

3 Wasserhaushalt – Vergleich der Dekaden 1980-1989 und 1990-1999

3.1 Niederschlag

Die vieljährige mittlere Jahressumme des Niederschlags aus der Reihe 1961-1999 beträgt für Rheinland-Pfalz 830 mm/a. Starke Reliefunterschiede und dadurch bedingte Luv- und Leelagen bezüglich der vorherrschenden Westwetterlagen sind jedoch für eine ungleiche Verteilung des Niederschlags verantwortlich. Mit einem Niederschlagsdargebot von 500 bis 650 mm/a sind das Neuwieder Becken, das Rheinhessische Tafel- und Hügelland, die Vorderpfälzische Rheinniederung und die Täler von Rhein, Mosel und unterer Nahe als besonders regenarm zu bezeichnen. Überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen von mehr als 1.000 mm/a fallen dagegen in der Westeifel, im Wildenburgerischen Land, im westlichen Hunsrück und im östlichen Pfälzerwald. In den übrigen Mittelgebirgslandschaften liegen die Niederschlagsmengen mit 700 bis 900 mm/a im Bereich des landesweiten Durchschnitts.

Zur hydrologischen Einordnung und Quantifizierung der „trockenen“ 90er Jahre bietet sich ein Vergleich der Dekaden 1980-1989 und 1990-1999 an. Zu diesem Zweck wurden die regionalisierten Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes ausgewertet (Abb. 3). Verglichen mit dem Mittel der Reihe 1961-1999 von 830 mm/a zeigt der betrachtete 20-jährige Zeitraum 1980-1999 mit einem Mittel von 823 mm/a keine nennenswerte Abweichung, d. h., das durchschnittliche Niederschlagsdargebot der vergangenen 20 Jahre ist als normal anzusehen. Allerdings fiel in der Dekade 1980-1989 mit durchschnitt-

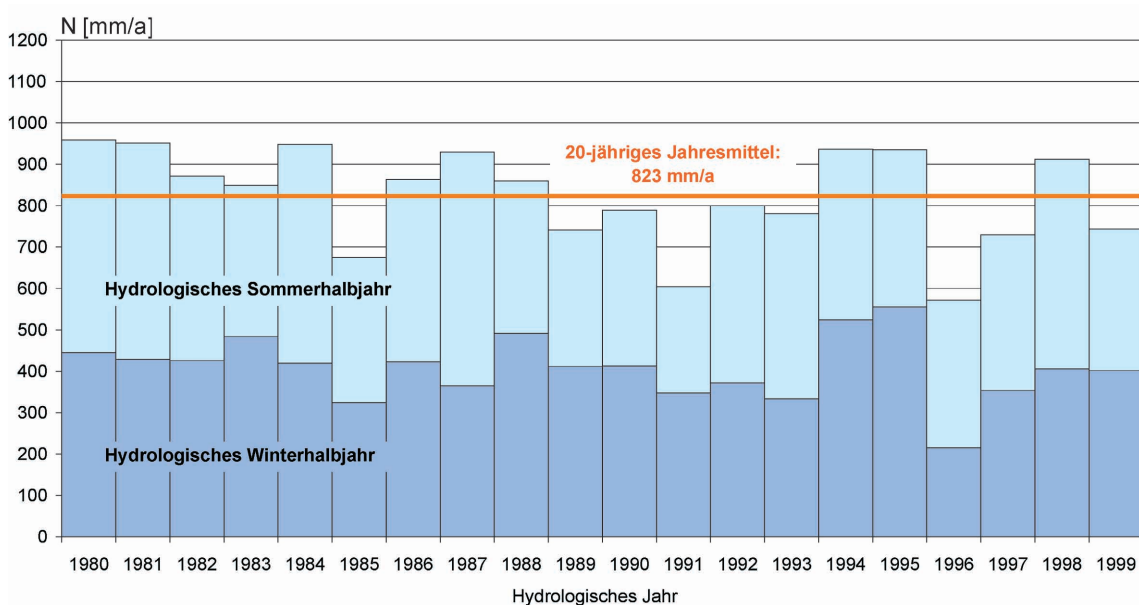


Abb. 3: Jahressummen des Niederschlags als Flächenmittel für Rheinland-Pfalz, Reihe 1980-1999 (regionalisierte Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes)

