

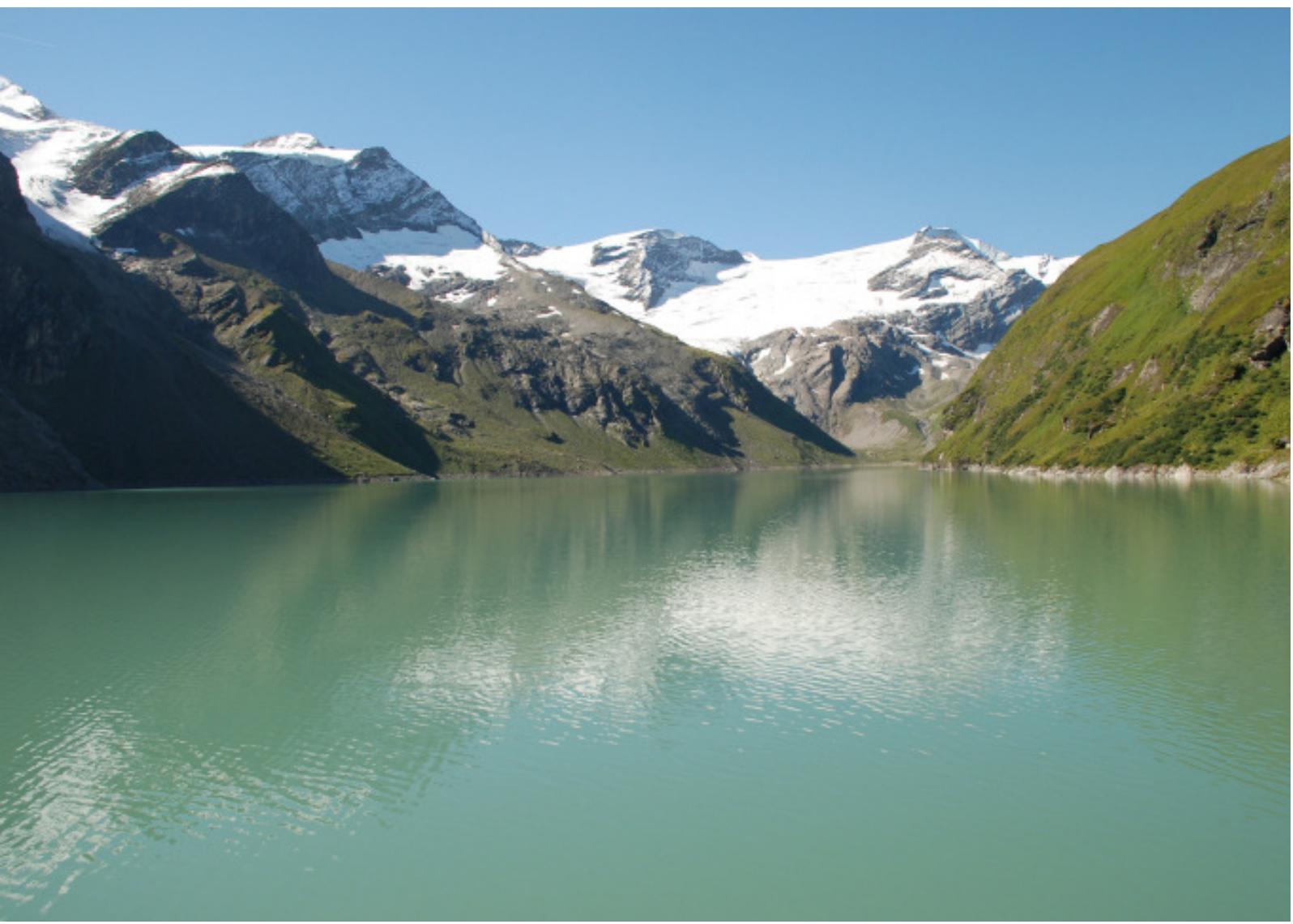


lebensministerium.at

Mitteilungsblatt

des Hydrographischen Dienstes
in Österreich

Nr. 85





NACHHALTIG FÜR NATUR UND MENSCH SUSTAINABLE FOR NATURE AND MANKIND

Lebensqualität / *Quality of life*

Wir schaffen und sichern die Voraussetzungen für eine hohe Qualität des Lebens in Österreich.
We create and we safeguard the prerequisites for a high quality of life in Austria.

Lebensgrundlagen / *Bases of life*

Wir stehen für vorsorgende Verwaltung und verantwortungsvolle Nutzung der Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft, Energie und biologische Vielfalt.
We stand for a preventive preservation and responsible use of the bases of life, soil, water, air, energy, and biodiversity.

Lebensraum / *Living environment*

Wir setzen uns für eine umweltgerechte Entwicklung und den Schutz der Lebensräume in Stadt und Land ein.
We support an environmentally benign development and the protection of living environments in urban and rural areas.

Lebensmittel / *Food*

Wir sorgen für die nachhaltige Produktion insbesondere sicherer und hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe.
We provide for the sustainable production in particular of safe and high-quality foodstuffs and of renewable resources.



MITTEILUNGSBLATT

**DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES
IN ÖSTERREICH**

NR. 85

Wien, 2008



lebensministerium.at

IMPRESSUM

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. VII 3 Wasserhaushalt (Leitung: MR Dipl.-Ing. R. Godina)
A-1030 Wien, Marxergasse 2

Redaktion: MR Dipl.-Hydr. Dr. Gabriele Müller
Fachbeirat: MR Dipl.-Ing. R. Godina, MR Dipl.-Ing. G. Fuchs, MR Dipl.-Ing. P. Lorenz, OR Dr. V. Weiguni
Technische Mitarbeit: ADir. Ing. J. Wurth

Redaktionsanschrift: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Abt. VII 3 Wasserhaushalt, A-1030 WIEN, Marxergasse 2
Tel: ++43 1 71100 6942 Fax: ++43 1 71100 6851
E-mail: Wasserhaushalt@lebensministerium.at
Foto Titelblatt: Godina – Stausee Mooserboden

Hergestellt im BMLFUW

Gedruckt auf umweltschonend hergestelltem Papier mit
Pflanzenöl-Druckfarben.

©BMLFUW, Wien, 2008 - Alle Rechte vorbehalten



INHALTSÜBERSICHT

ORIGINALARBEITEN

Seite

Trends in Niederschlag und Abfluss
(J. Fürst, H.-P. Nachtnebel, H. Kling und T. Hörhan) 1

BERICHTE UND MITTEILUNGEN

Wasserkreislaufferhebungsverordnung – WKEV
(R. Godina) 44

Neues von eHYD – der Datenplattform des Hydrographischen Dienstes in
Österreich
(R. Godina) 46

Arbeitsgruppe Hochwasserstatistik
(P. Lorenz) 47

Österreichische Gesellschaft für Hydrologie
(G. Müller) 49

In memoriam Prof. Werner Kresser
(D. Gutknecht) 52

Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen in Österreich
mit Internet-Adressen für aktuelle Wasserstandsinformationen 55

Hinweise der Redaktion 56

Trends in Niederschlag und Abfluss

Trends in precipitation and runoff

Josef Fürst, Hans Peter Nachtnebel, Harald Kling und Thomas Hörhan

Stichworte: Trend, Niederschlag, Abfluss, Wasserbilanz, Trendtest, Hydrologie

Keywords: trend, precipitation, runoff, water balance, trend test, hydrology

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Analyse des Trendverhaltens von Niederschlag und Abfluss im Zeitraum 1951 - 2000. Es wurden Monatsdaten von Niederschlag und Abfluss und mithilfe eines Wasserbilanzmodells berechnete Zeitreihen analysiert. In den ausgewerteten Trends ist eine starke Abhängigkeit von Jahreszeit, geographischer Lage und Höhe festzustellen. Der Alpenhauptkamm bildet eine klare räumliche Grenze. Eindeutig positiven Trends im Herbst/Winter nördlich des Alpenhauptkammes stehen negative Trends im Süden gegenüber. Die wichtigsten Ergebnisse wurden im Hydrologischen Atlas Österreichs (HAÖ) in den Karten 2.11, 5.10 und 7.3 publiziert.

Summary

The objective of this work was the analysis of the trend behaviour in precipitation and runoff during the time period 1951 – 2000. The analysis used observed time series of monthly precipitation depths and runoffs as well as time series computed by a water balance model. The results indicate a strong dependence of season, geographical situation and height. The main ridge of the Alps behaves as a clear spatial separator. Positive trends north to the Alps contrast with obviously negative trends in the south in autumn and winter. The most important results were published in the maps 2.11, 5.10 and 7.3 in the Hydrologic Atlas of Austria.

1 Einleitung und Zielsetzung

In der Diskussion um die hydrologischen Folgen des globalen Klimawandels standen Veränderungen in den Extremwerten, insbesondere Größe und Häufigkeit von Hochwässern, aber auch Trockenperioden bisher im Vordergrund (z. B. KUNDZEWICZ et al., 2004, SVENSSON et al., 2004, NOBILIS & LORENZ 1997). Hydrologisch und wasserwirtschaftlich von Interes-

se ist aber auch, ob und wie sich die Komponenten der Wasserbilanz – Niederschlag, Verdunstung, Abflusshöhe und Vorratsänderung – verändert haben (ZIERL & BUGMANN, 2005; PEKÁROVÁ et al., 2003). Erkenntnisse über langfristige Veränderungen der Jahresniederschläge und deren saisonale Verteilung stellen eine wesentliche Grundlage für wasserwirtschaftliche Maßnahmen dar. Dabei ist sowohl die zeitliche Veränderung als auch das räumliche Muster zu beachten (DORE, 2005, XU et al., 2003, BIRSAN et al., 2005, CANNAROZZO et al., 2006). Eine jahreszeitlich und geographisch differenzierte Analyse und Darstellung der Trends verbessert die Grundlagen für wasserwirtschaftliche Kompensationsmaßnahmen.

Im HAÖ (BMLFUW, 2007) werden saisonale Trends in der Wasserbilanz in drei aufeinander abgestimmten Kartenblättern präsentiert: Karte 2.11 stellt die saisonalen Trends im Niederschlag dar, Karte 5.10 die saisonalen Trends in den Abflusshöhen. Das Kartenblatt 7.3 stellt jahreszeitliche Karten der Trends in der Änderung des Wasservorrats dar. Daraus sind Rückschlüsse auf Veränderungen in der Wasserverfügbarkeit für die Landwirtschaft, aber auch für die Energiewasserwirtschaft möglich.

Ziel der Untersuchung ist es, auf der Grundlage von Monatsdaten der Niederschläge und des Abflusses an den Messstellen des Hydrographischen Dienstes Österreichs, für die lange Zeitreihen (mindestens ab 1951) vorliegen, Trendanalysen durchzuführen und für eine Darstellung im HAÖ aufzubereiten. Die punktbezogenen Zeitreihenanalysen werden durch Simulationen mit dem Wasserbilanzmodell des IHW ergänzt, um verbesserte flächenhafte Aussagen zu erzielen.

2 Datengrundlage

Als Datengrundlage wurden folgende Informationen herangezogen:

- Beobachtete monatliche Niederschläge und Monatsmittel des Abflusses an den Messstellen (i. A. ab 1951). Insgesamt wurden vom Hydrographischen Zentralbüro (HZB) Abfluss-Zeitreihen von 132 Stationen und Niederschlags-Zeitreihen von 641 Stationen zur Verfügung gestellt. Die Zeitreihen liegen lückenlos von 1951 – 2000 vor. Die Abflussdaten beziehen sich teilweise auch auf Pegel, die durch Zu- und Ableitungen oder Speicher deutlich beeinflusst sind.
- Berechnete Monatsniederschläge aus dem Skoda/Lorenz Modell ab 1951 (SKODA & LORENZ, 2003; 2005).
- Daten des HAÖ (Messnetzkarten, Höhenmodell, Einzugsgebietgliederung, Karten der mittleren Jahresniederschläge, Verdunstung, Abflusshöhe 1961 - 1990)
- Monatsmittel der Lufttemperatur ab 1951 (ZAMG) an repräsentativen Messstellen

2.1 Übersicht über die Stationsniederschläge

Die geographische Verteilung der zur Verfügung stehenden Messstellen wirkt in einer Kartendarstellung gleichmäßig (Abbildung 1), allerdings bestehen in größeren Höhen (über 1500 m ü. A.) nur relativ wenige Messstellen. Der mittlere Jahresniederschlag (1951-2000) liegt zwischen 445 und 2325 mm (Median 947 mm), während der kleinste gemessene Jahresniederschlag bei 244 mm und der größte bei 3237 mm liegt. Die Niederschlagshöhen im Sommerhalbjahr sind deutlich größer als im Winterhalbjahr.

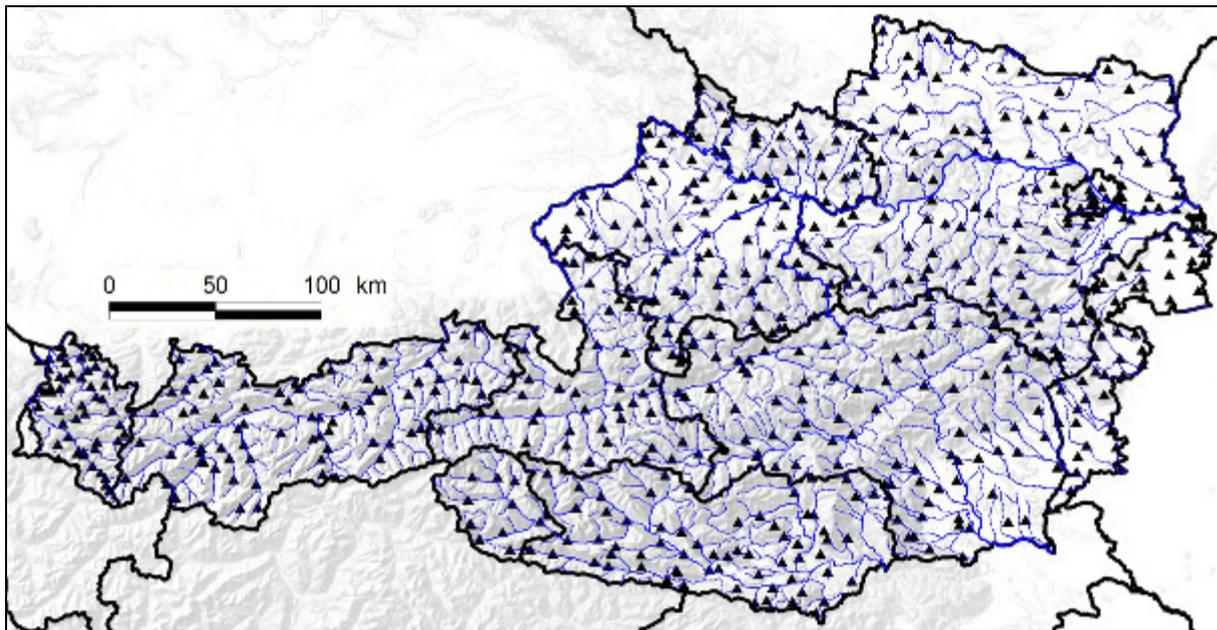


Abbildung 1: Verteilung der untersuchten Niederschlagsstationen

Der zeitliche Verlauf ist beispielhaft anhand der Stationen mit dem kleinsten mittleren Jahresniederschlag, Retz im Einzugsgebiet der Pulkau (Abbildung 2), bzw. mit dem größten mittleren Jahresniederschlag, Bödele an der Bregenzerach (Abbildung 3), dargestellt. Abgesehen von den großen Unterschieden in den Niederschlagshöhen sind die Verläufe auf den ersten Blick nicht allzu unterschiedlich. Insbesondere ist rein visuell kein ausgeprägtes lineares Trendverhalten erkennbar.

Anmerkung: Die eingezeichneten Trendgeraden sind robuste Kendall-Theil-Trendlinien (sh. 3.1.3). Die roten Linien sind 10-Jahres-Mittelwerte.

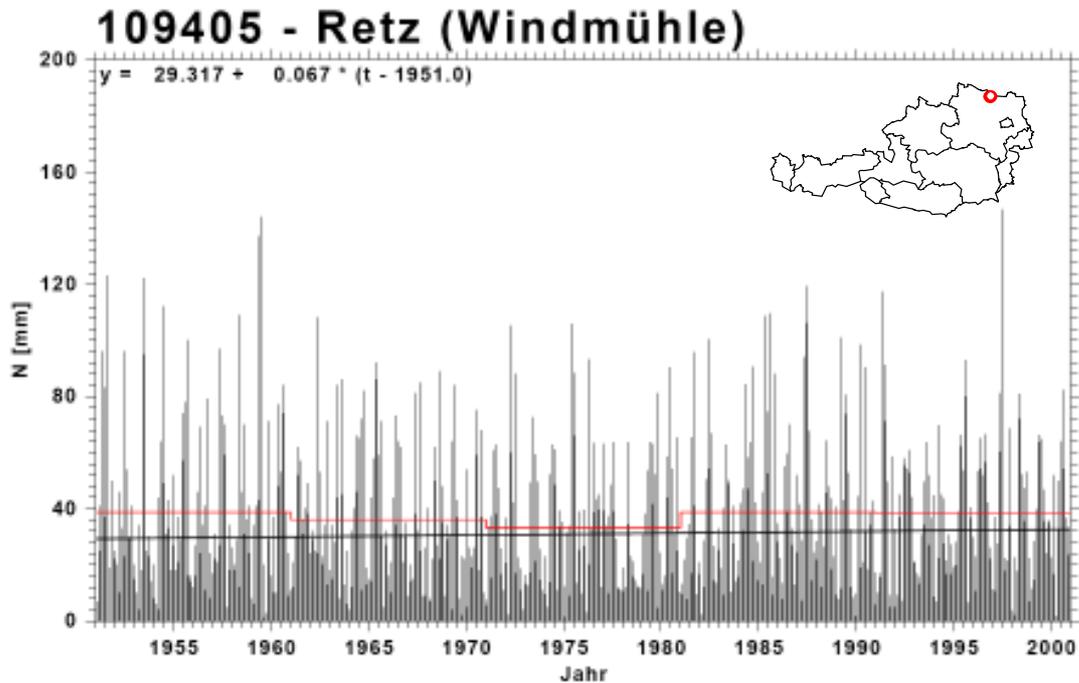


Abbildung 2: Monatsniederschläge der Station Retz (Windmühle)/Pulkau 1951-2000

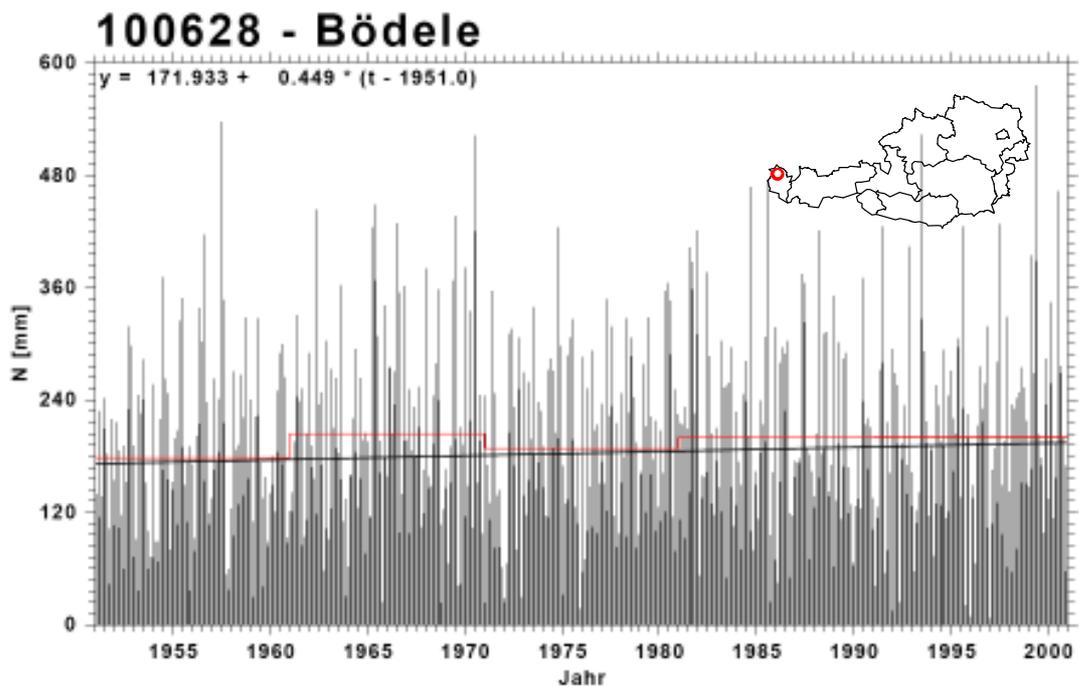


Abbildung 3: Monatsniederschläge der Station Bödele/Bregenzrach 1951-2000

2.2 Übersicht über die Abflussdaten

Mittlere Monatsabflüsse für die Jahre 1951-2000 stehen von 132 Stationen zur Verfügung (Abbildung 4), wobei für die Donau nur der „virtuelle“ Pegel 291001 Stein-Krems-Kienstock enthalten ist, der eine aus den Daten der Pegel Stein-Krems und Kienstock rekonstruierte Abflussganglinie enthält. Die Einzugsgebietsgröße der realen Pegel reicht von 10.5 bis

25 660 km² (Kienstock 95 970 km²), und deckt damit sehr unterschiedliche Größenordnungen ab. Entsprechend variieren die mittleren Jahresabflüsse in einem weiten Bereich von 0.3 bis 2525 m³/s.

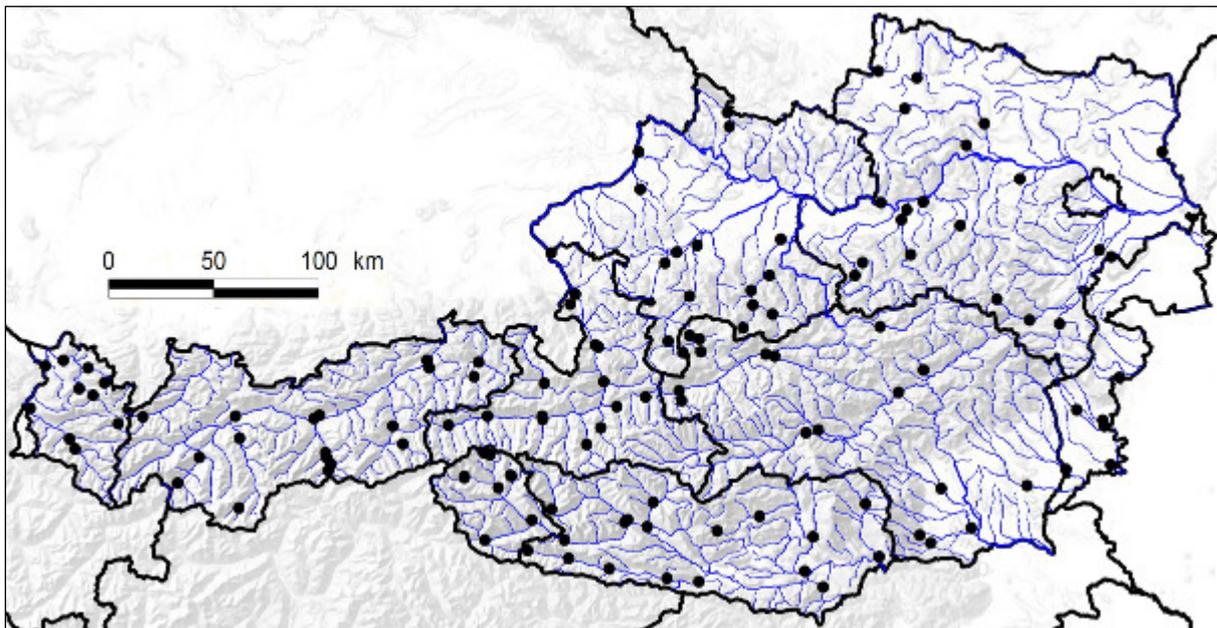


Abbildung 4: Lage der verwendeten Abflussmessstellen

In den Abflussreihen werden viele wasserwirtschaftliche Eingriffe der letzten Jahrzehnte bereits in einfachen Gangliniendarstellungen deutlich erkennbar. Als Beispiel seien sprunghafte Veränderungen des Abflussverhaltens angeführt, die eindeutig auf die Errichtung von Speichern bzw. Wasserkraftwerken zurück zu führen sind. Die Abflussganglinie am Pegel Klaushof/Ziller (Abbildung 5) weist ab der 1977 erfolgten Ableitung für die Energiewirtschaft stark reduzierte Abflüsse in allen Bereichen (Hoch-, Mittel- und Niederwasserführung) auf. Ähnlich verhalten sich andere Pegel, die von Ableitungen betroffen sind. In diesen Fällen ist auch die Varianz stark reduziert.

