



Extremereignisse Auswertung täglicher Klimadaten der Gemeinden Flattach und Rauris

Bericht zu Zielvereinbarung 2008/30

**Ergänzungen zu Bericht:
Extremereignisse in den Gemeinden Flattach und Rauris
(ZV 18)**

Anita Jurković, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Wien, Dezember 2007

1. Einleitung:

Die Auswertung und Analyse von Extremereignissen bzw. Extremjahren ist ein wichtiger Bestandteil der heutigen Klimatologie. Auf Basis von täglichen Niederschlagsdatensätzen der beiden Gemeinden Rauris und Flattach erfolgte im Rahmen der 18. Zielvereinbarung die Analyse charakteristischer und aussagekräftiger „Climate Indizes“ wie:

- **SPII** (Simple Precipitation Intensity Index)
- **RX1day, RX5day** (Rain maximum **1** bzw. **5-day**)
- R10mm, R20mm, R25mm (jährliche Häufigkeit von extremen Niederschlägen)
- R95p bzw. R99p (Perzentilüberschreitungen)
- **cdd** und **cdw** (consecutive **dry days** und consecutive **wet days**)

In Anlehnung an jenen Bericht, widmet sich diese Zielvereinbarung der heiß umstrittenen Fragestellung, ob sich die Häufigkeit bzw. Intensität der auftretenden Extremereignisse signifikant verändert hat.

Die Berechnung der Wiederkehrzeit, welche mittels Anpassung der Zeitreihe an die theoretische Gumbelverteilung erfolgte, erwies sich hierbei als adäquates Mittel zur Risikoanalyse. In einem ersten Schritt wurden Wiederkehrzeiten aus täglichen Messdaten des Niederschlages für die Gemeinden Flattach und Rauris berechnet und in Hinblick auf Änderung ihres Extremverhaltens für den Zeitraum 1901-2006 untersucht.

Weiters wurden Wiederkehrzeiten von einigen ausgesuchten „Climate Indizes“ kalkuliert. Die Resultate wurden einander gegenübergestellt und ebenfalls für zwei gleichlange Sub-Perioden (1901-1953 vs. 1954-2006) untersucht. Mit Hilfe des Mann-Whitney U-Tests konnten letztendlich eventuelle signifikante Unterschiede an den Messstellen aufgelistet und geprüft werden.

2. Wiederkehrzeit:

Die Wiederkehrzeit ist ein Maß dafür, wie oft ein betrachtetes Ereignis innerhalb einer Zeitspanne eintritt. Das Risiko ist schließlich die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls das betrachtete Ereignis mindestens einmal auftritt.

Quelle: Jonas M., Staeger T., Schönwiese Ch.-D., 2005

Die Änderung der Häufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit und Intensität von Extremereignissen hat besonders gravierende Auswirkungen im Sektor der Ökologie und Ökonomie und beeinflusst somit das Leben des Menschen in starkem Maße. Wie beispielsweise das Hochwasser im August 1966, welches einen Ortsteil in Flattach komplett zerstörte und drei Menschenleben forderte. Bei diesem Ereignis fielen an die 200 mm Niederschlag, was in etwa dem zweifachen Durchschnittswert des Augustes entspricht (Auer *et al.*, 2007).

Wie bereits allgemein bekannt, nimmt die Häufigkeitsverteilung von der klimatologischen Größe Niederschlag stets eine linkssteile/rechtsschiefe Form an, vgl. dazu Abb. 1. Je geringer die zeitliche Auflösung ist, desto exzessivere Formen nimmt die Verteilung an. Bei täglichen Niederschlagsdaten beträgt der Modalwert meist 0mm und nimmt aufgrund dessen eine viel stärkere exzessive Verteilungsform an als bei monatlichen Niederschlagsdaten.

Um von zufälligen Stichprobeneigenschaften unabhängig zu sein (Schönwiese, 2000) und somit allgemeine Aussagen treffen zu können wurde nach dem gebräuchlichsten Prinzip in der Statistik, dem Prinzip der maximalen Ähnlichkeit, an diese empirische Verteilung die theoretische Gumbelverteilung angepasst (vgl. Abb.2) und Wiederkehrzeiten berechnet. Die Gumbelverteilung ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung und findet häufige Anwendung in der Extremwerttheorie.

Die theoretische Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion wird durch:

$D(x) = 1 - \exp(-\exp(x-\alpha)/\beta)$ beschrieben.

Wobei α und β charakteristische Parameter darstellen, welche aus den Momenten der jeweils betrachteten Zeitreihe berechnet werden können.

Mittelwert: $\mu = \alpha - \gamma\beta$

Mit γ als Erwartungswert, welcher auch als Euler-Mascheroni-Konstante bezeichnet wird und den Wert 0.5772 annimmt.

Varianz: $\sigma^2 = 1/6\pi^2\beta^2$

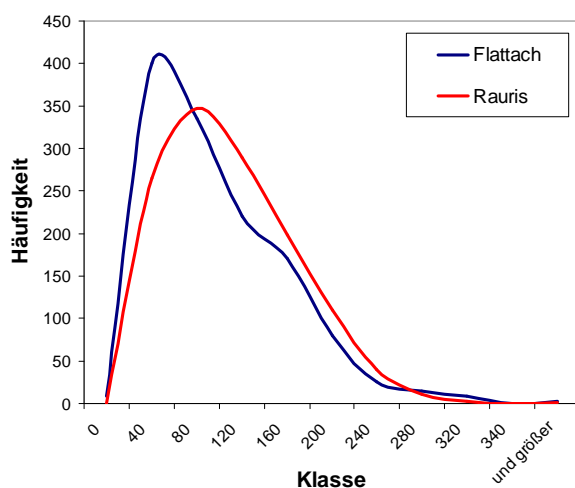


Abb.1: empirische Häufigkeitsverteilung des Parameters Niederschlag (Monatsdaten) der Station Flattach und Rauris

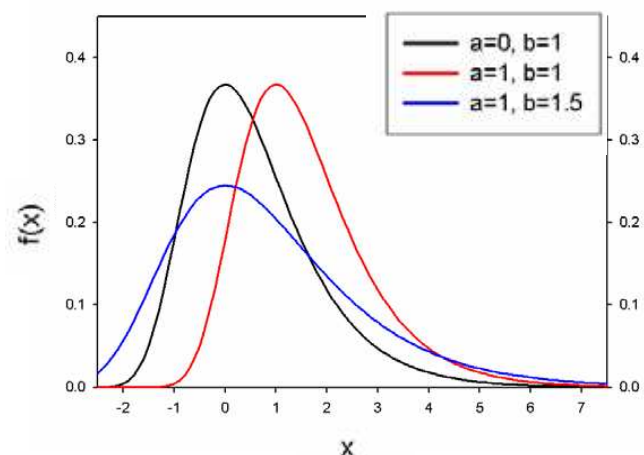


Abb.2: theoretische Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion (PDF) der Gumbelverteilung mit verschiedenen Parameterkombinationen

2.1. Ergebnisse:

Datengrundlage bildeten hierbei Zeitreihen in monatlicher (Berechnung der Wiederkehrzeiten von speziellen Climate Indizes) sowie in täglicher Auflösung (homogene, tägliche Niederschlagsreihen). Weiters wurden auch die Wiederkehrzeiten zweier gleichlanger sub-Perioden berechnet und einander gegenübergestellt. Dabei wird der Zeitabschnitt 1901-1953 der ersten timeslice (ts1) bzw. 1954-2006 der zweiten timeslice (ts2) zugeordnet.

- **Climate Indizes:**

a) Index SPII :

Dieser Index stellt ein Maß für die mittlere Niederschlagsintensität dar (genaue Definition, vgl. ZV 18). Seit Beginn des 20. Jahrhunderts nimmt sowohl die Niederschlagsmenge wie auch die Intensität merklich ab, der SPII Wert nimmt um 1.5mm/Niederschlagstag ab (Auer et al., 2007). In Rauris nimmt der SPII Index geringere Werte als in Flattach an. Dabei kehrt das SPII Maximum an der Messstelle Rauris von 11mm/Niederschlagstag alle 99 Jahre wieder, siehe Abb.3. Derselbe Wert tritt in Flattach dagegen schon alle 5 1/2 Jahre auf. Damit wird gezeigt, dass die Niederschlagsintensität in Flattach weit höher ist als in Rauris.

