temperaturabweichung von ‚-5°C‘ vom statistischen Mittelwert des modernen Referenzzeitraumes.“

Quellenkritisch kann zur Indexmethode angemerkt werden, dass sie bei der Rekonstruktion chronologischer Datenreihen einer zweifach subjektiven Beurteilung unterliegt. Erstens handelt es sich mit Blick auf die jeweilige Wetterinformation (z.B. „Apfelbaumblüte erfroren“) um eine persönliche Wahrnehmung und Beurteilung des Verfassers der Quelle, zum anderen um die subjektive Zuordnung der Information in die Indexstruktur (warum nicht -2 für die erfrorene Apfelbaumblüte?). Die Index-Methode lässt sich auch mathematisch nicht formalisieren. Abschließend kann festgestellt werden, dass sie sich räumlich auf Mitteleuropa und die Schweiz (Pfister) konzentriert. In Deutschland fehlen die „Nordlichter“ völlig.

¹⁰ Vgl. RIEMANN, Dirk: Methoden zur Klimarekonstruktion aus historischen Quellen am Beispiel Mitteleuropas, Diss.phil. Freiburg i.Br. 2010, S. 156 ff.

¹¹ Siehe: STRÖHMER, Michael: Zaubervolle Donnerwetter – Katastrophismus, Hexenangst und die Klimathese zur Kleinen Eiszeit, in: Paderborner Historische Mitteilungen, Jg. 26, S. 22, FN 58.

Daraus kann man sicherlich den Auftrag herleiten, für das Paderborner Land eine „Wetternachhersage“ zu schreiben.¹²

3.2 Die Ex-post-Methode

Die Reduzierung der räumlichen Perspektive auf das Paderborner Land führt zu einer geringeren Quellenbasis im Vergleich mit den umfangreichen Datenbanken für Mitteleuropa von Pfister und Glaser. Hinzu kommt, dass wetterrelevante geographische Faktoren und kleinräumige Reliefeinflüsse, wie z.B. die Wetterscheide Eggegebirge, berücksichtigt werden

Jahr 2010								
Höhe m ü. NN	Stationsname	Jahr	Monat	Tmit	Max.	Min.	Rsum	RRX
91	Bentfeld	2010	1.-12.	9,4	37,2	-15,0	788,7	45,0
143	Borchen	2010	1.-12.	9,7	37,6	-13,9	841,6	47,9
250	Dahl	2010	1.-12.	8,3	35,4	-14,6	760,7	67,3
195	Driburg	2010	1.-12.	7,7	34,4	-18,7	1100,8	42,9
400	Egge	2010	1.-12.	7,3	34,4	-17,3	1080,8	53,9
100	Elsen	2010	1.-12.	9,5	36,4	-14,9	713,0	42,3
350	Feldrom	2010	1.-12.	7,1	33,7	-16,9	1010,0	47,0
176	Otudorf	2010	1.-12.	9,7	36,6	-13,9	861,5	59,8
110	PB-City	2010	1.-12.	9,5	37,4	-13,3	658,0	37,0
250	PB-Hohefeld	2010	1.-12.	8,4	37,9	-15	920,8	45,9
172	Schlangen	2010	1.-12.	9,6	36,7	-15,1	1015,2	53,4
185	Uni	2010	1.-12.	8,3	33,4	-13,9	492,6	45,8
108	Fischteiche	2010	1.-12.	8,5	35,7	-14,5	790,2	48,6
308	Altenbeken	2010	1.-12.	7,6	35,4	-14,8	791,4	42,2
272	Schwaney	2010	1.-12.	7,7	35,7	-16,7	754,4	40,8
157	Lippspringe	2010	1.-12.	9,8	35,2	-16,5	881,4	34,8
	Mittel PBLand	2010	1.-12.	8,6			841,3	
	Mittel Lippspringe(1961-90)			8,9			913,6	
	Mittel Driburg(1961-90)			8,1			1098,0	
	Mittel Lippspringe(1987-2010)			9,6				
	Mittel Lippspringe(1951-2010)			9,2				

Abb.5: Wetterdaten für das Paderborner Land im Jahr 2010 als räumliche Mittelwerte.

müssen. Die Variabilität der Daten in Abb.5 zeigt bereits deutlich die Abhängigkeit der Einzelwerte von der topographischen Lage und wird entscheidend durch die Reliefstruktur (vertikaler Temperaturgradient von 0,65 K/100 m) bestimmt.