Bei der Analyse der zeitlichen Entwicklung des Abflussverhaltens geht es daher nicht nur um eine statistische Zeitreihenanalyse, sondern vor allem auch um eine Erklärung der Ursachen erkennbarer Veränderungen. Manche davon sind sehr einfach durch die gesetzten Maßnahmen zu erklären, wie z. B. die Wirkung von Ausleitungen.

In anderen Fällen können sehr komplexe Zusammenhänge bestimmend sein, die aus Veränderungen des Niederschlagsgeschehens, der Temperaturen (z. B. Verdunstung, Gletscherschwund), der Bodenbedeckung und anderen Nutzungsänderungen stammen.

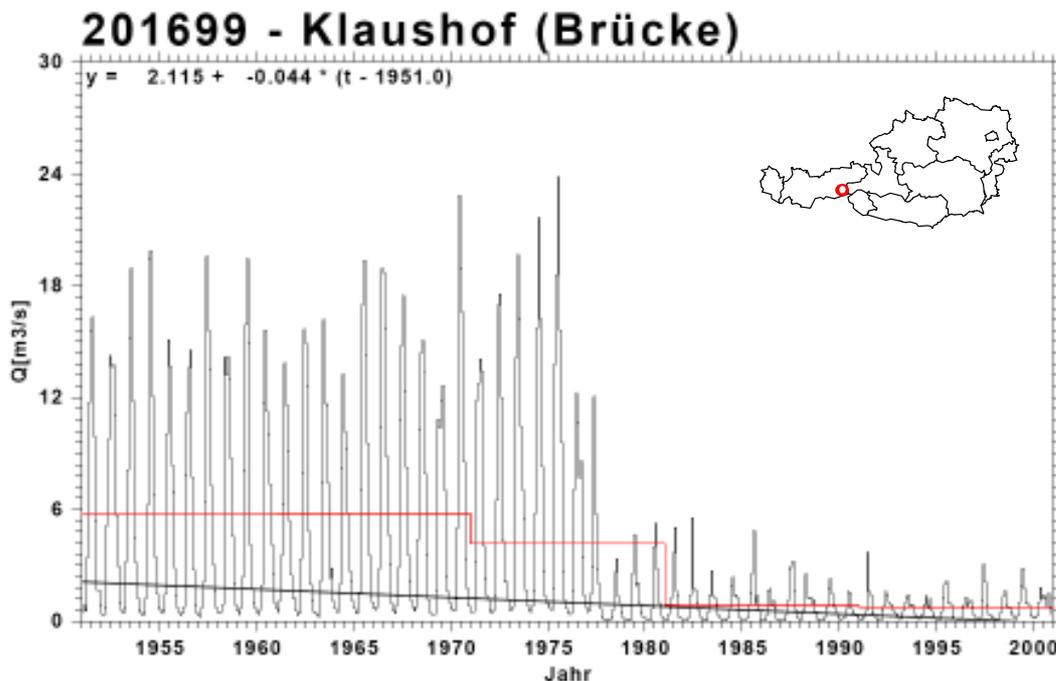


Abbildung 5: Ganglinie der Monatsmittel des Abflusses am Pegel Klaushof/Ziller

Eine Erklärung der Ursachen für Trends in den Niederschlägen ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Mithilfe eines Wasserbilanzmodells, in das sowohl die beobachteten Niederschläge als auch die Temperaturen eingehen, können allerdings die klimabedingten Einflüsse auf das Abflussgeschehen weitgehend von den Auswirkungen anthropogener Eingriffe getrennt werden.

3 Methodik

3.1 Trendanalyse der Zeitreihen von Abfluss und Niederschlag

Geeignete Methoden zur Trendanalyse der Zeitreihen der Monatsmittel müssen folgende Besonderheiten berücksichtigen:

- Die Reihen der Monatswerte sind nicht unabhängig, sondern weisen eine deutliche Autokorrelation und Saisonalität auf.
- Die Daten sind nicht normal verteilt.

Aus diesen Gründen scheidet die klassische lineare Trendanalyse aus. Als parameterfreies Verfahren, das monotone Trends ohne Annahme normal verteilter Daten erkennen kann, eignet sich der Mann-Kendall Trend Test (MANN, 1945, HELSEL & HIRSCH, 1992, VAN BELLE & HUGHES, 1984). Um auch die Saisonalität der Daten zu berücksichtigen, wird der saisonale Mann-Kendall Trend Test eingesetzt. Diese Vorgangsweise wurde für jüngere Untersuchungen des Trendverhaltens hydrologischer Größen u. a. in der Schweiz (BIRSAN et

al., 2005), in Kanada (BURN & HAG ELNUR, 2002), in der Türkei (KAHYA & KALAYCI, 2004), sowie in Japan (XU et al. 2003) angewendet.

3.1.1 Der Mann-Kendall Trend Test

Der Mann-Kendall Trend Test (MK-Test) verwendet eine rangbasierende Prozedur, die sich speziell für nicht-normal verteilte Daten mit Ausreißern und nicht-linearem Trendverhalten eignet (HIRSCH et al., 1982; HELSEL & HIRSCH, 1992). Die Null- bzw. Alternativhypothesen für den MK-Test auf Trend in der Zufallsvariablen x lauten:

$$H_0 \text{ (es besteht kein Trend) : } \Pr(x_j > x_i) = 0.5, \quad j > i,$$

$$H_A \text{ (es besteht ein Trend) : } \Pr(x_j > x_i) \neq 0.5, \quad (2\text{-seitiger Test)}$$

Die MK Statistik S wird berechnet als

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

worin x_j und x_k die Datenwerte zu den Zeitpunkten j und k darstellen, mit $j > k$. $\text{sgn}()$ ist die Vorzeichenfunktion

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{if } x_j - x_k > 0 \\ 0, & \text{if } x_j - x_k = 0 \\ -1, & \text{if } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

Unter der Nullhypothese ist die Größe S bei genügend großen Stichproben normal verteilt mit dem Mittelwert μ_s und der Varianz σ_s^2 :

$$\mu_s = 0$$

$$\sigma_s^2 = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Vielfach wird die normierte Größe $\tau = S/D$ bezeichnet als „Kendall's τ “, mit $D = n(n-1)/2$.

Die Teststatistik Z ist

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & \text{für } S > 0 \\ 0 & \text{für } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & \text{für } S < 0 \end{cases}$$

und wird mittels der Standardnormalverteilung geprüft (z. B.: $Z > 1.96 \rightarrow H_0$ ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% abzulehnen.).

Da die monatlichen Daten von Niederschlag und Abfluss einen Jahresgang enthalten, ist auch der MK Test nicht direkt anwendbar. Es wird dafür die saisonale Variante, die nachfolgend beschrieben wird, verwendet.

3.1.2 Saisonaler Mann-Kendall Trend Test

Der saisonale Mann-Kendall Trend Test (SMK) berücksichtigt die Saisonalität, indem der MK Test zunächst für jede der m Saisonen separat berechnet und das Ergebnis dann addiert wird. Bei Monatsdaten ($m=12$) werden also die Jännerdaten nur mit Jännerdaten verglichen, Februar nur mit Februar, usw. Kendall's S Statistik S_k für die gesamte Reihe ergibt sich durch Summation der Statistiken S_i der einzelnen Monate:

$$S_k = \sum_{i=1}^m S_i$$
$$\sigma_{sk}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{18} \quad \text{mit } n_i = \text{Anzahl der Daten in Saison } i$$

Die Teststatistik Z_{Sk} ergibt sich mit S_k und σ_{Sk} wie für den MK Test.

3.1.3 Robuste Trendgerade nach Kendall-Theil

Der MK Test dient dazu, die Signifikanz eines monotonen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen zu testen. Eine robuste Schätzung der Steigung für eine parameterfrei (verteilungsunabhängig) angepasste Trendgerade ermöglicht die Methode nach Kendall-Theil (HELSEL & HIRSCH, 1992).

Die Steigung β nach Kendall-Theil ist der Median der Steigungen zwischen jeweils 2 Datenpunkten:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \right) \quad \text{für alle } i < j \quad \text{und } i = 1, 2, \dots, (n-1) \quad j = 2, 3, \dots, n.$$

3.2 Flächenhafte Analyse von Veränderungen der Wasserbilanzkomponenten mithilfe eines Wasserbilanzmodells

3.2.1 Zielsetzung

Die messstellenbezogenen Trendanalysen sind nicht einfach durch Interpolationsverfahren auf die Fläche zu übertragen. Speziell bei den Abflüssen ergeben sich Schwierigkeiten durch anthropogene Beeinflussungen, aber auch Darstellungsprobleme, da Pegelabflüsse das Abflussverhalten ihres gesamten Einzugsgebietes beschreiben. Für eine räumlich differenzierte Darstellung des Abflussverhaltens von größeren Einzugsgebieten ist daher die Hierarchie der Einzugsgebiete zu berücksichtigen.

Eine räumlich hoch auflösende, konsistente Ermittlung der Wasserbilanzkomponenten Niederschlag und Abflusshöhe mithilfe eines Wasserbilanzmodells ermöglicht auch eine räum-

lich differenzierte, flächendeckende Trendanalyse der Wasserbilanz. Da im Wasserbilanzmodell die anthropogenen Beeinflussungen des Abflusses nicht berücksichtigt werden, kann damit der „natürliche“ Trend in den Abflüssen analysiert werden. Die Vorgangsweise ermöglicht darüber hinaus durch die Betrachtung einzelner Teilprozesse des Abflussvorganges (Evapotranspiration, Schneeschmelze, Speicherung) eine weitergehende Interpretation der Trends.

3.2.2 Modellkonzept

Für die Berechnung der Wasserbilanz wurde das N-A-Modell COSERO (COntinuous SEmi-distributed RunOff Model) eingesetzt, eine Entwicklung des IWHW (NACHTNEBEL et al., 1993; FUCHS, 1998; EDER et al., 2003; EDER et al., 2005; KLING, 2006; KLING et al., 2006) in Anlehnung an das HBV-Modell (BERGSTRÖM, 1992). Es ist ein kontinuierliches, halbverteiltes, deterministisches Modell, in dem die Abflussprozesse durch eine Abfolge von linearen Speichern beschrieben werden. Die berücksichtigten Prozesse umfassen Schneeschmelze und -akkumulation, Interzeption, Evapotranspiration, Speicherung im Boden, sowie die Aufteilung des Abflusses in die drei Abflusskomponenten Oberflächenabfluss, Interflow und Basisabfluss (Abbildung 6).

Als Inputdaten werden Temperatur- und Niederschlagsdaten benötigt. COSERO kann mit variablen Zeitschritten rechnen; für die Wasserbilanzmodellierung wurde durchwegs mit einem Zeitschritt von einem Monat gerechnet.

3.2.3 Räumliche Diskretisierung

Die räumliche Diskretisierung von COSERO unterscheidet Einzugsgebiete, Teileinzugsgebiete und Modellzonen (Abbildung 7).

Die in der Modellstruktur in Abbildung 6 abgebildete Folge von Speichern bezieht sich räumlich auf eine so genannte Modellzone, in der hydrologisch ähnlich reagierende Teile des betrachteten Teileinzugsgebietes zusammengefasst sind, die allerdings räumlich nicht notwendigerweise zusammenhängen müssen. Die Variabilität der Schneedecke innerhalb einer Zone wird durch eine statistische Unterteilung in bis zu 10 Schneedeckenklassen abgebildet. Die parallel berechneten Zonenabflüsse werden zum lokalen Abfluss eines Teileinzugsgebietes zusammengefasst. Die Abflüsse der Teileinzugsgebiete werden durch das Gerinnesystem entsprechend seiner hydrologischen Topologie geroutet und bilden den Abfluss am Gebietsausgang des gesamten Einzugsgebietes (Abbildung 8).

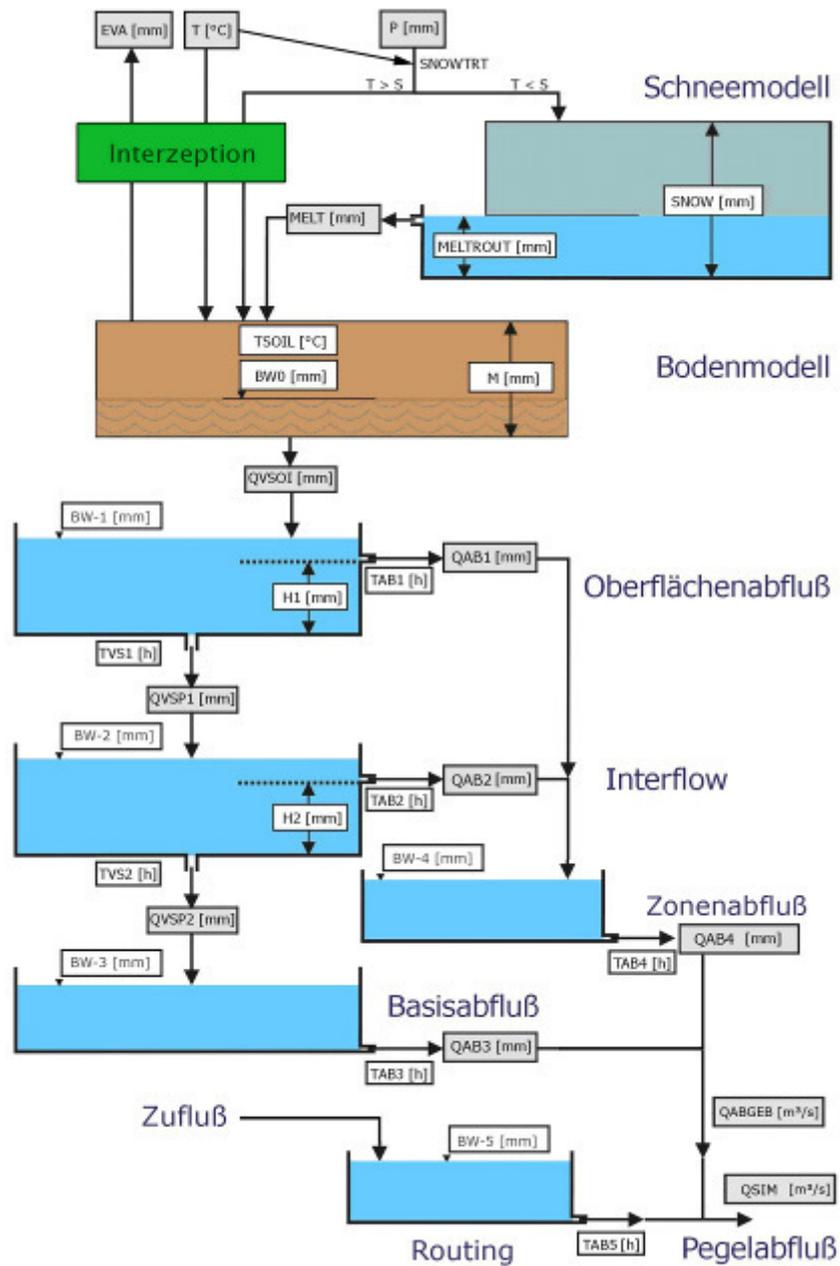


Abbildung 6: Struktur des Modells COSERO

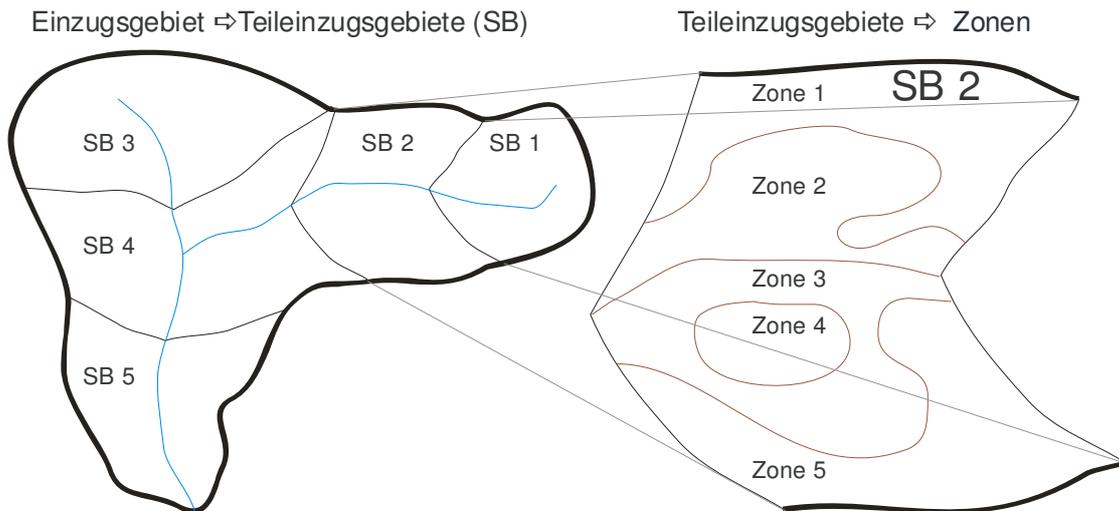


Abbildung 7: Schema der räumlichen Diskretisierung in COSERO

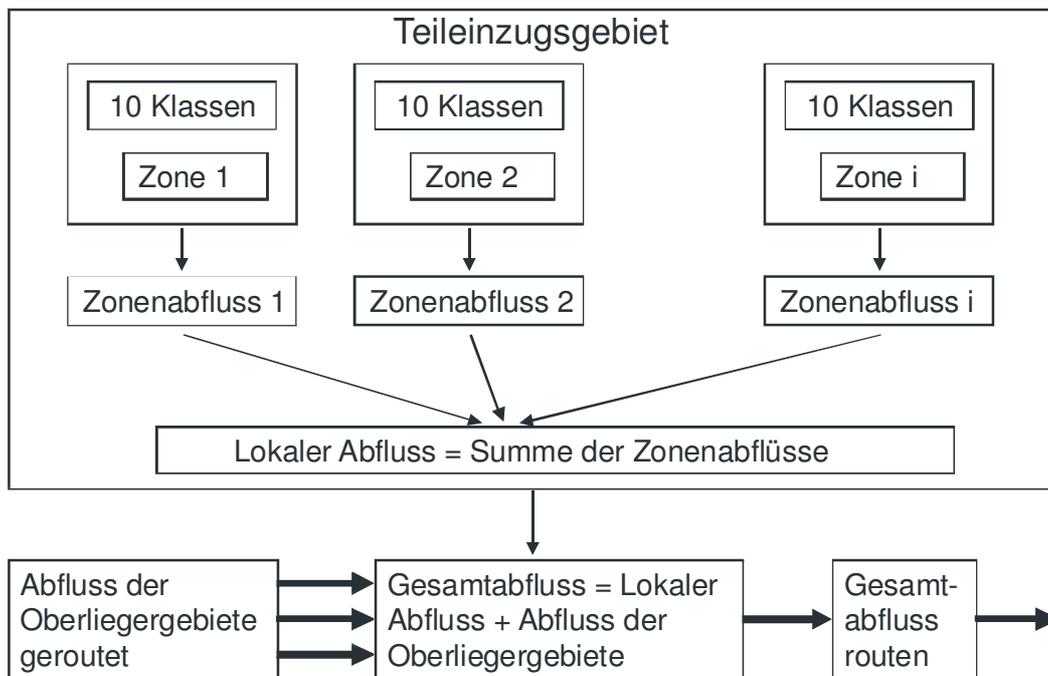


Abbildung 8: Hierarchie der räumlichen Komponenten von COSERO

3.2.4 **Abbildung Österreichs zur Modellierung der Wasserbilanz in COSERO**

Zur Berechnung der Wasserbilanz für ganz Österreich wurde das Staatsgebiet in 16 Einzugsgebiete als Berechnungsgebiete unterteilt, die wiederum in Teileinzugsgebiete unterteilt sind, die in der Regel hydrologischen Teil- und Zwischeneinzugsgebieten entsprechen (insgesamt 188 Teileinzugsgebiete, Abbildung 9). Die Modellzonen der Teileinzugsgebiete basieren auf einem 1 x 1 km Raster, wobei die Rasterzellen allerdings mit den Einzugsgebiets-

grenzen der Teilgebiete geschnitten wurden, sodass jede Modellzone vollständig einem orographischen Einzugsgebiet zugeordnet ist. Insgesamt ergeben sich dadurch 101 472 Modellzonen.

Die Anpassungen und Weiterentwicklungen von COSERO, um die Wasserbilanz für ganz Österreich berechnen zu können, erfolgten im Rahmen eines Projektes im Programm „Hydrologie Österreichs“ der ÖAW (HÖ 27/2003, KLING et al., 2005, KLING, 2006). In diesen Arbeiten sind sowohl die Modellansätze der abgebildeten Teilprozesse, die Strategie der Parameterschätzung als auch die Kalibrierung ausführlich dokumentiert.

Zunächst wurde die mittlere jährliche Wasserbilanz der Jahre 1961-1990, sowie deren saisonale Charakteristik ermittelt und im HAÖ in den Karten 2.3, 3.2, 5.7, 7.1 und 7.2 dargestellt. Diese Modellrechnungen wurden in der gegenständlichen Untersuchung für den Zeitraum 1951 – 2000 erweitert und ermöglichen dadurch eine flächenhafte, konsistente Analyse der Trends in den Komponenten der Wasserbilanz.

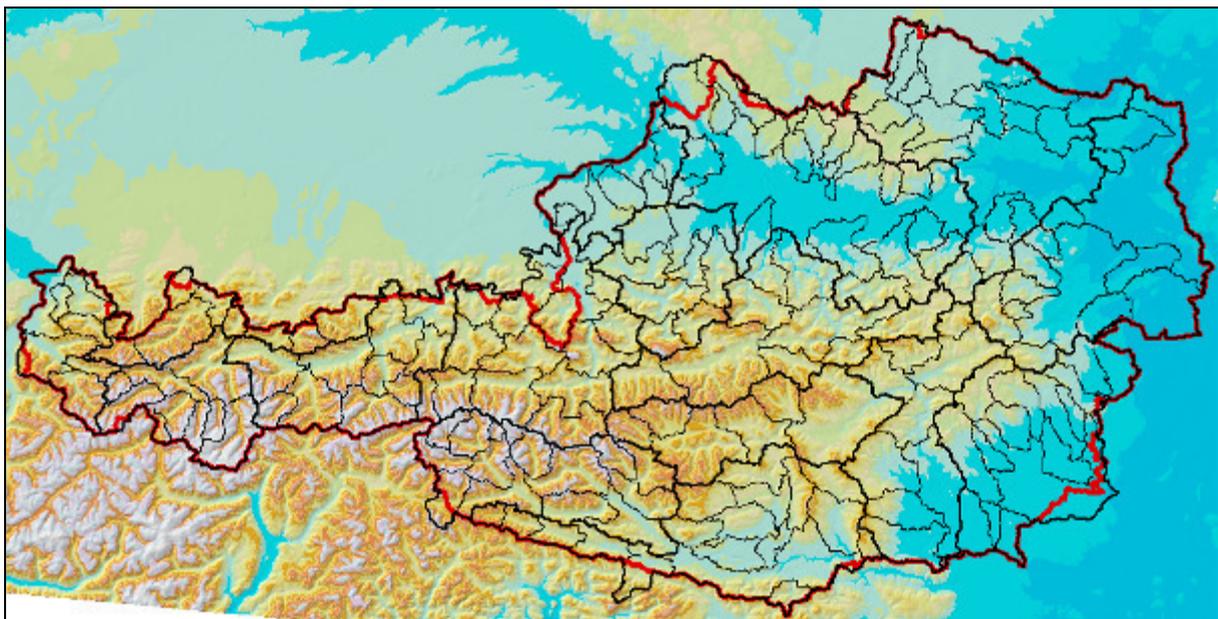


Abbildung 9: Räumliche Gliederung Österreichs in 16 Einzugsgebiete (dicke Linien) und 188 Teileinzugsgebiete (dünne Linien)

Ergebnis des Wasserbilanzmodells sind Zeitreihen der Wasserbilanzkomponenten in Monatsschritten von 1951 – 2000 für jede Modellzone. Diese hoch auflösenden Daten wurden für die weitere Darstellung und Analyse zunächst für Einzugsgebiete aggregiert, und zwar entsprechend den Einzugsgebietsgrenzen in den Wasserbilanzkarten des HAÖ (Karten 2.3, 3.3, 5.7, 7.1, 7.2). Auf die so erzeugten Ganglinien für 1044 Einzugsgebiete wurde die Trendanalyse, wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, angewandt. Die berechneten Parameter können im GIS jeweils einem Einzugsgebiet zugeordnet und flächenhaft dargestellt werden.

4 Trendanalyse der beobachteten Stationszeitreihen

4.1 Trends im Niederschlag und in den Abflüssen

Die stationsbezogenen Trendanalysen wurden jahresweise und für Sommer- und Winterhalbjahr ausgewertet. Die Kartendarstellungen stellen saisonale Trends in den angegebenen Wasserbilanzgrößen dar. Die ausgewiesenen Trendkoeffizienten geben **bei allen Karten** die jährliche Änderung der Monatswerte **in Prozent des mittleren Jahresniederschlages** an. Durch den Farbton wird die Größe des Trendkoeffizienten ausgedrückt. Die Klassifikation beschränkt sich auf fünf Klassen, eine neutrale Klasse, sowie je zwei Klassen für positive bzw. negative Trends.

