
Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern

KLIWA-Projekt A 2.1.2

*„Analyse zum Langzeitverhalten der mittleren
jährlichen und monatlichen Abflüsse“*

KLIWA-Berichte

Heft 3



KLIWA

Klimaveränderung
und Wasserwirtschaft

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern

KLIWA-Projekt A 2.1.2

*„Analyse zum Langzeitverhalten der mittleren
jährlichen und monatlichen Abflüsse“*

KLIWA-Berichte

Heft 3



KLIWA
Klimaveränderung
und Wasserwirtschaft

IMPRESSUM

Herausgeber	Arbeitskreis KLIWA (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Deutscher Wetterdienst) www.kliwa.de Druck: Dezember 2003
ISBN	3-88251-286-5
Bearbeitung	Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (Abteilung 4 – Hydrologie), Universität Karlsruhe
Redaktionelle Bearbeitung	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Ingenieurbüro Dr. Ludwig
Umschlaglayout	Stephan Riedlberger – Graphik Design, München
Druck	Greiserdruck, Rastatt
Umwelthinweis	gedruckt auf Recyclingpapier
Bezug über	Vertragsauslieferung der LfU bei der JVA Mannheim – Druckerei Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim, Telefax: (0621)-398-370

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung der Herausgeber unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern

KLIWA-Projekt A 2.1.2

„Analyse zum Langzeitverhalten der mittleren jährlichen und monatlichen Abflüsse“

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	5
1 Aufgabenstellung	9
2 Datengrundlage	11
3 Statistische Grundlagen und Ergebnisdarstellung	15
3.1 Statistische Methoden	15
3.1.1 Trendberechnung	15
3.1.2 Trendtest nach MANN-KENDALL	16
3.1.3 Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY	16
3.1.4 Summenlinienanalyse	17
3.2 Darstellung der Ergebnisse für die einzelnen Pegel	18
3.2.1 Analyse der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J).....	18
3.2.2 Analyse des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m) ...	22
4 Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse	25
4.1 Trendtest nach MANN-KENDALL.....	25
4.2 Analyse der zeitlichen Veränderung	29
4.3 Analyse des wahrscheinlichen Zeitpunkts einer möglichen Änderung des Abflussverhaltens	34
5 Analyse des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse	41
5.1 Zeitreihenbeginn 1954 oder früher	41
5.2 Zeitreihenbeginn 1932 oder früher	41
5.3 Zeitreihen ab 1932.....	42
6 Bewertung der Ergebnisse	45
7 Tabellenverzeichnis	49
8 Anlagenverzeichnis	71
9 Abbildungsverzeichnis	85
10 Kartenverzeichnis	87
11 Literatur	88

Zusammenfassung

In jüngster Vergangenheit traten in verschiedenen Flussgebieten Süddeutschlands außergewöhnliche Hochwasserereignisse auf, die erhebliche Schäden hervorgerufen haben. Diese Vorkommnisse haben insbesondere in der Öffentlichkeit Diskussionen ausgelöst, ob diese Hochwasser als Naturereignisse im Bereich der natürlichen Schwankungen des Klimageschehens liegen oder ob sie als erste Auswirkungen einer bereits in Gang befindlichen Veränderung des Klimas zu betrachten sind. In diesen Diskussionen fehlen bisher jedoch weitgehend die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der vorliegenden vieljährigen Beobachtungsreihen, also der objektiven hydrologischen Zahlen und Fakten.

Um dieses Defizit zu beseitigen, wurden im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA („Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“) für den Bereich der Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern neben dem Langzeitverhalten der an Pegeln beobachteten jährlichen Höchstabflüsse auch die mittleren jährlichen und monatlichen Abflüsse untersucht und bewertet. Dabei kamen statistische Verfahren, auf die sich die Kooperationspartner (Baden-Württemberg, Bayern, Deutscher Wetterdienst) geeinigt hatten, zur Anwendung.

Der mittlere Abfluss stellt eine wichtige hydrologische Kenngröße für den Gebietsabfluss dar und unterliegt den Einflüssen der Klimaveränderung. Daher sind neben den nachstehend dargestellten Untersuchungen noch ergänzende Analysen vorgesehen; dabei soll eine jahreszeitliche Betrachtung in Zusammenschau mit dem Niederschlagsgeschehen erfolgen. Zusätzlich ist beabsichtigt, neue Methoden, mit denen die in den vorliegenden Zeitreihen vermuteten Langzeitkorrelationen ermittelt und bewertet werden können, einzusetzen, sobald diese Methoden, deren Entwicklung von KLIWA initiiert wurde, anwendungsreif sind.

Die vorliegende Untersuchung des Langzeitverhaltens mit den gängigen „klassischen“ Verfahren erstreckte sich primär auf die Ermittlung eventuell vorhandener linea-

rer Trends in den Zeitreihen der mittleren jährlichen Abflüsse. Den Trenduntersuchungen lagen die mittleren jährlichen Abflüsse an 160 Pegeln zugrunde - 41 Pegel aus Baden-Württemberg und 119 Pegel aus Bayern -, die über relativ lange Beobachtungszeitreihen verfügen.

Weiterhin wurde zusätzlich bei den 160 Pegeln untersucht, ob im Jahresgang der mittleren monatlichen Abflüsse innerjährliche Änderungen aufgetreten sind.

Die Ergebnisse zum Langzeitverhalten basieren auf folgenden Datenkollektiven:

- "lange Zeitreihen": 105 Pegel mit unterschiedlichem Beobachtungsbeginn vor 1932 und nahezu einheitlichem Beobachtungsende zwischen 1995 und 1998. Die Anzahl der Beobachtungsjahre variiert zwischen 64 und 175 Jahren.
- "Zeitreihen ab 1932": 103 Pegel mit jeweils einheitlichem Beginn der Zeitreihe im Jahre 1932, jeweils bis 1995/1998. Die Beobachtungszeitspanne liegt zwischen 64 und von 67 Jahren.
- "gesamte Zeitreihen": 160 Pegel mit unterschiedlichem Beobachtungsbeginn und nahezu einheitlichem Datenende in den Jahren zwischen 1995 und 1998. Die Beobachtungsdauer variiert zwischen 23 und 175 Jahren.

Die Trenduntersuchungen beinhalten eine lineare Trendschätzung nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate sowie die Beurteilung der Trendstabilität mit der Methode des rückschreitenden Trends. Die Signifikanz der Trends wurde bewertet mit dem Test nach MANN-KENDALL. Weiterhin ist Bestandteil der Untersuchung die „Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY“; sie dient der Analyse des wahrscheinlichen Zeitpunkts einer möglichen Änderung im Abflussverhalten.

Die Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren jährlichen und monatlichen Abflüsse erbrachte zusammenfassend folgende Ergebnisse:



- Das **Trendverhalten** der Zeitreihen der mittleren jährlichen Abflüsse hängt von der Länge der einzelnen Zeitreihe bzw. vom betrachteten Zeitfenster ab. Für statistisch zuverlässige Aussagen über das Trendverhalten sind daher möglichst lange Zeitreihen erforderlich, die mindestens 60 bis 70 Beobachtungsjahre umfassen sollten. Liegt die Länge von Zeitreihen darunter, steigt die Variabilität und die Streubreite des Trends deutlich an. Dabei treten sowohl deutlich negative (abnehmende) als auch große positive (zunehmende) Trendsteigungen auf, die aufgrund der verhältnismäßig kurzen Zeitspannen jedoch als eher zufällig zu bewerten und daher in der Regel nur wenig aussagekräftig sind.

Die Auswertung des **rückschreitenden Trends** (bezogen auf das Ende der Beobachtungszeitreihen, d.h. im Regelfall das Jahr 1998) zeigt bei den meisten Pegeln ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit der Tendaussage vom jeweils gewählten Beobachtungsbeginn. Das Ergebnis der Tendaussage hängt somit ganz entscheidend von der betrachteten Zeitreihenlänge ab.

- Die Analyse der **Signifikanz des Trendverhaltens** ergab, dass die untersuchten Datenkollektive für die meisten Pegel keinen signifikanten Trend aufweisen. Wahrscheinliche und hoch signifikante Trends (mit einer Signifikanz nach MANN-KENDALL von $\alpha \geq 90\%$) treten bei den drei untersuchten Kollektiven mit nur geringer Häufigkeit (im Mittel ca. 5 %) auf. Hoch signifikante Trends (mit $\alpha > 99\%$) ergaben sich nur bei den „gesamten Zeitreihen“ an lediglich 1 Pegel.
- Die **Größe der signifikanten Trends** wurde jeweils auf den mittleren jährlichen Abfluss MQ bezogen. Sie liegt beim Datenkollektiv „lange Zeitreihen“ bei ca. 40% der Pegel (mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$) in einem Bereich zwischen 0,25% und +0,50% pro Jahr. Hieraus ergibt sich eine gewisse Tendenz zu einer Zunahme der mittleren jährlichen Abflüsse.

Die beiden anderen Datenkollektive zeigen jedoch eine Veränderung dieser Tendenz. Bei den "Zeitreihen ab 1932" ist diese Trendklasse mit 5 von 16 Pegeln besetzt und bei den "gesamten Zeitreihen" mit 4 von 23 Pegeln. Bei den "gesamten Zeitreihen" treten jedoch die größten Häufigkeiten mit 8 von 23 Pegeln in der Trendklasse -0,25% bis 0% auf. Dieses Ergebnis deutet eher auf eine geringe zeitliche Abnahme der Abflüsse hin. Insgesamt kann dieses veränderte Trendverhalten nicht allzu hoch bewertet werden, da die Anzahl der Pegel mit signifikantem Trend für eine statistische Bewertung zu gering ist.

- Die Analyse des **wahrscheinlichen Zeitpunkts** einer möglichen Änderung im Abflussverhalten durch die „Bruchpunktanalyse“ ergab, dass dieser Zeitpunkt am häufigsten in dem Zeitabschnitt zwischen 1960 und 1965 liegen könnte. Bei den drei Datenkollektiven weisen jedoch über 80% der Pegel keine signifikante Änderung auf. Signifikante Änderungen (mit $\alpha > 90\%$) ergaben sich bei 8% bzw. 15% der Pegel.
- Der **Jahresgang der mittleren monatlichen Abflüsse** scheint Änderungen im Verhalten der Zeitreihen zu bestätigen. Die mittleren Abflüsse sind in der Zeit nach 1964 (gewählt als ein Trennjahr für die Teilung der Zeitreihen) höher als in den früheren Jahren.

Der Jahresgang zeigt, dass die Erhöhung der mittleren Abflüsse oftmals nicht gleichmäßig über das Jahr vorhanden ist. Bestimmte Monate, insbesondere die Winter-Monate mit den meist hohen Abflüssen, weisen nach 1964 auf einen Anstieg hin, während die übrigen Monate nahezu unverändert sind. Die Ergebnisse aus der Untersuchung der mittleren monatlichen Abflüsse zeigen, dass bei der Beurteilung des Langzeitverhaltens auch die Veränderungen des innerjährlichen Verhaltens von Bedeutung sind.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind für die Bundesländer Baden-Württemberg

und Bayern in Karten farbig dargestellt und erlauben damit eine räumliche Beurteilung des Langzeitverhaltens. Sämtliche Ergebnisse (Trendsteigungen und -signifikanzen sowie Bruchpunkte) zeigen sehr gleichmäßige räumliche Verteilungen. Regionale Schwerpunkte, an denen sich auffällige Veränderungen konzentrieren, sind nicht vorhanden.

Aufgrund der Ergebnisse lässt sich ableiten, dass eine signifikante, insbesondere flächendeckende Veränderung der mittleren jährlichen Abflüsse von langen Zeitreihen derzeit mit den angewandten Analysemethoden nicht nachweisbar ist.

Bei einer zeitlich eingegrenzten Betrachtung auf die letzten 30 bis 40 Jahre, also die Zeitspanne, in der eine gewisse Veränderung der klimatischen Verhältnisse feststellbar ist, wurde jedoch eine Tendenz zu einer Zunahme der mittleren jährlichen und monatlichen Abflüsse in verschiedenen Gebieten festgestellt. Den Ursachen für diese jüngste Entwicklung wird in weiterführenden Untersuchungen unter Einbeziehung der Entwicklung des Niederschlagverhaltens nachzugehen sein. Die weitere Entwicklung des Niederschlags- und Abflussgeschehens wird im Rahmen des „Integrierten Messnetzes KLIWA“ aufmerksam verfolgt und analysiert.



1 Aufgabenstellung

In der jüngsten Vergangenheit traten in den verschiedenen Flussgebieten Deutschlands und auch in den benachbarten Ländern mehrfach Hochwasserereignisse auf, die erhebliche Schäden hervorgerufen haben. Diese Schadensfälle haben insbesondere in der Öffentlichkeit Diskussionen hervorgerufen, ob diese Naturereignisse im Bereich der natürlichen Schwankungen des Klimageschehens liegen oder ob sie als erste Auswirkungen einer bereits in Gang befindlichen Veränderung des Weltklimas zu betrachten sind. In diesen Diskussionen fehlen jedoch oft weitgehend die objektiven hydrologischen Zahlen und Fakten.

Um diesen Mangel für das Gebiet der Länder Baden-Württemberg und Bayern zu beseitigen, wurde ein fachlicher Rahmen für die Zusammenarbeit der Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern sowie des Deutschen Wetterdiensts zum Thema "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft" (KLIWA) vereinbart. Durch die gemeinsame länderübergreifende Bearbeitung sollen ausgewählte Fragestellungen zu diesem Themenbereich abgestimmt und fachlich kompetent untersucht werden.

Im Rahmen des KLIWA-Vorhabens hat das Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik (IWK) der Universität Karlsruhe bereits das Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse länderübergreifend für Baden-Württemberg und Bayern mit statistischen Methoden untersucht (siehe KLIWA-Heft 2). Neben den jährlichen Höchstabflüssen ist auch der mittlere jährliche Abfluss eine wichtige Kenngröße des Gebietsabflusses. Die Untersuchung des Langzeitverhaltens dieser Kenngröße gibt einen wesentlichen Einblick in die Variabilität des Wasserhaushaltes von Einzugsgebieten und ist eine Grundlage zur Beurteilung von Veränderungen infolge des Klimawandels. Daher wurde das IWK beauftragt, im Rahmen des KLIWA-Projektes A 2.1.2 auch das Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse zu untersuchen.

Dafür haben die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) und das

Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) Beobachtungszeitreihen des Abflusses an solchen Pegeln ausgewählt, die einerseits über eine ausreichend lange Beobachtungszeit verfügen und deren Daten andererseits über diese Beobachtungszeit ausreichend gesichert sind. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um dieselben Pegel, für die auch das Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse untersucht wurde.

Für die ausgewählten Zeitreihen sind mit dem Softwarepaket "Statistische Analyse hydrologischer/geophysikalischer Zeitreihen" des IWK analog zu den Hochwasserabflüssen folgende Auswertungen durchgeführt worden:

- 1 Analyse des linearen Trendverhaltens der **mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)** mit Test der Trendsignifikanz für 43 Pegel aus Baden-Württemberg und 117 Pegel aus Bayern:
 - 1.1 Auswertung des linearen Trends mit Trendschätzung über die Fehlerquadratsumme für drei Datenkollektive (gesamte Beobachtungszeitreihen, gemeinsame Beobachtungszeitreihen ab 1932 und die Beobachtungszeitreihen mit Datenbeginn 1932 oder früher)
 - 1.2 Ermittlung und Darstellung des rück-schreitenden Trends
 - 1.3 Ermittlung des wahrscheinlichen Zeitpunkts einer Änderung des Abflussverhaltens nach der Bruchpunktanalyse von MANN-WHITNEY
- 2 Analyse der Jahrgänge der **mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m)** für 43 Pegel aus Baden-Württemberg und 117 Pegel aus Bayern, jeweils für 3 verschiedene Zeitabschnitte
- 3 Darstellung der Ergebnisse in Karten zur flächenhaften Beurteilung der Trends und deren Signifikanz

Der Abschlussbericht des IWK [1] enthält für alle Pegel die Untersuchungsergebnisse in grafischer Darstellung. Der vorliegende KLIWA-Bericht beschreibt das Vorgehen und zeigt die wesentlichen Ergebnisse auf. Die beschriebenen Ergebnisse werden dabei durch wenige ausgewählte grafische Darstellungen beispielhaft ergänzt.



2 Datengrundlage

Das Gebiet der Länder Baden-Württemberg und Bayern wurde für gezielte Untersuchungen im Rahmen von KLIWA nach hydrologischen Gesichtspunkten über die gemeinsame Landesgrenze hinweg in Untersuchungsgebiete, die Teileinzugsgebiete der Hauptgewässer Donau, Elbe, Main, Neckar und Rhein darstellen, aufgeteilt. Für jedes dieser Untersuchungsgebiete wurden repräsentative Pegel ausgewählt. Die Zuordnung dieser Pegel zu diesen Untersuchungsgebieten und wichtigen hydrologischen Angaben sind aus den Tabellen 1a bis 1e ersichtlich.

Für die statistische Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren Abflüsse MQ(J) wurden dem IWK die mittleren Monatsabflüsse MQ(m) von 43 Pegeln aus Baden-Württemberg und 117 Pegel aus Bayern zur Verfügung gestellt.

In den Tabellen 1a bis 1e sind die einbezogenen Pegel, gegliedert nach den KLIWA-Untersuchungsgebieten, mit Angabe der Einzugsgebietsgröße und des verfügbaren Datenbestandes aufgelistet. Die Lage der Pegel ist in Karte 1 dargestellt. Die Einteilung der Pegel nach der Größe des Einzugsgebiets in Klassen (Abb. 2.1 und Abb. 2.2) ergibt, dass ein sehr weites Spektrum von Gebietsgrößen vorliegt. Es reicht von $A_{E0} = 47,3 \text{ km}^2$ (Pegel Hölzlebruck/Josbach) bis zu $A_{E0} = 76\,653 \text{ km}^2$ (Pegel Achleiten/Donau). Die Mehrzahl der Pegel weisen Einzugsgebiete zwischen ca. 100 km^2 und $5\,000 \text{ km}^2$ auf. Der Median für die Einzugsgebietsgröße liegt bei ca. $A_{E0} = 620 \text{ km}^2$ und der Mittelwert bei ca. $A_{E0} = 3\,300 \text{ km}^2$.

Aus den mittleren Monatsabflüssen MQ(m) wurden zur Analyse des Langzeitverhaltens die mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J) abgeleitet. Wie Tabelle 1 zeigt, weisen die Zeitreihen der MQ(m)-Werte unterschiedliche Beobachtungslängen auf. Die längsten Zeitreihen beginnen, bezogen jeweils auf das hydrologische Jahr (von November bis Oktober), bereits 1824 für den Pegel Würzburg/Main in Bayern oder 1885 für den Pegel Stein/Kocher in Baden-Württemberg.

Das Ende der Zeitreihen liegt bei 140 Pegeln im Jahre 1998. Bei 14 Pegeln endet die Zeitreihe 1997 und bei 5 Pegel 1996. Für den Pegel Schwaibach/Kinzig konnte die Beobachtungszeitreihe nur bis zum Jahr 1995 bereitgestellt werden.

Die Häufigkeitsverteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Zeitreihenlänge zeigt Abb. 2.3 und Abb. 2.4. Aufgrund dieser Häufigkeitsverteilung wurde vereinbart, dass für die Untersuchung des Langzeitverhaltens der **mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)** folgende drei Kollektive zu betrachten sind:

- alle Pegel mit der jeweils vorliegenden gesamten Beobachtungsreihe, insgesamt 160 Pegel
Bezeichnung: "**gesamte Zeitreihen**"
- alle Pegel, die eine gemeinsame Beobachtungszeitreihe von 1932 bis 1995/1998 aufweisen
Hierbei konnten 40 Pegel aus Baden-Württemberg und 63 Pegel aus Bayern berücksichtigt werden, insgesamt 103 Pegel.
Bezeichnung: "**Zeitreihen ab 1932**"
- alle Pegel mit den langen Zeitreihen, deren Beobachtungsbeginn im Jahr 1932 oder früher liegt
Dieses Kollektiv entspricht bezüglich der Anzahl der verwendeten Pegel den "Zeitreihen ab 1932", wobei jedoch bei der Analyse jeweils die gesamten vorliegenden Beobachtungsjahre berücksichtigt wurden, insgesamt 103 Pegel
Bezeichnung: "**lange Zeitreihen**"

Zur Analyse des Jahresgangs der **mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m)** wurde jeweils die gesamte vorliegende Beobachtungsreihe in zwei Reihen aufgeteilt (mit dem Trennungsjahr 1964 (häufigster Bruchpunkt)) und mit dem Jahresgang von Beobachtungsbeginn bis zum Jahr 1964 sowie dem Jahresgang zwischen 1965 und 1995/1998 verglichen.



Flächenhafte georeferenzierte Informationen

Zur flächenhaften Darstellung der wesentlichen Ergebnisse standen georeferenzierte Informationen über das Gewässernetz, die Lage der Pegel und der Einzugsgebiete und weitere gebietsbezogene Daten zur Verfügung. Diese Daten aus Baden-Württemberg und Bayern wurden bei der Analyse des Langzeitverhaltens der Hochwasserabflüsse

mit Hilfe des Geographischen Informationssystems Arc/Info bzw. Arc/View in eine gemeinsame Datenbasis übergeführt und in der vorliegenden Untersuchung für die vorliegenden Pegel modifiziert, so dass ausgewählte Ergebnisse der statistischen Analyse flächenhaft dargestellt werden können.

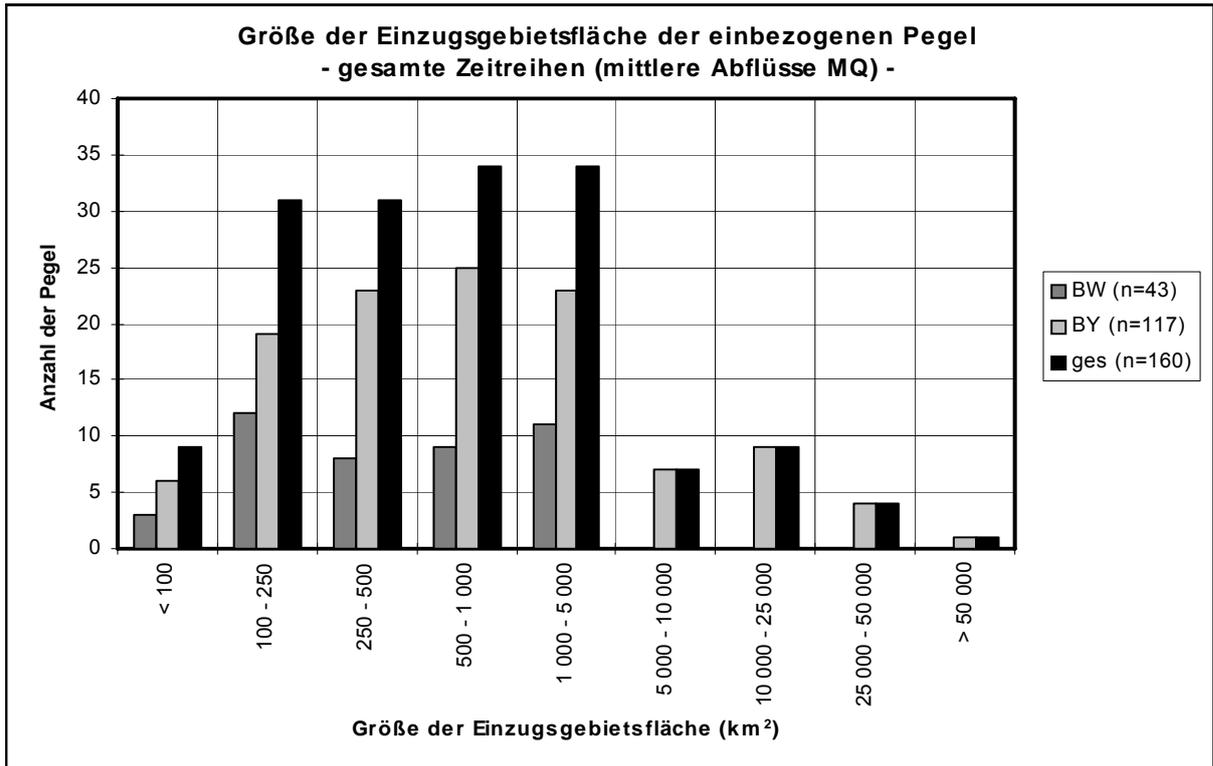


Abb.2.1: Anzahl der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Einzugsgebietsfläche

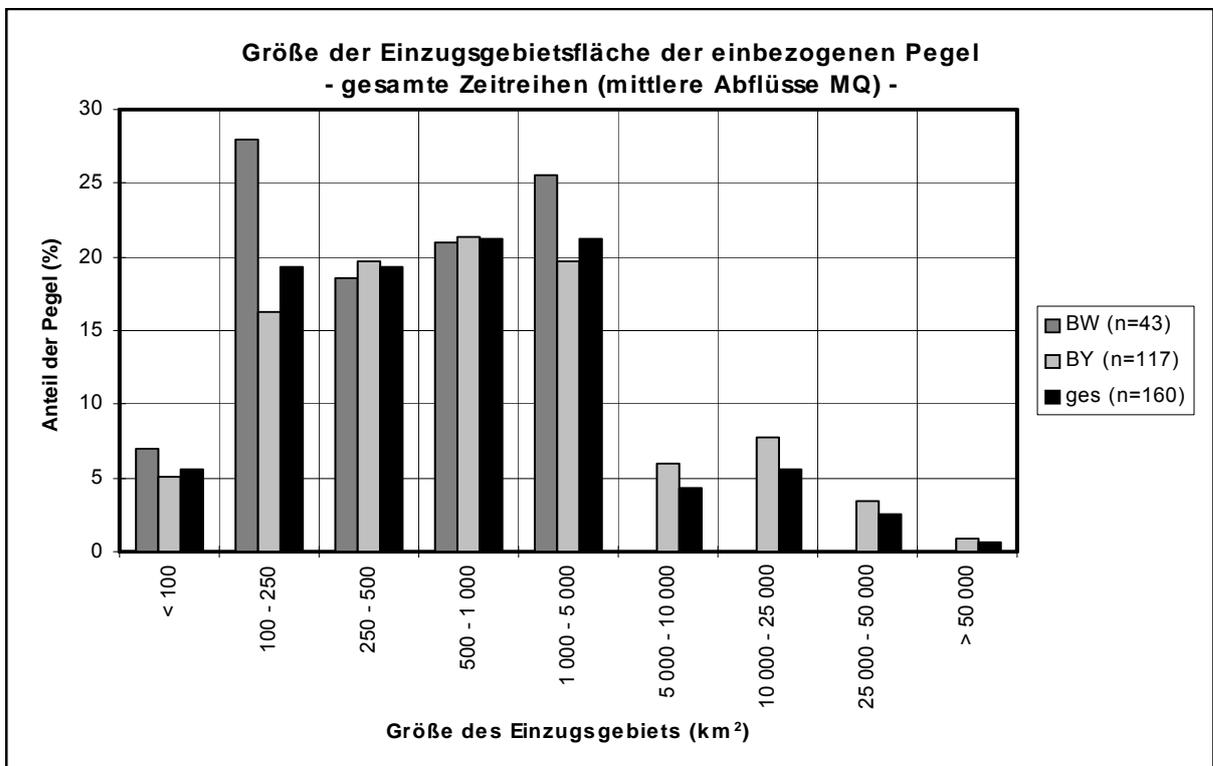


Abb.2.2: Prozentualer Anteil der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Einzugsgebietsfläche

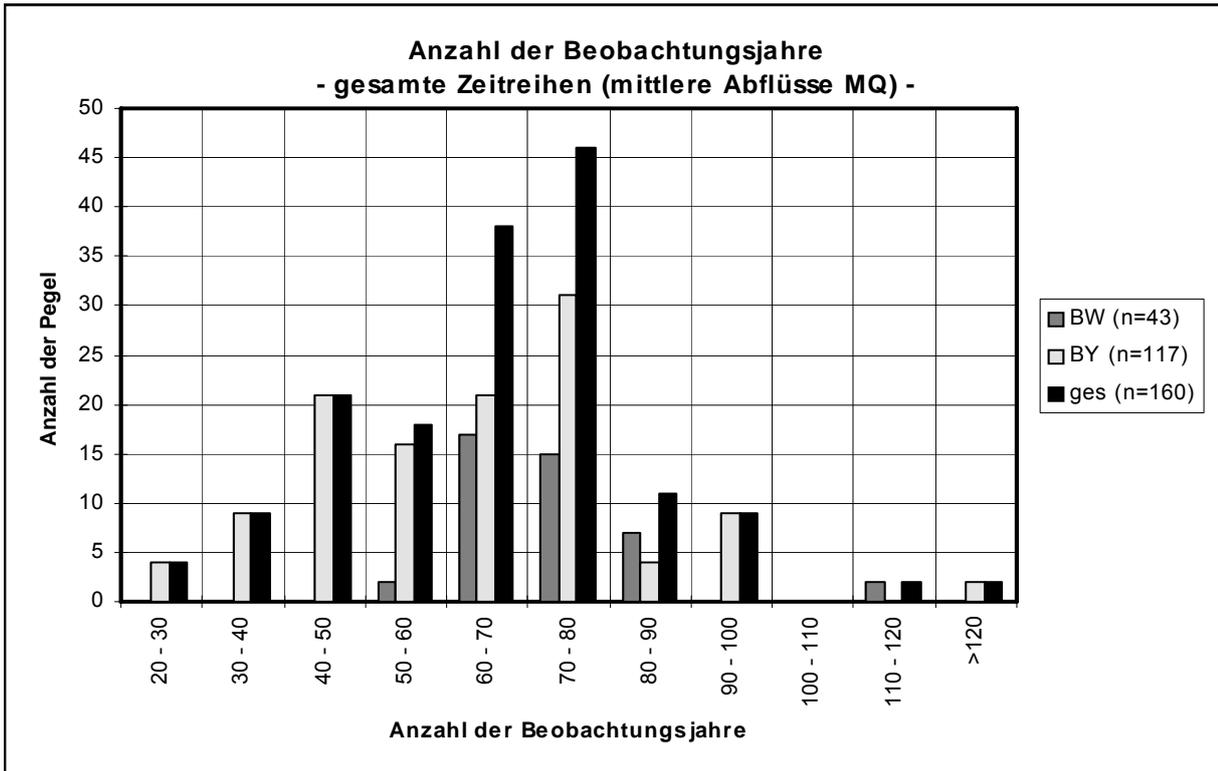


Abb.2.3: Anzahl der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Beobachtungszeitspanne

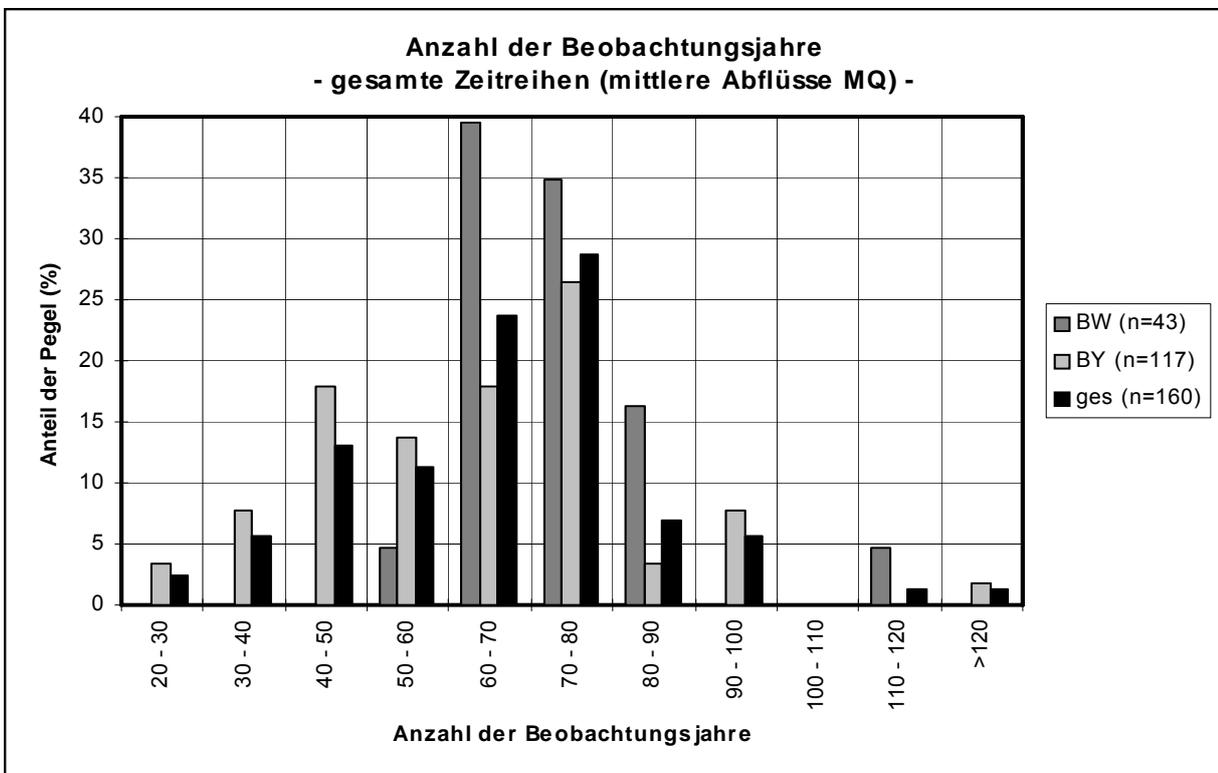


Abb.2.4: Prozentualer Anteil der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Beobachtungszeitspanne

3 Statistische Grundlagen und Ergebnisdarstellung

3.1 Statistische Methoden

Zur Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren Abflüsse und zur Beurteilung der Ergebnisse wurden folgende statistische Verfahren ausgewählt:

3.1.1 Trendberechnung

Die Berechnung basiert auf der Annahme eines linearen Trends in der jeweils betrachteten Zeitreihe. Die Trendgerade, die für einen linearen Trend steht, ergibt sich über folgende Gleichung:

$$x_i(t) = a + b \cdot t \quad (3.1)$$

mit: $x_i(t)$: linearer Trend
 a, b : Koeffizienten der Trendgeraden

Die „klassische“ Methode zur Schätzung der Koeffizienten a und b der Trendgeraden stellt die Methode der kleinsten Fehlerquadrate ("Fehlerquadratsumme") dar. Hierbei wird die Fehlerquadratsumme SQ (zeitäquidistante Daten mit Zeitschritt Δt) minimiert.

$$\begin{aligned} SQ &= \sum_{i=1}^n (x(i \cdot \Delta t) - x_i(i \cdot \Delta t))^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (x_i - (a + b \cdot i \cdot \Delta t))^2 \end{aligned} \quad (3.2)$$

mit: SQ : Fehlerquadratsumme
 Δt : Zeitschritt der Daten
 $x(i \cdot \Delta t)$: hydrologische Größe;
 z.B. mittlerer Abfluss MQ(J)
 mit $\Delta t = 1$ a zum Zeitpunkt i
 n : Anzahl der Zeitschritte
 (Anzahl der Beobachtungsjahre abzüglich der Anzahl der Jahre mit Datenlücken)

Zur Schätzung der Trendsteigung wäre auch die Methode der Fehlerabsolutsumme einsetzbar. In Anlehnung an die Untersuchung zum Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse wurde auch hier die Methode "Fehlerquadratsumme" verwendet; ein

Vergleich und eine Wertung beider Methoden ist in KLIWA-Heft 2 enthalten.

Aus den Ableitungen von Gl. 3.2 nach den beiden Koeffizienten a und b ergibt sich ein lineares Gleichungssystem, aus dem sich die Koeffizienten ergeben zu:

$$\begin{aligned} a &= \bar{x} - b \cdot \bar{t} \\ b &= \frac{S_{x,t}}{s_t^2} \end{aligned} \quad (3.3)$$

mit:

\bar{x} : Mittelwert der hydrologischen Größe x
 \bar{t} : Mittelwert über die Zeit t
 (Zeitschritte $t_i = i \cdot \Delta t$)
 $S_{x,t}$: Kovarianz zwischen der Größe x und der Zeit t

$$S_{x,t} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (t_i - \bar{t})$$

$$s_t^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2$$

s_t^2 : Varianz über die Zeit t
 n : Anzahl der Zeitschritte
 a : Achsenabschnitt
 b : Trendsteigung

Über den **rückschreitenden Trend** kann für eine Zeitreihe beurteilt werden, wie sich das Trendverhalten bei konstantem Zeitreihenende als Funktion der Beobachtungslänge verändert.

Die Berechnung des rückschreitenden Trends erfolgt schrittweise, beginnend am Ende der Zeitreihe mit einer Zeitspanne von n Jahren (z. B. 1978-1998). Danach wird die Zeitspanne um jeweils ein Jahr verlängert bis die gesamte Zeitspanne der Zeitreihe (z. B. 1925-1998) einbezogen ist. Hieraus ergibt sich die Trendsteigung in Abhängigkeit der Beobachtungslänge als Ganglinie. Diese Ganglinie dient somit der Beurteilung der



Stabilität des Trends. Als minimale Zeitreihenlänge wurde $n=20$ Jahre festgelegt.

Zur vergleichenden Beurteilung des Trendverhaltens der verschiedenen Pegel wurden folgende Trendgrößen aus dem Trendbeitrag ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{absoluter Trend} : b_a & \quad [m^3 / s \cdot a] \\ \text{relativer Trend} : b_r & = 100 \cdot \frac{b_a}{\bar{x}} \quad [\% / a] \end{aligned} \quad (3.4)$$

Die relative Trendgröße gibt die prozentuale Trendänderung einer Pegelzeitreihe pro Jahr, bezogen auf den Mittelwert \bar{x} an. Dieser relative Trend ist geeignet, das Trendverhalten der untersuchten Pegel vergleichend darzustellen und zu bewerten.

3.1.2 Trendtest nach MANN-KENDALL

Als Testverfahren für die Signifikanz des gemäß Abschnitt 3.1.1 berechneten linearen Trends wurde der verteilungsfreie Test nach MANN-KENDALL eingesetzt. Bei diesem Testverfahren ergibt sich zunächst die Summe der Vorzeichen benachbarter Werte aus:

$$Q = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \quad (3.5)$$

mit: Q : Prüfgröße nach MANN-KENDALL
 n : Anzahl der Zeitschritte (Anzahl der Beobachtungsjahre abzüglich der Anzahl der Jahre mit Datenlücken)

Diese Größe Q stellt für $n > 10$ eine normalverteilte Zufallsvariable dar mit:

$$\begin{aligned} \text{Mittelwert} \quad \bar{Q} & = 0 \\ \text{und} \\ \text{Varianz} \quad \sigma_Q^2 & = \frac{1}{18} (n \cdot (n-1) \cdot (2 \cdot n + 5)) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Hieraus ergibt sich die Prüfgröße nach MANN-KENDALL zu:

$$\hat{z} = \frac{Q}{\sigma_Q} \quad (3.7)$$

Diese Prüfgröße ist standardnormalverteilt $N(0,1)$ und kann über die Normalverteilung mit einem zweiseitigen Test auf Signifikanz getestet werden. Geprüft werden hierbei folgende Signifikanzniveaus:

$$\alpha = 99.99\%, 99.9\%, 99.5\%, 99\%, 98\%, 95\%, 90\%, 80\% \text{ und } 50\%$$

Ergibt sich für die Prüfgröße ein Signifikanzniveau von $\alpha < 80\%$, wird der Trend grundsätzlich als nicht signifikant erklärt.

Die Signifikanzniveaus erlauben folgende Bewertungen, die im Rahmen von KLIWA wie folgt verwendet werden:

$\alpha < 80\%$: nicht signifikant
$80\% \leq \alpha \leq 90\%$: schwach signifikant
$90\% < \alpha \leq 99\%$: wahrscheinlich signifikant
$\alpha > 99\%$: hoch signifikant

3.1.3 Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY

Die Bruchpunktanalyse nach PETTIT bzw. MANN-WHITNEY stellt einen verteilungsfreien Homogenitätstest für die Zeitreihe dar. Sie liefert als Information den wahrscheinlichsten Zeitpunkt innerhalb einer Zeitreihe, an dem mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine Änderung vorliegt. Dies bedeutet: weist eine Zeitreihe eine Veränderung im Verhalten auf, so liegt der Zeitpunkt der Veränderung mit der zugehörigen Wahrscheinlichkeit an dem ermittelten Bruchpunkt. Über die Wahrscheinlichkeit bzw. Signifikanz der Änderung selbst wird keine Aussage gemacht.

Die Bruchpunktanalyse erfolgt über folgende Prüfgröße:

$$\begin{aligned} U_{k,n} & = \sum_{i=1}^k \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \\ K_n & = \max_{1 \leq k \leq n} |U_{k,n}| \end{aligned} \quad (3.8)$$

mit:

K_n	: Prüfgröße
$U_{k,n}$: Summe der Vorzeichen
n	: Gesamtlänge der Zeitreihe (Anzahl der Zeitschritte)
k	: laufender Zeitindex
x	: hydrologische Größe

Der wahrscheinlichste Bruchpunkt liegt bei dem Zeitschritt k , für den die Prüfgröße K_n ein Maximum darstellt. Die Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts kann geschätzt werden über:

$$P = 1 - \exp\left(\frac{-6 \cdot K_n^2}{n^3 + n^2}\right) \quad (3.9)$$

Bezüglich der Wahrscheinlichkeit P existieren keine Beurteilungskriterien. Es gilt jedoch: Je größer die Wahrscheinlichkeit P ist, umso zuverlässiger ist der Zeitpunkt einer möglichen zeitlichen Veränderung bestimmt. In der hier durchgeführten Untersuchung wurden nur Bruchpunkte ausgegeben, für die gilt: $P > 50\%$.

3.1.4 Summenlinienanalyse

Die Summenlinienanalyse stellt die klassische Methode zur Homogenitätsprüfung von Zeitreihen dar. Dabei wird die laufende Summe einer hydrologischen Größe als Funktion der Zeit aufgetragen. Ist die Zeitreihe homogen, weist die Summenlinie eine eindeutige Steigung (konstanter Mittelwert) über die gesamte Beobachtungszeitspanne auf.

