Übersetzt von Englisch nach Deutsch - www.onlinedoctranslator.com

Statistisk sentralbyrå
Statistics Norway

In welchem Ausmaß verändert sich das Temperaturniveau durch den Ausstoß von Treibhausgasen?

John K. Dagsvik und Sigmund H. Moen

TALL SOM FORTELLER
DISKUSSIONSPAPIERE
1007

Diskussionspapiere: umfassen Forschungsarbeiten für internationale Zeitschriften oder Bücher. Ein Vorabdruck eines Diskussionspapiers kann länger und ausführlicher sein als ein herkömmlicher Zeitschriftenartikel, da er Zwischenberechnungen, Hintergrundmaterial usw. enthalten kann.

Die Diskussionspapierreihe präsentiert Ergebnisse laufender Forschungsprojekte sowie weitere Untersuchungen und Analysen von SSB-Mitarbeitern. Die Ansichten und Schlussfolgerungen in diesem Dokument geben die Ansichten der Autoren wieder.

Veröffentlicht: September 2023

Abstracts mit herunterladbaren Diskussionspapieren im PDF-Format sind im Internet verfügbar:

https://www.ssb.no/discussion-papers
http://ideas.repec.org/s/ssb/dispap.html

ISSN 1892-753X (elektronisch)

Abstrakt

Wetter und Temperaturen variieren auf eine Weise, die schwer zu erklären und genau vorherzusagen ist. In diesem

In diesem Artikel untersuchen wir Daten zu Temperaturschwankungen in der Vergangenheit sowie mögliche Gründe dafür

Variationen. Anschließend überprüfen wir die wichtigsten Eigenschaften globaler Klimamodelle und statistischer Analysen

von anderen durchgeführte Untersuchungen zur Fähigkeit globaler Klimamodelle, historische Temperaturen zu verfolgen.

Diese Tests zeigen, dass Standardklimamodelle durch Zeitreihendaten zur globalen

Temperaturen. Schließlich aktualisieren und erweitern wir die bisherige statistische Analyse von Temperaturdaten

(Dagsvik et al., 2020). Mithilfe theoretischer Argumente und statistischer Tests stellen wir, wie in Dagsvik et al., fest:

(2020), dass die Wirkung der vom Menschen verursachten CO2-Emissionen nicht stark genug zu sein scheint, um

systematische Veränderungen der Temperaturschwankungen während der letzten 200 Jahre.

Schlüsselwörter: Globale Klimamodelle, Klimawandel, Temperaturanalyse, Fraktionales Gaußsches Rauschen, Langfristige Abhängigkeit

JEL-Klassifizierung:C22, C46, Q54

Danksagung: Wir sind dankbar für Kommentare von Sindre Fjell, Erling Holmøy, Bjart Holtsmark, Tom Kornstad, Linda Nøstbakken, Terje Skjerpen, Steinar Strøm und Anders Rygh Swensen. Mariachiara Fortuna hat die empirische Analyse durchgeführt und wir sind ihr besonders dankbar.

Adresse: John K. Dagsvik, Statistics Norway, Postfach 2633, St. Hanshaugen, 0131 Oslo, Norwegen. E-Mail: john.dagsvik@ssb.no

Sigmund H. Moen, Bauingenieur im Ruhestand

Sammeldrag

Bei einer typischen Wanderung wurden am Gipfel Temperaturen über 200 °C beobachtet

Sehen Sie lange Sykler und einen aktuellen Trend. Und die Sentralt-Spørsmål ist, dass diese Utviklingen auf dem Weg dorthin sind

Es handelt sich um einige analoge Systeme, um präzisere Temperaturschwankungen oder einen systematischen Endring zu ermöglichen

Die Temperaturmessung wurde in dieser Zeitspanne durchgeführt, was zu einem Ergebnis des Personalmanagements führte

Ausrutscher von CO_2. Um die Temperatur zu erhöhen und die Temperatur zu erhöhen, müssen Sie systematisch vorgehen

Verschiedene und regelmäßige Zeit, es ist wie ein vollständiger und komplizierter Prozess, der vor mir von diesem Ort hoch ist

Endringen som skyldes utslipp av CO_2.

Das Formular mit diesem Artikel wurde zu diesem Zweck entwickelt, nur um es zu verstehen

Achten Sie darauf, dass die Temperatur 200 Jahre lang nicht erreicht wird und die Temperatur sinkt

Klimagasser.

Ich beschreibe in diesem Artikel die ersten Daten, die für die Analyse verschiedener Daten nützlich sind

Klimatische Zurückhaltung.

Als Nächstes wurden mehrere Temperaturen durch Temperaturschwankungen in Kapitel 3 verursacht.

Strömninger i havene samt havenes kapasitet to å lagre CO_2vesentlig betydning. Nyere forscht

Tyder på und variasjoner und solas magnetisch filz har stor betydning for langsiktige svingninger i

solaktiviteten. Wenn Sie die Temperaturdaten des Klimas mithilfe der Sykliske-Variasjonene rekonstruieren und rekonstruieren

Jordanien, Jordanien und Planetenbanner bis Jupiter, Saturn, Neptun und Uranus.

Ich schließe 4 davon ab und überwache den zentralen Bereich, der auf die globalen Klimamodelle ausgerichtet ist

eksisterende litteratur. Ich habe 5 statistische Tests zum Thema globale Klimamodelle durchgeführt. Disse

Es ist zu beachten, dass die Temperaturschwankungen und Temperaturunterschiede auf der ganzen Welt konstant bleiben

Klimamodelle und -variationen sowie der Aufbau globaler Temperaturen. Med andre ord sår

Dies sind die Ergebnisse von Klimamodellen, bei denen ich darauf stehe, die natürliche Temperatur zu verbessern.

Variasjoner versus Variasjoner som skyldes menneskeskapte CO_2Das Leben dauerte 150 Jahre.

Letzte Berichterstatter sind Ergebnisse einer statistischen Analyse und Beobachtung von Temperaturdaten

fra ulike deler a jordkloden i capitlene 6 og 7. Diese Analyse wird den gleichen Anforderungen genügen

som Dagsvik mfl. (2020). Herren Dagsvik mfl. (2020) Ich hatte keine Temperaturdaten für das letzte Jahr,

Wir haben die Temperatur gemessen und diesen Artikel im Jahr 2021 veröffentlicht

Dagsvik mfl. (2020), bei hypotesen om bei temperaturprosessen varierer tilfeldig rundt et konstant

nivå (stasjonaritet) ikke blir forkastet. Dies kann dazu führen, dass der CO2-Ausstoß ab 200 °C wirksam wird

Ich bin nicht mehr in der Lage, systematische Temperaturänderungen vorzunehmen.

1. Einleitung

Ein typisches Merkmal der beobachteten Temperaturreihen der letzten zwei Jahrhunderte ist, dass sie mehr oder weniger einen steigenden Trend aufweisen (siehe Anhang D und die Abbildungen B1, B6 und B7 in Anhang B). Eine Schlüsselfrage ist, ob diese Tendenz Teil eines Zyklus ist oder ob das Temperaturmuster in diesem Zeitraum systematisch von früheren Schwankungen abweicht. Selbst wenn sich die jüngsten aufgezeichneten Temperaturschwankungen als systematisch von früheren Schwankungsmustern abheben sollten, bleibt es schwierig festzustellen, welcher Anteil dieser Veränderung auf die steigenden menschengemachten Kohlendioxid-Emissionen (CO) zurückzuführen ist.2) und andere Treibhausgase.

Derzeit herrscht unter vielen Klimaforschern offenbar weitgehender Konsens darüber, dass der Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte systematisch (und teilweise menschengemacht) ist. Dies ist zumindest der Eindruck, den die Massenmedien vermitteln. Für Laien ist es sehr schwierig, sich ein umfassendes Bild von der Forschung auf diesem Gebiet zu machen, und es ist nahezu unmöglich, einen Überblick und ein Verständnis der wissenschaftlichen Grundlagen für einen solchen Konsens zu erlangen (Koonin, 2021; Curry, 2023). Dieser Artikel untersucht diese Fragen genauer und untersucht beobachtete und rekonstruierte Temperaturdaten aus der Vergangenheit sowie die Eigenschaften und Tests der globalen Klimamodelle (GCMs). Darüber hinaus führen wir statistische Analysen beobachteter und rekonstruierter Temperaturreihen durch und prüfen, ob sich die jüngsten Temperaturschwankungen systematisch von früheren Temperaturzyklen unterscheiden, möglicherweise aufgrund der Emission von Treibhausgasen.[1]

In den globalen Klimamodellen (GCMs) wird der Großteil der Erwärmung seit 1950 auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt. Historisch gab es jedoch große Klimaschwankungen. Temperaturrekonstruktionen deuten auf einen Erwärmungstrend hin, der offenbar seit etwa 400 Jahren anhält. Vor den letzten etwa 250 Jahren konnte ein solcher Trend nur natürliche Ursachen haben. Die Länge der beobachteten Zeitreihen ist daher von entscheidender Bedeutung für die empirische Analyse des Musters von Temperaturschwankungen und für die Unterscheidung zwischen natürlichen und menschengemachten Temperaturschwankungen. Glücklicherweise sind viele beobachtete Temperaturreihen deutlich länger als 100 Jahre, und darüber hinaus gibt es, wie oben erwähnt, rekonstruierte Temperaturreihen, die deutlich länger sind.

Nach der Erfindung des Thermometers im 17. Jahrhundert wurden in vielen Städten systematische Temperaturmessungen durchgeführt. Dies war beispielsweise in Uppsala mit Messungen ab 1722 der Fall, in Berlin ab 1756 und in Paris ab 1757, um nur einige zu nennen. Die längste

[1]Auch wenn sich ein systematischer Temperaturwechsel nicht rigoros nachweisen lässt, kann es dennoch vernünftig sein, sich weltweit für eine grüne Umwelt- und Wirtschaftspolitik einzusetzen, die auf dem Vorsorgeprinzip basiert.

Die verfügbaren instrumentellen Aufzeichnungen der monatlichen Temperaturen weltweit stammen aus Mittelengland und beginnen im Jahr 1659.[2]

Eine Möglichkeit, die Auswirkungen der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen auf Temperaturen aus natürlichen Ursachen zu ermitteln, besteht darin, zu prüfen, ob Temperaturschwankungen erklärt werden. Damit dies möglich ist, muss eine Mindestanforderung sein, dass GCMs in der Lage, historisch beobachtete Temperaturen zu reproduzieren. Mehrere Forscher haben fortgeschrittene statistische Methoden, um die Fähigkeit von GCMs zu untersuchen, globale Temperaturreihen zu verfolgen, und wir Überprüfen Sie die Ergebnisse ihrer Analyse.

Da der Gesamteinfluss verschiedener Quellen auf das Klima nicht gut verstanden ist, sind die Schwankungen in beobachteten und rekonstruierten Zeitreihen-Temperaturdaten möglicherweise schwer zu erklären. Sie können daher bis zu einem gewissen Grad unsystematisch (stochastisch) erscheinen. Ein alternativer Forschungsansatz besteht daher darin, zu untersuchen, ob die Temperaturreihen mit einem statistischen Modell übereinstimmen und welche Merkmale ein solches Modell aufweisen könnte. Diesen Ansatz verfolgten Dagsvik et al. (2020) und mehrere der darin enthaltenen Referenzen. Eine rigorose statistische Analyse des Temperaturphänomens ist jedoch komplizierter als erwartet. Dafür gibt es mehrere Gründe. Erstens zeigt sich, dass die Temperatur als zeitlicher Prozess Zyklen zu haben scheint, die Jahrzehnte (Langgedächtnis), wenn nicht Hunderte von Jahren andauern können. Genau aus diesem Grund sollte selbst ein so anhaltender Anstieg der kürzlich beobachteten Temperaturreihen nicht einfach als Trend interpretiert werden, der zu einem dauerhaften Klimawandel führt.

Das Papier ist wie folgt aufgebaut. In Abschnitt 2 beschreiben wir Daten und diskutieren einige stilisierte Fakten über Klimaschwankungen in prähistorischen Zeiten. Darüber hinaus beschreiben wir verschiedene beobachtete und Wir rekonstruieren verfügbare Datensätze und geben eine Zusammenfassung der Klimaschwankungen der Vergangenheit. In Abschnitt 3 diskutieren wir einige Ursachen von Temperaturschwankungen. Abschnitt 4 enthält eine Zusammenfassung Beschreibung einiger Hauptmerkmale der GCMs, hauptsächlich basierend auf Curry (2017) und Voosen (2016) und in Abschnitt 5 überprüfen wir Analysen in der Literatur zur Fähigkeit von GCMs, globale Temperaturreihen. Abschnitt 6 diskutiert und begründet den spezifischen statistischen Modellierungsansatz Wir haben in diesem Artikel die Methode angewendet und in Abschnitt 7 werden die daraus resultierenden empirischen Ergebnisse diskutiert.

Die Analyse erweitert und aktualisiert die Studie von Dagsvik et al. (2020), die auf der gleichen Methodik basiert wie in Dagsvik et al. (2020). Während die Analyse von Dagsvik et al. (2020) keine Daten für die

[2]Thermoskope waren die frühesten Arten von Thermometern. Sie zeigten nur Temperaturänderungen an, aber keine numerischen Werte. Eines der ersten Thermoskope wurde 1593 von Galeleo Galilei entwickelt. Es verwendete Wasser als Flüssigkeit und Glaskolben in einem offenen Rohr. Die Glaskolben hoben und senkten sich mit den Temperaturänderungen. 1612 verwendete Santorio Santorio eine numerische Skala auf dem Thermoskop, die jedoch noch sehr rudimentär war. 1654 entwickelte Ferdinand II., der Großherzog der Toskana, das erste versiegelte Glasrohr. Es enthielt Alkohol und hatte eine numerische Skala, war jedoch nicht sehr genau. Das modernere Thermometer wurde 1709 von Daniel Fahrenheit erfunden. Es war ein geschlossenes Glasrohr mit einer numerischen Skala, der sogenannten Fahrenheit-Skala. Die frühe Version dieses Thermometers enthielt Alkohol und 1714 entwickelte Fahrenheit ein Quecksilberthermometer mit derselben Skala.

Die aktuelle Studie basiert auf Daten bis 2021 und die empirischen Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse von Dagsvik et al. (2020). Ein zentrales Ergebnis ist, dass die Hypothese der Die Stationarität des Temperaturprozesses wird nicht abgelehnt. Schließlich geben wir in Abschnitt 8 Grenzen für Maximaltemperaturwerte unter bestimmten Annahmen über den Temperaturverlauf. Die meisten Die Ergebnisse der statistischen Analyse werden in den Online-Anhängen (Anhänge C und D) aufgeführt.[3]

2. Die verfügbaren Daten

Dieser Abschnitt gibt eine kurze Beschreibung der in dieser Arbeit untersuchten und analysierten Daten. Abgesehen von den letzten 250 Jahren basieren die Daten auf Rekonstruktionen aus verschiedenen Quellen wie Eisbohrkernen, Baumringen und Seesedimenten (siehe z. B. Varenholt und Lüning, 2015, Kap. 4). Ein Eisbohrkern ist eine Kernprobe, die aus einem Eisschild oder Gletscher gewonnen wird. Da sich das Eis aus der schrittweisen Bildung jährlicher Schneeschichten bildet, sind die unteren Schichten älter als die oberen, und ein Eisbohrkern enthält Eis, das über mehrere Jahre gebildet wurde. Kerne können Eis enthalten, das über zwei Millionen Jahre alt ist (Yan et al., 2019). Die physikalischen Eigenschaften des Eises und des darin eingeschlossenen Materials können genutzt werden, um das Klima über den Altersbereich des Kerns zu rekonstruieren. Die Anteile verschiedener Sauerstoff- und Wasserstoffisotope liefern Informationen über vergangene Temperaturen, und die in winzigen Bläschen eingeschlossene Luft kann analysiert werden, um den Gehalt an atmosphärischen Gasen wie CO zu bestimmen.[2]. Seit 1979 werden Satellitenbeobachtungen in der Troposphäre zur Temperaturschätzung verwendet.

2.1. Temperaturschwankungen in der Vergangenheit

Eisbohrkerne aus Grönland und der Antarktis liefern einzigartige Archive vergangener Klima- und Umweltveränderungen, die ausschließlich auf natürlichen physikalischen Prozessen beruhen. Abbildung B2 im Anhang B zeigt rekonstruierte Temperaturen der letzten 420.000 Jahre, die an der Wostok-Station in der Antarktis gemessen wurden (Petit et al., 1999, 2001). Die Aufzeichnungen umfassen vier Eiszeiten und fünf Zwischeneiszeiten, einschließlich der Gegenwart.

Die vorhergehenden vier Zwischeneiszeiten liegen bei etwa 125.000, 280.000, 325.000 und 415.000 Jahre zuvor, mit deutlich längeren Eiszeiten dazwischen. Alle vier vorherigen Zwischeneiszeiten waren wärmer als die heutige. Die typische Dauer einer Eiszeit beträgt etwa 100.000 Jahre, während eine Zwischeneiszeit typischerweise etwa 10.000 bis 15.000 Jahre dauert. Die gegenwärtige Zwischeneiszeit dauerte nun etwa 11.600 Jahre.

[3]Der Online-Anhang 4 von Dagsvik et al. (2020) enthält alle R-Codes, die für die statistische Analyse der von Mariachiara Fortuna entwickelten Temperaturdaten verwendet wurden (mariachiara.fortuna1@gmail.com).

Abbildung B3 zeigt die zyklischen und parallelen Schwankungen der rekonstruierten Temperaturen und CO_2 während der letzten 420.000 Jahre, laut Ergebnissen des Vostok-Eiskerns. Durch die Analyse des antarktischen blauen Eises haben Yan et al. (2019) herausgefunden, dass die hohe Korrelation zwischen Temperatur und CO_2Auch vor bis zu 2 Millionen Jahren, also zu einer Zeit, als die Eiszeit nur 40.000 Jahre zu dauern schien, kam es zu Temperaturschwankungen. Moberg et al. (2005) und Lundqvist (2010) haben unter anderem die Temperaturen für die nördliche Hemisphäre vom 1. bis 1979 n. Chr. rekonstruiert (Abbildung B6 im Anhang B), indem sie Daten aus Bohrlöchern, Baumringen und Seesedimenten verwendeten. Diese Daten zeigen erhebliche Temperaturschwankungen während der letzten zwei Jahrtausende, beispielsweise während der kleinen Eiszeit.

Kobashi et al. (2011) haben die Temperaturvariabilität der grönländischen Schneeoberfläche für die letzten 4.000 Jahre (bis 1993) am Standort GISP2 (nahe dem Gipfel des grönländischen Eisschildes) mit einer neuen Methode rekonstruiert, die Argon- und Stickstoff-Isotopenverhältnisse aus eingeschlossenen Luftblasen nutzt (Abbildung B4, Anhang B). Diese Daten deuten darauf hin, dass im ersten Teil der letzten 4.000 Jahre höhere Temperaturen die Norm waren, einschließlich Jahrhundertintervallen, die fast 1 °C wärmer waren als das Jahrzehnt (2001–2010). Daher scheint die aktuelle dekadische Durchschnittstemperatur in Grönland die Grenzen der natürlichen Variabilität der letzten 4.000 Jahre nicht überschritten zu haben. Schönwiese (1995) hat die Temperaturen der letzten 11.000 Jahre aus Eisbohrkernen in Grönland rekonstruiert (Abbildung B5, Anhang B). Diese Rekonstruktionen zeigen, dass die Temperaturen in den vergangenen 10.000 Jahren über lange Zeiträume höher waren als heute. Die wärmste Phase ereignete sich vor 4.000 bis 8.000 Jahren und wird als Holozänes Klimaoptimum oder Atlantische Periode bezeichnet.

Es gibt weitere rekonstruierte Temperatur- und CO_2Messungen der letzten Jahrtausende, die hier nicht besprochen wurden. Einige von ihnen weisen ähnliche Muster auf wie die hier besprochenen, während andere (basierend auf Eisbohrkernen von anderen Standorten) ein anderes Bild zeigen. Ähnlich wie bei den in Anhang D dargestellten Beobachtungsdaten scheinen die rekonstruierten Temperaturdatenproben erhebliche regionale Unterschiede aufzuweisen. Darüber hinaus können die rekonstruierten Daten erhebliche Messfehler enthalten, die zu den Abweichungen zwischen den verschiedenen rekonstruierten Datensätzen beitragen.

2.2. Beobachtete Temperaturaufzeichnungen

Daten zu beobachteten Temperaturen stammen aus verschiedenen Quellen. Zu diesen Quellen zählen die National Aeronautics and Space Administration (NASA), das Goddard Institute for Space Studies (GISS), die European Climate Assessment & Data sowie nationale meteorologische Institute wie das Schwedische Meteorologische und Hydrologische Institut und das Norwegische Meteorologische Institut, das Hadley Centre Central England Temperature (HadCET-Datensatz, beginnend im Jahr 1659) und das

University of Alabama at Huntsville (UHA) (Satellitendaten). Die von der NASA zertifizierten Daten umfassen eine Vielzahl von Temperaturreihen aus über 100 Ländern. Die (beobachteten) Temperaturdaten, die wir für die statistische Analyse in diesem Artikel verwendet haben, wurden von Hov Moen (2020) von der NASA erhoben. Die Zeitreihen liegen als Jahres- und Monatswerte vor. Diese Daten sind alles andere als perfekt, da die meisten Reihen einen oder mehrere Zeiträume fehlender Beobachtungen enthalten.

Die meisten Reihen werden um Umweltveränderungen in der Umgebung des Messgeräts und um am Messort auftretende Fehler korrigiert, wie z. B. bekannte Geräte- oder Verfahrensfehler, Änderung des Messorts, Änderung der Umgebung, Änderung der Mittelungsmethode usw. Vermutlich können einige der Datenreihen immer noch durch einen lokalen städtischen Wärmeinseleffekt (UHI) beeinflusst werden, der größer ist als von Standard-UHI-Korrekturtechniken angenommen, oder durch zeitliche, lokale Temperaturinversionen, die während Winterperioden mit ruhigen Bedingungen in kalten Regionen vorherrschen (O'Neill et al., 2022).

Anhand verschiedener Auswahlkriterien wurden 75 Zeitreihen aus 32 Ländern in die statistische Analyse dieser Arbeit einbezogen. Die meisten dieser Zeitreihen sind Aktualisierungen der von Dagsvik et al. (2020) in ihrer Analyse verwendeten Reihen. Die Kriterien basierten auf der Qualität der Daten, wie z. B. Länge und Anzahl fehlender Beobachtungen. Beachten Sie, dass die Daten ausschließlich auf beobachteten Lufttemperaturen basieren. Daher werden in dieser Studie keine Meeresoberflächentemperaturen verwendet, im Gegensatz zu den globalen Temperaturreihen, die von mehreren Klimaforschungszentren erstellt (konstruiert) werden. Der Grund für die Nichtverwendung von Beobachtungen der Meeresoberflächentemperatur liegt darin, dass diese, abgesehen von den letzten Jahrzehnten, an den angegebenen Beobachtungsstandorten nicht beobachtet wurden. Anhang C (online) enthält weitere Informationen zu den in dieser Studie verwendeten Temperaturreihen.

2.3. Konstruktion der globalen Temperatur

Schätzungen der globalen Temperaturen werden vom Met Office Hadley Centre (UK) (HadCRUT), der US National Oceanic and Atmospheric Administration, dem National Climatic Data Center (USA) (NCDC) erstellt und verwaltet.NASA Goddard Institut für Weltraumstudien (USA)(NASA GISS) und UAH.Globale Oberflächentemperaturen werden typischerweise als einfache oder gewichtete Durchschnittswerte beobachteter lokaler Temperaturanomalien berechnet. Eine Temperaturanomalie ist die Differenz zwischen der langfristigen Durchschnittstemperatur (manchmal auch Referenzwert genannt) und der tatsächlichen Temperatur.[4]

[4]Globale Temperaturaufzeichnungen, Website der Climatic Research Unithttp://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/ , Globale Temperatur (Wetterstationen), Website des Goddard Institute of Space Studieshttp://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/

Die Oberflächenaufzeichnungen stellen eine Mischung aus Meeresoberflächendaten dar, die von fahrenden Schiffen, treibenden und verankerten Bojen gesammelt wurden, Satellitenmessungen aus der Troposphäre (UAH) sowie Daten von Landstationen von teilweise unbekannter Qualität und unbekanntem Grad an Repräsentativität für ihre Region. Genauer gesagt sind die Werte für jede Hemisphäre der einfache oder gewichtete Durchschnitt aller nicht fehlenden Gitterbox-Anomalien in der Hemisphäre. Die verwendeten Gewichte sind die Flächen der Gitterboxen oder die Kosinus der zentralen Breiten jeder Gitterbox. Für die drei globalen Schätzungen der Oberflächenlufttemperatur, HadCRUT, NCDC und GISS, ist der Referenzzeitraum unterschiedlich. HadCRUT bezieht sich auf den Zeitraum 1961–1990, während NCDC und GISS als Referenz stattdessen 1901–2000 bzw. 1951–1980 verwenden, was zu höheren positiven Temperaturanomalien führt. Bei allen drei Oberflächenlufttemperaturaufzeichnungen, insbesondere aber bei NCDC und GISS, werden relativ häufig administrative Änderungen an den Anomaliewerten vorgenommen, selbst bei Beobachtungen, die mehrere Jahre zurückliegen. Einige Änderungen könnten auf die verspätete Reduzierung von Stationen oder die Hinzufügung neuer Stationsdaten zurückzuführen sein, während andere wahrscheinlich auf eine Änderung der Methode zur Berechnung von Durchschnittswerten zurückzuführen sind. Die Gültigkeit solcher administrativen Änderungen kann ein externer Nutzer dieser Aufzeichnungen nicht beurteilen. Darüber hinaus wurden im 19. und frühen 20. Jahrhundert Messungen der Meeresoberfläche üblicherweise dadurch durchgeführt, dass man Eimer Wasser auf ein Schiffsdeck schüttete.

Im 20. Jahrhundert verlagerte sich der Aufbau des Messnetzes hin zur Messung der Wassertemperatur im Maschinenraum, speziell isolierten Messbehältern und dem Einsatz von Rumpfkontaktsensoren. Ende des 20. Jahrhunderts wurden große Netzwerke aus Treibbojen und anderen Plattformen errichtet, die weiterhin eine umfassendere Temperaturmessung ermöglichen, als dies zuvor mit rein schiffsbasierten Messungen möglich war. Viele der Landstationen wurden im Laufe ihres Bestehens auch geografisch verlegt, und ihre Instrumentierung änderte sich. Weitere Belege und Diskussionen zu den Unsicherheiten und Homogenisierungsanpassungen der europäischen Temperaturaufzeichnungen finden sich bei Brohan et al. (2006) und O'Neill et al. (2022).

Auch die Satelliten-Temperaturaufzeichnungen weisen ihre Schwächen auf, die jedoch meist technischer Natur und daher korrigierbar sind. Zudem sind die Temperaturmessungen durch Satelliten weltweit regelmäßiger und umfassender als die Bodenaufzeichnungen.

Es scheint daher, dass die verschiedenen Temperaturaufzeichnungen nicht von gleicher wissenschaftlicher Qualität sind. Während sowohl NCDC als auch GISS erhebliche administrative Änderungen erfahren haben und daher als instabil gelten können, sind die Änderungen an HadCRUT3 geringer und kleiner (Abbildung 1B in Anhang B). Es ist offensichtlich, dass sich der Grad der Unsicherheit (Messfehler) in diesen globalen Temperaturreihen im Laufe der Zeit verändert hat. Auch die Anzahl der Wetterstationen und Meeresbeobachtungsstandorte hat im Laufe der Zeit zugenommen. Infolgedessen hat die Varianz der Messfehler wahrscheinlich im Laufe der Zeit abgenommen. Diese Merkmale stellen ein ernstes Hindernis dar

zur Durchführung strenger statistischer Zeitreihenanalysen auf Grundlage der (konstruierten) globalen Temperaturreihen. Selbst wenn die zugrunde liegenden wahren Temperaturreihen für jede Wetterstation stationär wären, könnten die entsprechenden (konstruierten) globalen Temperaturreihen daher nichtstationär sein.

Essex et al. (2006) stellen das gesamte Konzept der globalen Temperatur in Frage. Zusammenfassend lässt sich ihre Argumentation wie folgt zusammenfassen: Es gibt unendlich viele Möglichkeiten, gewichtete Mittelwerte für beliebige lokale Temperaturdaten zu bilden, da physikalische Prinzipien keine explizite Grundlage für eine Auswahl bieten. Unterschiedliche und gleichermaßen gültige statistische Regeln können gegensätzliche Trends zeigen, wenn sie auf Berechnungsergebnisse aus physikalischen Modellen und realen atmosphärischen Daten angewendet werden. Eine bestimmte Menge lokaler Temperaturmessungen, verteilt über die ganze Welt, kann so interpretiert werden, dass sowohl eine Erwärmungs- als auch eine Abkühlungstendenz gleichzeitig vorliegt, was die Theorie der globalen Erwärmung physikalisch fragwürdig macht.

3. Was sind die Hauptursachen für Temperaturschwankungen?

Die Sonne ist die wichtigste Energiequelle der Erde. Diese Energie wird in Form von Sonnenstrahlung unterschiedlicher Wellenlängen, der sogenannten totalen Sonneneinstrahlung, abgegeben. Schwankungen der Sonneneinstrahlung führen zur Erwärmung der oberen Planetenatmosphäre und zu komplexen Prozessen des Sonnenenergietransports zur Planetenoberfläche.

Wie oben erläutert, zeigen rekonstruierte Temperaturaufzeichnungen aus Eiskernbohrungen, dass es mehr oder weniger regelmäßige Eiszeiten gab (Petit et al., 2001, siehe Abbildung B2 in Anhang B). Die Eiszeiten scheinen in etwa mit den Milankovitch-Zyklen übereinzustimmen. Milankovitch-Zyklen beschreiben die kollektiven Auswirkungen von Veränderungen der Erdbewegungen auf das Klima über Jahrtausende. Der Begriff ist nach dem serbischen Mathematiker und Astronomen Milutin Milankovitch benannt. Milankovitch (1879–1958) stellte die Hypothese auf, dass Variationen der Exzentrizität, Achsneigung und Präzession der elliptischen Erdumlaufbahn zu zyklischen Schwankungen der die Erde erreichenden Sonneneinstrahlung führten und dass diese Bahnkräfte die Klimamuster der Erde stark beeinflussten.

Es ist bekannt, dass die Ozeane eine enorme Kapazität zur Speicherung von CO haben.$_2$, abhängig von der Meerestemperatur. Wenn die Meerestemperatur steigt, nimmt diese Kapazität ab. Im Gegensatz dazu folgt aus dem Henry-Gesetz, dass, wenn die CO_2Niveau steigt in der Atmosphäre, eine entsprechende proportionale

Auch in den Ozeanen kommt es zu einem Anstieg.[5]Was wir beobachten, ist also der Nettoeffekt. Eine Erklärung für die Grafiken in Abbildung B3 im Anhang B lautet dementsprechend, dass die Schwankung der Speicherkapazität der Ozeane aufgrund schwankender Temperaturen der dominierende Effekt ist.

Neben jahreszeitlichen Schwankungen und Eiszeiten scheinen die beobachteten Temperaturen aus Gründen zu schwanken, die nur teilweise verstanden sind. Einige der Schwankungen sind auf Sonneneinstrahlung, Wolkenbildung und Treibhausgase (Wasserdampf, Argon, CO_2, Aerosole,[6]Methan, Lachgas und Ozon).

Kürzlich haben Zharkova (2020) und Zharkova et al. (2015) die Rolle des solaren Hintergrundmagnetfelds bei der Bestimmung der Sonnenaktivität untersucht. Durch Anwendung einer Hauptkomponentenanalyse konnten sie die beobachteten Ausmaße des Magnetfelds zu verschiedenen Zeitpunkten quantifizieren und folglich langfristige Vorhersagen der Sonnenaktivität auf einer Jahrtausendskala treffen. Ihr Ansatz offenbarte nicht nur das Vorhandensein von 11-jährigen Sonnenzyklen, sondern auch von großen Sonnenzyklen mit einer Dauer von 350 bis 400 Jahren. Sie zeigten, dass diese großen Zyklen durch die Interferenzen zweier magnetischer Wellen mit ähnlichen, aber nicht gleichen Frequenzen entstehen, die durch die doppelte Sonnendynamowirkung in verschiedenen Tiefen des Sonneninneren erzeugt werden. Diese großen Zyklen sind immer durch große Sonnenminima vom Typ Maunder-Minimum getrennt, die in der Vergangenheit regelmäßig auftraten.[7]
Während dieser großen solaren Minima kommt es zu einer erheblichen Abnahme des solaren Magnetfelds und der Sonneneinstrahlung, was zu einer Abnahme der irdischen Temperaturen für diese Zeiträume führt, die aus der Analyse der irdischen Biomasse während der vergangenen 12.000 oder mehr Jahre abgeleitet wurden. Das jüngste große solare Minimum ereignete sich während der kleinen Eiszeit (Maunder-Minimum) (1645–1710) und führte zu einer Abnahme der solaren Einstrahlung um 0,22 Prozent gegenüber dem heutigen Wert und zu einer Abnahme der durchschnittlichen irdischen Temperatur um 1,0 – 1,5 °C. Laut der Forschung dieser Autoren wird es bald ein großes solares Minimum geben, bei dem das solare Magnetfeld und seine magnetische Aktivität um 70 Prozent abnehmen werden. Während dieses großen Minimums würde man ceteris paribus eine Abnahme der durchschnittlichen irdischen Temperatur um bis zu 1,0 °C im Jahrzehnt 2031–2043 erwarten.

In anderen aktuellen Studien (Scafetta und Bianchini, 2022, und Yndestad, 2022) wird vermutet, dass die globalen Temperaturschwankungen der Erde solar-lunar bedingte stationäre Temperaturzyklen von bis zu 4450 Jahren aufweisen. Die Hauptursachen für die identifizierten mehrdekadischen Temperaturschwankungen sind die stationären Orbitalzyklen der Jupiterplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) und

[5]Hendrys Gesetzbesagt, dass die Masse eines gelösten Gases in einem gegebenen Volumen eines Lösungsmittels im Gleichgewicht proportional zur partiellen Druck des Gases.

[6]Aerosole sind flüssige oder feste Partikel (beispielsweise von Vulkanen), die klein genug sind, um in der Luft zu schweben.

[7]Maunder-Minimum steht für ein verlängertes Sonnenfleckenminimum.

der 18,6-jährige Mondknotenzyklus, der sich aus der Nutation der Erdachse ergibt. Nach dieser Theorie Die Meeresoberflächentemperatur wird im Jahr 2070 ein tiefes Minimum erreichen.

Es ist bekannt, dass Wolken die globalen Temperaturen langfristig beeinflussen. Sonnenschwankungen und Wasserdampf beeinflussen die Wolkendichte in unserer Atmosphäre, wie Forschungen des Nationalen Weltrauminstituts der Technischen Universität Dänemark und des Racah-Instituts für Physik der Hebräischen Universität Jerusalem zeigen (Svensmark et al., 2016). Große Eruptionen auf der Sonnenoberfläche können die Erde vorübergehend vor der sogenannten kosmischen Strahlung schützen, die offenbar die Wolkenbildung beeinflusst.

Das wichtigste Treibhausgas ist Wasserdampf, dessen Konzentration an jedem Ort und zu jeder Zeit stark variiert. Etwa 66–85 Prozent des natürlichen Treibhauseffekts sind auf Wasserdampf und kleine Tröpfchen in Wolken zurückzuführen (Varenholt und Lüning, 2015, Kap. 6). Das nächstwichtigste Treibhausgas ist CO_2, das sich von Wasserdampf dadurch unterscheidet, dass seine Konzentration in der Atmosphäre auf der ganzen Erde nahezu gleich ist. Die Menge an CO_2und andere Gase, die der Mensch in den letzten 250 Jahren der Atmosphäre hinzugefügt hat, erhöhen die Fähigkeit der Atmosphäre, die Diffusion von Wärme in den Weltraum zu verhindern.

Andere Schwankungen können jedoch auf das Klimasystem selbst zurückzuführen sein (chaotisches Verhalten). Tatsächlich bedarf es keiner „externen“ Einflüsse, um periodische und scheinbar stochastische Schwankungen in Prozessen zu erzeugen, die von deterministischen nichtlinearen dynamischen Systemen wie GCMs gesteuert werden. Siehe beispielsweise May (1976), der zeigt, dass ein einfaches nichtlineares dynamisches Modell chaotisches Verhalten aufweist. Ein Phänomen wie El Niño kann das Ergebnis des Klimasystems selbst sein.

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) ist ein ozeanologisch-atmosphärisches Zirkulationssystem im Pazifikraum, das das El-Niño-Phänomen und die Southern Oscillation umfasst. Letztere beschreibt eine Druckverschiebung zwischen dem südasiatischen Tiefdruckgebiet und dem südpazifischen Hochdruckgebiet. El Niño tritt im tropischen Pazifik alle 2–7 Jahre, typischerweise um die Weihnachtszeit, auf. Charakteristisch für das Ereignis ist eine starke Erwärmung der oberen Luftschicht in dieser Ozeanregion. Dabei tauschen Hochdruck- und Tiefdrucksysteme die Plätze, was zu einer teilweisen Umkehr der Luft- und Meeresströmungen führt. El Niño hat tiefgreifende Auswirkungen auf das Klima, die nicht nur den Pazifikraum, sondern den gesamten Globus betreffen. So leiden beispielsweise Südasien, Australien und das Amazonasgebiet in warmen El-Niño-Jahren unter Dürren, während andere Teile Südamerikas von starken Regenfällen überschwemmt werden. (Varenholt und Lüning, 2015, S. 122–124).

4. Überprüfung der globalen Klimamodelle

GCMs sind Darstellungen des Klimasystems der Erde, mit denen sich Klimaschwankungen unter verschiedenen Bedingungen, einschließlich der Entwicklung der globalen Temperatur, analysieren und simulieren lassen. Die bestehenden GCMs sind umfassend und komplex, und für Laien ist es kaum möglich, mehr als ein oberflächliches Verständnis zu erlangen. Hier geben wir nur eine kurze Beschreibung ihrer wichtigsten Eigenschaften, die weitgehend auf Curry (2011, 2017, 2023) und Voosen (2016) basiert. Für detailliertere Beschreibungen und Diskussionen verweisen wir auf diese Autoren und Bader et al. (2008).

GCMs bestehen aus mehreren Modulen, die den Beitrag von Atmosphäre, Ozean, Landoberfläche, Meereis und Gletschern zu Klimaschwankungen darstellen. Das Atmosphärenmodul simuliert die Entwicklung von Wind, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck mithilfe komplexer mathematischer Gleichungen, die nur computergestützt gelöst werden können. GCMs verwenden außerdem Gleichungen, die den Wärmetransport im Ozean und den Wärme- und Feuchtigkeitsaustausch zwischen dem Ozean und der Atmosphäre beschreiben. GCMs verfügen über ein Untermodell für die Landoberfläche, das beschreibt, wie Vegetation, Boden und Schnee- bzw. Eisbedeckung Energie und Feuchtigkeit mit der Atmosphäre austauschen. Schließlich enthalten GCMs Untermodelle, die Meereis und Gletscher darstellen. Während einige der Beziehungen in GCMs auf etablierten physikalischen Theorien basieren, wie beispielsweise die Navier-Stokes-Gleichungen, gibt es Darstellungen, die lediglich Näherungen darstellen und nicht auf physikalischen Gesetzen beruhen. Leider konnte bisher keine analytische Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen gefunden werden.[8]Um all diese Gleichungen mithilfe von Computern näherungsweise lösen zu können, werden Atmosphäre, Ozeane und Land in ein dreidimensionales Raster (räumliche und zeitliche Auflösung) unterteilt. Gängige Auflösungen für GCMs betragen etwa 100–200 km horizontal und etwa einen Kilometer vertikal sowie eine Zeitschrittauflösung von etwa 30 Minuten. Aufgrund der relativ groben Auflösung der Modelle finden viele wichtige Prozesse innerhalb der durch die Modellauflösung bestimmten Zellen statt, wie beispielsweise Wolken und Niederschlag. Diese „subskaligen“ Prozesse werden mithilfe von Ad-hoc-Parameterbeziehungen modelliert, die die tatsächlichen Prozesse approximativ abbilden sollen und auf Beobachtungen oder Ableitungen aus detaillierteren Modellen basieren. Die Parameter dieser Beziehungen werden so kalibriert, dass das Modell den Wetter- und Klimabeobachtungen in einem ausgewählten Zeitraum entspricht. Die Parameterauswahl für die Ad-hoc-Subskalenmodelle zur Darstellung von Wolken und Niederschlag gehört zu den anspruchsvollsten und ist der Grund für die größten Unterschiede zwischen den Simulationen verschiedener Klimamodelle.

[8]Das Clay Mathematics Institute hat die Existenz und analytische Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen zu einem der Die sieben größten Probleme der gesamten Mathematik werden untersucht und für ihre Lösung ist ein Preis von einer Million Dollar ausgesetzt.

Die GCMs haben verschiedene Einschränkungen. Erstens die Wirkung der Erhöhung der CO_2Emissionen auf das Klima lassen sich in Zeitskalen von höchstens 100 Jahren nicht präzise abschätzen. Zweitens fehlt es an Kenntnissen über die Unsicherheit, die teilweise auf die Wahl der Subskalenmodelle, deren Parametrisierung und Kalibrierung sowie auf unzureichende Daten zurückzuführen ist. Drittens sind GCMs einigen Einschätzungen zufolge nicht zuverlässig genug, um zwischen natürlichen und vom Menschen verursachten Ursachen des Temperaturanstiegs im 20. Jahrhundert zu unterscheiden. Einige der auf GCMs basierenden Vorhersagen sind, wie in statistischen Analysen, mit Standardfehlern behaftet. Da es sich bei GCMs jedoch um deterministische Modelle handelt, lassen sich diese Standardfehler nicht auf dieselbe Weise interpretieren wie in der Statistik.[9]Viertens werden GCMs typischerweise anhand derselben Beobachtungen evaluiert, die auch zur Kalibrierung der Modellparameter verwendet wurden. In einem Artikel in*Wissenschaft*, schreibt Voosen (2016);*„Ob die Klimawissenschaftler es nun zugeben wollen oder nicht, fast jedes Modell wurde präzise auf die Klimaaufzeichnungen des 20. Jahrhunderts abgestimmt – sonst wäre es im Müll gelandet.“*Leider sind Modelle, die 20 entsprechenthJahrhundertdaten als Ergebnis der Kalibrierung mit dem gleichen 20thDie Daten des 20. Jahrhunderts sind von zweifelhafter Qualität für die Ermittlung der Ursachen des 20.th Temperaturvariabilität des 20. Jahrhunderts. Das Problem besteht darin, dass einige der Variablen, die neben Treibhausgasen auch andere Quellen der Klimavariabilität darstellen, bei den Kalibrierungen nicht ausreichend berücksichtigt werden. Die resultierende Kalibrierung der Klimasensitivität kann daher verzerrt sein. Weitere kritische Bewertungen finden sich bei mehreren Autoren, beispielsweise Essex (2022).

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt, kann sich das Klima auch ohne Schwankungen externer Einflüsse aufgrund interner Prozesse im Klimasystem ändern (Chaos). In den globalen Klimamodellen ist die Ursache dieses Chaos die Nichtlinearität der Navier-Stokes-Gleichungen. Sind die Anfangsbedingungen eines dynamischen Modells auf Basis der Navier-Stokes-Gleichungen nicht genau bekannt, weicht die prognostizierte Entwicklung von der tatsächlichen ab, und es ist nicht unbedingt so, dass kleine Störungen geringe Auswirkungen haben.[10]Tatsächlich können leicht unterschiedliche Anfangsbedingungen zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen führen.[11]Um die Unsicherheit aufgrund interner Variabilität zu bewerten, verwenden Forscher sogenannte ICE-Simulationen (Initial Condition Ensembles). Das bedeutet, dass die Ergebnisse von GCMs ausgehend von

---

[9]Der Verweis auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen im Zusammenhang mit globalen Klimamodellen kann irreführend sein, da Klimamodelle gemäß der gängigen Terminologie keine stochastischen Modelle sind. Er bezieht sich lediglich auf die Verteilung der Ergebnisse, die durch Simulationen verschiedener kalibrierter Versionen und Szenarien generiert wurden. Eine Diskussion zu diesem Thema findet sich bei Stephenson et al. (2012). Eine Diskussion zur Klimaunsicherheit findet sich auch bei Curry (2011).

[10]„Da das Klimasystem komplex und gelegentlich chaotisch ist, von abrupten Veränderungen dominiert wird und von konkurrierenden Rückkopplungen mit großen unbekannten Schwellenwerten angetrieben wird, sind Klimavorhersagen schwierig, wenn nicht gar unmöglich.“ (Rial et al., 2004).

[11]Im Jahr 2001 schrieben IPCC-Forscher:*...Zusammenfassend muss eine Strategie das Mögliche berücksichtigen. In der Klimaforschung und -modellierung sollten wir erkennen, dass wir es mit einem gekoppelten, nichtlinearen, chaotischen System zu tun haben und dass daher die langfristige Vorhersage von Die Vorhersage zukünftiger Klimazustände ist nicht möglich. Wir können höchstens eine Vorhersage der Wahrscheinlichkeitsverteilung der zukünftigen möglichen Systemzustände durch die Generierung von Ensembles von Modelllösungen erwarten.*Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen. Synthesebericht, Abschnitt 14.2.2.2, S. 774.

leicht unterschiedliche Anfangsbedingungen. Da das Klimasystem chaotisch ist, führen leicht unterschiedliche Anfangsbedingungen zu unterschiedlichen Verläufen.

5. Wie gut sagen Klimamodelle vergangene Temperaturen voraus?

Das Problem bei der Bewertung der Auswirkungen des vom Menschen verursachten Anstiegs des CO_2besteht darin, dass nicht alles andere unbedingt gleich ist, da andere Faktoren am Werk sind, die das Klima beeinflussen, wie etwa wichtige Verstärker- und Rückkopplungsmechanismen, die kaum verstanden sind, siehe Varenholt und Lüning (2015) und die darin enthaltenen Referenzen.[12]Eine Möglichkeit, die Wirkung von CO zu beurteilen2Emissionen auf die Temperatur ist die Anwendung der GCMs. Eine zentrale Frage ist daher, ob die GCMs zuverlässige Vorhersagen liefern. Eine Möglichkeit, die Qualität der GCMs zu untersuchen, besteht darin, zu prüfen, ob ihre Temperaturvorhersagen (Rückprognosen) die globalen Temperaturzeitreihen nachvollziehen können. Mehrere Forscher haben die Fähigkeit von GCMs untersucht, die Temperatur im Zeitverlauf zu verfolgen, sowie ihre Fähigkeit, Niederschlag und Luftdruck auf Meereshöhe an bestimmten Orten wie der Arktis und Nordamerika zu verfolgen (Beenstock et al., 2016; McKitrick und Christy, 2020, Fildes und Kourentzes, 2011, und Koonin, 2021, S. 86–96). Zunächst ist nicht ganz klar, was es bedeutet, die globalen Temperaturen im Zeitverlauf zu verfolgen, da die globalen Temperaturen nicht beobachtet, sondern konstruiert werden. Leider gibt es, wie oben erwähnt, keine offensichtliche Möglichkeit, wie die globalen Temperaturen konstruiert werden sollten, da nicht klar ist, wie die von den GCMs ausgegebenen Temperaturdaten zu interpretieren sind. Es ist jedoch vernünftig anzunehmen, dass selbst wenn die Temperaturausgaben der GCMs nicht dieselben Werte vorhersagen wie die konstruierten globalen Temperaturen, man dennoch davon ausgehen kann, dass das Variationsmuster der beiden Reihen ähnlich ist.

Vor Beenstock et al. (2016) wurde die Fähigkeit von GCMs, globale Temperaturreihen zu verfolgen, unseres Wissens nach nicht mittels fortgeschrittener statistischer Methoden wie Kointegrationstests rigorosen empirischen Tests unterzogen.[13]In diesem Abschnitt fassen wir einige Ergebnisse von Beenstock et al. (2016) sowie McKitrick und Christy (2020) zusammen.

Lassen$X(T)$ bezeichnen die globale Lufttemperatur zum Zeitpunkt$T$und lass$X$sei die entsprechende Zeitreihe (Temperaturverlauf). Sei$Z(T)$ eine Menge (ein Vektor) von Eingangsvariablen sein, die in die GCMs zum Zeitpunkt$T$ und lass$Z$die entsprechende Zeitreihe sein. Wie bereits erwähnt, sind wesentliche Treiber des Temperaturprozesses in$Z$sind Faktoren wie Sonneneinstrahlung, Aerosole und Treibhauseffekte

[12]Es ist allgemein bekannt, dass die Wälder der Erde eine beträchtliche Menge an CO2 absorbieren.2.

[13]Kaufman und Stern (2004) haben Kointegrationstests auf Jahresprognosen für drei GCMs angewendet und kamen zu dem Schluss, dass zwei der Drei davon wurden kointegriert. Leider waren die von ihnen verwendeten kritischen Werte zu großzügig, da sie keine Korrekturen für Freiheitsgrade vornahmen, siehe Beenstock et al. (2016).

Gase. Rekonstruktionen der vergangenen Werte dieser Variablen wurden mittels Eiskernproben durchgeführt. Lassen $X(T) = G(Z(T); B)$ sei die (vorhergesagte) Temperatur zum Zeitpunkt T von den GCMs produziert, wo $G(Z(T); B)$, als Funktion von $Z(T)$, stellt die Beziehung zwischen der Temperatur zum Zeitpunkt T Und $Z(T)$ Und B ist eine Schätzung von B, Dies ist ein Vektor unbekannter Koeffizienten. Die Schätzung B Ist so bestimmt, dass die GCM-Temperaturausgabe nahe an Teilen der globalen Temperaturaufzeichnungen liegt (Kalibrierung). Wie oben erläutert, sind einige Elemente der Funktion G stammen aus der Physik, während andere Elemente haben Ad-hoc-Charakter.[14] Aus den oben genannten Gründen X Und X werden als stochastische Prozesse wahrgenommen.

Beenstock et al. (2016) haben Daten für X Und X von 22 ausgewählten GCMs für die Zeitraum 1880-2010, um zu testen, ob das Regressionsmodell $X(T) = -+- X(T) + v(T)$ passt zu den Daten, wobei -Und- sind unbekannte Koeffizienten und $v=\{v(T)\}$ ist der als stationär angenommene Fehlerprozess ohne Erwartung und unabhängig von $X(T)$. Als Daten für X Sie verwenden die globale Temperatur Schätzungen der NASA-GISS.

Aus der statistischen Theorie folgt, dass das obige Regressionsmodell nur dann konsistent geschätzt werden kann, wenn der Fehlerprozess v ist stationär. Das wichtigste Merkmal eines stationären Null-Mittelwertprozesses ist, dass er mit der Zeit wieder auf Null zurückkehrt. Das bedeutet: Wenn ein globales Klimamodell die globalen Temperaturen für einen bestimmten Zeitraum über- oder unterschätzt, ist zu erwarten, dass seine Rückprognosen mit der Zeit wieder auf Kurs kommen. Da der Fehlerprozess stationär ist, -Und- kann mit bekannten Methoden geschätzt werden. Andernfalls führen statistische Methoden möglicherweise nicht zu konsistenten Schätzungen für -Und-. In solchen Situationen kann es passieren, dass, obwohl der wahre Wert von - ist Null, die Schätzung von - konvergiert möglicherweise nicht gegen Null, wenn die Stichprobe zunimmt. Beenstock et al. (2016) stellten fest, dass statistische Tests die Hypothese widerlegten, dass der Fehlerprozess v stationär ist, was bedeutet, dass das oben postulierte Regressionsmodell nicht gilt. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass Die X Der von den GCMs erzeugte Prozess ist nicht in der Lage, die X Prozess (Globale Temperatur).

McKitrick und Christy (2020) haben eine ähnliche Analyse für den Zeitraum 1979–2014 durchgeführt und festgestellt, dass die GCMs die globalen Temperaturen nach 2000 überschätzen. Weitere Einzelheiten finden Sie in ihrer Arbeit. Fildes und Kourentzes (2011) verglichen das Tracking-Verhalten eines GCM mit einfachen Zeitreihen- und neuronalen Netzwerkmodellen und stellten fest, dass letztere trotz ihrer Einfachheit besser abschnitten als erstere.

[14] Im Prinzip kann das Modell auch davon abhängen, $Z(S)$ für $S-T$ Der Einfachheit halber wird dies in dieser zusammenfassenden Beschreibung jedoch nicht berücksichtigt.

Obwohl die Vorhersagen der oben genannten GCMs fragwürdig sein mögen, bedeutet dies nicht, dass GCMs nicht in der Lage sind, einige der Temperaturschwankungen der Vergangenheit zu erfassen. Laut Moberg et al. (2005) zeigen beispielsweise Diagramme aus Simulationsexperimenten mit GCMs zur Rückprognose von Temperaturen für den Zeitraum 1000–1990 Muster, die den rekonstruierten Temperaturdaten in Abbildung B6 in Anhang B qualitativ ähneln. Grafisch betrachtet scheint daher eine gewisse Übereinstimmung zwischen den rekonstruierten Temperaturen und den entsprechenden GCM-basierten Vorhersagen zu bestehen.[15]Der BefundDie Tatsache, dass die GCMs nur in der Lage sind, einige der Temperaturschwankungen der Vergangenheit zu reproduzieren, lässt ernsthafte Zweifel an ihrer Fähigkeit aufkommen, glaubwürdige Klimaszenarien zu erstellen.

Eine Schwäche der oben untersuchten Tests besteht darin, dass die Zeitreihen der Messfehler in den globalen Temperaturkonstrukten höchstwahrscheinlich nichtstationär sind und unbekannte Eigenschaften aufweisen. Daher ist es theoretisch möglich, dass die GCMs die „wahre" latente globale Temperaturreihe einigermaßen gut abbilden können, obwohl sie die entsprechende beobachtete (konstruierte) Temperaturreihe nicht abbilden. Die Analysen von Beenstock et al. (2016) und McKitrick und Christy (2020) sind jedenfalls verblüffend und wecken ernsthafte Zweifel an der Qualität der GCMs, insbesondere daran, ob die CO_2Die Empfindlichkeit wurde richtig erkannt.

Es gibt auch andere Beispiele für informelle Tests, darunter einige des IPCC. In einem IPCC-Bericht wurde behauptet, dass*„Es besteht weiterhin großes Vertrauen darin, dass die Modelle die beobachteten großräumigen Muster der mittleren Oberflächentemperatur reproduzieren (Musterkorrelation~0,99)"*(IPCC, 2014, S. 743)[16]Wie oben erläutert, bedeutet die bloße Tatsache hoher Korrelationen nicht zwangsläufig, dass die sie erzeugenden GCMs erfolgreich validiert wurden. Wenn die von GCMs erzeugten Temperaturvorhersagen zeitliche Trends aufweisen, können diese Korrelationen fälschlich sein, d. h. die Modelle können zufällig globale Temperaturen nachahmen, ohne dass ein tatsächlicher Zusammenhang zwischen ihnen besteht. Daher ist der übliche empirische Schätzwert des Korrelationskoeffizienten möglicherweise nicht konsistent, d. h. er konvergiert möglicherweise nicht zum wahren Korrelationskoeffizienten, wenn die Stichprobe größer wird. Die oben zitierte Aussage des IPCC ist daher irreführend.

[17]

[15]In der Literatur gibt es mehrere andere Versuche, die Leistung von GCMs zu bewerten, siehe Beenstock et al. (2016) und die darin enthaltenen Referenzen.

[16]IPCC (2014) Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen. 5. Überprüfung.

[17]Gavin Schmidt, Direktor des GISS der NASA, sagt: „Viele der weltweit führenden Modelle prognostizieren derzeit Erwärmungsraten, die die meisten Wissenschaftler, einschließlich der Modellbauer selbst, für unglaubwürdig schnell halten" (siehe Voosen, 2021).

6. Statistische Zeitreihenanalyse

In Abschnitt 3 haben wir Theorien zu den Ursachen von Klimaschwankungen zusammengefasst. Die Auswirkungen einiger dieser Quellen auf Klima und Temperatur sind noch nicht gut verstanden und daher teilweise unbekannt. Daher erscheinen beobachtete oder rekonstruierte Temperaturreihen dem beobachtenden Analytiker unsystematisch (stochastisch) mit lokalen Trends, die schwer zu erklären sind. Aufgrund des scheinbar stochastischen Musters der Temperaturschwankungen erscheint es daher lohnend, das Temperaturphänomen als Realisierung eines statistischen (stochastischen) Modells zu untersuchen und die Eigenschaften eines solchen Modells zu erforschen. Besonders interessant ist die Prüfung, ob die beobachteten und rekonstruierten Temperaturdaten auf eine Ablehnung der Stationaritätshypothese (Fehlen systematischer Trends) hindeuten. Obwohl die rekonstruierten Temperaturen deutlich machen, dass der Temperaturprozess in Zeiträumen, die länger als die Zwischeneiszeiten sind, nicht stationär ist, könnte die Stationaritätshypothese in Zeiträumen von einigen hundert Jahren oder sogar bis zu zwei Jahrtausenden dennoch als möglicher Maßstab gelten.

Das vorliegende Dokument erweitert die Analyse von Dagsvik et al. (2020) durch die Verwendung beobachteter Temperaturreihen bis 2021 für eine Reihe von Wetterstationen. Im Gegensatz zur Analyse von Dagsvik et al. (2020), die nur wenige Temperaturreihen bis 2012 analysierten, während die meisten der in ihrer Analyse verwendeten Temperaturreihen zwischen 1980 und 2012 endeten (Details siehe Abschnitt 2.2 und Anhänge C und D).

Wie oben erwähnt, wird der Temperaturprozess durch eine Reihe von Variablen (Treibern) beeinflusst, wie z. B. Aerosole, Treibhausgase und Schwankungen der Sonneneinstrahlung usw. Einige der Treiber, die das Klima beeinflussen, scheinen stationär zu sein (einschließlich zyklischer Treiber wie Sonnenflecken und große Sonnenzyklen), andere scheinen nicht stationär zu sein (CO_2-Emissionen in der Zeit nach der industriellen Revolution). Obwohl einige der Treiber möglicherweise nicht stationär sind, kann der Temperaturprozess dennoch annähernd stationär sein.

Für die empirische Analyse wurden sowohl jährliche als auch monatliche Temperaturreihen verwendet. Die monatlichen Temperaturreihen wurden saisonbereinigt und (der Einfachheit halber) auf einen Mittelwert von Null normalisiert.[18]Sowohl beobachtete als auch rekonstruierte Temperaturreihen haben die Eigenschaft, dass sie zeitliche Aggregate von Daten sind oder als solche interpretiert werden können, die auf einer feineren (ursprünglichen) Zeitskala generiert wurden, wobei die Aggregation über eine „große“ Anzahl ursprünglicher Zeiteinheiten erfolgt. Beispielsweise werden Wochentemperaturen als Durchschnitt der täglichen (durchschnittlichen) Temperaturen pro Woche definiert, Monatstemperaturen als Durchschnitt der täglichen Temperaturen pro Monat usw. Eine formale

[18]Einzelheiten zum Saisonbereinigungsverfahren finden Sie bei Dagsvik et al. (2020).

Die Aussage zu dieser Eigenschaft wird als Eigenschaft angegeben*A*unten. Wie oben, erinnern Sie sich daran, dass$X=\{X(T), T\text{-}0\}$ bezeichnet den (beobachteten) Temperaturprozess, den wir als rein stochastischen Prozess betrachten. Im Folgenden sei*N* bezeichnen die Menge der ganzen Zahlen, einschließlich Null, und lassen Sie $[T]$ bezeichnen den ganzzahligen Teil von*T.*

Eigentum*A*

Der Prozess$\{X(T), T\text{-}0\}$*wird als Durchschnitt von Beobachtungen auf einer feineren (grundlegenden) Zeitskala, d. h.*

$$X(T) = \frac{1}{M} \sum_{Q=[mt-M]+1}^{[mt]} \tilde{X}(Q)$$

Wo$\{X(Q), \tilde{Q}\text{-}N\}$*bezeichnet den auf der Basiszeitskala definierten Prozess.*

Nehmen wir beispielsweise an, dass die Einheit der Basiszeitskala „Tag“ ist und dass*T*Indizes „Monat“. Dann$X(Q)$ ist die am Tag gemessene Temperatur*Q*(richtig an die Tagesschwankungen angepasst), *M*-30, und$X(T)$ ist definiert als die Temperatur des Monats*T*. Hier wird davon ausgegangen, dass die Die Aufzählung der Tage geht von 1 bis*m T*Wo*T*ist die Länge der Zeitreihe, wenn die Zeitskala verwendet wird, die den beobachteten Daten entspricht, in diesem Fall „Monat“. Alternativ, wenn*T*stattdessen wird „Jahr“ indiziert, dann$X(T)$ ist definiert als die Temperatur des Jahres*T*Und*M*=365. In unserem Fall Eigentum*A*ist lediglich eine formalisierte Aussage darüber, wie die beobachteten Zeitreihen (entsprechend angepasst an saisonale Schwankungen) erstellt wurden.

Wenn der Temperaturprozess$\tilde{X}=\{X(\tilde{Q}), Q\text{-}N\}$ ist streng stationär und bestimmte milde mathematische Regelmäßigkeitsbedingungen erfüllt sind,[19]die zeitliche Aggregationseigenschaft (Eigenschaft*A*) der Daten impliziert überraschend starke Einschränkungen für das Modell des beobachteten Temperaturprozesses, nämlich dass dieser asymptotisch (das heißt, wenn*M*groß ist), ein sogenannter fraktionaler Gaussian Noise Process (FGN) (Giraitis et al., 2012, Proposition 4.4.1, S. 77).[20]Mit anderen Worten: Das implizite Modell (unter strikter Stationarität) für die durchschnittlichen Jahres- oder Monatstemperaturen ist asymptotisch FGN. Der FGN-Prozess ist ein streng stationärer Gauß-Prozess mit Nullmittelwert und langem Gedächtnis und einer Autokovarianzfunktion, die gegeben ist durch

[19]Einzelheiten zu den Regularitätsbedingungen finden Sie in Theorem 3, Anhang A in Dagsvik et al. (2020)..

[20]Satz 4.4.1 in Giraitis et al. (2012) erfordert, dass$\tilde{X}$ist ein (kausaler) linearer Prozess. Glücklicherweise haben Bickel und Bühlmann (1996) bewiesen, dass jeder streng stationäre Prozess (unter einer geeigneten Metrik) durch lineare Prozesse beliebig genau approximiert werden kann.

$$Cov(X(T), X(T-k)) = 0{,}5\sigma^2((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + |k-1|^{2H})$$

Wo $\sigma^2 = VarX(T)$, $0 < H < 1$. Wann k groß ist, reduziert sich die Autokovarianzfunktion auf (etwa)

$$Cov(X(T), X(T-k)) \approx \sigma^2 H(2H-1)k^{2H-2}.$$

Somit ist das Modell vollständig durch zwei unbekannte Parameter bestimmt, nämlich die Varianz σ^2 der Temperaturschwankungen und H (in unserem Kontext H nimmt Werte zwischen 0,5 und 1 an, was bestimmt, wie stark die Temperaturen im Laufe der Zeit kovariieren. FGN ist nicht nur stationär und gaußförmig, sondern weist auch fraktale Eigenschaften auf. Der Begriff „fraktale Eigenschaften" bedeutet, dass die Struktur des Modells invariant gegenüber Skalentransformationen der Zeiteinheit ist. Darüber hinaus sind die realisierten Schwingungsmuster in kontinuierlicher Zeit extrem unregelmäßig, da die Stichprobenpfade zwar (fast sicher) kontinuierlich, aber (fast sicher) nicht differenzierbar sind (Mandelbrot und van Ness, 1968, Mandelbrot und Wallis, 1968, 1969). Fernabhängigkeit bedeutet, dass Temperaturen zu weit auseinanderliegenden Zeitpunkten deutlich korreliert sind. Der Parameter H wird Hurst-Index genannt, benannt nach dem britischen Ingenieur Harold Edwin Hurst (1880–1978), der diese Art von Modellierungsansatz in der empirischen Forschung erstmals eingesetzt zu haben scheint. Um einen Eindruck von den Unregelmäßigkeits- und Fernabhängigkeitseigenschaften von FGN zu bekommen, werden verschiedene Realisierungen des Modells mit $\sigma = 1$ und 3 Ebenen von H simuliert wurden, siehe Abbildung B8 in Anhang B, die Dagsvik et al. (2020) entnommen ist. Je größer der Wert von H, desto stärker ist die Fernabhängigkeitseigenschaft von FGN. Bedenken Sie, dass diese Simulationen stochastisch sind, d. h. verschiedene Simulationen, die auf denselben Modellparametern basieren, erzeugen unterschiedliche realisierte Stichprobenpfade. Diese Simulationen zeigen interessante Variationsmuster. Bedenken Sie, dass die Eigenschaften des Modells unabhängig von der verwendeten Zeiteinheit sind. Wenn H=0,7, von etwa Zeiteinheit 625 bis etwa Zeiteinheit 720 scheint es einen abnehmenden Trend zu geben, während von etwa Zeiteinheit 260 bis etwa Zeiteinheit 330 ein zunehmender Trend vorliegt. Wenn H=0,8 und 0,9 ist dieses Muster stärker ausgeprägt. Lokale Trends können in diesem Fall mehrere hundert Zeiteinheiten andauern. Sofern die Zeitreihen nicht lang sind, kann es daher schwierig sein, systematische Variationen von rein stochastischen Variationen bei Langzeitabhängigkeit zu unterscheiden, da stationäre Modelle lange lokale Trends aufweisen können. Wenn H größer oder gleich 0,9 ist (siehe unterer Bereich von Abbildung B8), kann es, sofern die Zeitreihen nicht sehr lang sind, fast unmöglich sein, systematische von stochastischen Trends zu unterscheiden, ohne weitere theoretische Einschränkungen von vornherein vorzunehmen.