Ein in der Karte ausgewiesener Wert von 0.025 %/Jahr bedeutet, dass die Monatswerte des dargestellten Zeitraumes in 50 Jahren um $50 \times 0.025 = 1.25$ % der Jahresniederschlagshöhe zugenommen haben. Würden die Zeitreihen für alle Monate den gleichen Trend aufweisen, entspräche das seit 1951 einer Zunahme dieser Bilanzgröße um etwa 15 % der Jahresniederschlagshöhe!

4.1.1 Jahresauswertung

Abbildung 10 zeigt die Jahresauswertung der Trends in den Pegelabflüssen und beobachteten Niederschlägen. Mit wenigen Ausnahmen sind die Trends sowohl im Abfluss als auch in den Niederschlägen eher gering. Eine visuelle geographische Differenzierung zeigt tendenziell nördlich des Alpenhauptkammes positive, im Süden, vor allem in Kärnten und in der Südsteiermark, negative Trends. Im Allgemeinen stimmen die Trends von Niederschlag und Abfluss weitgehend überein.

4.1.2 Sommer- und Winterhalbjahr

In Abbildung 11 werden die Trendkoeffizienten für Niederschlag und Abflüsse während des Sommerhalbjahres dargestellt. Bei Betrachtung der Sommermonate wird deutlich, dass ein negativer Trend in weiten Teilen Ober- und Niederösterreichs, dem Burgenland und im Klagenfurter Becken vorliegt, sowohl in den Niederschlägen, als auch im Abfluss. Im Gebiet des Alpenhauptkammes hingegen sind die Trendanteile vorwiegend positiv, vereinzelte Messstellen weisen jedoch auch hier einen negativen Trend auf. An den Flüssen Gail und Salzach liegt ein negativer Trend in den Abflüssen vor, obwohl der Trend in den Niederschlägen positiv ist.

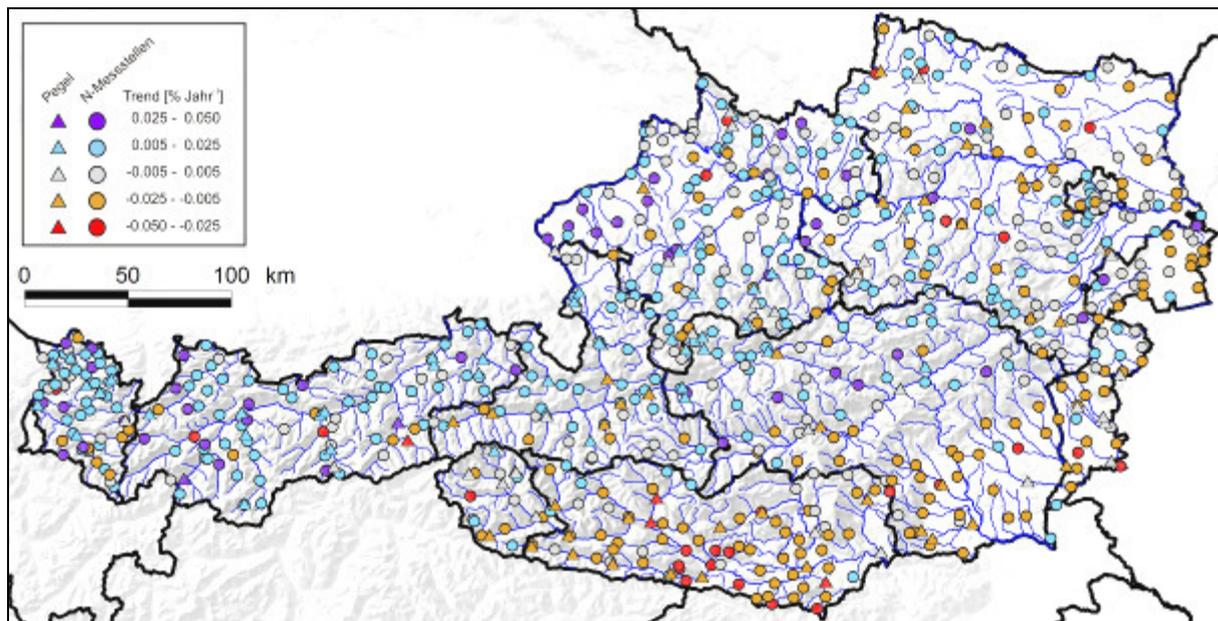


Abbildung 10: Jahresauswertung der Trends an Pegeln und Niederschlagsmessstellen

Die Trends für die Wintermonate sind in Abbildung 12 dargestellt. Hier ist eine wesentlich deutlichere räumliche Gliederung in Gebiete mit positiven und negativen Trends erkennbar. Während positive Trends vor allem in den Alpen und nördlich des Alpenhauptkammes zu verzeichnen sind, ist das Gebiet südlich und östlich der Alpen von negativen Trends geprägt. Auch hier sind die beiden Pegel Wald i. Pzg. (203026) und Mittersill (203075) im oberen Salzachgebiet von negativen Trends in den Abflüssen gekennzeichnet, während jedoch positive Trends in den Niederschlägen vorliegen. Der negative Trend der Abflüsse im Gailtal in den Sommermonaten lässt sich jedoch durch die fehlenden Winterniederschläge erklären, die erst ab dem Frühjahr zum Abfluss gelangen.

4.2 Ursachen für Trends in den Abflüssen

Während Trends im Niederschlag nicht unmittelbar in einen Zusammenhang mit lokalen wasserwirtschaftlichen und anderen anthropogenen Beeinflussungen zu setzen sind, können Trends in den Abflüssen sowohl Folge von Trends in den Niederschlägen als auch von wasserwirtschaftlichen und wasserbaulichen Maßnahmen im Einzugsgebiet sein. Von besonderer Bedeutung sind hier Zu- und Ableitungen sowie Speicher.

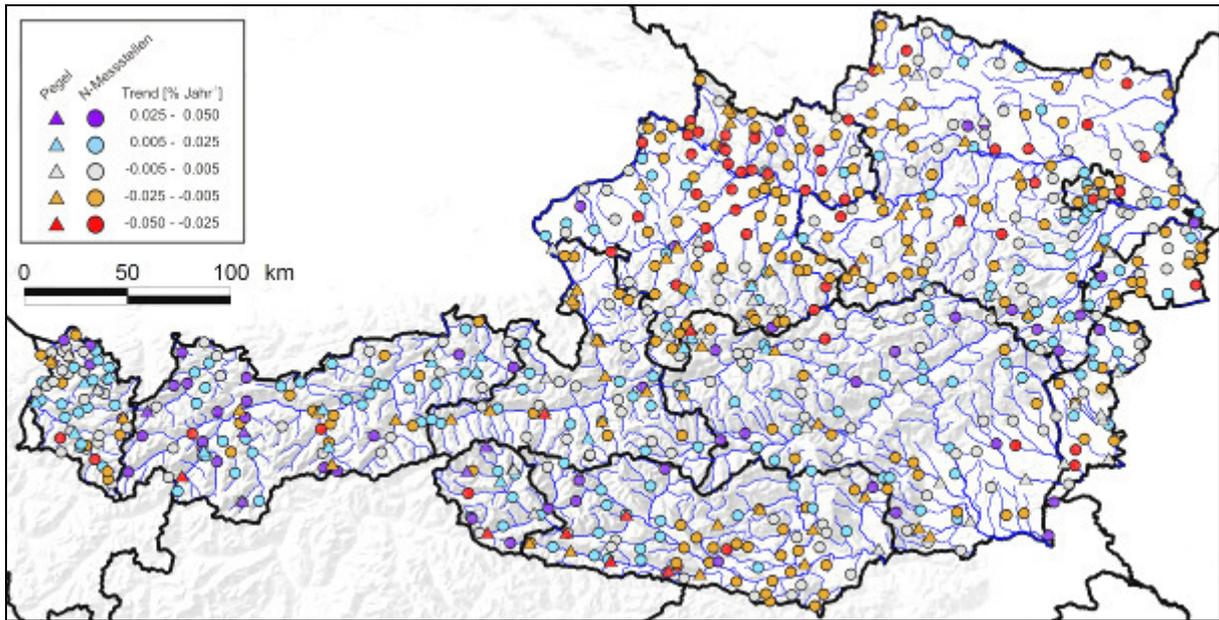


Abbildung 11: Trend für das Sommerhalbjahr

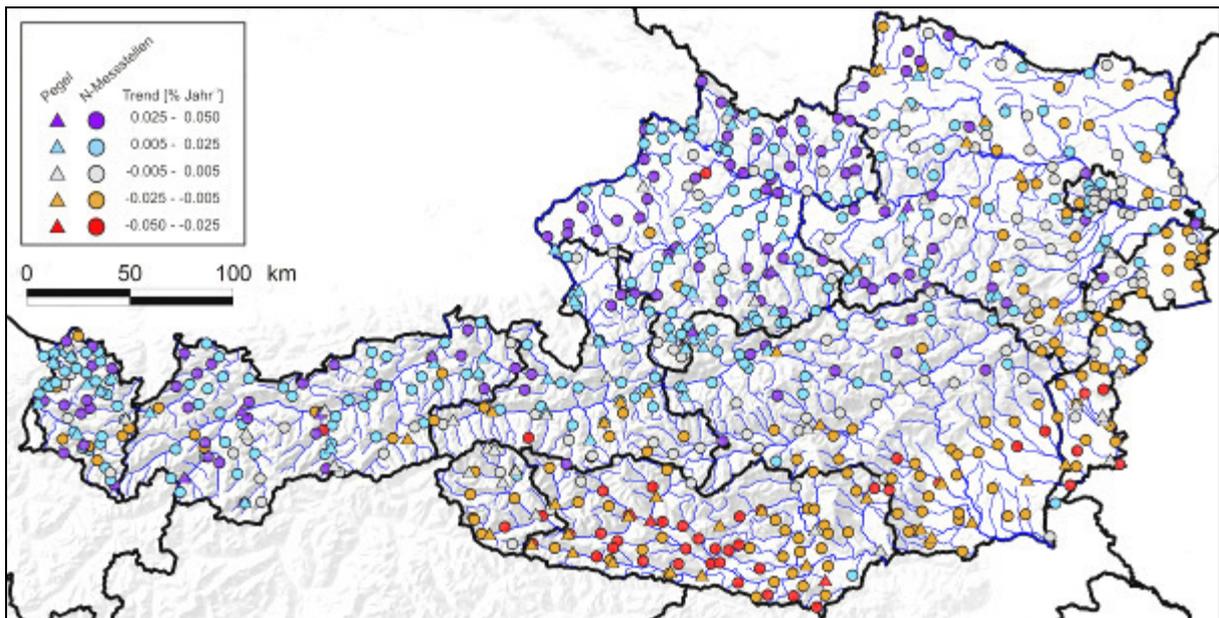


Abbildung 12: Trend für das Winterhalbjahr

4.2.1 Beeinflussung der Abflüsse (Speicher, Zu- und Ableitungen)

Zur Beurteilung des Einflusses von Zu- und Ableitungen und Speichern auf Trend und Varianz der Abflüsse sind die während des Auswertungszeitraumes errichteten Zu- und Ableitungen und Speicher zu betrachten. Bei den vor dem Auswertungszeitraum errichteten Anlagen wird angenommen, dass die Betriebsweise zeitlich unverändert bleibt. Die Informationen darüber wurden dem Hydrographischen Jahrbuch 2002 entnommen.

In Abbildung 13 ist für die ausgewählten Pegel die zu- bzw. abgeleitete Fläche im Verhältnis zur Einzugsgebietsfläche des jeweiligen Pegels dargestellt. Es ist deutlich die intensive Nutzung durch Wasserkraftwerke in Westösterreich erkennbar. Beim Pegel Vandans / Ill (VIW) (200055) ergibt sich ein Wert von 106,14% ausgeleiteter Einzugsgebietsfläche. Dies lässt sich durch die Einleitungen aus dem Rosanna- und Trisannagebiet erklären, welche das Wasserdargebot am Pegel Vandans erhöhen. Beim flussabwärts gelegenen Pegel Gisingen / Ill (200147) mit einem Einzugsgebiet von 1281 km² ist diese Zuleitung noch mit einem Wert von 7,44% der Einzugsgebietsfläche zu erkennen.

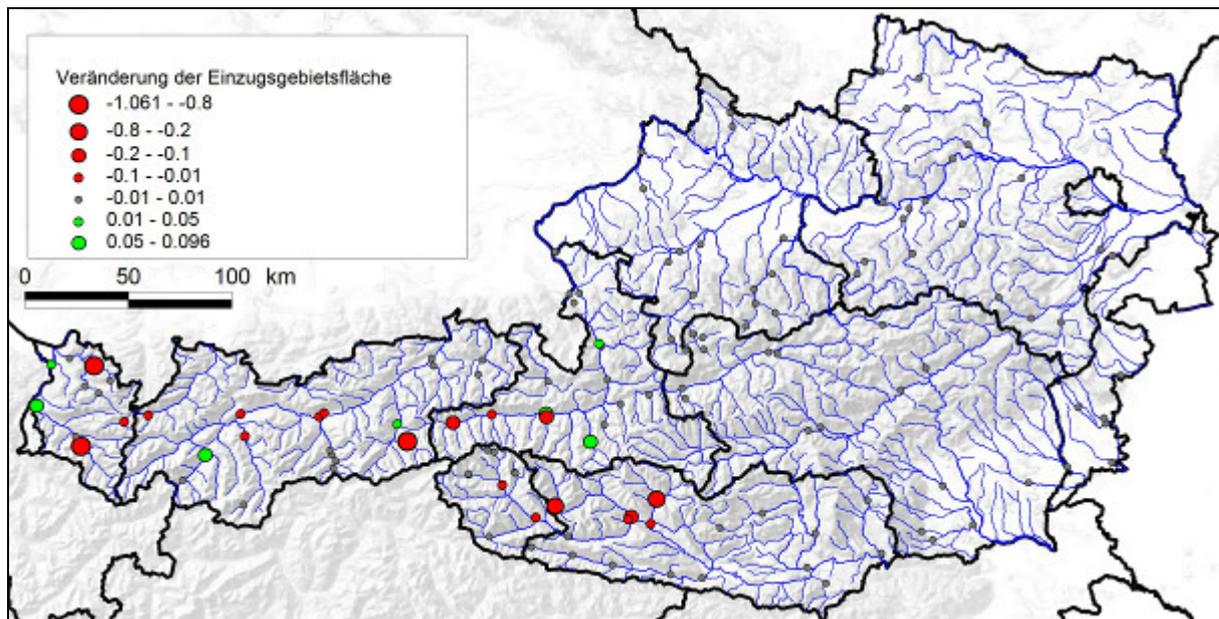


Abbildung 13: Veränderung der Einzugsgebietsfläche durch von 1951 bis 2000 errichtete Ab- und Zuleitungen (Ableitung rot, Zuleitung grün; Anteil des orographischen Einzugsgebiets)

Der Pegel Lingenau/Subersach (200295) weist mit 87,5% die zweitgrößte Ableitung auf. Weitere Ableitungen betreffen den Lech, von dem ein Teil in die Ill umgeleitet wird. Fagge, Pitze und Ötztaler Ache werden teilweise direkt in den Inn abgeleitet, wodurch die unterhalb liegenden Abschnitte dieser Flüsse von Ableitungen betroffen sind. Ziller und Zemm bach werden für die Zillertalkraftwerke abgeleitet. Überleitungen aus dem Salzachgebiet sind in diesem Gebiet zusätzlich vorhanden. Weiters bewirkt eine Überleitung aus dem Achensee zum Inn, dass beim Pegel Kirchbichl – Bichlwang/Inn (201889), trotz der Ableitungen aus dem Rosanna- und Trisannagebiet in Richtung Ill nur ein Minus von 0,17 % vorhanden ist. Die Salzach profitiert hingegen von Überleitungen aus dem Isel- und Möllgebiet, welche beim Pegel Salzburg/Salzach (203398) noch mit 1,03% bemerkbar sind. In Osttirol und Kärnten weisen Isel, Möll und Malta Ableitungen auf.

Die Ausleitungen aufgrund der Wiener Hochquellenwasserleitungen wurden nicht berücksichtigt, da diese großteils vor 1950 fertig gestellt wurden und die großen Veränderungen somit nicht in den Betrachtungszeitraum fallen.

Abbildung 14 zeigt die für die Auswertung relevanten Pegel, in deren Einzugsgebiet zwischen 1951 und 2000 Speicher errichtet wurden. Dargestellt wird das dimensionslose Verhältnis von Speichervolumen und mittlerer jährlicher Abflussfracht. Wichtige von Speichern beeinflusste Flüsse sind Ill, Rhein, Ziller, Inn, Salzach und Kamp.

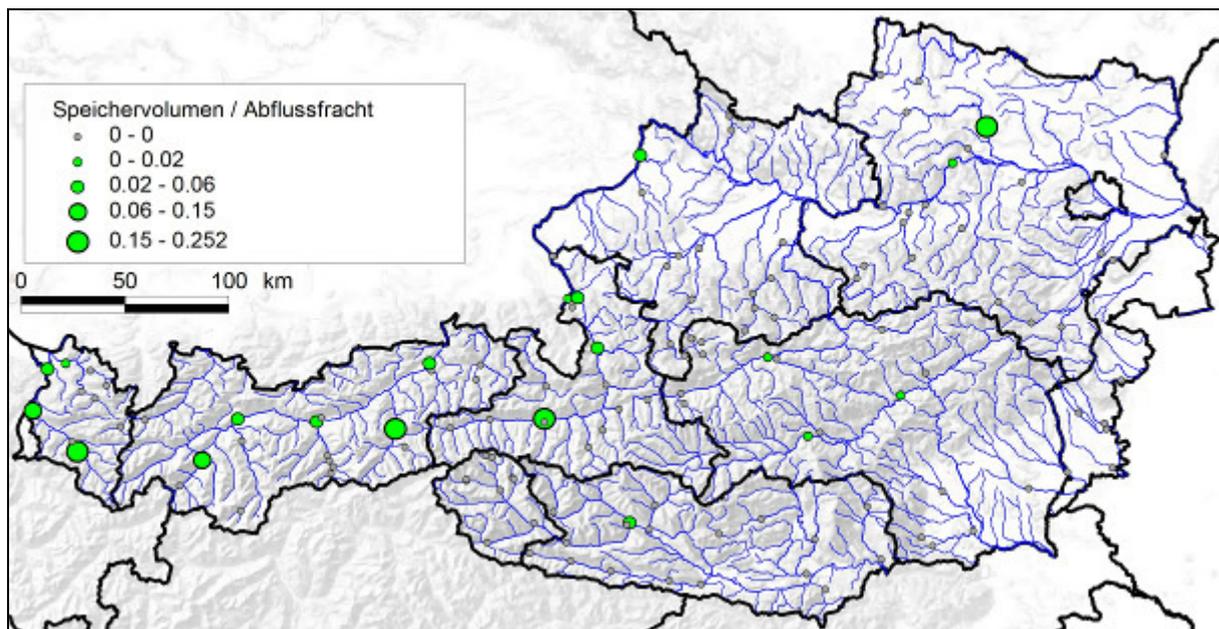


Abbildung 14: Verhältnis von Speichervolumen und mittlerer jährlicher Abflussfracht der von 1951 bis 2000 errichteten Speicher

4.3 Zusammenfassung der messstellenbezogenen Analyse

Bei der Untersuchung der Trends in Niederschlag und Abfluss ist zu bemerken, dass eine starke Abhängigkeit von Jahreszeit, geographischer Lage und Höhe vorliegt. Einzelne Pegel sind auch von Zu- und Ableitungen und Speichern beeinflusst.

- Das Alpenvorland nördlich des Alpenhauptkammes weist im Sommer einen negativen Trend und im Winter einen positiven Trend auf.
- Die in den Alpen liegenden Messstellen haben das ganze Jahr über, vor allem aber in den Wintermonaten, großteils positive Trendgrößen.
- Das Gebiet südlich des Alpenhauptkammes ist, vor allem in den Wintermonaten, von negativen Trends geprägt.

- Die meisten Trends kommen bei Pegeln mit einer mittleren Einzugsgebietshöhe zwischen 700 und 1700 m Seehöhe vor, wobei südlich des Alpenhauptkammes negative und nördlich des Alpenhauptkammes positive Trends zu beobachten sind.
- Zu- und Ableitungen kommen vor allem in Westösterreich vor und führen zu sprunghaften Änderungen des Abflussgeschehens. Im Falle einer Ableitung ist die Änderung in der Wasserführung direkt proportional der Änderung in der Einzugsgebietsfläche. Zuleitungen führen, wie erwartet, zu positiven Trends, während Ableitungen negative Trends mit sich bringen.
- Speicher beeinflussen die Abflüsse insofern, als dass es zu einer Dämpfung und somit zu einer Verringerung der Varianz kommt. Sie führen außerdem zu einem negativen Trend während der Sommermonate und zu einem positiven Trend in den Wintermonaten. Diese Verlagerung der Abflüsse ist darauf zurückzuführen, dass die Speicher in den Sommermonaten gefüllt und in den Wintermonaten entleert werden.

5 Flächenhafte Analyse von Trends in Niederschlag und Abfluss mit den Ergebnissen des Wasserbilanzmodells

5.1 Aufbereitung der Input-Daten und Modellparameter

Für jeden Zeitschritt waren für das Wasserbilanz-Modell die Input-Daten im erforderlichen Format bereitzustellen (in Klammer ist die räumliche Diskretisierung angegeben):

- Niederschlag (Modellzonen)
- Temperatur (Modellzonen)
- Abweichung der potentiellen Verdunstung vom langjährigen Mittel (Teileinzugsgebiete)
- Abweichung der Tagestemperaturen von der Monatstemperatur (Teileinzugsgebiete)
- beobachteter Abfluss (Teileinzugsgebiete)

Als Datenbasis wurde die schon zur Modellierung der Wasserbilanz 1961 - 1990 erstellte Datenbank verwendet. In dieser Datenbank sind zusätzliche Daten über die Perioden 1951 - 1960 und 1991 - 2000 enthalten.

5.1.1 Niederschlag

Die Niederschläge beruhen auf den Ausgangsdaten der HAÖ-Karte der langjährigen mittleren Jahresniederschläge von SKODA und LORENZ (2003). Für jeden Zeitschritt stehen die Niederschläge für das österreichische Staatsgebiet in einem ca. 6 x 6 km Raster zur Verfügung, wobei die Werte für den Zeitraum 1951 - 2000 allerdings überarbeitet wurden. Diese

Niederschlagswerte wurden mit einem Pre-Processor für das Wasserbilanzmodell aufbereitet, um den Niederschlag für jede Modellzone zu bestimmen.

5.1.2 Lufttemperatur

Für die Lufttemperatur standen Daten von 356 Stationen zur Verfügung. Allerdings ist ein Großteil der Zeitreihen nicht lückenfrei. Die Stationsdaten wurden mit einem 3-schichtigen linearen Regressionsmodell mit der Seehöhe regionalisiert. Dieses Regressionsmodell ist in der Lage, die in den Wintermonaten regelmäßig auftretenden Inversionen zu berücksichtigen. Im Regressionsmodell wurde die Inversionsschicht zwischen 800 und 1500 m fix vorgegeben. Die Regressionen wurden für jedes der 16 Modellgebiete separat gerechnet. Da in hohen Lagen die Stationsdichte extrem gering ist, wurde die Regressionsgerade der obersten Schicht immer bei der Station Sonnblick (3105 m) eingehängt. Ansonsten fanden im Allgemeinen nur Stationen innerhalb des Berechnungsgebietes Verwendung. Da jedoch vor allem in der Periode 1951 - 1960 die Datendichte teilweise sehr gering ist, wurden bei Bedarf auch einzelne Stationen aus angrenzenden Modellgebieten verwendet.

5.1.3 Abweichung der potentiellen Verdunstung vom langjährigen Mittel

Die prozentuale Abweichung der potentiellen monatlichen Verdunstung von der langjährigen mittleren potentiellen Verdunstung eines Monats musste für jeden Zeitschritt bereitgestellt werden. Das Wasserbilanzmodell verwendet diese prozentuale Abweichung, um aus der langjährigen mittleren potentiellen Verdunstung des Monats (Modellparameter E_{TP0} , basierend auf der Karte von DOBESCH (2003)) die potentielle Verdunstung des aktuellen Zeitschrittes für jede Modellzone zu berechnen.

Die prozentuale Abweichung wurde bei mehreren meteorologischen Stationen mit der Budyko Methode (BUDYKO, 1974) berechnet. Die Budyko Methode benötigt Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit als Eingangsdaten. Lückenhafte Zeitreihen dieser Daten standen von 44 Stationen zur Verfügung. Durch manuelles Füllen von Lücken konnten bei 30 Stationen lückenlose Zeitreihen erstellt werden. Dies ermöglichte die Berechnung der prozentualen Abweichung bei diesen 30 Stationen. Dabei wurde die langjährige mittlere potentielle Verdunstung auf die Periode 1961 - 1990 bezogen. Dies gewährleistet, dass die neu berechneten Verdunstungswerte konsistent zu den Verdunstungswerten in den Karten des HAÖ sind, da diese Karten sich ja auf die Periode 1961 - 1990 beziehen.