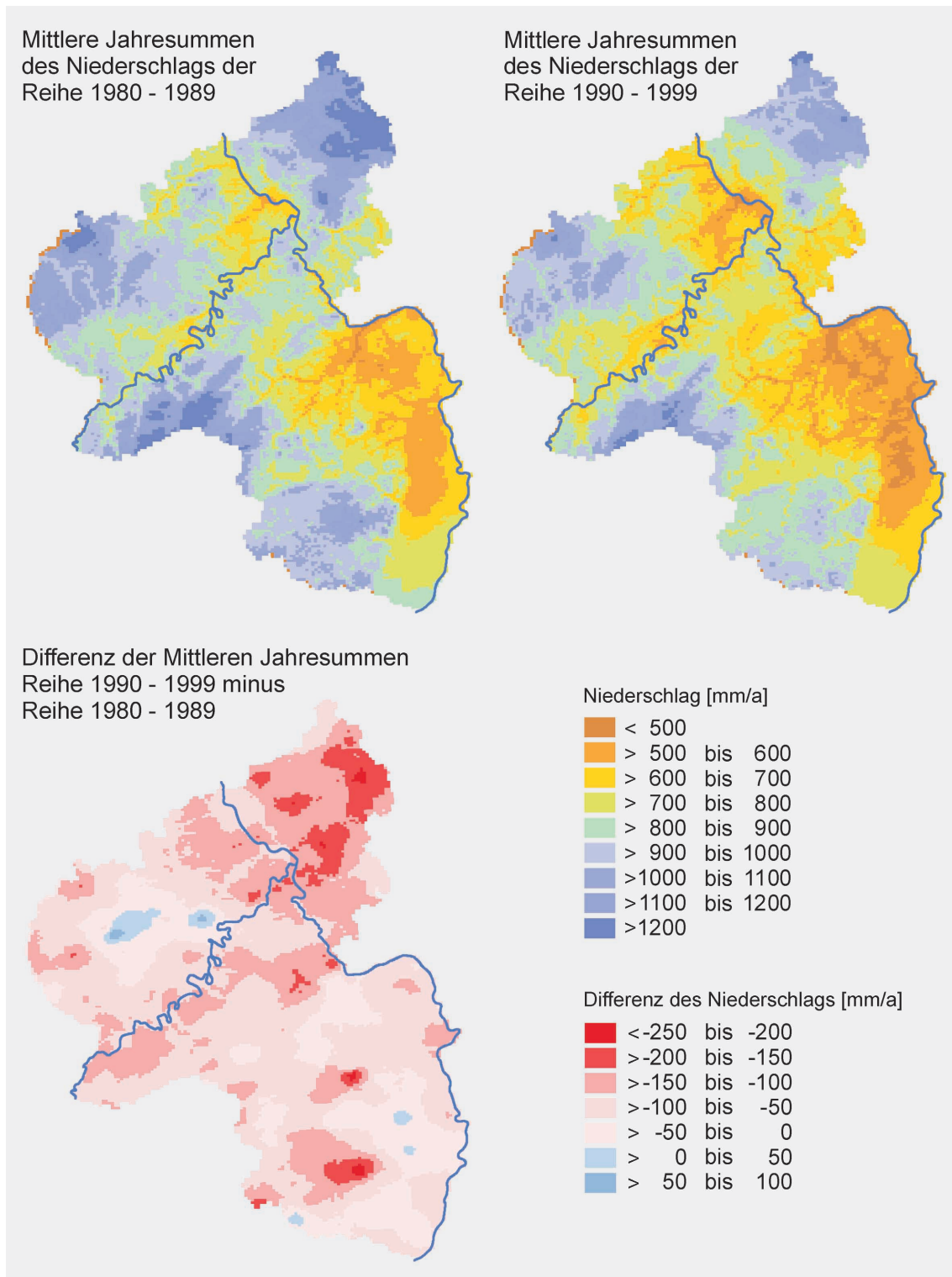


Abb. 4: Niederschlagsverteilung, mittlere Jahressummen der Reihen 1980-1989 und 1990-1999, Differenz der Niederschlagsverteilungen (regionalisierte Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes)

lich 865 mm/a deutlich mehr Niederschlag als in der Dekade 1990-1999 mit durchschnittlich 780 mm/a. Besonders auffällig sind die beiden extremen „Trockenjahre“ 1991 mit 604 mm/a und 1996 mit 572 mm/a.

Das in der zweiten Dekade gegenüber der ersten aufgetretene Niederschlagsdefizit von etwa 10 % verteilt sich ungleich über die Landesfläche (Abb. 4). Hohe Defizite entstanden im Westerwald, in der Osteifel und im Pfälzerwald mit bis zu 200 mm/a, während die Unterschiede in der Westeifel und in der Vorderpfälzischen Rheinebene relativ gering waren. In den übrigen Gebieten lagen die Defizite bei etwa 50 bis 100 mm/a. Diese regional unterschiedlich starke Minderung des Niederschlagsdargebots während der zweiten Dekade zeigte sich zwangsläufig auch im Abflussgeschehen und in der Grundwasserneubildung.

3.2 Verdunstung

Der bilanzmäßig größte Teil des Niederschlagsdargebots verdunstet direkt an der Erdoberfläche, indirekt aus dem Boden heraus oder durch Pflanzenaufbrauch. Da die Verdunstung durch viele Faktoren beeinflusst wird, ist ihre genaue Ermittlung schwierig und fehleranfällig. 1997 wurde an der ETH Zürich das Verdunstungsmodell TRAIN entwickelt, in dem verschiedene Einflussgrößen flächendifferenziert berücksichtigt werden. Es wurde im Auftrag des Landesamts für Wasserwirtschaft 1998/99 am Potsdam-Institut für Klimaforschung weiterentwickelt und auf rheinland-pfälzische Verhältnisse angewendet.

Dem Modell liegen folgende unveränderliche Daten zugrunde:

- Digitales Höhenmodell
- Bodenarten
- Flächennutzung (bei Bewuchs die phänologische Entwicklung).

An meteorologischen Daten werden benötigt:

- Globalstrahlung/Sonnenscheindauer
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Windgeschwindigkeit
- Niederschlag.

Sämtliche Eingangsdaten werden für ein Raster von 500 m x 500 m aggregiert, d. h., vorausgewertet. Die meteorologischen Daten gehen als Tageswerte der Reihe 1961–99

in die Berechnung ein. Aus diesen Einzelgrößen wird die Verdunstungshöhe auf Tageswertbasis flächendifferenziert für die gesamte Landesfläche errechnet. Die Daten stehen zukünftig im Landesamt für Wasserwirtschaft als monatliche Verdunstungssummen für weiterführende Auswertungen zur Verfügung.

Das rheinland-pfälzische Flächenmittel der Verdunstung für die Reihe 1980-1999 beträgt 543 mm/a. Für die „nasse“ Dekade 1980-1989 lag der Mittelwert bei 547 mm/a (entsprechend 101 % des 20-jährigen Mittels), für die „trockene“ Dekade 1990-1999 bei 539 mm/a (entsprechend 99 % des 20-jährigen Mittels). Sonnenscheindauer und mittlere Jahrestemperatur lagen in der ersten Dekade bei 97 %, in der zweiten bei 104 % des 20-jährigen Mittels (Tab. 2).

Dies bedeutet, dass deutliche Änderungen der meteorologischen Verhältnisse (Niederschlag, Temperatur, Sonnenscheindauer) innerhalb eines längeren Zeitraums keine nennenswerte Veränderung der mittleren Verdunstungshöhe bewirken. Der größte Teil der Verdunstung wird durch die relativ gleichmäßige Pflanzentranspiration reguliert.