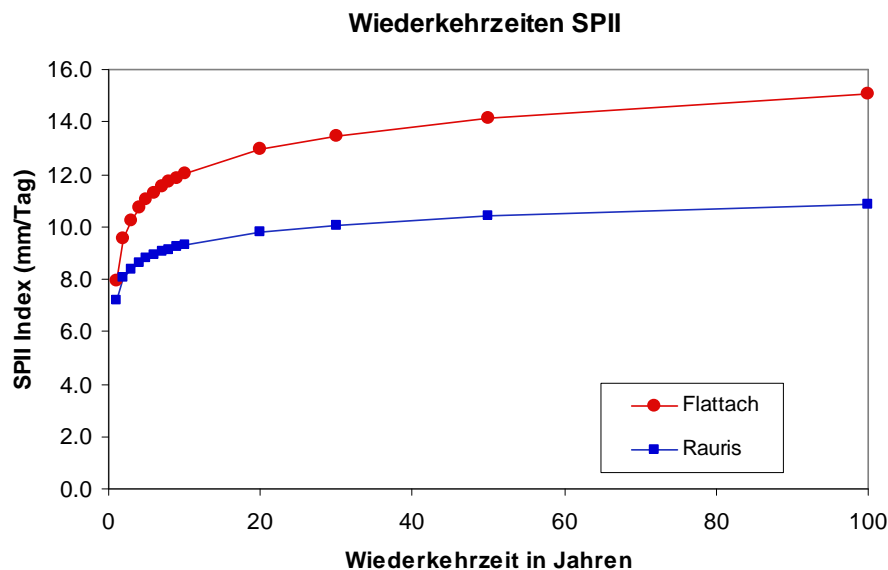


Abb.3: Wiederkehrzeiten der mittleren Niederschlagsintensität an den Messstellen Flattach und Rauris

Bei der Gegenüberstellung beider Perioden (1901-1953 vs. 1954-2006) ergeben sich an der Station Flattach deutliche Unterschiede bei den Wiederkehrzeiten, während an der Messstelle Rauris diese Differenzen geringer ausfallen. An der Station Flattach treten in der ersten Periode (ts1) kürzere Wiederkehrzeiten hoher SPII Index Werte als in der zweiten Periode auf, dies demonstriert auch Abb.4. Die Differenzen betragen hier im Mittel etwa 1 Jahr, wohingegen an der Messstelle Rauris so gut wie keine Unterschiede festzustellen waren.

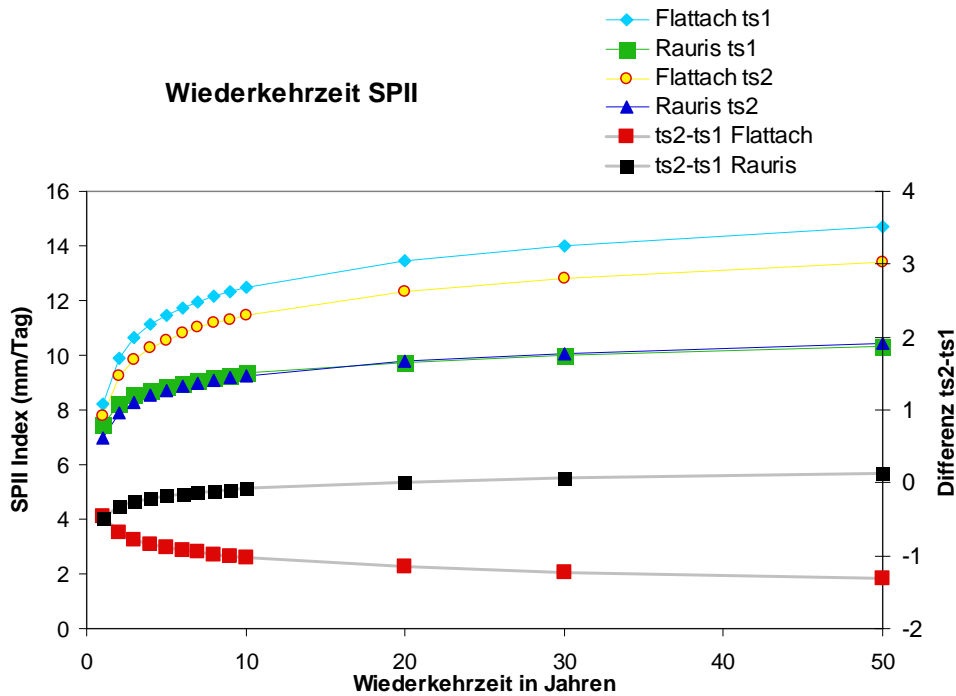


Abb.4: Wiederkehrzeiten der beiden sub-Perioden und Differenz dieser an den beiden Stationen

b) Index RX1day:

Ist die höchste Tagesniederschlagssumme innerhalb eines fix definierten Zeitraumes. Im Rahmen dieser Zielvereinbarung wurden Wiederkehrzeiten des RX1day Indizes für das gesamte Jahr und die vier Jahreszeiten berechnet.

Gesamtjahr:

Wie auch beim SPII Index treten die höheren Niederschlagswerte in Flattach auf. Das Maximum in Flattach wurde am 3. November 1966 verzeichnet. In Flattach verzeichnete man 136,3 mm Niederschlag, diese beachtliche Menge löste die dritte Hochwasserkatastrophe in Folge aus und verursachte enorme Sachschäden. Dieser Extremwert hat eine theoretische Wiederkehrzeit von 112 Jahren. Diese Menge an Niederschlagswasser tritt von 1901-2006 nicht ein einziges Mal an der Station Rauris auf, theoretisch könnte dieser maximale 24-stündige Niederschlagswert dort alle 4100 Jahre auftreten. An der Station Rauris beobachtete man den maximalen Wert von 93 mm am 4. November 1966. Dieses Extremereignis hat eine theoretische Wiederkehrzeit von 106 Jahren und tritt dagegen an der Messstelle Flattach schon alle 11 Jahre auf (siehe Abb.5).

Wiederkehrzeit RX1day / Jahr

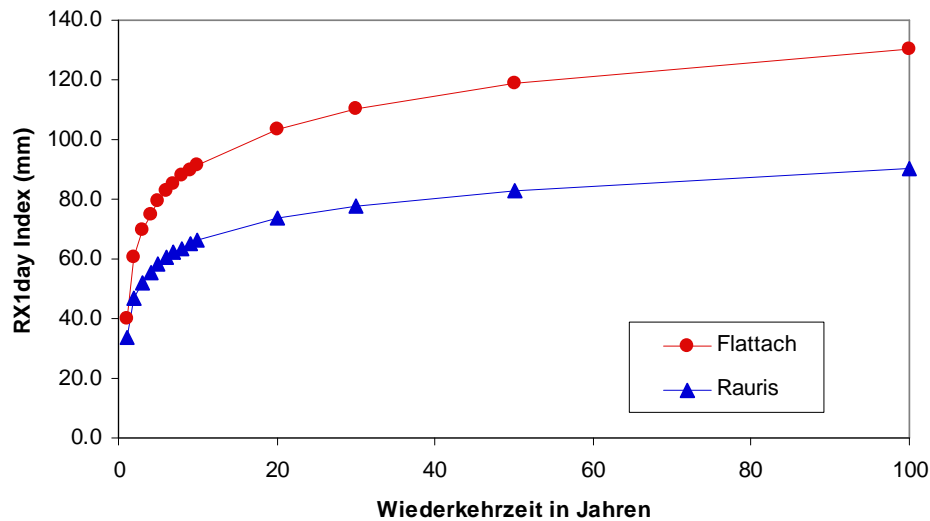


Abb.5: Wiederkehrzeiten des maximalen 24-stündigen Niederschlags

Der Vergleich beider Abschnitte zeigt bei den Wiederkehrzeiten negative Differenzen an der Messstelle Flattach und positive Differenzwerte an der Messstelle Rauris. Obwohl der maximale Wert in der zweiten Periode gemessen wurde, treten aufgrund der theoretischen Annäherung, an der Station Flattach, wie schon beim SPII Index, kürzere Wiederkehrzeiten hoher RX1day Index Werte in der ersten timeslice auf. An der Messstelle Rauris entspricht der obere Schwellwert dem empirischen Richtwert, welches zu positiven Differenzen führt (vgl. Abb. 6).

Jahreszeitliche Unterschiede der Wiederkehrzeit:

Flattach: Im Herbst ist überwiegend ein Trend zu kürzeren Wiederkehrzeiten extrem hoher Werte feststellbar, im Frühling, Sommer und Winter dagegen zu längeren Wiederkehrzeiten extremer Ereignisse. Somit steigt das Risiko für stärkere Niederschläge im Herbst (vgl. Abb.7).

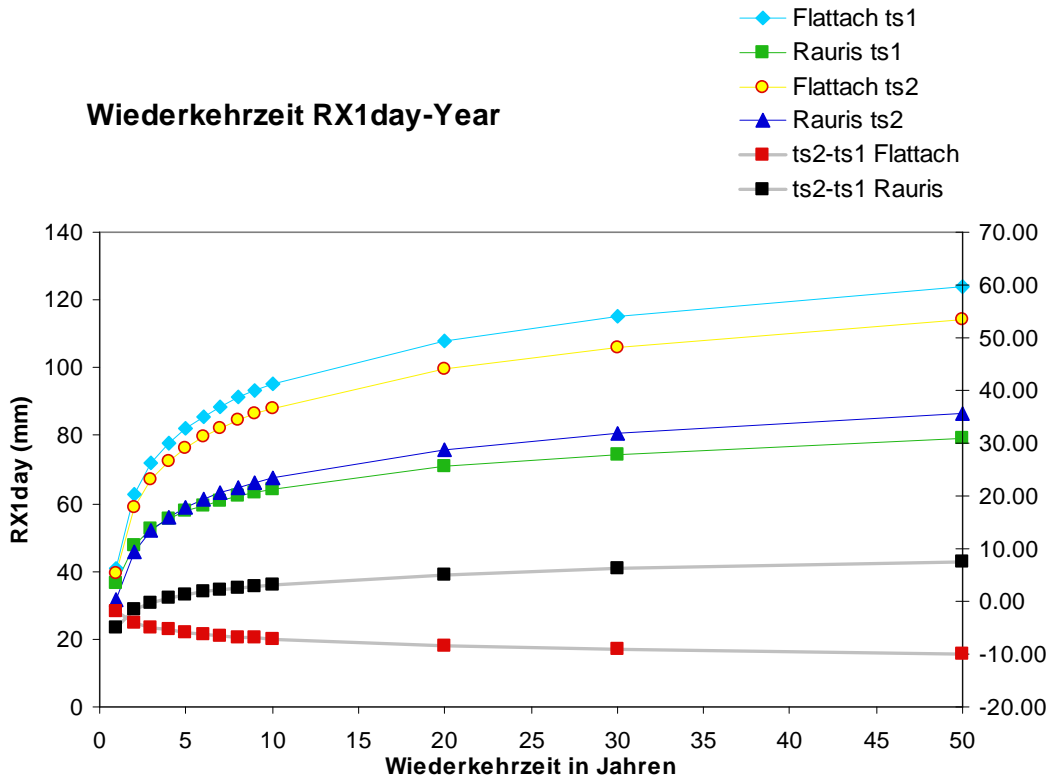


Abb. 6: Wiederkehrzeiten der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an den beiden Stationen