Durch die Analyse der räumlichen Korrelation der prozentualen Abweichung der Stationen wurden den Teilgebieten Stationen bzw. Mittelwerte von mehreren Stationen zugeordnet. Im

Allgemeinen besteht nur eine geringe Korrelation zwischen den Stationen (Abbildung 15). Dies bedeutet, dass entweder die Daten mangelhaft sind (fehlerhafte Temperatur oder Luftfeuchtigkeitsdaten), oder die Methode mangelhaft ist (d.h. die Budyko Methode ist nicht genau), oder die räumliche Variabilität der Abweichung der Verdunstung tatsächlich so groß ist.

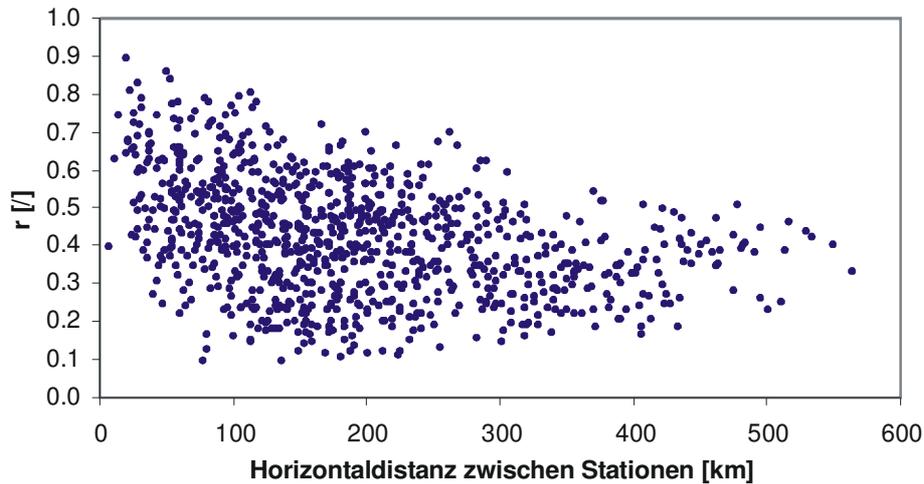


Abbildung 15: Räumliche Korrelation der prozentualen Abweichung der monatlichen von der mittleren jährlichen Verdunstung als Funktion der Distanz

5.1.4 Abweichung der Tages- von der Monatstemperatur

Die Schneeschmelze zeigt infolge der zugrunde liegenden physikalischen Prozesse ein klares Schwellenwertverhalten. Es reicht daher die Angabe der Monatstemperatur allein nicht aus, sondern es ist noch die Variabilität der Temperatur bzw. die Summe der positiven Tagestemperaturen in einem Monat wichtig. Diese Variabilität wird im Modell durch einen Parameter D_{tvar} berücksichtigt, der unter Verwendung von täglichen Temperaturdaten von 21 Stationen geschätzt wurde.

Pro Teilgebiet verwendet das Modell Daten von jeweils einer hoch- und einer tiefgelegenen Station. Für sieben Klassen wurde für diese Stationen die Abweichung der Tagestemperaturen von der Monatstemperatur ermittelt. Ca. 100 Lücken von weniger als 4 Tagen wurden durch manuelle Interpolation gefüllt, um möglichst vollständige Zeitreihen zu erhalten. Mit diesen Zeitreihen wurde D_{tvar} bei jeder Station berechnet. Monate ohne Daten wurden mit den Daten jener Station aufgefüllt, mit der die höchste Korrelation besteht. Im Allgemeinen ergeben sich sehr hohe Korrelationen zwischen den Stationen, sodass von einer hohen räumlichen Repräsentativität von D_{tvar} ausgegangen werden kann. Diese hohe Korrelation gilt allerdings nur innerhalb von hochgelegenen Stationen bzw. tiefgelegenen Stationen. Abschließend erfolgte eine Zuordnung von jeweils zwei Stationen zu den Teilgebieten.

5.1.5 Beobachteter Abfluss

Die beobachteten Abflüsse dienen im Wasserbilanzmodell vor allem zur Kontrolle der Simulationsergebnisse. Lücken in den Abfluss-Beobachtungen wurden durch entsprechende „no-data values“ gekennzeichnet. Somit wurden für alle 188 Teilgebiete entsprechende Abfluss-Zeitreihen zusammengestellt.

5.1.6 Aufbereitung von Modellparametern

Im Wesentlichen wurden dieselben Modellparameter wie zur Modellierung der mittleren saisonalen Wasserbilanz der Periode 1961 - 1990 (HAÖ Karten 2.3, 3.2, 5.7, 7.1) verwendet. Die einzige Veränderung betraf die Werte des Parameters zur Anpassung der Niederschläge: Für die Bereitstellung der monatlichen Niederschlagsdaten insbesondere im Zeitraum 1951-1960 mittels Skoda/Lorenz-Modell standen nicht dieselben, bzw. weniger Niederschlagsmessstellen zur Verfügung. Dadurch weichen die „neuen“ Niederschlagsdaten von Skoda und Lorenz, die für den gesamten Zeitraum 1951 – 2000 erzeugt wurden, auch im Zeitraum 1961 – 1990 von den bisherigen („alten“) Daten, die für die Karten der mittleren Wasserbilanz verwendet wurden, lokal ab. In den meisten Teilgebieten sind die Abweichungen vernachlässigbar, aber in einzelnen alpinen Teilgebieten betragen die Abweichungen im Jahresniederschlag 1961 - 1990 bis zu 300 mm (Abbildung 16 und Abbildung 17).

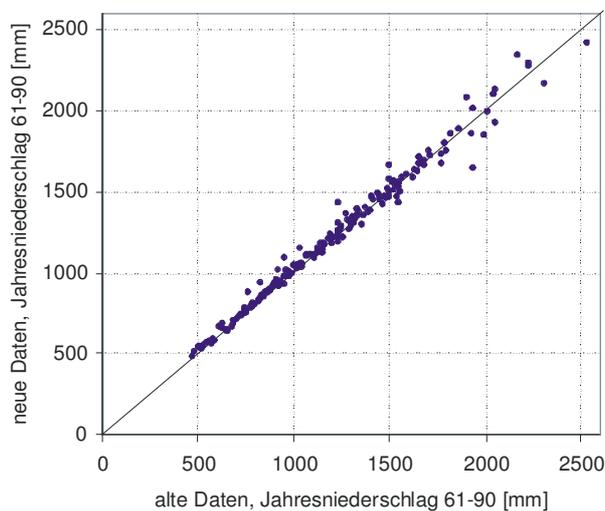


Abbildung 16: Vergleich alter und neuer Niederschlagsdaten von Skoda und Lorenz, Gebietswerte von 188 Teilgebieten, Streudiagramm

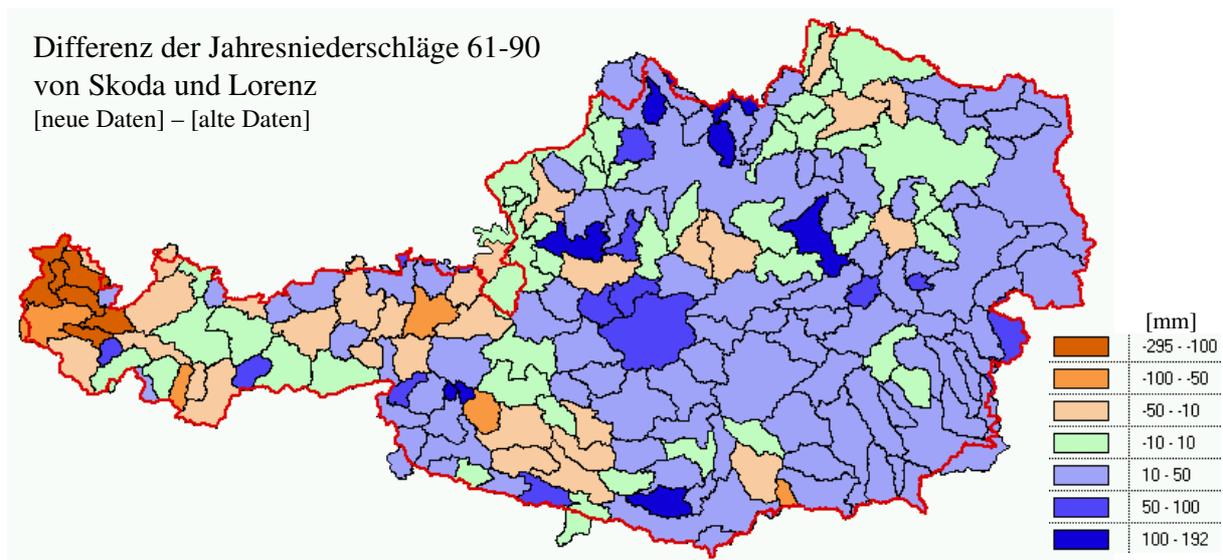


Abbildung 17: Vergleich alter und neuer Niederschlagsdaten von Skoda und Lorenz, Gebietswerte von 188 Teilgebieten, Kartendarstellung

Der Parameter zur Anpassung der Niederschläge wurde so eingestellt, dass die angepassten Gebietsniederschläge der Periode 1961 - 1990 dieselben Werte ergeben wie in den Karten der Wasserbilanz des HAÖ. Eine solche Anpassung der Niederschläge ist erforderlich, da sich ansonsten ein Widerspruch zu den Karten des HAÖ und zu beobachteten Abflussdaten ergeben würde. Da die Anpassungsfaktoren zeitlich konstant sind, wird dadurch kein künstlicher Trend erzeugt.

5.2 Modellanwendung und Modellgüte

Das Wasserbilanzmodell wurde für den Zeitraum September 1951 bis August 2000 angewendet, um die räumlich verteilten Wasserbilanzkomponenten zu berechnen. Beginn und Ende der Simulationsperiode wurden im Sommer gewählt, um eine Speicherung von Schnee auszuschließen.

5.2.1 Modellgüte

Die Modellgüte, also die Übereinstimmung von simulierten und beobachteten Abflüssen, wurde anhand der Modelleffizienz E nach NASH & SUTCLIFFE (1970) beurteilt:

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - Q_{sim}^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - \bar{Q}_{obs})^2}$$

Q_{obs}^t beobachtete Abflüsse

Q_{sim}^t berechnete Abflüsse

Bei $E = 1$ besteht perfekte Übereinstimmung zwischen Beobachtungen und Modell.

Die neue Modellgüte (Periode 1951-2000, neue Daten) ist tendenziell etwas geringer als die alte Modellgüte (Periode 1961-1990, alte Daten) (Abbildung 18).

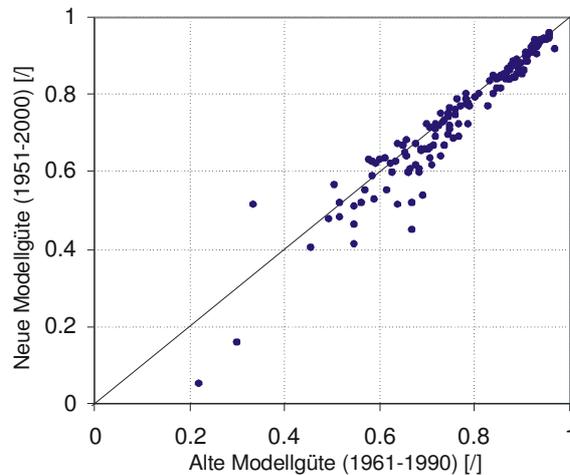


Abbildung 18: Vergleich der alten und der neuen Modellgüte für die Teileinzugsgebiete

Gebiete, die schon für die Periode 1961 – 1990 eine geringe Modellgüte aufwiesen, weisen in der längeren Periode eine noch schwächere Modelleffizienz auf. Mögliche Ursachen sind die wesentlich längere Reihe, schlechtere Daten (geringere Stationsdichte bei Niederschlag und Temperatur, schlechtere Qualität von Abflussdaten in den 50er Jahren?), nicht optimale Parameterwerte. Vor allem der längere Zeitraum kann zur Folge haben, dass mehr Ereignisse enthalten sind, z. B. Trockenperioden oder längere Hochwasserereignisse, die mit Monatsdaten nicht ausreichend nachzubilden sind. Im Allgemeinen ist die Modellgüte aber nicht wesentlich verändert. Die beiden Teileinzugsgebiete mit der geringsten Modellgüte (< 0.2) liegen im Weinviertel, wo die Abflüsse insgesamt einen sehr geringen Anteil an der Wasserbilanz haben und die Modelleffizienz E für die Abflüsse die Güte der Wasserbilanzmodellierung daher nicht ausreichend beschreibt.

5.2.2 Modellgüte für verschiedene Zeitabschnitte

19 Teilgebiete wurden zur Überprüfung ausgewählt, wobei auf vollständige Zeitreihen der Abflussbeobachtung, sowie keine relevanten Überleitungen und Repräsentativität des Gebietes geachtet wurde. Die Modellgüte wurde nach Nash-Sutcliffe für folgende Perioden berechnet: 51-00, 61-90, 52-75, 76-00, 51-61, 62-71, 72-81, 82-91, 92-00. Zusätzlich wurde auch noch die Modellgüte bei der Modellierung der saisonalen Wasserbilanz 1961-90 berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Analyse ergibt: Das Modell zeigt keine Trends in der Modellgüte bestimmter Perioden (Abbildung 19). Es gibt also keine Hinweise darauf, dass sich durch eine veränderte Landnutzung, wasserwirtschaftliche Maßnahmen oder andere Einflüsse in den Einzugsgebieten die für die Wasserbilanz abflussbe-

stimmenden Gebietseigenschaften verändert hätten. Die Verwendung zeitlich konstanter Gebietsparameter verursacht also keine signifikanten Probleme. Anzumerken ist hier, dass das Bilanzmodell die natürlichen Bilanzkomponenten in Monatsschritten nachbildet. Mögliche Veränderungen in kürzeren Zeitskalen, beispielsweise der Hochwasserspitzen, sind mit diesem Modell nicht erfasst.

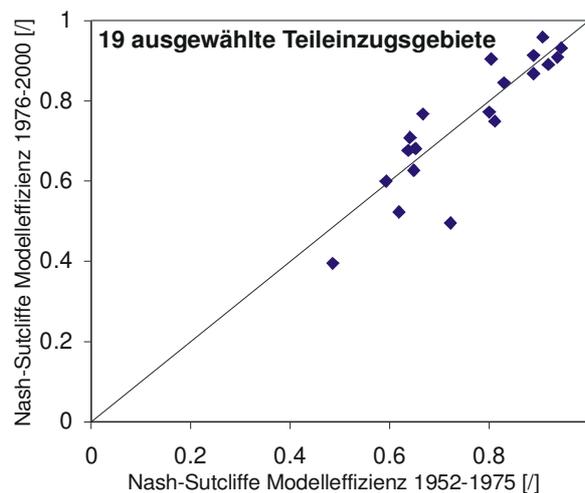


Abbildung 19: Gegenüberstellung der Nash-Sutcliffe Modellgüte für Teilperioden

5.3 Diskussion der Trends in den Bilanzkomponenten Niederschlag und Abflusshöhe

Für die Trendanalyse wurden die Modellergebnisse zunächst für 1044 Einzugsgebiete (mittlere Größe von ca. 86 km²) aggregiert (wie in den Wasserbilanzkarten im HAÖ), sodass für jedes dieser Einzugsgebiete und jede der Bilanzgrößen eine Zeitreihe in Monatsschritten entstand. Auf diese Zeitreihen wurden die unter Punkt 3.1 beschriebenen Verfahren zur Trendanalyse angewandt. Für die Ermittlung der Steigung der Kendall-Theil Trendgeraden erfolgte eine Umskalierung der Zeitreihen in Prozent des mittleren Jahresniederschlages im jeweiligen Gebiet.

Ein Wert des Trendkoeffizienten Beta von 0.025 %/Jahr bedeutet also, dass sich die Monatswerte des dargestellten Zeitraumes in 50 Jahren um $50 \times 0.025 = 1.25$ % der Jahresniederschlagshöhe erhöht haben. Unter der Annahme, dass in allen Kalendermonaten ein ähnlicher Trend auftritt, entspricht das seit 1951 einer Erhöhung der betrachteten Bilanzgröße um etwa 15 % der Jahresniederschlagshöhe!

Die nachfolgend präsentierten Ergebnisse weisen einige unplausibel erscheinende lokale Anomalien (Inseleffekte) auf, z. B. im Einzugsgebiet der Kleinen Mühl. Ihr Auftreten ist weitgehend durch die bereitgestellten Daten gedeckt. Hydrologische Erklärungen sind teilweise noch ausständig.

5.3.1 Jahresauswertung der Trends in den monatlichen Niederschlägen und Abflusshöhen

Im ersten Schritt wird eine Jahresauswertung der Trends in Niederschlag und Abflusshöhe dargestellt, d. h. für die Berechnung des Saisonalen Mann-Kendall Trendtests, bzw. der Kendall-Theil Trendgeraden wird die gesamte Reihe (alle Kalendermonate) verwendet. Abbildung 20 zeigt ein deutliches räumliches Muster mit abnehmenden Niederschlägen südlich des Alpenhauptkammes. Nördlich des Alpenhauptkammes sind sowohl Gebiete mit Zunahmen als auch Abnahmen ausgewiesen. Einschränkend ist allerdings festzustellen, dass die Trends nur in einem kleinen Teil der Gebiete statistisch signifikant sind (Irrtumswahrscheinlichkeit 10 %). Die Trends in den Abflusshöhen (Abbildung 21) zeigen ein ähnliches räumliches Muster, sind aber in einem größeren Gebiet (ca. 55% der Staatsfläche) statistisch abgesichert.

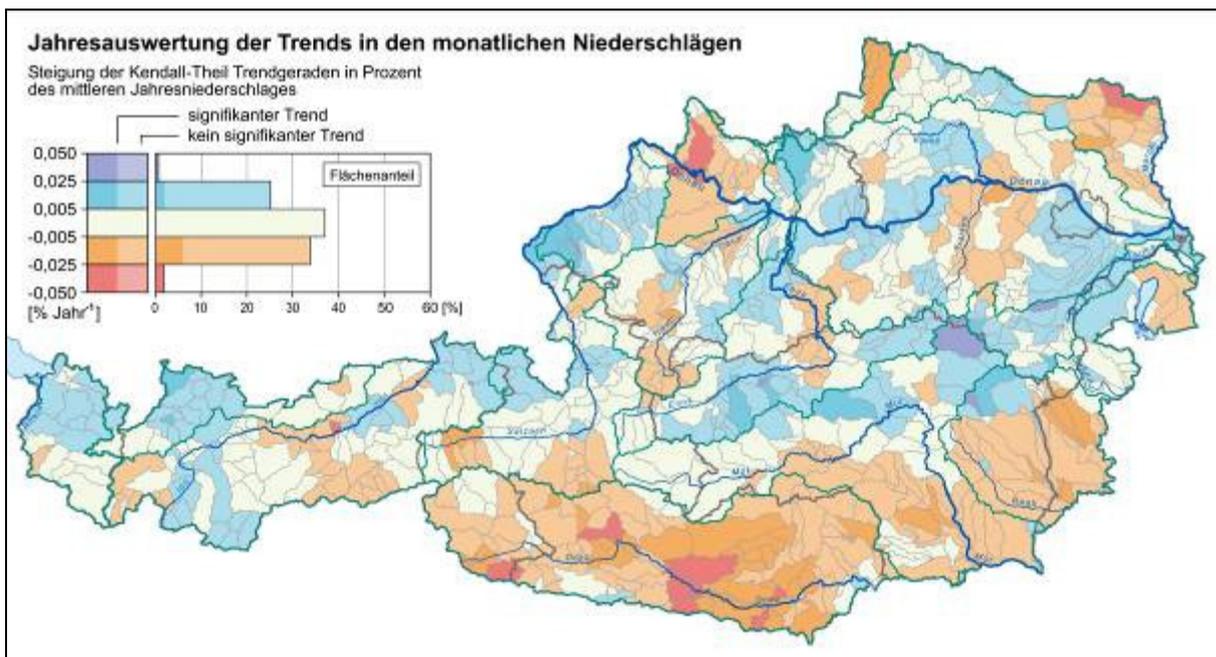


Abbildung 20: Jahresauswertung der Trends in den monatlichen Niederschlägen

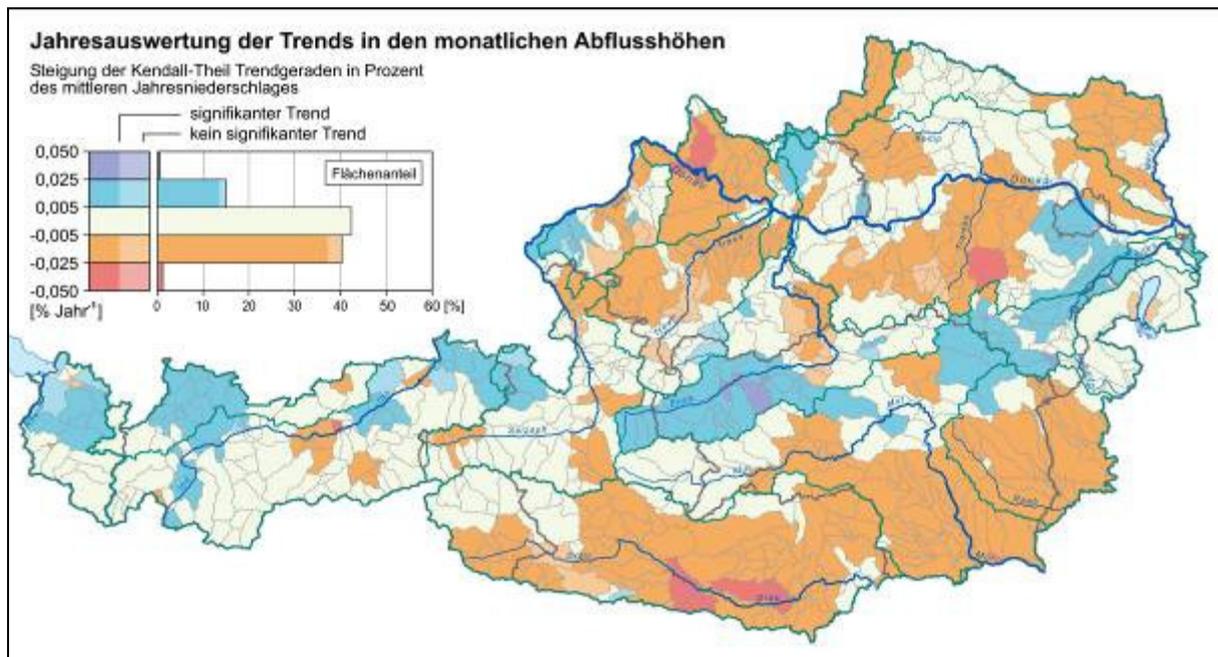


Abbildung 21: Jahresauswertung der Trends in den monatlichen Abflusshöhen

5.3.2 Auswertung von Winter- und Sommerhalbjahr

Eine saisonale Trendanalyse wurde getrennt für die Monate des Winterhalbjahres (November bis April) und die Monate des Sommerhalbjahres (Mai bis Oktober) durchgeführt. Es wird ein jahreszeitlich und geographisch deutlich unterschiedliches Trendverhalten sichtbar, das in weiten Bereichen statistisch abgesichert ist. Sehr markant tritt in den Wintermonaten ein positiver Trend der Niederschläge nördlich des Alpenhauptkammes hervor, dem ein ebenso deutlicher negativer Trend im Süden gegenübersteht, insbesondere in einem großen Teil Kärntens (Abbildung 22). Dieses räumliche Muster tritt in etwas abgeschwächter Form auch in den Abflusshöhen auf (Abbildung 23).