In Rheinland-Pfalz schwankt die **Bilanzkomponente Verdunstung** für längere

Tab. 2: Niederschlag, Temperatur und Sonnenscheindauer im Dekadenvergleich (Daten des Deutschen Wetterdienstes)

Jahr	Flächenmittel des Niederschlags [mm]	Niederschlag *) [%]	Mittlere Jahrestemperatur [°C]	Temperatur *) [%]	Sonnenscheindauer [h]	Sonnenschein *) [%]
1980	959	109	8,2	91	1.353	88
1981	951	130	8,6	96	1.346	91
1982	871	103	9,3	103	1.627	106
1983	849	96	9,3	103	1.515	99
1984	948	115	8,4	93	1.340	88
1985	675	83	7,8	87	1.537	101
1986	864	104	8,5	94	1.492	98
1987	930	109	8,0	89	1.383	90
1988	861	109	9,4	104	1.427	93
1989	741	91	9,7	108	1.740	114
Mittel 80-89	865	105	8,7	97	1.476	97
1990	788	96	9,8	109	1.686	110
1991	604	72	8,8	98	1.706	112
1992	800	96	9,6	107	1.540	101
1993	781	106	8,9	99	1.512	99
1994	937	97	10,1	112	1.572	103
1995	935	114	9,6	107	1.547	101
1996	572	75	7,9	88	1.534	100
1997	730	89	9,3	103	1.730	113
1998	913	106	9,4	104	1.382	90
1999	744	101	9,9	110	1.602	105
Mittel 90-99	780	95	9,3	104	1.581	104
Mittel 80-99	823	100	9	100	1.529	100

*) Bezug zum vieljährigen Mittel

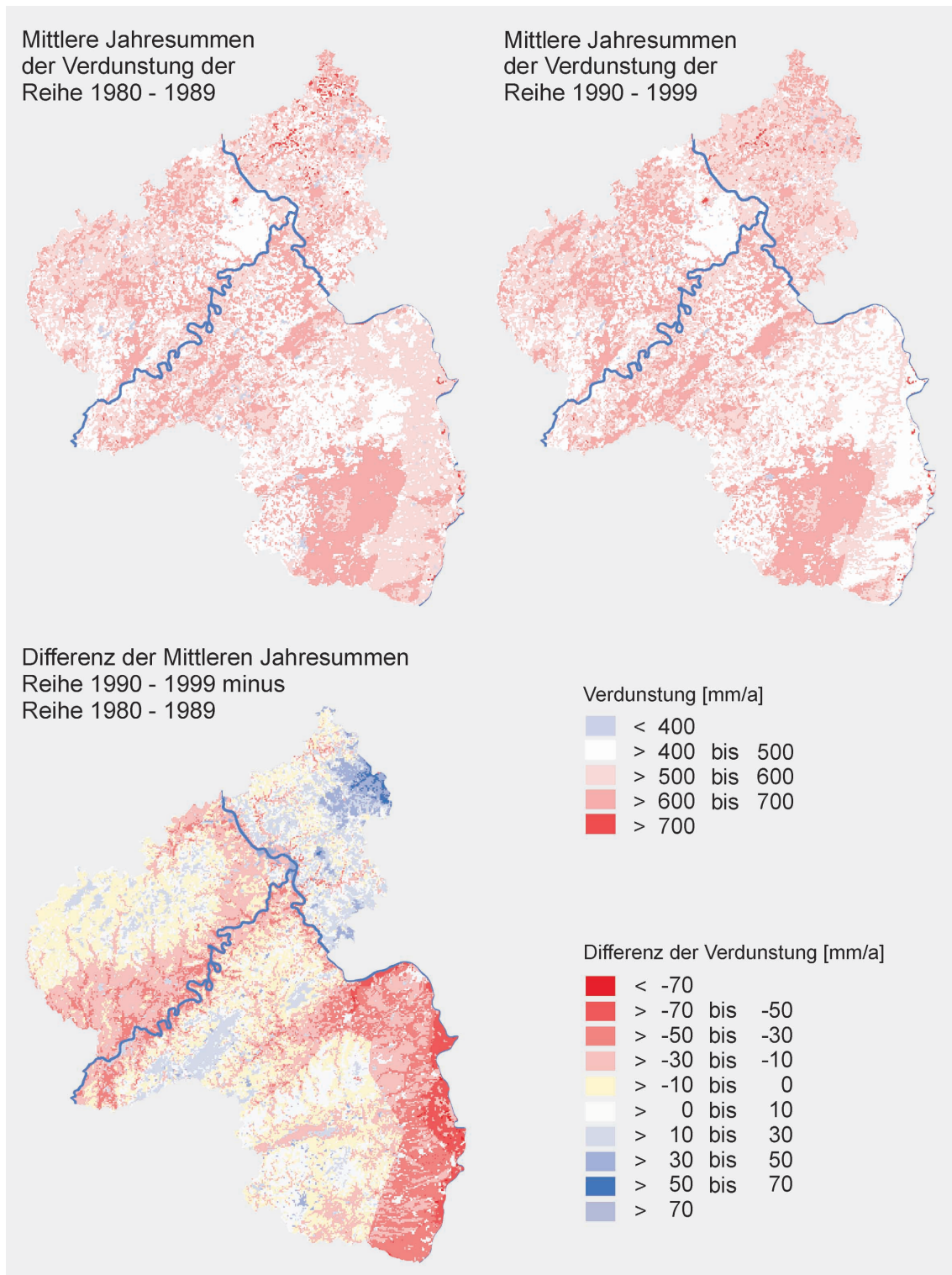


Abb. 5: Verdunstungsverteilung, mittlere Jahressummen der Reihen 1980-1989 und 1990-1999, Differenz der Verdunstungsverteilungen (berechnet mit dem Verdunstungsmodell TRAIN)

Betrachtungszeiträume unwesentlich um 545 mm/a.

3.3 Grundwasser

Die klimatischen Unterschiede in den beiden betrachteten Dekaden spiegeln sich im oberirdischen und unterirdischen Abfluss und damit in der Grundwasserneubildung deutlich wider. Zur Beschreibung von Grundwasserbevorratung und -aufbrauch werden