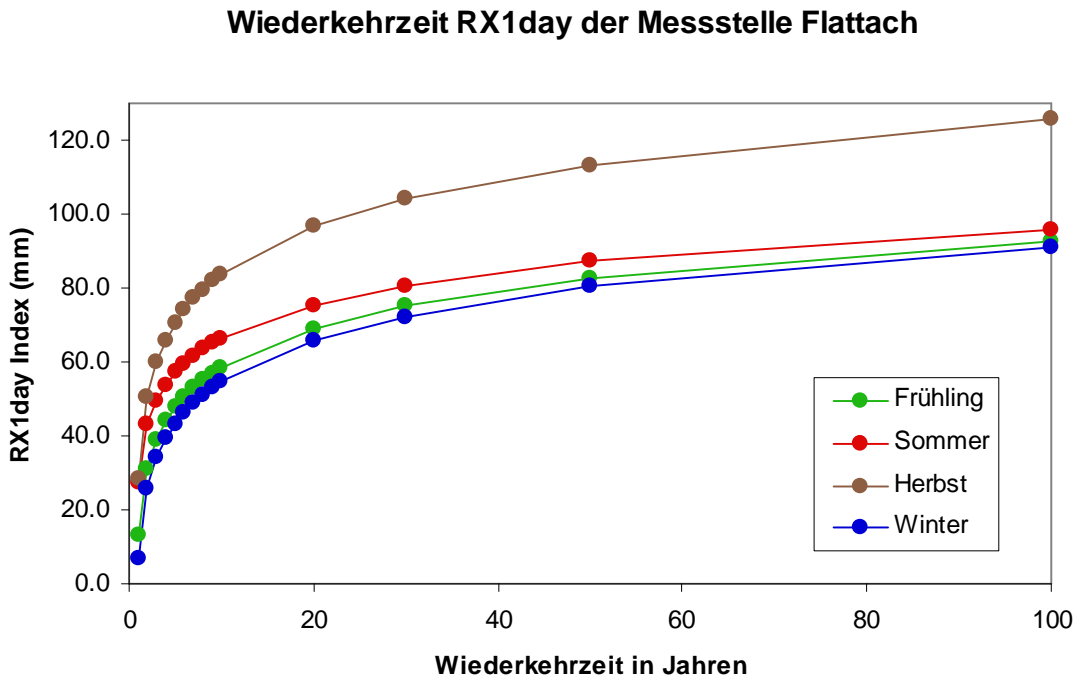


Abb. 7: Jahreszeitliche Wiederkehrzeiten der Messstelle Flattach

Rauris: In Rauris ergibt sich ein weit homogeneres Aussehen der Wiederkehrzeiten. In diesem Gemeindegebiet besteht im Frühling das geringste Risiko das ein Extremereignis auftritt, das höchste Risiko verzeichnen dagegen die Wintermonate (vgl. Abb.8).

Wiederkehrzeit RX1day der Messstelle Rauris

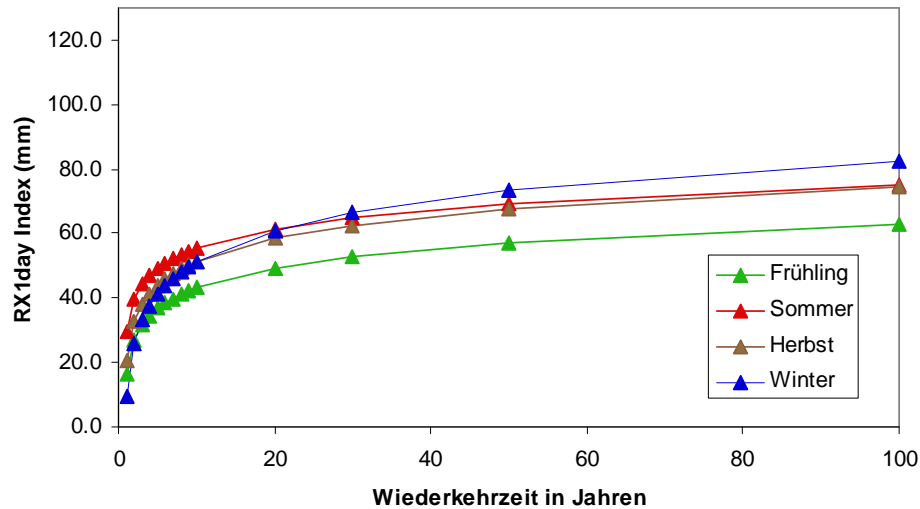


Abb. 8: Jahreszeitliche Wiederkehrzeiten der Messstelle Rauris

Bei der Gegenüberstellung beider sub-Perioden kommen an der Messstelle Rauris bei praktisch allen Jahreszeiten positive Differenzwerte heraus. Einzig der Winter zeigt negative Differenzen, d.h. in dieser Jahreszeit treten kürzere Wiederkehrzeiten für Extremereignisse innerhalb der ersten Periode auf, siehe Abb.9.

Wiederkehrzeit RX1day-Jahreszeiten Rauris

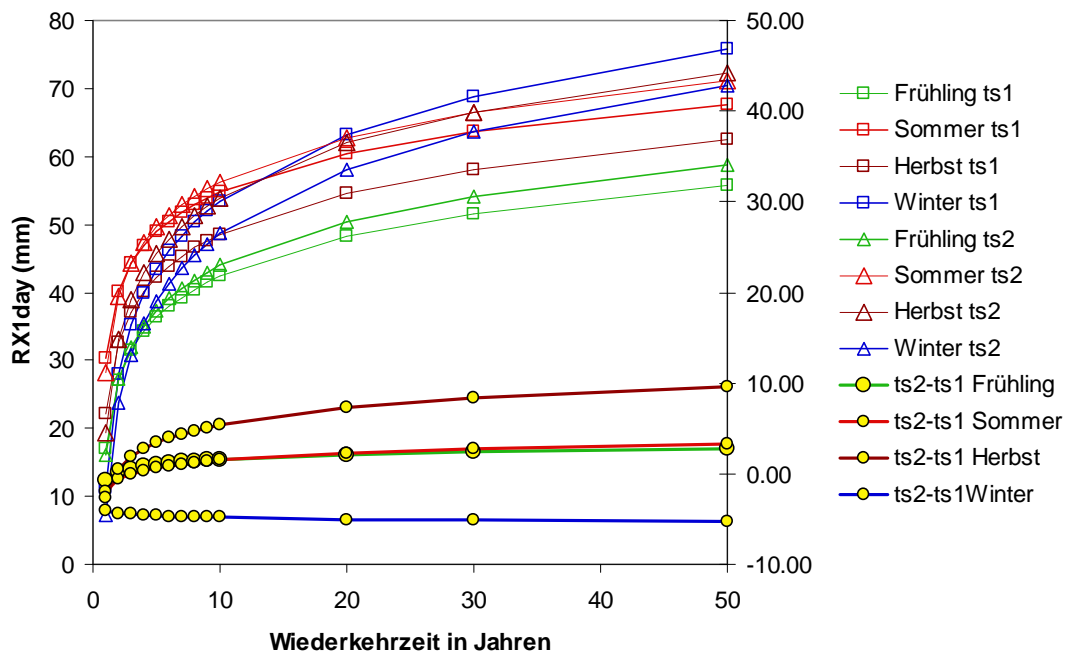


Abb.9: Wiederkehrzeiten der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an der Station Rauris

Im Gegensatz dazu zeigt die synthetische Reihe Flattach, negative Differenzwerte von bis zu 20 Jahren in den Frühlings- sowie als auch in den Wintermonaten. Der Sommer und Herbst dagegen weisen nur minimale Unterschiede bei den Wiederkehrzeiten auf (vgl. Abb.10).