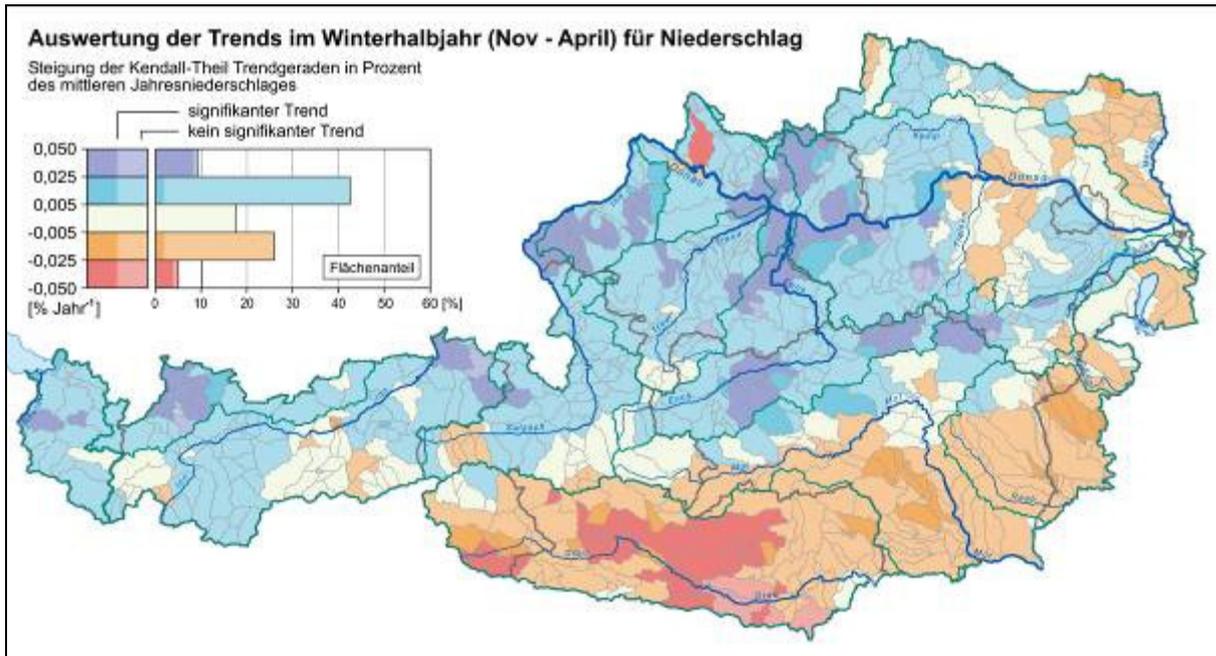


Abbildung 22: Auswertung der Trends im Winterhalbjahr (Nov – April) für Niederschlag

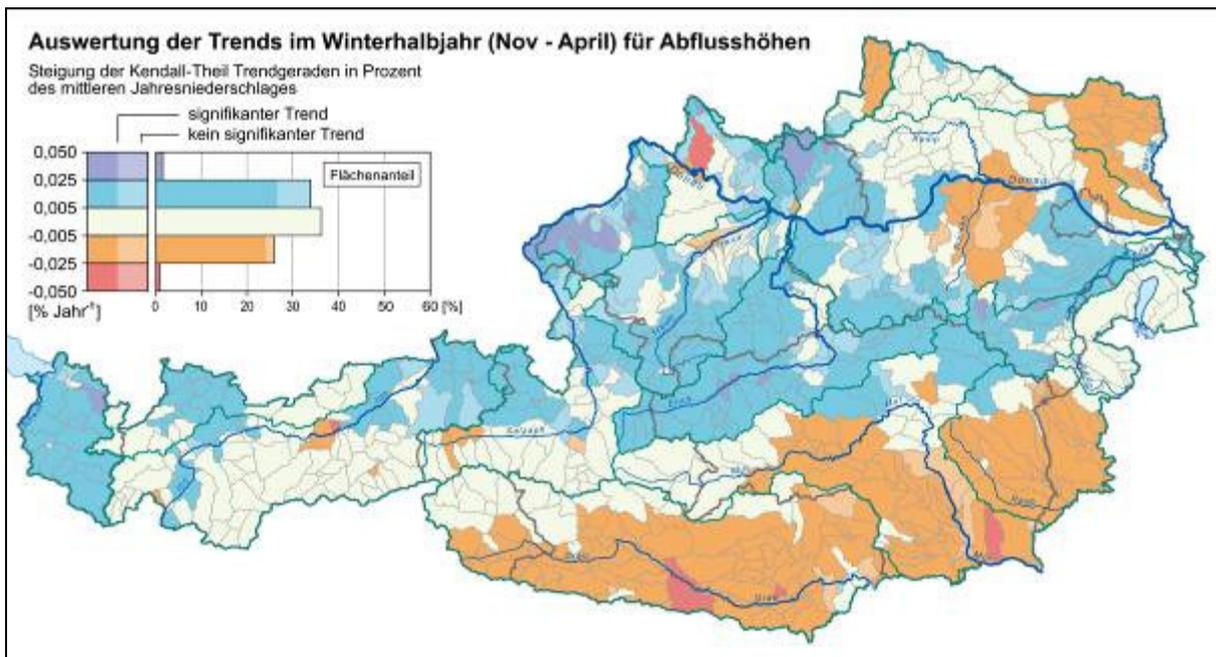


Abbildung 23: Auswertung der Trends im Winterhalbjahr (Nov – April) für Abflusshöhen

In den Sommermonaten ist die räumliche Trennung durch den Alpenhauptkamm weniger stark ausgeprägt (Abbildung 24). Die Niederschläge weisen vor allem im Norden (Alpenvorland, Mühlviertel) stark negative Trends auf, aber auch im Süden ist der Trend größtenteils negativ, wenn auch statistisch nicht signifikant. Auffällig ist eine ausgedehnte Zone positiver Niederschlagstrends, die sich vom Mürztal über das Wiener Becken und das nördliche Burgenland erstreckt. Das räumliche Muster der Niederschlagstrends tritt im Wesentlichen auch

in den Abflusshöhen auf, mit den Schwerpunkten stark negativer Trends im oberösterreichischen Alpenvorland und in Südkärnten (Abbildung 25).

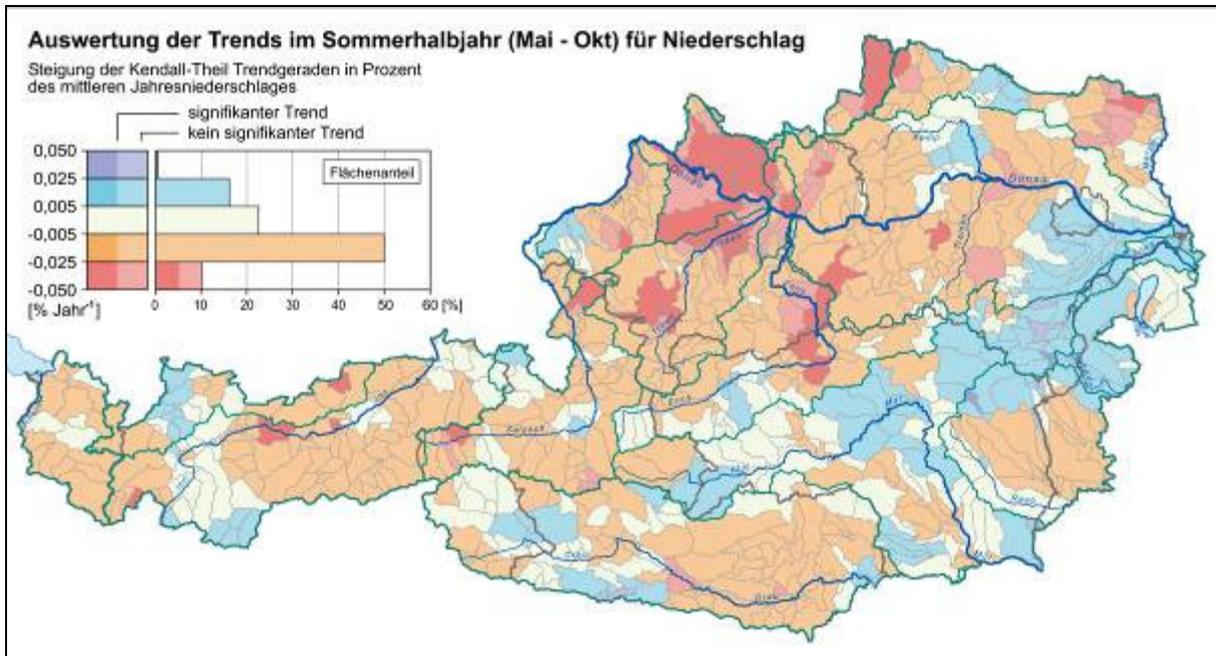


Abbildung 24: Auswertung der Trends im Sommerhalbjahr (Mai – Okt) für Niederschlag

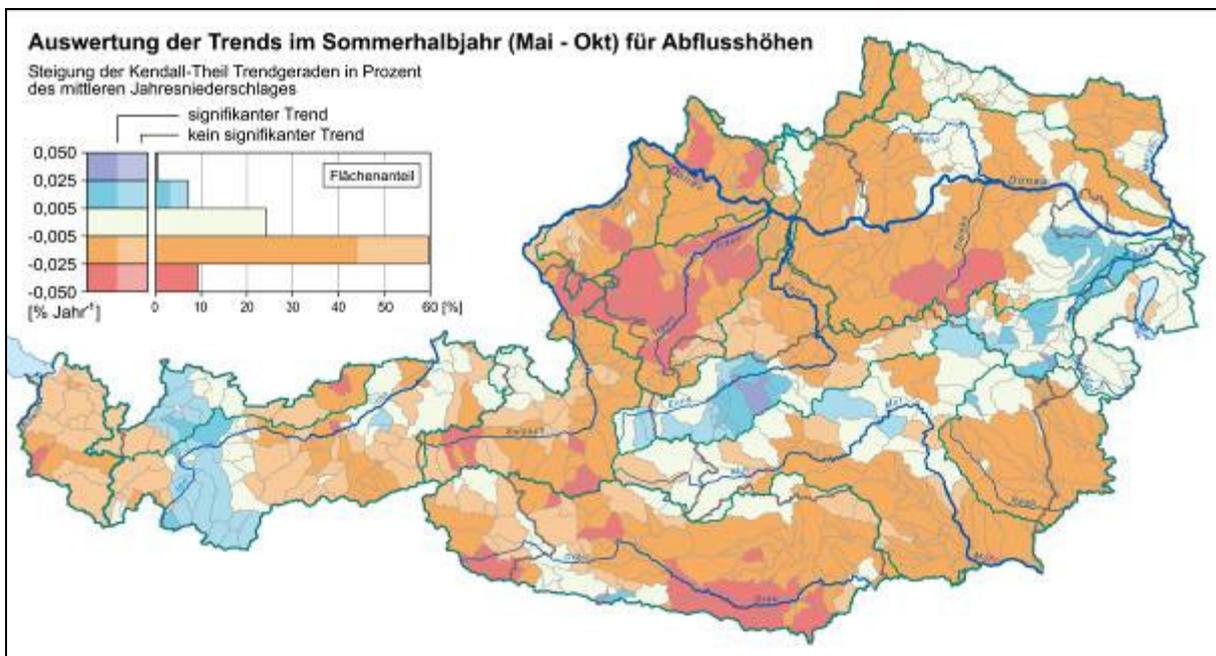


Abbildung 25: Auswertung der Trends im Sommerhalbjahr (Mai – Okt) für Abflusshöhen

5.3.3 Auswertung von Jahreszeiten (Vierteljahren)

Das bereits in den Halbjahresauswertungen erkennbare geographisch unterschiedliche Trendverhalten wird durch eine weitere Unterscheidung in vier Jahreszeiten noch deutlicher. Die Auswertung erfolgte für Vierteljahre September – November (Herbst), Dezember – Februar (Winter), März – Mai (Frühjahr) und Juni – August (Sommer).

Die Kartendarstellungen der Trends, Abbildung 29 bis Abbildung 36, sind aus Gründen der besseren Lesbarkeit im Anschluss an die Erläuterungen zusammengefasst, und zwar jeweils die Trends einer Jahreszeit für Niederschlag und Abflusshöhen auf einer Seite gegenübergestellt. Ergänzt werden die Darstellungen der Trends in Niederschlag und Abfluss durch saisonale Karten der Trends in der Änderung des Wasservorrats (Abbildung 37 - Abbildung 40), durch die jahreszeitliche Verschiebungen zwischen den Trends in Niederschlag und Abfluss erklärt werden.

5.3.3.1 Saisonale Trends im Niederschlag

Die Trends im **Niederschlag** zeigen deutliche Unterschiede, sogar gegenläufige Trends, in den vier Jahreszeiten und eine ausgeprägte räumliche Trennung durch den Alpenhauptkamm.

Besonders prägnant ist das gegensätzliche Trendverhalten von Herbst- und Sommermonaten. In den Herbstmonaten ist das Gebiet nördlich der Alpen durch stark positive, statistisch signifikante Trends gekennzeichnet. Auf etwa 32% der Staatsfläche zeigen die Monatsniederschläge einen Trend von 0.025 – 0.05 Prozent des mittleren Jahresniederschlages. Innerhalb der letzten 50 Jahre erbringen hier die drei Herbstmonate eine Zunahme von 3.75 – 7.5 % des Jahresniederschlages, das sind bei einem mittleren Gebietsniederschlag von etwa 1200 mm zusätzliche Niederschlagshöhen von 45 bis 90 mm. Bemerkenswert ist, dass diese zusätzlichen Niederschläge nicht in den Herbstmonaten zu einem entsprechenden Trend in den Abflusshöhen führen (Abbildung 30), sondern gespeichert werden (Abbildung 37).

Südlich des Alpenhauptkammes zeigen die Herbstmonate keine oder nur geringe, in Kärnten, Osttirol und im südlichen Teil Tirols leicht negative Trends.

Die Winterniederschläge zeigen auf 58% des Bundesgebietes einen leicht negativen, statistisch nicht signifikanten Trend. Der östliche Teil Kärntens bildet hingegen ein größeres Gebiet mit signifikanten negativen Trends. Keinen Trend bzw. leicht positiven Trend zeigen große Teile Oberösterreichs und das westliche Niederösterreich, sowie das Wiener Becken. Während der Frühjahrsmonate ist kein ausgeprägtes räumliches Muster in den Trends erkennbar. Insgesamt überwiegen leicht positive Trends. Das östliche Kärnten und die südliche Steiermark bilden einen Bereich mit teilweise deutlich negativem Trend. Teile des oberen

Enns- und Murgebiets bis hin zu Schwarza- und Leithagebiet weisen positive Trends auf, allerdings nur teilweise signifikant.

Die Karte der Trends in den Sommermonaten (Abbildung 35) zeigt schließlich nördlich der Alpen ein zu den Herbsttrends gegenläufiges Bild. Ober- und Niederösterreich zeigen stark negative Trends, die zu einem großen Teil auch statistisch signifikant sind. Das Salzbachgebiet weist hingegen nur einen schwach negativen Trend auf. Auffällig ist ferner ein Bereich leicht positiver Trends im westlichen Tirol bis etwa zur Ötztaler Ache.

Die zeitliche Entwicklung der saisonalen Niederschläge ist gut in einer Darstellung der kumulierten Abweichung vom Mittelwert SD_x erkennbar.

$$SD_x(T) = \sum_{t=0}^T x(t) - \bar{x}$$

Liegt die Reihe $x(t)$ in einem Zeitabschnitt über dem Durchschnitt, ergibt sich ein Anstieg der Kurve $SD_x(t)$, Werte darunter äußern sich in einem Rückgang. Liegt über längere Zeit ein monotoner positiver Trend vor, ist er in dieser Darstellung als Wölbung der Linie nach unten erkennbar. Ein negativer Trend ist als Wölbung nach oben ersichtlich (Abbildung 26).

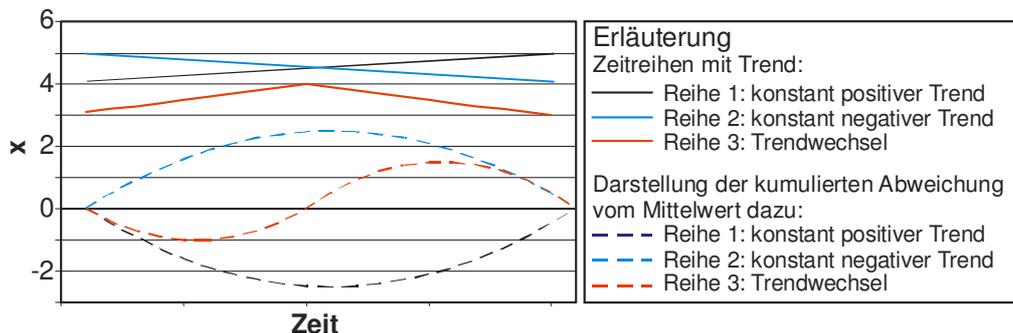


Abbildung 26: Schematische Illustration zur Interpretation des Verlaufes der kumulierten Abweichung vom Mittelwert

In Abbildung 27 ist der Verlauf für je ein Gebiet nördlich (Rodl) und südlich der Alpen (Obere Gail) dargestellt.

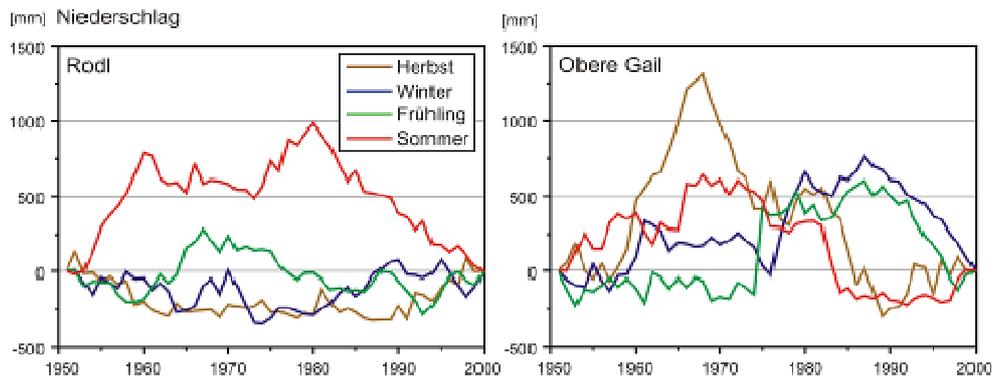


Abbildung 27: Kumulierte Abweichung vom Mittelwert der Niederschläge in den Einzugsgebieten der Rodl (Oberes Mühlviertel) und der Oberen Gail (Kärnten) von 1951 - 2000

Im Gebiet der Rodl ist ein weitgehend monotoner positiver Trend der Herbstniederschläge über den gesamten Zeitraum erkennbar. Die Sommerniederschläge sind dagegen durch einen deutlich negativen Trend gekennzeichnet. Im oberen Gailgebiet überwiegen die negativen Trends, wobei ein besonders deutlicher negativer Trend ab etwa 1975 im Winter und Frühling auffällt. Die Sommer- und Herbstniederschläge weisen dagegen den stärksten negativen Trend bereits in der Zeit bis 1980 auf.

5.3.3.2 Saisonale Trends im Abfluss

Die Karten für die Trends in den **Abflusshöhen** weisen durchwegs größere Flächenanteile mit statistisch signifikanten Trends aus als die Niederschläge, auch wenn die Größe des Trends geringer ist.

Die Abflusshöhen in den Herbstmonaten (Abbildung 30) zeigen den geringsten Trend. Ein größeres zusammenhängendes Gebiet mit negativem Trend gibt es südlich des Alpenhauptkammes, beginnend im Ötztal bis in das südliche Burgenland. Die nördlichen Alpen sind durch neutrale bis schwach positive Trends gekennzeichnet, im oberen Ennsgebiet sind auch deutlich positive Trends festzustellen. Das Nördliche Alpenvorland und die Gebiete nördlich der Donau zeigen keine oder schwach negative Trends.

Vergleicht man die Karte mit den Trends in den Herbstniederschlägen (Abbildung 29), so fällt auf, dass die deutlich positiven Trends der Niederschläge nicht schon in den Herbstmonaten zu entsprechenden Trends im Abfluss führen, sondern erst im Winter eine Reaktion im Abflusstrend bewirken. Der zusätzliche Herbstniederschlag wird also verstärkt im Boden- und Grundwasser gespeichert (Abbildung 37).

Die Karte der Trends des Abflusses in den Wintermonaten (Abbildung 32) spiegelt weitgehend das räumliche Muster der Trends in den Niederschlagshöhen der Herbstmonate wider:

Deutlich positive Trends treten nördlich des Alpenhauptkammes auf, während schwach negative Trends südlich davon zu beobachten sind.

Die Abflusstrends der Frühlingsmonate (Abbildung 34) zeigen ein ähnliches räumliches Muster wie in den Herbstmonaten, allerdings sind die negativen Trends von Osttirol über Kärnten bis ins südliche Burgenland als auch die positiven Trends vom Ennsgebiet bis zum Wiener Becken stärker ausgeprägt. Ebenso fallen positive Trends im unteren Mühlviertel auf.

In den Sommermonaten (Abbildung 36) weisen 80% des Staatsgebietes einen negativen Trend auf, der nördlich des Alpenhauptkammes sehr gut mit den Trends im Niederschlag übereinstimmt, im Süden aber deutlich stärker als der Trend im Niederschlag ausgeprägt ist.

Die zeitliche Entwicklung der saisonalen Abflusshöhen ist gut in einer Darstellung der kumulierten Abweichung vom Mittelwert erkennbar. In Abbildung 28 ist der Verlauf für je ein Gebiet nördlich (Rodl) und südlich der Alpen (Obere Gail) dargestellt.

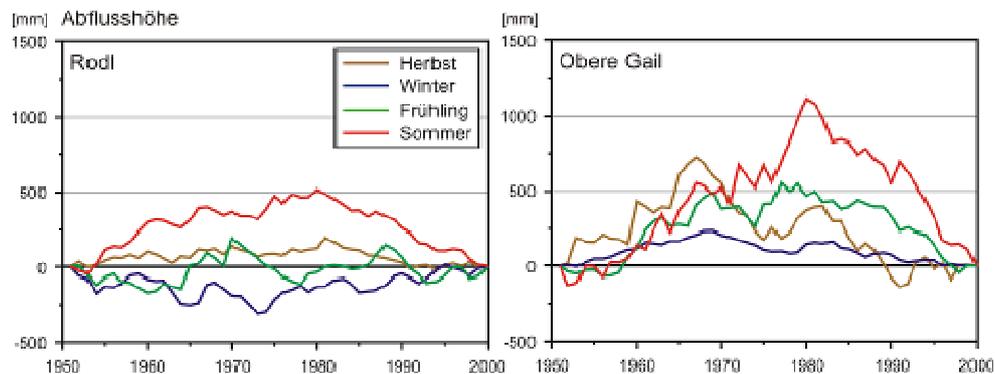


Abbildung 28: Kumulierte Abweichung vom Mittelwert der Abflusshöhe in den Einzugsgebieten der Rodl (Oberes Mühlviertel) und der Oberen Gail (Kärnten) von 1951 - 2000

Im Gebiet der Rodl ist ein weitgehend monotoner positiver Trend der Winterabflüsse über den gesamten Zeitraum erkennbar, während die Herbstmonate kaum einen Trend aufweisen. Die Sommerabflüsse sind dagegen durch einen deutlich negativen Trend gekennzeichnet. Im oberen Gailgebiet überwiegen die negativen Trends in allen Jahreszeiten, wobei ein besonders deutlicher negativer Trend ab etwa 1975 im Frühling und Sommer auffällt.

