

Zeitlich gleitende extremwertstatistische
Untersuchung von monatlichen Temperatur- und
Niederschlagsreihen in Deutschland

Diplomarbeit
von
Martin Jonas

Institut für Meteorologie und Geophysik
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/Main
September 2003

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Einleitung/Motivation	7
3	Theoretische Grundlagen	9
3.1	Elementare Verteilungsmaße.....	9
3.2	Wahrscheinlichkeit und Zufallsvariable.....	10
3.3	Erwartungswert, Wiederkehrzeit, Wartezeit und Risiko	11
3.4	Normalverteilung.....	13
3.5	Weibull-Verteilung.....	14
3.6	Gumbel-Verteilung.....	15
4	Datenmaterial	17
5	Analysemethodik.....	19
6	Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Niederschlagsdaten der Station Mainz.....	21
6.1	Ergebnisse der Verteilungsanpassung	21
6.2	Wartezeitverteilungen.....	24
6.3	Risiko.....	26
6.4	Wiederkehrzeit	30
6.5	Parameteruntersuchungen.....	33
7	Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen.....	35
7.1	Wartezeitverteilungen.....	35
7.2	Risiko.....	38
7.3	Wiederkehrzeit	40
8	Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse	43
8.1	Trends der Wiederkehrzeiten	43
8.2	Zur empirischen Wiederkehrzeit von Niederschlagsereignissen oberhalb der 3σ - Schranken	48
8.3	Trends der Verteilungsparameter	49
8.4	Bemerkungen zur Signifikanz der Trends.....	53
9	Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen.....	55
9.1	Wartezeitverteilungen.....	55

Inhaltsverzeichnis

9.2 Risiko.....	56
9.3 Wiederkehrzeit.....	59
10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse.....	63
10.1 Trend der Wiederkehrzeiten.....	63
10.2 Trends der Verteilungsparameter.....	66
11 Wertung / Ausblick.....	69
Literaturverzeichnis.....	70
Anhang.....	72
1) Stationaritätstest.....	72
2) Der Kolmogoroff-Smirnoff-Anpassungstest.....	72
3) Der χ^2 -Anpassungstest.....	73
4) Korrelation und Autokorrelation.....	73
5) Der t-Test.....	74
6) Tabelle der Temperaturstationen und der Verteilungsmaße der zugehörigen Zeitreihen.....	75
7) Tabelle der Niederschlagsstationen und Verteilungsmaße der zugehörigen Zeitreihen.....	75
8) Tabelle der monatlichen Niederschlagssummen der Station Mainz.....	77
9) Tabelle der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Niederschlags (Gesamtdaten, am Bsp. der 2- σ -Schwelle).....	79
10) Tabelle der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Temperatur (Gesamtdaten, am Bsp. der 5- σ -Schwelle).....	86
11) Tabelle der Wiederkehrzeiten des Niederschlages (für ausgewählte Intervalle, am Bsp. der 2- σ -Schranke).....	87
12) Tabelle der Wiederkehrzeiten der Temperatur (für ausgewählte Intervalle, am Bsp. der 5- σ -Schranke).....	94
13) Tabelle des Risikos für das Überschreiten der 2- σ -Schranke des Niederschlages in einem Zeitraum von 12 Monaten (zeitl. gleitend, ausgewählte Intervalle).....	95
14) Tabelle des Risikos für das Überschreiten der 5- σ -Schranke der Temperatur in einem Zeitraum von 12 Monaten (zeitl. gleitend, ausgewählte Intervalle).....	103

1 Zusammenfassung

Die Frage, ob das Klima extremer wird, beschäftigt Wissenschaft und Öffentlichkeit mit zunehmender Intensität. Daher ist hier eine extremwertstatistische Untersuchung hinsichtlich Niederschlag und Temperatur durchgeführt worden. Dabei werden, entsprechend IPCC-Empfehlungen, für die untersuchten Zeitreihen obere und untere Schwellenwerte festgelegt. Durch Auszählen kann dann ermittelt werden, wie oft die entsprechende Schranke über- oder unterschritten wurde (relativer Extremwert). Das Verhältnis der Anzahl der relativen Extremwerte zu den Gesamtwerten nennt man empirische Extremwerthäufigkeit.

Darüber hinaus wurden Häufigkeitsverteilungen an die Datensätze angepasst, aus denen vorher der Jahresgang eliminiert wurde. Über diese Häufigkeitsverteilungen bestimmt man die theoretische Über- oder Unterschreitungswahrscheinlichkeit der jeweiligen Schranke, und vergleicht diese mit der empirischen. Diese Daten bieten auch die Möglichkeit, weitere wahrscheinlichkeitstheoretische Größen (Risiko, Wartezeitverteilung, Wiederkehrzeit) zu bestimmen.

Das Verfahren wird auf 78 100-jährige Zeitreihen des Niederschlags und 10 100-jährige Zeitreihen der Temperatur in Deutschland angewendet. Dabei ist zu beachten, dass eine Übereinstimmung von empirischen und theoretischen Ergebnissen nur im statistischen Mittel zu erwarten ist.

Die Untersuchungen zeigen, dass die ersten 10 bis 15 Jahre des letzten Jahrhunderts, sowohl bei den Niederschlägen als auch bei der Temperatur, nicht so extrem gewesen sind wie der Rest des Jahrhunderts. Bei den Niederschlagsdaten zeigt sich darüber hinaus um die Jahrhundertmitte ein etwa 10-jähriger Zeitraum mit hoher Niederschlagsvariabilität.

Für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Überschreitens von Schranken bei Niederschlagsdaten ist die angepasste Gumbelverteilung am besten geeignet. Der Unterschied zu den anderen angepassten Verteilungen ist um so klarer, je höher die Schranke gewählt wird. Für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Unterschreitens von Schranken bei Temperaturdaten ist die angepasste Weibullverteilung am besten geeignet. Kein klares Bild ergibt sich bei den Kombinationen untere Schranke und Niederschlagsdaten sowie obere Schranke und Temperaturdaten. Die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und damit verbunden die Bestimmung der Wiederkehrzeit und des Risikos ist in allen Fällen um so besser, je geringer der Jahresgang der Variabilität der untersuchten Größe ist.

Beim Trend der Wiederkehrzeit zeigt sich bei den Niederschlagsdaten und der unteren Schranke im äußersten Westen Deutschlands ein Rückgang trockener Ereignisse. Ansonsten erkennt man nur schwache Änderungen. Für obere Schranken zeigt sich im Westen Deutschlands ein Rückgang der Wiederkehrzeit, also ein Trend zu häufigeren extremen Niederschlägen, mit einem Maximum im östlichen Nordrhein-Westfalen. Im Osten dagegen ermittelt man einen Rückgang extremer Niederschläge und damit einen Trend zu trockenerer Witterung, am stärksten ausgeprägt im westlichen Erzgebirge.

Für die Temperaturdaten zeigt sich in fast ganz Deutschland für untere Schranken ein Anstieg der Wiederkehrzeit. Extrem niedrige Temperaturen treten also tendenziell seltener auf. Die Ausnahme bilden hier nur, je nach zugrunde liegender Verteilung, der (äußerste) Norden und Osten Deutschlands. Die gleiche geographische Unterteilung, jedoch mit umgekehrtem Trend,

1 Zusammenfassung

zeigt sich bei den oberen Schranken. Extrem warme Ereignisse treten, mit Ausnahme des Nordostens, tendenziell häufiger auf. Die stärkste Zunahme im Trend der warmen Ereignisse zeigt sich dabei im Südwesten Deutschlands.

2 Einleitung/Motivation

Das Phänomen der Klimaänderungen ist in den letzten Jahrzehnten immer stärker in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt. Dies liegt insbesondere daran, dass der Mensch selbst als Klimafaktor in Erscheinung tritt. Durch die Emission von CO₂, aber auch anderer klimawirksamer Spurengase (FCKWs, CH₄, N₂O u. a.), greift der Mensch in die Strahlungsbilanz der Erde ein (Schönwiese, 2003, Lozán et al, 1998, Houghton et al, 2001).

Es wird dabei immer offensichtlicher, dass er dadurch auch das Klima der Erde beeinflusst und verändert. Dabei ist insbesondere die Frage von Bedeutung, ob Ereignisse mit großen sozioökonomischen Auswirkungen häufiger werden (Meehl et al, 2000). Am Beispiel des Elbehochwassers 2002 kann man erkennen, wie wichtig das Wissen über die Häufigkeit und die Intensität des Eintretens solcher Ereignisse sein kann, insbesondere, wenn der volkswirtschaftliche Schaden durch Vorbeugung verringert werden kann.

Aber in welcher Weise wirkt sich die menschliche Aktivität auf das Klima aus? Diese Frage ist Gegenstand vieler wissenschaftlicher Forschungsprojekte. Zum Einen versucht man mit Hilfe von Modellrechnungen die komplexen physikalisch-chemischen Abläufe in der Atmosphäre besser zu verstehen, um so den Verbleib der Spurengase, die Änderung der Strahlungsbilanz und die Reaktion des Klimas darauf zu ermitteln. Zum Andern versucht man, mit Hilfe statistischer Methoden Änderungen im mittleren Verhalten der Atmosphäre zu erkennen.

Diese statistischen Ergebnisse erlauben (manchmal) auch Rückschlüsse auf Änderungen des physikalischen Zustands der Atmosphäre. Allerdings darf man den Unterschied zwischen den statistischen Modellen und den kausalen physikalischen Modellen nicht aus dem Auge verlieren. Veränderungen statistischer Größen können viele Ursachen haben, aber die statistischen Untersuchungen liefern „stets nur Hinweise auf mögliche ursächliche Zusammenhänge“ (Schönwiese, 1992).

In dieser Diplomarbeit werden klimatologische Zeitreihen der monatlichen Niederschlagssummen sowie der monatlichen Mitteltemperatur untersucht. Dabei wird das Augenmerk besonders auf sogenannte relative Extremereignisse gerichtet, also Ereignisse, die ober- oder unterhalb einer festgelegten Schranke liegen.

Entsprechend der üblichen Extremwertstatistik (vgl. auch Empfehlungen des IPCC, IPCC Workshop on Changes in Extreme Weather and Climate Events, Workshop Report, 2002) werden dazu für die einzelnen Stationen und Klimaelemente getrennt obere und untere Schranken festgelegt. Die Festlegung erfolgt in Abhängigkeit von den Verteilungsparametern der Zeitreihen. Es folgt ein Auszählen der Über- und Unterschreitungshäufigkeit. Dieses Auszählen erfolgt sowohl für den gesamten Datensatz als auch zeitlich gleitend, so dass für einzelne Zeitintervalle die Häufigkeit der relativen Extremwerte angegeben werden kann. Diese Vorgehensweise berücksichtigt auch mögliche Instationaritäten in den untersuchten Zeitreihen.

In einem zweiten Schritt werden, auch wieder für den Gesamtdatensatz und in einer zeitlich gleitenden Analyse, drei verschiedene Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen an die empirischen Daten angepasst. Bei diesen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen handelt es sich um die Normalverteilung, die Gumbelverteilung sowie die Weibullverteilung, die je nach Mess-

2 Einleitung/Motivation

größe als optimale Anpassung angesehen werden können. Mit Hilfe dieser Anpassung kann man die theoretische Überschreitungswahrscheinlichkeit für beliebige Schwellenwerte ermitteln. Aus diesen Wahrscheinlichkeiten können Wartezeiten, Wiederkehrzeiten und Risiken berechnet werden.

3 Theoretische Grundlagen

Die Statistik dient der Analyse von Datensätzen (vgl. z. B. Bosch, 1995, Sachs, 1978). Diese bezeichnet man als Grundgesamtheit, wenn alle Daten bekannt sind, oder, falls nur ein Teil bekannt ist, als Stichprobe. Man unterscheidet empirische, aus Beobachtung oder Messung entstandene Daten, und theoretische, die einer mathematischen Beschreibung folgen. Bei den hier untersuchten Klimadaten handelt es sich demnach um empirische Stichproben.

3.1 Elementare Verteilungsmaße

Der Begriff der Verteilung beschreibt den Charakter einer Grundgesamtheit oder Stichprobe. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen empirischen und theoretischen Verteilungen. Die Details der Verteilung werden durch die Verteilungsmaße beschrieben. Der üblicherweise erste Schritt ist dabei die Bildung des Mittelwerts \bar{x} der Daten. Bezeichnet $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ die Stichprobe, so gilt für das arithmetische Mittel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i . \quad (1)$$

Als weitere wichtige Mittelungsmaße gelten der Modus und der Median. Der Modus ist dabei der am häufigsten in der Stichprobe vorkommende Wert. Liegt eine in Klassen unterteilte Stichprobe vor, so ist der Modus die Klassenmitte der am häufigsten besetzten Klasse. Der Median ist der Zentralwert der Stichprobe. Er teilt diese in zwei gleich große Teile, wobei der eine Teil alle Werte enthält, die kleiner sind als der Median, und der andere Teil alle Werte größer als der Median. Die Wertespanne zwischen dem kleinsten und größten Wert der Stichprobe heißt Extremwertbereich.

Weitere wichtige Verteilungsmaße sind die Standardabweichung und Varianz. Sie geben die Abweichung der Daten vom Mittelwert, also die Streuung, an, wobei die Varianz das Quadrat der Standardabweichung ist. Für die Standardabweichung gilt

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (2)$$

Die Standardabweichung ist also die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Abweichung der Daten vom Mittelwert, geteilt durch die Anzahl der Daten. Diese Schreibweise ist die sogenannte Momentenschreibweise der Standardabweichung, die die Standardabweichung einer Zeitreihe beschreibt. Ersetzt man den Faktor $1/n$ durch $1/(n-1)$, so erhält man den unverzerrten Schätzer für die Standardabweichung der Grundgesamtheit. Es gilt dann

$$\hat{s}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (3)$$

3 Theoretische Grundlagen

Es ist offensichtlich, dass für großes n \hat{s}_x gegen s_x konvergiert (bzw. umgekehrt).

Bei symmetrischen Verteilungen stimmt das Häufigkeitsmaximum (Modus = Mod) mit dem Mittelwert \bar{x} überein (dieses Übereinstimmen ist eine notwendige, aber noch keine hinreichende Bedingung für die Symmetrie der Verteilung). Man wird aber nicht erwarten können, dass jede Verteilung symmetrisch ist. Die Begriffe ‚Schiefe‘ und ‚Exzess‘ beschreiben die Asymmetrie der Verteilung. Die Schiefe ist dabei ein Maß für die Größe und Richtung, in die die Verteilung von der Symmetrie abweicht. Bei positiver Schiefe (Linkssteile) gilt $\bar{x} > \text{Mod}$, bei negativer Schiefe (Rechtssteile) hingegen $\bar{x} < \text{Mod}$. Die Formel für die Schiefe lautet

$$\text{Sf} = \frac{zm_3}{s_x^3}, \quad (4)$$

mit dem zentralen Moment dritter Ordnung

$$zm_3 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3, \quad (5)$$

und der Standardabweichung s_x .

Betrachtet man zwei (eingipfelige) Verteilungen mit der gleichen Standardabweichung, so kann es dennoch vorkommen, dass bei einer der Verteilungen mehr Daten in der Nähe des Häufigkeitsmaximums liegen als bei der anderen. Dieses Phänomen wird durch den Exzess beschrieben. Im Fall einer stärkeren Zentrierung in der Mitte und einem steileren Verlauf der Kurve spricht man von positivem Exzess, im anderen Fall von negativem Exzess. Die zugehörige Formel für den Exzess lautet

$$\text{Ex} = \frac{zm_4}{s_x^4} - 3, \quad (6)$$

hier mit dem zentralen Moment vierter Ordnung

$$zm_4 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4. \quad (7)$$

s_x bezeichnet wieder die Standardabweichung. In dieser Form gilt für die Normalverteilung (vgl. Kap. 3.4) $\text{Ex} = 0$.

3.2 Wahrscheinlichkeit und Zufallsvariable

„Ziel der Wahrscheinlichkeitstheorie ist die Analyse der Gesetzmäßigkeiten, die bei der Beschreibung sogenannter ‚Zufallsexperiment‘ eine Rolle spielen“ (Krengel, 1991). Für die Gesamtheit aller möglichen Ausgänge (Ω) sowie Teilmengen $A, B \in \Omega$ eines Zufallsexperiments wird dabei folgendes gefordert:

3 Theoretische Grundlagen

- die Wahrscheinlichkeit des sicheren Ereignisses ist 1 ($p(\Omega)=1$, Normierung)
- Für alle möglichen einzelnen Ausgänge A soll gelten, dass $p(A)\geq 0 \forall A\in\Omega$
- für alle disjunkten Teilmengen A und B von Ω gelte $p(A\cup B)=p(A)+p(B)$ (Additivität)

Durch diese drei Eigenschaften wird eine Abbildung definiert, die man Wahrscheinlichkeitsmaß oder Wahrscheinlichkeitsverteilung nennt. Die Wahrscheinlichkeit ist also eine Funktion, die einem möglichen Ereignis eines Zufallsexperiments einen Wert zwischen null und eins zuweist, und dieser Wert soll ein „Maß für die Sicherheit oder Häufigkeit, mit der es bei wiederholter Ausführung des Experiments“ auftritt, sein (Krengel, 1991). Eine Menge Ω von möglichen Ausgängen eines Zufallsexperiments, kombiniert mit einer Wahrscheinlichkeitsabbildung, nennt man Wahrscheinlichkeitsraum.

Im Falle einer stetigen Wahrscheinlichkeitsverteilung (auch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion genannt) hat jedes Einzelereignis die Wahrscheinlichkeit null. Hier ermittelt man die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses in einem bestimmten Intervall. In dieser Diplomarbeit wird die Wahrscheinlichkeit für das Über- und Unterschreiten von Grenzwerten ermittelt. Bezeichnet man die Grenzwerte mit g , so ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Wertes im Intervall $[g, \infty]$ bzw. $[-\infty, g]$ zu bestimmen. Im Falle einer oberen Schranke ergibt sich also für die Wahrscheinlichkeit

$$P(x \geq g) = \int_g^{\infty} f(x)dx. \quad (8)$$

Eine Zufallsvariable ist ebenfalls eine Abbildung. Diese Abbildung X bildet Ω bzw. Teilmengen von Ω auf eine beliebige Menge X ab. In unserem Fall ist $X = \mathbb{R}$. Da es sich bei Ω um eine Menge von (bzw. alle) Ausgängen eines Zufallsexperimentes handelt, nennt man die Abbildung X eine Zufallsvariable. Zufällig ist dabei aber nicht die Abbildung selbst, sondern die Teilmenge A bzw. das Element ω von Ω , die in die Abbildung eingesetzt wird.

3.3 Erwartungswert, Wiederkehrzeit, Wartezeit und Risiko

Über den Begriff der Zufallsvariablen kann jetzt der Erwartungswert definiert werden. Dieser soll einen mittleren Wert für eine Zufallsvariable angeben. Dazu gewichtet man die Werte $X(\omega)$ mit der zugehörigen Wahrscheinlichkeit $p(\omega)$. Dies summiert man über alle $\omega \in \Omega$. Den sich ergebenden Wert nennt man den Erwartungswert der Zufallsvariablen und bezeichnet ihn mit EX oder $E(X)$. Es gilt also

$$EX = \sum_{\omega \in \Omega} X(\omega) \cdot p(\omega). \quad (9)$$

Für stetige Wahrscheinlichkeitsräume kann der Erwartungswert in integraler Schreibweise angegeben werden. Die Formel lautet

$$EX = \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) * p(\omega)d\omega. \quad (10)$$

3 Theoretische Grundlagen

Die Wartezeit ist die Zeit, die von einem beliebigen Zeitpunkt t_1 bis zum erstmaligen Eintreten des betrachteten Ereignisses zum Zeitpunkt t_2 verstreicht. Die Wartezeitverteilung gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass man vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 warten muss, bis das betrachtete Ereignis eintritt. Sie ist das Produkt der Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis zum Zeitpunkt t_2 zum ersten Mal auftritt, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis vorher noch nicht aufgetreten ist, also

$$g(t_1, t_2) = p_{t_2} \prod_{i=t_1}^{t_2-1} (1 - p_i). \quad (11)$$

Hierbei muss erwähnt werden, dass die verschiedenen p_i keinesfalls gleich sein müssen. Im Gegenteil: Gerade die Veränderung im Laufe der Zeit ist entscheidend für die Veränderung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Ereignisses – in unserem Fall für das Überschreiten einer bestimmten Schwelle. Für ungleiche p_i spricht man von einer instationären Verteilung, sind die p_i gleich, so spricht man von einer stationären Verteilung.

Die Wiederkehrzeit τ ist nun der Erwartungswert der Wartezeitverteilung. Sie ist also die Summe aus allen möglichen Wartezeiten, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit für das erstmalige Eintreten des Ereignisses nach genau dieser Wartezeit

$$\tau = E \{ g(t_1, t_2) \} = \sum_{t_2=t_1}^{\infty} (t_2 - t_1) g(t_1, t_2). \quad (12)$$

Aus der Wartezeitverteilung lässt sich auch das Risiko des Eintritts eines bestimmten Ereignisses ermitteln. Unter dem Risiko versteht man die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ein Ereignis mindestens einmal eintritt. Hat der betrachtete Zeitraum die Länge l , so kann das Ereignis zu den Zeitpunkten $t = 1, t = 2, \dots, t = n$ eintreten. Addiert man diese Wahrscheinlichkeiten, so ergibt sich das Risiko R_n zu

$$R_n = \sum_{k=1}^n p \cdot (1 - p)^{k-1}. \quad (13)$$

Ist der Wert von p für alle Zeitschritte konstant, so spricht man, wie im Fall der Wartezeitverteilung, von einem stationären Fall, verändert sich p mit der Zeit, so spricht man von einem instationären Fall.

In den hier vorgenommenen Untersuchungen werden die theoretisch ermittelten Wahrscheinlichkeiten bzw. die entsprechenden Ergebnisse mit den empirischen Ergebnissen verglichen. Dazu benötigt man eine Definition der empirischen Wahrscheinlichkeit. Diese ist festgelegt als der Quotient aus den relativen Extremereignissen E pro betrachtetem Intervall und den insgesamt im Intervall auftretenden Ereignissen n , es gilt also im empirischen Fall

$$p = \frac{E}{n}. \quad (14)$$

¹ Das gleiche Ergebnis erhält man, wenn man die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, dass das betrachtete Ereignis nicht eintritt, und dieses Ergebnis von eins subtrahiert.

3 Theoretische Grundlagen

Nachdem wir jetzt einen Überblick über einige elementare Begriffe und Größen der Statistik gewonnen haben, betrachten wir die drei in dieser Diplomarbeit zum Annähern der empirischen Verteilungen verwendeten theoretischen Verteilungen.

3.4 Normalverteilung

Eine der bekanntesten Verteilungen ist die Gauß'sche Normalverteilung. Für ihre Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion gilt

$$f(x)_{NV} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right). \quad (15)$$

Sie zeichnet sich u.a. dadurch aus, dass bei ihr der Mittelwert μ gleich dem Modus und gleich dem Median ist, und dass bei ihr die Verteilungsmaße Schiefe und Exzess Null sind. Der Parameter σ ist die Standardabweichung der Verteilung. Gilt $\mu = 0$ und $\sigma = 1$, so spricht man von der Standardnormalverteilung. Die Verteilungsfunktion der Normalverteilung wird beschrieben durch

$$F(x)_{NV} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) dy. \quad (16)$$

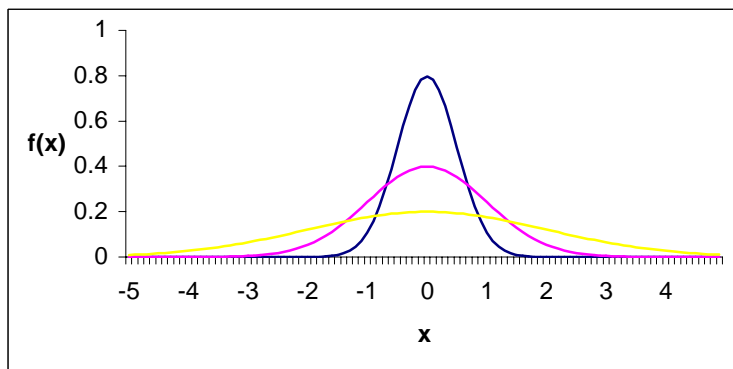


Abb. 1: Normalverteilung für verschiedene Werte der Standardabweichung ($\sigma = \frac{1}{2}$ (blau), 1 (rot) und 2 (gelb)); $\mu = 0$.

Die Abbildung 1 zeigt die Normalverteilung für die Standardabweichungen $\frac{1}{2}$, 1 und 2. „Die Normalverteilung kann überall dort als Verteilungsmodell vermutet werden, wo die mittleren Werte eines Kollektivs zugleich die häufigsten und somit wahrscheinlichsten sind. Abweichungen nach oben und unten sind gleich wahrscheinlich und werden mit zunehmendem Betrag der Abweichung unwahrscheinlicher.“ (Schönwiese, 2000). Die Anwendbarkeit der Normalverteilung ist aber begrenzt, insbesondere bei seltenen und singulären Ereignissen (z. B. Erdbeben) sowie bei Verteilungen, die in einer Richtung beschränkt sind (wie z. B. der Niederschlag).² Bei einseitig beschränkten Verteilungen bieten sich zur theoretischen Beschreibung der Daten die Weibull- und die Gumbelverteilung als Alternative zur Normalverteilung an.

² Die Anwendbarkeit ist natürlich auch bei beidseitig beschränkten Verteilungen eingeschränkt.

3.5 Weibull-Verteilung

Die Weibullverteilung besitzt im Gegensatz zur Normalverteilung drei Parameter zum Beschreiben der Daten. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Weibullverteilung lautet

$$f(x)_{wv} = \frac{a}{b} \left(\frac{x-x_0}{b} \right)^{a-1} \exp \left(- \left(\frac{x-x_0}{b} \right)^a \right) \text{ für } x \geq x_0, \quad (17)$$

die Verteilungsfunktion hat die Form

$$F(x)_{wv} = 1 - \exp \left(- \left(\frac{x-x_0}{b} \right)^a \right) \text{ für } x \geq x_0. \quad (18)$$

Der Parameter a ist der Shape- oder Formparameter, der Parameter b wird als Scale- oder Streuparameter bezeichnet, x_0 ist der Lageparameter. Allerdings bildet x_0 bei der Weibullverteilung die untere Schranke der Verteilung und nicht, wie bei Normal- und Gumbelverteilung, den Maximalwert. Für $a < 1$ nimmt die Verteilung die Form eines umgedrehten ‚J‘ an. Die Weibullverteilung ist für den Wert $a = 3,60232$ symmetrisch. Ist a kleiner, so hat sie eine positive Schiefe, ist a größer, eine negative Schiefe.

Mittelwert μ und Varianz σ^2 der Weibullverteilung lauten:

$$\mu = x_0 + b \cdot \Gamma \left(\frac{1}{a} + 1 \right), \quad (19)$$

$$\sigma^2 = b^2 \left[\Gamma \left(\frac{2}{a} + 1 \right) - \Gamma^2 \left(\frac{1}{a} + 1 \right) \right]. \quad (20)$$

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen Beispiele für die Weibullverteilung bei verschiedenen Form- und Streuparametern.

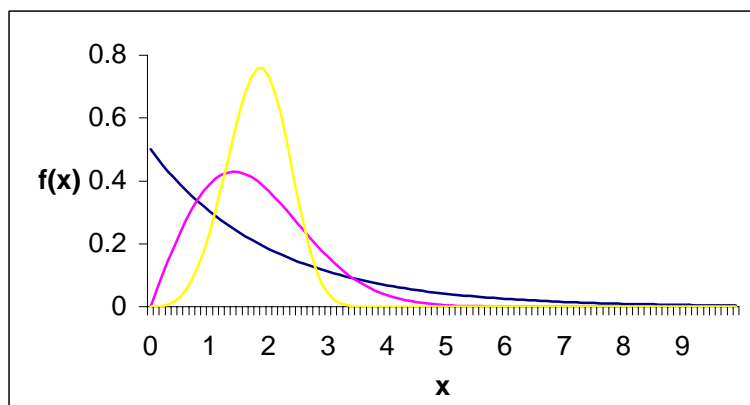


Abb. 2: Weibullverteilung für verschiedene Formparameter ($a = 1$ (blau), $a = 2$ (rot) und $a = 4$ (gelb)); $b=2$, $x_0=0$.

3 Theoretische Grundlagen

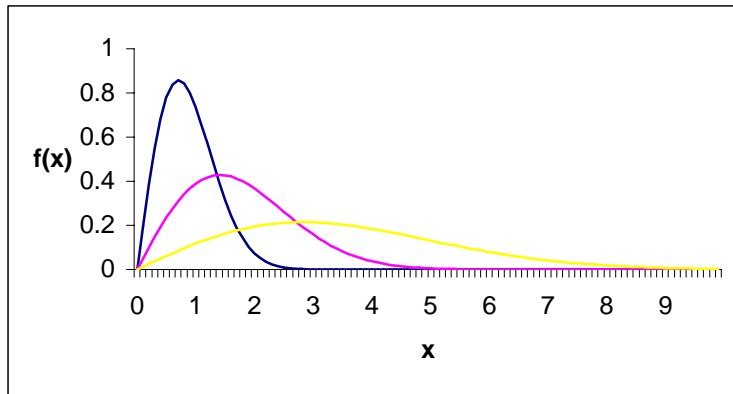


Abb.3: Weibullverteilung für verschiedene Streuparameter ($b = 1$ (blau), $b = 2$ (rot) und $b = 4$ (gelb)); $a=2$, $x_0=0$.

3.6 Gumbel-Verteilung

Die Gumbelverteilung wird auch doppelte Exponentialverteilung genannt, da sie verschachtelte Exponentialfunktionen enthält. Ebenso wie die Normalverteilung hat sie zwei Parameter, den Lageparameter a und den Streuparameter b . Der Lageparameter gibt den Modus der Verteilung an, der Scaleparameter die Streuung. Die Gumbelverteilung ist nicht nach unten beschränkt. Dass sie dennoch zur Beschreibung einseitig beschränkter Verteilungen geeignet ist, liegt daran, dass sie zu kleineren Werten hin besonders schnell abfällt. Ihre Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion wird beschrieben durch die Gleichung

$$f(x)_{GV} = \frac{1}{b} \left(\exp \left[- \exp \left(- \frac{(x-a)}{b} \right) - \frac{(x-a)}{b} \right] \right), \quad (21)$$

die Verteilungsfunktion lautet

$$F(x)_{GV} = \exp \left(- \exp \left(- \frac{x-a}{b} \right) \right). \quad (22)$$

Die Gumbelverteilung dient nicht nur der Beschreibung von einseitig beschränkten Verteilungen, sondern sie findet auch in der Extremwertstatistik Anwendung. In der Geophysik interpretiert man z. B. x als einen Schwellenwert (z. B. auf der Richter-Skala der Erdbebenstärke), mit der Gumbelverteilung wird dann die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, dass die Schwelle überschritten wird.

Für den Mittelwert μ und die Varianz σ^2 der Gumbelverteilung gilt (γ ist die Euler'sche Zahl):

$$\mu = a + b\gamma, \quad (23)$$

$$\sigma^2 = \frac{b^2 \pi^2}{6}. \quad (24)$$

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen Beispiele für die Gumbelverteilung bei verschiedenen Lage- und Streuparametern.

3 Theoretische Grundlagen

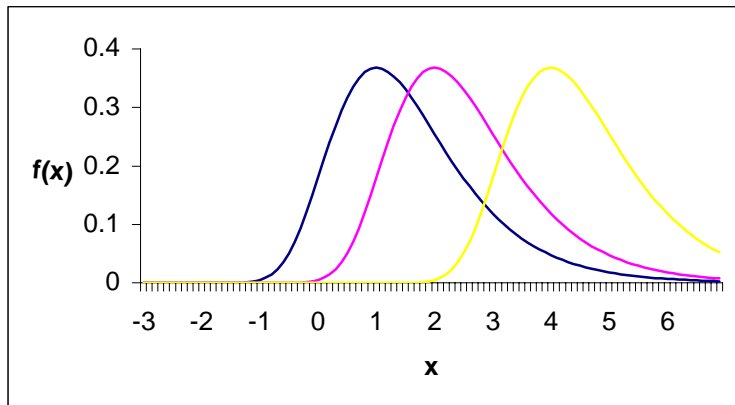


Abb. 4: Gumbelverteilung für verschiedene Lageparameter ($a = 1$ (blau), $a = 2$ (rot) und $a = 4$ (gelb)); $b=1$.

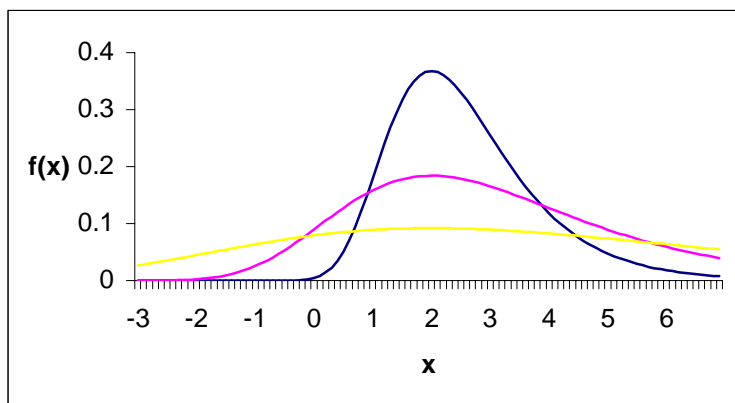


Abb. 5: Gumbelverteilung für verschiedene Streuparameter ($b = 1$ (blau), $b = 2$ (rot) und $b = 4$ (gelb)); $a=2$.

4 Datenmaterial

Den Untersuchungen liegen 100-jährige Zeitreihen deutscher Stationen zugrunde. Es standen 10 Zeitreihen der monatlichen Mitteltemperatur sowie 78 Zeitreihen der monatlichen Niederschlagssummen zur Verfügung. Dabei umfassen die Niederschlagsreihen den Zeitraum 1900-1999, die Temperaturreihen den Zeitraum 1901-2000. Die Daten stammen von Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes.

Für 9 der 10 Temperaturreihen lagen die Monatsmittelwerte vor. Für die Station Hamburg mussten die Monatsdaten aus Tagesdaten erzeugt werden.

Eine Stationsverlegung gab es bei der Station Köln. Ab Mai 1982 wurden hier die Werte der Station Wahn verwendet, vorher die der Station Botanischer Garten. Die Werte wurden allerdings korrigiert.

An der Station Jena wurden die Werte von 9/1989 bis 12/1990 sowie 8/1997 mittels Werten aus Gera und Erfurt interpolierend ergänzt (vgl. Kap. 10.1).

Eine Tabelle der betrachteten Temperaturstationen findet sich im Anhang (Anhang 6). Dort sind auch die Koordinaten der Stationen, ihre Höhenlage und die Verteilungsmaße der Häufigkeitsverteilungen angegeben.

Die verwendeten Niederschlagsreihen stammen aus einem Datensatz von ursprünglich 81 Niederschlagsreihen, die im Rahmen des Klimatrendatlas' (Rapp und Schönwiese, 1996) für den Zeitraum 1891-1990 untersucht wurden. Für diese Reihen galt, dass eine Inhomogenität für den 100-jährigen Zeitraum 1891-1990 nicht nachweisbar ist.

Für die vorliegende Untersuchung wurden die Daten bis zum Jahr 1999 aktualisiert. Bei drei Stationen war eine Aktualisierung nicht möglich. Inwieweit die Ergänzung der Daten und damit die Änderung des betrachteten Zeitraums Auswirkungen auf die Homogenität der Reihen hat, wurde hier nicht untersucht.

Auch eine Tabelle der betrachteten Niederschlagsstationen findet sich im Anhang (Anhang 7), ebenfalls mit Angabe der Koordinaten, der Höhenlage und der Verteilungsmaße.

In Abbildung 6 ist die geografische Verteilung der Niederschlags- und Temperaturstationen dargestellt, Tabelle 1 listet dazu die verwendeten Abkürzungen und Stationsnamen auf.

4 Datenmaterial

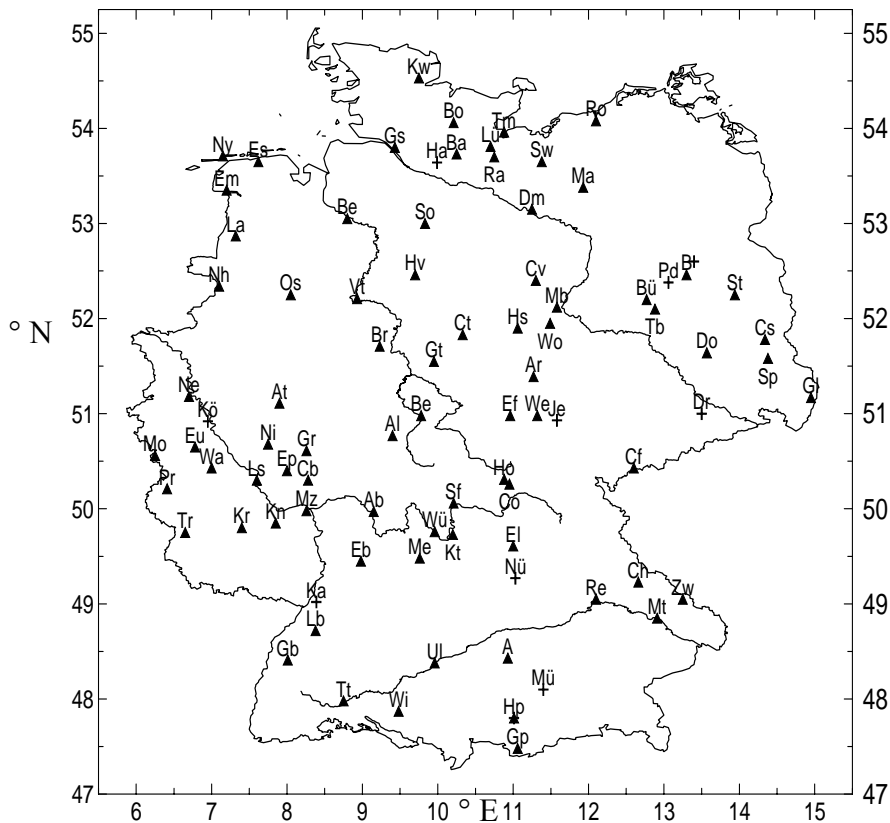


Abb. 6: Geographische Verteilung der 78 Niederschlagsstationen (Dreiecke) und der 10 Temperaturstationen (Kreuze)

Tab. 1: Namen der verwendeten Niederschlags- und Temperaturstationen

Al: Alsfeld	Gp: Garmisch-Partenkirchen	Ne: Neuss
Ar: Artern	Gb: Gengenbach	Ni: Nister
Ab: Aschaffenburg	Gs: Glückstadt	Ny: Norderney (WST)
At: Attendorn	Gl: Görlitz	Nh: Nordhorn
A: Augsburg	Gt: Göttingen (WST)	Nü: Nürnberg
Ba: Bargteheide	Gr: Greifenstein	Os: Osnabrück (WST)
Be: Bebra-Iba	Hs: Halberstadt	Pd: Potsdam
B: Berlin-Dahlem	Ha: Hamburg-Fuhlsbüttel	Pr: Prüm
Bo: Bornhöved	Hv: Hannover	Ra: Ratzeburg
Br: Brakel	Ho: Hof-Hohens. (WST)	Re: Regensburg
Be: Bremen	Hp: Hohenpeissenberg	Ro: Rostock
Bü: Brück	Je: Jena-Sternwarte	Sf: Schweinfurt
Cv: Calvörde	Ka: Karlsruhe	Sw: Schwerin
Cb: Camberg, Bad	Kr: Kirn	So: Soltau (WST)
Cf: Carlsfeld	Kt: Kitzingen	Sp: Spremberg
Ch: Cham	Kw: Kleinwaabs	St: Storkow
Ct: Clausthal	Kö: Köln-Bot. Garten/ Wahn	Tm: Travemünde
Co: Coburg (WST)	Kn: Kreuznach, Bad	Tb: Treuenbrietzen
Cs: Cottbus	Ls: Lahnstein	Tr: Trier
Do: Doberlug-Kirchhain	Lb: Langenbrand	Tt: Tuttlingen
Dm: Dömitz	La: Lathen	Ul: Ulm (WST)
Dr: Dresden-Klotzsche	Lü: Lübeck	Vt: Vöhl-Thalitter
Eb: Eberbach/Neckar	Mb: Magdeburg	Wa: Wassernach
Em: Emden	Mz: Mainz	We: Weimar
Ep: Eppenrod	Ma: Marnitz	Wi: Wilhelmsdorf
Ef: Erfurt	Me: Mergentheim, Bad	Wo: Wolmirsleben
Er: Erlangen	Mt: Metten	Wü: Würzburg
Es: Esens	Mo: Monschau	Zw: Zwiesel-Rabenstein
Eu: Euskirchen	Mü: München-Riem	

5 Analysemethodik

Vor der Analyse müssen für jede Station der Mittelwert \bar{m} und die Standardabweichung σ der Klimadaten-Zeitreihen bestimmt werden, um bei den Untersuchungsparametern die Schranken bestimmen zu können. Bei der Analyse der Daten erfolgt in einem ersten Schritt die Festlegung der Untersuchungsparameter, in einem zweiten das Ermitteln der zu berechnenden Größen.

Tab. 2: Parameter der Untersuchungen

Untersuchungsparameter	Temperaturdaten	Niederschlagsdaten
Schranke ¹⁾	$\bar{m} \pm 5 \cdot \sigma$ ²⁾	$\bar{m} \pm n \cdot \sigma$, n= -1, 1, 2, 3
Schrankenausrichtung ¹⁾	+5: obere Schranke, -5: untere Schranke	n<0: untere Schranke, n>0: obere Schranke
Fensterbreite ³⁾	120 Monate	120/240 ⁴⁾ Monate
Verschiebungsweite bei gleitender Analyse	12 Monate	12 Monate
Zeitspanne ⁵⁾	12 / 120 / 1200 Monate	12 / 120 / 1200 Monate
Risiko ⁶⁾	90 / 99 / 99,9%	90 / 99 / 99,9%

1) Die Auswahl von ganzzahligen Faktoren zur Bestimmung des Werts der Schranke sowie die Festlegung der Schrankenausrichtung in Abhängigkeit der Faktoren erfolgt als sinnvolle Beschränkung des Umfangs der Analysen. 2) Bei den $\pm 4\sigma$ -Schranken liegen zu viele, bei den $\pm 6\sigma$ -Schranken zu wenige Temperaturdaten über/unter der Schranke, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. 3) Die Fensterbreite von 120 Monaten liefert ausreichend Daten für die Anpassung der Häufigkeitsverteilungen, lässt aber auch die gleitende Analyse der CLINO-Intervalle zu. 4) Die Fensterbreite von 240 Monaten dient der vergleichenden Analyse bei Stationen mit stark schwankenden/sprunghaften Werten der Wiederkehrzeit bei gleitender Analyse. 5) Für diese Zeitspanne wird das Risiko des Auftretens eines relativen Extremwertes berechnet. 6) Für diesen Risikowert wird die Zeitspanne berechnet, bis er erstmals überschritten ist.

Tab. 3: Programmablauf und Ergebnisausgabe des verwendeten Programms

Programmablauf	Ergebnis
Eliminieren des Jahresganges ¹⁾	Entsprechend modifizierte Zeitreihen
Anpassen der Häufigkeitsverteilungen ²⁾	Ausgabe der Verteilungsparameter
Test der Qualität der Verteilungsanpassung ³⁾	Ausgabe der Ablehnwahrscheinlichkeiten
Ermitteln der monatlichen Über- bzw. Unterschreitungswahrscheinlichkeiten sowie der empirischen Über- bzw. Unterschreitungshäufigkeiten (H_k/n)	Ausgabe der Wahrscheinlichkeiten/Häufigkeiten
Berechnen der Wartezeitverteilung für die drei theoretischen Verteilungen, die empirischen Daten sowie eine aus den empirischen Daten konstruierte theoretische Verteilung	Ausgabe der Wartezeitverteilungen (nur für die Gesamtdaten)
Berechnen der Wiederkehrzeiten	Ausgabe der Wiederkehrzeiten
Berechnen des Risikos für das Auftreten eines relativen Extremwertes in einem der vorgegebenen Zeiträume	Ausgabe der Risikowerte
Berechnen der Zeiträume, nach denen die vorgegebenen Werte des Risikos erstmals überschritten sind	Ausgabe der Zeiträume

1) Der Jahresgang wird aus den Daten des jeweiligen Fensters ermittelt. 2) Es werden die Gumbel-, Weibull- und Normalverteilung angepasst. 3) Der Test erfolgt mit dem Kolmogoroff-Smirnoff-Test sowie dem χ^2 -Test (vgl. Anhang 2, 3)

5 Analysemethodik

Die unter Programmablauf beschriebenen Schritte werden für die Gesamtdaten und die einzelnen Fenster durchgeführt. Dadurch ist eine zeitlich gleitende Analyse der Ergebnisse möglich.

Die jahreszeitlichen Unterschiede in der Varianz der Daten, die insbesondere bei Niederschlagsdaten auftreten, bleiben unberücksichtigt.

Die Anpassung der Normalverteilung erfolgt über die Ermittlung des Mittelwerts und der Standardabweichung, bei der Gumbelverteilung über die Momentenmethode. Bei der Weibullverteilung dient der Minimalwert als Schätzer für den Wert des Lageparameters, Streu- und Formparameter werden in einem iterativen Verfahren mit Hilfe der Gammafunktion bestimmt (siehe Wilks, 1995).

Die empirische Überschreitungshäufigkeit der jeweiligen Schranke wird mit der theoretischen Überschreitungswahrscheinlichkeit verglichen. Allerdings muss erwähnt werden, dass man eine exakte Übereinstimmung der theoretischen und empirischen Überschreitungshäufigkeit im Einzelfall nicht erwarten kann. Lediglich im statistischen Mittel sollten beide übereinstimmen.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Niederschlagsdaten der Station Mainz

Dieses Kapitel stellt die Vorgehensweise mit allen Schritten und Ergebnissen am Beispiel der Niederschlagsreihe 1900-1999 der Station Mainz vor.

Die Station Mainz wurde aufgrund ihrer relativ zentralen geografischen Lage in Deutschland und ihres repräsentativen Jahresgangs des Niederschlages für die vollständige Vorstellung der Ergebnisse ausgewählt. Eine Tabelle der 100-jährigen monatlichen Niederschlagsdaten der Station Mainz befindet sich im Anhang (Anhang 8). Aus diesen Daten werden für die Gesamtdaten und die einzelnen Fenster der Jahresgang berechnet und eliminiert. An die so entstehenden Daten werden die theoretischen Verteilungen angepasst.

6.1 Ergebnisse der Verteilungsanpassung

Wie bei Stichprobenanalysen üblich, wird der Datensatz in Klassen eingeteilt. Dies ermöglicht zugleich eine anschauliche Darstellung der Qualität der Verteilungsanpassung. Für die Gesamtdaten (1200 Werte) ergeben sich nach Sturges (vgl. z. B. Schönwiese, 2000) 11 Klassen. Die empirischen und theoretischen Werte der Klassen sind in Tab. 4 dargestellt. Dabei beträgt der Mittelwert der monatlichen Niederschlagsdaten 47,29 mm, die Standardabweichung 27,11 mm (vgl. Gleichung (3)).

Tab. 4: Empirische und theoretische Klassenhäufigkeit der Gesamtdaten der monatlichen Niederschlagssummen am Beispiel der Station Mainz. Negative Klassenmittelwerte entstehen durch das Eliminieren des Jahresgangs.