Mit Blick auf die dargestellte mikrohistorische Quellenlage des Paderborner Landes zeigt sich, dass die „Wetter-Chronik“ des Verfassers dieses Beitrages eigentlich eine ergiebige Quelle ist. Da es sich überwiegend um deskriptive Wetterinformationen handelt, ist der Versuch gemacht worden, daraus mit der Index-Methode eine numerische, serielle Zeitreihe zu rekonstruieren. Dieser Versuch ist allerdings fehlgeschlagen, weil es nicht möglich war, aus den vorhandenen Informationen eine monatliche Auflösung zu rekonstruieren. Diese

¹² Siehe: RENTEL, Walter, „Wetternachhersage“ für das Paderborner Land: Eine klimahistorische Studie von 1801 bis 2010, Diss.phil. Paderborn 2018.
Elektronische Ressource: <http://digital.ub.uni-paderborn.de/hs/doi/10.17619/UNIPB/1-337> .

Auflösung ist aber wichtig, um auch Aussagen und Analysen zu den Jahreszeiten machen zu können.

Aus der gegebenen Quellenlage verbleiben dann nur noch die fragmentarischen Zeitreihen des DWD, für Bad Lippspringe seit 1951, für Bad Driburg seit 1937, in zeitlicher Auflösung Monat/Jahr, um damit eine geschlossene Datenreihe von 1801 bis 2010 zu rekonstruieren. Es existiert für das Paderborner Land für diesen Zeitraum keine geschlossene instrumentelle Messreihe. Die kurze Zeitreihe von 1849 bis 1854 ist bereits erwähnt worden. Diese numerische Datenbasis erfordert ein neues Rekonstruktionsverfahren, um die fehlenden Daten für Lippspringe von 1950-1801 und für Driburg von 1936-1801 zu rekonstruieren.

Der Verfasser hat dazu die statistisch-mathematische Methode, die Ex-post-Methode, entwickelt. Für das methodische Vorgehen ist dafür grundsätzlich eine Referenzreihe notwendig. Da es für Deutschland nur wenige entsprechend lange, in geographischer Nähe zu den für das Paderborner Land repräsentativen Messreihen Lippspringe und Driburg liegenden Reihen gibt, hat der DWD die Berliner Reihe zur Verfügung gestellt.

Das methodische Vorgehen für die Rekonstruktion der fehlenden Werte ist die statistische Zeitreihenanalyse. Die drei Zeitreihen Berlin, Lippspringe und Driburg sind Datenkollektive, deren Einzelwerte Mittelwerte sind. Da es sich um mehrere Zeitreihen handelt, ist eine „[...] genaue quantitative Bewertung der Zusammenhänge bzw. Aufdeckung der betreffenden mathematischen Funktion, die diesen Zusammenhang beschreiben [...]“¹³, nötig. Dazu wird die Regressions- und Korrelationsanalyse benutzt. Mit der Korrelationsanalyse wird die Frage nach der Güte des Zusammenhangs der Zeitreihen gestellt. Dabei drückt der Korrelationskoeffizient r den linearen Zusammenhang aus; $r = 0$ bedeutet keinen Zusammenhang, $r = 1$ einen strengen linearen Zusammenhang. Mit der Regressionsrechnung wird der funktionale Zusammenhang, d.h. die Beziehung der Zeitreihen unter Anwendung der von C.F. Gauß entwickelten Methode der kleinsten Quadrate ermittelt und in einer Beziehungsgleichung ($y = a + bx$) beschrieben. Diese Beziehungsgleichung ist die Gerade, für die die Summe der quadrierten Abstände $y_1 - \hat{y}_1$ (siehe Abb. 6) zwischen den streuenden Werten und den auf der Gerade liegenden Werten so klein wie möglich wird. Um den linearen Trend der Zeitreihe zu ermitteln, werden mit der Beziehungsgleichung die Koeffizienten b (Trend) und a (Anfangswert) der Geradengleichung ermittelt.