Wie bereits erwähnt, folgt das FGN-Modell aus der zeitlichen Aggregation, da der auf einer feineren Zeitskala definierte Basisprozess stationär ist. Mit anderen Worten: Die Eigenschaften dieses Modells spiegeln nicht unbedingt die Eigenschaften der ursprünglichen Reihe wider, die auf der Basiszeitskala realisiert wurde, sondern sind ausschließlich

eine Folge der zeitlichen Aggregation. Entscheidend ist daher, ob der beobachtete Temperaturprozess tatsächlich stationär ist und, falls ja, ob er mit der FGN vereinbar ist. Zur Erinnerung: Die FGN ergibt sich aus den Aggregationseigenschaften der Daten unter Stationarität, sofern bestimmte mathematische Regelmäßigkeitsbedingungen erfüllt sind und die Aggregation über eine ausreichend große (unbekannte) Anzahl von Tagen erfolgt. Daher ist es von Interesse, sowohl die Hypothese der Stationarität als auch die Vereinbarkeit der Daten mit der FGN zu testen. Die zu testenden Hypothesen lauten daher:

Hypothese *B*: der Prozess *X* ist stationär. Hypothese *C*: der Prozess *X* kann durch FGN dargestellt werden.

Da FGN stationär ist, Hypothese *C* impliziert Hypothese *B* Eine Methode zum Testen von Hypothesen *B* ist nichtparametrisch und wurde von Cho (2016) vorgeschlagen. Dieser Test basiert nicht auf spezifischen Modellannahmen über die allgemeinen Regelmäßigkeitsbedingungen der beteiligten statistischen Verteilungen hinaus. Er verwendet zufällig ausgewählte Teilstichproben aus der Temperaturreihe und prüft, ob lokale Abweichungen von der Stationarität vorliegen. Er hängt daher in gewissem Maße von der Wahl der Anzahl der Teilstichproben durch den Forscher ab (*M*) und die kleinste Größe der Teilstichproben (*M*). Die Methode zum Testen der Hypothese *C* hängt dagegen nicht davon ab, *M* Und *M* Hypothese *C* wird mit Hilfe einer Chi-Quadrat-Statistik getestet (genannt *Q* Statistik), die misst, wie gut das FGN-Modell zu den Daten passt. Unter der Hypothese *C*, wird dieses Maß annähernd normalverteilt sein. Hypothese *C* wurde auch mithilfe einer informelleren grafischen Methode getestet, die hier nicht erörtert wird (siehe Dagsvik et al., 2020).

7. Empirische Ergebnisse aus der statistischen Zeitreihenanalyse

Für die monatlich beobachtete Zeitreihe gilt die Hypothese *B* wurde für 10 Serien abgelehnt, wenn der nichtparametrische Test mit Signifikanzniveau 5% verwendet wurde. Andererseits Hypothese *B* wurde nur für drei Reihen abgelehnt, wenn Jahresdaten verwendet wurden (mit einem Signifikanzniveau von 5 %). Beachten Sie, dass die monatlichen und jährlichen Zeitreihen denselben Zeitraum abdecken. Ablehnung der Hypothese *B* Bei einigen der monatlichen Reihen kann dies auf Schwächen in der für die Saisonbereinigung verwendeten Methode zurückzuführen sein.[21] Ein auffälliges Merkmal dieser Schätzungen ist, dass der Hurst-Index *H* variiert nicht sehr stark zwischen den Wetterstationen (unter Berücksichtigung der Standardfehler). Es wurde festgestellt, dass die Hypothese *C* wurde für vier Reihen bei Verwendung der monatlichen Daten und drei Reihen bei Verwendung der jährlichen Daten abgelehnt (Details finden Sie in den Anhängen C und D). Wir haben auch die HadCET-Zeitreihe sowie die mittlere Zeitreihe analysiert, wobei der Mittelwert über 74 in der Analyse verwendete Wetterstationen ermittelt wurde. Durch die Verwendung derselben

[21] Siehe Dagsvik et al. (2020), wo unser Ansatz zur Saisonanpassung beschrieben wird.

Tests wie oben beschrieben, stellten wir fest, dass die HadCET und die aggregierten Reihen stationär und mit FGN konsistent waren. Weitere Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Hier H_C Und H_w bezeichnen die Schätzung von H basierend auf dem Charakteristikfunktionsansatz bzw. dem Whittle-Ansatz. Siehe Dagsvik et al. (2020) für Details. Die Statistiken Q_H Und Q_H sind Gütemaße basierend auf der Schätzungen H_C Und H_w, Diese Statistiken sind standardmäßig normalverteilt. Wenn also $|Q|$-1,96 bedeutet, dass das Modell auf dem 5-Prozent-Signifikanzniveau abgelehnt wird. Tabelle 1 zeigt, dass die Modellanpassung empfindlich auf die Schätzungen reagiert. Insbesondere wenn die Schätzung H_C wird das Modell verwendet basierend auf den jährlichen aggregierten Daten wird abgelehnt, während bei der Schätzung H_w wird das Modell verwendet

Tabelle 1. Schätzungen von H Und Q

	H_C	H_w	SE H_w	Q_{H_C}	Q_{H_w}
Jährliche Gesamtsumme	0,854	0,904	0,057	- 2.052	- 0,384
Monatliche Gesamtsumme	0,798	0,766	0,016	- 0,502	- 3.077
Jährliches HadCET	0,773	0,749	0,035	0,041	- 0,780

wird nicht abgelehnt. Für die monatlichen aggregierten Daten wird die Schätzung H_w impliziert Ablehnung, während die schätzen H_C bedeutet, dass das Modell nicht abgelehnt wird.

Da für die Berechnung der globalen Temperatur unterschiedliche Datenquellen für unterschiedliche Zeiträume verwendet werden, ist ihre Analyse mit statistischen Zeitreihenmethoden, wie oben erwähnt, problematisch, da sich ihre statistischen Eigenschaften im Zeitverlauf auf unbekannte Weise ändern können. Insbesondere bei Betrachtung der HadCRUT3-Zeitreihe (Abbildung B1 in Anhang B) scheint die Varianz der Temperaturen in den ersten 30 Jahren größer zu sein als in den darauffolgenden Jahren. Tatsächlich haben wir durch Anwendung des oben beschriebenen nichtparametrischen Tests festgestellt, dass die HadCRUT3-Zeitreihe (Abbildung 1B in Anhang B) alles andere als stationär ist. Vergleicht man jedoch die HadCRUT3-Zeitreihe mit der aggregierten Reihe von 74 Wetterstationen, sehen wir in Abbildung B7 in Anhang B, dass die Gesamttrends dieser Reihen mehr oder weniger ähnlich zu sein scheinen. Dennoch erwies sich die aggregierte Reihe, wie oben erwähnt, im Gegensatz zur HadCRUT3-Reihe als stationär. Dies bedeutet, dass der Trend in der aggregierten Reihe unsystematisch (stochastisch) ist. Der Grund für die Instationarität der HadCRUT3-Reihe liegt möglicherweise nicht im steigenden Trend, sondern in der systematischen Veränderung des Variationsmusters im Zeitverlauf (Varianz und Autokorrelation, in der Abbildung nicht sichtbar). Wir haben außerdem festgestellt, dass die HadCET-Zeitreihe stationär und mit dem FGN-Modell konsistent ist.

Abschließend haben wir überprüft, ob die rekonstruierte Temperaturreihe aus Grönland mit der FGN übereinstimmt. Wir stellten fest, dass auch diese Zeitreihe nichtstationär ist. Aus Abbildung B4 in

Anhang B zeigt, dass die Temperaturen in der Vergangenheit mehrfach höher waren als die kürzlich beobachteten. Kobashi et al. (2011) kamen zu dem Schluss, dass die aktuelle durchschnittliche Schneetemperatur in Zentralgrönland über die Jahrzehnte hinweg die natürliche Variabilität der letzten 4000 Jahre nicht überschritten hat.

Dagsvik et al. (2020) stellten fest, dass die rekonstruierten Temperaturdaten der letzten zwei Jahrtausende (Moberg et al., 2005), siehe Abbildung B6 in Anhang B, mit der FGN übereinstimmten. Zur Erinnerung: Nach der Theorie von Zharkova et al. (2015) gibt es systematische große Sonnenzyklen mit einer Dauer von 350–400 Jahren. Die von uns verwendeten statistischen Tests schließen die Stationarität jedoch nicht aus. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Fernabhängigkeit sehr stark ist (H=0,95) scheint es schwierig zu sein, eine Abweichung von der Stationarität festzustellen, es sei denn, die beobachteten Zeitreihen sind sehr lang oder dem statistischen Modell werden a priori theoretische Beschränkungen auferlegt (vgl. Abbildung B8 in Anhang B).

8. Extreme Temperaturwerte

In diesem Abschnitt werden wir unter der Annahme der FGN Grenzen für die Variation des Temperaturprozesses festlegen. Anhand dieser Grenzen lässt sich beurteilen, ob Beobachtungen extremer Temperaturen mit der FGN vereinbar sind oder nicht. Pickands (1969) und andere haben nahezu sichere asymptotische Grenzen für Extremwerte stationärer Gaußscher Prozesse ermittelt. Ein Nachteil dieser Ergebnisse ist, dass sie asymptotisch sind (mit langsamen Konvergenzeigenschaften) und daher nicht zur Berechnung entsprechender Grenzen extremer Temperaturen über endliche Zeitintervalle angewendet werden können.

Wir werden daher einen alternativen Ansatz wählen. M_T bezeichnen die maximale Temperatur innerhalb das Intervall $[0, T]$, wobei davon ausgegangen wird, dass der Temperaturprozess auf einen Mittelwert von Null normalisiert ist. Wir erhalten folgendes Ergebnis:

Satz 1

Angenommen, $\{X(T), T=1, 2,\ldots\}$ *ist eine stationäre Gaußsche Sequenz mit* $EX(T) = 0$, $VarX(T) = \sigma^2$ *und* $E(X(T)X(S)) \to 0$. *Dann für* $x \to 0$ *wir haben*

$$P(M_T \le y) \to \Phi(y)^T$$

Wo $\Phi(X)$ *ist die standardmäßige normale Verteilungsfunktion*

Der Beweis von Theorem 1 ist in Anhang A enthalten.

Wann H=0,5 reduziert sich FGN auf einen weißen Rauschprozess und in diesem Fall wird die Ungleichung in Theorem 1 zu einer Gleichheit. Wenn HMit zunehmender Ungleichung wird die Ungleichung immer weniger scharf. Mit Theorem 1 lassen sich asymptotische Obergrenzen für die Temperaturen der jeweiligen Wetterstationen für ein gegebenes zusammenhängendes Zeitintervall der Länge T.Konkret kann dies geschehen durch

Lösen der Gleichung -(X_T)=-für XWo-ist nahe eins. Sei X_T-bezeichnen die Lösung von die obige Gleichung. Dann folgt aus Theorem 1, dass M_T--X_T-mit einer Wahrscheinlichkeit größer als oder gleich-. Lassen-$_M$Und-$_D$sei die Standardabweichung des monatlichen und täglichen Mittelwerts Temperatur bzw. (saisonbereinigt). Betrachten Sie die tägliche Obergrenze über 50 Jahre mit -=0,999.[22]Dann bekommen wir das X_T-5.24.

In unseren Daten liegen uns nur Beobachtungen der Monats- und Jahrestemperaturen vor. Unter der FGN-Hypothese ist es einfach, Varianzen für andere Durchschnittswerte zu berechnen, wie z. B. Tages- oder Wochenwerte. Durchschnittstemperaturen. Es ist leicht zu zeigen, dass unter der FGN-Hypothese dann-30$_{M^{1-H}}$ist die ungefähre Standardabweichung der Tagestemperatur (Maximum oder Durchschnitt). Betrachten wir beispielsweise die Obergrenze für Oslo. Schätzungen für Oslo sind-$_M$-2,08 und H-0,72 bedeutet, dass -$_D$-5.39. Aus diesen Schätzungen und der obigen Formel folgt, dass die Obergrenze für die Die durchschnittliche tägliche Höchsttemperatur für einen Zeitraum von 50 Jahren beträgt etwa 21,3 Grad.[23]Somit beträgt die Obergrenze der maximalen Tagestemperatur für Oslo im Juli über einen Zeitraum von 50 Jahren 28,3 Grad Celsius plus die durchschnittliche maximale Tagestemperatur für Oslo im Juli. Da die durchschnittliche Höchsttemperatur im Juli 22,7 Grad beträgt, ergibt sich daraus eine Obergrenze der Julitemperaturen in Oslo von 51,0 Grad Celsius. Die höchste jemals in Oslo gemessene Temperatur beträgt 35 Grad (21. Juli 1901) und liegt damit deutlich unter der Obergrenze. Betrachtet man New York City, H-0,7 und-$_M$=1,83. Die durchschnittliche Höchsttemperatur in

Im Juli beträgt die Temperatur in New York etwa 29 Grad Celsius.-= 0,999 bedeutet, dass die Obergrenze der Höchsttemperatur im Juli in New York für einen Zeitraum von 50 Jahren bei etwa 55,6 Grad Celsius liegt. Somit sind selbst in einem stationären Modell mit normalverteilten Variationen wie FGN recht extreme Temperaturrealisierungen möglich.

[22]Dieser Wert von-bedeutet, dass die entsprechende Obergrenze im Durchschnitt alle tausend Jahre einmal überschritten werden kann.

[23]Die normalisierten Temperaturreihen haben einen Mittelwert von Null.

9. Schlussbemerkungen

In diesem Artikel haben wir Daten zum Klima und zu Temperaturen in der Vergangenheit überprüft und festgestellt, dass es aufgrund natürlicher Ursachen zu großen (nichtstationären) Temperaturschwankungen gekommen ist.

Nachfolgend haben wir die neuesten Arbeiten zu statistischen Analysen der Fähigkeit von die GCMs zur Verfolgung historischer Temperaturdaten. Diese Studien haben gezeigt, dass die Zeitreihe der Differenz zwischen der globalen Temperatur und der entsprechenden Rückprognose der GCMs nicht stationär ist. Daher wecken diese Studien ernsthafte Zweifel daran, ob die GCMs in der Lage sind, natürliche Temperaturschwankungen von Schwankungen zu unterscheiden, die durch vom Menschen verursachte CO2-Emissionen verursacht werden.[2].

Anschließend haben wir die statistische Zeitreihenanalyse von Dagsvik et al. (2020) anhand beobachteter Temperaturreihen der letzten 200 Jahre und darüber hinaus aktualisiert. Trotz langer Trends und Zyklen in diesen Temperaturreihen stellten wir fest, dass die Stationaritätshypothese bis auf wenige Ausnahmen nicht verworfen wurde. Diese Ergebnisse stimmen daher mit den Ergebnissen von Dagsvik et al. (2020) überein. Mit anderen Worten: Die Ergebnisse implizieren, dass der Effekt des vom Menschen verursachten CO_2Die Emissionen scheinen nicht stark genug zu sein, um systematische Änderungen im Muster der Temperaturschwankungen zu verursachen.Mit anderen Worten: Unsere Analyse zeigt, dass es nach dem derzeitigen Wissensstand unmöglich erscheint, zu bestimmen, welcher Anteil des Temperaturanstiegs auf die CO-Emissionen zurückzuführen ist.[2].

Verweise

Bader, DC, Covey, C., Gutkowski, WJ Jr., Held, IM, Kunkel, KE, Miller, R. L, Tokmakian, RT, und Zhang, MH (2008) Klimamodelle: Eine Bewertung ihrer Stärken und Schwächen. Synthese- und Bewertungsprodukt 3.1 des US Climate Change Science Program. Energieministerium, Abteilung für biologische und Umweltforschung.

Beenstock, M., Reingewertz, Y. und Paldor, H. (2016) Testen der historischen Verfolgung von Klimamodellen.*Internationale Zeitschrift für Prognosen,***32**, 1234–1246.

Bickel, PJ und Bühlmann, P. (1996) Was ist ein linearer Prozess?*Verfahren der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Vereinigten Staaten von Amerika,***93**, 12128–12131.

Brohan, P., Kennedy, JJ, Harris, I., Tett, SFB, und Jones, PD (2006) Unsicherheitsschätzungen bei regionalen und globalen beobachteten Temperaturänderungen: ein neuer Datensatz aus dem Jahr 1850.*Zeitschrift für geophysikalische Forschung,***111**, 2–21.

Cho, H. (2016) Ein Test der Stationarität zweiter Ordnung von Zeitreihen basierend auf unsystematischen Teilstichproben.*Statistik*,**5**, 262–277.

Curry, JA (2011) Argumentation zur Klimaunsicherheit.*Klimawandel*,**108**, 723–732.

Curry, JA (2017)*Klimamodelle für Laien.*Die Stiftung für globale Erwärmungspolitik. GWPF Briefing 24.

Curry, JA (2023)*Klimaunsicherheit und -risiko*Athem Press, London.

Dagsvik, JK, Fortuna, M. und Hov Moen, S. (2020) Wie verändert sich die Temperatur im Laufe der Zeit? Hinweise auf die stationären und fraktalen Eigenschaften von Temperaturschwankungen.*Journal der Royal Statistical Society, Reihe A*,**183**, 883–908.

Essex, C. (2022) Können Computermodelle das Klima vorhersagen? Aufsatz.https://wp.me/pSEKJ-bKY

Essex, C., McKitrick, R. und Andersen, B. (2006) Existiert eine globale Temperatur?*Zeitschrift für Nichtgleichgewichtsthermodynamik,***32**, 1–27.

Fildes, R. und Kourentzes, N. (2011) Validierung und Prognosegenauigkeit in Modellen des Klimawandels. *Internationale Zeitschrift für Prognosen* ,**27**, 968–995.

Giraitis, L., Koul, HL und Surgailis, D. (2012)*Schlussfolgerungen großer Stichproben für Prozesse mit langem Speicher*Imperial College Press, London.

Globale Temperaturaufzeichnungen, Website der Climatic Research Unit http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/ , abgerufen im Dezember 2005.

Globale Temperatur (Wetterstationen), Website des Goddard Institute of Space Studieshttp://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/ , abgerufen im Dezember 2005.

Hov Moen, S. (2020)www.rimfrost.no

Kaufmann, RK und Stern, DI 2004 Eine statistische Auswertung von Modellen der allgemeinen Atmosphären-Ozean-Zirkulation: Komplexität vs. Einfachheit. Rensselaer Working Papers in Economics 0411.

Kobashi, T., Kawamura, K., Severinghaus, JP, Barnola, J.-M., Nakegawa, T., Vinther, M., Johnsen, SJ, und Box, JE (2011) Hohe Variabilität der Oberflächentemperatur Grönlands über eingeschlossener Luft und Eiskernen. *Geophysikalische Forschungsbriefe*, **38**, L21501.

Komatu, Y. (1955) Elementare Ungleichungen für Mill's Ratio. *Berichte über statistische Anwendungsforschung der Union japanischer Wissenschaftler und Ingenieure*, **4**, 69–70.

Koonin, SE (2021) *Unruhig* BenBella Books, Inc. Dallas, Texas.

Lundqvist, FC (2010) Eine neue Rekonstruktion der Temperaturvariabilität in der außertropischen Nordhalbkugel während der letzten zwei Jahrtausende. *Geografische Annalen*, Serie A, **92**, 339–351.

Mandelbrot, BB und van Ness, JW (1968) Bruchteil-Brownsche Bewegungen, Bruchteil-Rauschen und Anwendungen. *SIAM-Rezension*, **10**, 422–437.

Mandelbrot, BB und Wallis, JR (1968) Noah, Joseph und die operative Hydrologie. *Wasserressourcenforschung*, **4**, 909–918.

Mandelbrot, BB und Wallis, JR (1969) Einige langfristige Eigenschaften geophysikalischer Aufzeichnungen. *Wasserressourcenforschung*, **5**, 321–340.

May, RM (1976): Einfache mathematische Modelle mit sehr komplizierter Dynamik. *Natur*, **261**, 459–467.

McKitrick, R. und Christy, J. (2020) Pervasive Erwärmungsverzerrung in CMIP6-Troposphärenschichten. *Erd- und Weltraumwissenschaften*, **7**, 1–8.

Milankovitch, M. (1941/1998) Kanon der Sonneneinstrahlung und das Eiszeitproblem. Belgrad: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. ISBN 8617066199. Siehe auch Astronomische Theorie des Klimawandels (http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/milankovitch).

Moberg, A., Sonechkin, DM, Holmgren, K., Datsenko, NM und Karlén, W. (2005) Hochvariable Temperaturen der nördlichen Hemisphäre, rekonstruiert aus Proxydaten mit niedriger und hoher Auflösung. *Natur*, **433**, 613–617.

O'Neill, P., Connolly, R., Connolly, M., Soon, W., Chimani, B., Crok, M., de Vos, R., Harde, H., Kajaba, P., Nojarov, P., Przybylak, R., Rasol, D., Skrynyk, O., Skrynyk, O., Štepánek, P., Wypych, A., und Zahradnícek, P. (2022) Auswertung der Homogenisierungsanpassungen, die auf europäische Temperaturaufzeichnungen im Datensatz des globalen historischen Klimatologienetzwerks angewendet wurden. *Atmosphäre*, **13**, 285, 1– 22.

Petit JR, Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, NI, Barnola, JM, Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, J., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, VM, Legrand, M., Lipenkov, V., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E. und Stievenard, M. (1999) Klima- und Atmosphärengeschichte der letzten 420.000 Jahre aus dem Wostok-Eiskern, Antarktis, *Natur*, **399**, 429–436.

Petit, JR et al. (2001) Vostok-Eiskerndaten für 420.000 Jahre, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series #2001-076. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

Pickands, J. (1969) Asymptotische Eigenschaften des Maximums in einem stationären Gaußschen Prozess. *Transaktionen der American Mathematical Society*,**145**, 75–86.

Rial, JA, Pielke, RA, Sr., Beniston, M., Clausen, M., Canadell, J., Cox, P., Held, H., de Noublet-Ducoudré, N., Prinn, R., Reynolds, JF und Salas, JD (2004) Nichtlinearitäten, Rückkopplungen und kritische Schwellenwerte im Klimasystem der Erde.*Klimawandel*,**65**, 11- 38.

Schönwiese, CD (1995)*Klimaveränderungen. Daten, Analysen, Prognosen*. Springer, Berlin.

Slepian, D. (1962) Das einseitige Barriereproblem für Gaußsches Rauschen,*Bell System Technisches Journal*,**41**, 463–501.

Scafetta, N. und Bianchini, A. (2022) Die planetarische Theorie der Variabilität der Sonnenaktivität: A Rezension. *Grenzen der Astronomie und Weltraumwissenschaften. Abschnitt Stern- und Sonnenphysik*,**9**, 2022.

Stephenson, DB Collins, M., Rougier, JC und Chandler, RE (2012) Statistische Probleme bei der probabilistischen Vorhersage des Klimawandels.*Umweltmetrik*,**23**, 364–372.

Svensmark, J., MB Enghoff, Shaviv, NJ, und Svensmark, H. (2016) Die Reaktion von Wolken und Aerosolen auf kosmische Strahlung nimmt ab.*Journal of Geophysical Research: Weltraumphysik,***121**, 8152–8188.

Varenholt, F. und Lüning, S. (2015)*Die vernachlässigte Sonne.*Das Heartland Institute, Arlington Heights, Illinois.

Voosen, P. (2016) Klimaforscher öffnen ihre Black Boxes zur genauen Prüfung.*Wissenschaft*,**354**, 401–402.

Voosen, P, (2021) UN-Gremium sieht sich mit unglaubwürdigen Hitzeprognosen für die zukünftige Erwärmung konfrontiert.*Wissenschaft*,**373**, 474–475.

Yan, Y., Bender, ML, Brook, EJ, Clifford, HM, Kemeny, PC, Kurbatov, AV, Mackay, S., Mayewski, PA, Ng, J., Severinghaus, JP, und Higgins, JA (2019) Zwei Millionen Jahre alte Schnappschüsse von atmosphärischen Gasen aus antarktischem Eis.*Natur*,**574**, 663–666.

Yndestad, H. (2022) Jupiterartige Planeten und Mondknotenzyklen in der Klimavariabilität der Erde. *Grenzen der Astronomie und Weltraumwissenschaften*,**9**, 1–19.

Zharkova, VV (2020) Modernes großes Sonnenminimum wird zu terrestrischer Abkühlung führen.*Temperatur*, ***7***, 217–222.

Zharkova, VV, Shepherd, SJ, Popova, E. und Zharkov, SI (2015) Herzschlag der Sonne aus der Hauptkomponentenanalyse und Vorhersage der Sonnenaktivität auf einer Jahrtausend-Zeitskala. *Wissenschaftlicher Bericht*,**5**, Artikelnummer 15689.

Anhang A

Extremwerte für stationäre Normalfolgen Das folgende

Ergebnis ist zum Beweis von Theorem 1 nützlich.

Lemma 1

Angenommen,$\{X(T), T=1, 2,\ldots\}$*ist eine stationäre Gauß-Folge mit* $EX(T) = 0$, $VarX(T) = 1$ *und* $E(X(T)X(S)) \to 0$. *Dann*

$$P\left(\bigcap_{j=N} (X(T_j) \le X_j)\right) \to P\left(X(T_j) \le X_j\right).$$

Das Ergebnis von Lemma 1 folgt aus Slepian (1962).

Anhang B

Abbildung B1. Globale Lufttemperaturen (HadCRUT3)

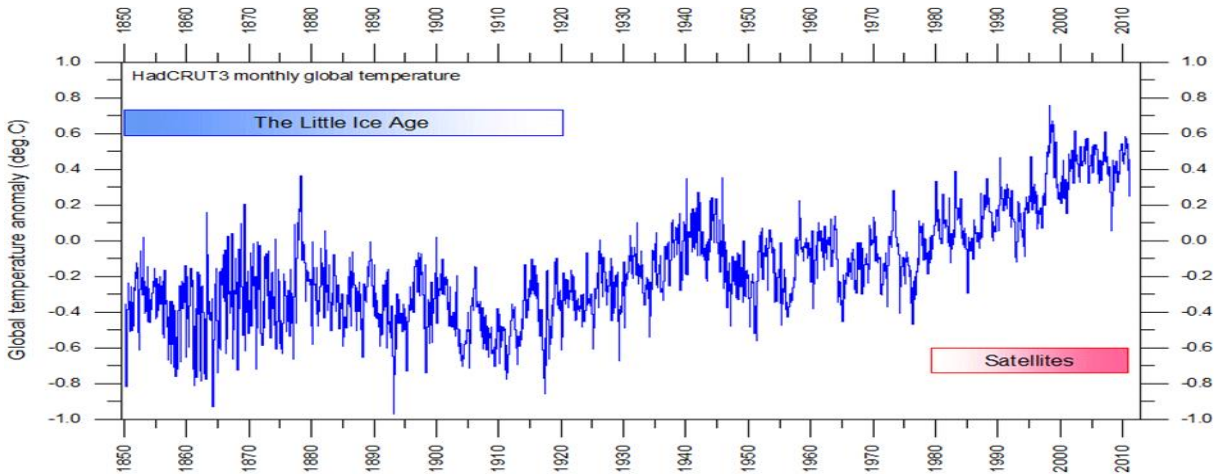
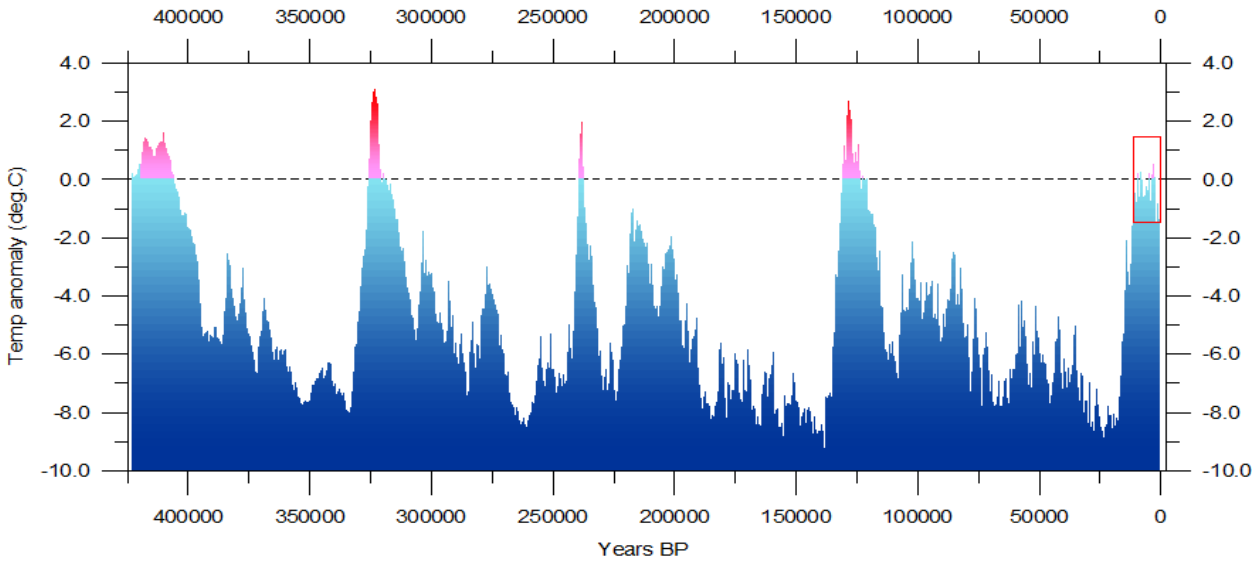


Abbildung B2. Rekonstruierte Temperaturen der letzten 420.000 Jahre



Rekonstruierte globale Temperatur basierend auf dem Wostok-Eisbohrkern aus der Antarktis. Die horizontale Linie zeigt das aktuelle Temperaturniveau. Das rote Quadrat rechts zeigt den in detaillierterer Darstellung dargestellten Zeitraum. https://www.climate4you.com/

Abbildung B3. Rekonstruierte Temperaturen und CO_2 in den letzten 420.000 Jahren

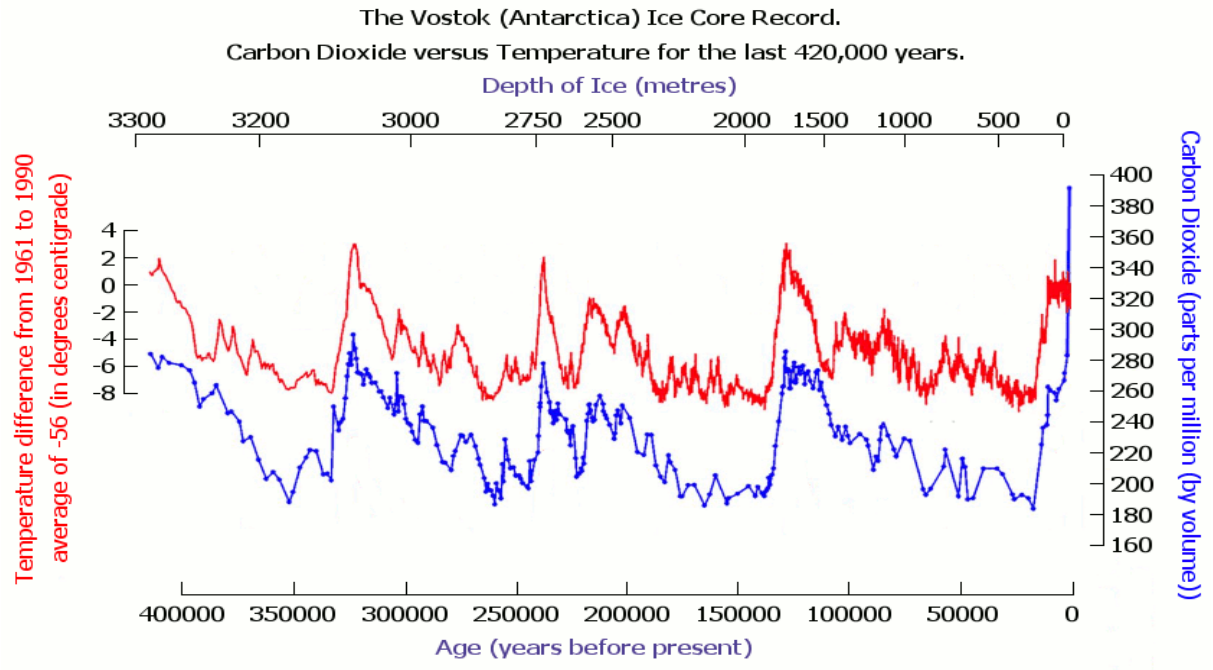


Abbildung B4. Rekonstruierte Temperaturen aus Grönland, 2000 v. Chr. bis 2000 n. Chr.

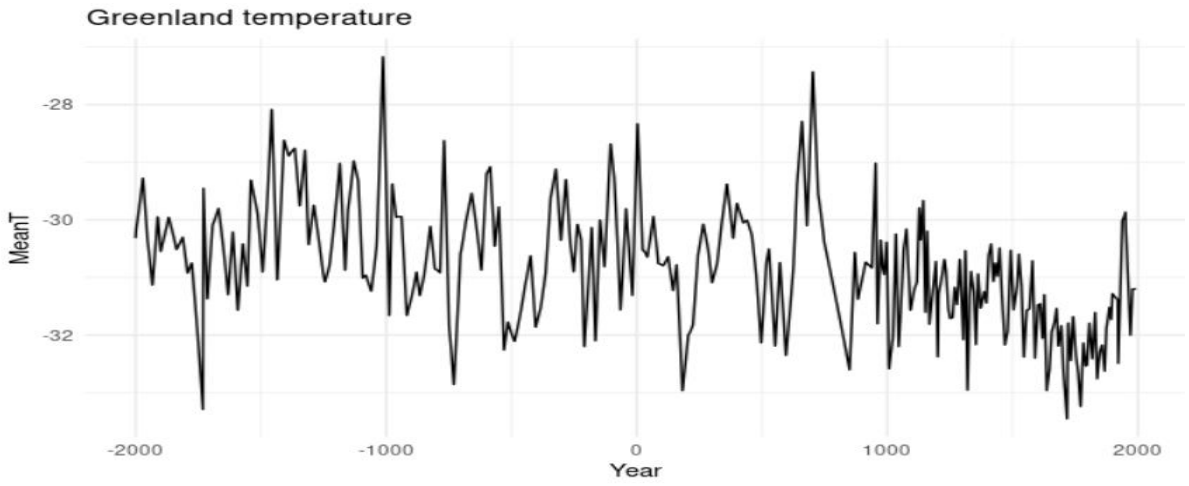
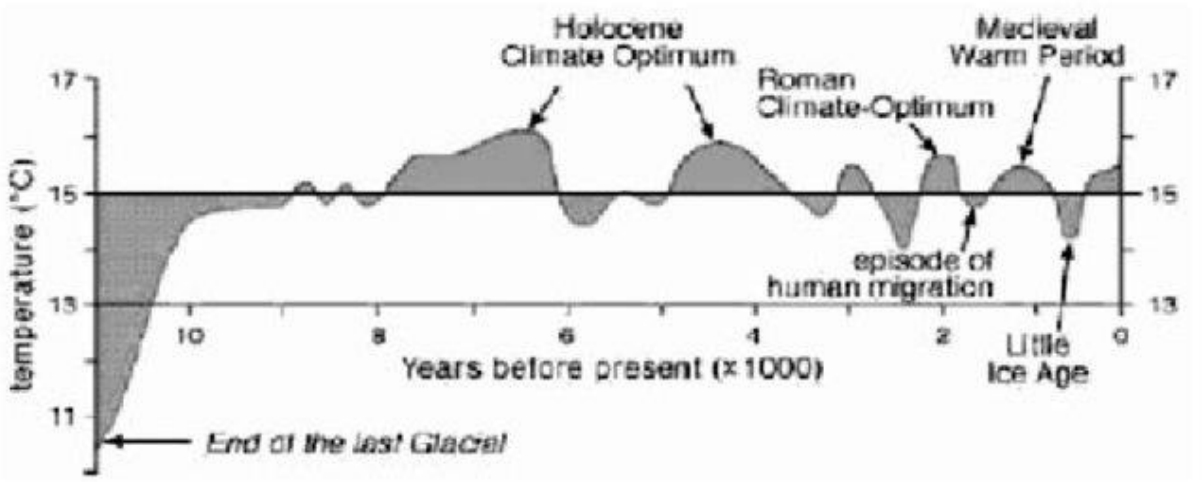


Abbildung B5. Rekonstruierte Temperaturen aus Grönland für die letzten 11.000 Jahre (Schönwiese, 1995)



NB: Das Originaldiagramm enthält auch durch den Treibhauseffekt bedingte Vorhersagen für die nächsten 130 Jahre, die hier nicht gezeigt werden.

Abbildung B6. Rekonstruierte Temperaturen (Moberg et al., 2005), 1.–1979 n. Chr.

Abbildung B7. HadCRUT3 und aggregierte jährliche Lufttemperaturen

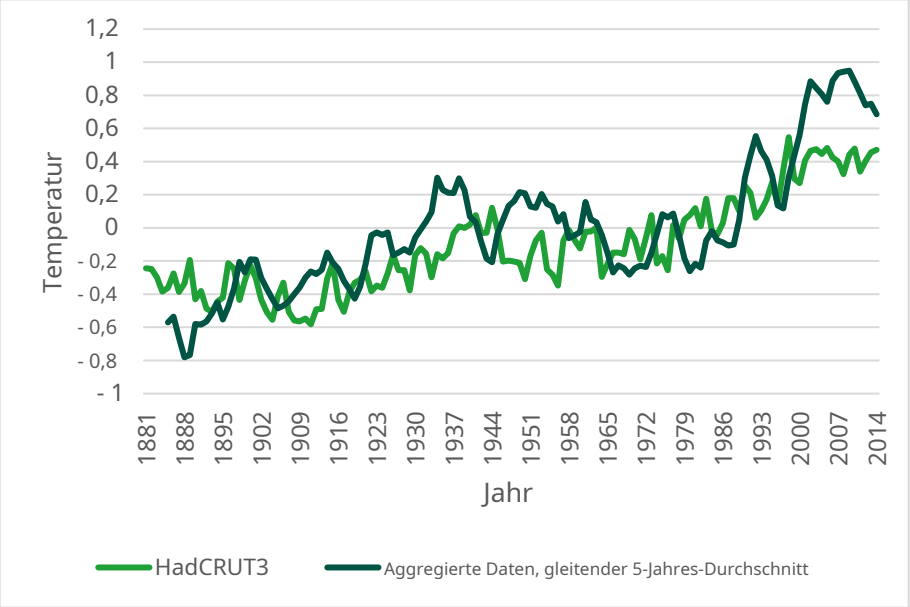


Abbildung B8. Simulierte Realisierungen des FGN-Prozesses mit Einheitsvarianz und verschiedenen Werte des Hurst-Parameters

Online-Ressource 01, 2021 Zusammengeführte Daten - Ergänzender Anhang C

In welchem Ausmaß verändert sich das Temperaturniveau durch den Ausstoß von Treibhausgasen?

John Dagsvikund Sigmund H. Moen

Korrespondierender Autor:

John K. Dagsvik, E-Mail: john.dagsvik@ssb.no

Mariachiara Fortuna, E-Mail: mariachiara.fortuna1@gmail.com (Referenz für Code und Analyse)

TischC1.Zusammenfassende Informationen zu Daten

Wetter Station	Erstes Jahr	Letztes Jahr	Jahre	Nicht fehlend Monate	Volle Länge in Monate	Fehlen Monate
Aberdeen	1880	2018	139	1657	1669	12
Adelaide	1881	2021	141	1681	1692	11
Alexandria	1870	2021	152	1796	1825	29
Alice Springs	1881	2021	141	1679	1692	13
Allahabad	1881	2014	134	1559	1610	51
Andoya	1868	2021	154	1842	1854	12
Archangelsk	1881	2019	139	1657	1668	11
Athen	1858	2015	158	1887	1899	12
Atlanta	1881	2021	141	1683	1695	12
Basel	1755	2019	265	3141	3188	47
Bergen	1858	2021	164	1963	1974	11
Berlin	1756	2021	266	3186	3198	12
Bismarck	1880	2013	134	1606	1617	11
Bodo	1868	2021	154	1843	1854	11
Boise	1880	2021	142	1697	1708	11
Bombay	1881	2021	141	1671	1694	23
Boston	1881	2021	141	1684	1695	11
Budapest	1780	2021	242	2898	2910	12
Cap Otway	1865	2021	157	1840	1884	44
Chattanooga	1880	2021	142	1695	1707	12
Cincinnati	1880	2021	142	1696	1707	11
Kolumbus	1880	2017	138	1646	1657	11
Eintracht	1881	2021	141	1684	1695	11
Kopenhagen	1798	2021	224	2677	2689	12
Des Moines	1880	2021	142	1696	1707	11
Detroit	1880	2021	142	1696	1707	11
Dodge City	1880	2021	142	1696	1707	11
Dombas	1865	2021	157	1876	1890	14
Fargo	1881	2021	141	1684	1695	11
Galveston	1881	2021	141	1684	1695	11
Genf	1753	2019	267	3201	3212	11
Gibraltar	1852	2021	170	1985	2045	60
Hohenpeißenberg	1781	2021	241	2885	2898	13
Illulisat	1873	2021	149	1778	1794	16
Indianapolis	1881	2021	141	1684	1695	11
Indore	1880	2021	142	1677	1696	19
Jacksonville	1880	2021	142	1695	1708	13
Karasjok	1876	2021	146	1747	1758	11
Kasalinsk	1881	2021	141	1687	1698	11
Knoxville	1881	2021	141	1684	1696	12
Kremsmünster	1876	2021	146	1741	1752	11
Lahore	1876	2021	146	1746	1758	12
Lissabon	1880	2021	142	1697	1710	13
Madison	1880	2021	142	1697	1708	11
Madras	1880	2021	142	1693	1706	13
Marquette	1881	2021	141	1681	1696	15
Milwaukee	1881	2021	141	1685	1696	11
Mobile	1880	2021	142	1697	1708	11
Nagasaki	1880	2021	142	1699	1710	11
Nagpur	1880	2020	141	1684	1702	18

Wetter Station	Erstes Jahr	Letztes Jahr	Jahre	Nicht fehlend Monate	Volle Länge in Monate	Fehlen Monate
Nantes	1851	2021	171	2038	2053	15
Nashville	1880	2021	142	1697	1708	11
New Orleans	1874	2021	148	1738	1779	41
New York	1822	2020	199	2379	2390	11
Oksoy	1870	2021	152	1818	1830	12
Leuchtturm						
Ona	1868	2021	154	1831	1854	23
Oslo	1816	2021	206	2467	2478	11
Paris	1757	2021	265	3174	3186	12
Prag	1775	2021	247	2959	2970	11
Reykjavik	1870	2021	152	1819	1830	11
Röros	1871	2021	151	1806	1818	12
Sortieren	1881	2013	133	1566	1607	41
Sulina	1880	2021	142	1699	1710	11
Tokio	1876	2021	146	1747	1758	11
Tromsø	1868	2021	154	1842	1854	12
Uccle	1833	2021	189	2257	2268	11
Uppsala	1774	2021	248	2966	2979	13
Utsira	1868	2021	154	1843	1854	11
Vardo	1858	2021	164	1962	1974	12
Vestervig	1874	2021	148	1758	1770	12
Wien	1855	2021	167	1929	2003	74
Wellington	1864	2021	158	1875	1902	27
Winnipeg	1880	2021	142	1694	1705	11
Zagreb	1861	2021	161	1915	1927	12

TischC2.Schätzungen und Teststatistiken basierend auf monatlichen Daten

Name	Hc	Hw	SE_Hw	Q_Hc	Q_Hw
Aberdeen	0,702	0,709	0,016	- 0,411	- 0,069
Adelaide	0,702	0,663	0,016	0,708	- 0,953
Alexandria	0,825	0,827	0,016	- 2.381	- 2.170
Alice Springs	0,716	0,686	0,016	0,877	- 0,556
Allahabad	0,678	0,679	0,017	- 0,056	0,003
Andoya	0,724	0,717	0,015	- 0,005	- 0,405
Archangelsk	0,680	0,669	0,016	0,056	- 0,358
Athen	0,697	0,704	0,015	- 0,631	- 0,322
Atlanta	0,637	0,635	0,016	- 0,039	- 0,070
Basel	0,654	0,639	0,012	- 0,122	- 0,736
Bergen	0,696	0,700	0,015	0,485	- 0,318
Berlin	0,685	0,682	0,012	- 0,418	- 0,529
Bismarck	0,663	0,656	0,016	0,062	- 0,172
Bodo	0,692	0,696	0,015	- 0,283	- 0,138
Boise	0,672	0,661	0,016	0,037	- 0,364
Bombay	0,802	0,818	0,016	- 1.697	- 0,091
Boston	0,694	0,668	0,016	0,473	- 0,561
Budapest	0,666	0,671	0,012	- 0,831	- 0,609
Cap Otway	0,809	0,753	0,015	2.594	- 2.582
Chattanooga	0,640	0,643	0,016	- 0,175	- 0,071
Cincinnati	0,649	0,640	0,016	0,038	- 0,220
Kolumbus	0,618	0,637	0,016	- 0,356	0,074
Eintracht	0,701	0,675	0,016	0,273	- 0,874
Kopenhagen	0,774	0,782	0,013	- 0,976	- 0,188
Des Moines	0,626	0,633	0,016	- 0,108	0,060
Detroit	0,663	0,664	0,016	- 0,131	- 0,106
Dodge City	0,622	0,599	0,016	0,337	- 0,163
Dombas	0,650	0,675	0,015	- 0,754	0,065
Fargo	0,665	0,667	0,016	- 0,247	- 0,187
Galveston	0,690	0,697	0,016	- 0,300	- 0,041
Genf	0,698	0,666	0,012	0,184	- 1.654
Gibraltar	0,806	0,771	0,015	0,719	- 2.642
Hohenpeißenberg	0,636	0,615	0,012	0,135	- 0,535
Illulisat	0,743	0,773	0,016	- 0,913	1.227
Indianapolis	0,610	0,618	0,016	- 0,178	- 0,029
Indore	0,740	0,713	0,016	0,597	- 0,968
Jacksonville	0,634	0,660	0,016	- 0,685	0,012
Karasjok	0,641	0,673	0,016	- 0,594	0,380
Kasalinsk	0,680	0,730	0,016	- 1.108	1.093
Knoxville	0,619	0,620	0,016	- 0,138	- 0,112
Kremsmünster	0,704	0,678	0,016	- 0,012	- 1.139
Lahore	0,657	0,700	0,016	- 0,779	0,772
Lissabon	0,790	0,724	0,016	1.793	- 3.143
Madison	0,645	0,656	0,016	- 0,277	0,049
Madras	0,759	0,760	0,016	- 0,816	- 0,761
Marquette	0,720	0,711	0,016	- 0,515	- 0,989
Milwaukee	0,685	0,669	0,016	0,223	- 0,395
Mobile	0,635	0,654	0,016	- 0,406	0,097
Nagasaki	0,747	0,719	0,016	0,333	- 1.386
Nagpur	0,690	0,704	0,016	- 0,322	0,267
Nantes	0,667	0,655	0,014	- 0,182	- 0,651

Name	Hc	Hw	SE_Hw	Q_Hc	Q_Hw
Nashville	0,601	0,615	0,016	- 0,230	0,014
New Orleans	0,711	0,694	0,016	0,165	- 0,639
New York	0,749	0,703	0,013	0,768	- 2.451
Oksoy Leuchtturm	0,735	0,800	0,016	- 1.434	3.667
Ona	0,730	0,750	0,015	- 0,693	0,538
Oslo	0,711	0,746	0,013	- 1.154	1.121
Paris	0,748	0,677	0,012	2.018	- 3.327
Prag	0,684	0,675	0,012	0,012	- 0,461
Reykjavik	0,737	0,705	0,015	0,484	- 1.340
Röros	0,673	0,702	0,015	- 0,690	0,486
Sortieren	0,658	0,703	0,017	- 0,657	0,932
Sulina	0,684	0,720	0,016	- 1.110	0,465
Tokio	0,801	0,750	0,016	1.356	- 2.954
Tromsø	0,675	0,689	0,015	- 0,346	0,186
Uccle	0,676	0,655	0,014	0,103	- 0,763
Uppsala	0,723	0,741	0,012	- 1.021	0,319
Utsira	0,755	0,781	0,016	- 0,898	1.192
Vardo	0,787	0,759	0,015	0,907	- 1.540
Vestervig	0,753	0,802	0,016	- 1.397	2.739
Wien	0,709	0,676	0,015	0,254	- 1.294
Wellington	0,843	0,783	0,015	3.334	- 3.715
Winnipeg	0,675	0,683	0,016	- 0,493	0,165
Zagreb	0,710	0,686	0,015	- 0,033	- 1.232

TischC3.**Schätzungen und Teststatistiken basierend auf Jahresdaten**

Name	Hc	Hw	SE_Hw	Q_Hc	Q_Hw
Aberdeen	0,794	0,781	0,057	0,289	- 0,058
Adelaide	0,910	0,793	0,056	7.018	- 0,552
Alexandria	0,879	0,936	0,055	- 1.818	3.067
Alice Springs	0,675	0,755	0,056	0,560	0,495
Allahabad	0,710	0,783	0,058	- 0,415	0,882
Andoya	0,797	0,773	0,054	1.018	0,303
Archangelsk	0,749	0,781	0,057	- 0,652	- 0,040
Athen	0,760	0,833	0,053	- 1.127	0,787
Atlanta	0,731	0,749	0,056	- 0,009	0,318
Basel	0,719	0,764	0,041	- 1.753	- 0,886
Bergen	0,793	0,747	0,052	0,588	- 0,607
Berlin	0,739	0,750	0,041	- 0,686	- 0,424
Bismarck	0,753	0,753	0,057	0,186	0,176
Bodo	0,744	0,723	0,053	0,005	- 0,357
Boise	0,779	0,739	0,056	0,608	- 0,280
Bombay	0,807	0,915	0,057	- 2.039	3.539
Boston	0,744	0,741	0,056	- 0,374	- 0,423
Budapest	0,721	0,753	0,043	- 1.500	- 0,892
Cap Otway	0,887	0,843	0,055	2.821	0,161
Chattanooga	0,732	0,729	0,056	0,271	0,213
Cincinnati	0,746	0,749	0,056	0,253	0,309
Kolumbus	0,722	0,717	0,056	0,451	0,370
Eintracht	0,814	0,766	0,056	0,676	- 0,631
Kopenhagen	0,825	0,789	0,045	0,568	- 0,823
Des Moines	0,651	0,645	0,055	0,095	0,041
Detroit	0,722	0,699	0,055	0,410	0,043
Dodge City	0,675	0,741	0,056	- 0,505	0,341
Dombas	0,689	0,657	0,052	- 0,026	- 0,379
Fargo	0,744	0,727	0,056	0,319	0,017
Galveston	0,713	0,737	0,056	- 0,590	- 0,265
Genf	0,862	0,817	0,041	1.295	- 1.204
Gibraltar	0,821	0,917	0,054	- 2.032	3.351
Hohenpeißenberg	0,723	0,733	0,043	- 0,742	- 0,553
Illulisat	0,832	0,791	0,055	1.836	0,324
Indianapolis	0,686	0,680	0,055	0,025	- 0,048
Indore	0,828	0,894	0,057	- 0,506	3.053
Jacksonville	0,660	0,739	0,056	- 0,621	0,282
Karasjok	0,695	0,672	0,054	0,238	- 0,052
Kasalinsk	0,786	0,708	0,055	1.265	- 0,474
Knoxville	0,736	0,706	0,056	0,205	- 0,258
Kremsmünster	0,789	0,888	0,056	- 2.375	1.019
Lahore	0,665	0,753	0,055	- 0,303	0,921
Lissabon	0,948	0,933	0,057	4.772	2.035
Madison	0,676	0,680	0,055	0,047	0,097
Madras	0,836	0,902	0,057	- 1.202	2.320
Marquette	0,757	0,775	0,056	- 0,795	- 0,461
Milwaukee	0,681	0,736	0,056	- 0,693	- 0,042
Mobile	0,669	0,739	0,056	- 0,492	0,374
Nagasaki	0,835	0,791	0,056	0,529	- 0,837
Nagpur	0,685	0,734	0,056	- 0,224	0,450
Nantes	0,759	0,756	0,051	- 0,682	- 0,739

Name	Hc	Hw	SE_Hw	Q_Hc	Q_Hw
Nashville	0,601	0,698	0,055	- 0,370	0,361
New Orleans	0,854	0,877	0,056	0,272	1.525
New York	0,917	0,860	0,048	5.050	- 0,366
Oksoy Leuchtturm	0,699	0,696	0,053	- 0,326	- 0,358
Ona	0,715	0,751	0,055	- 0,691	- 0,122
Oslo	0,717	0,720	0,046	- 0,700	- 0,652
Paris	0,885	0,833	0,041	0,882	- 2.348
Prag	0,771	0,724	0,042	0,797	- 0,484
Reykjavik	0,914	0,887	0,055	3.868	1.217
Röros	0,738	0,703	0,054	0,122	- 0,426
Sortieren	0,643	0,595	0,056	0,227	- 0,102
Sulina	0,708	0,743	0,056	- 0,917	- 0,478
Tokio	0,934	0,856	0,056	5.734	- 1,325
Tromsø	0,681	0,676	0,053	- 0,007	- 0,059
Uccle	0,791	0,759	0,048	0,161	- 0,715
Uppsala	0,749	0,735	0,042	- 0,507	- 0,805
Utsira	0,761	0,793	0,054	- 0,639	0,097
Vardo	0,802	0,823	0,052	- 0,233	0,502
Vestervig	0,729	0,766	0,055	- 1.041	- 0,466
Wien	0,826	0,852	0,054	- 1.109	- 0,117
Wellington	0,868	0,937	0,055	- 1.233	5.063
Winnipeg	0,768	0,764	0,056	0,090	0,003
Zagreb	0,783	0,863	0,053	- 2.304	0,102

TischC4.**Stationaritätstest. Jährliche Daten**

Name	Teststatistiken	Testergebnis	Prüfkriterium
Aberdeen	2.086	Keine Ablehnung	5.783
Adelaide	3.273	Keine Ablehnung	5.890
Alexandria	4.063	Keine Ablehnung	5.527
Alice Springs	3.797	Keine Ablehnung	5.774
Allahabad	2.590	Keine Ablehnung	5.762
Andoya	4.899	Keine Ablehnung	5.936
Archangelsk	3.568	Keine Ablehnung	5.717
Athen	4.090	Keine Ablehnung	5.570
Atlanta	3.606	Keine Ablehnung	5.889
Basel	4.573	Keine Ablehnung	5.963
Bergen	2.515	Keine Ablehnung	5.834
Berlin	4.486	Keine Ablehnung	5.982
Bismarck	3.335	Keine Ablehnung	5.641
Bodo	4.479	Keine Ablehnung	5.917
Boise	3.463	Keine Ablehnung	5.632
Bombay	4.763	Keine Ablehnung	5.861
Boston	3.319	Keine Ablehnung	5.805
Budapest	4.501	Keine Ablehnung	5.941
Cap Otway	3.901	Keine Ablehnung	5.858
Chattanooga	3.598	Keine Ablehnung	5.843
Cincinnati	4.177	Keine Ablehnung	5.851
Kolumbus	2.884	Keine Ablehnung	5.828
Eintracht	2.945	Keine Ablehnung	5.855
Kopenhagen	3.784	Keine Ablehnung	5.958
Des Moines	2.720	Keine Ablehnung	5.776
Detroit	3.489	Keine Ablehnung	5.810
Dodge City	2.811	Keine Ablehnung	5.823
Dombas	4.591	Keine Ablehnung	5.850
Fargo	2.107	Keine Ablehnung	5.463
Galveston	2.885	Keine Ablehnung	5.879
Genf	4.158	Keine Ablehnung	5.952
Gibraltar	5.364	Keine Ablehnung	5.855
Hohenpeißenberg	6.153	Ablehnung	5.997
Illulisat	3.701	Keine Ablehnung	5.835
Indianapolis	3.003	Keine Ablehnung	5.801
Indore	2.554	Keine Ablehnung	5.849
Jacksonville	3.832	Keine Ablehnung	5.821
Karasjok	4.224	Keine Ablehnung	5.863
Kasalinsk	3.484	Keine Ablehnung	5.755
Knoxville	3.523	Keine Ablehnung	5.887
Kremsmünster	5.685	Keine Ablehnung	5.773
Lahore	3.092	Keine Ablehnung	5.893
Lissabon	5.661	Keine Ablehnung	5.854
Madison	2.146	Keine Ablehnung	5.793
Madras	4.372	Keine Ablehnung	5.742
Marquette	2.616	Keine Ablehnung	5.750
Milwaukee	2.522	Keine Ablehnung	5.752
Mobile	2.679	Keine Ablehnung	5.903
Nagasaki	3.997	Keine Ablehnung	5.743
Nagpur	4.199	Keine Ablehnung	5.869
Nantes	3.307	Keine Ablehnung	5.847

Name	Teststatistiken	Testergebnis	Prüfkriterium
Nashville	3.314	Keine Ablehnung	5.854
New Orleans	4.297	Keine Ablehnung	5.881
New York	4.566	Keine Ablehnung	5.576
Oksoy Leuchtturm	3.471	Keine Ablehnung	5.876
Ona	3.670	Keine Ablehnung	5.907
Oslo	4.438	Keine Ablehnung	5.931
Paris	4.227	Keine Ablehnung	5.954
Prag	3.994	Keine Ablehnung	5.991
Reykjavik	3.708	Keine Ablehnung	5.706
Röros	3.160	Keine Ablehnung	5.814
Sortieren	3.892	Keine Ablehnung	5.597
Sulina	4.297	Keine Ablehnung	5.545
Tokio	3.581	Keine Ablehnung	5.576
Tromsø	5.150	Keine Ablehnung	5.891
Uccle	4.063	Keine Ablehnung	5.945
Uppsala	2.854	Keine Ablehnung	5.924
Utsira	3.879	Keine Ablehnung	5.860
Vardo	3.108	Keine Ablehnung	5.895
Vestervig	3.832	Keine Ablehnung	5.856
Wien	3.285	Keine Ablehnung	5.783
Wellington	3.456	Keine Ablehnung	5.484
Winnipeg	3.220	Keine Ablehnung	5.584
Zagreb	4.396	Keine Ablehnung	5.856

TischC5.**Stationaritätstest. Monatliche Daten**

Name	Teststatistiken	Testergebnis	Prüfkriterium
Aberdeen	3.818	Keine Ablehnung	5.856
Adelaide	5.527	Keine Ablehnung	6.064
Alexandria	4.473	Keine Ablehnung	5.876
Alice Springs	3.768	Keine Ablehnung	6.033
Allahabad	6.386	Ablehnung	5.727
Andoya	4.380	Keine Ablehnung	5.981
Archangelsk	3.711	Keine Ablehnung	5.563
Athen	5.573	Keine Ablehnung	6.030
Atlanta	3.325	Keine Ablehnung	6.067
Basel	3.873	Keine Ablehnung	6.120
Bergen	3.345	Keine Ablehnung	6.037
Berlin	5.279	Keine Ablehnung	6.111
Bismarck	5.307	Keine Ablehnung	6.026
Bodo	3.074	Keine Ablehnung	6.028
Boise	6.780	Ablehnung	6.053
Bombay	4.124	Keine Ablehnung	5.724
Boston	3.151	Keine Ablehnung	6.017
Budapest	4.419	Keine Ablehnung	6.120
Cap Otway	5.931	Keine Ablehnung	6.025
Chattanooga	3.941	Keine Ablehnung	6.042
Cincinnati	3.448	Keine Ablehnung	6.041
Kolumbus	5.500	Keine Ablehnung	6.046
Eintracht	3.853	Keine Ablehnung	5.902
Kopenhagen	5.233	Keine Ablehnung	6.110
Des Moines	5.692	Keine Ablehnung	6.049
Detroit	5.039	Keine Ablehnung	6.031
Dodge City	4.780	Keine Ablehnung	6.039
Dombas	5.196	Keine Ablehnung	5.977
Fargo	3.972	Keine Ablehnung	6.043
Galveston	4.581	Keine Ablehnung	6.064
Genf	5.030	Keine Ablehnung	6.128
Gibraltar	6.070	Ablehnung	6.008
Hohenpeißenberg	3.238	Keine Ablehnung	6.096
Illulisat	4.394	Keine Ablehnung	6.043
Indianapolis	6.068	Ablehnung	6.039
Indore	5.084	Keine Ablehnung	6.040
Jacksonville	4.216	Keine Ablehnung	5.896
Karasjok	4.383	Keine Ablehnung	5.878
Kasalinsk	3.728	Keine Ablehnung	6.020
Knoxville	3.552	Keine Ablehnung	6.071
Kremsmünster	4.519	Keine Ablehnung	5.837
Lahore	6.268	Ablehnung	6.008
Lissabon	3.721	Keine Ablehnung	5.828
Madison	4.101	Keine Ablehnung	6.050
Madras	2.798	Keine Ablehnung	5.938
Marquette	4.132	Keine Ablehnung	5.945
Milwaukee	5.249	Keine Ablehnung	6.057
Mobile	5.786	Keine Ablehnung	5.827
Nagasaki	4.490	Keine Ablehnung	6.060
Nagpur	4.037	Keine Ablehnung	6.038
Nantes	6.136	Ablehnung	6.058

Name	Teststatistiken	Testergebnis	Prüfkriterium
Nashville	5.682	Keine Ablehnung	6.047
New Orleans	4.802	Keine Ablehnung	5.978
New York	2.916	Keine Ablehnung	5.956
Oksoy Leuchtturm	4.470	Keine Ablehnung	5.909
Ona	4.193	Keine Ablehnung	6.037
Oslo	3.908	Keine Ablehnung	6.041
Paris	5.169	Keine Ablehnung	6.139
Prag	6.494	Ablehnung	6.108
Reykjavik	8.775	Ablehnung	6.006
Röros	3.609	Keine Ablehnung	5,975
Sortieren	5.211	Keine Ablehnung	5.823
Sulina	5.215	Keine Ablehnung	6.066
Tokio	4.151	Keine Ablehnung	5.990
Tromsø	2.912	Keine Ablehnung	5.959
Uccle	3.492	Keine Ablehnung	6.057
Uppsala	4.764	Keine Ablehnung	6.131
Utsira	5.016	Keine Ablehnung	5.994
Vardo	6.728	Ablehnung	6.063
Vestervig	5.105	Keine Ablehnung	5.907
Wien	4.187	Keine Ablehnung	5.976
Wellington	7.499	Ablehnung	5.721
Winnipeg	3.764	Keine Ablehnung	5.998
Zagreb	4.134	Keine Ablehnung	6.017

TischC6.Monatliche und jährliche Standardabweichungen der Temperaturreihen

Name	SD_jährlich	SD_monthly_des
Aberdeen	0,585	1.225
Adelaide	0,570	1.229
Alexandria	0,701	1.047
Alice Springs	0,806	1.558
Allahabad	0,521	1.149
Andoya	0,789	1.530
Archangelsk	1.356	3.014
Athen	0,687	1.441
Atlanta	0,662	1.744
Basel	0,818	1.954
Bergen	0,766	1.616
Berlin	0,986	2.139
Bismarck	1.229	2.924
Bodo	0,867	1.824
Boise	0,932	2.061
Bombay	0,467	0,760
Boston	0,773	1.649
Budapest	0,929	2.047
Cap Otway	0,599	1.004
Chattanooga	0,723	1.818
Cincinnati	0,895	2.119
Kolumbus	0,804	2.088
Eintracht	0,878	1.810
Kopenhagen	1.059	1.832
Des Moines	0,930	2.384
Detroit	0,892	2.006
Dodge City	0,814	2.124
Dombas	1.048	2.313
Fargo	1.183	2.683
Galveston	0,655	1.446
Genf	0,841	1.775
Gibraltar	0,629	1.008
Hohenpeißenberg	0,897	2.183
Illulisat	1.665	3.225
Indianapolis	0,810	2.150
Indore	0,525	1.052
Jacksonville	0,648	1.561
Karasjok	1.301	3.130
Kasalinsk	1.256	2.834
Knoxville	0,708	1.846
Kremsmünster	0,933	1.941
Lahore	0,537	1.318
Lissabon	0,765	1.276
Madison	0,974	2.306
Madras	0,409	0,753
Marquette	1.208	2.243
Milwaukee	1.030	2.146
Mobile	0,607	1.597
Nagasaki	0,623	1,125
Nagpur	0,487	1.070
Nantes	0,754	1.654

Name	SD_jährlich	SD_monthly_des
Nashville	0,709	1.952
New Orleans	0,764	1.641
New York	0,976	1.833
Oksoy Leuchtturm	0,869	1.738
Ona	0,695	1.338
Oslo	1.006	2.078
Paris	1.051	1.953
Prag	0,962	2.102
Reykjavik	0,792	1.556
Röros	1.134	2.615
Sortieren	0,660	1.605
Sulina	0,872	1.874
Tokio	0,750	1.230
Tromsø	0,784	1.720
Uccle	0,833	1.841
Uppsala	1.145	2.315
Utsira	0,741	1.383
Vardo	0,977	1.620
Vestervig	0,949	1.789
Wien	0,994	2.045
Wellington	0,679	1.043
Winnipeg	1.323	2.873
Zagreb	1,025	2.099

Online-Ressource 01, 2021 Zusammengeführte Daten - Ergänzender AnhangD

In welchem Ausmaß verändert sich das Temperaturniveau durch den Ausstoß von Treibhausgasen?