Verteilungsanpassung					
Klasse	Klassenmittelwert [mm]	Klassenhäufigkeit			
		empirisch	Normalverteilung	Gumbelverteilung	Weibullverteilung
1	-1.4004	50	71.4038	23.4927	75.2871
2	18.8866	257	206.9273	288.1308	260.5624
3	39.1736	397	342.5437	416.2938	343.8526
4	59.4606	283	323.9034	265.1263	283.0791
5	79.7476	132	174.9511	123.3808	158.9360
6	100.0346	50	53.9783	50.9160	62.3564
7	120.3216	19	9.5131	20.0665	17.1827
8	140.6086	6	0.9577	7.7702	3.3182
9	160.8956	4	0.0551	2.9886	0.4467
10	181.1826	1	0.0018	1.1465	0.0416
11	201.4696	1	0.0000	0.4394	0.0027

Eine grafische Darstellung der Verteilungsanpassungen ist in Abbildung 7 zu finden. Man erkennt, dass die Gumbelverteilung für die am häufigsten besetzte Klasse 3, aber insbesondere auch ab der Klasse 5 und für alle höheren Klassen, also diejenigen, die für obere Extremwerte stehen, die beste Anpassung an die empirischen Daten liefert. Dies ist ein für alle Niederschlagsdaten geltender Befund. Ab Klasse 7 aufwärts nähert die Normalverteilung die empirischen Daten am schlechtesten an.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Auf der anderen Seite erkennt man, zumindest in diesem Beispiel, dass die Gumbelverteilung für die unterste Klasse die schlechteste ist, zumindest was die absolute Abweichung vom empirischen Wert angeht. Dies lässt sich jedoch nicht verallgemeinern, und auch die beiden anderen Verteilungen zeigen deutliche Abweichungen zu den empirischen Daten.

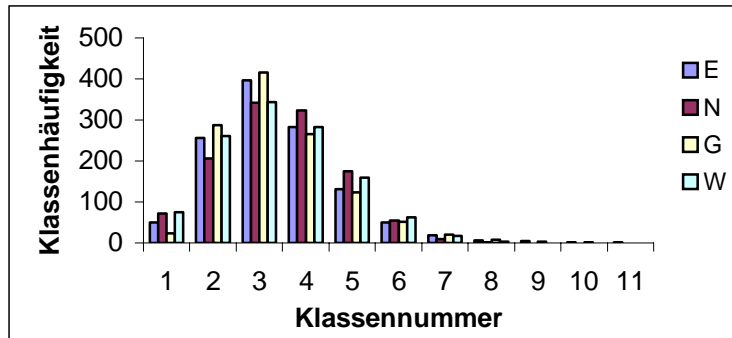


Abb.7: Klassenhäufigkeiten für die empirischen Daten (E) sowie die angepasste Gumbel- (G), Normal- (N) und Weibullverteilung (W). Daten der Station Mainz für das Zeitintervall 1900-1999.

Trotz der Tatsache, dass die Gumbelverteilung die Gesamtdaten am besten annähert, wird auch sie zu einem sehr hohen Signifikanzniveau abgelehnt (Kolmogoroff-Smirnoff-Test: 44.21%, χ^2 -Test: 100%). Die Anpassungen sind somit generell problematisch. Allgemein ist die Signifikanz der Ablehnung beim Kolmogoroff-Smirnoff-Test kleiner als beim χ^2 -Test (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Signifikanzniveau der Ablehnung der Verteilungsanpassung für die Gesamtdaten sowie (in 5-Jahres-Schritten) für einzelne Datenfenster am Beispiel der monatlichen Niederschlagssummen der Station Mainz. (KS = Kolmogoroff-Smirnoff-Test, $\chi^2 = \chi^2$ -Test).

Zeitraum	Signifikanzniveau der Ablehnung der angepassten Verteilungen					
	Normalverteilung		Gumbelverteilung		Weibullverteilung	
	KS	χ^2	KS	χ^2	KS	χ^2
1900-1999	99.99	100	44.21	100	99.39	100
1900-1909	2.36	3.55	63.88	100	34.38	7.87
1905-1914	23.96	52.68	26.2	100	5.2	43.2
1910-1919	56.04	91.46	7.41	18.86	7.39	33.45
1915-1924	77.48	100	33.97	92.93	60.14	99.99
1920-1929	82.5	100	69.72	82.38	62.1	99.91
1925-1934	9.51	100	48.37	96.19	6.13	65.61
1930-1939	42.4	99.31	58.18	94.92	28.84	70.3
1935-1944	54.1	100	17.3	99.22	42.45	97.55
1940-1949	60.08	76.73	11.79	96.42	53.86	28.36
1945-1954	26.54	85.01	58.06	99.99	15.03	70.84
1950-1959	56.07	99.98	19.72	76.07	7.98	79.03
1955-1964	39.86	99.6	18.75	72.41	23.58	86.41
1960-1969	61.17	96.89	5.57	34.65	12.13	63.97
1965-1974	82.71	88.5	20.46	72.31	33.66	44.8
1970-1979	75.64	100	68.11	98.86	59.07	100
1975-1984	79.27	100	3.87	32.6	45.08	95.69
1980-1989	73.43	90.91	4.58	22.86	25.13	29.18
1985-1994	52.51	43.36	36.11	100	50.45	28.76
1990-1999	72.94	100	0.06	33.07	19.83	88.01

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Betrachtet man die Qualität der Anpassung der Verteilungen für 10-Jahres-Intervalle (vgl. Tab. 5), so fällt auf, dass diese aufgrund des geringeren Datenumfangs (nur 120 Werte) sehr stark schwankt. In einzelnen Fällen kann dies sogar dazu führen, dass die Normalverteilung mit der geringsten Signifikanz abgelehnt wird. Ein solches – allerdings nicht repräsentatives – Beispiel zeigt die Abbildung 8a, Abbildung 8b zeigt dagegen ein Beispiel für eine sehr gute Anpassung der Gumbelverteilung. Die zugehörigen Daten stehen in den Tabellen 6a und 6b. Die geringere Datenzahl führt auch dazu, dass die Signifikanz der Ablehnung für alle Testverfahren und für alle Verteilungen deutlich sinkt. Für einen Teil der Datenfenster zeigt Tabelle 5 das Signifikanzniveau der Ablehnung.

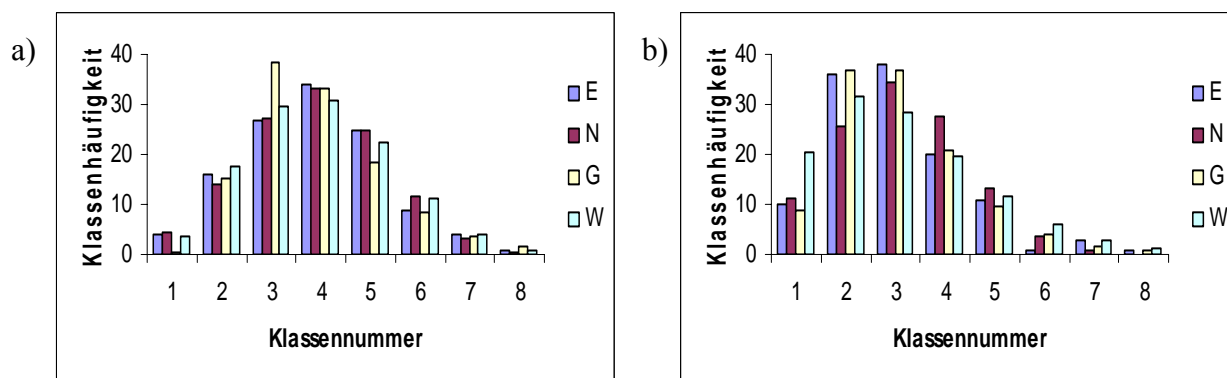


Abb.8: Klassenhäufigkeiten für die empirischen Daten (E) sowie die angepasste Gumbel- (G), Normal- (N) und Weibullverteilung (W). Daten der Station Mainz für die Zeitintervalle 1900 – 1909 (a) und 1990 – 1999 (b).

Tab. 6a: Empirische und theoretische Klassenhäufigkeit des Zeitintervalls 1900 - 1909 der monatlichen Niederschlagssummen am Beispiel der Station Mainz.

Verteilungsanpassung					
Klasse	Klassen- mittelwert	Klassenhäufigkeit			
		empirisch	Normalverteilung	Gumbelverteilung	Weibullverteilung
1	5.8792	4	4.3068	0.4335	3.6232
2	18.7542	16	13.8534	15.2148	17.4619
3	31.6292	27	27.3969	38.3843	29.4728
4	44.5042	34	33.3111	33.014	30.9989
5	57.3792	25	24.901	18.2901	22.3449
6	70.2542	9	11.4442	8.4655	11.2365
7	83.1292	4	3.2337	3.6406	3.922
8	96.0042	1	0.5618	1.5193	0.9373

Tab. 6b: Empirische und theoretische Klassenhäufigkeit des Zeitintervalls 1990 - 1999 der monatlichen Niederschlagssummen am Beispiel der Station Mainz.

Verteilungsanpassung					
Klasse	Klassen- mittelwert	Klassenhäufigkeit			
		empirisch	Normalverteilung	Gumbelverteilung	Weibullverteilung
1	8.6771	10	11.1437	8.9592	20.4644
2	28.3146	36	25.4941	36.8621	31.6516
3	47.9521	38	34.5658	36.8015	28.3392
4	67.5896	20	27.7746	20.9877	19.7868
5	87.2271	11	13.2265	9.5919	11.5949
6	106.8646	1	3.7328	4.0162	5.8918
7	126.5021	3	0.6243	1.6244	2.6447
8	146.1396	1	0.0619	0.6481	1.0615

6.2 Wartezeitverteilungen

Die Station Mainz ist mit einem Monatsmittel von etwa 47 mm Niederschlag eine relativ trockene Station, die einen für Deutschland recht typischen Jahresgang des Niederschlages besitzt (trockenster Monat Februar mit 36 mm, feuchtester Monat August mit 61 mm).

Die Wartezeitverteilungen (vgl. Kap. 3.3) werden für die Gesamtdaten ermittelt. Dies geschieht für die 4 Schwellenwerte 20,18 mm ($\bar{m} - \sigma$), 74,4mm ($\bar{m} + \sigma$), 101,51 mm ($\bar{m} + 2 \cdot \sigma$) und 128,62 mm ($\bar{m} + 3 \cdot \sigma$). Dabei ist 20,18 mm eine untere Schranke, die drei anderen Schranken sind obere Schranken.

Die Grafiken enthalten die empirische Wartezeitverteilung, die aus den drei theoretischen Verteilungen ermittelte Wartezeitverteilung sowie eine aus den empirischen Daten ermittelte theoretische Wartezeitverteilung. Letztere entsteht, indem für jeden Monat die Ereignisse ober-/unterhalb der Schranke ausgezählt und daraus eine monatliche Wahrscheinlichkeit für das Über-/Unterschreiten ermittelt wird. Startmonat der theoretischen Verteilungen ist Januar.

Da es sich bei den empirischen Daten um einzelne Realisationen der betrachteten Ereignisse handelt, sind die Werte der Wartezeitverteilung der empirischen Daten immer ganzzahlig. Die theoretischen Wartezeitverteilungen sind Wahrscheinlichkeiten, nehmen also Werte zwischen null und eins an. Zur besseren Vergleichbarkeit werden daher die Werte der theoretischen Wartezeitverteilungen mit der Anzahl der betreffenden Ereignisse im Intervall multipliziert.

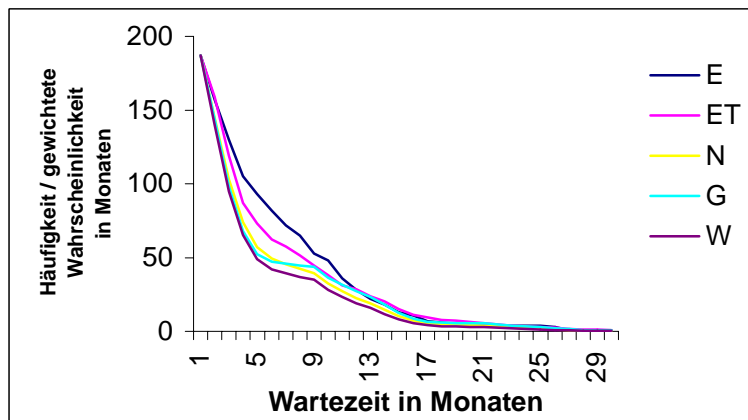


Abb. 9: Wartezeitverteilung für das Unterschreiten der -1σ -Schwelle (20,18 mm) der Station Mainz. Abgebildet sind die empirische Wartezeitverteilung (E), die aus der Gumbel- (G), Normal- (N) und Weibullverteilung (W) ermittelte Wartezeitverteilung sowie die aus den empirischen Daten ermittelte theoretische Wartezeitverteilung (ET).

Die Abbildung 9 zeigt die Wartezeitverteilungen für das Unterschreiten der 20,18 mm-Schwelle. Man erkennt das wesentlich steilere Abfallen von Gumbel-, Normal- und Weibullverteilung im Vergleich zur empirischen und empirisch-theoretischen Verteilung für kurze Wartezeiten. Dies bedeutet, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit überschätzt und damit die Wartezeit unterschätzt wird. Am stärksten ist diese Fehleinschätzung bei der Weibullverteilung. Da es sich hier um die Gesamtdaten handelt, könnte dies mit der Fehlschätzung des x_0 -Wertes in Verbindung stehen (negativer Klassenmittelwert der 1ten Klasse in Kapitel 6.1).

Weiterhin erkennbar ist ein Abflachen der 4 theoretischen Verteilungen im Bereich 5 bis etwa 9 Monaten Wartezeit. Dieses Abflachen ist bei der aus den empirischen Daten gewonnenen

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Verteilung am schwächsten ausgeprägt. Da die angepassten Verteilungen (Gumbel-, Normal- und Weibullverteilung) für alle Monate gleich sind, sie aber auf der anderen Seite dem Jahresgang folgen, wird das Eintreten eines Ereignisses unterhalb der $(\bar{m} - \sigma)$ -Schwelle im Winter über-, im Sommer aber unterschätzt. Dies führt zum steileren Abfallen der theoretischen Verteilungen im Vergleich zur empirischen Verteilung in den ersten 4 Monaten der Wartezeitverteilung, und zum flacheren Kurvenverlauf im Vergleich zur empirischen Verteilung vom 4ten bis 9ten Monat. Letzteres ist ein Zeichen für das Unterschätzen der Eintrittswahrscheinlichkeit. Anschließend, aufgrund des Maßstabs allerdings nicht mehr gut zu erkennen, tritt wieder ein Überschätzen der Eintrittswahrscheinlichkeit auf. Diese Struktur wiederholt sich bei den 4 theoretischen Verteilungen im Jahresrhythmus. Dies zeigt sich auch bei der Untersuchung für obere Schranken (vgl. Abbildungen 10 – 12).

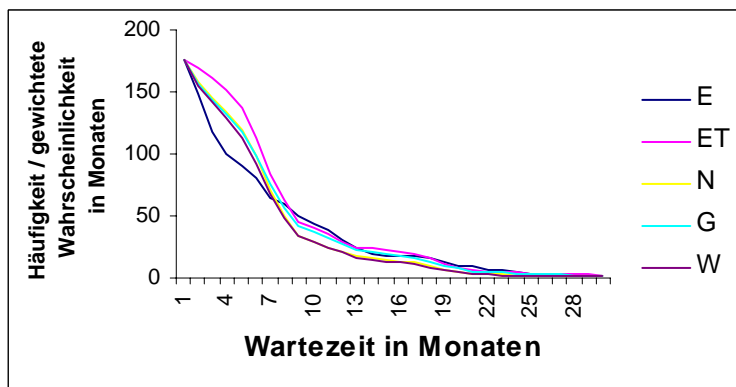


Abb. 10: Wartezeitverteilung für das Überschreiten der 1σ -Schwelle (74,4 mm) der Station Mainz (sonst wie Abb. 9)

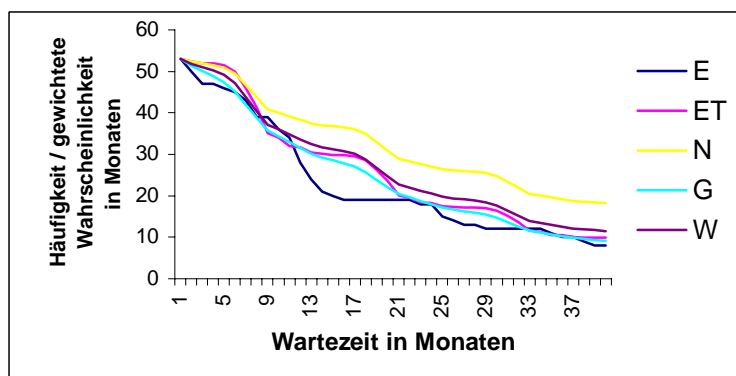


Abb. 11: Wartezeitverteilung für das Überschreiten der 2σ -Schwelle (101,51 mm) der Station Mainz (sonst wie Abb. 9)

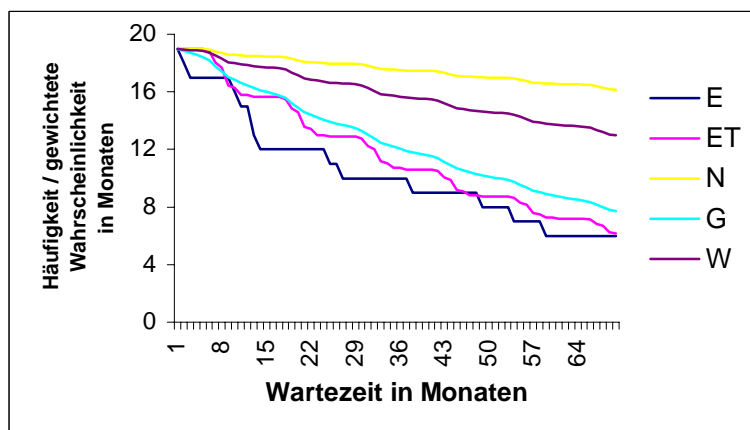


Abb. 12: Wartezeitverteilung für das Überschreiten der 3σ -Schwelle (128,62 mm) der Station Mainz (sonst wie Abb. 9)

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Die Untersuchung der Überschreitungswahrscheinlichkeit der drei oberen Schranken lässt in Abbildung 10 ein „gegenläufiges“ Verhalten der empirischen Wartezeitverteilung und der aus den empirischen Daten gewonnenen Verteilung erkennen, während die Wartezeitverteilungen der drei theoretischen Verteilungen in etwa gleich sind. Ebenso wie bei der unteren Schranke schätzt die empirisch-theoretische Verteilung die jahreszeitlichen Schwankungen der Überschreitungswahrscheinlichkeit besser ab als die drei theoretischen Verteilungen. Daher der flachere Verlauf der Kurve in den ersten 5 Monaten, dann der steilere Verlauf für die Sommermonate. Die drei theoretischen Verteilungen führen wieder eine Glättung der Überschreitungswahrscheinlichkeit durch, da sie im Sommer das Eintreten eines relativen Extremwertes unterschätzen, im Winter aber überschätzen.

Im zu Anfang steileren Abfall der empirischen Wartezeitverteilung zeigt sich ihr anderer Charakter. Sie entsteht durch reines Auszählen der Daten. Tritt ein Ereignis ein, so wird das Auszählen wieder neu gestartet. Dies führt dazu, dass das häufige, direkte oder um ein bis zwei Monate verzögerte hintereinander Auftreten von Extremereignissen im Sommer zu einer Häufung sehr kurzer Wartezeiten führt. Dadurch entsteht das starke Abfallen der Wartezeitkurve bei extrem kurzen Wartezeiten, unabhängig vom Startmonat der Untersuchungen.

Dieses Verhalten zeigt sich auch bei den beiden höheren Schranken, besonders deutlich in Abbildung 12. Im Bereich einer Wartezeit von 11 bis 15 Monaten und von 24 bis 29 Monaten fällt die empirische Wartezeitverteilung, im Gegensatz zu den anderen Verteilungen, stark ab. Ein gegensätzliches Bild dann im Bereich von 15 bis 22 Monaten Wartezeit, wo die empirische Wartezeitverteilung konstant bleibt. Abbildung 11 zeigt auch schon die deutlich schlechtere Abschätzung der Wartezeit durch die Normalverteilung. Die Wartezeit und damit auch die Wiederkehrzeit werden deutlich überschätzt, da die Eintrittswahrscheinlichkeit unterschätzt wird.

Abbildung 12 zeigt dann die für fast alle Stationen repräsentativen Ergebnisse der Anpassung bzw. Abschätzung der Wartezeitverteilung bei hohen Schranken. Die Normalverteilung schätzt die Wartezeitverteilung am schlechtesten ab, gefolgt von der Weibullverteilung. Am besten von den drei theoretischen Verteilungen passt die Gumbelverteilung, allerdings glättet sie die jahreszeitlichen Schwankungen der Überschreitungswahrscheinlichkeit und damit der Wartezeitverteilung stark. Die empirisch-theoretische Verteilung, da aus den empirischen Daten erzeugt, passt am besten zur empirischen Wartezeitverteilung, schätzt aber, da Januar als Startmonat gewählt wird, die Eintrittswahrscheinlichkeit genau dann am größten ein, wenn sie am kleinsten ist und umgekehrt (stark bzw. schwach negative Steigung der empirischen und empirisch-theoretischen Verteilung ist versetzt). Ferner zeigt sich bei der empirischen Wartezeitverteilung ein Abfallen der Verteilung immer nach Ablauf einer Wartezeit von etwa 12 Monaten Wartezeit, am deutlichsten zu erkennen nach 11-13 Monaten, dann nach ca. 25 Monaten, nach ca. 48 und 60 Monaten. Dies ist ein klares Zeichen für den deutlichen Jahresgang.

6.3 Risiko

Das Risiko (vgl. Kap. 3.3) wird für alle vier Schranken und für jeweils drei Zeiträume und drei Risikoquoten bestimmt (vgl. Tab. 2, Niederschlagsdaten). Zusätzlich zur Untersuchung der Gesamtdaten wird die Risikountersuchung zeitlich gleitend durchgeführt. Allerdings haben die verschiedenen Kurven des Risikos bei gegebener Zeit qualitativ den gleichen

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Verlauf, unabhängig von der Zeitspanne. Gleiches gilt umgekehrt für die Zeitspanne bei vorgegebenen Risikoquoten. Daher wird auf die Darstellung aller 24 Grafiken verzichtet. Es sollen hier lediglich das Risiko für einen Zeitraum von 12 Monaten sowie der Zeitraum, nachdem erstmals das Risiko größer als 90% ist, dargestellt werden.

Dieses Vorgehen ist auch insofern sinnvoll, als bei langen Zeiträumen das Risiko häufig für alle untersuchten Intervalle eins ist.

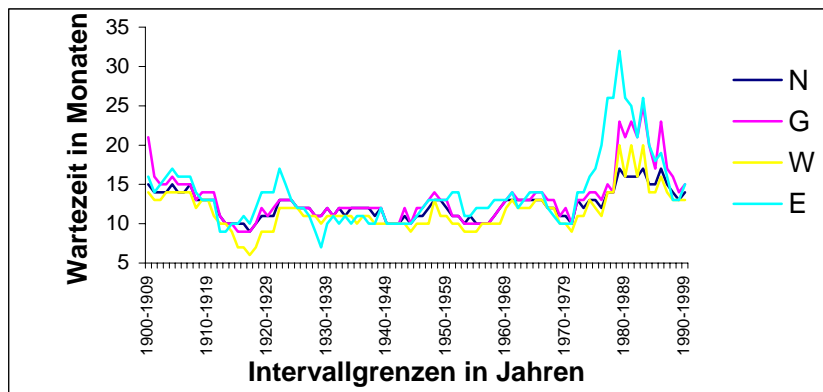


Abb. 13: Wartezeit in Monaten, bis das vorgegebene Risiko von 90% für das Unterschreiten der -1σ -Schranke (20,18 mm) erstmals überschritten ist; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

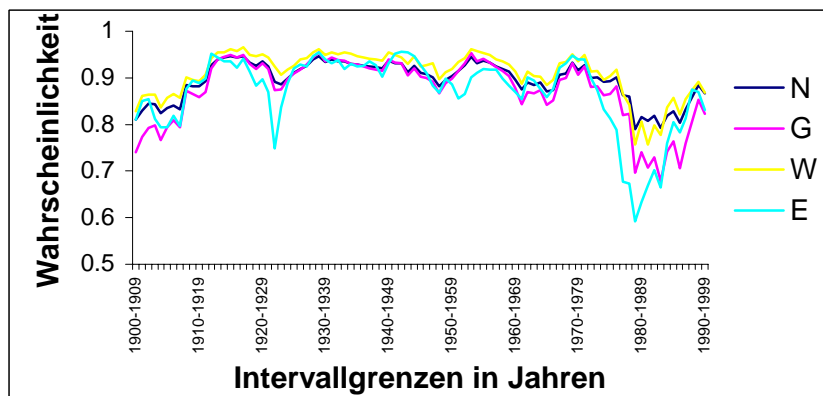


Abb. 14: Wahrscheinlichkeit (Risiko) für das Unterschreiten der -1σ -Schranke (20,18 mm) in einem Zeitraum von 12 Monaten; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

Die Abbildungen 13 und 14 zeigen übereinstimmend für die ersten Intervalle bis etwa zum Intervall 1910-1919 eine niedrige Unterschreitungswahrscheinlichkeit der Schranke und damit übereinstimmend eine größere Wartezeit auf ein entsprechendes Ereignis. In dieser Zeit hat es relativ wenige sehr trockene Ereignisse gegeben.

Innerhalb der ersten 20 Jahre steigt das Risiko auf etwa 95%, die Wartezeit sinkt auf etwa 11-12 Monate. Dieses Niveau bleibt in etwa konstant bis zum Intervall 1971-1980, unterbrochen lediglich von einem Anstieg des Risikos im Intervall 1921-1930. Ab dem Intervall 1971-1980 sinkt die Unterschreitungswahrscheinlichkeit deutlich ab, bis zum Intervall 1980-1989, um danach wieder deutlich anzusteigen. Es hat also um das Jahr 1985 relativ wenige Trockenereignisse gegeben (empirische Kurve), und auch die Datenstruktur (theoretische Verteilungen) hat sich dahingehend geändert. Anschließend zeigen sowohl die theoretische als auch die empirische Verteilung einen Trend, wieder den Zustand der Jahrhundertmitte einzunehmen.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Die Abbildungen 15 und 16 zeigen Wartezeit (vgl. Kap. 3.3) und Überschreitungswahrscheinlichkeit für die obere Schranke von 74,4 mm. Betrachtet man die Wartezeit, so zeigen die theoretischen Verteilungen bei den ersten 10 Intervallen ein Abfallen von 35 auf 15 Monate. Ein Eintreten des Ereignisses wird demnach wahrscheinlicher. Dies stimmt auch mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit in Abbildung 16 überein.

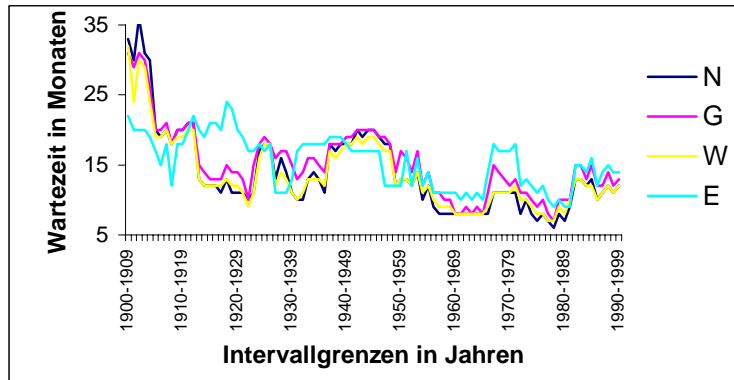


Abb. 15: Wartezeit in Monaten, bis das vorgegebene Risiko von 90% für das Überschreiten der 1σ -Schranke (74,4 mm) erstmals überschritten ist; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

Allerdings zeigt sich diese Abnahme nur bei den theoretischen Verteilungen, nicht bei der empirischen. Letztere hat schon in den ersten Intervallen eine geringere Wartezeit und zeigt nur einen kleinen Peak nach unten, von 20 Monaten auf 12 Monate, um dann wieder auf eine Wartezeit von 20 Monaten anzusteigen.

Die Schwankung um den mittleren Wert von 15 Monaten ist stärker als bei der unteren Schranke, und man erkennt etwa ab dem Intervall 1906-1915 einen Trend zu kürzeren Wartezeiten, entsprechend beim Risiko einen Trend zu höheren Überschreitungswahrscheinlichkeiten.

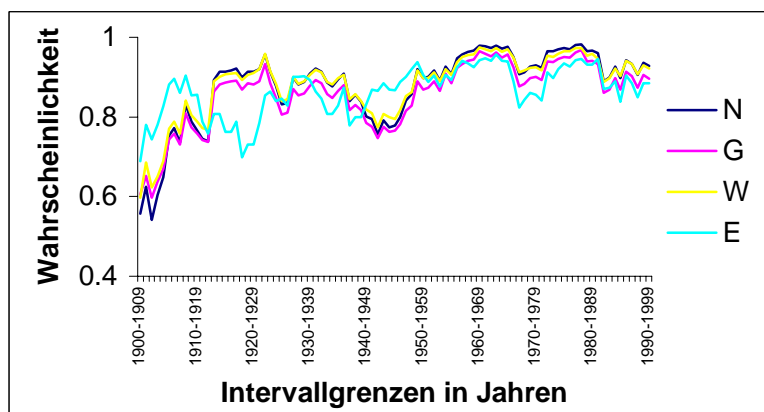


Abb. 16: Wahrscheinlichkeit (Risiko) für das Überschreiten der 1σ -Schranke (74,4 mm) in einem Zeitraum von 12 Monaten; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

Betrachtet man die Abbildungen 13-16 zusammen, so lassen sie den Schluss zu, dass das Klima in den ersten 10 bis 15 Jahren dieses Jahrhunderts weniger extrem gewesen ist als im Rest des Jahrhunderts.

Die Abbildungen 17-20 zeigen Wartezeit und Risiko für das Überschreiten der 101,51mm- und 128,62mm-Schwelle.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

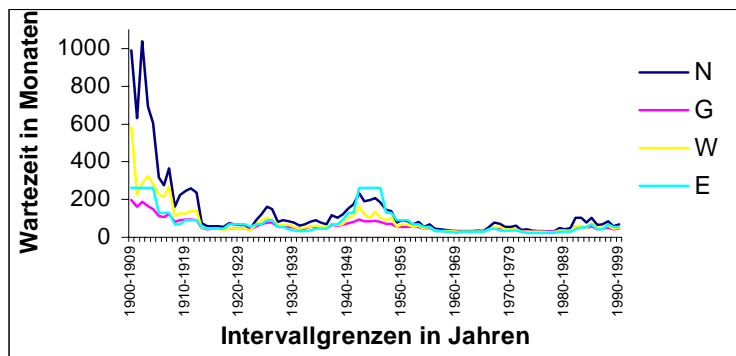


Abb. 17: Wartezeit in Monaten, bis das vorgegebene Risiko von 90% für das Überschreiten der 2σ -Schranke (101,51 mm) erstmals überschritten ist; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

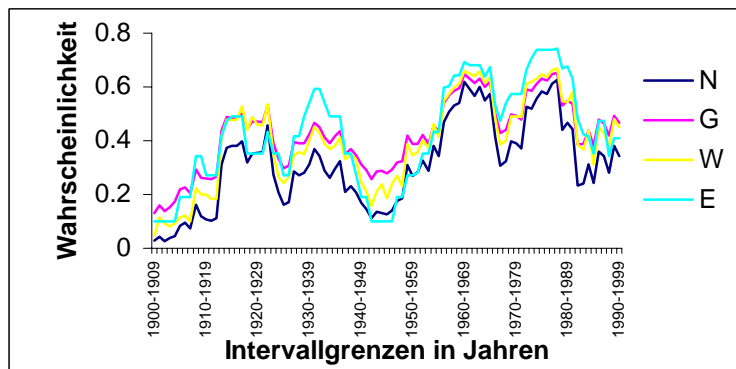


Abb. 18: Wahrscheinlichkeit (Risiko) für das Überschreiten der 2σ -Schranke (101,51 mm) in einem Zeitraum von 12 Monaten; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

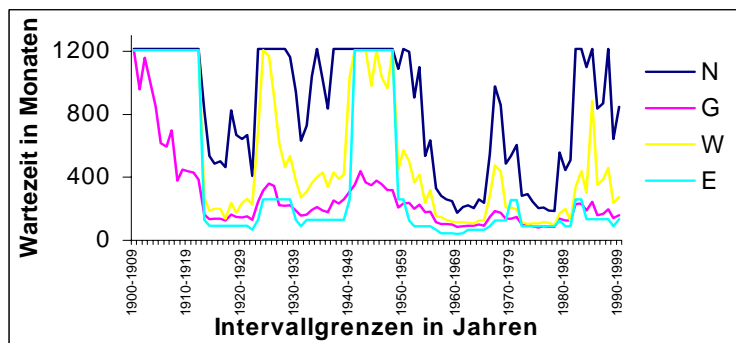


Abb. 19: Wartezeit in Monaten, bis das vorgegebene Risiko von 90% für das Überschreiten der 3σ -Schranke (128,62 mm) erstmals überschritten ist; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

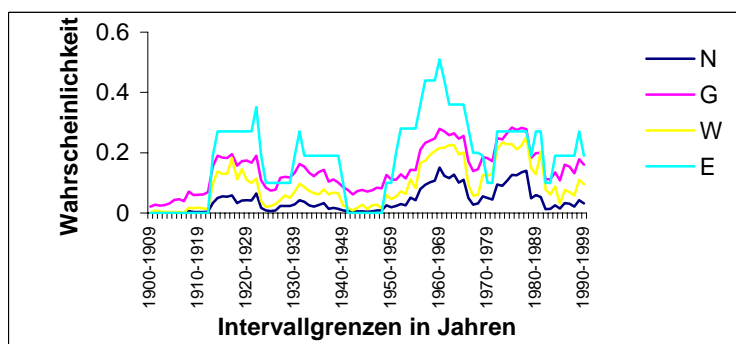


Abb. 20: Wahrscheinlichkeit (Risiko) für das Überschreiten der 3σ -Schranke (128,62 mm) in einem Zeitraum von 12 Monaten; zeitlich gleitend in 10-Jahres-Intervallen.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Da die Berechnung der Wartezeit nur bis zu einem Maximalwert von 1200 Monaten durchgeführt wird, erscheint die Kurve der auf der Basis der Normalverteilung abgeschätzten Wartezeit in Abbildung 19 nach oben beschränkt, ebenso wie die empirische Kurve, falls im Zeitraum kein relativer Extremwert aufgetreten ist. Dies ist allerdings unproblematisch, denn diese Beschränkung hat nur Auswirkungen auf die – ohnehin sehr schlechten – Ergebnisse, die auf der angepassten Normalverteilung basieren. Und auch eine empirische Wartezeit ist ohne das Auftreten eines Extremereignis im Intervall nicht berechenbar.

Darüber hinaus wird für diese Berechnung die ohnehin schon problematische Annahme gemacht, dass die Wahrscheinlichkeit des Überschreitens der Schwelle im gesamten Zeitraum konstant bleibt. Dies ist schon bei einem Zeitraum von 100 Jahren unrealistisch, wie ja auch die Kurvenverläufe zeigen (vgl. z. B. Abb. 14 und 16).

In den Abbildungen 17 und 19 zeigt sich für die ersten 10-15 Jahre wieder eine längere Wartezeit als im übrigen Kurvenverlauf. Dies entspricht in den Abbildungen 18 und 20 der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit. Allerdings zeigen sich jetzt stärkere Schwankungen in den Kurvenverläufen. So kann man ein lokales Maximum der Wartezeit beim Intervall 1943-1952 erkennen, und auch beim Intervall 1981-1990 liegt ein solches Maximum, wiederum korrespondierend mit geringeren Eintrittswahrscheinlichkeiten.

Deutlich erkennbar ist jetzt auch, dass die Gumbelverteilung die realen Werte am besten abschätzt, und zwar um so deutlicher, je höher die Schranke gewählt wird. Daher ist dies auch in den Abbildungen 19 und 20 am deutlichsten zu erkennen.

Erkennbar ist aber auch, dass es dennoch für manche Intervalle deutliche Abweichungen zwischen Gumbelverteilung und empirischen Daten gibt (z. B. 1960-1969 oder bei den Intervallen um das Intervall 1945-1954). Dies ist aber zu erwarten, denn eine Übereinstimmung der Daten mit der angepassten Verteilung ist, wie schon in Kapitel 5 erwähnt, nur im statistischen Mittel zu erwarten. Es ist z. B. sicher unrealistisch zu sagen, in einem Intervall, in dem kein relativer Extremwert auftritt, sei die Überschreitungswahrscheinlichkeit der entsprechenden Schranke Null. Die angepassten Verteilungen zeigen in diesen Fällen meist keine großen Veränderungen der Datensätze, abzulesen an den in etwa gleich bleibenden Werten der Wartezeiten und Überschreitungswahrscheinlichkeiten. In diesen Fällen ist nur zufällig kein relativer Extremwert aufgetreten.

6.4 Wiederkehrzeit

Die Wiederkehrzeit ist ein Maß für die mittlere Wartezeit auf das Eintreten eines bestimmten Ereignisses (vgl. Kap. 3.3). Für eine exakte Berechnung ist allerdings die Kenntnis über die gesamte Wartezeitverteilung erforderlich. Dabei „kann nur im Fall einer raschen Konvergenz der Wartezeitverteilung ... gegen null die Summe über zukünftige Zeitschritte schon nach wenigen Summanden abgebrochen werden“ (Grieser, 2002). Genau dies ist aber für Extremereignisse nicht der Fall. Vielmehr gilt, dass die Wartezeitverteilung umso langsamer konvergiert, je höher/niedriger die Schranke gewählt wird. Hier wird, wie im vorangegangenen Kapitel, die Wartezeitverteilung über 100 Jahre betrachtet. Die Wiederkehrzeit wird dadurch systematisch unterschätzt. Allerdings sind die Fehler für die Gumbelverteilung und auch für die schlechter schätzende Weibullverteilung minimal (maximale Größenordnung im ‰-Bereich), lediglich bei der angepassten Normalverteilung gibt es größere Abweichungen (maximale Größenordnung im %-Bereich).

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

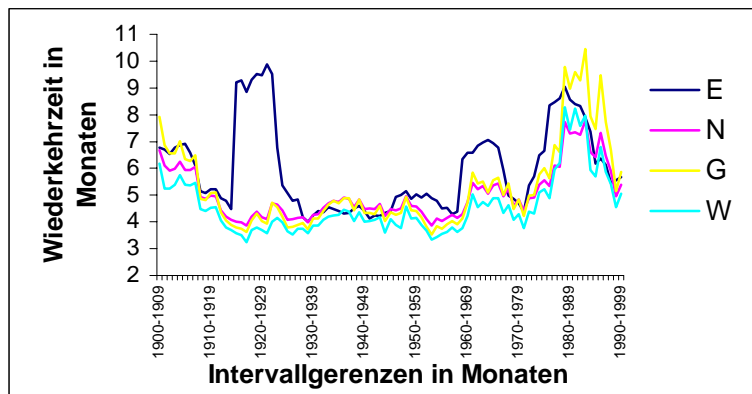


Abb. 21: Wiederkehrzeit eines Ereignisses unterhalb der -1σ -Schranke (20,18 mm) für die Station Mainz.

Abbildung 21 zeigt die Wiederkehrzeit für ein Ereignis unterhalb des Schwellenwertes von 20,18 mm in Mainz. Ähnlich wie in den Abbildungen 13 und 15, die in den ersten 10 bis 15 Jahren längere Wartezeiten zeigen, kann man hier in den ersten 10 bis 15 Jahren größere Wiederkehrzeiten erkennen. Ebenso sieht man größere Wiederkehrzeiten ab dem Intervall 1973-1982. Dazwischen liegt die Wiederkehrzeit bei etwa 4 bis 5 Monaten. Lediglich die empirische Verteilung zeigt ab dem Intervall 1915-1924 einen Sprung nach oben, der mit dem Intervall 1924-1933 wieder verschwindet. In diesem Bereich gibt es eine einmalige empirische Wartezeit von 39 Monaten, die den Durchschnittswert deutlich erhöht (vgl. Anhang 8). Ein zweiter, weniger signifikanter Sprung in der empirischen Wartezeitverteilung zeigt sich ab dem Intervall 1959-1968. Auch hier wird durch eine lange Wartezeit (26 Monate) der Durchschnittswert angehoben (vgl. ebenso Anhang 8).

In den Abbildungen 22 und 23 ist die Wiederkehrzeit eines Ereignisses oberhalb der 74,4 bzw. 101,51 mm-Schranke dargestellt. In beiden Fällen ist die Wiederkehrzeit in den ersten Intervallen am größten, um dann bis zum Intervall 1910-1919 abzufallen auf Werte von etwa 8 Monaten bei der 74,4 mm-Schranke und etwa 20 bis 30 Monaten bei der 101,51 mm-Schranke. Nach dem starken Abfallen zu Anfang bleibt in beiden Fällen ein leicht negativer Trend in den theoretischen Kurven erhalten, nur kurz unterbrochen etwa in der Mitte des Untersuchungszeitraums. Die empirische Kurve der 101,51 mm Schranke verhält sich ebenso, lediglich die empirische Kurve der 74,4 mm Schwelle zeigt für diese Intervalle sogar ein gegenläufiges Verhalten.

Ferner ist in Abbildung 23 zu erkennen, dass die Gumbelverteilung die empirische Verteilung am besten annähert. Die Anpassung der Weibull-, vor allem aber der Normalverteilung ist deutlich schlechter. Insbesondere in den ersten 10 Intervallen überschätzen sie die Wiederkehrzeit deutlich. Und dies, obwohl gerade diese beiden Verteilungen durch das Abbrechen der Integration der Wartezeitverteilung nach 1200 Monaten die Wiederkehrzeit am stärksten systematisch unterschätzen.

Es ist überraschend, dass die Gumbelverteilung die bessere Abschätzung liefert, da die Weibullverteilung einen Freiheitsgrad mehr hat und dies eine bessere Anpassung erwarten lässt (vgl. Kap. 3.5). Allerdings (vgl. Kap. 8.3) ändert sich der Formparameter der Weibullverteilung kaum. De facto ändern sich bei der Weibullverteilung also nur zwei Parameter. In anderen Niederschlagsregimen (Monsungebiete, Tropen) ist dies wahrscheinlich anders. Es ist möglich, dass dort die Weibullverteilung eine bessere Anpassung liefert als die Gumbelverteilung.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

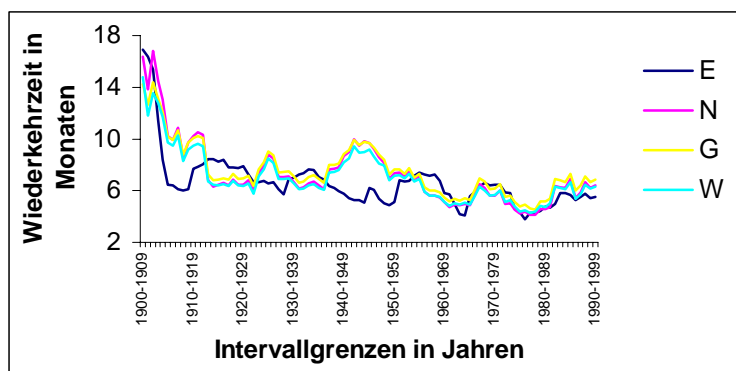


Abb. 22: Wiederkehrzeit eines Ereignisses oberhalb der 1σ -Schranke (74,4 mm) für die Station Mainz.

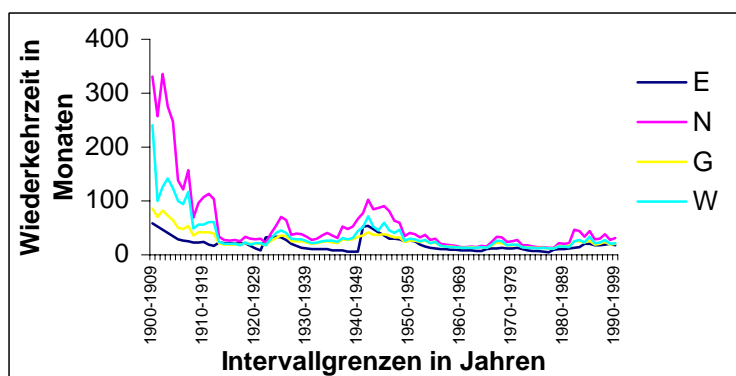


Abb. 23: Wiederkehrzeit eines Ereignisses oberhalb der 2σ -Schranke (101,51 mm) für die Station Mainz.

In Abbildung 24 fällt auf, dass die Wiederkehrzeiten nach oben beschränkt zu sein scheinen. Dies hat folgenden Grund: Da die Wartezeitverteilung der theoretischen Verteilungen nur bis zu einer maximalen Wartezeit von 1200 Monaten betrachtet wird, ergibt sich eine Obergrenze für die Wiederkehrzeit. Diese liegt bei etwa 350 Monaten für die hier betrachteten Verteilungen. Für die maximale Wiederkehrzeit der empirische Verteilung ergibt sich dagegen die halbe Intervallbreite, also ein Wert von 60 Monaten. Handelt es sich um ein Intervall ohne relativen Extremwert, so wird die empirische Wiederkehrzeit null gesetzt.³

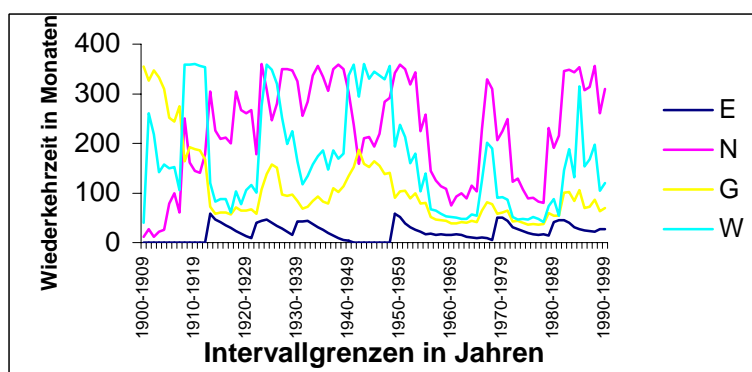


Abb. 24: Wiederkehrzeit eines Ereignisses oberhalb der 3σ -Schranke (128,62 mm) für die Station Mainz.

Die sägezahnartige Form der empirischen Verteilung entsteht, wenn ein einzelner relativer Extremwert erstmals in einem Intervall auftritt. Der relative Extremwert befindet sich dann am Ende des betrachteten Intervalls, die ermittelte Wiederkehrzeit ist hoch. Durch Verschieben des Intervalls wandert der Extremwert in Richtung Intervallanfang, die

³ Dies ist eine willkürliche Festlegung. Die empirische Wiederkehrzeit ist in einem solchen Fall natürlich größer. Man kann sie aber nicht bestimmen.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

Wiederkehrzeit wird kleiner. Dort, wo die Sägezahnstruktur nicht exakt ausgebildet ist, befinden sich mehrere relative Extremwerte im untersuchten Intervall (maximal 6 im Intervall 1960-1969, daher dort auch ein relativ flacher Kurvenverlauf, vgl. Anhang 8).

Die Qualität der Abschätzung der Wiederkehrzeit der theoretischen Verteilungen kann man mit Hilfe der vorherigen Abbildungen ermitteln. Bei Intervallen ohne relativen Extremwert sollte man ein Ansteigen der Wiederkehrzeit bei den theoretischen Verteilungen erwarten. Die Normalverteilung zeigt ein entgegengesetztes Verhalten. Für die ersten 12 Intervalle und für die auf das Intervall 1940-1949 folgenden Intervalle sinkt die mit der Normalverteilung ermittelte Wiederkehrzeit. Ebenfalls ein Rückgang der Wiederkehrzeit zeigt sich in den ersten Intervallen bei der Gumbelverteilung. Die Ergebnisse aller vorangegangenen Kapitel zeigen aber das Gegenteil. Denn das weniger extreme Klima der ersten Jahre verkleinert die Eintrittswahrscheinlichkeit und erhöht somit die Wiederkehrzeit.

So zeigt nur die mit der Gumbelverteilung ermittelte Wiederkehrzeit über den gesamten Zeitraum einen Verlauf, der mit den Werten der empirischen Wiederkehrzeit qualitativ in Einklang steht. Aussagen über die Genauigkeit der Anpassung lassen sich dadurch, dass in den einzelnen Intervallen zu wenige relative Extremwerte auftreten, nicht machen.

6.5 Parameteruntersuchungen

In den Abbildungen 25-27 sind die zeitlich gleitenden Veränderungen der Parameter der drei theoretischen Verteilungen abgebildet.