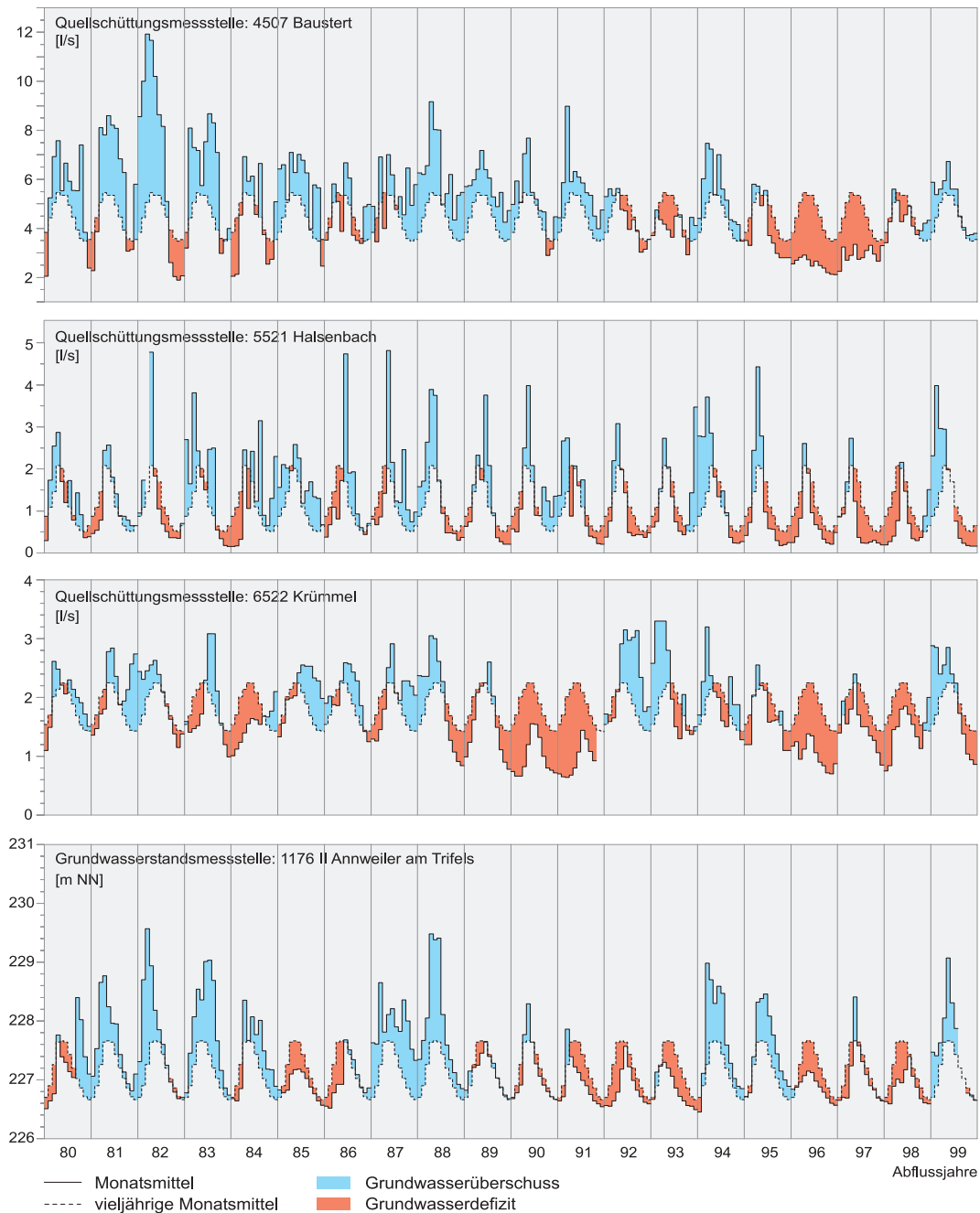


Abb. 6: Quellschüttungs- bzw. Grundwasserstandsganglinien der Messstellen 6522 Krümmel, 4507 Baustert, 5521 Halsenbach und 1176 II Anweiler am Trifels

vier für rheinland-pfälzische Verhältnisse typische und von Entnahmen unbeeinflusste Grundwassermessstellen herangezogen (Abb. 6).

Das überdurchschnittliche Niederschlagsdargebot während der Dekade 1980 - 1989 – insbesondere in den hydrologischen Winterhalbjahren (November bis April) – führte zu einer hohen Grundwasserneubildung und damit zu einer überdurchschnittlichen Füllung der Grundwasserspeicher. Es folgten fünf Jahre (1989-1993) mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen, was einen sukzessiven Aufbrauch der Grundwasservorräte zur Folge hatte. Dabei wurden in weiten Teilen des Landes die extrem niedrigen Grundwasserstände der 70er Jahre erreicht. In den beiden „Nassjahren“ 1994 und 1995 setzte eine gewisse Erholung ein, die Grundwasserstände stiegen wieder auf mittleres Niveau bzw. etwas darüber [3]. In den folgenden beiden „Trockenjahren“ 1996 und 1997 (wobei 1996 mit 572 mm im Landesdurchschnitt als extrem „trocken“ zu bezeichnen ist) sanken die Grundwasserstände wieder deutlich ab. Ein Anstieg auf mittlere Verhältnisse erfolgte erst wieder durch die etwas höheren Niederschlagsmengen in den letzten drei Jahren.

Zum halbquantitativen Vergleich des unterirdischen Abflusses – und damit der Grundwasserneubildung – wurden für die v. g. Messstellen jeweils die beiden Dekadendauerlinien der Dauerlinie des Gesamtzeitraums 1980 - 1999 gegenübergestellt. Aufge-