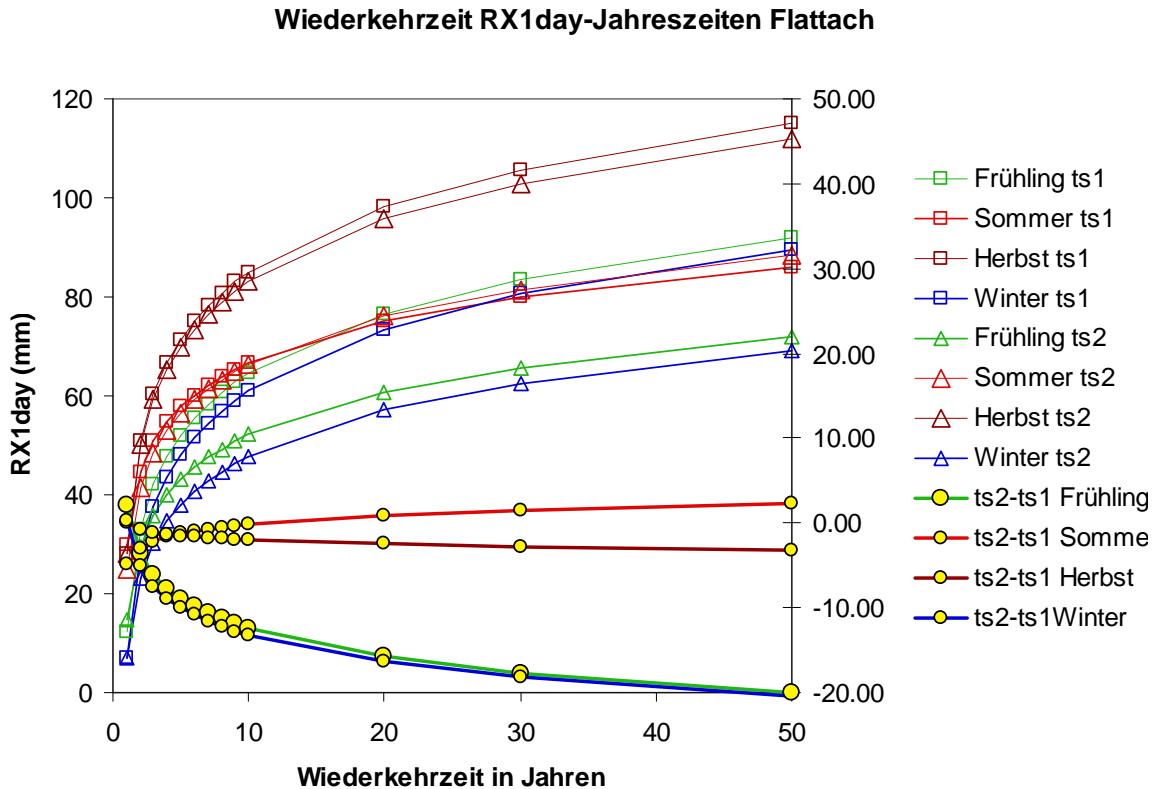


Abb.10: Wiederkehrzeiten der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an der Station Flattach

c) Index RX5day:

Ist die höchste 5-Tagesniederschlagssumme innerhalb eines fix definierten Zeitraumes. Wie bereits beim RX1day Index wurden Wiederkehrzeiten für das gesamte Jahr und die vier Jahreszeiten berechnet.

Gesamtjahr:

Die absoluten Maxima wurden an der Station Flattach (230l/m²) sowie an der Messstelle Rauris (162l/m²) im Hochwassermonat August 1966 beobachtet. Aufgrund der Anzahl an Beobachtungsjahren wurde eine theoretische Wiederkehrzeit, dabei wurde der obere Schwellwert sehr gut geschätzt, von rund 100 Jahren für solche Extremereignisse berechnet, siehe Abb. 11. Das 5-Tagesmaximum der Station Rauris tritt in Flattach alle 10. Jahre ein.

Wiederkehrzeit RX5day / Jahr

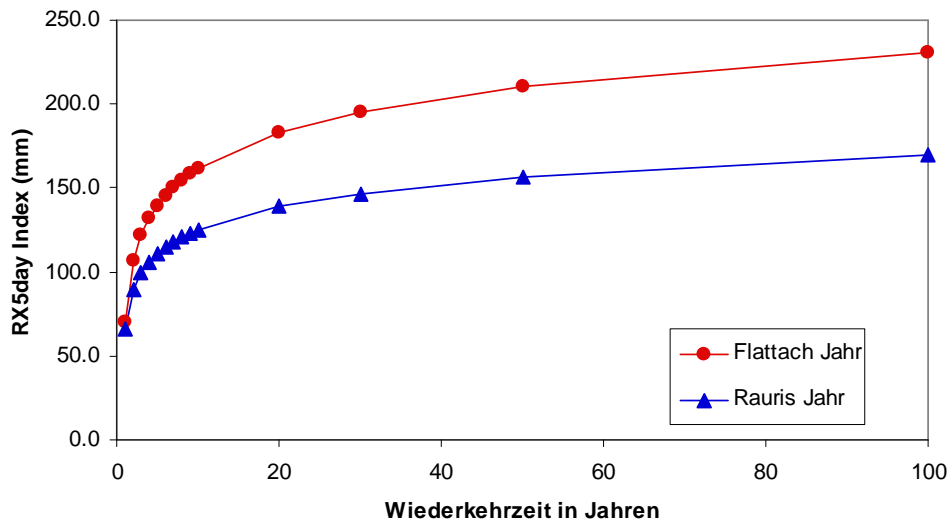


Abb. 11: Wiederkehrzeiten der maximalen 5-Tagesniederschlagssumme

Die Gegenüberstellung der Wiederkehrzeiten der zwei gleichlangen Perioden (ts1 vs.ts2) liefert dasselbe Bild wie bei den maximalen Tagesniederschlagssummen (vgl. Abb. 12): negative Differenzen in Flattach und positive Differenzen in Rauris. Wiederum überschätzt an der Station Flattach die theoretische Gumbel-Annäherung in der ersten Periode den oberen Schwellenwert und beeinflusst somit das Ergebnis nicht unwesentlich.

Wiederkehrzeit RX5day-Year

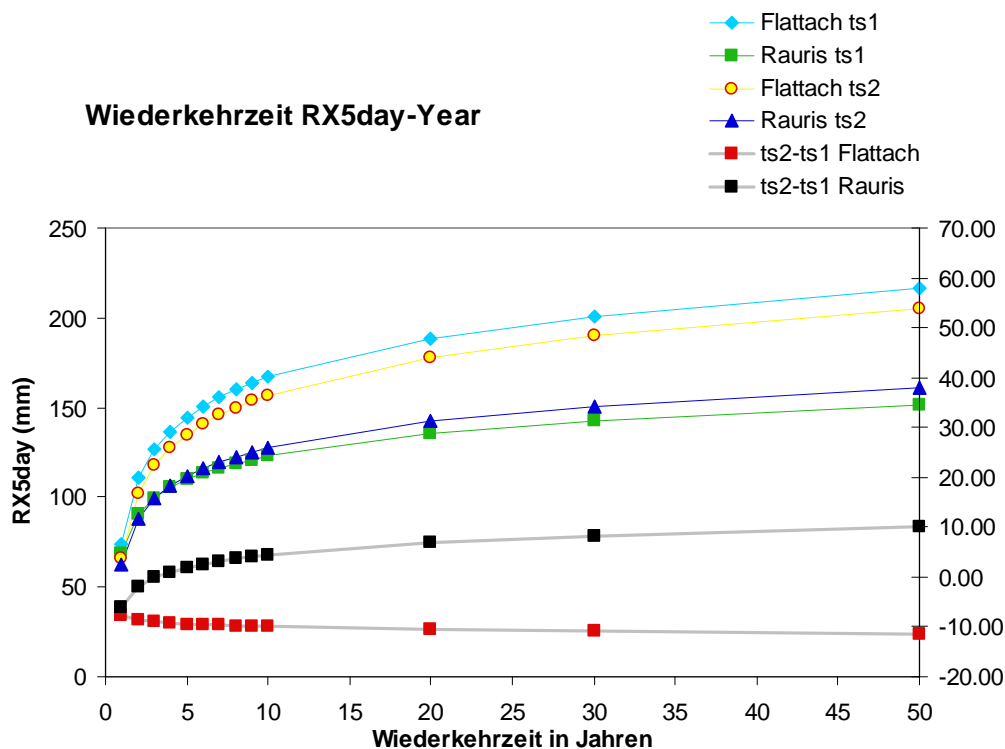


Abb. 12: Wiederkehrzeiten der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an den beiden Stationen

Jahreszeitliche Unterschiede der Wiederkehrzeit:

Flattach: Die höchste 5-Tagesniederschlagssumme tritt im Normaljahresgang in den Herbstmonaten auf (Auer et al, 2007). Im Herbst sind kürzere Wiederkehrzeiten hoher RX5day Werte feststellbar, somit steigt das Risiko für lang anhaltende und starke Niederschläge besonders in dieser Jahreszeit, vgl. Abb. 13.