Entsprechend den Beobachtungen in den vorangegangenen Unterkapiteln ist die Streuung bei allen Verteilungen in den ersten Intervallen am kleinsten. So haben die Standardabweichung bei der Normalverteilung sowie die Streuparameter bei Weibull- und Gumbelverteilung zu Beginn des Jahrhunderts die niedrigsten Werte. Alle drei Parameter zeigen also für den Anfang des letzten Jahrhunderts ein weniger extremes Klima an.

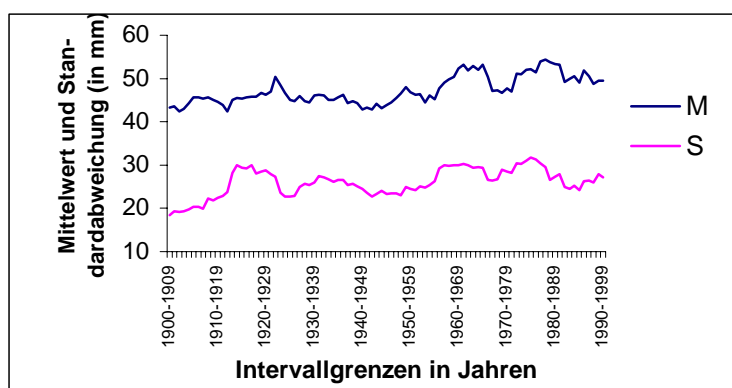


Abb. 25: Entwicklung von Mittelwert (M) und Standardabweichung (S) der angepassten Normalverteilungen für die Station Mainz.

Der Mittelwert der Normalverteilung und der Lageparameter der Gumbelverteilung zeigen einen Anstieg des Modus' der Verteilungen. Ebenso ansteigend verhalten sich die Standardabweichung der Normalverteilung und der Streuparameter der Gumbelverteilung. Dabei korrelieren Standardabweichung und Mittelwert der Normalverteilung mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,65, Lage- und Streuparameter der Gumbelverteilung mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,26.

6 Überblick über die Analysemethodik am Beispiel der Station Mainz

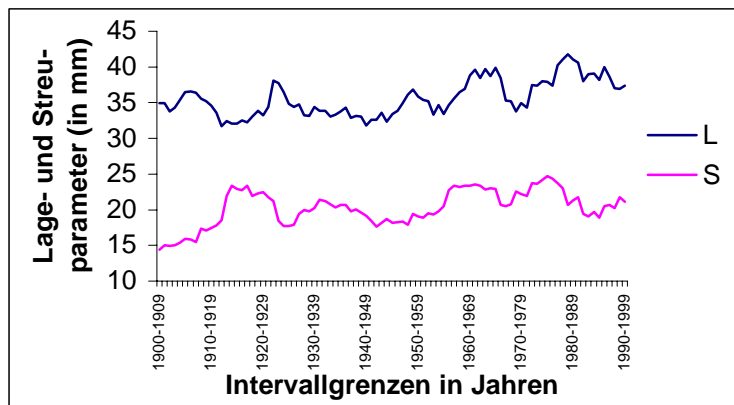


Abb. 26: Entwicklung von Lage- (L) und Streuparameter (S) der angepassten Gumbelverteilungen für die Station Mainz.

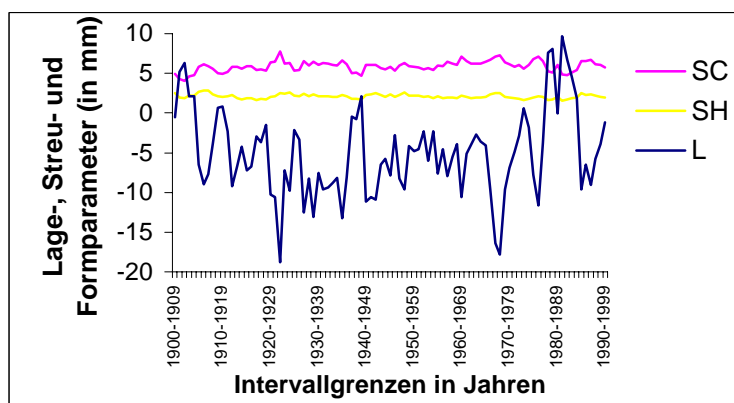


Abb. 27: Entwicklung von Lage- (L), Streu- (SC) und Formparameter (SH) der angepassten Weibullverteilungen für die Station Mainz. Der Streuparameter ist mit dem Faktor 0,1 multipliziert.

Der Lageparameter der Weibullverteilung lässt sich nicht mit den Lageparametern der anderen Verteilungen vergleichen. Er gibt immer den kleinsten Datenwert an (Minimum aus allen Originaldaten minus zugehöriges Monatsmittel des jeweiligen Intervalls). So kommen seine großen Schwankungen zustande. Der zunehmende Streuparameter der Weibullverteilung zeigt, dass die Niederschläge einen Trend zu einer größeren Variabilität haben. Darüber hinaus hat der Formparameter einen negativen Trend. Auch dieser Trend deutet eine wachsende Zahl hoher und geringer Niederschläge an. Der Formparameter schwankt dabei immer zwischen 1,6 und 2,8. Damit hat die Verteilung für alle Intervalle eine positive Schiefe.

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

Einige interessante und auffällige Analyseergebnisse von Niederschlagsdaten an ausgewählten Stationen sollen in diesem Kapitel vorgestellt werden.

7.1 Wartezeitverteilungen

Die Wartezeitverteilungen (vgl. Kap. 3.3) von Hof und Hannover, jeweils betrachtet für die 3σ -Schranke, sind interessant wegen der guten Abschätzung des zeitlichen Verlaufs der empirischen Wartezeitverteilung durch die mit Hilfe der Gumbelverteilung erzeugten Wartezeitverteilung. Die Station Artern zeigt, ebenfalls betrachtet für die 3σ -Schranke, einen auffälligen Verlauf der empirischen Wartezeitverteilung.

Von den drei theoretischen Verteilungen ist die Gumbelverteilung im Falle der Station Hof am besten zur Abschätzung der empirischen Wartezeitverteilung bei hohen Schranken geeignet. Allerdings zeigen die Kurven den seltenen Fall, dass die Wartezeitverteilung der Gumbelverteilung schneller abfällt als die der empirisch-theoretischen Verteilung (Abbildung 28).

Zwei Gründe müssen hierfür erfüllt sein: Der erste ist eine starke Streuung der Daten auch in den Wintermonaten. Der Effekt, die Eintrittswahrscheinlichkeit durch eine über das Jahr gemittelte Streuung im Winter zu überschätzen, im Sommer aber zu unterschätzen, ist dadurch kleiner. Die starke Streuung im Winter zeigt sich in diesem Beispiel in der empirisch-theoretischen Verteilung, die im Verlauf von 12 Monaten Wartezeit zwei Bereiche steileren Abfalls und zwei Bereiche mit flacherem Verlauf zeigt, also zwei Jahreszeiten erhöhter Überschreitungswahrscheinlichkeit (Sommer und Winter).

Der zweite Grund ist das Fehlen von Ausreißern in der Verteilung. Der absolute Maximalwert der Niederschlagssummen beträgt 159 mm, und der auf Ausreißer sensibel reagierende χ^2 -Test (vgl. Anhang 3) ermittelt sehr niedrige Ablehnungswahrscheinlichkeiten.

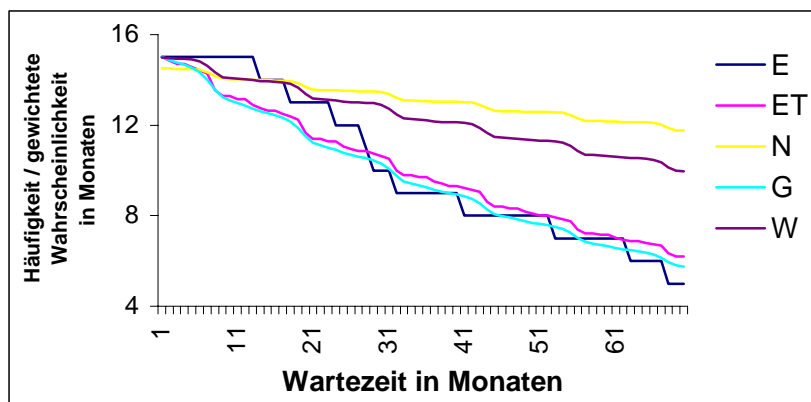


Abb. 28: Wartezeitverteilungen der Station Hof für die obere Schranke von 149,73 mm (3σ).

Diese beiden Gründe sind notwendig, aber noch nicht ausreichend. Bei der empirischen Verteilung ist in den Monaten März, September und November diese Schranke nie überschritten worden (vgl. Tab. 7). Hier überschätzt die Gumbelverteilung die Eintrittswahr-

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

scheinlichkeit. In den übrigen Monaten wird die Eintrittswahrscheinlichkeit zwar unterschätzt, aber nur im Juli deutlich. Insgesamt ist die jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit dadurch bei der Gumbelverteilung größer als bei der empirischen. Dies führt zu einem schnelleren Abfallen der mit der Gumbelverteilung ermittelten Wartezeitverteilung im Vergleich zu der mit den empirischen Daten ermittelten Wartezeitverteilung.

Tab. 7: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Schranke 149,73 mm für verschiedene Verteilungen an der Station Hof.

	Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Emp.-theor.	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010	0.010	0.050	0.020	0.000	0.010	0.000	0.020
Normalvert.	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.007	0.012	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001
Gumbelvert.	0.009	0.006	0.007	0.009	0.014	0.023	0.031	0.025	0.009	0.009	0.009	0.011
Weibullvert.	0.002	0.001	0.001	0.002	0.005	0.013	0.021	0.015	0.002	0.002	0.002	0.003

Die Station Artern ist die trockenste der untersuchten Niederschlagsstationen, mit starkem Jahrgang der Monatsmittel und starker Streuung der Daten im Sommer. Dies lässt einen treppenförmigen Verlauf der empirischen Wartezeitverteilung erwarten (vgl. auch Abb. 12).

Jedoch zeigt die empirische Wartezeitverteilung (Abbildung 29) bei ein bis drei Monaten Wartezeit sowie zwischen 10 und 25 Monaten Wartezeit einen starken und stetigen (unterbrochen nur bei der Wartezeit von 16 bis 18 Monaten) Abfall, der nicht von einem typischen Jahrgang herrührt.

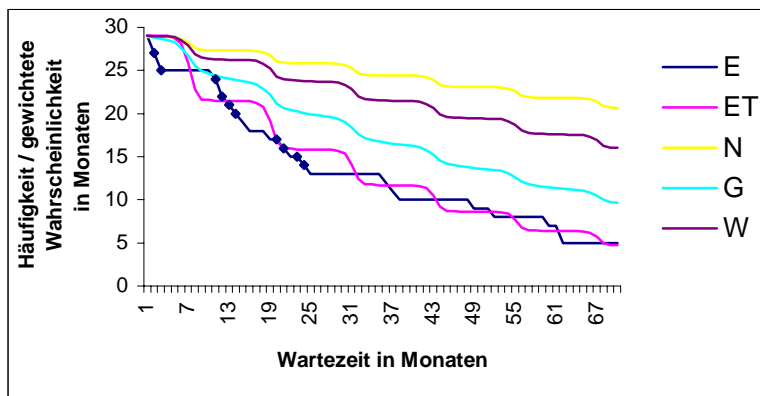


Abb. 29: Wartezeitverteilungen der Station Artern für die obere Schranke von 103,29 mm (3σ).

Die Erklärung hierfür liefert Tabelle 8. Von insgesamt 29 relativen Extremwerten in 100 Jahren fallen 12 in den Zeitraum 1948 bis 1961 (in Tabelle 8 rot markiert), überzufällig viele. Das Klima in Artern war zu jener Zeit offensichtlich extremer als in den übrigen Zeiträumen. In Abbildung 29 sind die Wartezeiten, die in diesen 13 Jahren auftreten, mit einer Raute gekennzeichnet. Dabei kommt eine Wartezeit von 11 Monaten sogar zweimal vor, und auch zwei Jahre mit zwei relativen Extremereignissen treten auf, wodurch auch der starke Abfall bei kurzen Wartezeiten verstärkt wird. Insgesamt ist dieser Zeitraum fast allein für den starken Rückgang der Wartezeitverteilung bis zu einer Wartezeit von 25 Monaten verantwortlich. Die anderen, weniger extremen Zeiträume erzeugen wieder die typische Treppenstufenform (Wartezeiten ab 25 Monaten).

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

Tab. 8: Monatliche Niederschlagssummen der Station Artern in 10tel Millimeter für die Jahre 1947 bis 1962.

Jahr	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1947	200	310	170	230	250	320	120	260	70	60	520	520
1948	540	430	130	110	320	380	610	1060	120	300	180	80
1949	390	440	410	390	530	640	230	780	430	160	630	840
1950	410	710	70	600	1290	580	1040	360	240	260	410	370
1951	210	210	220	90	540	1300	290	560	510	140	520	80
1952	350	180	570	270	360	530	170	270	1000	620	600	200
1953	550	200	10	250	340	1110	650	330	100	250	40	230
1954	170	110	60	290	250	500	1120	930	270	550	100	510
1955	340	290	180	280	520	760	1350	490	490	420	110	370
1956	270	170	260	670	280	1090	2020	660	230	500	200	200
1957	100	330	360	270	270	300	640	530	610	220	270	260
1958	450	260	350	80	820	1140	470	550	250	510	200	350
1959	180	20	130	230	460	490	170	1040	0	300	390	180
1960	410	120	140	280	650	230	670	650	380	660	350	550
1961	360	240	180	1040	930	360	310	400	200	190	630	640
1962	130	340	230	310	320	240	750	440	230	60	130	330

Die Wartezeitverteilungen Station Hannover zeigt als Besonderheit eine fast exakte Übereinstimmung der empirisch theoretischen Verteilung mit der von der Gumbelverteilung geschätzten Wartezeitverteilung (vgl. Abbildung 30). Dies lässt vermuten, dass die monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten übereinstimmen. Die Tabelle 9 zeigt das Gegenteil. Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten weichen noch deutlicher voneinander ab als im Fall der Station Hof. Allerdings gleichen sich die Fehler in den Monaten März, April, September, Oktober und November, in denen die Überschreitungswahrscheinlichkeit der empirisch-theoretischen Verteilung Null ist, und den Monaten Juni und Juli, in denen die Gumbelverteilung die Eintrittswahrscheinlichkeit deutlich unterschätzt, aus.

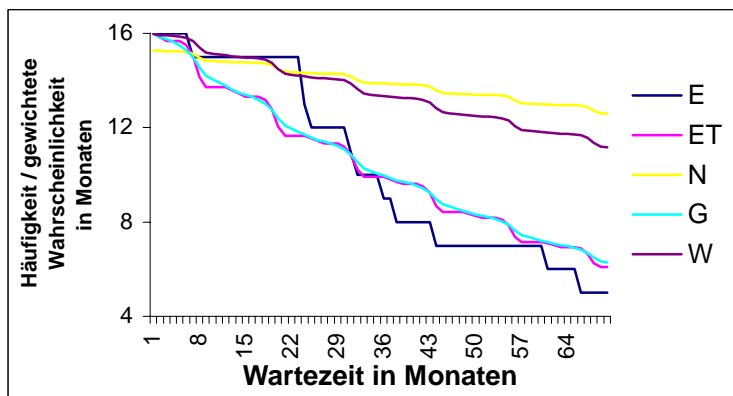


Abb. 30: Wartezeitverteilungen der Station Hannover für die obere Schranke von 138,04 mm (3σ).

Tab. 9: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der Schranke 138,04 mm an der Station Hannover

	Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Emp.-theor.	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.030	0.060	0.030	0.000	0.000	0.000	0.010
Normalvert.	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.011	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001
Gumbelvert.	0.010	0.006	0.007	0.009	0.012	0.019	0.029	0.025	0.011	0.010	0.010	0.011
Weibullvert.	0.002	0.001	0.001	0.002	0.004	0.009	0.018	0.014	0.003	0.002	0.002	0.003

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

Diese Abweichungen machen sich wieder im Jahresgang der Steigung bemerkbar. Die Gumbelverteilung zeigt einen Bereich maximalen Abfalls der Kurve, die empirisch-theoretische Verteilung hat in 12 Monaten zwei Zeiträume mit starkem Rückgang der Wartezeitverteilung (Winter und Sommer), und zwei Zeiträume ohne Rückgang.

7.2 Risiko

Der Risikoverlauf (vgl. Kap. 3.3) der Station Attendorn zeigt einen recht typischen Verlauf (vgl. Abb. 31). In den ersten Intervallen ist das Risiko klein (weniger extremes Klima, erster relativer Extremwert erst 1925), zeigt aber einen starken Aufwärtstrend. Etwa ab dem Intervall 1917-1926 bleibt das Risiko dann in etwa konstant bzw. zeigt nur noch einen sehr langsamen Aufwärtstrend. Für die ersten Intervalle stimmen diese theoretischen Ergebnisse auch mit den empirischen Daten überein. Es ist kein relativer Extremwert aufgetreten.

Aber auch in den Jahren 1949 bis 1964 ist kein relatives Extremum aufgetreten, obwohl sich die statistischen Eigenschaften der Daten, wie die theoretischen Abschätzungen des Risikos zeigen, kaum verändern.

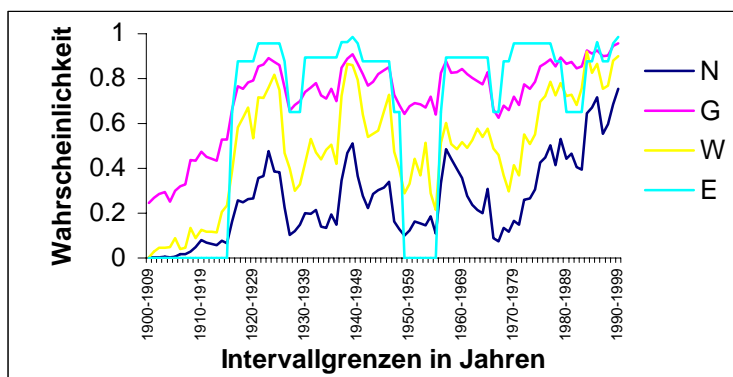


Abb. 31: Risiko für das Überschreiten der Schranke 229,16 mm (3σ) in 120 Monaten an der Station Attendorn; Intervallbreite 10 Jahre.

Vergrößert man die Intervallbreiten (Abbildung 32), so verlaufen die Kurven ab dem Intervall 1906-1925 wie man es erwartet. Das aus den empirischen Daten ermittelte Risiko schwankt um das mit der Gumbelverteilung berechnete. Ein Vergleich der Mittelwerte aller Intervalle bestätigt diesen Eindruck (Tabelle 10).

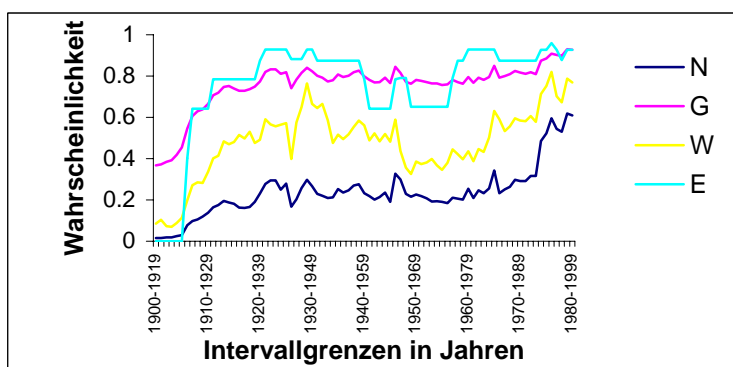


Abb. 32: Risiko für das Überschreiten der Schranke 229,16 mm (3σ) in 120 Monaten an der Station Attendorn; Intervallbreite 20 Jahre.

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

Tab. 10: Mittelwerte des mit der Gumbelverteilung bzw. empirisch ermittelten Risikos in Abhängigkeit der Intervallbreite.

	Intervallbreite 120 Monate	Intervallbreite 240 Monate
Gumbelverteilung	0,719	0,757
Empirisch	0,644	0,754

Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, dass die empirischen Daten aufgrund ihrer Zufälligkeit nur bedingt zur Verifikation der theoretischen Verteilungen geeignet sind. Eine Quantitative Aussage zur Anpassungsqualität ist daher kaum möglich.

Ein Beispiel hierfür ist auch die Station Bornhöved. Die Abbildungen 33 und 34 zeigen die Überschreitungswahrscheinlichkeit der 2- bzw. 3- σ -Schranke (132,46 und 166,43 mm), Tabelle 11 zeigt die zugehörigen Niederschlagsdaten.

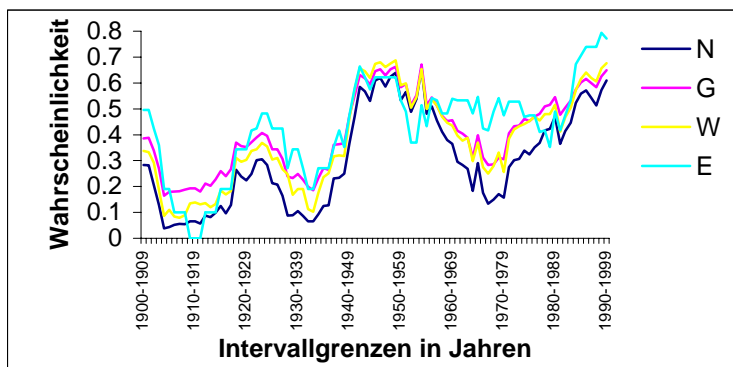


Abb. 33: Risiko für das Überschreiten der Schranke 132,46 mm (2σ) im Zeitraum von 12 Monaten an der Station Bornhöved.

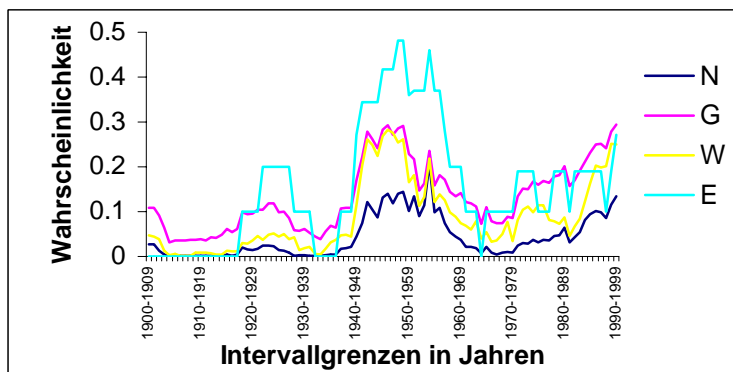


Abb. 34: Risiko für das Überschreiten der Schranke 166,43 mm (3σ) im Zeitraum von 12 Monaten an der Station Bornhöved.

Interessant ist der Bereich um das Intervall 1946-1955. Hier wird das Risiko für das Überschreiten der 132,46mm-Schranke sehr gut abgeschätzt. Dagegen sind die Abweichungen der empirischen und theoretischen Verteilungen für die 166,43mm-Schranke aber sehr groß.

Die Erklärung liefert Tabelle 11. Sowohl im Intervall 1946-1955 als auch im Intervall 1947-1956 liegen jeweils 9 Ereignisse (gerahmte und unterlegte Daten) oberhalb der 2σ -Schranke, ein durchschnittlicher Wert. Von diesen 9 Ereignissen liegen aber jeweils 5 Ereignisse (unterlegte Daten) auch über der 3σ -Schranke, also überzufällig viele. Dies erklärt die

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

Abweichung des empirischen und des theoretischen Risikos für das Überschreiten der 3σ -Schranke in diesem Bereich.

Tab. 11: Niederschlagsdaten der Station Bornhöved.

Jahr	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1946	698	837	304	384	644	918	298	2138	1224	441	395	298
1947	210	101	668	703	354	778	697	457	726	321	1565	645
1948	1040	623	267	346	567	291	1047	989	418	568	319	308
1949	679	687	432	1668	867	749	1180	649	1039	306	861	2041
1950	698	1190	410	1014	839	597	1470	396	1865	747	1008	712
1951	1152	723	1529	816	1163	842	942	1159	750	10	1455	1138
1952	834	272	333	147	685	919	483	798	773	884	555	465
1953	329	429	343	346	907	958	885	973	555	232	274	317
1954	600	171	453	340	191	587	1197	1981	1008	949	605	1062
1955	435	380	464	322	922	1074	617	621	531	1119	205	1006
1956	1046	248	430	238	164	915	795	1769	316	430	449	850

Ergänzend sei noch auf das Verhalten der Kurven um das Intervall 1965-1974 hingewiesen. Hier ist das empirische Risiko bei der 2σ -Schranke größer, bei der 3σ -Schranke aber gleich oder kleiner als das theoretisch berechnete. Dies liegt daran, dass hier überzufällig viele Daten im Bereich zwischen 132,46mm und 166,43mm liegen, aber überzufällig wenige (oder keine) oberhalb der 166,43 mm-Schranke.

7.3 Wiederkehrzeit

Die Wiederkehrzeit (vgl. Kap. 3.3) der Station Görlitz (Abbildung 35) zeigt wieder das ruhigere Klima zu Beginn des Jahrhunderts. Im übrigen Verlauf der Kurve fällt ein extremer Anstieg der theoretischen Wiederkehrzeit im Intervall 1982-1991 auf. Dieser ist auch noch in Abbildung 36 zu erkennen, obwohl hier mit 20-jährigen Intervallen gerechnet wurde und die Kurven dadurch in besagtem Bereich geglättet sind.

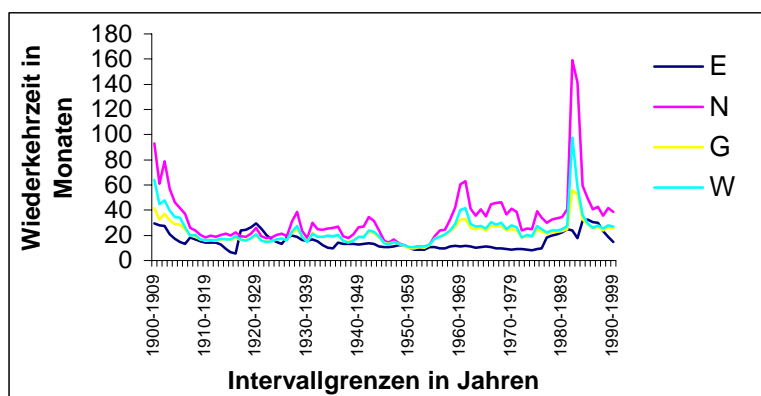


Abb. 35: Wiederkehrzeit für relative Extremwerte oberhalb der Schranke von 121,86mm (2σ), Görlitz, 10-Jahres-Intervalle.

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

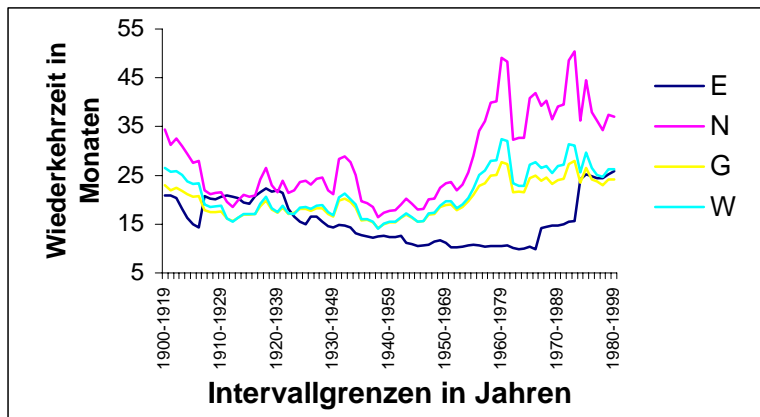


Abb. 36: Wiederkehrzeit für relative Extremwerte oberhalb der Schranke von 121,86mm (2σ), Görlitz, 20-Jahres-Intervalle.

Die Erklärung liefert wieder ein Blick auf die Daten (Tabelle 12). Im Jahr 1981 tritt der mit 273 mm absolut höchste Niederschlag an der Station Görlitz in den betrachteten 100 Jahren auf, der zweithöchste tritt im Jahr 1993 mit 229 mm auf (jeweils rot unterlegt). Im Intervall 1982-1991 fehlen diese – und andere – Extremwerte. Lediglich 2 Werte (rot umrahmt) liegen (knapp) oberhalb der 121,86 mm- (2σ -) Schranke. Insgesamt ergibt sich durch das Fehlen der Extremwerte und die Gleichmäßigkeit der Daten in diesem Intervall ein Sprung in der Wiederkehrzeit.

Tab. 12: Niederschlagsdaten der Station Görlitz

Jahr	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1980	380	450	330	920	340	760	1310	620	620	570	590	480
1981	670	240	760	510	360	420	2730	500	440	1080	670	770
1982	680	60	430	330	450	370	440	230	120	140	250	450
1983	1090	450	370	640	660	300	570	1090	180	170	450	350
1984	340	310	220	500	680	740	500	730	710	370	370	220
1985	340	550	450	650	280	870	590	1190	300	180	410	640
1986	710	220	260	520	1250	300	660	1020	460	570	190	1230
1987	810	400	260	620	700	1070	690	1120	420	140	650	540
1988	390	870	880	30	370	1040	1000	490	590	140	590	1010
1989	240	360	250	600	280	470	500	550	550	450	800	370
1990	170	430	360	510	130	1060	280	720	620	270	700	430
1991	210	130	230	310	840	960	240	590	290	140	480	890
1992	500	410	880	300	230	430	670	380	230	740	490	380
1993	580	380	270	300	490	790	2290	890	920	570	400	780
1994	680	200	1060	560	750	380	250	1150	690	300	500	580

Die empirische Wiederkehrzeit der Station Hannover hat ein Maximum im Intervall 1945-1954 (vgl. Abbildung 37). Zwischen Juli 1950 und Juli 1954 wird die 1σ -Schranke nicht überschritten, so dass ab dem Intervall 1945-1954 diese extreme empirische Wartezeit in die Berechnung der mittleren empirischen Wartezeit eingeht. Dies bleibt bis zum Intervall 1950-1959 so, danach wandert diese relativ trockene Periode aus dem betrachteten Intervall heraus, und die mittleren empirischen Wartezeiten gehen zurück.

Selbst bei einer größeren Intervallbreite von 20 Jahren ist die durch die oben angesprochene 48-monatige Wartezeit erhöhte mittlere empirische Wartezeit noch deutlich zu erkennen (vgl. Abbildung 38).

7 Ergebnisse der Niederschlagsdatenanalyse ausgewählter Stationen

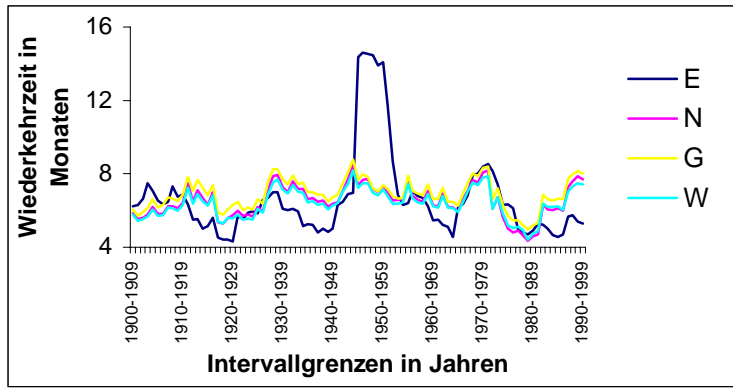


Abb. 37: Wiederkehrzeiten an der Station Hannover für die Schranke 81,41 mm (1σ); Intervallbreite 10 Jahre.

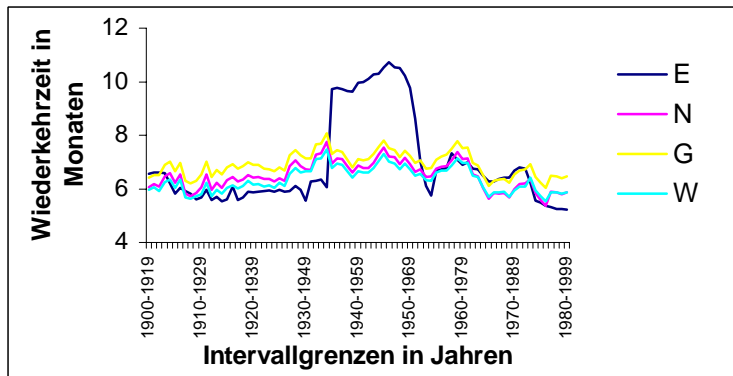


Abb. 38: Wiederkehrzeiten an der Station Hannover für die Schranke 81,41 mm (1σ); Intervallbreite 20 Jahre.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

8.1 Trends der Wiederkehrzeiten

Als exemplarische Ergebnisse der Niederschlagsuntersuchungen werden die linearen Trends der Wiederkehrzeit für alle verwendeten Schranken in Kartenform dargestellt. Die Ergebnisse basieren auf Regressionen der zeitlich gleitenden Analysen

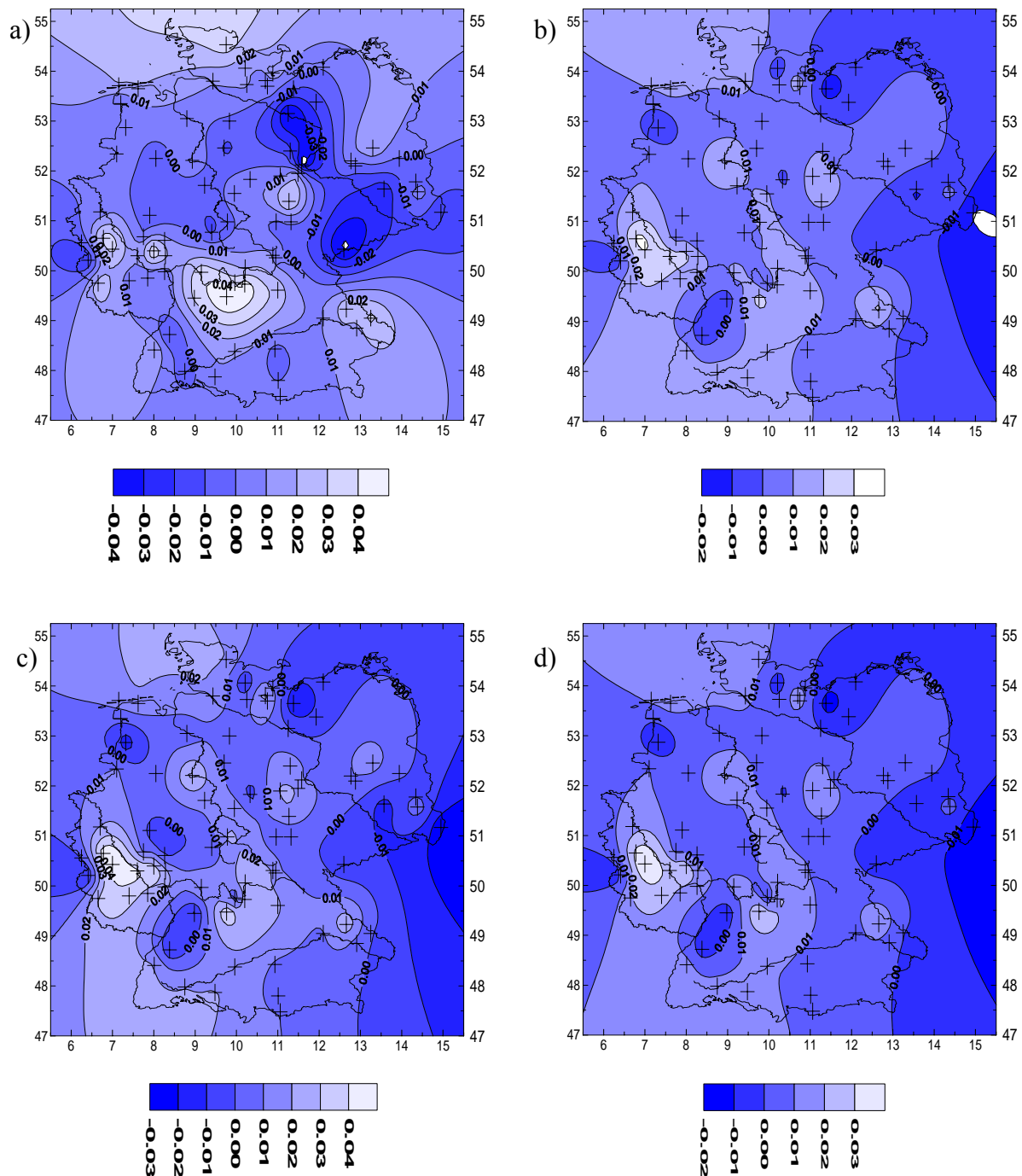


Abb. 39: Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeiten für das Unterschreiten der -1σ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen, und d) die angepassten Weibullverteilungen.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Für die Entwicklung der Wartezeit, bezogen auf die -1σ -Schranke, zeigen die Abbildungen 39 b) bis d) ein ähnliches Bild.

Die stärkste Zunahme zeigt sich im südlichen Westdeutschland (Eifel und Hunsrück) mit maximalen jährlichen Zunahmen der Wartezeit von 0,03 Monaten; dies entspricht für die untersuchten 91 Intervalle einem Anstieg der Wartezeit von knapp 3 Monaten. Es stimmt auch qualitativ mit den Ergebnissen der Untersuchungen der Station Mainz (vgl. Kap. 6.4, Abb. 21) überein. Ein zweites Maximum des Wartezeitanstieges zeigt sich im nordöstlichen Baden-Württemberg. Von hier zieht sich dieser Bereich über Werra und Fulda nach Norden bis ins südliche Niedersachsen. Ein drittes großflächiges Maximum erkennt man entlang der Nordseeküste.

Ein ausgeprägtes Minimum (mit leichter Abnahme) der Wartezeit erkennt man in Westdeutschland im westlichen Baden-Württemberg sowie um die Station Emden. Bei Auswertung der Gumbelverteilung zeigt sich ein solches zusätzlich im Bereich des Westerwaldes. In Ostdeutschland findet man solche Bereiche in Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern. Hier sind diese Bereiche großflächiger ausgeprägt.

Für die übrigen Bereiche Deutschlands zeigt sich recht einheitlich eine leichte Zunahme der Wartezeit von insgesamt etwa einem Monat. Ausnahmen mit etwas stärkerem Anstieg bilden nur eine Station im Bayerischen Wald (Cham), einige Stationen am Ostrand des Harzes (u. a. Calvörde, Wolmirsleben) sowie zwei Stationen im südöstlichen Schleswig-Holstein (Lübeck, Ratzeburg). In diesem Bereich liegt allerdings auch die Station Bornhöved, bei der man eine leichte Abnahme der Wiederkehrzeit beobachten kann (vgl. Kap. 7.2).

Für die auf der Basis der empirischen Daten ermittelten Veränderungen der Wiederkehrzeit ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier liegt das Maximum der Zunahme im nördlichen Baden-Württemberg mit über 0,04 Monaten/Jahr, was einer Zunahme der Wiederkehrzeit von rund vier Monaten entspricht. Wie in den vorher diskutierten Abbildungen ergeben sich Maxima in Eifel und Hunsrück, entlang der Nordseeküste sowie am Ostrand des Harzes (leicht nach Süden verschoben). Eine Verkürzung der Wiederkehrzeit beobachtet man wieder in Sachsen sowie im westlichen Mecklenburg-Vorpommern und nördlichen Sachsen-Anhalt. Diese beiden Minima sind allerdings deutlich stärker ausgeprägt als bei den theoretischen Verteilungen. Die Steigung der Regressionsgraden ist kleiner als $-0,04$, was einer Abnahme der Wartezeit von rund 4 Monaten über den beobachteten Zeitraum entspricht.

Die Abbildungen 40 bis 42 zeigen die Trends für die Wiederkehrzeit der drei oberen Schranken. Die auf der Basis der Gumbel- und Weibullverteilung erstellten Karten sind sowohl untereinander als auch für diese drei Schranken sehr ähnlich. Das gleiche Muster zeigen auch die auf Basis der Normalverteilung erstellten Karten, allerdings nur für die 1σ - und 2σ -Schranke.

In all diesen Fällen tritt das absolute Maximum der Steigung in Sachsen um die Station Carlsfeld auf. Praktisch der gesamte Ostdeutsche Raum zeigt eine Zunahme der Wartezeit, was einem selteneren Eintreten von relativen Extremwerten entspricht. Lediglich an der Ostseeküste nimmt die Wartezeit ab. Der Westen Deutschlands zeigt in weiten Teilen ein umgekehrtes Bild. Hier liegt ein absolutes Minimum im Bereich östliches Nordrhein-Westfalen, ein lokales Minimum im Bereich des südlichen Bayerischen Waldes und ein zweites lokales Minimum im Bereich südliches Schleswig-Holstein. Das südliche Baden-Württemberg sowie das südwestliche Bayern zeigen (in manchen Fällen getrennt, in manchen

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

zusammenhängend) ein relatives Maximum der Steigung. Jedoch ist die Steigung auch in diesen Bereichen negativ. Die übrigen Bereiche, insbesondere das nördliche Bayern sowie der äußerste Westen Deutschlands, zeigen eine uneinheitliche Abnahme der Wiederkehrzeiten.

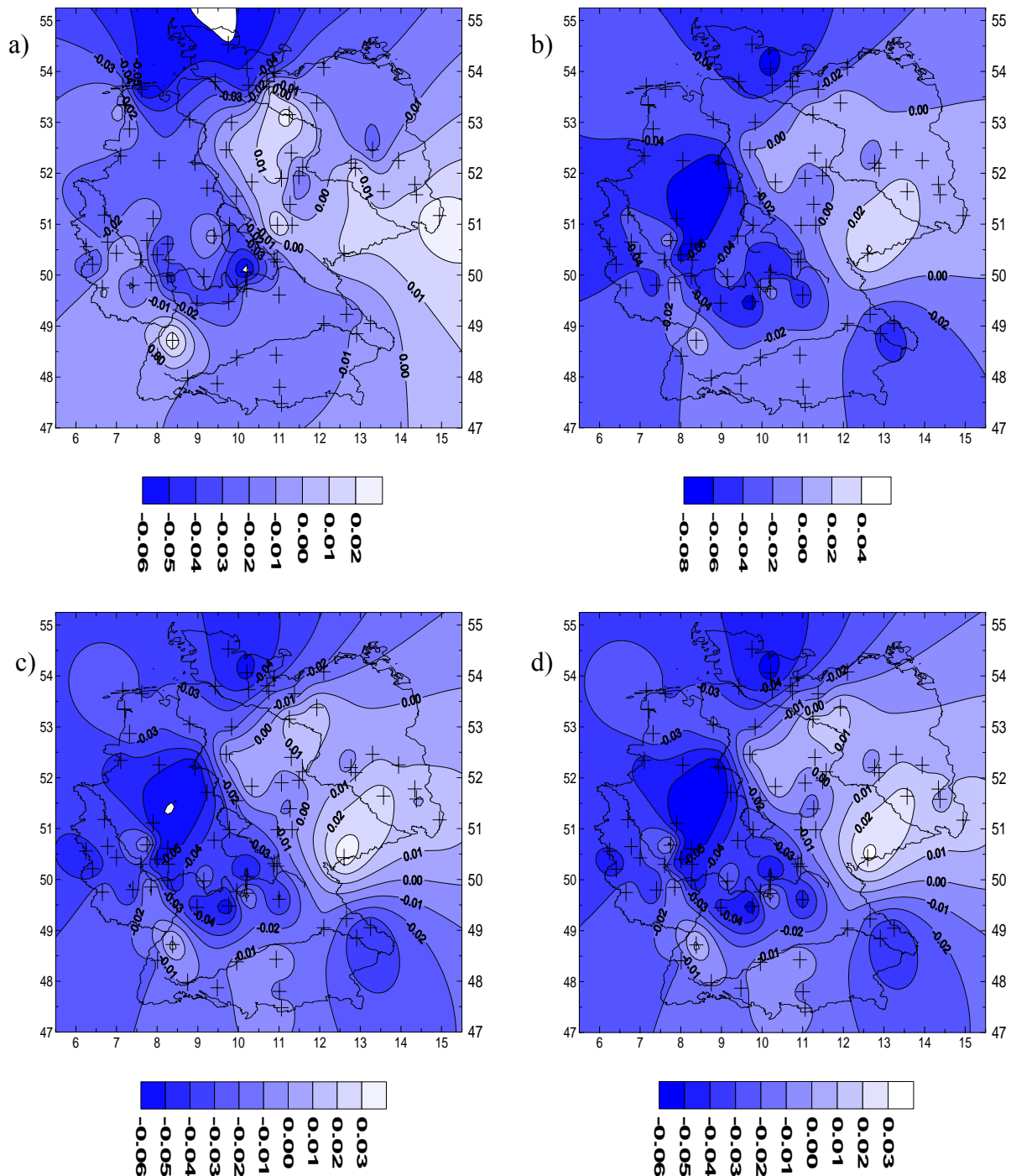


Abb. 40: Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeiten für das Überschreiten der 1σ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen und d) die angepassten Weibullverteilungen.

Die Entwicklung der Wiederkehrzeiten auf Basis der empirischen Daten zeigt ein etwas anderes Muster. Für die 1σ -Schranke (Abb. 40 a)) liegt das Maximum des Anstiegs im Bereich westliches Mecklenburg-Vorpommern, nicht in Sachsen. Das relative Maximum im nördlichen Baden-Württemberg hat ein positives Vorzeichen, zeigt also eine Zunahme der Wiederkehrzeit. Im östlichen Nordrhein-Westfalen zeigt sich, im Gegensatz zu den eben

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

beschriebenen Karten, kein stark ausgeprägtes Minimum der Steigung. Die Wartezeit nimmt in Westdeutschland zwar auch ab, aber nicht so stark. Ein kleinräumiges relatives Minimum liegt am Main. Das flächenmäßig größte Gebiet einer Abnahme der Wiederkehrzeit liegt in diesem Fall in Schleswig-Holstein.

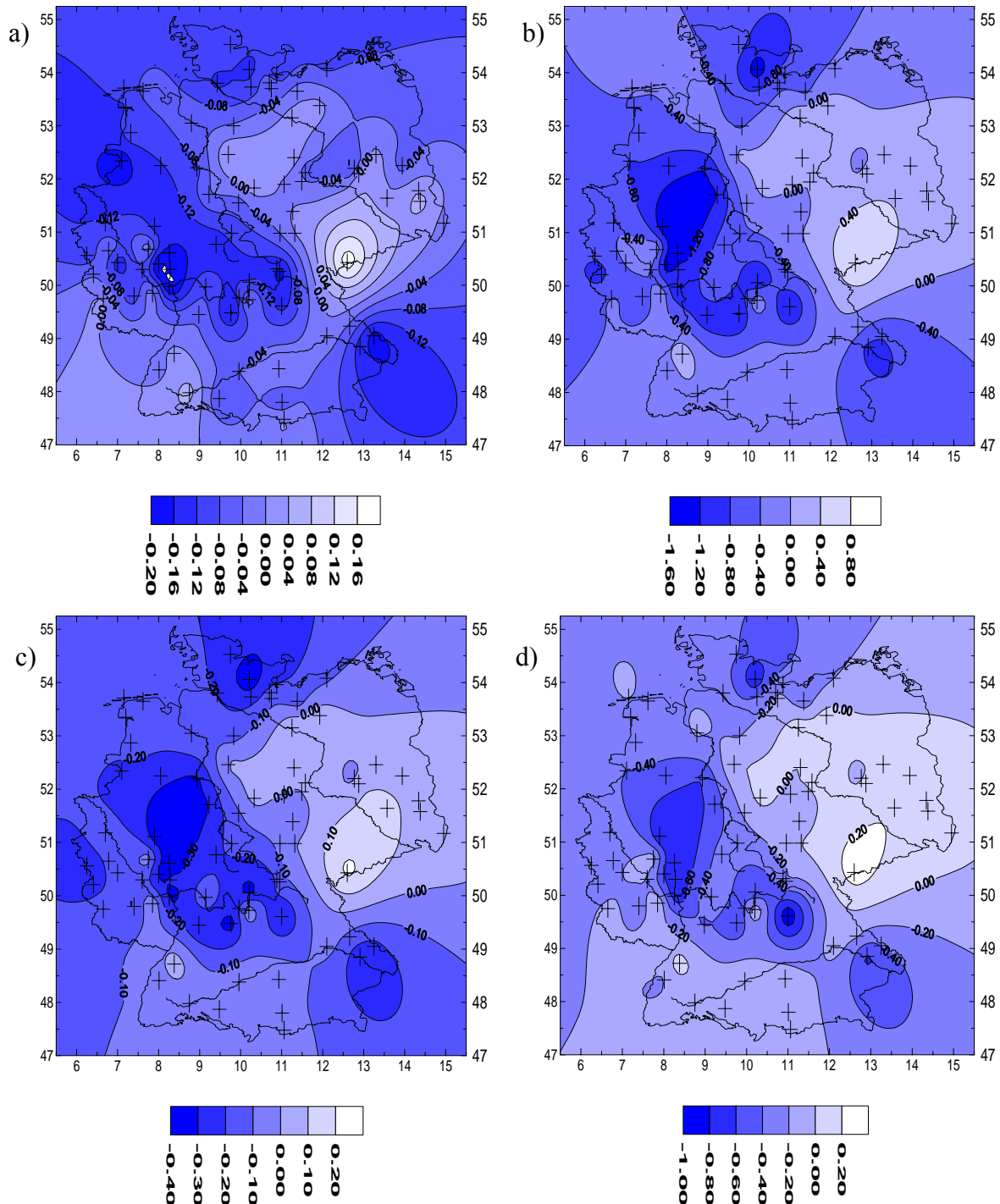


Abb. 41: Steigungen der Regressionsgradienten der Wiederkehrzeiten für das Überschreiten der 2σ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen und d) die angepassten Weibullverteilungen.