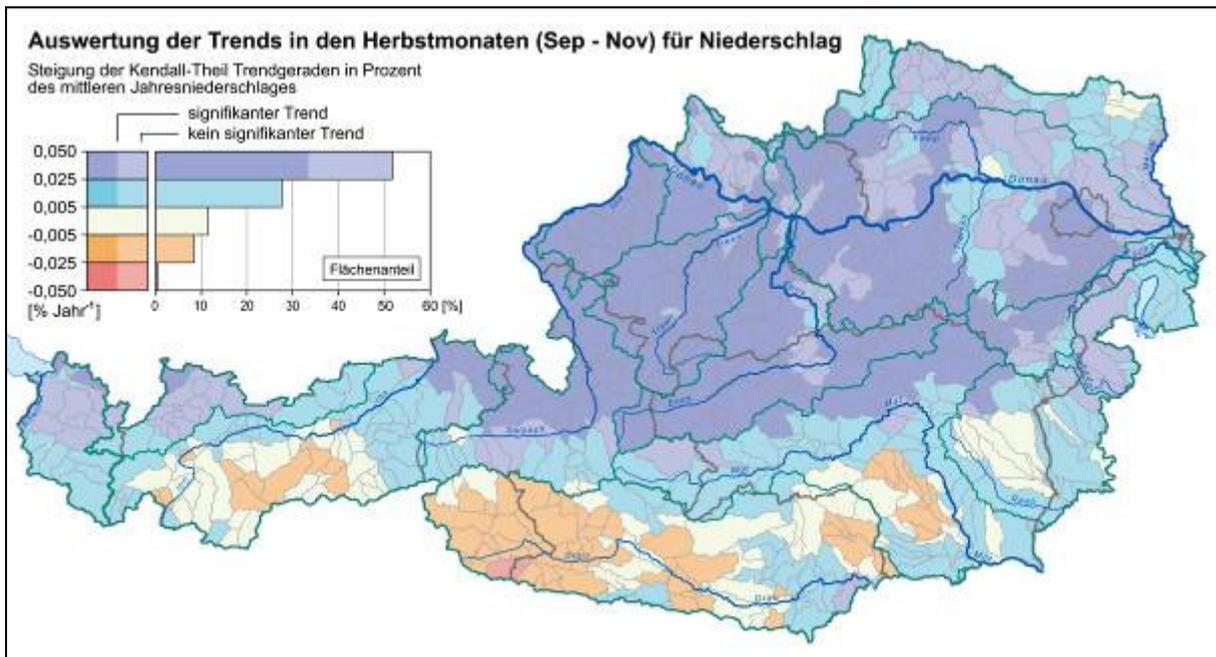


Abbildung 29: Auswertung der Trends in den Herbstmonaten (Sep – Nov) für Niederschlag

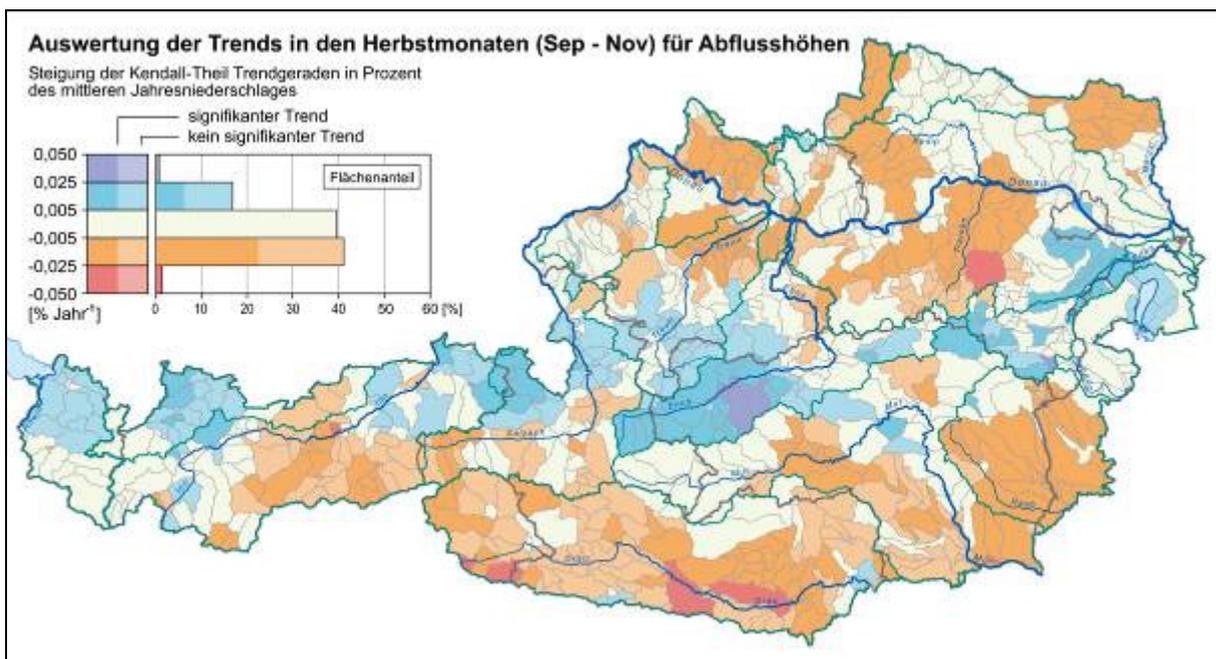


Abbildung 30: Auswertung der Trends in den Herbstmonaten (Sep – Nov) für Abflusshöhen

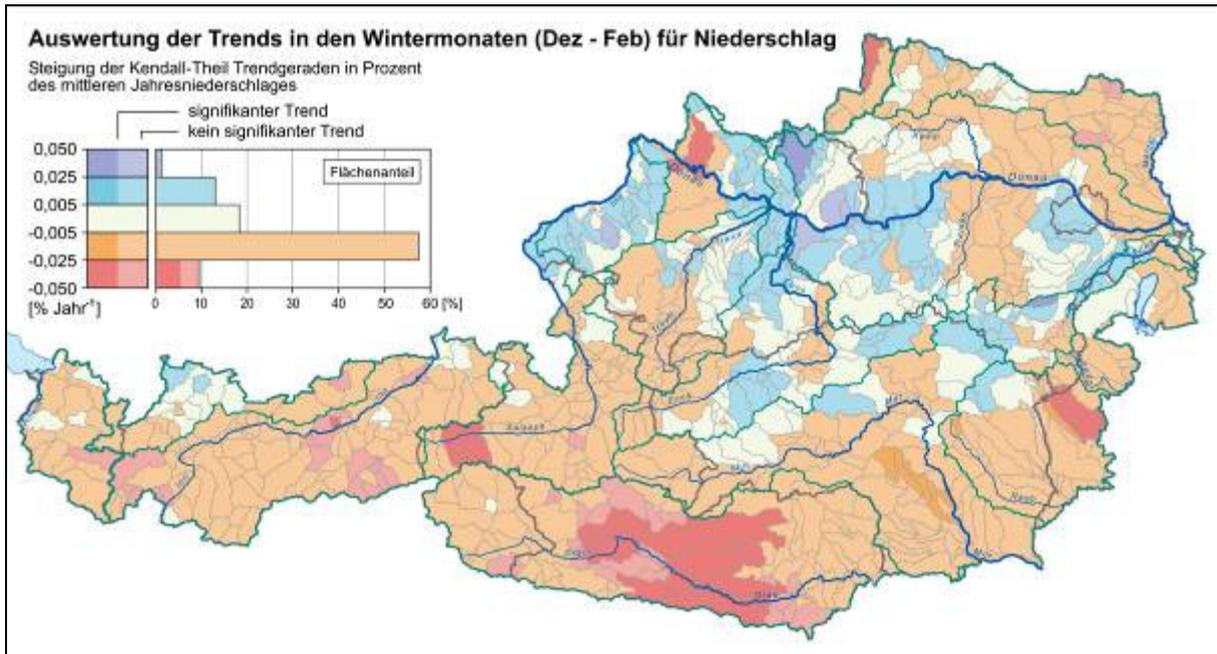


Abbildung 31: Auswertung der Trends in den Wintermonaten (Dez – Feb) für Niederschlag

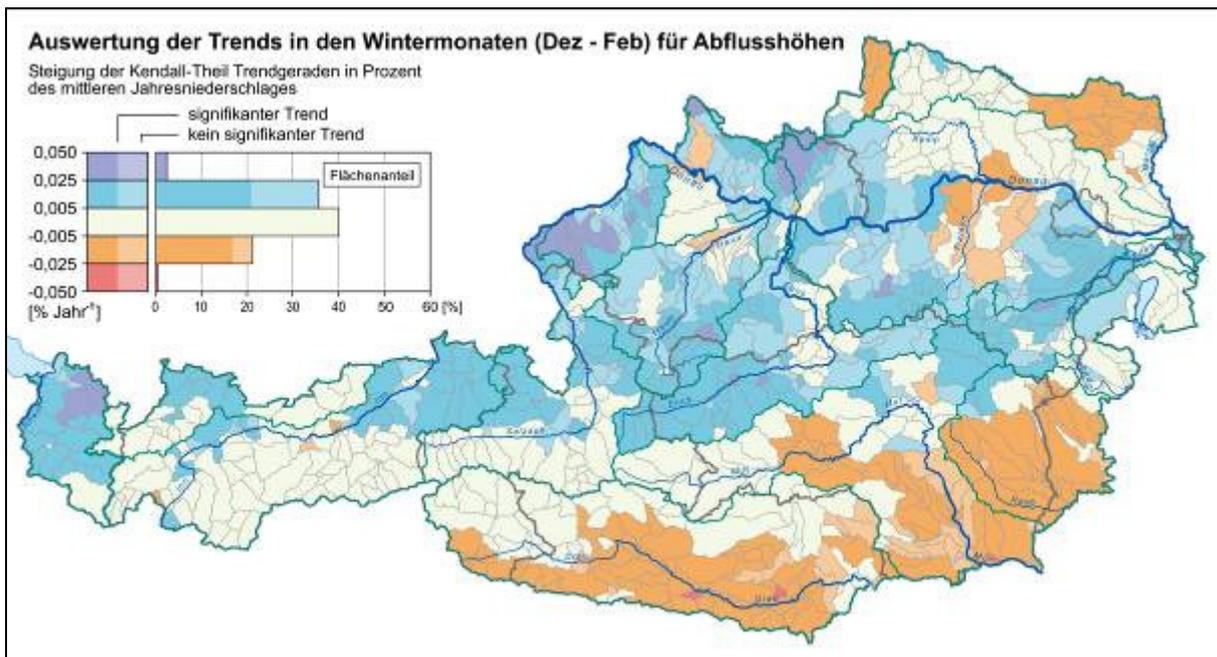


Abbildung 32: Auswertung der Trends in den Wintermonaten (Dez – Feb) für Abflusshöhen

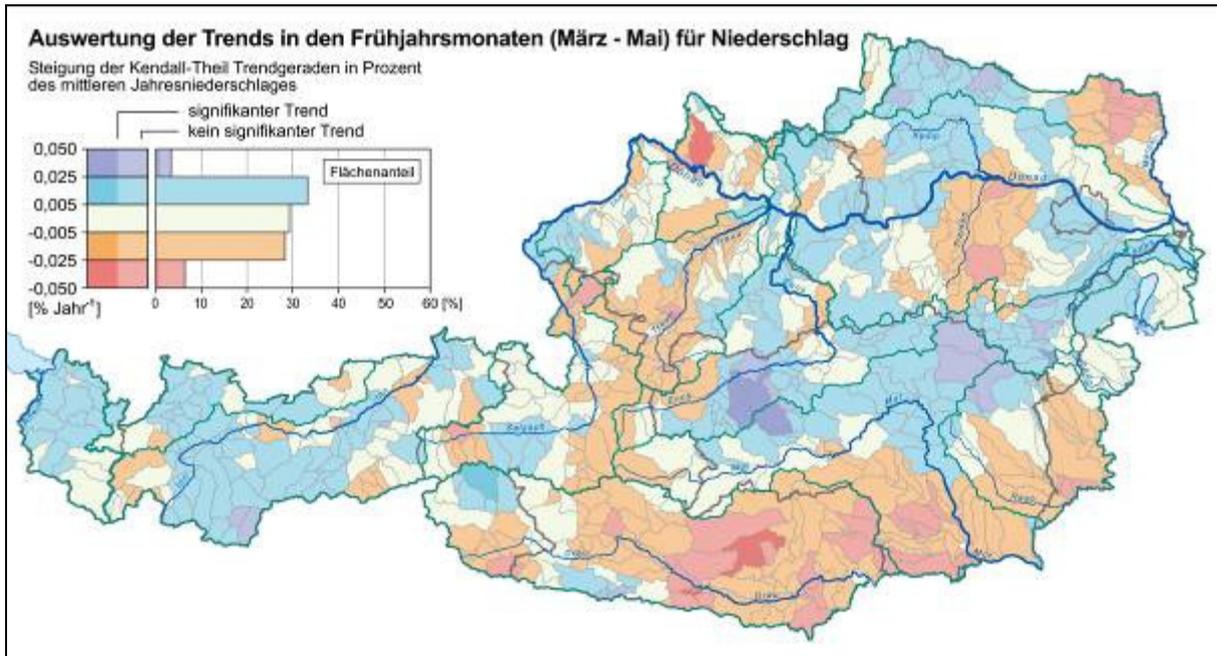


Abbildung 33: Auswertung der Trends in den Frühjahrsmonaten (März – Mai) für Niederschlag

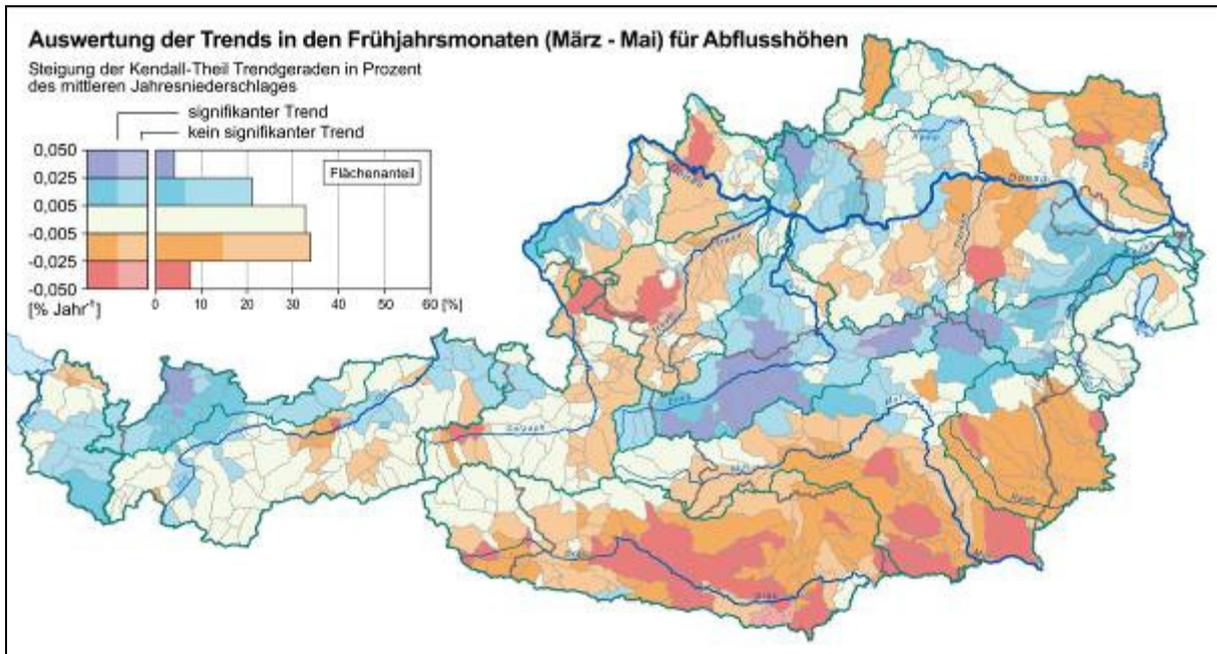


Abbildung 34: Auswertung der Trends in den Frühjahrsmonaten (März – Mai) für Abflusshöhen

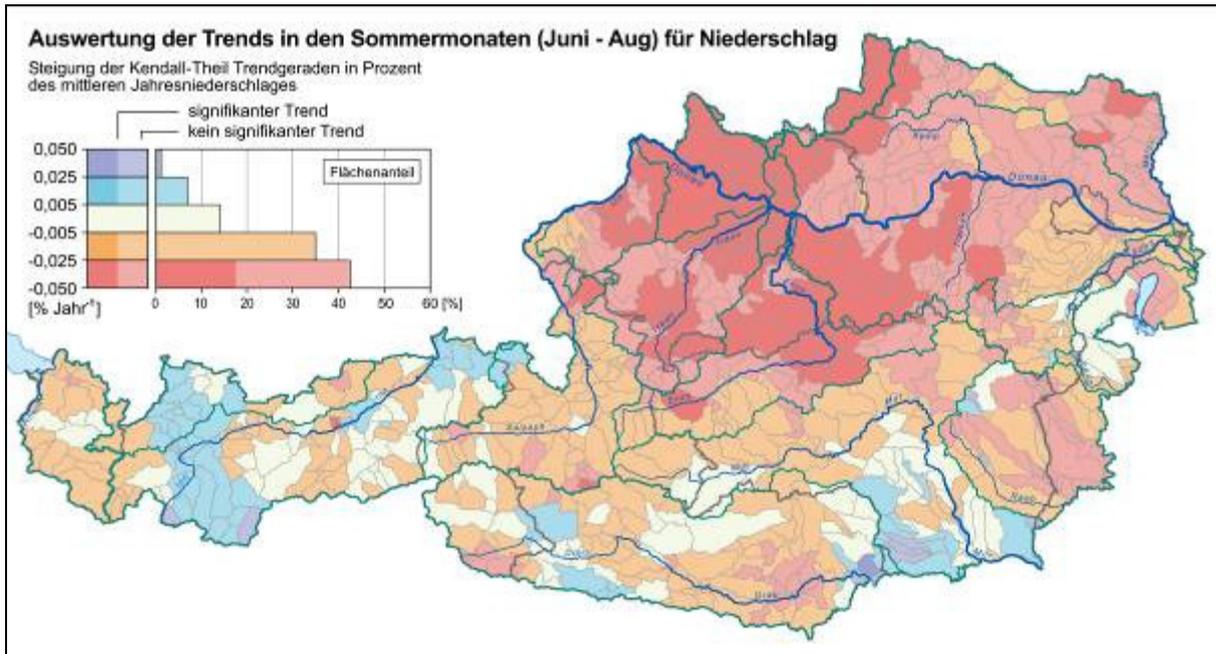


Abbildung 35: Auswertung der Trends in den Sommermonaten (Juni – Aug) für Niederschlag

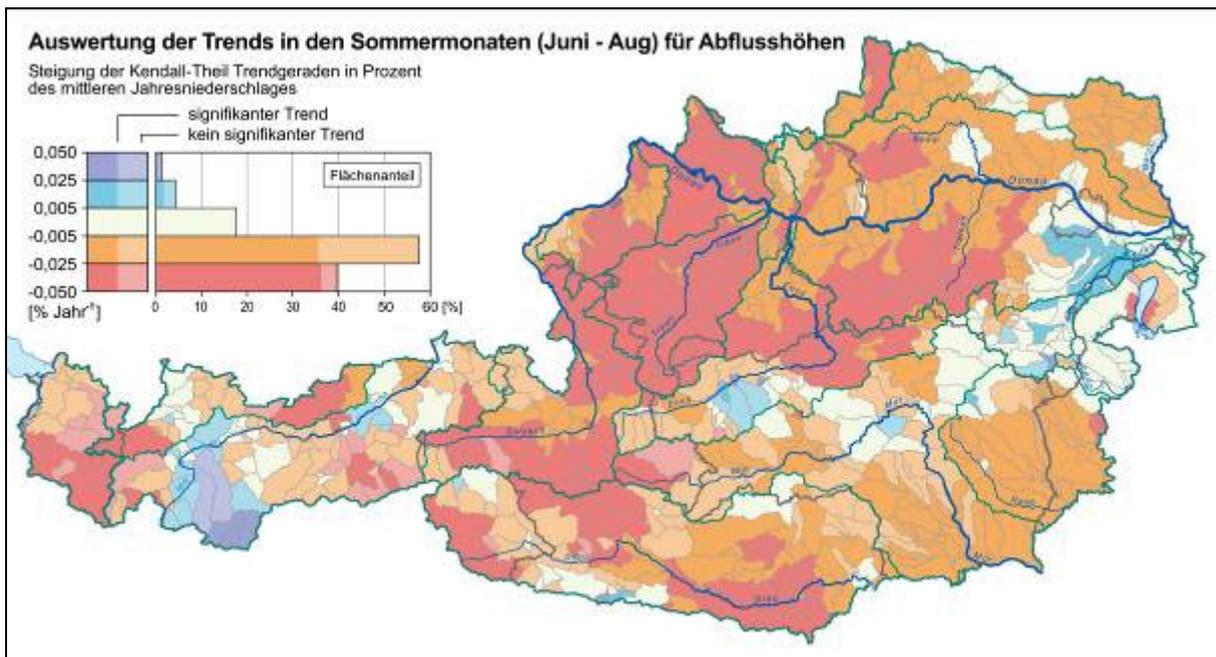


Abbildung 36: Auswertung der Trends in den Sommermonaten (Juni – Aug) für Abflusshöhen

5.3.3.3 Saisonale Trends in der Änderung des Wasservorrats

In der Analyse der Änderung des **Wasservorrats** ergab sich die auffälligste Karte für den Trend in den Herbstmonaten September bis November (Abbildung 37). Ein Großteil des Gebietes nördlich des Alpenhauptkammes, nahezu die gesamte Fläche von Salzburg, Oberösterreich und Niederösterreich, weist einen deutlichen positiven Trend auf, der auf ca. 45%

der Staatsfläche statistisch signifikant ist. Auch die meisten übrigen Gebiete – mit Ausnahme eines Abschnittes im Gailtal – zeigen einen zumindest schwachen positiven Trend, allerdings nicht statistisch signifikant. Die Größe des Trends deckt sich sehr gut mit dem Trend im Niederschlag (Abbildung 29).

Betrachtet man die mittlere Änderung des Wasservorrats, überwiegend im Boden- und Grundwasser, in einzelnen Abschnitten des Untersuchungszeitraumes, ergeben sich folgende Zahlenwerte: Die mittlere Speicheränderung im Herbst lag im ersten Drittel des Untersuchungszeitraumes (1951 - 1966) nördlich der Alpen großteils in der Klasse von -25 bis +25 mm, im letzten Drittel (1985 - 2000) bereits bei 25 - 75 mm und darüber. Hatte der Herbst also früher nördlich der Alpen eine eher ausgeglichene Wasserbilanz, erfolgt zuletzt zunehmend eine durchaus signifikante Speicherung. Südlich der Alpen, insbesondere in Kärnten und Osttirol, lag die Änderung des Wasservorrats durchwegs deutlich höher (siehe auch HAÖ Karte 7.2), im Bereich 75 – 150 mm, und hat sich nicht wesentlich geändert.

In den übrigen Jahreszeiten überwiegen leicht negative Trends, die zudem nicht signifikant sind. Während Winter- und Frühjahrsmonate (Abbildung 38, Abbildung 39) kaum eine räumliche Gliederung erkennen lassen, ist in den Sommermonaten (Abbildung 40) eine deutliche Nord-Südtrennung erkennbar. Die negativen Trends nördlich und die positiven Trends südlich des Alpenhauptkammes sind allerdings statistisch meist nicht signifikant.

Die Änderung des Wasservorrats in den Wintermonaten weist in den meisten Gebieten keinen oder einen schwach negativen, statistisch nicht signifikanten Trend auf. Die Funktion der Wintermonate, einen bedeutenden Wasservorrat im Boden und v. a. in Form von Schnee zu bilden (siehe HAÖ Karte 7.2), scheint also nicht signifikant zurückzugehen.