Wiederkehrzeit RX5day der Messstelle Flattach

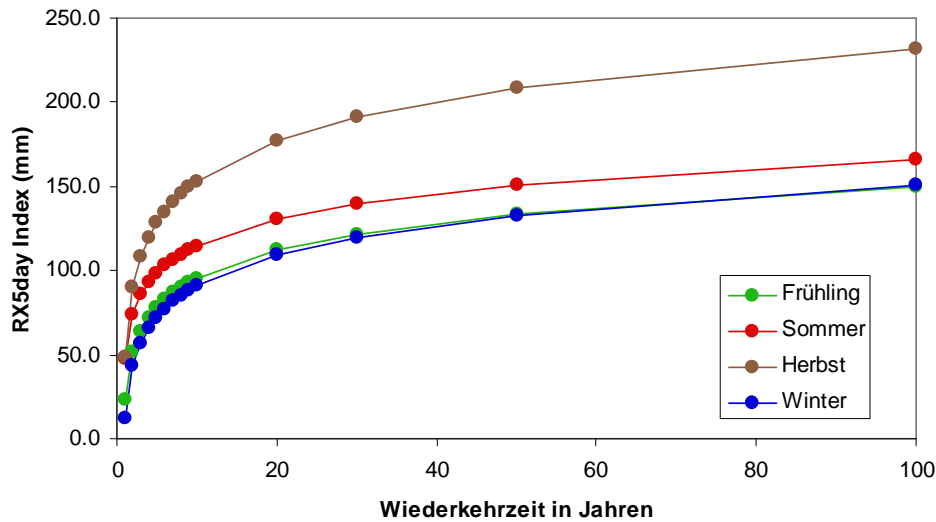


Abb. 13: Jahreszeitliche Wiederkehrzeit der Messstelle Flattach

Rauris: Die Differenzen der Wiederkehrzeiten unter den Jahreszeiten sind marginal. Die höchste Wahrscheinlichkeit, dass ein Maximum der 5 Tagesniederschlagssumme auftritt ist in den Sommer- bzw. Wintermonaten gegeben, siehe Abb.14.

Wiederkehrzeit RX5day der Messstelle Rauris

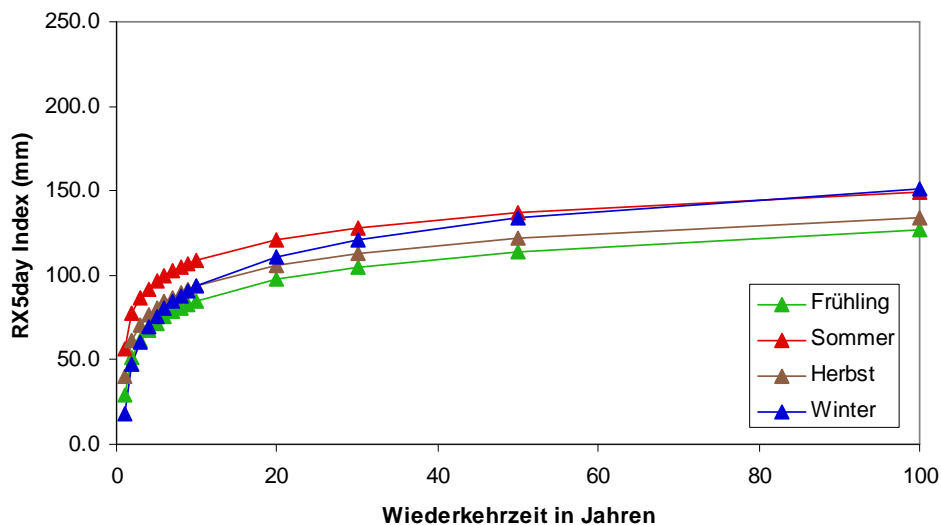


Abb.14: Jahreszeitliche Wiederkehrzeit der Messstelle Rauris

Durch den Vergleich der zwei gewählten Zeitabschnitte wird ersichtlich, dass an der Messstelle Rauris nur in den Wintermonaten kürzere Wiederkehrzeiten für die erste Periode berechnet wurden (Abb. 15).

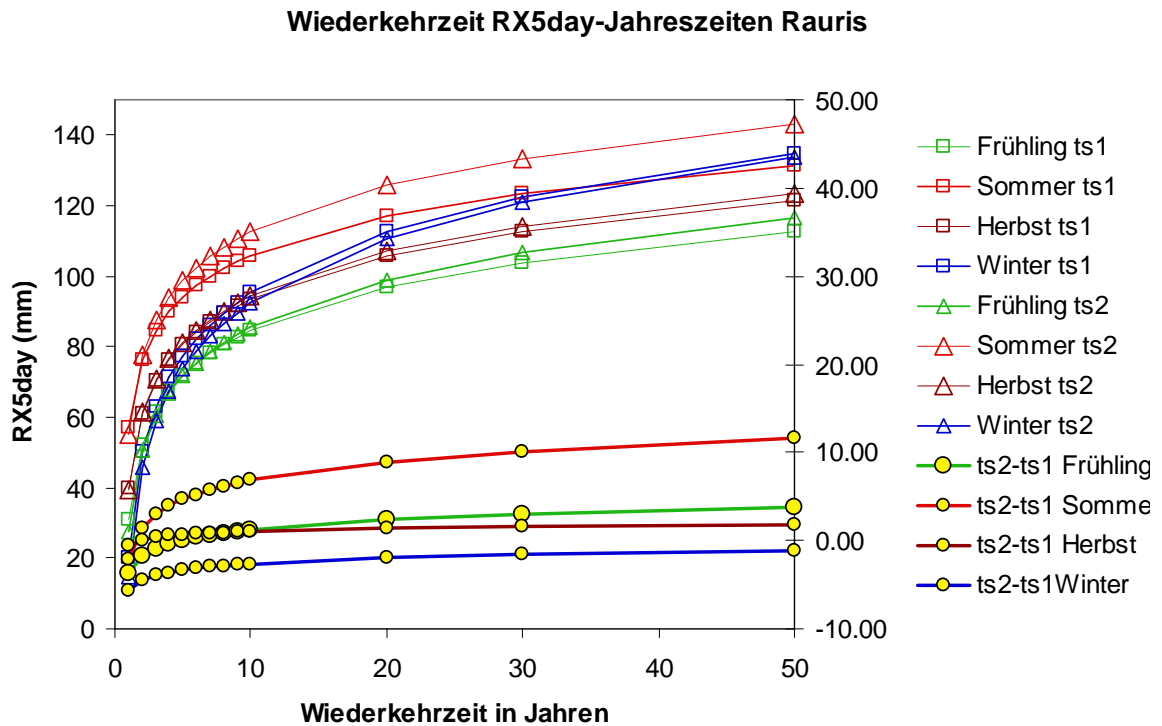


Abb.15: Wiederkehrzeit der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an der Station Rauris

Das absolute Maximum des RX5day Indexes verzeichnete die Zeitreihe flach in der zweiten Periode im August 1966. Somit treten nur im Sommer beim Vergleich der beiden Abschnitte positive Differenzwerte bei der Wiederkehrzeit auf. In allen anderen Jahreszeiten ordnete man den höheren Wert der ersten Periode zu, was zu negativen Differenzen führte. Beispielsweise beträgt das Herbstmaximum der ersten Periode 219 mm, das der zweiten Periode 201 mm. Während für die zweite Periode für den Wert 200 mm eine theoretische Wiederkehrzeit von 40 Jahren berechnet wurde, betrug diese in der ersten Periode nur mehr 30 Jahre (vgl. Abb. 16).

Wiederkehrzeit RX5day-Jahreszeiten Flattach

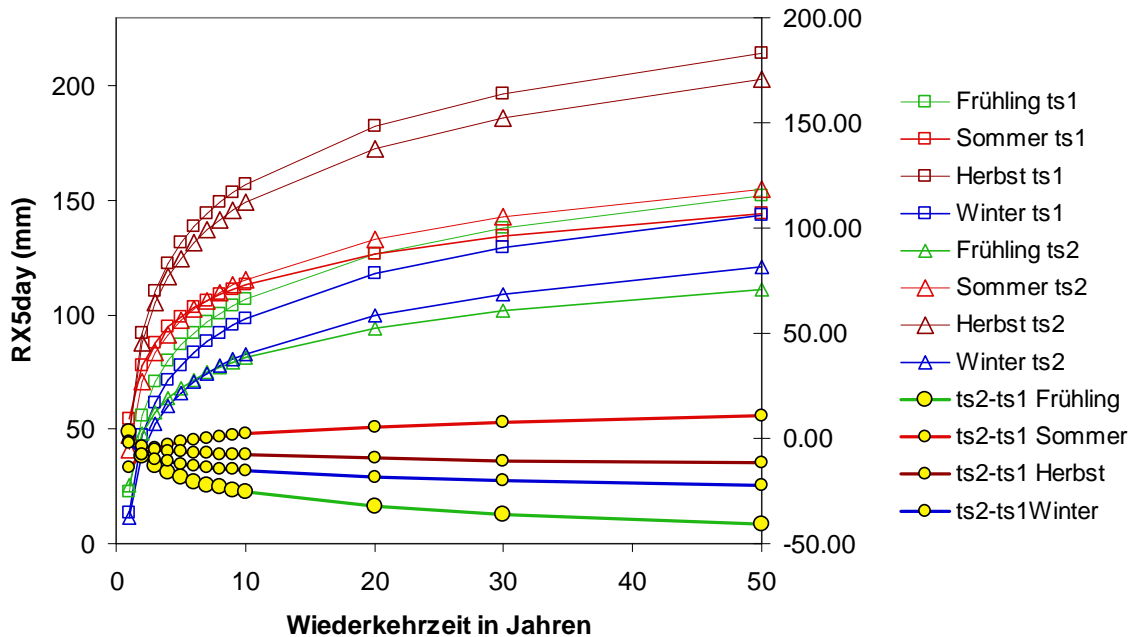


Abb.16: Wiederkehrzeit der beiden sub-Perioden und Differenzen dieser an der Station Flattach

d) Indizes cdd und cwd:

Während der cdd Index die maximale Länge einer Trockenperiode darstellt, ist der cwd Index ein Maß für die Länge einer Niederschlagsperiode.