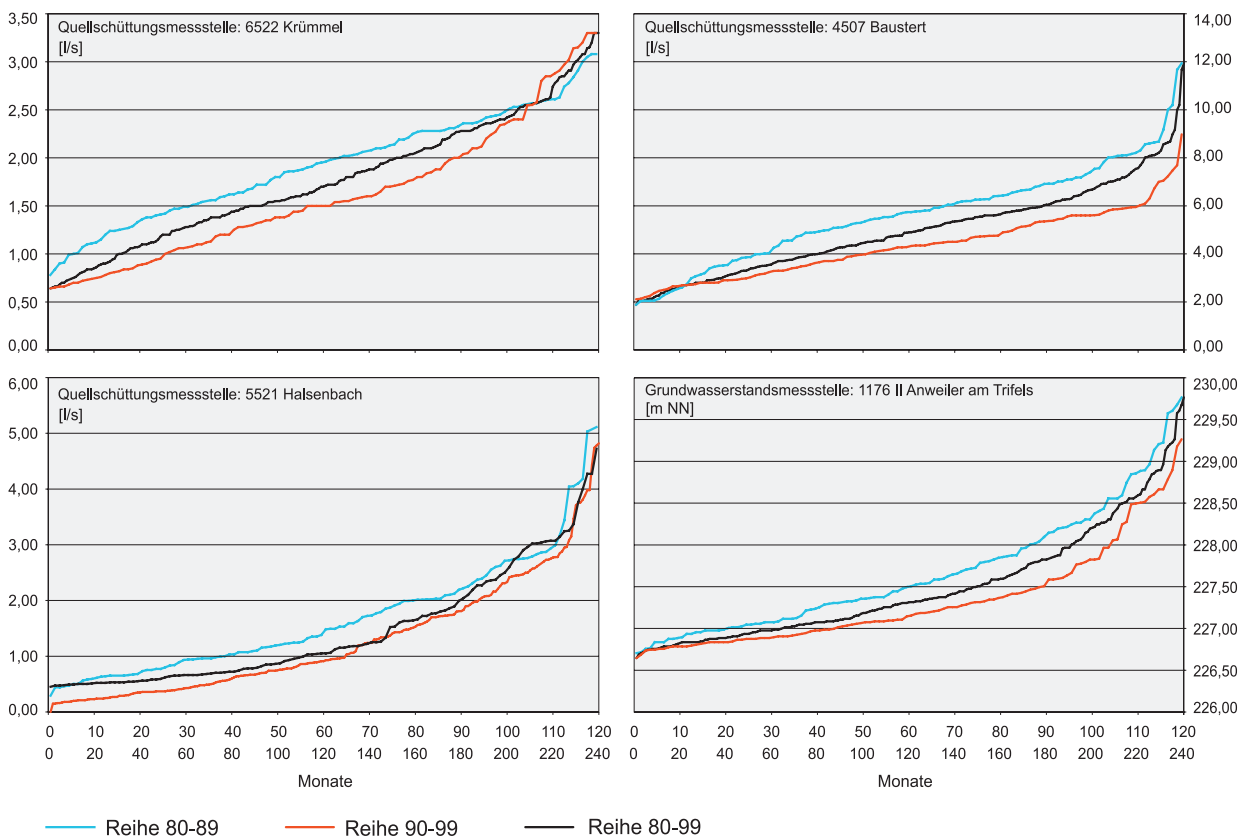


Abb. 7: Dauerlinienvergleiche (Monatsmittelwerte), Messstellen: 6522 Krümmel, 4507 Baustert, 5521 Halsenbach und 1176 II Annweiler am Trifels

tragen werden die gröÙengeordneten Monatsmittelwerte von Quellschüttung bzw. Grundwasserstand gegen die Zeit (Abb. 7).

Der Vergleich der Dekadendauerlinien mit der Dauerlinie des Gesamtzeitraums lässt Rückschlüsse auf die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet zu. Alle vier Messstellen zeigen während der ersten Dekade generell höhere Quellschüttungen bzw. Grundwasserstände gegenüber der zweiten. Allerdings weichen die Dekadendauerlinien unterschiedlich stark voneinander ab, was mit dem Speichervermögen des Untergrundes zusammenhängt. Insbesondere bei der Quelle 5521 Halsenbach liegen die Dekadendauerlinien relativ eng beieinander und insgesamt auf niedrigem Niveau. Das geringe Kluftvolumen der **Devonischen Schiefer** erlaubt keine größere Grundwasserbevorratung, so dass die Schüttungen auch in der „Nassperiode“ 1980-89 nicht erheblich höher lagen als in der Dekade danach. Ein höheres Rückhaltevermögen zeigen die Linien der Quellen 6522 Krümmel (**Devonische Quarzite**) und 4507 Baustert (**Buntsandstein**). In beiden Fällen steht dem Grundwasser ein höheres Speichervolumen im Gestein zur Verfügung. Dies hatte zur Folge, dass die Schüttungen der beiden Messstellen in der „nassen“ Dekade 1980-89 erheblich höher lagen als in der nachfolgenden „Trockenperiode“. In Zeiten mit hohem Niederschlagsangebot konnte mehr Grundwasser zwischengespeichert werden und zum Abfluss kommen. Eine ähnliche Charakteristik zeigen die Grundwasserstände der Messstelle 1176 II Annweiler am Trifels (**Buntsandstein**).

Um die unterschiedliche Grundwasserneubildung in den beiden Dekaden zu quantifizieren, wurde für vier Pegel Einzugsgebiete eine A_u -Abtrennung mit dem MoMNQ_r – Verfahren nach KILLE (1970) [4] durchgeführt. Dafür wurden Pegel ausgewählt, deren Einzugsgebiete für die hydrogeologischen Verhältnisse des Landes repräsentativ sind und deren Abflussgeschehen durch Grundwasserentnahmen weitgehend unbeeinflusst ist (Abb. 8, 9, 10, 11).

Die monatlichen Niedrigwasserabflüsse geben einen Hinweis auf das in einem Einzugsgebiet neugebildete Grundwasser. Unter monatlichem Niedrigwasserabfluss (MoNQ) versteht man den niedrigsten Tagesabfluss eines Monats. Um hohe MoNQ-Werte, die durch Direktabfluss (z. B. Interflow) beeinflusst sind, zu eliminieren, werden die Werte gröÙengeordnet aufgetragen und eine Ausgleichsgerade in den mittleren Bereich der Punktreihe gelegt. Der Median der MoNQ-Werte, abgekürzt MoMNQ_r, entspricht der im Vorfluter zum Abfluss gekommenen Grundwasserneubildung des zugehörigen Einzugs-

	MoMNQ _r Reihe 1980-1989 [m ³ /s]	MoMNQ _r Reihe 1990-1999 [m ³ /s]
Pegel Friedrichsthal/Wied	3,44	2,08
Pegel Prümzurlay/Prüm	2,78	1,98
Pegel Kellenbach/Simmerbach	0,99	0,52
Pegel Siebeldingen/Queich	1,50	0,84