Bei inhomogenen Zeitreihen ist ein Wechsel des Steigungsmaßes erkennbar. Dieser Wechsel kann "schleichend" erfolgen und führt beispielsweise zu einer kontinuierlichen einseitigen Über- oder Unterschreitung der mittleren Steigung der Summenlinie. Bei einer "sprunghaften" Veränderung in der Zeitreihe (unterschiedliche Mittelwerte in den Teilzeitreihen) ergeben sich zwei Zeitabschnitte mit deutlich unterschiedlichem Steigungsmaß.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Abflusszeitreihen bezüglich einer "sprunghaften" Veränderung über die Summenlinie wie folgt getestet:

Aus der Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY ergibt sich der wahrscheinlichste Änderungspunkt im Trendverhalten. Dieser Änderungspunkt teilt die gesamte Zeitreihe in zwei Teilzeitreihen, für die jeweils aus der Summenlinie über eine lineare Regressionsrechnung das Steigungsmaß (Mittelwert) berechnet wird.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Regressionsgerade: } & y_1 = a_1 + b_1 \cdot x_1 \\ 2. \text{ Regressionsgerade: } & y_2 = a_2 + b_2 \cdot x_2 \end{aligned} \quad (3.10)$$

mit: x_1, x_2 : summierte Zeiten der beiden Teilzeitreihen
 y_1, y_2 : Werte der Summenlinie der beiden Teilzeitreihen
 a_i, b_i : Koeffizienten der Regressionsgeraden

Unterschiedliche Steigungsmaße entsprechen dabei unterschiedlichen Mittelwerten in den Teilzeitreihen. Die Änderung des Steigungsmaßes kann über den zweiseitigen Student-Test (t-Test) auf Signifikanz getestet werden:

1. Berechnung der beiden Steigungsmaße b_1 und b_2 der Teilzeitreihen über eine lineare Regressionsrechnung analog zu Gl. 3.3
2. Ermittlung der Prüfgröße:

$$\hat{t} = \frac{|b_1 - b_2|}{\sqrt{\frac{s_{y_1, x_1}^2 \cdot (n_1 - 2) + s_{y_2, x_2}^2 \cdot (n_2 - 2)}{n_1 + n_2 - 4} \cdot \left(\frac{1}{Q_{x_1}} + \frac{1}{Q_{x_2}}\right)}} \quad (3.11)$$

$$\text{mit: } Q_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.12)$$

$s_{y,x}^2$: Kovarianzen der jeweiligen x- und y-Werte

3. Ermittlung der Testgröße für einen zweiseitigen Test über die t-Verteilung mit:

$$m = n_1 + n_2 - 4 \quad \text{Freiheitsgraden} \quad (3.13)$$



Bei der Anwendung des Testverfahrens wird kein vorgegebenes Signifikanzniveau α verwendet, sondern es wird das Signifikanzniveau ermittelt, für das die Steigungsänderung gerade noch als signifikant erklärt wird. Geprüft werden hierbei folgende Signifikanzniveaus:

$\alpha = 99.99\%, 99.9\%, 99.5\%, 99\%, 98\%, 95\%, 90\%, 80\%$ und 50%

Ergibt sich für die Steigungsänderung ein Signifikanzniveau von $\alpha < 80\%$ wird die Änderung als nicht signifikant erklärt. Sind in der Zeitreihe Datenlücken vorhanden, werden diese vor der Regressionsrechnung aus der Zeitreihe entfernt. Die Beurteilung der Signifikanz der Änderung erfolgt analog zum Trendtest nach MANN-KENDALL.

3.2 Darstellung der Ergebnisse für die einzelnen Pegel

Für alle ausgewerteten Zeitreihen der Pegel wird eine einheitliche Ergebnisdarstellung verwendet, die folgende Teilergebnisse beinhaltet:

3.2.1 Analyse der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)

Abb. 3.1 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Trendanalyse am Pegel Donauwörth an der Donau über die gesamte Beobachtungsreihe 1925 bis 1998 mit folgenden Informationen:

oberes Diagramm: Zeitreihe der mittleren Jahresabflüsse MQ(J) mit Kennzeichnung von:

- mittlerer Abfluss MQ mit Angabe des Werts, hier: $187,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Trendgerade mit Angabe der jährlichen Abflussänderung (absoluter Trend) in der Diagrammunterschrift (auch aus dem mittleren Diagramm entnehmbar), hier: $0,219 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{a})$
- Trendsignifikanz nach MANN-KENDALL in der Diagrammunterschrift (auch aus dem mittleren Diagramm entnehmbar), hier: nicht signifikant
- Kennzeichnung des Bruchpunkts nach MANN-WHITNEY (im Falle Wahrscheinlichkeit von $P > 50\%$) mit Angabe des

Jahres und der Wahrscheinlichkeit P, hier: 1964, 90%

mittleres Diagramm: rückschreitender Trend mit:

- Ganglinie des rückschreitenden Trends, ermittelt aus mindestens 20 Jahren. Die Größe des absoluten Trends ist auf der Zeitachse an dem Jahr dargestellt, an dem die jeweils betrachtete Teilzeitreihe beginnt (linke Achse).
- absoluter Trendbetrag über die gesamte Zeitreihe (Gesamtrend), dargestellt als gestrichelte Gerade
- Signifikanzniveau des Trends für $\alpha > 80\%$ nach MANN-KENDALL. Die Höhe des Signifikanzniveaus ist an dem Jahr dargestellt, an dem die jeweils betrachtete Teilzeitreihe beginnt (rechte Achse).

unteres Diagramm: Summenlinieanalyse mit:

- Summenlinie mit Zeitskalierung über das Abflussjahr. Treten in einer Zeitreihe Datenlücken auf, werden diese aus der Zeitreihe entfernt. Die Zeitskalierung wird in solchen Fällen durch eine fortlaufende Nummer der Jahre ersetzt.
- Kennzeichnung des wahrscheinlichen Bruchpunkts nach MANN-WHITNEY, Zeitpunkt übernommen aus oberem Diagramm
- Darstellung der Regressionsgeraden für die beiden Teilzeitreihen, die sich durch Teilung der Gesamtreihe am Bruchpunkt ergeben.
- Darstellung der Summe des Standardfehlers aus jeweils zwei Regressionsgeraden. Hierbei wird der Zeitpunkt des betrachteten Bruchpunkts kontinuierlich über die gesamte Zeitreihe variiert. Das Minimum dieser Kurve gibt den Zeitpunkt der Zeitreihenteilung an, für den sich aus den beiden Regressionsrechnungen der kleinste Standardfehler ergibt.
- Angabe des Jahres, in dem der Bruchpunkt nach MANN-WHITNEY liegt, und Angabe der Signifikanz der Änderung des Steigungsmaßes nach dem t-Test: hier: 1964, 80%.

Die beschriebene Darstellungsweise ist mit den zugehörigen Ergebnissen für alle Pegel

im Abschlussbericht [1] vorhanden. Der vorliegende Bericht enthält nur Darstellungen folgender ausgewählter Pegel (Anlage 1):

- Berg/Donau
- Kempten/Iller
- Heitzenhofen/Naab
- Hofkirchen/Donau
- Schweinfurt/Main
- Horb/Neckar
- Stein/Kocher
- Schwaibach/Kinzig.

Beispielhafte Interpretation der Darstellung:

Für den Pegel Donauwörth/Donau (siehe Abb. 3.1) ergibt sich für die Beobachtungszeitreihe von 1925 bis 1998 (74 Jahre) eine zunehmende Abflussveränderung (linearer Trend) von $0,219 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{a})$, der aber nach dem MANN-KENDALL-Test nicht signifikant ist. Setzt sich die Gesamtzeitreihe aus zwei Teilzeitreihen zusammen mit einem unterschiedlichen statistischen Verhalten, so liegt dieser Änderungszeitpunkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 90,1 % im Jahr 1964. Die

Analyse des rückschreitenden Trends ergibt bezüglich der Trendstabilität, dass auch bei einer Verkürzung der Beobachtungszeitreihe nahezu keine signifikanten Abflussveränderungen zu erkennen sind.

Lediglich bei einem Zeitreihenbeginn in den 40-er Jahren treten vereinzelt wahrscheinliche Trends auf. Veränderungen mit höherer Wahrscheinlichkeit (Signifikanz) ergeben sich erst ab einem Zeitreihenbeginn ab ca. 1975.

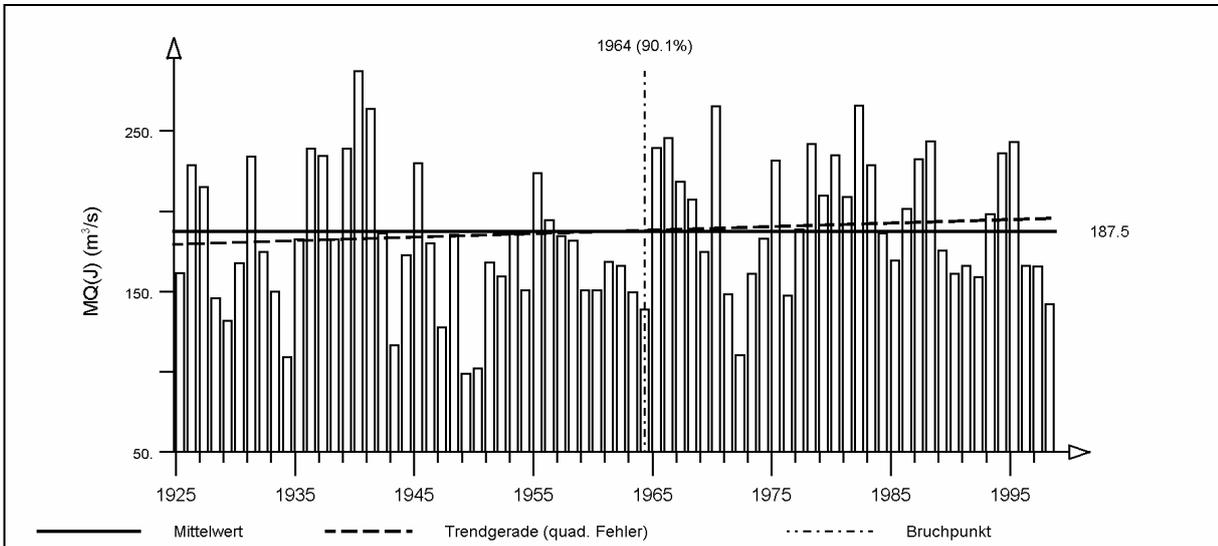
Dieses Verhalten ist in Abb. 3.2 exemplarisch für die Gesamtzeitreihe ab 1925 sowie für die Teilzeitreihen ab 1942 und 1978 dargestellt. Die Darstellung des rückschreitenden Trends in Abb. 3.1 zeigt somit in komprimierter Form, dass beispielsweise bei einem Zeitreihenbeginn im Jahr 1942 eine positive Abflussänderung mit einer Signifikanz von $\alpha = 90\%$ und beim Zeitreihenbeginn im Jahr 1978 eine negative Abflussveränderung mit einer Signifikanz von $\alpha = 98\%$ vorhanden ist.



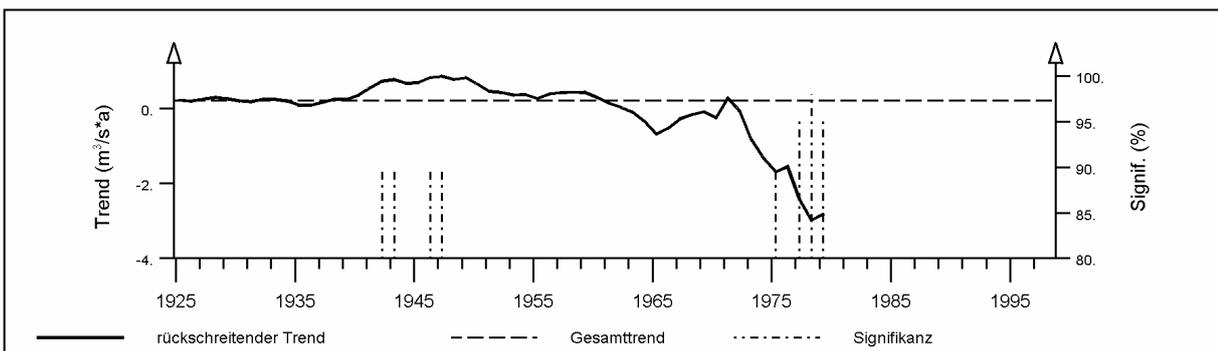
Pegel Donauwörth/Donau

(Pegel-Nr. 1003980)

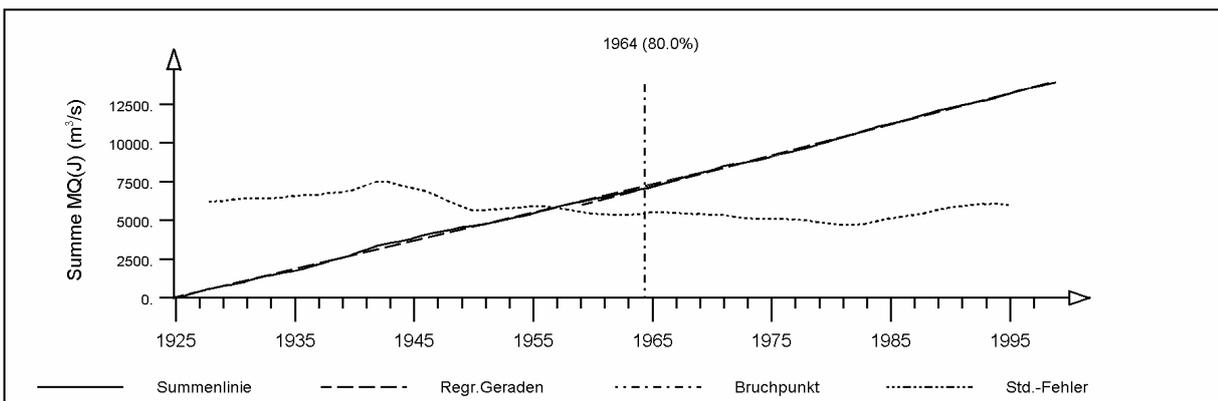
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1925-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $0.219 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

lfd.-Nr.: E-016

Abb.3.1: Ergebnisdarstellung der Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)

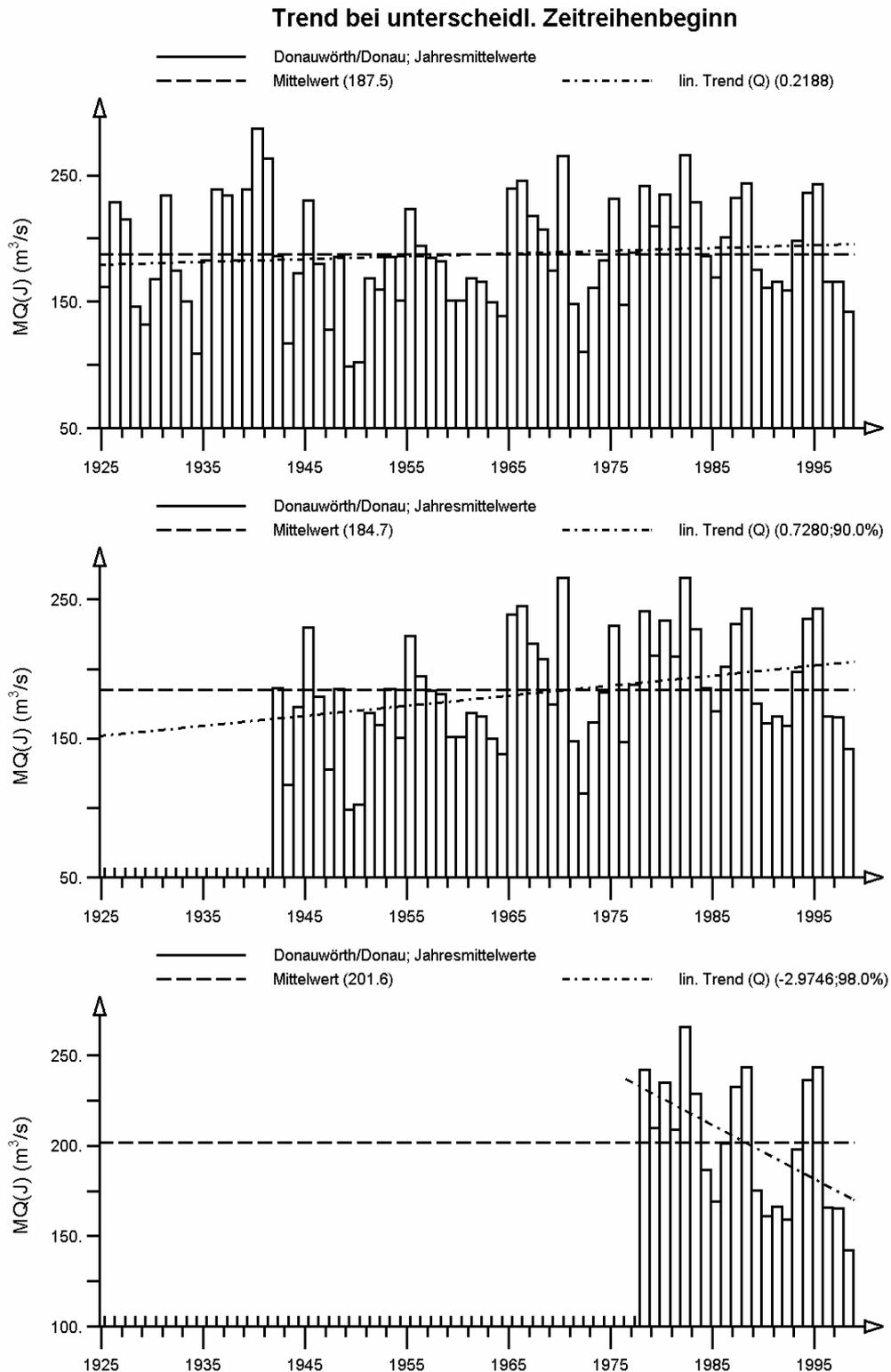


Abb.3.2: Linearer Trend in der Beobachtungszeitreihe des Pegels Donauwörth/ Donau bei einem Zeitreihenbeginn in den Jahren 1925 (oberes Diagramm), 1942 (mittleres Diagramm) und 1978 (unteres Diagramm)



3.2.2 Analyse des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m)

Zur Analyse des Jahresgangs der mittleren Monatswerte des Abflusses MQ(m) werden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Bestimmung der mittleren Monatswerte MQ(m) (der einzelnen Monate eines Jahres) für die gesamte Zeitreihe und des mittleren Jahreswertes MQ
- Ermittlung der mittleren Monatswerte MQ₁(m) (der einzelnen Monate eines Jahres) für die Zeitreihe vom Beginn der Beobachtung bis zum Trennungsjahr 1964 und des zugehörigen mittleren Jahreswertes MQ₁
- Ermittlung der mittleren Monatswerte MQ₂(m) (der einzelnen Monate eines Jahres) für die Zeitreihe vom Jahr 1965 bis zum Jahr 1995/1998 und des zugehörigen mittleren Jahreswertes MQ₂
- Darstellung der Mittelwerte MQ(m) und des MQ in einem Diagramm. Ein Test auf Signifikanz der Mittelwertänderung erfolgt nicht.
- Beurteilung von Änderungen in den Zeitreihen durch einen Vergleich der prozentualen Veränderung des Mittelwerts der ersten Teilzeitreihe MQ₁ und zweiten Teilzeitreihe MQ₂ bezogen auf den Mittelwert MQ der Gesamtreihe. Diese prozentualen Veränderungen wurden ermittelt über:

$$\begin{aligned}\Delta Q_1 &= 100 \cdot \frac{MQ_1 - MQ}{MQ} \\ \Delta Q_2 &= 100 \cdot \frac{MQ_2 - MQ}{MQ}\end{aligned}\quad (3.14)$$

Positive Änderungen ΔQ bedeuten somit prozentuale Zunahmen und negative Änderungen ΔQ prozentuale Abnahmen der Jahresmittelwerte MQ₁ bzw. MQ₂ der Teilzeitreihe, bezogen auf den Mittelwert MQ der Gesamtreihe.

Abb. 3.3 zeigt exemplarisch für den Pegel Hundersingen an der Donau die Ergebnisse der Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse mit folgenden Informationen:

- Darstellung des Jahresgangs der mittleren Monatsabflüsse MQ(m) für die drei untersuchten Zeitspannen (Gesamtzeitreihe, Zeitreihe bis 1964 und Zeitreihe ab 1965)
- Darstellung des mittleren Abflusses MQ der jeweiligen Zeitreihe mit Angabe des entsprechenden Werts

Interpretation der Darstellung:

Am Pegel Hundersingen/Donau zeigt die Analyse des mittleren Jahresgangs für die Gesamtzeitreihe und die beiden Teilzeitreihen, dass der mittlere Jahresabfluss ab dem hydrologischen Jahr 1965 deutlich über dem mittleren Jahresabfluss davor liegt.

Dieses Verhalten ist jedoch nicht konstant über das Jahr. Während die mittleren monatliche Abflüsse für die Monate Dezember bis Juni ab 1965 deutlich höher sind, als in den Jahren bis 1964, bleiben die mittleren monatlichen Abflüsse in den Monaten November und Juli nahezu konstant; sie nehmen in den Monaten August und September geringfügig ab. Dies bedeutet, dass die Veränderung der mittleren Abflüsse saisonal unterschiedlich zu analysieren und zu beurteilen ist.

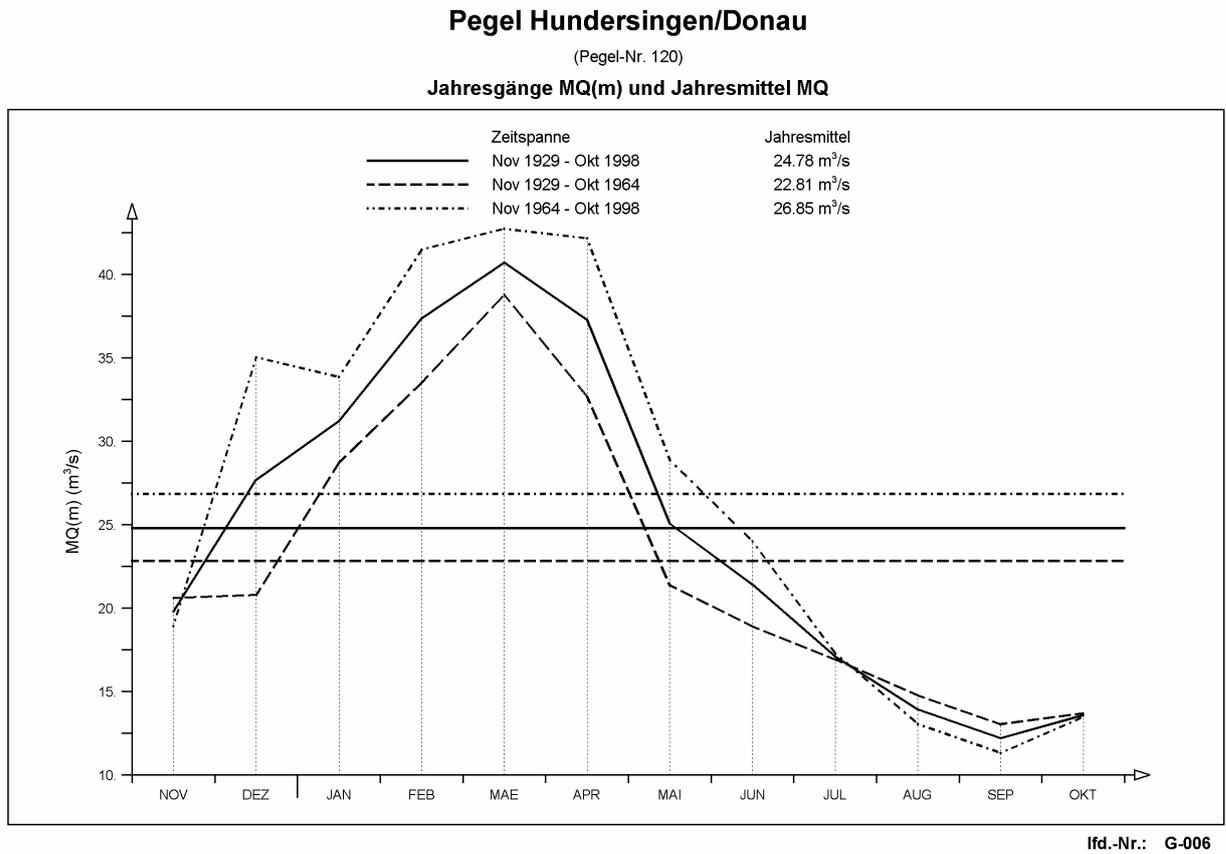


Abb. 3.3: Ergebnisdarstellung der Analyse des Jahresgangs: mittlere monatliche Abflüsse MQ(m) und mittlerer Abfluss MQ für drei untersuchte Zeitspannen



4 Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse

Die Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren jährlichen Abflüsse umfasst die Bestimmung des linearen Trends, den Trendtest nach MANN-KENDALL, die Ermittlung des wahrscheinlichen Bruchpunkts nach MANN-WHITNEY und eine Analyse der Häufigkeit der vorhandenen Trendsteigungen. Diese Analysen wurden jeweils durchgeführt für alle vorliegenden Zeitreihen (160 Pegel), für die gemeinsame Beobachtungszeitspanne ab 1932 (103 Pegel) und für die langen Zeitreihen (103 Pegel).

4.1 Trendtest nach MANN-KENDALL

Zur Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren Jahresabflüsse $MQ(J)$ wurde zunächst mit dem Trendtest nach MANN-KENDALL geprüft, welche Trendsicherheiten bei den Zeitreihen vorhanden sind. Abb. 4.1 zeigt den prozentualen Anteil der Pegel für die untersuchten Signifikanzniveaus α für die gesamten vorliegenden Zeitreihen ("gesamte Zeitreihen") sowie für den gemeinsamen Datenbereich ab 1932 ("Zeitreihen ab 1932") und in Abb. 4.2 für die „langen Zeitreihen“. Bei diesen Abbildungen wurde jeweils ein Signifikanzniveau von $\alpha < 80\%$ als nicht signifikant erklärt.

Sowohl bei der Betrachtung der "gesamten Zeitreihen" als auch bei den "Zeitreihen ab 1932" ergibt sich, dass der überwiegende Anteil der Zeitreihen keinen signifikanten Trend aufweist. Dies betrifft 123 Pegel (ca. 77%) beim Kollektiv "gesamte Zeitreihen" und 87 Pegel (ca. 84%) beim Kollektiv "Zeitreihen ab 1932". Diese Werte liegen für Bayern bei ca. 75% („gesamten Zeitreihen“) und knapp 81% („Zeitreihen ab 1932“). In Baden-Württemberg ergeben sich bei ca. 81% (gesamten Zeitreihen) und bei 90% (Zeitreihen ab 1932) nicht signifikante Trends.

Bei den übrigen Pegeln treten hauptsächlich Signifikanzniveaus zwischen $\alpha = 80\%$ und 90% auf. Diese beiden Klassen beinhalten jeweils ca. 9% der Pegel bei den gesamten Zeitreihen und knapp 6% bei den Zeitreihen ab 1932, wobei die Ergebnisse für Baden-Württemberg und Bayern sehr ähnlich sind.

Höhere Trendsicherheiten ($\alpha > 90\%$), die aus statistischer Sicht als signifikante Trends zu werten sind, treten lediglich an einzelnen Pegeln auf. Hiervon betroffen sind bei den gesamten Zeitreihen 1 Pegel in Baden-Württemberg und 8 Pegel in Bayern. Bei den Zeitreihen ab 1932 umfasst dieser hohe Signifikanzbereich ebenfalls 1 Pegel in Baden-Württemberg und 3 Pegel in Bayern. Für beide Bundesländer zusammen ergeben sich somit bei 9 Pegel (8,5%) bei der Betrachtung der jeweiligen Gesamtzeitreihe und bei 4 Pegel (3,9%) bei der gemeinsamen Datenbasis ab 1932 Trends mit einem Signifikanzniveau von $\alpha > 90\%$. Bei der Datenbasis ab 1932 liegt das höchste Signifikanzniveau für einen Pegel bei 98%. Eine detaillierte Aufstellung der vorhandenen Trendsicherheiten für die gemeinsame Datenbasis ab 1932 zeigt Abb. 4.3.

Für eine statistische Analyse des Trends sollten möglichst lange Zeitreihen zugrunde gelegt werden. Die Zeitreihen wurden bei diesem Kollektiv bewusst nicht auf eine einheitliche Zeitspanne bezogen, weil dadurch wesentliche Informationen zum Gebietsverhalten in früheren Zeitabschnitten verloren gehen könnten. Deshalb ist die Analyse zusätzlich für die Pegel, deren Daten vor 1932 ("lange Zeitreihen") vorliegen, durchgeführt worden. In Abb. 4.2 ist die prozentuale Verteilung der Pegel für die verschiedenen Signifikanzniveaus dargestellt. Aus dieser Analyse ergeben sich lediglich geringfügig veränderte Verteilungen gegenüber den anderen Datenkollektiven. Die Anzahl der Pegel mit nicht signifikantem Trend reduziert sich in Baden-Württemberg und Bayern um jeweils 3 Pegel. Somit ergeben sich insgesamt 81 Pegel (79%) mit nicht signifikantem Trend. In Baden-Württemberg weisen 7 Pegel (17,5%) und in Bayern 15 Pegel (24%), damit insgesamt 22 Pegel (21,4%), Signifikanzniveaus mit $\alpha \geq 80\%$ auf. Bei den wahrscheinlich signifikanten Trends ($\alpha \geq 90\%$) erhöht sich die Gesamtanzahl lediglich um einen Pegel (Weilheim/ Ammer) aus Bayern.

Insgesamt ergibt sich bei der Analyse der Trendsicherheiten, dass die überwiegende Mehrheit der Pegel keinen signifikanten



Trend aufweist. Ein schwach signifikanter Trend ($80\% \leq \alpha \leq 90\%$) ergibt sich bei den drei Kollektiven für weniger als ca. 17% der Pegel. Wahrscheinlich signifikante Trends ($90\% < \alpha \leq 99\%$) treten zwischen 4 (3,9%) und 7 (5%) Pegel auf, wobei das höchste

Signifikanzniveau an einem Pegel bei $\alpha = 99\%$ liegt. Ein sehr wahrscheinlicher Trend mit $\alpha > 99\%$ ist beim Kollektiv "gesamte Zeitreihen" lediglich am Pegel Grafenmühle/Vils in Bayern vorhanden, dessen Beobachtungszeitreihe 1940 beginnt.

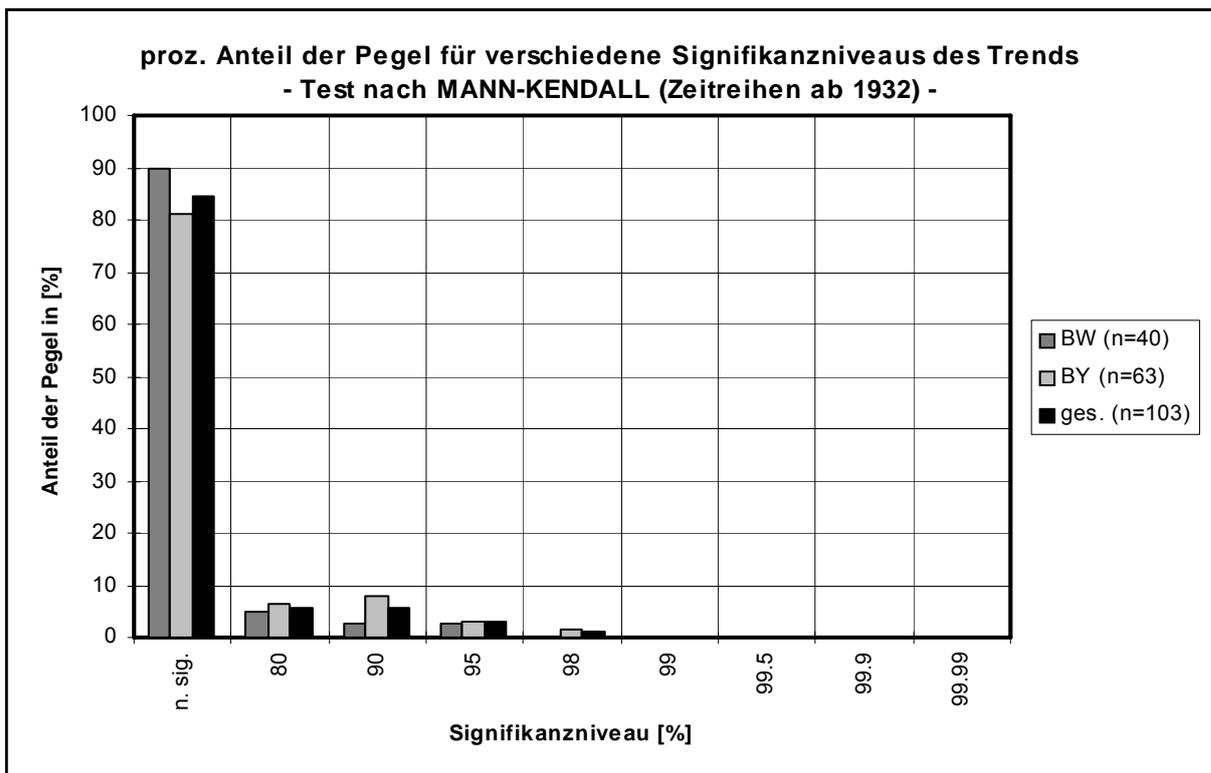
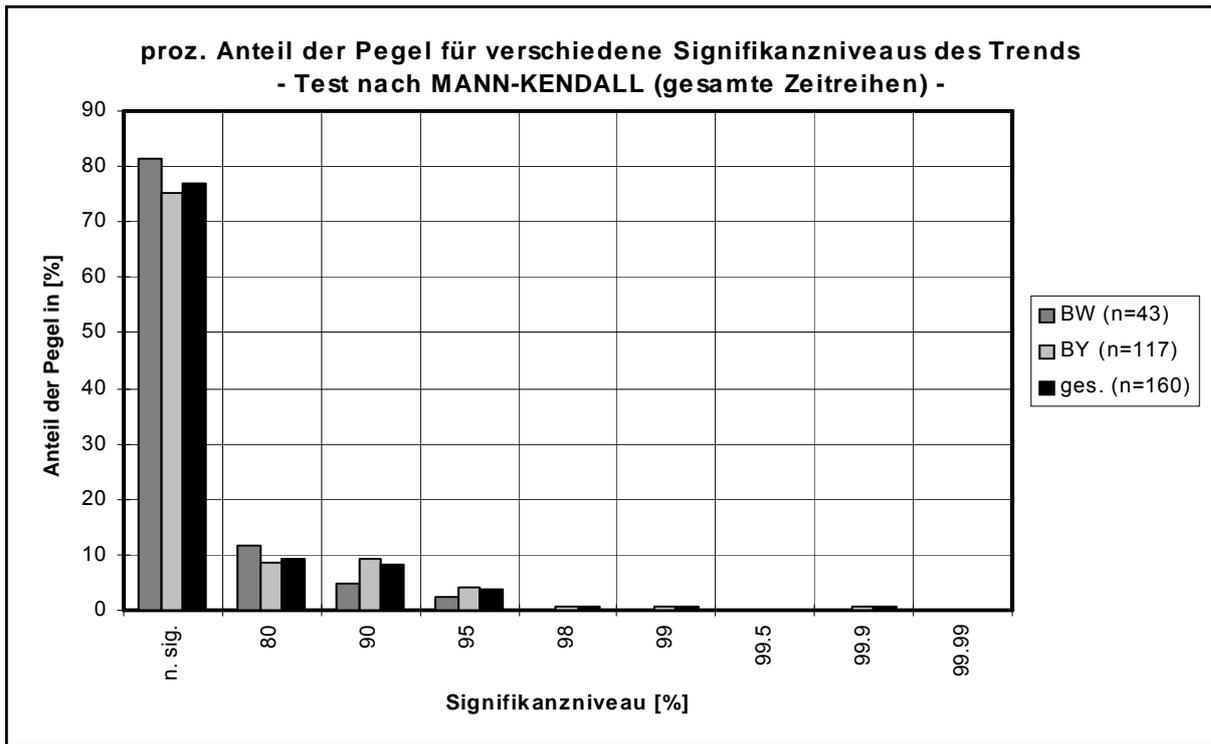


Abb.4.1: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Signifikanzniveaus nach dem Trendtest von MANN-KENDALL für alle Zeitreihen (oberes Diagramm) und für die gemeinsamen Zeitreihen ab 1932 (unteres Diagramm)

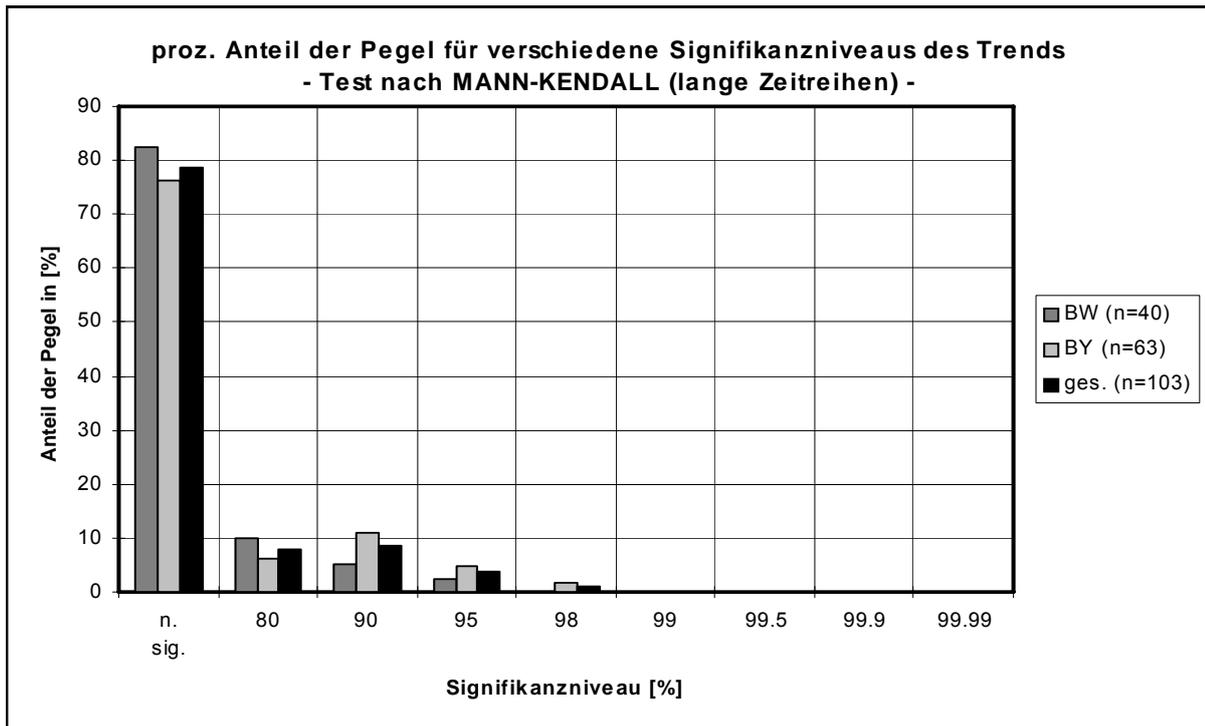


Abb. 4.2: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Signifikanzniveaus nach dem Trendtest von MANN-KENDALL für die langen Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen

Signifikanz- niveau α	Anzahl der Pegel beim Kollektiv					
	"Zeitreihen ab 1932"			"lange Zeitreihen"		
	BW	BY	ge- samt	BW	BY	ge- samt
nicht signifikant: $\alpha < 80\%$	36	51	87	33	48	81
$80\% \leq \alpha < 90\%$	2	4	6	4	4	8
$90\% \leq \alpha < 99\%$	2	8	10	3	11	14
$\alpha \geq 99\%$	0	0	0	0	0	0

Abb. 4.3: Anzahl der Pegel in den unterschiedlichen Klassen der Trendsignifikanz für die Auswertung der Kollektive "Zeitreihen ab 1932" und "lange Zeitreihen"

4.2 Analyse der zeitlichen Veränderung

Zur Beurteilung der zeitlichen Veränderung der mittleren Jahresabflüsse $MQ(J)$ wurde der lineare Trend ausgewertet für die jeweils vorliegende Beobachtungszeitspanne aller Pegel, für die gemeinsame Zeitspanne ab 1932 sowie über die langen Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen. Als Schätzmethode für die Trendsteigung wurde die Methode der Fehlerquadratsumme gewählt.

Zur Darstellung der Ergebnisse über alle Pegel wurden die berechneten Trendsteigungen jeweils auf den zugehörigen langjährigen mittleren Abfluss MQ des Pegels bezogen und in Trendklassen eingeteilt. Die Einzelergebnisse für die Pegel sind in den Tabellen 2 und 3 aufgelistet. Die Tendaussage gibt somit die prozentuale Abflussänderung pro Jahr, jeweils bezogen auf den langjährigen mittleren Abfluss MQ , an. Für die untersuchten Datenkollektive ergaben sich folgende Ergebnisse:

Trendanalyse für die "gesamten Zeitreihen"

Für alle vorliegende Zeitreihen zeigt Abb. 4.4 die prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Trendklassen für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm). Aus diesen Abbildungen ergibt sich eine gesamte Spannweite für die jährliche Veränderung der mittleren Abflüsse von rund $-0,45\%$ bis $+0,80\%$. Dies bedeutet, dass die größte jährliche Abnahme der mittleren Jahresabflüsse (Pegel Bad Mergentheim/Tauber in Baden-Württemberg) $0,45\%$ des mittleren Abflusses MQ pro Jahr beträgt. Diese Veränderung wurde ermittelt aus einer Zeitreihenlänge von 77 Jahren und weist eine Signifikanz von $\alpha = 80\%$ auf. An diesem Pegel entspricht dies einer Abnahme von ca. $0,029 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr (bei $MQ = 6,49 \text{ m}^3/\text{s}$). Die größte signifikante Zunahme in Bayern beträgt am Pegel Grafenmühle/Vils $0,77\%$ pro Jahr. Dies entspricht bei einer Zeitreihenlänge von 58 Jahren einer Zunahme von $0,078 \text{ m}^3/\text{s}$ pro

Jahr (bei $MQ = 10,13 \text{ m}^3/\text{s}$) und hat eine Signifikanz von $\alpha = 99,9\%$.

In Baden-Württemberg ergibt sich eine Spannweite von $-0,45\%$ bis $+0,58\%$. Die größte Abflusszunahme (Pegel Beuron/Donau) beträgt $0,58\%$ des mittleren Jahresabflusses pro Jahr, ermittelt aus einer Zeitreihenlänge von 72 Jahren. Dieser jährliche Trend weist eine Signifikanz von $\alpha = 95\%$ auf und beträgt $0,063 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr (bei $MQ = 10,97 \text{ m}^3/\text{s}$). Diese Zunahme ist vermutlich durch die seit 1970 durchgeführte Umleitung von Donauwasser um die im Bereich oberhalb von Beuron gelegenen Versinkungsstellen bedingt.

In Bayern liegt die Spannweite bei ungefähr derselben unteren Grenze von $-0,45\%$ und reicht bis $+0,80\%$. Die größte Abflussabnahme (Pegel Steinbach/Main) beträgt bei einer Zeitreihenlänge von 33 Jahren somit $0,45\%$ des mittleren Jahresabflusses pro Jahr. Dies entspricht einer Abnahme von $0,629 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr (bei $MQ = 140,1 \text{ m}^3/\text{s}$). Dieser Trend ist jedoch nicht signifikant. Diese Analyse zeigt, dass für Baden-Württemberg und Bayern die größte Abflussabnahme prozentual nahezu dieselbe Größe aufweist. Die größte Zunahme liegt in Bayern mit $0,82\%$ bzw. $0,77\%$ deutlich über dem Maximalwert von $0,58\%$ in Baden-Württemberg.