An der Station Flattach trat die längste niederschlagsfreie Periode von 13.12.1966 bis 16.02.1967 auf und zählte somit 66 Tage. Die Gumbel-Näherung liefert für 63 Tage eine 100 jährige Wiederkehrzeit, und trifft somit den empirischen Richtwert sehr gut.

In Rauris kommen solch langen Trockenperioden von 1901-2006 nicht vor, das Maximum beträgt hier 43 Tage und wird dem Winter 1953 zugeordnet. Dieses extreme Ereignis wiederholt sich jedes Jahrhundert einmal.

Beim cwd Index ergeben sich die geringsten Differenzen zwischen der Station Rauris, nördlich des Alpenhauptkammes und der Station Flattach südlich des Alpenhauptkammes. An der Messstelle Flattach wiederholt sich die maximale Niederschlagsperiode, welche 12 Tage zählt, alle 90 Jahre. An der Station Rauris tritt dies schon alle 20. Jahre ein (siehe Abb. 17).

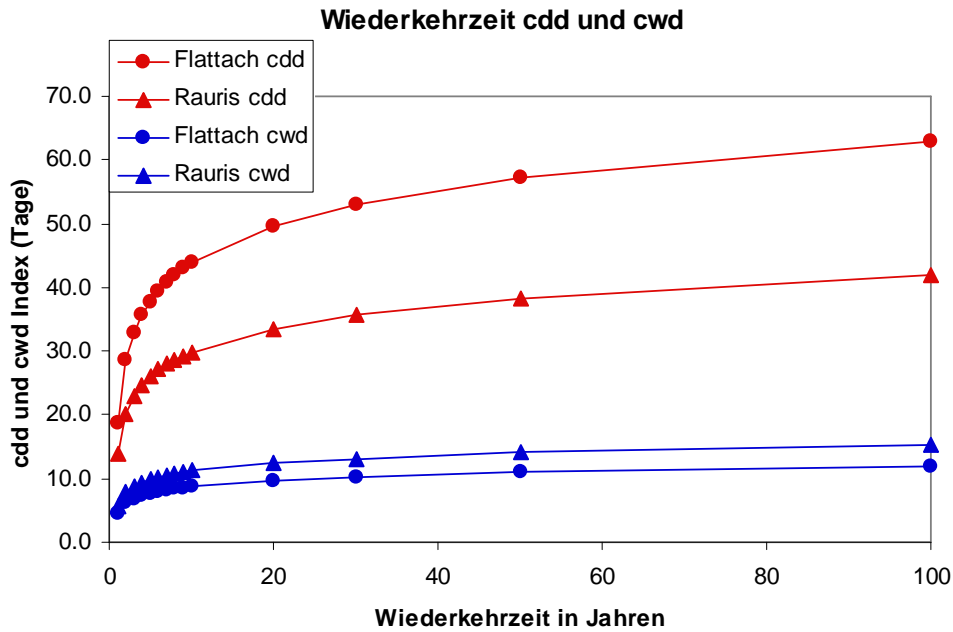


Abb. 17: Wiederkehrzeit der längsten Trocken (cdd) bzw. längsten Niederschlagsperiode (cwd)

Die markanteren Unterschiede treten an der Station Flattach auf. Mit einem Maximum von 50 niederschlagsfreien Tagen in Folge in der ersten Periode bzw. 66 niederschlagsfreien Tagen in der zweiten Periode, ergeben sich damit positive Differenzen von bis zu 8 Jahren bei der Wiederkehrzeit. Bei der Zeitreihe von Rauris tritt das Maximum mit 43 Regentagen dahingegen in der zweiten Periode auf und führt somit zu leicht negativen Differenzwerten, siehe Abb. 18.

Beim cwd Index kommt es sowohl an der Station Rauris wie an der Station Flattach zu keinen nennenswerten Unterschieden zwischen beiden Perioden, vergleiche dazu Abb. 19.

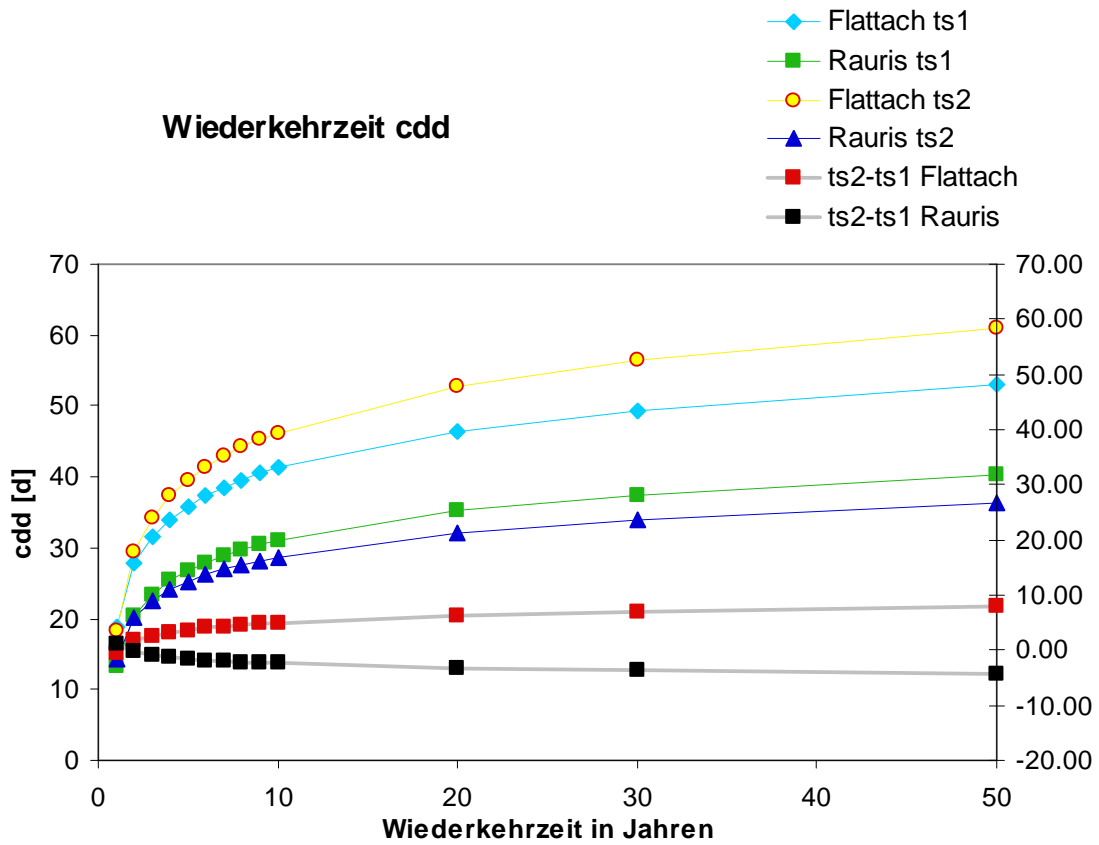


Abb. 18: Wiederkehrzeit von längsten Trockenperioden

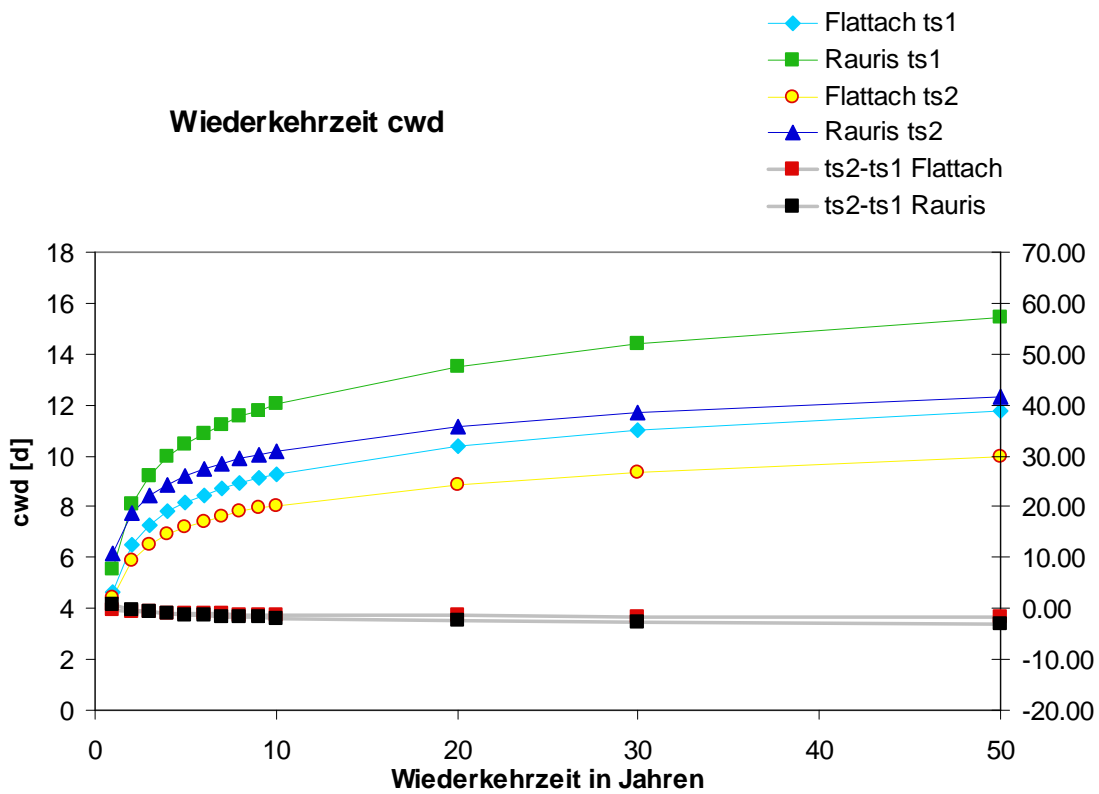


Abb. 19: Wiederkehrzeit von längsten Niederschlagsperioden

- **Wiederkehrzeit täglicher Niederschlagsereignisse:**

Die Anpassung mittels Gumbelverteilung konnte auch auf die tägliche Niederschlagsreihe der beiden Stationen angewendet werden. Dabei wurden für jedes Jahr die Wiederkehrzeit berechnet. Mittels logarithmischer Trendanpassung konnte dann invers dazu für ein bestimmtes Niederschlagsereignis, wie in diesem Falle 20mm, die Wiederkehrzeit in Tagen explizit angegeben und in weiterer Folge im Diagramm dargestellt werden.