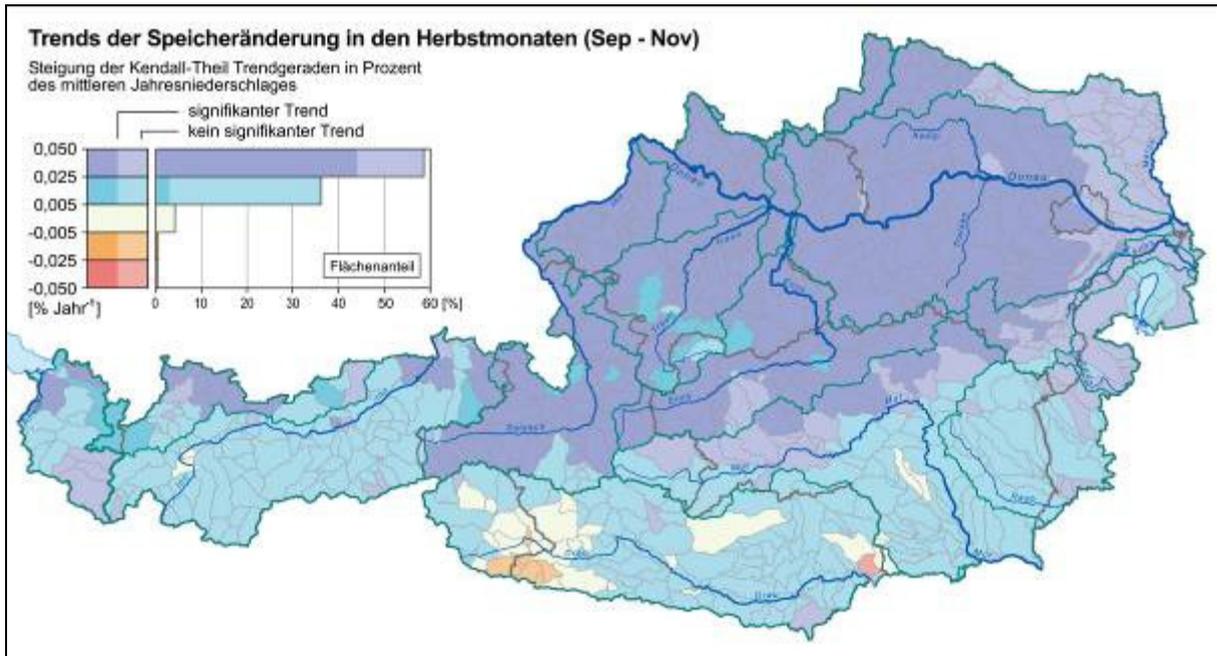


Abbildung 37: Trends der Speicheränderung in den Herbstmonaten (Sep – Nov)

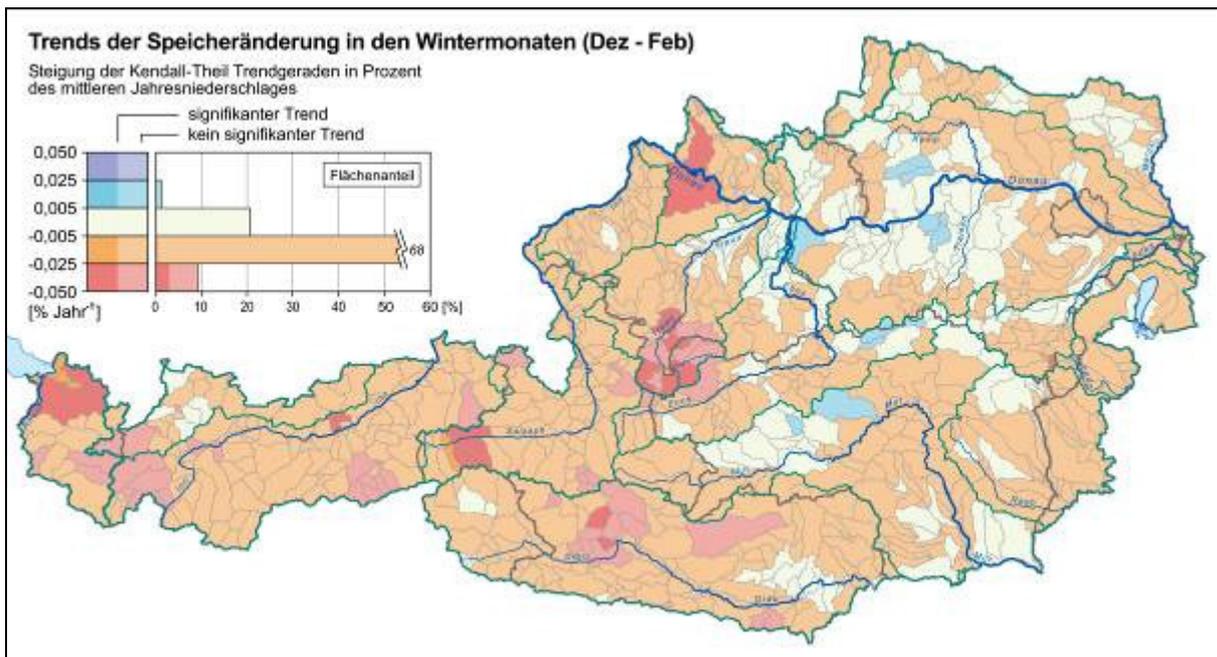


Abbildung 38: Trends der Speicheränderung in den Wintermonaten Dez – Feb)

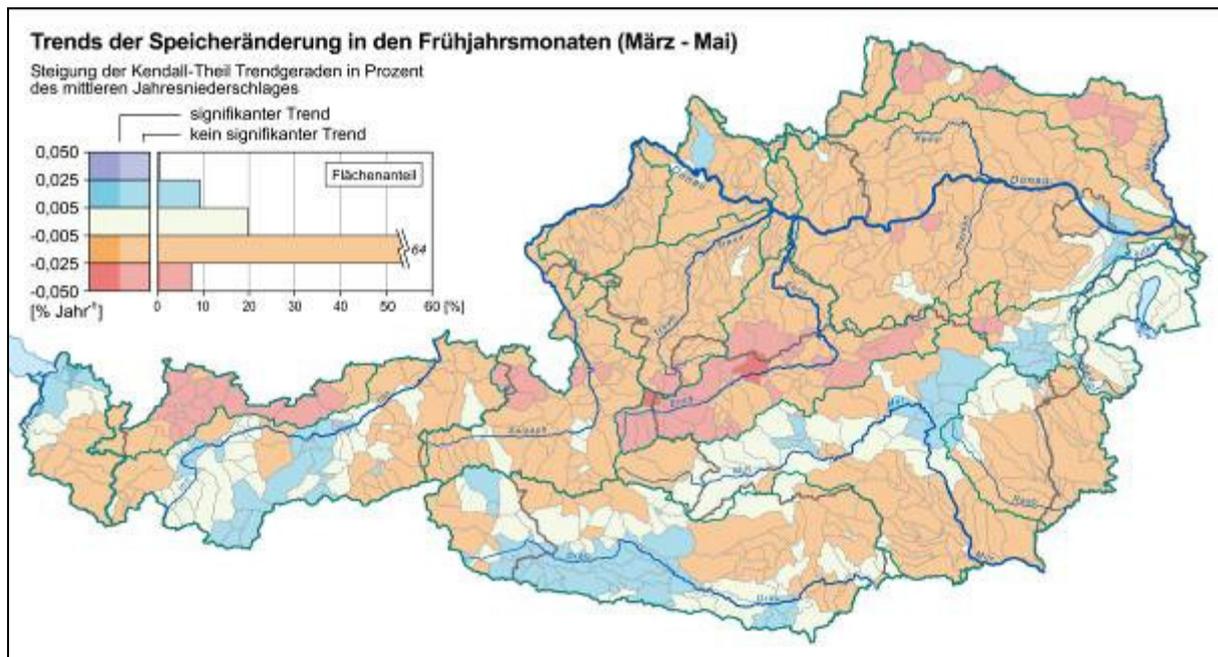


Abbildung 39: Trends der Speicheränderung in den Frühjahrsmonaten März - Mai)

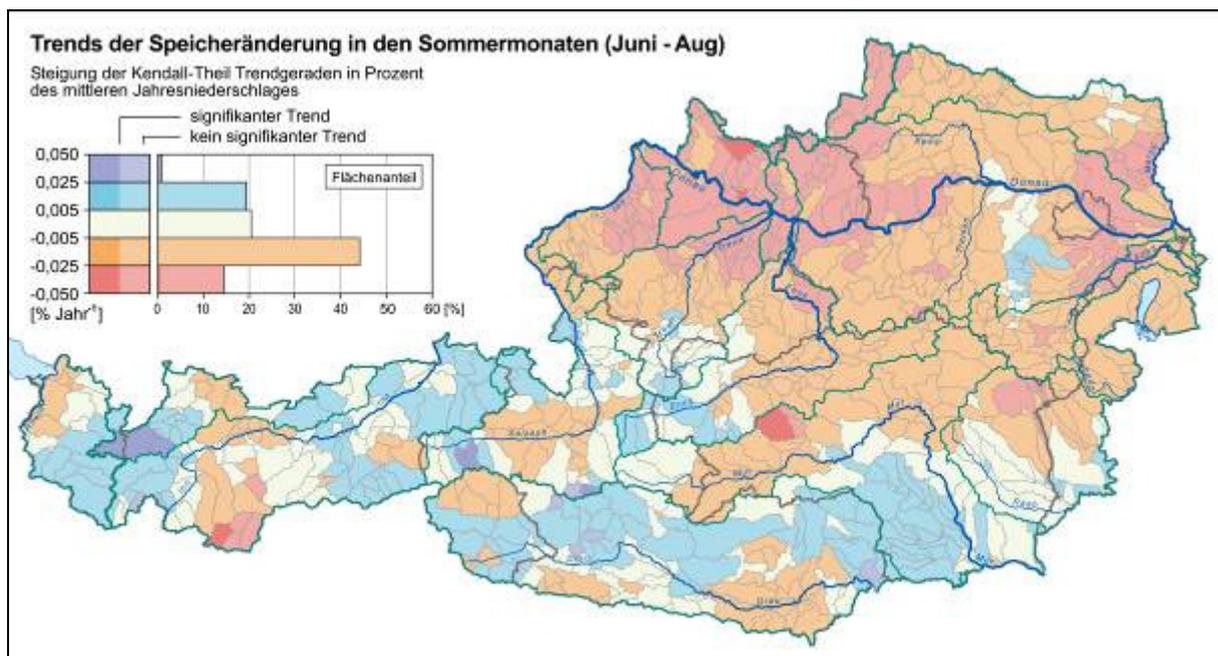


Abbildung 40: Trends der Speicheränderung in den Sommermonaten Juni - Aug)

In Abbildung 41 ist das Trendverhalten der Speicheränderung in den vier Jahreszeiten für zwei ausgewählte Einzugsgebiete – Rodl und oberes Gailgebiet – als kumulative Abweichung vom Mittelwert dargestellt. Sehr gut ist das gegensätzliche Verhalten der beiden Gebiete erkennbar. In beiden Gebieten sind die Veränderungen im Speicherverhalten durch Änderungen im Niederschlag erklärbar. Im Rodlgebiet spielt die Schneespeicherung nur im Winter und Frühling eine Rolle. Im Gailgebiet spielt in allen Jahreszeiten die Speicherung als

Schnee eine wesentliche Rolle. Im Winter wird der starke negative Trend in der Schneespeicherung teilweise durch einen positiven Trend der Speicherung als Boden- oder Grundwasser kompensiert. Sehr deutlich ist eine Änderung des Trendverhaltens um etwa 1975 in allen Jahreszeiten erkennbar.

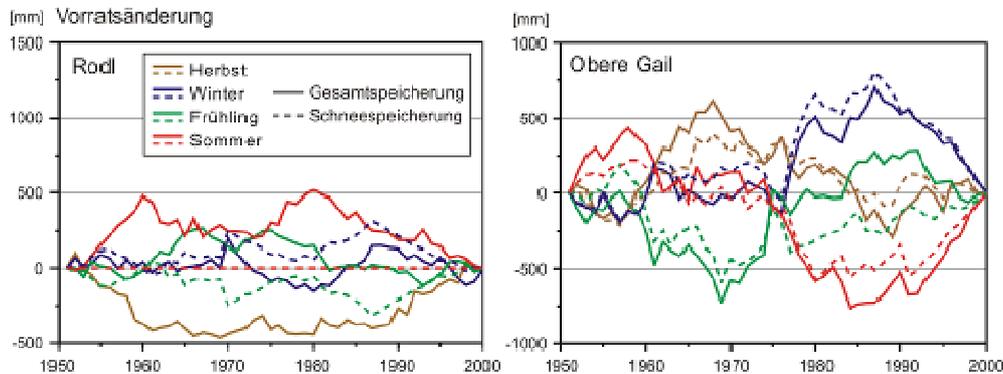


Abbildung 41: Kumulierte Abweichung vom Mittelwert der Speicheränderung für das Einzugsgebiet der Rodl und das obere Gailgebiet

5.4 Zusammenfassung der Trendanalyse anhand der Ergebnisse des Wasserbilanzmodells

Die Trendanalyse der Ergebnisse des Wasserbilanzmodells zeigt eine gute Übereinstimmung mit der messstellenbezogenen Analyse. Die unter Abschnitt 4.3 getroffenen Aussagen gelten auch in der flächenhaften Darstellung. Der wesentliche inhaltliche Unterschied ist, dass die Abflusshöhen aus dem Wasserbilanzmodell einer von Zu- und Ableitungen und anderen wasserbaulichen Maßnahmen unbeeinflussten hydrologischen Situation entsprechen.

- In einer Ganzjahresbetrachtung sind Trends in Niederschlag und Abflusshöhen nur schwach und statistisch kaum signifikant ausgeprägt.
- Erst bei zeitlich differenzierter Analyse für Halb- bzw. Vierteljahre ergeben sich deutliche Trends, die zeitlich und räumlich stark unterschiedlich sind.
- Die räumlichen Muster der Trends von Niederschlag und Abflusshöhen sind für eine Jahreszeit im Allgemeinen ähnlich. Nur die stark positiven Trends des Niederschlags im Herbst kommen erst in den Abflusshöhentrends des Winters zum Ausdruck.
- Der Alpenhauptkamm bildet eine klare räumliche Grenze. Eindeutig positiven Trends im Herbst/Winter nördlich des Alpenhauptkammes stehen negative Trends im Süden gegenüber.

- Das Gebiet südlich des Alpenhauptkammes – speziell Kärnten – ist ganzjährig durch negative Trends geprägt, die am stärksten in den Frühjahrs- und Sommermonaten ausgeprägt sind.

6 Literatur

- BERGSTRÖM S., 1992: The HBV Model - its structure and applications; SMHI Reports Hydrology, No. 4.
- BIRSAN M.-V., MOLNAR P., BURLANDO P., PFAUNDLER M., 2005: Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology* 314: 312-329
- BMLFUW (ed.), 2007: Hydrologischer Atlas Österreichs, 3. Lieferung. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-85437-250-7
- BUDYKO M.I., 1974: *Klimat I zhizn, Gidrometeoizdat.*, St. Petersburg, Russia, (English translation, Miller, D.H., *Climate and Life, Academic, New York, 1974.*)
- BURN D.H., HAG ELNUR M.A., 2002: Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* 255: 107-122
- CANNAROZZO M., NOTO L.V., VIOLA F., 2006: Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921-200). *Physics and Chemistry of the Earth* 31: 1201-1211
- DOBESCH H., 2003: Mittlere potentielle Jahresverdunstung, in BMLFUW (ed.), *Hydrologischer Atlas Österreichs, 1. Lieferung, Kartentafel 3.2*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-85437-250-7
- DORE M.H.I., 2005: Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International* 31: 1167-1181
- EDER, G., SIVAPALAN, M., NACHTNEBEL, H.P., 2003: Modelling water balances in an Alpine catchment through exploitation of emergent properties over changing time scales. *Hydrological Processes*. 17(11): 2125-2149
- EDER, G., FUCHS, M., NACHTNEBEL, H.P., LOIBL, W., 2005: Semi-distributed modelling of the monthly water balance in an Alpine catchment. *Hydrological Processes*, 19(12): 2339-2360
- FUCHS M., 1998: Modeling snowmelt runoff in an Alpine watershed. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.
- HELSEL D.R., HIRSCH R.M., 1992: *Statistical methods in water resources. Studies in environmental science.* Amsterdam: Elsevier, ISBN: 0-444-88528-5
- HIRSCH R.M., SLACK J.R., SMITH R.A., 1982: Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18 (1): 107-121

- KAHYA E., KALAYCI S., 2004: Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology* 289: 128-144
- KLING H., 2006: Spatio-temporal modelling of the water balance of Austria. Dissertation. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie u. konstr. Wasserbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- KLING H., FÜRST J., NACHTNEBEL H.P., 2005: Spatio-temporal water balance Danube. Final report. Österreichische Akademie der Wissenschaften, HÖ 27/2003
- KLING, H., FÜRST, J., NACHTNEBEL, H.P., 2006: Seasonal, spatially distributed modelling of accumulation and melting of snow for computing runoff in a long-term, large-basin water balance model. *Hydrological Processes*, 20(10): 2141-2156
- KUNDZEWICZ Z.W., GRACZYK D., MAURER T., PRZYMUSINSKA I., RADZIEJEWSKI M., SVENSSON C., SZWED M., 2004: Detection of change in world-wide hydrological time series of maximum annual flow. GRDC Report 32. Deutschland: BfG.
- MANN H.B., 1945: Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13: 245-259
- NACHTNEBEL H.P., BAUMUNG S., LETTL W., 1993: Abflussprognosemodell für das Einzugsgebiet der Enns und der Steyr (Handbuch). IWHW, BOKU, Wien.
- NASH J.E., SUTCLIFFE J.V., 1970: River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10 (3): 282–290
- NOBILIS F., LORENZ P., 1997: Flood trends in Austria. In: Leavesley, G. H., Lins, H. F., Nobilis, F., Parker, R. S., Schneider, V. R. & van de Ven, F. H. M. (eds) *Destructive Water: Water-caused Natural Disasters, their Abatement and Control*, IAHS Publ. No. 239. UK: Wallingford.
- PEKÁROVÁ P., MIKLÁNEK P., PEKÁR J., 2003: Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th-20th centuries. *Journal of Hydrology* 274: 62-79
- SKODA G., LORENZ P., 2003: Mittlere Jahresniederschlagshöhe – Modellrechnung mit unkorrigierten Daten, in BMLFUW (ed.), *Hydrologischer Atlas Österreichs*, 1. Lieferung, Kartentafel 2.2, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-85437-250-7
- SKODA G., LORENZ P., 2005: Variabilität der Niederschläge. in BMLFUW (ed.), *Hydrologischer Atlas Österreichs*, 2. Lieferung, Kartentafel 2.4, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, ISBN 3-85437-250-7
- SVENSSON C., KUNDZEWICZ Z.W., MAURER T., 2004: Trends in flood and low flow series. GRDC Report 33. Deutschland: BfG.

VAN BELLE G., HUGHES J.P., 1984: Nonparametric tests for trend in water quality. Water Resources Research 20 (1): 127-136

XU Z.X., TAKEUCHI K., ISHIDAIRA H., 2003: Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. Journal of Hydrology 279: 14-150

ZIERL B., BUGMANN H., 2005: Global change impacts on hydrological processes in Alpine catchments. Water Resources Research 41: DOI:10.1029/2004WR003447

Anschrift der Verfasser:

Ao. Univ.Prof. DI Dr. Josef Fürst, Univ.Prof. DI Dr. Dr. h.c. Hans Peter Nachtnebel, DI Dr.

Harald Kling und DI Thomas Hörhan

Universität für Bodenkultur Wien

Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau

Muthgasse 18

1190 Wien

Email: josef.fuerst@boku.ac.at

Berichte und Mitteilungen

Wasserkreislaufferhebungsverordnung – WKEV

Am 29. August 2003 wurde im Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich das 82. Bundesgesetz verlautbart, mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 und das Wasserbautenförderungsgesetz 1985 geändert werden sowie das Hydrographiegesetz aufgehoben wird.

Das Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich Nr. 82 (BMLFUW, 2003) enthält eine Gegenüberstellung der Textpassagen des ehemaligen, bis 22. Dezember 2006 gültigen Hydrographiegesetzes und des neuen Wasserrechtsgesetzes. Dabei finden sich relevante Textpassagen nun in den §§ 55k, 59c, 59i, 72 (1), 72 (2), 143b (1), 143b (2) und 143b (3) des Wasserrechtsgesetzes (WRG).

Die mit dem Hydrographiegesetz verbundene Verordnung wurde durch die Wasserkreislaufferhebungsverordnung (WKEV) ersetzt. Diese wurde mit dem **Bundesgesetzblatt Nr. 478 - ausgegeben am 14. Dezember 2006** - verordnet und hat das Hydrographiegesetz mit 22. Dezember 2006 endgültig außer Kraft gesetzt.

Mit der WKEV werden die Grundsätze eines hydrographischen Messnetzes zur mengenmäßigen Bestimmung der Komponenten des Wasserkreislaufes in Österreich gemäß § 59c Abs. 2 und 3 des WRG 1959 (Novelle 2003) im Detail beschrieben, sowie

1. die örtliche Bestimmung der Beobachtung und Messungen,
 2. Kriterien für die Messstellenerrichtung,
 3. die zu überwachenden Parameter,
 4. der Zeitraum und die Frequenz der Messungen,
 5. Methoden und Verfahren für die Probenahme und -analyse (sowie für die Auswertung der Messdaten) und
 6. Vorgaben für die Datenverarbeitung und -übermittlung
- festgelegt.

Die Messstellen des Basismessnetzes sind so auszuwählen:

- dass bei Oberflächengewässern eine repräsentative Erfassung von Wasserstand, Durchfluss, Wassertemperatur und der Feststoffe innerhalb der unterschiedlichen hydrologischen Regime durchgeführt werden kann.
- dass das Grundwasser in der gesättigten und ungesättigten Zone, in oberflächennahen Grundwasserkörpern und in Tiefengrundwasserkörpern sowie die Quellen repräsentativ erfasst werden.
- dass im atmosphärischen Bereich eine repräsentative Erfassung von Niederschlag, Lufttemperatur, Verdunstung sowie der Eisverhältnisse im Hochgebirge in ihrer räumlich-zeitlichen Variabilität möglich ist.
- dass auf zwischenstaatliche Vereinbarungen Rücksicht genommen werden kann.

Die repräsentative Erfassung bedeutet, dass die Ergebnisse der Messungen des Basismessnetzes auf unbeobachtete Gebiete, Wasserkörper und Grundwasserkörper übertragbar sind und so eine Regionalisierung auf das gesamte Bundesgebiet ermöglichen.

Die im Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramtes (www.ris.bka.at) enthaltene Verordnung ist in 5 Teile gegliedert. Neben den allgemeinen Bestimmungen (Teil 1) und den Schlussbestimmungen (Teil 5) enthalten die Teile 2 bis 3 Bestimmungen für die Beobachtung und das Messen an Oberflächengewässern, im unterirdischen Wasser und an Quellen, sowie an Messstellen des atmosphärischen Bereiches (Niederschlag und Lufttemperatur).

Die WKEV enthält weiter die Anlagen A, B und C. Die Anlage A ist eine Darstellung der Planungsräume nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Um die unterschiedlichen hydrologischen Regime bei der Planung des Basismessnetzes berücksichtigen zu können, wurden die Planungsräume weiter in Teileinzugsgebiete unterteilt. Die Anlage B enthält die Anzahl der gewässerkundlichen Einrichtungen für jedes Flussgebiet nach Anlage A und für jedes Bundesland, in dem dieses Gebiet liegt. Abschließend finden sich in der Anlage C detaillierte Bestimmungen zur Messmethodik sowie Hinweise, welche normativen Regelungen und Richtlinien bzw. Anleitungen bei der Beobachtung zu berücksichtigen sind.

- 1 **RHEINGEBIET (FGE)**
- DONAUGEBIET(FGE)**
- 2 Donau oberhalb des Inn
- 3 Inn bis zur Salzach
- 4 Salzach
- 5 Inn unterhalb der Salzach
- Donau unterhalb von Jochenstein (PR)**
- 6 Donau vom Inn bis zur Traun
- 7 Traun
- 8 Enns
- 9 Donau von der Traun bis zum Kamp
(ohne Enns)
- 10 Donau vom Kamp einschließlich
bis zur Leitha (ohne March)
- 11 March (PR)
- 12 Leitha (PR)
- 13 Rabnitz und Raab (PR)
- 14 Mur (PR)
- 15 Drau (PR)
- 16 **ELBEGEBIET (Moldau) (FGE)**



Abbildung 1: Darstellung der Planungsräume und Teileinzugsgebiete nach WKEV

R. Godina

Neues von eHYD – der Datenplattform des Hydrographischen Dienstes in Österreich

Der Hydrographische Dienst in Österreich verwaltet sämtliche hydrographische Daten mit einem einheitlichen Hydrographischen Datenmanagement System (**HyDaMS**). Diese Software wurde im Auftrag der Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt entwickelt und beinhaltet die Datenerfassung, die Qualitätskontrolle sowie zusätzliche Analysewerkzeuge. Schnittstellen von HyDaMS zu verschiedensten Anwendungen sind einfach zu realisieren und versorgen auch die GIS-Anwendung **eHYD** im GeoInfo-Portal des Lebensministeriums (BMLFUW, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich Nr. 84; 2007, Seite 72).

Mit jedem neu veröffentlichten Jahrbuch werden die digital im Internet verfügbaren Zeitreihen um ein weiteres Jahr verlängert. Mit dem Update 2005 wurde das Angebot auch um die Zeitreihen der Neuschnee- und der Schneehöhenbeobachtung erweitert. Nach eHORA (die Karte der Hochwasserrisikozonen Österreichs) ist eHYD - mit durchschnittlich 1.500 Erstaufrufen und 15.000 generierten Kartenausschnitten im Monat - eine der am meisten besuchten Web-GIS-Karten der GeoInfo-Homepage des Lebensministeriums.

Um nun auch allen Benutzern des Hydrologischen Atlases Österreichs den Zugang zu diesen Informationen zu ermöglichen, wurden die digHAÖ Karten 2.1 Niederschlagsmessstellen, 5.1 Wasserstands- und Abflussmessstellen und 6.1 Messstellen unterirdisches Wasser – Grundwasserstand und Quellen mit einer Karte eHyd-Messstellen versehen, die einen direkten Link zum Download der selektierten Messstellendaten im Internet enthält. Voraussetzung dafür ist natürlich eine aktive Internetverbindung. Die Darstellung und die Wahl des Zeitfensters erfolgen dabei in einer dem digHAÖ entsprechenden Form. Die dargestellten Zeitreihen kann der/die AnwenderIn für individuelle weitere Auswertungen speichern.