¹³ SCHÖNWIESE, Christian,-Dietrich, Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, Stuttgart 2013, S. 229ff.

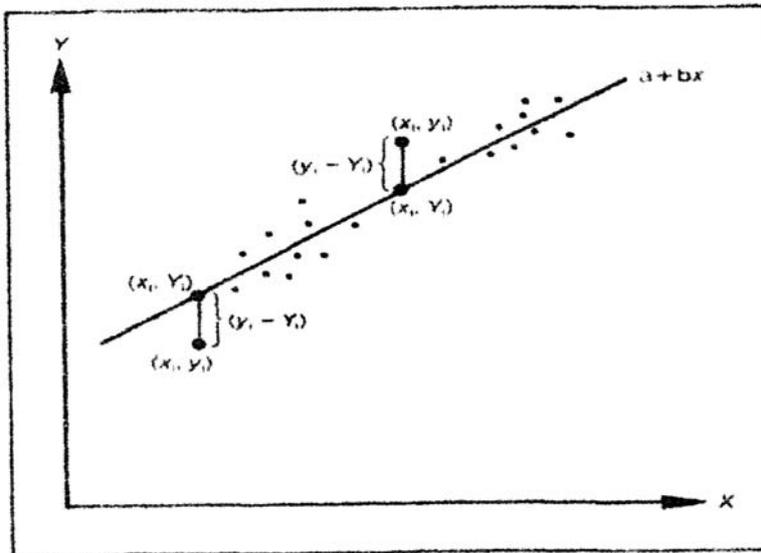


Abb. 6: Die Methode der kleinsten Quadrate (nach C.F. Gauß).

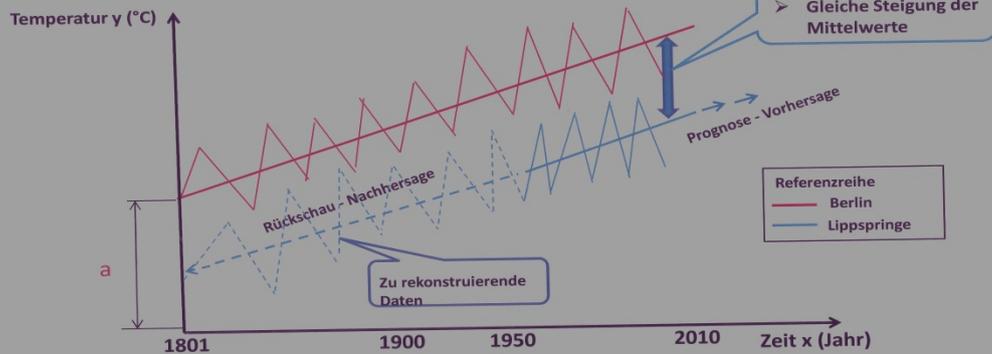
Unter einem Trend (b) versteht man die zunehmende Abweichung von einem Anfangszustand (a), der durch die Steigung der Regressionsgeraden über einen bestimmten Zeitraum (x) ausgedrückt wird.