Flattach: Mit nur 604,8 mm Niederschlag erwies sich das Jahr 1932 als sehr trocken. Der deutliche Peak der Wiederkehrzeit in Abbildung 20 deutet dies ebenso an. Lediglich alle 65 Tage tritt in diesem Extremjahr ein Ereignis, welches in 24 Stunden 20mm Niederschlag mit sich bringt, ein. Im Großen und Ganzen verzeichnet die Station Flattach einen signifikanten (die Signifikanz wurde durch Zuhilfenahme des Mann-Kendall Trendtests geprüft), positiven Trend der Wiederkehrzeiten. Anders formuliert: Tendenziell wiederholen sich Niederschlagsereignisse, die 20mm Regen mit sich bringen weniger häufig als es noch zu Beginn der Zeitreihe der Fall war.

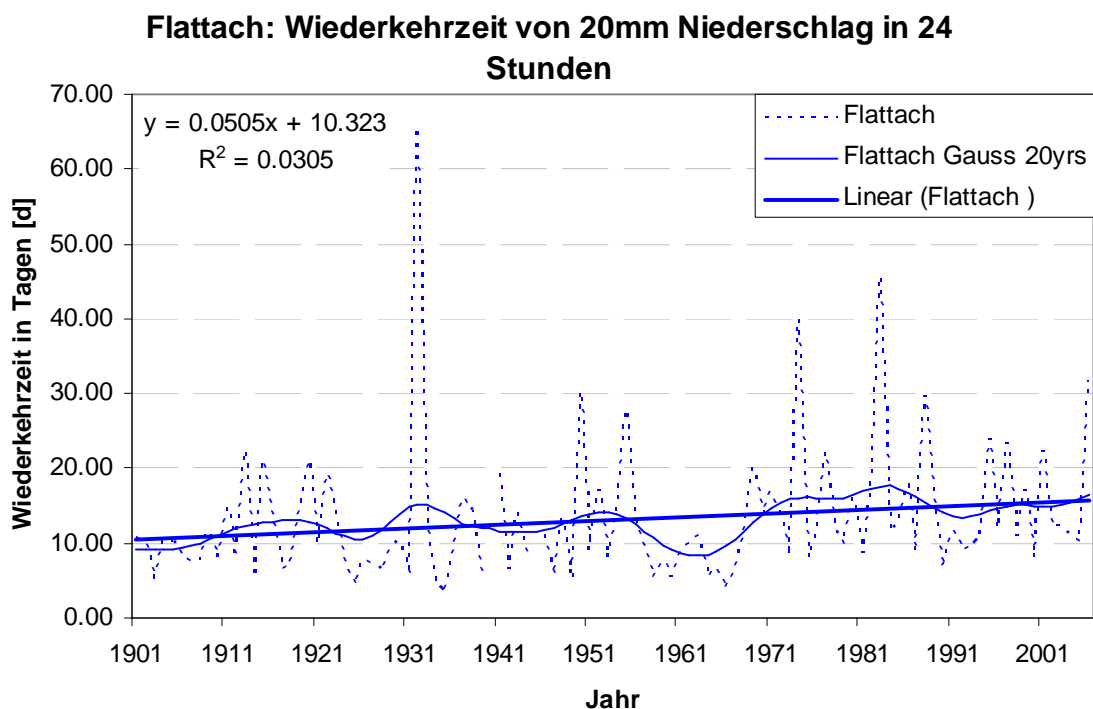


Abb. 20: Wiederkehrzeit des Niederschlagsereignisses 20mm/24 Stunden an der Messstelle Flattach

Rauris: An dieser Messstelle zeichnet sich ein deutlicher positiver und signifikanter Trend bei der Wiederkehrzeit ab. Die errechnete Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) des Mann-Kendall Trendtestes liegt mit 0.00012 deutlich unter der angenommenen Irrtumswahrscheinlichkeit, welche bei einer statistischen Sicherheit von 95% einen Wert von 0.05 annimmt. Die Niederschlagssumme im Jahr 1993 betrug nur 831mm, was in etwa 75% der durchschnittlichen Niederschlagssumme von 1971-2000 entspricht. 1993 war somit das trockenste Jahr der betrachteten Periode, was auch insofern

Auswirkungen auf die kalkulierte Wiederkehrzeit hat und somit die markante Spitze in Abbildung 21 erklären lässt.

Rauris: Wiederkehrzeit von 20mm Niederschlag in 24 Stunden

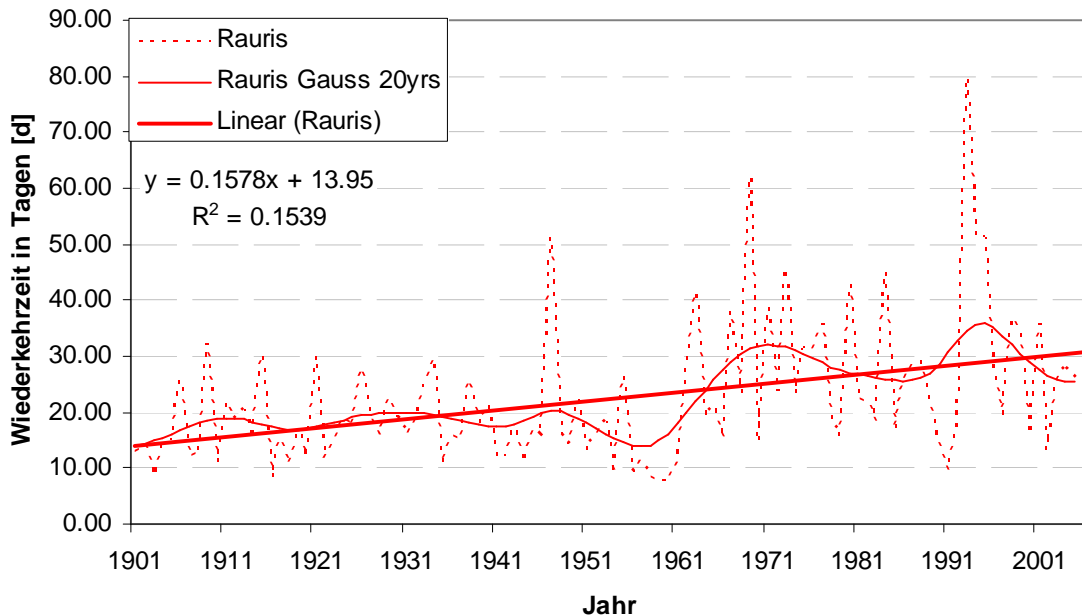


Abb. 20: Wiederkehrzeit des Niederschlagsereignisses 20mm/24 Stunden an der Messstelle Rauris

3. Prüfung der Signifikanz:

Beim Vergleich der Ergebnisse der Wiederkehrzeiten traten an den Stationen Flattach und Rauris bzw. zwischen den 2 Zeitabschnitten mehr oder minder starke Differenzen auf. Die Fragestellung, ob sich diese Differenzen im Bereich der Toleranz befinden oder ob es sich hierbei um signifikante Unterschiede handelt, soll mittels parameterfreiem Signifikanztest nach Mann-Whitney beantwortet werden.