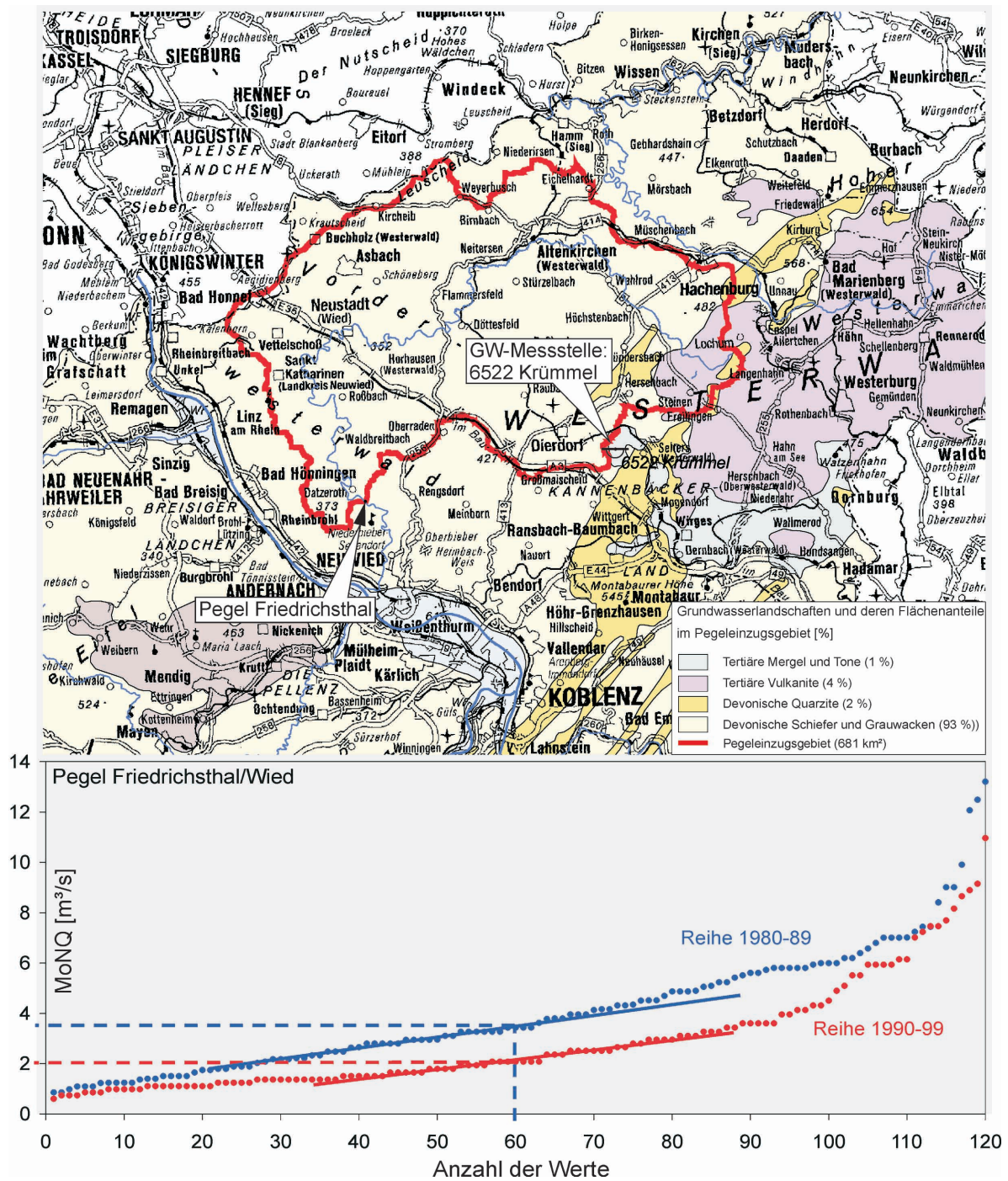


Abb. 8: Einzugsgebiet des Pegels Friedrichsthal/Wied; Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses mit dem MoMNQ_r-Verfahren nach KILLE (1970) für die Reihen 1980-1989 und 1990-1999

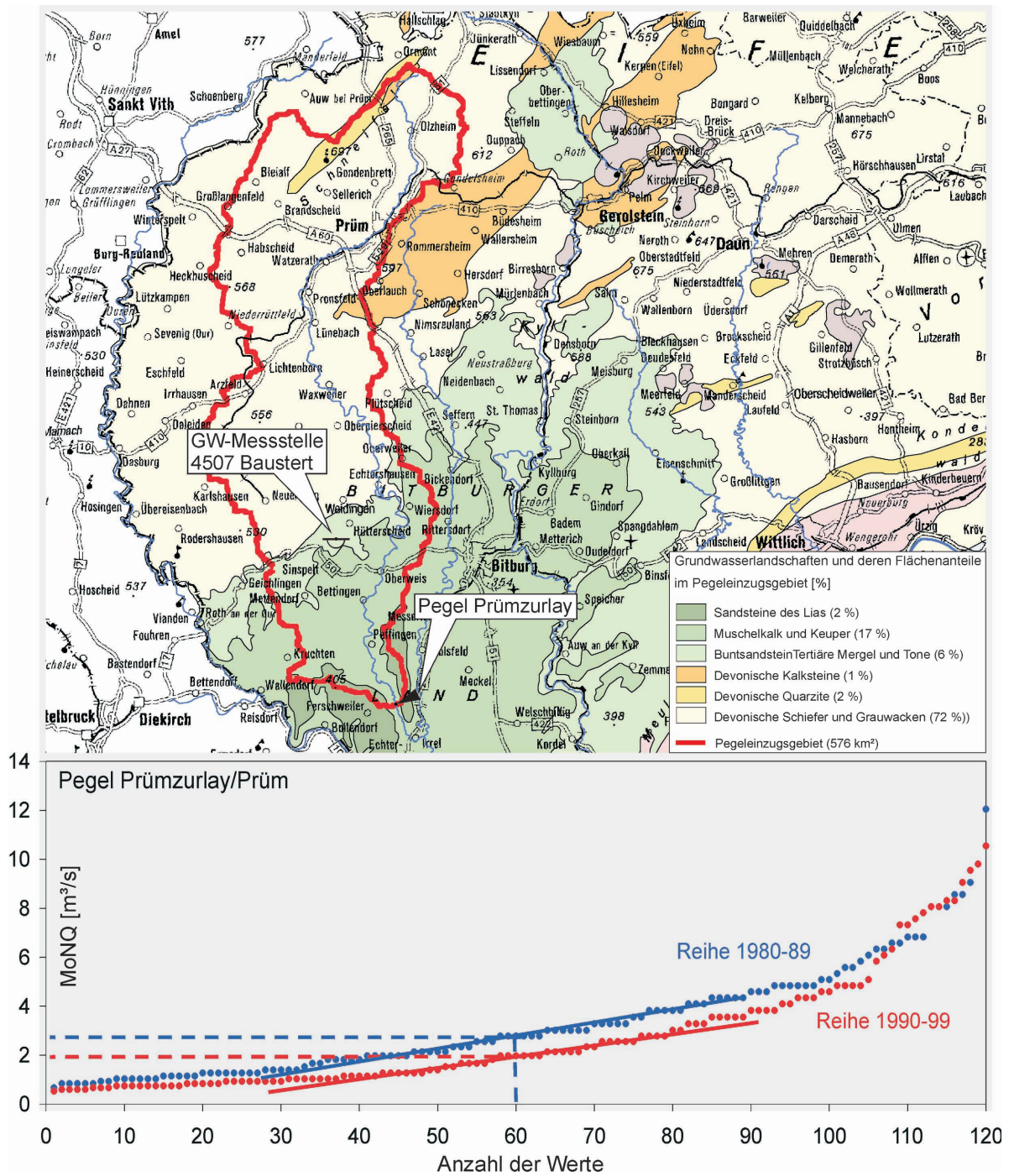


Abb. 9: Einzugsgebiet des Pegels Prümzurlay/Prüm; Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses mit dem MoMNQ_r-Verfahren nach KILLE (1970) für die Reihen 1980-1989 und 1990-1999