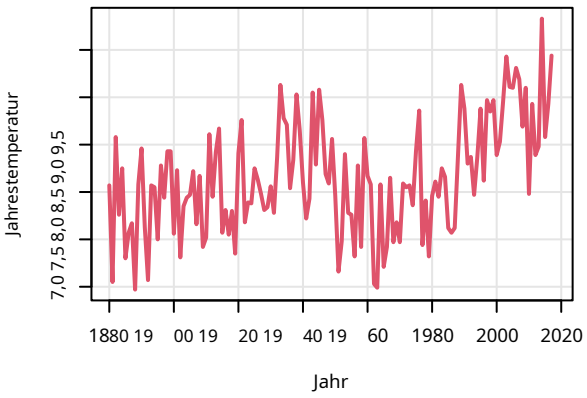
John Dagsvikund Sigmund H. Moen

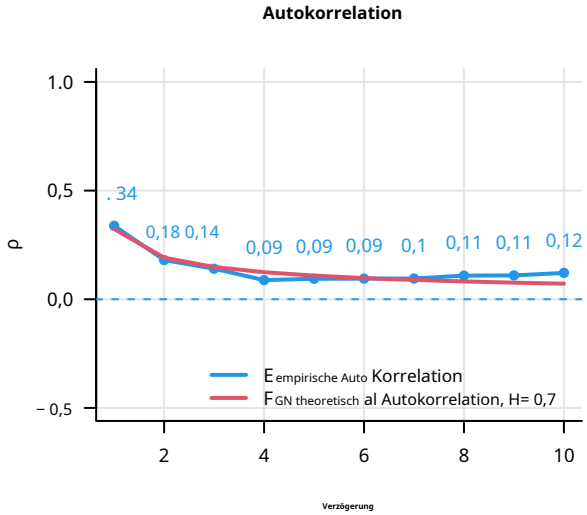
Korrespondierender Autor:

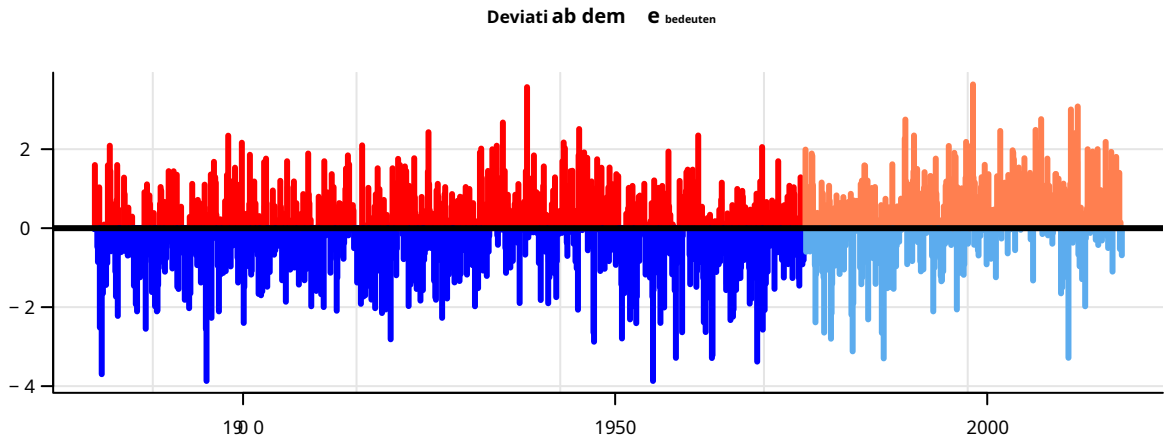
John K. Dagsvik, E-Mail: john.dagsvik@ssb.no

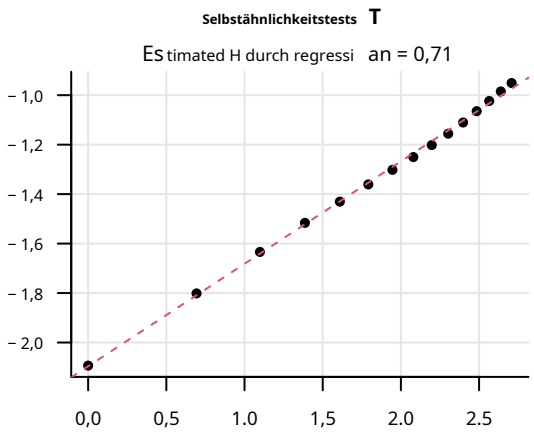
Mariachiara Fortuna, E-Mail: mariachiara.fortuna1@gmail.com (Referenz für Code und Analyse)

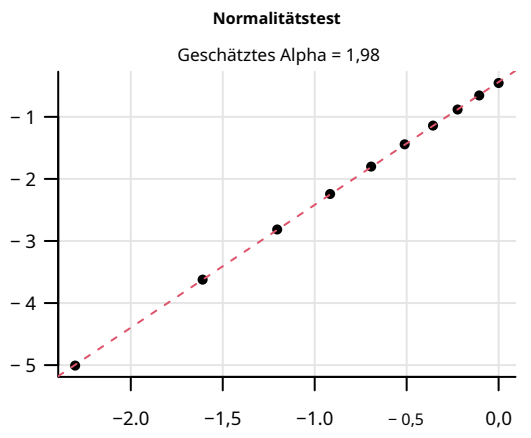
Aberdeen


Jahrestemperatur
7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5
1880 19
00 19
20 19
40 19
60
1980
2000
2020
Jahr

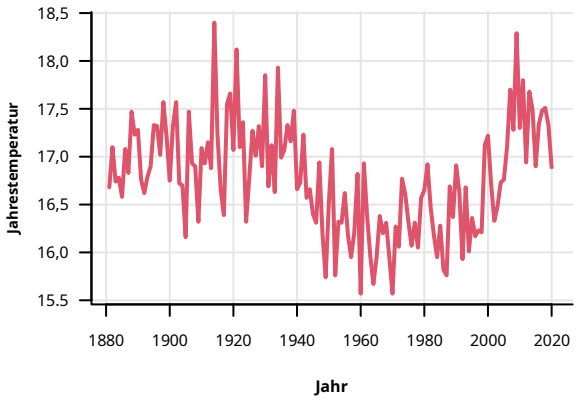

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 34
0,18 0,14
0,09 0,09 0,09 0,1 0,11 0,11 0,12
Empirische Auto Korrelation
FGN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

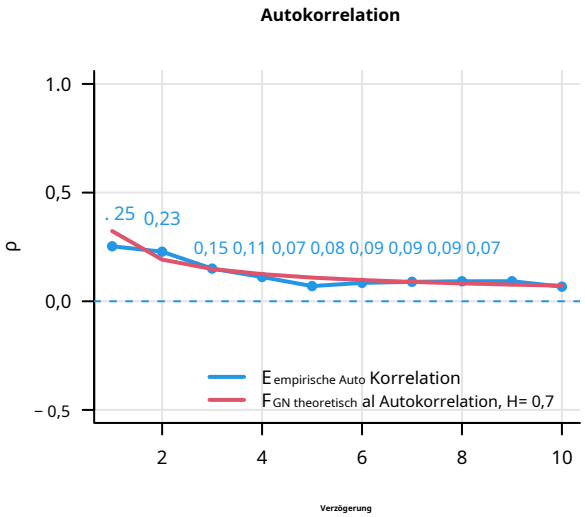

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
19 0 0
1950
2000

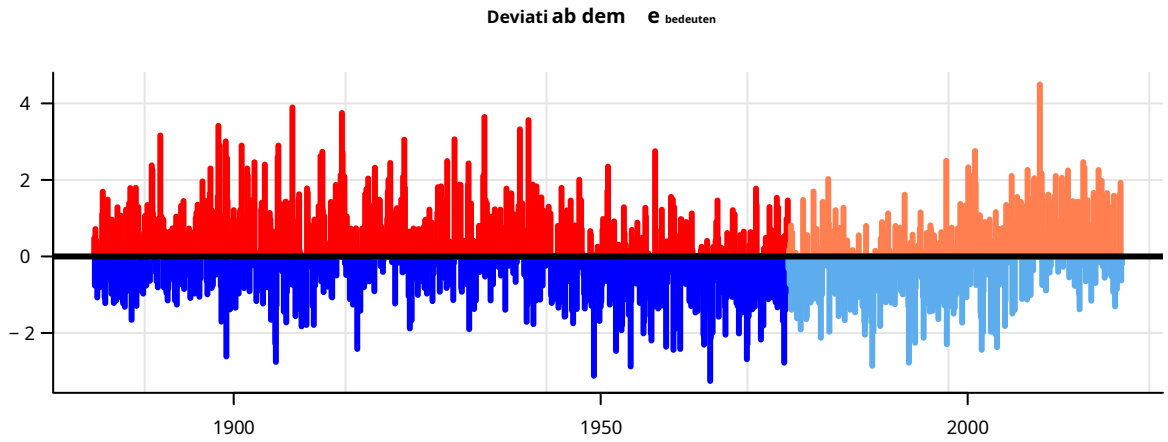

Selbstähnlichkeitstests T
Es timated H durch regressi an = 0,71
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

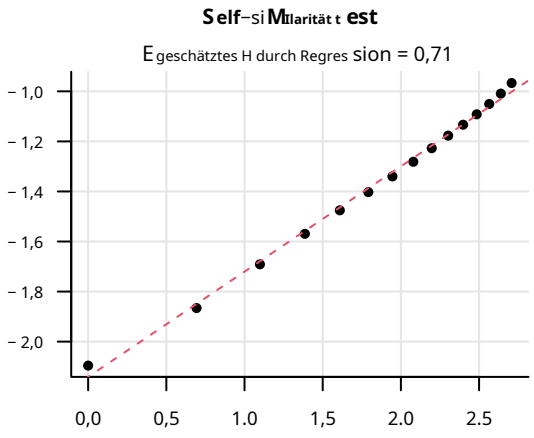

Normalitätstest
Geschätztes Alpha = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

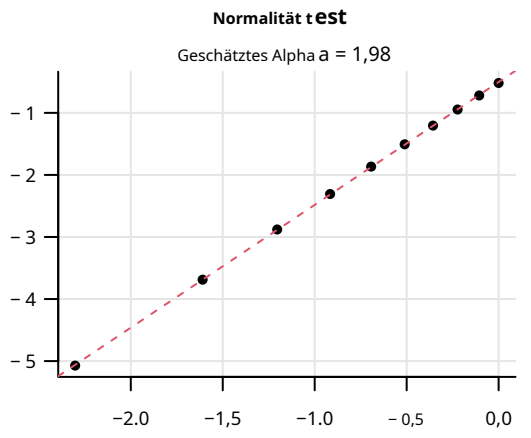
Adelaide


Jahrestemperatur
18,5
18,0
17,5
17,0
16,5
16,0
15.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

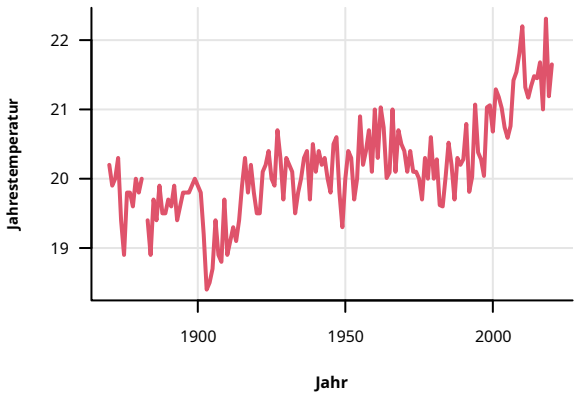

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 25
0,23
0,15 0,11 0,07 0,08 0,09 0,09 0,09 0,07
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

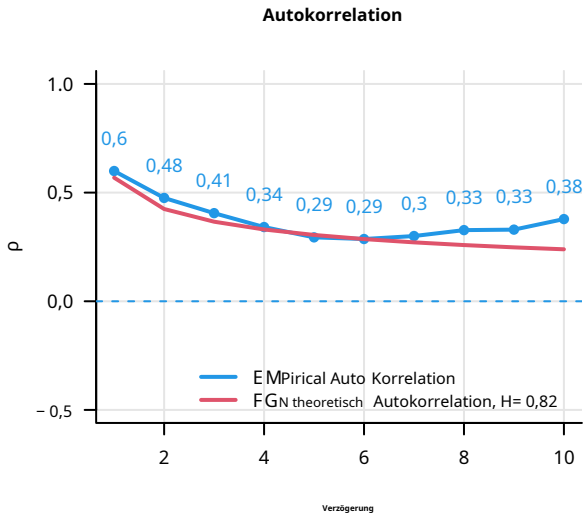

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
1900
1950
2000

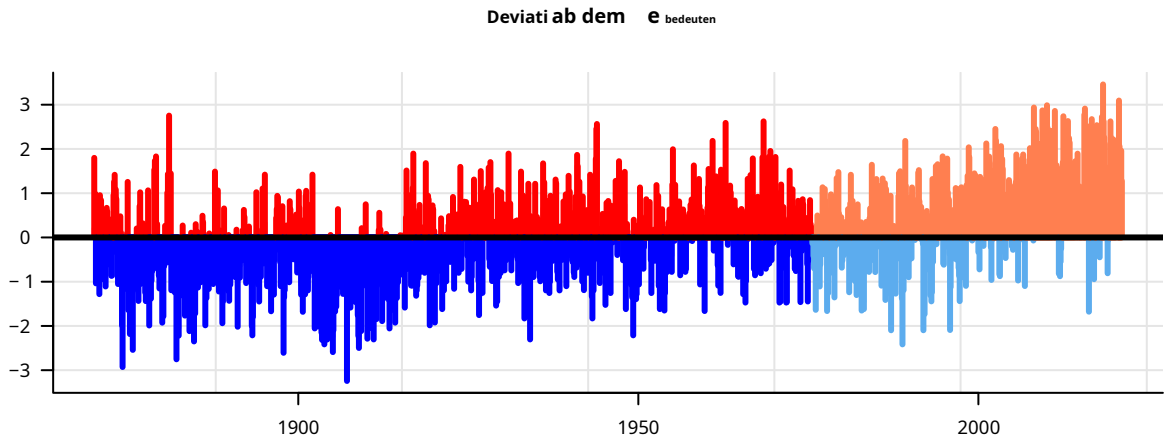

Self–si Millarität t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,71
– 1,0
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

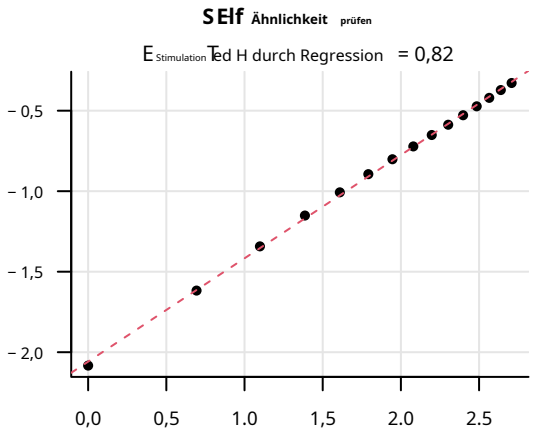

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,98
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

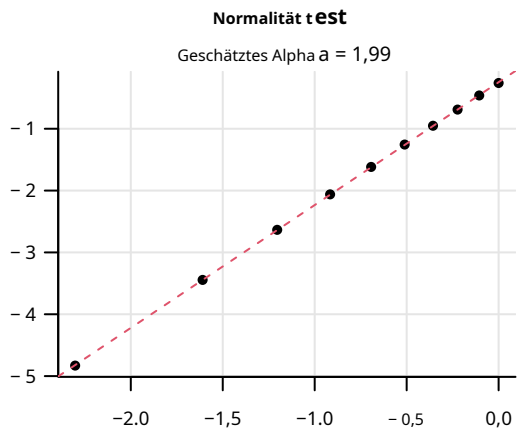
Alexandria


Jahrestemperatur
22
21
20
19
1900
1950
2000
Jahr

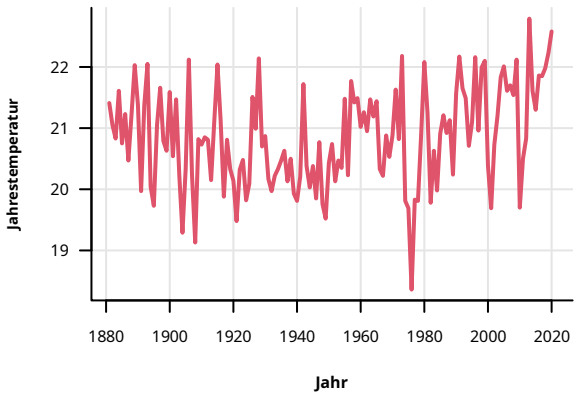

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,6
0,48
0,41
0,34
0,29
0,29
0,3
0,33
0,33
0,38
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,82
2
4
6
8
10
Verzögerung

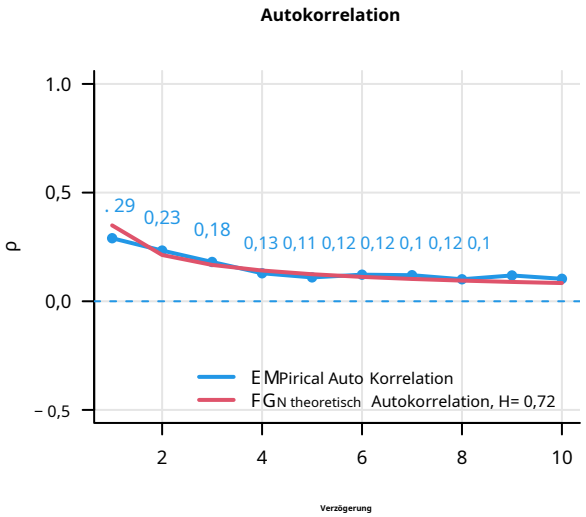

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
− 1
−2
−3
1900
1950
2000

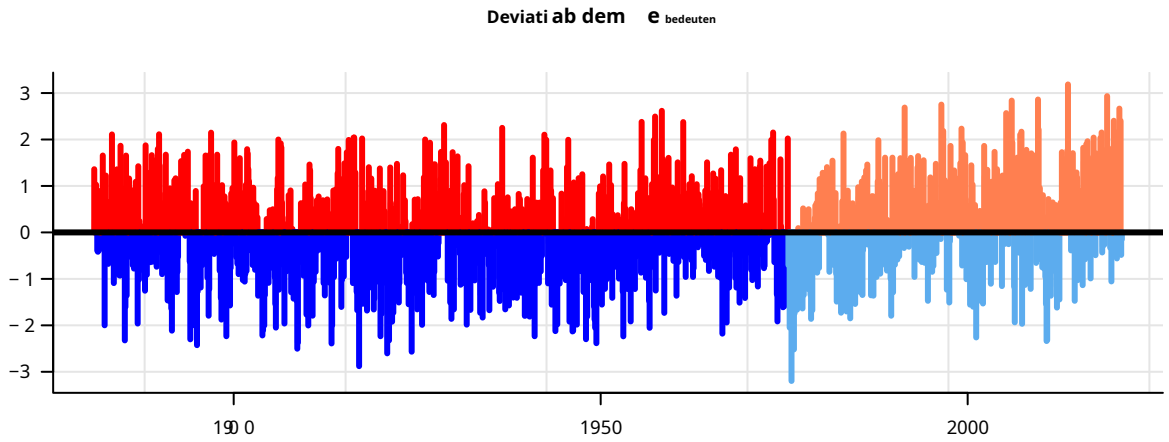

SElf Ähnlichkeit prüfen
E stimulation Ted H durch Regression = 0,82
− 0,5
− 1,0
− 1,5
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

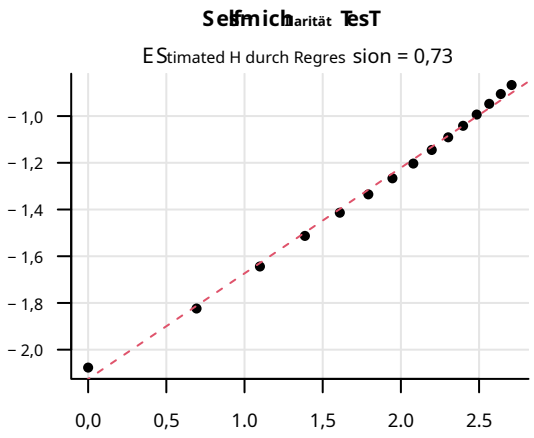

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,99
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

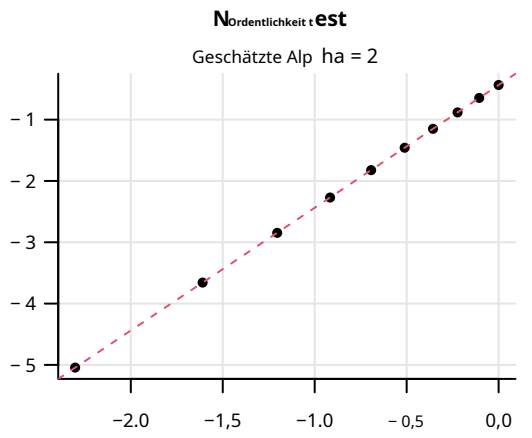
Alice Springs



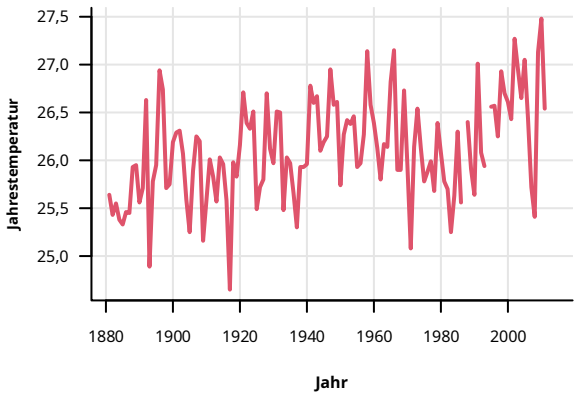


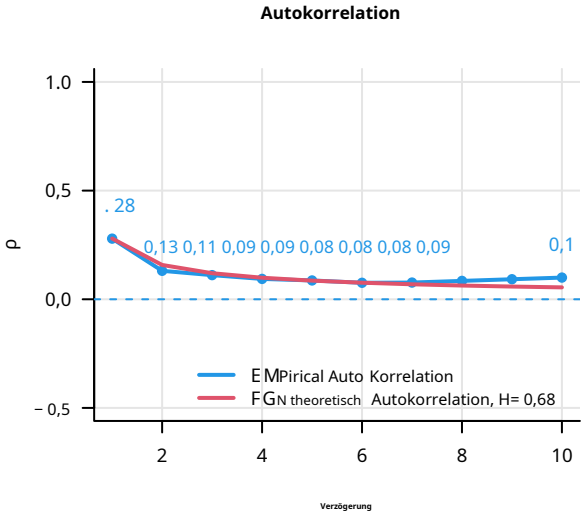


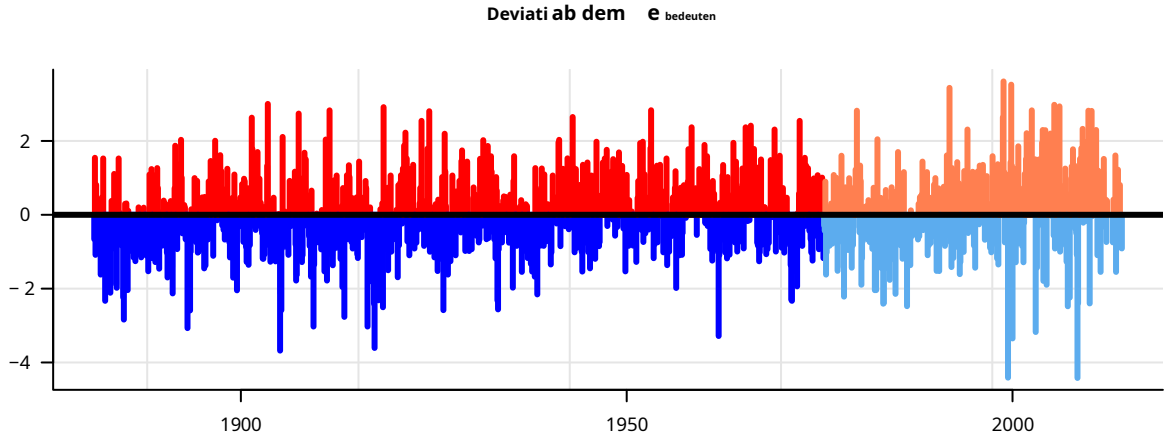


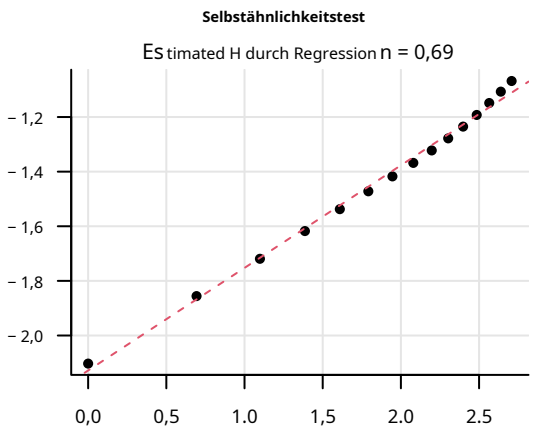


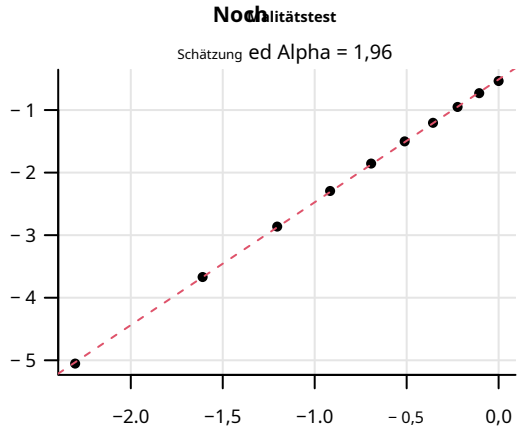
Allahabad


Jahrestemperatur
27,5
27,0
26,5
26,0
25,5
25,0
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Jahr

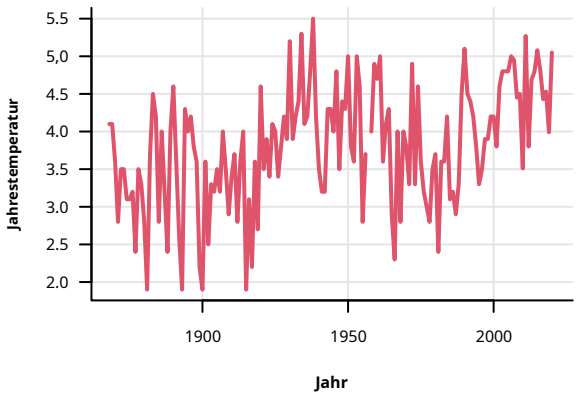

Autokorrelation
ρ
1.0
0,5
0,0
− 0,5
. 28
0,13 0,11 0,09 0,09 0,08 0,08 0,08 0,09
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

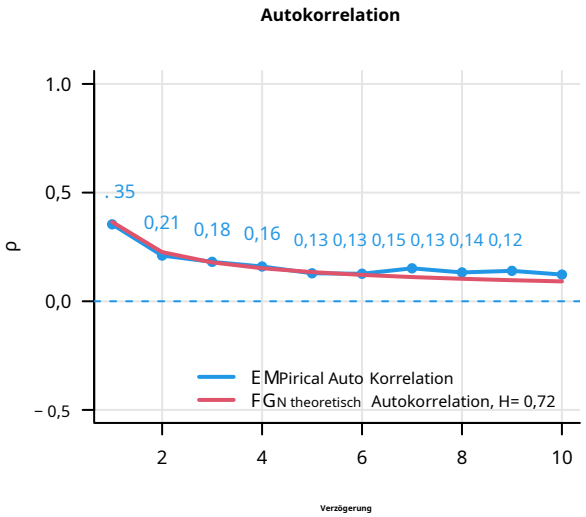

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

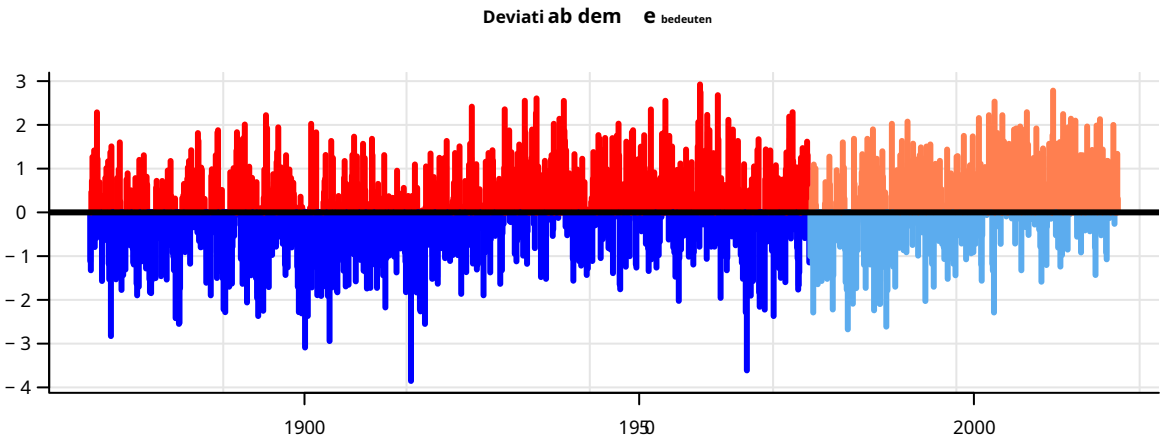

Selbstähnlichkeitstest
Es timated H durch Regression n = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

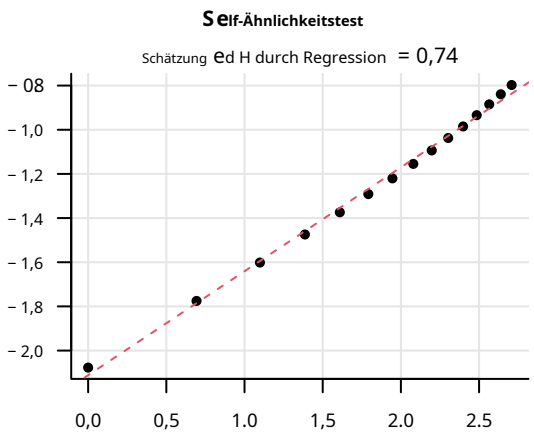

Noch litätstest
Schätzung ed Alpha = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

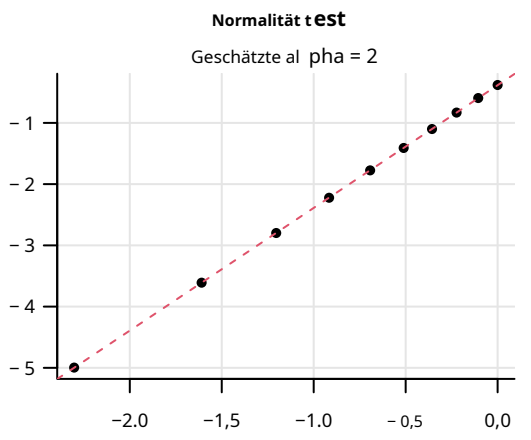
Andoya


Jahrestemperatur
5.5
5,0
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1900
1950
2000
Jahr

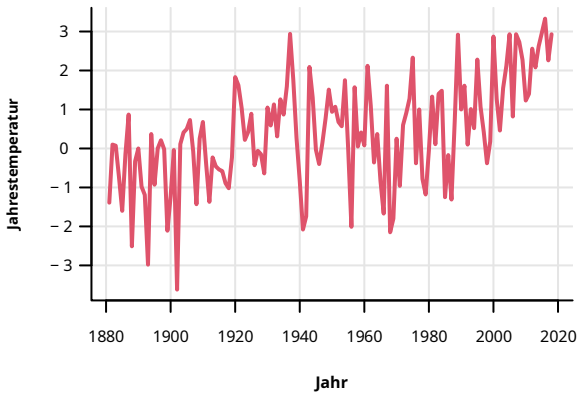

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 35
0,21
0,18
0,16
0,13 0,13 0,15 0,13 0,14 0,12
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,72
2
4
6
8
10
Verzögerung

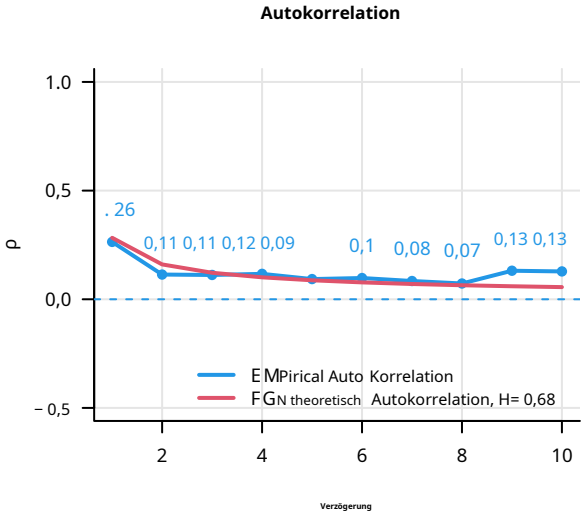

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
– 1
– 2
– 3
– 4
1900
1950
2000

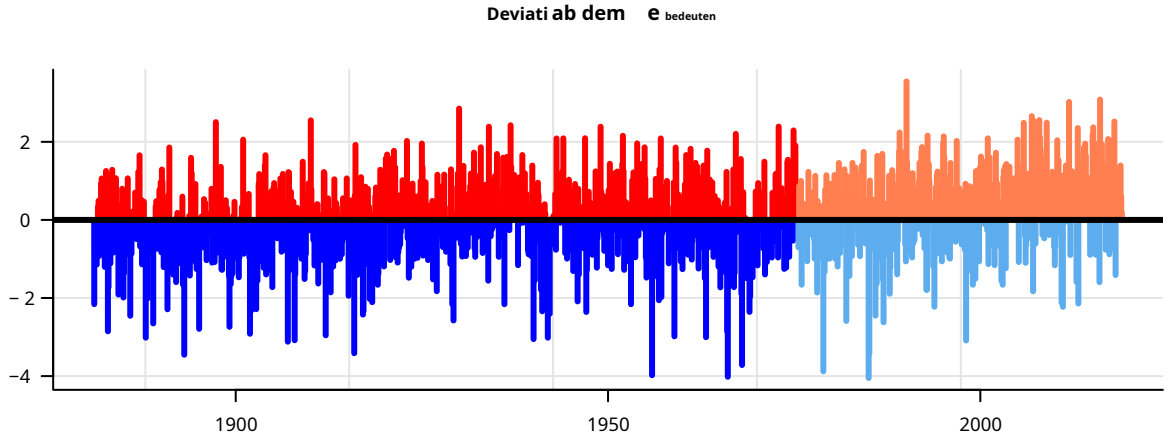

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzung ed H durch Regression = 0,74
– 08
– 1,0
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

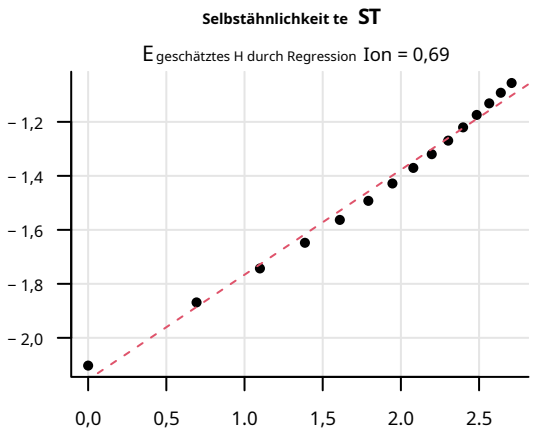

Normalität test
Geschätzte al pha = 2
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

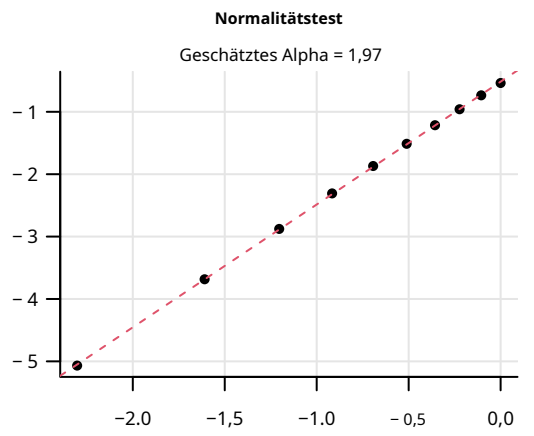
Archangelsk



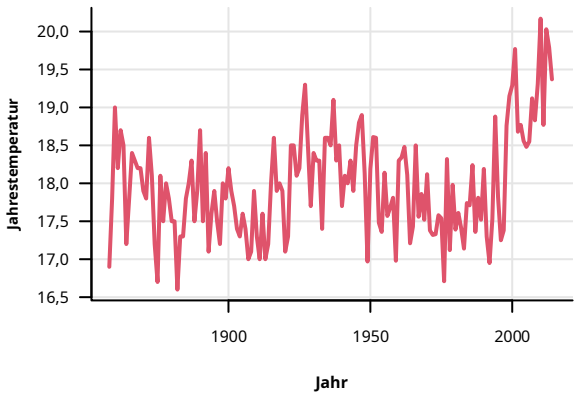


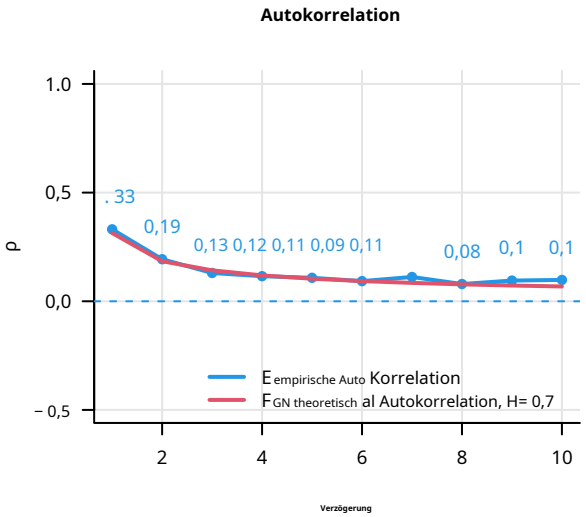


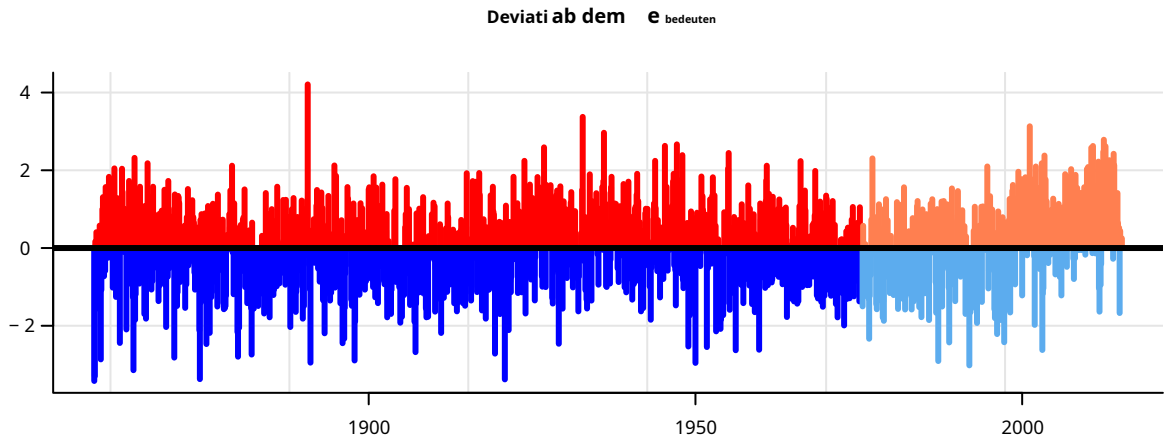


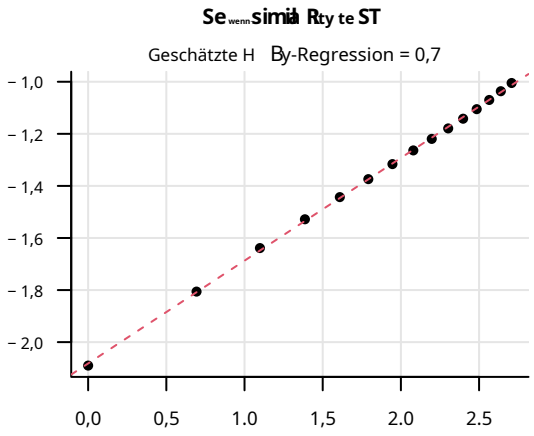


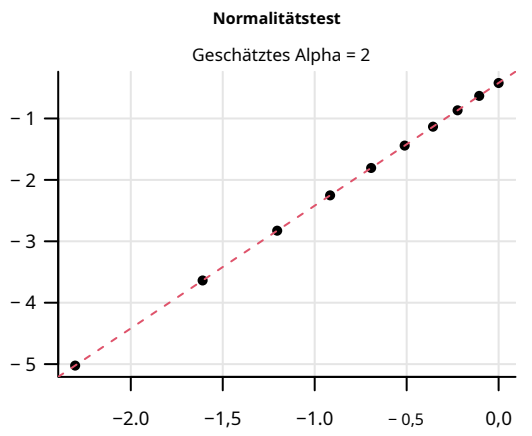
Athen


Jahrestemperatur
20,0
19,5
19,0
18,5
18,0
17,5
17,0
16,5
1900
1950
2000
Jahr

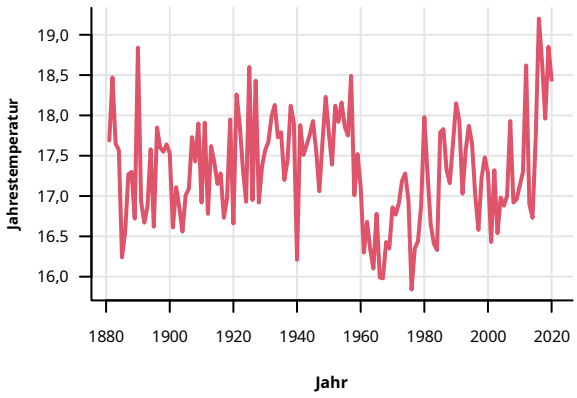

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 33
0,19
0,13 0,12 0,11 0,09 0,11
0,08
0,1
0,1
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

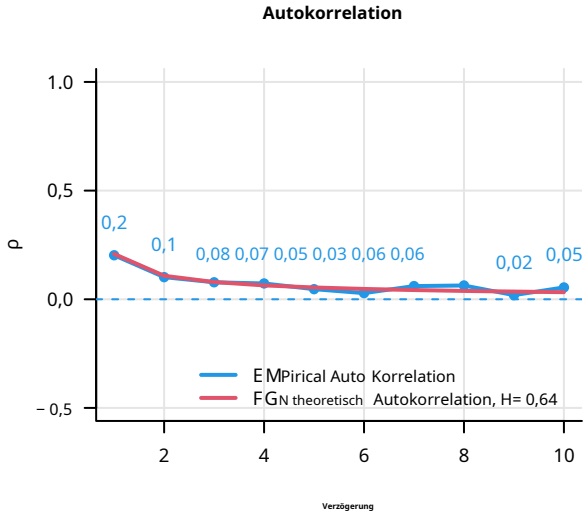

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
1900
1950
2000

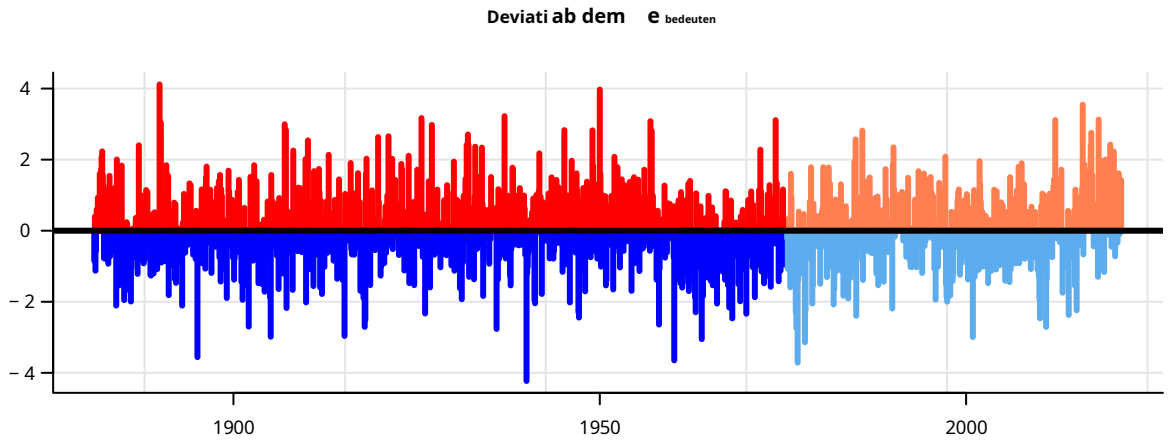

Se wenn simila Rty te ST
Geschätzte H By-Regression = 0,7
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

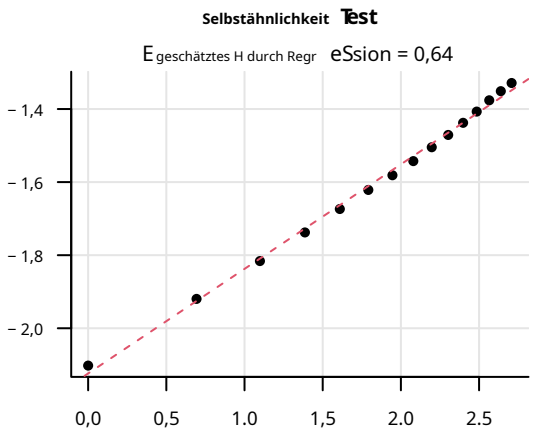

Normalitätstest
Geschätztes Alpha = 2
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

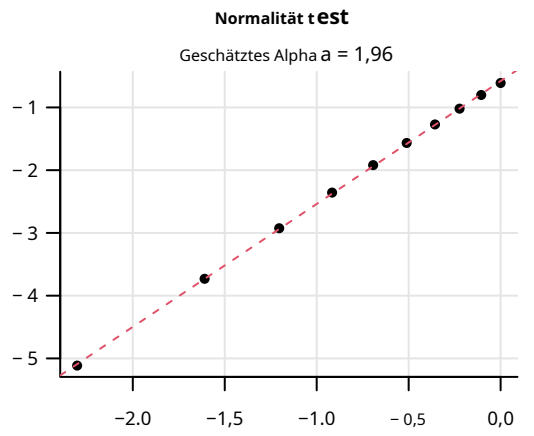
Atlanta


Jahrestemperatur
19,0
18,5
18,0
17,5
17,0
16.5
16,0
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

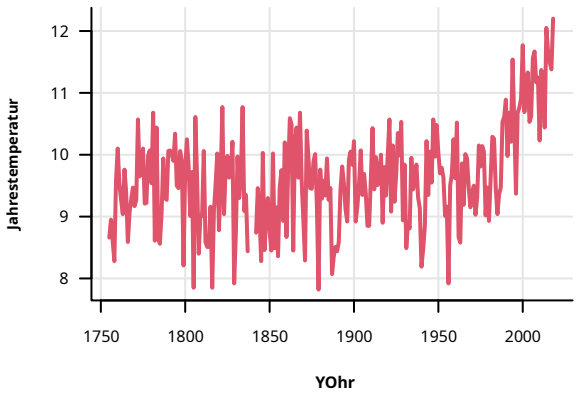

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
0,2
0,1
0,08 0,07 0,05 0,03 0,06 0,06
0,02
0,05
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,64
2
4
6
8
10
Verzögerung

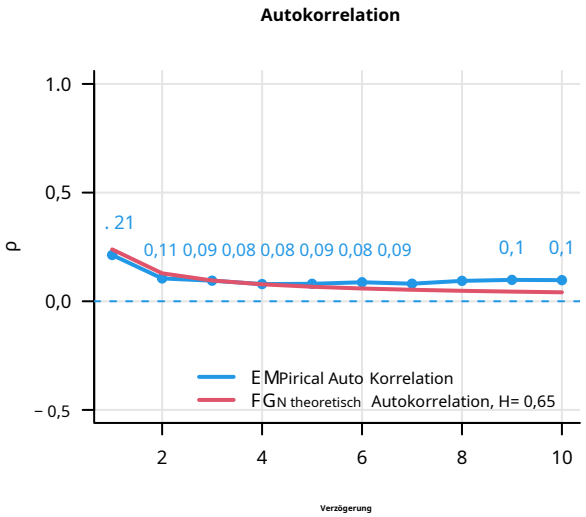

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
– 4
1900
1950
2000

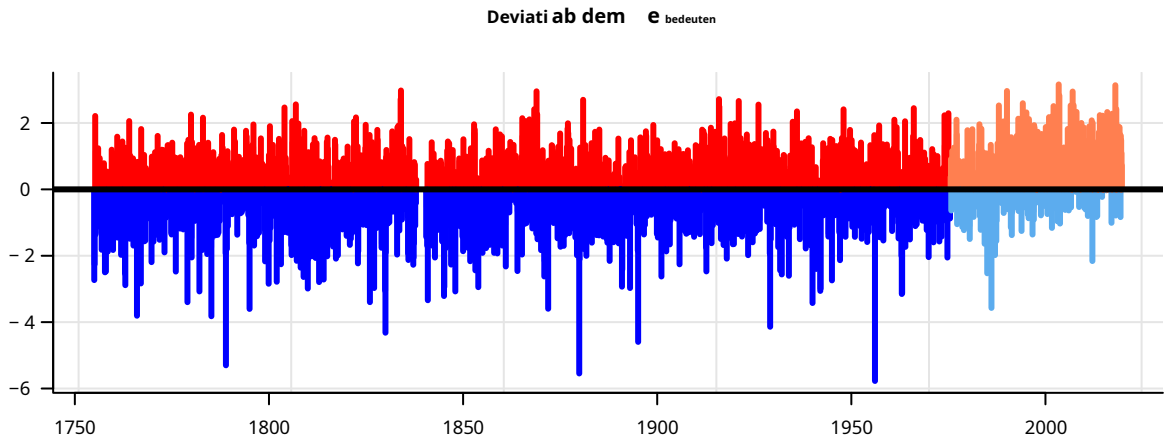

Selbstähnlichkeit Test
E geschätztes H durch Regr eSsion = 0,64
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

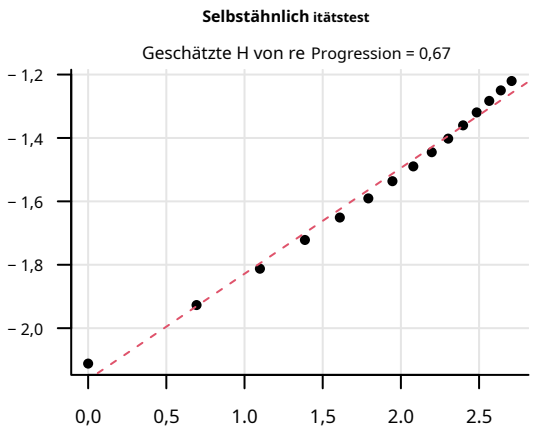

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,96
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

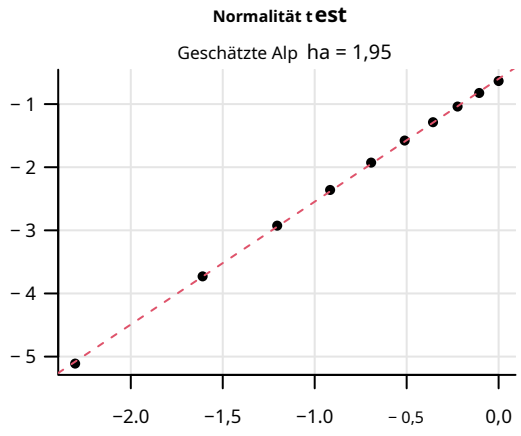
Basel


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
1750
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

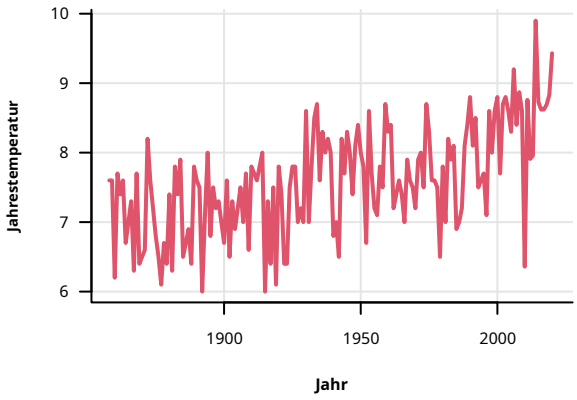

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 21
0,11 0,09 0,08 0,08 0,09 0,08 0,09
0,1
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,65
2
4
6
8
10
Verzögerung

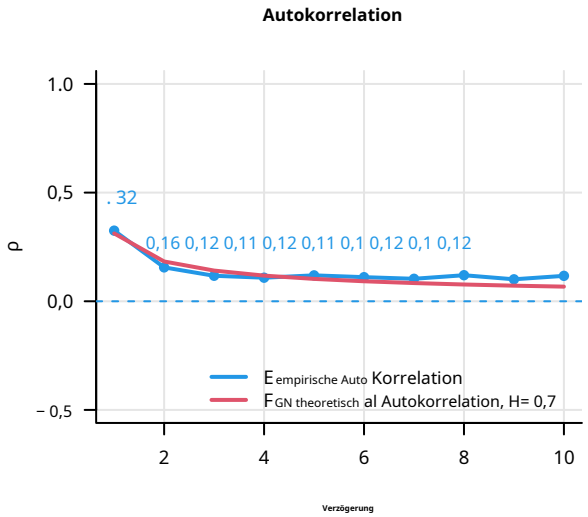

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
−6
1750
1800
1850
1900
1950
2000

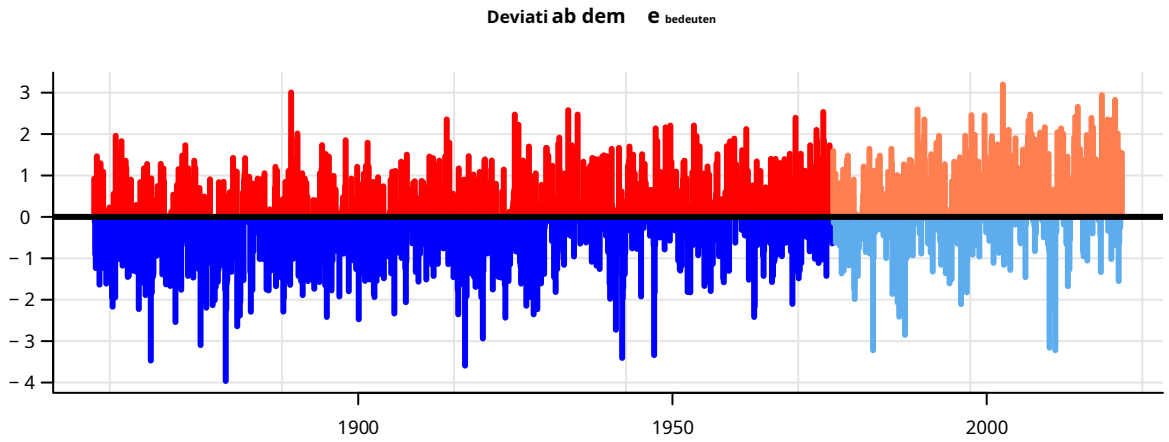

Selbstähnlich itätstest
Geschätzte H von re Progression = 0,67
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

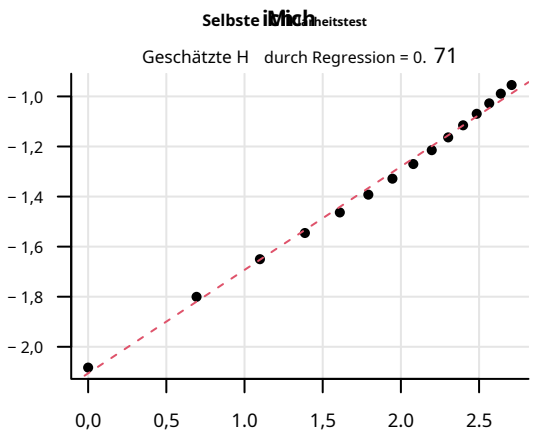

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

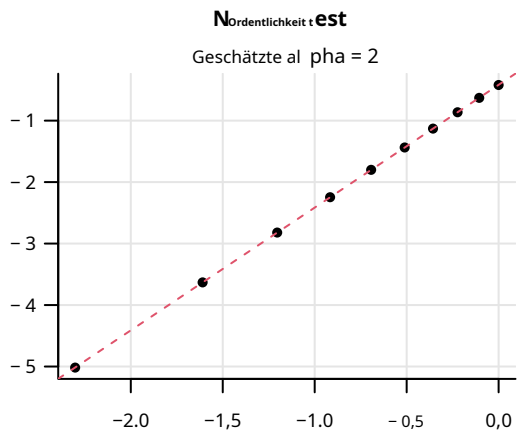
Bergen


Jahrestemperatur
10
9
8
7
6
1900
1950
2000
Jahr

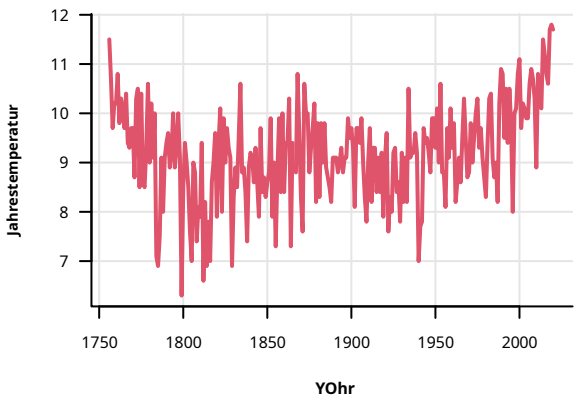

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 32
0,16 0,12 0,11 0,12 0,11 0,1 0,12 0,1 0,12
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

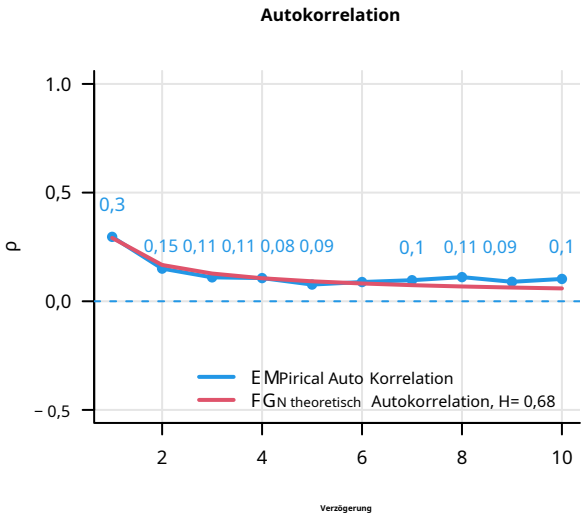

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
− 1
− 2
− 3
− 4
1900
1950
2000

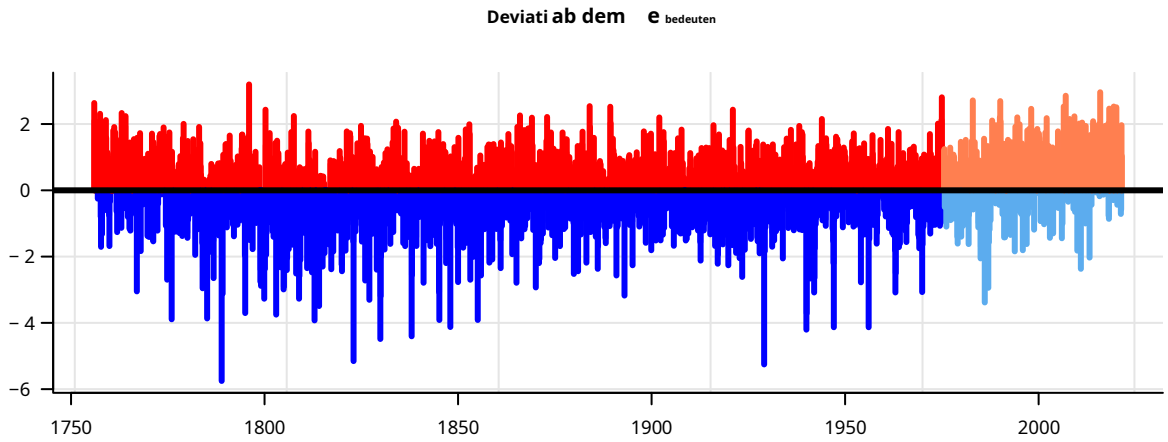

Selbste ähnlichkeitstest
Geschätzte H durch Regression = 0. 71
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

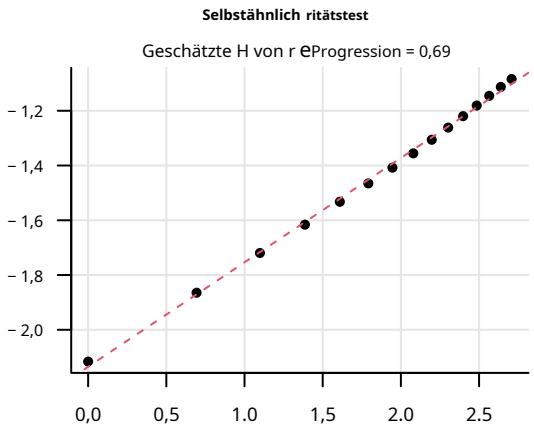

Nordentlichkeit test
Geschätzte al pha = 2
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

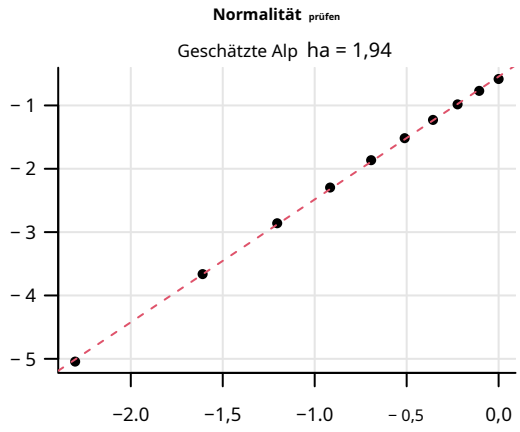
Berlin


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
7
1750
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

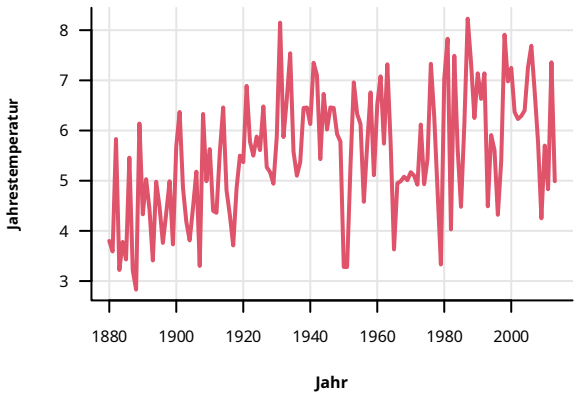

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,3
0,15 0,11 0,11 0,08 0,09
0,1
0,11 0,09
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