3.1. Methodik:

Signifikanztest nach Mann-Whitney: Um zwei beliebige Stichproben-Häufigkeitsverteilungen hinsichtlich zufälligem Unterschied zu prüfen ist es sinnvoll den Wilcoxon, Mann und Whitney-Test (in der Literatur auch häufig als U-Test bezeichnet) heranzuziehen (Schönwiese, 2000). Der hier verwendete U-Test wurde 1947 von Mann und Whitney entwickelt und basiert auf dem Wilcoxon Test (1945) für unabhängige Stichproben. Er ist ein parameter- und verteilungsfreier Homogenitätstest und das Gegenstück zu parametrisierten Tests, wie beispielsweise dem t-Test. Der U-Test liefert genauere Ergebnisse und kann auch bei Normalverteilungen als Prüftest herangezogen werden (Sachs, 1974). Bei dem U-Test müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden:

- die Daten müssen unabhängig sein (dies wurde mit dem Box-Pierce Test überprüft)
- die zwei zu vergleichenden Stichproben müssen die gleiche Verteilungsform aufweisen

- die Stichproben dürfen nicht allzu klein sein ($n_a, n_b > 10$ nach Schönwiese; $n_a, n_b > 8$ nach Sachs)
- die Daten sollten sich in Rangordnung befinden

Dieser Test überprüft die Übereinstimmung der Signifikanz zweier Verteilungen, also ob zwei unabhängige Verteilungen A und B (zum Beispiel eine unbeeinflusste und eine beeinflusste) zu derselben Grundgesamtheit gehören. Der Test reagiert empfindlich auf Medianunterschiede, weniger empfindlich bei unterschiedlichen Schiefen und gänzlich unempfindlich bei Varianzunterschieden. Hat man nun zwei Stichproben vor sich, Stichprobe A mit n_a Werten und Stichprobe B mit n_b Werten, kann man jeden Wert der Stichprobe A mit jedem Wert der Stichprobe B vergleichen. Die Nullhypothese welche besagt, dass beide Zahlenreihen derselben Grundgesamtheit angehören, wird sobald der berechnete U-Wert kleiner oder gleich dem kritischen Wert ist (der aus einer Tabelle entnommen wird) verworfen. Weiters kann man durch die errechnete Irrtumswahrscheinlichkeit p auf die Signifikanz schließen. Liegt der berechnete p -Wert unter der angenommenen Irrtumswahrscheinlichkeit, so wird die Nullhypothese verworfen.

Mit einer statistischen Sicherheit von 95% (sehr signifikant) ergibt sich eine angenommene Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05.

3.2. Ergebnisse:

Bei der Gegenüberstellung der langjährigen Zeitreihen von Rauris und Flattach ergaben sich sehr signifikante Unterschiede bei der mittleren Niederschlagsintensität (SP11) und der maximalen Länge einer Trocken- (cdd) sowie Niederschlagsperiode (cwd), vgl. Tabelle 1.

Signifikante Testergebnisse lieferten weiters die Indizes höchste Tagesniederschlagssumme (RX1day) und höchste 5-Tagesniederschlagssumme (RX5day), jedoch nur für die Gesamtjahres- und Herbstzeitreihe. Das heißt, dass in den Herbstmonaten die markantesten Differenzen zwischen den Messstellen Rauris und Flattach auftreten und in solch starkem Ausmaße signifikant sind, dass sie auch in der Zeitreihe des Gesamtjahres noch ein signifikantes Ergebnis hervorrufen.

Zu denselben Rückschlüssen führt auch der Signifikanztest der theoretischen Wiederkehrzeiten aller betrachteten Indizes. Signifikante Unterschiede ergeben sich bei SP11, RX1day (Jahr), RX1day (Herbst), RX5day (Jahr), RX5day (Herbst), cdd und cwd, siehe Tabelle 2. Bei allen Indizes nehmen die berechneten Irrtumswahrscheinlichkeiten höhere Werte an und nähern sich somit den theoretischen Irrtumswahrscheinlichkeiten, siehe Tab.2.

Flattach vs. Rauris: signifikante Testentscheide (Zeitreihe 1901-2006)			
Climate Change Index	U-Wert	p-Wert	Signifikanz
SPII	8990	0.00000	+
RX1day (Jahr)	8141	0.00000	+
RX1day (Frühling)	6413	0.05597	-
RX1day (Sommer)	6353	0.07593	-
RX1day (Herbst)	8810	0.00000	+
RX1day (Winter)	5312	0.64960	-
RX5day (Jahr)	7241	0.00009	+
RX5day (Frühling)	5428	0.75820	-
RX5day (Sommer)	5294	0.54110	-
RX5day (Herbst)	8371	0.00000	+
RX5day (Winter)	4930	0.18580	-
cdd	8627	0.00000	+
cwd	2714	0.00000	+

Tab.1.: Signifikanzanalyse Flattach-Rauris

Flattach vs. Rauris: signifikante Testentscheide (Zeitreihe 1901-2006)			
Wiederkehrzeit	U-Wert	p-Wert	Signifikanz
SPII	178	0.00023	+
RX1day (Jahr)	162	0.00352	+
RX1day (Frühling)	144	0.03651	-
RX1day (Sommer)	136	0.08894	-
RX1day (Herbst)	171	0.00086	+
RX1day (Winter)	108	0.66230	-
RX5day (Jahr)	151	0.01687	+
RX5day (Frühling)	118	0.38250	-
RX5day (Sommer)	111	0.58120	-
RX5day (Herbst)	171	0.00094	+
RX5day (Winter)	91	0.74760	-
cdd	167	0.00176	+
cwd	43	0.01154	+

Tab.2.: Signifikanzanalyse der Wiederkehrzeit Flattach-Rauris

Ein Vergleich der beiden sub-Abschnitte 1901-1953 vs. 1954-2006 liefert nur bei der mittleren Niederschlagsintensität sowohl an der Station Flattach als auch der Messstelle Rauris signifikante Testentscheide (Tab. 3). An beiden Stationen nimmt die Niederschlagsintensität merklich ab (vgl. dazu ZV 18) und liefert somit einen positiven Testentscheid. Die Zeitreihen der Wiederkehrzeit liefern für keinen untersuchten Index signifikante Resultate, siehe Tabelle 4.

ts1(1901-1953) vs. ts2(1954-2006): signifikante Testentscheide						
Climate Change Index	Flattach			Rauris		
	U-Wert	p-Wert	Signifikanz	U-Wert	p-Wert	Signifikanz
SPII	1690	0.02815	+	1731	0.03921	+
RX1day (Jahr)	1521	0.27320	-	1590	0.24370	-
RX1day (Frühling)	1549	0.27590	-	1441	0.82000	-
RX1day (Sommer)	1570	0.22090	-	1497	0.56310	-
RX1day (Herbst)	1382	0.88700	-	1392	0.93960	-
RX1day (Winter)	1583	0.19000	-	1595	0.16520	-
RX5day (Jahr)	1542	0.21670	-	1511	0.50300	-
RX5day (Frühling)	1594	0.16820	-	1558	0.33370	-
RX5day (Sommer)	1683	0.05098	-	1371	0.83240	-
RX5day (Herbst)	1431	0.87200	-	1407	0.99000	-
RX5day (Winter)	1563	0.23700	-	1502	0.43050	-
cdd	1262	0.56010	-	1407	0.99240	-
cwd	1638	0.05716	-	1486	0.60290	-

Tab.3.: Signifikanzanalyse charakteristischer Climate Indizes an den Stationen Flattach und Rauris (Periode 1901-1953 vs. Periode 1954-2006)

ts1(1901-1953) vs. ts2(1954-2006): signifikante Testentscheide						
Wiederkehrzeit	Flattach			Rauris		
	U-Wert	p-Wert	Signifikanz	U-Wert	p-Wert	Signifikanz
SPII	131	0.13240	-	103	0.84060	-
RX1day (Jahr)	119	0.35790	-	85	0.56550	-
RX1day (Frühling)	130	0.15420	-	88	0.66230	-
RX1day (Sommer)	101	0.92680	-	92	0.80030	-
RX1day (Herbst)	106	0.74760	-	78	0.37010	-
RX1day (Winter)	131	0.13510	-	114	0.47620	-
RX5day (Jahr)	114	0.49060	-	89	0.69600	-
RX5day (Frühling)	138	0.07310	-	95	0.89030	-
RX5day (Sommer)	97	0.98170	-	81	0.43450	-
RX5day (Herbst)	110	0.59710	-	93	0.81820	-
RX5day (Winter)	123	0.26020	-	105	0.78280	-
cdd	74	0.26950	-	116	0.42080	-
cwd	129	0.16140	-	136	0.08168	-

Tab.4.: Signifikanzanalyse der Wiederkehrzeit charakteristischer Climate Indizes an den Stationen Flattach und Rauris (Periode 1901-1953 vs. Periode 1954-2006)



Verwendete Literatur und Arbeitsgrundlagen:

Auer, I., Böhm, R., Korus, E. & Proske, H. 2007: Extremereignisse in den Gemeinden Flattach und Rauris.- Zielvereinbarung 18 für den 2. Zwischenbericht im Rahmen des Projekts „A Tale of two Valleys“, Wien, Graz

Böhm R, Auer I, Korus E. 2006. Das Klima der letzten beiden Jahrhunderte in Flattach (pdf Dokument; 720 KB)“, abrufbar unter http://www.zamg.ac.at/a-tale-of-two-valleys/documents/200_jahre_klima_flattach.pdf

Böhm R, Auer I, Korus E. 2006. Das Klima der letzten beiden Jahrhunderte in Rauris (pdf Dokument; 720 KB)“, abrufbar unter http://www.zamg.ac.at/a-tale-of-two-valleys/documents/200_jahre_klima_rauris.pdf

Jonas M., Staeger T., Schönwiese Ch.-D., 2005: Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderung –Schwerpunkt Deutschland-, Kurzbericht zum Forschungsvorhaben 201 41 254, Im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Jurković A., 2007: Gesamtschneehöhe - Vergleichende Zeitreihenanalyse. Diplomarbeit, Universität Wien- Institut für Meteorologie und Geophysik.

Proske H, Granica K. 2007. Beurteilung von Verteilung und Dynamik geomorphologischer Prozesse in den Gemeinden Rauris und Flattach. Zwischenbericht zu A Tale of Two Valleys, JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung.

Schönwiese Ch.-D., 2000: Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler, Lehrbuch Gebrüder Borntraeger.

Sachs L.,1974: Angewandte Statistik. Springer - Verlag