Abbildung 41 a) passt hingegen wieder recht gut zu den mit Gumbel- und Weibullverteilung ermittelten Karten. Ein absolutes Maximum der Zunahme in Sachsen, zwei relative Maxima im westlichen Mecklenburg-Vorpommern und in Baden-Württemberg, sowie relative Minima

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

im Bayerischen Wald und in der Mitte Deutschlands im Bereich des Westerwaldes sind zu erkennen.

Die Abbildungen 42 a) und b) zeigen schließlich die Wartezeitentwicklung für das Überschreiten der 3σ -Schranke für die empirischen Daten und die angepasste Normalverteilung. Die Normalverteilung zeigt ein Maximum in Brandenburg sowie zwei stark ausgeprägte Maxima in Nordbayern und Nordhessen. Zwei Maxima der Abnahme finden sich im nördlichen Bayerischen Wald sowie im Bereich des Mittelrheins.

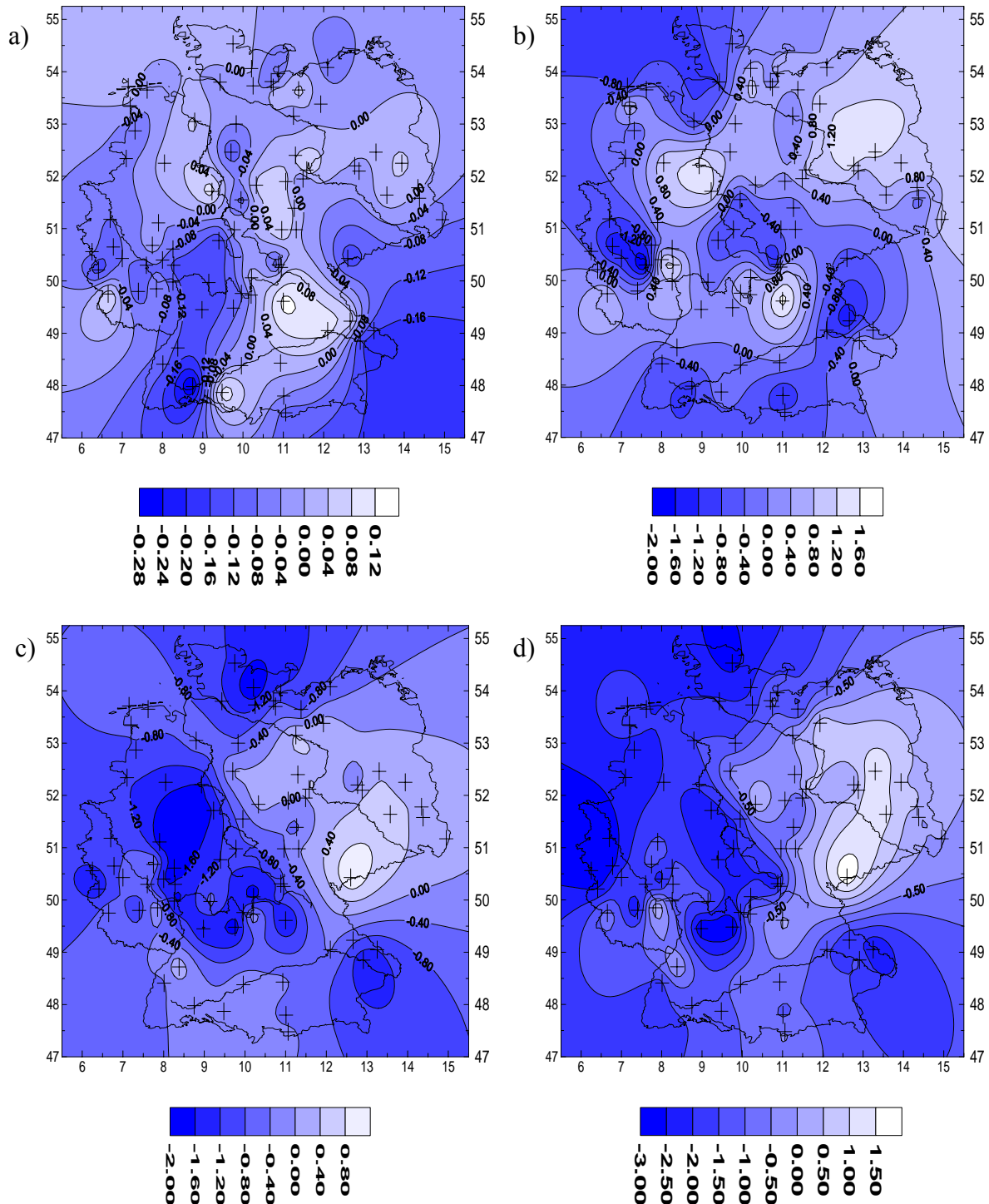


Abb. 42: Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeiten für das Überschreiten der 3σ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen und d) die angepassten Weibullverteilungen.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Die empirischen Daten zeigen somit das absolute Maximum der Zunahme der Wiederkehrzeit in Nordbayern. Große Bereiche Norddeutschlands zeigen eine Zunahme der Wiederkehrzeit mit lokalen Maxima im östlichen Nordrhein-Westfalen sowie im westlichen Sachsen-Anhalt. Vom Bodensee bis nach Südhessen zieht sich ein Bereich der Abnahme der Wiederkehrzeit, mit einem Minimum im südlichen Baden-Württemberg.

Allerdings sollte man diese Karten nicht überbewerten. Denn die Normalverteilung schätzt insbesondere die Überschreitungswahrscheinlichkeit hoher Schranken sehr schlecht ab, die empirischen Daten wiederum sind mit einer Zufälligkeit behaftet, welche die Strukturen in den Daten überlagert. Dies erkennt man auch an dem Aussehen der Karten, die einem Flickenteppich ähnelt, und den extrem starken Gradienten zwischen einigen benachbarten Stationen, beispielsweise Tuttlingen und Wilhelmsdorf oder Cham und Zwiesel.

8.2 Zur empirischen Wiederkehrzeit von Niederschlagsereignissen oberhalb der 3σ -Schranken

Da häufig nur einzelne extreme Werte pro Intervall oberhalb der 3σ -Schranke liegen, nimmt die empirische Wartezeit bei Verschieben des Intervalls gleichmäßig ab. Dieses Verhalten beeinflusst die Steigung der Regressionsgeraden. Darüber hinaus kann der Zeitpunkt des Auftretens eines solchen relativen Extremwerts - der ja zufällig ist - gravierenden Einfluss auf die Steigung der Regressionsgeraden haben, da der verwendete Kleinst-Quadrate-Schätzer auf Ausreißer sehr sensibel reagiert, insbesondere, je weiter die Ausreißer am Rand des Intervalls liegen.

In Abbildung 43 sind die empirischen Wartezeiten der Stationen Tuttlingen, Wilhelmsdorf, Cham und Zwiesel, zusammen mit den zugehörigen Trendgeraden, abgebildet. Die Wiederkehrzeiten schwanken bei allen Stationen zwischen 60 Monaten und null Monaten, die genauen Werte sind für diese Betrachtungen jedoch nicht notwendig.

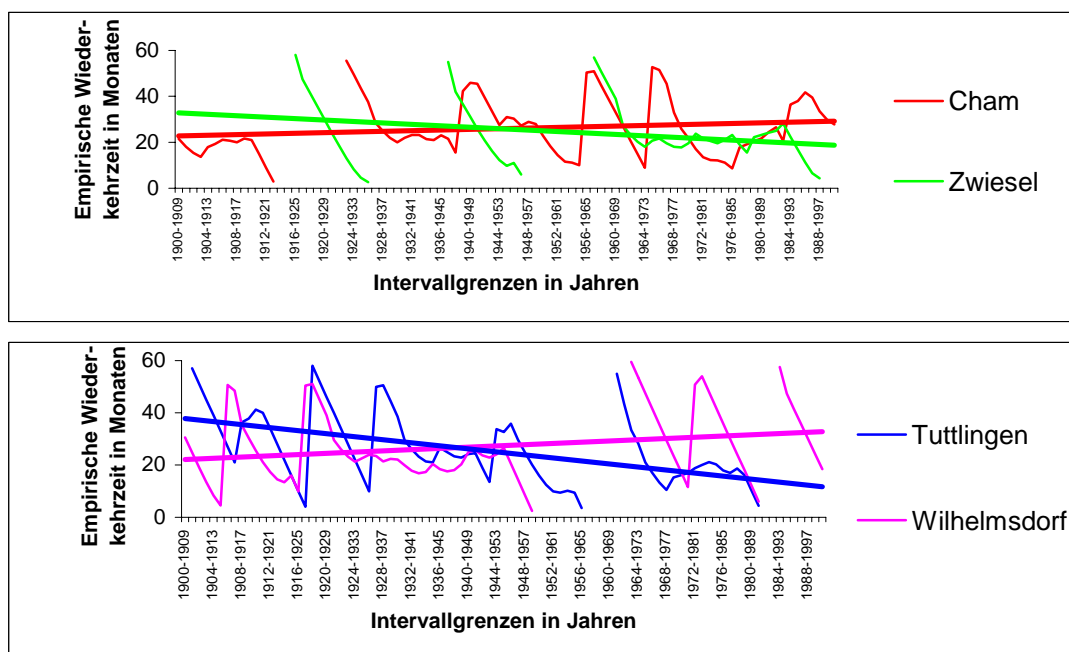


Abb. 43: Empirische Wiederkehrzeit in Monaten mit zugehörigen Trendgraden für die Stationen Cham und Zwiesel (oben) sowie Tuttlingen und Wilhelmsdorf (unten).

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Die Zeitreihen von Tuttlingen und Wilhelmsdorf zeigen für die erste Hälfte der Intervalle einen ähnlichen Verlauf mit starken Ausschlägen der Wiederkehrzeit. Diese Ausschläge werden dadurch erzeugt, dass nur ein einzelner relativer Extremwert im Intervall auftaucht. Allerdings startet die Reihe von Tuttlingen mit dem Maximalwert, die von Wilhelmsdorf nur mit einem mittleren Wert. Gegen Mitte des Jahrhunderts pendeln beide Reihen um den Mittelwert von etwa 30 Monaten Wiederkehrzeit, um dann auf Null abzusinken (kein relatives Maximum). In den letzten 30 Intervallen tauchen dann wieder Maximalwerte auf. Diese liegen für die Station Tuttlingen allerdings näher zusammen als im Fall der Station Wilhelmsdorf, so dass in Tuttlingen im Gegensatz zu Wilhelmsdorf der Maximalwert der Wiederkehrzeit nicht mehr erreicht wird. Durch diese kleinen Unterschiede (Start mit dem Maximalwert in Tuttlingen, zum Ende des Jahrhunderts kein Maxima der Wiederkehrzeit mehr) zeigt die Trendgerade von Tuttlingen verglichen mit der von Wilhelmsdorf einen gegensätzlichen Verlauf. Der starke Gradient zwischen den beiden Stationen in Abbildung 42 a) hat also keine strukturellen, sondern zufällige Ursachen.

Ähnliches gilt bei den Stationen Cham und Zwiesel. Die Reihe von Cham startet mit Werten unterhalb des Mittels, die dann auf Null absinken. Ab dem Intervall 1924-1933 zeigt sich dann mit kleinen Unterbrechungen der sägezahnartige Verlauf. Bei der Station Zwiesel tritt der erste Wert oberhalb der betrachteten Schwelle erst 1925 auf, alle vorherigen Intervalle werden also bei der Bestimmung der Regressionsgraden nicht berücksichtigt. Dann zeigt sich auch hier ein sägezahnartiger Verlauf, und in den letzten etwa 30 Intervallen pendelt die Wiederkehrzeit unterhalb des Mittelwertes, um kurz vor Ende des untersuchten Zeitraums auf Null zu sinken. Wie auch beim obigen Beispiel zeigen sich hier aufgrund der Zufälligkeit des Auftretens der Extremereignisse vollkommen unterschiedliche Steigungen der Regressionsgraden.

Beide Beispiele zeigen, dass man die Aussagen der Abbildung 42 a) sehr vorsichtig interpretieren sollte.

8.3 Trends der Verteilungsparameter

Um Aussagen zur Klimavariabilität und ihrer Änderung zu machen, reicht es nicht aus, nur den Trend der Wiederkehrzeiten zu untersuchen. Zusätzliche Informationen liefern Untersuchungen zur Veränderung der Verteilungsparameter.

Die Abbildungen 44 und 45 zeigen die Trends in den Parametern für die angepassten Normal- und Gumbelverteilungen. Dabei zeigen sowohl die Entwicklung des Lageparameters und des Mittelwerts als auch die Entwicklung des Streuparameters und der Standardabweichung einen ähnlichen Verlauf.

Der Lageparameter der Gumbelverteilung wie auch der Mittelwert der Normalverteilung zeigen vor allem im Westen Deutschlands einen positiven Trend. Ein Maximum dieses Trends liegt im östlichen Nordrhein-Westfalen. Weitere lokale Maxima zeigen sich an der Nordseeküste, im nördlichen Baden-Württemberg sowie im südlichen Bayerischen Wald. Entsprechend der Definition des Lageparameters der Gumbelverteilung bzw. des Mittelwerts der Normalverteilung, welcher ja mit dem Median identisch ist, kann man im Westen Deutschlands von einer Verschiebung des Medians zu höheren Werten sprechen.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Im Osten Deutschlands zeigt sich dagegen eine gegensätzliche Entwicklung. Die maximale Abnahme des Medians zeigt sich in Sachsen, mit Schwerpunkt über dem westlichen Erzgebirge. Ein zweites Minimum des Trends liegt im Bereich westliches Mecklenburg-Vorpommern.

Während die Nulllinie unter Verwendung der Gumbelverteilung vom westlichen Erzgebirge relativ gerade nach Norden verläuft und bei Lübeck die Küstenlinie schneidet, wird bei Verwendung der Normalverteilung auch in den Gebieten an der Ostseeküste und östlich des Harzes ein Anstieg der Verteilungsmediane ermittelt.

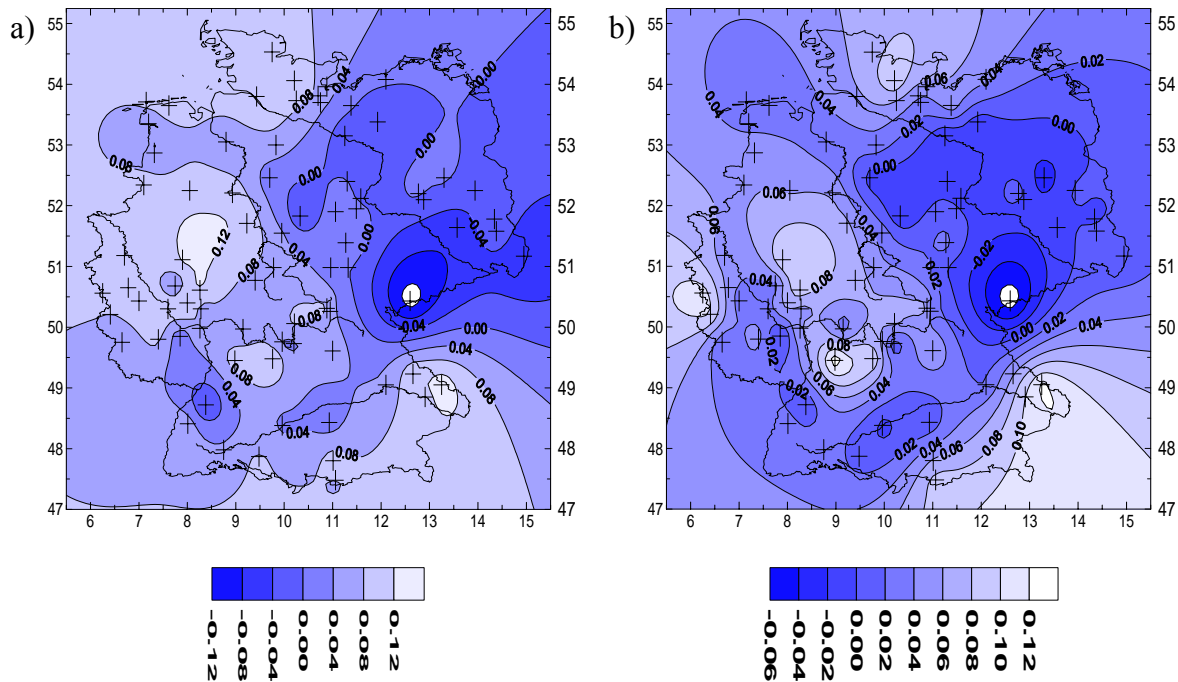


Abb. 44: Linearer Trend des Mittelwerts (a) sowie der Standardabweichung (b) der angepassten Normalverteilungen.

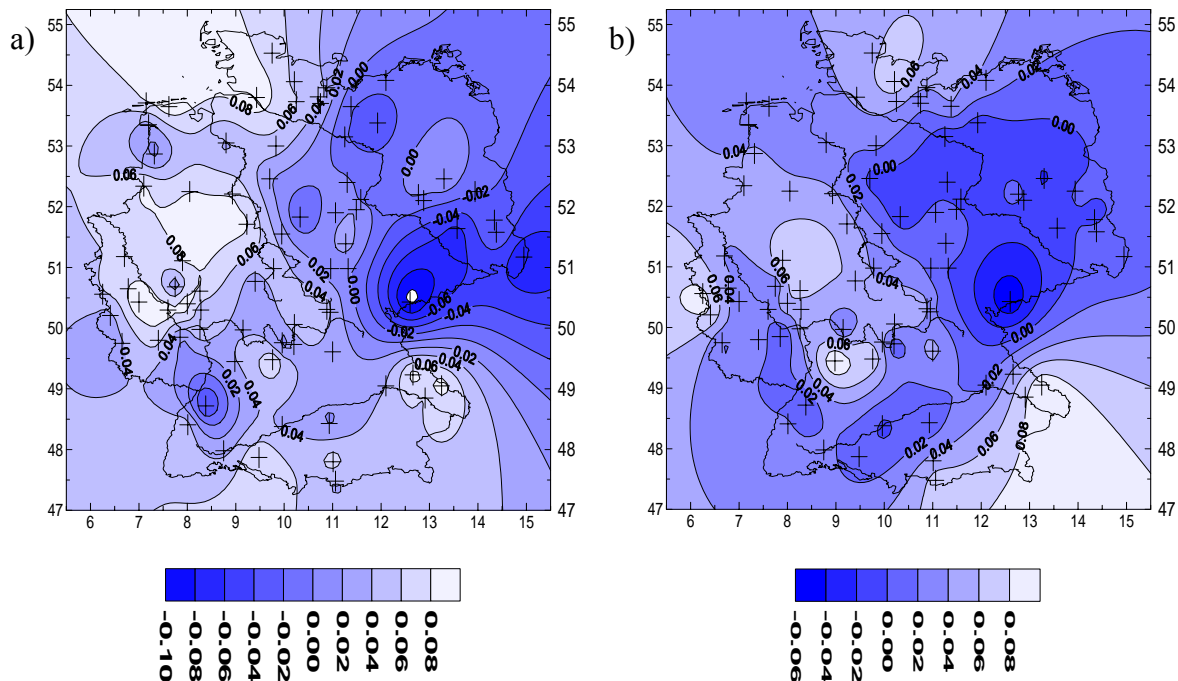


Abb. 45: Linearer Trend des Lageparameters (a) sowie des Streuparameters (b) der angepassten Gumbelverteilungen.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Interessanterweise sind die Gebiete, in denen der Median der Verteilungen wächst, fast identisch mit den Gebieten, in denen auch die Streuung der Verteilungen ansteigt.

Den stärksten Rückgang der Streuung beobachtet man bei beiden Verteilungen im westlichen Sachsen, wo auch der stärkste Rückgang der Niederschlagssummen beobachtet wird. Mit der Gumbelverteilung ermittelt man ein großflächiges Gebiet recht gleichmäßigen Streuungsrückgangs über Ostdeutschland, welches lediglich die Küstenbereiche und Gebiete östlich des Harzes ausspart. Das gleiche Bild ergibt sich bei Verwendung der Normalverteilung, nur zeigt sich hier zusätzlich ein Trendminimum um die Station Berlin.

Eine weiträumige Zunahme der Streuung kann im Westen Deutschlands beobachtet werden. Den absolut stärksten Anstieg der Streuung zeigen beide Verteilungen im südlichen Bayerischen Wald, lokale Maxima finden sich, wie auch bei den Medianen, im nördlichen Baden-Württemberg und östlichen Nordrhein-Westfalen. Im Bereich der Nordseeküste beobachtet man zwar ebenfalls einen Anstieg, in Übereinstimmung mit den ersten Abbildungen, allerdings kein lokales Maximum. Dieses ist nach Osten verschoben und liegt über der Ostseeküste Schleswig-Holsteins.

Die Veränderungen der Parameter der Weibullverteilung sind in Abbildung 46 dargestellt. Da diese nicht direkt mit den Parametern der anderen Verteilungen verglichen werden können, werden sie hier gesondert behandelt.

Der Lageparameter x_0 der Weibullverteilung steigt praktisch in ganz Deutschland an, besonders stark am Niederrhein, im Bereich des Bodensees, in Niederbayern sowie in Sachsen-Anhalt und entlang der Nordseeküste. Bereiche eines leichten Rückgangs des Lageparameters sind im Bereich Südhessen, im östlichen Nordrhein-Westfalen, in Westthüringen und entlang der Ostseeküste zu erkennen. Diese Gebiete stimmen in etwa mit den Bereichen überein, in denen die mit der Normal- und Gumbelverteilung ermittelten Streuungszunahmen (und damit auch die Zunahmen der Mediane) maximal sind. Dies könnte bedeuten, dass die Zunahme der Streuung stärker ist als die Zunahme der Mittelwerte und somit die Minimalwerte trotzdem absinken. Allerdings ist hier in jedem Intervall immer nur ein einzelner Wert die Basis der Regressionsgraden. Zufällige Schwankungen können somit starke Auswirkungen auf die Steigung der Regressionsgraden haben (vgl. Kap. 8.2).

Der Streuparameter weist großflächig eine Zunahme in Westdeutschland sowie entlang der Ostseeküste auf. Maxima treten dabei im östlichen Nordrhein-Westfalen, im nördlichen Baden-Württemberg, und, wenn auch räumlich sehr eng begrenzt, in Ostbayern auf.

Eine großflächige Abnahme der Streuung erkennt man in der Karte dagegen im ostdeutschen Binnenland sowie in Süddeutschland. Maximalwerte werden dabei in den Bereichen Südschwarzwald/Bodensee, Niederbayern, Osterzgebirge und Lüneburger Heide erreicht. Ebenfalls eine Abnahme der Streuung ist im Gebiet Ostfriesland und am Niederrhein zu beobachten. Bis auf die starken Maxima des Trends der Streuung in Süddeutschland, die die Gumbel- und Normalverteilung nicht so ausgeprägt zeigen, stimmen diese Ergebnisse mit denen der anderen Verteilungen überein.

Bei der Karte der Trends der Formparameter fallen zuerst die sehr kleinen Trends auf. Die Absolutwerte liegen dabei für alle Stationen zwischen zwei und drei. Das bedeutet eine linkssteile Verteilung, wie man sie für Niederschläge erwartet. Eine positive Steigung der Regressionsgraden deutet bei diesen Werten des Formparameters einen Trend zu einer eher

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

symmetrischen Verteilung an, eine negative Steigung deutet eine stärkere Linkssteile der Verteilung an.

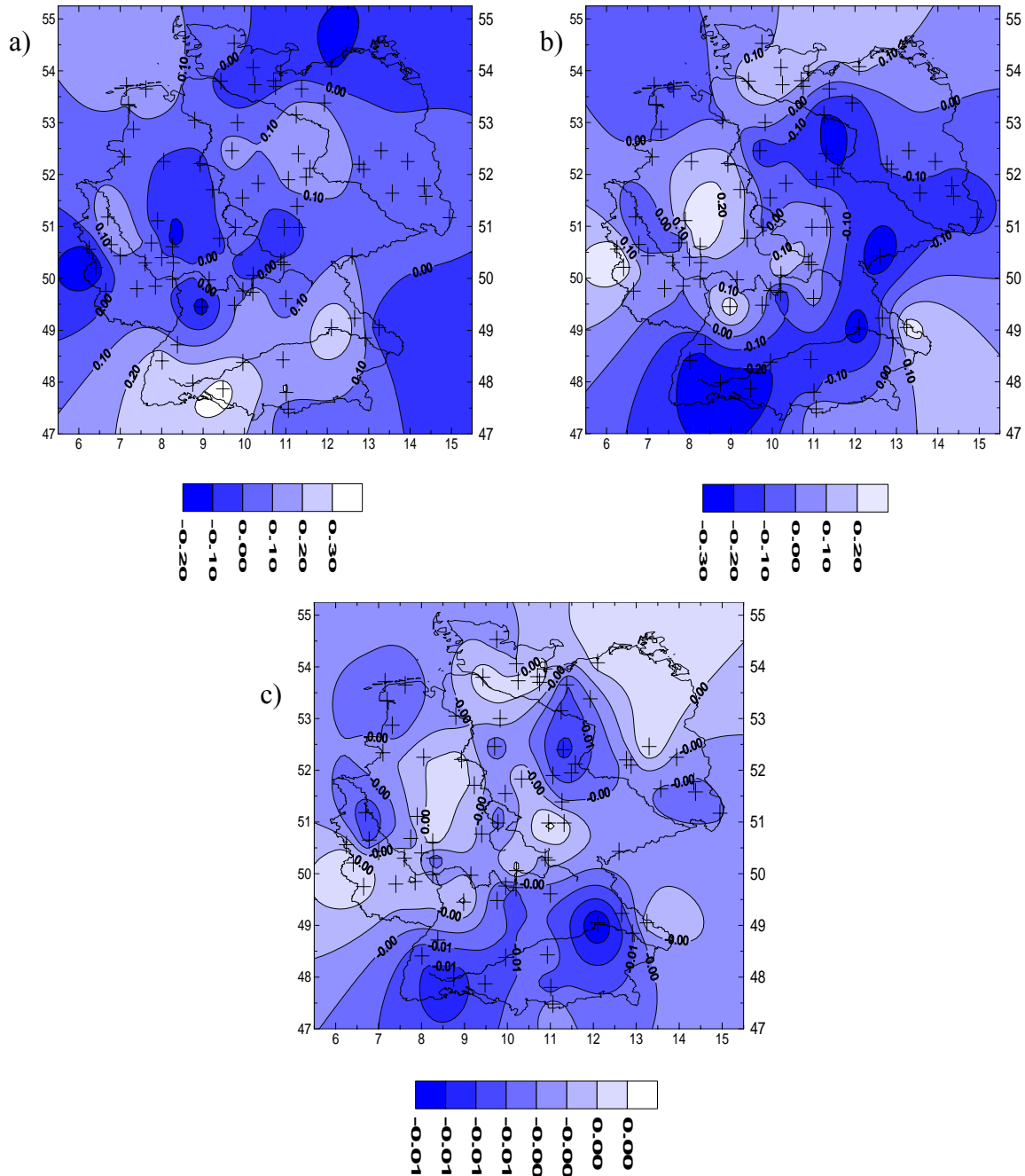


Abb. 46: Linearer Trend der Lage- (a), Streu- (b) und Formparameter (c) der angepassten Weibullverteilungen.

Symmetrischer wird die Verteilung dabei nur im östlichen Nordrhein-Westfalen, in Thüringen und im Gebiet Ostmecklenburg/Vorpommern/nördliches Brandenburg. Im Falle des östlichen Nordrhein-Westfalens und Thüringens muss man dies vielleicht im Zusammenhang mit dem Anstieg des Lageparameters und der zunehmenden Streuung sehen. Den gleichen Trend des Parameters könnte im Falle Ostmecklenburg/Vorpommern/nördliches Brandenburg eine gegensätzliche Entwicklung (kleinerer Mittelwert, kleinere Streuung) zur Folge haben. Allerdings gibt es auch Gebiete, in denen sich Mittelwert und Streuung so verhalten wie in den beiden genannten Fällen, wo der Formparameter aber abnimmt, z. B. Sachsen oder das nördliche Baden-Württemberg.

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Insgesamt sollte der Trend des Formparameters wegen seiner geringen Variation, aber auch weil seine Änderung nicht zu einer grundlegenden Veränderung der Verteilungsstruktur führt, nicht überbewertet werden.

8.4 Bemerkungen zur Signifikanz der Trends

Die Signifikanz der Steigungen der Regressionsgeraden, sowohl für die Wiederkehrzeiten als auch für die Änderungen der Verteilungsparameter, wurde mit dem im Anhang beschriebenen t-Test untersucht (Anhang 5).

Allerdings sind zwei für diesen – und andere – Signifikanztest erforderliche Bedingungen nicht erfüllt. Zum einen muss die Streuung der Residuen um die Regressionsgerade normalverteilt sein. Dies ist hier, insbesondere bei den Niederschlagsdaten, nicht der Fall. Zum anderen müssen die Daten unabhängig voneinander sein. Dies gilt, genau betrachtet, schon für die der Untersuchung zugrunde liegenden Monatsdaten nicht. Noch weniger gilt es für die Ergebnisse der gleitenden Analyse, da sich die untersuchten Intervalle überschneiden. Deutlich erkennbar ist dies z. B. in den Sprüngen der empirischen Wiederkehrzeit in den Abbildungen 37 und 38 (vgl. Kap. 7.3).

Tab. 13: Die beim Signifikanztest ermittelten \hat{t} -Werte am Beispiel des mit der Gumbelverteilung ermittelten Trends der Wiederkehrzeit für die 2σ -Schranke (vgl. Abb. 41 c).

Station	\hat{t}	Station	\hat{t}	Station	\hat{t}
Alsfeld	-414.17	Esens	-288.62	Neuss	-370.38
Artern	-103.32	Euskirchen	-444.78	Nister	-98.67
Aschaffenburg	-105.21	Garmisch-Partenk.	-490.80	Norderney (WST)	-398.53
Attendorn	-221.61	Gengenbach	-207.47	Nordhorn	-302.63
Augsburg	-33.59	Glückstadt	-497.24	Osnabrück (WST)	-367.63
Bargteheide	-285.19	Görlitz	78.44	Prüm	-340.28
Bebra-Iba	-288.41	Göttingen (WST)	-118.33	Ratzeburg	-105.40
Berlin-Dahlem	116.68	Greifenstein	-231.94	Regensburg	-207.38
Bornhöved	-184.43	Halberstadt	-3.89	Rostock	-148.06
Brakel	-142.02	Hannover	74.07	Schweinfurt	-211.78
Bremen	-124.30	Hof-Hohens. (WST)	-446.55	Schwerin	-132.92
Brück	-52.65	Hohenpeissenberg	-226.14	Soltau (WST)	-187.56
Calvörde	59.28	Kirn	-403.51	Spremberg	63.27
Camberg, Bad	-134.83	Kitzingen	-4.34	Storkow	104.10
Carlsfeld	200.53	Kleinwaabs	-359.62	Travemünde	-148.08
Cham	-318.26	Kreuznach, Bad	3.75	Treuenbrietzen	134.49
Clausthal	91.31	Lahnstein	-267.15	Trier	-126.76
Coburg (WST)	-309.40	Langenbrand	61.73	Tuttlingen	-72.18
Cottbus	93.12	Lathen	-299.01	Ulm (WST)	-43.83
Doberlug-Kirchhain	197.13	Lübeck	-148.21	Vöhl-Thalitter	-384.31
Dömitz	71.80	Magdeburg	98.81	Wassernach	-94.04
Eberbach/Neckar	-700.15	Mainz	-164.38	Weimar	0.02
Emden	-89.33	Marnitz	83.94	Wilhelmsdorf	-116.43
Eppenrod	-295.30	Mergentheim, Bad	-212.52	Wolmirsleben	-13.62
Erfurt	-95.63	Metten	-193.48	Würzburg	-178.29
Erlangen	-114.36	Monschau	-407.87	Zwiesel-Rabenstein	-181.80

8 Karten zu den Ergebnissen der Niederschlagsdatenanalyse

Beispielhaft werden in Tabelle 13 die \hat{t} -Werte für den Trend der mit der Gumbelverteilung ermittelten Wiederkehrzeiten für die 2σ -Schranke angegeben.

Insgesamt liefern die Untersuchungen das Ergebnis, dass die Trends der Wiederkehrzeiten und der Verteilungsparameter hochsignifikant sind. Bei den Wiederkehrzeiten gilt dies für alle untersuchten Schranken. Lediglich einige einzelne Stationen bilden die Ausnahme (z. B. Weimar in Tab. 13). Grund hierfür ist die sehr geringe Steigung der Trendgeraden für diese Stationen (vgl. auch Abb. 41 c)) in den entsprechenden Fällen. Allerdings muss bedacht werden, dass, wie oben gesagt, die Anwendbarkeit des Testverfahrens eingeschränkt ist.

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

Bei der Auswertung der Temperaturdaten wird genauso vorgegangen wie bei der Auswertung der Niederschlagsdaten. Auf die Darstellung der vollständigen Ergebnisse einer Station wird hier aber verzichtet, ebenso wie auf eine Erörterung der Qualität der Verteilungsanpassungen. Vielmehr sollen hier nur die interessantesten Ergebnisse der Temperaturanalysen vorgestellt werden.

9.1 Wartezeitverteilungen

Die Wartezeitverteilungen der Monatsmitteltemperaturen sind vom starken Jahresgang der Daten geprägt. Dieser ist deutlich größer als die monatliche Variabilität. Der Jahresgang der Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Schwellenwerte ist dadurch größer. Dies hat zur Folge, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit in deutlich ausgeprägten Stufen abfällt.

Die Abbildungen 47, 48 und 49 zeigen die Häufigkeit und die gewichtete Wahrscheinlichkeit für das Unterschreiten der -5σ -Schranke in Abhängigkeit von der Wartezeit für die Stationen Hamburg, Nürnberg und Hohenpeissenberg.

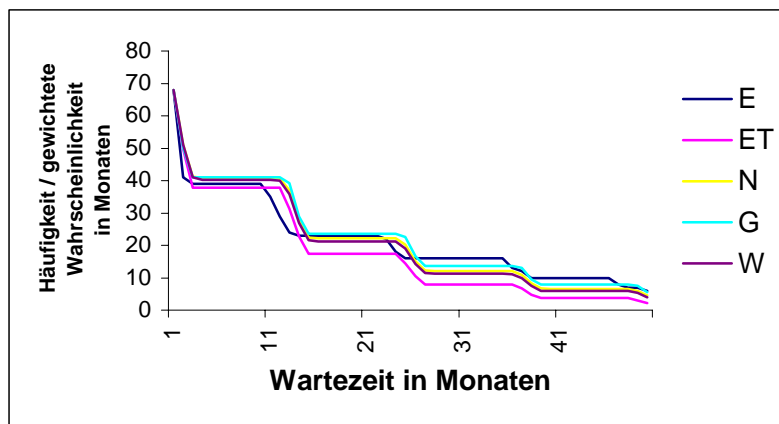


Abb. 47: Wartezeitverteilung für das Unterschreiten der $-0,56^{\circ}\text{C}$ -Schwelle (-5σ) der Station Hamburg. Abgebildet sind die empirische Wartezeitverteilung (E), die aus der Gumbel- (G), Normal- (N) und Weibullverteilung (W) ermittelte Wartezeitverteilung sowie die aus den empirischen Daten ermittelte theoretische Wartezeitverteilung (ET).

Als küstennahe Station hat Hamburg milde Winter und mäßig warme Sommer. Diesem mäßigen Jahresgang steht eine relativ starke monatliche Variabilität gegenüber, insbesondere in den Wintermonaten. Daher ist in den Wintermonaten ein gleichmäßiger Rückgang der Wartezeitverteilung zu erkennen (die betrachtete Schwelle wird im Dezember, Januar und Februar jeweils mehrfach unterschritten). Da auch die theoretischen Verteilungen dazu neigen, für alle Wintermonate eine deutlich von Null abweichende Überschreitungswahrscheinlichkeit zu ermitteln, führt die monatliche Variabilität in den empirischen Daten zu einer guten Abschätzung der Überschreitungswahrscheinlichkeiten der theoretischen Verteilungen.

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

Die Kurve der empirischen Wartezeitverteilung geht nach etwa 12 Monaten von 39 auf 23 zurück. Dieser Rückgang gibt an, in wie vielen Fällen auf einen Winter mit mindestens einem relativen Minimum wieder ein Winter mit mindestens einem relativen Minimum folgt. Dies ist also in etwa 40% der Jahre der Fall.

Die empirische Wartezeitverteilung der Station Nürnberg (vgl. Abb. 48) zeigt nach etwa einem Jahr einen Rückgang von 62 auf 22 relative Extremwerte im Beobachtungszeitraum. Hier folgt also in etwa zwei von drei Fällen auf einen Winter mit mindestens einem relativen Minimum wieder ein Winter mit mindestens einem relativen Minimum. Dies deutet auf einen stärkeren Jahresgang und eine geringere monatliche Streuung hin. Dies erwartet man auch aufgrund der Lage der Station. Die Daten sind schon stärker kontinental geprägt.

Diesen Rückgang schätzen auch die theoretischen Verteilungen richtig ab. Als Beispiel sei hier der Rückgang der mit der Weibullverteilung ermittelten Wartezeitverteilung von 38,34 auf 12,06 Monate genannt. Dies entspricht einem Rückgang von knapp 69%. Selbst die Gumbelverteilung, die von den anderen theoretischen Verteilungen deutlich abweicht, gibt diesen prozentualen Rückgang korrekt an.

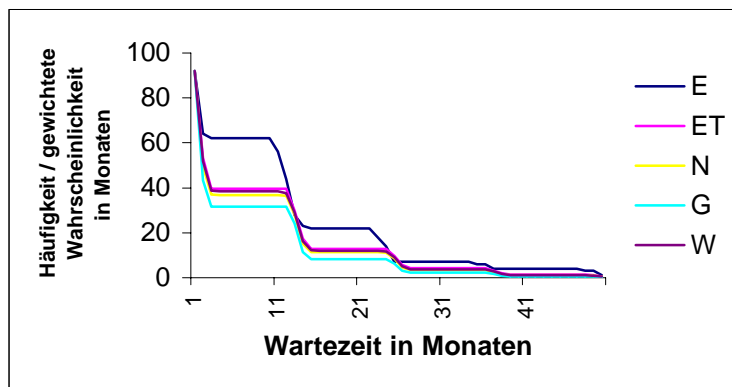


Abb. 48: Wartezeitverteilung für das Unterschreiten der $-0,67^{\circ}\text{C}$ -Schwelle (-5σ) der Station Nürnberg (wie Abb. 47).

Im Beobachtungszeitraum ist sehr selten der Fall eingetreten, dass mehrere relative Minima innerhalb eines Winters aufgetreten sind. Daher fällt die empirische Kurve für sehr kurze Wartezeiten nur wenig ab, und die theoretischen Kurven weichen deutlich von der empirischen Kurve ab.

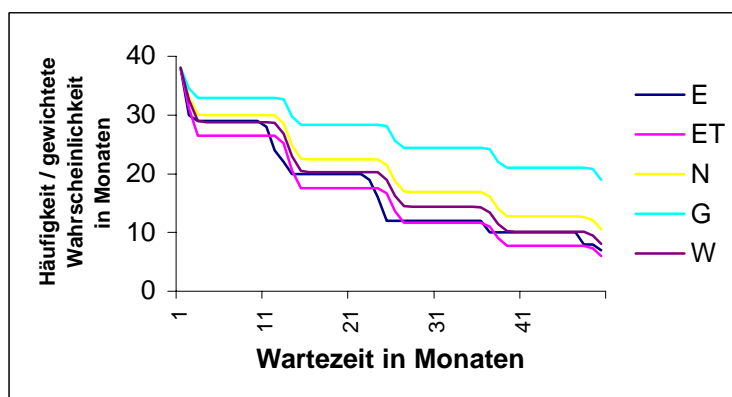


Abb. 49: Wartezeitverteilung für das Unterschreiten der $-3,93^{\circ}\text{C}$ -Schwelle (-5σ) der Station Hohenpeissenberg (wie Abb. 47).

Abbildung 49 erlaubt nun eine Aussage zur Qualität der Abschätzungen des Eintretens relativer Minimalwerte. Die Gumbelverteilung, welche schon an der Station Nürnberg die

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

größten Abweichungen von der empirischen Verteilung aufwies, unterschätzt das Eintreten der relativen Minima und verläuft daher deutlich zu flach. Eine bessere, aber ebenfalls noch zu flache Kurve, wird mit der Normalverteilung erzeugt. Die beste Abschätzung liefert die Weibullverteilung.

Da die Weibullverteilung durch ihre drei Verteilungsparameter am flexibelsten ist, kann man bei ihr eine bessere Anpassung an die Daten erwarten. Dass dies ausgerechnet bei der Anpassung an die (theoretisch) nach unten unbeschränkte Temperatur der Fall ist, obwohl die Weibullverteilung nach unten beschränkt ist, überrascht. Dies kann man jedoch so erklären: Da der Jahresgang sehr stark ist, handelt es sich bei den Werten um relative Extremereignisse, d. h. sie weichen stark vom Mittelwert ab. Allerdings treten diese Extremereignisse sehr regelmäßig auf, es handelt sich also nicht um Ausreißer im klassischen Sinn. Letztere werden mit ihrem seltenen Auftreten von Gumbel- und Normalverteilung mit ihrem im unteren Randbereich flacheren Verlauf besser abgeschätzt. Jedoch hat in diesem speziellen Fall die Weibullverteilung zur Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit relativer Minimalwerte Vorteile. Bei tieferen Schranken (z. B. $-5,5\sigma$) könnte die Abschätzung mit Normal- und Gumbelverteilung wieder besser sein. Um dies zu ermitteln, ist der hier gewählte Weg der Festlegung der Schranken allerdings zu grob.

Abbildung 50 zeigt die Wartezeitverteilung für das Überschreiten der $+5\sigma$ -Schranke der Station Karlsruhe. Die Bereiche des stärksten Abfalls der empirischen Verteilung und der theoretischen Verteilungen sind um 6 Monate verschoben, da die theoretischen Verteilungen immer mit der Eintrittswahrscheinlichkeit im Januar beginnen. Da der erste Monat oberhalb der Schranke der Juli 1904 ist, fällt die empirische Wartezeit entgegen dem erwarteten Rhythmus auch bei einer Wartezeit von 42 Monaten um eins ab.

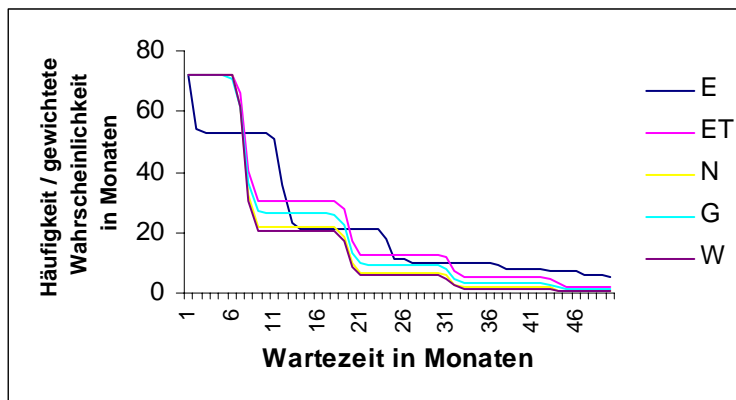


Abb. 50: Wartezeitverteilung für das Überschreiten der $19,42^{\circ}\text{C}$ -Schwelle ($+5\sigma$) der Station Karlsruhe (wie Abb. 47).

Vergleichbar werden die Kurven, indem man die empirische Kurve um sechs Monate in positiver Richtung verschiebt. Hier zeigt sich dann, dass in diesem Fall mit Hilfe der Gumbelverteilung die empirische Wartezeitverteilung am besten angenähert werden kann. Dies ist, da die Gumbelverteilung nicht symmetrisch ist, auch mit der schlechten Abschätzung der relativen Minima vereinbar.

9.2 Risiko

Die Abbildungen 51 und 52 zeigen das Risiko für das Über- und Unterschreiten der $\pm 5\sigma$ -Schranke für die Station Berlin. Da zu Anfang des Jahrhunderts das Risiko für das

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

Unterschreiten der -5σ -Schranke relativ gering war, kann man schließen, dass es in diesen Jahren mildere Winter gegeben hat. Zur Jahrhundertmitte stieg das Risiko dann an, die Winter wurden strenger. Nach einem zwischenzeitlichen Rückgang des Risikos mit einem lokalen Minimum im Intervall 1970-1979 und anschließendem Anstieg bis zu einem Maximum im Intervall 1977-1986 ist das Risiko bis zum Ende des Jahrhunderts wieder auf die Werte zum Jahrhundertbeginn abgefallen. Einen ähnlichen Verlauf zeigen auch die Stationen Dresden und Hohenpeissenberg. Dabei scheinen mit Hilfe der Weibullverteilung die empirischen Werte des Risikos am besten angenähert zu werden.

In Fall des Überschreitens der $+5\sigma$ -Schranke bleiben die Werte des Risikos bis zur Jahrhundertmitte stabil, um dann von etwa 1940-1949 bis 1960-1969 abzufallen. Die theoretischen Verteilungen zeigen dabei ein Minimum im Intervall 1971-1980, die empirische Verteilung erreicht ihr Minimum zwischen den Intervallen 1976-1985 und 1980-1989. In dieser Zeit waren die Sommer also kühler. Danach steigt die Wahrscheinlichkeit, insbesondere bei der empirischen Verteilung, stark an, was mehr relativen Extremwerten und damit auch höheren Temperaturen entspricht. Im Falle der oberen Schranke scheinen wiederum die unter Verwendung der Gumbelverteilung ermittelten Werte die empirische Verteilung am besten anzunähern.

Die hier gefundenen Ergebnisse stimmen auch mit denen der Sommer- und Winteranomalien in Deutschland (vgl. Schönwiese, 2003) überein.

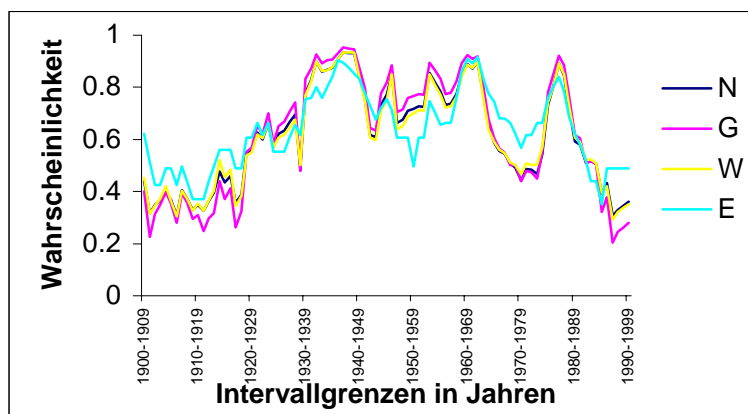


Abb. 51: Risiko für das Unterschreiten der -5σ -Schwelle ($-0,59^\circ\text{C}$) der Station Berlin innerhalb von 12 Monaten.