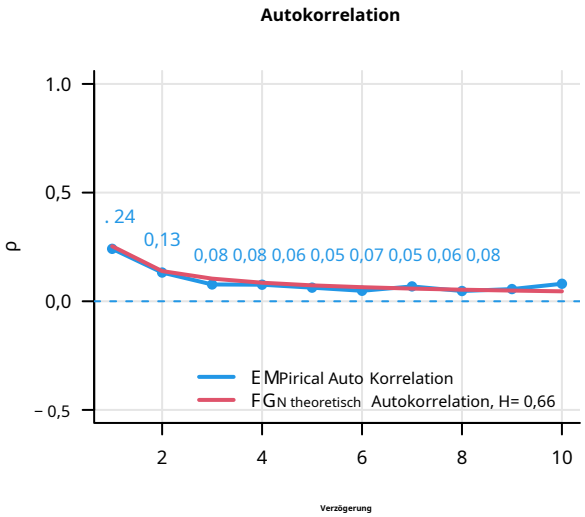

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
−6
1750
1800
1850
1900
1950
2000

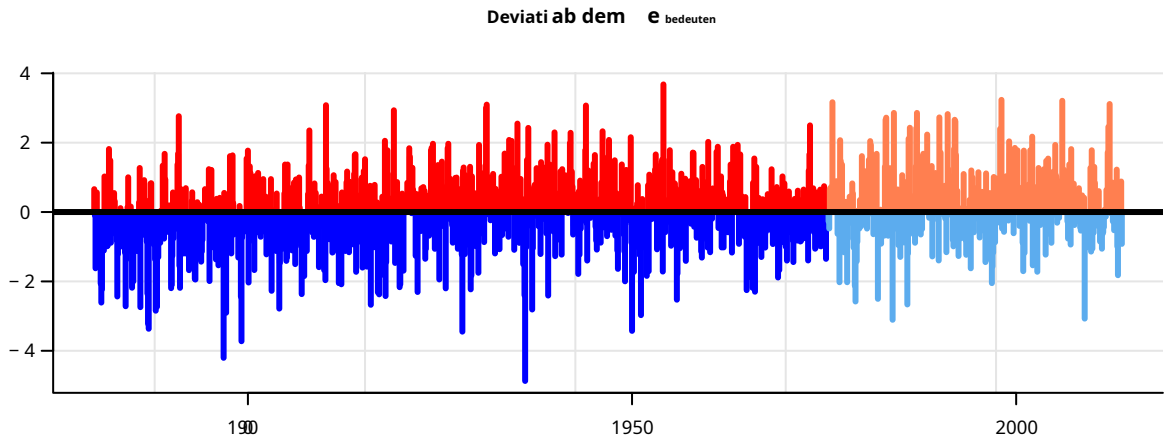

Selbstähnlich ritätstest
Geschätzte H von r eProgression = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

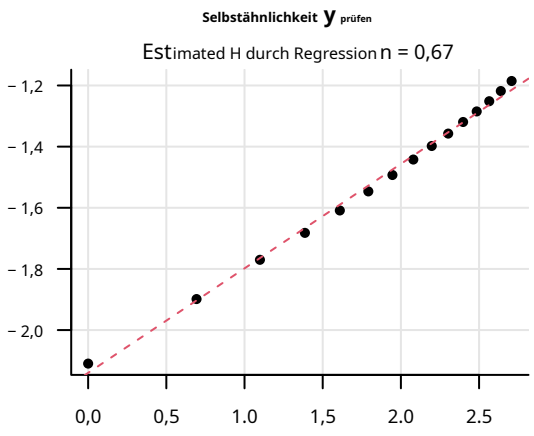

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,94
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

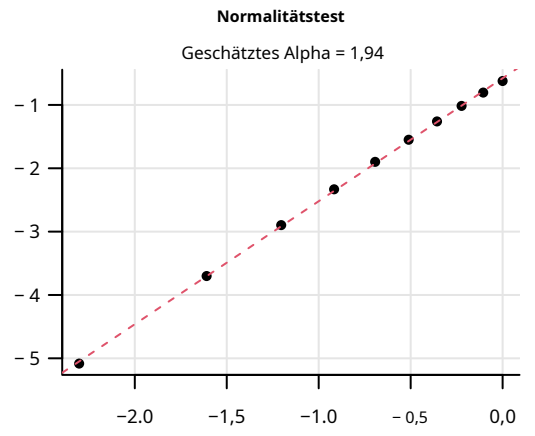
Bismarck


Jahrestemperatur
8
7
6
5
4
3
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Jahr

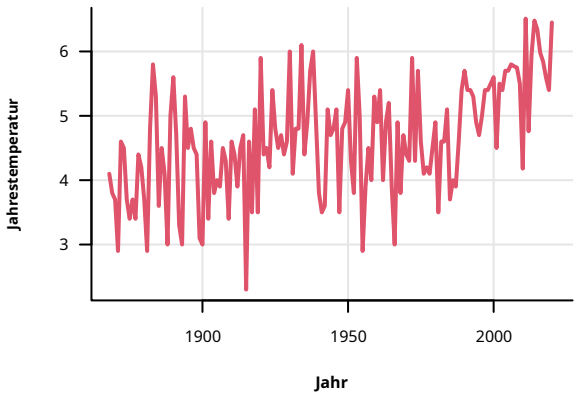

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 24
0,13
0,08 0,08 0,06 0,05 0,07 0,05 0,06 0,08
EMpirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,66
2
4
6
8
10
Verzögerung

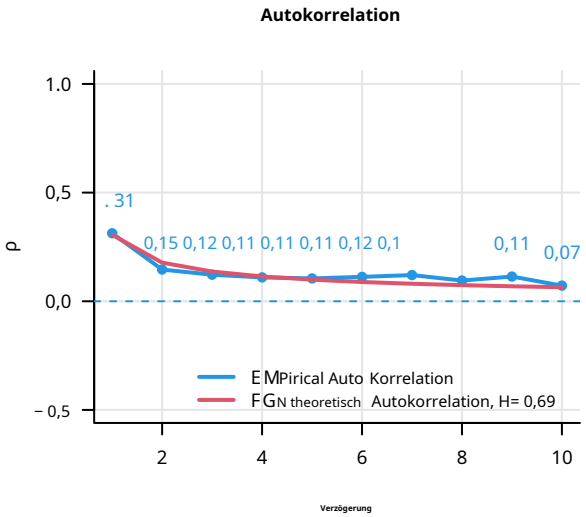

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

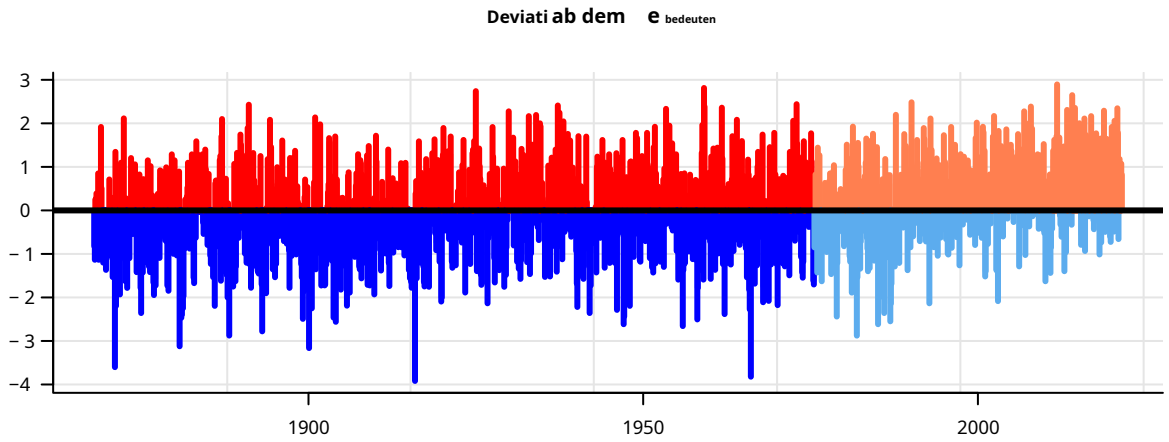

Selbstähnlichkeit y prüfen
Estimated H durch Regression n = 0,67
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

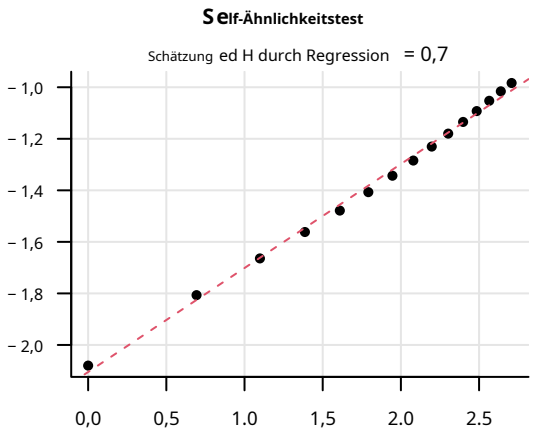

Normalitätstest
Geschätztes Alpha = 1,94
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

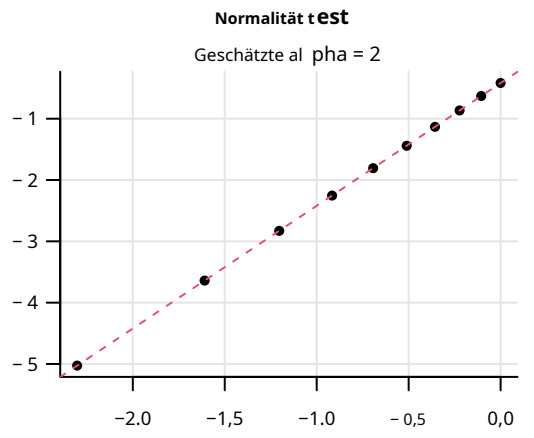
Bodo


Jahrestemperatur
6
5
4
3
1900
1950
2000
Jahr

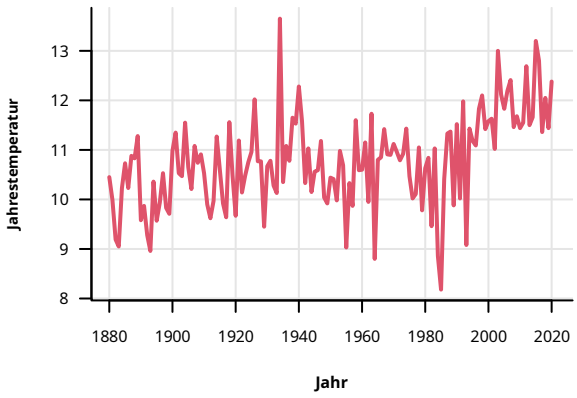

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 31
0,15 0,12 0,11 0,11 0,11 0,12 0,1
0,11
0,07
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,69
2
4
6
8
10
Verzögerung

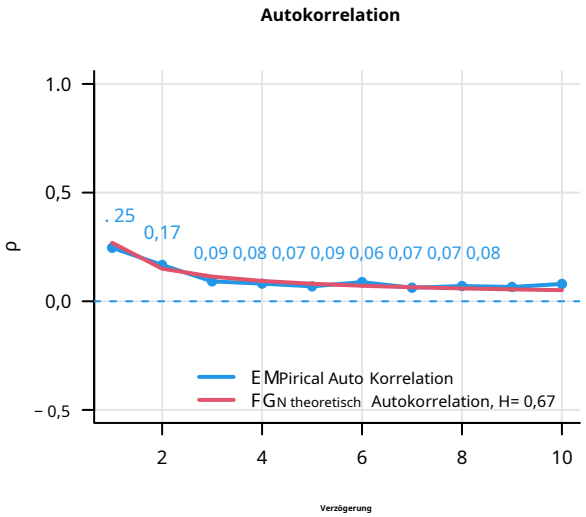

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
− 1
− 2
− 3
−4
1900
1950
2000

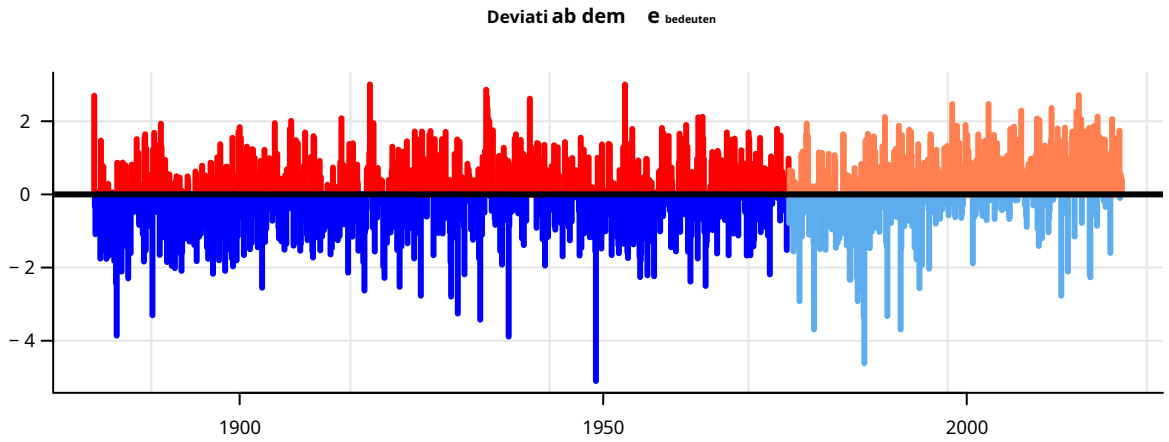

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzung ed H durch Regression = 0,7
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

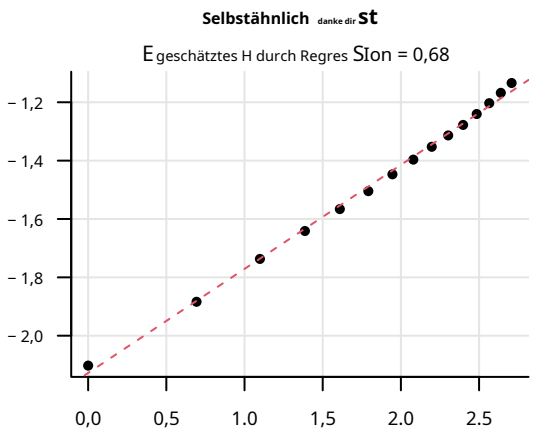

Normalität test
Geschätzte al pha = 2
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

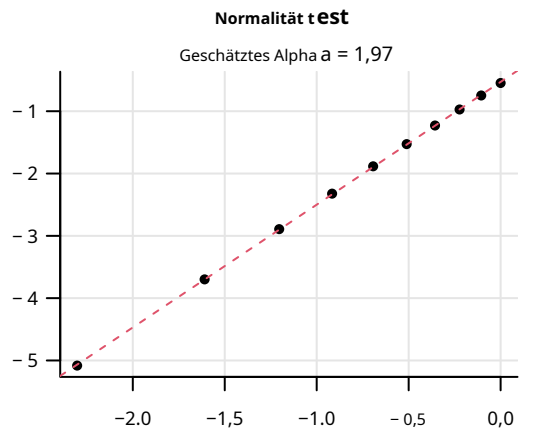
Boise


Jahrestemperatur
13
12
11
10
9
8
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

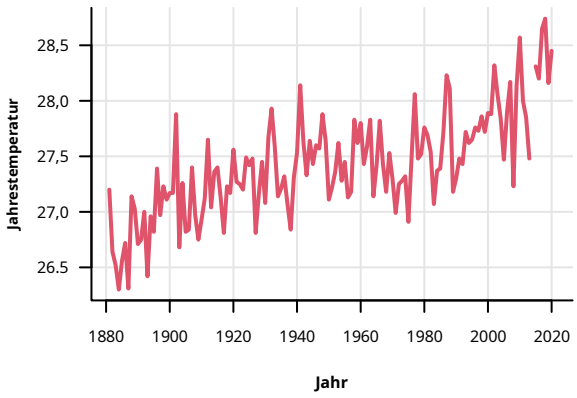

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 25
0,17
0,09 0,08 0,07 0,09 0,06 0,07 0,07 0,08
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

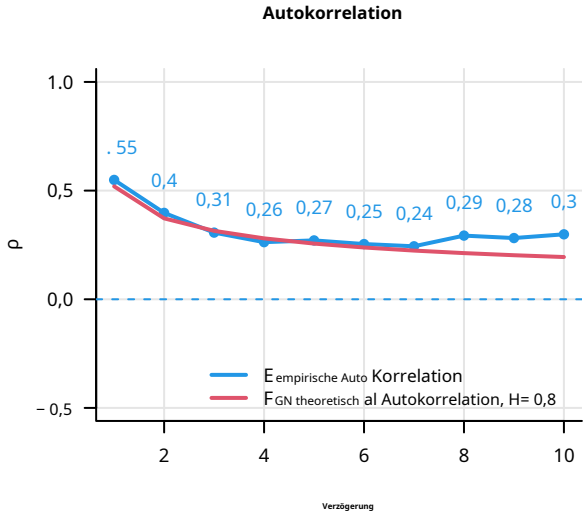

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

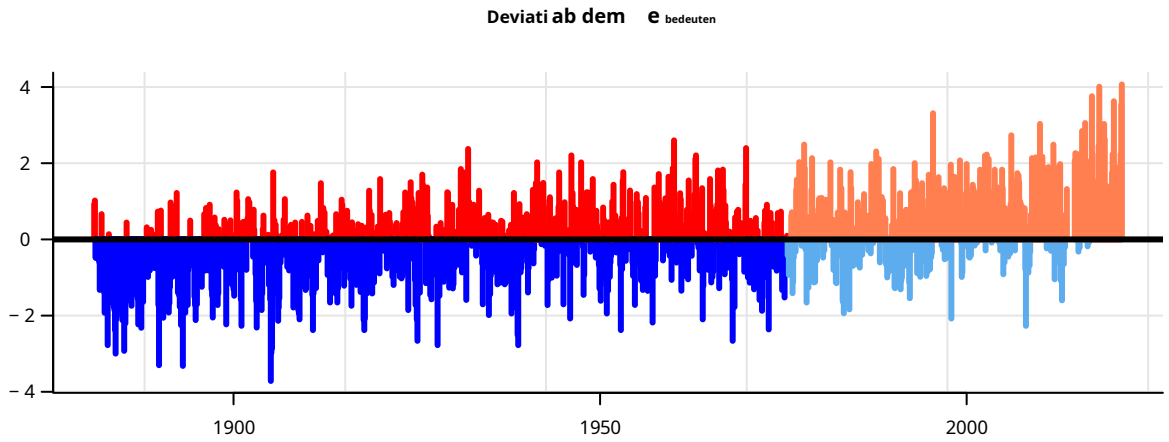

Selbstähnlich danke dir st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,68
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

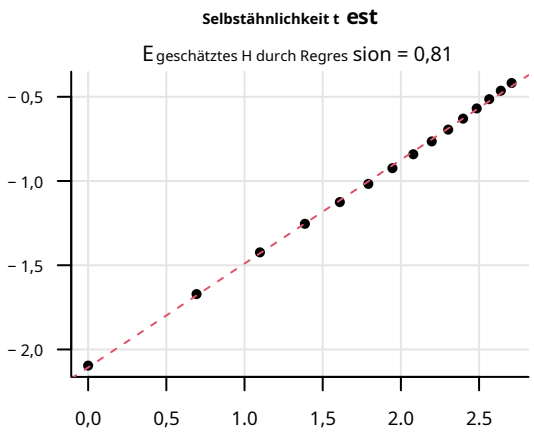

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

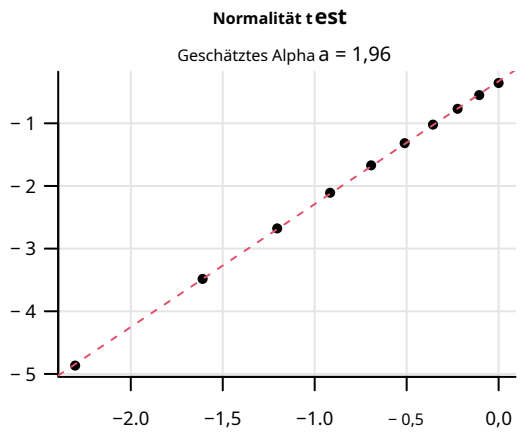
Bombay


Jahrestemperatur
28,5
28,0
27,5
27,0
26.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

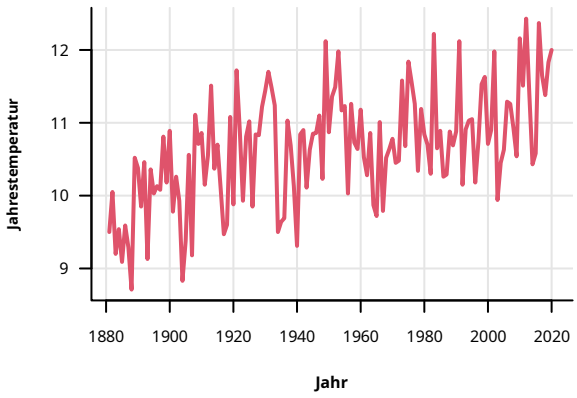

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 55
0,4
0,31
0,26
0,27
0,25
0,24
0,29
0,28
0,3
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,8
2
4
6
8
10
Verzögerung

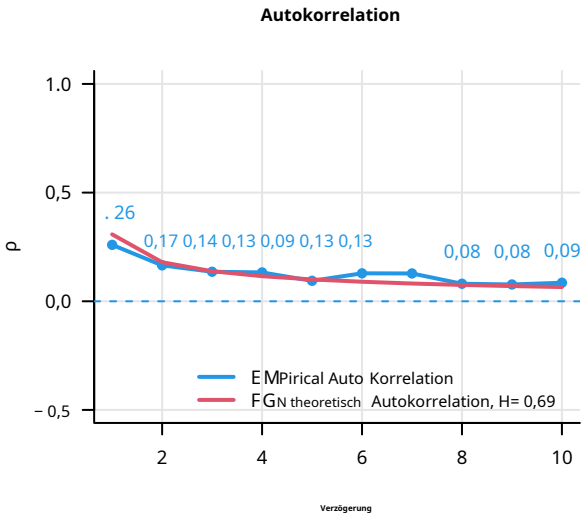

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
– 4
1900
1950
2000

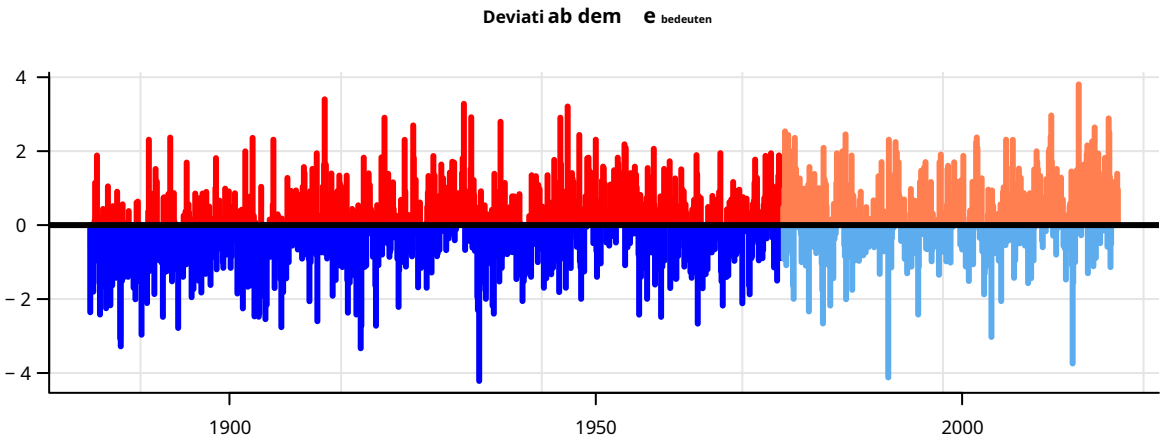

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,81
– 0,5
– 1,0
– 1,5
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

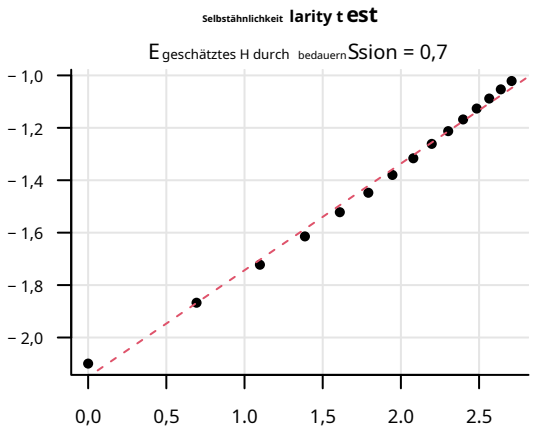

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,96
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

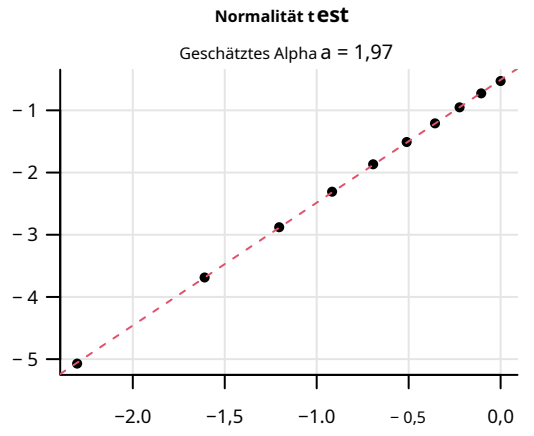
Boston


Jahrestemperatur
12
11
10
9
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

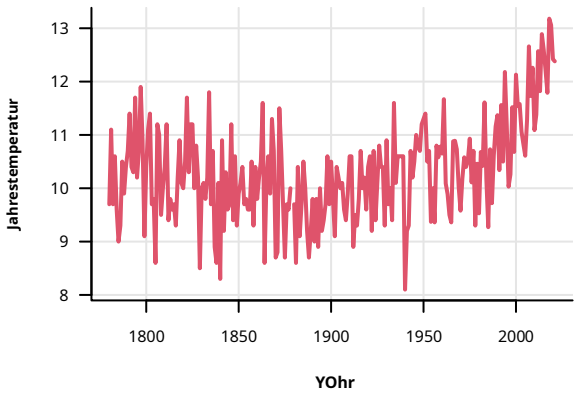

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 26
0,17 0,14 0,13 0,09 0,13 0,13
0,08 0,08 0,09
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,69
2
4
6
8
10
Verzögerung

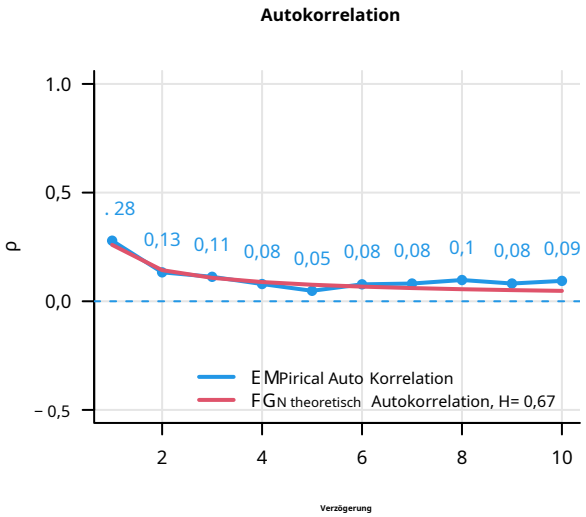

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

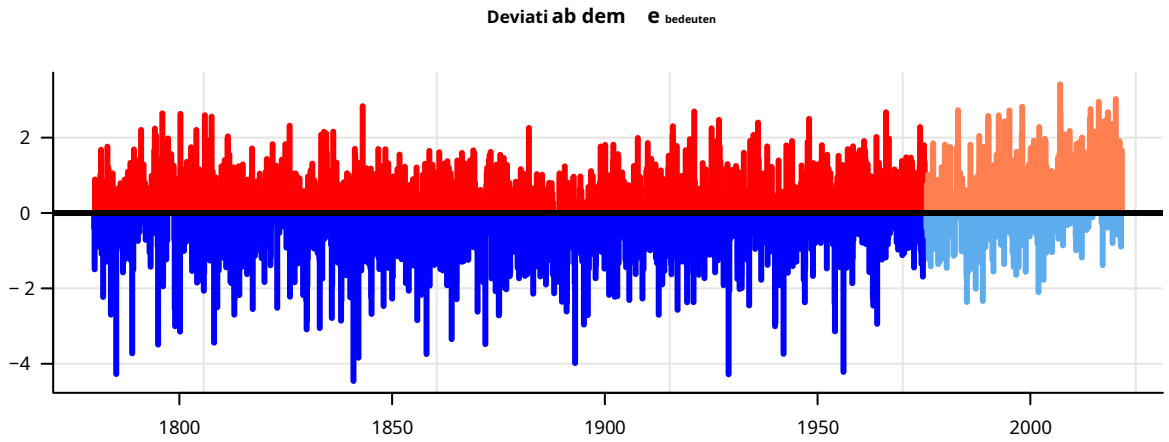

Selbstähnlichkeit larity t est
E geschätztes H durch bedauern Ssion = 0,7
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

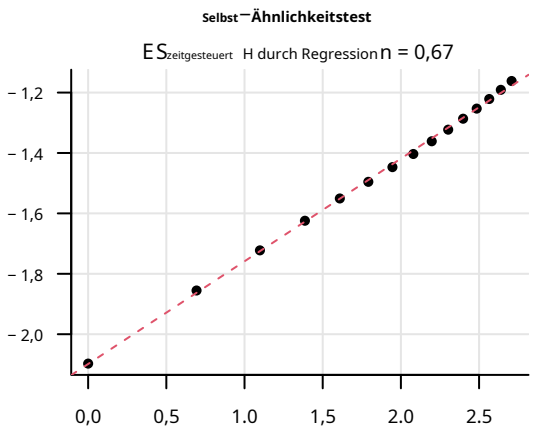

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

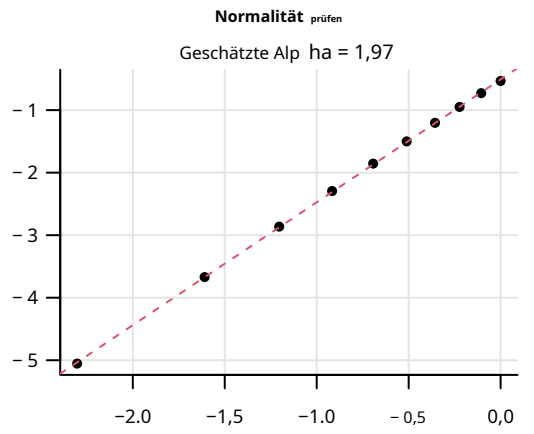
Budapest


Jahrestemperatur
13
12
11
10
9
8
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

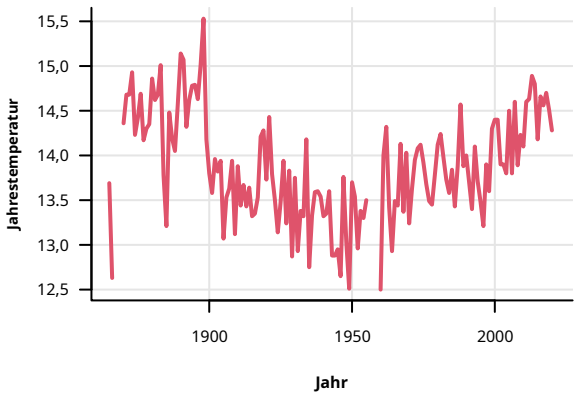

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 28
0,13
0,11
0,08
0,05
0,08
0,08
0,1
0,08
0,09
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

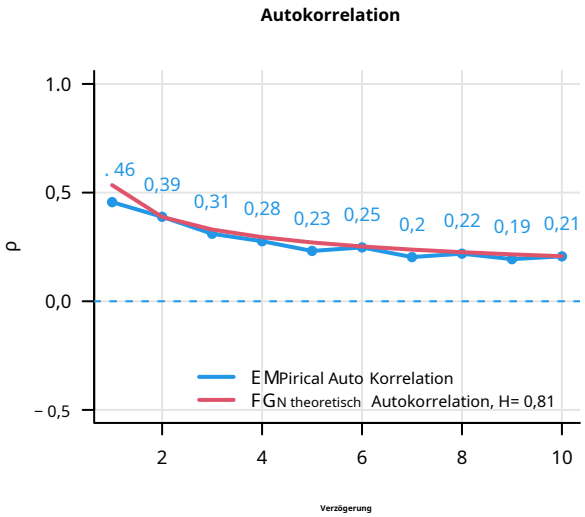

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1800
1850
1900
1950
2000

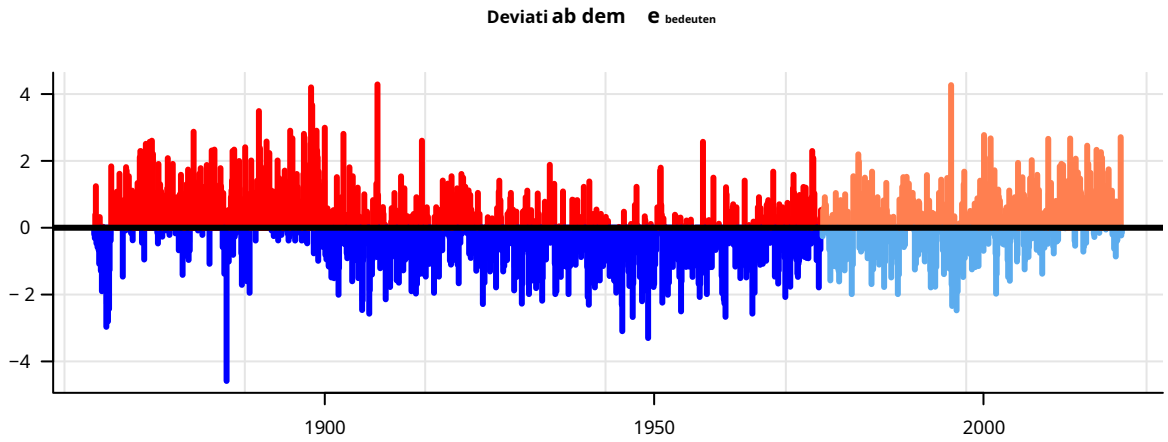

Selbst−Ähnlichkeitstest
ES zeitgesteuert H durch Regression n = 0,67
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

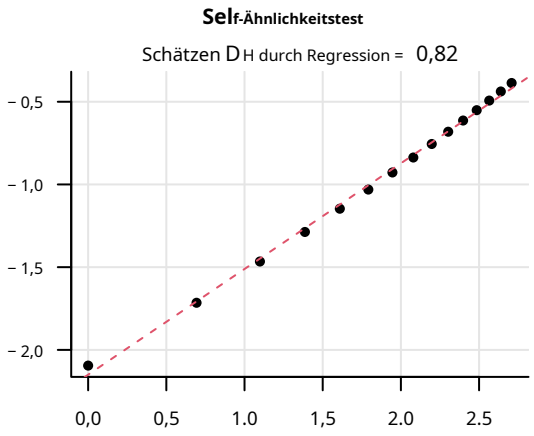

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

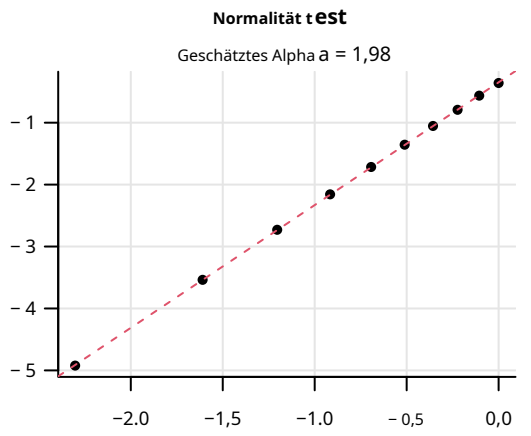
Cap Otway


Jahrestemperatur
15,5
15,0
14,5
14,0
13,5
13,0
12,5
1900
1950
2000
Jahr

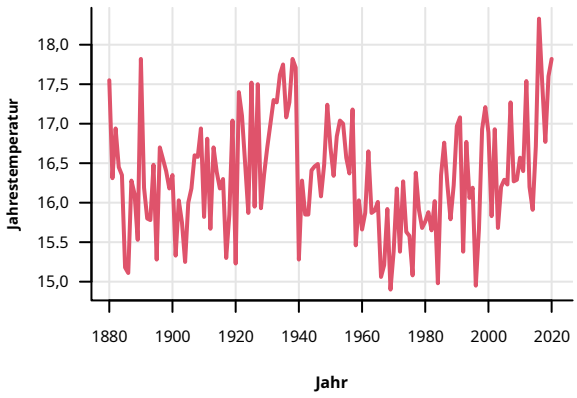

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
.46
0,39
0,31
0,28
0,23
0,25
0,2
0,22
0,19
0,21
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,81
2
4
6
8
10
Verzögerung

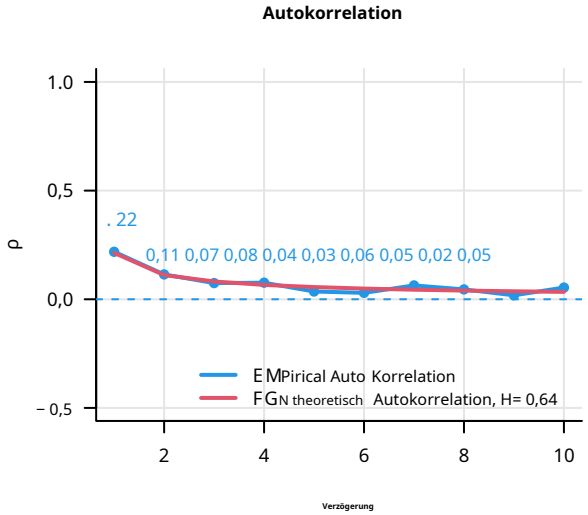

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

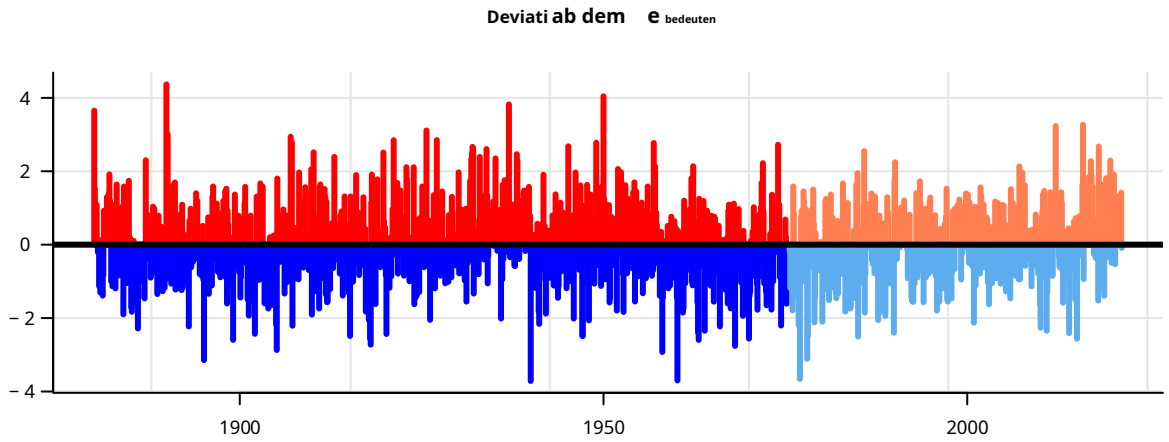

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzen D H durch Regression = 0,82
− 0,5
− 1,0
− 1,5
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

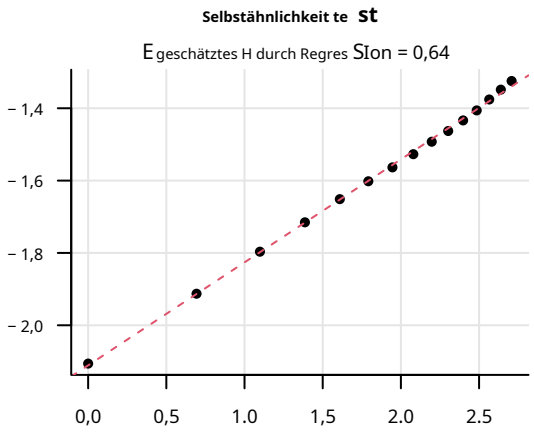

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

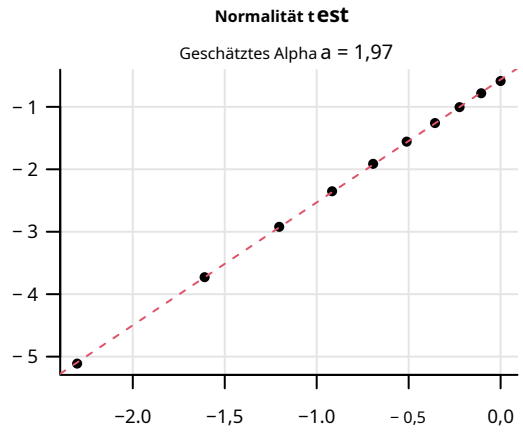
Chattanooga



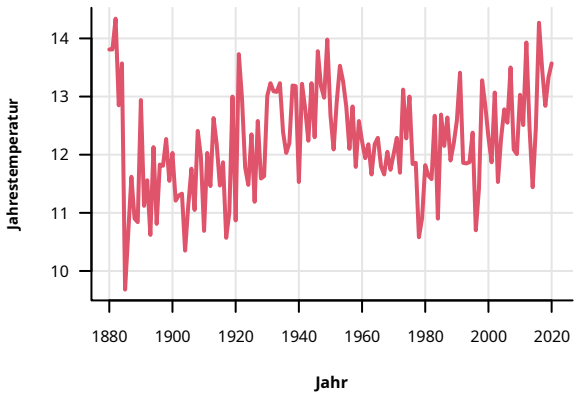


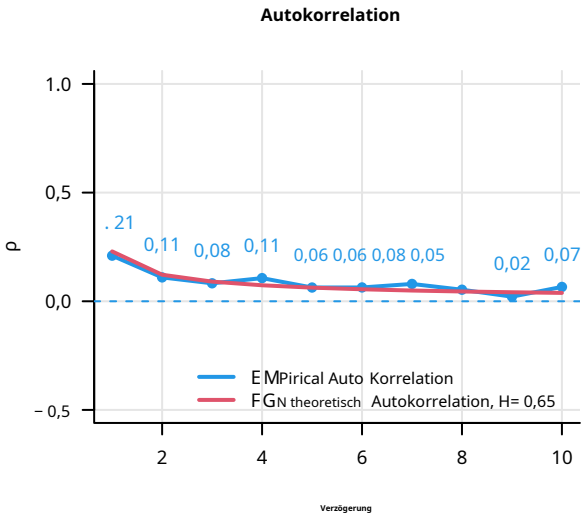


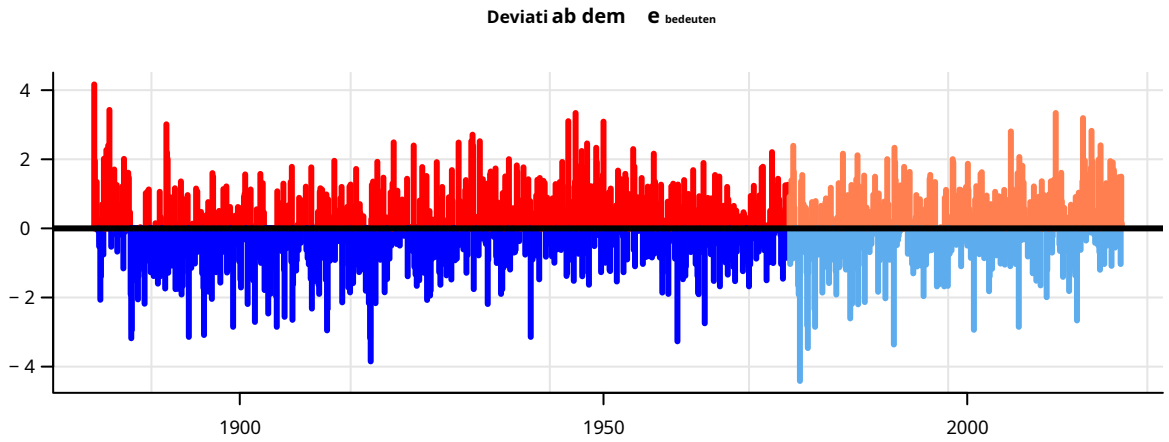


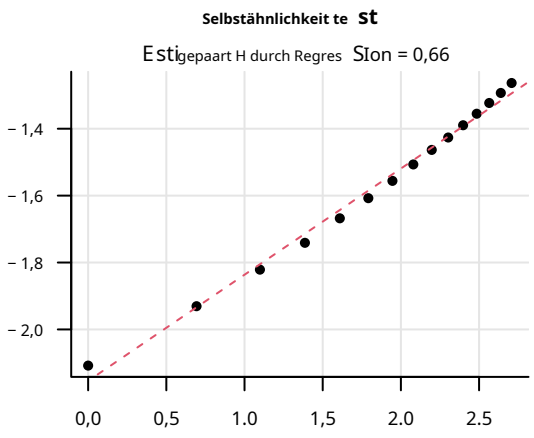


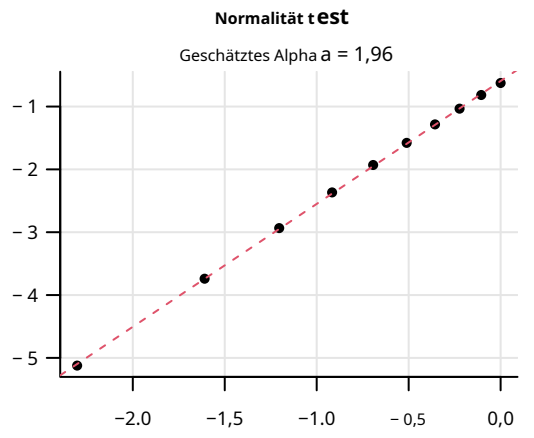
Cincinnati


Jahrestemperatur
14
13
12
11
10
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

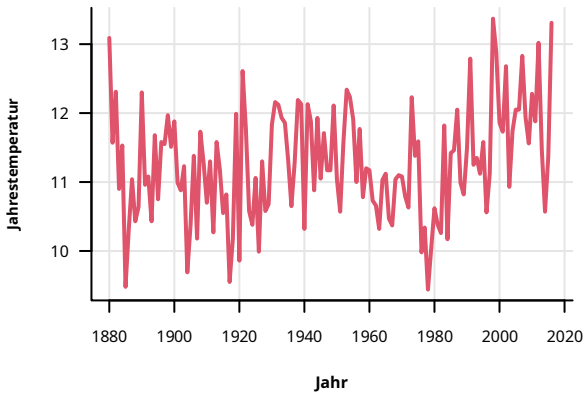

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 21
0,11
0,08
0,11
0,06 0,06 0,08 0,05
0,02
0,07
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,65
2
4
6
8
10
Verzögerung

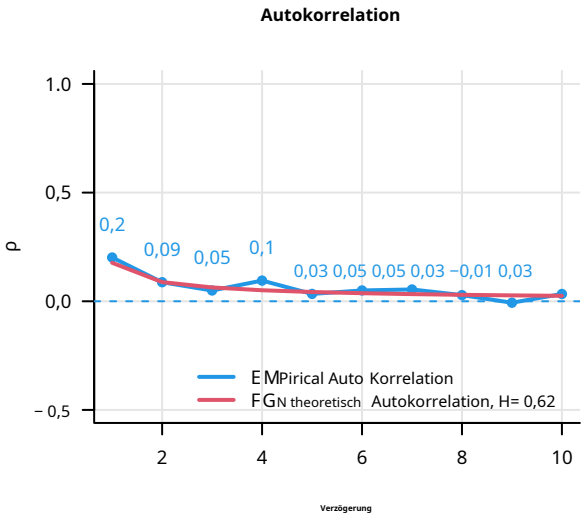

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

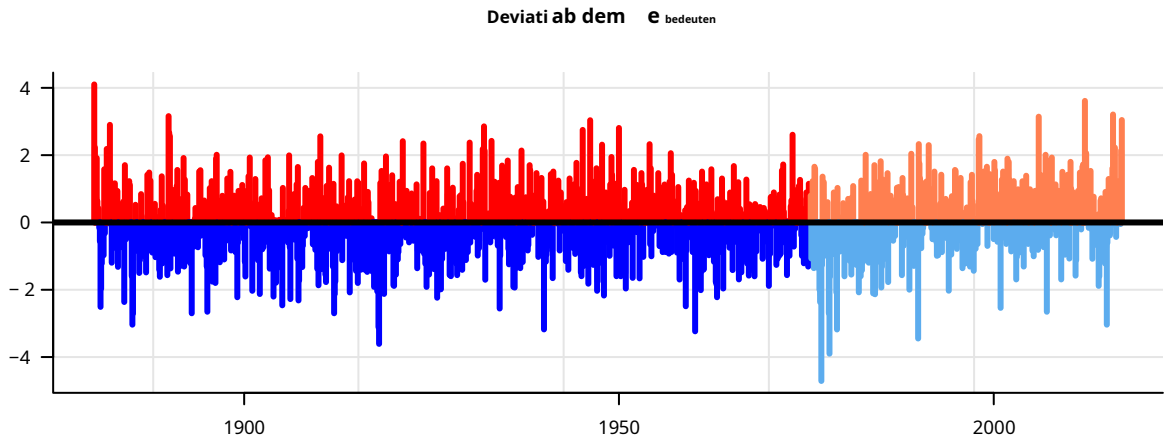

Selbstähnlichkeit te st
Esti gepaart H durch Regres SIon = 0,66
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

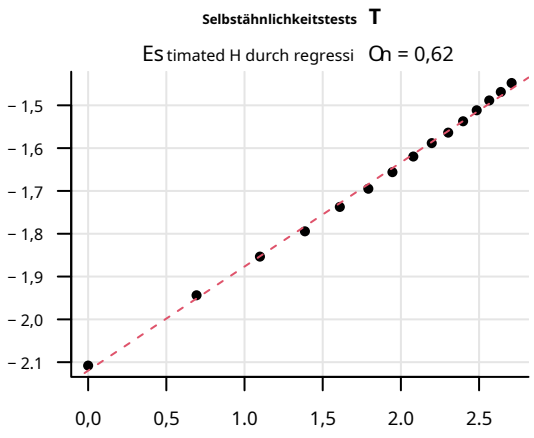

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

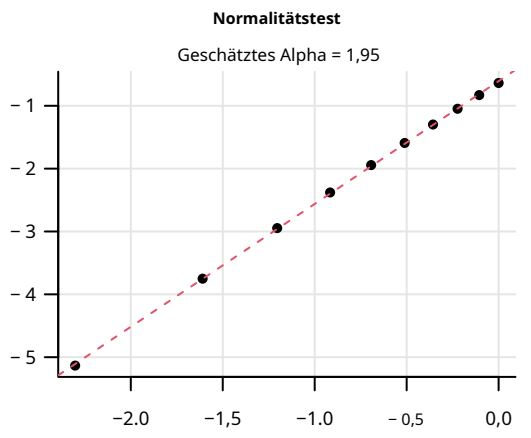
Kolumbus


Jahrestemperatur
13
12
11
10
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

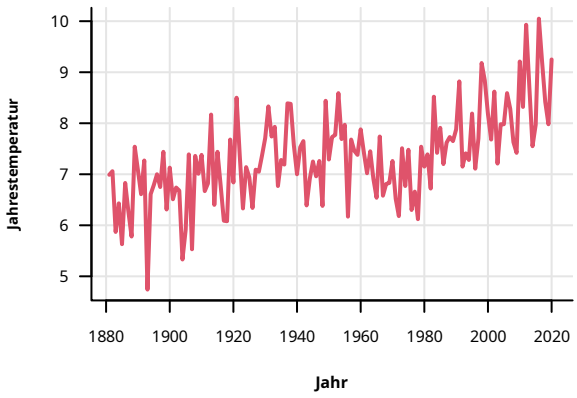

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,2
0,09
0,05
0,1
0,03 0,05 0,05 0,03 −0,01 0,03
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,62
2
4
6
8
10
Verzögerung

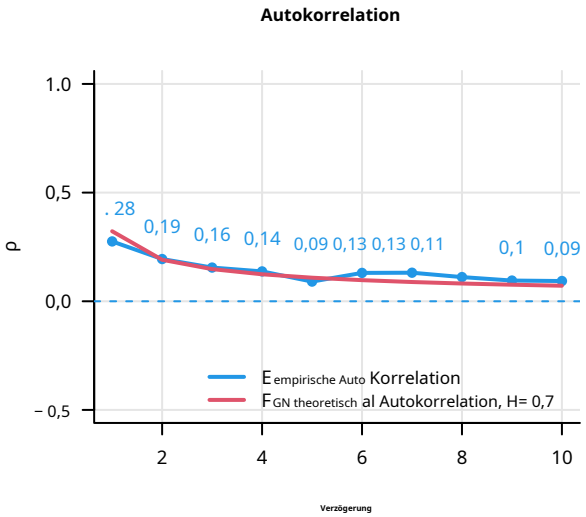

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

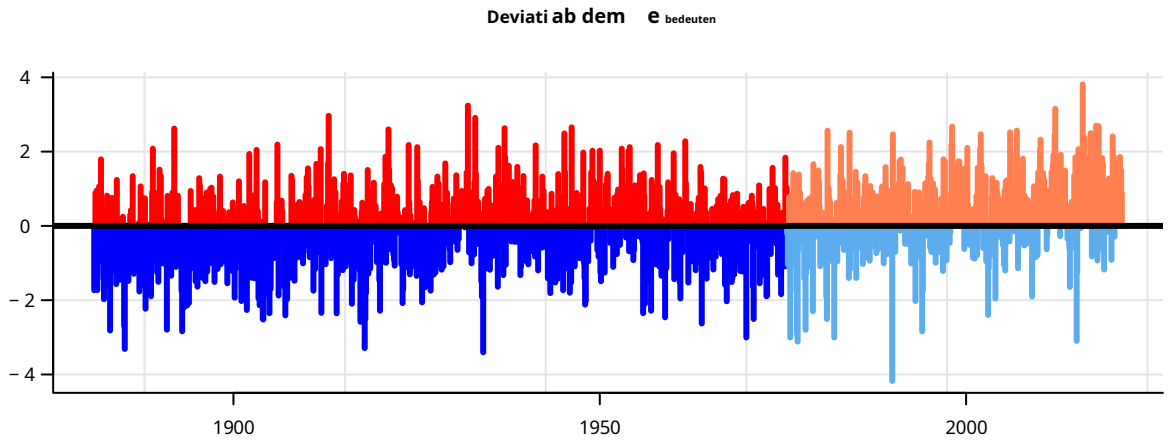

Selbstähnlichkeitstests T
Es timated H durch regressi On = 0,62
− 1,5
− 1,6
− 1,7
− 1,8
− 1,9
− 2,0
− 2.1
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

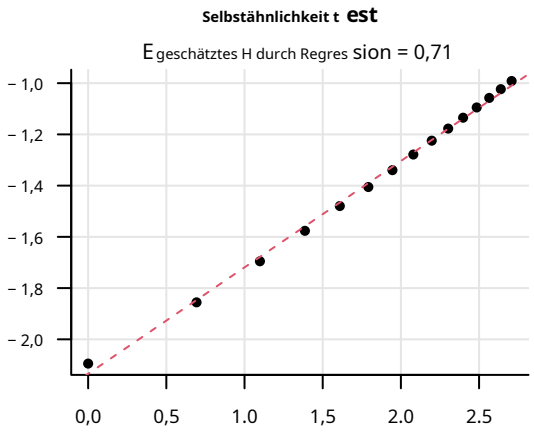

Normalitätstest
Geschätztes Alpha = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

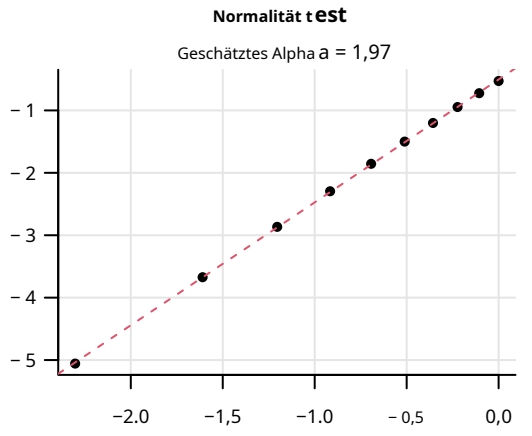
Eintracht


Jahrestemperatur
10
9
8
7
6
5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

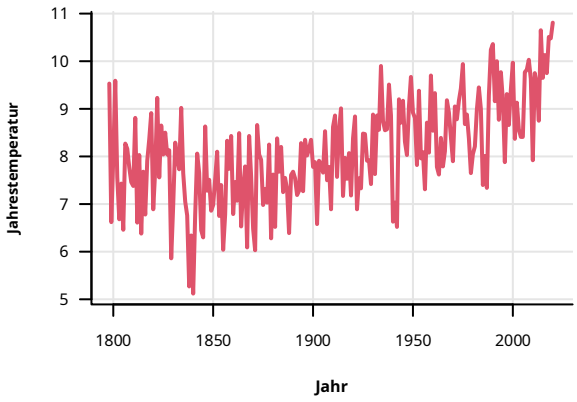

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 28
0,19
0,16
0,14
0,09
0,13
0,13
0,11
0,1
0,09
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

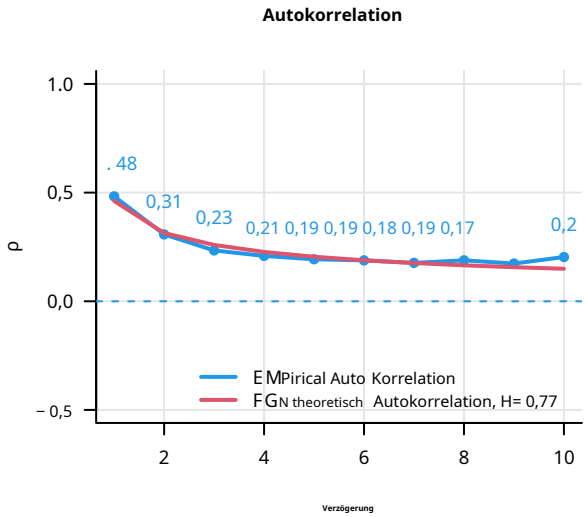

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

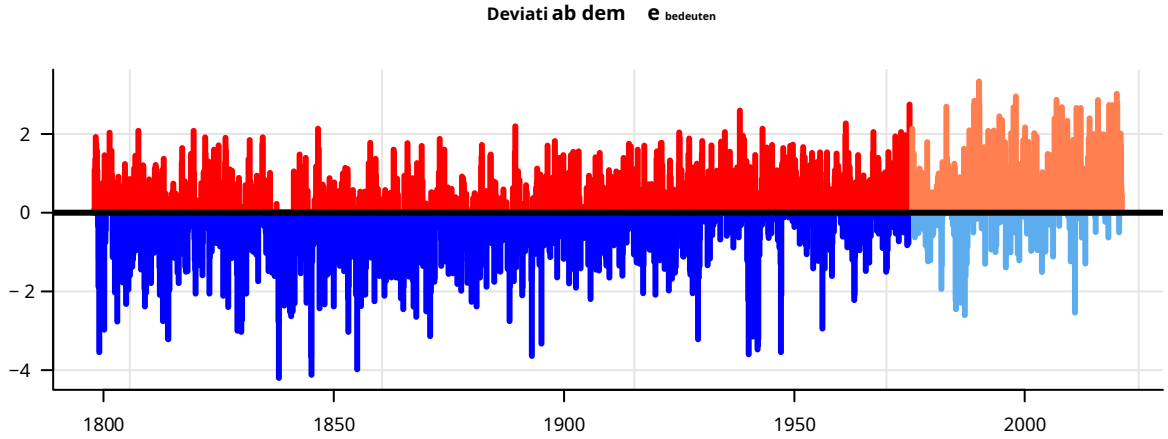

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,71
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

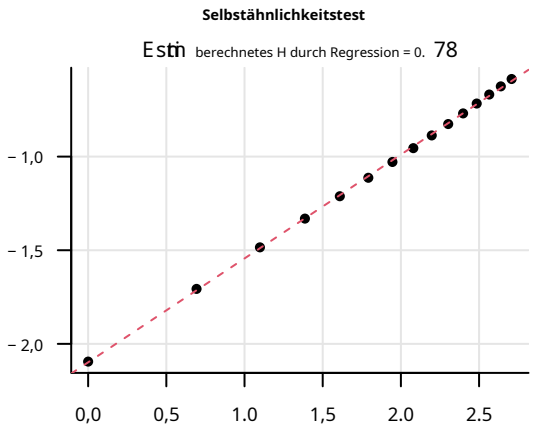

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

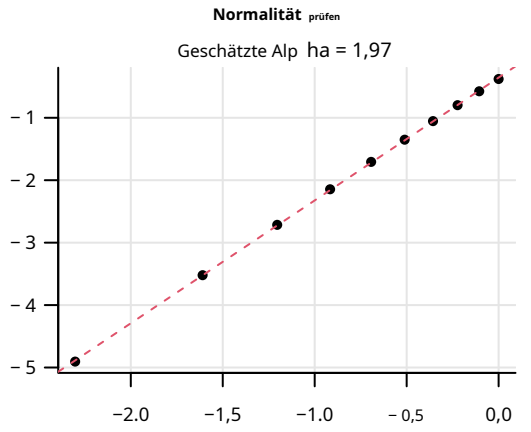
Kopenhagen


Jahrestemperatur
11
10
9
8
7
6
5
1800
1850
1900
1950
2000
Jahr

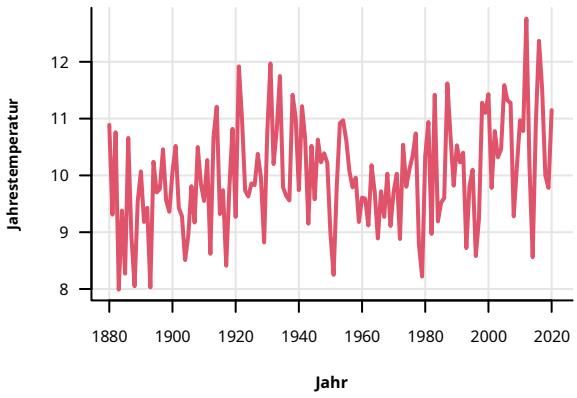

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 48
0,31
0,23
0,21 0,19 0,19 0,18 0,19 0,17
0,2
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,77
2
4
6
8
10
Verzögerung

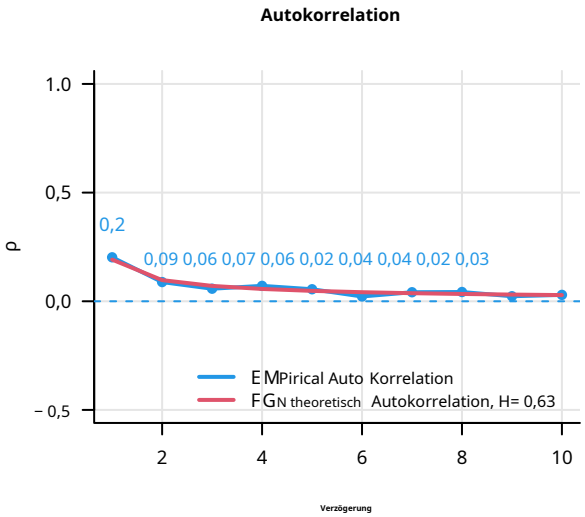

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1800
1850
1900
1950
2000

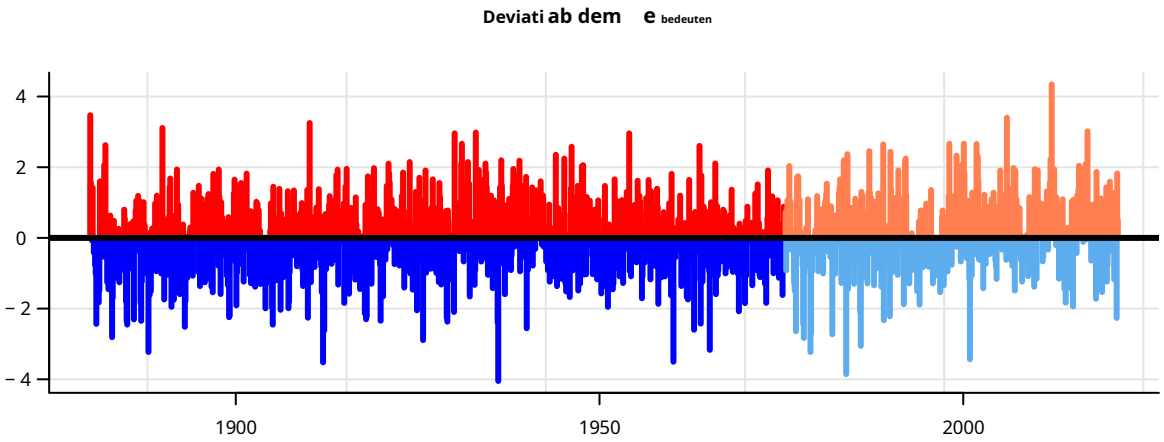

Selbstähnlichkeitstest
Estn berechnetes H durch Regression = 0. 78
− 1,0
− 1,5
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