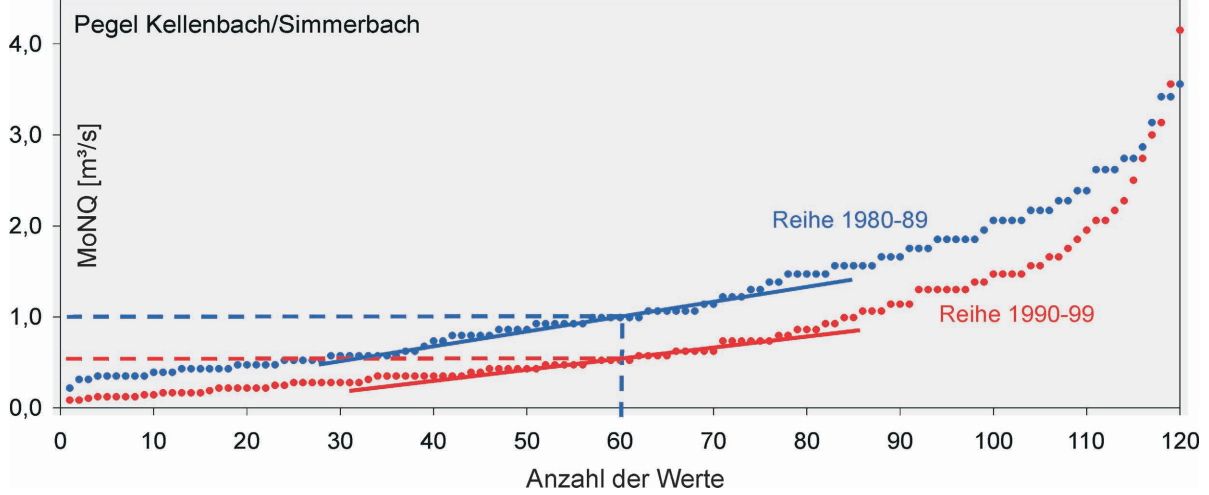
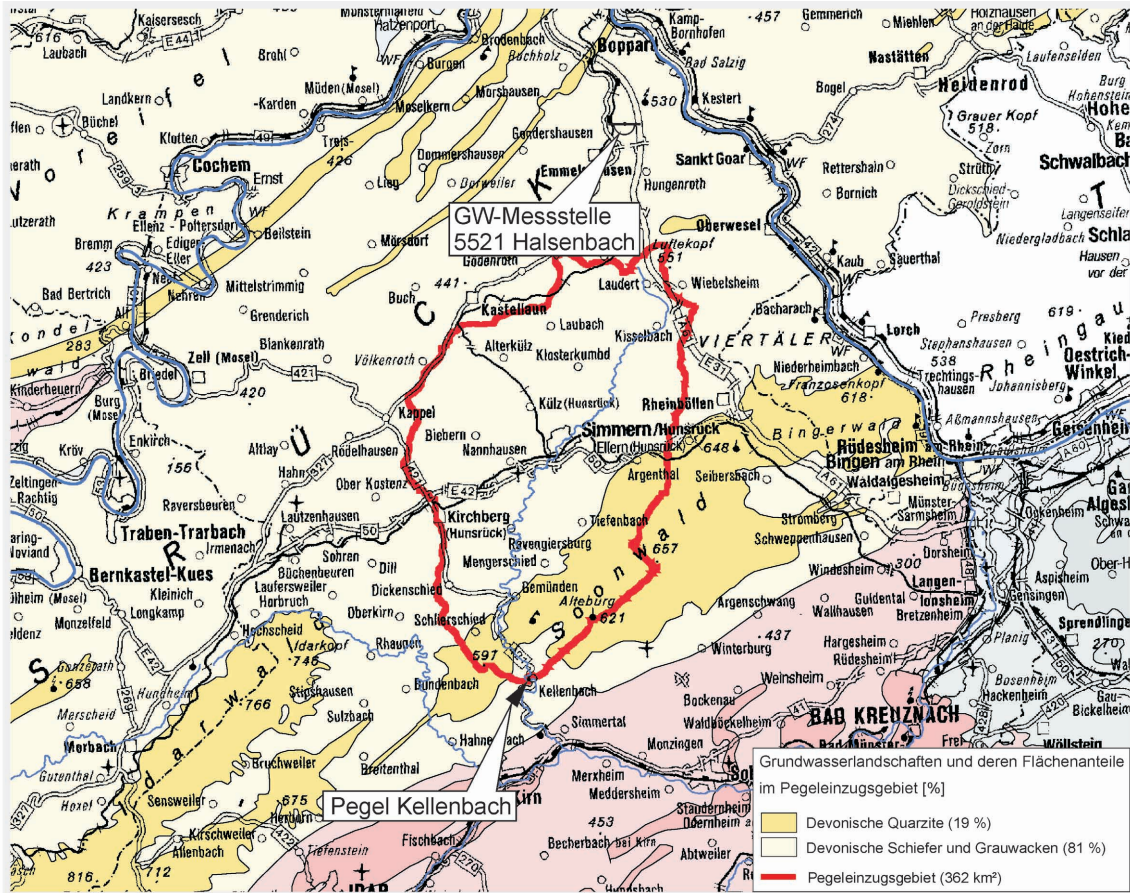


Abb. 10: Einzugsgebiet des Pegels Kellenbach/Simmerbach; Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses mit dem MoMNQ_r-Verfahren nach KILLE (1970) für die Reihen 1980-1989 und 1990-1999