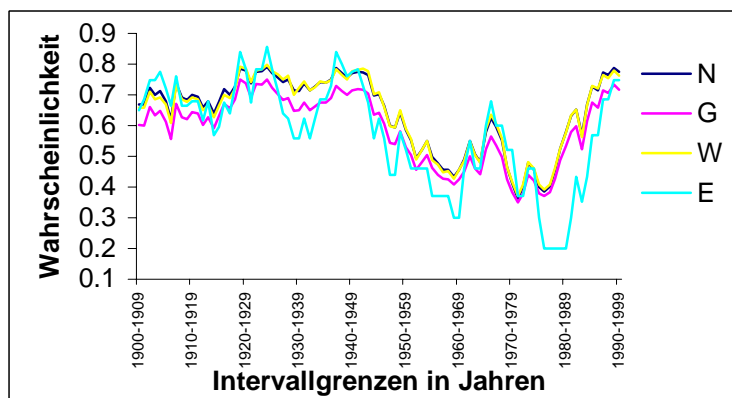


Abb. 52: Risiko für das Überschreiten der $+5\sigma$ -Schwelle ($+18,91^\circ\text{C}$) der Station Berlin innerhalb von 12 Monaten.

Für die Station Jena (Abb. 53) ergibt sich ein klar positiver Trend für das Risiko des Überschreitens der $+5\sigma$ -Schranke. Ähnlich wie in Abbildung 52 fällt das Risiko allerdings

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

nach der Jahrhundertmitte etwa 30 Intervalle lang - wenn auch nur schwach - ab, um dann wieder stark anzusteigen.

Auffällig ist in diesem Fall darüber hinaus die empirische Verteilung. Zwischen August 1911 (20,0 °C) und Juli 1943 (19,4 °C) wird die Schranke nicht überschritten, das empirische Risiko ist demnach null. Aber auch danach liegt das empirische Risiko zum Teil deutlich unterhalb der Kurven des theoretischen Risikos. Lediglich in den ersten Intervallen liegt das empirische Risiko höher als die theoretischen.

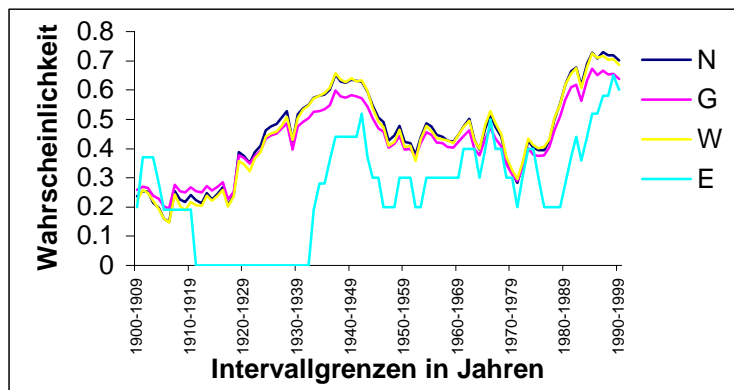


Abb. 53: Risiko für das Überschreiten der $+5\sigma$ -Schwelle ($+19,22^\circ\text{C}$) der Station Jena innerhalb von 12 Monaten.

Am Beispiel der Station Karlsruhe zeigen die Abbildungen 54 und 55 für ein festes Risiko von 90% die Wartezeit, bis dieses Risiko erstmals überschritten ist. Im Fall der -5σ -Schranke zeigen die theoretischen Verteilungen zwei lokale Maxima, eins um das Intervall 1918-1927, das zweite um das Intervall 1974-1983. Hier deuten die theoretischen Verteilungen also auf mildere Winter hin. Da die Winter 1985, 1986 und 1987 sehr kalt waren (insgesamt 5 Monatsmittel in diesen drei Jahren unterhalb der Schranke), sinkt die Wartezeit nach dem zweiten lokalen Maximum wieder ab, um dann sehr stark anzusteigen. Insgesamt kann man sagen, dass die Winter in Karlsruhe zu Ende des Jahrhunderts milder geworden sind.

Ebenso sind die Sommer, wie Abbildung 55 zeigt, wärmer geworden. Hier zeigt sich ein gleichmäßiger Rückgang der Wartezeit für das Überschreiten der $+5\sigma$ -Schranke bei allen drei theoretischen Verteilungen. Ebenfalls einen signifikanten Trend zeigt die empirische Verteilung, allerdings mit stärkeren Schwankungen.

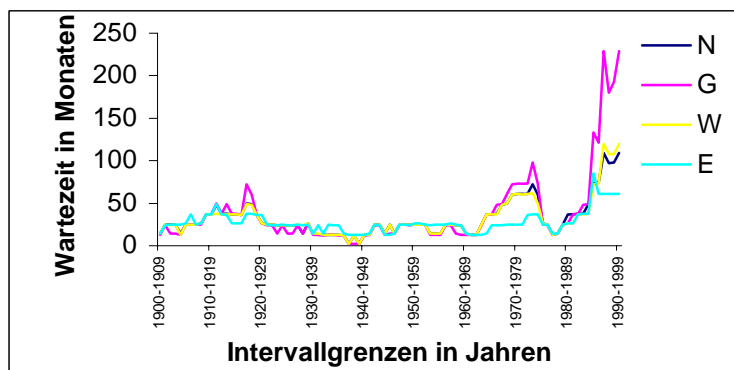


Abb. 54: Wartezeit in Monaten, bis die -5σ -Schranke ($-0,62^\circ\text{C}$) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% unterschritten wird, am Beispiel der Station Karlsruhe.

Was die Qualität der Anpassungen angeht, so kann man für das Risiko des Überschreitens der $+5\sigma$ -Schranke keinen Unterschied zwischen den theoretischen Verteilungen erkennen. Bei der

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

unteren Schranke werden mit die Gumbelverteilung die stärksten Abweichungen von der empirischen Verteilung erzeugt. Mit Weibull- und Normalverteilung schätzt man hier die Wartezeit deutlich besser ab.

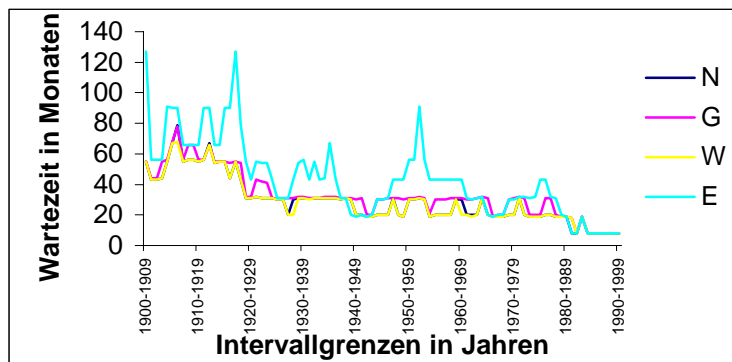


Abb. 55: Wartezeit in Monaten, bis die $+5\sigma$ -Schranke ($19,42\text{ }^{\circ}\text{C}$) mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% überschritten wird, am Beispiel der Station Karlsruhe.

9.3 Wiederkehrzeit

In den Abbildungen 56 und 57 sind die Wiederkehrzeiten für Ereignisse oberhalb der $+5\sigma$ -Schranken für die Stationen Köln und Karlsruhe abgebildet. Auffällig sind die starken Schwankungen der empirischen Wiederkehrzeit. Dies kommt daher, dass de facto die obere Schwelle nur in 1 bis 2 Monaten des Jahres überschritten werden kann. Tritt in mehreren Jahren hintereinander kein relatives Extremereignis ein, so steigt der Durchschnittswert der Wartezeit im entsprechenden Intervall stark an.

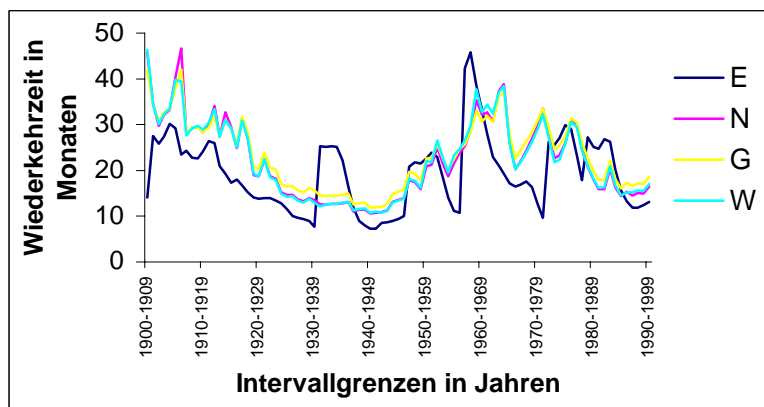


Abb. 56: Wiederkehrzeit für ein Ereignis oberhalb der $+5\sigma$ -Schwelle ($19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) an der Station Köln.

Dies zeigt sich z. B. im Intervall 1958-1967 an der Station Köln. In diesem Intervall treten dort nur zwei relative Extremwerte auf, im Juli 1959 und 1967. In diesem Intervall steigt die empirische Wartezeit dadurch auf 45,9 Monate, um dann, auch durch das Auftreten der nächsten relativen Extremwerte 1969 und 1971, wieder abzufallen.

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

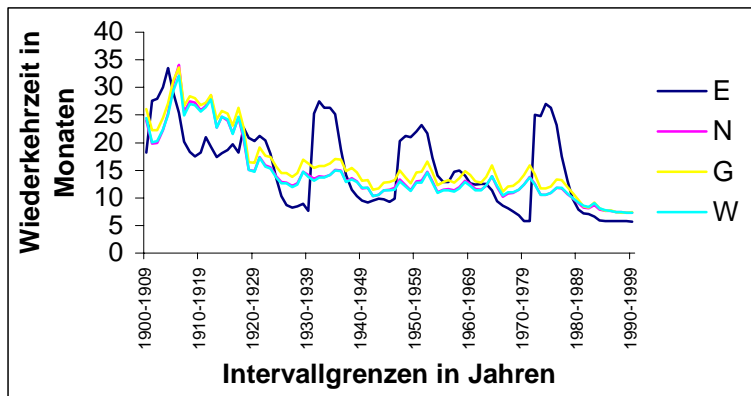


Abb. 57: Wiederkehrzeit für ein Ereignis oberhalb der $+5\sigma$ -Schwelle (19,42 °C) an der Station Karlsruhe.

Beide Abbildungen zeigen einen Trend zu kürzeren Wiederkehrzeiten. Dieser Trend ist an der Station Karlsruhe gleichmäßig, an der Station Köln sinkt die Wiederkehrzeit bis zur Jahrhundertmitte stark von etwa 45 Monaten auf etwa 15 Monate, steigt dann wieder auf Werte um 35 Monate an (Intervall 1965-1974), um dann wiederum auf Werte um 20 Monate abzufallen. Insgesamt erkennt man dennoch einen abfallenden Trend, der aber wesentlich schwächer ist als derjenige an der Station Karlsruhe.

Der zeitliche Verlauf der Wiederkehrzeit eines Wertes unterhalb der -5σ -Schranke ist in den Abbildungen 58-60 für die Stationen Köln, Berlin und Hohenpeissenberg angegeben.

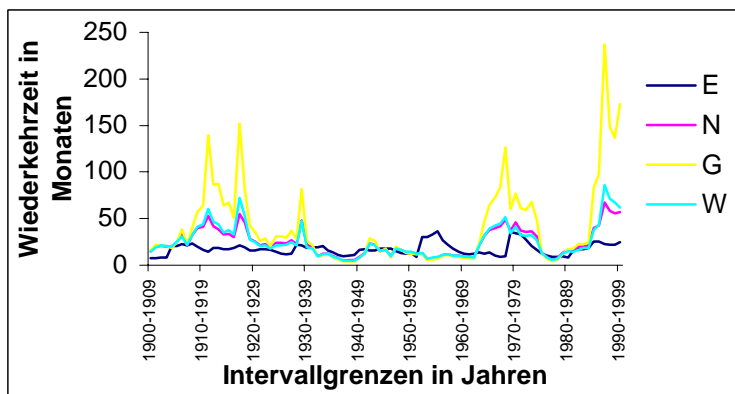


Abb. 58: Wiederkehrzeit für ein Ereignis unterhalb der -5σ -Schwelle (1,5 °C) an der Station Köln.

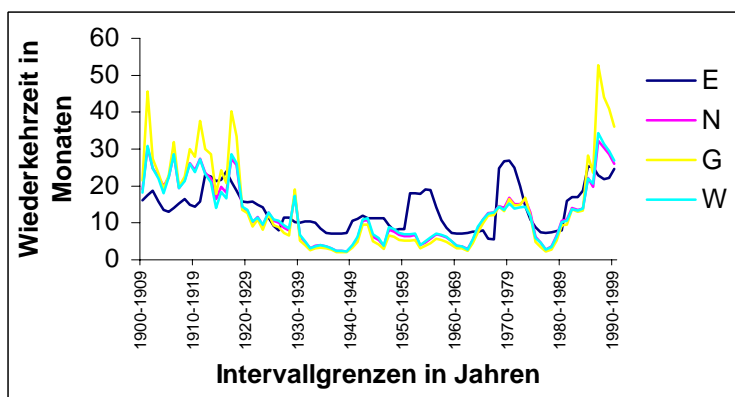


Abb. 59: Wiederkehrzeit für ein Ereignis unterhalb der -5σ -Schwelle (-0,59 °C) an der Station Berlin.

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

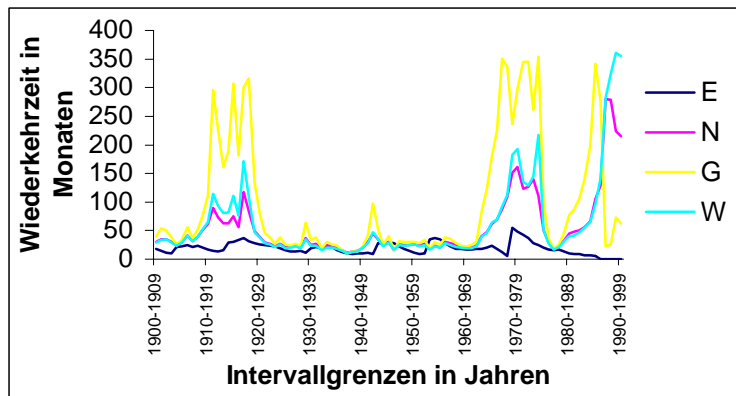


Abb. 60: Wiederkehrzeit für ein Ereignis unterhalb der -5σ -Schwelle ($-3,93$ °C) an der Station Hohenpeissenberg.

An allen 3 Stationen ist die Gumbelverteilung für die Schätzung des Eintretens eines relativen Minimums am ungünstigsten. So liegt die mit der Gumbelverteilung ermittelte Wiederkehrzeit in manchen Intervallen (z. B. Köln 1987-1996, Hohenpeissenberg 1911-1920) fast dreimal so hoch wie die auf der Weibull- oder Normalverteilung basierende Wiederkehrzeit, welche in diesen Fällen auch noch weit über der empirischen Wiederkehrzeit liegen.

An der Station Köln ist die empirische Wiederkehrzeit in der ersten Hälfte des Jahrhunderts relativ konstant. Sie schwankt um die Werte 20 – 25 Monate. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts werden die Schwankungen stärker. Einer minimalen empirischen Wiederkehrzeit von 8 Monaten steht eine maximale von 36 Monaten gegenüber. Allerdings ist mit der größeren Schwankung nur ein schwacher Trend zu höheren empirischen Wiederkehrzeiten erkennbar.

Einen solchen Trend zeigen die auf Gumbel- und Normalverteilung basierenden Ergebnisse deutlicher, insbesondere, weil sie in den letzten vier Intervallen ihre Maximalwerte erreichen. Nach zwei lokalen Maxima der Wiederkehrzeit in den Intervallen 1911-1920 und 1917-1926 nehmen die Schwankungen stark ab. Erst mit dem Intervall 1963-1972 beginnt wieder ein Anstieg, der im Intervall 1968-1977 sein Maximum findet. Nach dem darauf folgenden Rückgang ist mit den letzten 14 Intervallen wieder ein Anstieg zu verzeichnen, so dass sich insgesamt in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts eine Zunahme der Wiederkehrzeit zeigt. Die Winter werden also milder.

Auch an der Station Berlin zeigt sich eine Zunahme der Wiederkehrzeit in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts. In der ersten ist allerdings ein Rückgang zu erkennen, so dass sich für das gesamte Jahrhundert aus der Abbildung keine Aussagen über den Trend machen lassen. Im Gegensatz zur Station Köln zeigt sich in Berlin aber ein (von Schwankungen der empirischen Kurve abgesehen) simultaner Anstieg der empirischen Wartezeit sowie der mit Gumbel- und Normalverteilung ermittelten Wiederkehrzeit. Alle drei Kurven schwanken in der Mitte des Jahrhunderts um einen Wert von etwa 10 Monaten, und steigen dann, wenn auch nicht stetig, auf einen Wert von etwa 30 Monaten (Weibull- und Normalverteilung) bzw. 25 Monaten (empirische Verteilung) an.

Unterbrochen wird der Anstieg von drei aufeinander folgenden kalten Wintern in den Jahren 1985, 1986 und 1987. Diese drücken die Wiederkehrzeit für ein relatives Minimum an allen Stationen auf einen Minimalwert im Intervall 1978-1987. Danach zeigt sich, mit Ausnahme der Station Hohenpeissenberg, wieder ein Anstieg.

9 Ergebnisse der Temperaturdatenanalyse ausgewählter Stationen

An der Station Hohenpeissenberg fällt die empirische Wiederkehrzeit nach dem Intervall 1978-1987 weiter ab und im Intervall 1986-1995 tritt erstmals kein Wert unterhalb der Schranke auf. Dies ist gleichbedeutend mit einer langen Wiederkehrzeit, wie sie die Kurven der auf den theoretischen Verteilungen basierenden Wiederkehrzeiten durch einen sehr starken Anstieg zeigen. Insgesamt ergibt sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auch für die Station Hohenpeissenberg ein Trend zu längeren Wiederkehrzeiten und damit zu milderem Wintern. Dieser Trend ist an der Station Hohenpeissenberg sogar besonders stark ausgeprägt.

10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse

10.1 Trend der Wiederkehrzeiten

In den Abbildungen 61 und 62 sind auf den gleitenden Analysen basierende Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeit in Deutschlandkarten dargestellt. Abbildung 61 zeigt die Trends für die -5σ -Schranke, Abbildung 62 die Trends für die $+5\sigma$ -Schranke. Allerdings muss angemerkt werden, dass die Karten nur auf der Auswertung von 10 Temperaturstationen basieren. Dementsprechend sollte der Verlauf der Isolinien nicht überinterpretiert werden.

Die Karten der Trends der Wiederkehrzeit für Ereignisse unterhalb der -5σ -Schranke zeigen um die Station Jena einen Bereich starken Anstiegs, der mildere Winter andeutet. Dieser Anstieg ist am stärksten bei Verwendung der Gumbelverteilung und am schwächsten bei den empirischen Daten, die insgesamt auch die schwächsten Trends zeigen (vgl. Wertebereich der Isolinien). Für Normal- und Weibullverteilung ist der Anstieg an der Station Jena etwa gleich stark. Bei den empirischen Daten zeigt sich zusätzlich ein Bereich stärkeren Anstiegs der Wartezeit um die Station Karlsruhe.

Für den Norden und den Osten Deutschlands zeigen die Karten recht einheitlich einen Rückgang oder nur sehr schwachen Anstieg der Wiederkehrzeit. Hier scheinen dementsprechend die Winter gleich bleibend kalt zu sein oder tendenziell kälter zu werden.

Unterschiedliche Ergebnisse liefern die Karten im Bereich der Stationen Nürnberg und Hohenpeissenberg. Während man mit Normal- und Gumbelverteilung für die Station Nürnberg einen etwa gleich bleibenden Wert der Wiederkehrzeit ermittelt, zeigen die empirischen Daten und der mit der Weibullverteilung berechnete Trend einen Anstieg der Wiederkehrzeit. Auffällig ist dabei insbesondere die unterschiedliche Struktur der Isolinien. Denn während bei Verwendung von Normal- und Gumbelverteilung ein deutlich erkennbares lokales Minimum des Trends der Wiederkehrzeit erzeugt wird, ist ein solches bei den anderen Verteilungen nicht zu erkennen.

Noch deutlicher ist der Unterschied an der Station Hohenpeissenberg. Hier liefern lediglich die empirischen Daten einen Rückgang der Wiederkehrzeit, auch, weil in den letzten 15 Jahren kein Wert mehr unter dieser Schranke aufgetreten ist (vgl. Abb. 60). In der Realität entspricht aber das Ausbleiben von relativen Extremwerten einem Anstieg der Wiederkehrzeit. Hier liefert die Karte der empirischen Daten also ein falsches Bild, die Wiederkehrzeit in dieser Region steigt an. Demgegenüber erzeugen die theoretischen Verteilungen korrekter Weise einen positiven Trend der Wiederkehrzeit für die Station Hohenpeissenberg.

Der Trend der Wiederkehrzeit von Ereignissen oberhalb der $+5\sigma$ -Schranken ist in Abbildung 62 angegeben. Auffällig im Trend der empirischen Daten ist der starke Gradient zwischen Berlin (+0,15) und Postdam (-0,07). Dabei liefert Berlin den mit Abstand größten positiven Wert. Lediglich Hamburg (+0,003), Köln (+0,01) und der Hohenpeissenberg (+0,02) zeigen ebenfalls einen positiven, allerdings wesentlich schwächeren Trend. Insgesamt zeigen die empirischen Daten für die Mitte und den Süden Deutschlands einen negativen Trend der Wiederkehrzeit, also eine Tendenz zu wärmeren Sommern. Im Osten kann man aus den Daten keine eindeutigen Schlüsse ziehen.

10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse

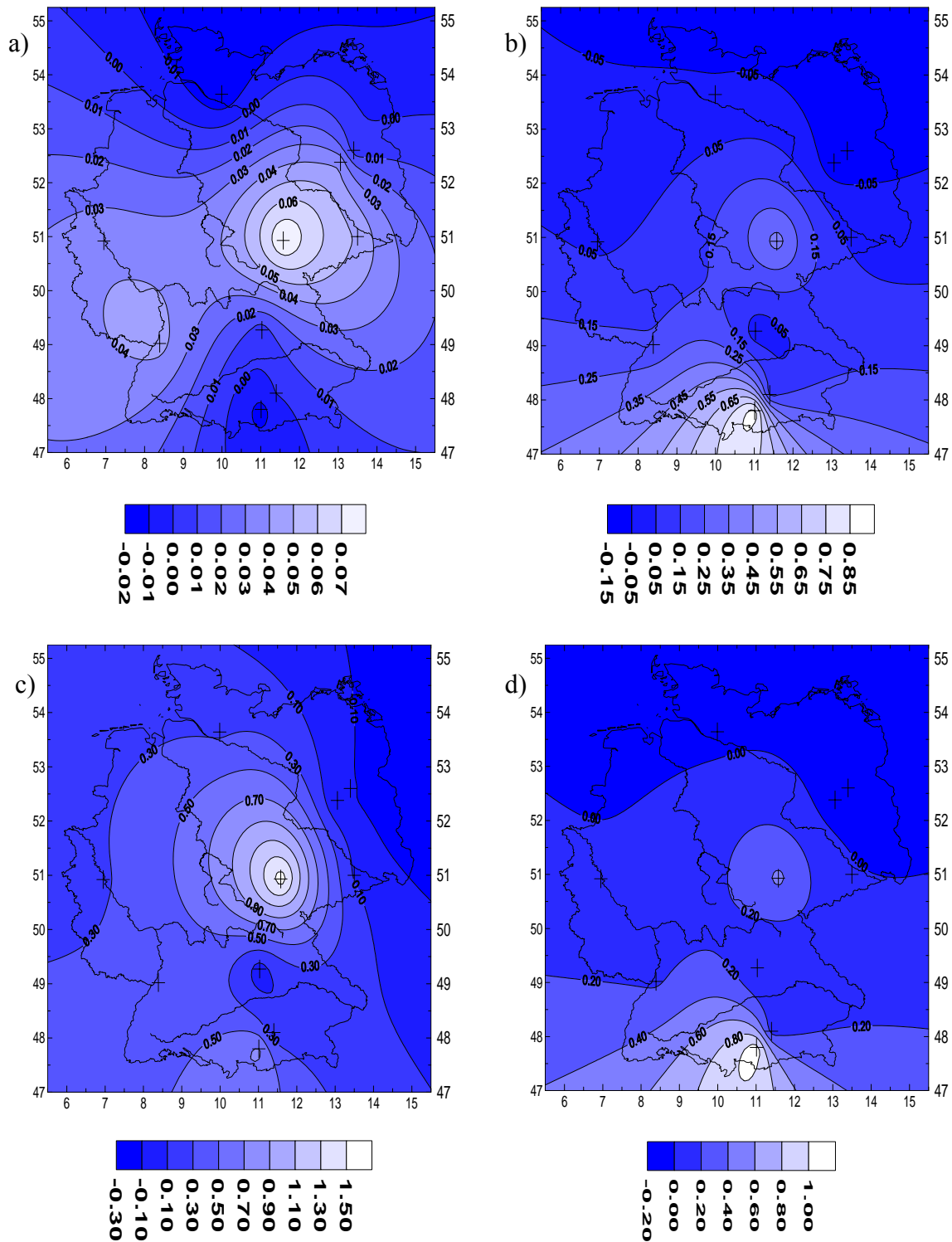


Abb. 61: Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeiten für das Unterschreiten der -5σ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen, und d) die angepassten Weibullverteilungen.

Allerdings zeigt sich der positive Trend, sogar noch großräumiger, auch auf Basis der Normal- Gumbel- und Weibullverteilung. Hier ist die Abnahme der Wiederkehrzeit im gesamten Gebiet der ehemaligen Bundesrepublik (Ausnahme: nördliches Schleswig-Holstein bei der Weibullverteilung) sowie in Sachsen und Thüringen zu finden. Dabei zeigen alle drei Verteilungen ein lokales Minimum in Thüringen, zurückzuführen auf die Daten der Station Jena. Grund dafür könnte eine Inhomogenität an der Station Jena sein. Die erwähnten Inter-

10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse

polationen (vgl. Kap. 4) scheinen für die starke Abweichung von den übrigen Daten jedoch nicht verantwortlich zu sein. Dies müsste allerdings noch überprüft werden.

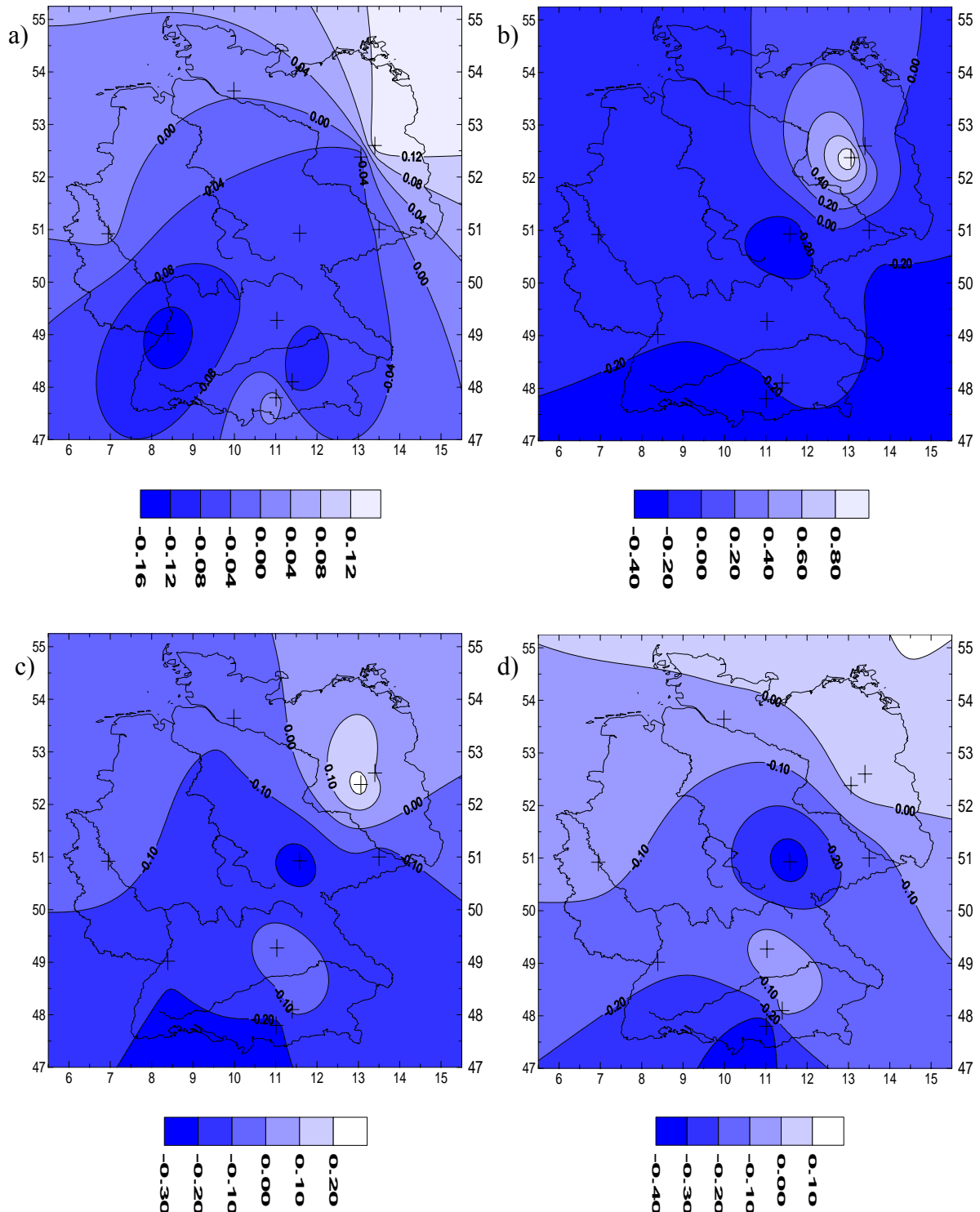


Abb. 62: Steigungen der Regressionsgraden der Wiederkehrzeiten für das Überschreiten der $+5\sigma$ -Schranken. Basis bilden die 10-Jahres-Intervalle. Steigung für a) die empirischen Daten, b) die angepassten Normalverteilungen, c) die angepassten Gumbelverteilungen, und d) die angepassten Weibullverteilungen.

Darüber hinaus weisen für alle drei Verteilungen nur die Stationen Berlin und Potsdam positive Werte auf. Im Fall der Normalverteilung ist der Wert von Potsdam mit $+1,03$ ein so starker Ausreißer (Berlin $+0,08$), dass kaum noch Konturen zwischen den anderen Stationen zu erkennen sind. Die Ergebnisse könnten ein Indiz dafür sein, dass in Nordostdeutschland

10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse

ein Trend zu längeren Wiederkehrzeiten und somit zu kühleren Sommern vorherrscht. Allerdings ist für genaue Aussagen der Datenumfang nicht ausreichend.

10.2 Trends der Verteilungsparameter

Der Trend von Mittelwert und Standardabweichung der angepassten Normalverteilung ist in Abbildung 63 dargestellt, in Abbildung 64 der Trend des Lage- und Streuparameters der Gumbelverteilung. Dabei haben die Karten des Trends von Mittelwert und Lageparameter und die Karten des Trends von Standardabweichung und Streuparameter große Ähnlichkeit.

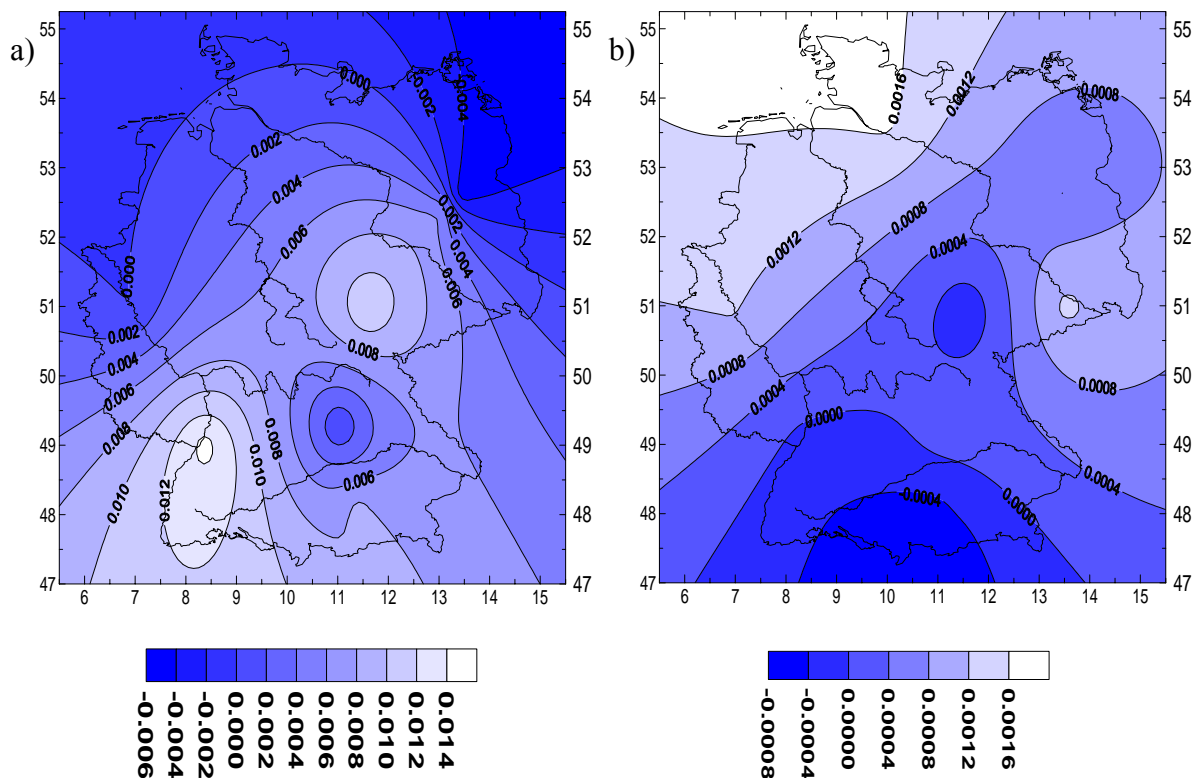


Abb. 63: Linearer Trend der Mittelwerte (a) sowie der Standardabweichungen (b) der angepassten Normalverteilungen.

Die Nulllinie der Lageparameter läuft bei beiden Verteilungen, von Nordwesten kommend, in Richtung der Station Köln. Dort macht sie einen scharfen Knick nach Norden, beschreibt einen Halbkreis über die Nordseeküste und das südliche Schleswig-Holstein bis in den Raum Berlin. Von dort läuft sie weiter in etwa südöstlicher Richtung. Südlich dieser Linie ist der Trend der Lageparameter positiv. Dies zeigt einen Temperaturanstieg an. Maximal ist dieser Trend um die Stationen Jena und Karlsruhe, ein lokales Minimum findet man im Bereich der Station Nürnberg. Die Bereiche nördlich der Nulllinie, insbesondere der äußerste Nordosten Deutschlands, zeigen einen Trend zu niedrigeren Temperaturen. Dieser Trend wird aber nur von den Daten der Station Berlin erzeugt.

Die Nulllinie der Streuparameter verläuft in beiden Fällen aus Süden kommend entlang des Oberrheingraben, knickt im Bereich der Neckarmündung Richtung Osten ab und dreht dann weiter Richtung Südosten und läuft über München und das Berchtesgadener Land Richtung Adria. Eine kreisförmige Nulllinie liegt um die Station Jena. In Baden-Württemberg und dem südwestlichen Bayern sowie um die Station Jena geht die Streuung tendenziell zurück. In den übrigen Gebieten nimmt die Streuung zu, und zwar um so stärker, je weiter man von Südosten

10 Karten zu den Ergebnissen der Temperaturdatenanalyse

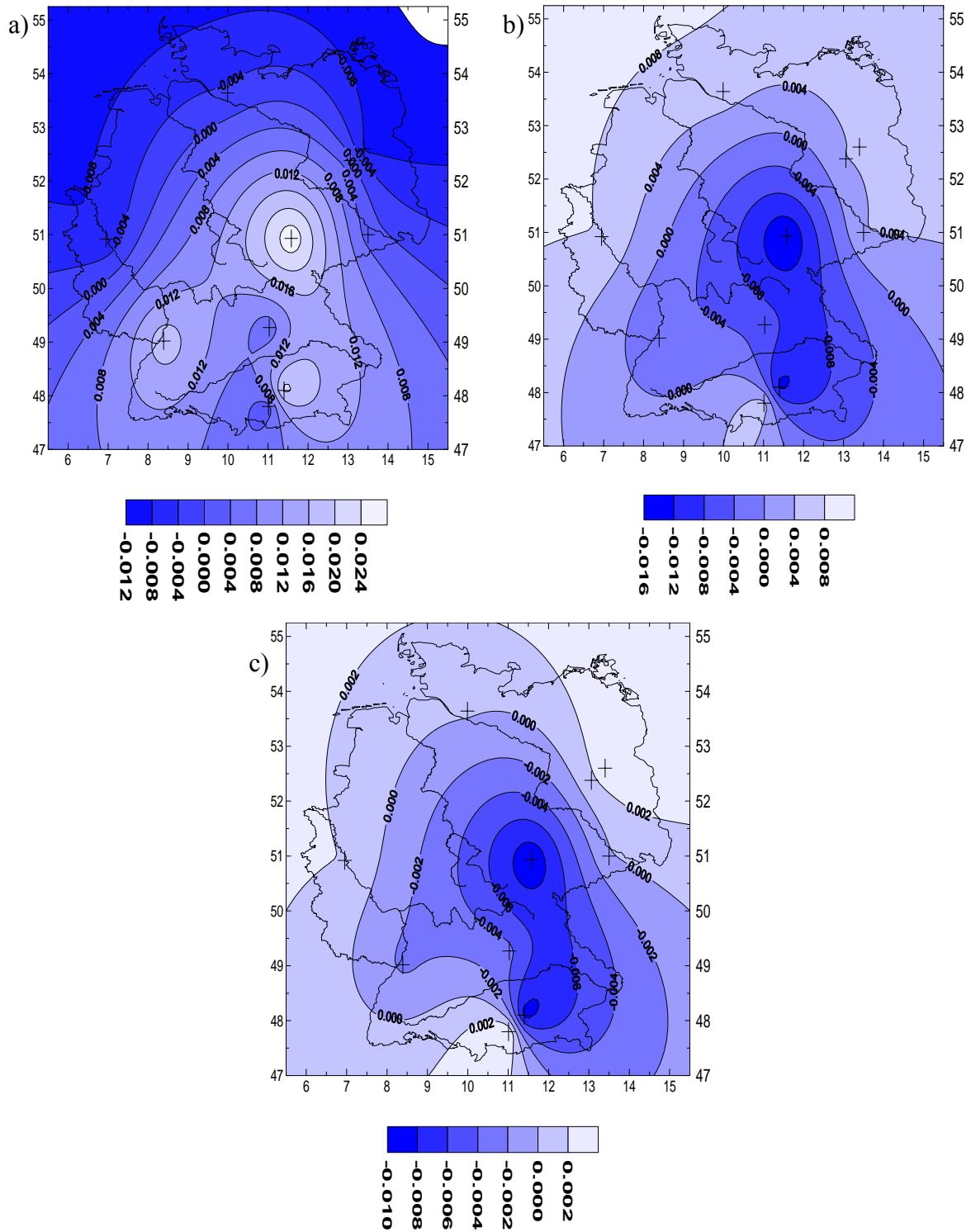


Abb. 74: Linearer Trend der Lage- (a), Streu- (b) und Formparameter (c) der angepassten Weibullverteilungen.

11 Wertung/Ausblick

Die vorliegende Arbeit liefert für die untersuchten Zeitreihen teilweise recht eindeutige Ergebnisse. So schätzt die Gumbelverteilung bei Niederschlagsdaten die Wahrscheinlichkeit relativer Maxima am besten ab. Der Unterschied in der Qualität der Abschätzung ist im Vergleich zu den anderen Verteilungen um so deutlicher, je höher die Schranke liegt. Dadurch ist auch die Abschätzung der Wiederkehrzeit, der Wartezeitverteilung und des Risikos am besten. Für relative Minima ist nicht genau zu bestimmen, mit welcher Verteilung die exaktesten Ergebnisse ermittelt werden. Die Ergebnisse basieren hier aber auch nur auf einem Schwellenwert.

Bei den Temperaturdaten ergibt sich ein anderes Bild. Für untere Schranken schätzt man mit der Weibullverteilung die Eintrittswahrscheinlichkeit am besten ab. Hier ist die Gumbelverteilung sogar der Normalverteilung unterlegen. Betrachtet man obere Schranken, so schätzen alle drei Verteilungen die Eintrittswahrscheinlichkeit in etwa gleich gut ab, vielleicht mit einer Tendenz zu den besten Resultaten bei der Gumbelverteilung. Allerdings liegen diesen Ergebnissen nur 10 Zeitreihen und – sowohl bei den oberen als auch bei den unteren Schranken – nur ein Schwellenwert zugrunde.

Die Untersuchungen erstrecken sich in dieser Arbeit auf 100-jährige Zeitreihen. Um die Anzahl der untersuchten Reihen zu erhöhen, kann man die Untersuchungen auch mit kürzeren Zeitreihen durchführen.

Bei der Analyse der Daten könnte die Anpassung der Verteilungen für die einzelnen Monate getrennt erfolgen. So würde die jahreszeitliche Variabilität der Temperatur- und Niederschlagsdaten berücksichtigt. Darüber hinaus könnten neben dem Jahresgang auch andere Trends aus den Daten eliminiert werden. Dies würde dazu führen, dass die Anpassung wirklich nur an die zufällige Streuung der Daten erfolgt.

Die Beschränkung auf Schwellenwerte, die ein Vielfaches der Standardabweichung sind, kann fallengelassen werden. Vielmehr sollte in den interessanten Bereichen (z. B. beim Niederschlag um die 3σ -Schranke, bei der Temperatur um die $\pm 5\sigma$ -Schranke) eine feinere Einteilung gewählt werden. Bei unteren Schranken ist interessant, ob die unbeschränkte Gumbelverteilung im Vergleich zur beschränkten Weibullverteilung Vor- oder Nachteile bei der Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten von relativen Minimalwerten hat.

Das Verfahren könnte (und soll im Rahmen des UBA-Forschungsprojekts „Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen in Deutschland und Europa“) auf Tagesdaten erweitert werden.

Auch könnte das Verfahren auf Zeitreihen angewendet werden, die aus anderen Temperatur- oder Niederschlagsregimen stammen. Niederschlagsgebiete mit starkem Jahresgang (Monsoon in Indien) oder mit seltenen, aber starken Einzelereignissen (Wüstenklimata) scheinen interessant. Ebenso Temperaturregime mit geringem (Tropen) oder sehr starkem (subpolare Gebiete) Jahresgang.

Insgesamt eröffnet sich ein weites Feld für weitere eingehende Untersuchungen und die räumliche Ausdehnung auf andere Regionen.

Literaturverzeichnis

- [1] **Bosch, K.**, Elementare Einführung in die angewandte Statistik, Vieweg Verlag, Braunschweig, 1995
- [2] **Bronstein-Semendjajew**, Taschenbuch der Mathematik (24. Auflage), Verlag Harry Deutsch, 1989
- [3] **Dinges, H.**, Rost, H., Prinzipien der Stochastik, Teubner Studienbücher, 1982
- [4] **Grieser, J.**, Staeger, T., Schönwiese, C.-D., Statistische Analyse zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhauseffektes, Bericht Nr. 103, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Frankfurt, 2000
- [5] **Grieser, J.**, Werden Extreme Wettersituationen Wahrscheinlicher? Unveröffentlichtes Skript, Universität Frankfurt, 2002
- [6] **Hessenfeld, E.**, Schönhals, D., Statistik mit Einführung in die Wahrscheinlichkeitslehre, Vogel Verlag, Würzburg, 1981
- [7] **Houghton, J. T.**, Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C. A., Climate Change 2001, The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 2001
- [8] **IPCC**, IPCC Workshop on Changes in Extreme Weather and Climate Events, Workshop Report, Genf, 2002
- [9] **Krengel, U.**, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik (3. Auflage), Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1991
- [10] **Lozán, J. L.**, Graßl, H., Hupfer, P. (Hrsg.), Warnsignal Klima, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 1998
- [11] **Mearns, L. O.**, Katz R. W., Schneider, S. H., Extrem High-Temperature Events: Changes in their Probabilities with Changes in Mean Temperature, J. Clim. Appl. Meteorol., 23, 1601-1613, 1984
- [12] **Meehl, G. A.**, Karl, D. R., Easterling D. R. et al, An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events: Observation, Socioeconomic Impacts, Terrestrial Ecological Impacts and Model Projections, Bull. Amer. Meteor. Soc., 81, 413-425, 2000
- [13] **Rapp, J.**, Schönwiese, C.-D., Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891-1990 (2. Auflage), Band 5 der Serie B, Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Frankfurt, 1996
- [14] **Rinne, H.**, Taschenbuch der Statistik (3. Auflage), Verlag Harry Deutsch, 2003
- [15] **Sachs, L.**, Angewandte Statistik (5. Auflage) Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1978
- [16] **Schlittgen, R.**, Streitberg, B. H. J., Zeitreihenanalyse (9. Auflage), Oldenbourg Verlag, München, 2001
- [17] **Schönwiese, C.-D.**, Klima im Wandel, Rowohlt Taschenbuch Verlag, 1994
- [18] **Schönwiese, C.-D.**, Klimatologie (2. Auflage), Ulmer Verlag, Stuttgart, 2003
- [19] **Schönwiese, C.-D.**, Praktische Statistik für Meteorologen und Geophysiker (3. Auflage), Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 2000
- [20] **Staeger, T.**, Statistische Analyse des ENSO- und Vulkanismussignals in Klima-Zeitreihen, Diplomarbeit, Universität Frankfurt, 1998
- [21] **Storch, H.**, Zwiers, F., Statistical Analysis in Climate Research, Cambridge University Press, Cambridge, 2001

Anhang

- [22] **Trömel, S.**, Extremwertstatistik europäischer Temperaturzeitreihen 1871-1990, Diplomarbeit, Universität Frankfurt, 1999
- [23] **Werner, A.**, Die Nord-Atlantik-Oszillation und ihre Auswirkungen auf Europa, Diplomarbeit, Universität Frankfurt, 1999
- [24] **Wigley, T. M. L.**, The Effect of Changing Climate on the Frequency of Absolute Extreme Events, *Climate Monitor*, 17, 44-55, 1988
- [25] **Wilks, D. S.**, *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Academic Press, San Diego, 1995

Anhang

1) Stationaritätstest

Die Überprüfung der Daten auf Stationarität erfolgt für die Gesamtdaten, d.h. jeweils für die vollständige Zeitreihe. Dabei werden bei gegebener Schranke sowohl für den gesamten Datensatz als auch für die zweite Hälfte des Datensatzes die relativen Extremereignisse ausgezählt. Dann wird überprüft, ob unter der Annahme binomialverteilter relativer Extremwerte der Parameter \hat{p} der zweiten Hälfte des Datensatzes signifikant vom Parameter p des Gesamtdatensatzes abweicht. Die Überprüfung erfolgt mit der Formel (vgl. z. B. Schönwiese, 2000)

$$\hat{z} = \frac{|\hat{p} - p|}{\sqrt{(p \cdot (1-p))/n}}. \quad (25)$$

Aufgrund der Betragsstriche im Zähler der Formel ergibt sich für die erste und zweite Hälfte des Datensatzes der gleiche Wert von \hat{z} . Auf der Basis dieses Wertes kann man Aussagen zur Signifikanz der Abweichung der Anzahl der relativen Extrema in der zweiten Hälfte des Datensatzes von der zu erwartenden Anzahl der relativen Extreme machen.