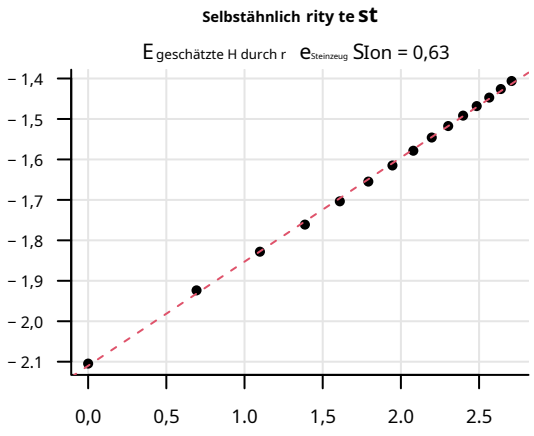

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

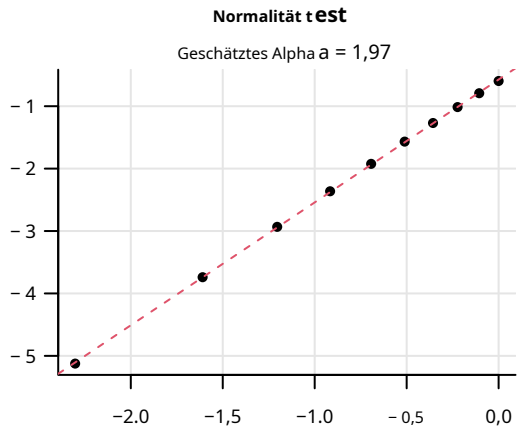
Des Moines


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

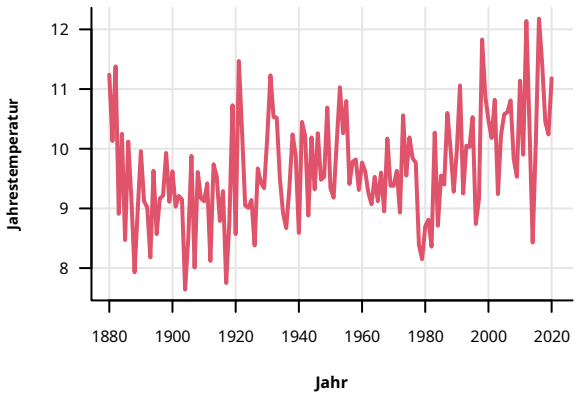

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,2
0,09 0,06 0,07 0,06 0,02 0,04 0,04 0,02 0,03
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,63
2
4
6
8
10
Verzögerung

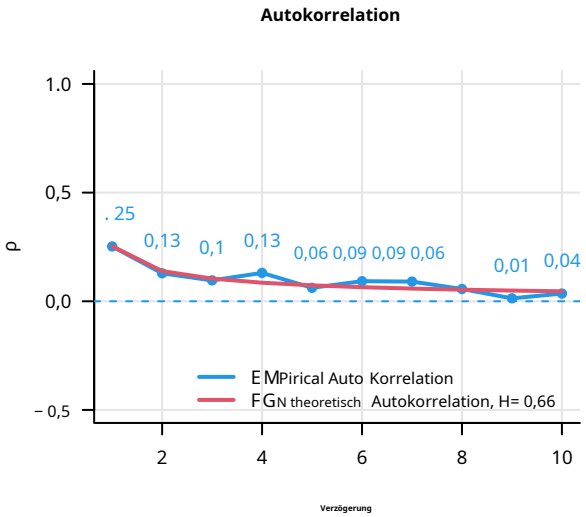

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

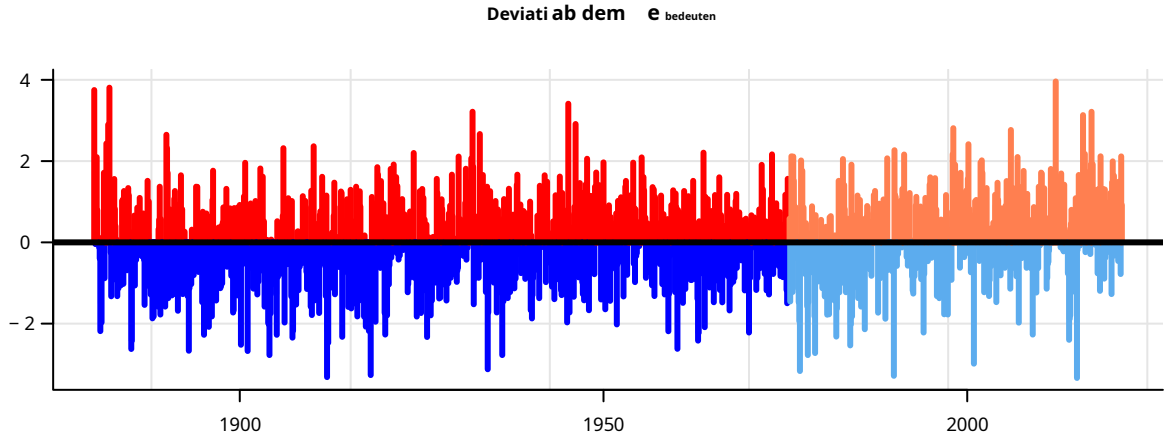

Selbstähnlich rity te st
E geschätzte H durch r e Steinzeug SIon = 0,63
− 1,4
− 1,5
− 1,6
− 1,7
− 1,8
− 1,9
− 2,0
− 2.1
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

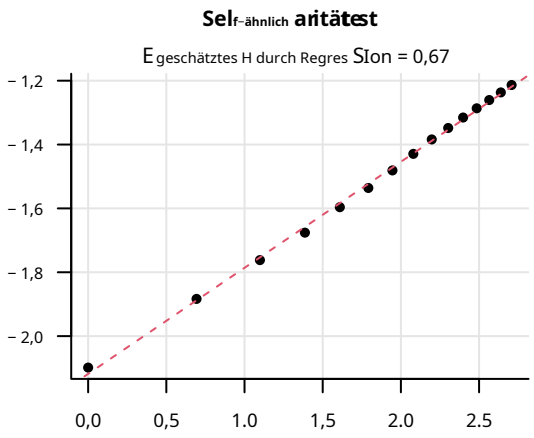

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

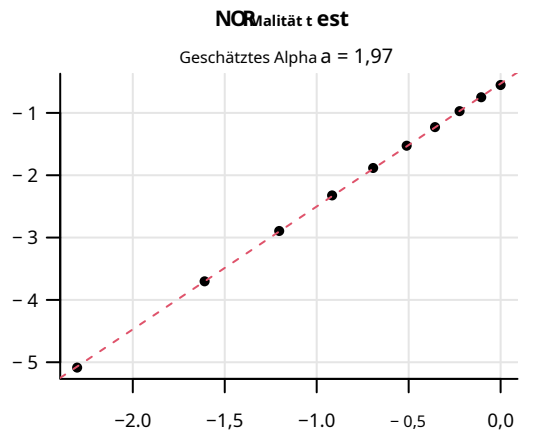
Detroit


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

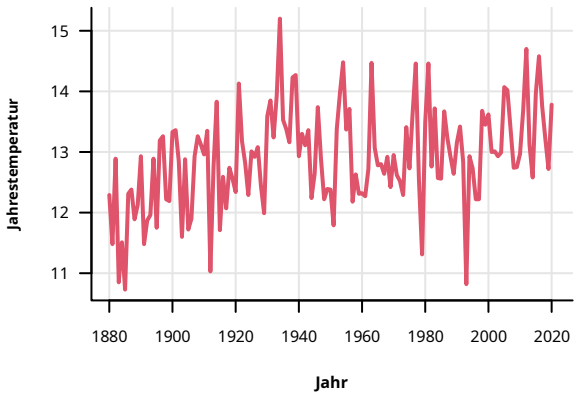

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 25
0,13
0,1
0,13
0,06 0,09 0,09 0,06
0,01
0,04
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,66
2
4
6
8
10
Verzögerung

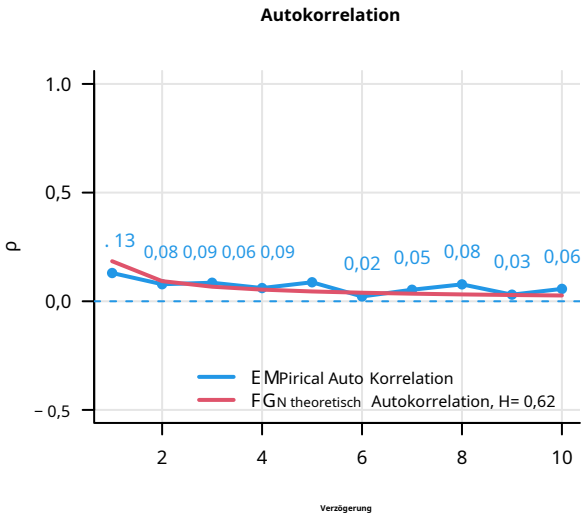

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
1900
1950
2000

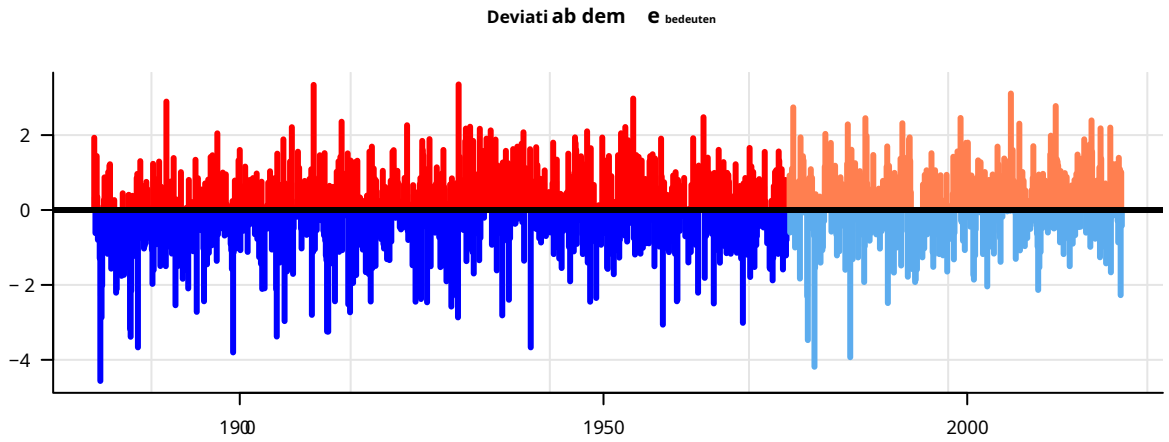

Self-ähnlich aritätest
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,67
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

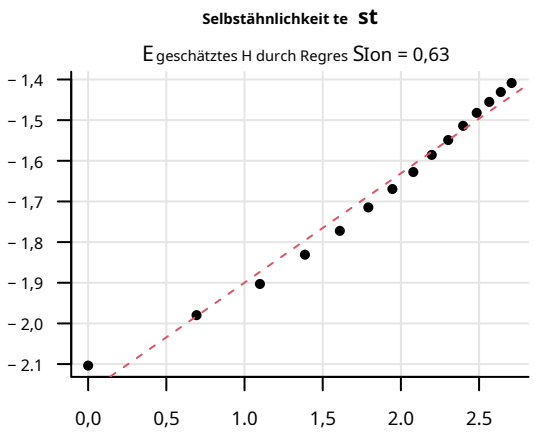

NORMalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

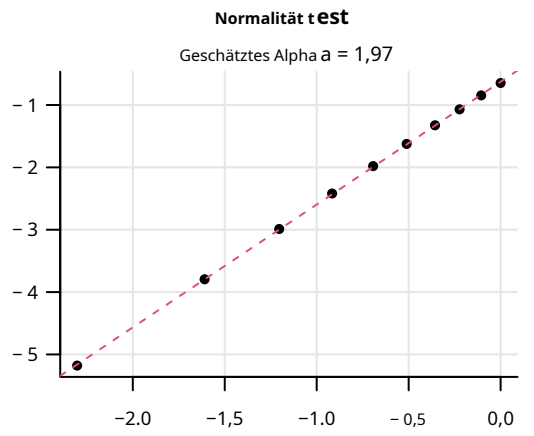
Dodge City


Jahrestemperatur
15
14
13
12
11
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

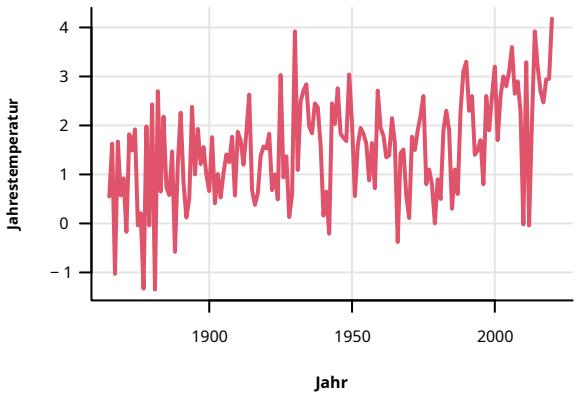

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 13
0,08 0,09 0,06 0,09
0,02
0,05
0,08
0,03
0,06
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,62
2
4
6
8
10
Verzögerung

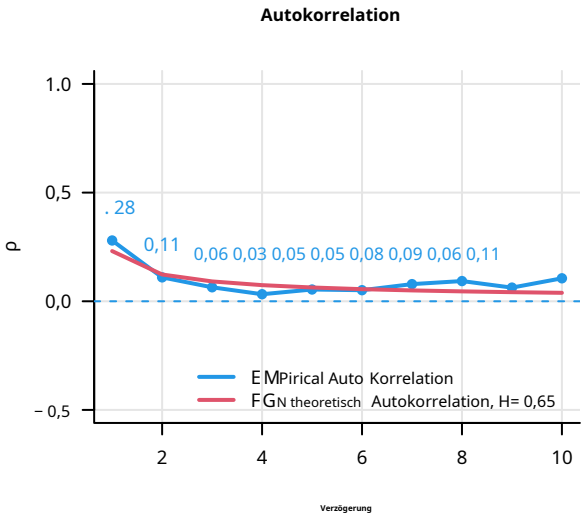

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

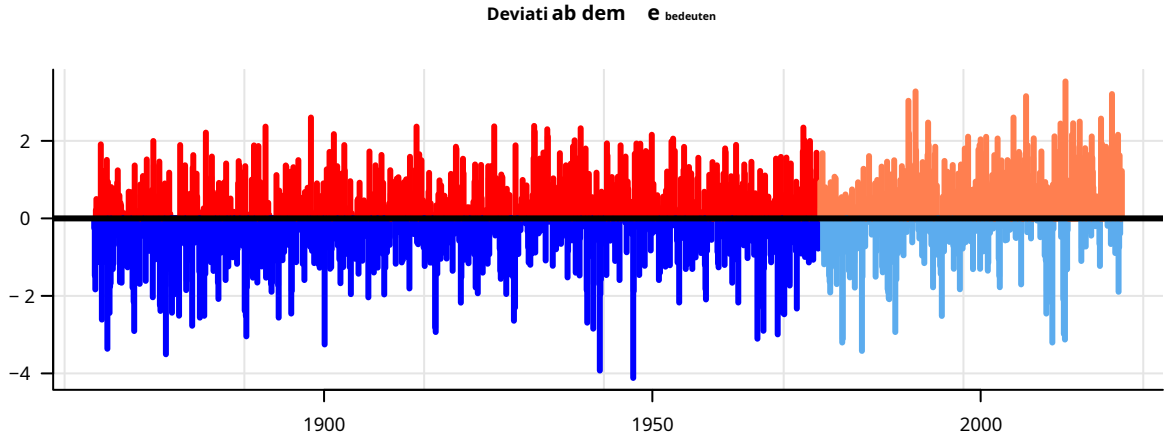

Selbstähnlichkeit te st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,63
− 1,4
− 1,5
− 1,6
− 1,7
− 1,8
− 1,9
− 2,0
− 2.1
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

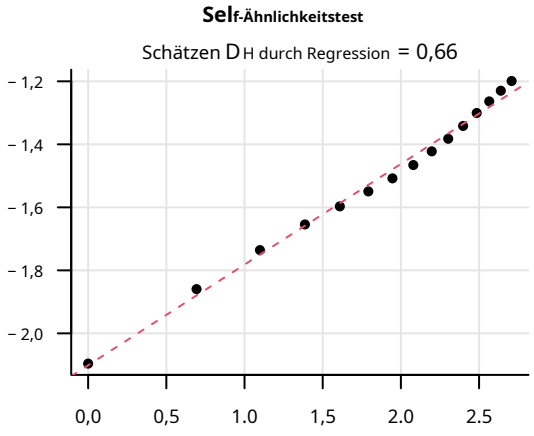

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

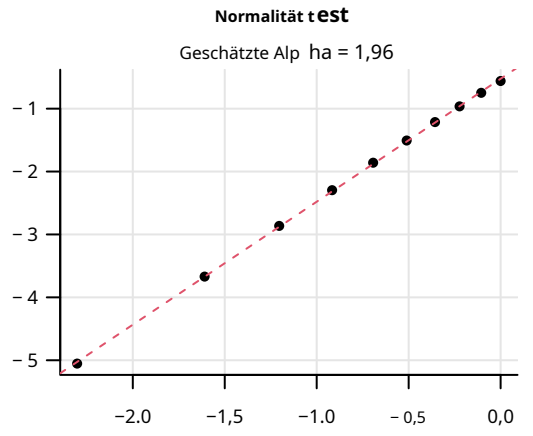
Dombas


Jahrestemperatur
4
3
2
1
0
– 1
1900
1950
2000
Jahr

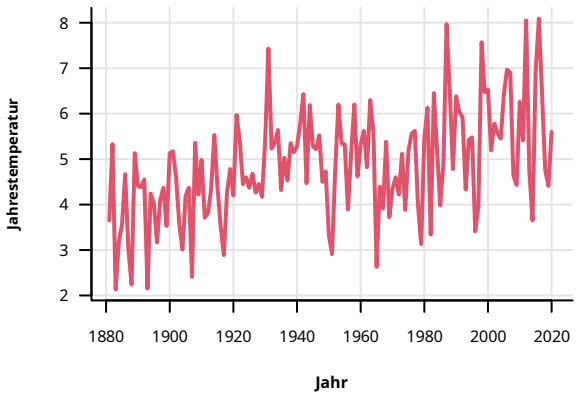

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 28
0,11
0,06 0,03 0,05 0,05 0,08 0,09 0,06 0,11
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,65
2
4
6
8
10
Verzögerung

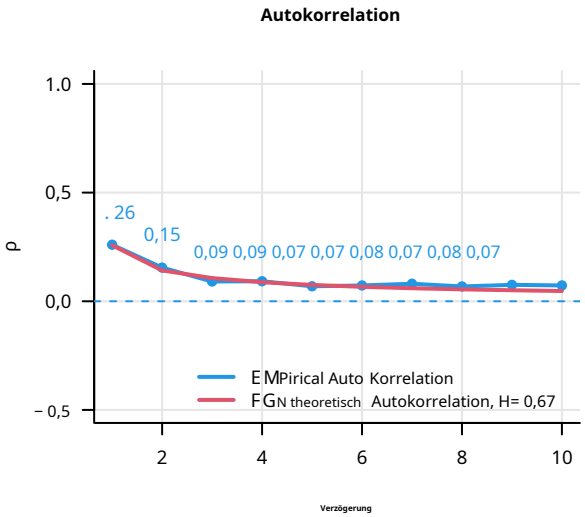

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
– 2
–4
1900
1950
2000

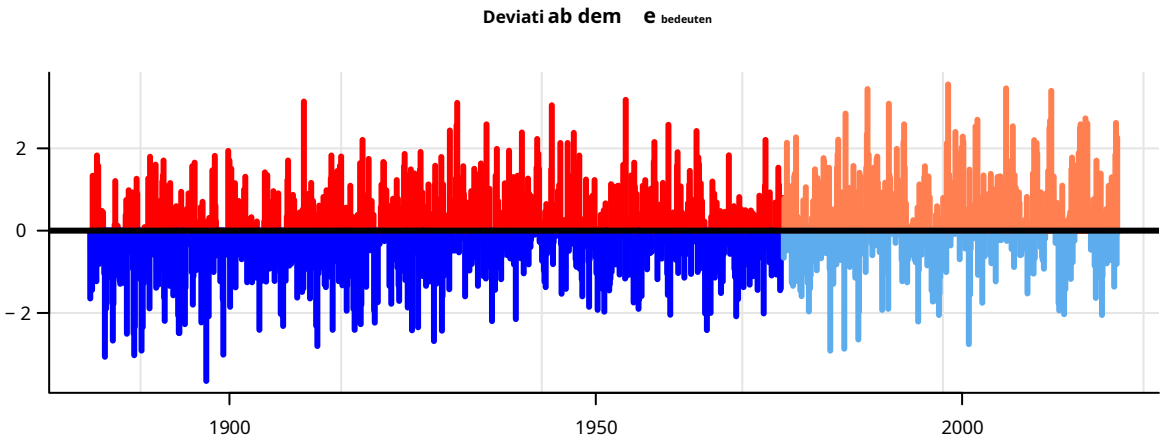

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzen D H durch Regression = 0,66
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

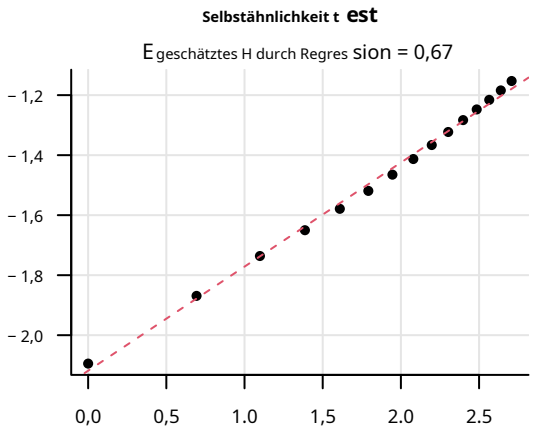

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,96
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
–2.0
–1,5
–1.0
– 0,5
0,0

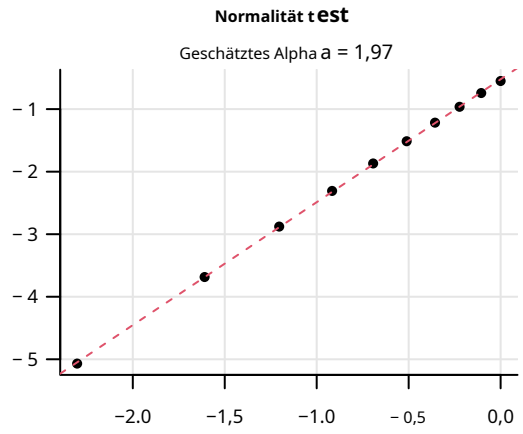
Fargo


Jahrestemperatur
8
7
6
5
4
3
2
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

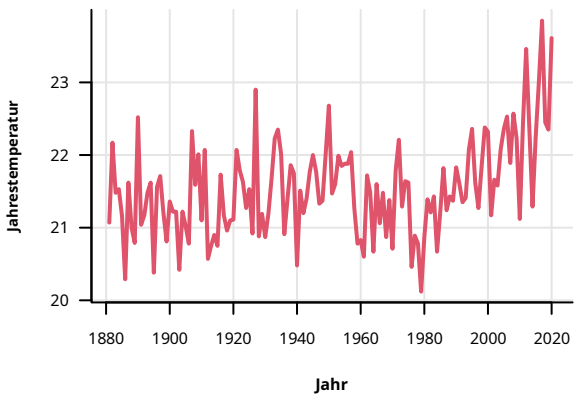

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 26
0,15
0,09 0,09 0,07 0,07 0,08 0,07 0,08 0,07
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

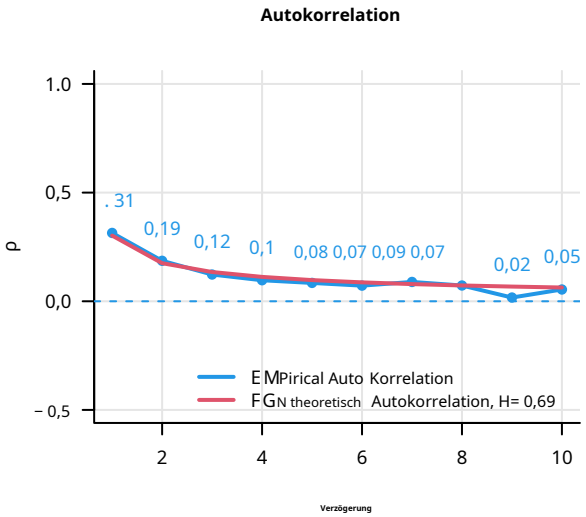

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
– 2
1900
1950
2000

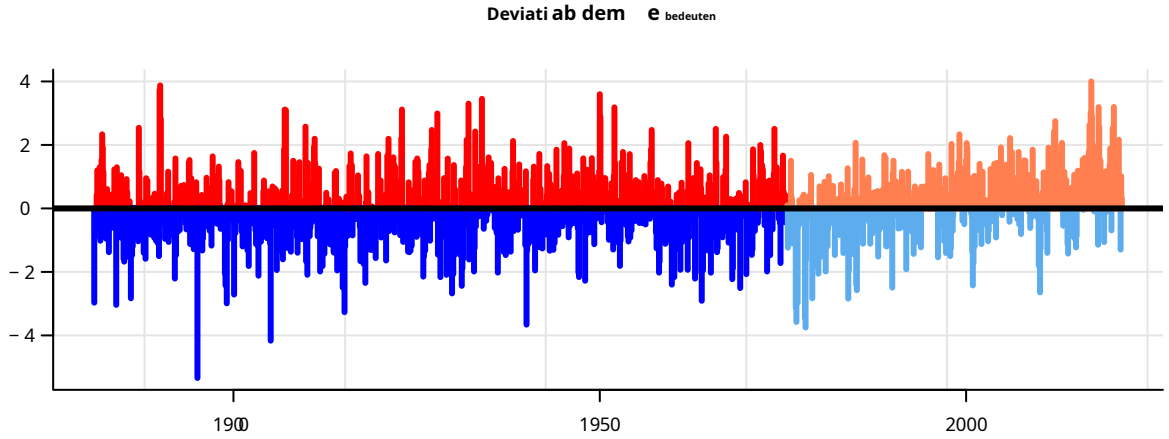

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,67
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

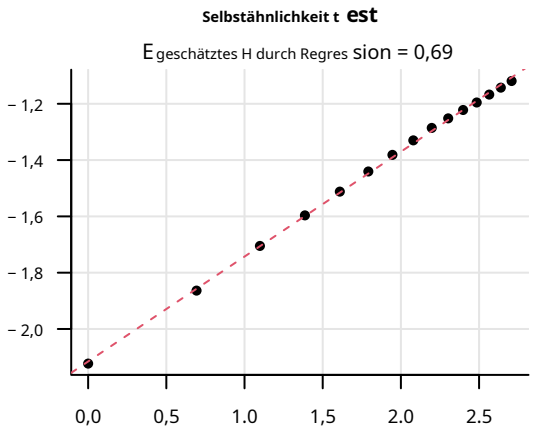

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

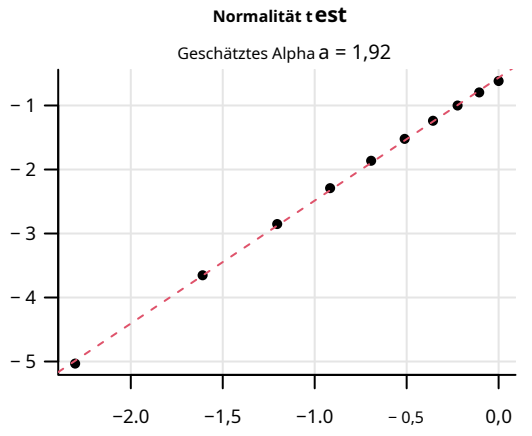
Galveston


Jahrestemperatur
23
22
21
20
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

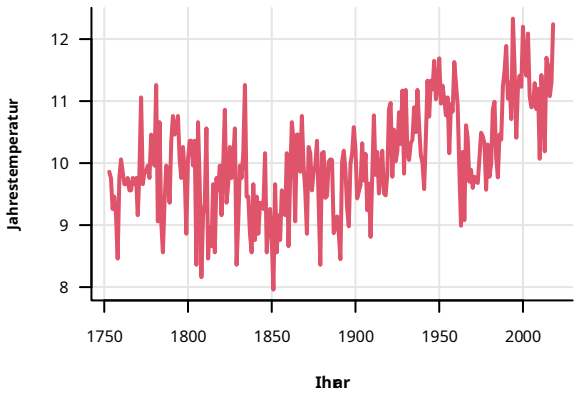

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 31
0,19
0,12
0,1
0,08 0,07 0,09 0,07
0,02
0,05
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,69
2
4
6
8
10
Verzögerung

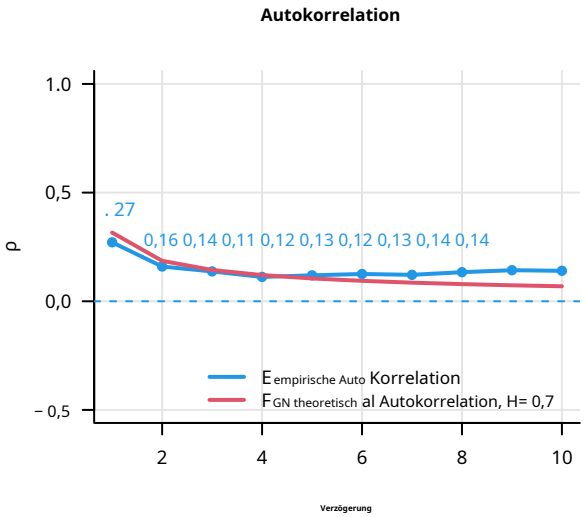

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

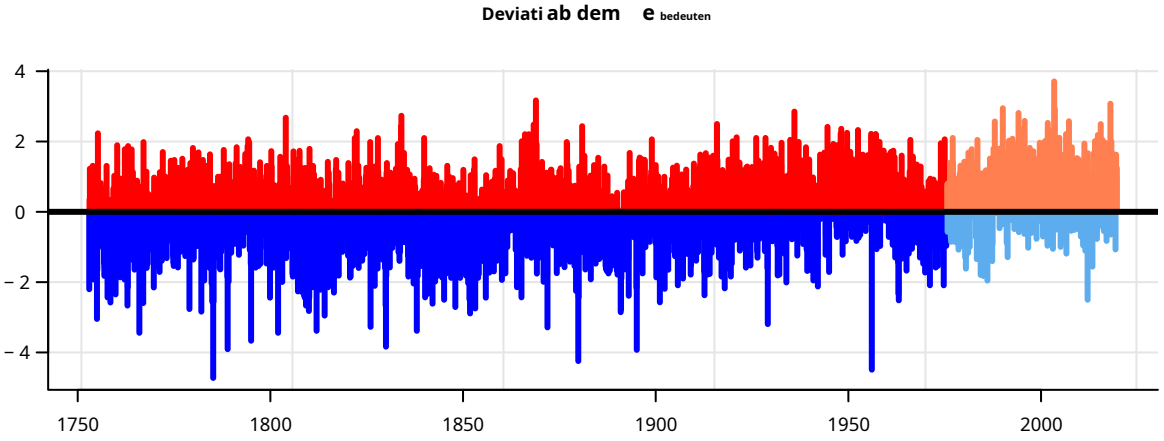

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

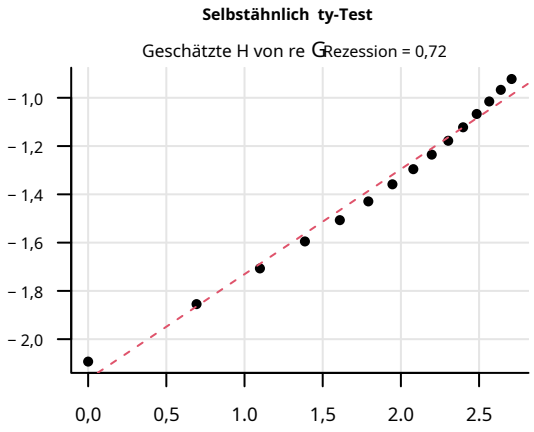

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,92
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

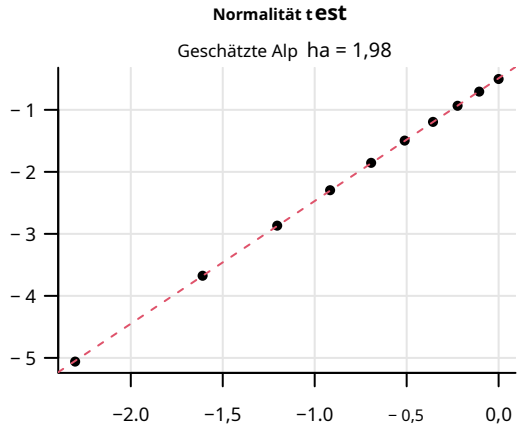
Genf


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
1750
1800
1850
1900
1950
2000
Ihar

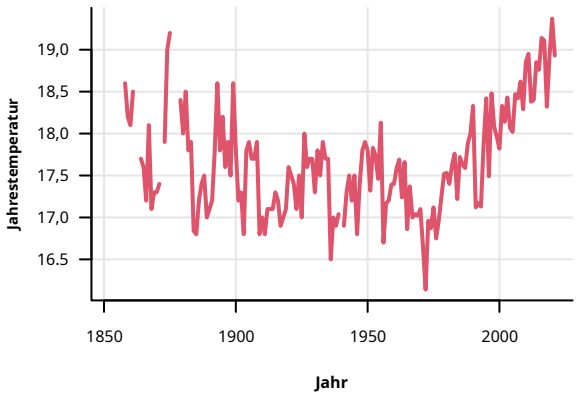

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 27
0,16 0,14 0,11 0,12 0,13 0,12 0,13 0,14 0,14
E empirische Auto Korrelation
FGN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,7
2
4
6
8
10
Verzögerung

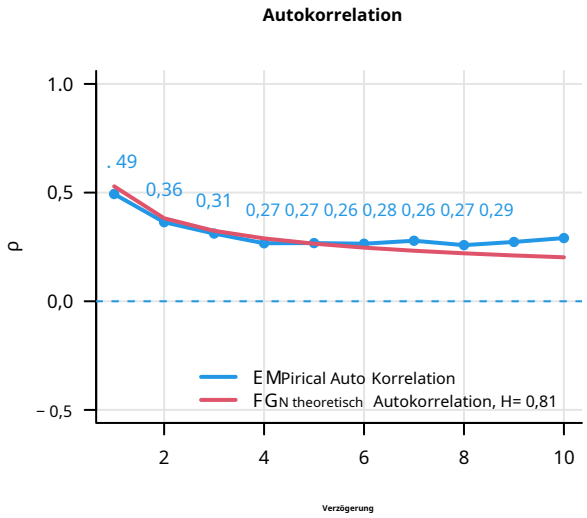

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
– 4
1750
1800
1850
1900
1950
2000

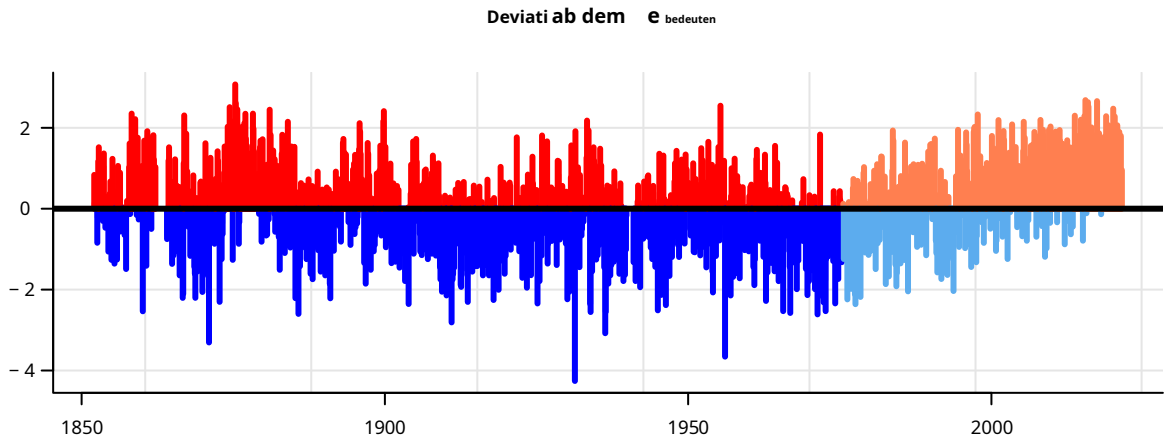

Selbstähnlich ty-Test
Geschätzte H von re GRezession = 0,72
– 1,0
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

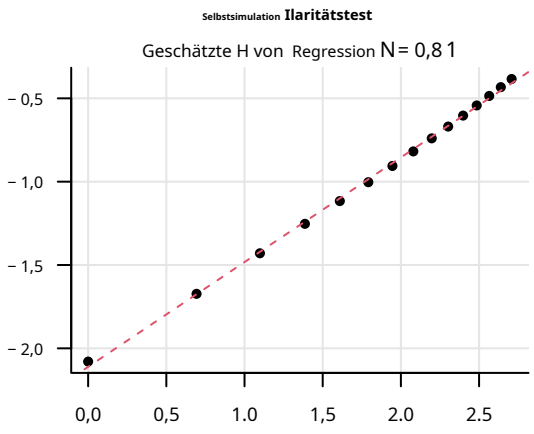

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,98
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

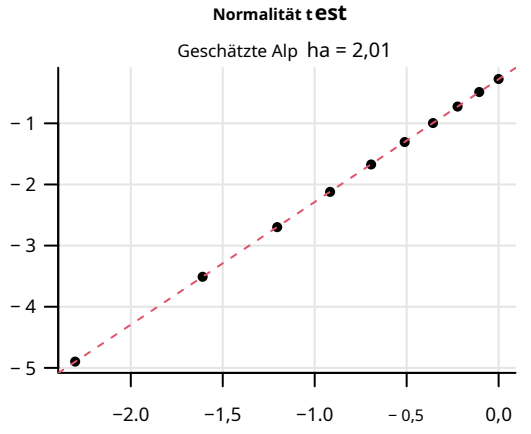
Gibraltar


Jahrestemperatur
19,0
18,5
18,0
17,5
17,0
16.5
1850
1900
1950
2000
Jahr

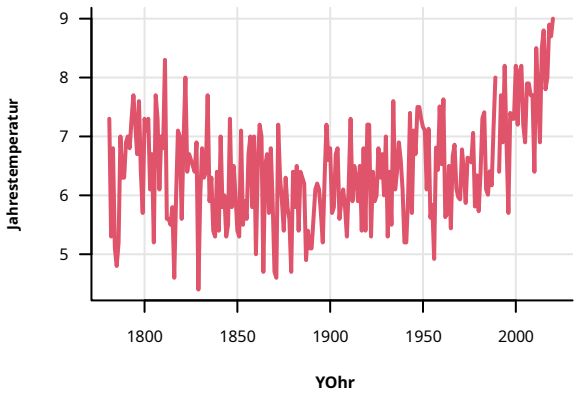

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 49
0,36
0,31
0,27 0,27 0,26 0,28 0,26 0,27 0,29
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,81
2
4
6
8
10
Verzögerung

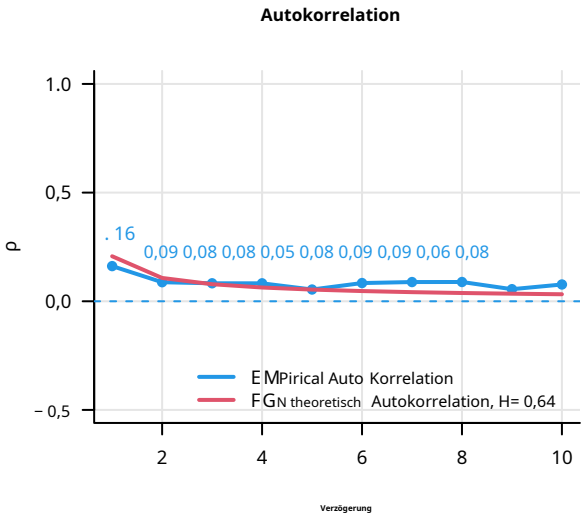

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1850
1900
1950
2000

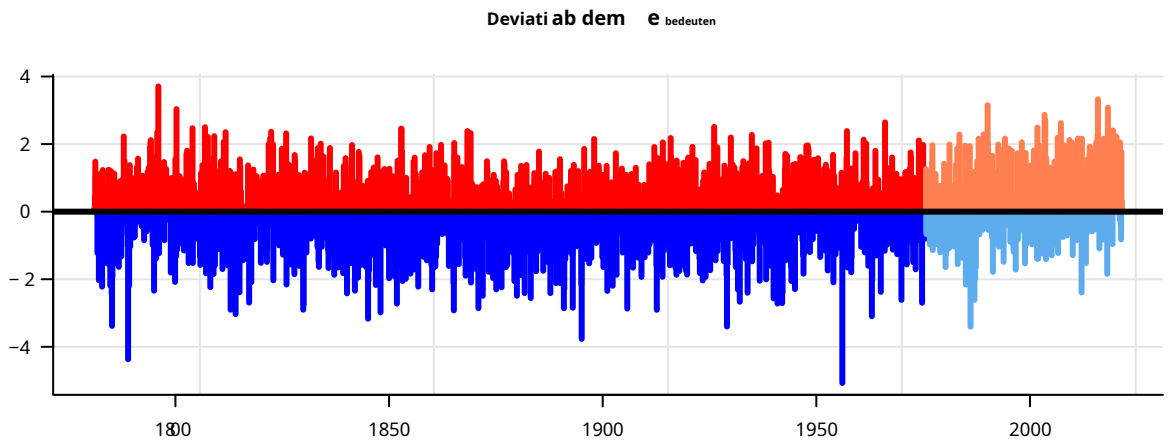

Selbstsimulation Ilaritätstest
Geschätzte H von Regression N= 0,8 1
− 0,5
− 1,0
− 1,5
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

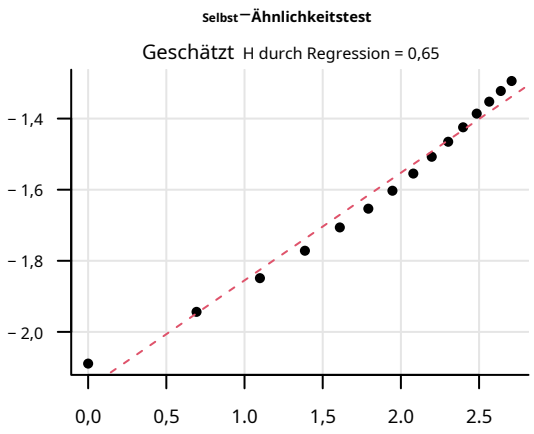

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 2,01
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

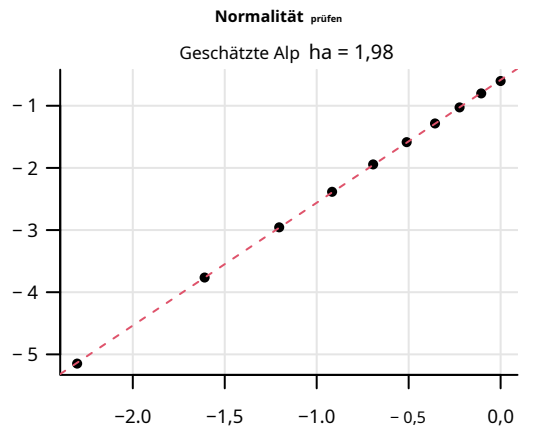
Hohenpeißenberg



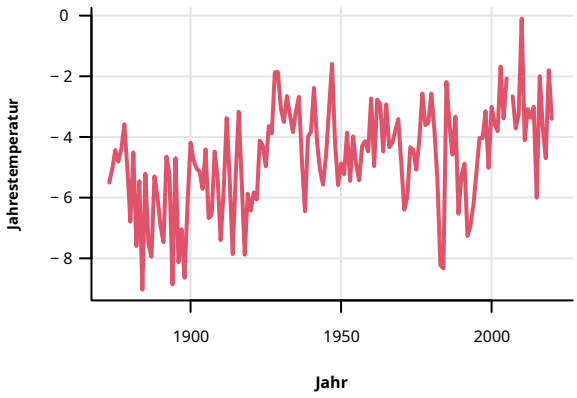


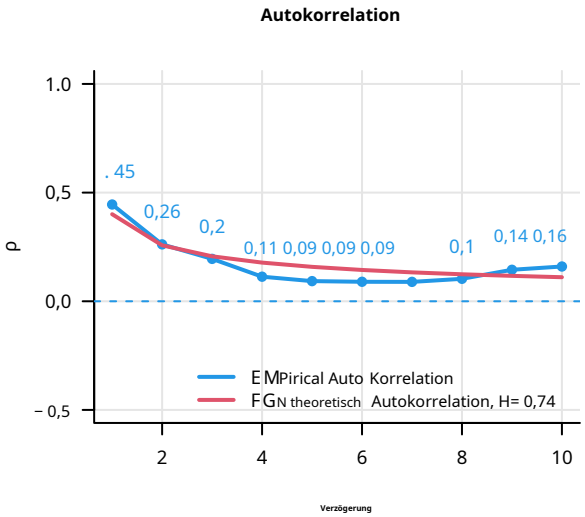


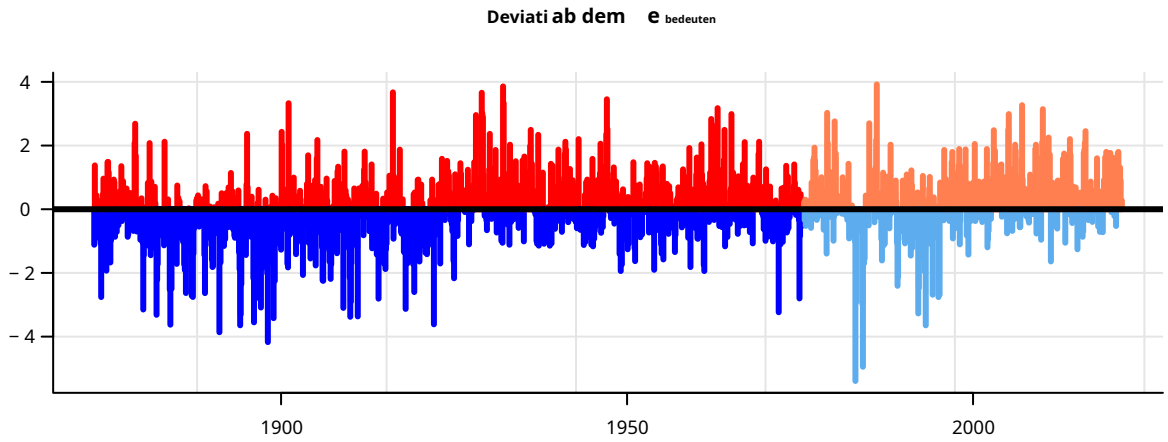


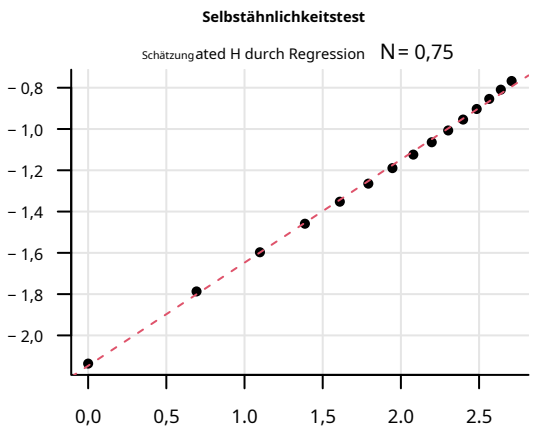


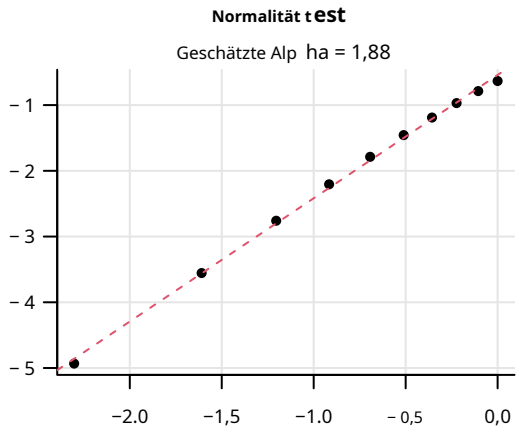
Illulisat


Jahrestemperatur
0
− 2
− 4
− 6
− 8
1900
1950
2000
Jahr

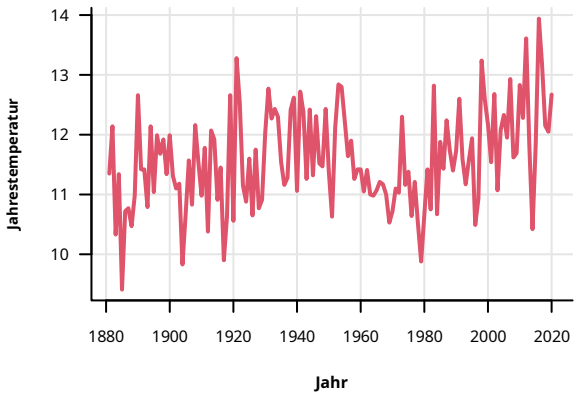

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 45
0,26
0,2
0,11 0,09 0,09 0,09
0,1
0,14 0,16
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,74
2
4
6
8
10
Verzögerung

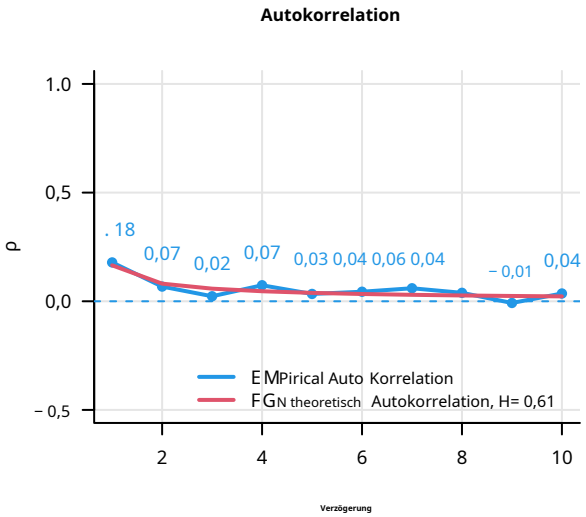

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

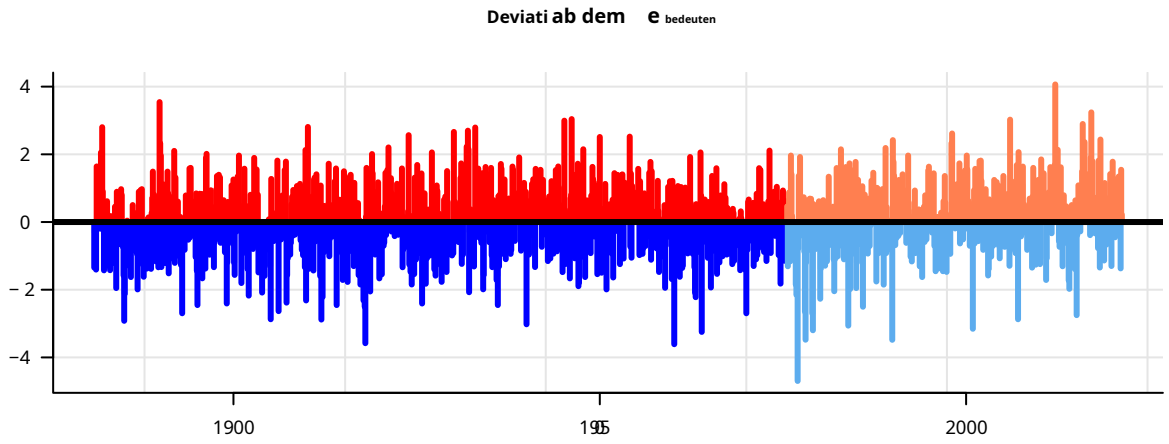

Selbstähnlichkeitstest
Schätzung ated H durch Regression N= 0,75
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

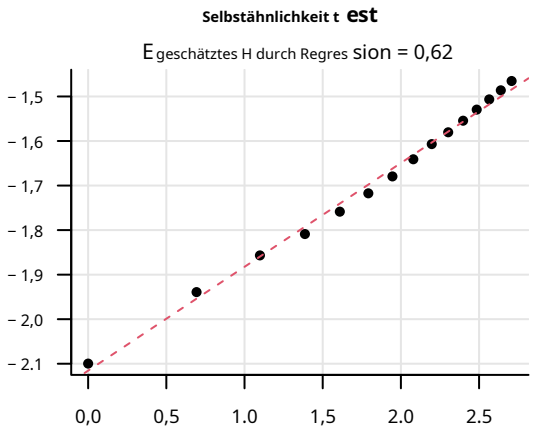

Normalität t est
Geschätzte Alp ha = 1,88
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

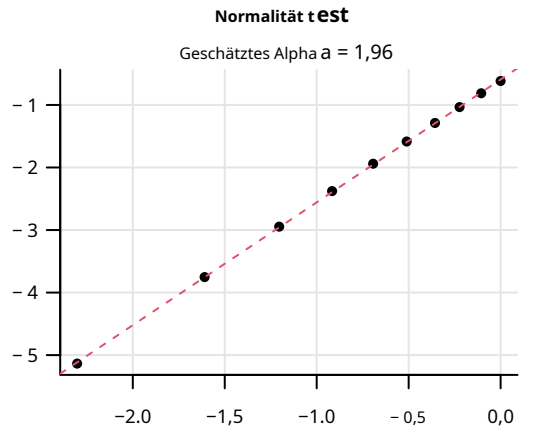
Indianapolis



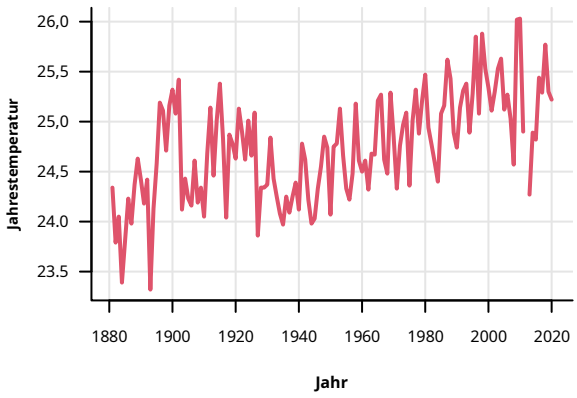


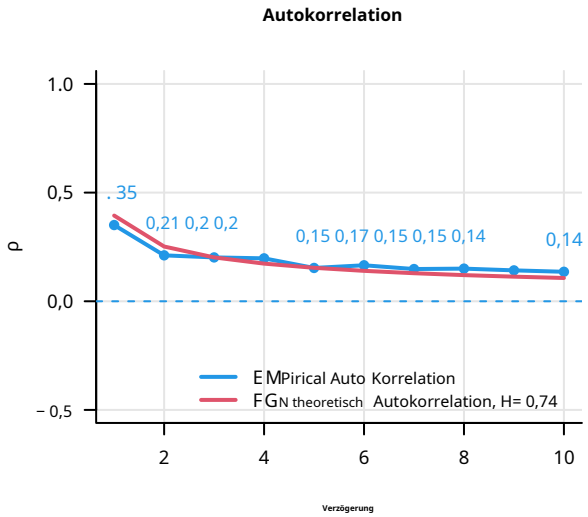


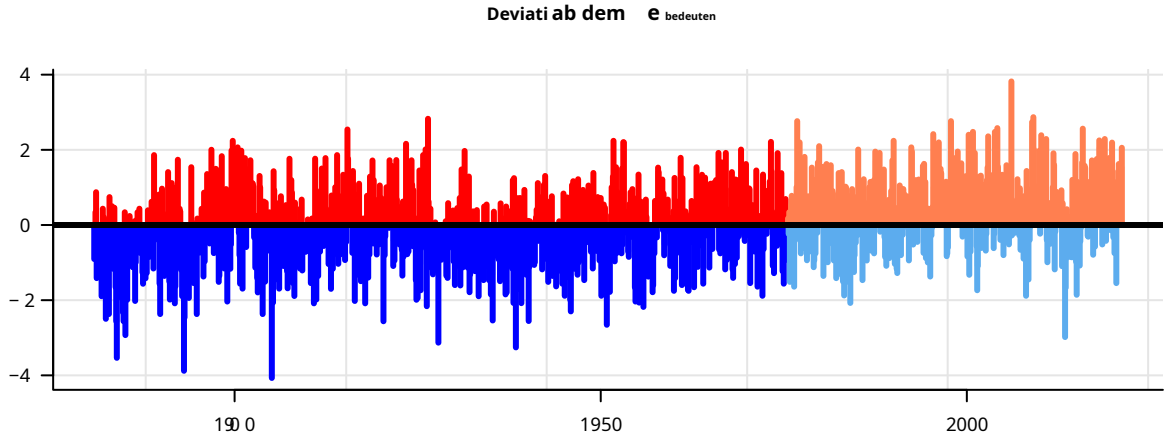


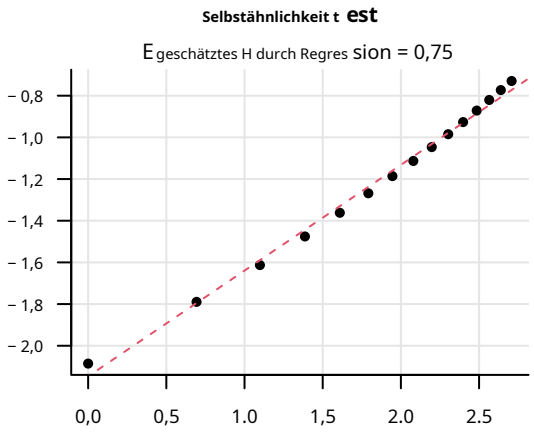


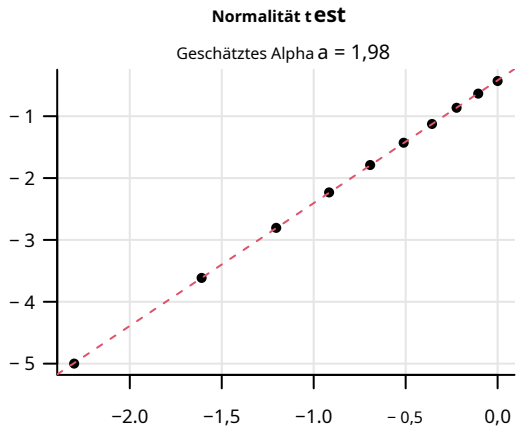
Indore


Jahrestemperatur
26,0
25,5
25,0
24,5
24,0
23.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

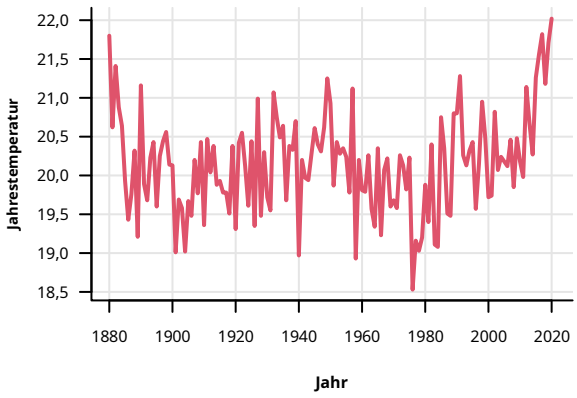

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 35
0,21 0,2 0,2
0,15 0,17 0,15 0,15 0,14
0,14
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,74
2
4
6
8
10
Verzögerung

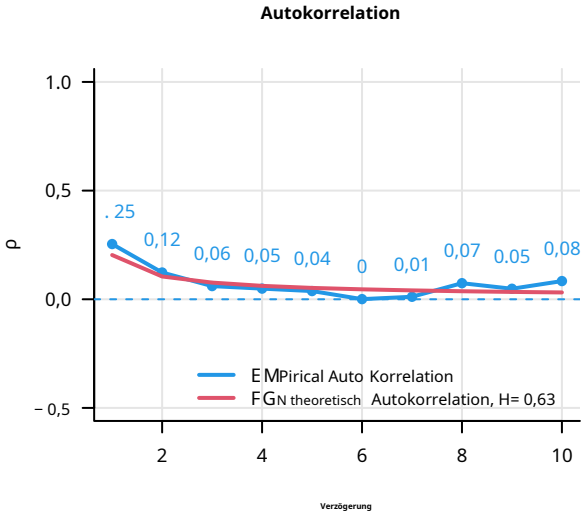

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
−4
19 0 0
1950
2000

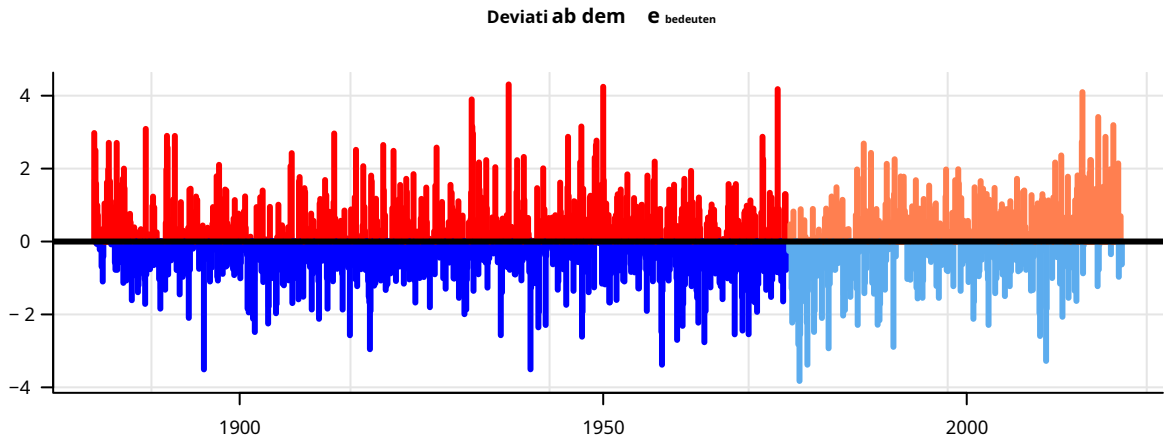

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,75
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