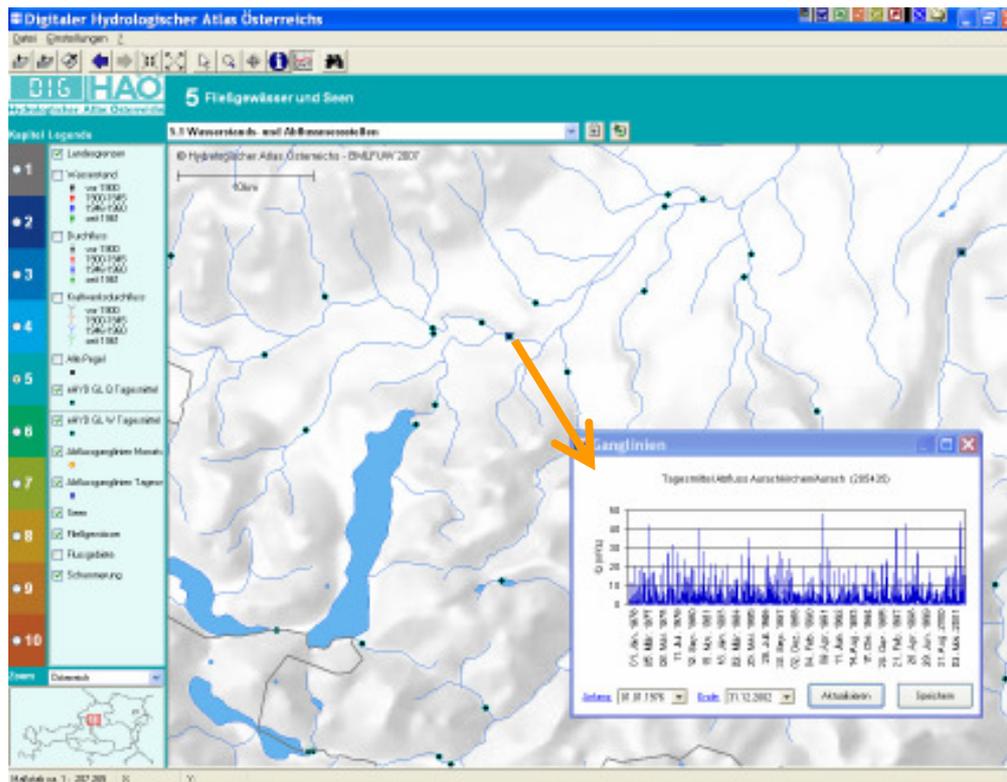


Abbildung 2: digHAÖ - Fenster zu aktuellen Hydrologischen Informationen im Internet

R. Godina

Arbeitsgruppe Hochwasser-Statistik

Die außergewöhnlichen Hochwasser der letzten Jahre machten eine Neubewertung der Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserkennwerten notwendig. Die in diesem Zusammenhang durchgeführten Analysen zeigten, dass für eine flächendeckende Regionalisierung (z.B. HORA) bundesweit einheitliche Verfahren von großem Vorteil sind. Eine neue Herausforderung bedeutet zusätzlich die Bewertung möglicher Einflüsse des Klimawandels auf das Hochwasserverhalten der Einzugsgebiete. Diese aktuellen Probleme veranlassten den Hydrographischen Dienst eine Arbeitsgruppe einzurichten, wobei als Schwerpunkt **die Erstellung eines Leitfadens** festgelegt wurde.

Mit dem Leitfaden sollen die in Österreich gängigen Verfahren beschrieben werden, die in der Praxis angewendet werden können. Dabei sollen vor allem die Nachvollziehbarkeit und die Plausibilität der Auswerteverfahren im Mittelpunkt stehen. Die Betrachtung der mit den hydrologischen Kennwerten verbundenen Unsicherheiten rückt stärker in den Vordergrund und erfordert neue Strategien.

Der Leitfaden richtet sich einerseits an Hydrologen und andererseits an die Empfänger und Nutzer von Hochwasserkennwerten. Er soll der Nachvollziehbarkeit und Transparenz hinsichtlich der Methoden bei der Erstellung der Kennwerte dienen und die Interpretation dieser Kennwerte erleichtern.

Wesentliche Inhalte des Leitfadens:

- Umfangreiche Beschreibung der statistischen Analyse von Hochwasser und gängige statistische Verfahren zur Hochwasserabschätzung
- Gängige Schätz- und Regionalisierungsverfahren
- Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit der Verfahren
- Zuverlässigkeit der statistischen Kennwerte
- Strategien im Umgang mit hydrologischen Kennwerten und den damit verbundenen Unsicherheiten
- Aktualisierung von hydrologischen Kennwerten
- Umgang mit zukünftigen Veränderungen (Klimawandel)
- Beispiele, um die Theorie verständlicher zu machen

Wesentliche Ziele des Leitfadens:

- Klarstellung, dass hydrologische Hochwasserkennwerte und damit verbundene Unsicherheiten (Streuungen) keine Bemessungswerte sind.
- Schaffung einer allgemein gültigen Vorgabe von gängigen Verfahren und Methoden nach neuesten Erkenntnissen, die zur Anwendung kommen können.
- Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit der ermittelten Hochwasserkennwerte, wobei verschiedene Methoden und Verfahren nach wie vor unterschiedliche Ergebnisse liefern können.
- Anwendung einer dem Leitfaden entsprechenden Software, mit der statistische Analysen und Berechnungen durchgeführt werden können.
- Schaffung einer Datenbank für Hochwasserereignisse und Hochwasserkennwerte.
- Erstellung einer Beispielsammlung als Hilfe für eine praxisgerechte Anwendung.

Grundsätzliche Bemerkungen zum Leitfaden:

- Hydrologische Verfahren liefern statistische bzw. regionalisierte Erwartungswerte und mögliche Konfidenz- bzw. Streubereiche.
- Durch Angabe einer möglichen Streuung sollen die Kennwerte längerfristig gültig bleiben, es sei denn, besondere Hochwasserereignisse würden eine massive Änderung des Kennwertes außerhalb des Streubereichs hervorrufen.
- Bemessungswerte sind im Zuge von wasserwirtschaftlichen Projektierungen unter Berücksichtigung anderer, nicht unbedingt hydrologischer Aspekte festzulegen.

- Die Wahl eines n-jährlichen Bemessungshochwassers erfordert neben hydrologischen Überlegungen auch die Berücksichtigung von Gefahren und Risikoüberlegungen, sowie wirtschaftliche und politische Vorgaben.
- Mögliche Auswirkungen des Klimawandels, erhöhte Feststoffführung und Murgänge etc. sollten erst bei der Festlegung des Bemessungshochwassers Berücksichtigung finden. Sie sind daher in die hydrologischen Hochwasserkennwerte nicht eingerechnet.
- Vorläufig nicht behandelt werden die statistische Betrachtung von Hochwasserfrachten und der Zusammenhang von Hochwasserspitzen und Frachten (Bivariate Statistik)

Eine weitere Richtlinie in Hinblick auf die Regionalisierung von Hochwasserkennwerten und die Anwendung von N/A-Modellen ist angedacht.

Den zweiten Arbeitsschwerpunkt betrifft die Erstellung **einer Hochwasserdatenbank**, welche in das Hydrographische Datenmanagementsystem (*HyDaMS*) integriert werden soll. Die Erstellung der Software wird durch die Fa. aquaplan erfolgen. Dazu wurde von der Arbeitsgruppe ein Pflichtenheft ausgearbeitet. Aufgaben des „Hochwassertools“ sind:

- Datenimport
- automatische Berechnung von Hochwasser-Kennwerten aus der Zeitreihe
- zusätzliche Kodierung der Hochwasserereignisse
- Verknüpfung aktueller Zeitreihendaten mit historischen (singulären) Hochwasserereignissen
- Prüfung der partiellen und jährlichen Serien
- Reports
- Exportmöglichkeit

Um eine einheitliche statistische Auswertung der Hochwasserkennwerte zu erreichen, wurde zusätzlich das **Softwarepaket Hystat** (Institut für Angewandte Wasserwirtschaft und Geoinformatik - Ottobrunn) für alle Landesdienststellen angekauft.

Geplant ist die erste Phase des Projekts bis Ende 2008 abzuschließen.

P. Lorenz

Österreichische Gesellschaft für Hydrologie

Im **Jahr 2007** fanden im Rahmen der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie die nachfolgend genannten Veranstaltungen statt:

01.02.2007: Vortrag „Unterirdische Fließwege und Abflussbildung – Prozess-Studien im Hoch- und Mittelgebirge“ von Dr. Peter **Chiffard**, TU Wien

22.3.2007: Präsentationsveranstaltung „Hydrologischer Atlas von Österreich (HAÖ) – 3.Lieferung“, gemeinsam mit dem BMLFUW

14.6.2007: Vortrag „Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedlersees“ von Dipl.-Ing. Gerhard **Kubu**, Universität für Bodenkultur, Arbeitsgruppe Agrarmeteorologie

22.11.2007: 2. Veranstaltung der Vortragsreihe „Junge Hydrologie Österreichs“

DI Gabriel **Bodi**, Büro Pieler ZT GmbH, Eisenstadt:

Niederschlag-Abfluss-Modelle in der ingenieurhydrologischen Praxis. Fallbeispiele mit Fokus auf Bemessungsniederschläge und Wellenverformung

DI Christine **Habereeder**, TU Wien, Inst. f. Wasserbau und Ingenieurhydrologie:

2D-Strömungsmodellierung des Altarmsystems in der Lobau

DI Harald **Huemer**, Hydrografischer Dienst Salzburg:

Bodenwassermessstelle Elsbethen in Salzburg - Erfahrungen beim Betrieb und erste Auswertergebnisse der kontinuierlichen Messungen

Mag. Bernhard **Kohl**, BFW, Inst. f. Naturgefahren und Waldgrenzregionen, Abt.

Gebietswasserhaushalt, Innsbruck:

Von der Regensimulation zur Niederschlag-Abfluss-Modellierung – Beispiele aus der Praxis

22.11.2007: Generalversammlung

Vortrag „Neue hydrologische Entwicklungen bei der Hochwasservorhersage am Beispiel des Kamp“ von Univ.Prof. DI Dr. Günter **Blöschl**, TU Wien, Inst. für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

Zu Beginn des **Jahres 2008** hielt am 24.01.2008 Prof. Ed **Sudicky**, Dep. of Earth Sciences, University of Waterloo, Canada, und Prof. René **Therrien**, Dép. de géologie et de génie géologique Université Laval, Canada, einen Vortrag zum Thema: „Flow and Contaminant Transport in Integrated Surface-subsurface Flow Systems“.

Das Management von Einzugsgebieten und Ökosystemen erfordert numerische Modelle, mit denen gekoppelte Oberflächen- und unterirdische Flüsse sowie Stofftransport simuliert werden können. Der Vortrag gab einen Überblick über die Fähigkeiten und jüngsten Entwicklungen des physikalisch basierten numerischen „HydroGeoSphere-Modells“, das für diese Aufgabenstellung geschaffen wurde. Einige aktuelle Anwendungen des Modells und die Herausforderungen in Verbindung mit solchen Anwendungen wurden präsentiert.

Am 28. Mai 2008 veranstaltete die österreichische Gesellschaft für Hydrologie eine Exkursion in das Einzugsgebiet der Thaya. Die Reise führte in das nördliche Waldviertel zur deutschen und mährischen Thaya und weiter nach Tschechien. Die Idee zu dieser Reise entstand nach den Hochwasserereignissen, die sich im Einzugsgebiet der Thaya im Jahr



2006 ereignet haben. Die Teilnehmer erhielten an den Messstellen in Raabs a.d. Thaya und in Podhradi (Tschechien) hydrologische Informationen über das Einzugsgebiet und konnten sich so vor Ort eine Vorstellung über das Ausmaß dieser Hochwasserereignisse machen. Die tschechische Wasserwirtschaftsverwaltung für das Einzugsgebiet

der Thaya – Povodí Moravy – führte am Nachmittag durch das Kraftwerk Vranov, dass in den 30iger Jahren des vorigen Jahrhunderts erbaut wurde. Den Abschluss der Exkursion bildete eine erholsame Schifffahrt entlang des Stausees Vranov mit der Möglichkeit, diese – zwar erheblich veränderte - aber trotzdem einzigartige Thaya-Landschaft vom Fluss aus zu betrachten. Der hydrologische Diskurs direkt am Wasser konnte dank prachtvолlem Wetter, der tschechischen Gastfreundschaft im Gastgarten und am Schiff gepflegt werden.

Allen, die zu dieser gelungenen Fahrt beigetragen haben, soll an dieser Stelle der Dank ausgesprochen werden. An Frau Drin. Eva Soukalová vom tschechischen hydrometeorologischen Institut (CHMI), an Herrn Ing. Roman Gric von Povodí Moravy und an die Kollegen vom Hydrographischen Dienst in Niederösterreich ein herzliches Dankeschön im Namen der ÖGH.

Am 18. Juni hielt Frau Univ.-Prof. Dr. Annegret Thieken (Universität Innsbruck und AlpS) einen Vortrag zum Thema „Hochwasserschäden - Erfassung, Abschätzung und Vermeidung“.

Entscheidungen über Hochwasserschutzmaßnahmen sollten auf der Basis von umfassenden Risikoanalysen und Kosten-Nutzen-Analysen getroffen werden, die u.a. eine Schätzung potentieller Hochwasserschäden beinhalten. Jedoch ist sowohl über die Faktoren, die Hochwasserschäden beeinflussen können, als auch über die Güte von Modellen zur Abschätzung von Hochwasserschäden wenig bekannt. Um die Datenlage und das Wissen über Hochwasserschäden zu verbessern, wurden in Privathaushalten in Deutschland und Österreich, die 2002, 2005 und/oder 2006 von Hochwasser betroffen waren, standardisierte Telefoninterviews durchgeführt. Auf Basis dieser Daten wurde das multi-faktorielle Schadensmodell FLEMO (Flood Loss Estimation Model) abgeleitet. Das Modell schätzt finanzielle Hochwasserschäden an Wohngebäuden und am Hausrat auf Basis von Wasserständen, Gebäudetypen und Gebäudequalität. In einer zusätzlichen Modellstufe (FLEMO+) können Effekte durch private Vorsorge und Kontamination des Hochwassers

berücksichtigt werden. Im Vortrag wurden die Datenerfassung, Modellbildung und Validierung vorgestellt sowie die Anwendungsbereiche im Rahmen der Hochwasservorsorge diskutiert.

Homepage der ÖGH: <http://iwhw.boku.ac.at/oegh/>

G. Müller

In memoriam Werner Kresser (1919-2008)

Am 20. Juni dieses Jahres, einen Tag vor Vollendung seines 89. Lebensjahres, ist Em. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. DDr.h.c. Werner Kresser in Wien verstorben. Sein Name ist ganz eng mit der Entwicklung der Hydrographie und der Hydrologie in Österreich verknüpft, er hat über Jahrzehnte prägend gewirkt, als Lehrer, als Wissenschaftler, als Berater und als Ansprechpartner in fachlichen und persönlichen Angelegenheiten.

Werner Kresser wurde 1919 in Dornbirn geboren. Nach dem Besuch der dortigen Realschule inskribierte er Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule Wien, wo er sein Studium nach einer Unterbrechung durch eine kürzere Kriegsdienstleistung im Jahr 1942 abschloss. Als Assistent seines von ihm hochgeschätzten Lehrers Josef Kozeny promovierte er im Jahr 1946 mit einer Arbeit über die turbulente Geschwindigkeitsverteilung in offenen Gerinnen. Im Anschluss daran trat er in den Staatsdienst ein und wurde bereits nach wenigen Jahren zum Leiter des Hydrographischen Zentralbüros im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft bestellt. Daneben begann 1950 auch seine Tätigkeit als Hochschullehrer mit der Erteilung einer Honorarprofessur an der Universität für Bodenkultur. 1956 habilitierte er sich mit einer Arbeit über die Methoden der Langfristvorhersage in der Wasserwirtschaft. 1959 folgte er dem Ruf als Professor an die Technische Hochschule Wien, wo er bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1989 das Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft leitete, das er durch seine Forschungsinteressen und seine Persönlichkeit maßgebend prägte.

In seiner wissenschaftlichen Arbeit hat sich Werner Kresser immer sehr früh mit Themen auseinandergesetzt, deren Bedeutung seither nicht abgenommen, sondern eher noch zugenommen hat. Dies gilt im Besonderen für seine Hauptforschungsthemen „Prognose“ und „Wasserbilanz“, die ihn während der ganzen Zeit seiner Tätigkeit an der Universität beschäftigten. Daneben beeinflusste er mit seinen Forschungsinteressen auf den Gebieten des Geschiebe- und Sedimenttransports und des Grundwassers sowie des Grundwasserschutzes ganz wesentlich die Entwicklung des Instituts bis auf den heutigen

Tag. Vieles von den Ergebnissen seiner Forschungsarbeit floss in Studien, Berichte und Expertisen ein und wirkte so auch auf die Ingenieurpraxis ein.

Werner Kresser hat seinen Beruf als Berufung verstanden. Er hat sich ihm mit vollem Einsatz gewidmet. Dies gilt für den Hochschullehrer Kresser, der es verstand, in seinem Vortrag sein Engagement und seine Begeisterung für die Sache auf seine Hörer zu übertragen und Generationen von jungen Ingenieuren für die Wasserwirtschaft und die Hydrologie zu interessieren. Für viele seiner früheren Hörer ist die Erinnerung an die Vorlesungen „des Professors Kresser“ auch heute nach langer Zeit noch lebendig.

Dieser Einsatz für die Sache war es auch, die Professor Kresser während seiner ganzen Berufslaufbahn in vielen Fachorganisationen mitwirken ließ. Er war lange Jahre Experte und Mitglied der Staubeckenkommission. Besonders verbunden fühlte er sich dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband und der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie, in denen er auch die Vizepräsidentenfunktion ausübte.

Großes Verdienst erwarb sich Kresser mit seinen Bemühungen um Kooperationen im Donauraum. Hier ist es vor allem die Initiative zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft für hydrologische Vorhersagen der Donauländer gemeinsam mit einem ungarischen (W. Laszloffy) und einem russischen (A. Afanasiev) Kollegen, deren erste Tagung 1961 in Budapest stattfand. Über viele Jahre hinweg bis zum Fall des Eisernen Vorhangs waren die bis heute in einem zwei-jährigen Rhythmus stattfindenden Tagungen dieser Arbeitsgemeinschaft ein ganz wesentliches Tor zu den Ländern des Ostblocks und vice versa, durch das hindurch ein Austausch in wissenschaftlichen Fragen, aber auch im persönlichen Kontakt möglich geworden war.

Ein besonderes Charakteristikum der Arbeit Werner Kressers ist ohne Zweifel seine starke Verbundenheit mit der Hydrographie. Ausschlaggebend dafür war seine Tätigkeit im Hydrographischen Zentralbüro in Wien in der Zeit von 1946 bis 1959. Sie vermittelte ihm den Bezug zu den Gewässern, zu deren Beobachtung und Messung, aber auch zu deren Beschreibung und Modellierung. Sie ermöglichte ihm den Aufbau von Kontakten zu vielen Persönlichkeiten und Dienststellen im Bereich des Hydrographischen Dienstes und der Wasserwirtschaft, den Werner Kresser die ganze Zeit seiner Berufslaufbahn über aufrecht erhielt und aus dem sich viele persönliche Freundschaften entwickelten.

Von den Erfahrungen dieser Zeit gab er seinen Schülern und Mitarbeitern das Verständnis für die Bedeutung gewässerkundlichen Messens und für die Bedeutung guter Datengrundlagen mit.

Die Arbeit Werner Kressers hat vielfache Anerkennung gefunden. Zwei Ehrendoktorate zeugen davon ebenso wie die Verleihung des Ehrenkreuzes für Wissenschaft und Kunst I.

Klasse sowie die Ehrenpräsidentenfunktionen und Ehrenmitgliedschaften von wissenschaftlichen Gesellschaften.

Für alle, die mit ihm beisammen waren, ist es aber die Persönlichkeit Werner Kresser, die in Erinnerung kommt, wenn sein Name erwähnt wird. Werner Kresser wurde seiner Objektivität und seiner diplomatischen Fähigkeiten wegen oftmals als „Schiedsrichter“ und als Vermittler in schwierigen Fällen gesucht. Mit seiner Grundeinstellung, sein Gegenüber gelten zu lassen und ihm vorurteilsfrei zu begegnen, gelang es ihm immer wieder, auch dort Lösungswege zu finden, wo sonst alles versperrt schien. Jungen Menschen begegnete er mit Vertrauen, was es ihm möglich machte, viele Entwicklungen zu fördern. Für seine engeren Schüler wurde er so zum Mentor, wofür sie ihm dankbar geblieben sind. Als wesentlicher Zug seiner Persönlichkeit bleibt aber wohl allen seine positive Grundeinstellung zum Leben in Erinnerung, die ihn auch in den nicht so leichten Phasen seines Lebens seine freundliche und einnehmende Art beibehalten ließ.

Dieter Gutknecht

Verzeichnis der staatlichen Hydrographischen Dienststellen

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,

Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt
Marxergasse 2, A-1030 Wien,
Tel.: 01/71100/Kl., Fax: 01/71100/6851
URL: <http://www.lebensministerium.at/wasser/>

Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. 9 – Wasser – und Abfallwirtschaft,

Hydrographischer Dienst,
Thomas-Alva-Edison-Straße 2, A-7000 Eisenstadt
Postanschrift: Landhaus-Neu, Europaplatz 1, A-7000 Eisenstadt,
Tel.: 02682/600/Kl., Fax: 02682/600/2789

Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 18 – Wasserwirtschaft

Unterabteilung 18 Hydrographie
Flatschacher Straße 70, A-9020 Klagenfurt,
Tel.: 0463/536/Kl., Fax: 0463/536/31828
URL <http://www.wasser.ktn.gv.at/>

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Hydrologie,

Landhausplatz 1, A-3100 St. Pölten,
Tel.: 02742/9005/Kl., Fax: 02742/9005/3040
URL: <http://www.noel.gv.at/Umwelt/Wasser.htm>

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft,

Unterabteilung Schutzwasserwirtschaft und Hydrographie, Hydrographischer Dienst,
Kärntner Straße 12, A-4020 Linz,
Tel.: 0732/7720/Kl., Fax: 0732/7720/12411
URL: http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-3DCFCFC3-4D950C44/ooe/hs.xsl/667_DEU_HTML.htm

Amt der Salzburger Landesregierung, Fachabteilung 6/6, Wasserwirtschaft,

Ref. 6/64 - Hydrographischer Dienst, Postfach 527, A-5010 Salzburg,
Tel.: 0662/8042/Kl., Fax: 0662/8042/4199
<http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wassererangelegenheiten.htm>

Amt der Steiermärkischen Landesregierung: Abteilung 19,

Fachabteilung 19A Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft
Ref. Hydrographie
Postfach 630, Stempfergasse 7, A-8010 Graz,
Tel.: 0316/877/Kl., Fax: 0316/877/2116
URL: <http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/ziel/9394/DE/>

Amt der Tiroler Landesregierung, Gruppe Bau und Technik,

Abteilung VI h – Wasserwirtschaft, Sachgebiet Hydrographie und Hydrologie,
Herrengasse 1 - 3/II, A-6010 Innsbruck,
Tel.: 0512/508/Kl., Fax: 0512/508/4205
URL <http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wasser>

Amt der Vorarlberger Landesregierung – Abt. VII d Wasserwirtschaft

Informationswirtschaft und Hydrographie

Josef-Hutter-Straße 35, A-6900 Bregenz,

Tel.: 05574/511/Kl., Fax: 05574/511/927495

URL: http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wasser_energie/wasser/wasserwirtschaft/start.htm

Magistrat der Stadt Wien, MA 45 – Wasserbau,

Gruppe Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrographie

Wilhelminenstraße 93, A-1160 Wien,

Tel.: 01/48829/Kl., Fax: 01/48829/997290

URL: <http://www.wien.gv.at/umwelt/wasserbau/>

Via donau – Österreichische Wasserstraße-Gesellschaft

Hydrographischer Dienst,

Am Brigittenauer Sporn 7, A-1200 Wien

Tel.: 0504321/Kl., Fax: 054621 2050

URL: <http://www.via-donau.org/>

Hinweise der Redaktion

Vor Übermittlung von Originalarbeit-Manuskripten ist mit der Redaktion Kontakt aufzunehmen.

Die „formalen Vorgaben“ für die Veröffentlichung im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ werden nach Kontaktaufnahme übermittelt.

Die Redaktion behält sich vor, unverlangt eingesandte Manuskripte anzunehmen oder ohne Angabe von Gründen abzulehnen.

Grundsätzlich dürfen nur Beiträge eingesandt werden, die nicht gleichzeitig an anderer Stelle zur Veröffentlichung eingereicht oder bereits veröffentlicht worden sind. Der Autor verpflichtet sich, seinen im „Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes“ veröffentlichten Beitrag auch nachträglich nicht an anderer Stelle zu publizieren.

Für den Inhalt der Beiträge sind die Verfasser allein verantwortlich.

Informationen zu Landwirtschaft, Lebensmittel,
Wald, Umwelt und Wasser:

www.lebensministerium.at



lebensministerium.at

Die Initiative GENUSS REGION ÖSTERREICH
hebt gezielt die Bedeutung regionaler Spezialitäten hervor:

www.genuss-region.at



„Bio“ bedeutet gesunde, hochwertige Lebensmittel, die keine Spritzmittel oder Antibiotika enthalten:

www.biolebensmittel.at



biolebensmittel.at
das Natürlichste auf der Welt

Das Aktionsprogramm des Lebensministeriums für aktiven Klimaschutz:

www.klimaaktiv.at



Die Jugendplattform zur Bewusstseinsbildung rund ums Wasser:

www.generationblue.at



Das Österreichische Umweltzeichen ist Garant für umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen:

www.umweltzeichen.at



Der Ökologische Fußabdruck ist die einfachste Möglichkeit, die Zukunftsfähigkeit des eigenen Lebensstils zu testen. Errechnen Sie Ihren persönlichen Footprint unter:

www.mein-fussabdruck.at



www.mein-fussabdruck.at

Das Internetportal der Österreichischen Nationalparks:

www.nationalparksaustria.at



Das Lehrpfade-Portal beschreibt zahlreiche österreichische Lehrpfade, Themen- und Erlebniswege:

www.lehrpfade.lebensministerium.at



LEHRPFADe in ÖSTERREICH



lebensministerium.at