2) Der Kolmogoroff-Smirnoff-Anpassungstest

Der Kolmogoroff-Smirnoff-Anpassungstest (vgl. z. B. Sachs, 1978, Wilks, 1995) vergleicht eine theoretische Häufigkeitsverteilung mit einer empirischen. Es wird getestet, ob die Abweichung der beiden Verteilungen signifikant ist. Dazu bildet man die Differenz aus der kumulativen Häufigkeit der empirischen Verteilung ($KH_k(\text{emp})$) und der kumulativen Häufigkeit der theoretischen Verteilung ($KH_k(\text{theo})$). Das Maximum aller Differenzen wird durch den Stichprobenumfang n geteilt. Der sich ergebende Wert

$$\hat{p} = \frac{(\text{Max}[KH_k(\text{emp}) - KH_k(\text{theo})])}{n} \quad (26)$$

wird mit einer Prüfgröße $P_{n,\alpha}$ verglichen. Bei dieser Prüfgröße steht α für die Ablehnungswahrscheinlichkeit der theoretischen Verteilung, n steht für den Umfang der Stichprobe. Für jeden Wert von α und jeden Wert von n gibt es einen Wert der Prüfgröße $P_{n,\alpha}$, der angibt, ob die Hypothese abzulehnen ist oder nicht.

Der Test ist, ebenso wie der χ^2 -Test, verteilungsfrei, kann also bei jeder theoretischen Verteilung verwendet werden.

3) Der χ^2 -Anpassungstest

Der χ^2 -Anpassungstest (vgl. z. B. Schönwiese, 2000, Wilks, 1995) vergleicht ebenfalls eine empirische Häufigkeitsverteilung mit einer angepassten theoretischen Häufigkeitsverteilung. Getestet wird dabei stets die Vertretbarkeit der Anpassung zu einem bestimmten Niveau, dem Signifikanzniveau. Hierbei ist die Annahme der Nullhypothese, also die Verträglichkeit der theoretischen und der empirischen Verteilung, erwünscht.

In Gegensatz zum Kolmogoroff-Smirnoff-Test wird eine Unterteilung der empirischen Häufigkeitsverteilung in Klassen vorgenommen. Aus den Differenzen der empirischen und theoretischen Klassenhäufigkeiten wird die Testgröße χ^2 bestimmt. In einer Formel ausgedrückt lautet das Testverfahren:

$$\hat{\chi}_{\Phi}^2 = \sum_{k=1}^K \frac{(H_k(\text{emp}) - H_k(\text{theo}))^2}{H_k(\text{theo})}. \quad (27)$$

K ist dabei die Gesamtzahl der Klassen. Die Zahl Φ der Freiheitsgrade ist dann gegeben als die Klassenzahl K minus die Zahl Z der Freiheitsgrade der theoretischen Verteilung.

Probleme ergeben sich allerdings bei Ausreißern. Ist die theoretische Eintrittswahrscheinlichkeit sehr klein ($H_k(\text{theo}) \cong 0$), und es tritt dennoch mindestens ein Wert in der entsprechenden Klasse auf ($H_k(\text{emp}) \geq 1$), so erhält man einen sehr großen Wert für den entsprechenden Summanden. Dies kann zu einem hohen Wert für χ_{Φ}^2 und somit zu einer Überschätzung der Ablehnungswahrscheinlichkeit führen.

4) Korrelation und Autokorrelation

Unter der Korrelation zweier Datenreihen versteht man das gleich- oder gegensinnige Abweichen der Einzeldaten der beiden Reihen vom jeweiligen Reihenmittelwert. Dabei wird vorausgesetzt, dass die beiden Datenreihen die gleiche Länge haben. Für den Korrelationskoeffizienten r, der das Maß „für die Beschreibung des Stichprobenzusammenhangs der Variablen a und b“ (Schönwiese, 2000) bildet, gilt folgende Gleichung:

$$r_{ab} = \frac{\sum a'_i b'_i}{\sqrt{\sum a_i'^2 \sum b_i'^2}}. \quad (28)$$

In dieser Formel stehen die Werte von a'_i und b'_i für die Abweichung des a_i -ten und b_i -ten Wertes einer jeden Reihe vom zugehörigen Reihenmittelwert \bar{a} bzw. \bar{b} , es gilt also $a'_i = a_i - \bar{a}$, und $b'_i = b_i - \bar{b}$. Der Korrelationskoeffizient kann dabei Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Dabei stehen die Werte von -1 und 1 für einen streng linearen Zusammenhang, der Wert -1 bei negativer, der Wert 1 bei positiver Korrelation.

Bei der Autokorrelation betrachtet man nur eine Zeitreihe. Diese wird zeitlich verschoben, und die verschobene Reihe wird mit der ursprünglichen korreliert. Dabei kann die Reihe unterschiedlich weit verschoben werden. Die Abhängigkeit des Autokorrelationskoeffizienten

Anhang

von der Verschiebungsweite (Zeitschritt) τ nennt man die Autokorrelationsfunktion. Der formale Zusammenhang lautet

$$r_a(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{n-\tau} a_i' a_{i+\tau}'}{\sqrt{\sum_{i=1+\tau}^n a_i'^2 \sum_{i=1}^{n-\tau} a_i'^2}}. \quad (29)$$

Selbstverständlich wird der Autokorrelationskoeffizient immer nur für die Bereiche der Reihe ermittelt, die sich „überlappen“. Dies bedeutet, dass sich bei jeder Verschiebung auch der Mittelwert der betrachteten Reihen ändert und diese zeitlich verkürzt werden.

Eine Anwendung der Autokorrelation ist die Untersuchung der Erhaltensneigung (Persistenz) einer Zeitreihe. Das Intervall, in dem das Vorzeichen der Autokorrelationsfunktion ausgehend von $r_a(\tau=0)=1$ signifikant positiv bleibt, heißt Persistenzintervall. Innerhalb dieses Intervalls ist das Eintreten eines Ereignisses in der ursprünglichen Datenreihe vom vorherigen Ereignis abhängig.

Darüber hinaus ermöglicht die Autokorrelationsfunktion das Ermitteln von zyklischen Schwankungen in der untersuchten Zeitreihe. Diese zeigen sich in der Autokorrelationsfunktion als signifikante Bereiche um einen Wert $r_a(\tau)$. Genauere Ergebnisse liefert allerdings die spektrale Varianzanalyse (vgl. Schönwiese, 2000, Schlittgen, Streitberg, 2001).

5) Der t-Test

Der t-Test dient u. a. der Bestimmung der Signifikanz der Steigung einer Regressionsgeraden. Sie hängt davon ab, wie groß der Teil der Streuung der Daten ist, den die Regressionsgerade erklären kann, oder, anders ausgedrückt, sie ist umgekehrt proportional zur nicht erklärten Streuung. Der formale Zusammenhang lautet in diesem Fall

$$\hat{t}_\Phi = \frac{B_{ab}}{s_{a \bullet b}^2} \sum (b_i - \bar{b})^2. \quad (30)$$

B_{ab} dabei ist die Steigung der Regressionsgeraden, $s_{a \bullet b}^2$ ist die Restvarianz, $(b_i - \bar{b})^2$ ist die quadratische Abweichung der unabhängigen Variablen. Der Wert von \hat{t} wird mit einem Tabellenwert verglichen, der von der Anzahl der Freiheitsgrade Φ abhängt.

Anhang

6) Tabelle der Temperaturstationen und Verteilungsmaße der zugehörigen Zeitreihen

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge		Höhe ü. NN[m]	Verteilungsmaße	
					\bar{m}	σ
1	Berlin	52.6	13.4	58	9,16	1,95
2	Dresden-Klotzsche	51.0	13.5	226	8,97	1,99
3	Hamburg-Fuhlsbüttel	53.64	9.99	16	8,74	1,86
4	Hohenpeissenberg	47.8	11.01	977	6,47	2,08
5	Jena-Sternwarte	50.93	11.58	155	9,07	2,03
6	Karlsruhe	49.02	8.39	112	10,02	1,82
7	Köln	50.92	6.95	45	10,6	1,82
8	München-Riem	48.1	11.4	527	7,94	1,96
9	Nürnberg	49.27	11.03	309	8,93	1,92
10	Potsdam	52.38	13.06	99	8,66	1,99

7) Tabelle der Niederschlagsstationen und Verteilungsmaße der zugehörigen Zeitreihen

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge		Höhe ü. NN[m]	Verteilungsmaße	
					\bar{m}	σ
1	Alsfeld	50.77	9.4	375	55.32	29.10
2	Artern	51.39	11.27	164	38.26	21.68
3	Aschaffenburg	49.97	9.15	128	57.39	31.27
4	Attendorn	51.11	7.9	307	88.14	47.01
5	Augsburg	48.43	10.93	486	69.26	35.08
6	Bargteheide	53.73	10.25	45	63.36	32.77
7	Bebra-Iba	50.98	9.78	255	57.12	29.79
8	Berlin-Dahlem	52.46	13.3	51	49.19	27.43
9	Bornhöved	54.06	10.21	40	64.51	33.98
10	Brakel	51.71	9.23	143	66.51	36.61
11	Bremen	53.05	8.8	3	56.89	28.77
12	Brück	52.2	12.77	44	43.16	24.37
13	Calvörde	52.4	11.3	62	47.32	25.54
14	Camberg, Bad	50.3	8.28	217	53.59	28.27
15	Carlsfeld	50.43	12.6	914	104.80	55.31
16	Cham	49.23	12.66	396	58.59	31.21
17	Clausthal	51.83	10.33	563	111.67	58.71
18	Coburg (WST)	50.26	10.95	337	59.36	30.64
19	Cottbus	51.78	14.34	69	47.92	28.41
20	Doberlug-Kirchhain	51.64	13.57	97	48.89	27.78
21	Dömitz	53.15	11.25	15	48.20	25.96
22	Eberbach/Neckar	49.45	8.98	176	82.37	46.47
23	Emden	53.35	7.2	5	63.28	31.64
24	Eppenrod	50.4	8	300	64.58	34.07
25	Erfurt	50.98	10.96	323	42.75	23.35
26	Erlangen	49.61	11	270	55.35	30.36
27	Esens	53.65	7.62	3	66.74	34.78
28	Euskirchen	50.65	6.78	176	48.78	25.54
29	Garmisch-Partenk.	47.48	11.06	719	111.87	48.85
30	Gengenbach	48.41	8.01	186	86.98	42.53
31	Glückstadt	53.8	9.43	2	62.36	32.53

Anhang

Nr.	Station	Geographische Breite und Länge		Höhe ü. NN[m]	Verteilungsmaße	
					\bar{m}	σ
32	Görlitz	51.17	14.95	238	57.26	32.30
33	Göttingen (WST)	51.55	9.95	175	52.35	28.26
34	Greifenstein	50.61	8.26	434	73.20	41.42
35	Halberstadt	51.9	11.06	110	43.57	25.28
36	Hannover	52.46	9.7	54	53.10	28.31
37	Hof-Hohens. (WST)	50.31	10.88	567	59.06	30.22
38	Hohenpeissenberg	47.8	11.01	977	95.58	44.20
39	Kirn	49.8	7.4	250	52.51	29.94
40	Kitzingen	49.73	10.2	220	47.98	27.21
41	Kleinwaabs	54.53	9.75	32	61.22	32.99
42	Kreuznach, Bad	49.85	7.85	159	43.29	25.08
43	Lahnstein	50.3	7.6	71	51.94	28.18
44	Langenbrand	48.72	8.38	220	59.55	33.34
45	Lathen	52.87	7.32	11	62.73	32.43
46	Lübeck	53.81	10.7	14	53.72	27.73
47	Magdeburg	52.12	11.58	79	42.55	24.03
48	Mainz	49.98	8.26	125	47.29	27.11
49	Marnitz	53.38	11.93	81	55.53	29.02
50	Mergentheim, Bad	49.48	9.76	250	55.68	31.61
51	Metten	48.85	12.91	313	77.24	41.70
52	Monschau	50.56	6.25	509	99.57	53
53	Neuss	51.18	6.07	39	60.33	31.07
54	Nister	50.68	7.75	280	79.65	41.96
55	Norderney (WST)	53.71	7.15	11	59.92	31.75
56	Nordhorn	52.34	7.1	24	63.74	34.29
57	Osnabrück (WST)	52.25	8.05	95	67.82	35.27
58	Prüm	50.21	6.41	465	74.70	37.96
59	Ratzeburg	53.7	10.75	10	56.81	30.90
60	Regensburg	49.05	12.1	366	52.56	27.08
61	Rostock	54.08	12.1	20	51.10	27.49
62	Schweinfurt	50.06	10.21	240	47.03	26.30
63	Schwerin	53.65	11.38	59	52.13	28.24
64	Soltau (WST)	53	9.83	77	64.07	33.30
65	Spremberg	51.58	14.38	99	51.67	30.23
66	Storkow	52.25	13.94	39	44.55	25.32
67	Travemünde	53.96	10.88	9	51.90	28.19
68	Treuenbrietzen	52.1	12.88	59	43.48	24.82
69	Trier	49.75	6.65	144	62.37	32.98
70	Tuttlingen	47.98	8.75	643	71.88	36.53
71	Ulm (WST)	48.38	9.96	552	61.56	31.56
72	Vöhl-Thalitter	52.21	8.93	340	55.02	29.85
73	Wassernach	50.43	7	305	53.60	28.75
74	Weimar	50.98	11.32	264	46.83	24.66
75	Wilhelmsdorf	47.87	9.48	619	79.44	41.82
76	Wolmirsleben	51.95	11.49	70	40.86	23.67
77	Würzburg	49.76	9.96	268	48.95	27.54
78	Zwiesel-Rabenstein	49.05	13.25	685	106.95	61.31

8) Tabelle der monatlichen Niederschlagssummen der Station Mainz

Jahr	Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1900	690	380	230	190	310	530	520	770	240	670	340	560
1901	170	180	490	450	390	450	620	900	700	880	240	470
1902	200	450	520	320	390	220	200	530	400	390	180	680
1903	390	130	250	480	210	460	470	670	210	440	460	140
1904	300	530	450	390	590	630	140	290	550	490	290	300
1905	370	250	530	230	310	570	160	360	430	580	540	260
1906	460	260	690	550	750	460	500	850	150	210	460	480
1907	370	210	470	350	350	640	690	340	270	490	390	590
1908	220	480	210	530	780	590	890	900	400	30	290	140
1909	310	270	170	340	180	690	790	610	1030	500	270	590
1910	380	560	110	170	520	910	760	800	320	140	820	420
1911	150	280	450	250	520	480	110	280	330	340	470	770
1912	500	400	360	60	220	450	680	900	320	710	290	350
1913	560	240	170	310	700	440	600	310	850	420	750	490
1914	270	330	800	180	950	620	1130	520	560	440	330	410
1915	570	150	280	430	270	390	420	610	270	160	310	820
1916	400	580	440	330	440	520	340	590	440	500	260	600
1917	270	70	440	180	370	1280	340	1140	70	860	320	160
1918	490	130	190	530	160	340	370	510	650	460	220	720
1919	320	540	440	340	140	160	730	220	470	230	860	800
1920	730	140	300	720	330	160	1000	450	540	130	80	380
1921	520	140	90	30	650	60	50	370	80	130	310	230
1922	610	470	470	820	210	490	690	2000	1390	470	360	480
1923	360	500	230	240	880	470	410	300	400	1570	570	480
1924	390	350	290	550	450	480	590	1260	590	640	580	60
1925	300	310	170	300	420	240	470	600	560	420	510	820
1926	490	490	180	230	780	650	690	220	230	730	650	200
1927	290	470	330	630	150	510	440	730	640	250	710	320
1928	310	640	220	970	240	460	250	710	180	660	710	580
1929	280	320	100	240	170	890	870	110	240	720	210	520
1930	180	200	350	240	650	550	820	560	500	820	750	300
1931	630	370	100	380	760	770	660	1520	450	320	280	400
1932	310	30	160	430	780	540	1140	650	650	910	470	70
1933	190	210	250	70	690	1040	520	390	380	320	310	40
1934	300	100	370	130	200	800	200	330	490	520	330	460
1935	220	450	110	710	460	610	90	690	590	270	210	350
1936	840	380	290	1190	30	750	960	1260	620	260	200	250
1937	600	560	380	540	180	590	260	180	260	100	140	210
1938	610	210	80	260	510	200	720	1170	280	640	550	380
1939	600	140	490	530	410	520	420	410	560	1400	760	330
1940	260	400	620	480	40	590	1520	350	700	250	410	500
1941	638	397	656	178	660	929	623	1183	75	526	282	323
1942	451	205	348	406	466	597	971	86	333	274	454	252
1943	335	163	193	489	384	779	410	527	410	92	518	167
1944	321	270	186	258	24	526	821	129	485	359	1008	605
1945	440	670	100	350	500	800	350	1000	300	100	300	500
1946	150	700	150	300	850	700	300	300	450	380	220	170
1947	263	244	626	345	248	387	534	67	150	105	598	938
1948	724	366	217	266	601	442	727	836	210	307	219	221
1949	174	112	328	292	1012	245	95	813	157	495	340	760
1950	168	583	49	537	883	450	815	719	534	150	1065	642
1951	562	207	495	341	638	917	498	584	626	84	756	172
1952	509	332	615	295	159	366	496	560	723	733	886	785
1953	39	253	49	305	220	560	487	253	310	515	62	291
1954	439	145	205	314	451	546	629	715	792	457	288	847

Anhang

Jahr	Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1955	444	505	247	77	632	992	955	547	461	253	207	758
1956	511	99	342	492	253	693	1095	952	393	597	284	291
1957	348	748	469	191	317	487	763	492	939	244	158	476
1958	502	630	157	140	982	849	339	1678	441	418	277	580
1959	343	0	397	284	147	358	372	489	6	212	371	441
1960	487	207	105	211	432	283	699	1346	319	891	441	483
1961	392	207	71	762	505	1375	903	378	132	522	447	400
1962	189	490	386	260	475	121	161	579	309	105	391	679
1963	180	135	650	379	181	343	509	1220	374	353	818	60
1964	140	283	486	499	453	367	348	266	461	385	935	200
1965	864	230	583	985	573	1403	1075	491	714	56	956	1186
1966	344	456	427	649	313	1326	904	609	175	922	650	758
1967	225	302	444	472	697	324	335	919	1046	723	585	502
1968	632	684	263	602	534	580	535	1791	929	527	194	366
1969	214	539	412	467	794	515	384	1351	85	89	637	270
1970	581	955	399	567	862	688	1029	260	411	470	242	468
1971	286	122	154	310	774	1133	151	635	204	168	539	118
1972	255	72	365	477	719	811	551	620	308	187	895	46
1973	205	135	5	235	645	225	655	154	336	535	505	424
1974	319	415	508	155	629	559	648	437	469	1079	495	588
1975	618	198	511	581	323	645	676	758	471	256	578	118
1976	683	240	129	156	166	102	445	64	462	431	484	320
1977	523	1022	317	438	246	610	394	1076	135	505	812	597
1978	254	396	701	402	2143	372	771	142	546	176	106	1061
1979	281	420	678	497	618	828	594	606	173	441	736	1110
1980	339	383	457	367	533	915	1216	357	207	367	408	396
1981	763	66	819	775	620	1353	727	1387	565	1118	433	957
1982	518	41	355	268	533	453	421	256	264	1113	297	644
1983	600	330	300	790	1230	260	210	160	590	230	220	360
1984	610	780	220	370	1240	330	390	460	890	330	510	340
1985	280	240	400	390	640	590	700	510	230	180	430	300
1986	680	70	840	480	430	570	730	560	800	690	260	560
1987	330	590	780	180	580	1160	1020	580	520	600	510	320
1988	730	680	900	270	220	540	660	160	500	570	450	680
1989	130	450	540	900	270	510	1360	440	110	540	470	700
1990	300	750	140	370	280	820	230	420	770	410	780	540
1991	370	250	350	490	190	470	630	20	410	330	690	610
1992	240	280	540	280	240	920	710	690	260	690	710	550
1993	290	210	20	400	770	120	730	90	910	670	190	1470
1994	520	500	370	440	540	550	100	220	540	440	340	180
1995	1240	710	750	560	660	410	660	1200	890	350	300	510
1996	70	390	200	220	590	330	860	370	270	670	720	440
1997	150	600	260	190	460	870	510	180	130	490	580	550
1998	400	110	330	920	680	450	550	220	940	1680	530	490
1999	470	430	610	660	220	520	1090	560	330	430	390	780

9) Tabelle der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Niederschlags (Gesamtdaten, am Bsp. der 2- σ -Schwelle)

Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten der 2- σ -Schwellen des Niederschlags an der entsprechenden Station (E: empirisch, N: bei angepasster Normalverteilung, G: bei angepasster Gumbelverteilung, W: bei angepasster Weibullverteilung)

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Alsfeld	E	0.010	0.020	0.010	0.010	0.080	0.100	0.100	0.100	0.040	0.070	0.010	0.040
	N	0.013	0.007	0.008	0.013	0.036	0.064	0.066	0.046	0.020	0.023	0.018	0.021
	G	0.032	0.024	0.025	0.032	0.054	0.077	0.078	0.062	0.039	0.042	0.038	0.040
	W	0.025	0.016	0.017	0.024	0.051	0.079	0.081	0.061	0.033	0.037	0.031	0.034
Artern	E	0.000	0.000	0.000	0.030	0.110	0.120	0.210	0.110	0.020	0.060	0.000	0.010
	N	0.006	0.004	0.005	0.013	0.067	0.106	0.170	0.078	0.019	0.016	0.010	0.009
	G	0.023	0.018	0.020	0.032	0.079	0.107	0.152	0.087	0.039	0.036	0.028	0.027
	W	0.013	0.008	0.010	0.022	0.082	0.119	0.178	0.092	0.030	0.026	0.018	0.017
Aschaffenburg	E	0.020	0.010	0.010	0.010	0.030	0.090	0.120	0.160	0.010	0.050	0.030	0.030
	N	0.015	0.007	0.009	0.012	0.025	0.056	0.064	0.070	0.018	0.018	0.021	0.022
	G	0.034	0.024	0.026	0.031	0.045	0.071	0.077	0.081	0.038	0.038	0.041	0.042
	W	0.025	0.014	0.016	0.021	0.037	0.070	0.078	0.084	0.029	0.029	0.032	0.034
Attendorn	E	0.120	0.040	0.040	0.000	0.000	0.010	0.040	0.030	0.030	0.060	0.080	0.130
	N	0.065	0.018	0.015	0.010	0.009	0.018	0.023	0.021	0.014	0.024	0.036	0.081
	G	0.077	0.037	0.034	0.028	0.026	0.038	0.042	0.040	0.033	0.044	0.055	0.090
	W	0.079	0.028	0.024	0.018	0.016	0.029	0.034	0.032	0.023	0.036	0.049	0.095
Augsburg	E	0.010	0.010	0.000	0.020	0.120	0.210	0.240	0.110	0.070	0.030	0.040	0.010
	N	0.005	0.003	0.004	0.012	0.064	0.194	0.190	0.086	0.024	0.008	0.007	0.008
	G	0.021	0.017	0.019	0.031	0.077	0.170	0.166	0.093	0.044	0.025	0.024	0.025
	W	0.010	0.007	0.008	0.019	0.078	0.203	0.199	0.101	0.035	0.014	0.013	0.013
Bargtheide	E	0.050	0.000	0.020	0.000	0.010	0.040	0.090	0.120	0.030	0.030	0.050	0.090
	N	0.025	0.007	0.008	0.009	0.012	0.027	0.071	0.075	0.025	0.025	0.023	0.035
	G	0.044	0.024	0.026	0.026	0.030	0.046	0.081	0.085	0.045	0.045	0.043	0.053
	W	0.034	0.013	0.014	0.014	0.018	0.037	0.084	0.088	0.035	0.035	0.033	0.046
Bebra-Iba	E	0.020	0.010	0.000	0.030	0.060	0.100	0.120	0.090	0.020	0.050	0.020	0.050
	N	0.014	0.006	0.007	0.013	0.036	0.056	0.089	0.050	0.013	0.022	0.019	0.026
	G	0.033	0.023	0.024	0.031	0.054	0.071	0.095	0.066	0.032	0.041	0.038	0.045
	W	0.024	0.012	0.014	0.022	0.050	0.071	0.104	0.065	0.023	0.033	0.030	0.038
Berlin-Dahlem	E	0.000	0.010	0.010	0.020	0.040	0.090	0.110	0.120	0.040	0.040	0.010	0.040
	N	0.016	0.007	0.006	0.012	0.026	0.070	0.093	0.073	0.016	0.012	0.018	0.023
	G	0.036	0.024	0.023	0.031	0.046	0.081	0.098	0.083	0.035	0.031	0.038	0.042
	W	0.028	0.015	0.014	0.022	0.040	0.085	0.107	0.088	0.027	0.022	0.030	0.035
Bornhöved	E	0.050	0.000	0.020	0.020	0.020	0.020	0.100	0.120	0.040	0.040	0.080	0.080
	N	0.022	0.007	0.007	0.008	0.011	0.025	0.077	0.077	0.028	0.027	0.028	0.035
	G	0.042	0.024	0.024	0.025	0.029	0.045	0.086	0.086	0.047	0.046	0.047	0.053
	W	0.032	0.012	0.013	0.014	0.017	0.035	0.091	0.091	0.038	0.038	0.039	0.046
Brakel	E	0.090	0.030	0.040	0.000	0.020	0.020	0.060	0.050	0.010	0.040	0.050	0.110
	N	0.038	0.014	0.011	0.011	0.014	0.024	0.046	0.041	0.013	0.017	0.029	0.054
	G	0.056	0.033	0.029	0.030	0.033	0.043	0.062	0.059	0.032	0.036	0.048	0.069
	W	0.053	0.026	0.021	0.022	0.026	0.038	0.061	0.056	0.024	0.029	0.043	0.069

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Bremen	E	0.020	0.010	0.010	0.010	0.020	0.100	0.130	0.110	0.060	0.030	0.030	0.060
	N	0.018	0.006	0.007	0.009	0.022	0.040	0.100	0.071	0.024	0.020	0.020	0.024
	G	0.037	0.022	0.024	0.027	0.042	0.058	0.103	0.082	0.043	0.039	0.040	0.043
	W	0.030	0.013	0.015	0.019	0.035	0.054	0.112	0.085	0.037	0.032	0.032	0.037
Brück	E	0.000	0.000	0.000	0.010	0.070	0.130	0.170	0.110	0.040	0.030	0.010	0.010
	N	0.012	0.006	0.006	0.012	0.036	0.090	0.095	0.082	0.018	0.013	0.016	0.017
	G	0.031	0.022	0.022	0.030	0.054	0.095	0.099	0.090	0.037	0.032	0.035	0.036
	W	0.021	0.011	0.012	0.020	0.049	0.104	0.109	0.097	0.028	0.022	0.025	0.027
Calvörde	E	0.030	0.010	0.010	0.010	0.040	0.110	0.160	0.120	0.000	0.030	0.030	0.030
	N	0.015	0.007	0.009	0.013	0.023	0.062	0.093	0.072	0.015	0.015	0.018	0.020
	G	0.034	0.024	0.027	0.032	0.042	0.075	0.098	0.083	0.034	0.035	0.037	0.040
	W	0.025	0.014	0.017	0.022	0.034	0.076	0.106	0.086	0.025	0.025	0.029	0.032
Camberg, Bad	E	0.000	0.000	0.010	0.010	0.030	0.070	0.110	0.150	0.050	0.070	0.040	0.040
	N	0.012	0.006	0.006	0.013	0.029	0.065	0.072	0.077	0.019	0.020	0.020	0.021
	G	0.031	0.022	0.023	0.032	0.048	0.077	0.082	0.087	0.039	0.040	0.039	0.040
	W	0.020	0.011	0.012	0.021	0.040	0.078	0.085	0.090	0.029	0.030	0.029	0.030
Carlsfeld	E	0.040	0.020	0.020	0.020	0.010	0.060	0.110	0.080	0.040	0.070	0.000	0.030
	N	0.023	0.011	0.012	0.016	0.017	0.036	0.081	0.051	0.014	0.014	0.013	0.025
	G	0.043	0.030	0.031	0.035	0.036	0.054	0.089	0.067	0.033	0.033	0.032	0.044
	W	0.036	0.021	0.022	0.027	0.028	0.050	0.095	0.066	0.025	0.025	0.024	0.038
Cham	E	0.000	0.010	0.020	0.000	0.050	0.150	0.210	0.130	0.030	0.030	0.000	0.020
	N	0.010	0.005	0.005	0.008	0.032	0.123	0.198	0.098	0.020	0.012	0.008	0.015
	G	0.028	0.020	0.020	0.025	0.051	0.119	0.173	0.102	0.039	0.031	0.025	0.034
	W	0.016	0.008	0.008	0.013	0.044	0.141	0.213	0.116	0.028	0.018	0.013	0.022
Clausthal	E	0.110	0.010	0.050	0.000	0.010	0.040	0.080	0.020	0.030	0.060	0.040	0.110
	N	0.049	0.017	0.013	0.012	0.009	0.020	0.044	0.027	0.015	0.024	0.028	0.053
	G	0.065	0.036	0.031	0.030	0.027	0.039	0.061	0.046	0.034	0.044	0.047	0.068
	W	0.063	0.028	0.022	0.021	0.017	0.031	0.058	0.039	0.025	0.037	0.040	0.067
Coburg (WST)	E	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.140	0.110	0.070	0.040	0.060	0.010	0.040
	N	0.019	0.008	0.007	0.009	0.029	0.060	0.070	0.064	0.017	0.014	0.018	0.034
	G	0.038	0.026	0.024	0.026	0.048	0.073	0.081	0.077	0.036	0.034	0.038	0.052
	W	0.028	0.015	0.013	0.015	0.040	0.073	0.083	0.077	0.026	0.023	0.028	0.045
Cottbus	E	0.020	0.010	0.010	0.030	0.040	0.110	0.220	0.170	0.030	0.030	0.020	0.020
	N	0.009	0.005	0.007	0.014	0.034	0.068	0.122	0.107	0.019	0.014	0.013	0.014
	G	0.027	0.021	0.023	0.033	0.052	0.080	0.119	0.108	0.039	0.033	0.032	0.033
	W	0.018	0.011	0.013	0.023	0.048	0.085	0.137	0.123	0.031	0.024	0.023	0.024
Doberlug- Kirchhain	E	0.020	0.010	0.010	0.010	0.040	0.130	0.190	0.140	0.030	0.050	0.010	0.030
	N	0.012	0.005	0.008	0.012	0.026	0.084	0.108	0.081	0.018	0.016	0.013	0.017
	G	0.031	0.021	0.025	0.031	0.046	0.091	0.109	0.089	0.038	0.035	0.032	0.036
	W	0.022	0.012	0.016	0.022	0.040	0.098	0.120	0.095	0.030	0.027	0.024	0.029
Dömitz	E	0.030	0.000	0.020	0.010	0.040	0.080	0.180	0.170	0.010	0.020	0.040	0.070
	N	0.015	0.005	0.008	0.011	0.024	0.060	0.099	0.094	0.017	0.016	0.017	0.022
	G	0.034	0.021	0.025	0.029	0.043	0.073	0.102	0.099	0.036	0.035	0.036	0.041
	W	0.023	0.009	0.013	0.018	0.034	0.073	0.111	0.107	0.025	0.024	0.025	0.031

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Eberbach/ Neckar	E	0.090	0.050	0.050	0.010	0.010	0.000	0.020	0.030	0.030	0.070	0.060	0.120
	N	0.043	0.019	0.016	0.013	0.013	0.025	0.030	0.024	0.015	0.017	0.032	0.053
	G	0.060	0.038	0.035	0.032	0.032	0.044	0.049	0.043	0.034	0.037	0.050	0.068
	W	0.057	0.031	0.027	0.024	0.023	0.038	0.043	0.037	0.026	0.029	0.046	0.067
Emden	E	0.020	0.010	0.010	0.000	0.010	0.040	0.140	0.150	0.070	0.060	0.060	0.070
	N	0.020	0.005	0.006	0.006	0.009	0.031	0.081	0.079	0.032	0.035	0.037	0.030
	G	0.040	0.020	0.023	0.022	0.027	0.050	0.089	0.088	0.051	0.054	0.055	0.049
	W	0.030	0.010	0.012	0.011	0.016	0.043	0.094	0.092	0.044	0.047	0.049	0.041
Eppenrod	E	0.040	0.030	0.010	0.010	0.010	0.080	0.070	0.090	0.030	0.060	0.040	0.080
	N	0.027	0.012	0.009	0.011	0.019	0.036	0.045	0.036	0.017	0.023	0.030	0.037
	G	0.046	0.030	0.027	0.029	0.038	0.055	0.062	0.054	0.036	0.043	0.049	0.056
	W	0.041	0.022	0.019	0.021	0.031	0.051	0.060	0.051	0.029	0.036	0.044	0.052
Erfurt	E	0.000	0.000	0.010	0.030	0.120	0.150	0.200	0.120	0.050	0.060	0.000	0.000
	N	0.005	0.003	0.006	0.018	0.074	0.128	0.138	0.077	0.021	0.015	0.010	0.006
	G	0.020	0.017	0.023	0.037	0.084	0.123	0.130	0.087	0.041	0.035	0.028	0.023
	W	0.010	0.007	0.012	0.028	0.089	0.141	0.150	0.093	0.033	0.025	0.018	0.012
Erlangen	E	0.000	0.010	0.010	0.010	0.050	0.130	0.150	0.120	0.010	0.070	0.020	0.030
	N	0.012	0.006	0.008	0.011	0.039	0.070	0.112	0.067	0.017	0.015	0.013	0.020
	G	0.031	0.022	0.025	0.029	0.057	0.081	0.112	0.078	0.036	0.034	0.032	0.039
	W	0.021	0.011	0.014	0.018	0.053	0.086	0.128	0.082	0.026	0.024	0.022	0.030
Esens	E	0.030	0.000	0.000	0.010	0.010	0.020	0.100	0.110	0.110	0.130	0.070	0.050
	N	0.018	0.005	0.006	0.006	0.006	0.021	0.057	0.088	0.051	0.054	0.045	0.030
	G	0.037	0.020	0.023	0.022	0.022	0.041	0.071	0.095	0.067	0.069	0.062	0.049
	W	0.028	0.010	0.013	0.012	0.012	0.033	0.071	0.102	0.066	0.069	0.059	0.043
Euskirchen	E	0.000	0.000	0.010	0.030	0.100	0.140	0.160	0.160	0.080	0.030	0.000	0.020
	N	0.007	0.005	0.007	0.015	0.049	0.095	0.107	0.077	0.023	0.015	0.013	0.010
	G	0.024	0.021	0.023	0.034	0.065	0.099	0.108	0.086	0.043	0.035	0.032	0.029
	W	0.013	0.010	0.013	0.024	0.062	0.108	0.119	0.091	0.034	0.025	0.022	0.018
Garmisch- Partenk.	E	0.000	0.020	0.010	0.000	0.090	0.170	0.340	0.220	0.040	0.010	0.020	0.030
	N	0.005	0.002	0.004	0.010	0.049	0.239	0.300	0.203	0.026	0.004	0.004	0.004
	G	0.020	0.014	0.018	0.028	0.065	0.202	0.249	0.176	0.046	0.019	0.019	0.019
	W	0.009	0.005	0.008	0.017	0.062	0.239	0.294	0.208	0.037	0.009	0.008	0.009
Gengenbach	E	0.000	0.020	0.020	0.030	0.050	0.050	0.130	0.090	0.020	0.040	0.060	0.060
	N	0.010	0.007	0.008	0.016	0.035	0.074	0.081	0.047	0.028	0.015	0.020	0.015
	G	0.028	0.024	0.025	0.035	0.054	0.084	0.089	0.064	0.047	0.034	0.039	0.034
	W	0.016	0.012	0.012	0.023	0.046	0.087	0.093	0.059	0.038	0.022	0.028	0.022
Glückstadt	E	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000	0.050	0.190	0.150	0.080	0.020	0.060	0.080
	N	0.017	0.005	0.006	0.007	0.013	0.031	0.086	0.086	0.037	0.029	0.029	0.027
	G	0.036	0.020	0.021	0.024	0.032	0.050	0.093	0.093	0.055	0.049	0.048	0.047
	W	0.025	0.009	0.010	0.012	0.020	0.041	0.099	0.099	0.047	0.039	0.039	0.037
Görlitz	E	0.020	0.010	0.000	0.010	0.070	0.110	0.160	0.100	0.040	0.030	0.020	0.030
	N	0.010	0.006	0.007	0.013	0.037	0.075	0.124	0.085	0.016	0.014	0.012	0.016
	G	0.028	0.022	0.024	0.032	0.055	0.084	0.120	0.092	0.035	0.033	0.031	0.035
	W	0.020	0.014	0.016	0.025	0.052	0.089	0.134	0.099	0.028	0.025	0.023	0.028

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Göttingen	E	0.030	0.020	0.020	0.010	0.080	0.110	0.140	0.100	0.010	0.050	0.000	0.050
	N	0.014	0.007	0.007	0.012	0.029	0.068	0.089	0.067	0.019	0.017	0.016	0.021
	G	0.033	0.023	0.023	0.030	0.048	0.079	0.095	0.079	0.038	0.036	0.036	0.041
	W	0.024	0.014	0.014	0.021	0.042	0.082	0.101	0.081	0.030	0.028	0.027	0.033
Greifenstein	E	0.090	0.040	0.010	0.000	0.020	0.020	0.000	0.050	0.040	0.050	0.080	0.130
	N	0.051	0.021	0.015	0.009	0.010	0.017	0.023	0.023	0.014	0.025	0.037	0.076
	G	0.067	0.041	0.034	0.027	0.029	0.036	0.043	0.043	0.033	0.044	0.055	0.085
	W	0.066	0.034	0.026	0.018	0.020	0.029	0.036	0.036	0.024	0.038	0.051	0.090
Halberstadt	E	0.020	0.010	0.000	0.020	0.080	0.150	0.090	0.090	0.030	0.040	0.000	0.010
	N	0.009	0.005	0.009	0.015	0.050	0.081	0.085	0.076	0.019	0.016	0.011	0.012
	G	0.026	0.021	0.026	0.034	0.066	0.089	0.092	0.085	0.038	0.035	0.030	0.030
	W	0.018	0.012	0.018	0.026	0.065	0.096	0.099	0.091	0.031	0.027	0.022	0.022
Hannover	E	0.020	0.020	0.030	0.010	0.040	0.090	0.180	0.150	0.040	0.040	0.020	0.030
	N	0.016	0.006	0.008	0.013	0.025	0.053	0.099	0.079	0.019	0.018	0.016	0.019
	G	0.035	0.022	0.025	0.031	0.044	0.068	0.102	0.088	0.038	0.037	0.035	0.039
	W	0.024	0.011	0.014	0.020	0.035	0.066	0.112	0.092	0.028	0.027	0.025	0.029
Hof	E	0.020	0.010	0.010	0.010	0.040	0.090	0.150	0.100	0.030	0.080	0.000	0.070
	N	0.015	0.006	0.008	0.012	0.030	0.070	0.105	0.079	0.015	0.014	0.014	0.021
	G	0.034	0.022	0.025	0.031	0.049	0.081	0.107	0.088	0.034	0.033	0.033	0.040
	W	0.024	0.012	0.014	0.021	0.043	0.084	0.118	0.093	0.024	0.022	0.023	0.031
Hohenpeissenberg	E	0.000	0.000	0.010	0.010	0.150	0.260	0.340	0.230	0.090	0.020	0.020	0.000
	N	0.003	0.002	0.003	0.011	0.080	0.286	0.303	0.156	0.043	0.006	0.004	0.003
	G	0.016	0.012	0.016	0.029	0.089	0.238	0.252	0.142	0.060	0.022	0.018	0.016
	W	0.005	0.003	0.005	0.016	0.095	0.291	0.307	0.170	0.055	0.009	0.006	0.005
Kirn	E	0.040	0.050	0.010	0.020	0.050	0.060	0.030	0.070	0.030	0.080	0.040	0.110
	N	0.022	0.012	0.012	0.014	0.024	0.035	0.032	0.046	0.016	0.019	0.027	0.034
	G	0.042	0.031	0.030	0.033	0.044	0.053	0.051	0.062	0.036	0.039	0.047	0.053
	W	0.037	0.025	0.025	0.027	0.040	0.051	0.049	0.062	0.030	0.034	0.043	0.051
Kitzingen	E	0.000	0.000	0.010	0.020	0.070	0.140	0.110	0.130	0.030	0.050	0.020	0.020
	N	0.010	0.005	0.007	0.011	0.047	0.083	0.097	0.079	0.023	0.015	0.012	0.016
	G	0.028	0.021	0.023	0.029	0.064	0.090	0.100	0.087	0.042	0.034	0.031	0.035
	W	0.018	0.011	0.013	0.020	0.062	0.097	0.110	0.093	0.035	0.026	0.022	0.026
Kleinwaabs	E	0.050	0.000	0.000	0.010	0.000	0.020	0.130	0.140	0.030	0.090	0.070	0.060
	N	0.023	0.006	0.006	0.008	0.009	0.021	0.069	0.084	0.031	0.045	0.032	0.027
	G	0.042	0.023	0.023	0.025	0.027	0.040	0.081	0.092	0.050	0.062	0.050	0.047
	W	0.033	0.012	0.012	0.014	0.016	0.031	0.083	0.098	0.043	0.058	0.044	0.039
Kreuznach, Bad	E	0.020	0.000	0.000	0.020	0.060	0.050	0.080	0.150	0.070	0.050	0.040	0.060
	N	0.010	0.007	0.007	0.011	0.032	0.060	0.057	0.076	0.024	0.022	0.022	0.020
	G	0.028	0.024	0.024	0.030	0.051	0.074	0.071	0.086	0.043	0.041	0.042	0.039
	W	0.018	0.014	0.014	0.020	0.046	0.075	0.071	0.090	0.036	0.033	0.034	0.031
Lahnstein	E	0.010	0.000	0.000	0.020	0.080	0.150	0.120	0.090	0.060	0.050	0.050	0.020
	N	0.012	0.006	0.007	0.013	0.030	0.069	0.079	0.051	0.023	0.022	0.020	0.018
	G	0.031	0.022	0.024	0.032	0.049	0.080	0.088	0.067	0.042	0.041	0.039	0.037
	W	0.021	0.011	0.014	0.021	0.042	0.083	0.093	0.065	0.034	0.032	0.030	0.028

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Langebrück	E	0.000	0.010	0.010	0.020	0.050	0.090	0.230	0.120	0.040	0.050	0.010	0.030
	N	0.012	0.007	0.007	0.013	0.031	0.059	0.140	0.070	0.017	0.014	0.012	0.017
	G	0.030	0.023	0.024	0.032	0.050	0.073	0.131	0.081	0.036	0.033	0.030	0.037
	W	0.020	0.013	0.014	0.022	0.044	0.074	0.152	0.086	0.027	0.023	0.020	0.027
Lathen	E	0.020	0.000	0.020	0.000	0.010	0.060	0.130	0.110	0.080	0.050	0.050	0.050
	N	0.022	0.006	0.008	0.008	0.014	0.034	0.083	0.066	0.026	0.027	0.025	0.028
	G	0.042	0.021	0.025	0.025	0.033	0.053	0.091	0.078	0.046	0.047	0.045	0.047
	W	0.035	0.012	0.016	0.016	0.025	0.048	0.097	0.081	0.040	0.041	0.038	0.041
Lübeck	E	0.020	0.000	0.020	0.000	0.000	0.080	0.130	0.140	0.040	0.030	0.050	0.050
	N	0.020	0.006	0.009	0.009	0.013	0.032	0.085	0.092	0.021	0.025	0.022	0.027
	G	0.040	0.023	0.026	0.027	0.032	0.050	0.092	0.097	0.040	0.044	0.042	0.046
	W	0.029	0.011	0.014	0.015	0.020	0.042	0.098	0.104	0.030	0.034	0.031	0.037
Magdeburg	E	0.010	0.010	0.010	0.020	0.030	0.130	0.150	0.120	0.020	0.030	0.010	0.000
	N	0.011	0.006	0.009	0.014	0.031	0.074	0.103	0.074	0.016	0.015	0.016	0.016
	G	0.029	0.023	0.026	0.033	0.050	0.084	0.105	0.084	0.035	0.034	0.035	0.035
	W	0.020	0.013	0.017	0.024	0.045	0.090	0.118	0.090	0.026	0.025	0.026	0.027
Mainz	E	0.010	0.010	0.000	0.010	0.030	0.080	0.100	0.150	0.030	0.060	0.010	0.040
	N	0.012	0.007	0.008	0.012	0.029	0.057	0.062	0.067	0.019	0.023	0.021	0.023
	G	0.031	0.024	0.025	0.031	0.048	0.071	0.075	0.079	0.038	0.043	0.040	0.043
	W	0.022	0.015	0.015	0.022	0.042	0.071	0.077	0.081	0.030	0.036	0.032	0.035
Marnitz	E	0.040	0.000	0.030	0.010	0.000	0.070	0.180	0.120	0.030	0.010	0.030	0.090
	N	0.021	0.005	0.008	0.012	0.018	0.049	0.106	0.076	0.016	0.014	0.018	0.030
	G	0.040	0.021	0.026	0.030	0.038	0.065	0.107	0.086	0.035	0.033	0.037	0.049
	W	0.029	0.009	0.013	0.017	0.026	0.060	0.118	0.089	0.023	0.021	0.025	0.039
Mergentheim, Bad	E	0.020	0.020	0.020	0.030	0.030	0.100	0.120	0.070	0.040	0.050	0.000	0.080
	N	0.015	0.008	0.010	0.013	0.033	0.069	0.063	0.052	0.018	0.015	0.015	0.024
	G	0.034	0.025	0.028	0.031	0.052	0.080	0.076	0.068	0.037	0.034	0.034	0.044
	W	0.025	0.016	0.019	0.022	0.047	0.083	0.078	0.067	0.029	0.026	0.026	0.037
Metten	E	0.030	0.030	0.020	0.010	0.040	0.080	0.160	0.100	0.030	0.050	0.010	0.090
	N	0.024	0.010	0.007	0.008	0.019	0.063	0.101	0.062	0.017	0.013	0.012	0.033
	G	0.044	0.029	0.024	0.025	0.039	0.076	0.104	0.075	0.036	0.032	0.031	0.052
	W	0.035	0.018	0.013	0.014	0.029	0.076	0.113	0.076	0.026	0.021	0.020	0.045
Monschau	E	0.080	0.040	0.030	0.010	0.010	0.000	0.020	0.020	0.020	0.050	0.080	0.160
	N	0.057	0.020	0.017	0.014	0.008	0.012	0.026	0.019	0.013	0.022	0.042	0.078
	G	0.071	0.040	0.037	0.033	0.025	0.031	0.046	0.039	0.031	0.042	0.060	0.087
	W	0.070	0.030	0.026	0.022	0.014	0.019	0.037	0.028	0.020	0.032	0.055	0.091
Neuss	E	0.010	0.010	0.000	0.000	0.030	0.090	0.120	0.100	0.050	0.070	0.030	0.060
	N	0.019	0.008	0.010	0.010	0.021	0.042	0.064	0.046	0.017	0.020	0.028	0.034
	G	0.038	0.026	0.028	0.027	0.040	0.060	0.077	0.063	0.037	0.040	0.047	0.052
	W	0.030	0.016	0.019	0.018	0.032	0.056	0.078	0.060	0.028	0.032	0.040	0.047
Nister	E	0.070	0.010	0.030	0.010	0.010	0.050	0.080	0.080	0.030	0.070	0.030	0.070
	N	0.037	0.013	0.011	0.012	0.012	0.025	0.043	0.036	0.017	0.024	0.029	0.044
	G	0.055	0.032	0.030	0.030	0.031	0.045	0.060	0.054	0.037	0.044	0.048	0.061
	W	0.051	0.023	0.021	0.021	0.022	0.038	0.057	0.050	0.029	0.037	0.042	0.059