Mit dieser statistisch-mathematischen Methode wird die Ex-post-Methode am Beispiel Lippspringe durchgeführt. Der erste Schritt besteht in der Prüfung der linearen Abhängigkeit der bekannten Lippspringer Werte (1951-2010) von den entsprechenden Berliner Werten. Dazu wird der Quotient Lippspringe/Berlin gebildet. Dann wird in einem weiteren Schritt die lineare Regressionsrechnung für den Quotienten durchgeführt. Die Voraussetzung zur Korrelationsrechnung ist durch den konstanten Mittelwert des Quotienten erfüllt. Mit der Abb.7¹⁴ wird eine Zusammenfassung der methodischen Schritte im Ausgangszustand dargestellt. Es handelt sich dabei um eine Musterabbildung, die die methodischen Ausgangsschritte für die Rekonstruktion der vorhandenen Berliner und Lippspringer Werte darstellen soll. Die Geraden und die eingezeichneten Werte sind keine realen Werte. Dennoch werden die Unterschiede zwischen den Trendgeraden Berlin und Lippspringe durch die unterschiedliche geografische Lage (Höhe, Breitengrad, Längengrad) erklärbar. Aufgrund der bekannten Höhen, Berlin 48 m und Lippspringe 157 m, erklären sich 0,65 K Temperaturdifferenz (vertikaler Temperaturgradient 0,65 K/100 m).

¹⁴ RENTEL, Walter, „Wetternachhersage“, S. 171.

Klimarekonstruktion: Regressionsanalyse, Quotientenverfahren

Geradengleichung - Regressionsgerade (Gauß): Methode der kleinsten Quadrate
 $y = a \text{ (Anfangszustand)} + b \text{ (Steigung)} * x \text{ (Zeit)}$



Kein qualitativer Unterschied zwischen Prognose und Rückschau (Glaser)!!

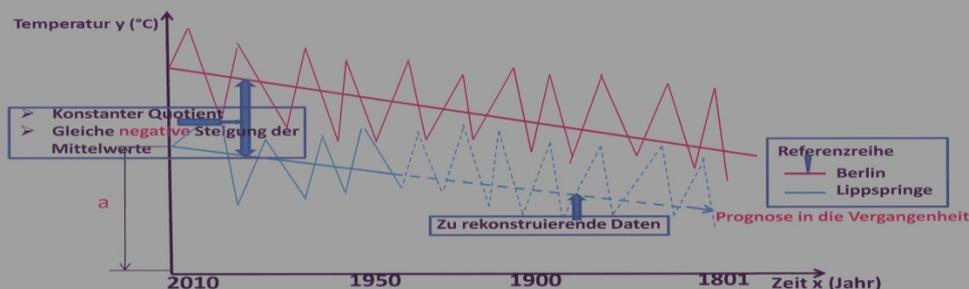
7

Abb.7: Mustergrafik (1) der Ex-post-Methode für den methodischen Ausgangszustand.

Es gibt nach Glaser keinen qualitativen Unterschied zwischen Prognose (Trend) und Rückschau. Aus dieser Erkenntnis entsteht das abschließende in der Abb. 8¹⁵ dargestellte Prinzip der Ex-post-Methode: das Umdrehen auf der Zeitachse, d.h. eine Prognose in die Vergangenheit. Die Ex-post-Methode folgt damit konsequent dem Nachhersageprinzip.

Klimarekonstruktion: Regressionsanalyse

Geradengleichung - Regressionsgerade (Gauss): Methode der kleinsten Quadrate
 $y = a \text{ (Anfangszustand)} + b \text{ (Steigung)} * x \text{ (Zeit)}$



**Kein qualitativer Unterschied zwischen Prognose und Rückschau
 Daher auch Umdrehen auf der Zeitachse möglich!!**

Abb.8: Mustergrafik (2) der Ex-post-Methode für den methodischen Endzustand.

¹⁵ RENTEL, Walter, „Wetternachhersage“, S. 171.

Als Erkenntnis und Fazit dieses Beitrages wird die Interdisziplinarität der Historischen Klimatologie sowie deren mikrohistorische (regionale/lokale) Ausrichtung unterstrichen. Abschließend bleibt die Frage, welche Aussagekraft die makrohistorischen Thesen und Theorien zur Klimageschichte angesichts der sehr konkreten mikrohistorischen Ergebnisse haben.