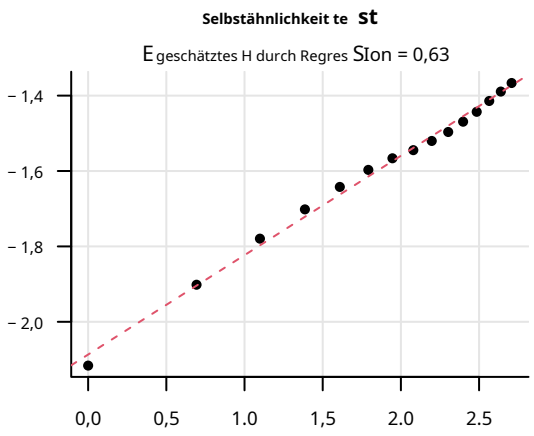

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

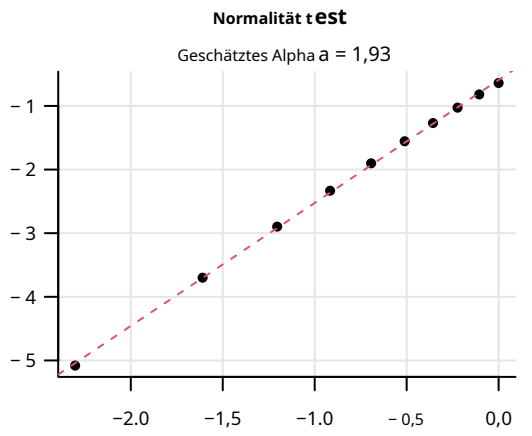
Jacksonville



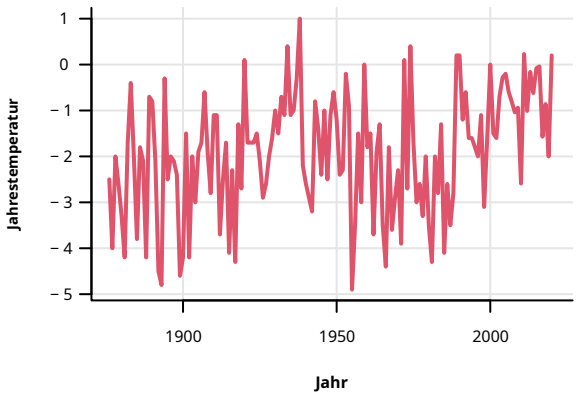


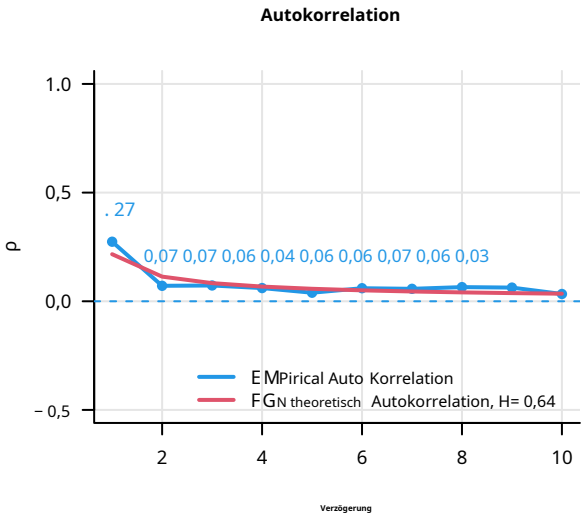


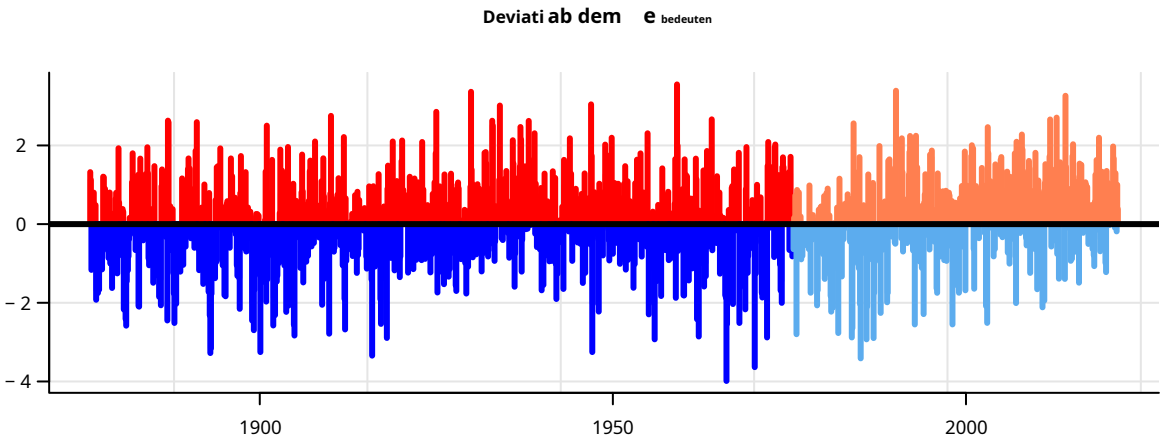


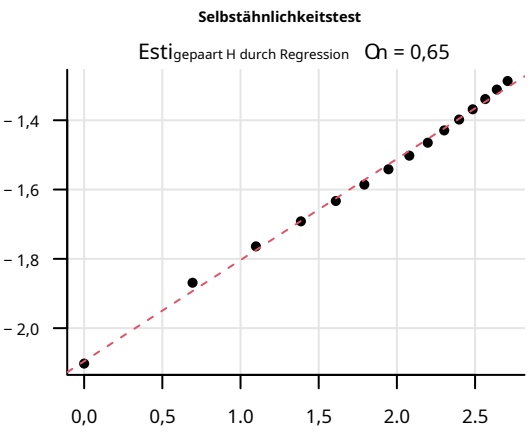


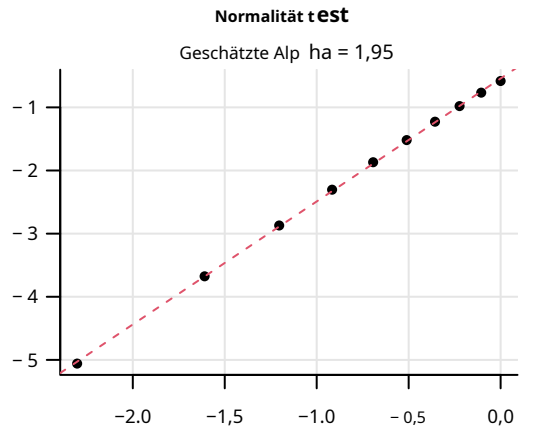
Karasjok


Jahrestemperatur
1
0
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
1900
1950
2000
Jahr

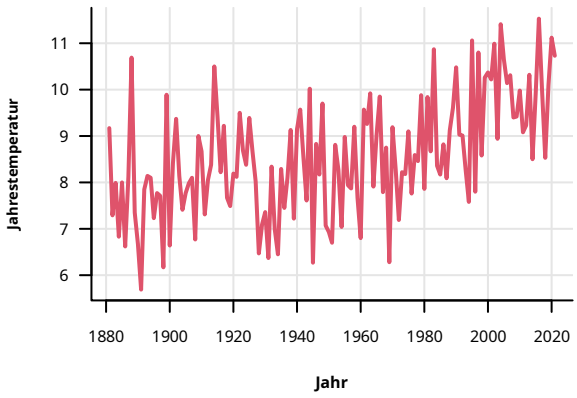

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 27
0,07 0,07 0,06 0,04 0,06 0,06 0,07 0,06 0,03
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,64
2
4
6
8
10
Verzögerung

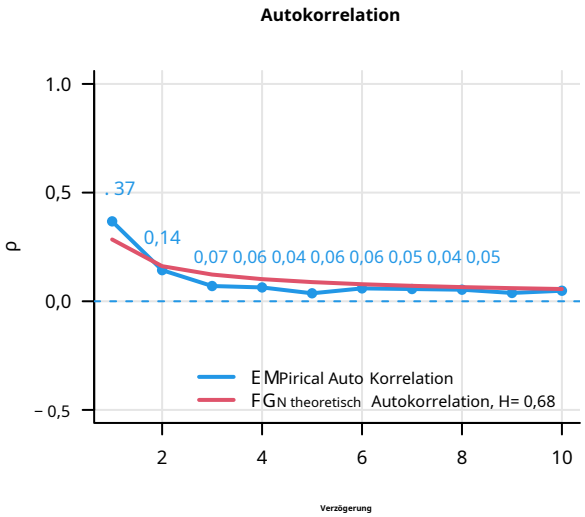

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
– 2
– 4
1900
1950
2000

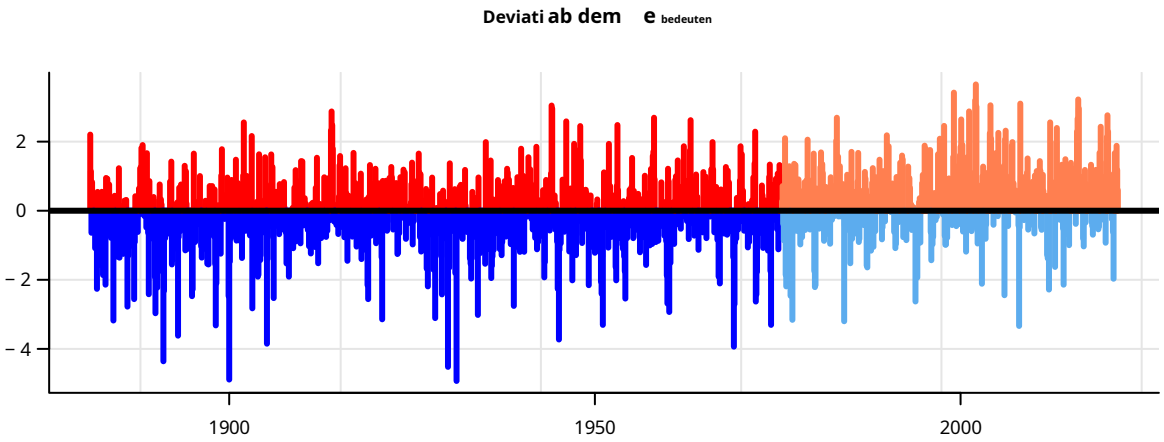

Selbstähnlichkeitstest
Esti gepaart H durch Regression On = 0,65
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

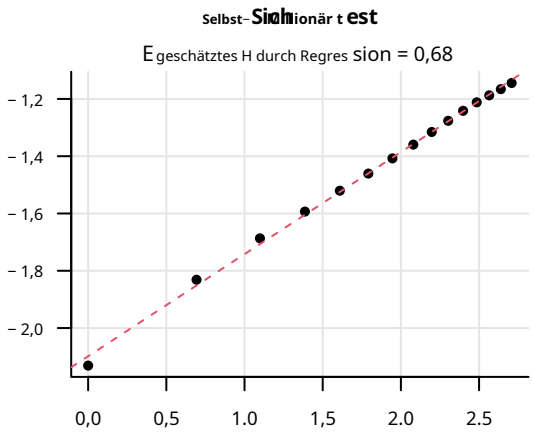

Normalität t est
Geschätzte Alp ha = 1,95
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

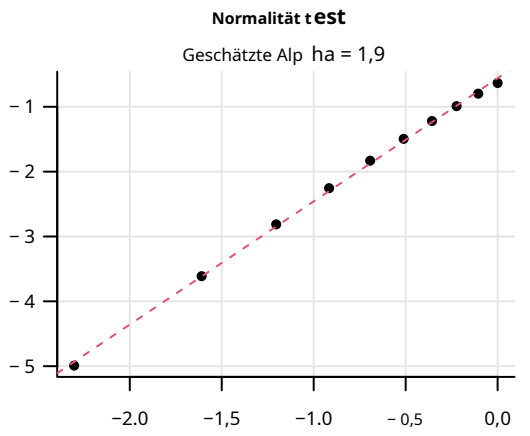
Kasalinsk


Jahrestemperatur
11
10
9
8
7
6
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

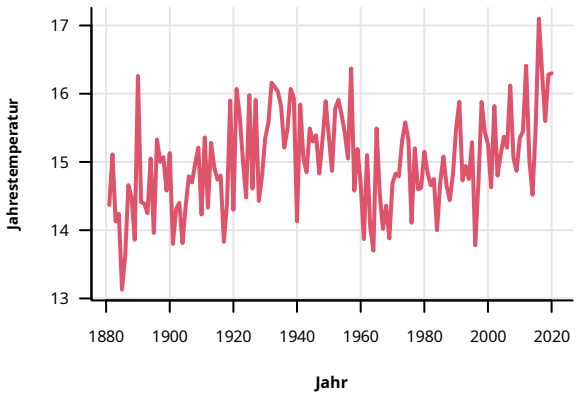

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 37
0,14
0,07 0,06 0,04 0,06 0,06 0,05 0,04 0,05
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

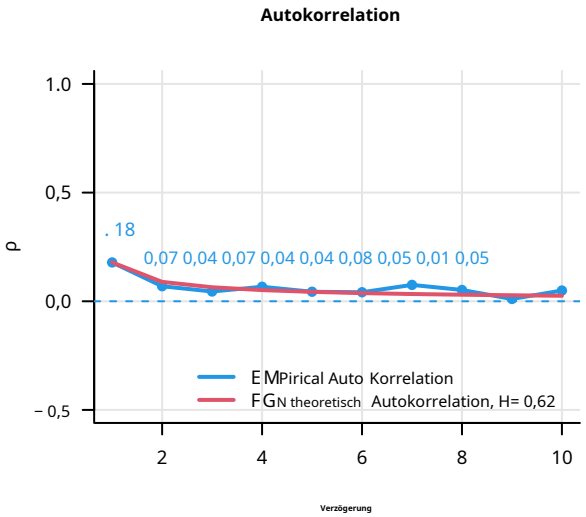

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

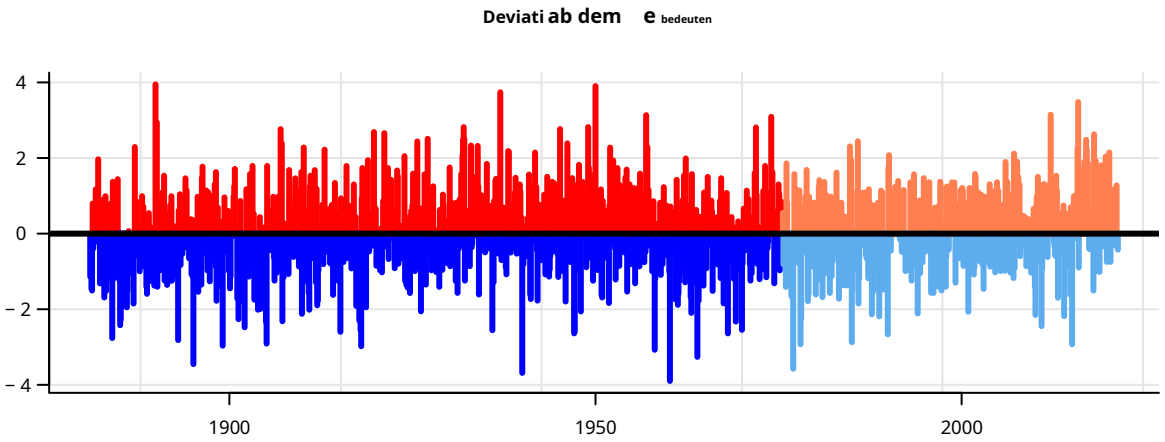

Selbst- Sioh ionär t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,68
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

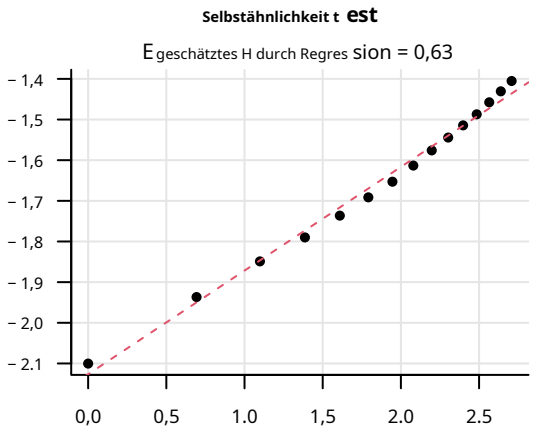

Normalität t est
Geschätzte Alp ha = 1,9
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

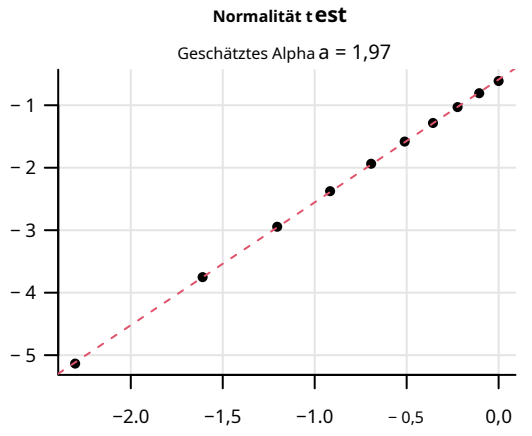
Knoxville


Jahrestemperatur
17
16
15
14
13
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

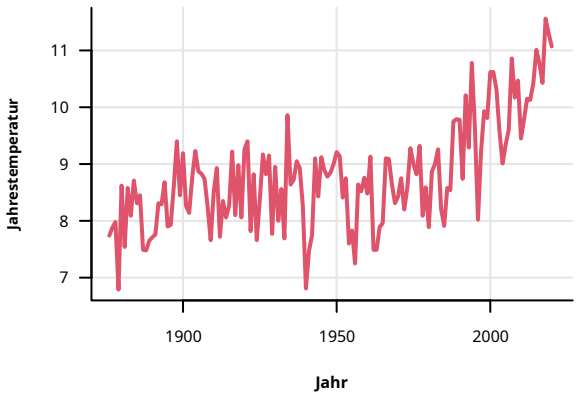

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 18
0,07 0,04 0,07 0,04 0,04 0,08 0,05 0,01 0,05
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,62
2
4
6
8
10
Verzögerung

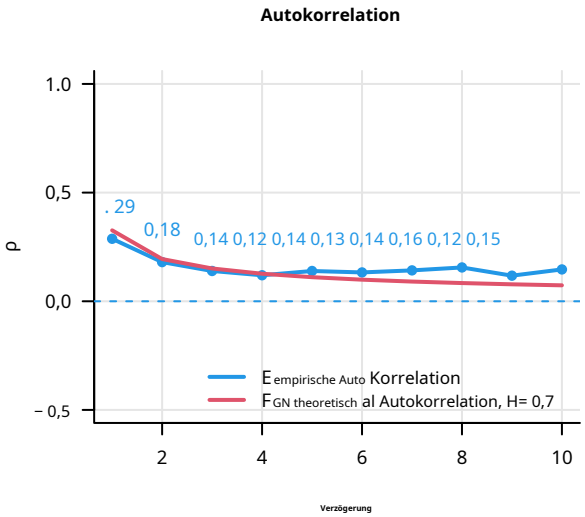

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

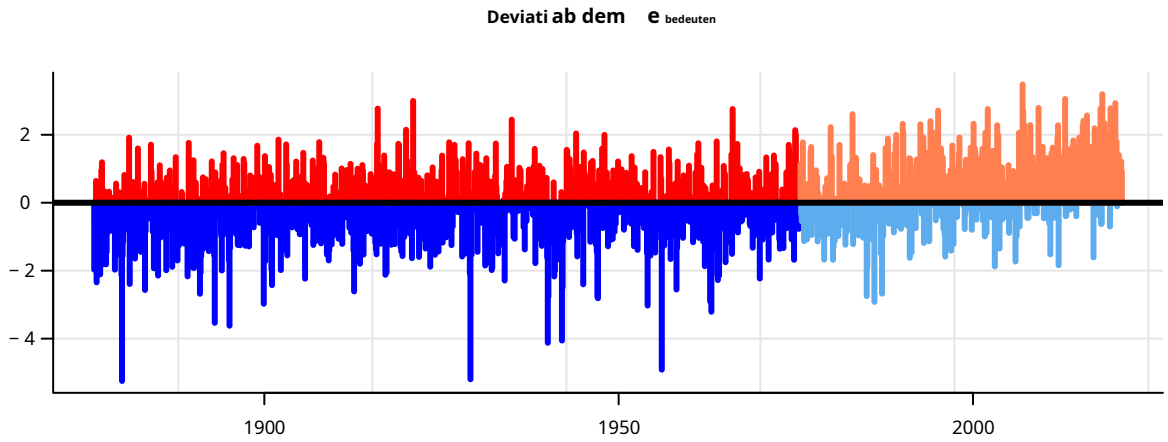

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,63
− 1,4
− 1,5
− 1,6
− 1,7
− 1,8
− 1,9
− 2,0
− 2.1
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

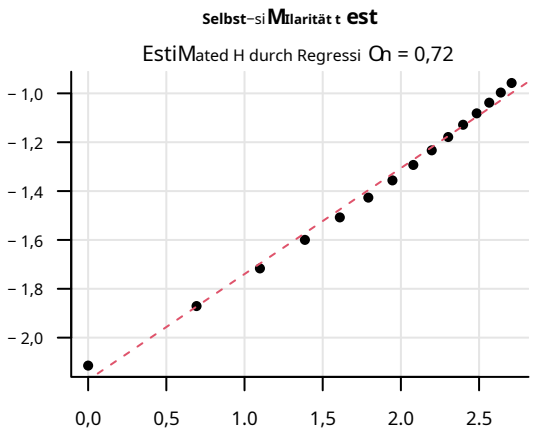

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

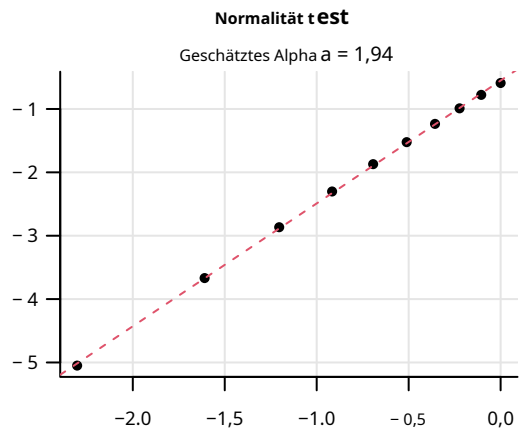
Kremsmünster



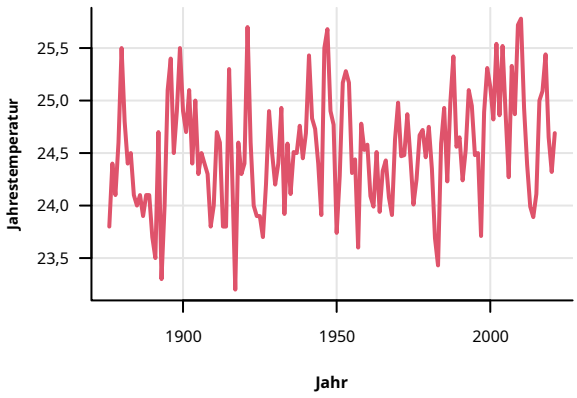


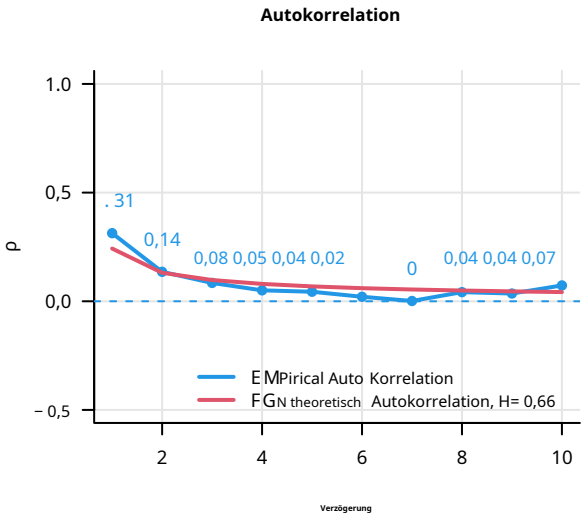


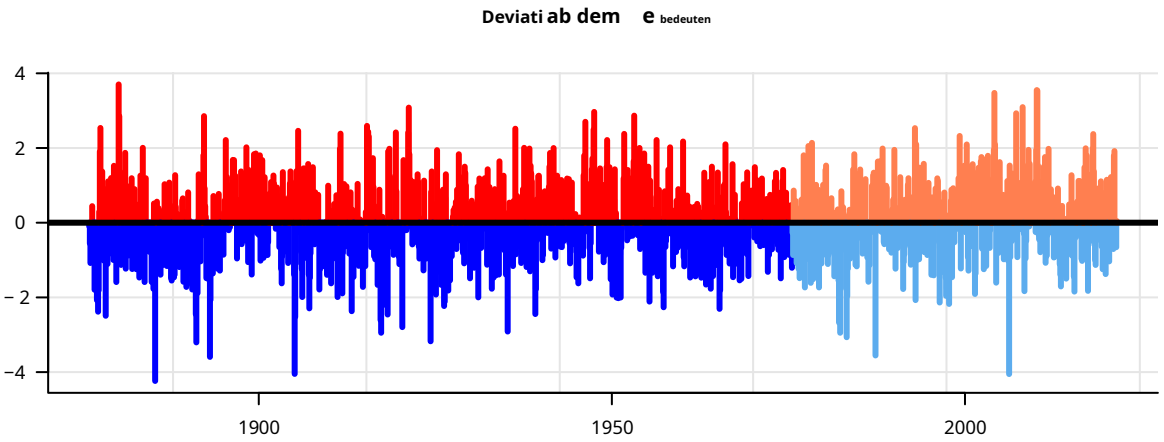


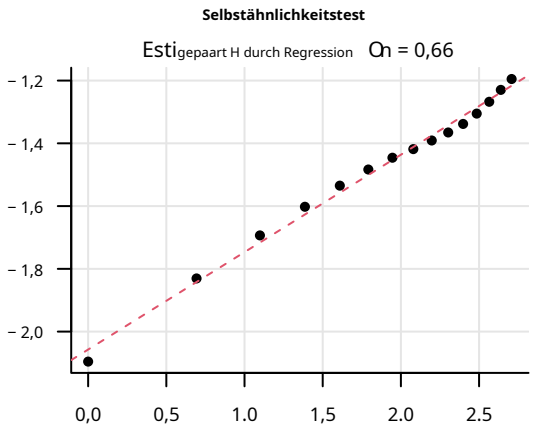


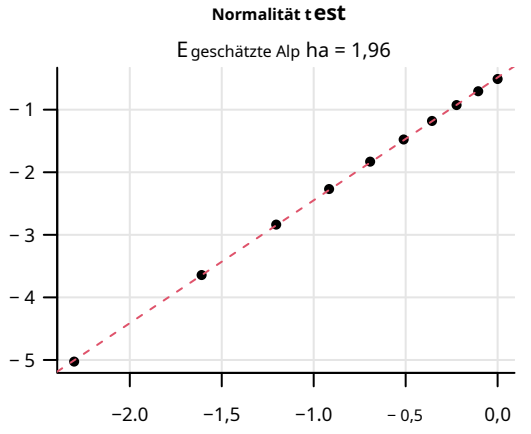
Lahore


Jahrestemperatur
25,5
25,0
24,5
24,0
23,5
1900
1950
2000
Jahr

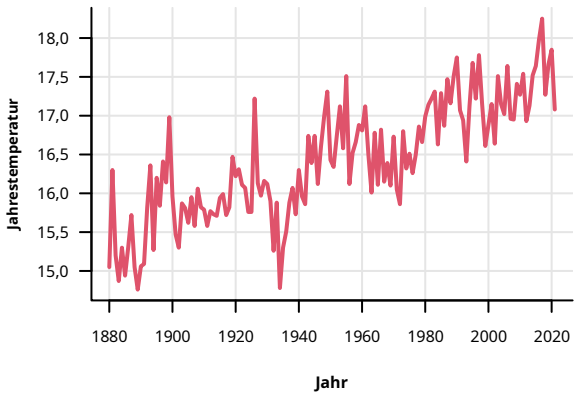

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 31
0,14
0,08 0,05 0,04 0,02
0
0,04 0,04 0,07
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,66
2
4
6
8
10
Verzögerung

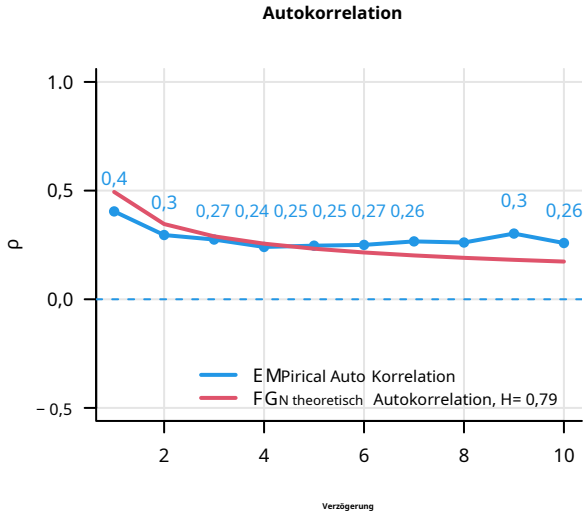

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

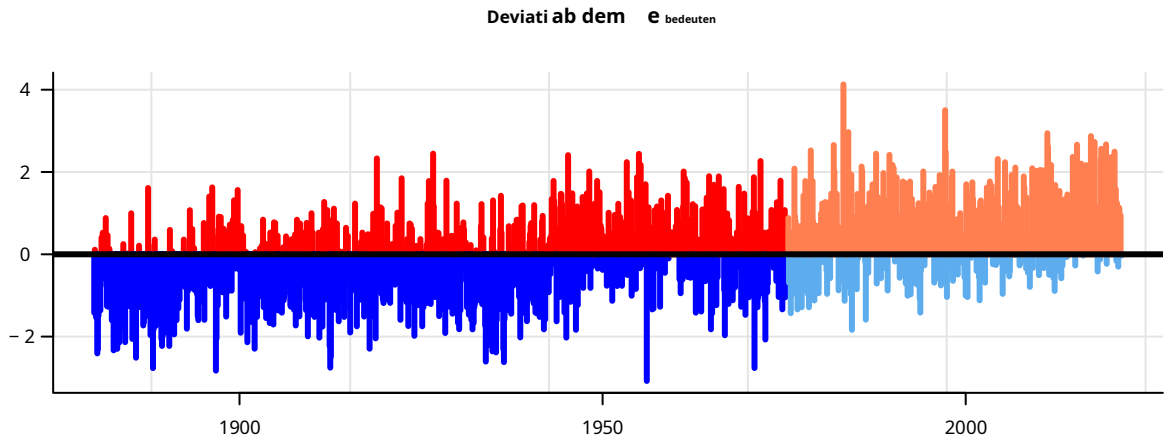

Selbstähnlichkeitstest
Esti gepaart H durch Regression On = 0,66
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

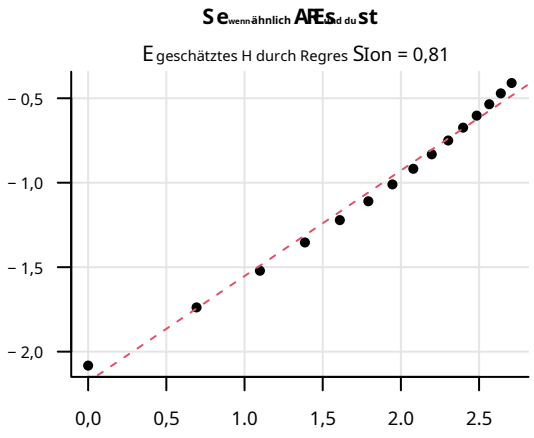

Normalität t est
E geschätzte Alp ha = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

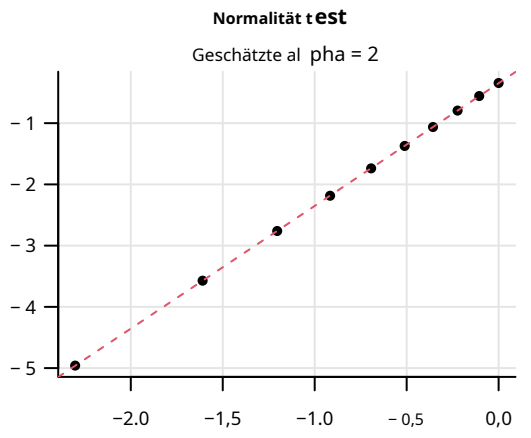
Lissabon


Jahrestemperatur
18,0
17,5
17,0
16,5
16,0
15,5
15,0
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

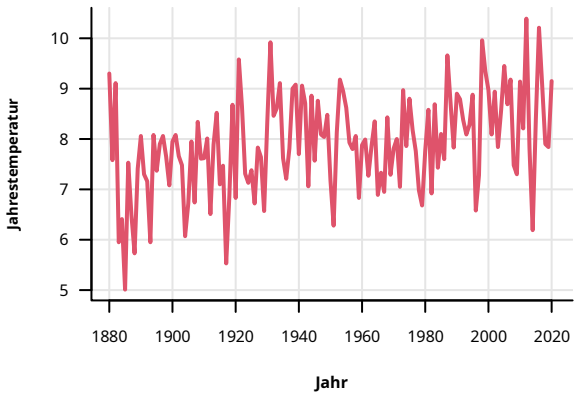

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
0,4
0,3
0,27 0,24 0,25 0,25 0,27 0,26
0,3
0,26
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,79
2
4
6
8
10
Verzögerung

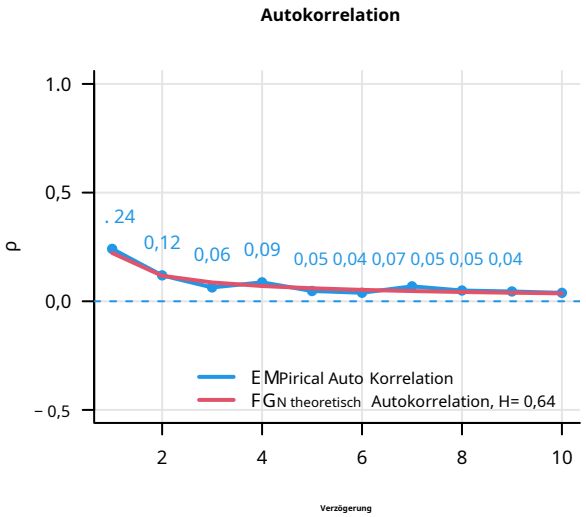

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
1900
1950
2000

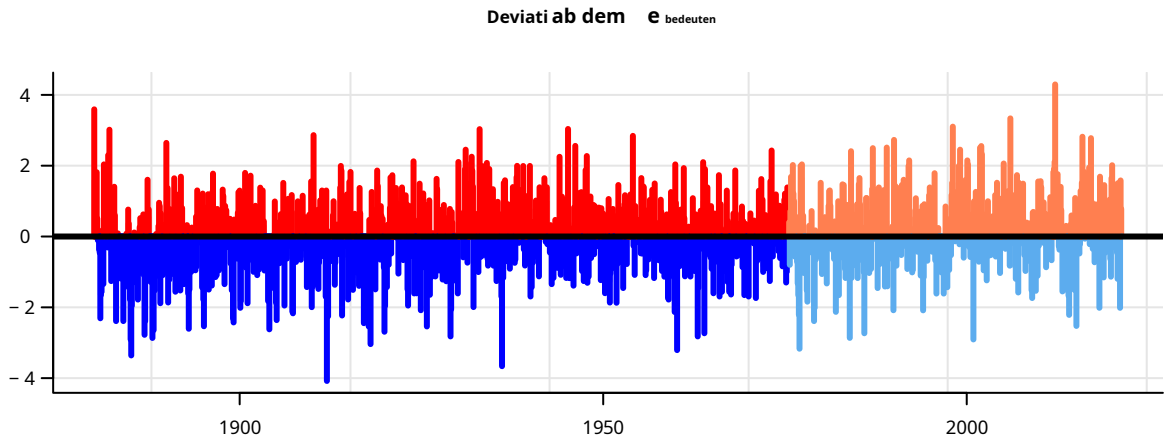

Se wenn ähnlich AFEs d du st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,81
– 0,5
– 1,0
– 1,5
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

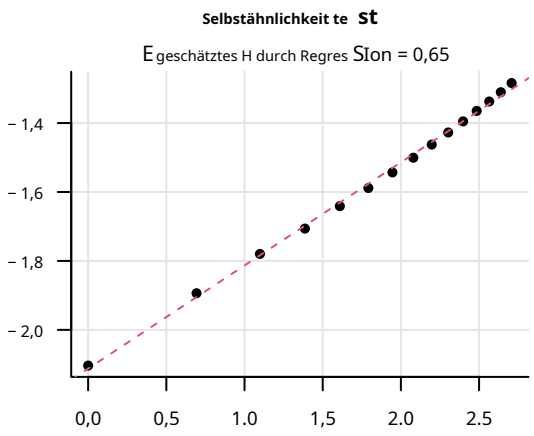

Normalität t est
Geschätzte al pha = 2
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

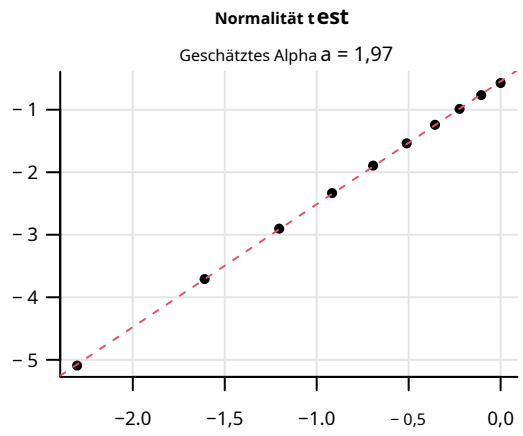
Madison


Jahrestemperatur
10
9
8
7
6
5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

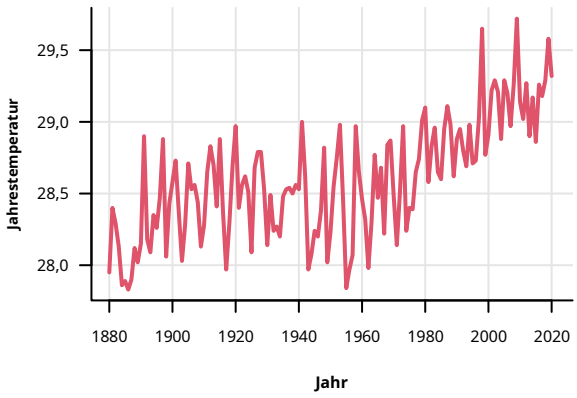

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 24
0,12
0,06
0,09
0,05 0,04 0,07 0,05 0,05 0,04
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,64
2
4
6
8
10
Verzögerung

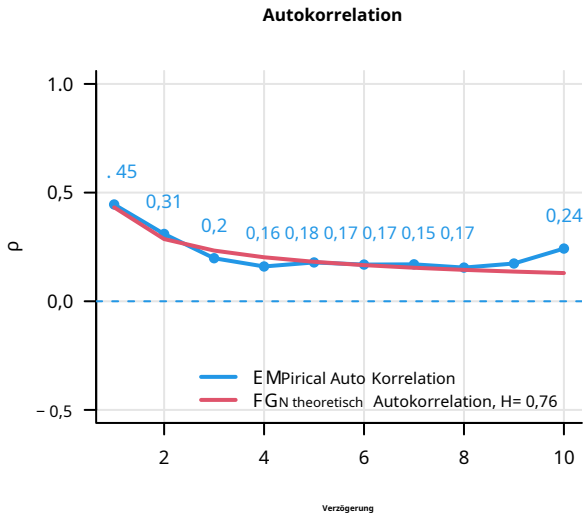

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

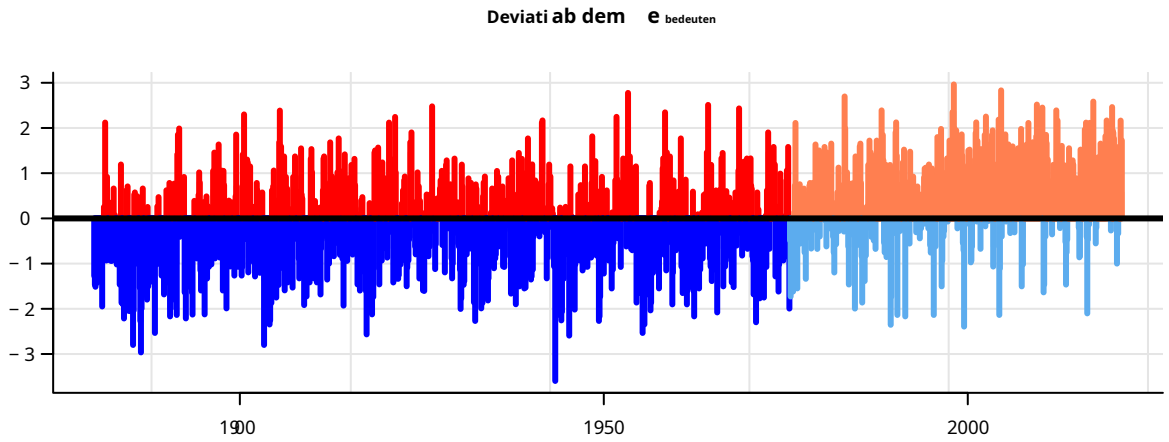

Selbstähnlichkeit te st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,65
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

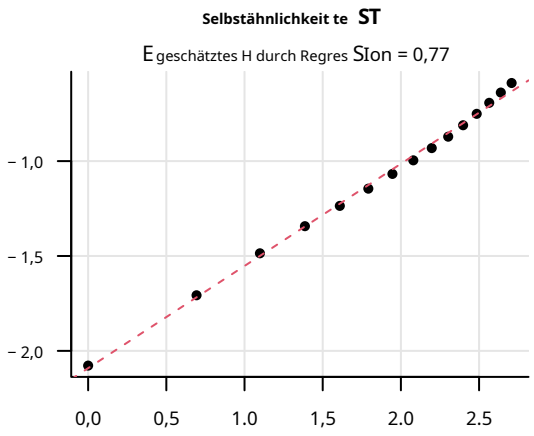

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

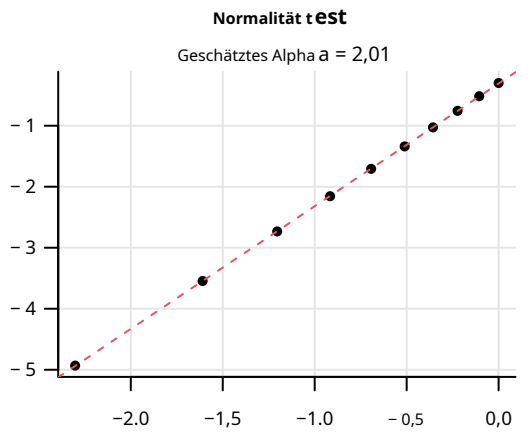
Madras


Jahrestemperatur
29,5
29,0
28,5
28,0
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

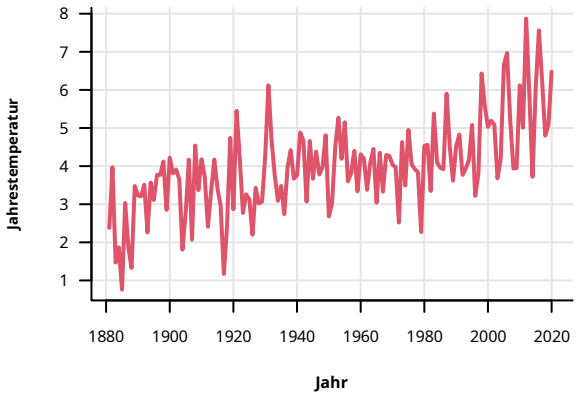

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 45
0,31
0,2
0,16 0,18 0,17 0,17 0,15 0,17
0,24
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,76
2
4
6
8
10
Verzögerung

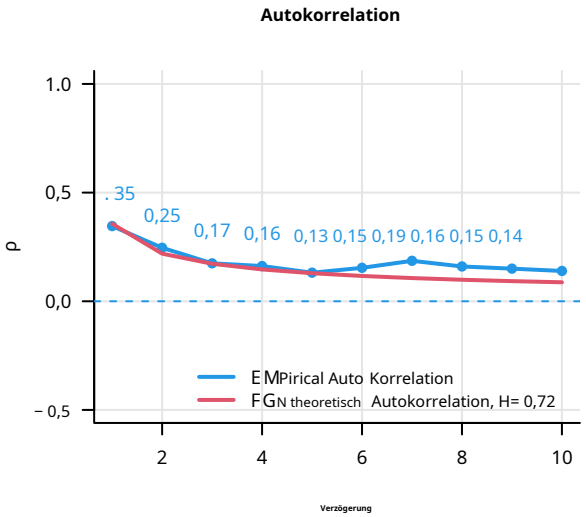

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
– 1
– 2
– 3
1900
1950
2000

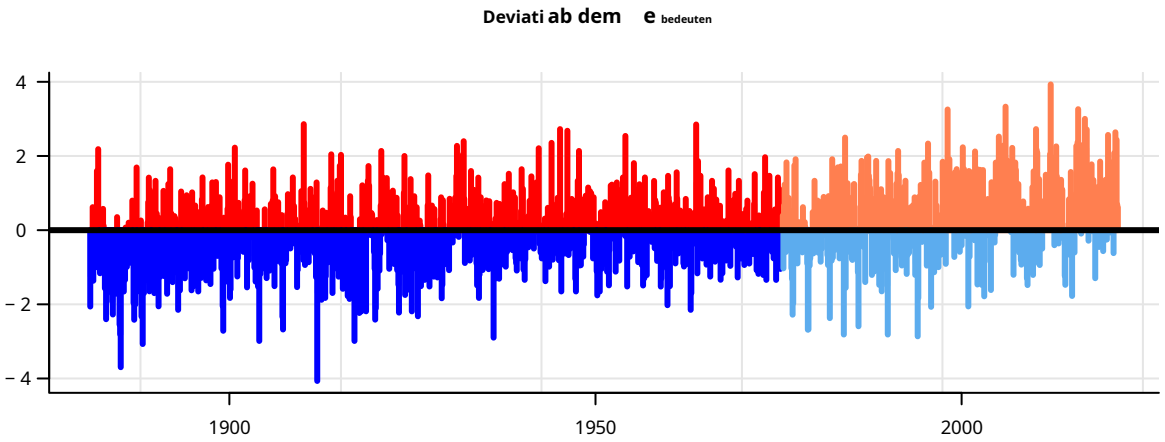

Selbstähnlichkeit te ST
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,77
– 1,0
– 1,5
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

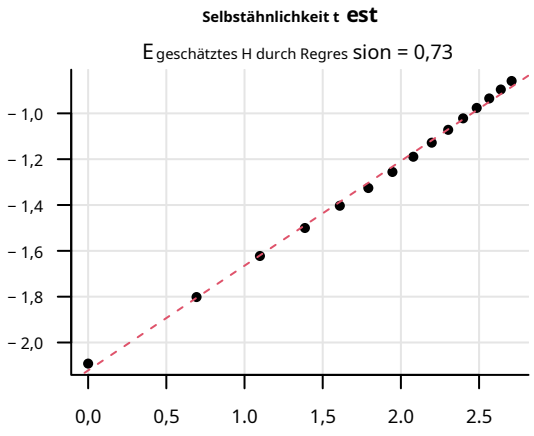

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 2,01
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

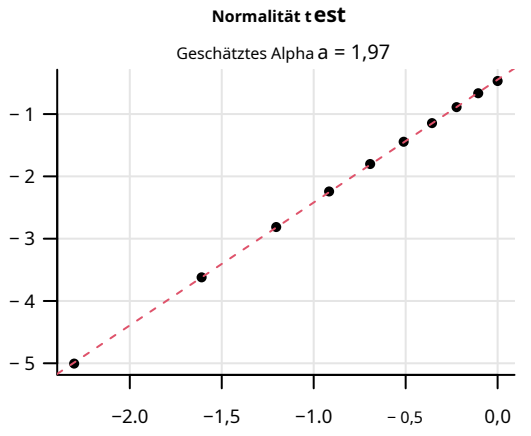
Marquette


Jahrestemperatur
8
7
6
5
4
3
2
1
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

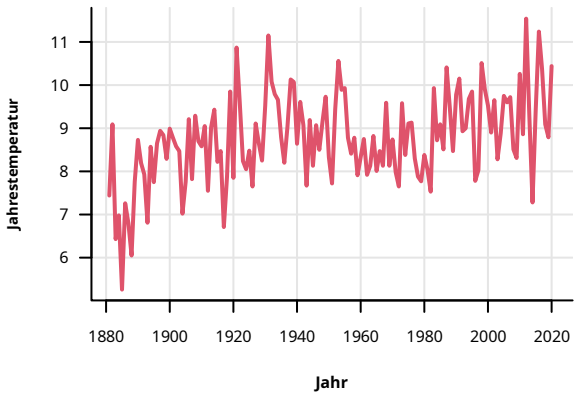

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 35
0,25
0,17
0,16
0,13 0,15 0,19 0,16 0,15 0,14
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,72
2
4
6
8
10
Verzögerung

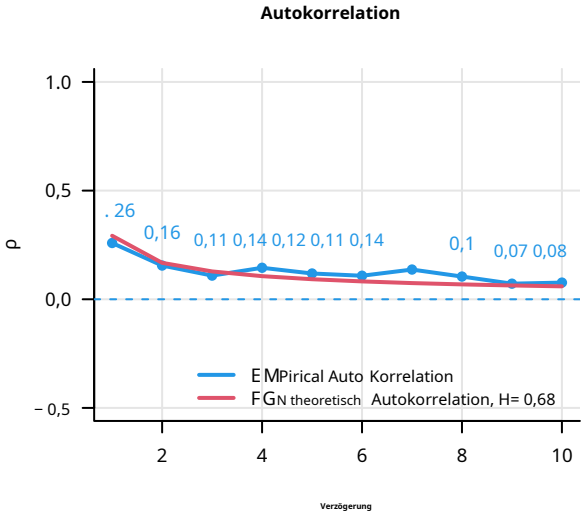

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

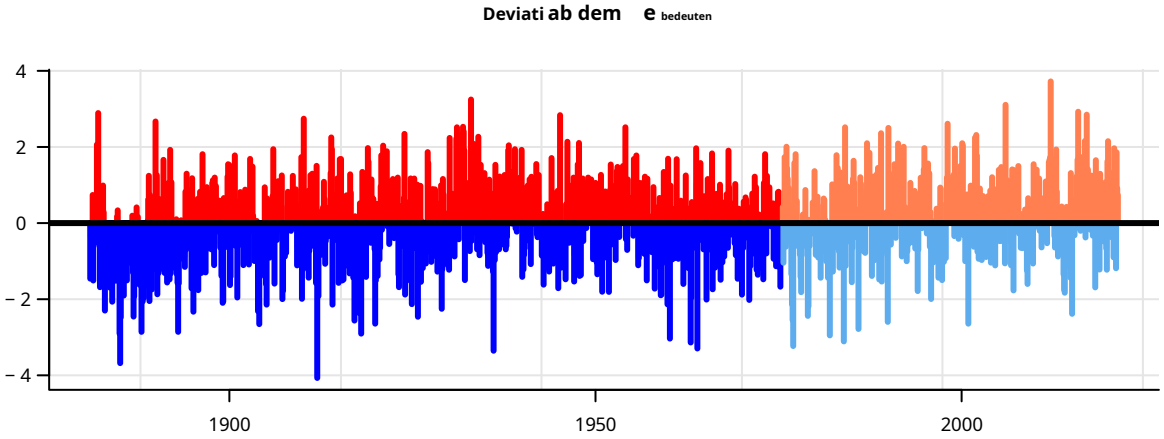

Selbstähnlichkeit t est
E geschätztes H durch Regres sion = 0,73
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

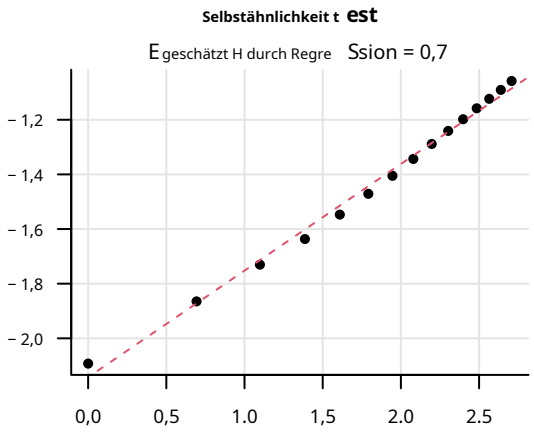

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

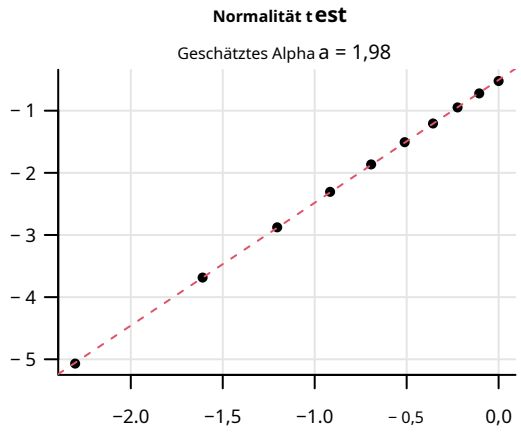
Milwaukee


Jahrestemperatur
11
10
9
8
7
6
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

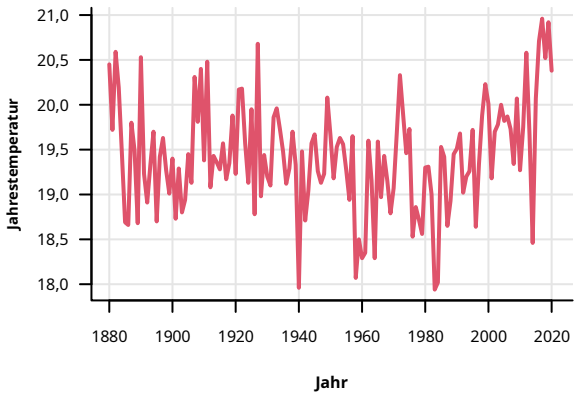

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 26
0,16
0,11 0,14 0,12 0,11 0,14
0,1
0,07 0,08
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

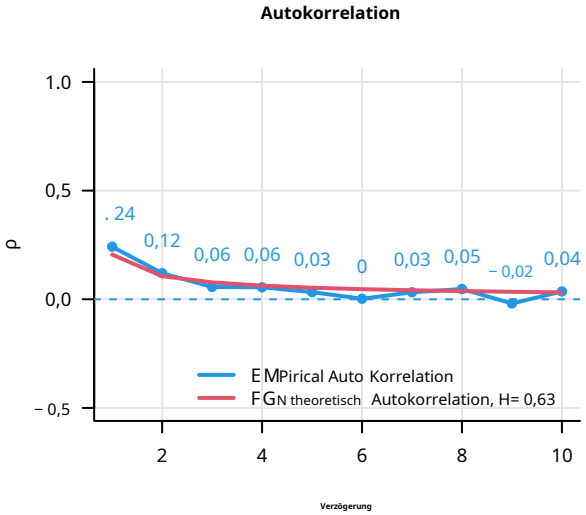

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

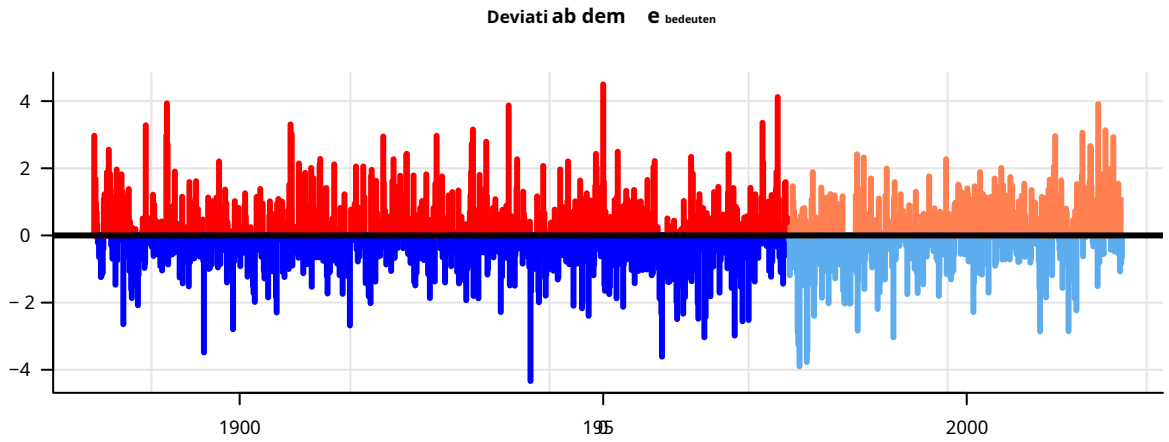

Selbstähnlichkeit t est
E geschätzt H durch Regre Ssion = 0,7
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

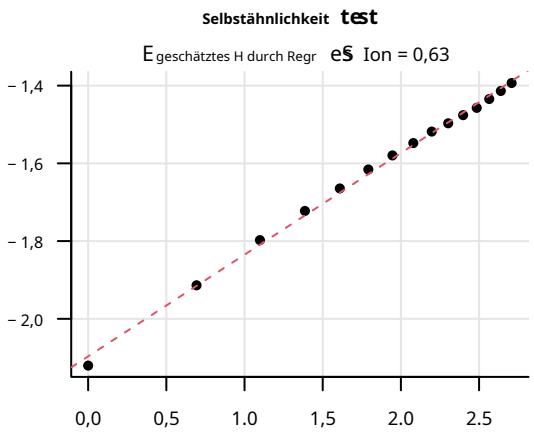

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

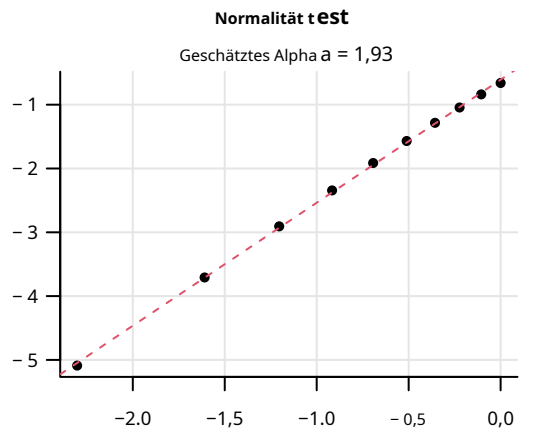
Mobile


21,0
20,5
20,0
19,5
19,0
18,5
18,0
Jahrestemperatur
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

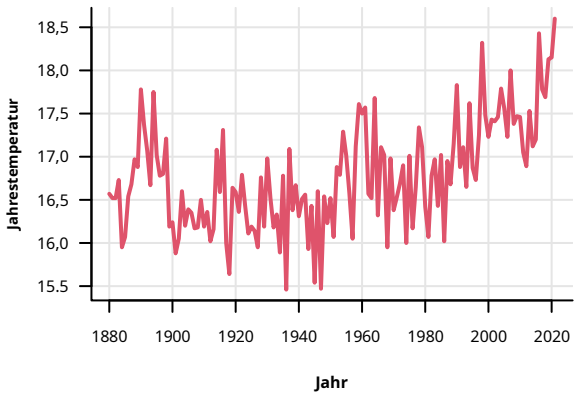

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 24
0,12
0,06
0,06
0,03
0
0,03
0,05
– 0,02
0,04
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,63
2
4
6
8
10
Verzögerung

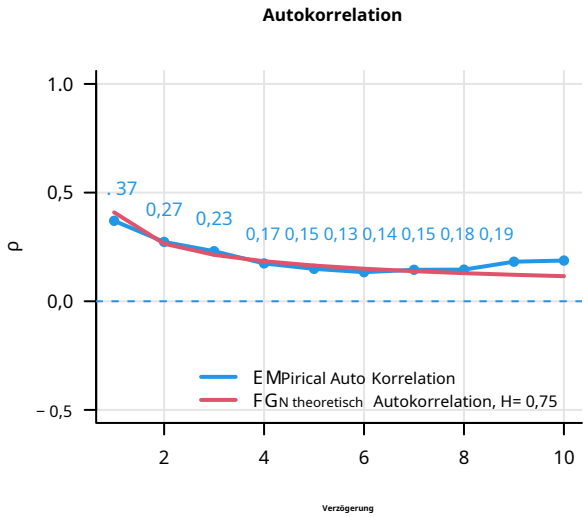

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
–4
1900
2000

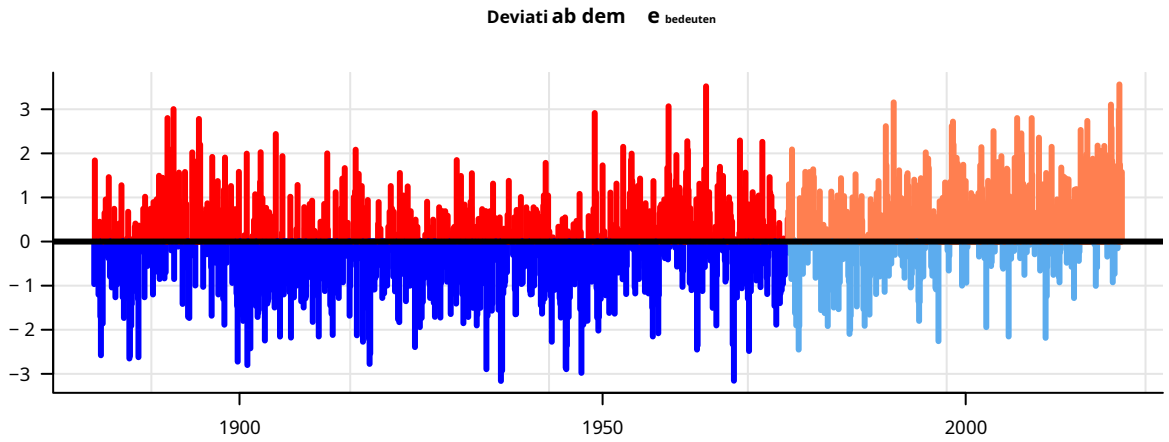

Selbstähnlichkeit test
E geschätztes H durch Regr es Ion = 0,63
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

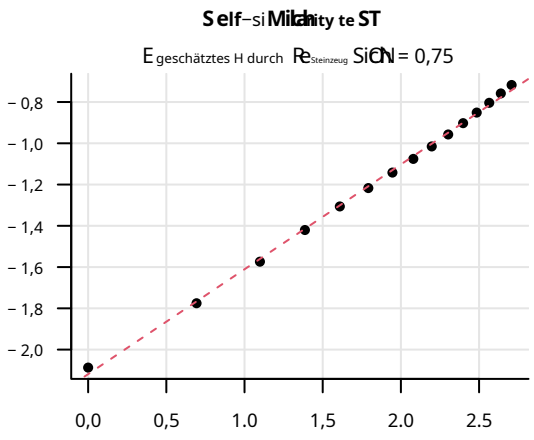

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,93
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
–2.0
–1,5
–1.0
– 0,5
0,0

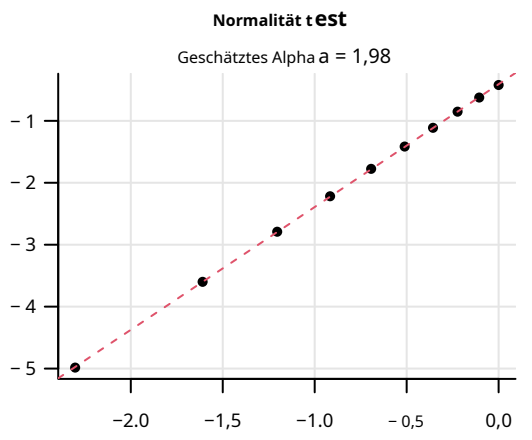
Nagasaki


Jahrestemperatur
18,5
18,0
17,5
17,0
16,5
16,0
15.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

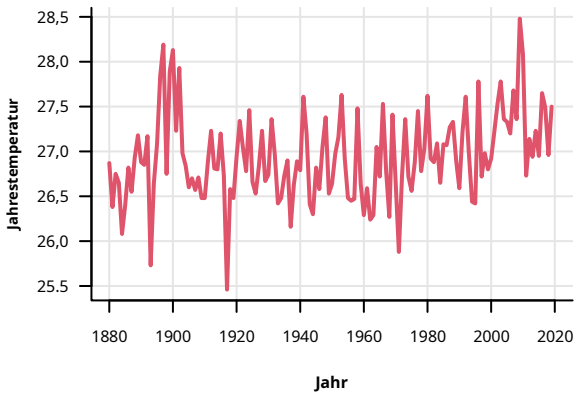

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 37
0,27
0,23
0,17 0,15 0,13 0,14 0,15 0,18 0,19
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,75
2
4
6
8
10
Verzögerung

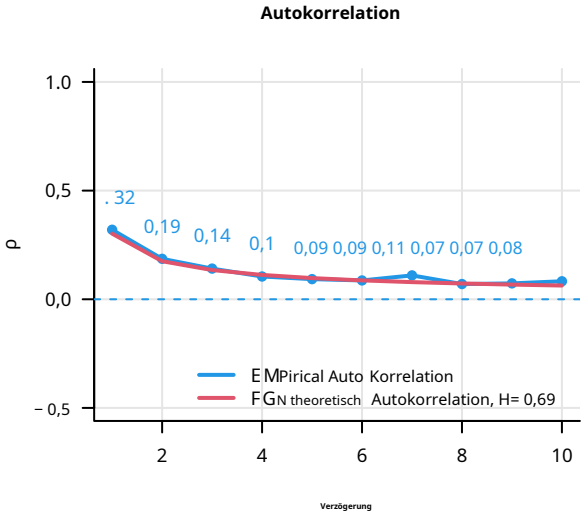

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
– 1
– 2
–3
1900
1950
2000

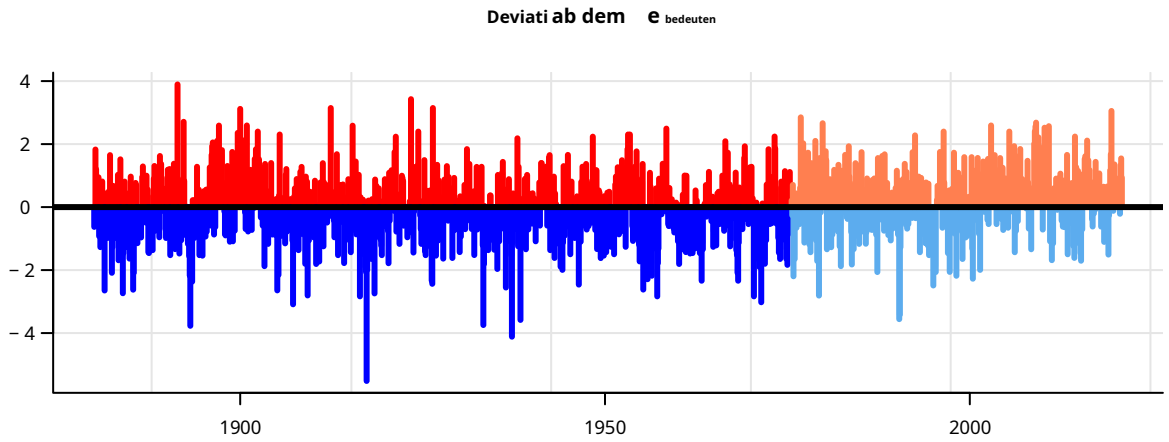

Self–si Mikdnity te ST
E geschätztes H durch Re steinzeug SiCN = 0,75
– 0,8
– 1,0
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2,5