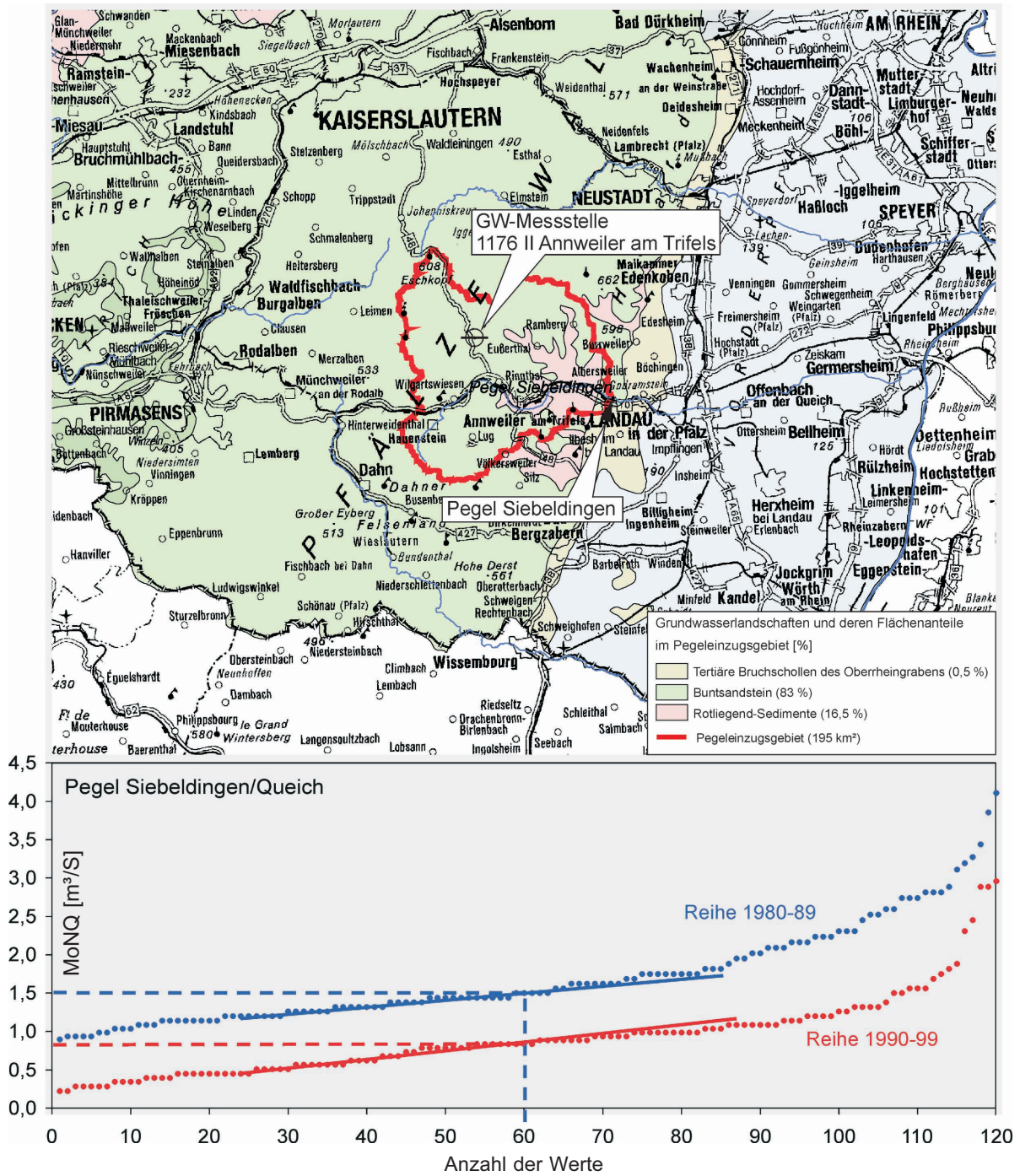


Abb. 11: Einzugsgebiet des Pegels Siebeldingen/Queich; Ermittlung des grundwasserbürtigen Abflusses mit dem MoMNQ_r-Verfahren nach KILLE (1970) für die Reihen 1980-1989 und 1990-1999

gebietes für vieljährige Reihen [4].

Für die vier Pegeleinzugsgebiete ergeben sich folgende Werte:

Um die Pegeleinzugsgebiete untereinander vergleichen zu können, wurden die mittleren Grundwasserneubildungshöhen für die beiden Dekaden und für den Gesamtzeitraum nach der Formel

	GW _{neu}		GW _{neu}		GW _{neu}	
	Reihe 80-89		Reihe 90-99		Reihe 80-99	
	[mm/a]	[%]	[mm/a]	[%]	[mm/a]	[%]
Pegel Friedrichsthal/Wied (680 km ²)	160	125	96	75	128	100
Pegel Prümzurley/Prüm (574 km ²)	153	117	109	83	131	100
Pegel Kellenbach/Simmerbach (362 km ²)	86	130	45	68	66	100
Pegel Siebeldingen/Queich (196 km ²)	241	128	135	72	188	100
	Ø 125		Ø 75			

$$GW_{neu} \text{ [mm/a]} = MoMNQ_r \text{ [m}^3\text{/s]} \times 31.536 / A_{Eo} \text{ [km}^2\text{]}$$

berechnet.

Verglichen mit der Reihe 1961-1999 lag das mittlere Niederschlagsdargebot für den betrachteten 20-jährigen Zeitraum von 1980 bis 1999 im mittleren Bereich (vgl. Kap. 3.1). Dem entsprechend sollte in diesem Zeitraum auch eine durchschnittliche Menge an Grundwasser neugebildet worden sein. Das Niederschlagsdargebot für die Dekade 1980-89 lag bei rd. 105 % und für die Dekade 1990-99 bei rd. 95 % des 20-jährigen Mittels. Dieses rd. 5 %ige Niederschlagsdefizit in der zweiten Dekade (verglichen mit der 20-jährigen Reihe) wirkte sich in Verbindung mit einer erhöhten Verdunstung, einer höheren Sonnenscheindauer und einer höheren Durchschnittstemperatur überproportional auf die Grundwasserbilanz aus. Die Grundwasserneubildung in den vier Pegeleinzugsgebieten lag während der ersten Dekade bei durchschnittlich 125 % und während der zweiten bei durchschnittlich 75 % des 20-jährigen Mittels!

Da die vier untersuchten Pegeleinzugsgebiete im Wesentlichen als repräsentativ für die hydrogeologischen und meteorologischen Verhältnisse der Mittelgebirgsregionen des Landes anzusehen sind, ist ein Vergleich von Niederschlag im gesamten Land mit der Grundwasserneubildung innerhalb der untersuchten Pegeleinzugsgebiete erlaubt. Vereinfacht ausgedrückt ging demnach mit dem etwa 5 %igen Niederschlagsdefizit in der Periode 1990-99 eine Minderung der Grundwasserneubildung um etwa 25 % einher!