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Norderney (WST)	E	0.010	0.000	0.020	0.000	0.010	0.010	0.100	0.150	0.090	0.130	0.060	0.060
	N	0.016	0.004	0.006	0.005	0.006	0.018	0.056	0.086	0.054	0.068	0.056	0.034
	G	0.035	0.019	0.022	0.020	0.022	0.037	0.071	0.093	0.069	0.080	0.070	0.053
	W	0.025	0.009	0.012	0.010	0.012	0.028	0.071	0.100	0.068	0.082	0.070	0.047
Nordhorn	E	0.020	0.020	0.020	0.010	0.020	0.060	0.090	0.100	0.050	0.030	0.040	0.080
	N	0.024	0.008	0.010	0.009	0.013	0.032	0.068	0.051	0.022	0.025	0.026	0.039
	G	0.043	0.025	0.028	0.026	0.032	0.050	0.080	0.067	0.042	0.044	0.045	0.057
	W	0.035	0.015	0.018	0.016	0.022	0.044	0.082	0.064	0.033	0.036	0.037	0.052
Osnabrück	E	0.060	0.020	0.010	0.010	0.000	0.030	0.100	0.130	0.020	0.040	0.070	0.080
	N	0.035	0.010	0.011	0.010	0.011	0.030	0.051	0.053	0.020	0.019	0.025	0.041
	G	0.054	0.028	0.029	0.029	0.029	0.049	0.067	0.068	0.039	0.039	0.045	0.059
	W	0.050	0.020	0.021	0.021	0.021	0.044	0.067	0.068	0.033	0.032	0.040	0.057
Prüm	E	0.060	0.040	0.020	0.000	0.030	0.030	0.040	0.070	0.020	0.050	0.070	0.060
	N	0.039	0.014	0.012	0.008	0.012	0.023	0.034	0.030	0.018	0.022	0.043	0.052
	G	0.057	0.033	0.031	0.026	0.030	0.042	0.053	0.049	0.037	0.042	0.060	0.067
	W	0.052	0.023	0.021	0.016	0.020	0.034	0.046	0.042	0.028	0.033	0.056	0.065
Ratzeburg	E	0.050	0.000	0.030	0.010	0.010	0.050	0.120	0.140	0.060	0.050	0.040	0.070
	N	0.022	0.007	0.009	0.011	0.014	0.035	0.078	0.084	0.021	0.024	0.021	0.025
	G	0.041	0.023	0.027	0.029	0.032	0.054	0.087	0.091	0.040	0.043	0.041	0.044
	W	0.032	0.012	0.016	0.018	0.021	0.047	0.091	0.097	0.030	0.034	0.031	0.035
Regensburg	E	0.010	0.020	0.010	0.010	0.030	0.168	0.228	0.109	0.040	0.030	0.000	0.030
	N	0.009	0.005	0.004	0.008	0.039	0.150	0.175	0.105	0.020	0.009	0.009	0.013
	G	0.027	0.020	0.019	0.025	0.057	0.138	0.156	0.106	0.039	0.026	0.027	0.032
	W	0.014	0.008	0.008	0.012	0.051	0.162	0.185	0.119	0.028	0.014	0.015	0.020
Rostock	E	0.000	0.000	0.010	0.010	0.020	0.070	0.210	0.140	0.060	0.010	0.030	0.040
	N	0.014	0.004	0.006	0.009	0.015	0.043	0.125	0.094	0.030	0.023	0.018	0.023
	G	0.033	0.019	0.022	0.027	0.034	0.061	0.120	0.098	0.049	0.043	0.038	0.042
	W	0.022	0.008	0.011	0.015	0.023	0.056	0.138	0.108	0.041	0.033	0.027	0.032
Schweinfurt	E	0.010	0.010	0.000	0.010	0.020	0.150	0.150	0.130	0.030	0.060	0.030	0.090
	N	0.015	0.006	0.007	0.010	0.023	0.074	0.080	0.074	0.019	0.016	0.018	0.025
	G	0.035	0.023	0.023	0.028	0.043	0.084	0.089	0.084	0.038	0.036	0.038	0.045
	W	0.025	0.013	0.013	0.018	0.035	0.088	0.094	0.088	0.029	0.027	0.029	0.037
Schwerin	E	0.010	0.000	0.010	0.010	0.010	0.070	0.150	0.140	0.020	0.020	0.050	0.080
	N	0.019	0.006	0.009	0.012	0.017	0.045	0.089	0.080	0.018	0.018	0.019	0.025
	G	0.039	0.022	0.026	0.030	0.037	0.062	0.095	0.088	0.038	0.038	0.038	0.045
	W	0.030	0.012	0.016	0.020	0.028	0.059	0.103	0.094	0.028	0.029	0.029	0.037
Soltau	E	0.060	0.000	0.030	0.000	0.000	0.060	0.120	0.130	0.040	0.040	0.060	0.090
	N	0.033	0.008	0.008	0.010	0.014	0.036	0.066	0.059	0.015	0.017	0.025	0.040
	G	0.051	0.026	0.026	0.028	0.034	0.055	0.078	0.073	0.034	0.036	0.045	0.058
	W	0.047	0.017	0.017	0.020	0.025	0.051	0.080	0.074	0.026	0.029	0.038	0.054
Spremberg	E	0.010	0.010	0.000	0.000	0.020	0.110	0.180	0.140	0.030	0.040	0.020	0.010
	N	0.014	0.006	0.008	0.012	0.030	0.059	0.107	0.079	0.018	0.015	0.014	0.019
	G	0.032	0.023	0.025	0.031	0.049	0.073	0.108	0.088	0.038	0.034	0.033	0.038
	W	0.024	0.014	0.016	0.022	0.044	0.075	0.122	0.096	0.030	0.025	0.025	0.031

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Storkow	E	0.010	0.000	0.000	0.010	0.050	0.090	0.180	0.080	0.020	0.030	0.010	0.040
	N	0.013	0.006	0.006	0.012	0.030	0.074	0.132	0.065	0.018	0.014	0.014	0.019
	G	0.032	0.022	0.023	0.031	0.049	0.084	0.126	0.077	0.037	0.033	0.034	0.038
	W	0.022	0.012	0.012	0.020	0.042	0.090	0.147	0.081	0.028	0.023	0.024	0.029
Travemünde	E	0.030	0.000	0.000	0.000	0.020	0.060	0.130	0.160	0.050	0.050	0.080	0.060
	N	0.017	0.005	0.008	0.011	0.014	0.034	0.087	0.093	0.021	0.025	0.024	0.027
	G	0.036	0.020	0.026	0.029	0.033	0.053	0.093	0.098	0.041	0.044	0.044	0.046
	W	0.025	0.009	0.014	0.018	0.022	0.046	0.101	0.106	0.031	0.035	0.034	0.037
Treuenbrietzen	E	0.000	0.010	0.000	0.030	0.080	0.120	0.130	0.110	0.020	0.010	0.020	0.020
	N	0.012	0.006	0.007	0.011	0.036	0.090	0.086	0.071	0.017	0.013	0.017	0.018
	G	0.031	0.023	0.024	0.030	0.055	0.096	0.093	0.082	0.036	0.031	0.037	0.037
	W	0.022	0.013	0.014	0.020	0.050	0.104	0.100	0.085	0.028	0.022	0.028	0.029
Trier	E	0.030	0.010	0.000	0.010	0.050	0.060	0.050	0.050	0.020	0.070	0.040	0.090
	N	0.022	0.010	0.010	0.010	0.021	0.035	0.040	0.046	0.017	0.026	0.029	0.039
	G	0.041	0.027	0.028	0.028	0.041	0.054	0.058	0.063	0.037	0.045	0.048	0.057
	W	0.033	0.018	0.018	0.018	0.032	0.048	0.054	0.060	0.028	0.038	0.041	0.053
Tuttlingen	E	0.000	0.010	0.000	0.010	0.060	0.160	0.120	0.170	0.030	0.040	0.050	0.030
	N	0.007	0.005	0.005	0.011	0.046	0.141	0.102	0.099	0.024	0.011	0.010	0.012
	G	0.024	0.020	0.021	0.030	0.063	0.132	0.104	0.102	0.044	0.029	0.028	0.031
	W	0.012	0.009	0.009	0.018	0.058	0.152	0.115	0.112	0.034	0.017	0.016	0.019
Ulm (WST)	E	0.000	0.010	0.010	0.010	0.070	0.270	0.220	0.140	0.040	0.030	0.010	0.010
	N	0.006	0.003	0.005	0.011	0.053	0.201	0.166	0.093	0.028	0.008	0.008	0.008
	G	0.021	0.017	0.020	0.030	0.068	0.174	0.149	0.098	0.047	0.026	0.026	0.025
	W	0.009	0.006	0.007	0.017	0.065	0.212	0.179	0.108	0.037	0.013	0.013	0.012
Vöhl-Thalitter	E	0.050	0.020	0.010	0.010	0.040	0.060	0.090	0.050	0.010	0.050	0.020	0.070
	N	0.023	0.010	0.009	0.011	0.028	0.045	0.050	0.040	0.017	0.018	0.023	0.029
	G	0.043	0.028	0.027	0.030	0.048	0.062	0.066	0.058	0.036	0.038	0.043	0.048
	W	0.037	0.020	0.019	0.022	0.043	0.061	0.065	0.056	0.029	0.031	0.037	0.044
Wassenach	E	0.020	0.020	0.000	0.020	0.070	0.100	0.120	0.080	0.050	0.050	0.050	0.020
	N	0.015	0.008	0.010	0.016	0.032	0.059	0.079	0.035	0.019	0.017	0.020	0.020
	G	0.034	0.025	0.027	0.035	0.051	0.073	0.087	0.054	0.038	0.037	0.040	0.039
	W	0.024	0.015	0.017	0.026	0.044	0.073	0.092	0.048	0.029	0.027	0.031	0.031
Weimar	E	0.000	0.000	0.010	0.070	0.100	0.210	0.170	0.070	0.040	0.060	0.000	0.010
	N	0.006	0.003	0.006	0.019	0.060	0.130	0.130	0.066	0.020	0.017	0.010	0.007
	G	0.022	0.017	0.023	0.039	0.074	0.124	0.124	0.078	0.040	0.036	0.028	0.024
	W	0.011	0.007	0.011	0.029	0.074	0.143	0.143	0.080	0.030	0.026	0.017	0.013
Wilhelmsdorf	E	0.020	0.030	0.010	0.040	0.050	0.110	0.160	0.110	0.040	0.040	0.040	0.050
	N	0.009	0.005	0.006	0.016	0.043	0.097	0.116	0.075	0.025	0.010	0.011	0.015
	G	0.027	0.021	0.022	0.035	0.061	0.101	0.114	0.085	0.044	0.028	0.029	0.034
	W	0.016	0.010	0.011	0.025	0.057	0.111	0.130	0.089	0.036	0.016	0.018	0.023
Wolmirsleben	E	0.010	0.010	0.010	0.020	0.080	0.120	0.160	0.150	0.040	0.040	0.000	0.000
	N	0.008	0.005	0.008	0.013	0.036	0.088	0.113	0.108	0.017	0.014	0.013	0.012
	G	0.026	0.021	0.025	0.032	0.054	0.095	0.112	0.109	0.036	0.033	0.032	0.030
	W	0.016	0.011	0.015	0.022	0.049	0.104	0.128	0.123	0.027	0.023	0.022	0.020

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Würzburg	E	0.010	0.030	0.010	0.010	0.030	0.140	0.100	0.100	0.020	0.050	0.040	0.070
	N	0.015	0.008	0.008	0.012	0.030	0.079	0.064	0.055	0.018	0.016	0.017	0.025
	G	0.034	0.025	0.026	0.030	0.049	0.088	0.076	0.070	0.037	0.035	0.036	0.045
	W	0.025	0.015	0.016	0.021	0.043	0.093	0.078	0.069	0.028	0.026	0.027	0.037
Zwiesel-Rabenstein	E	0.070	0.060	0.020	0.000	0.010	0.040	0.060	0.010	0.010	0.030	0.030	0.120
	N	0.047	0.020	0.012	0.009	0.012	0.035	0.060	0.030	0.012	0.014	0.016	0.061
	G	0.063	0.039	0.030	0.027	0.031	0.054	0.073	0.049	0.030	0.033	0.036	0.075
	W	0.062	0.032	0.022	0.018	0.023	0.050	0.075	0.044	0.022	0.024	0.028	0.077

10) Tabelle der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Temperatur (Gesamtdaten, am Bsp. der 5-Sigma-Schwelle)

Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten der 5- σ -Schwellen der Temperatur an der entsprechenden Station (E: empirisch, N: bei angepasster Normalverteilung, G: bei angepasster Gumbelverteilung, W: bei angepasster Weibullverteilung)

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Berlin	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.440	0.190	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.157	0.443	0.273	0.007	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.021	0.143	0.373	0.228	0.023	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.155	0.467	0.287	0.001	0.000	0.000	0.000
Dresden	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.310	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.116	0.372	0.243	0.006	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.016	0.114	0.309	0.205	0.022	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	0.395	0.255	0.001	0.000	0.000	0.000
Hamburg	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.160	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.185	0.118	0.002	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.053	0.163	0.116	0.014	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.187	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000
Hohenpeissenberg	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.172	0.142	0.007	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.044	0.154	0.132	0.024	0.002	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.180	0.144	0.002	0.000	0.000	0.000
Jena	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.087	0.301	0.170	0.004	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.014	0.093	0.250	0.153	0.018	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.319	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000
Karlsruhe	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.390	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.140	0.479	0.314	0.009	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.017	0.131	0.408	0.260	0.027	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142	0.503	0.336	0.003	0.000	0.000	0.000

Anhang

		Jan	Feb	Mae	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Köln	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.330	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.077	0.306	0.208	0.007	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.086	0.254	0.179	0.023	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.327	0.218	0.001	0.000	0.000	0.000
München	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.370	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.134	0.445	0.336	0.013	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.127	0.376	0.278	0.032	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.138	0.469	0.361	0.006	0.000	0.000	0.000
Nürnberg	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.480	0.230	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.176	0.497	0.340	0.010	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.020	0.157	0.426	0.281	0.028	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.181	0.523	0.364	0.003	0.000	0.000	0.000
Potsdam	E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.410	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.139	0.408	0.269	0.008	0.000	0.000	0.000
	G	0.000	0.000	0.000	0.001	0.019	0.130	0.341	0.225	0.025	0.001	0.000	0.000
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.133	0.433	0.284	0.001	0.000	0.000	0.000

11) Tabelle der Wiederkehrzeiten des Niederschlags (für ausgewählte Intervalle, am Bsp. der 2- σ -Schranke)

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Alsfeld	E	20.19	50.50	22.90	13.97	11.38	15.98	14.26	14.59	14.81	12.55	16.08
	N	36.13	94.69	62.96	68.27	29.21	49.22	28.49	20.22	33.16	13.71	58.75
	G	22.39	39.13	32.51	34.37	20.69	26.95	21.49	16.41	22.07	12.27	28.93
	W	24.98	58.31	42.95	37.35	21.00	29.29	23.57	17.04	22.85	11.58	33.62
Artern	E	17.26	23.10	23.98	7.19	19.69	12.03	7.20	10.96	11.62	17.33	10.37
	N	23.65	14.63	83.16	41.89	21.18	29.08	8.49	37.96	23.49	43.77	15.80
	G	18.73	14.09	41.58	27.15	18.41	21.44	8.67	25.69	19.34	27.17	14.25
	W	19.55	14.28	53.47	29.84	18.46	22.85	8.22	29.32	19.77	34.98	14.01
Aschaffenburg	E	22.97	30.93	11.81	11.93	12.67	9.48	20.17	13.08	16.14	11.70	16.74
	N	35.90	172.69	58.91	52.52	21.57	19.15	27.02	16.84	51.48	25.24	107.40
	G	22.37	57.96	30.49	28.55	17.28	15.61	19.66	14.43	28.30	18.52	38.74
	W	26.14	93.35	37.32	32.39	18.08	15.42	21.38	13.96	31.59	17.55	46.69
Attendorn	E	24.63	NA	17.73	14.63	16.83	11.39	19.41	19.43	17.82	6.80	8.52
	N	36.30	330.06	75.53	33.08	37.50	26.99	45.43	27.78	46.28	19.19	15.39
	G	22.33	73.18	40.60	21.86	23.36	18.83	26.04	19.69	26.50	15.80	13.53
	W	26.26	254.02	61.68	24.13	26.77	18.65	30.91	22.76	31.32	15.59	13.11
Augsburg	E	12.75	18.99	11.59	9.63	14.26	9.99	6.83	11.09	15.64	15.03	10.83
	N	19.35	38.07	43.18	12.09	14.83	13.77	10.37	14.26	45.37	22.15	24.58
	G	16.87	28.96	30.56	11.87	13.97	13.16	10.52	14.02	30.25	18.05	19.97
	W	17.00	31.63	33.02	11.27	13.28	12.71	10.31	13.69	33.91	16.93	20.73

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Bargteheide	E	19.91	23.32	29.69	11.65	19.98	7.76	17.33	11.55	15.41	23.21	9.24
	N	35.89	169.93	72.64	34.76	40.35	24.17	51.08	27.35	34.14	35.43	15.12
	G	22.47	56.31	35.26	23.10	25.00	18.23	29.34	19.86	22.44	22.83	13.12
	W	27.36	84.02	39.78	23.13	27.42	19.49	35.64	19.01	24.24	29.67	12.47
Bebra-Iba	E	23.76	21.80	16.48	17.24	16.05	9.88	19.62	8.77	12.26	14.59	14.45
	N	34.50	79.74	48.80	42.19	69.09	44.95	16.58	19.23	62.81	18.83	29.77
	G	22.04	39.46	28.50	25.51	34.21	25.73	14.44	16.06	30.42	15.50	20.18
	W	25.14	70.39	34.26	28.46	36.72	25.08	14.11	16.39	34.49	14.56	20.04
Berlin-Dahlem	E	19.09	24.49	14.43	10.85	15.42	11.29	17.37	11.97	18.91	16.35	33.83
	N	32.35	45.44	51.13	16.46	24.10	26.15	15.93	46.48	35.62	60.89	49.31
	G	21.47	26.36	29.32	14.50	19.25	19.17	14.37	27.45	23.51	30.35	27.98
	W	23.67	28.79	36.67	14.48	19.98	19.93	14.03	33.48	27.06	38.94	35.95
Bornhöved	E	24.22	12.17	NA	15.97	27.62	12.87	11.23	13.84	13.87	18.46	8.09
	N	35.05	37.91	177.95	48.88	110.37	28.25	17.54	28.63	72.93	20.32	14.71
	G	22.34	25.86	57.81	28.76	43.11	20.21	15.05	21.44	34.76	16.44	12.91
	W	26.62	30.72	83.44	34.65	58.17	20.94	15.00	23.08	42.84	17.97	12.23
Brakel	E	35.83	18.83	60.00	6.67	41.42	7.47	14.14	21.66	25.04	16.37	14.78
	N	39.12	53.10	91.74	103.23	199.65	14.43	41.86	37.87	61.73	20.45	19.33
	G	22.98	27.10	40.66	38.73	53.71	12.74	25.13	23.88	29.64	16.35	15.42
	W	26.19	34.74	57.96	44.71	74.39	12.25	26.75	28.95	34.93	17.04	14.73
Bremen	E	19.22	18.49	15.59	30.40	16.40	7.94	8.96	8.55	10.93	21.63	13.17
	N	33.70	38.49	59.99	90.27	44.51	21.35	19.46	17.77	52.99	51.81	21.79
	G	21.90	24.86	32.07	38.07	26.46	17.30	16.43	15.13	27.85	28.59	16.82
	W	24.49	28.29	33.78	46.24	28.38	17.11	17.37	14.90	29.69	32.46	16.89
Brück	E	23.75	21.17	26.50	26.96	16.04	10.65	13.24	11.63	15.99	25.66	14.50
	N	29.99	21.21	116.64	27.20	20.93	23.60	19.47	18.08	42.09	42.67	39.66
	G	20.84	17.42	47.16	20.15	18.27	18.44	16.65	15.32	25.45	25.49	24.21
	W	23.10	16.99	51.25	21.52	18.21	18.08	16.51	15.15	29.61	27.52	27.66
Calvörde	E	19.11	23.77	19.41	13.93	17.60	11.45	7.94	10.64	12.54	16.10	18.50
	N	33.32	44.40	44.10	18.58	38.79	36.95	14.70	31.65	36.35	57.91	40.19
	G	21.73	28.61	27.26	15.48	24.65	23.51	13.46	22.96	22.75	30.14	23.69
	W	24.73	40.71	34.09	15.25	25.95	23.64	13.36	25.05	27.01	35.74	24.10
Camberg, Bad	E	22.84	3.50	38.55	9.59	14.92	16.88	13.41	10.22	13.17	8.01	24.50
	N	33.82	109.17	86.06	27.42	38.34	26.12	18.17	17.61	42.21	26.96	42.05
	G	21.92	53.90	37.51	19.28	24.22	19.45	15.32	15.37	24.88	18.99	24.65
	W	25.80	90.02	45.95	19.99	26.69	21.08	14.46	15.05	25.86	18.16	22.00
Carlsfeld	E	26.33	22.59	11.67	6.23	12.29	19.51	12.63	14.14	24.26	43.78	53.00
	N	38.39	44.02	53.60	15.23	26.88	34.63	18.56	73.03	54.19	59.99	101.95
	G	22.93	25.88	30.68	13.35	19.33	21.46	16.05	31.97	27.57	29.67	38.98
	W	26.46	31.83	37.82	12.71	19.46	22.20	16.05	37.39	33.49	36.89	42.32
Cham	E	18.27	12.89	17.93	15.25	12.62	13.16	13.51	26.98	13.98	8.66	13.70
	N	22.28	15.03	52.49	41.97	26.63	20.67	17.10	25.32	16.17	17.02	17.81
	G	18.22	14.14	32.14	30.08	21.81	18.52	15.61	19.69	14.23	14.45	16.09
	W	18.77	13.47	42.80	35.85	22.54	19.66	15.42	20.09	14.20	14.07	16.08

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Clausthal	E	21.15	21.19	15.59	10.99	21.18	9.85	20.42	24.58	21.88	10.75	17.12
	N	38.92	42.59	26.54	35.14	75.41	22.30	40.15	56.87	53.02	33.40	39.46
	G	22.86	24.38	19.42	22.04	34.56	16.74	24.23	28.59	27.77	22.30	23.30
	W	27.10	29.36	19.49	23.66	32.60	16.13	27.75	37.04	33.05	22.72	26.58
Coburg (WST)	E	21.65	47.24	18.89	11.95	19.69	9.84	10.57	14.96	13.23	10.40	14.78
	N	34.94	96.93	63.70	22.91	55.27	24.00	29.89	37.60	28.17	25.25	31.73
	G	22.13	39.74	32.26	17.68	29.48	18.02	21.61	23.29	20.17	18.19	21.70
	W	26.21	71.88	30.87	17.93	33.58	18.96	24.73	28.24	20.18	17.13	23.10
Cottbus	E	14.96	15.22	11.56	8.62	20.61	13.12	10.51	9.89	11.47	11.45	12.99
	N	28.27	25.70	27.73	16.20	29.00	21.11	11.20	38.22	28.46	55.72	41.36
	G	20.36	20.55	21.68	14.47	23.12	16.68	10.58	26.34	20.65	29.30	25.15
	W	21.76	23.31	24.00	13.97	23.54	16.62	11.44	30.25	21.98	31.60	27.26
Doberlug-Kirchhain	E	20.07	20.59	22.19	16.57	11.58	25.00	6.82	15.51	13.96	9.87	15.77
	N	30.03	21.21	23.95	35.89	16.02	28.68	15.84	63.31	33.59	41.98	51.54
	G	20.87	17.19	18.96	24.36	15.05	19.93	14.56	34.53	23.46	24.65	28.07
	W	22.75	18.42	19.60	26.53	14.97	21.28	14.69	41.41	24.86	27.81	32.35
Dömitz	E	14.74	16.91	20.45	8.20	13.67	10.32	7.91	13.77	15.01	14.99	14.61
	N	31.37	118.38	28.13	17.50	26.46	27.97	15.50	24.14	64.98	54.12	33.64
	G	21.28	46.43	20.65	14.92	19.85	20.71	14.08	18.89	34.75	30.78	21.60
	W	24.77	64.94	24.64	14.73	22.58	20.55	13.52	19.92	35.43	33.12	21.13
Eberbach/Neckar	E	21.90	37.50	15.82	19.52	12.81	17.91	24.44	21.01	24.45	8.84	15.08
	N	40.61	200.18	63.51	131.56	33.14	52.26	41.12	27.73	43.15	16.08	21.58
	G	23.17	51.97	32.99	42.86	21.42	27.21	23.85	19.15	24.99	13.72	16.64
	W	27.01	73.28	44.56	34.00	23.05	32.52	26.09	21.52	27.78	13.14	16.63
Emden	E	23.07	15.14	27.45	24.71	14.67	8.58	13.84	9.05	13.93	14.82	11.82
	N	33.33	95.64	42.77	38.45	15.34	47.97	35.77	22.29	41.27	28.83	22.37
	G	21.98	44.89	26.04	25.26	14.00	28.98	25.03	17.65	25.97	20.24	17.33
	W	25.58	77.10	31.86	28.83	13.92	36.07	30.91	17.80	28.42	22.40	16.09
Eppenrod	E	23.58	35.88	39.68	19.82	11.70	25.22	15.04	11.92	16.91	6.53	20.21
	N	40.46	96.41	206.40	61.53	42.86	34.20	38.48	17.23	72.63	16.95	34.78
	G	23.30	37.81	56.75	30.29	24.60	21.64	23.11	14.43	33.36	14.17	21.70
	W	26.79	60.16	107.35	37.62	25.67	24.43	19.89	14.15	41.76	13.24	23.02
Erfurt	E	14.81	13.79	21.35	8.31	13.44	17.91	5.72	9.94	12.80	12.52	8.19
	N	23.65	15.49	75.13	36.74	26.73	40.47	8.51	20.97	32.94	35.07	14.25
	G	18.70	14.42	39.68	24.77	21.68	29.17	8.66	17.86	23.98	23.16	13.52
	W	19.38	14.13	50.02	22.84	23.27	33.59	8.03	18.64	25.54	24.24	13.55
Erlangen	E	18.89	11.21	24.13	9.83	24.72	9.38	16.25	12.50	8.07	13.77	16.82
	N	30.86	75.25	122.44	24.03	23.24	13.06	29.25	35.69	23.35	19.54	45.26
	G	21.07	41.68	47.01	20.00	18.26	12.10	22.29	24.24	17.61	15.65	27.36
	W	23.59	67.45	103.51	20.63	17.44	11.69	24.44	26.97	18.34	15.52	30.27
Esens	E	18.41	10.62	11.48	25.49	8.72	7.33	13.51	13.23	13.50	15.29	10.13
	N	32.47	69.65	36.52	25.11	39.30	64.20	19.75	18.69	36.04	30.35	20.20
	G	21.89	36.36	24.26	20.19	27.45	35.10	16.76	15.80	24.44	21.46	16.54
	W	24.64	52.88	24.99	21.09	33.55	48.47	17.30	15.68	24.39	22.33	15.01

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Euskirchen	E	15.14	15.58	12.71	14.00	14.71	15.79	8.91	14.59	21.62	6.00	12.67
	N	28.34	39.13	59.27	33.21	35.06	22.05	22.65	17.08	43.48	14.49	30.79
	G	20.34	26.82	34.41	24.42	23.61	18.24	18.69	14.71	27.28	13.04	21.02
	W	22.40	29.06	44.96	30.70	23.93	18.39	19.92	14.74	33.50	12.59	20.45
Garmisch-Partenk.	E	10.65	13.39	10.73	7.68	7.09	10.31	11.66	8.94	10.57	7.68	13.11
	N	13.93	25.70	11.72	15.40	12.94	16.46	11.11	13.37	12.37	15.36	11.49
	G	13.78	23.66	12.17	16.14	13.41	15.29	11.19	13.25	12.57	14.74	11.62
	W	13.24	23.19	11.59	15.47	12.83	15.07	10.80	12.48	12.08	14.33	11.02
Gengenbach	E	21.28	30.35	12.74	21.08	32.03	17.55	8.37	12.28	14.73	15.55	37.56
	N	33.98	98.05	34.17	44.31	27.99	31.82	21.82	21.32	40.96	21.68	49.78
	G	21.88	44.54	23.36	25.73	20.11	22.80	17.31	17.04	25.14	17.00	29.39
	W	26.57	80.35	27.46	28.60	22.23	25.10	19.16	17.34	28.73	17.58	31.64
Glückstadt	E	16.74	21.02	13.12	25.87	11.94	7.10	12.91	8.19	18.76	14.38	7.02
	N	33.06	95.55	42.06	51.41	32.17	40.31	27.39	18.70	46.08	24.01	15.98
	G	21.90	43.80	27.93	30.80	22.90	25.10	20.12	15.82	28.42	18.26	13.79
	W	26.19	61.75	32.45	39.95	24.91	30.33	22.27	15.31	37.20	20.13	13.56
Görlitz	E	18.15	29.64	14.22	29.52	15.70	12.73	10.40	11.42	8.70	22.14	14.98
	N	28.96	93.08	18.33	25.80	17.54	26.22	10.27	60.72	40.94	34.70	38.75
	G	20.53	41.74	15.68	20.16	15.27	18.87	9.60	32.43	24.89	23.40	25.55
	W	21.93	64.11	16.21	20.82	14.99	18.72	10.55	40.03	27.94	24.96	26.78
Göttingen	E	20.45	25.09	12.32	13.14	23.14	9.85	28.84	10.02	10.13	11.45	15.40
	N	33.09	35.64	46.58	29.55	100.47	28.23	22.30	19.95	38.24	22.05	44.27
	G	21.69	23.81	28.88	21.35	43.19	19.93	18.16	16.47	24.74	17.13	24.57
	W	24.57	29.46	32.01	23.10	54.33	20.50	18.50	16.37	27.07	17.75	25.54
Greifenstein	E	23.86	NA	16.13	22.79	19.24	10.98	14.01	8.65	22.90	7.63	14.64
	N	37.89	280.36	73.89	58.93	44.26	34.04	30.12	21.03	72.40	21.88	15.70
	G	22.71	64.19	38.52	29.42	25.10	21.57	20.23	16.90	34.66	17.18	13.64
	W	26.11	219.81	45.99	32.53	29.50	22.19	20.02	18.56	48.18	18.25	13.06
Halberstadt	E	20.36	20.46	21.71	13.68	16.94	10.69	12.22	43.13	14.07	10.66	13.52
	N	31.10	18.54	57.69	25.66	47.83	48.91	11.43	32.17	42.95	44.33	34.73
	G	21.18	16.29	33.66	19.87	30.43	27.64	11.09	21.94	26.62	26.51	22.64
	W	22.94	16.41	53.05	21.06	37.62	30.13	10.65	23.03	31.12	31.56	22.23
Hannover	E	16.04	8.20	10.71	14.96	15.96	11.28	18.63	21.82	10.71	10.86	16.30
	N	32.79	24.78	35.09	22.84	42.54	25.56	31.69	33.20	54.80	21.52	51.49
	G	21.61	19.70	24.00	17.57	25.69	19.13	24.05	23.82	28.83	16.84	27.45
	W	25.25	20.26	27.10	17.89	28.40	19.70	27.50	24.80	33.38	16.62	29.29
Hof	E	20.58	52.00	6.43	11.22	19.17	20.05	9.43	17.52	10.49	10.84	7.20
	N	31.03	106.33	50.11	44.91	40.74	25.48	28.70	33.67	16.72	27.16	17.37
	G	21.12	48.58	28.21	28.14	25.56	18.88	21.25	21.91	14.38	19.34	14.99
	W	23.85	94.46	30.01	33.43	30.88	19.98	22.42	22.32	14.06	18.01	14.77
Hohenpeissenberg	E	10.68	30.30	8.29	8.02	7.39	11.64	8.66	7.17	6.93	6.75	8.26
	N	13.15	104.42	10.83	12.85	10.62	17.32	11.61	10.10	10.09	11.94	10.87
	G	13.25	55.12	11.68	13.29	11.11	16.28	11.82	11.06	10.56	12.19	11.16
	W	12.35	78.06	10.96	12.51	10.23	15.86	11.49	10.19	10.08	11.49	10.50

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Kirn	E	17.22	19.55	23.38	11.70	18.42	15.84	13.43	15.65	13.56	13.28	13.24
	N	41.42	183.28	72.83	68.29	27.28	59.71	51.85	22.09	39.62	21.98	25.64
	G	23.45	54.05	33.30	31.17	19.34	29.49	27.90	17.28	23.72	16.55	18.22
	W	25.75	86.44	42.43	38.59	18.88	41.79	35.42	16.81	27.46	15.76	18.76
Kitzingen	E	20.21	18.88	8.44	16.01	6.97	15.47	10.01	18.36	20.17	11.41	12.00
	N	29.86	39.55	56.46	20.79	15.34	45.68	23.21	21.98	41.29	43.12	26.39
	G	20.81	26.34	31.38	17.83	14.14	27.81	18.50	17.58	25.29	25.54	19.04
	W	22.80	34.62	37.56	17.80	13.80	34.05	18.68	18.26	26.71	28.38	18.69
Kleinwaabs	E	18.06	12.58	11.62	26.81	9.71	10.83	22.32	6.64	17.94	21.31	8.77
	N	34.21	80.08	51.58	89.18	28.19	22.01	38.36	14.32	59.01	33.92	16.14
	G	22.18	39.13	31.90	40.77	22.21	17.60	27.65	13.03	31.99	22.64	13.83
	W	25.84	56.61	34.25	53.13	24.16	18.55	33.76	12.67	32.98	27.51	13.56
Kreuznach, Bad	E	23.43	32.48	12.89	8.51	13.32	9.96	13.14	7.69	24.47	8.48	19.01
	N	35.00	142.93	44.07	19.59	22.57	33.34	31.50	15.16	111.89	66.11	25.46
	G	22.23	51.13	25.92	15.93	18.06	23.00	22.41	13.70	43.55	31.35	18.17
	W	25.56	78.18	31.42	16.04	19.04	26.07	24.94	13.63	62.59	38.03	17.27
Lahnstein	E	16.98	14.79	15.10	11.53	13.47	16.13	14.33	15.46	17.75	5.49	19.29
	N	34.60	42.27	38.55	55.26	40.16	52.59	61.05	25.07	45.94	10.29	38.45
	G	22.07	26.86	24.25	29.49	25.16	29.50	31.22	19.25	26.57	10.06	23.33
	W	25.77	32.79	25.14	34.45	29.74	37.54	38.64	20.56	28.95	9.54	26.19
Langebrück	E	16.08	20.18	16.00	12.52	13.06	18.70	7.98	22.69	19.57	11.16	13.08
	N	30.03	56.01	44.65	20.28	20.55	21.43	9.72	124.64	58.93	29.45	37.69
	G	20.89	30.79	28.02	16.84	17.01	16.72	9.02	43.00	29.87	21.11	25.20
	W	23.12	38.86	35.51	16.79	17.23	15.59	9.76	60.94	35.08	21.75	29.28
Lathen	E	19.60	27.47	17.06	14.90	16.98	8.32	34.49	14.72	13.36	10.52	15.08
	N	35.23	49.87	48.99	45.84	42.06	31.92	40.44	24.34	34.32	25.82	20.40
	G	22.32	28.96	28.51	27.59	25.31	22.76	26.95	18.68	22.46	18.92	16.37
	W	25.22	38.35	35.64	33.37	28.63	24.89	30.33	19.88	21.86	19.82	16.11
Lübeck	E	18.50	29.51	12.22	11.06	17.39	11.14	26.75	13.58	11.51	18.09	11.45
	N	33.92	129.66	43.78	22.67	40.79	30.08	38.66	29.02	74.63	23.48	14.56
	G	22.00	49.23	27.32	18.71	25.95	21.67	25.95	20.49	34.89	17.78	12.77
	W	26.53	52.29	30.88	20.58	30.11	22.16	31.32	18.67	41.31	20.59	12.21
Magdeburg	E	20.62	22.69	16.21	20.29	17.58	9.38	7.64	11.95	15.03	11.11	12.20
	N	31.24	29.65	42.08	17.03	34.95	62.87	10.03	50.83	45.16	62.12	36.36
	G	21.18	22.23	27.21	14.55	23.36	32.31	10.01	28.57	26.58	32.62	23.71
	W	23.26	26.37	32.49	14.19	25.69	40.55	9.41	35.16	32.31	38.72	25.00
Mainz	E	26.18	58.50	23.27	11.69	11.38	5.89	26.47	8.59	12.48	11.24	17.83
	N	35.98	330.84	106.96	28.99	33.31	66.19	40.24	14.38	24.97	19.79	30.73
	G	22.43	85.92	41.58	19.99	22.85	33.06	25.93	13.03	18.36	15.79	20.62
	W	25.66	240.06	55.59	20.90	24.83	43.65	29.94	12.89	18.61	15.98	21.87
Marnitz	E	17.04	21.02	17.44	12.61	14.04	14.13	16.43	15.51	11.62	16.30	21.71
	N	32.50	69.14	32.93	17.04	19.37	29.93	28.91	27.80	36.96	35.67	69.89
	G	21.55	36.42	23.12	14.62	15.95	21.76	21.45	20.42	23.98	23.98	32.23
	W	25.94	47.12	26.23	14.63	16.26	23.75	23.87	22.39	28.57	27.85	43.60

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Mergentheim, Bad	E	24.28	47.88	22.96	15.99	10.19	22.51	12.74	15.40	33.15	8.15	10.18
	N	35.95	137.56	109.14	80.48	20.60	69.27	45.59	24.76	48.57	14.69	15.81
	G	22.30	48.81	42.85	36.75	16.94	33.69	26.26	18.65	26.61	12.78	13.55
	W	25.60	105.98	56.03	48.87	16.73	41.76	33.02	19.54	26.70	11.90	13.06
Metten	E	20.34	30.97	44.92	9.85	10.62	10.63	12.36	23.40	15.70	8.96	15.34
	N	32.61	163.36	65.74	21.60	31.03	25.62	33.10	31.77	20.69	18.57	33.16
	G	21.49	58.29	33.78	17.50	21.60	19.49	23.49	22.07	16.04	15.13	22.37
	W	24.86	116.06	48.15	17.50	23.65	17.67	27.69	23.72	15.70	15.00	16.92
Monschau	E	20.52	20.00	19.18	36.00	20.58	21.72	23.00	10.49	19.54	12.56	14.48
	N	36.90	73.55	94.08	72.69	36.45	45.75	34.94	19.21	77.64	19.97	16.73
	G	22.46	32.31	41.16	33.82	23.13	25.63	22.41	15.66	35.26	15.79	14.33
	W	27.37	50.22	62.06	41.34	25.98	25.97	25.59	15.98	45.95	15.49	13.92
Neuss	E	20.46	22.94	28.49	25.42	23.92	21.22	18.01	8.72	16.53	11.68	10.93
	N	38.28	49.77	62.32	71.77	48.75	85.13	32.22	15.40	49.80	24.02	25.83
	G	22.93	28.54	32.80	33.21	26.85	35.83	22.84	13.48	27.31	17.83	18.50
	W	27.04	33.55	53.17	35.22	25.57	38.42	24.69	13.05	30.71	18.32	18.23
Nister	E	21.24	25.23	19.64	15.61	28.25	12.01	20.88	19.02	22.15	8.66	16.08
	N	40.31	34.68	53.77	32.82	68.74	36.82	52.33	27.37	100.78	19.67	37.20
	G	23.24	22.79	28.98	21.09	33.03	22.47	27.62	19.47	38.35	15.54	22.92
	W	27.20	27.76	37.02	22.64	49.96	24.45	34.40	21.53	51.48	15.37	22.68
Norderney (WST)	E	18.36	16.35	19.34	31.16	12.24	7.76	12.95	10.59	13.69	17.62	12.81
	N	31.16	57.20	30.27	45.85	26.26	34.95	26.20	17.38	27.42	22.98	26.64
	G	21.62	34.42	21.68	31.32	20.98	23.60	20.33	15.55	20.93	18.20	20.57
	W	24.13	45.15	23.11	36.69	24.07	25.88	21.73	15.07	19.35	17.51	19.26
Nordhorn	E	23.01	2.57	24.67	21.04	22.99	9.92	15.91	9.04	25.85	9.66	10.98
	N	37.73	156.93	53.15	51.75	67.04	31.33	26.62	23.15	89.80	24.57	15.19
	G	22.86	51.09	29.06	29.33	33.14	21.24	19.87	17.83	37.83	18.33	13.34
	W	27.25	106.01	29.70	34.38	42.37	23.37	20.67	18.68	41.73	18.63	12.49
Osnabrück	E	21.92	8.91	24.51	17.69	13.59	9.51	8.99	12.48	15.01	8.98	9.08
	N	38.50	100.87	113.44	39.83	57.67	30.13	25.52	25.62	52.61	27.10	19.34
	G	22.90	42.91	43.71	24.43	29.30	20.59	19.96	18.58	27.55	19.78	15.37
	W	25.81	65.95	63.88	30.26	31.98	21.68	20.15	20.22	27.83	22.49	14.74
Prüm	E	30.06	19.15	9.55	59.00	24.17	32.32	13.21	10.42	46.51	9.81	13.45
	N	39.76	179.57	53.67	107.86	68.29	65.98	27.30	19.75	59.78	20.05	17.15
	G	23.18	49.47	29.47	40.67	32.70	31.35	19.50	15.96	30.95	15.75	14.39
	W	28.13	129.52	32.54	60.42	38.45	42.40	20.79	16.97	42.97	15.91	13.81
Ratzeburg	E	17.91	15.86	19.66	19.38	11.21	14.15	26.33	14.33	16.81	15.90	9.79
	N	34.95	91.11	51.74	45.24	17.61	21.78	76.70	49.89	40.85	22.12	21.00
	G	22.20	39.45	29.88	26.02	14.88	17.75	42.96	29.53	24.71	16.98	16.07
	W	26.46	50.78	36.61	29.97	14.13	18.10	48.41	32.45	27.72	18.67	15.77
Regensburg	E	15.31	11.83	18.73	14.61	13.53	14.61	7.43	15.04	13.94	17.15	20.07
	N	21.44	20.01	53.84	19.94	30.56	18.47	9.74	23.50	19.39	22.38	21.21
	G	17.84	17.91	32.77	16.75	23.62	16.66	9.77	19.25	16.76	18.16	18.49
	W	18.62	18.65	46.01	16.33	27.95	17.48	9.44	20.52	16.35	18.96	18.17

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Rostock	E	18.06	24.50	16.42	21.21	15.36	11.08	13.62	12.69	26.02	11.08	21.13
	N	30.16	65.70	73.78	18.51	19.97	23.23	34.88	25.13	43.40	33.92	15.69
	G	21.05	36.61	37.08	15.86	17.69	18.76	23.96	19.77	27.06	23.89	13.50
	W	24.04	34.76	49.06	15.59	18.08	19.35	25.42	20.99	29.91	28.15	13.24
Schweinfurt	E	17.39	52.00	18.87	9.18	10.09	7.34	17.96	13.73	16.09	10.23	10.08
	N	32.90	306.92	93.88	41.63	19.84	19.56	35.97	21.46	32.18	24.67	19.55
	G	21.68	81.10	42.51	26.10	16.38	16.57	24.89	16.73	22.08	17.87	15.88
	W	24.67	206.59	58.34	27.52	16.46	17.12	29.63	17.39	25.47	19.10	15.87
Schwerin	E	19.52	22.00	11.05	8.11	25.65	9.90	21.03	8.57	19.86	19.75	14.32
	N	33.95	153.43	37.93	25.16	78.55	18.02	32.34	16.75	75.03	21.26	32.30
	G	21.93	50.66	25.27	18.66	38.28	15.46	23.69	14.68	35.46	16.79	20.96
	W	25.23	65.32	31.91	19.97	52.64	14.97	27.48	14.27	41.59	16.57	20.62
Soltau	E	16.65	18.80	15.34	9.18	13.96	13.74	27.02	7.34	14.63	14.90	13.99
	N	36.68	113.28	62.66	27.30	27.32	43.99	75.44	16.42	36.36	31.62	26.43
	G	22.51	42.65	31.97	19.92	19.57	26.18	37.84	14.37	23.02	21.50	18.54
	W	25.62	57.17	27.84	21.75	21.01	32.02	51.46	14.24	22.73	24.59	19.29
Spremberg	E	17.79	26.83	14.18	15.83	15.11	12.17	10.27	14.86	15.17	17.86	12.71
	N	31.65	37.42	32.97	26.92	24.96	28.94	11.65	38.69	32.28	43.67	41.38
	G	21.30	26.09	23.31	20.23	19.86	20.18	10.76	24.63	21.62	25.53	25.14
	W	23.32	33.60	27.59	21.08	20.29	20.83	11.21	28.81	23.21	29.98	29.31
Storkow	E	21.01	23.84	14.43	16.62	32.47	30.50	17.72	20.09	12.08	17.99	9.57
	N	29.76	34.53	24.46	23.65	20.87	34.74	18.13	60.41	45.16	33.65	18.73
	G	20.78	23.75	19.19	18.87	17.64	23.82	16.67	30.58	25.65	22.08	15.67
	W	22.90	26.57	18.82	19.60	17.83	22.65	17.41	35.14	27.66	22.74	16.24
Travemünde	E	16.36	26.25	27.73	9.10	12.48	7.99	14.25	13.84	8.63	18.83	7.45
	N	33.56	70.64	84.78	24.87	35.48	18.68	91.81	24.87	51.85	33.20	14.02
	G	21.95	36.48	38.81	20.09	23.81	15.67	43.85	19.19	28.55	22.21	12.45
	W	25.77	38.00	48.22	21.88	26.67	15.27	67.56	19.50	33.32	30.85	11.89
Treuenbrietzen	E	19.86	23.50	16.20	13.88	16.03	13.13	12.62	35.26	19.86	18.33	10.66
	N	31.29	21.33	52.95	21.55	20.75	47.27	15.82	26.60	88.77	62.94	23.82
	G	21.18	18.02	30.30	17.19	17.34	27.44	14.40	19.30	37.41	30.33	18.33
	W	23.51	19.12	37.80	17.36	16.48	30.28	14.20	19.71	42.08	32.97	19.57
Trier	E	26.22	27.00	22.61	14.96	17.69	3.50	14.15	13.98	29.79	14.00	13.66
	N	40.19	147.61	54.13	28.36	25.51	101.83	40.97	28.31	68.99	30.02	21.82
	G	23.33	46.52	29.08	20.09	18.37	40.12	24.57	20.16	32.42	19.85	16.66
	W	27.94	75.58	32.93	22.89	18.79	66.94	27.91	23.30	36.04	21.16	16.97
Tuttlingen	E	17.99	22.20	12.13	10.81	11.54	18.32	8.63	18.09	10.95	8.95	32.01
	N	25.20	77.17	25.88	24.34	15.66	34.97	16.37	21.90	17.46	20.91	57.11
	G	19.32	43.96	20.34	18.97	14.56	24.38	15.02	18.38	15.27	16.89	31.56
	W	21.11	58.39	21.77	21.09	14.43	26.27	14.82	18.82	15.27	16.94	34.85
Ulm (WST)	E	12.35	10.20	10.45	16.62	15.35	6.29	7.56	9.90	11.07	11.65	7.54
	N	19.99	38.98	25.69	16.65	16.42	13.12	10.51	18.18	26.95	25.22	23.91
	G	17.19	27.43	20.85	15.24	14.93	12.67	10.63	17.69	22.12	19.32	19.83
	W	17.59	28.64	23.13	14.88	14.64	12.72	10.35	17.71	24.55	21.18	20.20