Die häufigsten Trends liegen bei allen Pegeln in einem Bereich zwischen $-0,25\%$ und $+0,50\%$. Dieser Bereich beinhaltet über 92% aller Pegel ohne Berücksichtigung der Trendsignifikanz. Auffällig ist, dass eine gewisse Tendenz zu positiven Abflussveränderungen vorhanden ist. Von den insgesamt 160 Pegeln weisen ohne Berücksichtigung der Trendsignifikanz 69 Pegel negative und 91 Pegel positive Trendsteigungen auf. Betrachtet man nur die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$, so ist am häufigsten die Trendklasse zwischen $0,25\%$ und $0,50\%$ belegt. In dieser Klasse befinden sich insgesamt 14 von 37 Pegel. Von diesen Pegeln liegen 2 in Baden-Württemberg und 12 in Bayern.



Trendanalyse für die "Zeitreihen ab 1932"

In Abb. 4.5 ist die prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedenen Trendklassen für die Auswertung der gemeinsam vorliegenden Beobachtungszeitspanne ab 1932 dargestellt. Bei der Betrachtung dieser "Zeitreihen ab 1932" erstreckt sich die gesamte Spannweite zwischen $-0,46\%$ und $+0,61\%$. Dies betrifft den Pegel Bad Berneck/Weißer Main in Bayern mit der größten Abnahme der mittleren Jahresabflüsse von $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr (bei $MQ = 1,076 \text{ m}^3/\text{s}$) mit einer Signifikanz von $\alpha = 80\%$. Die größte Zunahme mit $\alpha = 95\%$ ist wiederum beim Pegel Beuron/Donau in Baden-Württemberg mit $0,068 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr (bei $MQ = 11,1 \text{ m}^3/\text{s}$) vorhanden.

Die häufigsten Trends liegen bei allen Pegeln zwischen $-0,25\%$ und $+0,25\%$ mit einer gewissen Tendenz zu positiven Änderungen. Von den insgesamt 103 Pegeln weisen 42 Pegel (41%) negative Steigungen und 61 Pegel (59%) positive Steigungen auf. Von den insgesamt 103 Pegeln besitzen jedoch lediglich 16 Pegel eine Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$. Von diesen 16 (15%) Pegeln haben 5 Pegel eine negative und 11 Pegel eine positive Trendsteigung.

Trendanalyse für die "langen Zeitreihen"

Das Ergebnis der Trendanalyse für die langen Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen, ist in Abb. 4.6 dargestellt. Gegenüber der gemeinsamen Zeitreihen-

auswertung ab 1932, die sich auf dieselben Pegel erstreckt, ergeben sich dabei folgende Veränderungen. Infolge der verlängerten Zeitreihen (jeweils bis Beobachtungsbeginn) nehmen bei einer Spannweite von $-0,45\%$ bis $0,58\%$ die Trends ab.

Betrachtet man alle Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen, ohne Berücksichtigung der Trendsignifikanz, so weisen von den 103 Pegeln 53 Pegel eine negative und 50 Pegel eine positive Steigung auf. Die Häufigkeiten in der Trendklasse $-0,25\%$ bis 0% nehmen deutlich zu, wobei jedoch die Gesamtspannweite nahe unverändert ist.

Dieses Ergebnis zeigt sehr deutlich, dass bei einer Verlängerung der betrachteten Zeitreihen die Trends kleiner werden. Die räumliche Zuordnung der Trends mit den zugehörigen Trendsignifikanz ist in den Karten 3 bis 5 (siehe Anhang), getrennt für die drei untersuchten Datenkollektive, dargestellt.

Analyse der rückschreitenden Trends

In den Beispielen für die grafischen Ergebnisdarstellungen (siehe Anlagen 1.1 bis 1.8) ist für jeden Pegel der rückschreitende Trend bis zu einer Mindestlänge der Zeitreihe von 20 Jahren dargestellt. Aus den Analysen der Ergebnisse des rückschreitenden Trends ergibt sich, dass bei der überwiegenden Anzahl der Pegel keine ohne nur sehr wenige signifikante Trends vorhanden sind. Erst wenn die Zeitreihe eine Länge von ca. 35 Jahren unterschreitet, treten signifikante Abflussveränderungen verstärkt auf.

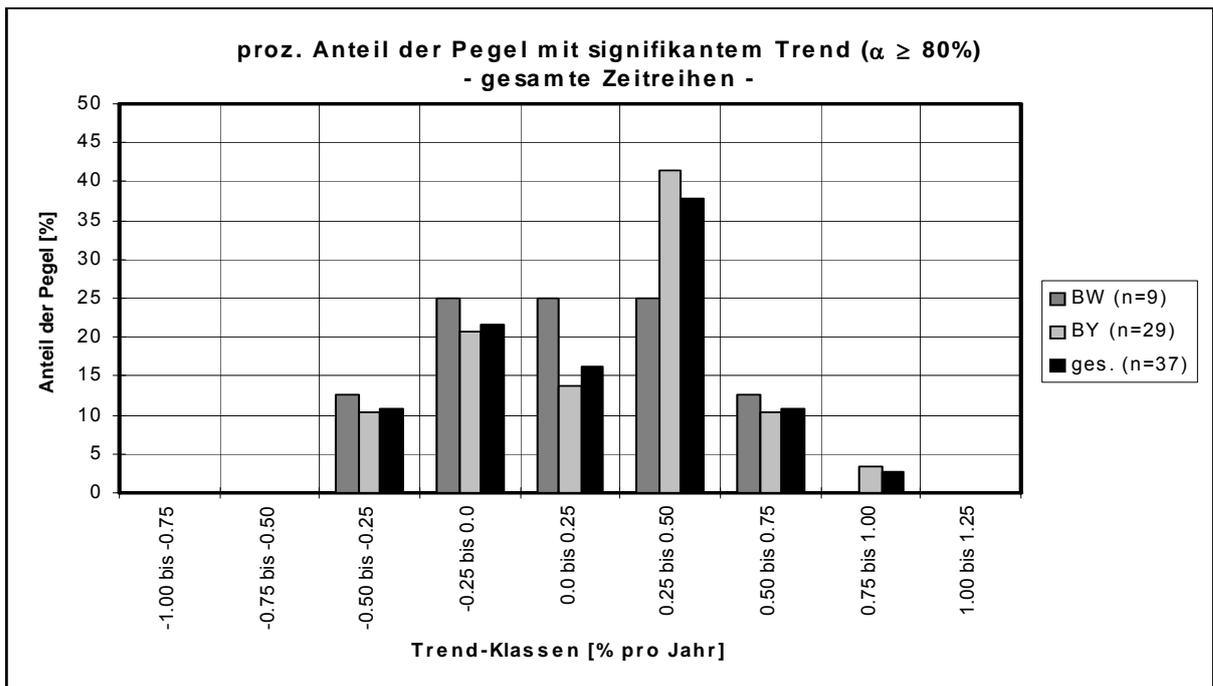
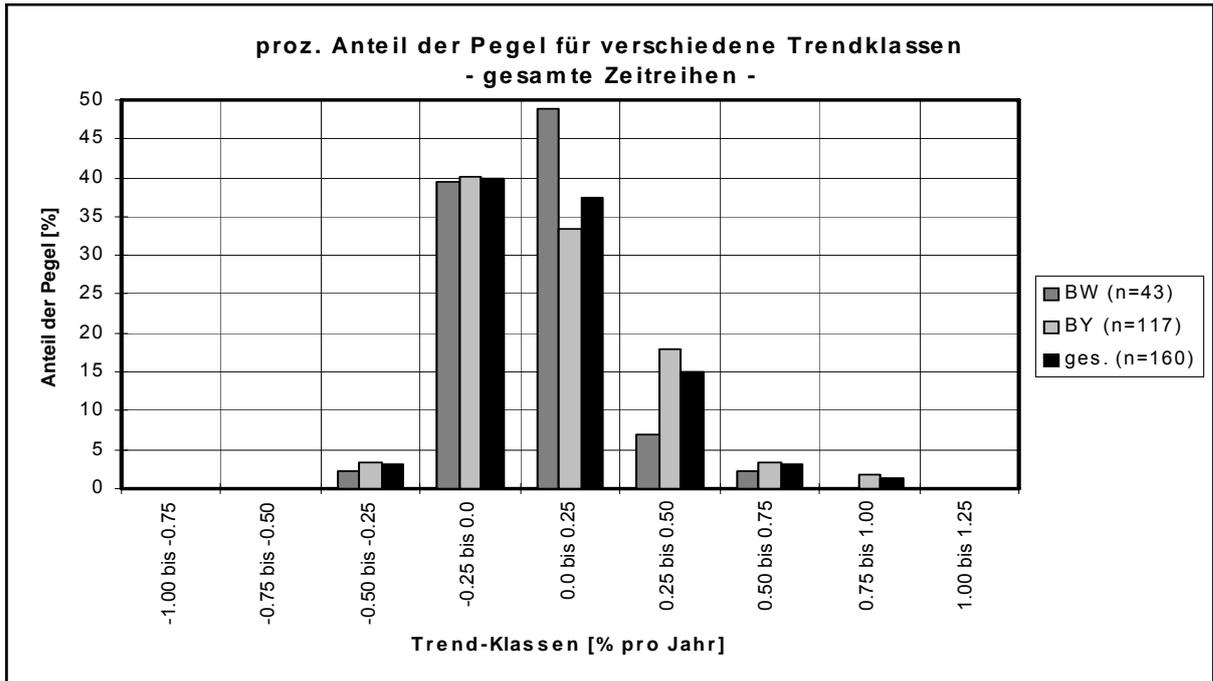


Abb. 4.4: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen, ermittelt aus den gesamten Zeitreihen für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ

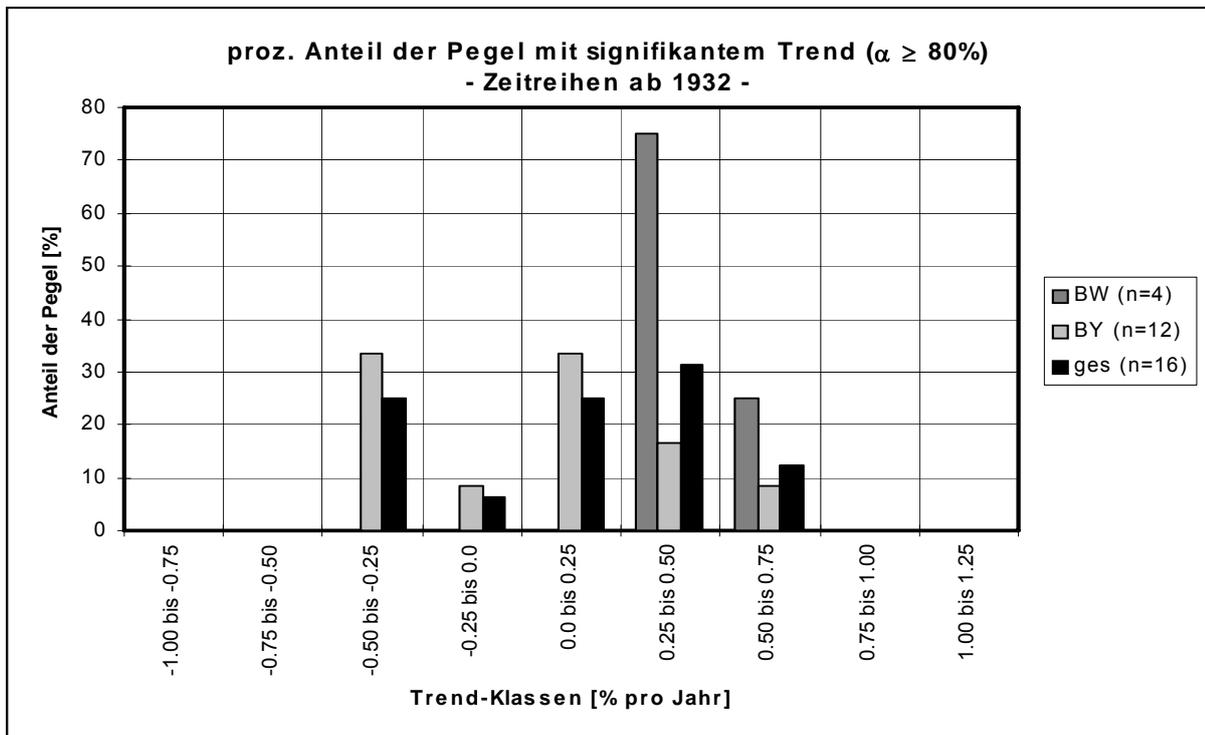
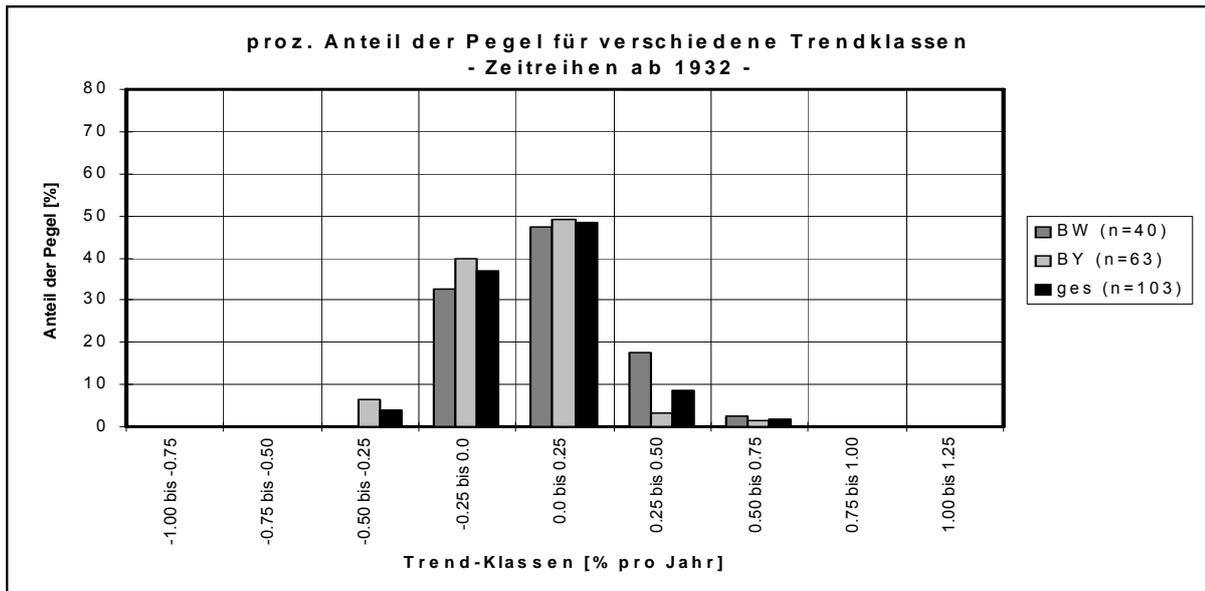


Abb. 4.5: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen, ermittelt aus den Zeitreihen ab 1932 für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ

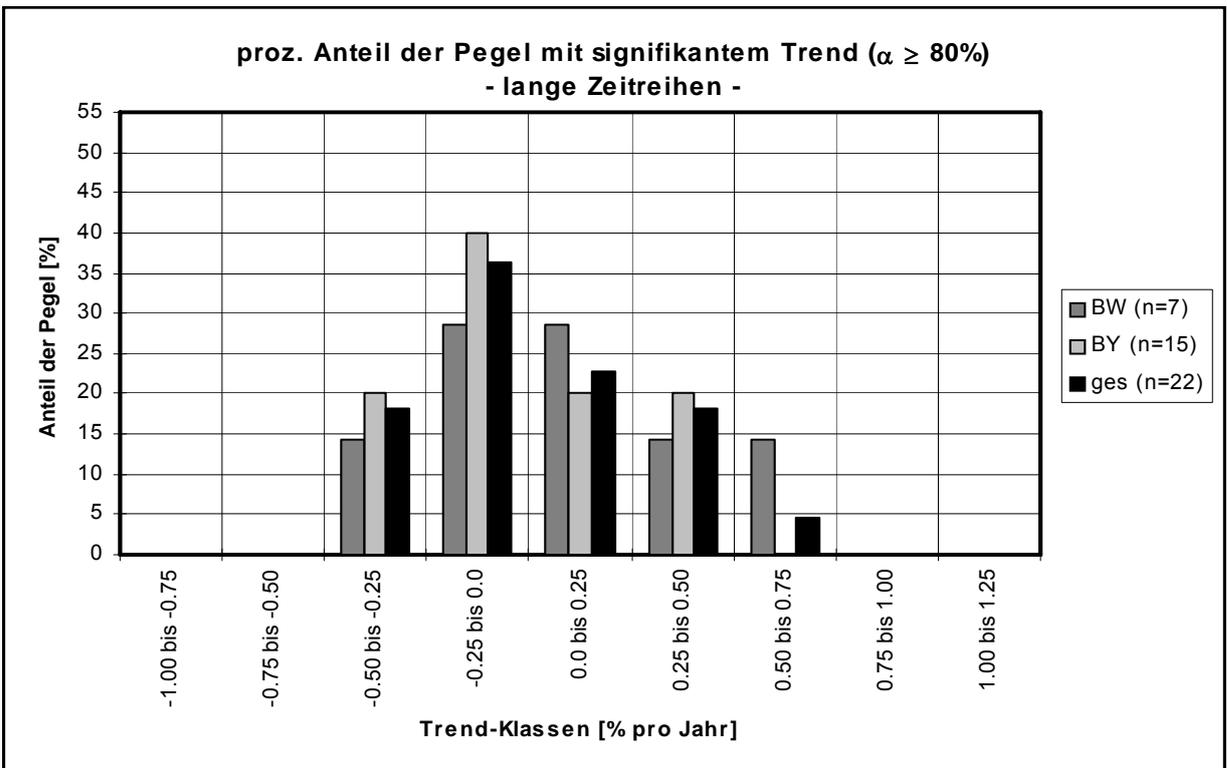
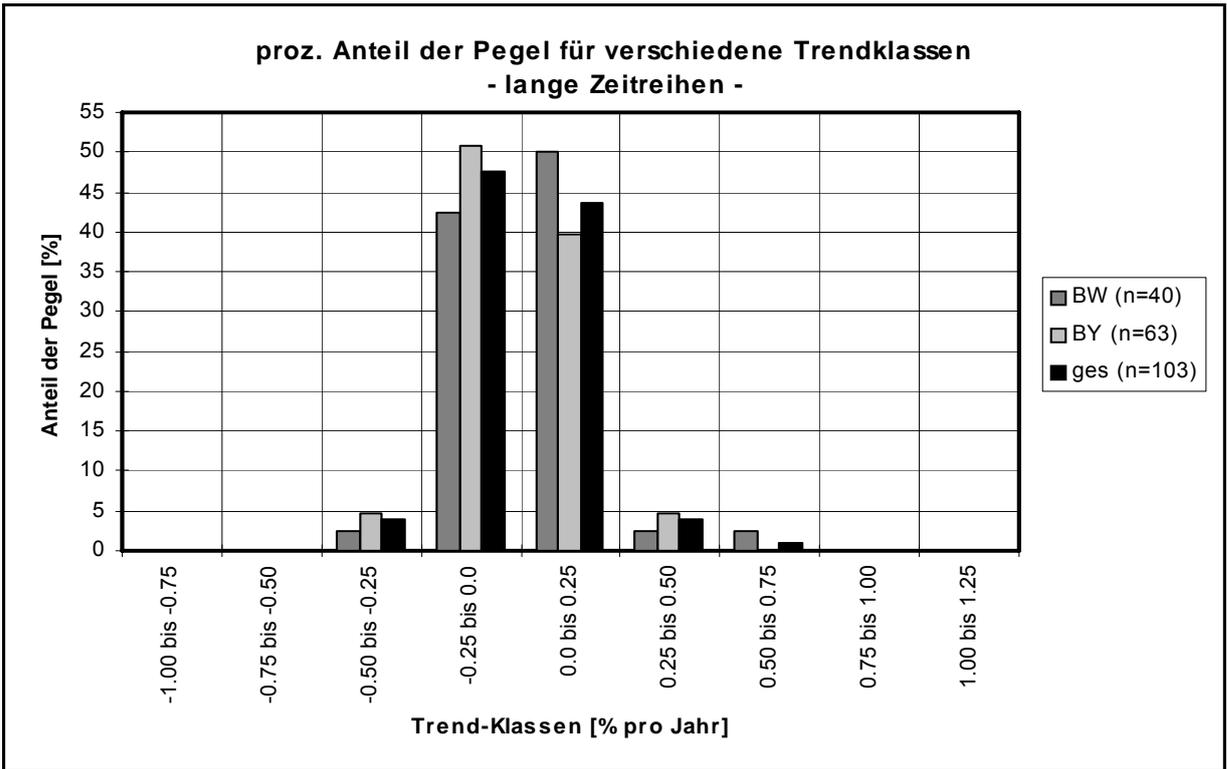


Abb. 4.6: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen, ermittelt aus den "langen Zeitreihen" für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ



4.3 Analyse des wahrscheinlichen Zeitpunkts einer möglichen Änderung des Abflussverhaltens

Tritt in einer Zeitreihe ein Trend auf, so weist diese Zeitreihe oft Zeitspannen auf, in denen ein unterschiedliches Trendverhalten bzw. in denen unterschiedliche Mittelwerte in den Teilzeitreihen vorhanden sind. Dieses unterschiedliche Trendverhalten kann bezüglich des Zeitpunkts, an dem der Wechsel stattfindet, über die Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY geprüft werden.

Dieser Test liefert den Zeitpunkt - im Weiteren „Bruchpunkt“ genannt -, an dem mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die Veränderung des Abflussverhaltens vorhanden ist. Der Test erlaubt jedoch keine Aussage darüber, ob die Veränderung in der Zeitreihe statistisch gesichert ist. Die Bruchpunktanalyse liefert lediglich den Zeitpunkt, an dem eine Änderung des Zeitverhaltens vorhanden sein könnte. Die Signifikanz einer möglichen Änderung des Abflussverhaltens selbst ist anschließend beispielsweise über das Summenlinienverfahren über den Student-Test (t-Test) zu prüfen.

Zeitreihen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einen sehr wahrscheinlichen Bruchpunkt aufweisen, zeigen vor und nach diesem Zeitpunkt häufig eine Veränderung im Mittelwert der Zeitreihe. Dies bedeutet, dass sich das Abflussverhalten "sprunghaft" verändert hat. Da jedoch zu erwarten ist, dass eine Veränderung des Abflussverhaltens insbesondere als Folge einer Klimaveränderung als "schleichende" Veränderung allmählich über eine bestimmte Zeitspanne stattfindet, wurde das Trendverhalten und dessen Signifikanz über die gesamte Beobachtungszeitspanne analysiert und bewertet.

Analyse der gesamten Zeitreihen

In Abb.4.7, Abb. 4.8 und Abb. 4.9 ist das Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts, die Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts und die Signifikanz der Trendänderung für alle Pegel unter Berücksichtigung der gesamten Beobachtungsjahre dargestellt.

Diese Darstellungen zeigen jeweils den prozentualen Anteil der Pegel für verschiedene Klassen der betrachteten Größe.

Für die Auswertung des wahrscheinlichen Bruchpunkts in Abb. 4.7 wurden nur solche Bruchpunkte betrachtet, deren Wahrscheinlichkeit P größer als 50% ist. Das Ergebnis ist aufgetragen für Jahresklassen mit jeweils 5 Jahren, beginnend bei 1910. Bei der Analyse der "gesamten Zeitreihen" treten bei 36 Pegeln in Baden-Württemberg und bei 103 Pegeln in Bayern Bruchpunkte mit einer Wahrscheinlichkeit von $P > 50\%$ auf. Wie Abb. 4.7 zeigt, häufen sich diese Bruchpunkte in der Jahresklasse zwischen 1960 und 1965. In dieser Klasse befinden sich 19 Pegel (53%) aus Baden-Württemberg und 46 Pegel (45%) aus Bayern, insgesamt somit 65 Pegel (47%). Bei den restlichen Pegeln tritt für Baden-Württemberg eine weitere, jedoch geringe Häufung in der Jahresklasse 1940 bis 1945 mit 6 Pegeln (17%) und für Bayern in der Jahresklasse 1975 bis 1980 mit 20 Pegeln (19%) auf. Die anderen Jahresklassen beinhalten jeweils nur einzelne Pegel.

Die Wahrscheinlichkeiten der Bruchpunkte zeigt Abb. 4.8. Hieraus ergibt sich, dass insgesamt 21 Pegel (13%) eine Wahrscheinlichkeit von $P < 50\%$ besitzen. Wahrscheinlichkeiten $P \geq 50\%$ treten recht gleichmäßig auf mit im Mittel ca. 9% pro Wahrscheinlichkeitsklasse. Eine deutliche Häufung ist jedoch in keiner Klasse vorhanden.

Diese Aussagen über das Auftreten eines Bruchpunkts und die zugehörige Wahrscheinlichkeit haben jedoch keine Bedeutung bezüglich der Signifikanz einer Änderung des Abflussverhaltens selbst. Wendet man zur Signifikanzprüfung den Student-Test bezüglich der Steigungsänderung in der Summenlinie an, so ergibt sich aus Abb. 4.9, dass insgesamt knapp 87% der Pegel mit einem Bruchpunkt keine signifikante Steigungsänderung besitzen. Bei 10 Pegel (6,3%) sind schwache Zeichen von Veränderungen mit $80\% \leq \alpha \leq 90\%$ vorhanden. Wahrscheinliche Veränderungen ($90\% < \alpha \leq 99\%$) ergeben sich für 7 Pegel

(4,4%) und sehr wahrscheinliche Veränderungen ($\alpha > 99\%$) für 4 Pegel (2,5%). Diese sehr hohe Signifikanz betrifft 2 Pegel aus Baden-Württemberg und 2 Pegel aus Bayern. In Baden-Württemberg sind dies die Pegel Hundersingen Donau und

Berg/Donau mit jeweils $\alpha = 99,9\%$ und in Bayern der Pegel Neu-Ulm Bad Held/Donau mit $\alpha = 99,99\%$ sowie der Pegel Wolfsmünster/Fränkische Saale mit $\alpha = 99,5\%$.

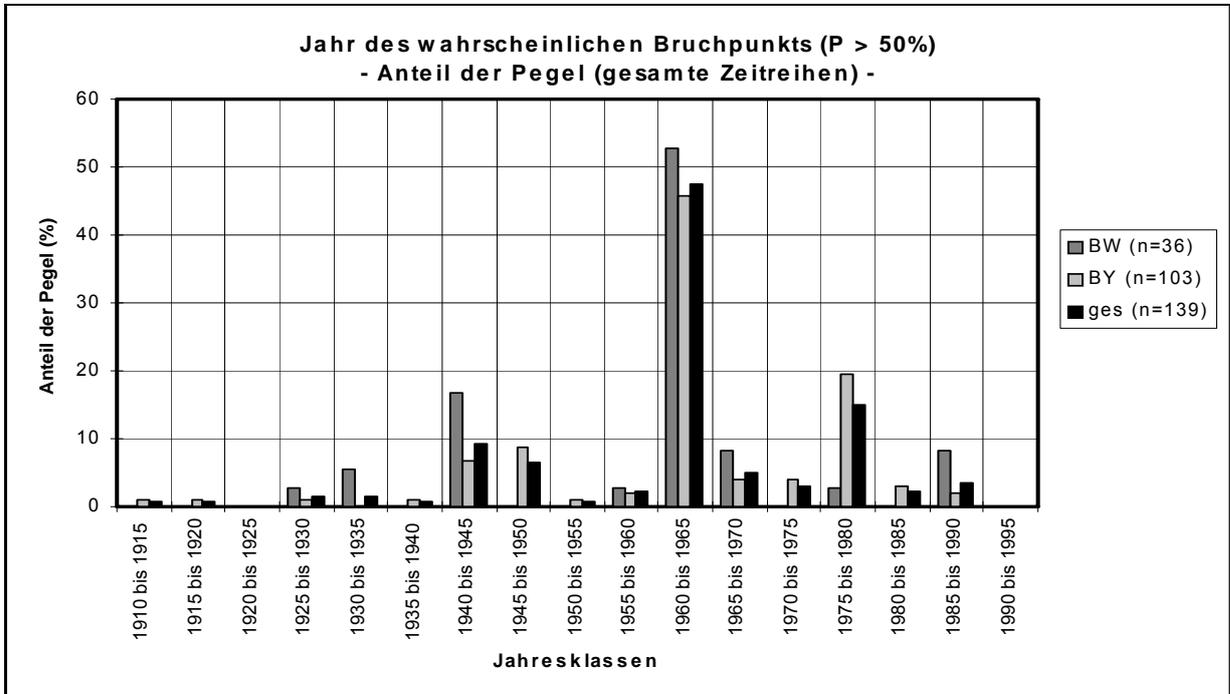


Abb. 4.7: Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"

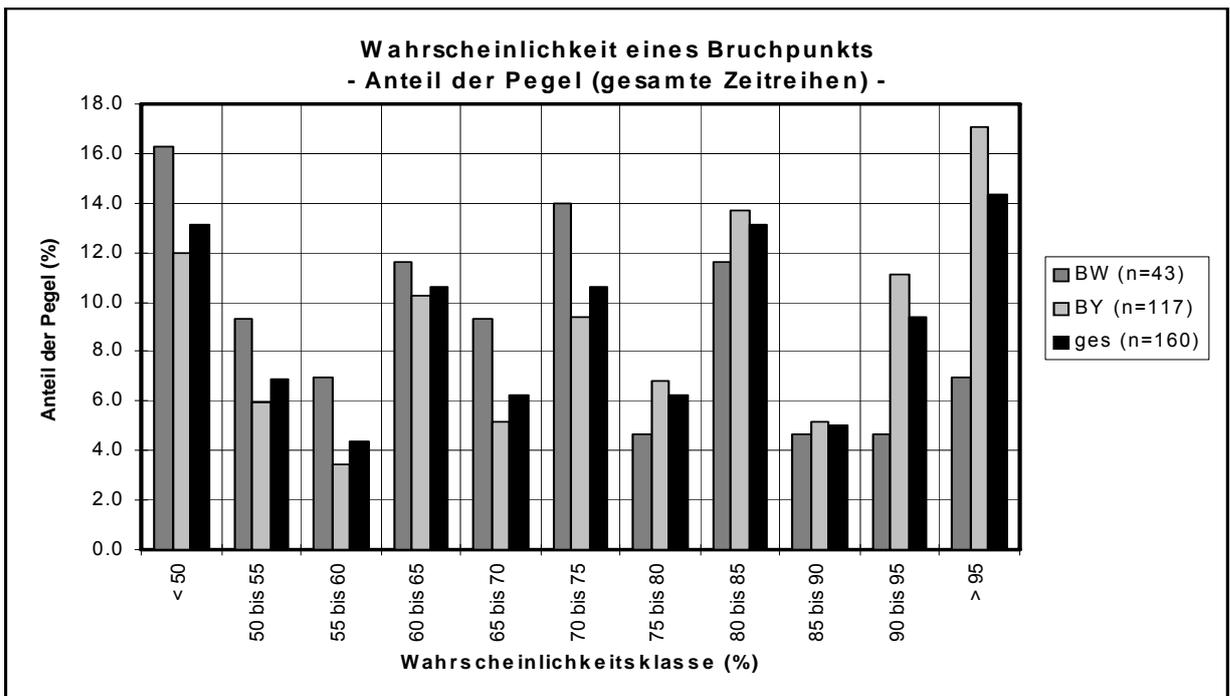


Abb. 4.8: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"

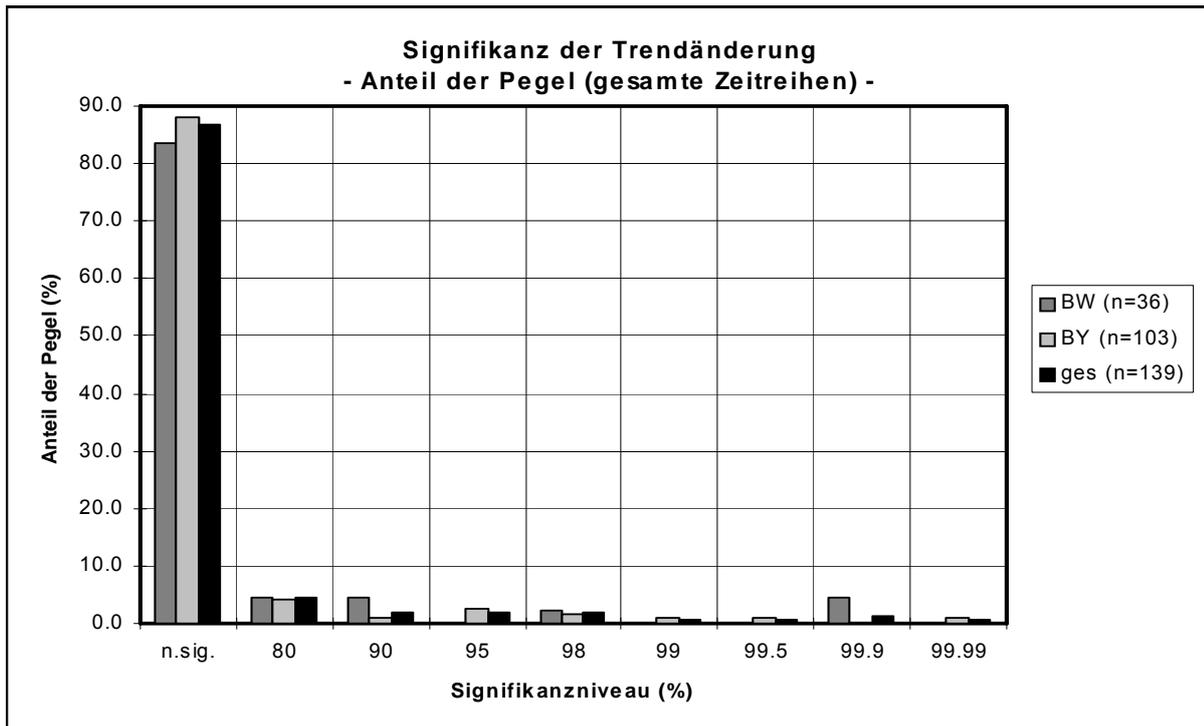


Abb. 4.9: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Änderung des Abflussverhaltens, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"

Analyse der Zeitreihen ab 1932

Die Auswertungen für die gemeinsame Datenbasis ab 1932 sind in Abb. 4.10, Abb. 4.11 und Abb. 4.12 dargestellt. Bei der Analyse des Jahres mit dem wahrscheinlichen Bruchpunkt (Abb. 4.10) zeigt sich ebenfalls eine deutliche Häufung der Pegel in der Jahresklasse zwischen 1960 und 1965. Von den insgesamt 93 (ca. 90%) Pegeln, die einen Bruchpunkt mit $P > 50\%$ aufweisen, liegen 45 Pegel (ca. 48%) in dieser Klasse. Prozentual ergibt sich für die beiden Bundesländer nahezu dasselbe Ergebnis. In Baden-Württemberg betrifft dies 18 Pegel (46%) und in Bayern 27 Pegel (47%). Die restlichen Jahresklassen sind ähnlich besetzt wie auch bei der Betrachtung der gesamten Datenbasis über alle vorliegenden Pegel.

Die Auswertung der Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts (Abb. 4.11) zeigt, dass auch bei diesem Kollektiv alle Wahrscheinlichkeitsklassen sehr gleichmäßig besetzt sind. Eine deutliche Bevorzugung

von bestimmten Jahren für einen Bruchpunkt mit hoher Wahrscheinlichkeit ist nicht erkennbar.

Bezüglich der Signifikanz einer Änderung des Abflussverhaltens (Abb. 4.12) zeigt sich bei der Auswertung der gemeinsamen Datenbasis ab 1932, dass für beide Bundesländer prozentual betrachtet sehr vergleichbare Ergebnisse vorliegen. Von den Pegeln mit einem Bruchpunkt weisen 85% keine signifikante Änderung auf. Schwache Zeichen von Veränderungen ($80\% \leq \alpha \leq 90\%$) sind bei 8 Pegel (8%) vorhanden, wahrscheinliche Veränderungen ($90\% < \alpha \leq 99\%$) ergeben sich bei 5 Pegel (4,0%) und sehr wahrscheinliche Veränderungen ($\alpha > 99\%$) bei 3 Pegel (2,9%). Die sehr wahrscheinlichen Veränderungen treten auf in Baden-Württemberg an den Pegeln Hundersingen/Donau und Berg/Donau mit jeweils $\alpha = 99,9\%$ sowie in Bayern am Pegel Wolfsmünster/Fränkische Saale mit $\alpha = 99,5\%$. Der Pegel Neu-Ulm Bad Held/Donau aus Bayern, der bei der Betrachtung der "gesam-

ten Zeitreihen" eine sehr hohe Signifikanz aufweist, verschwindet bei der Betrachtung der gemeinsamen Datenbasis ab

1932 aus der hohen Signifikanzklasse. Das Signifikanzniveau liegt bei der Zeitreihe ab 1932 bei $\alpha = 80\%$.

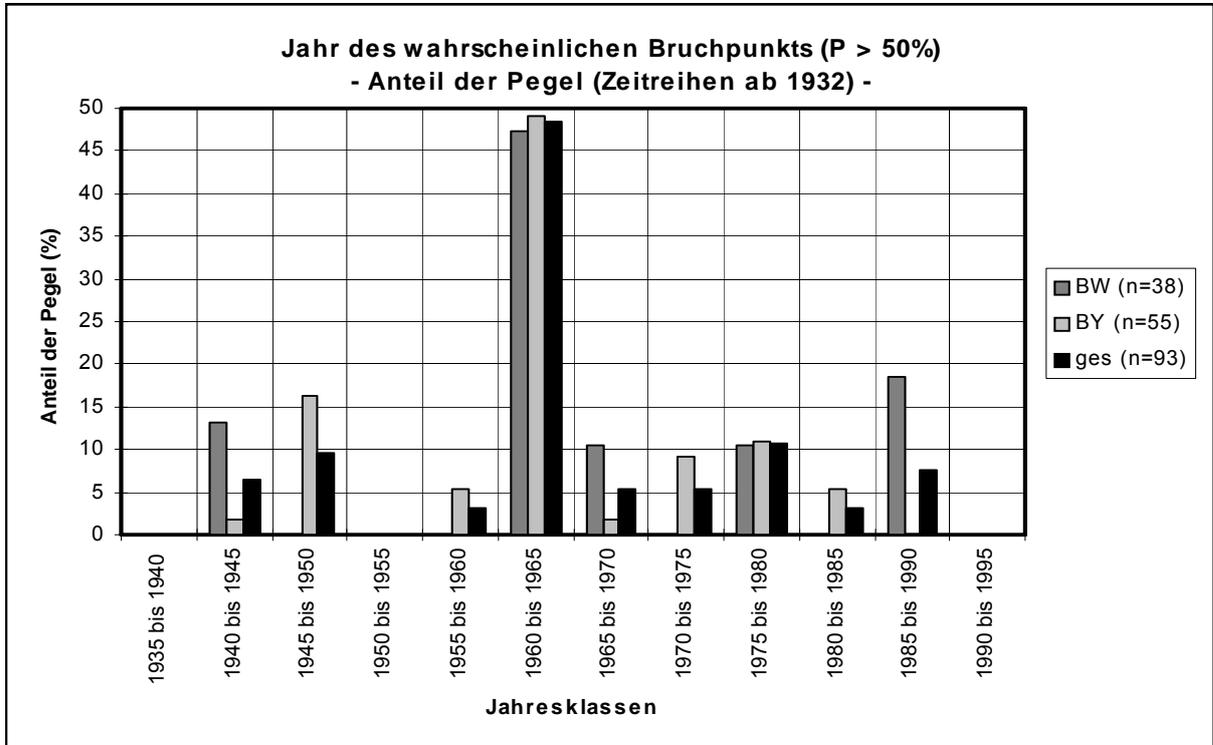


Abb. 4.10: Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"

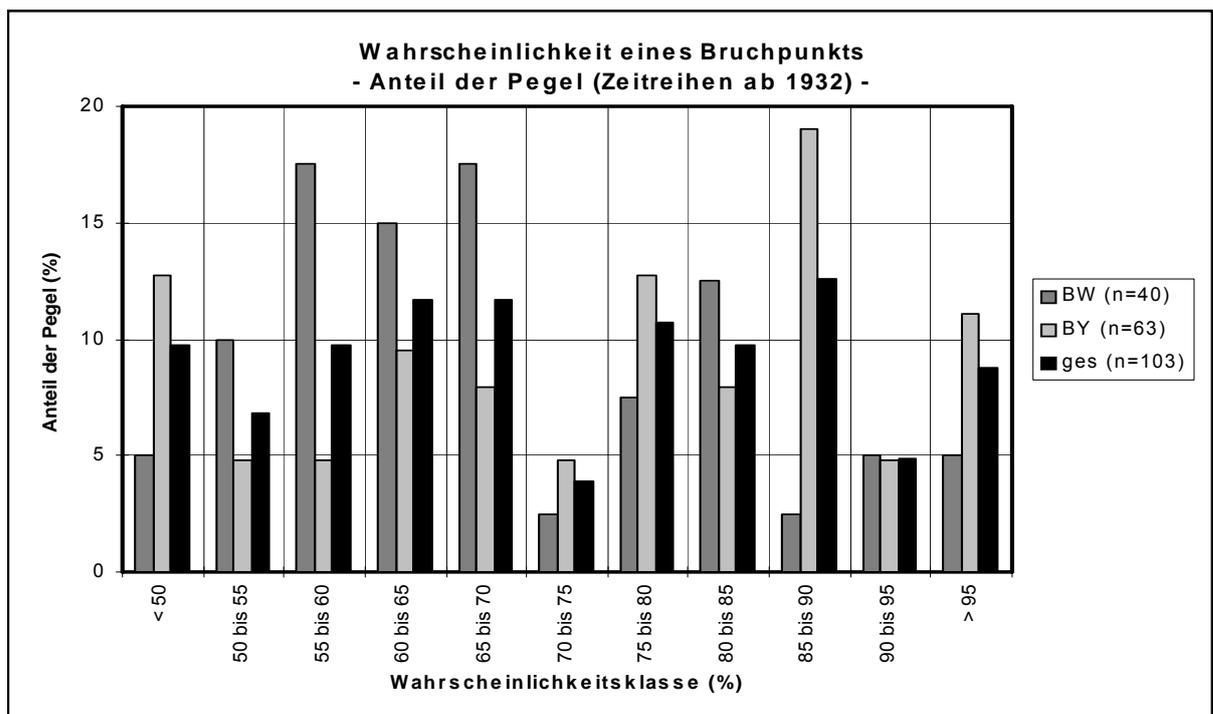


Abb. 4.11: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"

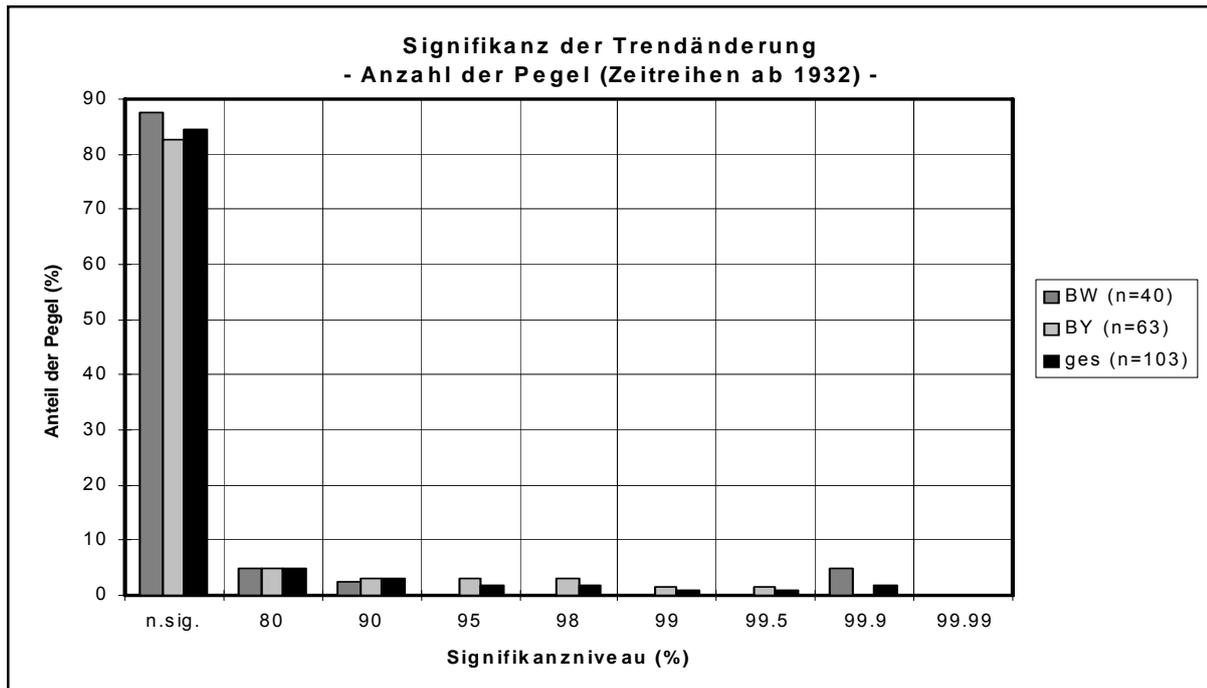


Abb. 4.12: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Änderung des Abflussverhaltens, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"

Analyse der langen Zeitreihen

Für die langen Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen, sind die Ergebnisse bezüglich des wahrscheinlichen Bruchpunkts und der Signifikanz der Änderung in Abb. 4.13, Abb. 4.14 und Abb. 4.15 dargestellt. Der wahrscheinlichste Bruchpunkt (Abb. 4.13) mit einer Wahrscheinlichkeit von $P > 50\%$ liegt insgesamt bei 38 Pegeln (43,7%) wiederum in der Jahresklasse zwischen 1960 und 1965. In Baden-Württemberg betrifft dies 16 Pegel (49%) und in Bayern 22 Pegel (41%). Die restlichen Pegel verteilen sich ähnlich wie bei der Analyse der gesamten Zeitreihen nahezu über alle Jahresklassen, wobei eine weitere, geringe Häufung zwischen den Jahren 1940 und 1950 vorhanden ist.