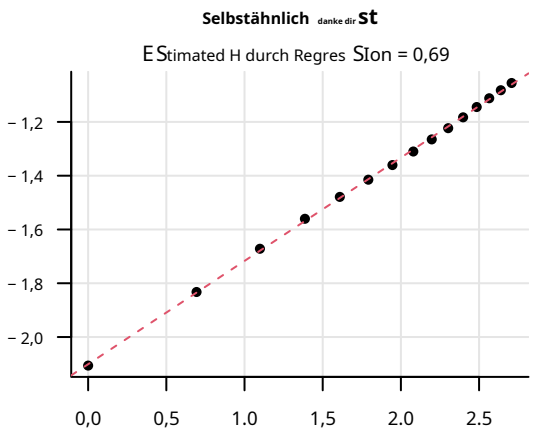

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,98
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

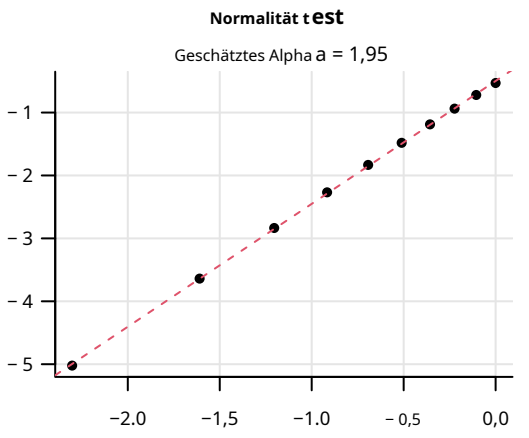
Nagpur


28,5
28,0
27,5
27,0
26,5
26,0
25.5
Jahrestemperatur
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

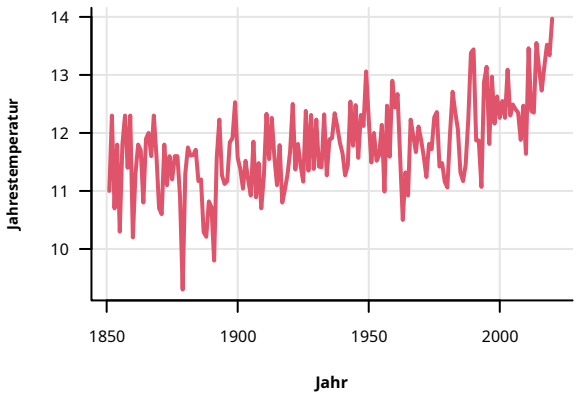

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 32
0,19
0,14
0,1
0,09 0,09 0,11 0,07 0,07 0,08
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,69
2
4
6
8
10
Verzögerung

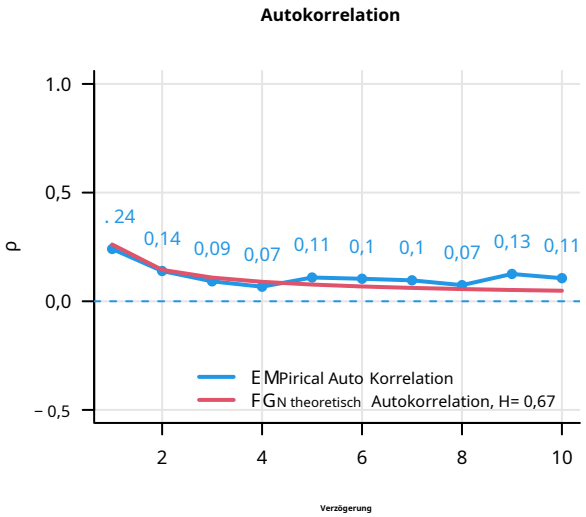

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

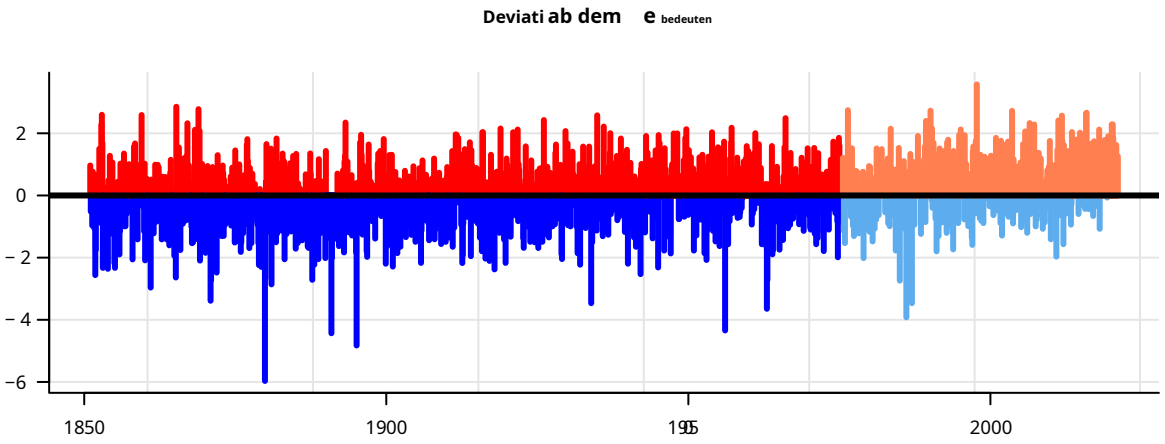

Selbstähnlich danke dir st
EStimated H durch Regres SIon = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

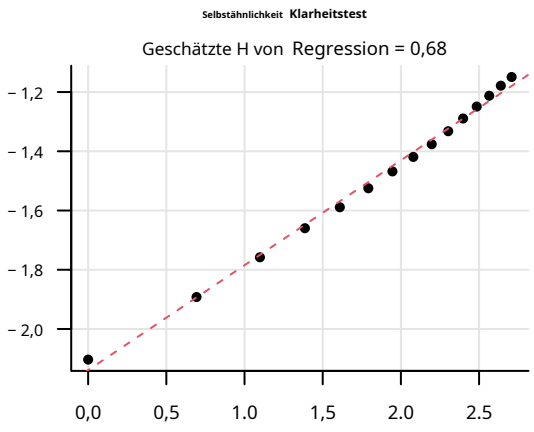

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

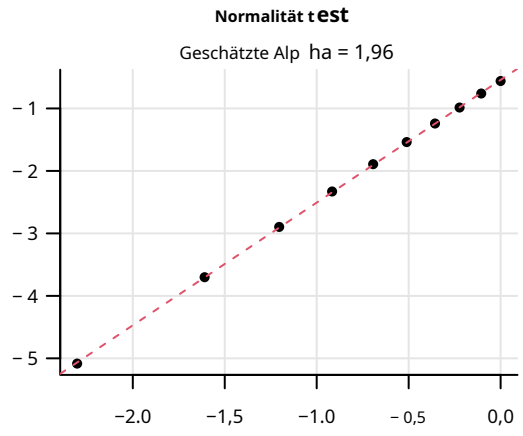
Nantes


Jahrestemperatur
14
13
12
11
10
1850
1900
1950
2000
Jahr

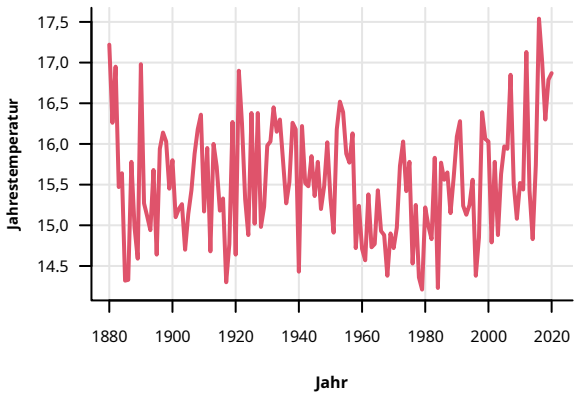

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 24
0,14
0,09
0,07
0,11
0,1
0,1
0,07
0,13
0,11
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

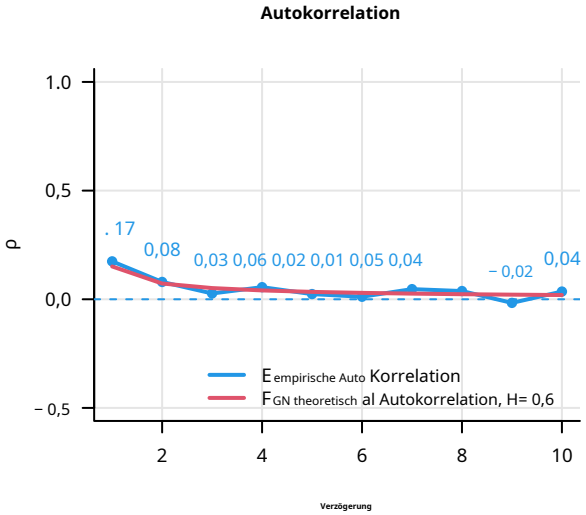

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
−6
1850
1900
2000

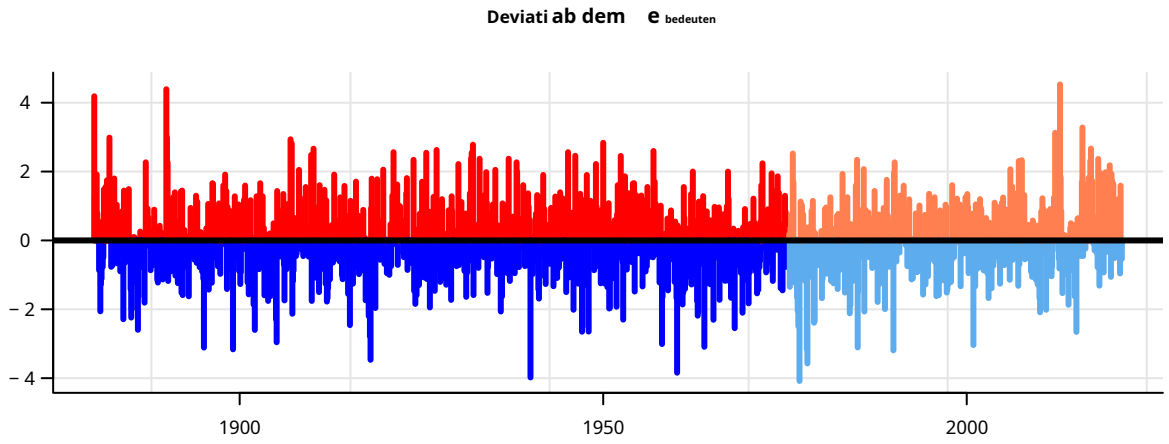

Selbstähnlichkeit Klarheitstest
Geschätzte H von Regression = 0,68
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

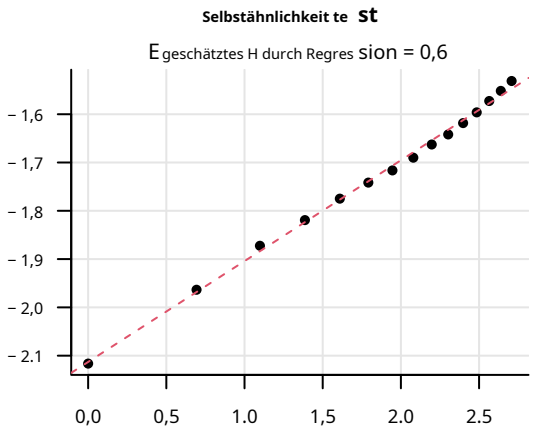

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

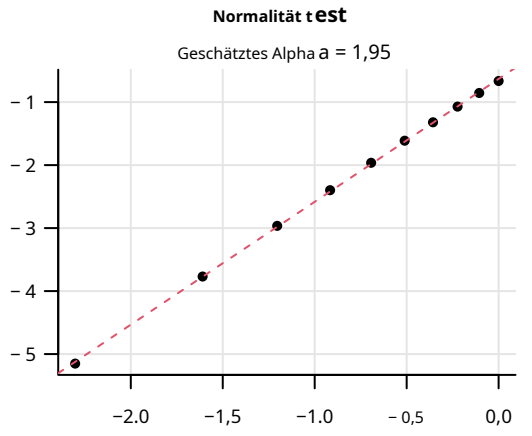
Nashville


Jahrestemperatur
17,5
17,0
16,5
16,0
15,5
15,0
14.5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

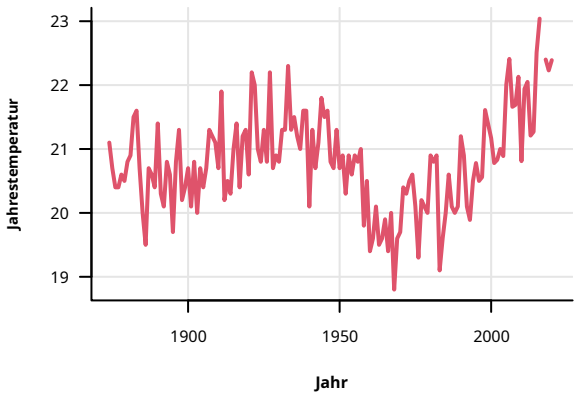

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 17
0,08
0,03 0,06 0,02 0,01 0,05 0,04
– 0,02
0,04
E empirische Auto Korrelation
F GN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,6
2
4
6
8
10
Verzögerung

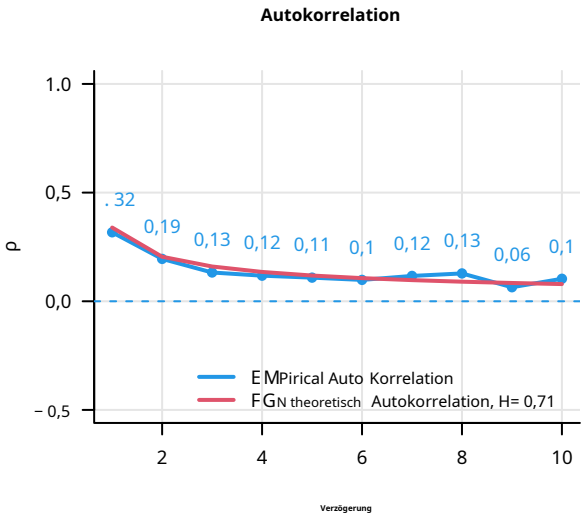

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
– 4
1900
1950
2000

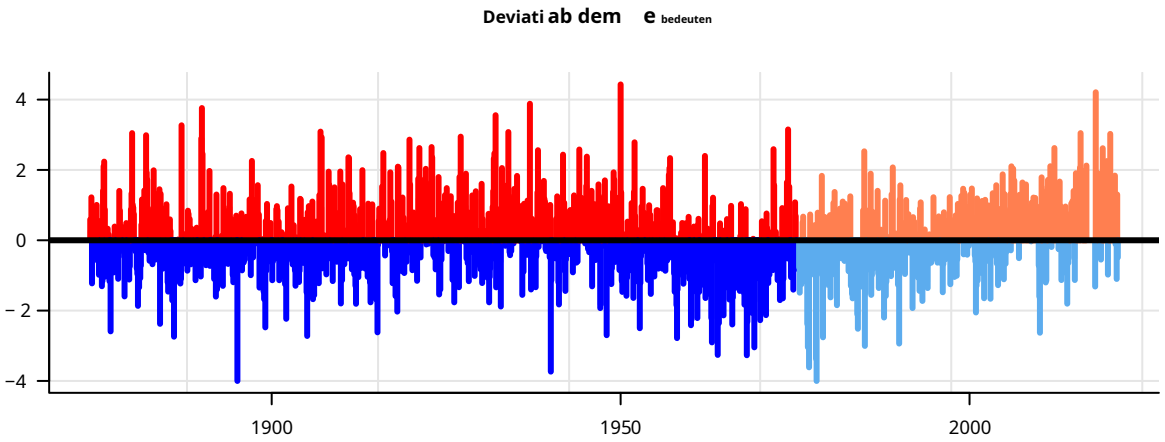

Selbstähnlichkeit te st
E geschätztes H durch Regres sion = 0,6
– 1,6
– 1,7
– 1,8
– 1,9
– 2,0
– 2.1
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

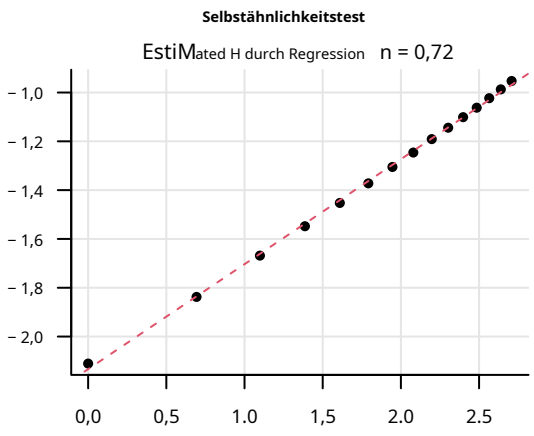

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,95
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

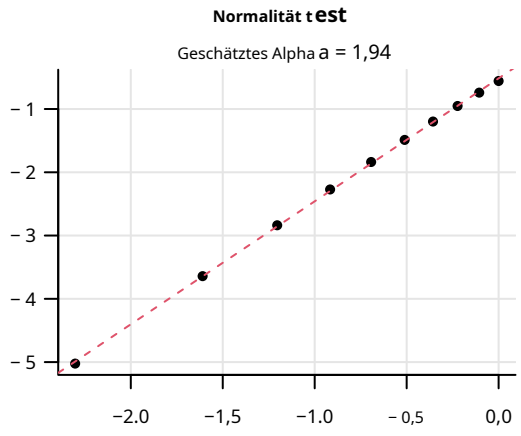
New Orleans


Jahrestemperatur
23
22
21
20
19
1900
1950
2000
Jahr

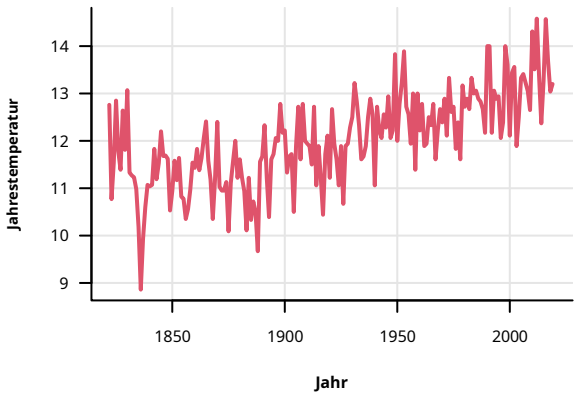

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 32
0,19
0,13
0,12
0,11
0,1
0,12
0,13
0,06
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,71
2
4
6
8
10
Verzögerung

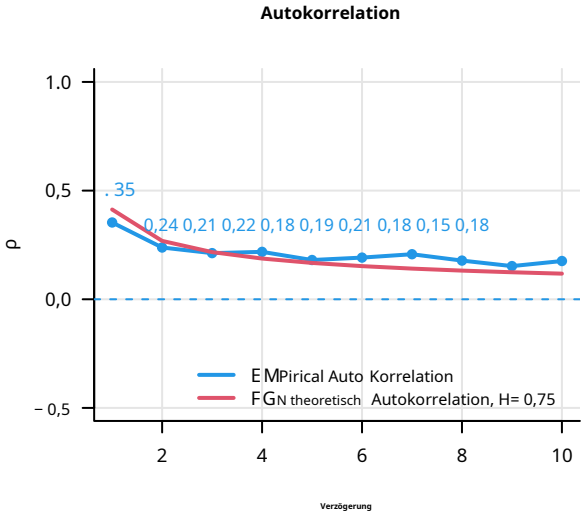

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
–4
1900
1950
2000

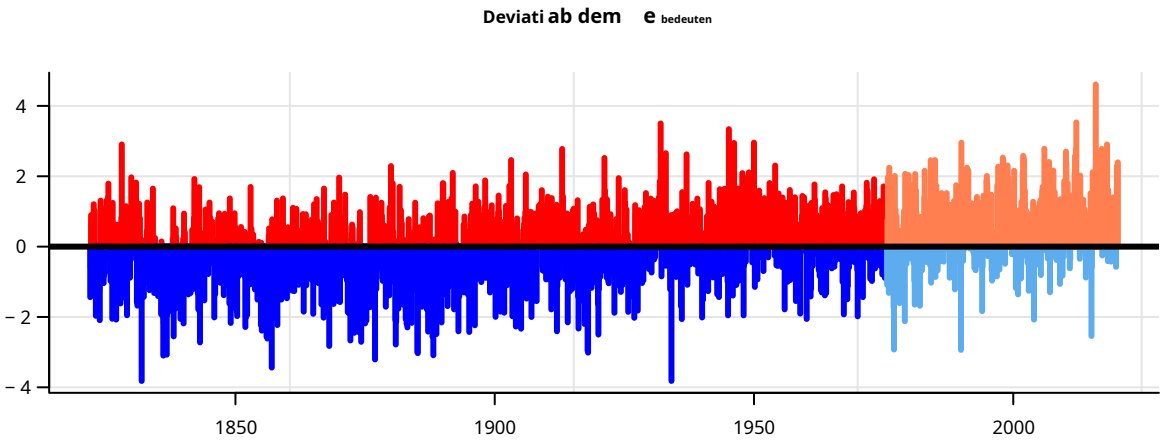

Selbstähnlichkeitstest
EstiMated H durch Regression n = 0,72
– 1,0
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

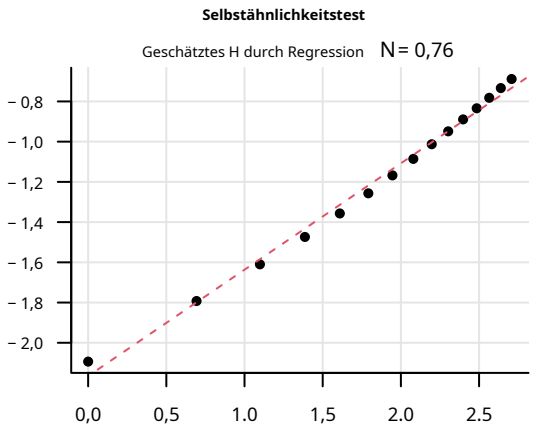

Normalität test
Geschätztes Alpha a = 1,94
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
–2.0
–1,5
–1.0
– 0,5
0,0

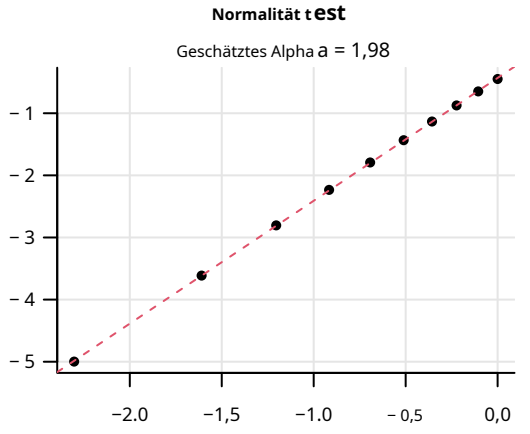
New York


Jahrestemperatur
14
13
12
11
10
9
1850
1900
1950
2000
Jahr

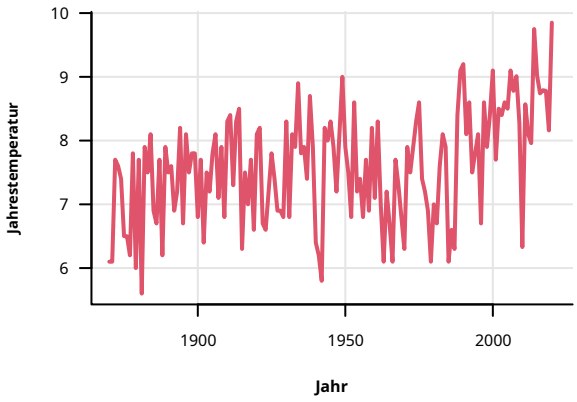

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 35
0,24 0,21 0,22 0,18 0,19 0,21 0,18 0,15 0,18
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,75
2
4
6
8
10
Verzögerung

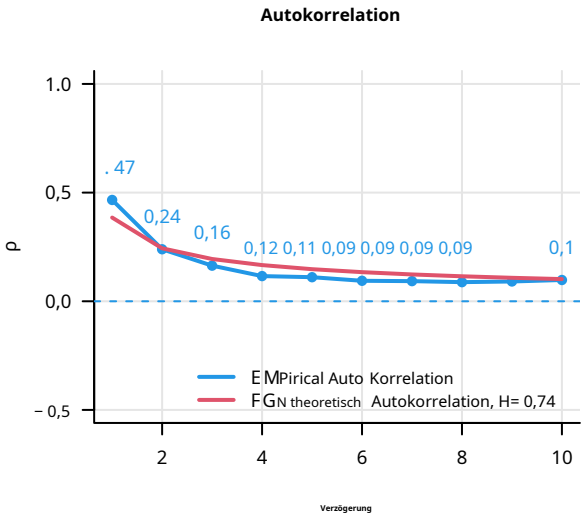

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
− 2
− 4
1850
1900
1950
2000

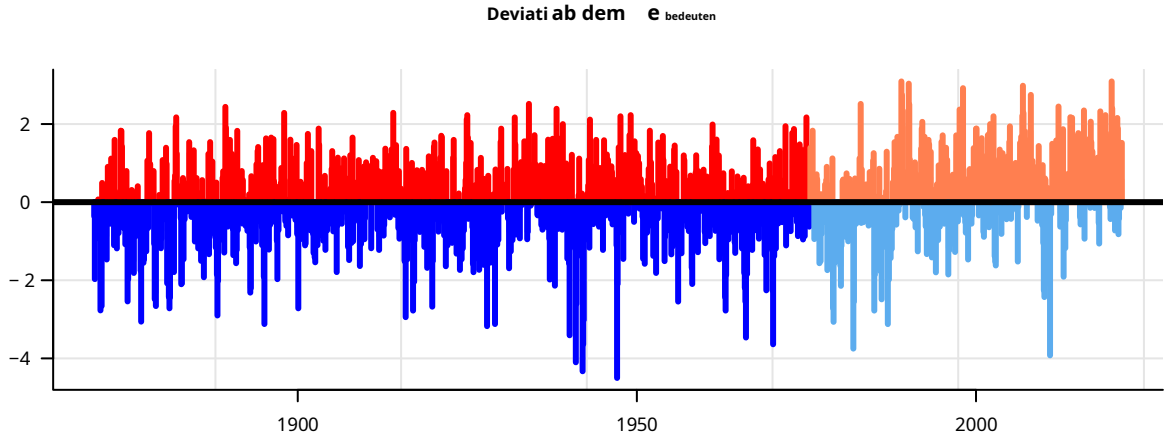

Selbstähnlichkeitstest
Geschätztes H durch Regression N= 0,76
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

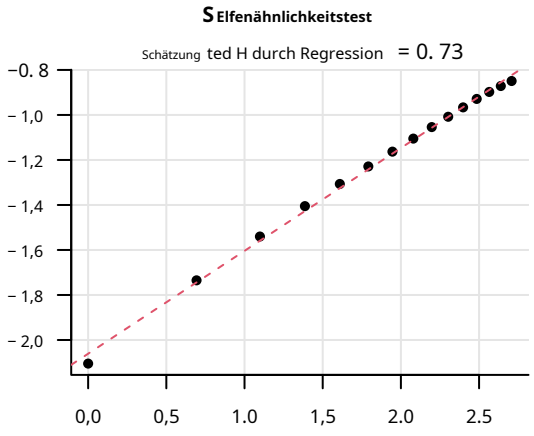

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

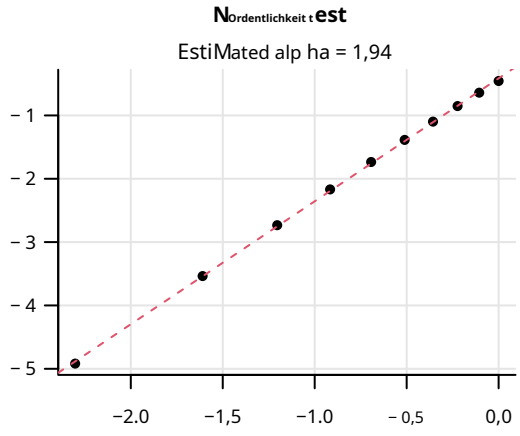
Oksoy Leuchtturm



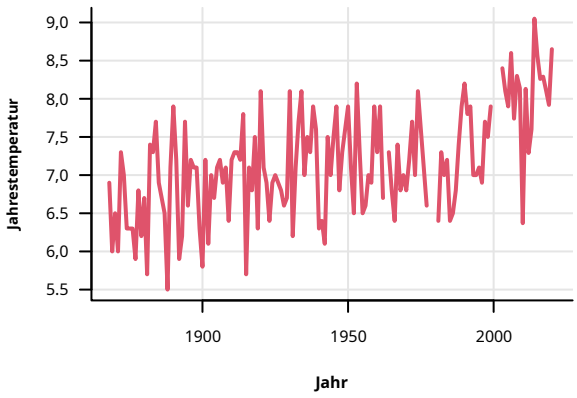


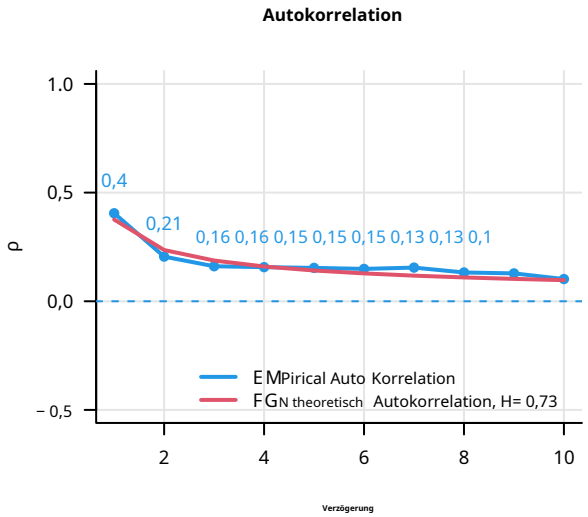


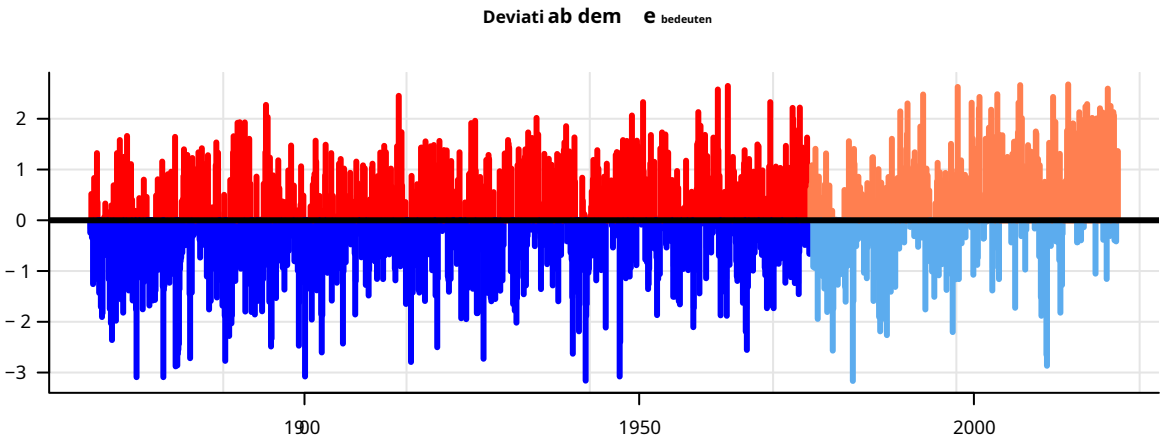


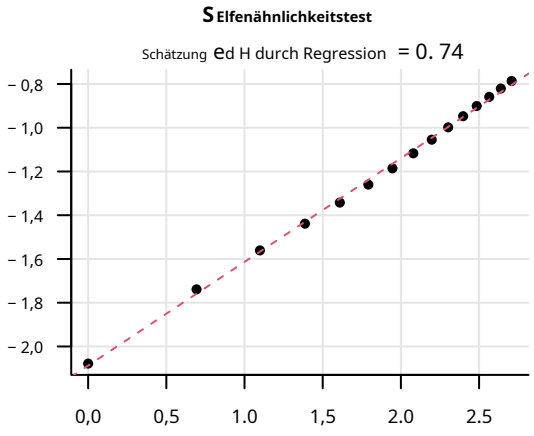


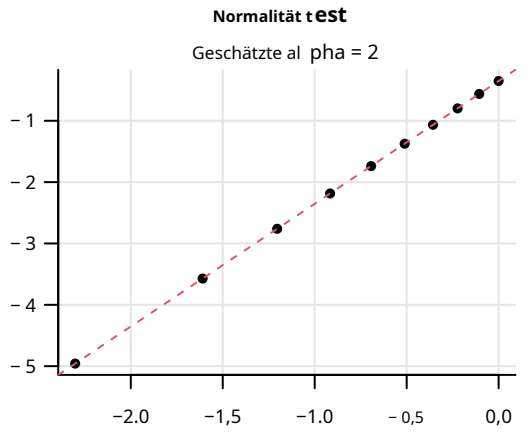
Ona


Jahrestemperatur
9,0
8,5
8,0
7,5
7,0
6,5
6,0
5.5
1900
1950
2000
Jahr

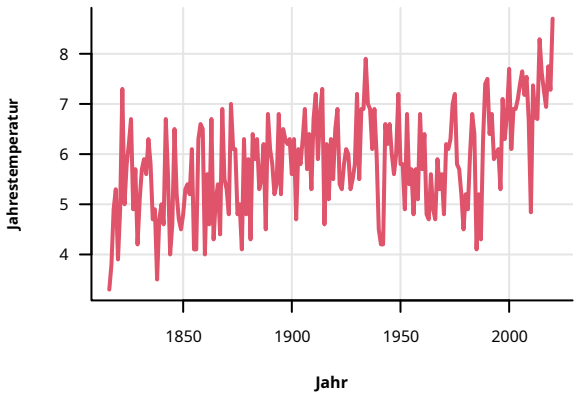

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,4
0,21
0,16 0,16 0,15 0,15 0,15 0,13 0,13 0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,73
2
4
6
8
10
Verzögerung

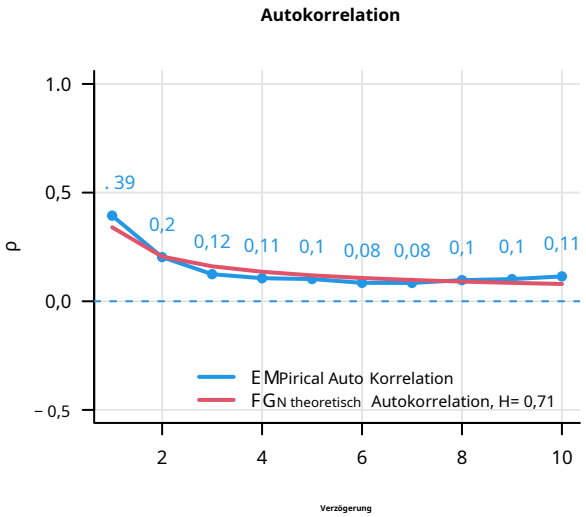

Deviati ab dem e bedeuten
2
1
0
− 1
− 2
−3
1900
1950
2000

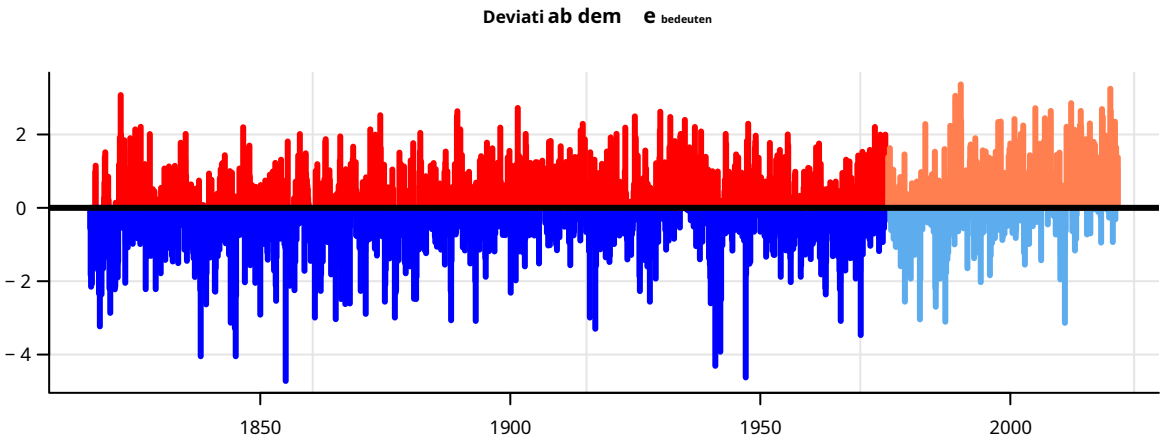

S Elfenähnlichkeitstest
Schätzung ed H durch Regression = 0. 74
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

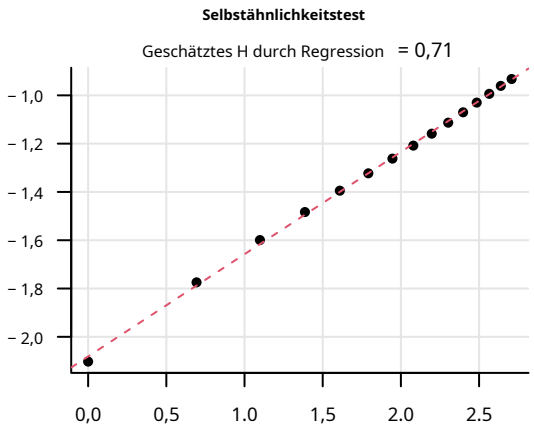

Normalität t est
Geschätzte al pha = 2
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

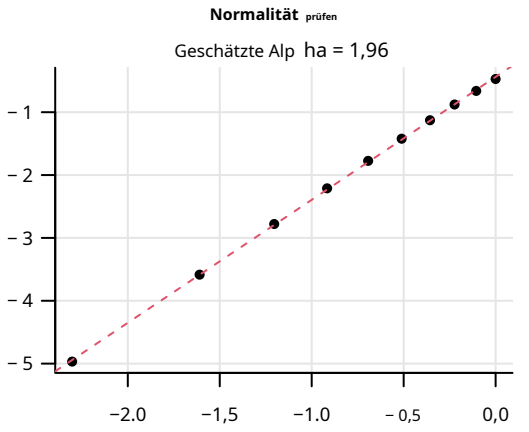
Oslo


Jahrestemperatur
8
7
6
5
4
1850
1900
1950
2000
Jahr

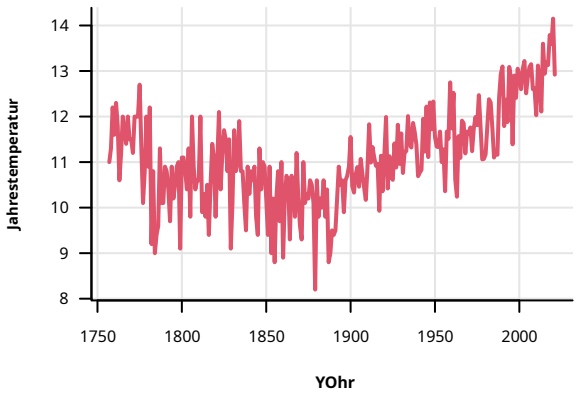

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 39
0,2
0,12
0,11
0,1
0,08
0,08
0,1
0,1
0,11
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,71
2
4
6
8
10
Verzögerung

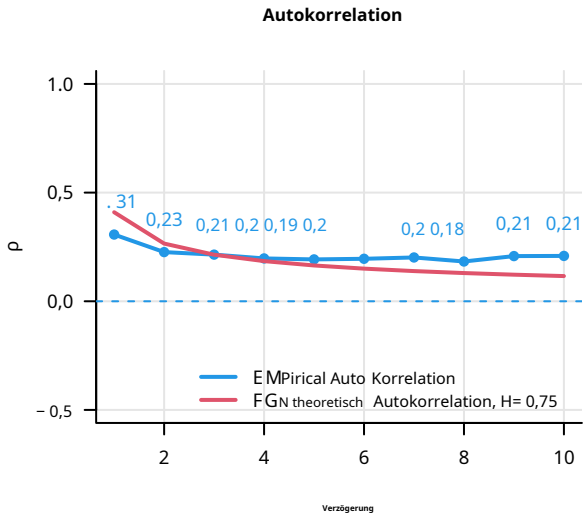

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1850
1900
1950
2000

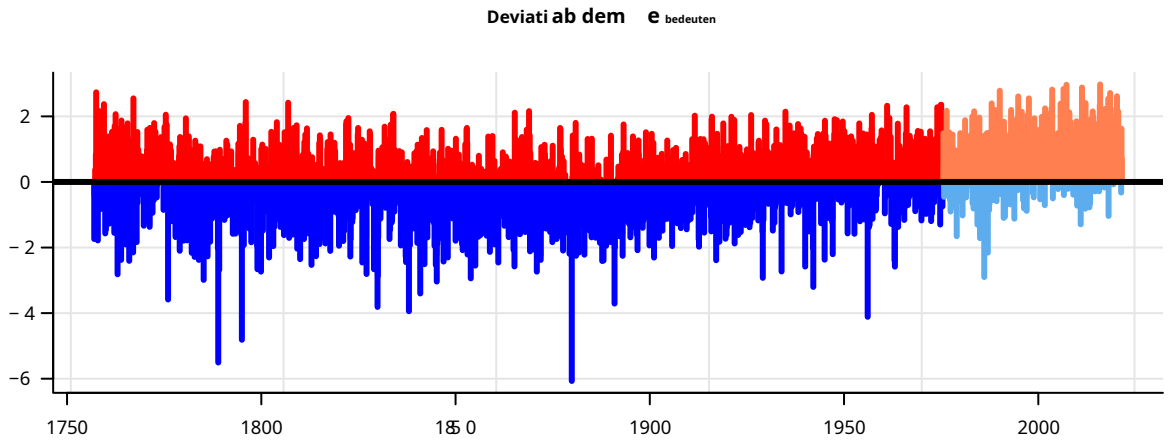

Selbstähnlichkeitstest
Geschätztes H durch Regression = 0,71
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

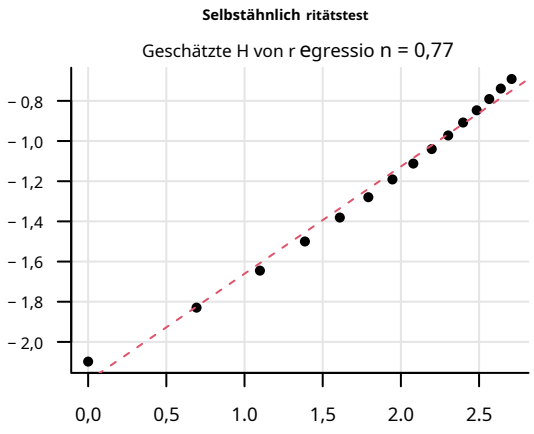

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

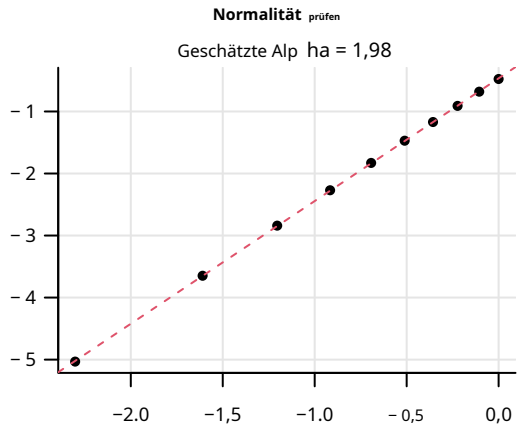
Paris


Jahrestemperatur
14
13
12
11
10
9
8
1750
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

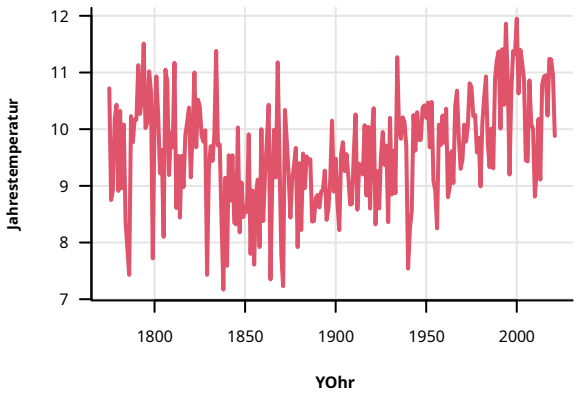

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
.31
0,23
0,21 0,2 0,19 0,2
0,2 0,18
0,21
0,21
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,75
2
4
6
8
10
Verzögerung

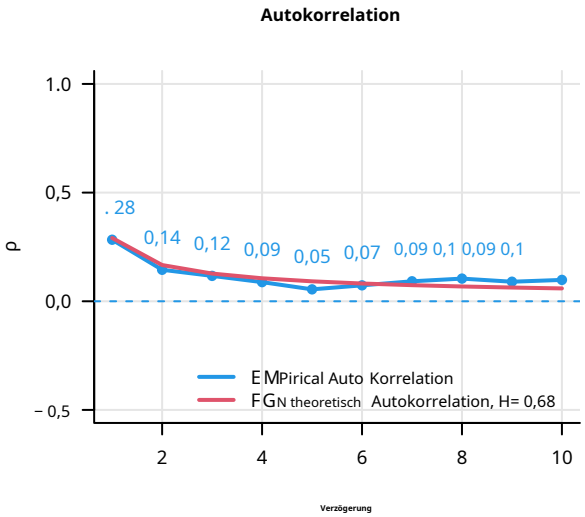

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
−6
1750
1800
1900
1950
2000

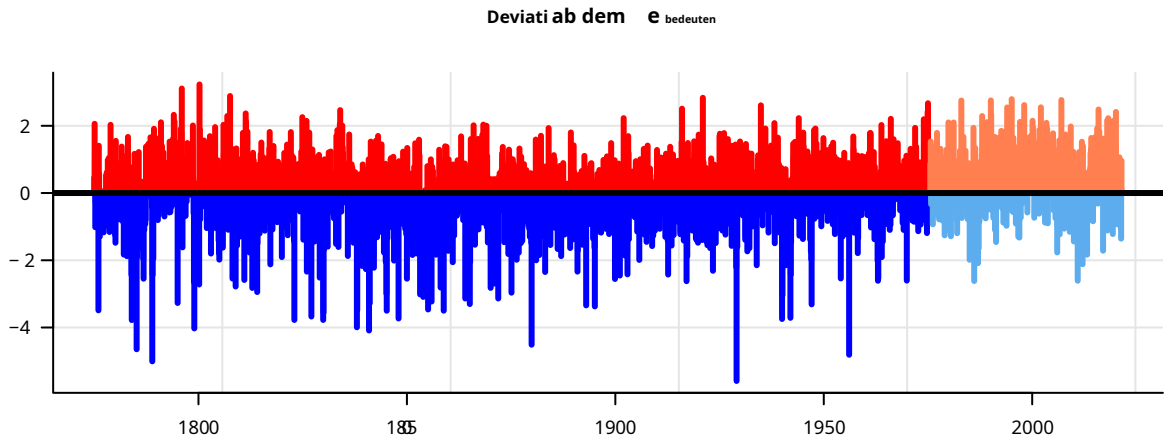

Selbstähnlich ritätstest
Geschätzte H von r egressio n = 0,77
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

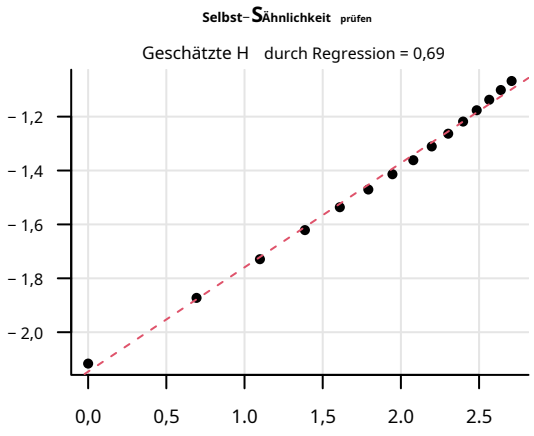

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,98
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

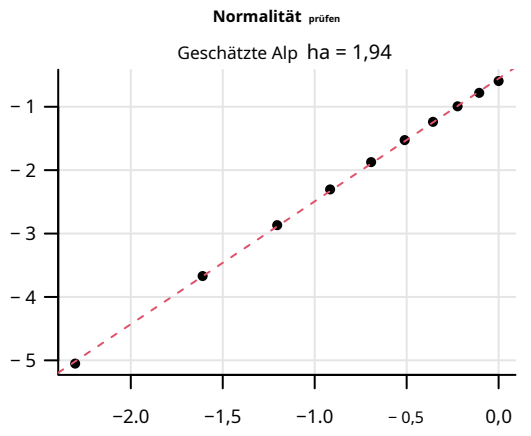
Prag


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
7
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

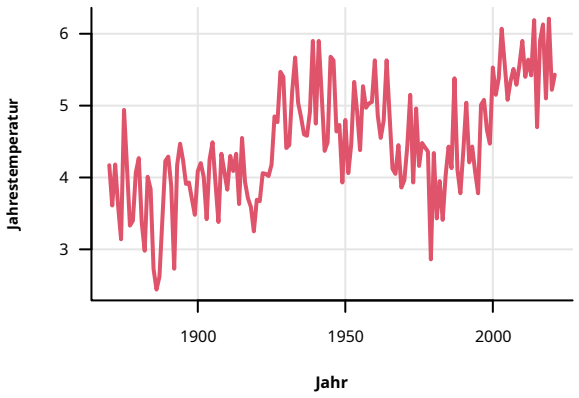

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 28
0,14
0,12
0,09
0,05
0,07
0,09
0,1
0,09
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

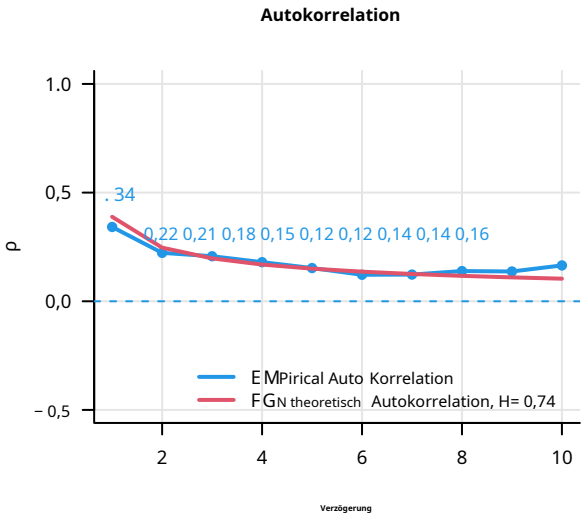

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1800
1900
1950
2000

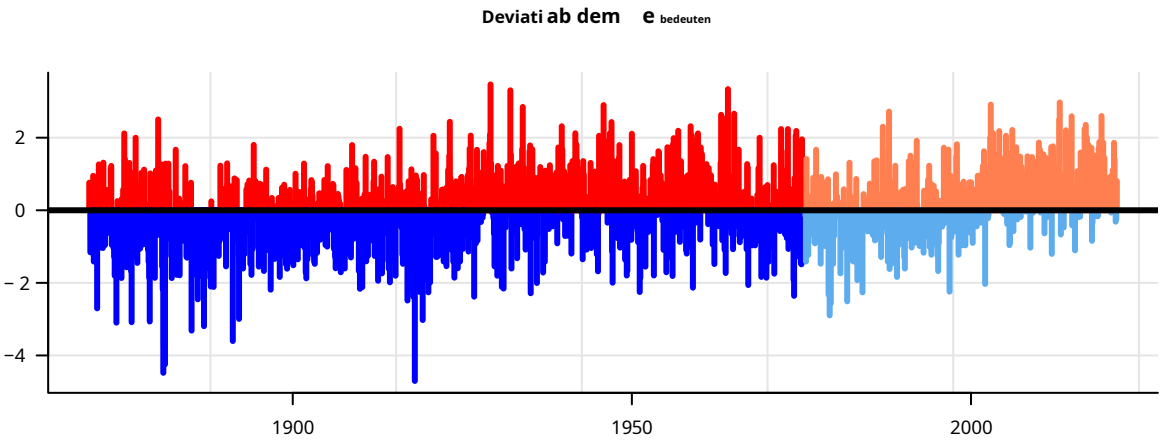

Selbst-Ähnlichkeit prüfen
Geschätzte H durch Regression = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

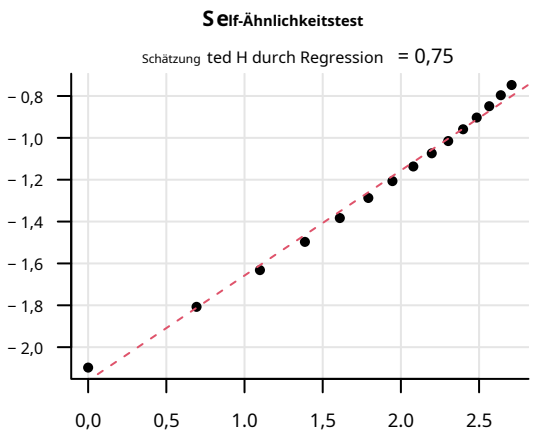

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,94
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

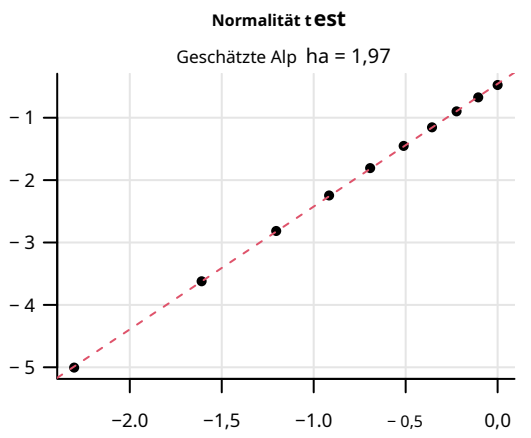
Reykjavik


Jahrestemperatur
6
5
4
3
1900
1950
2000
Jahr

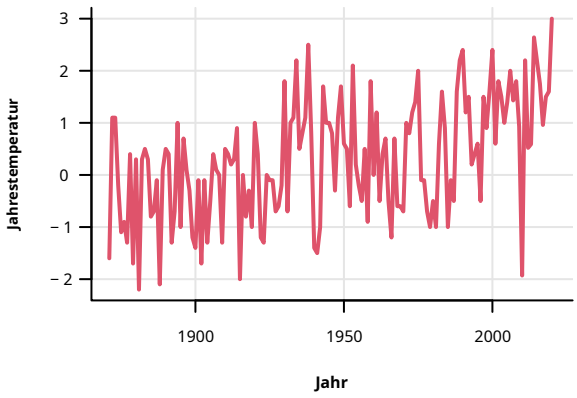

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 34
0,22 0,21 0,18 0,15 0,12 0,12 0,14 0,14 0,16
EMpirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,74
2
4
6
8
10
Verzögerung

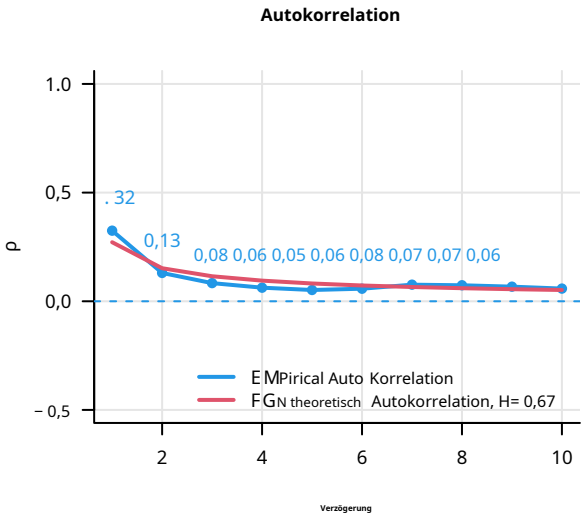

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

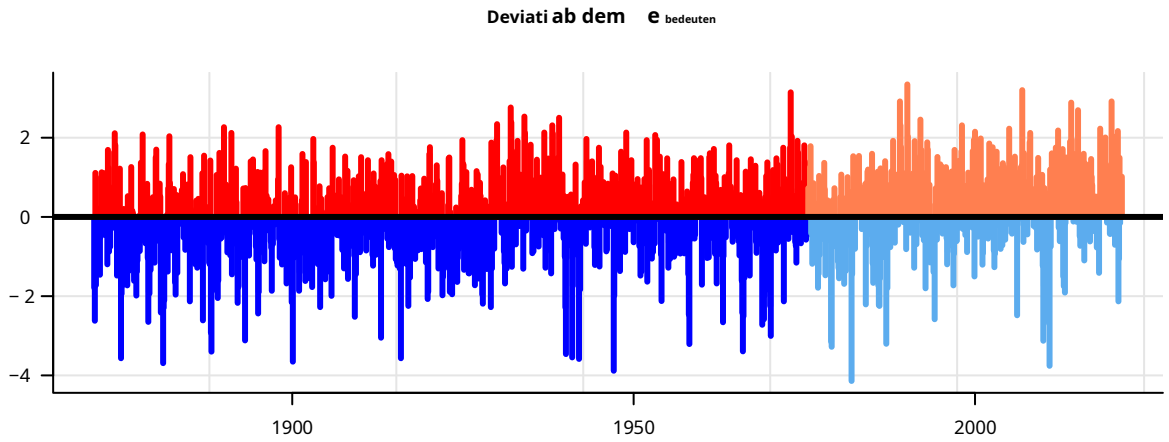

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzung ted H durch Regression = 0,75
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

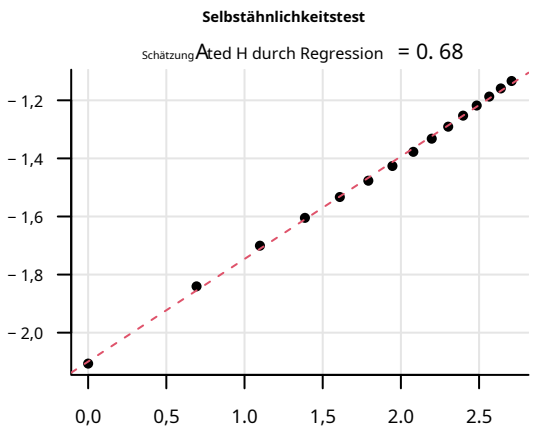

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,97
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

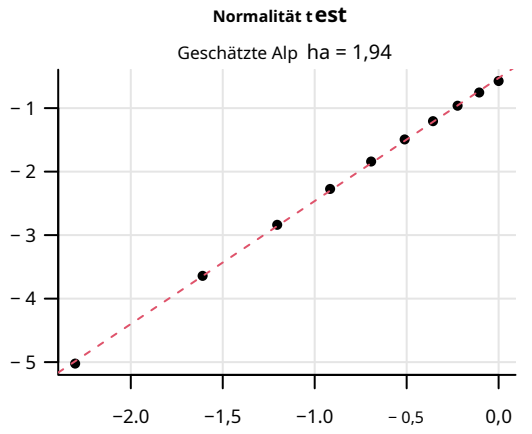
Röros


Jahrestemperatur
3
2
1
0
– 1
– 2
1900
1950
2000
Jahr

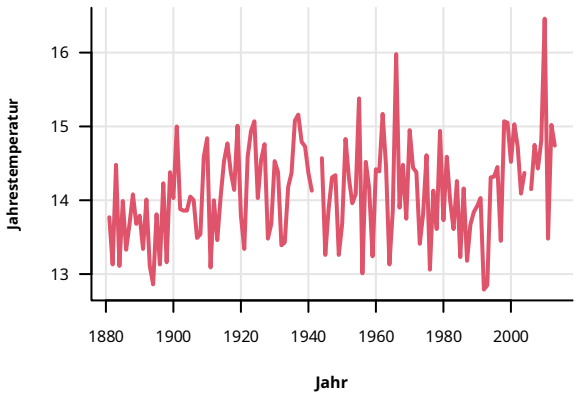

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 32
0,13
0,08 0,06 0,05 0,06 0,08 0,07 0,07 0,06
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

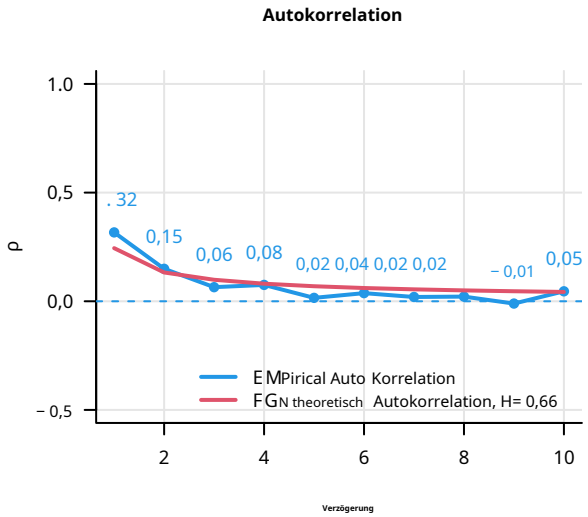

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
– 2
–4
1900
1950
2000

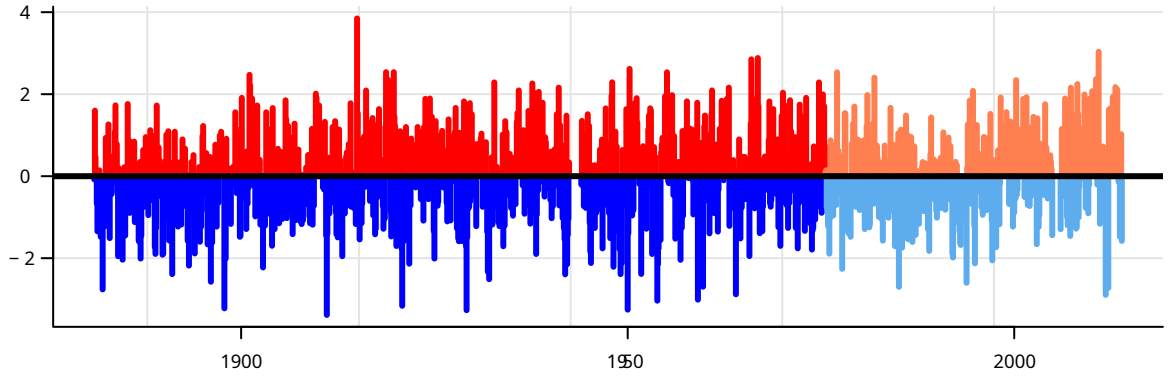

Selbstähnlichkeitstest
Schätzung Ated H durch Regression = 0. 68
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

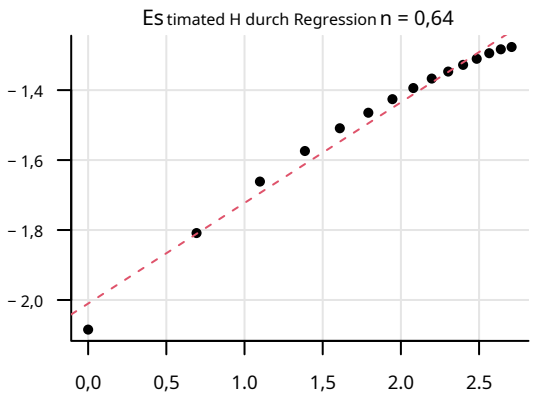

Normalität t est
Geschätzte Alp ha = 1,94
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
–2.0
–1,5
–1.0
– 0,5
0,0

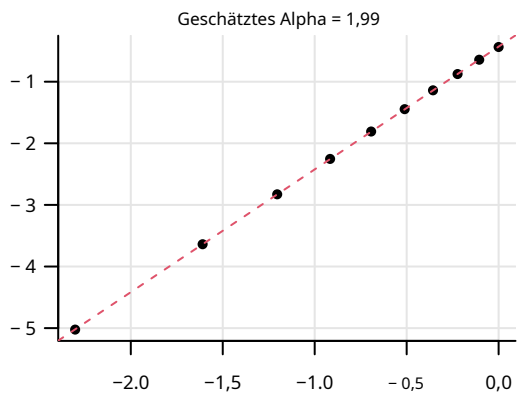
Sortieren


Jahrestemperatur
16
15
14
13
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
Jahr