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Vöhl-Thalitter	E	26.29	9.43	29.08	14.24	29.39	12.78	12.33	17.12	15.35	11.78	19.44
	N	39.84	75.54	96.11	59.40	98.92	25.29	43.51	18.62	32.02	29.82	27.38
	G	23.18	33.72	41.80	29.47	39.07	18.58	24.86	15.32	21.10	20.09	19.22
	W	26.21	54.11	60.37	29.77	54.89	19.16	28.55	14.93	22.80	21.59	18.87
Wassenach	E	19.60	35.07	21.69	35.75	16.90	10.68	25.66	15.24	11.94	10.39	9.50
	N	36.59	78.09	33.47	77.44	27.39	32.90	86.09	35.47	29.29	14.58	35.89
	G	22.45	38.66	22.40	33.46	19.30	22.73	36.40	23.24	20.31	12.88	22.52
	W	26.48	55.95	21.38	41.32	20.79	21.90	51.16	26.86	21.14	12.10	20.42
Weimar	E	15.46	30.09	16.52	8.68	8.43	11.19	8.11	15.03	12.84	7.98	8.05
	N	24.98	29.23	49.34	19.06	22.83	23.08	12.80	27.92	26.22	37.31	16.15
	G	19.19	24.60	28.17	16.29	18.47	18.45	12.35	20.72	21.43	23.68	15.10
	W	20.55	27.26	32.90	16.02	18.77	18.85	11.89	22.00	22.21	23.37	15.78
Wilhelmsdorf	E	17.43	15.88	18.54	22.87	9.49	11.68	13.41	24.58	13.62	14.48	6.23
	N	28.02	65.79	38.90	67.23	10.67	23.34	25.64	40.52	44.74	31.19	15.92
	G	20.22	34.93	25.80	34.52	10.50	18.13	19.48	27.54	27.20	20.74	14.30
	W	22.25	45.35	29.33	45.93	9.88	18.47	19.13	31.26	28.34	22.28	14.08
Wolmirsleben	E	17.27	13.80	16.21	9.76	20.61	8.28	9.34	26.92	8.86	12.66	18.90
	N	27.61	36.77	65.57	20.72	26.44	12.67	13.99	78.80	22.03	51.96	37.24
	G	20.14	26.60	35.93	17.22	20.43	12.07	13.23	39.22	17.40	27.39	24.36
	W	21.67	30.24	47.64	17.34	21.32	11.54	12.79	52.97	17.88	28.30	27.55
Würzburg	E	19.86	52.00	19.80	17.51	7.40	15.43	9.21	14.42	21.61	12.72	10.68
	N	34.95	133.56	91.49	62.81	17.06	33.14	27.70	17.83	51.32	35.01	24.82
	G	22.10	48.56	39.67	30.81	14.91	21.89	19.71	14.83	28.75	22.37	18.17
	W	25.50	114.84	50.70	38.39	14.55	24.14	20.87	13.66	29.76	23.39	18.52
Zwiesel-Rabenstein	E	29.11	31.24	60.00	20.92	23.09	9.08	25.06	23.22	18.39	10.38	20.21
	N	36.72	65.73	144.92	26.88	63.01	21.75	103.41	53.32	16.67	13.33	50.47
	G	22.32	31.39	50.03	19.57	30.37	16.60	39.88	28.51	13.86	12.35	27.76
	W	25.29	42.87	76.95	19.09	38.92	14.94	44.85	37.11	13.67	11.61	25.36

12) **Tabelle der Wiederkehrzeiten der Temperatur (für ausgewählte Intervalle, am Bsp. der 5- σ -Schranke)**

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Berlin	E	17.21	12.26	12.38	8.55	14.81	10.92	11.70	19.03	12.44	8.30	9.77
	N	13.06	12.72	12.04	10.40	11.66	10.54	15.46	20.99	24.24	15.75	10.54
	G	14.80	14.69	13.54	11.23	13.32	11.75	17.60	22.95	26.30	17.49	11.74
	W	12.61	12.98	12.25	10.34	11.48	10.44	15.33	21.00	23.85	15.85	10.78
Dresden	E	26.20	14.17	13.22	21.58	7.52	13.98	33.15	14.69	12.44	33.85	9.66
	N	15.60	31.02	24.62	16.61	14.20	13.42	15.82	15.56	19.62	13.47	10.29
	G	17.52	31.52	25.91	18.18	16.10	15.08	18.00	17.68	22.04	15.08	11.45
	W	15.10	31.02	25.39	16.63	13.87	13.29	15.80	15.43	19.51	13.51	10.76

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Hamburg	E	55.23	3.50	13.30	27.50	7.52	16.84	51.50	NA	24.33	15.50	10.23
	N	34.22	98.17	50.77	32.13	17.92	23.85	79.46	82.14	65.89	29.21	17.28
	G	33.36	67.97	44.75	32.41	20.05	25.22	60.66	57.46	53.90	29.56	19.47
	W	36.23	88.72	50.67	34.63	18.51	24.92	106.82	94.91	65.86	29.06	17.69
Hohenpeissenberg	E	51.45	18.17	3.14	23.90	10.00	16.10	9.50	20.12	NA	15.50	13.25
	N	33.75	67.79	75.19	35.93	37.32	21.72	40.51	51.08	69.88	21.16	17.83
	G	32.59	54.88	54.22	34.73	34.81	23.03	37.27	42.66	56.18	22.77	19.97
	W	34.19	74.84	73.61	36.79	36.34	21.97	49.31	50.27	71.51	20.97	18.04
Jena	E	78.98	18.17	3.14	NA	NA	11.51	22.56	18.32	19.32	33.95	10.34
	N	20.39	45.73	44.88	27.05	18.20	13.98	23.43	21.62	33.03	14.49	12.21
	G	22.09	41.51	39.97	27.68	20.17	15.66	25.23	23.22	33.58	16.20	13.87
	W	20.40	49.42	50.39	29.74	18.77	13.87	24.66	21.61	32.02	14.55	12.57
Karlsruhe	E	18.12	18.17	18.22	20.31	7.63	9.54	21.98	12.64	5.76	7.89	5.74
	N	12.23	23.99	25.84	14.78	14.16	11.70	12.95	12.48	12.40	9.02	7.33
	G	13.83	26.04	26.76	16.36	16.21	13.15	14.59	14.18	14.15	9.60	7.37
	W	11.71	24.42	25.63	14.73	13.77	11.78	12.73	12.22	12.42	9.14	7.36
Köln	E	23.42	14.17	24.13	13.83	7.63	7.23	22.56	33.15	12.56	25.19	13.16
	N	19.28	45.65	28.39	18.73	13.54	10.57	20.90	32.07	29.84	17.97	16.46
	G	21.08	41.94	28.32	20.43	15.58	11.81	22.68	30.79	30.95	19.90	18.55
	W	19.71	46.42	28.85	18.77	13.01	10.75	22.08	32.71	29.11	18.09	17.00
München	E	20.61	13.96	18.22	19.79	7.63	10.00	27.39	12.75	10.24	11.94	8.34
	N	12.52	17.53	20.01	12.48	13.19	9.77	13.60	13.18	19.12	11.15	8.29
	G	14.18	19.97	21.66	13.92	15.08	10.79	15.41	14.99	21.46	12.35	8.81
	W	11.95	17.51	20.10	12.34	12.95	9.81	13.32	12.89	19.09	11.25	8.50
Nürnberg	E	14.56	12.57	14.78	20.02	7.09	8.14	15.99	13.94	7.27	9.33	9.57
	N	11.38	14.88	13.78	11.11	10.51	8.60	13.53	15.78	14.10	10.35	8.77
	G	12.86	17.07	15.63	12.16	11.93	9.27	15.43	17.82	16.24	11.41	9.44
	W	10.89	14.90	14.08	11.01	10.24	8.62	13.32	15.46	14.06	10.62	9.11
Potsdam	E	18.94	16.36	15.10	10.01	11.12	10.92	11.80	14.69	8.08	7.71	9.77
	N	13.99	35.18	19.83	14.89	10.84	10.39	15.43	14.86	16.60	13.68	10.05
	G	15.83	34.55	21.72	16.39	12.33	11.57	17.55	17.01	19.00	15.32	11.14
	W	13.50	34.29	20.12	14.90	10.64	10.32	15.33	14.75	16.72	13.84	10.24

13) **Tabelle des Risikos für das Überschreiten der 2- σ -Schranke des Niederschlages in einem Zeitraum von 12 Monaten (zeitl. gleitend, ausgewählte Intervalle)**

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Alsfeld	N	0.290	0.120	0.179	0.164	0.348	0.220	0.358	0.477	0.309	0.598	0.190
	G	0.429	0.268	0.321	0.302	0.455	0.367	0.447	0.549	0.430	0.641	0.352
	W	0.395	0.188	0.254	0.282	0.452	0.343	0.418	0.540	0.419	0.664	0.311
	E	0.459	0.100	0.271	0.417	0.633	0.475	0.541	0.592	0.482	0.617	0.410

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Artern	N	0.412	0.605	0.136	0.253	0.446	0.352	0.828	0.278	0.411	0.244	0.565
	G	0.492	0.614	0.256	0.365	0.495	0.447	0.807	0.386	0.477	0.366	0.601
	W	0.478	0.614	0.205	0.338	0.495	0.428	0.834	0.347	0.471	0.297	0.612
	E	0.513	0.300	0.352	0.580	0.533	0.533	0.793	0.417	0.546	0.417	0.603
Aschaffenburg	N	0.293	0.067	0.190	0.209	0.449	0.486	0.372	0.543	0.213	0.383	0.107
	G	0.430	0.190	0.338	0.354	0.524	0.558	0.475	0.596	0.358	0.486	0.274
	W	0.382	0.122	0.286	0.320	0.512	0.565	0.448	0.614	0.328	0.506	0.233
	E	0.451	0.280	0.190	0.280	0.533	0.611	0.580	0.669	0.410	0.533	0.344
Attendorn	N	0.289	0.028	0.156	0.307	0.271	0.372	0.234	0.379	0.238	0.457	0.585
	G	0.428	0.153	0.27	0.43	0.402	0.486	0.375	0.486	0.379	0.531	0.624
	W	0.378	0.043	0.188	0.398	0.359	0.491	0.326	0.443	0.333	0.533	0.641
	E	0.454	0	0.352	0.475	0.482	0.533	0.271	0.417	0.417	0.673	0.743
Augsburg	N	0.481	0.277	0.247	0.676	0.59	0.619	0.742	0.588	0.238	0.434	0.399
	G	0.53	0.348	0.333	0.675	0.609	0.631	0.725	0.594	0.338	0.504	0.471
	W	0.53	0.324	0.312	0.702	0.634	0.649	0.743	0.604	0.307	0.529	0.459
	E	0.613	0.496	0.533	0.755	0.622	0.746	0.838	0.603	0.41	0.592	0.528
Bargteheide	N	0.295	0.068	0.157	0.304	0.266	0.415	0.214	0.376	0.316	0.293	0.6
	G	0.431	0.195	0.299	0.422	0.395	0.509	0.345	0.479	0.441	0.421	0.644
	W	0.371	0.135	0.27	0.424	0.369	0.489	0.293	0.498	0.419	0.34	0.669
	E	0.424	0.2	0.19	0.528	0.19	0.637	0.271	0.541	0.475	0.417	0.665
Bebra-Iba	N	0.303	0.141	0.224	0.255	0.161	0.241	0.543	0.495	0.177	0.481	0.351
	G	0.435	0.268	0.355	0.389	0.301	0.386	0.592	0.557	0.335	0.553	0.473
	W	0.394	0.159	0.306	0.357	0.283	0.395	0.603	0.553	0.302	0.578	0.478
	E	0.447	0.271	0.352	0.344	0.28	0.575	0.417	0.758	0.41	0.528	0.475
Berlin-Dahlem	N	0.319	0.237	0.217	0.539	0.414	0.386	0.558	0.233	0.298	0.182	0.22
	G	0.443	0.375	0.349	0.585	0.487	0.487	0.593	0.365	0.418	0.334	0.357
	W	0.412	0.35	0.291	0.587	0.478	0.476	0.605	0.31	0.376	0.271	0.29
	E	0.424	0.271	0.352	0.592	0.482	0.575	0.496	0.528	0.41	0.344	0.19
Bornhöved	N	0.303	0.283	0.066	0.224	0.105	0.366	0.533	0.365	0.157	0.47	0.609
	G	0.435	0.386	0.193	0.353	0.249	0.473	0.584	0.456	0.305	0.545	0.649
	W	0.381	0.338	0.138	0.303	0.191	0.464	0.591	0.435	0.256	0.515	0.676
	E	0.459	0.496	0	0.344	0.344	0.475	0.533	0.539	0.475	0.49	0.771
Brakel	N	0.272	0.205	0.126	0.111	0.057	0.603	0.255	0.285	0.182	0.45	0.494
	G	0.419	0.364	0.263	0.271	0.202	0.643	0.39	0.413	0.344	0.53	0.57
	W	0.38	0.297	0.193	0.24	0.15	0.661	0.372	0.357	0.301	0.514	0.591
	E	0.416	0.19	0.1	0.41	0.271	0.768	0.417	0.417	0.271	0.585	0.533
Bremen	N	0.31	0.275	0.187	0.126	0.242	0.459	0.489	0.523	0.208	0.209	0.452
	G	0.438	0.395	0.323	0.277	0.375	0.531	0.547	0.579	0.362	0.35	0.541
	W	0.404	0.357	0.311	0.234	0.356	0.539	0.531	0.589	0.345	0.315	0.543
	E	0.46	0.41	0.352	0.19	0.475	0.694	0.597	0.592	0.352	0.352	0.585
Brück	N	0.34	0.453	0.1	0.368	0.465	0.414	0.478	0.511	0.255	0.249	0.267
	G	0.453	0.52	0.232	0.464	0.51	0.498	0.532	0.57	0.39	0.384	0.403
	W	0.421	0.534	0.216	0.443	0.515	0.506	0.537	0.577	0.346	0.362	0.363
	E	0.46	0.433	0.1	0.41	0.546	0.533	0.533	0.673	0.417	0.417	0.482

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Calvörde	N	0.312	0.243	0.247	0.501	0.273	0.289	0.586	0.328	0.289	0.189	0.265
	G	0.439	0.353	0.37	0.566	0.398	0.418	0.616	0.423	0.423	0.334	0.41
	W	0.398	0.262	0.309	0.574	0.383	0.418	0.622	0.397	0.371	0.29	0.405
	E	0.457	0.46	0.417	0.533	0.352	0.58	0.647	0.433	0.475	0.352	0.417
Camberg, Bad	N	0.309	0.105	0.133	0.367	0.279	0.384	0.508	0.536	0.256	0.365	0.258
	G	0.438	0.204	0.282	0.481	0.406	0.48	0.569	0.581	0.398	0.479	0.403
	W	0.387	0.127	0.237	0.469	0.378	0.455	0.594	0.594	0.388	0.495	0.442
	E	0.455	0.1	0.19	0.606	0.482	0.424	0.59	0.611	0.528	0.628	0.344
Carlsfeld	N	0.274	0.241	0.207	0.568	0.368	0.298	0.501	0.151	0.204	0.183	0.113
	G	0.417	0.375	0.336	0.616	0.473	0.438	0.55	0.314	0.364	0.338	0.272
	W	0.374	0.317	0.283	0.637	0.471	0.427	0.554	0.274	0.311	0.282	0.254
	E	0.404	0.49	0.44	0.669	0.469	0.417	0.44	0.475	0.271	0.271	0.1
Cham	N	0.435	0.596	0.208	0.255	0.374	0.463	0.536	0.389	0.553	0.534	0.519
	G	0.504	0.611	0.32	0.339	0.438	0.498	0.566	0.472	0.598	0.592	0.556
	W	0.496	0.639	0.25	0.293	0.428	0.48	0.576	0.467	0.603	0.606	0.56
	E	0.503	0.592	0.28	0.482	0.488	0.46	0.46	0.352	0.673	0.58	0.685
Clausthal	N	0.271	0.25	0.383	0.292	0.147	0.434	0.263	0.193	0.211	0.308	0.271
	G	0.419	0.398	0.48	0.428	0.295	0.532	0.399	0.35	0.366	0.426	0.417
	W	0.367	0.343	0.481	0.405	0.31	0.547	0.359	0.282	0.319	0.42	0.378
	E	0.441	0.271	0.585	0.57	0.352	0.522	0.352	0.352	0.344	0.585	0.475
Coburg (WST)	N	0.3	0.117	0.177	0.43	0.198	0.406	0.344	0.284	0.362	0.388	0.33
	G	0.433	0.265	0.323	0.517	0.341	0.502	0.444	0.42	0.469	0.497	0.446
	W	0.381	0.155	0.337	0.515	0.306	0.486	0.402	0.362	0.471	0.519	0.427
	E	0.425	0.19	0.271	0.352	0.344	0.528	0.597	0.49	0.424	0.522	0.528
Cottbus	N	0.359	0.385	0.373	0.55	0.358	0.453	0.735	0.279	0.356	0.197	0.256
	G	0.463	0.457	0.448	0.59	0.427	0.533	0.749	0.38	0.46	0.345	0.39
	W	0.443	0.416	0.419	0.607	0.423	0.537	0.722	0.341	0.44	0.324	0.366
	E	0.534	0.568	0.635	0.642	0.424	0.575	0.595	0.475	0.541	0.546	0.541
Doberlug-Kirchhain	N	0.34	0.45	0.42	0.289	0.574	0.352	0.565	0.175	0.31	0.255	0.212
	G	0.453	0.522	0.499	0.398	0.589	0.467	0.591	0.3	0.417	0.396	0.358
	W	0.426	0.5	0.491	0.372	0.597	0.446	0.593	0.256	0.399	0.361	0.319
	E	0.51	0.633	0.57	0.417	0.633	0.417	0.773	0.271	0.546	0.496	0.352
Dömitz	N	0.329	0.097	0.371	0.523	0.382	0.368	0.564	0.413	0.172	0.201	0.31
	G	0.448	0.231	0.468	0.58	0.474	0.464	0.599	0.494	0.301	0.328	0.441
	W	0.4	0.171	0.413	0.589	0.433	0.469	0.617	0.478	0.296	0.309	0.45
	E	0.51	0.28	0.482	0.679	0.546	0.637	0.724	0.417	0.344	0.41	0.541
Eberbach/Neckar	N	0.261	0.057	0.181	0.088	0.309	0.207	0.254	0.369	0.252	0.52	0.463
	G	0.414	0.207	0.32	0.249	0.437	0.362	0.4	0.486	0.395	0.583	0.547
	W	0.368	0.151	0.25	0.305	0.413	0.312	0.372	0.45	0.365	0.596	0.552
	E	0.429	0.19	0.417	0.271	0.541	0.469	0.28	0.417	0.528	0.627	0.528
Emden	N	0.318	0.12	0.256	0.279	0.593	0.232	0.297	0.455	0.269	0.351	0.451
	G	0.443	0.241	0.388	0.395	0.619	0.357	0.398	0.533	0.393	0.464	0.536
	W	0.396	0.148	0.331	0.357	0.631	0.299	0.337	0.537	0.369	0.43	0.569
	E	0.49	0.28	0.28	0.417	0.592	0.539	0.603	0.627	0.469	0.417	0.669

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Eppenrod	N	0.264	0.118	0.056	0.181	0.248	0.306	0.273	0.538	0.157	0.515	0.305
	G	0.416	0.278	0.196	0.337	0.394	0.441	0.416	0.599	0.313	0.582	0.444
	W	0.373	0.184	0.108	0.281	0.381	0.403	0.467	0.612	0.26	0.607	0.426
	E	0.433	0.19	0.19	0.19	0.522	0.417	0.424	0.706	0.344	0.702	0.469
Erfurt	N	0.411	0.579	0.149	0.284	0.363	0.261	0.821	0.446	0.313	0.291	0.611
	G	0.491	0.601	0.267	0.394	0.431	0.346	0.802	0.504	0.407	0.411	0.628
	W	0.479	0.616	0.217	0.42	0.407	0.308	0.836	0.488	0.388	0.396	0.632
	E	0.548	0.592	0.271	0.533	0.563	0.352	0.757	0.746	0.546	0.541	0.606
Erlangen	N	0.332	0.149	0.095	0.415	0.418	0.635	0.35	0.292	0.415	0.473	0.24
	G	0.449	0.255	0.231	0.475	0.499	0.659	0.433	0.402	0.511	0.552	0.37
	W	0.414	0.165	0.111	0.467	0.517	0.677	0.406	0.37	0.498	0.557	0.342
	E	0.475	0.2	0.28	0.592	0.41	0.681	0.496	0.496	0.664	0.475	0.41
Esens	N	0.329	0.164	0.3	0.407	0.28	0.177	0.493	0.528	0.308	0.34	0.499
	G	0.449	0.293	0.419	0.476	0.376	0.304	0.547	0.582	0.419	0.448	0.563
	W	0.414	0.212	0.413	0.464	0.322	0.23	0.543	0.593	0.423	0.436	0.606
	E	0.489	0.36	0.533	0.41	0.424	0.496	0.642	0.528	0.424	0.482	0.669
Euskirchen	N	0.356	0.272	0.186	0.315	0.296	0.434	0.425	0.535	0.248	0.572	0.336
	G	0.462	0.373	0.303	0.406	0.408	0.499	0.49	0.587	0.368	0.613	0.455
	W	0.43	0.351	0.239	0.338	0.405	0.498	0.47	0.591	0.311	0.626	0.467
	E	0.541	0.533	0.417	0.482	0.592	0.49	0.677	0.592	0.36	0.752	0.533
Garmisch-Partenk.	N	0.62	0.391	0.691	0.574	0.672	0.549	0.71	0.625	0.677	0.576	0.703
	G	0.617	0.415	0.669	0.553	0.645	0.572	0.695	0.623	0.661	0.586	0.69
	W	0.64	0.424	0.695	0.572	0.672	0.582	0.716	0.649	0.683	0.602	0.718
	E	0.659	0.44	0.65	0.682	0.784	0.71	0.676	0.673	0.728	0.673	0.597
Gengenbach	N	0.306	0.116	0.311	0.245	0.359	0.325	0.442	0.45	0.26	0.436	0.22
	G	0.436	0.24	0.424	0.387	0.463	0.425	0.521	0.525	0.39	0.522	0.348
	W	0.376	0.14	0.375	0.357	0.431	0.396	0.487	0.522	0.351	0.511	0.328
	E	0.447	0.28	0.637	0.271	0.496	0.528	0.592	0.514	0.475	0.533	0.19
Glückstadt	N	0.319	0.12	0.259	0.216	0.326	0.27	0.371	0.515	0.24	0.409	0.583
	G	0.443	0.246	0.368	0.337	0.428	0.399	0.469	0.571	0.364	0.502	0.629
	W	0.388	0.181	0.326	0.271	0.403	0.345	0.437	0.59	0.291	0.469	0.645
	E	0.505	0.19	0.568	0.271	0.546	0.637	0.352	0.65	0.482	0.475	0.764
Görlitz	N	0.35	0.122	0.512	0.383	0.537	0.378	0.772	0.181	0.264	0.301	0.272
	G	0.458	0.254	0.566	0.463	0.581	0.485	0.791	0.314	0.4	0.414	0.386
	W	0.438	0.173	0.558	0.453	0.595	0.488	0.756	0.262	0.366	0.394	0.373
	E	0.468	0.28	0.65	0.271	0.533	0.58	0.676	0.482	0.58	0.352	0.37
Göttingen	N	0.313	0.294	0.235	0.348	0.114	0.363	0.435	0.475	0.275	0.432	0.245
	G	0.44	0.41	0.353	0.449	0.248	0.473	0.505	0.542	0.395	0.519	0.4
	W	0.401	0.346	0.326	0.425	0.203	0.466	0.501	0.548	0.368	0.507	0.39
	E	0.478	0.352	0.424	0.585	0.352	0.575	0.417	0.668	0.49	0.541	0.41
Greifenstein	N	0.28	0.038	0.158	0.186	0.238	0.296	0.336	0.491	0.159	0.42	0.583
	G	0.423	0.173	0.281	0.342	0.383	0.429	0.459	0.558	0.304	0.505	0.626
	W	0.381	0.052	0.243	0.314	0.336	0.419	0.463	0.536	0.23	0.482	0.647
	E	0.424	0	0.352	0.344	0.352	0.475	0.475	0.592	0.28	0.633	0.633

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Halberstadt	N	0.329	0.509	0.193	0.391	0.223	0.222	0.695	0.317	0.246	0.24	0.3
	G	0.446	0.553	0.309	0.473	0.331	0.363	0.699	0.431	0.369	0.371	0.426
	W	0.421	0.556	0.209	0.456	0.276	0.339	0.719	0.416	0.325	0.322	0.433
	E	0.432	0.546	0.4	0.482	0.417	0.417	0.597	0.271	0.417	0.541	0.344
Hannover	N	0.316	0.401	0.299	0.427	0.254	0.392	0.326	0.312	0.2	0.439	0.215
	G	0.441	0.475	0.407	0.517	0.387	0.487	0.408	0.409	0.35	0.525	0.369
	W	0.393	0.467	0.371	0.513	0.358	0.479	0.368	0.397	0.31	0.53	0.351
	E	0.508	0.735	0.611	0.417	0.417	0.592	0.49	0.417	0.417	0.58	0.417
Hof	N	0.331	0.108	0.218	0.241	0.263	0.386	0.352	0.308	0.548	0.364	0.534
	G	0.449	0.222	0.357	0.358	0.387	0.484	0.446	0.435	0.601	0.473	0.585
	W	0.41	0.121	0.34	0.311	0.333	0.465	0.43	0.43	0.615	0.498	0.596
	E	0.473	0.1	0.417	0.424	0.344	0.41	0.568	0.585	0.633	0.522	0.669
Hohenpeissenberg	N	0.641	0.109	0.74	0.648	0.736	0.524	0.697	0.735	0.767	0.694	0.726
	G	0.632	0.198	0.7	0.63	0.708	0.545	0.679	0.693	0.736	0.675	0.709
	W	0.668	0.144	0.734	0.66	0.751	0.558	0.7	0.732	0.763	0.706	0.74
	E	0.726	0.19	0.78	0.812	0.8	0.637	0.58	0.824	0.83	0.879	0.722
Kirn	N	0.258	0.063	0.156	0.165	0.367	0.184	0.21	0.449	0.27	0.429	0.392
	G	0.413	0.203	0.312	0.33	0.477	0.34	0.358	0.53	0.41	0.528	0.504
	W	0.384	0.132	0.255	0.276	0.487	0.253	0.294	0.545	0.367	0.546	0.495
	E	0.457	0.19	0.344	0.469	0.417	0.417	0.41	0.592	0.539	0.664	0.528
Kitzingen	N	0.341	0.27	0.194	0.469	0.584	0.235	0.42	0.435	0.258	0.246	0.383
	G	0.454	0.378	0.326	0.52	0.608	0.357	0.498	0.512	0.39	0.383	0.491
	W	0.425	0.303	0.28	0.524	0.624	0.303	0.496	0.5	0.374	0.352	0.499
	E	0.468	0.41	0.482	0.352	0.755	0.49	0.49	0.424	0.424	0.475	0.41
Kleinwaabs	N	0.31	0.143	0.219	0.129	0.369	0.451	0.281	0.635	0.194	0.311	0.556
	G	0.439	0.273	0.333	0.264	0.44	0.526	0.369	0.658	0.329	0.43	0.61
	W	0.392	0.197	0.316	0.209	0.417	0.514	0.315	0.68	0.322	0.371	0.623
	E	0.468	0.352	0.417	0.271	0.51	0.496	0.352	0.768	0.271	0.475	0.66
Kreuznach, Bad	N	0.3	0.081	0.245	0.492	0.437	0.31	0.328	0.6	0.102	0.169	0.399
	G	0.434	0.214	0.384	0.563	0.511	0.418	0.433	0.63	0.245	0.326	0.51
	W	0.39	0.145	0.329	0.566	0.496	0.38	0.399	0.639	0.177	0.277	0.53
	E	0.465	0.36	0.344	0.673	0.611	0.433	0.41	0.717	0.352	0.352	0.41
Lahnstein	N	0.302	0.253	0.273	0.202	0.266	0.207	0.182	0.4	0.237	0.72	0.281
	G	0.434	0.371	0.401	0.348	0.392	0.342	0.328	0.487	0.377	0.726	0.422
	W	0.386	0.316	0.391	0.307	0.343	0.279	0.274	0.467	0.353	0.749	0.388
	E	0.495	0.541	0.475	0.344	0.417	0.533	0.433	0.546	0.344	0.86	0.475
Langebrück	N	0.34	0.196	0.243	0.464	0.468	0.441	0.793	0.092	0.189	0.349	0.28
	G	0.452	0.33	0.362	0.53	0.531	0.528	0.813	0.247	0.343	0.451	0.39
	W	0.42	0.271	0.298	0.533	0.53	0.555	0.785	0.181	0.3	0.443	0.347
	E	0.507	0.271	0.417	0.585	0.633	0.533	0.793	0.344	0.344	0.546	0.546
Lathen	N	0.3	0.221	0.224	0.237	0.254	0.335	0.264	0.422	0.311	0.374	0.477
	G	0.433	0.351	0.356	0.365	0.388	0.437	0.372	0.509	0.435	0.478	0.553
	W	0.396	0.279	0.297	0.313	0.353	0.412	0.338	0.493	0.447	0.46	0.563
	E	0.454	0.344	0.475	0.417	0.475	0.603	0.271	0.533	0.469	0.533	0.475

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Lübeck	N	0.31	0.089	0.252	0.438	0.264	0.346	0.275	0.355	0.153	0.412	0.605
	G	0.438	0.221	0.373	0.501	0.384	0.448	0.383	0.464	0.303	0.508	0.647
	W	0.38	0.209	0.34	0.472	0.342	0.443	0.329	0.499	0.263	0.457	0.67
	E	0.444	0.271	0.271	0.559	0.424	0.592	0.28	0.475	0.271	0.533	0.694
Magdeburg	N	0.329	0.345	0.258	0.533	0.299	0.177	0.753	0.214	0.237	0.177	0.29
	G	0.447	0.433	0.372	0.589	0.414	0.318	0.744	0.352	0.371	0.312	0.413
	W	0.418	0.381	0.324	0.602	0.385	0.262	0.773	0.297	0.317	0.27	0.397
	E	0.435	0.433	0.28	0.482	0.352	0.475	0.724	0.19	0.417	0.475	0.475
Mainz	N	0.293	0.028	0.108	0.355	0.313	0.168	0.268	0.618	0.391	0.467	0.344
	G	0.43	0.132	0.259	0.472	0.424	0.311	0.387	0.648	0.494	0.548	0.467
	W	0.388	0.047	0.2	0.459	0.399	0.245	0.345	0.659	0.49	0.544	0.45
	E	0.426	0.1	0.271	0.352	0.541	0.19	0.271	0.694	0.575	0.677	0.41
Marnitz	N	0.319	0.162	0.324	0.526	0.488	0.349	0.351	0.369	0.289	0.29	0.161
	G	0.443	0.287	0.427	0.582	0.555	0.447	0.443	0.467	0.411	0.402	0.32
	W	0.385	0.23	0.39	0.584	0.552	0.421	0.41	0.438	0.36	0.357	0.247
	E	0.476	0.28	0.546	0.541	0.65	0.563	0.52	0.475	0.469	0.482	0.344
Mergentheim, Bad	N	0.291	0.084	0.106	0.141	0.459	0.16	0.236	0.4	0.225	0.564	0.573
	G	0.429	0.221	0.251	0.286	0.527	0.303	0.376	0.494	0.376	0.618	0.624
	W	0.386	0.108	0.198	0.223	0.533	0.252	0.312	0.48	0.376	0.645	0.64
	E	0.453	0.19	0.19	0.344	0.528	0.344	0.41	0.585	0.344	0.731	0.66
Metten	N	0.317	0.071	0.172	0.446	0.328	0.383	0.312	0.324	0.46	0.495	0.319
	G	0.442	0.188	0.309	0.518	0.438	0.471	0.411	0.433	0.549	0.567	0.437
	W	0.396	0.099	0.228	0.52	0.409	0.506	0.362	0.411	0.56	0.572	0.539
	E	0.494	0.2	0.28	0.541	0.533	0.669	0.568	0.488	0.575	0.57	0.528
Monschau	N	0.286	0.152	0.124	0.155	0.279	0.238	0.293	0.508	0.147	0.452	0.557
	G	0.426	0.315	0.264	0.306	0.407	0.384	0.421	0.572	0.297	0.537	0.604
	W	0.366	0.215	0.184	0.258	0.37	0.381	0.379	0.573	0.238	0.542	0.62
	E	0.42	0.352	0.352	0.1	0.533	0.344	0.352	0.606	0.417	0.57	0.541
Neuss	N	0.278	0.22	0.181	0.158	0.221	0.134	0.324	0.583	0.221	0.402	0.391
	G	0.422	0.355	0.32	0.313	0.368	0.292	0.425	0.628	0.367	0.503	0.501
	W	0.372	0.311	0.21	0.299	0.382	0.276	0.402	0.647	0.335	0.493	0.509
	E	0.448	0.352	0.19	0.352	0.417	0.344	0.352	0.746	0.344	0.585	0.669
Nister	N	0.264	0.303	0.206	0.312	0.163	0.286	0.208	0.379	0.115	0.455	0.291
	G	0.416	0.424	0.35	0.445	0.311	0.426	0.36	0.487	0.276	0.542	0.428
	W	0.368	0.365	0.286	0.422	0.218	0.4	0.301	0.457	0.214	0.544	0.434
	E	0.427	0.424	0.344	0.475	0.344	0.528	0.271	0.58	0.271	0.628	0.41
Norderney (WST)	N	0.343	0.196	0.356	0.24	0.404	0.312	0.398	0.564	0.399	0.445	0.401
	G	0.456	0.307	0.459	0.334	0.473	0.427	0.479	0.597	0.481	0.521	0.482
	W	0.425	0.244	0.444	0.293	0.433	0.402	0.463	0.619	0.513	0.541	0.511
	E	0.491	0.28	0.417	0.417	0.496	0.592	0.49	0.673	0.475	0.58	0.533
Nordhorn	N	0.282	0.074	0.209	0.213	0.166	0.335	0.375	0.434	0.127	0.392	0.603
	G	0.425	0.214	0.352	0.347	0.311	0.452	0.468	0.521	0.28	0.492	0.642
	W	0.371	0.109	0.347	0.305	0.252	0.424	0.456	0.51	0.258	0.485	0.672
	E	0.428	0.19	0.344	0.352	0.271	0.58	0.41	0.603	0.19	0.622	0.627

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Osnabrück	N	0.275	0.114	0.102	0.267	0.188	0.345	0.389	0.397	0.209	0.36	0.493
	G	0.421	0.25	0.246	0.4	0.339	0.463	0.468	0.501	0.365	0.463	0.572
	W	0.385	0.17	0.175	0.337	0.315	0.448	0.466	0.476	0.363	0.418	0.592
	E	0.448	0.19	0.271	0.37	0.469	0.627	0.563	0.533	0.344	0.49	0.627
Prüm	N	0.269	0.065	0.209	0.107	0.165	0.17	0.37	0.501	0.189	0.448	0.553
	G	0.418	0.219	0.35	0.262	0.316	0.327	0.477	0.569	0.333	0.537	0.607
	W	0.36	0.089	0.324	0.184	0.276	0.254	0.457	0.556	0.254	0.53	0.627
	E	0.395	0.19	0.469	0.1	0.41	0.271	0.533	0.592	0.19	0.575	0.528
Ratzeburg	N	0.301	0.125	0.215	0.239	0.521	0.451	0.148	0.221	0.269	0.427	0.461
	G	0.434	0.268	0.345	0.382	0.579	0.52	0.249	0.348	0.406	0.52	0.553
	W	0.38	0.215	0.292	0.341	0.602	0.517	0.225	0.323	0.374	0.485	0.563
	E	0.482	0.433	0.344	0.41	0.546	0.546	0.36	0.482	0.528	0.528	0.698
Regensburg	N	0.441	0.477	0.205	0.474	0.334	0.502	0.776	0.416	0.48	0.347	0.495
	G	0.507	0.512	0.317	0.534	0.411	0.536	0.762	0.483	0.532	0.446	0.532
	W	0.493	0.503	0.236	0.546	0.36	0.522	0.786	0.463	0.544	0.437	0.536
	E	0.522	0.611	0.344	0.585	0.417	0.595	0.66	0.49	0.611	0.417	0.622
Rostock	N	0.343	0.171	0.156	0.507	0.495	0.43	0.301	0.402	0.249	0.305	0.574
	G	0.455	0.289	0.29	0.561	0.531	0.501	0.41	0.481	0.372	0.407	0.625
	W	0.414	0.303	0.228	0.571	0.532	0.494	0.393	0.464	0.344	0.357	0.639
	E	0.474	0.3	0.271	0.433	0.496	0.592	0.475	0.546	0.417	0.603	0.627
Schweinfurt	N	0.316	0.033	0.122	0.26	0.472	0.477	0.294	0.453	0.326	0.393	0.487
	G	0.441	0.139	0.254	0.384	0.539	0.534	0.398	0.538	0.44	0.502	0.56
	W	0.401	0.056	0.191	0.37	0.539	0.525	0.347	0.528	0.396	0.479	0.563
	E	0.519	0.1	0.417	0.482	0.627	0.643	0.424	0.694	0.533	0.627	0.58
Schwerin	N	0.308	0.076	0.286	0.393	0.144	0.521	0.318	0.556	0.152	0.444	0.324
	G	0.437	0.214	0.398	0.492	0.276	0.573	0.408	0.598	0.298	0.527	0.455
	W	0.394	0.17	0.332	0.47	0.209	0.591	0.364	0.613	0.261	0.533	0.463
	E	0.452	0.1	0.417	0.637	0.2	0.689	0.417	0.673	0.19	0.352	0.622
Soltau	N	0.287	0.101	0.18	0.366	0.365	0.249	0.15	0.562	0.295	0.318	0.385
	G	0.427	0.249	0.323	0.467	0.471	0.385	0.278	0.606	0.426	0.435	0.499
	W	0.388	0.192	0.364	0.438	0.448	0.329	0.213	0.616	0.433	0.391	0.488
	E	0.483	0.19	0.417	0.592	0.627	0.475	0.19	0.755	0.475	0.475	0.533
Spremberg	N	0.326	0.282	0.32	0.368	0.408	0.349	0.706	0.273	0.325	0.245	0.257
	G	0.446	0.38	0.422	0.461	0.481	0.462	0.729	0.398	0.447	0.384	0.39
	W	0.418	0.31	0.372	0.447	0.477	0.452	0.714	0.351	0.426	0.338	0.345
	E	0.455	0.417	0.559	0.49	0.417	0.58	0.64	0.352	0.41	0.36	0.496
Storkow	N	0.343	0.301	0.416	0.409	0.465	0.302	0.515	0.183	0.239	0.306	0.491
	G	0.455	0.409	0.494	0.485	0.521	0.411	0.542	0.333	0.387	0.43	0.555
	W	0.424	0.375	0.506	0.472	0.52	0.428	0.53	0.297	0.365	0.42	0.544
	E	0.423	0.36	0.352	0.482	0.49	0.271	0.46	0.344	0.469	0.344	0.682
Travemünde	N	0.313	0.159	0.135	0.407	0.298	0.512	0.124	0.411	0.217	0.31	0.621
	G	0.44	0.288	0.276	0.476	0.412	0.573	0.245	0.496	0.361	0.429	0.658
	W	0.391	0.279	0.229	0.45	0.378	0.588	0.166	0.494	0.32	0.33	0.68
	E	0.49	0.352	0.2	0.676	0.482	0.673	0.19	0.539	0.528	0.417	0.728

Anhang

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Treuenbrietzen	N	0.328	0.453	0.211	0.443	0.465	0.229	0.561	0.375	0.128	0.175	0.407
	G	0.447	0.509	0.342	0.522	0.525	0.364	0.593	0.48	0.281	0.333	0.496
	W	0.414	0.492	0.285	0.52	0.547	0.337	0.601	0.475	0.254	0.311	0.474
	E	0.439	0.37	0.417	0.482	0.539	0.41	0.592	0.344	0.271	0.352	0.637
Trier	N	0.267	0.079	0.208	0.367	0.384	0.112	0.264	0.369	0.164	0.336	0.45
	G	0.417	0.232	0.355	0.477	0.492	0.263	0.403	0.476	0.319	0.464	0.541
	W	0.363	0.149	0.322	0.437	0.485	0.166	0.366	0.432	0.293	0.443	0.537
	E	0.39	0.271	0.41	0.417	0.587	0.1	0.417	0.475	0.271	0.417	0.528
Tuttlingen	N	0.392	0.146	0.385	0.407	0.567	0.3	0.55	0.446	0.522	0.447	0.193
	G	0.48	0.243	0.464	0.491	0.59	0.403	0.578	0.503	0.57	0.523	0.326
	W	0.451	0.189	0.443	0.456	0.598	0.382	0.587	0.498	0.573	0.523	0.3
	E	0.515	0.28	0.58	0.546	0.689	0.344	0.686	0.681	0.592	0.475	0.19
Ulm (WST)	N	0.47	0.273	0.388	0.54	0.544	0.639	0.744	0.499	0.373	0.388	0.407
	G	0.524	0.366	0.457	0.571	0.577	0.646	0.729	0.508	0.436	0.476	0.472
	W	0.518	0.355	0.423	0.584	0.588	0.652	0.749	0.509	0.403	0.445	0.467
	E	0.597	0.592	0.592	0.541	0.58	0.843	0.664	0.6	0.482	0.49	0.672
Vöhl-Thalitter	N	0.266	0.148	0.12	0.187	0.115	0.392	0.245	0.504	0.323	0.327	0.379
	G	0.416	0.303	0.258	0.345	0.268	0.494	0.392	0.572	0.449	0.45	0.491
	W	0.378	0.2	0.186	0.343	0.199	0.485	0.351	0.585	0.425	0.424	0.501
	E	0.39	0.271	0.271	0.424	0.271	0.49	0.469	0.475	0.417	0.475	0.417
Wassenach	N	0.286	0.145	0.312	0.146	0.358	0.311	0.131	0.297	0.353	0.566	0.297
	G	0.426	0.273	0.432	0.31	0.47	0.42	0.285	0.419	0.467	0.616	0.431
	W	0.375	0.197	0.449	0.26	0.444	0.432	0.212	0.376	0.457	0.639	0.465
	E	0.464	0.271	0.541	0.19	0.528	0.637	0.28	0.533	0.528	0.58	0.522
Weimar	N	0.393	0.351	0.221	0.484	0.415	0.42	0.647	0.351	0.376	0.279	0.562
	G	0.481	0.402	0.358	0.54	0.488	0.497	0.655	0.445	0.442	0.407	0.584
	W	0.458	0.373	0.315	0.548	0.483	0.491	0.676	0.425	0.431	0.412	0.571
	E	0.549	0.36	0.417	0.622	0.728	0.592	0.66	0.592	0.514	0.417	0.672
Wilhelmsdorf	N	0.359	0.169	0.273	0.165	0.715	0.417	0.385	0.263	0.241	0.328	0.561
	G	0.463	0.297	0.385	0.3	0.714	0.502	0.474	0.364	0.369	0.453	0.6
	W	0.432	0.237	0.348	0.234	0.741	0.498	0.482	0.329	0.358	0.431	0.61
	E	0.52	0.28	0.475	0.19	0.731	0.656	0.65	0.417	0.528	0.469	0.705
Wolmirsleben	N	0.365	0.287	0.171	0.463	0.379	0.656	0.615	0.143	0.437	0.209	0.283
	G	0.466	0.376	0.292	0.526	0.461	0.668	0.632	0.268	0.518	0.363	0.402
	W	0.443	0.34	0.229	0.525	0.449	0.691	0.65	0.206	0.51	0.354	0.365
	E	0.493	0.49	0.28	0.559	0.475	0.637	0.677	0.19	0.643	0.469	0.475
Würzburg	N	0.298	0.086	0.125	0.177	0.535	0.309	0.364	0.513	0.214	0.294	0.403
	G	0.432	0.222	0.269	0.331	0.582	0.43	0.474	0.58	0.352	0.423	0.508
	W	0.388	0.1	0.217	0.275	0.595	0.4	0.456	0.614	0.343	0.409	0.503
	E	0.471	0.1	0.344	0.271	0.714	0.58	0.575	0.685	0.41	0.417	0.469
Zwiesel-Rabenstein	N	0.284	0.166	0.081	0.37	0.175	0.426	0.11	0.206	0.532	0.604	0.222
	G	0.426	0.319	0.219	0.471	0.331	0.52	0.263	0.352	0.599	0.634	0.368
	W	0.387	0.244	0.148	0.481	0.269	0.559	0.238	0.284	0.605	0.657	0.398
	E	0.379	0.19	0.1	0.352	0.271	0.627	0.19	0.49	0.475	0.585	0.417

14) Tabelle des Risikos für das Überschreiten der 5- σ -Schranke der Temperatur in einem Zeitraum von 12 Monaten (zeitl. gleitend, ausgewählte Intervalle)

		1900-1999	1900-1909	1910-1919	1920-1929	1930-1939	1940-1949	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999
Berlin	N	0.663	0.668	0.7	0.779	0.713	0.771	0.586	0.457	0.412	0.58	0.774
	G	0.604	0.603	0.643	0.737	0.65	0.715	0.53	0.426	0.384	0.533	0.717
	W	0.68	0.659	0.692	0.785	0.722	0.777	0.59	0.457	0.417	0.578	0.762
	E	0.587	0.65	0.68	0.784	0.559	0.775	0.52	0.3	0.52	0.2	0.748
Dresden	N	0.583	0.333	0.406	0.557	0.622	0.654	0.576	0.578	0.491	0.655	0.788
	G	0.533	0.328	0.388	0.518	0.566	0.599	0.521	0.525	0.446	0.601	0.732
	W	0.598	0.333	0.396	0.557	0.633	0.659	0.578	0.581	0.494	0.654	0.764
	E	0.423	0.3	0.424	0.37	0.37	0.44	0.2	0.46	0.52	0.36	0.73
Hamburg	N	0.308	0.116	0.216	0.325	0.524	0.42	0.142	0.138	0.17	0.354	0.545
	G	0.314	0.165	0.242	0.322	0.479	0.4	0.183	0.192	0.205	0.349	0.495
	W	0.293	0.128	0.216	0.304	0.511	0.405	0.108	0.12	0.17	0.355	0.535
	E	0.226	0.1	0.352	0.1	0.37	0.19	0.1	0	0.19	0.1	0.64
Hohenpeissenberg	N	0.312	0.166	0.15	0.295	0.285	0.455	0.265	0.215	0.161	0.464	0.536
	G	0.321	0.201	0.204	0.304	0.303	0.432	0.285	0.253	0.197	0.436	0.487
	W	0.309	0.151	0.153	0.289	0.292	0.451	0.222	0.218	0.158	0.467	0.53
	E	0.217	0.2	0.19	0.3	0.1	0.44	0.1	0.2	0	0.1	0.52
Jena	N	0.473	0.237	0.241	0.375	0.517	0.635	0.423	0.448	0.317	0.619	0.701
	G	0.443	0.258	0.267	0.368	0.476	0.582	0.397	0.423	0.312	0.568	0.638
	W	0.474	0.221	0.217	0.346	0.505	0.639	0.406	0.448	0.326	0.617	0.687
	E	0.267	0.2	0.19	0	0	0.44	0.3	0.3	0.3	0.28	0.6
Karlsruhe	N	0.696	0.414	0.39	0.607	0.625	0.719	0.667	0.682	0.694	0.858	0.962
	G	0.637	0.387	0.378	0.561	0.564	0.661	0.611	0.622	0.63	0.823	0.96
	W	0.718	0.409	0.393	0.609	0.638	0.715	0.676	0.692	0.693	0.851	0.96
	E	0.579	0.2	0.352	0.46	0.37	0.776	0.37	0.514	0.676	0.82	1
Köln	N	0.497	0.238	0.361	0.508	0.646	0.771	0.464	0.324	0.347	0.526	0.565
	G	0.461	0.256	0.361	0.473	0.583	0.714	0.434	0.336	0.336	0.484	0.513
	W	0.509	0.234	0.356	0.507	0.665	0.763	0.445	0.318	0.355	0.524	0.551
	E	0.434	0.3	0.352	0.46	0.37	0.832	0.3	0.2	0.424	0.44	0.52
München	N	0.686	0.535	0.482	0.689	0.659	0.813	0.647	0.657	0.502	0.748	0.897
	G	0.626	0.482	0.451	0.635	0.597	0.76	0.589	0.599	0.457	0.694	0.864
	W	0.709	0.536	0.48	0.695	0.668	0.811	0.657	0.668	0.503	0.743	0.883
	E	0.521	0.37	0.352	0.514	0.37	0.685	0.46	0.46	0.44	0.6	0.856
Nürnberg	N	0.73	0.601	0.636	0.744	0.765	0.876	0.646	0.574	0.632	0.784	0.871
	G	0.669	0.541	0.579	0.697	0.702	0.835	0.585	0.523	0.567	0.731	0.83
	W	0.753	0.6	0.626	0.749	0.778	0.875	0.653	0.582	0.633	0.77	0.85
	E	0.644	0.46	0.568	0.568	0.514	0.895	0.6	0.46	0.76	0.68	0.8
Potsdam	N	0.632	0.298	0.483	0.606	0.75	0.78	0.587	0.597	0.56	0.646	0.799
	G	0.575	0.302	0.449	0.562	0.687	0.724	0.532	0.54	0.503	0.592	0.744
	W	0.649	0.304	0.478	0.606	0.76	0.785	0.591	0.6	0.557	0.641	0.789
	E	0.545	0.2	0.514	0.64	0.608	0.775	0.46	0.46	0.6	0.36	0.748