Bei der Analyse der Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts ergeben die Ergebnisse für die langen Zeitreihen (Abb. 4.14) wiederum eine sehr gleichmäßige Verteilung auf die verschiedenen Wahrscheinlichkeitsklassen. Bei ca. 15% der Pegel ist die Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts bei $P < 50\%$. Für die höheren Wahrscheinlichkeiten ergeben sich im Mittel jeweils ca.

8,4% pro Klasse.

Bei der Signifikanz der Änderung des Abflussverhaltens (Abb. 4.15) zeigt auch dieses Datenkollektiv, dass bei den beiden Bundesländern nur geringe Unterschiede in der prozentualen Verteilung vorhanden sind. Bei ca. 82% der Pegel ist keine signifikante Änderung in den Zeitreihen vorhanden. Schwache Zeichen von Veränderungen ($80\% \leq \alpha \leq 90\%$) sind bei ca. 8,7% der Pegel vorhanden, wahrscheinliche Veränderungen ($90\% < \alpha \leq 99\%$) ergeben sich für ca. 4,9% der Pegel. Sehr wahrscheinliche Veränderungen ($\alpha > 99\%$) weisen ebenfalls 3,9% der Pegel auf. Dies betrifft wiederum die 2 Pegel aus Baden-Württemberg und die 3 Pegel in Bayern, die bereits bei der Betrachtung der "gesamten Zeitreihen" genannt sind.

Die räumliche Zuordnung des Jahrs mit dem wahrscheinlichen Bruchpunkt und mit der zugehörigen Signifikanz der Änderung des Abflussverhaltens nach dem Student-Test ist in den Karten 4 bis 5 getrennt für die Datenkollektive „lange Zeitreihen“ und „gesamte Zeitreihen“ dargestellt.

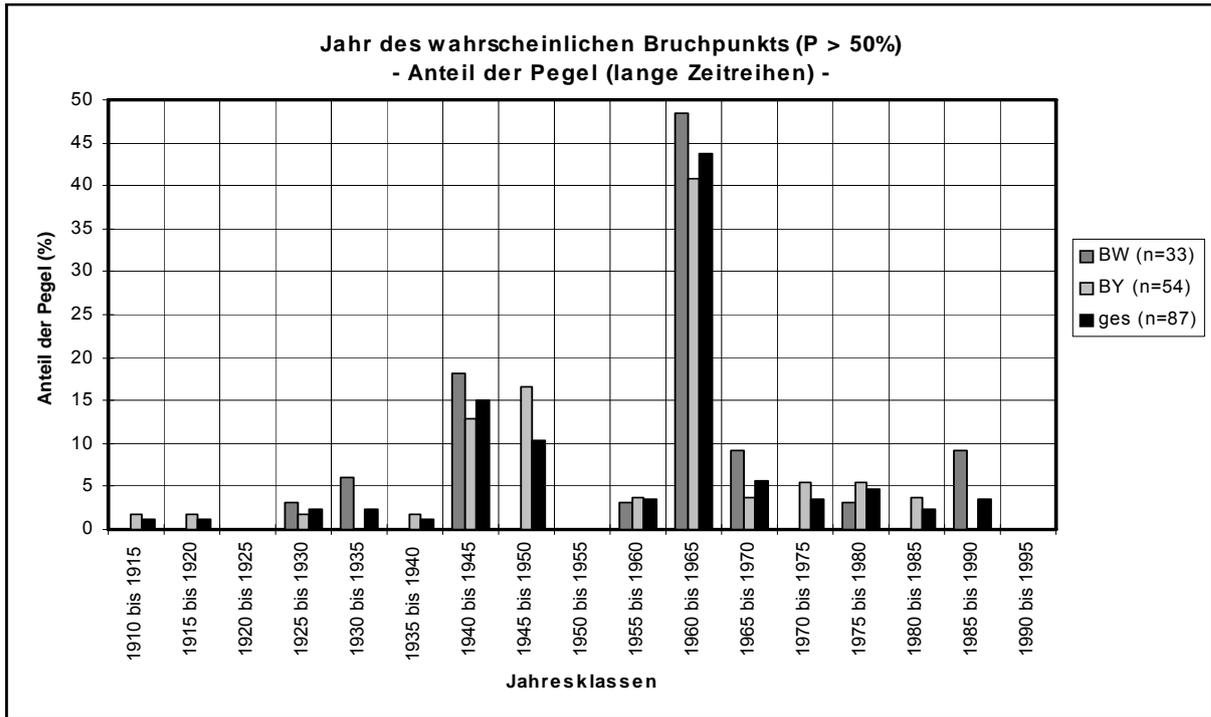


Abb. 4.13: Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"

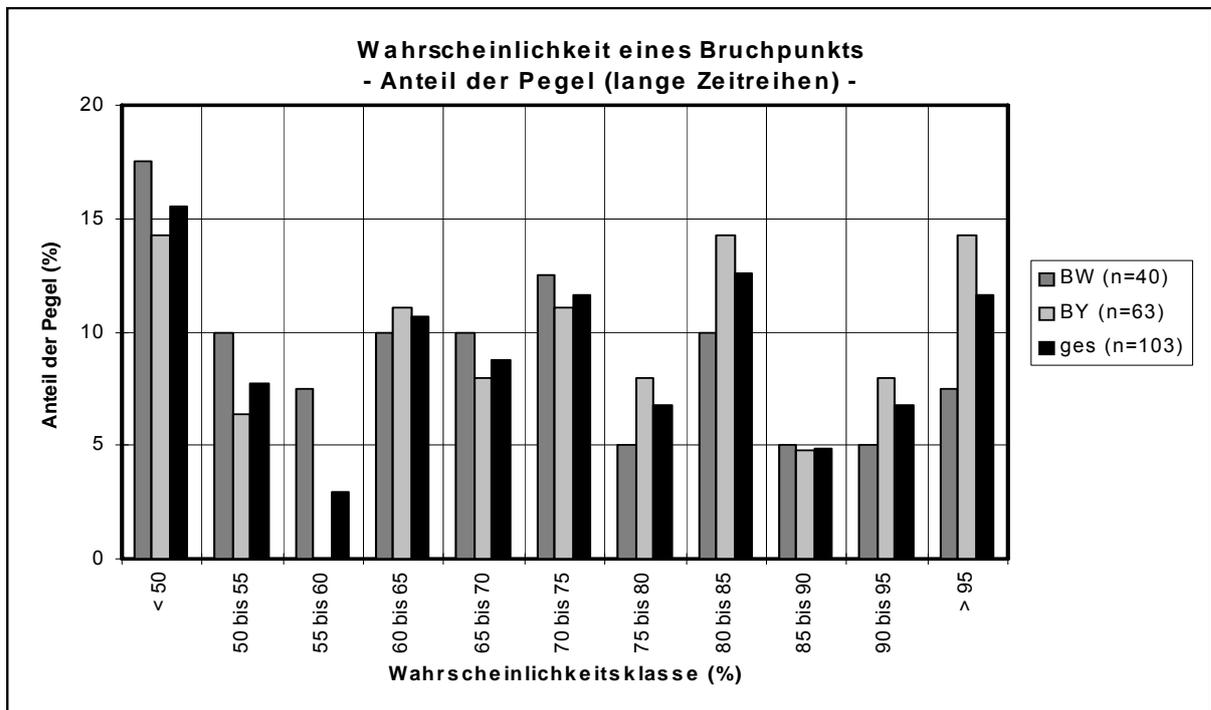


Abb. 4.14: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"

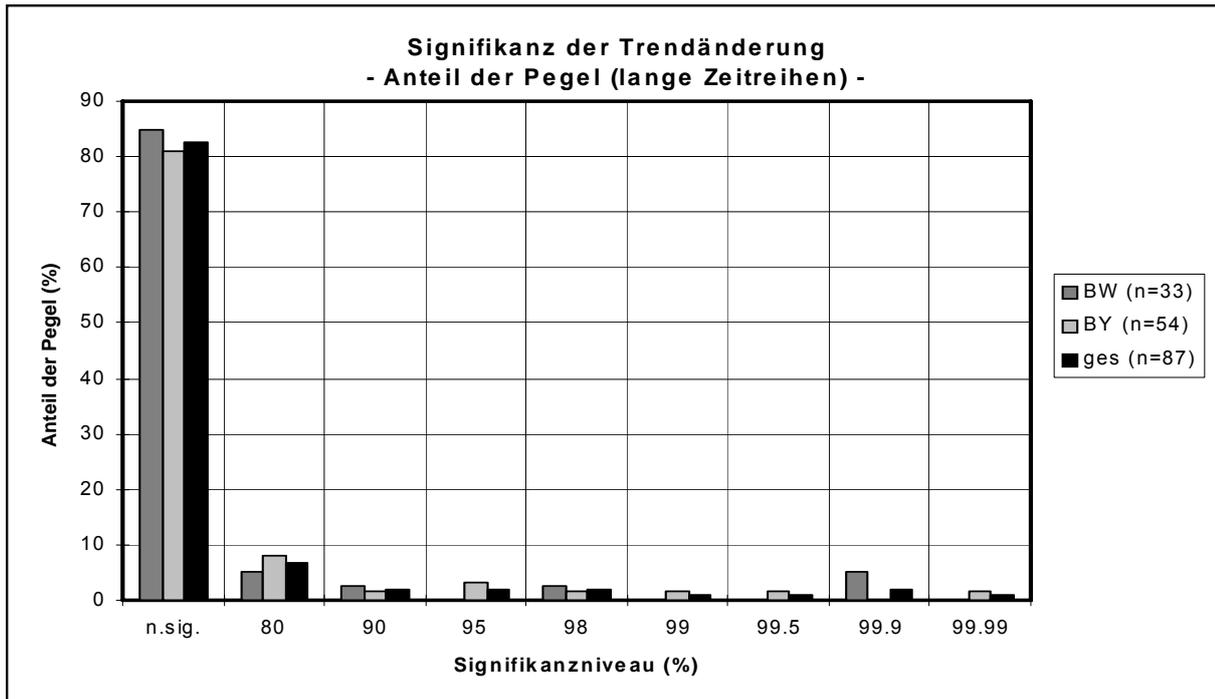


Abb. 4.15: Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Änderung des Abflussverhaltens, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"

5 Analyse des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse

Neben den mittleren jährlichen Abflüssen MQ(J) wurden auch die mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m) über den mittleren Jahresgang bezüglich langfristiger Veränderungen beurteilt. Zur Ermittlung möglicher Veränderungen in den Zeitreihen wurden die Gesamtzeitreihen im Jahr 1964 (häufigster Bruchpunkt) in zwei Teilzeitreihen geteilt. Der mittlere Abfluss der Teilzeitreihen wurde anschließend mit dem mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe verglichen. Ein statistischer Test zur Ermittlung der Signifikanz der Veränderung der mittleren Abflüsse wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt.

In die Analyse des mittleren Jahresgangs wurden zunächst alle Pegel einbezogen, deren Zeitreihen mindestens ab 1954 vorliegen ("Zeitreihen mind. ab 1954"). Durch diese Bedingung konnten trotz der relativ kurzen Zeitspanne für die erste Teilzeitreihe möglichst viele Zeitreihen einbezogen werden. Um den Einfluss dieser ersten Teilzeitreihe auf die Auswertung des mittleren Jahresgangs darzustellen, wurden in einer weiteren Auswertung zusätzlich nur die Pegel betrachtet, die 1932 oder früher beginnen ("Zeitreihen mind. ab 1932"). Als drittes Kollektiv wieder auch hier die gemeinsame Zeitreihe ab 1932 betrachtet ("Zeitreihen ab 1932").

5.1 Zeitreihenbeginn 1954 oder früher

Der mittlere Jahresgang der mittleren Monatsabflüsse MQ(m) mit Beobachtungsbeginn 1954 oder früher wurde für 144 Pegel aus Baden-Württemberg und Bayern jeweils für die gesamte Beobachtungszeitspanne ermittelt und verglichen mit den zwei Teilzeitreihen, die sich durch Trennung der Gesamtzeihe im Jahr 1964 ergeben. Die hieraus abgeleiteten Analysen sind in der Tabelle 4 tabellarisch und in den Anlagen 2.1 bis 2.8 für ausgewählte Pegel graphisch zusammengestellt.

Abb. 5.1 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse in Häufigkeitsdiagrammen. Dabei ist deren prozentualer Anteil für verschiedene Abweichungsklassen dargestellt. Die prozentualen Abweichungen ergeben sich

aus der Differenz der MQ-Werte von Teilzeitreihe und Gesamtzeitreihe, bezogen auf den MQ-Wert der Gesamtzeitreihe (Kap. 3.2.2, Gleichung 3.14).

Die Häufigkeitsverteilungen in Abb. 5.1 zeigen, dass in den Zeitreihen eine deutliche Änderung vor und nach 1964 vorhanden ist. Die Spannweite der prozentualen Abweichungen umfasst für beide Bundesländer vor 1964 den Bereich von -22% bis +3,3% und nach 1964 den Bereich -3,3% bis 16%. Für Baden-Württemberg ergibt sich die Spannweite vor 1964 von -14,5% bis 1,6% und nach 1964 von -2,1% bis 16% und für Bayern vor 1964 von -22% bis 3,3% und nach 1964 von -3,3% bis 16%. Die größten Abweichungen der mittleren Abflüsse der Teilzeitreihen zum mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe ergeben sich in Baden-Württemberg für den Pegel Beuron/Donau mit -14,5% (Teilzeitreihe vor 1964) und +16% (Teilzeitreihe nach 1964) ermittelt aus 72 Beobachtungsjahren. In Bayern ist die größte Abweichung vor 1964 am Pegel Hölle/Selbitz mit -22% vorhanden. Diese große Abweichung ist sicherlich auf die kurze Teilzeitreihe vor 1964 zurückzuführen. Die Beobachtungen an diesem Pegel beginnen erst 1949.

Die meisten Pegel befinden sich in der Klasse -5% bis 0% (70 Pegel, 49%) für die Teilzeitreihe vor 1964 und in der Klasse 0% bis +5% (71 Pegel, 49%) für die Teilzeitreihe nach 1964. In Baden-Württemberg betrifft dies 21 Pegel (49%) vor 1964 und 19 Pegel (44%) nach 1964 und in Bayern 49 Pegel (49%) vor 1964 und 52 Pegel (51%) nach 1964.

5.2 Zeitreihenbeginn 1932 oder früher

Wie beispielsweise der bayerische Pegel Hölle/Selbitz zeigt, hat die zunächst festgelegte Mindestlänge der Teilzeitreihe vor 1964 einen zufälligen Einfluss auf die statistische Aussage. Deshalb wurden zusätzlich nur die Pegel betrachtet, die 1932 oder früher beginnen. Diese Auswertung beinhaltet 41 Pegel aus Baden-Württemberg und 64 Pegel aus Bayern, insgesamt somit 105 Pegel.



Die meisten Pegel befinden sich auch bei diesem Datenkollektiv in der Klasse -5% bis 0% (63 Pegel, 60%) für die Teilzeitreihe vor 1964 und in der Klasse 0% bis +5% (55 Pegel, 52%) für die Teilzeitreihe nach 1964. In Baden-Württemberg betrifft dies 21 Pegel (51%) vor 1964 und 18 Pegel (44%) nach 1964 und in Bayern 42 Pegel (65%) vor 1964 und 37 Pegel (58%) nach 1964.

Die gesamte Spannweite wird gegenüber der Auswertung der Pegel ab 1954 im Extrembereich etwas kleiner. Insgesamt treten Abweichungen auf zwischen -17% und +3,3% für die Teilzeitreihe bis 1964 und zwischen -3,3% und 16% für die Teilzeitreihe nach 1964. Die größten Abweichungen treten in Baden-Württemberg wiederum am Pegel Beuron/Donau mit -14,5% (vor 1964) und 16% (nach 1964) auf. Dies entspricht einem mittleren Abfluss vor 1964 von $MQ = 9,37 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe von $MQ = 11,0 \text{ m}^3/\text{s}$, ermittelt aus 72 Jahren. Der mittlere Abfluss nach 1964 beträgt an diesem Pegel $MQ = 12,7 \text{ m}^3/\text{s}$. In Bayern ergeben sich die größten Abweichungen am Pegel Leucherhof/Baunach mit -17% und +16%. Dies entspricht einem mittleren Abfluss vor 1964 von $MQ = 1,73 \text{ m}^3/\text{s}$ und nach 1964 von $MQ = 2,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Abfluss der Gesamtzeitreihe beträgt $MQ = 2,07 \text{ m}^3/\text{s}$, ermittelt aus 68 Jahren.

Diese Ergebnisse zeigen, dass für die überwiegende Zahl der Pegel nach 1964 ein höherer mittlerer Abfluss vorhanden ist. Im Mittelwert ergibt sich für alle Pegel eine Abweichung von -3,1% für die Teilzeitreihe vor 1964 und von +3,6% nach 1964 im Vergleich zum mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe. Diese Abflussveränderungen sind jedoch nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt. Die graphischen Darstellungen in den Anlagen 2.1 bis 2.8 zeigen, dass eine gewisse Bevorzugung der Monate vorhanden ist, an denen im Jahresgang die höchsten Abflüsse auftreten. Für eine detaillierte Analyse müsste deshalb die hier durchgeführte Jahresbetrachtung auf Halbjahre bzw. auf Quartale erweitert werden, wobei vorwiegend die Monate mit den höchsten Abflüs-

sen gesondert zu betrachten sind.

5.3 Zeitreihen ab 1932

Analog zu der Untersuchung des Trendverhaltens der Zeitreihen wurde als drittes Kollektiv die gemeinsame Zeitspanne ab 1932 betrachtet. Diese Auswertung beinhaltet ebenfalls 41 Pegel aus Baden-Württemberg und 64 Pegel aus Bayern, insgesamt somit 105 Pegel. Die Häufigkeitsverteilungen der Abweichungen der mittleren Abflüsse der Teilzeitreihen vor und nach 1964 zum mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe sind in Abb. 5.2 dargestellt.

Auch bei diesem Datenkollektiv befinden sich die meisten Pegel in der Klasse -5% bis 0% (54 Pegel, 51%) für die Teilzeitreihe vor 1964 und in der Klasse 0% bis +5% (57 Pegel, 54%) für die Teilzeitreihe nach 1964. In Baden-Württemberg betrifft dies 20 Pegel (49%) vor 1964 und 21 Pegel (51%) nach 1964 und in Bayern 34 Pegel (53%) vor 1964 und 36 Pegel (56%) nach 1964. Somit sind diese Ergebnisse mit den Ergebnissen bei Betrachtung der gesamten Beobachtungszeitreihen dieses Datenkollektivs sehr vergleichbar.

Auch in der Betrachtung der gesamten Spannweite der Abweichungen ergeben sich lediglich geringfügige Veränderungen. Insgesamt treten Abweichungen auf zwischen -19% und +3,3% für die Teilzeitreihe bis 1964 und zwischen -3,3% und 18% für die Teilzeitreihe nach 1964. Die größten Abweichungen treten in Baden-Württemberg wiederum am Pegel Beuron/Donau mit -15,5% (vor 1964) und 15% (nach 1964) auf. In Bayern ergeben sich auch hier die größten Abweichungen am Pegel Leucherhof/Baunach mit -19% und +18%.

Diese Ergebnisse zeigen wiederum, dass für die überwiegende Zahl der Pegel nach 1964 ein höherer mittlerer Abfluss vorhanden ist. Im Mittelwert ergibt sich für alle Pegel eine Abweichung von -4,3% für die Teilzeitreihe vor 1964 und von +4,0% nach 1964 im Vergleich zum mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe.

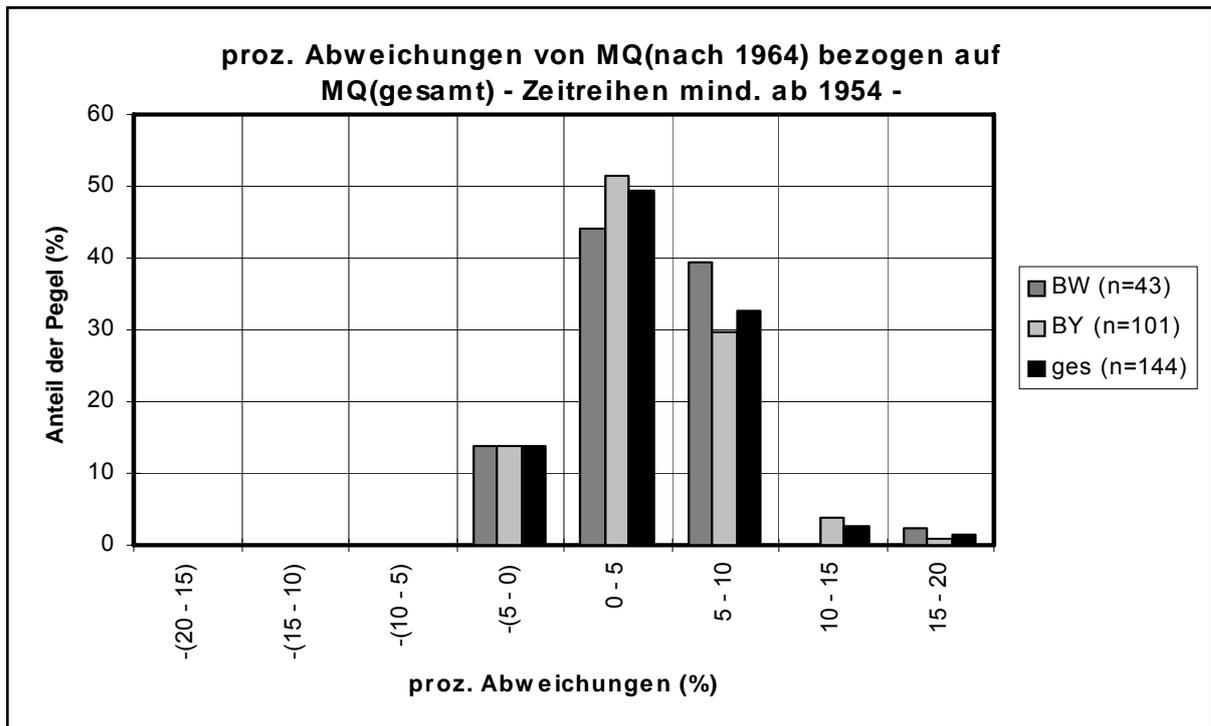
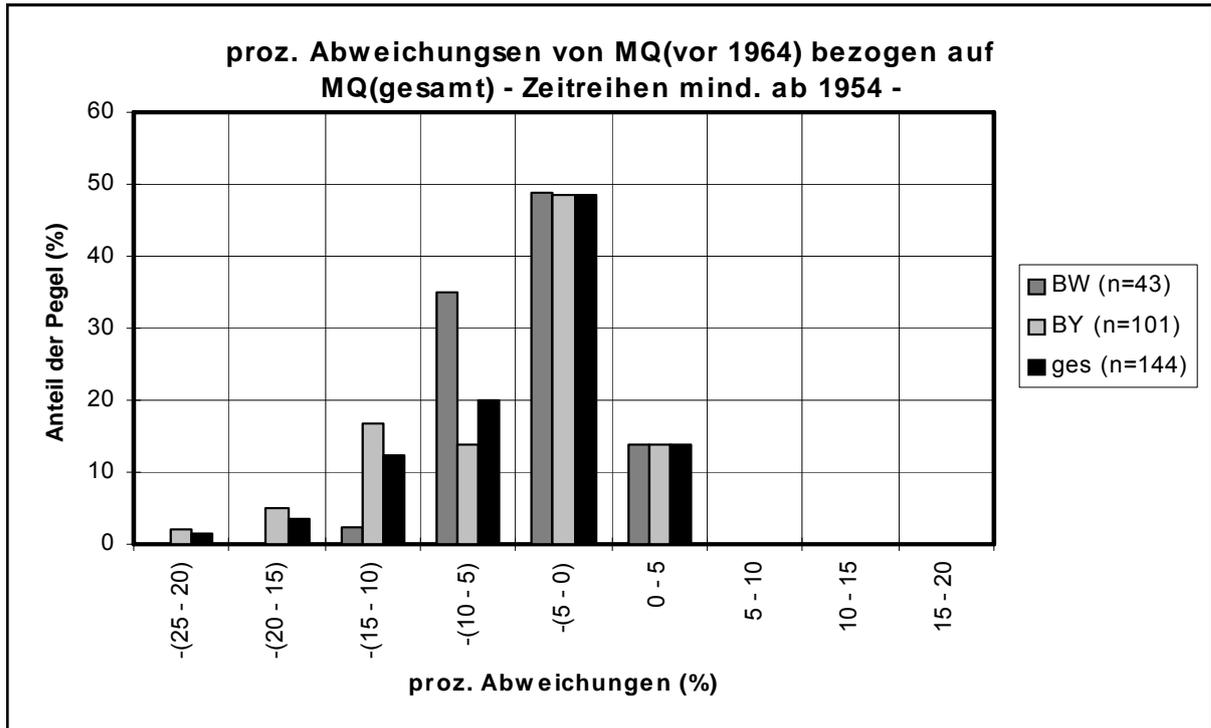


Abb. 5.1: Verteilung des Anteils der Pegel mit prozentualen Abweichungen der mittleren Abflüsse MQ der Teilzeitreihe vor 1964 (oberes Diagramm) und nach 1964 (unteres Diagramm), bezogen auf den MQ-Wert der Gesamtzeitreihe (Zeitreihen mindestens ab 1954 vorhanden)

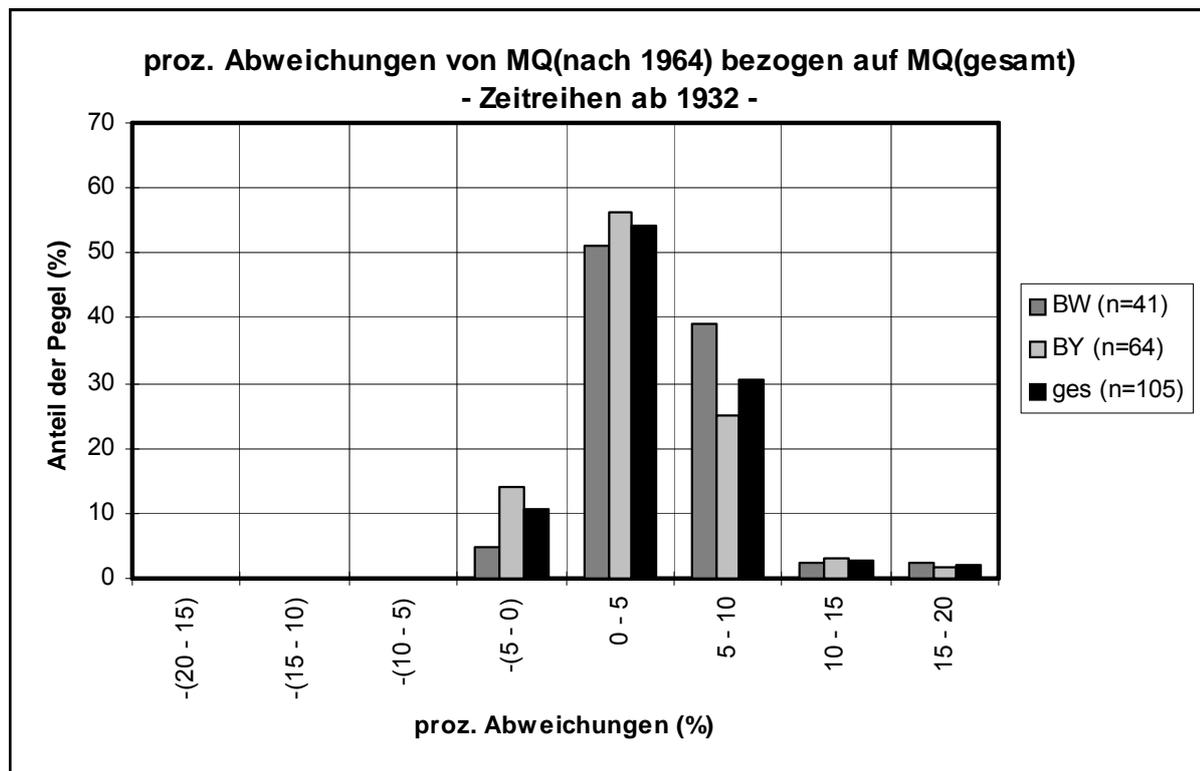
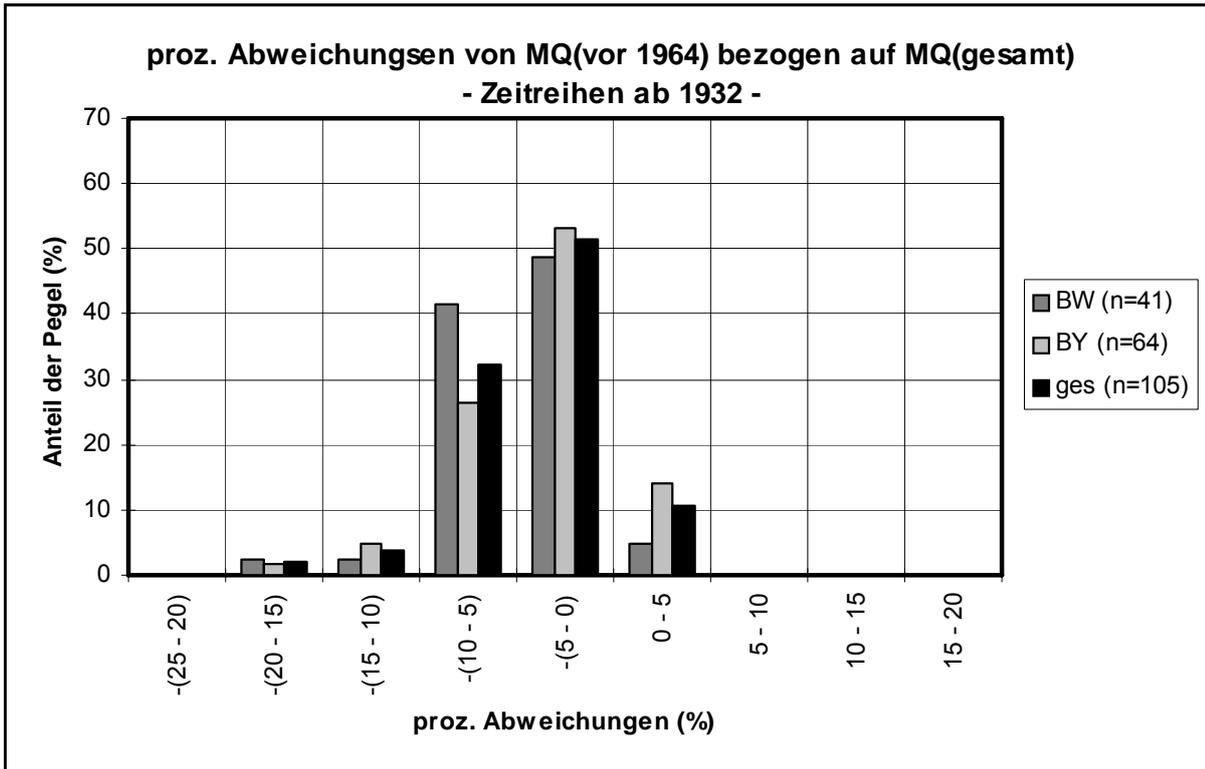


Abb. 5.2: Verteilung des Anteils der Pegel mit prozentualen Abweichungen der mittleren Abflüsse MQ der Teilzeitreihe vor 1964 (oberes Diagramm) und nach 1964 (unteres Diagramm), bezogen auf den MQ-Wert der Gesamtzeitreihe (Zeitreihen ab 1932)

6 Bewertung der Ergebnisse

Zur Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern wurden ausgewählte Pegel mit langen Zeitreihen statistisch analysiert. Betrachtet wurde dabei zunächst der lineare Trend für die Gesamtzeitreihe mit Berechnung der Trendsteigung über die Methode der kleinsten Fehlerquadratrate (Fehlerquadratsumme). Die statistische Prüfung der Trendsignifikanz erfolgte mit dem Test nach MANN-KENDALL.

Trends in einer Zeitreihe werden oftmals dadurch hervorgerufen, dass sich die gesamte Zeitreihe aus Teilzeitreihen mit jeweils unterschiedlichem Abflussverhalten zusammensetzt. Die Teilzeitreihen, die durch den Bruchpunkt abgegrenzt sind, weisen unterschiedliche Mittelwerte auf. Ein solcher Bruchpunkt in der Zeitreihe wurde mit dem Testverfahren nach MANN-WHITNEY mit der zugehörigen Wahrscheinlichkeit ermittelt. Für diesen Bruchpunkt wurde anschließend das Summenlinienverfahren zur Prüfung der vorhandenen Änderung im Abflussverhalten eingesetzt.

Weiterhin wurden die mittleren Monatsabflüsse analysiert mit dem Ziel, die mittleren Abflüsse von zwei unterschiedlichen Teilzeitreihen miteinander und mit der Gesamtzeitreihe zu vergleichen. Eine Unterteilung in einzelne Monate mit einer Prüfung des saisonalen zeitlichen Verhaltens der Zeitreihen erfolgte in dieser Betrachtung nicht.

Die Ergebnisse der statistischen Analyse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Einfluss der Zeitreihenlänge auf die Tendaussage

Die ausgewerteten Zeitreihen weisen eine große Spannweite in der Länge der Beobachtungszeitspanne auf. Die kürzesten Datenreihen umfassen 23 Jahre (Pegel Sachsenheim/Wern und Trunstadt/Main); die längsten Reihen weisen Beobachtungsdauern von 175 Jahre (Pegel Würzburg/Main), 154 Jahre (Pegel Schweinfurt/Main), 114 Jahre (Pegel Stein/Kocher) und 113 Jahre (Pegel Gaildorf/Kocher) auf.

Um den Einfluss der Beobachtungslänge auf das Trendverhalten aufzeigen zu können, wurde für jede Pegelzeitreihe der rückschreitende Trend, jeweils bezogen auf das Ende der Zeitreihe, ermittelt. Die Trendsignifikanz wurde dabei über das Verfahren nach MANN-KENDALL getestet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 für die gesamten Zeitreihen und in Tabelle 3 für die gemeinsam ausgewertete Zeitspanne ab 1932 aufgeführt. Die Ergebnisse sind daneben in Anlage 1 exemplarisch für acht ausgewählte Pegel dargestellt.

Aus diesen Abbildungen bzw. Tabellen erkennt man, dass die Trendsteigungen und insbesondere auch die Trendsignifikanzen bei den meisten Pegeln nur wenig vom gewählten Zeitreihenbeginn (1932 oder früher) abhängig sind. Auffällige Änderungen in den Trendsignifikanzen sind lediglich vereinzelt vorhanden und treten hauptsächlich gegen Ende des Auswertzeitraums, bei dem lediglich wenig über 20 Jahre hinausgehende Zeitreihen berücksichtigt sind, auf.

Analyse der Trendsignifikanz

Bei der Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J) wurde für die drei untersuchten Datenkollektive ("gesamte Zeitreihen", "Zeitreihen ab 1932" und "lange Zeitreihen") zunächst die Trendsignifikanz nach dem Testverfahren von MANN-KENDALL ermittelt. Hieraus ergibt sich, dass bei allen drei Kollektiven nur eine sehr geringer Anteil der Pegel Trendsignifikanzen mit $\alpha \geq 80\%$ aufweist. Mehr als 76% aller Pegel und mehr als 84% bei den "Zeitreihen ab 1932" weisen keinen signifikanten Trend auf. Statistisch schwach signifikante Trends ($80\% \leq \alpha \leq 90\%$) ergeben sich für ca. 18% der Pegel ("gesamte Zeitreihe") und für ca. 17% der Pegel ("lange Zeitreihen"). Bei den "Zeitreihen ab 1932" ergeben sich knapp 12% mit dieser Trendsignifikanz.

Höhere Trendsignifikanzen treten nur sehr vereinzelt auf. Bei den "gesamten Zeitreihen" betrifft dies 9 von 160 Pegel (5,6%). Hierzu gehören insbesondere Pegel mit kurzen Beobachtungslängen. Diese Pegel sind



aufgrund der kurzen Zeitreihen bezüglich des Langzeitverhaltens nicht als repräsentativ einzustufen.

Sowohl bei den "Zeitreihen ab 1932" als auch bei den "langen Zeitreihen" ergeben sich Trendsignifikanzen mit $\alpha > 90\%$ lediglich an 4 bzw. 5 Pegeln. Hiervon liegt jeweils 1 Pegel mit $\alpha = 95\%$ in Baden-Württemberg. Hohe Trendsignifikanzen treten bei den "Zeitreihen ab 1932" in Bayern an drei bzw. vier Pegeln auf.

Analyse der Trendsteigungen

Zur gemeinsamen Bewertung der Trendsteigungen über alle Pegel wurden die ermittelten Trendsteigungen bezogen auf den zugehörigen mittleren Jahresabfluss MQ. Über alle 160 Pegel und Zeitreihen ergibt sich für diesen prozentualen Trend eine gesamte Spannweite von $-0,46\%$ und $+0,80\%$ pro Jahr. Dies bedeutet, die größte jährliche Abflussabnahme beträgt somit $-0,46\%$ und die größte jährliche Zunahme $+0,80\%$ des zugehörigen mittleren Jahresabflusses MQ. Diese Extremwerte treten an einem Pegel (Abnahme) bei einer Zeitreihenlänge von 68 Jahren und an einem anderen Pegel (Zunahme) bei einer Länge von 30 Jahren auf. Die häufigsten Trendwerte liegen im Bereich zwischen $-0,25\%$ und $+0,25\%$. Dieser Bereich beinhaltet knapp 77% der Pegel ohne Berücksichtigung der Trendsignifikanz.

Mit Berücksichtigung der Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ liegen in diesem Trendbereich 14 von den 37 Pegeln (38%). Auffällig ist jedoch, dass bei der Auswertung der Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ die meisten Pegel um eine Klassenstufe höher liegen. In der Klasse $+0,25\%$ bis $+0,5\%$ liegen 14 von 37 Pegel (38%). Diese Klasse war bei der Auswertung ohne Berücksichtigung der Trendsignifikanz von 24 der 160 Pegel (15%) belegt. Hieraus ergibt sich bei der Auswertung der "gesamten Zeitreihen" eine gewisse Tendenz zu positiven (steigenden) Veränderungen in den Zeitreihen.

Die Analyse des Trendverhaltens zeigt somit, dass die mittleren Abflüsse lediglich an sehr wenigen Pegeln in Bayern und Baden-Württemberg Trends aufweisen, die aus sta-

tistischer Sicht eine zeitliche Veränderung vermuten lassen. Die Trends bei den Pegeln mit signifikanten Veränderungen, wobei jedoch das Signifikanzniveau sehr niedrig angesetzt wurde, weisen nur geringe Steigungsmaße auf.

Analyse des wahrscheinlichen Zeitpunkts einer möglichen Änderung des Abflussverhaltens

Trends und Trendänderungen von Teilzeitreihen werden häufig dadurch hervorgerufen, dass sich die Gesamtzeitreihe aus Zeitspannen (mit dem Bruchpunkt als Trennungsjahr) zusammensetzt, für die unterschiedliche statistische Kennwerte (z.B. Mittelwerte) gültig sind. Um dieses Phänomen für die Pegel in Baden-Württemberg und Bayern zu prüfen, wurde über die Bruchpunktanalyse nach MANN-WHITNEY der Zeitpunkt ermittelt, im Weiteren „Bruchpunkt“ genannt, an dem mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine Veränderung des Abflussverhaltens in der Zeitreihe vorhanden sein kann.