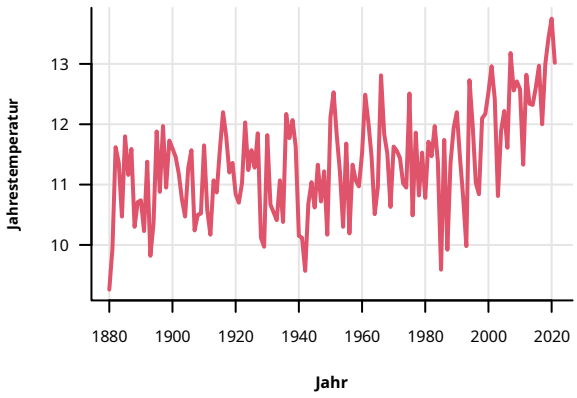

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 32
0,15
0,06
0,08
0,02 0,04 0,02 0,02
– 0,01
0,05
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,66
2
4
6
8
10
Verzögerung

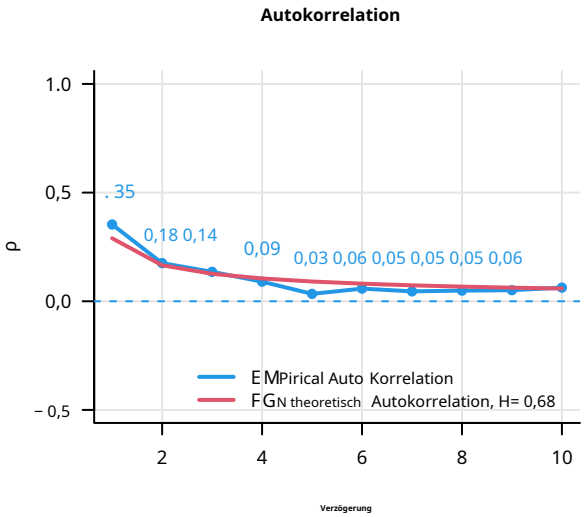

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
1900
1950
2000

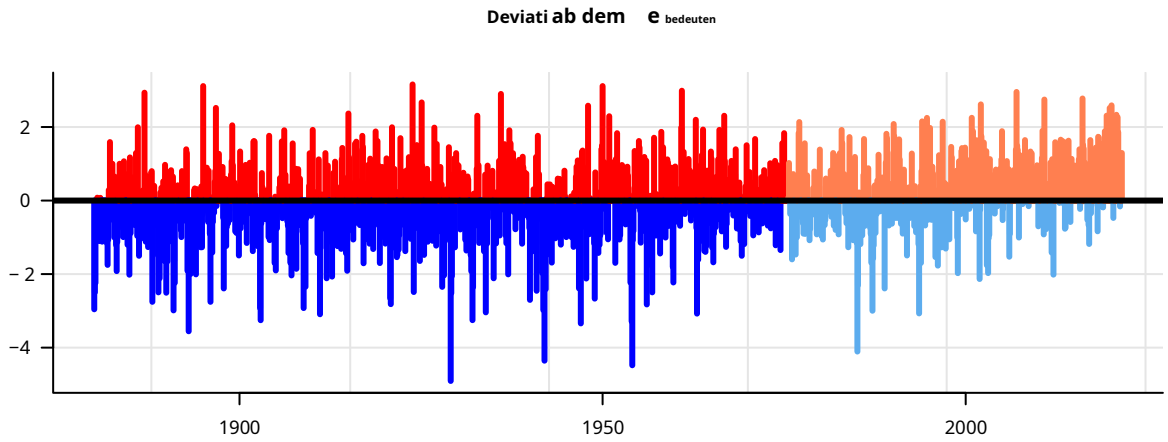

Selbstähnlichkeitstest
Estimated H durch Regression n = 0,64
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

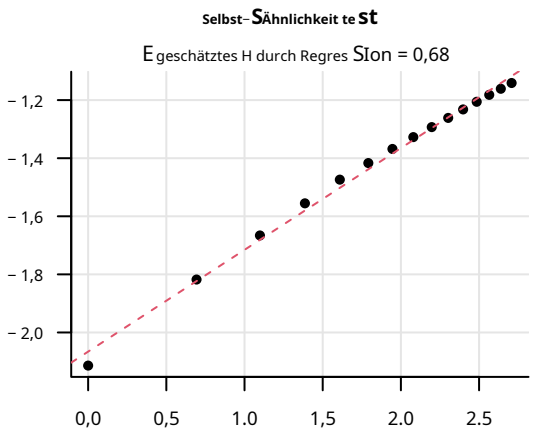

Normalitätstest
Geschätztes Alpha = 1,99
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

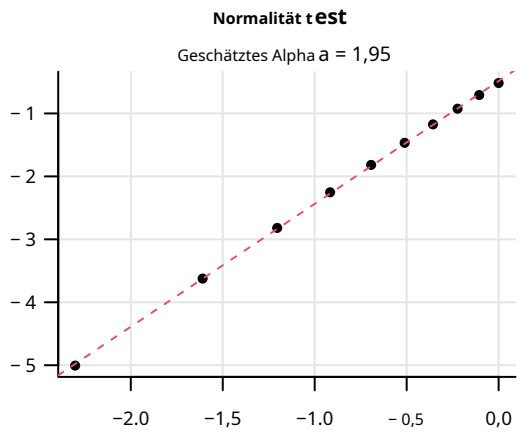
Sulina


Jahrestemperatur
13
12
11
10
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

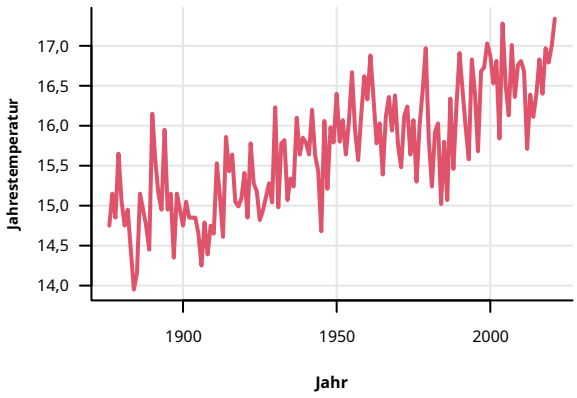

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 35
0,18 0,14
0,09
0,03 0,06 0,05 0,05 0,05 0,06
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

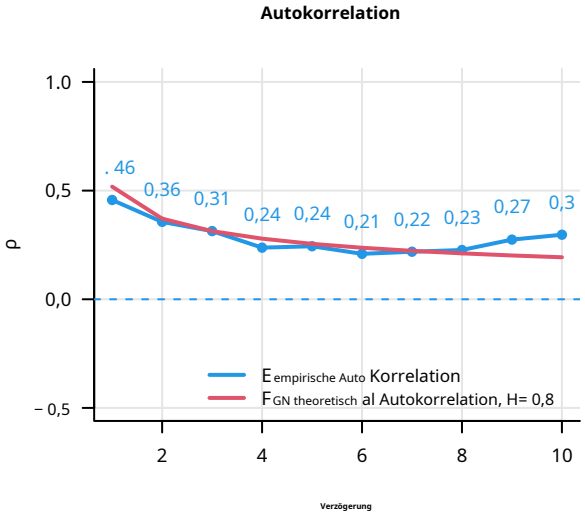

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
−4
1900
1950
2000

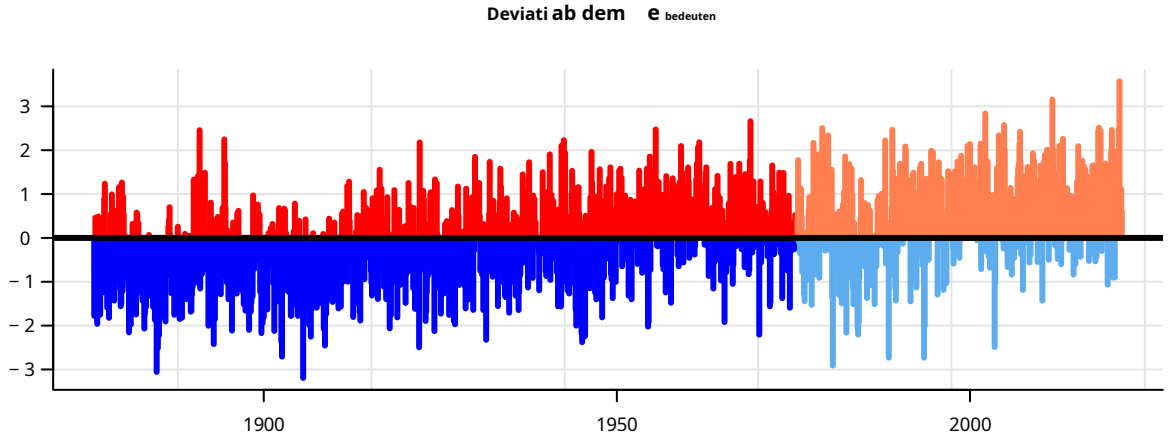

Selbst- Sähnlichkeit te st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,68
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

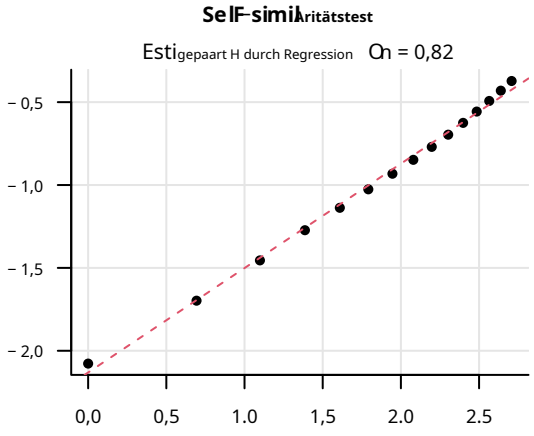

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

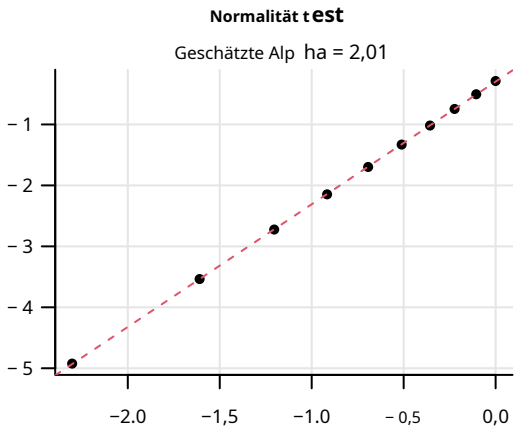
Tokio


Jahrestemperatur
17,0
16,5
16,0
15,5
15,0
14,5
14,0
1900
1950
2000
Jahr

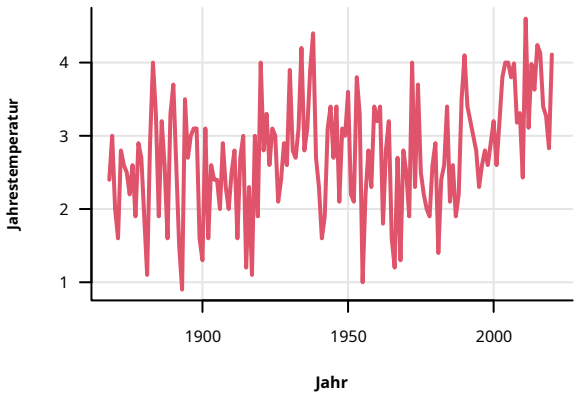

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 46
0,36
0,31
0,24
0,24
0,21
0,22
0,23
0,27
0,3
Empirische Auto Korrelation
FGN theoretisch al Autokorrelation, H= 0,8
2
4
6
8
10
Verzögerung

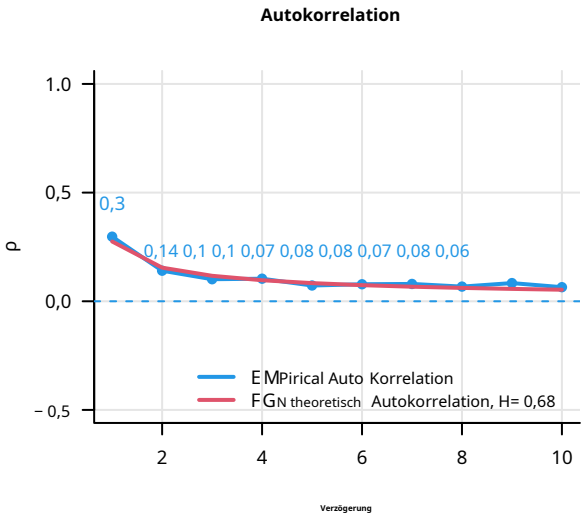

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
− 1
− 2
− 3
1900
1950
2000

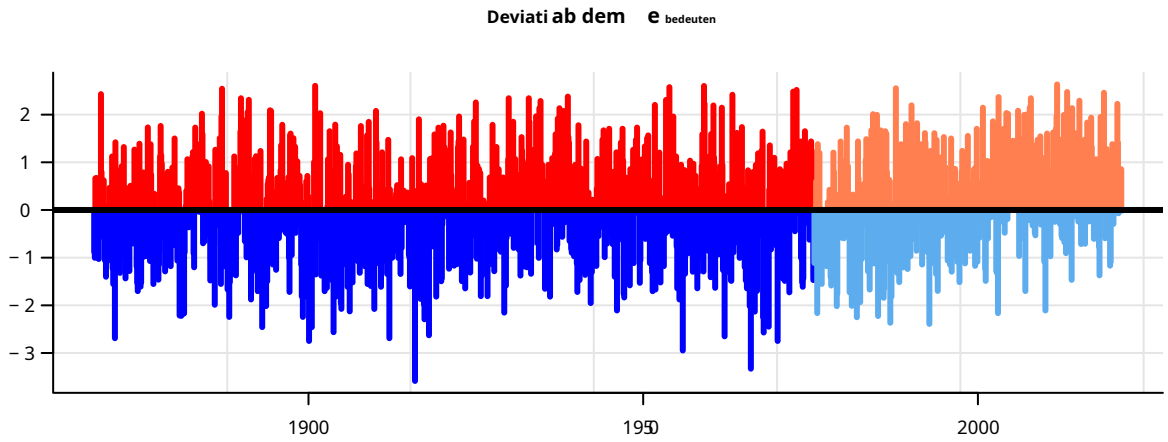

SelF-simiAritätstest
Esti gepaart H durch Regression On = 0,82
− 0,5
− 1,0
− 1,5
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

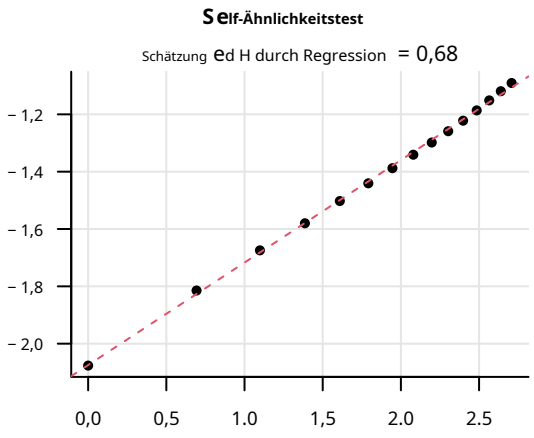

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 2,01
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

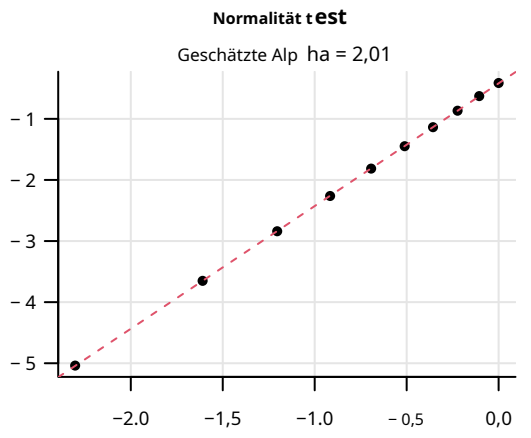
Tromsø


Jahrestemperatur
4
3
2
1
1900
1950
2000
Jahr

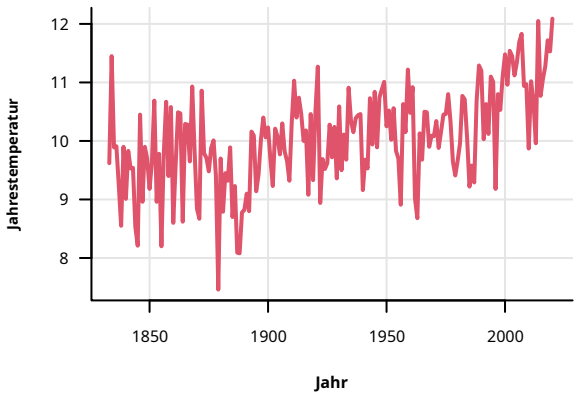

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,3
0,14 0,1 0,1 0,07 0,08 0,08 0,07 0,08 0,06
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

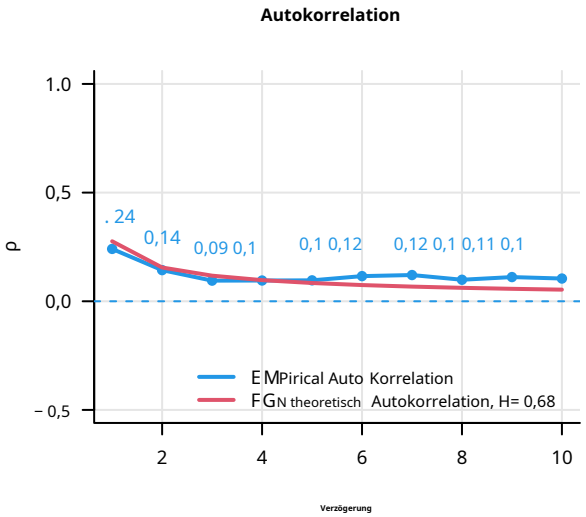

Deviati ab dem e bedeuten
2
1
0
− 1
− 2
− 3
1900
1950
2000

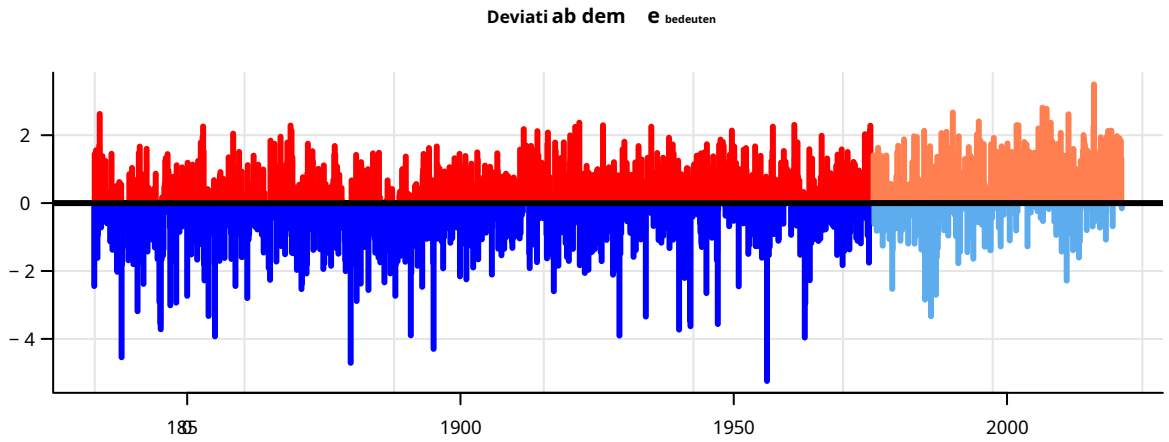

Self-Ähnlichkeitstest
Schätzung ed H durch Regression = 0,68
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

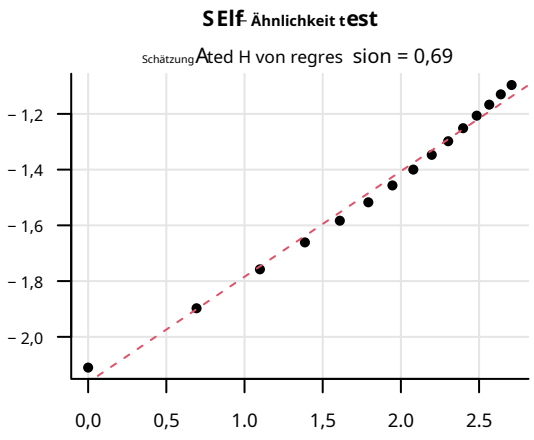

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 2,01
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

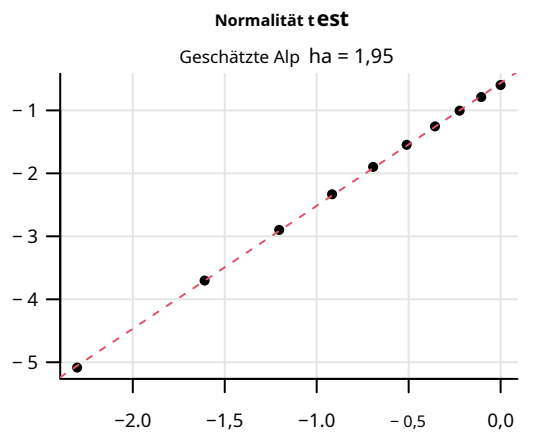
Uccle


Jahrestemperatur
12
11
10
9
8
1850
1900
1950
2000
Jahr

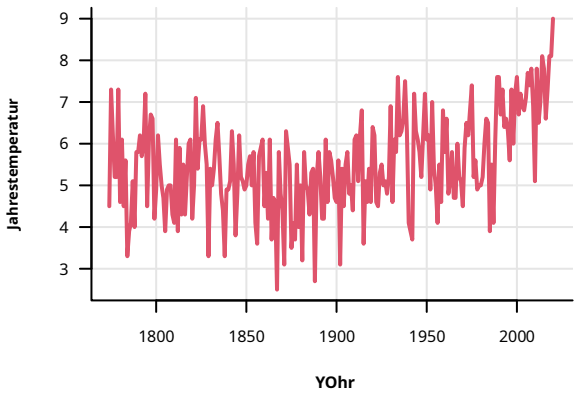

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 24
0,14
0,09 0,1
0,1 0,12
0,12 0,1 0,11 0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,68
2
4
6
8
10
Verzögerung

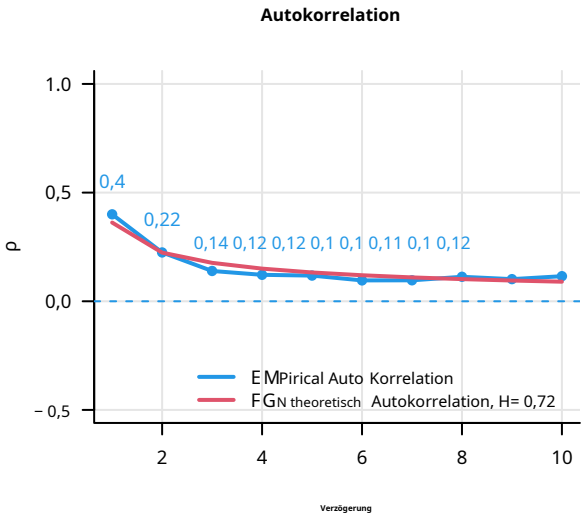

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

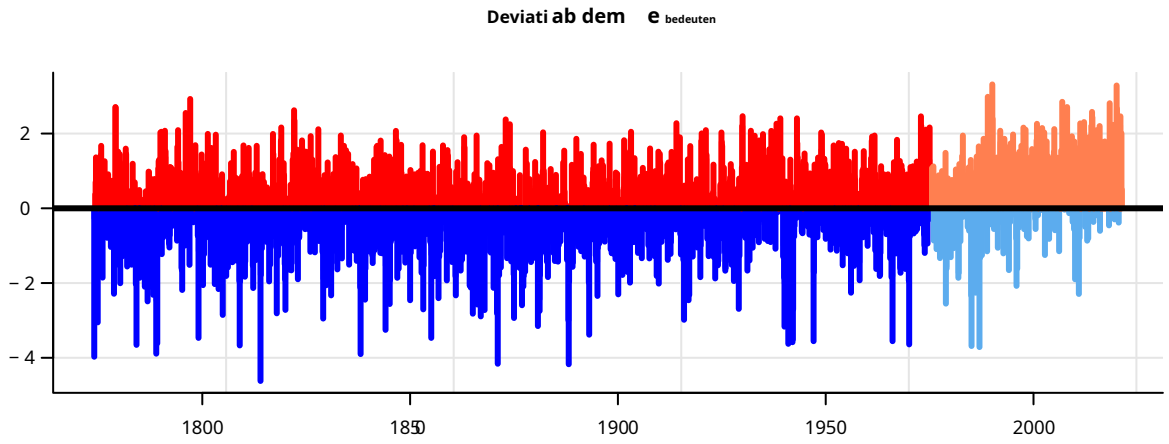

SElf- Ähnlichkeit test
Schätzung Ated H von regres sion = 0,69
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

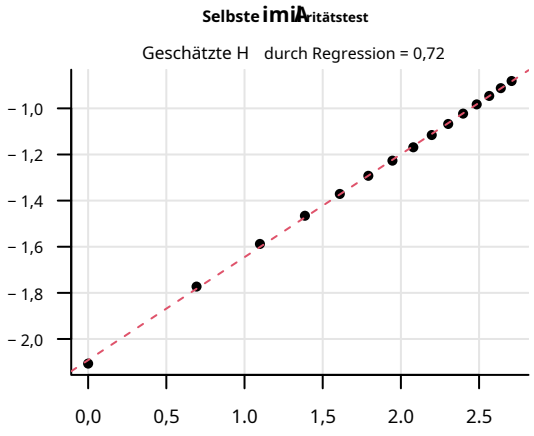

Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

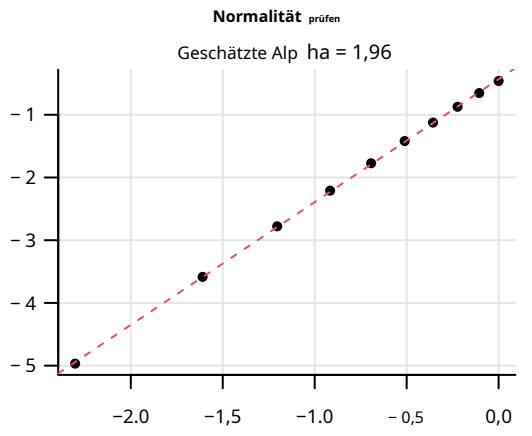
Uppsala


Jahrestemperatur
9
8
7
6
5
4
3
1800
1850
1900
1950
2000
YOhr

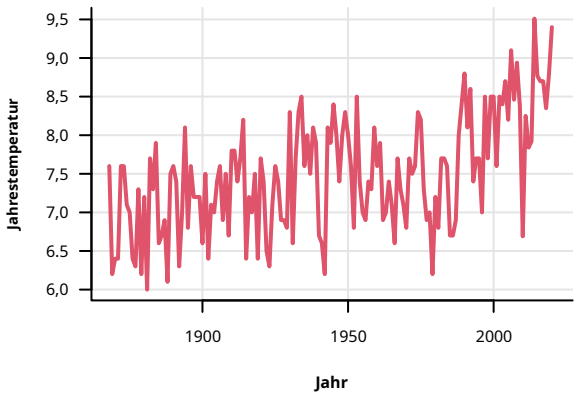

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
0,4
0,22
0,14 0,12 0,12 0,1 0,1 0,11 0,1 0,12
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,72
2
4
6
8
10
Verzögerung

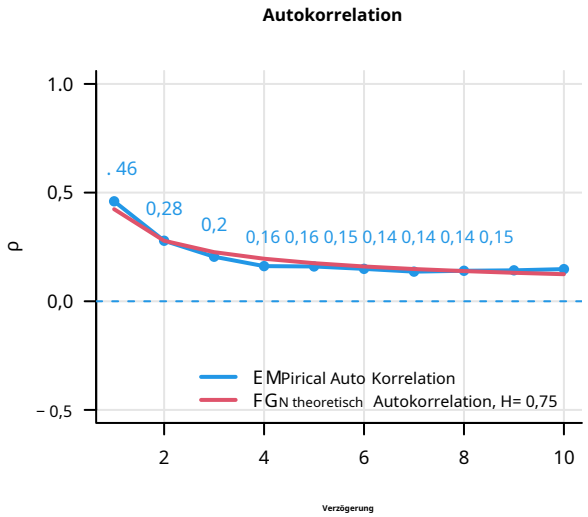

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1800
185
1900
1950
2000

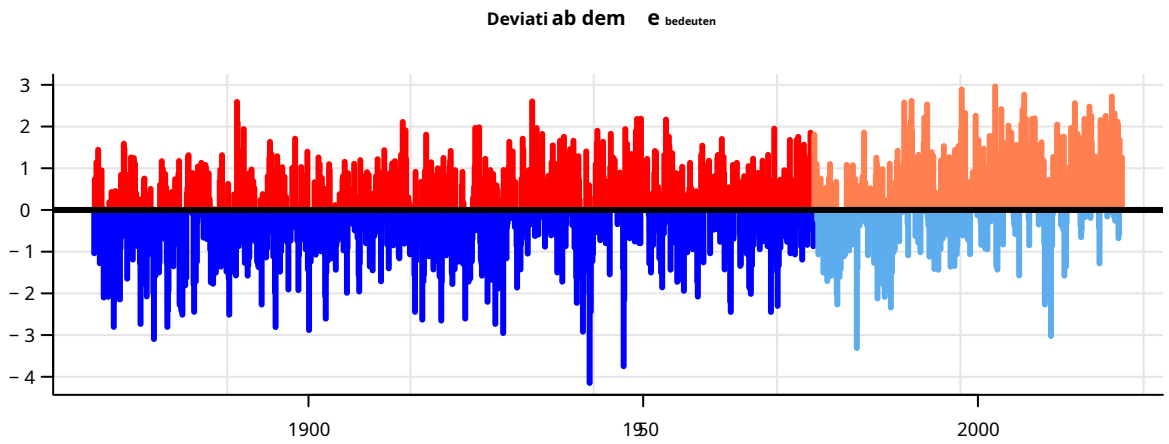

Selbste imiA ritätstest
Geschätzte H durch Regression = 0,72
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

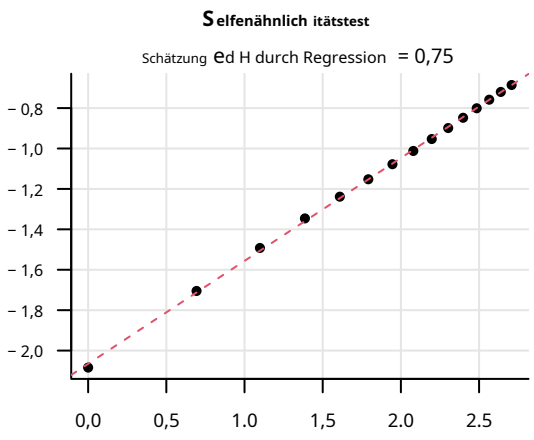

Normalität prüfen
Geschätzte Alp ha = 1,96
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

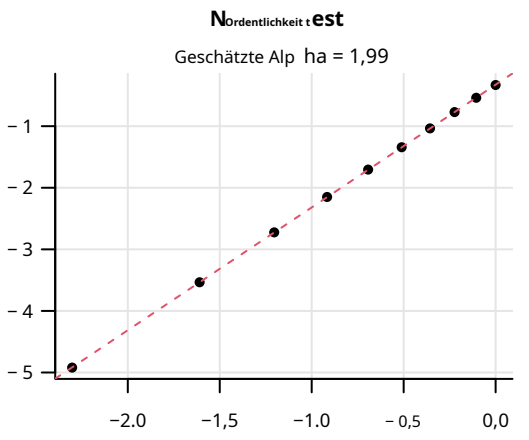
Utsira


Jahrestemperatur
9,5
9,0
8,5
8,0
7,5
7,0
6.5
6,0
1900
1950
2000
Jahr

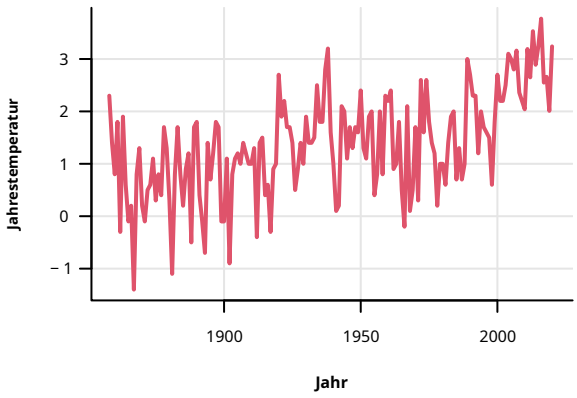

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 46
0,28
0,2
0,16 0,16 0,15 0,14 0,14 0,14 0,15
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,75
2
4
6
8
10
Verzögerung

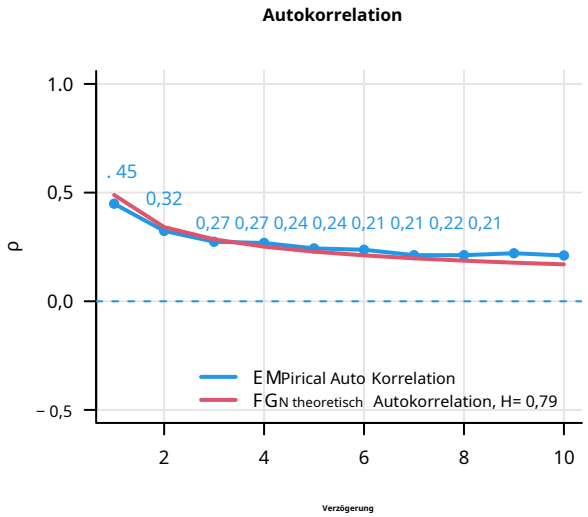

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
− 1
− 2
− 3
− 4
1900
1950
2000

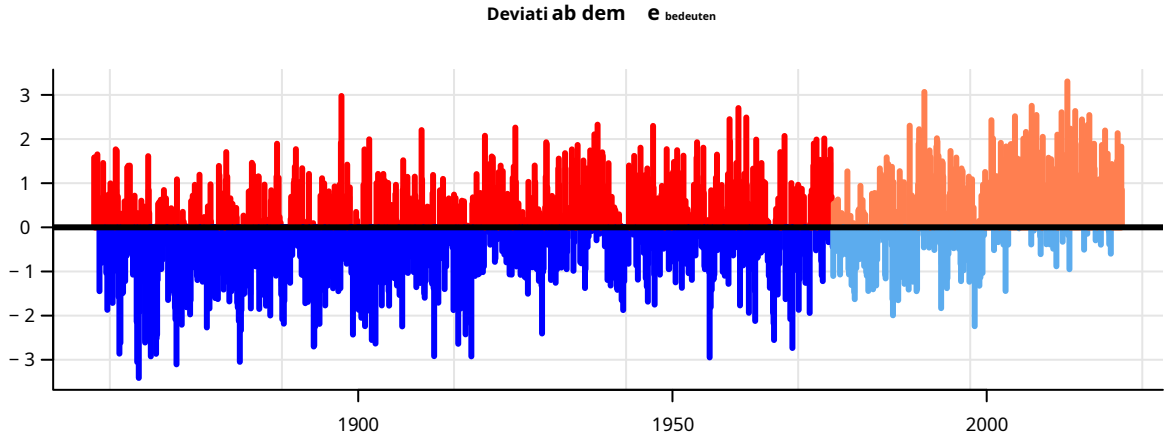

Selfenähnlich itätstest
Schätzung ed H durch Regression = 0,75
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

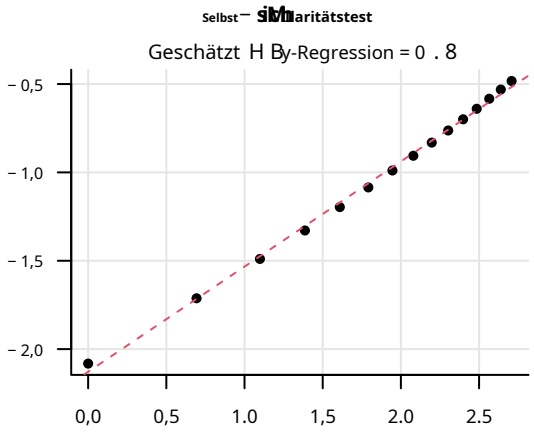

Nordentlichkeit est
Geschätzte Alp ha = 1,99
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

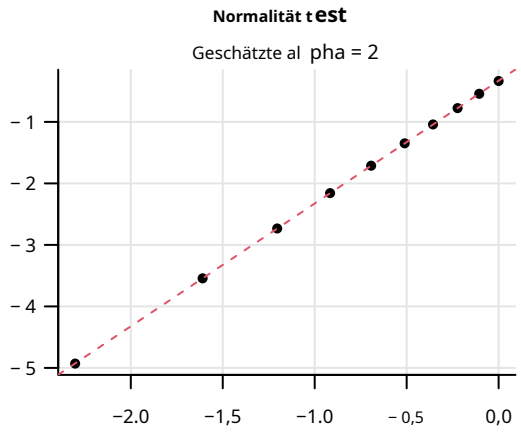
Vardo


Jahrestemperatur
3
2
1
0
– 1
1900
1950
2000
Jahr

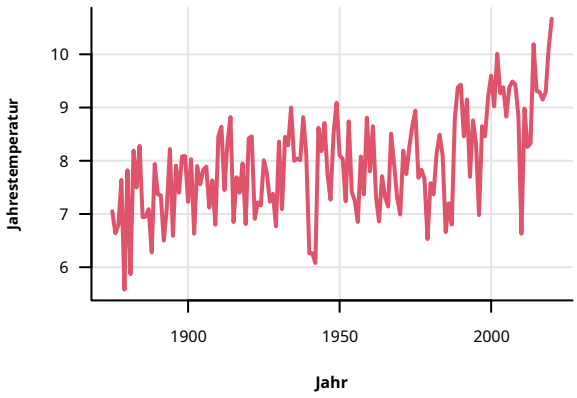

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 45
0,32
0,27 0,27 0,24 0,24 0,21 0,21 0,22 0,21
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,79
2
4
6
8
10
Verzögerung

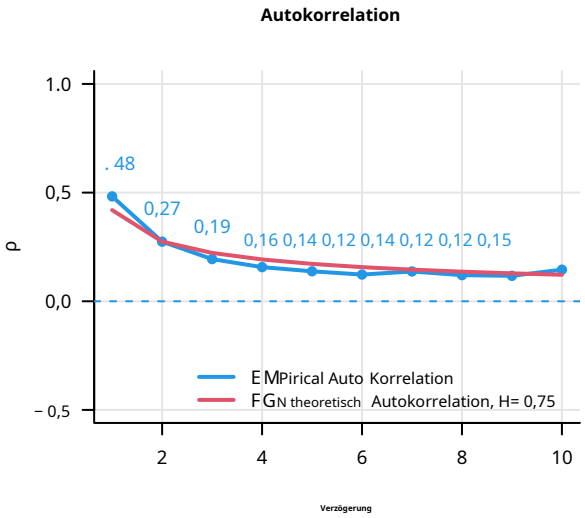

Deviati ab dem e bedeuten
3
2
1
0
– 1
– 2
– 3
1900
1950
2000

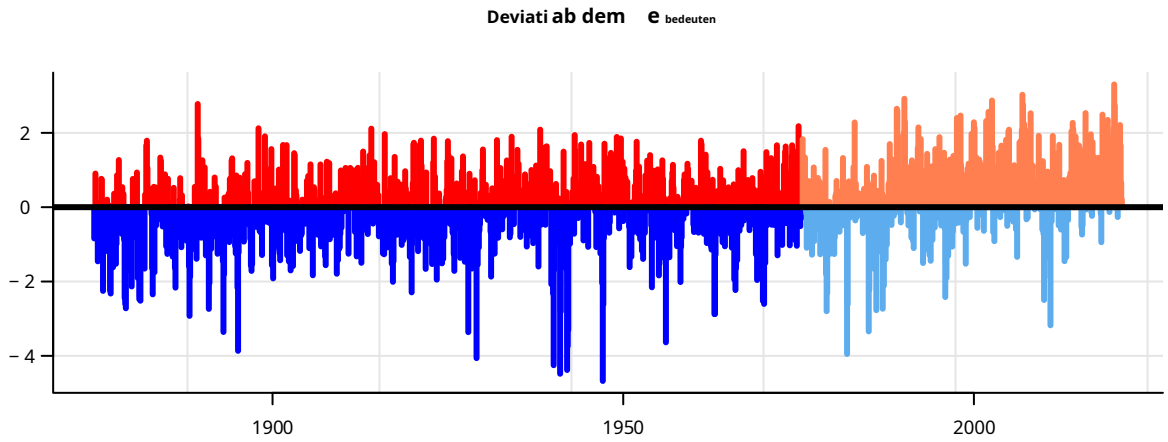

Selbst– sim aritätstest
Geschätzt H By-Regression = 0 . 8
– 0,5
– 1,0
– 1,5
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

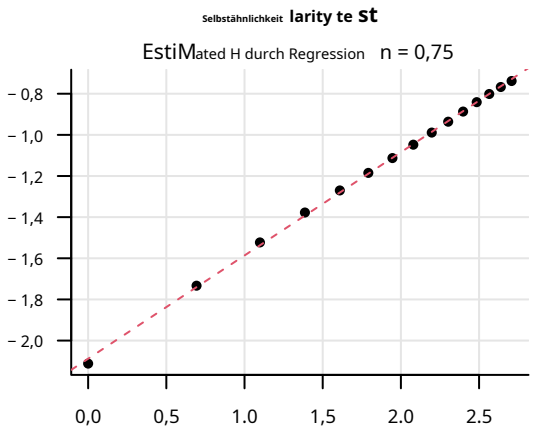

Normalität test
Geschätzte al pha = 2
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

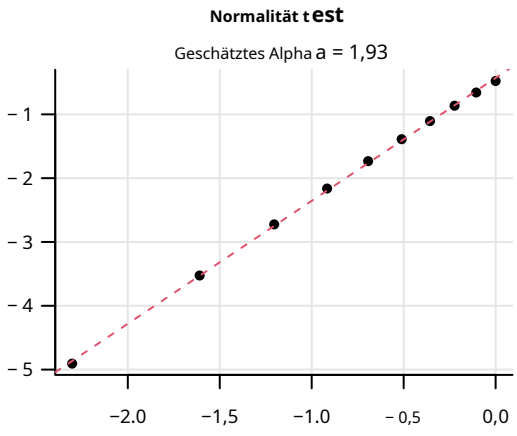
Vestervig


Jahrestemperatur
10
9
8
7
6
1900
1950
2000
Jahr

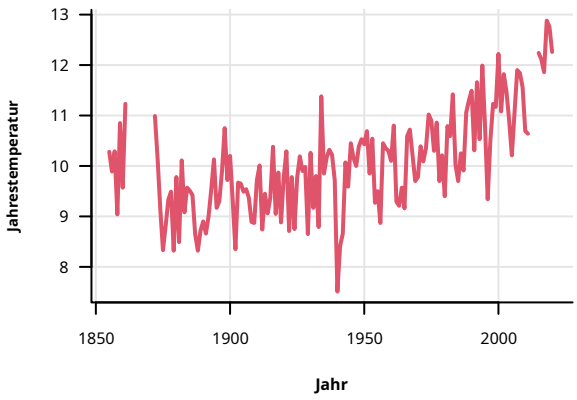

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 48
0,27
0,19
0,16 0,14 0,12 0,14 0,12 0,12 0,15
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,75
2
4
6
8
10
Verzögerung

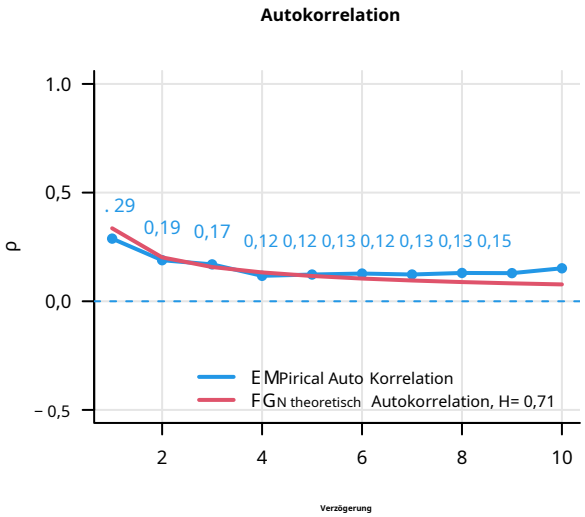

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000

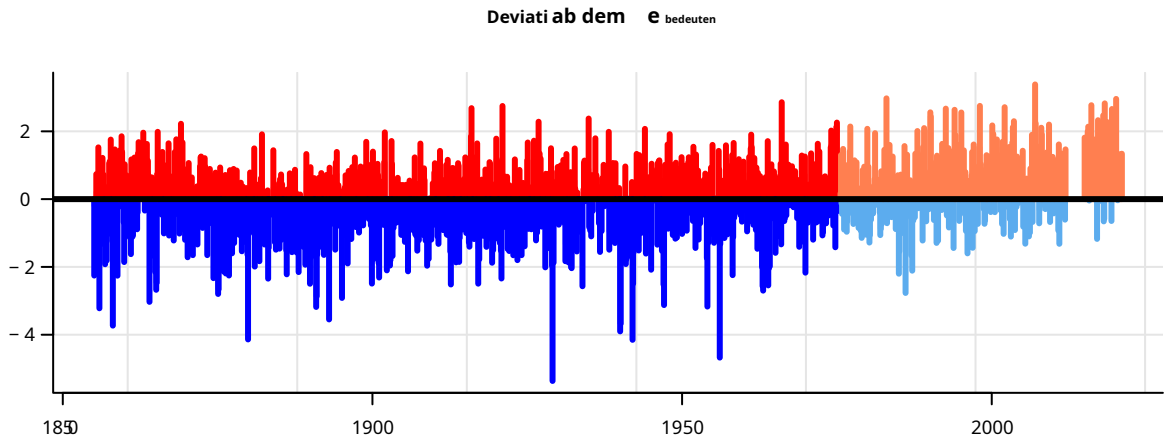

Selbstähnlichkeit larity te st
EstiMated H durch Regression n = 0,75
− 0,8
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2,5

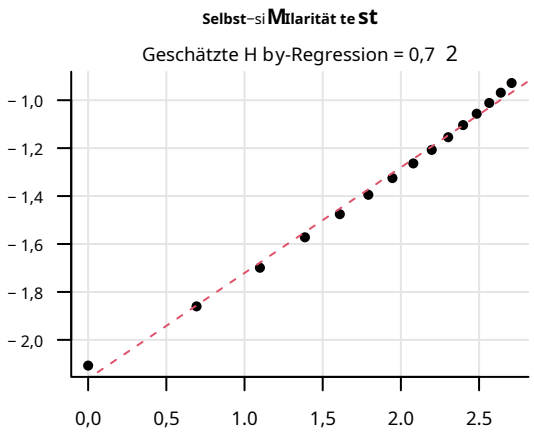

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,93
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

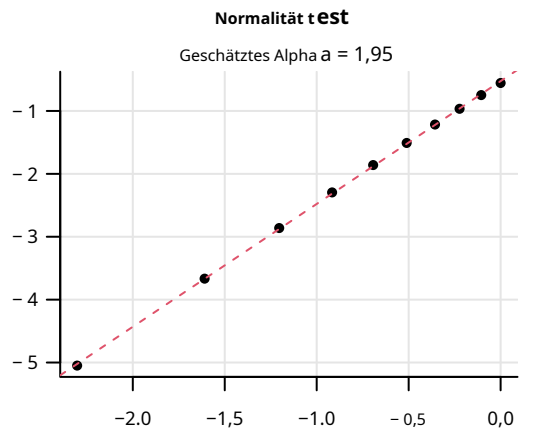
Wien


Jahrestemperatur
13
12
11
10
9
8
1850
1900
1950
2000
Jahr

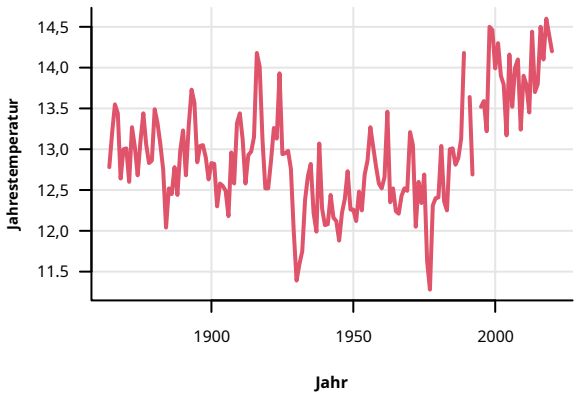

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 29
0,19
0,17
0,12 0,12 0,13 0,12 0,13 0,13 0,15
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,71
2
4
6
8
10
Verzögerung

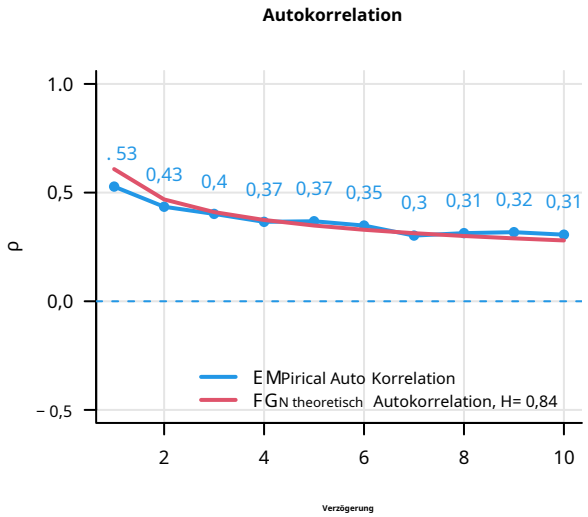

Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1850
1900
1950
2000

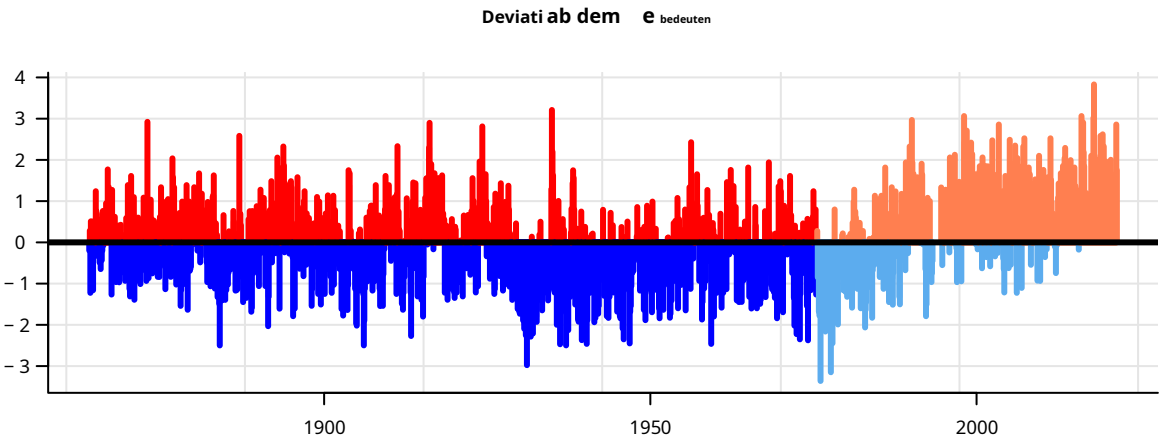

Selbst−si Milarität te st
Geschätzte H by-Regression = 0,7 2
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

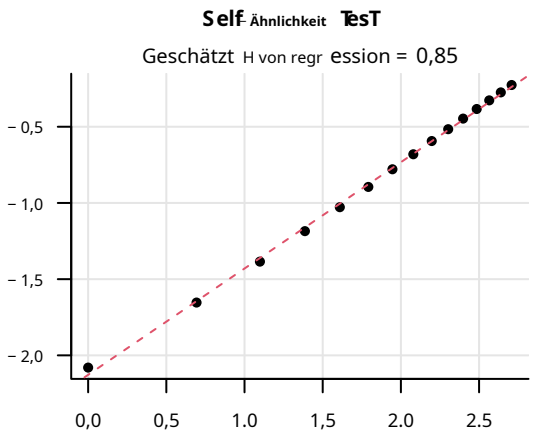

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0

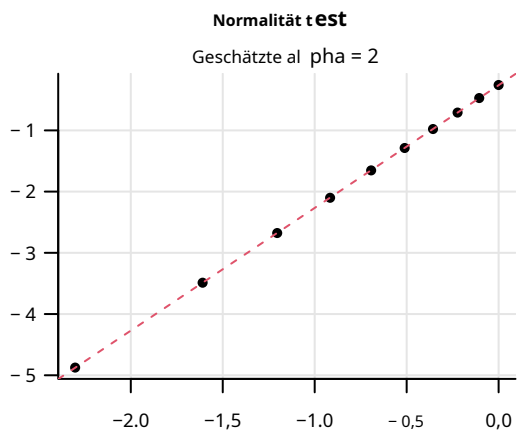
Wellington


Jahrestemperatur
14,5
14,0
13,5
13,0
12,5
12,0
11.5
1900
1950
2000
Jahr

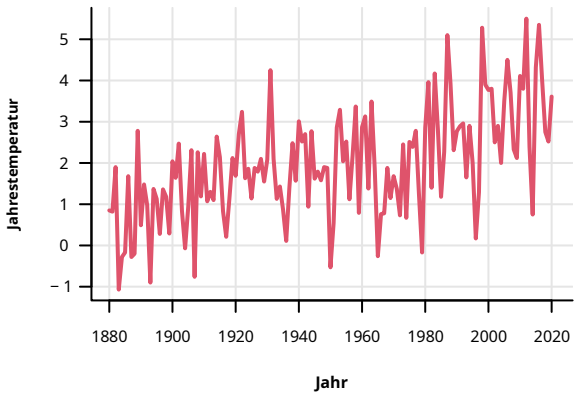

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 53
0,43
0,4
0,37
0,37
0,35
0,3
0,31
0,32
0,31
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,84
2
4
6
8
10
Verzögerung

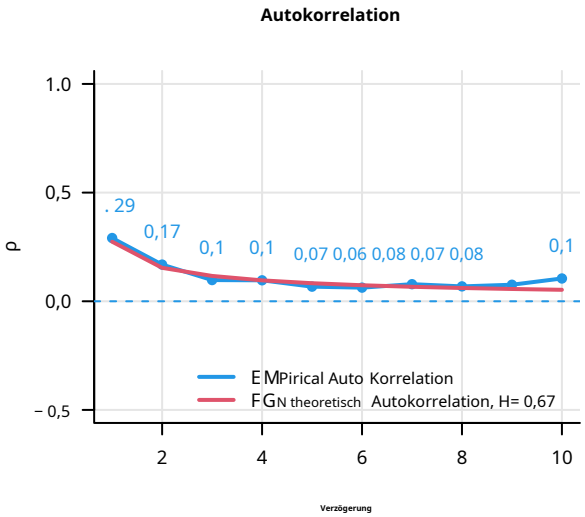

Deviati ab dem e bedeuten
4
3
2
1
0
– 1
– 2
– 3
1900
1950
2000

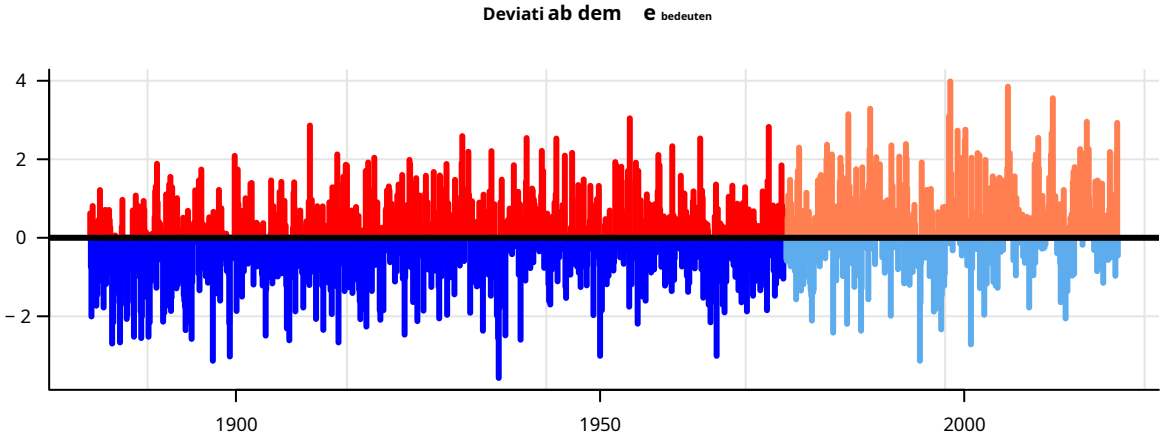

Self- Ähnlichkeit TesT
Geschätzt H von regr ession = 0,85
– 0,5
– 1,0
– 1,5
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

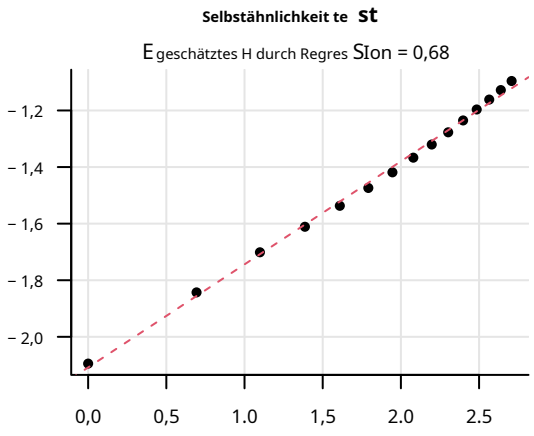

Normalität t est
Geschätzte al pha = 2
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

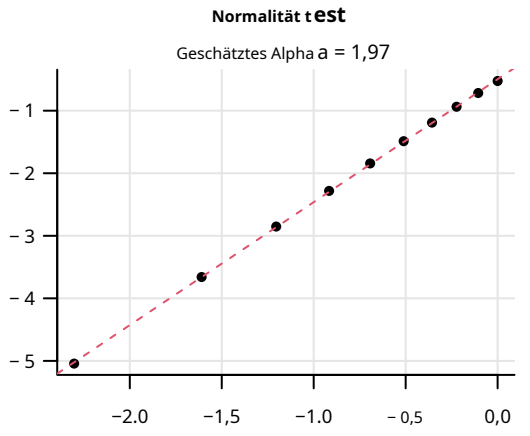
Winnipeg


Jahrestemperatur
5
4
3
2
1
0
– 1
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
Jahr

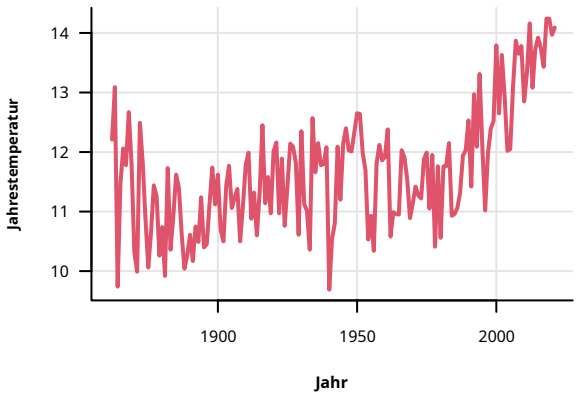

Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
– 0,5
ρ
. 29
0,17
0,1
0,1
0,07 0,06 0,08 0,07 0,08
0,1
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,67
2
4
6
8
10
Verzögerung

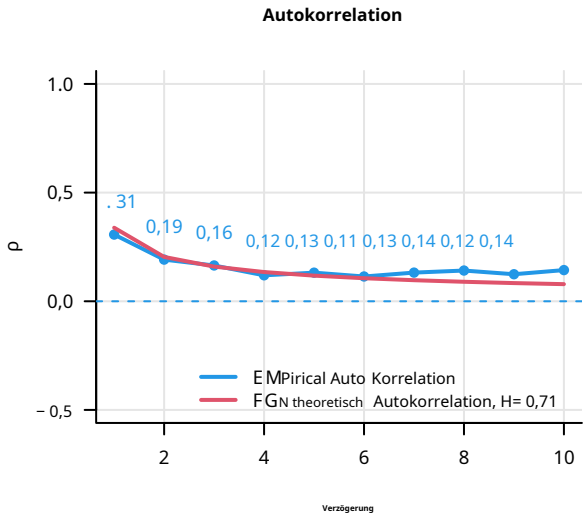

Deviati ab dem e bedeuten
4
2
0
– 2
1900
1950
2000

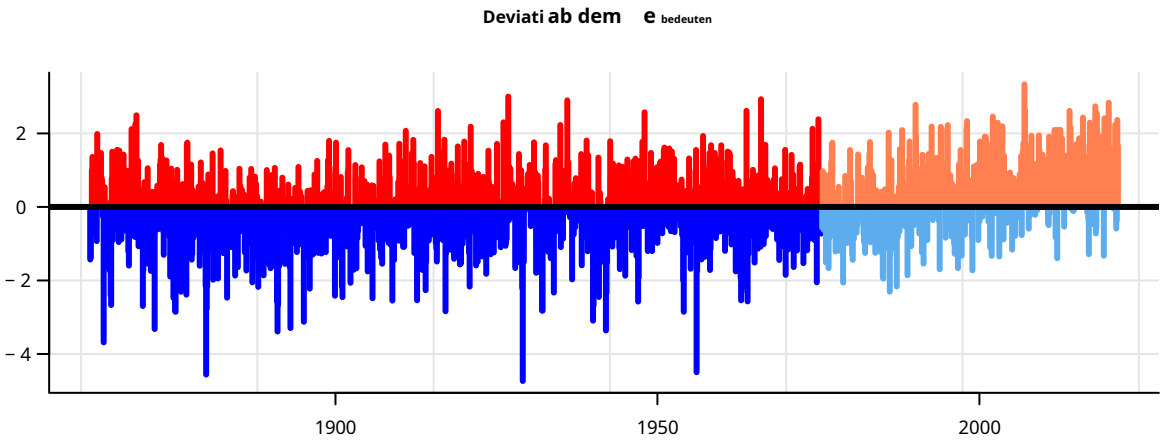

Selbstähnlichkeit te st
E geschätztes H durch Regres SIon = 0,68
– 1,2
– 1,4
– 1,6
– 1,8
– 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5

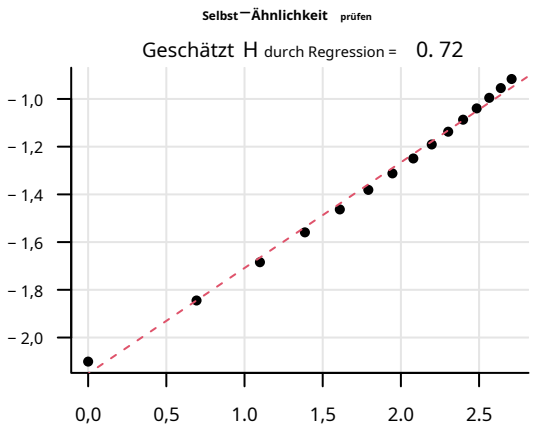

Normalität t est
Geschätztes Alpha a = 1,97
– 1
– 2
– 3
– 4
– 5
−2.0
−1,5
−1.0
– 0,5
0,0

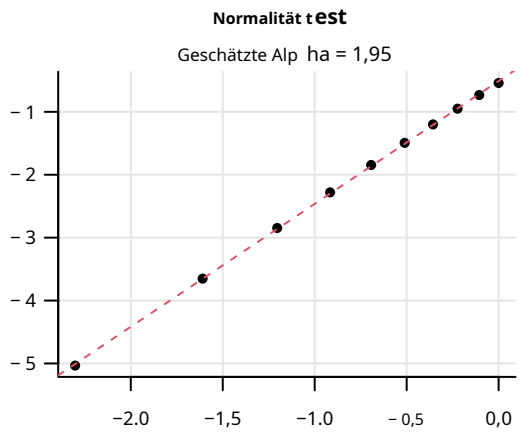
Zagreb


Jahrestemperatur
14
13
12
11
10
1900
1950
2000
Jahr


Autokorrelation
1.0
0,5
0,0
− 0,5
ρ
. 31
0,19
0,16
0,12 0,13 0,11 0,13 0,14 0,12 0,14
EMPirical Auto Korrelation
FGN theoretisch Autokorrelation, H= 0,71
2
4
6
8
10
Verzögerung


Deviati ab dem e bedeuten
2
0
− 2
− 4
1900
1950
2000


Selbst−Ähnlichkeit prüfen
Geschätzt H durch Regression = 0. 72
− 1,0
− 1,2
− 1,4
− 1,6
− 1,8
− 2,0
0,0
0,5
1.0
1,5
2.0
2.5


Normalität test
Geschätzte Alp ha = 1,95
− 1
− 2
− 3
− 4
− 5
−2.0
−1,5
−1.0
− 0,5
0,0