Diese Analyse zeigt, dass bei den weitaus meisten Zeitreihen eine Veränderung in den Jahren zwischen 1960 und 1965 zu vermuten ist. Bei der Betrachtung aller Zeitreihen ergibt die Bruchpunktanalyse, dass bei 139 von 160 Pegel (87%) mit einer Wahrscheinlichkeit von $P > 50\%$ ein Bruchpunkt vorhanden ist. Von diesen 139 Pegeln liegt der Bruchpunkt bei 66 Pegeln (47,5%) zwischen 1960 und 1965. Dieser Anteil liegt in Baden-Württemberg mit 53% etwas höher als in Bayern mit 46%. Bei der "Zeitreihen ab 1932" ergibt sich bei 93 von 103 Pegeln (91%) ein Bruchpunkt mit einer Wahrscheinlichkeit von $P > 50\%$. Hiervon liegt der Bruchpunkt insgesamt bei 45 Pegeln (48%) in den Jahren zwischen 1960 und 1965. Für Baden-Württemberg sind es 47% und für Bayern 49%. Dies lässt vermuten, dass insbesondere innerhalb dieser Jahre eine Veränderung der Zeitreihen stattgefunden hat.

Der Test der Steigungsänderung mit einem Student-Test über das Summenlinienverfahren zeigt, dass von insgesamt 139 Pegel mit einem Bruchpunkt bei 118 Pegeln (85%) keine signifikante Veränderung ($\alpha < 80\%$)

vorhanden ist. Signifikanzen mit $\alpha > 90\%$ (wahrscheinliche Veränderungen) liegen bei nur 11 Pegeln (8%) und sehr wahrscheinliche Veränderungen mit $\alpha > 99\%$ nur bei 4 Pegeln (2,9%) vor. Bei der gemeinsamen Datengrundlage ab 1932 mit 103 Pegeln ergeben sich bei den 93 Pegeln mit Bruchpunkt keine signifikanten Veränderungen ($\alpha < 80\%$) für 77 Pegel (75%). Signifikanzen mit $\alpha > 90\%$ (wahrscheinliche Veränderungen) liegen bei 8 Pegeln (8,6%) und sehr wahrscheinliche Veränderungen mit $\alpha > 99\%$ bei 3 Pegeln (3,2%) vor.

Bei den langen Zeitreihen weisen 87 von 103 Pegel einen Bruchpunkt auf mit einer Häufung in den Jahren zwischen 1975 und 1980. Hiervon zeigen 69 Pegel (79%) eine nicht signifikante Änderung. Signifikanzen mit $\alpha > 90\%$ (wahrscheinliche Veränderungen) liegen bei 9 Pegeln (10%) und sehr wahrscheinliche Veränderungen mit $\alpha > 99\%$ ebenfalls bei 4 Pegeln (4,6%) vor.

Analyse des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse

Zur Beurteilung des Jahresgangs der mittleren monatlichen Abflüsse wurden für 144 Pegel, für die seit 1954 oder früher Abflusswerte vorliegen, Graphiken mit jeweils den mittleren Monatswerten für drei unterschiedliche Zeitspannen erstellt. Betrachtet wurde dabei die Gesamtzeitreihe im Vergleich zu den beiden Teilzeitreihen, die sich durch Teilung der Gesamtzeitreihe an einem festgelegten Jahr ergeben. Es wurde das Jahr 1964 gewählt; dieses Trennungsjahr wurde aus der Bruchpunktanalyse abgeleitet.

Statistisch analysiert wurden bei den Pegeln zunächst die mittleren Jahresabflüsse, die sich aus den drei Zeitreihen (Gesamtzeitreihe und Teilzeitreihen vor und nach dem Bruchpunkt) ableiten lassen. Zur Bewertung der Ergebnisse wurde die Differenz der mittleren Jahresabflüsse der beiden Teilzeitreihen zum zugehörigen mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe ermittelt. Bildet man anschließend das Verhältnis von dieser Differenz zu dem zugehörigen Mittelwert der Gesamtzeitreihe, so kann für die ausgewerteten Pegel eine Häufigkeitsverteilung aufgestellt werden.

Die Häufigkeitsanalyse zeigt, dass in den Teilzeitreihen vor und nach 1964 ein deutlicher Unterschied vorhanden ist. Die Spannweite der Abweichungen verschiebt sich von -22% bis +3,3% für die Teilzeitreihe vor 1964 auf -3,3% bis 16% für die Teilzeitreihe nach 1964. Die meisten Pegel (48%) für die Teilzeitreihe vor 1964 befinden sich dabei in der Klasse -5% bis 0%. Für die Teilzeitreihe nach 1964 liegen 49% der Pegel in der Klasse 0% bis +5%. Betrachtet man bei dieser Auswertung nur die 103 Pegel, die 1932 oder früher beginnen oder das gemeinsame Kollektiv ab 1932, ändert sich dieses Ergebnis nur geringfügig.

Aus dieser Auswertung ergibt sich somit, dass für die überwiegende Zahl der betrachteten Pegel nach 1964 ein höherer mittlerer Abfluss MQ vorhanden ist. Als Mittelwert ergibt sich für alle Pegel eine Abweichung von -5% für die Teilzeitreihe vor 1964 und von +4% nach 1964 im Vergleich zum mittleren Abfluss der Gesamtzeitreihe.

Diese Abflussveränderungen, die in der vorliegenden Auswertung nicht statistisch auf Signifikanz beurteilt wurden, sind jedoch nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt. Die graphischen Darstellungen zeigen, dass in den Monaten, an denen im Jahresgang die höchsten Abflüsse auftreten, ein gewisser Unterschied vorhanden ist.

Räumliche Beurteilung der Ergebnisse

Zur räumlichen Beurteilung der Ergebnisse und zur Bewertung des analysierten Trendverhaltens sind Karten mit folgenden Inhalten beigelegt:

- Karte 1: Räumliche Verteilung aller einbezogenen Pegel und der Pegel mit einer Beobachtungszeitspanne mindestens ab 1932.
- Karte 2: Prozentuale Trendänderung, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ, und Signifikanz des Trends nach MANN-KENDALL (lange Zeitreihen mit Beobachtungsbeginn 1932 oder früher)
- Karte 3: Prozentuale Trendänderung, bezogen auf den mittleren Ab-



fluss MQ, und Signifikanz des Trends nach MANN-KENDALL (alle einbezogenen Pegel)

Karte 4: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Änderung im Abflussverhalten (lange Zeitreihen mit Beobachtungsbeginn 1932 oder früher)

Karte 5: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Änderung im Abflussverhalten (alle einbezogenen Pegel)

Bei den Karten 2 bis 5 ist zu beachten, dass das Ergebnis der Pegelauswertung immer über das Einzugsgebiet des Pegels kenntlich gemacht ist. Liegen in einem übergeordneten Flussgebiet mehrere Pegel, deren Einzugsgebiete sich überlappen, ist jeweils das Ergebnis des Einzelpegels aus der Kennzeichnung des Zwischeneinzugsgebiets erkennbar.

Sowohl die Darstellung der prozentualen Trendwerte (Karten 2 bis 3) als auch die Darstellung des Jahrs mit dem wahrscheinlichsten Bruchpunkt (Karten 4 bis 5) zeigen sehr gleichmäßige räumliche Verteilungen. Regionale Schwerpunkte, an denen sich bestimmte Ergebnisse konzentrieren, sind nicht ausgeprägt vorhanden.

Schlussfolgerungen

Die statistische Analyse des Langzeitverhaltens der **mittleren jährlichen Abflüsse** er-

gab, dass bei Betrachtung der kompletten Zeitreihen die überwiegende Mehrzahl der untersuchten Pegel keinen signifikanten Trend aufweist. Nur sehr wenige Pegel erreichen Niveaus, die wahrscheinlich signifikant oder hoch signifikant sind. Lediglich ein Pegel zeigt eine Signifikanz, die auf eine hoch signifikante zeitliche Veränderung im Abflussverhalten hinweist.

Die Höhe des Trendbetrages ist bei den meisten Pegeln gering. Generell lässt sich somit aufgrund dieses Ergebnisses ableiten, dass bei den Zeitreihen der untersuchten drei Kollektive keine signifikanten, insbesondere flächendeckenden Veränderungen festgestellt werden konnten.

Die Auswertung des wahrscheinlichen Bruchpunkts in den Zeitreihen ergab zudem, dass nur wenige Pegel (ca. 15 %) in den Jahren zwischen 1960 und 1965 eine Veränderung des Zeitverhaltens vermuten lassen.

Die **mittleren monatlichen Abflüsse** weisen jedoch bei der überwiegenden Zahl der Pegel auf eine gewisse Erhöhung nach 1964 hin. Die mittleren Abflüsse und damit die Abfluss-Summen während der Monate Dezember bis Juni eines Abflussjahres sind ab 1964 höher als in der Zeit davor. Die Ursache dafür sind vermutlich die, vor allem seit den 70er Jahren, vergleichsweise höheren Niederschläge. Daher sollte eine weiterführende Untersuchung des saisonalen Verhaltens der mittleren Abflüsse unter Einbeziehung der Niederschläge durchgeführt werden.



7 Tabellenverzeichnis

	Seite
Einbezogene Pegel mit Zuordnung zu den Untersuchungsgebieten	
Tabelle 1a: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Donau mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände	50
Tabelle 1b: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Elbe mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände	52
Tabelle 1c: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Mains mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände	53
Tabelle 1d: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Neckars mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände	54
Tabelle 1e: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Rheins mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände	55
Ergebnisse der Trendberechnungen	
Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die „gesamte Zeitreihen“	56
Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die „Zeitreihe ab 1932“	62
Jahresgang der monatlichen mittleren Abflüsse MQ(m)	
Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Abflüsse MQ(m), Zeitreihentrennung 1964	66

Anmerkung:

Verschiedene Angaben zu den einzelnen Pegeln in den Tabellen 2 bis 4 können aus der Tabelle 1 entnommen werden; die Zuordnung ist über die laufende Nummer und/oder den Pegelnamen möglich.



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E,O} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet D1: Donau oberhalb Lauchert							
1	105	Kirchen-Hausen	Donau	Donau	766.7	1922 - 1998	76
2	168	Beuron	Donau	Donau	1320.0	1926 - 1998	72
3	1139	Hammereisenbach	Breg	Donau	158.0	1926 - 1998	72
4	1140	Donaueschingen	Brigach	Donau	191.7	1929 - 1998	69
5	1120	Unterschmeien	Schmiecha	Donau	150.4	1931 - 1998	67
Untersuchungsgebiet D2: Donau unterhalb Lauchert bis oberhalb Iller							
6	120	Hundersingen	Donau	Donau	2629.2	1929 - 1998	69
7	125	Berg	Donau	Donau	4036.8	1929 - 1998	69
8	1159	Mengen (Add.)	Ablach	Donau	441.7	1930 - 1998	68
9	1144	Niederkirch	Riß	Donau	405.3	1931 - 1998	67
Untersuchungsgebiet D3: Iller							
10	1140100	Sonthofen	Iller	Donau	387.9	1901 - 1998	97
11	1140200	Kempten	Iller	Donau	954.6	1901 - 1998	97
12	6140500	Wiblingen	Iller mit Kanal	Donau	2073.8	1920 - 1996	76
13	1141200	Oberstdorf	Stillach	Donau	81.26	1952 - 1998	46
14	1142520	Reckenberg	Osterach	Donau	126.7	1933 - 1998	65
Untersuchungsgebiet D4: Donau unterhalb Iller bis oberhalb Lech							
15	1002630	Neu-Ulm Bad Held	Donau	Donau	7588	1924 - 1998	74
16	1003980	Donauwörth	Donau	Donau	1509	1924 - 1998	74
17	1158400	Waldstetten	Günz	Donau	593.9	1955 - 1998	43
18	1160900	Offingen	Mindel	Donau	948.6	1942 - 1998	56
19	1192400	Pfaffenhofen	Zusam	Donau	505.1	1932 - 1998	66
Untersuchungsgebiet D5: Lech							
20	1200200	Lechbruck	Lech	Donau	1714	1951 - 1997	46
21	1200300	Landsberg	Lech	Donau	2287	1901 - 1998	97
22	1200600	Augsburg	Lech	Donau	3803	1960 - 1998	38
23	1218300	Pfronten Ried	Vils	Donau	113.0	1911 - 1998	87
24	1240500	Biessenhofen	Wertach	Donau	450.7	1921 - 1998	77
25	1244500	Hörmanshofen	Geltnach	Donau	95.3	1941 - 1998	57
Untersuchungsgebiet D6: Wörnitz und Altmühl							
26	1180500	Gerolfingen	Wörnitz	Donau	586.1	1963 - 1998	35
27	1180900	Harburg	Wörnitz	Donau	1568.6	1940 - 1998	58
28	1340280	Thann	Altmühl	Donau	327.4	1968 - 1998	30
29	1340610	Treuchtlingen	Altmühl	Donau	980.5	1941 - 1998	57
30	1340720	Eichstätt	Altmühl	Donau	1397	1941 - 1998	57
31	1346500	Mettendorf	Schwarzach	Donau	303.7	1931 - 1998	67
Untersuchungsgebiet D7: Donau unterhalb Lech bis oberhalb Naab							
32	1004600	Ingolstadt	Donau	Donau	20053	1924 - 1998	74
33	1005300	Kelheim	Donau	Donau	23019	1924 - 1998	74
34	1320850	Manching Bahnbr.	Paar	Donau	1215	1926 - 1998	72
35	1332200	Aunkofen	Abens	Donau	368.0	1951 - 1998	47

Tabelle 1a: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Donau mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E.O} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet D8: Naab							
36	1400230	Unterköblitz	Naab	Donau	2010	1941 - 1998	57
37	1400800	Heitzenhofen	Naab	Donau	5432	1921 - 1998	77
38	1412400	Erbendorf	Fichtelnaab	Donau	182.2	1930 - 1998	68
39	1420900	Wildenau	Haidenaab	Donau	714.5	1941 - 1998	57
40	1436200	Böhmischbruck	Pfreimd	Donau	483.3	1931 - 1998	67
41	1440800	Warnbach	Schwarzach	Donau	821.6	1941 - 1998	57
42	1460400	Amberg	Vils	Donau	437.9	1949 - 1998	49
Untersuchungsgebiet D9: Regen							
43	1520230	Chamerau	Regen	Donau	1357	1931 - 1998	67
44	1520850	Regenstauf	Regen	Donau	2660	1901 - 1998	97
45	1521200	Teisnach	Schwarzer Regen	Donau	626.6	1931 - 1997	66
46	1522800	Kötzting	Weißer Regen	Donau	224.4	1948 - 1998	50
47	1524300	Furth i.W.	Chamb	Donau	276.6	1951 - 1998	47
Untersuchungsgebiet D10: Donau unterhalb Naab bis oberhalb Isar							
48	1006200	Schwabelweis	Donau	Donau	35450	1923 - 1998	75
49	1007800	Pfelling	Donau	Donau	37757	1926 - 1998	72
50	1540800	Schönach	Große Laber	Donau	406.7	1954 - 1998	44
Untersuchungsgebiet D11: Isar							
51	1600070	Mittenwald	Isar	Donau	404.0	1926 - 1998	72
52	1600400	Bad Tölz KW	Isar	Donau	1559	1958 - 1998	40
53	6600570	München	Isar mit Stadtbächen	Donau	2136	1959 - 1997	38
54	1600700	Landshut Birket	Isar m. Ausl.	Donau	7915	1958 - 1998	40
55	1600850	Plattling	Isar mit Mühlbächen	Donau	8435	1925 - 1998	73
56	1640200	Garmisch u. d. P.	Loisach	Donau	393.5	1926 - 1998	72
57	1640490	Schlehdorf	Loisach	Donau	640.4	1925 - 1998	73
58	1640700	Kochel	Loisach	Donau	684.9	1949 - 1998	49
59	1660500	Fürstenfeldbruck	Amper	Donau	1230	1921 - 1997	76
60	1660700	Inkofen	Amper	Donau	3076	1926 - 1998	72
61	1661070	Oberammergau	Ammer	Donau	113.6	1921 - 1998	77
62	1661300	Weilheim	Ammer	Donau	607.4	1926 - 1998	72
63	1666500	Leutstetten	Würm	Donau	329.4	1921 - 1997	76
64	1668600	Hohenkammer	Glonn	Donau	390.1	1945 - 1997	52
Untersuchungsgebiet D12: Vils und Rott							
65	1720420	Rottersdorf	Vils	Donau	727.7	1940 - 1998	58
66	1720750	Grafenmühle	Vils	Donau	143600	1940 - 1998	58
67	1721500	Vilsbiburg	Große Vils	Donau	319.7	1939 - 1998	59
68	1880640	Birnbach	Rott	Donau	861.4	1930 - 1998	68

Tabelle 1a: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Donau mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände (Fortsetzung)



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E_o} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet D13: Alz und Salzach							
69	1840500	Altenmarkt	Alz	Donau	1552	1931 - 1997	66
70	1845400	Staudach	Tiroler Achen	Donau	951.9	1921 - 1998	77
71	1848350	Stein	Traun	Donau	367.4	1926 - 1997	71
72	1848600	Siegsdorf	Weißer Traun	Donau	182.0	1926 - 1997	71
73	1848750	Wernleiten	Rote Traun	Donau	91.19	1926 - 1997	71
74	1860600	Burghausen	Salzach	Donau	6649	1901 - 1998	97
75	1862200	Ilsank	Ramsauer Ache	Donau	122.5	1931 - 1998	67
76	1864200	Unterjettenberg	Saalach	Donau	927.3	1901 - 1998	97
77	1866600	Brodhausen	Sur	Donau	123.8	1951 - 1998	47
Untersuchungsgebiet D14: Inn							
78	1800040	Oberaudorf	Inn	Donau	9715	1901 - 1998	97
79	1800500	Eschelbach	Inn	Donau	13346	1930 - 1997	67
80	1800800	Passau Ingling	Inn	Donau	26063	1921 - 1998	77
81	6800200	Rosenheim	Mangfall mit Hammerbach	Donau	1099	1941 - 1997	56
82	6820600	Bad Aibling Will. Br.	Mangfall mit Triftbach	Donau	780.0	1928 - 1997	69
83	1824200	Stauden	Leitzach	Donau	111.7	1941 - 1998	57
84	1826300	Bad Aibling	Glonn	Donau	149.3	1928 - 1998	70
85	1834600	Anger	Attel	Donau	253.0	1951 - 1998	47
86	1838450	Engfurt	Isen	Donau	547.0	1951 - 1997	46
Untersuchungsgebiet D15: Donau unterhalb Isar und oberhalb Inn							
87	1008800	Hofkirchen	Donau	Donau	47610	1901 - 1998	97
88	1009400	Achleiten	Donau	Donau	76653	1901 - 1998	97
89	1740600	Kalteneck	Ilz	Donau	756.0	1921 - 1998	77
90	1742500	Eberhardsreuth	Mitternacher Ohe	Donau	113.0	1951 - 1998	47
91	1746400	Fürsteneck	Wolfsteiner Ohe	Donau	370.1	1951 - 1998	47

Tabelle 1a: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Donau mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E_o} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet E1: Elbe							
92	5320150	Marktleuthen	Eger	Elbe	114.6	1937 - 1998	61
93	5600150	Hof	Sächsische Saale	Elbe	523.0	1921 - 1998	77
94	5616150	Hölle	Selbitz	Elbe	213.1	1948 - 1998	50

Tabelle 1b: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet der Elbe mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E_o} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet M1: Main oberhalb Regnitz							
95	2400600	Schwüritz	Main	Main	2419	1941 - 1998	57
96	2401000	Kemmern	Main	Main	4224	1931 - 1998	67
97	2411050	Bad Berneck	Weißer Main	Main	54.29	1930 - 1998	68
98	2412300	Bayreuth	Roter Main	Main	340.3	1925 - 1998	73
99	2414300	Unterlangenstadt	Rodach	Main	713.9	1931 - 1998	67
100	2416220	Coburg	Itz	Main	346.3	1926 - 1998	72
101	2418600	Leucherhof	Baunach	Main	380.5	1930 - 1998	68
Untersuchungsgebiet M2: Regnitz							
102	2420900	Pettstadt	Regnitz	Main	6992	1923 - 1998	75
103	2421110	Neumühle	Rednitz	Main	1847	1911 - 1998	87
104	2421710	Rasch	Schwarzach	Main	210.6	1921 - 1998	77
105	2422300	Hohenstadt	Pegnitz	Main	488.5	1947 - 1998	52
106	2422500	Nürnberg	Pegnitz	Main	1198	1911 - 1998	87
107	2423850	Erlangen	Schwabach	Main	188.8	1936 - 1998	62
108	2424200	Muggendorf	Wiesent	Main	660.1	1957 - 1998	41
109	2426300	Laufermühle	Aisch	Main	956.0	1927 - 1998	71
110	2429250	Röbersdorf	Reiche Ebrach	Main	277.1	1914 - 1998	84
Untersuchungsgebiet M3: Main unterhalb Regnitz oberhalb Fränkische Saale							
111	2401220	Trunstadt	Main	Main	11985	1975 - 1998	23
112	2402200	Schweinfurt	Main	Main	12690	1845 - 1998	154
113	2404200	Würzburg	Main	Main	13996	1824 - 1998	175
114	2438500	Sachsenheim	Wern	Main	599.8	1975 - 1998	23
Untersuchungsgebiet M4: Fränkische Saale							
115	2440600	Bad Kissingen	Fränkische Saale	Main	1576	1930 - 1998	68
116	2440900	Wolfsmünster	Fränkische Saale	Main	2121	1931 - 1998	67
117	2443250	Schweinhof	Brend	Main	111.1	1955 - 1998	43
118	2444100	Poppenlauer	Lauer	Main	150.9	1968 - 1998	30
119	2448100	Bad Brückenau	Sinn	Main	86.88	1954 - 1998	44
120	2448300	Gemünden Lachs-fangsteg	Sinn	Main	619.7	1959 - 1998	39
Untersuchungsgebiet M5: Tauber							
121	2460100	Bockenfeld	Tauber	Main	74.11	1954 - 1998	44
122	212	Bad Mergentheim	Tauber	Main	1017	1921 - 1998	77
Untersuchungsgebiet M6: Main unterhalb Fränkische Saale oberhalb Kinzig							
123	2405000	Steinbach	Main	Main	17878	1965 - 1998	33
124	2406400	Kleinheubach	Main	Main	21491	1959 - 1998	39
125	2471900	Bürgstadt	Erf	Main	248.6	1958 - 1998	40
126	2472200	Weilbach	Mud	Main	394.3	1950 - 1998	48
127	2475200	Rück	Elsava	Main	143.6	1951 - 1998	47

Tabelle 1c: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Mains mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E,O} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet N1: Neckar oberhalb Fils							
128	409	Oberndorf	Neckar	Neckar	694.3	1929 - 1998	69
129	411	Horb	Neckar	Neckar	1118	1931 - 1997	67
130	4410	Hopfau	Glatt	Neckar	202.3	1928 - 1998	70
131	417	Pfäffingen	Ammer	Neckar	134.0	1911 - 1998	87
132	422	Riederich	Erms	Neckar	159.8	1922 - 1998	76
Untersuchungsgebiet N2: Enz							
133	4422	Pforzheim	Enz	Neckar	1477	1932 - 1998	66
134	36056	Pforzheim	Würm	Neckar	417.1	1930 - 1998	68
Untersuchungsgebiet N3: Neckar; Fils bis oberhalb Kocher							
135	427	Plochingen	Neckar	Neckar	3995	1918 - 1998	80
136	4427	Plochingen	Fils	Neckar	702.1	1926 - 1998	72
137	431	Schorndorf	Rems	Neckar	418.7	1931 - 1998	67
138	1470	Neustadt	Rems	Neckar	567.2	1922 - 1998	76
Untersuchungsgebiet N4: Kocher							
139	4428	Kocher	Gaildorf	Neckar	725.7	1886 - 1998	113
140	3498	Kocherstetten	Kocher	Neckar	1281	1924 - 1997	74
141	3465	Stein	Kocher	Neckar	1929	1884 - 1998	114
Untersuchungsgebiet N5: Jagst							
142	3422	Jagstzell	Jagst	Neckar	326.6	1921 - 1998	77
143	477	Dörzbach	Jagst	Neckar	1030	1923 - 1998	75
144	3470	Untergriesheim	Jagst	Neckar	1826	1924 - 1998	74
145	478	Sennfeld	Seckach	Neckar	213.6	1930 - 1998	68
Untersuchungsgebiet N6: Neckar unterhalb Jagst							
146	4421	Mosbach	Elz	Neckar	155.0	1930 - 1998	68

Tabelle 1d: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Neckars mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände



lfd. Nr.	Pegel-Nr.	Standort des Pegels	Name des Gewässers	Flussgebiet	A _{E.O} [km ²]	Zeitspanne MQ(m)	Anzahl der Jahre
Untersuchungsgebiet R1: Rhein oberhalb Konstanz							
147	2340	Gießen	Argen	Bodensee	652.0	1931 - 1998	67
148	2360	Gerbertshaus	Schussen	Bodensee	789.6	1919 - 1998	79
Untersuchungsgebiet R2: Rhein unterhalb Konstanz bis unterhalb Wiese							
149	357	Oberlauchringen	Wutach	Hochrhein	617.0	1912 - 1998	86
150	361	Hölzlebruck	Josbach	Hochrhein	47.33	1925 - 1996	71
151	3304	Zell	Wiese	Hochrhein	209.0	1928 - 1998	70
Untersuchungsgebiet R3: Rhein unterhalb Wiese bis oberhalb Kinzig							
152	380	Untermünstertal	Neumagen	Rhein	66.27	1931 - 1996	65
153	382	Gutach	Elz	Oberrhein	302.9	1940 - 1996	56
154	61139	Ebnet	Dreisam	Oberrhein	257.2	1940 - 1998	58
Untersuchungsgebiet R4: Rhein, Kinzig bis unterhalb Murg							
155	3326	Schenkenczell	Kinzig	Oberrhein	76.40	1909 - 1998	89
156	390	Schwaibach	Kinzig	Oberrhein	957.1	1914 - 1995	81
157	60626	Hinterlehengericht	Schiltach	Oberrhein	105.9	1913 - 1998	85
158	392	Oberwolfach	Wolf	Oberrhein	126.2	1909 - 1996	87
159	1301	Rotenfels	Murg	Oberrhein	468.8	1917 - 1998	81
Untersuchungsgebiet R5: Rhein, unterhalb Murg bis oberhalb Neckar							
160	60682	Berghausen	Pfinz	Oberrhein	235.0	1924 - 1998	74

Tabelle 1e: Untersuchungsgebiete im Einzugsgebiet des Rheins mit Angabe der einbezogenen Pegel und ihrer verfügbaren Datenbestände



lfd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss MQ [m³/s]	Trend- Signifikanz nach Mann-Kendall [%]	Trend/Jahr [%]	Jahr des wahr- scheinlichen Bruchpunkts	Wahrschein- lichkeit des Bruchpunkts [%]	Signifikanz der Trendänderung [%]
1	D1	Kirchen-Hausen	Donau	12.7	n. sig.	0.086	-	-	n. sig.
2	D1	Beuron	Donau	11.0	95	0.574	1964	99.3	n. sig.
3	D1	Hammereisenbach	Breg	4.7	n. sig.	0.192	1964	83.3	n. sig.
4	D1	Donaueschingen	Brigach	3.1	n. sig.	0.196	1964	52.7	n. sig.
5	D1	Unterschmeien	Schmiecha	1.6	n. sig.	0.064	1964	65.3	n. sig.
6	D2	Hundersingen	Donau	24.7	80	0.280	1964	88.1	99.9
7	D2	Berg	Donau	37.7	n. sig.	0.146	1964	79.3	99.9
8	D2	Mengen (Add.)	Ablach	3.2	n. sig.	-0.156	1941	70.3	n. sig.
9	D2	Niederkirch	Riß	4.4	n. sig.	-0.113	1942	90.7	n. sig.
10	D3	Sonthofen	Iller	21.1	n. sig.	0.028	1918	78.8	n. sig.
11	D3	Kempton	Iller	47.1	n. sig.	-0.028	-	-	n. sig.
12	D3	Wiblingen	Iller mit Kanal	70.0	n. sig.	0.124	1964	84.8	n. sig.
13	D3	Oberstdorf	Stillach	3.6	n. sig.	0.362	1964	93.7	n. sig.
14	D3	Reckenberg	Osterach	7.9	n. sig.	-0.152	1968	66.0	n. sig.
15	D4	Neu-Ulm Bad Held	Donau	119.5	n. sig.	0.139	1964	86.5	99.99
16	D4	Donauwörth	Donau	187.5	n. sig.	0.117	1964	90.1	80
17	D4	Waldstetten	Günz	8.2	n. sig.	-0.098	1964	84.1	n. sig.
18	D4	Offingen	Mindel	11.7	90	0.395	1964	99.7	95
19	D4	Pfaffenhofen	Zusam	4.4	n. sig.	0.000	1976	83.1	n. sig.
20	D5	Lechbruck	Lech	70.8	n. sig.	-0.066	-	-	n. sig.
21	D5	Landsberg	Lech	83.1	90	-0.112	1945	92.6	n. sig.
22	D5	Augsburg	Lech	113.0	n. sig.	-0.173	1964	59.4	n. sig.
23	D5	Pfronten Ried	Vils	5.0	n. sig.	-0.060	1948	76.7	n. sig.
24	D5	Biessenhofen	Wertach	12.5	80	-0.184	1946	97.0	n. sig.
25	D5	Hörmanshofen	Geltnach	1.9	n. sig.	0.215	1964	82.5	n. sig.
26	D6	Gerolfingen	Wörnitz	5.0	n. sig.	-0.141	1988	72.9	n. sig.
27	D6	Harburg	Wörnitz	10.9	80	0.385	1964	93.9	98
28	D6	Thann	Altmühl	2.0	n. sig.	0.800	1977	84.4	n. sig.
29	D6	Treuchtlingen	Altmühl	5.5	n. sig.	0.163	1964	71.3	n. sig.
30	D6	Eichstätt	Altmühl	9.5	90	0.539	1964	96.6	n. sig.
31	D6	Mettendorf	Schwarzach	2.2	n. sig.	0.000	1973	71.3	n. sig.
32	D7	Ingolstadt	Donau	308.0	n. sig.	0.061	1964	83.6	80

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen"

Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall	Trend/Jahr	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts	Signifikanz der Trendänderung
				[m ³ /s]					
33	D7	Kelheim	Donau	326.1	n. sig.	0.063	1964	83.6	80
34	D7	Manching Bahnbr.	Paar	9.2	95	0.206	1964	98.8	n. sig.
35	D7	Aunkofen	Abens	2.7	80	0.183	1979	99.5	n. sig.
36	D8	Unterköblitz	Naab	18.6	n. sig.	0.377	1977	89.8	n. sig.
37	D8	Heitzenhofen	Naab	49.4	n. sig.	-0.089	1928	61.2	n. sig.
38	D8	Erbendorf	Fichtelnaab	2.9	n. sig.	-0.070	-	-	n. sig.
39	D8	Wildenau	Haidenaab	6.2	80	0.404	1964	91.5	n. sig.
40	D8	Böhmischbruck	Pfreimd	5.0	80	0.241	1964	89.1	n. sig.
41	D8	Warnbach	Schwarzach	8.3	90	0.458	1964	98.2	n. sig.
42	D8	Amberg	Vils	3.7	80	0.348	1978	93.2	n. sig.
43	D9	Chamerau	Regen	25.9	n. sig.	0.054	1964	69.0	n. sig.
44	D9	Regenstauf	Regen	37.5	n. sig.	-0.011	1964	61.7	n. sig.
45	D9	Teisnach	Schwarzer Regen	13.9	n. sig.	0.007	1973	61.0	n. sig.
46	D9	Kötzting	Weißer Regen	4.3	n. sig.	0.373	1964	83.0	n. sig.
47	D9	Furth i.W.	Chamb	3.0	n. sig.	0.506	1964	95.7	n. sig.
48	D10	Schwabelweis	Donau	439.7	n. sig.	0.037	1964	82.8	95
49	D10	Pfelling	Donau	451.2	n. sig.	0.064	1964	81.5	90
50	D10	Schönach	Große Laber	2.2	80	0.401	1977	99.3	n. sig.
51	D11	Mittenwald	Isar	12.1	n. sig.	0.091	1939	67.7	n. sig.
52	D11	Bad Tölz KW	Isar	27.1	n. sig.	0.000	1964	73.2	n. sig.
53	D11	München	Isar mit Stadtbächen	90.6	n. sig.	-0.093	1964	60.2	n. sig.
54	D11	Landshut Birket	Isar m. Ausl.	160.5	n. sig.	-0.092	1964	61.4	n. sig.
55	D11	Plattling	Isar mit Mühlbächen	173.8	n. sig.	-0.044	1946	54.0	n. sig.
56	D11	Garmisch u. d. P.	Loisach	11.0	n. sig.	0.009	1984	53.6	n. sig.
57	D11	Schlehdorf	Loisach	22.8	95	-0.210	1956	96.7	n. sig.
58	D11	Kochel	Loisach	49.0	n. sig.	-0.129	1982	84.2	n. sig.
59	D11	Fürstenfeldbruck	Amper	23.4	n. sig.	-0.013	-	-	n. sig.
60	D11	Inkofen	Amper	44.2	90	0.208	1964	98.3	n. sig.
61	D11	Oberammergau	Ammer	3.7	n. sig.	-0.134	1946	65.4	n. sig.
62	D11	Weilheim	Ammer	15.3	98	-0.294	1946	99.1	n. sig.
63	D11	Leutstetten	Würm	4.7	n. sig.	0.043	1977	80.5	n. sig.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen" (Fortsetzung)



ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss MQ [m³/s]	Trend- Signifikanz nach Mann-Kendall [%]	Trend/Jahr [%]	Jahr des wahr- scheinlichen Bruchpunkts	Wahrschein- lichkeit des Bruchpunkts [%]	Signifikanz der Trendänderung [%]
64	D11	Hohenkammer	Glonn	3.1	n. sig.	0.192	1953	92.8	n. sig.
65	D12	Rottersdorf	Vils	5.3	95	0.475	1974	99.6	n. sig.
66	D12	Grafenmühle	Vils	10.1	99.9	0.770	1977	100.0	n. sig.
67	D12	Vilsbiburg	Große Vils	2.6	80	0.305	1964	97.3	n. sig.
68	D12	Birnbach	Rott	7.1	n. sig.	0.141	1974	91.5	n. sig.
69	D13	Altenmarkt	Alz	53.2	n. sig.	-0.053	1945	50.9	n. sig.
70	D13	Staudach	Tiroler Achen	35.4	n. sig.	-0.037	-	-	n. sig.
71	D13	Stein	Traun	13.0	95	-0.238	1945	96.5	n. sig.
72	D13	Siegsdorf	Weißer Traun	7.7	n. sig.	0.116	1964	70.0	n. sig.
73	D13	Wernleiten	Rote Traun	3.1	n. sig.	-0.096	1967	62.3	n. sig.
74	D13	Burghausen	Salzach	250.4	n. sig.	-0.022	-	-	n. sig.
75	D13	Ilsank	Ramsauer Ache	5.2	n. sig.	-0.058	1959	80.9	n. sig.
76	D13	Unterjettenberg	Saalach	38.3	90	-0.104	1968	82.3	n. sig.
77	D13	Brodhausen	Sur	2.8	n. sig.	-0.180	-	-	n. sig.
78	D14	Oberaudorf	Inn	305.2	n. sig.	-0.032	1983	60.9	n. sig.
79	D14	Eschelbach	Inn	369.0	n. sig.	0.035	1964	63.4	n. sig.
80	D14	Passau Ingling	Inn	736.3	n. sig.	-0.053	-	-	n. sig.
81	D14	Rosenheim	Mangfall mit Ham- merbach	328.7	n. sig.	0.031	-	-	n. sig.
82	D14	Bad Aibling Will. Br.	Mangfall mit Trift- bach	19.2	n. sig.	0.094	1964	73.1	n. sig.
83	D14	Stauden	Leitzach	4.6	n. sig.	0.043	1964	62.7	n. sig.
84	D14	Bad Aibling	Glonn	3.1	90	-0.257	1948	98.9	n. sig.
85	D14	Anger	Attel	3.8	n. sig.	0.210	1976	84.0	n. sig.
86	D14	Engfurt	Isen	5.6	99	0.729	1977	99.4	n. sig.
87	D15	Hofkirchen	Donau	634.3	n. sig.	0.004	-	-	n. sig.
88	D15	Achleiten	Donau	1418.0	n. sig.	-0.025	-	-	n. sig.
89	D15	Kalteneck	Ilz	15.8	n. sig.	-0.114	1945	81.7	n. sig.
90	D15	Eberhardsreuth	Mitternacher Ohe	2.0	n. sig.	0.101	1964	58.1	n. sig.
91	D15	Fürsteneck	Wolfsteiner Ohe	7.9	n. sig.	0.366	1964	90.9	n. sig.
92	E1	Marktleuthen	Eger	1.8	n. sig.	-0.114	-	-	n. sig.
93	E1	Hof	Sächsische Saale	5.4	n. sig.	-0.165	1948	70.8	n. sig.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen" (Fortsetzung)

Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall	Trend/Jahr	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts	Signifikanz der Trendänderung
				[m ³ /s]					
94	E1	Hölle	Selbitz	3.0	95	0.679	1964	95.0	n. sig.
95	M1	Schwüritz	Main	29.0	n. sig.	0.358	1964	91.2	n. sig.
96	M1	Kemmern	Main	43.3	n. sig.	0.152	1964	75.9	98
97	M1	Bad Berneck	Weißer Main	1.1	80	-0.463	1948	89.7	n. sig.
98	M1	Bayreuth	Roter Main	3.2	n. sig.	-0.158	1948	65.4	n. sig.
99	M1	Unterlangenstadt	Rodach	10.3	n. sig.	-0.029	-	-	n. sig.
100	M1	Coburg	Itz	4.9	n. sig.	0.122	1964	75.1	n. sig.
101	M1	Leucherhof	Baunach	2.1	90	0.434	1964	99.2	95
102	M2	Pettstadt	Regnitz	51.4	n. sig.	-0.045	1942	72.0	n. sig.
103	M2	Neumühle	Rednitz	11.9	n. sig.	-0.059	1977	60.9	n. sig.
104	M2	Rasch	Schwarzach	2.1	n. sig.	-0.047	1944	71.7	n. sig.
105	M2	Hohenstadt	Pegnitz	5.0	90	0.381	1964	99.0	n. sig.
106	M2	Nürnberg	Pegnitz	11.3	90	-0.186	1944	98.8	80
107	M2	Erlangen	Schwabach	1.5	n. sig.	-0.135	-	-	n. sig.
108	M2	Muggendorf	Wiesent	7.1	n. sig.	0.312	1978	88.0	n. sig.
109	M2	Laufermühle	Aisch	5.0	n. sig.	-0.040	1977	73.9	n. sig.
110	M2	Röbersdorf	Reiche Ebrach	1.7	n. sig.	0.000	1964	66.8	n. sig.
111	M3	Trunstadt	Main	103.7	n. sig.	0.187	1977	53.1	n. sig.
112	M3	Schweinfurt	Main	101.1	n. sig.	0.001	1964	54.6	n. sig.
113	M3	Würzburg	Main	106.9	n. sig.	0.055	1912	79.8	80
114	M3	Sachsenheim	Wern	2.6	n. sig.	0.195	1979	77.3	n. sig.
115	M4	Bad Kissingen	Fränkische Saale	12.0	80	0.317	1964	93.4	99
116	M4	Wolfsmünster	Fränkische Saale	16.0	90	0.449	1965	93.1	99.5
117	M4	Schweinhof	Brend	1.6	n. sig.	0.063	1964	52.2	n. sig.
118	M4	Poppenlauer	Lauer	0.7	n. sig.	0.000	1978	85.0	n. sig.
119	M4	Bad Brückenau	Sinn	1.6	n. sig.	0.189	1978	56.5	n. sig.
120	M4	Gemünden Lachs-fangsteg	Sinn	7.4	n. sig.	0.231	1976	54.2	n. sig.
121	M5	Bockenfeld	Tauber	0.6	n. sig.	0.167	1964	57.8	n. sig.
122	M5	Bad Mergentheim	Tauber	6.5	80	-0.447	1942	97.6	80
123	M6	Steinbach	Main	140.1	n. sig.	-0.449	1970	76.1	n. sig.
124	M6	Kleinheubach	Main	159.0	n. sig.	0.341	1977	64.2	n. sig.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen" (Fortsetzung)



ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss MQ [m³/s]	Trend- Signifikanz nach Mann-Kendall [%]	Trend/Jahr [%]	Jahr des wahr- scheinlichen Bruchpunkts	Wahrschein- lichkeit des Bruchpunkts [%]	Signifikanz der Trendänderung [%]
125	M6	Bürgstadt	Erf	1.6	n. sig.	0.442	1977	73.8	n. sig.
126	M6	Weilbach	Mud	3.3	n. sig.	0.419	1964	75.2	n. sig.
127	M6	Rück	Elsava	1.2	n. sig.	-0.081	1988	61.6	n. sig.
128	N1	Oberndorf	Neckar	7.3	n. sig.	0.123	1964	68.7	90
129	N1	Horb	Neckar	13.9	n. sig.	0.065	1964	55.9	n. sig.
130	N1	Hopfau	Glatt	4.1	n. sig.	0.025	1964	58.6	n. sig.
131	N1	Pfäffingen	Ammer	1.0	n. sig.	-0.106	1942	78.8	n. sig.
132	N1	Riederich	Erms	2.9	n. sig.	0.000	-	-	n. sig.
133	N2	Pforzheim	Enz	16.8	80	0.405	1964	72.3	90
134	N2	Pforzheim	Würm	2.8	n. sig.	0.108	1964	70.8	n. sig.
135	N3	Plochingen	Neckar	45.5	n. sig.	0.215	1964	83.1	n. sig.
136	N3	Plochingen	Fils	9.4	n. sig.	-0.064	-	-	n. sig.
137	N3	Schorndorf	Rems	4.9	n. sig.	-0.041	1988	52.3	n. sig.
138	N3	Neustadt	Rems	6.3	n. sig.	-0.032	1942	61.5	n. sig.
139	N4	Gaildorf	Kocher	9.3	n. sig.	0.064	1934	53.8	n. sig.
140	N4	Kocherstetten	Kocher	16.3	n. sig.	-0.117	1988	53.2	n. sig.
141	N4	Stein	Kocher	22.4	80	0.139	1935	84.7	98
142	N5	Jagstzell	Jagst	3.0	n. sig.	-0.132	1958	57.0	n. sig.
143	N5	Dörzbach	Jagst	10.1	n. sig.	-0.010	-	-	n. sig.
144	N5	Untergriesheim	Jagst	15.9	n. sig.	0.202	1977	71.5	n. sig.
145	N5	Sennfeld	Seckach	2.3	n. sig.	0.000	-	-	n. sig.
146	N6	Mosbach	Elz	2.0	n. sig.	-0.152	1970	64.3	n. sig.
147	R1	Gießen	Argen	19.2	n. sig.	0.135	1964	82.1	80
148	R1	Gerbertshaus	Schussen	10.7	n. sig.	0.102	1964	73.8	n. sig.
149	R2	Oberlauchringen	Wutach	9.1	80	-0.154	1941	94.3	n. sig.
150	R2	Hölzlebruck	Josbach	1.4	90	0.218	1964	95.6	n. sig.
151	R2	Zell	Wiese	7.8	n. sig.	-0.167	1970	64.2	n. sig.
152	R3	Untermünstertal	Neumagen	1.7	n. sig.	-0.234	1970	66.0	n. sig.
153	R3	Gutach	Elz	8.5	n. sig.	0.212	1964	64.6	n. sig.
154	R3	Ebnet	Dreisam	5.6	n. sig.	0.338	1964	83.0	n. sig.
155	R4	Schenkenzell	Kinzig	1.9	n. sig.	-0.052	1988	64.1	n. sig.
156	R4	Schwaibach	Kinzig	22.8	n. sig.	0.110	1964	69.4	n. sig.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen"

Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall	Trend/Jahr	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts	Signifikanz der Trendänderung
				[m ³ /s]					
157	R4	Hinterlehengericht	Schiltach	2.1	n. sig.	0.094	-	-	n. sig.
158	R4	Oberwolfach	Wolf	4.4	90	-0.228	1927	89.8	n. sig.
159	R4	Rotenfels	Murg	15.4	n. sig.	0.065	-	-	n. sig.
160	R5	Berghausen	Pfinz	1.8	n. sig.	0.166	1964	70.7	n. sig.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "gesamten Zeitreihen" (Fortsetzung)



lfd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss MQ [m³/s]	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall [%]	Trend/Jahr [%]	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts [%]	Signifikanz der Trendänderung [%]
1	D1	Kirchen-Hausen	Donau	12.6	n. sig.	0.222	1976	55.9	n. sig.
2	D1	Beuron	Donau	11.1	95	0.614	1964	99.1	n. sig.
3	D1	Hammereisenbach	Breg	4.7	80	0.257	1964	87.3	n. sig.
4	D1	Donaueschingen	Brigach	3.0	n. sig.	0.297	1961	60.7	n. sig.
5	D1	Unterschmeien	Schmiecha	1.6	n. sig.	0.064	1964	65.3	n. sig.
6	D2	Hundersingen	Donau	24.6	80	0.342	1964	90.2	99.9
7	D2	Berg	Donau	37.6	n. sig.	0.178	1964	81.7	99.9
8	D2	Mengen (Add.)	Ablach	3.2	n. sig.	-0.126	1941	55.9	n. sig.
9	D2	Niederkirch	Riß	4.4	n. sig.	-0.113	1942	90.7	n. sig.
10	D3	Sonthofen	Iller	21.1	n. sig.	-0.005	-	-	n. sig.
11	D3	Kempten	Iller	46.9	n. sig.	-0.019	-	-	n. sig.
12	D3	Wiblingen	Iller mit Kanal	70.3	n. sig.	0.154	1964	88.6	n. sig.
15	D4	Neu-Ulm Bad Held	Donau	120.0	n. sig.	0.138	1964	87.0	80
16	D4	Donauwörth	Donau	187.9	n. sig.	0.135	1964	89.1	90
21	D5	Landsberg	Lech	81.9	90	-0.186	1982	74.1	n. sig.
23	D5	Pfronten Ried	Vils	5.0	n. sig.	-0.060	1948	62.7	n. sig.
24	D5	Biessenhofen	Wertach	12.3	n. sig.	-0.090	1946	86.0	n. sig.
31	D6	Mettendorf	Schwarzach	2.2	n. sig.	0.000	1973	71.3	n. sig.
32	D7	Ingolstadt	Donau	309.0	n. sig.	0.049	1964	82.1	80
33	D7	Kelheim	Donau	327.1	n. sig.	0.053	1964	82.5	80
34	D7	Manching Bahnbr.	Paar	9.3	90	0.194	1973	98.2	n. sig.
37	D8	Heitzenhofen	Naab	48.1	n. sig.	0.150	1964	90.7	n. sig.
38	D8	Erbendorf	Fichtelnaab	2.9	n. sig.	0.000	1977	52.6	n. sig.
40	D8	Böhmischbruck	Pfreimd	5.0	80	0.241	1964	89.1	n. sig.
43	D9	Chamerau	Regen	25.9	n. sig.	0.054	1964	69.0	n. sig.
44	D9	Regenstauf	Regen	37.0	n. sig.	0.138	1964	86.3	n. sig.
45	D9	Teisnach	Schwarzer Regen	13.9	n. sig.	0.007	1973	61.0	n. sig.
48	D10	Schwabelweis	Donau	438.7	n. sig.	0.080	1964	86.3	95
49	D10	Pfelling	Donau	453.0	n. sig.	0.039	1964	75.6	90
51	D11	Mittenwald	Isar	12.2	n. sig.	0.066	1964	57.3	n. sig.
55	D11	Plattling	Isar mit Mühlbächen	173.9	n. sig.	-0.062	1946	59.4	n. sig.
56	D11	Garmisch u. d. P.	Loisach	11.0	n. sig.	-0.027	1983	64.0	n. sig.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "Zeitreihe ab 1932"

Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall	Trend/Jahr	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts	Signifikanz der Trendänderung
				[m ³ /s]		[%]			
57	D11	Schlehdorf	Loisach	22.9	98	-0.297	1956	97.6	n. sig.
59	D11	Fürstenfeldbruck	Amper	23.5	n. sig.	-0.081	1946	66.6	n. sig.
60	D11	Inkofen	Amper	44.5	80	0.182	1964	96.8	n. sig.
61	D11	Oberammergau	Ammer	3.8	n. sig.	-0.240	1946	70.7	n. sig.
62	D11	Weilheim	Ammer	15.2	95	-0.303	1946	97.2	n. sig.
63	D11	Leutstetten	Würm	4.7	n. sig.	0.086	1977	86.8	n. sig.
68	D12	Birnbach	Rott	7.1	n. sig.	0.127	1974	90.2	n. sig.
69	D13	Altenmarkt	Alz	53.2	n. sig.	-0.053	1945	50.9	n. sig.
70	D13	Staudach	Tiroler Achen	35.2	n. sig.	0.023	-	-	n. sig.
71	D13	Stein	Traun	12.8	n. sig.	-0.148	1959	80.5	n. sig.
72	D13	Siegsdorf	Weißer Traun	7.8	n. sig.	0.077	1964	55.7	n. sig.
73	D13	Wernleiten	Rote Traun	3.1	n. sig.	-0.064	-	-	n. sig.
74	D13	Burghausen	Salzach	248.6	n. sig.	0.054	-	-	n. sig.
75	D13	Ilsank	Ramsauer Ache	5.2	n. sig.	-0.058	1959	80.9	n. sig.
76	D13	Unterjettenberg	Saalach	37.8	n. sig.	-0.101	1968	78.6	n. sig.
78	D14	Oberaudorf	Inn	303.4	n. sig.	-0.044	1983	60.0	n. sig.
79	D14	Eschelbach	Inn	368.4	n. sig.	0.052	1964	68.5	n. sig.
80	D14	Passau Ingling	Inn	731.1	n. sig.	-0.004	-	-	n. sig.
82	D14	Bad Aibling Will. Br.	Mangfall mit Triftbach	19.2	n. sig.	0.104	1964	75.4	n. sig.
84	D14	Bad Aibling	Glonn	3.1	90	-0.258	1948	98.4	n. sig.
87	D15	Hofkirchen	Donau	637.3	n. sig.	-0.044	1964	50.1	n. sig.
88	D15	Achleiten	Donau	1412.0	n. sig.	-0.019	-	-	n. sig.
89	D15	Kalteneck	Ilz	15.5	n. sig.	0.045	1973	67.8	n. sig.
93	E1	Hof	Sächsische Saale	5.4	n. sig.	-0.203	1948	68.4	n. sig.
96	M1	Kemmern	Main	43.3	n. sig.	0.152	1964	75.9	98
97	M1	Bad Berneck	Weißer Main	1.1	80	-0.465	1948	85.1	n. sig.
98	M1	Bayreuth	Roter Main	3.1	n. sig.	0.000	1964	64.0	n. sig.
99	M1	Unterlangenstadt	Rodach	10.3	n. sig.	-0.029	-	-	n. sig.
100	M1	Coburg	Itz	4.9	n. sig.	0.163	1964	75.6	n. sig.
101	M1	Leucherhof	Baunach	2.0	95	0.587	1964	99.6	95
102	M2	Pettstadt	Regnitz	50.6	n. sig.	0.111	1977	84.3	98
103	M2	Neumühle	Rednitz	11.8	n. sig.	-0.025	1977	79.3	n. sig.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "Zeitreihe ab 1932" (Fortsetzung)



ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss MQ [m³/s]	Trend- Signifikanz nach Mann-Kendall [%]	Trend/Jahr [%]	Jahr des wahr- scheinlichen Bruchpunkts	Wahrschein- lichkeit des Bruchpunkts [%]	Signifikanz der Trendänderung [%]
104	M2	Rasch	Schwarzach	2.1	n. sig.	0.195	1964	90.0	n. sig.
106	M2	Nürnberg	Pegnitz	10.9	n. sig.	0.028	1964	86.6	n. sig.
109	M2	Laufermühle	Aisch	5.0	n. sig.	-0.080	1977	75.4	n. sig.
110	M2	Röbersdorf	Reiche Ebrach	1.6	80	0.183	1964	87.6	n. sig.
112	M3	Schweinfurt	Main	101.6	n. sig.	0.161	1964	77.1	n. sig.
113	M3	Würzburg	Main	110.2	n. sig.	0.065	1977	63.4	n. sig.
115	M4	Bad Kissingen	Fränkische Saale	11.9	90	0.378	1964	95.3	99
116	M4	Wolfsmünster	Fränkische Saale	16.0	90	0.449	1965	93.1	99.5
122	M5	Bad Mergentheim	Tauber	6.1	n. sig.	-0.082	1942	60.4	n. sig.
128	N1	Oberndorf	Neckar	7.3	n. sig.	0.206	1964	77.6	90
129	N1	Horb	Neckar	13.9	n. sig.	0.065	1964	55.9	n. sig.
130	N1	Hopfau	Glatt	4.0	n. sig.	0.099	1964	69.0	n. sig.
131	N1	Pfäffingen	Ammer	0.9	n. sig.	0.220	1964	84.1	n. sig.
132	N1	Riederich	Erms	2.9	n. sig.	0.000	1989	55.5	n. sig.
134	N2	Pforzheim	Wurm	2.7	n. sig.	0.257	1964	80.9	n. sig.
135	N3	Plochingen	Neckar	46.3	n. sig.	0.166	1964	73.5	n. sig.
136	N3	Plochingen	Fils	9.4	n. sig.	-0.148	1942	62.0	n. sig.
137	N3	Schorndorf	Rems	4.9	n. sig.	-0.041	1988	52.3	n. sig.
138	N3	Neustadt	Rems	6.3	n. sig.	0.032	1988	62.0	n. sig.
139	N4	Gaildorf	Kocher	9.5	n. sig.	-0.021	-	-	n. sig.
140	N4	Kocherstetten	Kocher	16.3	n. sig.	-0.141	1988	54.4	n. sig.
141	N4	Stein	Kocher	23.1	n. sig.	0.138	1977	61.7	80
142	N5	Jagstzell	Jagst	3.0	n. sig.	-0.166	1970	62.0	n. sig.
143	N5	Dörzbach	Jagst	10.0	n. sig.	0.040	1988	52.3	n. sig.
144	N5	Untergriesheim	Jagst	16.0	n. sig.	0.169	1977	69.0	n. sig.
145	N5	Sennfeld	Seckach	2.3	n. sig.	0.089	-	-	n. sig.
146	N6	Mosbach	Elz	2.0	n. sig.	-0.102	1970	56.6	n. sig.
147	R1	Gießen	Argen	19.2	n. sig.	0.135	1964	82.1	80
148	R1	Gerbertshaus	Schussen	10.8	n. sig.	0.055	1941	77.1	n. sig.
149	R2	Oberlauchringen	Wutach	8.7	n. sig.	0.115	1964	65.9	n. sig.
150	R2	Hölzlebruck	Josbach	1.4	90	0.364	1964	96.9	n. sig.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "Zeitreihe ab 1932" (Fortsetzung)

Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Mittlerer Abfluss	Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall	Trend/Jahr	Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts	Wahrscheinlichkeit des Bruchpunkts	Signifikanz der Trendänderung
				MQ					
				[m ³ /s]	[%]	[%]		[%]	[%]
151	R2	Zell	Wiese	7.7	n. sig.	-0.142	1970	58.7	n. sig.
152	R3	Untermünstertal	Neumagen	1.7	n. sig.	-0.234	1970	66.0	n. sig.
155	R4	Schenkenzell	Kinzig	1.9	n. sig.	0.000	1988	67.5	n. sig.
156	R4	Schwaibach	Kinzig	22.7	n. sig.	0.255	1964	80.9	n. sig.
157	R4	Hinterlehengericht	Schiltach	2.1	n. sig.	0.140	1976	55.2	n. sig.
158	R4	Oberwolfach	Wolf	4.2	n. sig.	0.024	1988	67.3	n. sig.
159	R4	Rotenfels	Murg	15.5	n. sig.	0.071	1964	53.7	n. sig.
160	R5	Berghausen	Pfinz	1.8	n. sig.	0.279	1964	78.6	n. sig.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Trendberechnungen für die "Zeitreihe ab 1932" (Fortsetzung)



Ifd.-Nr.	Untersuchungs- Gebiet	Standort	Gewässer	Zeitspanne	Jahr TJ der Da- tentrennung	MQ (gesamt)	MQ (vor TJ)	MQ (nach TJ)	MQ (vor TJ) / MQ (gesamt)	MQ (nach TJ) / MQ (gesamt)
						[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[%]	[%]
1	D1	Kirchen-Hausen	Donau	1923 - 1998	1964	12.8	12.4	13.2	-3.3	3.6
2	D1	Beuron	Donau	1927 - 1998	1964	11.0	9.4	12.8	-14.5	16.3
3	D1	Hammereisenbach	Breg	1927 - 1998	1964	4.7	4.4	5.0	-6.5	6.6
4	D1	Donaueschingen	Brigach	1930 - 1998	1964	3.1	2.9	3.4	-7.4	9.2
5	D1	Unterschmeien	Schmiecha	1932 - 1998	1964	1.6	1.5	1.7	-5.6	5.4
6	D2	Hundersingen	Donau	1930 - 1998	1964	24.8	22.8	26.9	-7.9	8.4
7	D2	Berg	Donau	1930 - 1998	1964	37.9	35.5	40.3	-6.3	6.4
8	D2	Mengen (Add.)	Ablach	1931 - 1998	1964	3.2	3.2	3.2	0.1	-0.1
9	D2	Niederkirch	Riß	1932 - 1998	1964	4.4	4.4	4.5	-0.4	0.5
10	D3	Sonthofen	Iller	1902 - 1998	1964	21.1	21.0	21.5	-0.8	1.5
11	D3	Kempton	Iller	1902 - 1998	1964	47.1	46.7	47.8	-0.8	1.5
12	D3	Wiblingen	Iller mit Kanal	1921 - 1996	1964	70.0	67.1	73.9	-4.1	5.6
13	D3	Oberstdorf	Stillach	1953 - 1998	1964	3.6	3.1	3.8	-13.5	4.8
14	D3	Reckenberg	Osterach	1934 - 1998	1964	7.9	8.0	7.8	1.0	-0.9
15	D4	Neu-Ulm Bad Held	Donau	1925 - 1998	1964	119.5	112.8	127.3	-5.7	6.5
16	D4	Donauwörth	Donau	1925 - 1998	1964	187.5	177.9	198.7	-5.1	6.0
18	D4	Offingen	Mindel	1943 - 1998	1964	11.7	10.0	12.6	-14.2	8.4
19	D4	Pfaffenhofen	Zusam	1933 - 1998	1964	4.4	4.3	4.5	-3.1	3.0
20	D5	Lechbruck	Lech	1952 - 1997	1964	70.8	67.6	72.1	-4.6	1.8
21	D5	Landsberg	Lech	1902 - 1998	1964	83.1	84.1	81.3	1.2	-2.2
23	D5	Pfronten Ried	Vils	1912 - 1998	1964	5.0	5.0	5.1	-0.8	1.3
24	D5	Biessenhofen	Wertach	1922 - 1998	1964	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0
25	D5	Hörmanshofen	Geltnach	1942 - 1998	1964	1.9	1.7	2.0	-8.5	5.8
27	D6	Harburg	Wörnitz	1941 - 1998	1964	10.9	9.5	11.9	-13.1	8.8
29	D6	Treuchtlingen	Altmühl	1942 - 1998	1964	5.5	5.0	5.9	-9.8	6.6
30	D6	Eichstätt	Altmühl	1942 - 1998	1964	9.5	8.0	10.5	-15.7	10.6
31	D6	Mettendorf	Schwarzach	1932 - 1998	1964	2.2	2.1	2.3	-4.3	4.1
32	D7	Ingolstadt	Donau	1925 - 1998	1964	308.0	296.2	321.8	-3.8	4.5
33	D7	Kelheim	Donau	1925 - 1998	1964	326.2	313.3	341.3	-3.9	4.6
34	D7	Manching Bahnbr.	Paar	1927 - 1998	1964	9.2	8.7	9.8	-5.6	6.2
35	D7	Aunkofen	Abens	1952 - 1998	1964	2.7	2.7	2.7	0.2	-0.1
36	D8	Unterköblitz	Naab	1942 - 1998	1964	18.6	16.4	20.1	-12.1	8.2

Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse MQ (m), Zeitreihentrennung 1964

Ifd.-Nr.	Untersuchungs- Gebiet	Standort	Gewässer	Zeitspanne	Jahr TJ der Da- tentrennung	MQ (gesamt)	MQ (vor TJ)	MQ (nach TJ)	MQ (vor TJ) / MQ (gesamt)	MQ (nach TJ) / MQ (gesamt)
						[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[%]	[%]
37	D8	Heitzenhofen	Naab	1922 - 1998	1964	49.4	48.0	51.2	-2.9	3.7
38	D8	Erbendorf	Fichtelnaab	1931 - 1998	1964	2.9	2.8	2.9	-1.3	1.2
39	D8	Wildenau	Haidenaab	1942 - 1998	1964	6.2	5.5	6.7	-11.9	8.0
40	D8	Böhmischbruck	Pfreimd	1932 - 1998	1964	5.0	4.6	5.4	-8.0	7.6
41	D8	Warnbach	Schwarzach	1942 - 1998	1964	8.3	7.1	9.1	-14.7	9.9
42	D8	Amberg	Vils	1950 - 1998	1964	3.7	3.3	3.9	-11.7	5.2
43	D9	Chamerau	Regen	1932 - 1998	1964	25.9	24.7	27.0	-4.7	4.5
44	D9	Regenstauf	Regen	1902 - 1998	1964	37.5	36.5	39.3	-2.7	4.9
45	D9	Teisnach	Schwarzer Regen	1932 - 1997	1964	13.9	13.4	14.3	-3.2	3.2
46	D9	Kötzting	Weißer Regen	1949 - 1998	1964	4.3	3.8	4.5	-11.5	5.4
47	D9	Furth i.W.	Chamb	1952 - 1998	1964	3.0	2.3	3.2	-21.1	8.1
48	D10	Schwabelweis	Donau	1924 - 1998	1964	439.7	421.8	461.4	-4.1	4.9
49	D10	Pfelling	Donau	1927 - 1998	1964	451.2	431.9	472.8	-4.3	4.8
50	D10	Schönach	Große Laber	1955 - 1998	1964	2.2	2.0	2.3	-9.2	2.7
51	D11	Mittenwald	Isar	1927 - 1998	1964	12.1	11.8	12.6	-3.2	3.6
55	D11	Plattling	Isar mit Mühlbä- chen	1926 - 1998	1964	173.8	172.0	175.9	-1.0	1.2
56	D11	Garmisch u. d. P.	Loisach	1927 - 1998	1964	11.0	10.8	11.3	-2.2	2.4
57	D11	Schlehdorf	Loisach	1926 - 1998	1964	22.8	23.3	22.2	2.3	-2.6
58	D11	Kochel	Loisach	1950 - 1998	1964	49.0	47.7	49.5	-2.6	1.1
59	D11	Fürstenfeldbruck	Amper	1922 - 1997	1964	23.4	22.9	24.0	-2.0	2.6
60	D11	Inkofen	Amper	1927 - 1998	1964	44.2	41.6	47.0	-5.8	6.5
61	D11	Oberammergau	Ammer	1922 - 1998	1964	3.7	3.7	3.7	0.3	-0.4
62	D11	Weilheim	Ammer	1927 - 1998	1964	15.3	15.7	14.8	2.8	-3.1
63	D11	Leutstetten	Würm	1922 - 1997	1964	4.7	4.5	4.8	-2.7	3.5
64	D11	Hohenkammer	Glonn	1946 - 1997	1964	3.1	2.9	3.3	-7.4	4.3
65	D12	Rottersdorf	Vils	1941 - 1998	1964	5.3	4.6	5.7	-12.2	8.6
66	D12	Grafenmühle	Vils	1941 - 1998	1964	10.1	8.6	11.2	-15.3	10.8
67	D12	Vilsbiburg	Große Vils	1940 - 1998	1964	2.6	2.4	2.8	-9.8	7.2
68	D12	Birnbach	Rott	1931 - 1998	1964	7.1	6.7	7.4	-5.0	5.0
69	D13	Altenmarkt	Alz	1932 - 1997	1964	53.2	52.5	53.9	-1.3	1.3
70	D13	Staudach	Tiroler Achen	1922 - 1998	1964	35.4	34.9	36.0	-1.3	1.6

Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse MQ (m), Zeitreihentrennung 1964 (Fortsetzung)



Ifd.-Nr.	Untersuchungs-Gebiet	Standort	Gewässer	Zeitspanne	Jahr TJ der Datentrennung	MQ (gesamt)	MQ (vor TJ)	MQ (nach TJ)	MQ (vor TJ) / MQ (gesamt)	MQ (nach TJ) / MQ (gesamt)
						[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[%]	[%]
71	D13	Stein	Traun	1927 - 1997	1964	13.0	13.3	12.6	2.5	-2.9
72	D13	Siegsdorf	Weißer Traun	1927 - 1997	1964	7.7	7.5	8.1	-3.6	4.1
73	D13	Wernleiten	Rote Traun	1927 - 1997	1964	3.1	3.1	3.1	0.4	-0.5
74	D13	Burghausen	Salzach	1902 - 1998	1964	250.4	248.9	253.2	-0.6	1.1
75	D13	Ilsank	Ramsauer Ache	1932 - 1998	1964	5.2	5.2	5.2	0.2	-0.2
76	D13	Unterjettenberg	Saalach	1902 - 1998	1964	38.3	38.6	37.7	0.9	-1.7
77	D13	Brodhausen	Sur	1952 - 1998	1964	2.8	2.8	2.8	-0.5	0.2
78	D14	Oberaudorf	Inn	1902 - 1998	1964	305.2	304.5	306.4	-0.2	0.4
79	D14	Eschelbach	Inn	1931 - 1997	1964	369.0	360.5	377.8	-2.3	2.4
80	D14	Passau Ingling	Inn	1922 - 1998	1964	736.3	733.4	740.0	-0.4	0.5
81	D14	Rosenheim	Mangfall mit Hammerbach	1942 - 1997	1964	328.7	320.8	334.3	-2.4	1.7
82	D14	Bad Aibling Will. Br.	Mangfall mit Triftbach	1929 - 1997	1964	19.2	18.3	20.1	-4.5	4.9
83	D14	Stauden	Leitzach	1942 - 1998	1964	4.6	4.4	4.8	-4.8	3.3
84	D14	Bad Aibling	Glonn	1929 - 1998	1964	3.1	3.2	3.0	2.4	-2.5
85	D14	Anger	Attel	1952 - 1998	1964	3.8	3.5	3.9	-7.0	2.7
86	D14	Engfurt	Isen	1952 - 1997	1964	5.6	4.8	6.0	-15.3	6.0
87	D15	Hofkirchen	Donau	1902 - 1998	1964	634.4	624.4	652.8	-1.6	2.9
88	D15	Achleiten	Donau	1902 - 1998	1964	1419.0	1409.1	1437.3	-0.7	1.3
89	D15	Kalteneck	Ilz	1922 - 1998	1964	15.8	15.5	16.1	-1.8	2.3
90	D15	Eberhardsreuth	Mitternacher Ohe	1952 - 1998	1964	2.0	1.8	2.1	-11.0	4.2
91	D15	Fürsteneck	Wolfsteiner Ohe	1952 - 1998	1964	7.9	6.8	8.4	-14.8	5.6
92	E1	Marktleuthen	Eger	1938 - 1998	1964	1.8	1.7	1.8	-1.7	1.3
93	E1	Hof	Sächsische Saale	1922 - 1998	1964	5.4	5.4	5.4	0.1	-0.1
94	E1	Hölle	Selbitz	1949 - 1998	1964	2.9	2.3	3.2	-21.9	9.1
95	M1	Schwürritz	Main	1942 - 1998	1964	29.1	25.8	31.3	-11.3	7.7
96	M1	Kemmern	Main	1932 - 1998	1964	43.3	40.0	46.1	-7.6	6.5
97	M1	Bad Berneck	Weißer Main	1931 - 1998	1964	1.1	1.1	1.1	3.3	-3.3
98	M1	Bayreuth	Roter Main	1926 - 1998	1964	3.2	3.1	3.2	-2.2	2.4
99	M1	Unterlangenstadt	Rodach	1932 - 1998	1964	10.3	10.0	10.7	-3.5	3.4
100	M1	Coburg	Itz	1927 - 1998	1964	4.9	4.6	5.2	-6.8	6.6
101	M1	Leucherhof	Baunach	1931 - 1998	1964	2.1	1.7	2.4	-16.8	16.3

Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse MQ (m), Zeitreihentrennung 1964 (Fortsetzung)

Ifd.-Nr.	Untersuchungs- Gebiet	Standort	Gewässer	Zeitspanne	Jahr TJ der Da- tentrennung	MQ (gesamt)	MQ (vor TJ)	MQ (nach TJ)	MQ (vor TJ) / MQ (gesamt)	MQ (nach TJ) / MQ (gesamt)
						[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[%]	[%]
102	M2	Pettstadt	Regnitz	1924 - 1998	1964	51,4	49,8	53,3	-3,1	3,7
103	M2	Neumühle	Rednitz	1912 - 1998	1964	11,9	11,8	12,0	-0,6	0,9
104	M2	Rasch	Schwarzach	1922 - 1998	1964	2,1	2,0	2,2	-4,5	5,5
105	M2	Hohenstadt	Pegnitz	1947 - 1998	1964	5,0	4,4	5,3	-12,8	6,8
106	M2	Nürnberg	Pegnitz	1912 - 1998	1964	11,3	11,2	11,5	-0,9	1,4
107	M2	Erlangen	Schwabach	1937 - 1998	1964	1,5	1,4	1,5	-4,5	3,4
109	M2	Laufermühle	Aisch	1928 - 1998	1964	5,0	4,8	5,2	-3,5	3,8
110	M2	Röbersdorf	Reiche Ebrach	1915 - 1998	1964	1,7	1,6	1,8	-4,9	6,4
112	M3	Schweinfurt	Main	1845 - 1998	1964	101,1	99,3	107,7	-1,8	6,5
113	M3	Würzburg	Main	1824 - 1998	1964	106,9	104,8	115,6	-2,0	8,2
115	M4	Bad Kissingen	Fränkische Saale	1931 - 1998	1964	12,0	10,6	13,3	-11,3	11,0
116	M4	Wolfsmünster	Fränkische Saale	1932 - 1998	1964	16,0	13,8	17,9	-14,1	11,7
119	M4	Bad Brückenau	Sinn	1955 - 1998	1964	1,6	1,4	1,6	-10,4	3,1
121	M5	Bockenfeld	Tauber	1955 - 1998	1964	0,6	0,5	0,6	-14,4	4,2
122	M5	Bad Mergentheim	Tauber	1922 - 1998	1964	6,5	6,6	6,4	1,6	-2,1
126	M6	Weilbach	Mud	1951 - 1998	1964	3,3	2,8	3,6	-16,4	6,8
127	M6	Rück	Elsava	1952 - 1998	1964	1,2	1,1	1,3	-9,5	3,6
128	N1	Oberndorf	Neckar	1930 - 1998	1964	7,4	7,0	7,8	-5,4	5,3
129	N1	Horb	Neckar	1932 - 1998	1964	13,8	12,9	14,7	-6,7	6,3
130	N1	Hopfau	Glatt	1929 - 1998	1964	4,1	3,9	4,3	-4,9	5,2
131	N1	Pfäffingen	Ammer	1912 - 1998	1964	1,0	0,9	1,0	-2,3	3,6
132	N1	Riederich	Erms	1923 - 1998	1964	2,9	2,9	3,0	-2,6	3,2
133	N2	Pforzheim	Enz	1933 - 1998	1964	16,9	15,4	18,2	-8,7	7,7
134	N2	Pforzheim	Würm	1931 - 1998	1964	2,7	2,5	3,0	-8,7	8,0
135	N3	Plochingen	Neckar	1919 - 1998	1964	45,5	42,6	49,5	-6,5	8,7
136	N3	Plochingen	Fils	1927 - 1998	1964	9,3	9,0	9,6	-3,2	3,6
137	N3	Schorndorf	Rems	1932 - 1998	1964	4,9	4,8	5,0	-1,9	1,6
138	N3	Neustadt	Rems	1923 - 1998	1964	6,3	6,1	6,6	-3,2	3,9
139	N4	Gaildorf	Kocher	1885 - 1998	1964	9,3	9,2	9,6	-1,4	3,3
140	N4	Kocherstetten	Kocher	1925 - 1998	1964	16,4	16,3	16,4	-0,5	0,5
141	N4	Stein	Kocher	1885 - 1998	1964	22,4	21,7	24,3	-3,5	8,1

Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse MQ (m), Zeitreihentrennung 1964 (Fortsetzung)



Ifd.-Nr.	Untersuchungs- Gebiet	Standort	Gewässer	Zeitspanne	Jahr TJ der Da- tentrennung	MQ (gesamt)	MQ (vor TJ)	MQ (nach TJ)	MQ (vor TJ) / MQ (gesamt)	MQ (nach TJ) / MQ (gesamt)
						[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[%]	[%]
142	N5	Jagstzell	Jagst	1922 - 1998	1964	3,0	3,1	3,0	1,4	-1,8
143	N5	Dörzbach	Jagst	1924 - 1998	1964	10,1	9,8	10,4	-3,1	3,7
144	N5	Untergriesheim	Jagst	1925 - 1998	1964	15,9	14,9	17,0	-6,3	7,5
145	N5	Sennfeld	Seckach	1931 - 1998	1964	2,3	2,2	2,4	-3,4	3,5
146	N6	Mosbach	Elz	1931 - 1998	1964	2,0	2,0	2,0	0,3	-0,3
147	R1	Gießen	Argen	1932 - 1998	1964	19,3	18,4	20,1	-4,7	4,5
148	R1	Gerbertshaus	Schussen	1920 - 1998	1964	10,8	10,4	11,3	-3,9	5,0
149	R2	Oberlauchringen	Wutach	1913 - 1998	1964	9,1	8,9	9,3	-1,5	2,2
150	R2	Hölzlebruck	Josbach	1926 - 1996	1964	1,4	1,3	1,5	-6,2	7,5
151	R2	Zell	Wiese	1929 - 1998	1964	7,8	7,9	7,7	1,5	-1,5
152	R3	Untermünstertal	Neumagen	1932 - 1996	1964	1,7	1,7	1,7	-1,1	1,1
153	R3	Gutach	Elz	1941 - 1996	1964	8,5	7,9	8,9	-6,5	4,6
154	R3	Ebnet	Dreisam	1941 - 1998	1964	5,6	5,1	6,0	-9,3	6,6
155	R4	Schenkenzell	Kinzig	1910 - 1998	1964	1,9	1,9	2,0	-2,1	3,7
156	R4	Schwaibach	Kinzig	1915 - 1995	1964	22,8	21,9	24,3	-4,0	6,4
157	R4	Hinterlehengericht	Schiltach	1914 - 1998	1964	2,2	2,1	2,2	-2,5	3,6
158	R4	Oberwolfach	Wolf	1910 - 1996	1964	4,4	4,4	4,4	0,0	-0,1
159	R4	Rotenfels	Murg	1918 - 1998	1964	15,4	15,0	16,1	-3,1	4,2
160	R5	Berghausen	Pfinz	1925 - 1998	1964	1,8	1,7	2,0	-7,1	7,8

Tabelle 4: Zusammenstellung der Kennwerte für die Analyse des Jahresganges der mittleren Monatsabflüsse MQ (m), Zeitreihentrennung 1964 (Fortsetzung)



8 Anlagenverzeichnis

	Seite
Anlage 1 Ergebnisdarstellungen „Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)“	
Anlage 1.1: Pegel Berg/Donau, gesamte Zeitreihe	72
Anlage 1.2: Pegel Kempten/Iller, gesamte Zeitreihe	73
Anlage 1.3: Pegel Heitzenhofen/Naab, gesamte Zeitreihe	74
Anlage 1.4: Pegel Hofkirchen/Donau, gesamte Zeitreihe	75
Anlage 1.5: Pegel Schweinfurt/Main, gesamte Zeitreihe	76
Anlage 1.6: Pegel Horb/Neckar, gesamte Zeitreihe	77
Anlage 1.7: Pegel Stein/Kocher, gesamte Zeitreihe	78
Anlage 1.8: Pegel Schwaibach/Kinzig, gesamte Zeitreihe	79
Anlage 2: Ergebnisdarstellungen „Jahresgang der mittleren monatlichen Abflüsse MQ(m)“	
Anlage 2.1: Pegel Berg/Donau, Trennungsjahr 1974	80
Anlage 2.2: Pegel Kempten/Iller, Trennungsjahr 1974	80
Anlage 2.3: Pegel Heitzenhofen/Naab, Trennungsjahr 1974	81
Anlage 2.4: Pegel Hofkirchen/Donau, Trennungsjahr 1974	81
Anlage 2.5: Pegel Schweinfurt/Main, Trennungsjahr 1974	82
Anlage 2.6: Pegel Horb/Neckar, Trennungsjahr 1974	82
Anlage 2.7: Pegel Stein/Kocher, Trennungsjahr 1974	83
Anlage 2.8: Pegel Schwaibach/Kinzig, Trennungsjahr 1974	83

Hinweis:

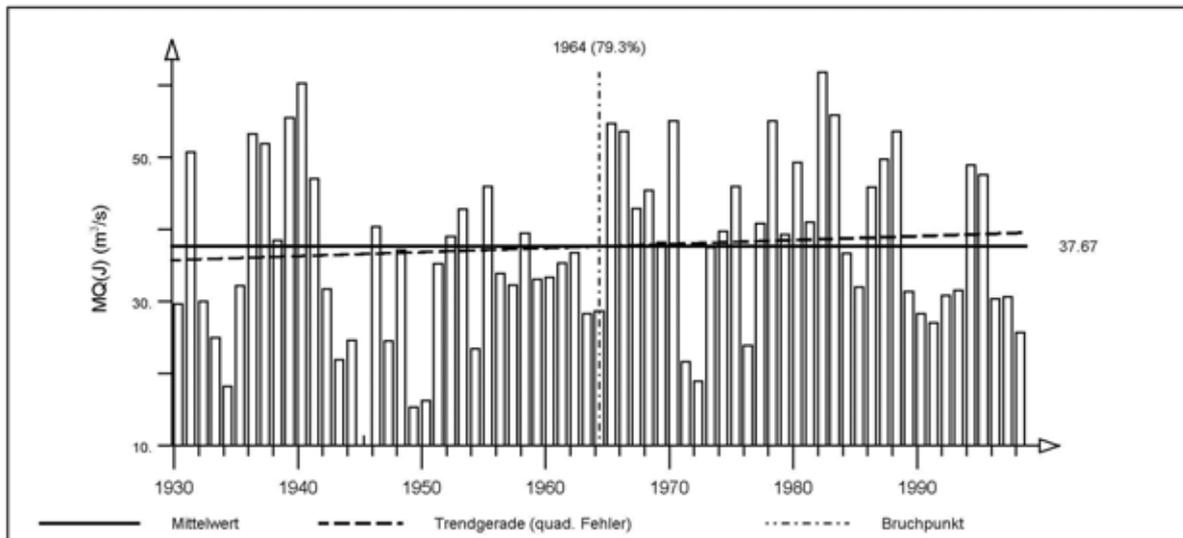
Die folgenden Ergebnisdarstellungen repräsentieren eine Auswahl der Analyseergebnisse, die in gleicher Form für alle untersuchten Pegel im Abschlussbericht [1] vorliegen.



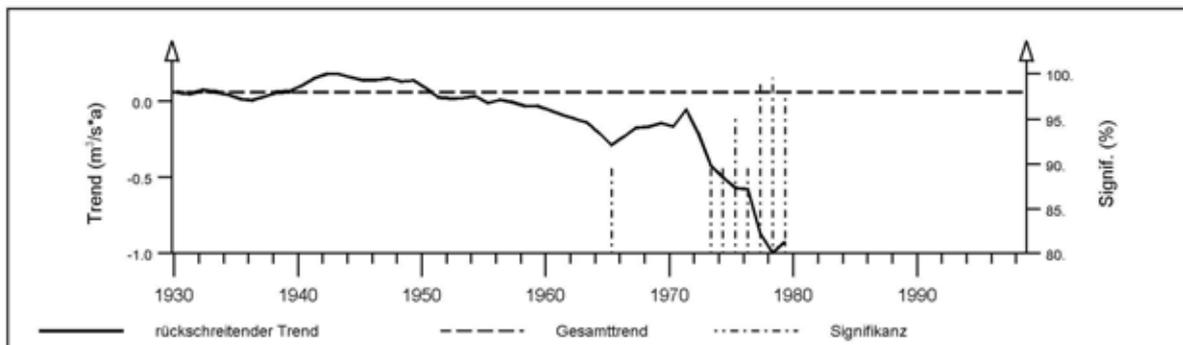
Pegel Berg/Donau

(Pegel-Nr. 125)

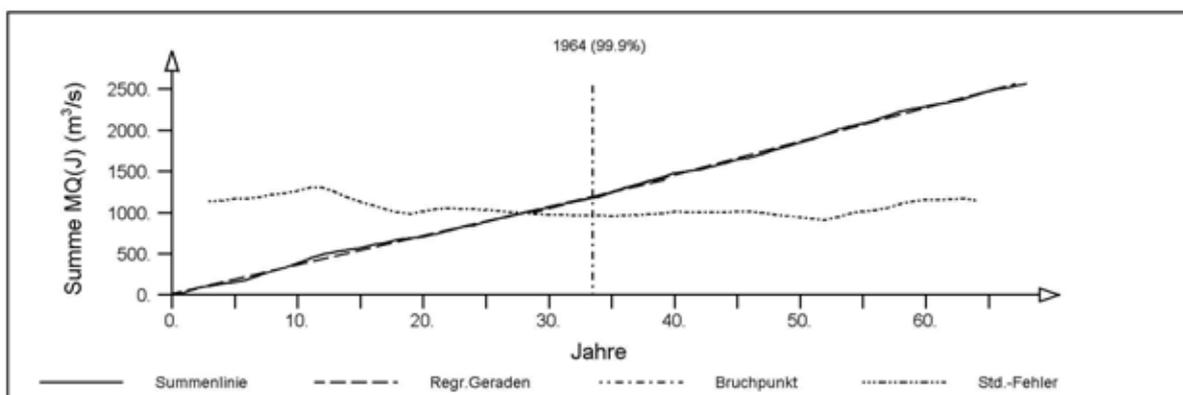
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1930-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: 0.055 m³/s*a
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

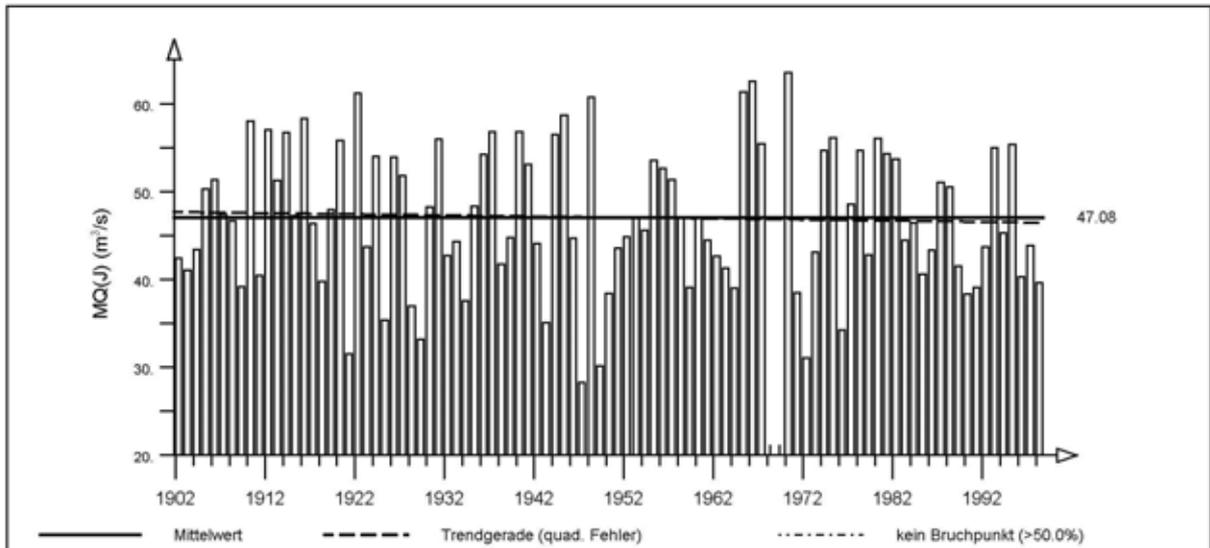
lfd.-Nr.: E-007

Anlage 1.1: Ergebnisdarstellung „Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)“ Pegel Berg/Donau, gesamte Zeitreihe

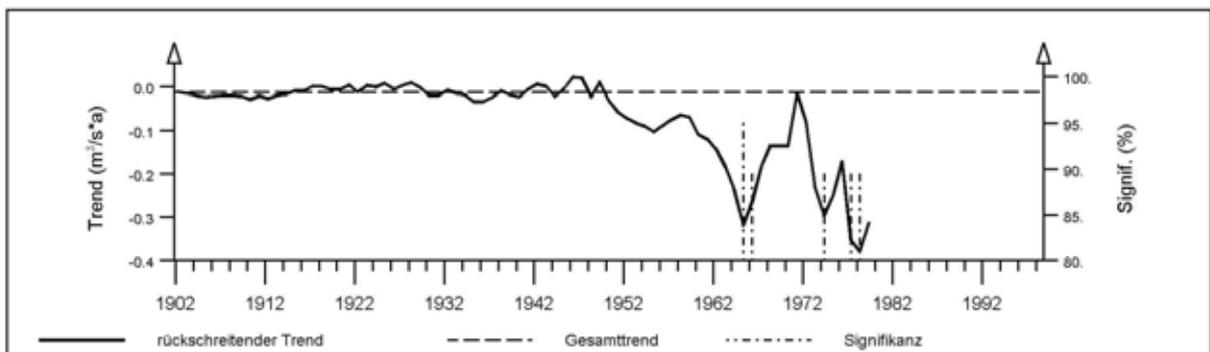
Pegel Kempton/Iller

(Pegel-Nr. 1140200)

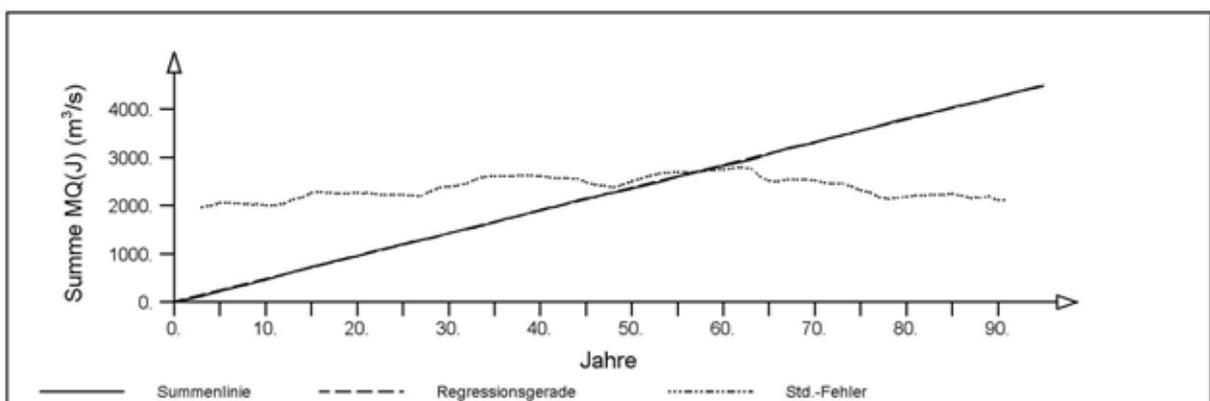
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1902-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $-0.013 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Summenlinie mit Regressionsgerade
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

lfd.-Nr.: E-011

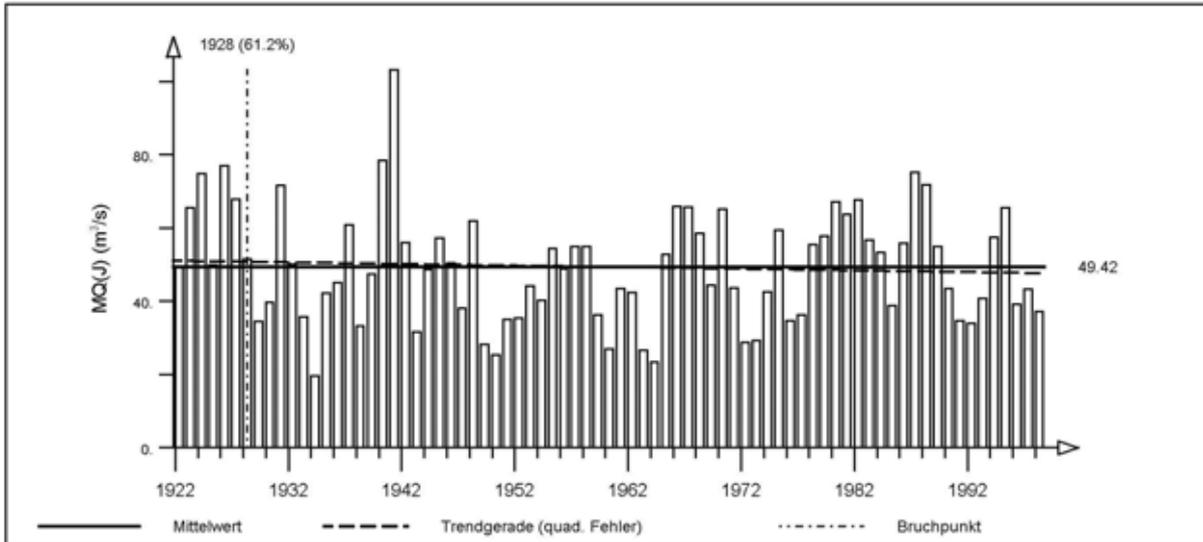
Anlage 1.2: Ergebnisdarstellung „Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)“ Pegel Kempton/Iller, gesamte Zeitreihe



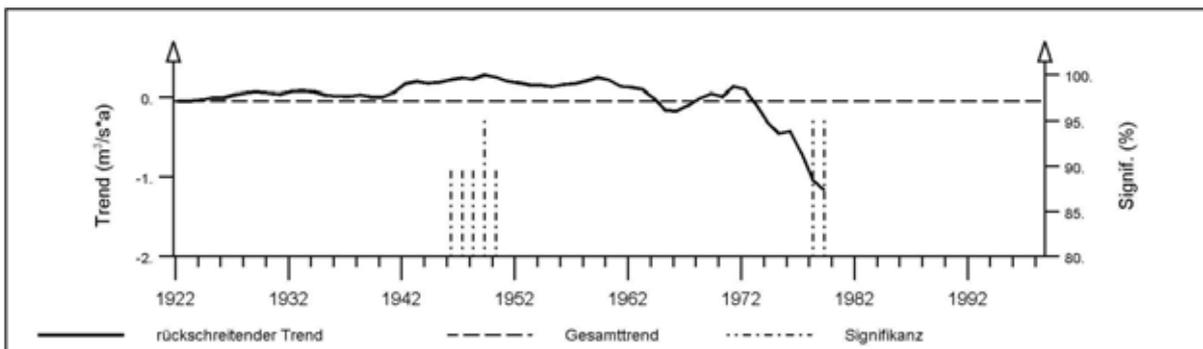
Pegel Heizenhofen/Naab

(Pegel-Nr. 1400800)

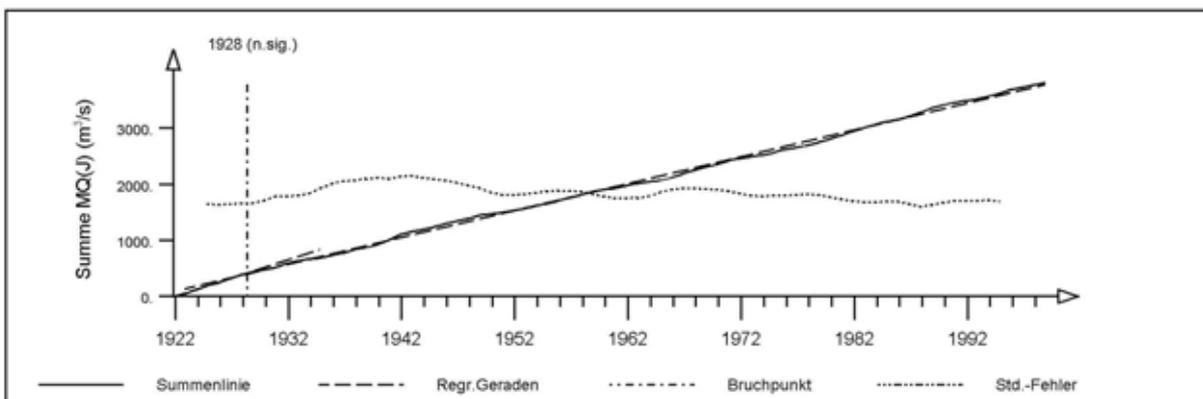
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1922-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $-0.044 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

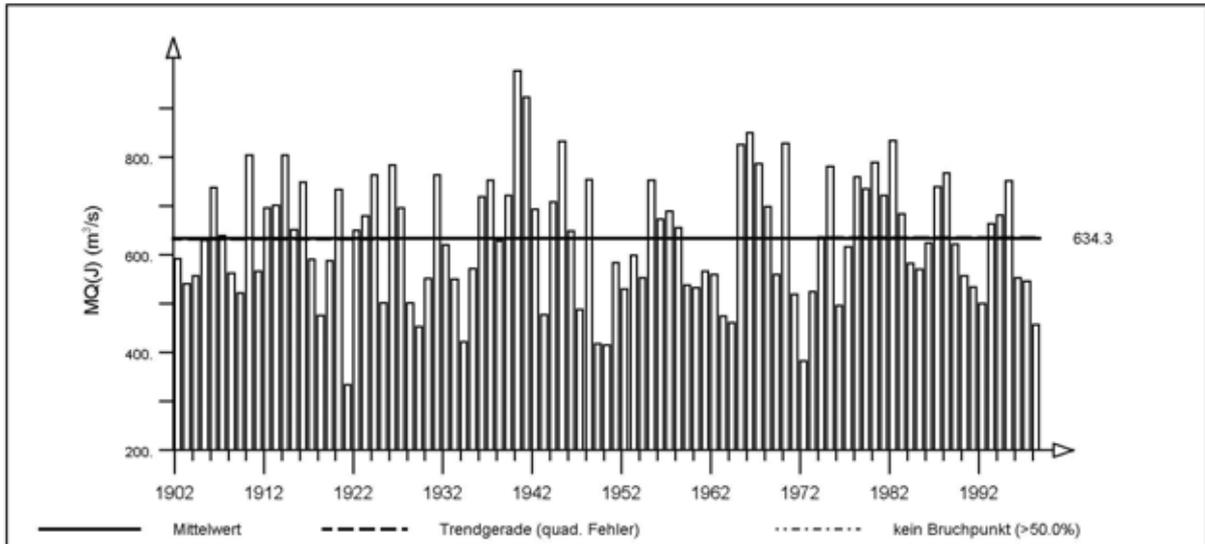
lfd.-Nr.: E-037

Anlage 1.3: Ergebnisdarstellung „Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)“ Pegel Heizenhofen/Naab, gesamte Zeitreihe

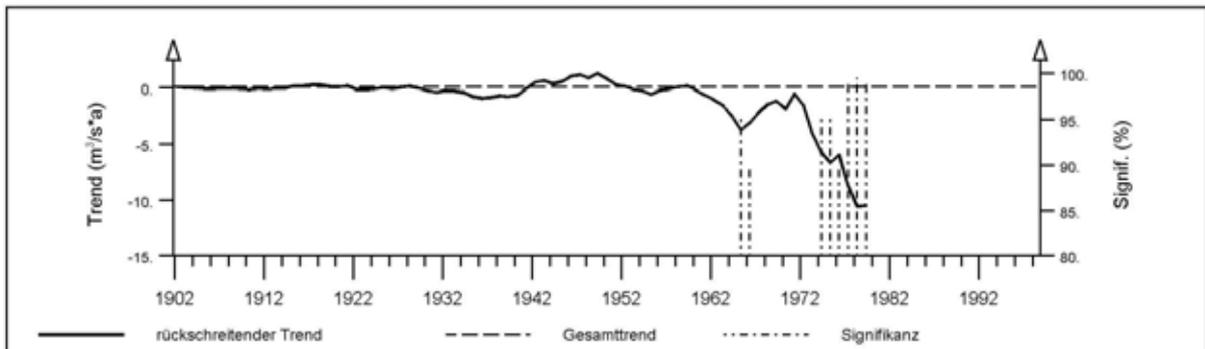
Pegel Hofkirchen/Donau

(Pegel-Nr. 1008800)

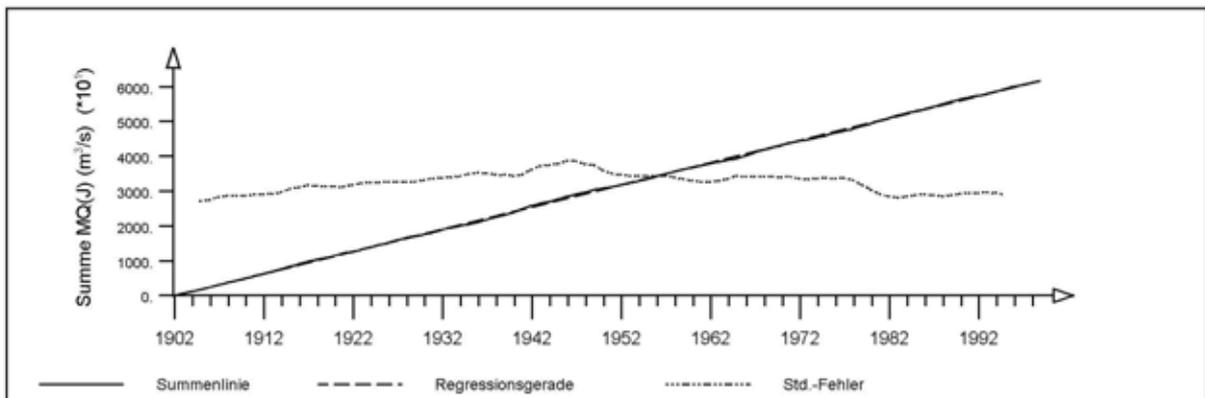
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1902-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $0.026 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Summenlinie mit Regressionsgerade
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

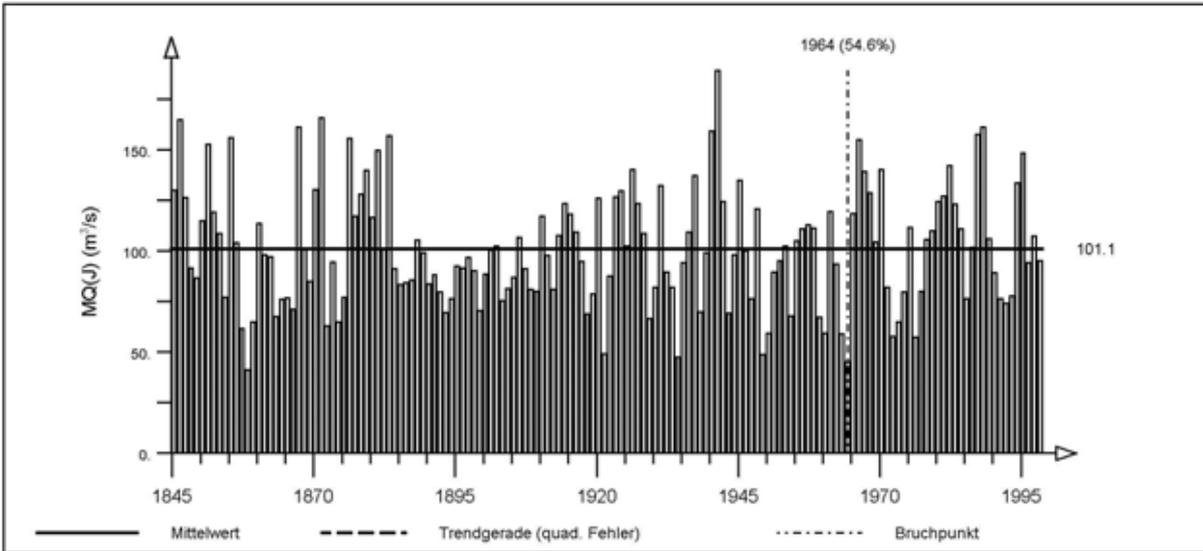
lfd.-Nr.: E-087



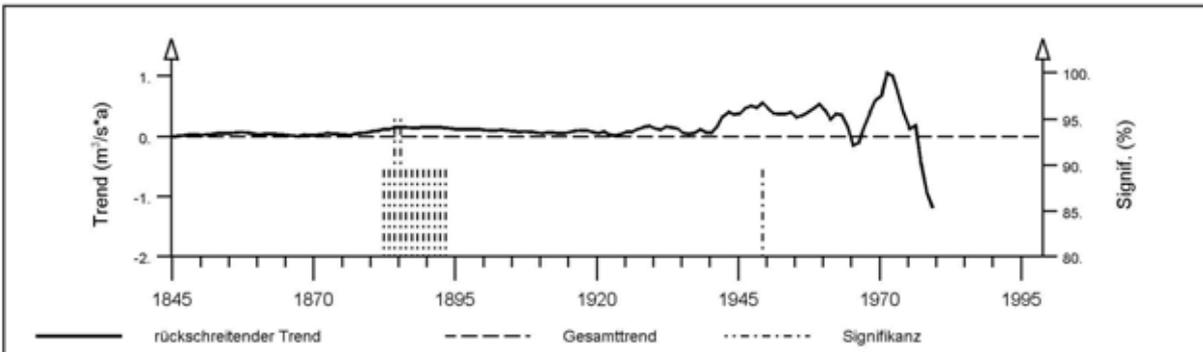
Pegel Schweinfurt/Main

(Pegel-Nr. 2402200)

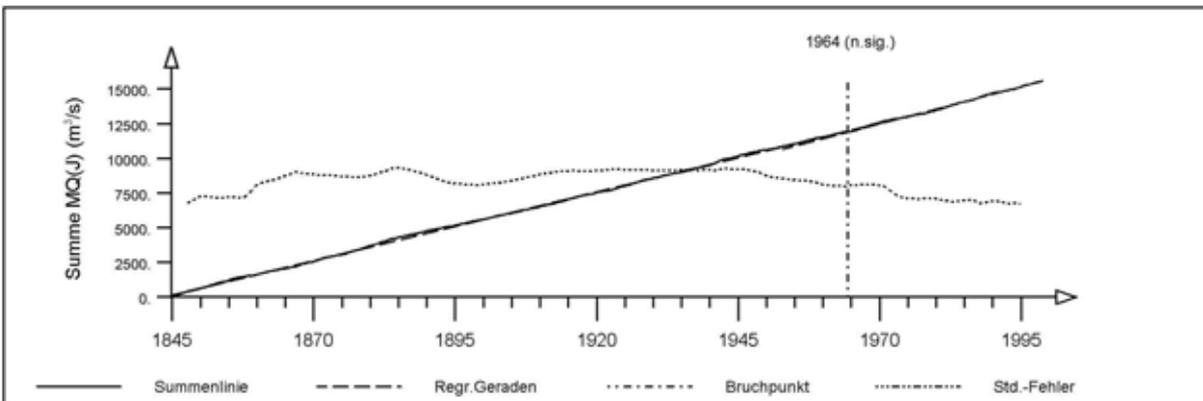
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1845-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $0.001 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



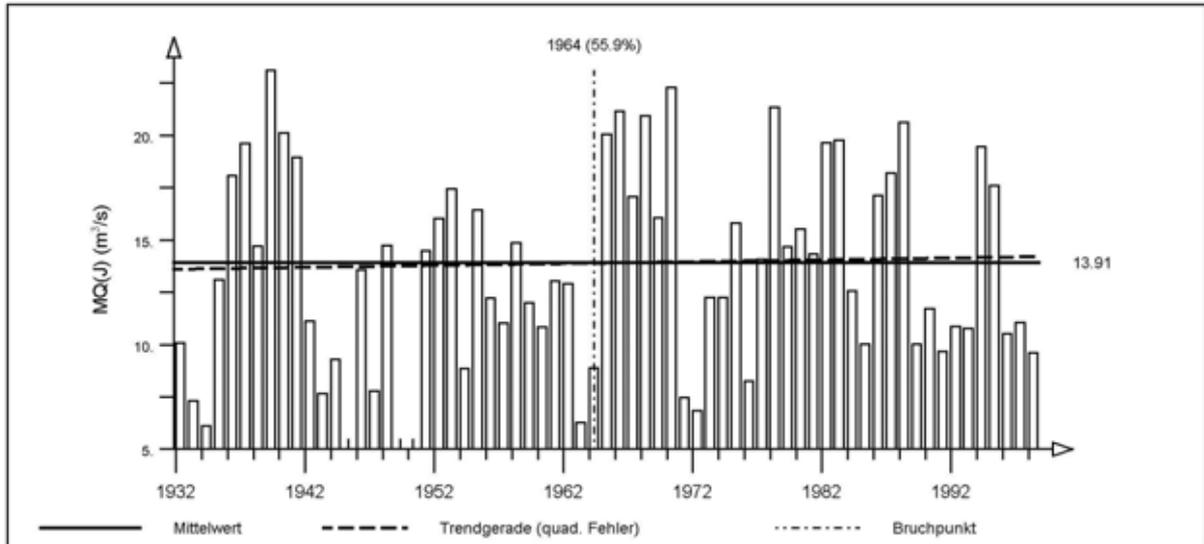
Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

Ifd.-Nr.: E-112

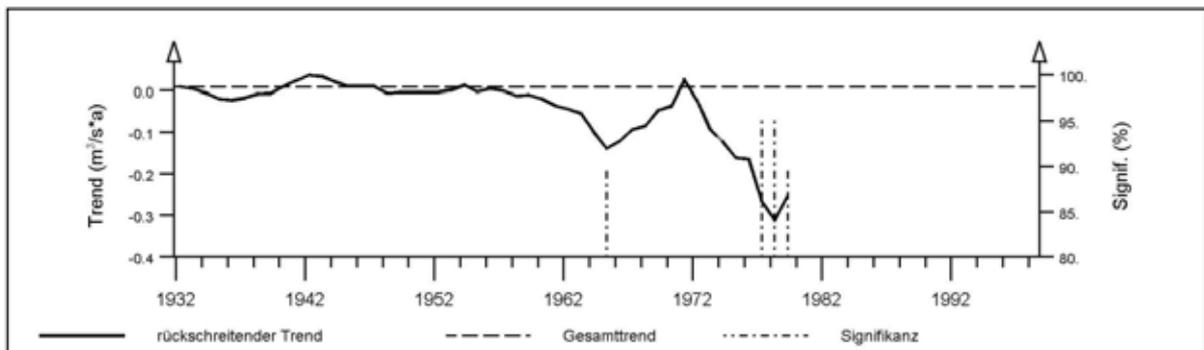
Pegel Horb/Neckar

(Pegel-Nr. 411)

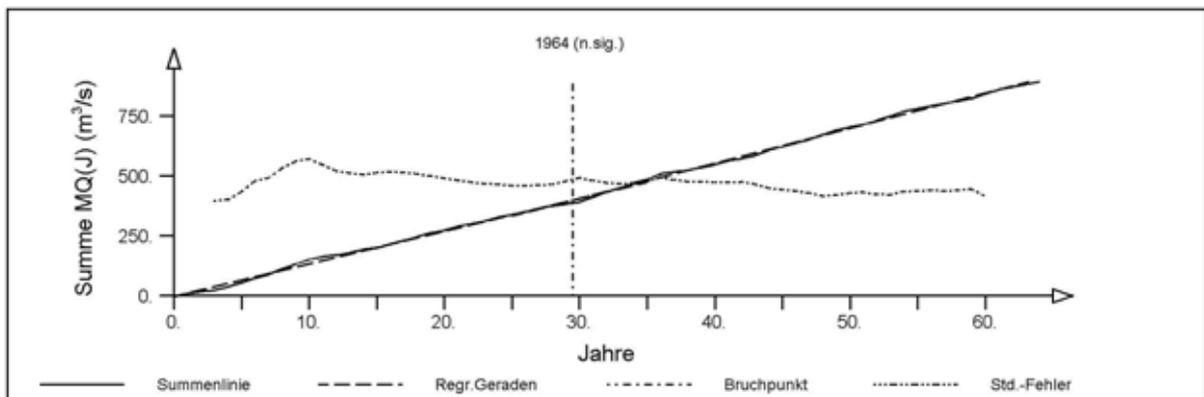
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1932-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $0.009 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{a}$
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

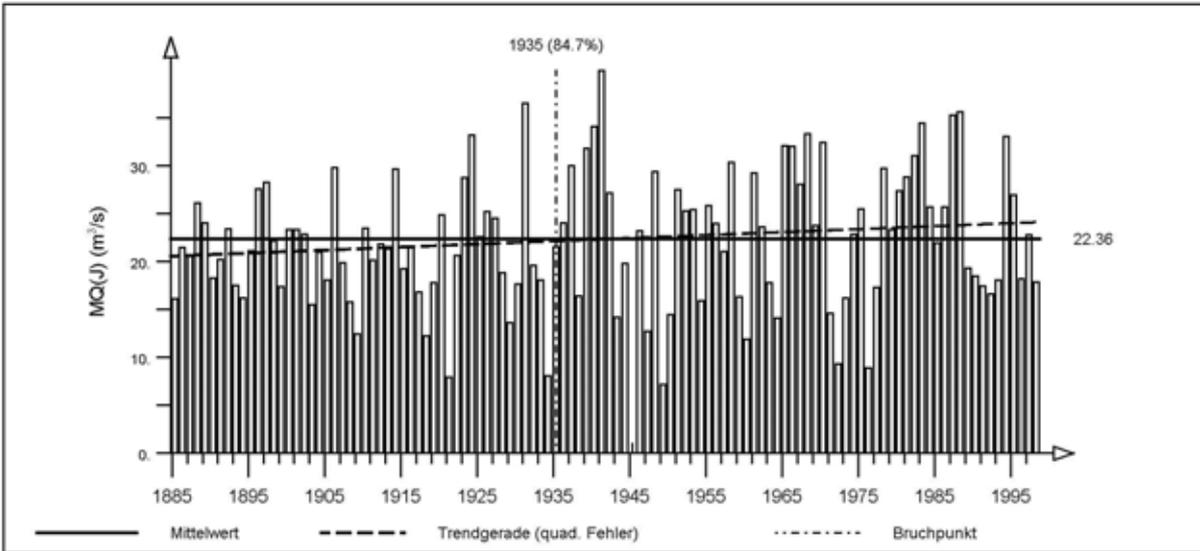
Ifd.-Nr.: E-129



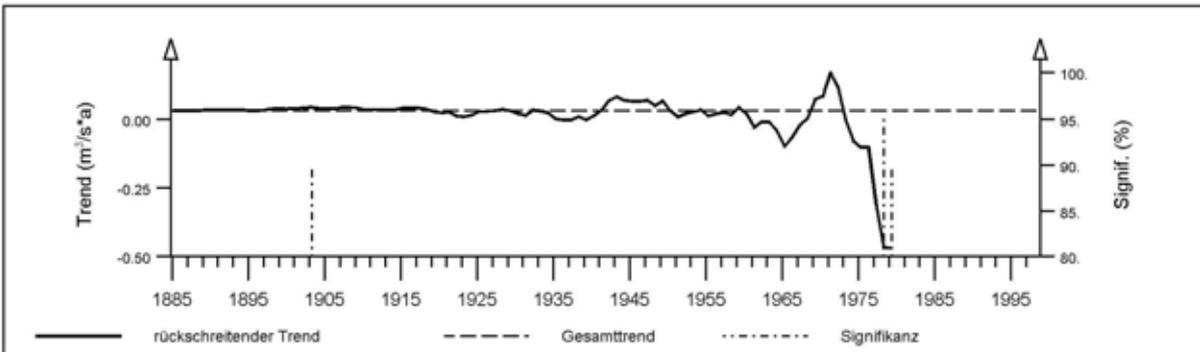
Pegel Stein/Kocher

(Pegel-Nr. 3465)

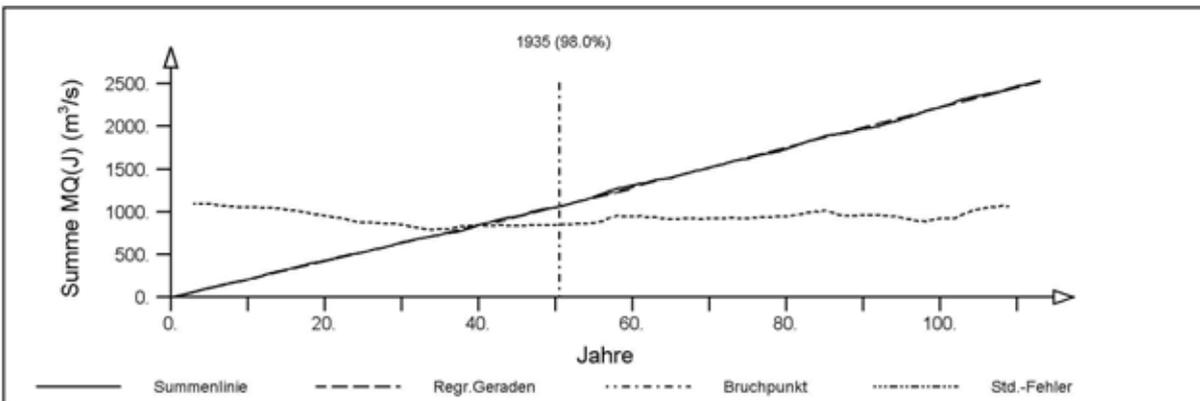
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1885-1998 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: $0.031 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{a}$
 (Trend-Signifikanz nach Mann-Kendall: 80%)



Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall



Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
 und Verlauf der Summe des Standardfehlers

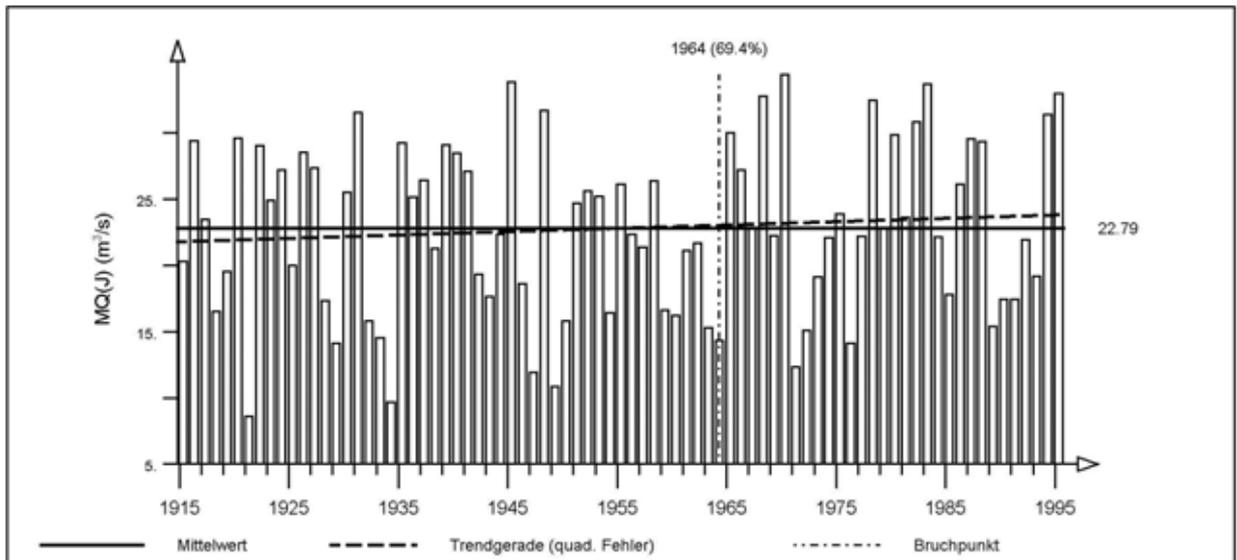
lfd.-Nr.: E-141

Anlage 1.7: Ergebnisdarstellung „Langzeitverhalten der mittleren jährlichen Abflüsse MQ(J)“ Pegel Stein/Kocher, gesamte Zeitreihe

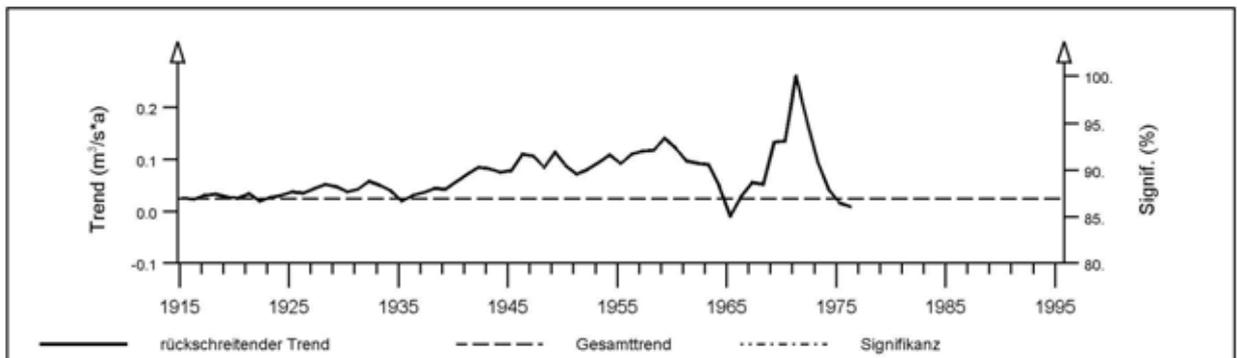
Pegel Schwaibach/Kinzig

(Pegel-Nr. 390)

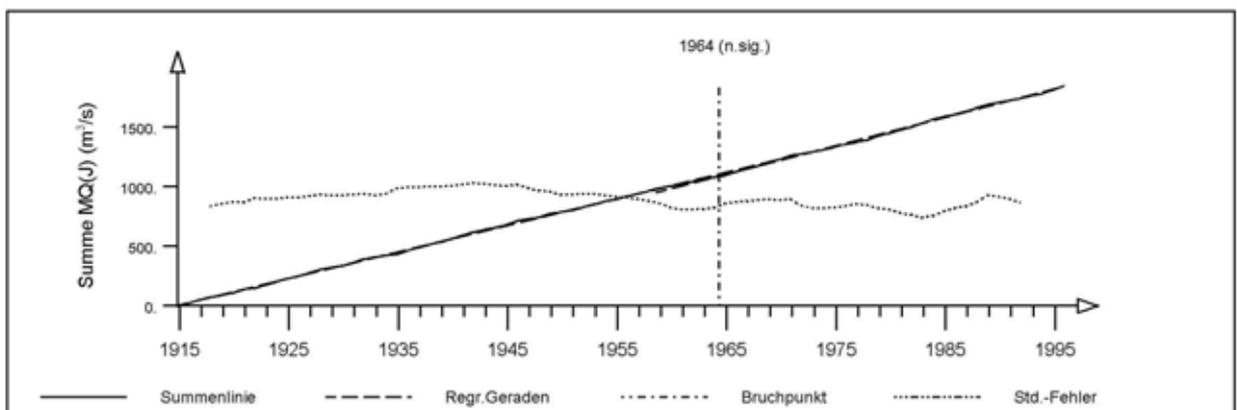
Jährliche mittlere Abflüsse MQ(J) 1915-1995 (hydrologisches Jahr)



Mittelwert, Bruchpunkt nach Mann-Whitney und linearer Trend: 0.025 m³/s*a
(Trend nicht signifikant nach Mann-Kendall)

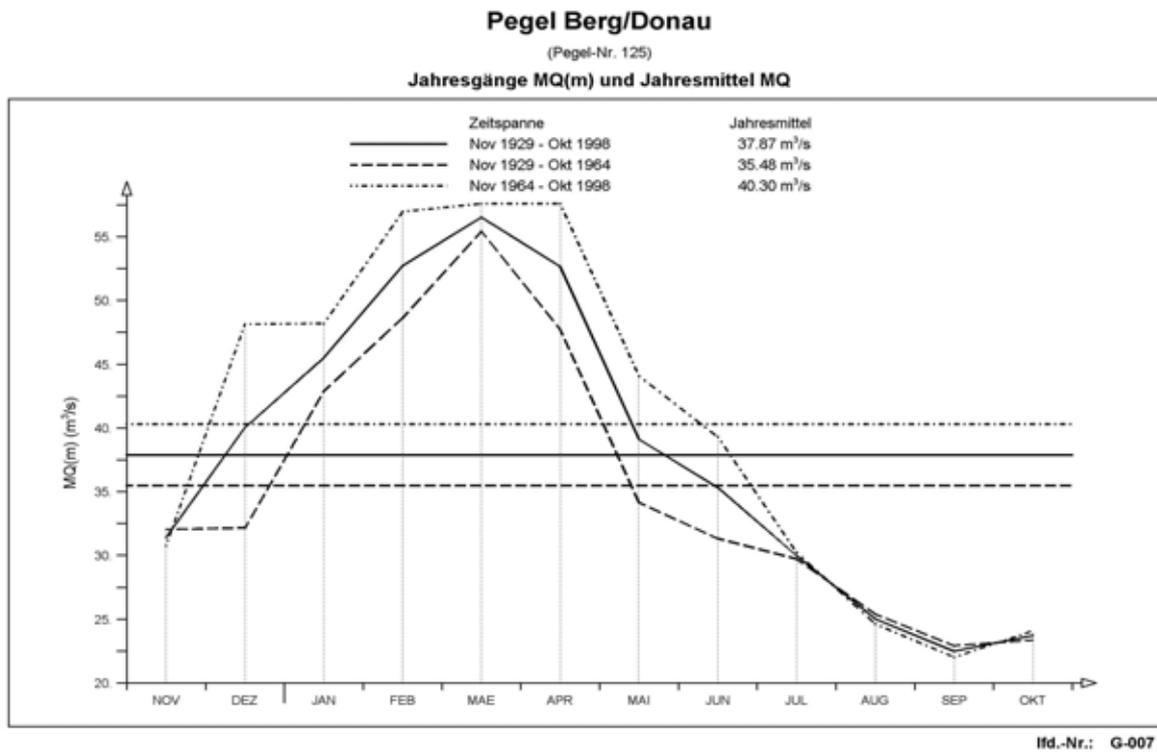


Rückschreitender Trend mit Signifikanz nach Mann-Kendall

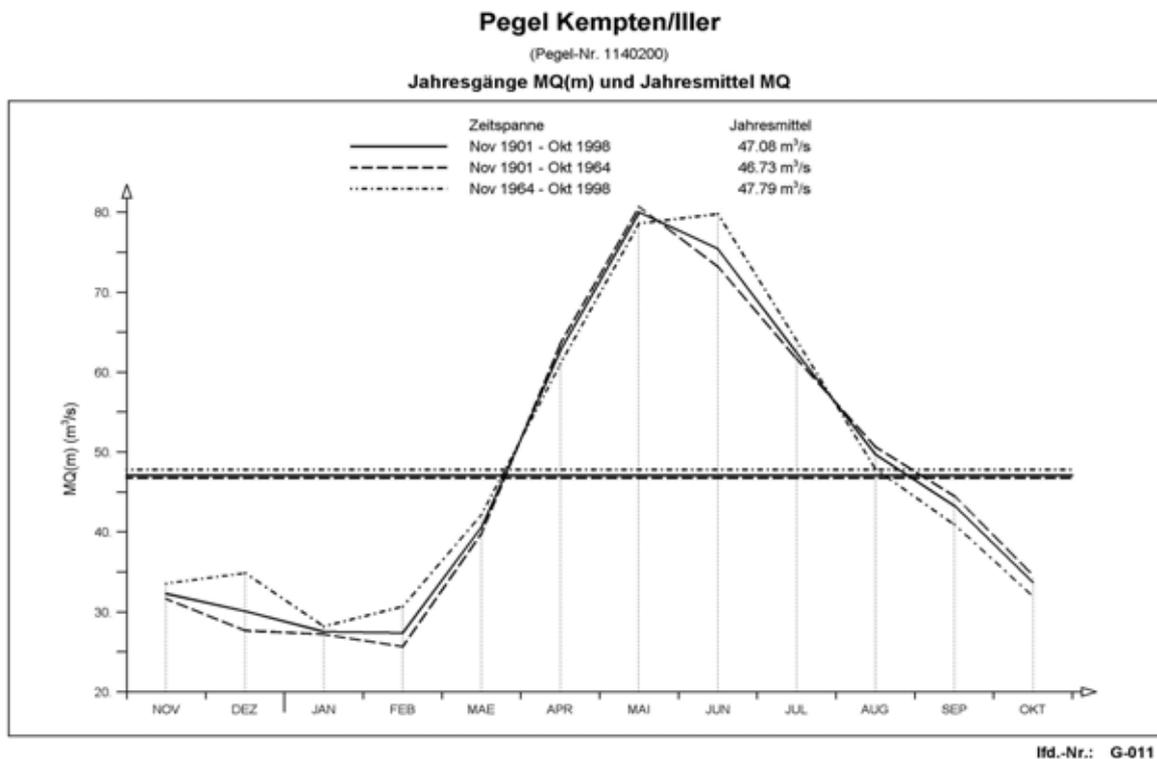


Signifikanz des Bruchpunkts nach dem Summenlinienverfahren
und Verlauf der Summe des Standardfehlers

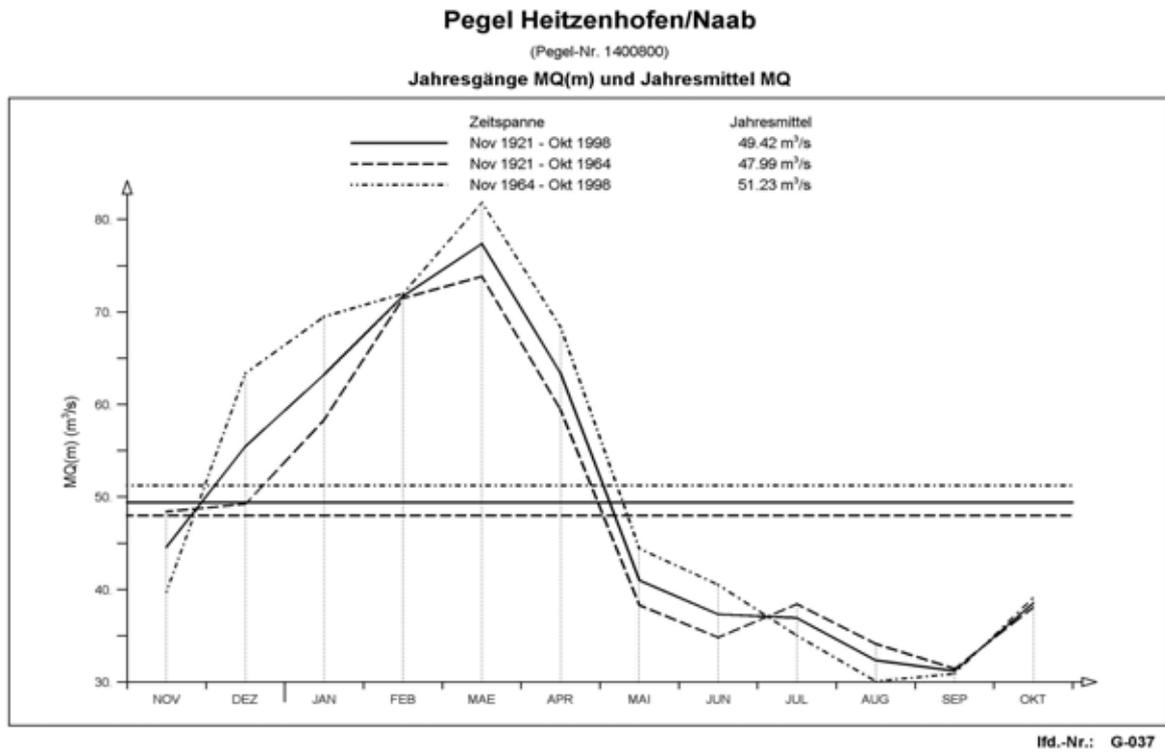
Ifd.-Nr.: E-156



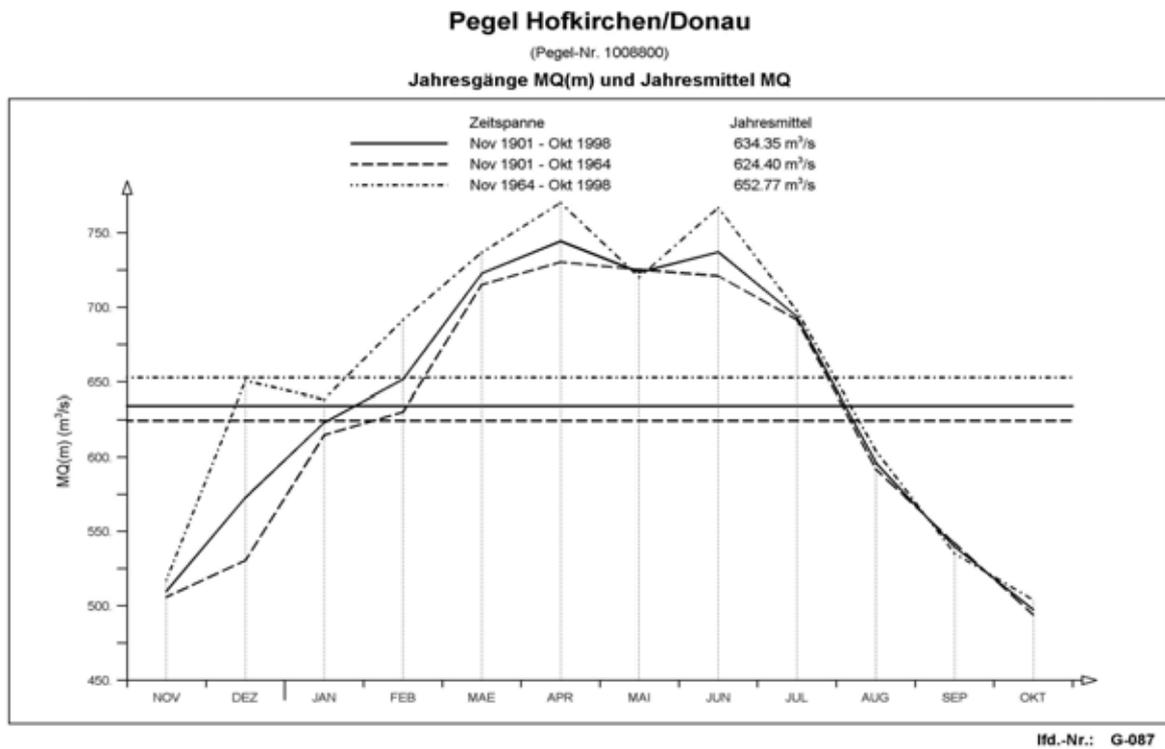
Anlage 2.1: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Berg/Donau, Trennungsjahr 1964



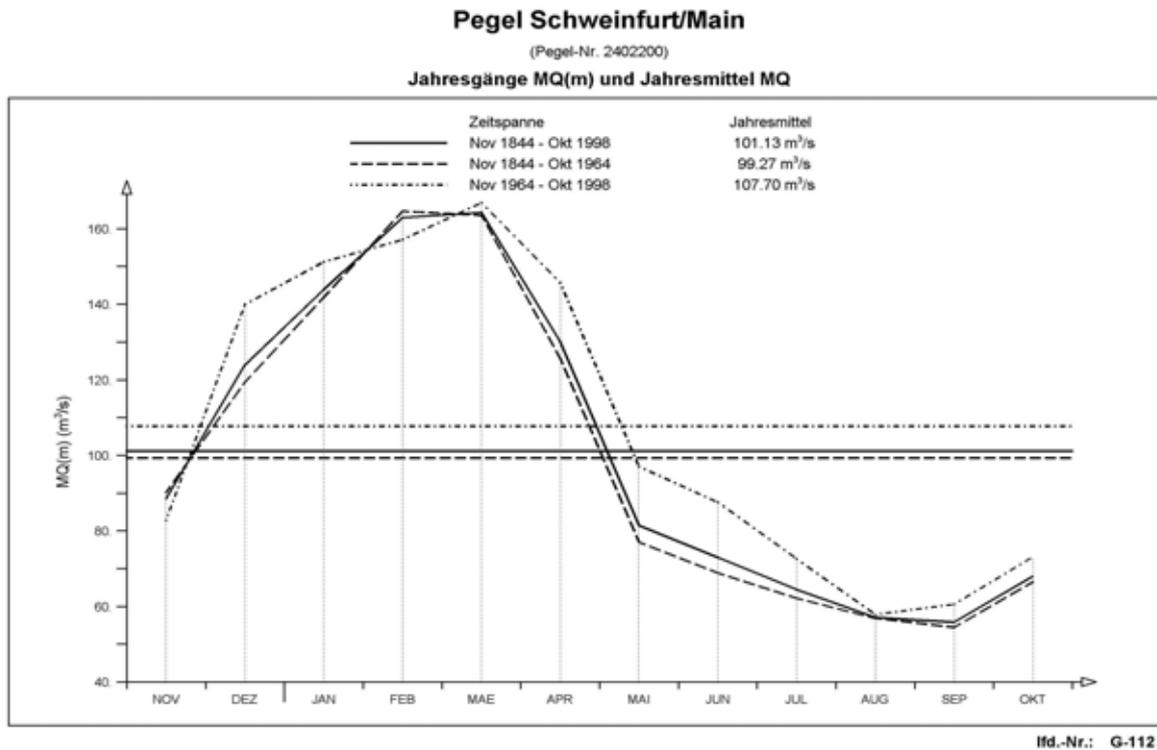
Anlage 2.2: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Kempten/Iller, Trennungsjahr 1964



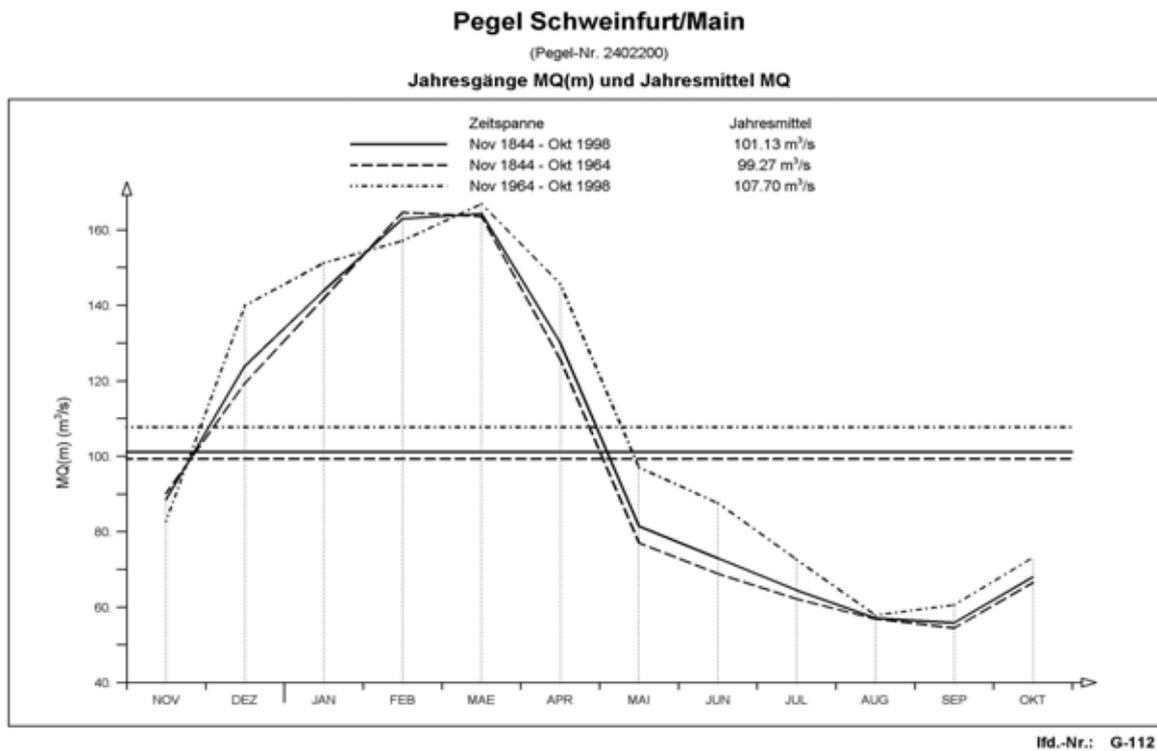
Anlage 2.3: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Heitzenhofen/Naab, Trennungsjahr 1964



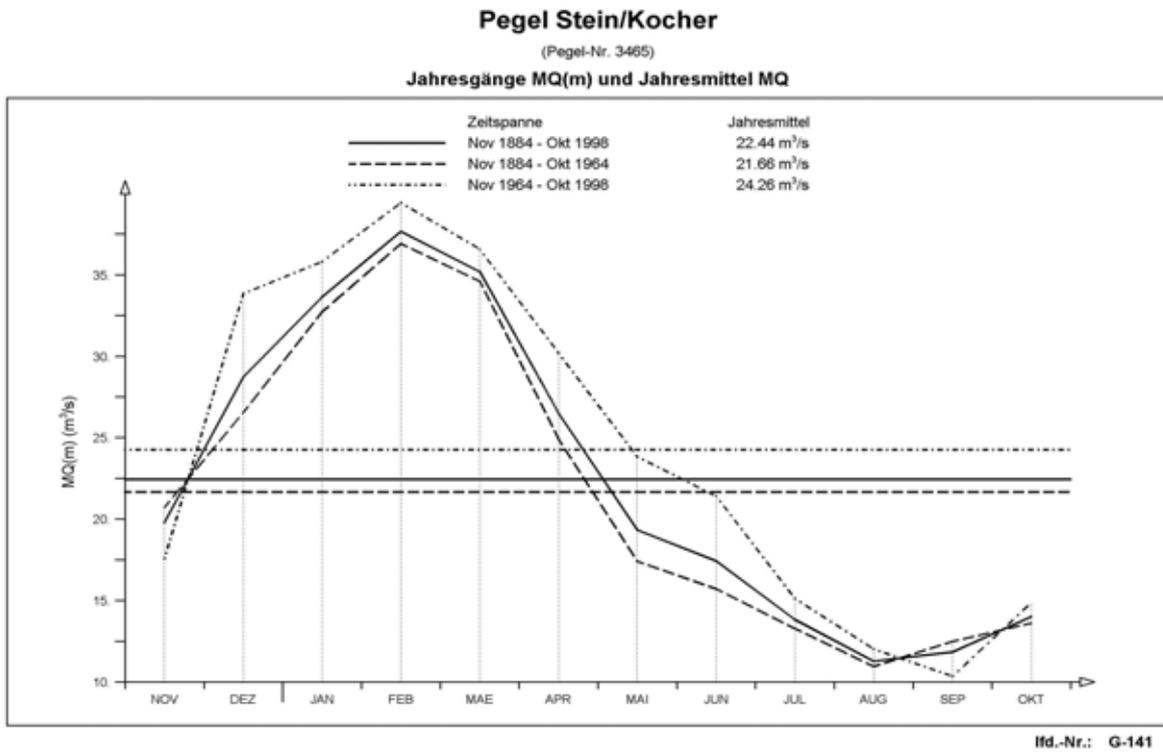
Anlage 2.4: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Hofkirchen/Donau, Trennungsjahr 1964



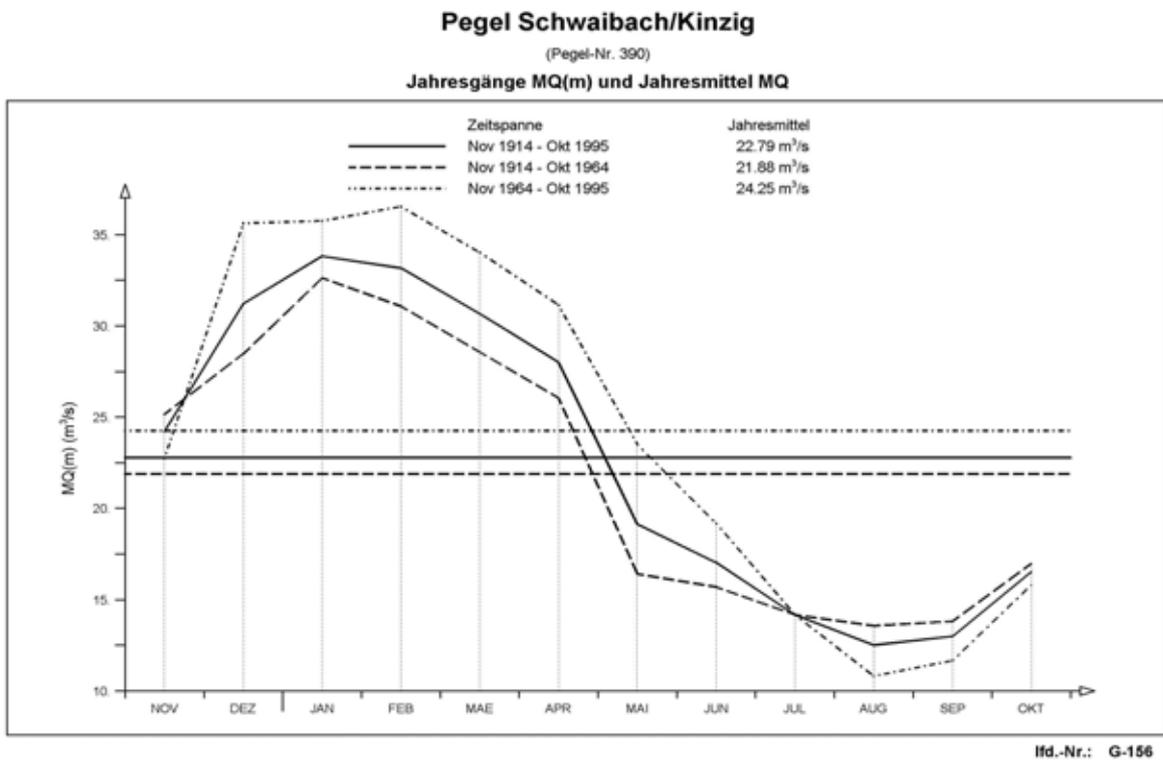
Anlage 2.5: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Schweinfurt/Main, Trennungsjahr 1964



Anlage 2.6: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Horb/Neckar, Trennungsjahr 1964



Anlage 2.7: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Stein/Kocher, Trennungsjahr 1964



Anlage 2.8: Ergebnisdarstellung „Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse MQ(m)“ Pegel Schwaibach/Kinzig, Trennungsjahr 1964





9 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 2.1: Anzahl der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Einzugsgebietsfläche.....	13
Abb. 2.2: Prozentualer Anteil der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Einzugsgebietsfläche	13
Abb. 2.3: Anzahl der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Beobachtungszeitspanne	14
Abb. 2.4: Prozentualer Anteil der einbezogenen Pegel für verschiedene Klassen der Beobachtungszeitspanne	14
Abb. 3.1: Ergebnisdarstellung der Analyse des Langzeitverhaltens der mittleren Jahresabflüsse MQ(J)	20
Abb. 3.2: Linearer Trend in der Beobachtungszeitreihe des Pegels Donauwörth/Donau bei einem Zeitreihenbeginn in den Jahren 1925 (oberes Diagramm), 1942 (mittleres Diagramm) und 1978 (unteres Diagramm) ..	21
Abb. 3.3: Ergebnisdarstellung der Analyse des Jahresgangs: mittlere Monatsabflüsse MQ(m) und mittlerer Abflusses MQ für drei untersuchte Zeitspannen.....	23
Abb. 4.1: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Signifikanzniveaus nach dem Trendtest von MANN-KENDALL für alle Zeitreihen (oberes Diagramm) und für die gemeinsamen Zeitreihen ab 1932 (unteres Diagramm).....	27
Abb. 4.2: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Signifikanzniveaus nach dem Trendtest von MANN-KENDALL für die langen Zeitreihen, die 1932 oder früher beginnen	28
Abb. 4.3: Anzahl der Pegel in den unterschiedlichen Klassen der Trendsignifikanz für die Auswertung der Kollektive "Zeitreihen ab 1932" und "lange Zeitreihen"	28
Abb. 4.4: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen ermittelt aus den gesamten Zeitreihen für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ	31
Abb. 4.5: Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen ermittelt aus den Zeitreihen ab 1932 für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ	32



Abb. 4.6:	Prozentualer Anteil der Pegel für verschiedene Trendklassen ermittelt aus den "langen Zeitreihen" für alle Pegel (oberes Diagramm) und für die Pegel mit einer Trendsignifikanz von $\alpha \geq 80\%$ (unteres Diagramm); der Trend entspricht der prozentualen Änderung pro Jahr, bezogen auf den mittleren Abfluss MQ	33
Abb. 4.7:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"	35
Abb. 4.8:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"	35
Abb. 4.9:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Änderung des Abflussverhaltens, ermittelt aus den "gesamten Zeitreihen"	36
Abb. 4.10:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"	37
Abb. 4.11:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"	37
Abb. 4.12:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Änderung des Abflussverhaltens, ermittelt aus den "Zeitreihen ab 1932"	38
Abb. 4.13:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf Jahresklassen, in denen der wahrscheinliche Bruchpunkt liegt, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"	39
Abb. 4.14:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Klassen der Wahrscheinlichkeit eines Bruchpunkts, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"	39
Abb. 4.15:	Prozentuale Verteilung der Pegel auf verschiedene Signifikanzniveaus für eine Trendänderung, ermittelt aus den "langen Zeitreihen"	40
Abb. 5.1:	Verteilung des Anteils der Pegel mit prozentualen Abweichungen der mittleren Abflüsse MQ der Teilzeitreihe vor 1964 (oberes Diagramm) und nach 1964 (unteres Diagramm), bezogen auf den MQ-Wert der Gesamtzeitreihe (Zeitreihen mindestens ab 1954 vorhanden).....	43
Abb. 5.2:	Verteilung des Anteils der Pegel mit prozentualen Abweichungen der mittleren Abflüsse MQ der Teilzeitreihe vor 1964 (oberes Diagramm) und nach 1964 (unteres Diagramm), bezogen auf den MQ-Wert der Gesamtzeitreihe (Zeitreihen ab 1932)	44



10 Kartenverzeichnis

	Seite
Karte 1: Einbezogene Pegel	90
Karte 2: Prozentuale Trendänderung bezogen auf den mittleren jährlichen Hochwasserabfluss und Signifikanz des Trends nach Mann-Kendall („lange Zeitreihen“, mit Beobachtungsbeginn 1932 und früher).....	91
Karte 3: Prozentuale Trendänderung bezogen auf den mittleren jährlichen Hochwasserabfluss und Signifikanz des Trends nach Mann-Kendall („gesamte Zeitreihen“, alle einbezogenen Pegel)	92
Karte 4: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Änderung des Abflussverhaltens („lange Zeitreihen“, mit Beobachtungsbeginn 1932 und früher).....	93
Karte 5: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Änderung des Abflussverhaltens („gesamte Zeitreihen“, alle einbezogenen Pegel)	94

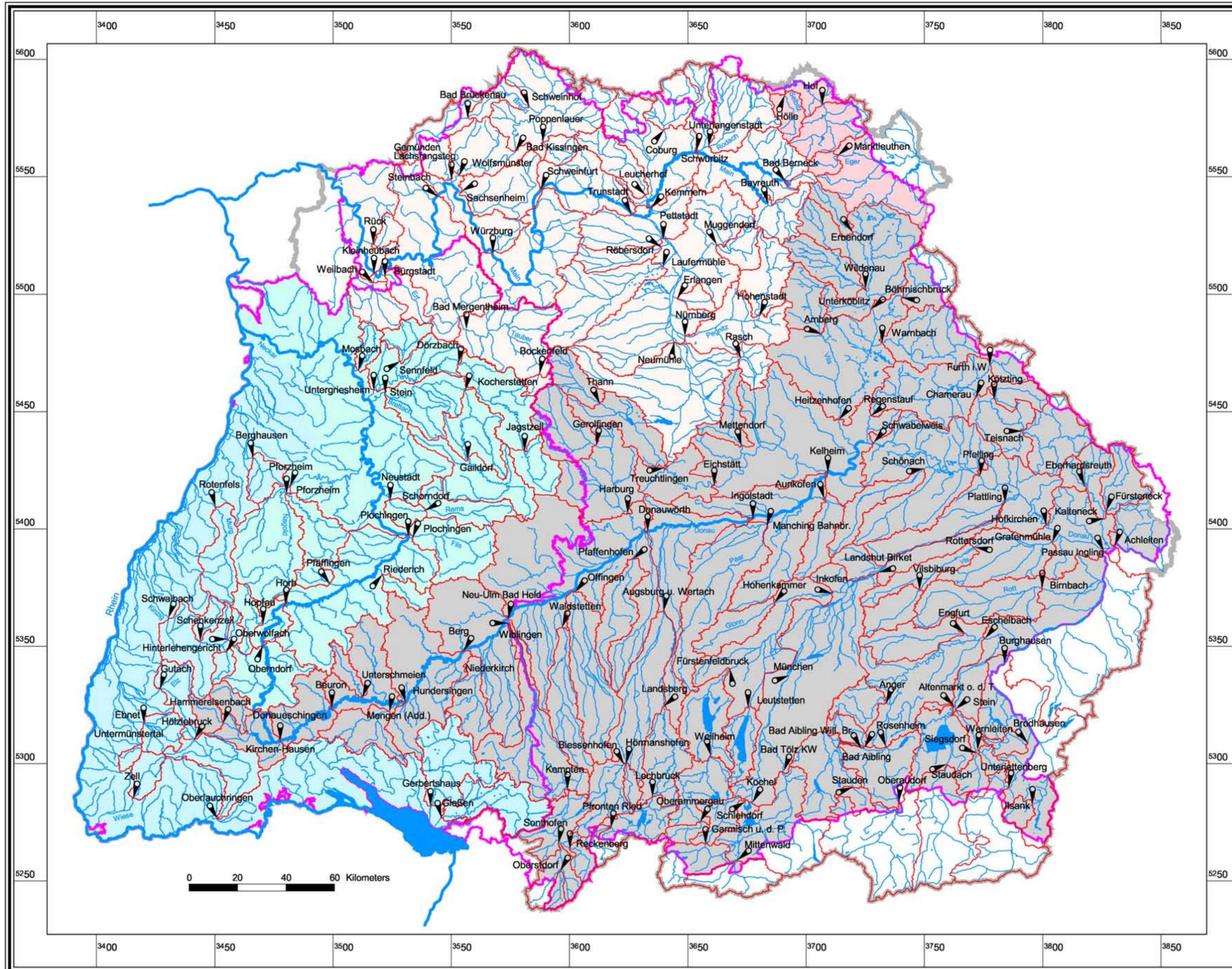


11 Literatur

- [1] Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse an ausgewählten Pegeln in Baden-Württemberg und Bayern Abschlussbericht zu KLIWA-Projekt A 2.1.2 der Universität Karlsruhe, Institut für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, 2001

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse MQ(J)

Karte 1: Einbezogene Pegel

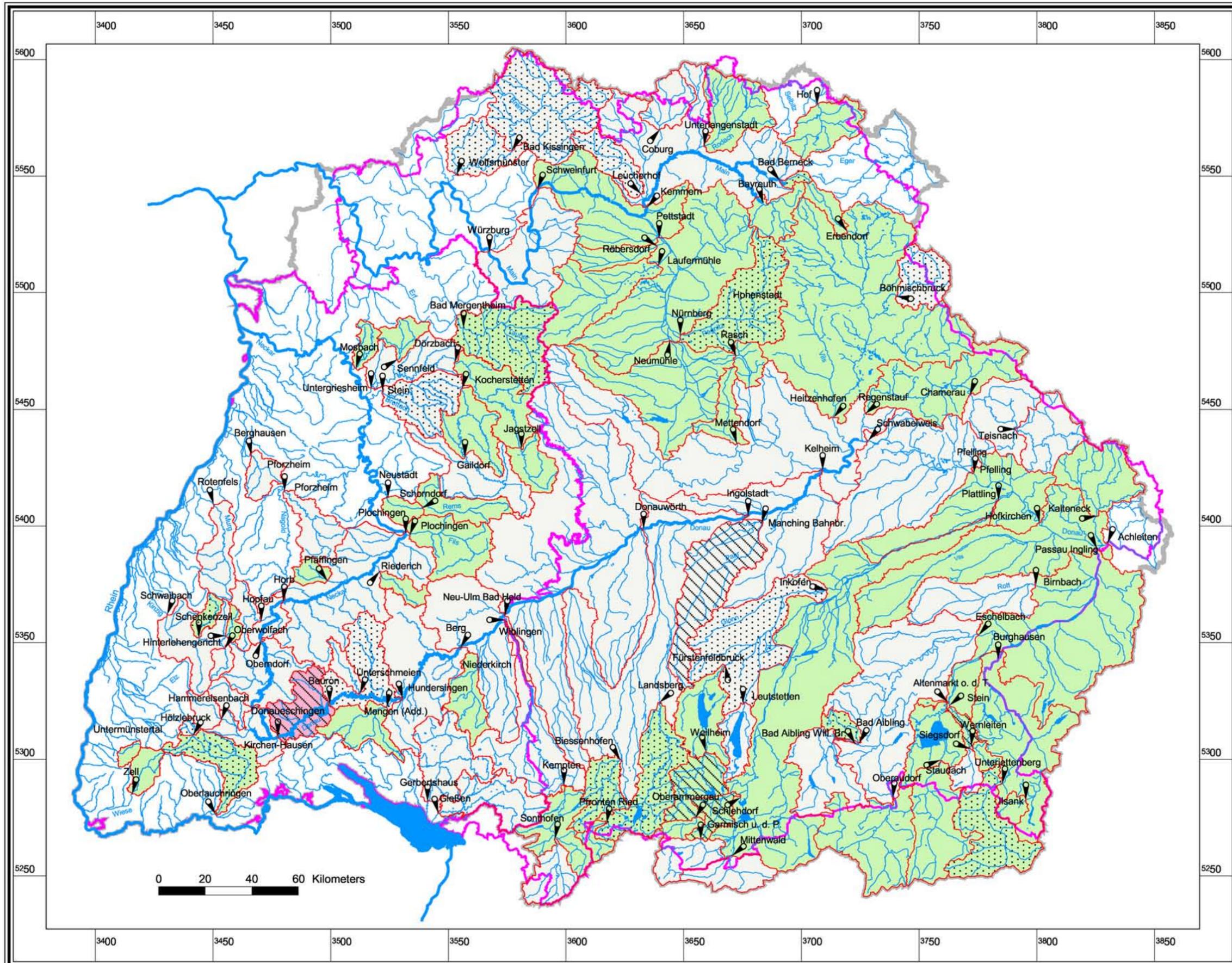


- Pegel
 - Untersuchungsgebiet
 - Einzugsgebiete
 - Gewässernetz
 - Landesgrenzen
-
- Flussgebiete**
 - Donau
 - Elbe
 - Main
 - Neckar
 - Rhein

Quelle: GIS-Was, Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft
 Wiedergabe des ATKIS 500-Bayern mit Genehmigung des B.LVA, Nr.942/98
 Bearbeitung: IWK Universität Karlsruhe, 2000.
 Herausgabe: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000.
 Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Herausgeber.

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse MQ(J)

Karte 2: Prozentuale Trendänderung bezogen auf den mittleren Abfluss MQ und Signifikanz des Trends nach Mann-Kendall
 -- Kollektiv "lange Zeitreihen" (Pegel mit Beobachtungsbeginn 1932 oder früher) --



- 📍 Pegel
- Untersuchungsgebiet
- Einzugsgebiete
- Gewässernetz
- Landesgrenzen

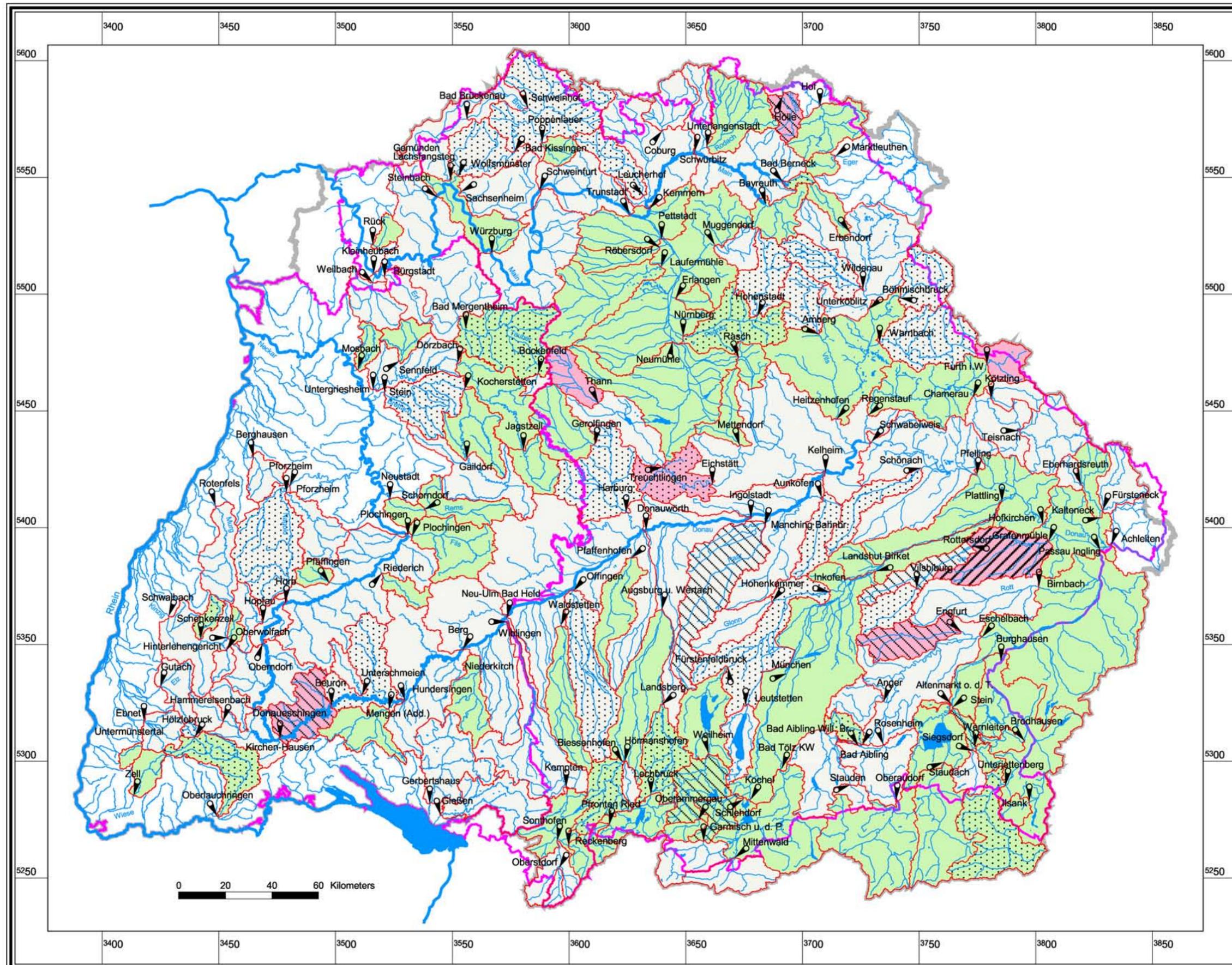
- prozent. Trendänderung pro Jahr
- < -0.5
 - -0.5 - 0
 - 0 - 0.5
 - 0.5 - 1.0
 - > 1.0

- Signifikanz des Trends (MANN-KENDALL)
- nicht signifikant
 - schwach signifikant
 - ▨ wahrsch. signifikant
 - ▩ sehr wahrsch. signifikant

Quelle: GIS-Was, Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft
 Wiedergabe des ATKIS 500-Bayern mit Genehmigung des B.LVA, Nr.942/98
 Bearbeitung: IWK Universität Karlsruhe, 2000.
 Herausgabe: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000.
 Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Herausgeber.

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse MQ(J)

Karte 3: Prozentuale Trendänderung bezogen auf den mittleren Abfluss MQ und Signifikanz des Trends nach Mann-Kendall
 -- Kollektiv "gesamte Zeitreihen" (alle einbezogenen Pegel) --



- 📍 Pegel
- ▭ Untersuchungsgebiet
- Einzugsgebiete
- Gewässernetz
- Landesgrenzen

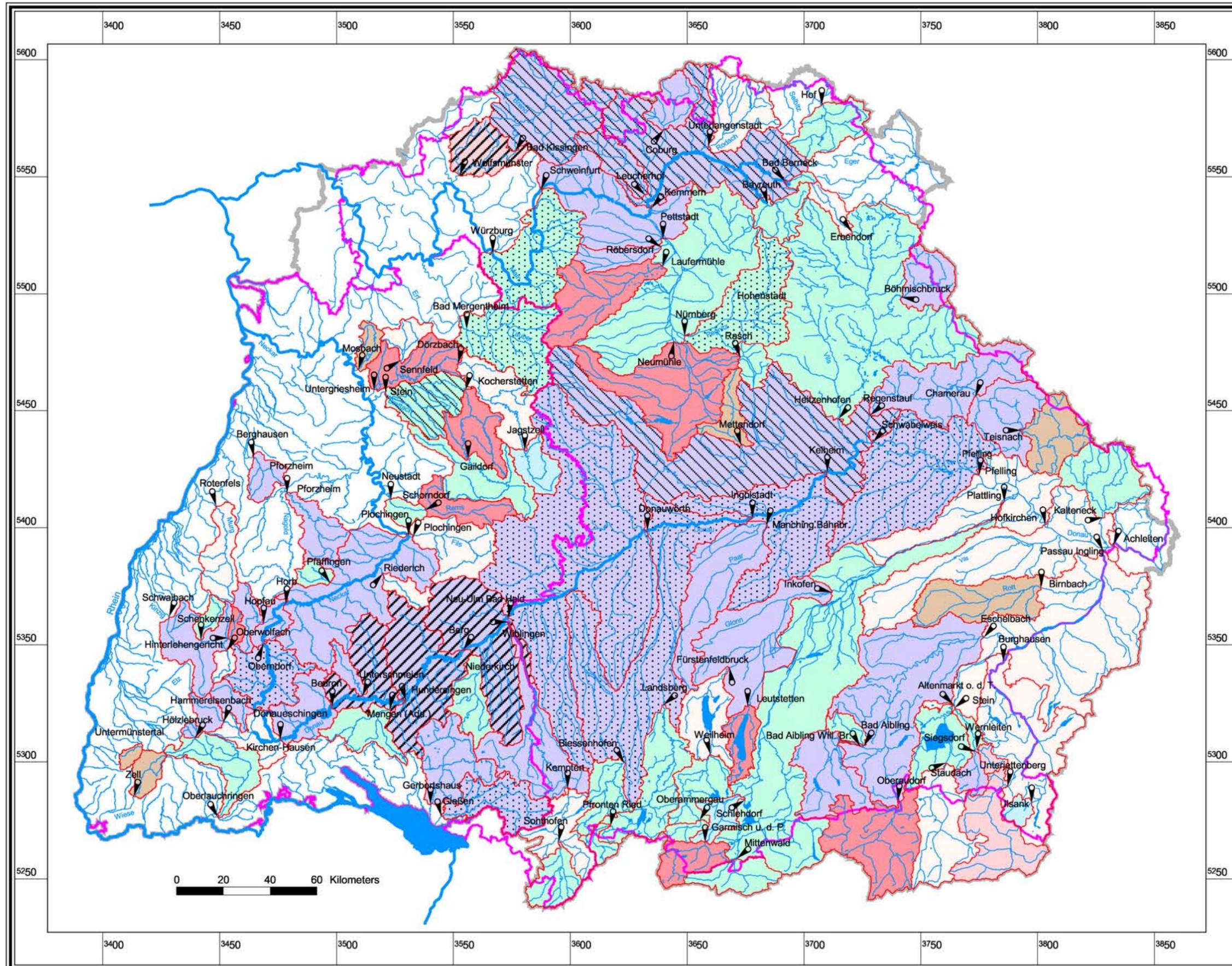
- proz. Trendänderung pro Jahr
- 🟢 < -0.5
 - 🟡 -0.5 - 0
 - ⚪ 0 - 0.5
 - 🟠 0.5 - 1.0
 - 🔴 > 1.0

- Signifikanz des Trends (MANN-KENDALL)
- ⬜ nicht signifikant
 - schwach signifikant
 - ▨ wahrsch. signifikant
 - ▩ sehr wahrsch. signifikant

Quelle: GIS-Was, Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft
 Wiedergabe des ATKIS 500-Bayern mit Genehmigung des B.LVA, Nr.942/98
 Bearbeitung: iwK Universität Karlsruhe, 2000.
 Herausgabe: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000.
 Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Herausgeber.

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse MQ(J)

Karte 4: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Trendänderung
-- Kollektiv "lange Zeitreihen" (Pegel mit Beobachtungsbeginn 1932 oder früher) --

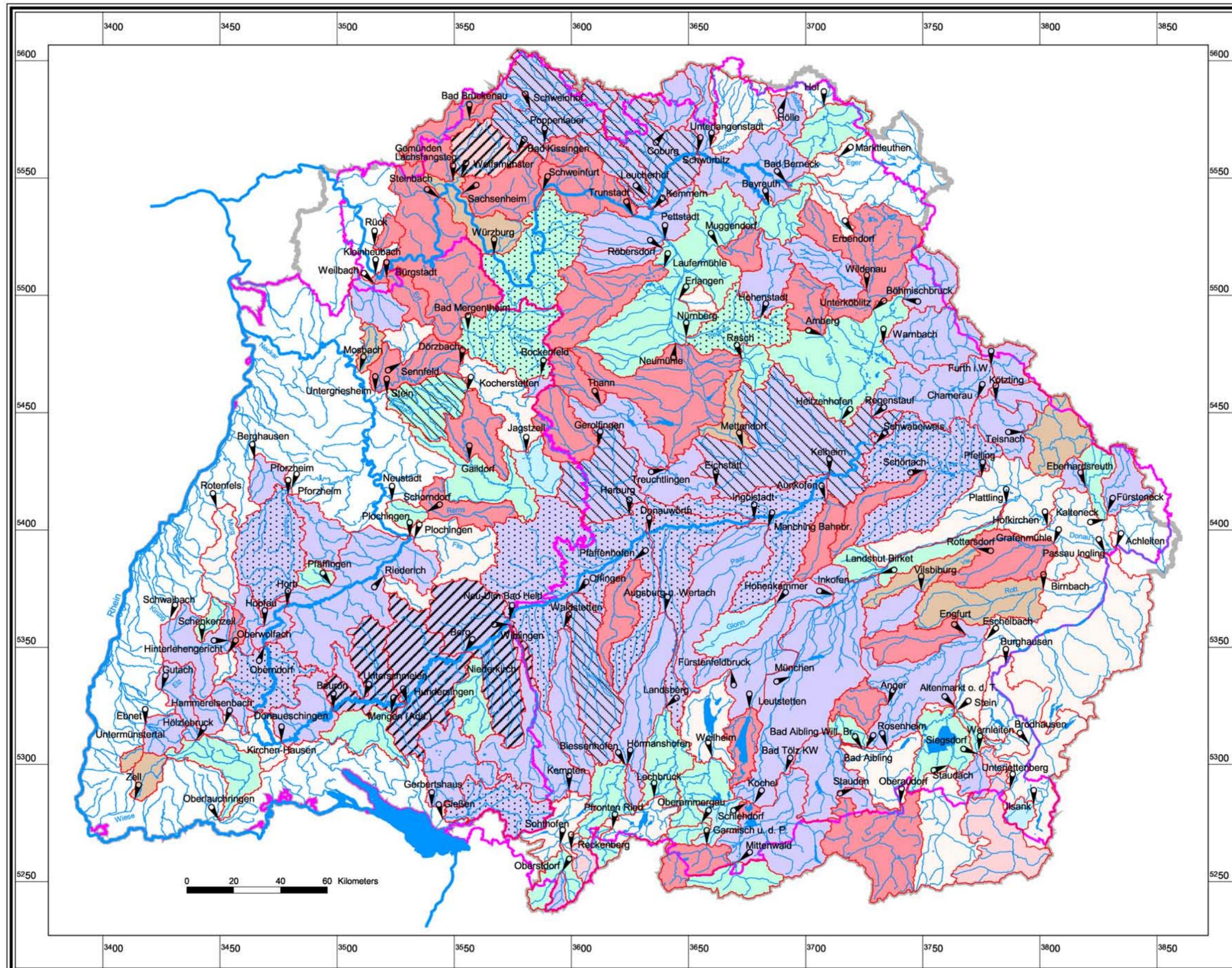


- 📍 Pegel
 - Untersuchungsgebiet
 - Einzugsgebiete
 - Gewässernetz
 - Landesgrenzen
- Jahr des Bruchpunkts**
- kein Bruchpunkt
 - vor 1950
 - 1950 - 1959
 - 1960 - 1964
 - 1965 - 1969
 - 1970 - 1974
 - nach 1975
- Signifikanz der Trendänderung (t-Test)**
- nicht signifikant
 - schwach signifikant
 - wahrsch. signifikant
 - sehr wahrsch. signifikant

Quelle: GIS-Was, Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft
Wiedergabe des ATKIS 500-Bayern mit Genehmigung des B.L.VA, Nr.942/98
Bearbeitung: IWK Universität Karlsruhe, 2000.
Herausgabe: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000.
Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Herausgeber.

Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse MQ(J)

Karte 5: Jahr des wahrscheinlichen Bruchpunkts mit Signifikanz der Trendänderung
 -- Kollektiv "gesamte Zeitreihen" (alle einbezogenen Pegel) --



- 📍 Pegel
- Untersuchungsgebiet
- Einzugsgebiete
- Gewässernetz
- Landesgrenzen

- Jahr des Bruchpunkts
- kein Bruchpunkt
 - 1950 - 1959
 - 1960 - 1964
 - 1965 - 1969
 - 1970 - 1974
 - nach 1975

- Signifikanz der Trendänderung (t-Test)
- nicht signifikant
 - schwach signifikant
 - ▨ wahrsch. signifikant
 - ▩ sehr wahrsch. signifikant

Quelle: GIS-Was, Bayer.Landesamt für Wasserwirtschaft
 Wiedergabe des ATKIS 500-Bayern mit Genehmigung des B.LVA, Nr.942/98
 Bearbeitung: IWK Universität Karlsruhe, 2000.
 Herausgabe: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2000.
 Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Herausgeber.