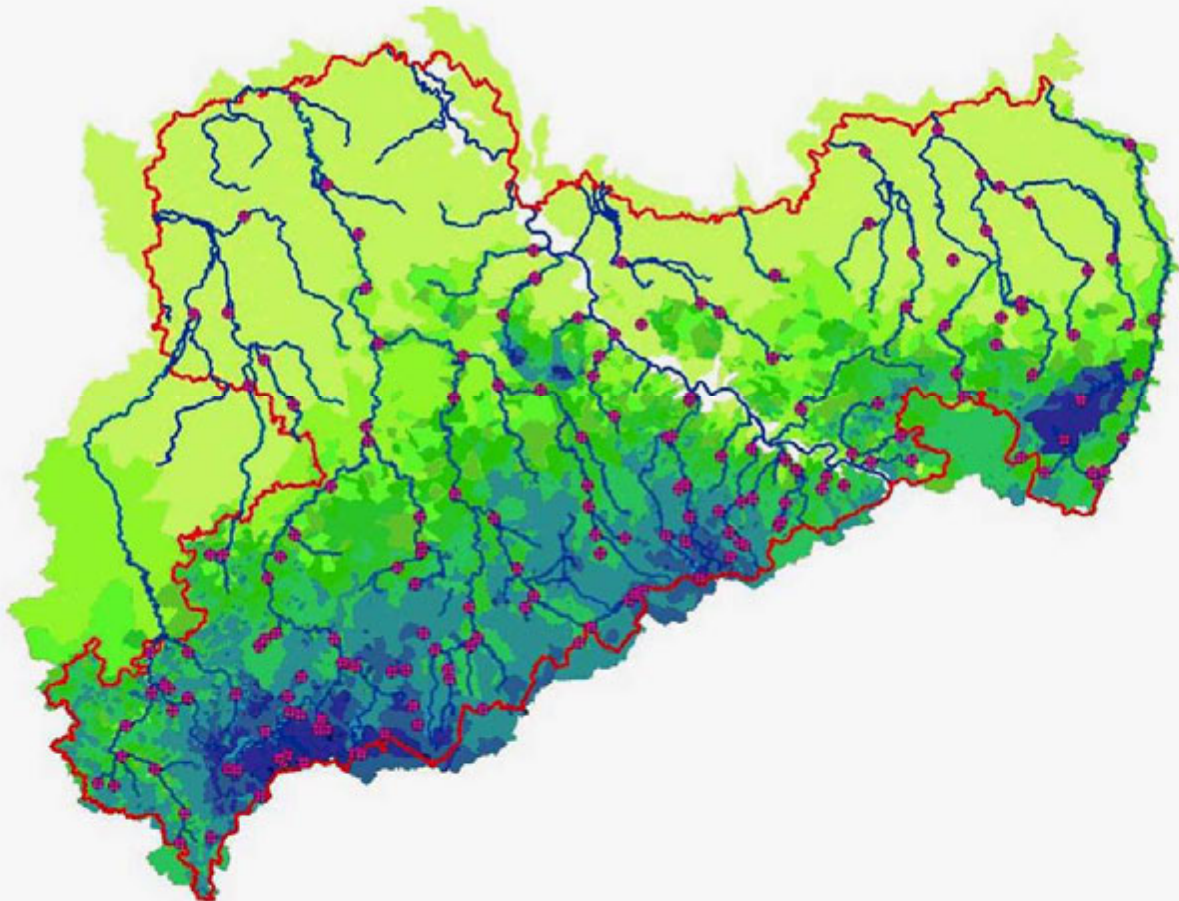




# Flächenhafte Bestimmung von Hochwasserspenden

Schriftenreihe, Heft 3/2012



# Flächenhafte Bestimmung von Hochwasserspenden - Schlussbericht 2010 -

Jörg Walther, Björn Fischer, Susanna Horn, Ralf Merz,  
Jose Luis Salinas Illarena, Gregor Laaha

<b>1</b>	<b>Veranlassung, Zielstellung und Arbeitsplan</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Datengrundlage</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Aufbereitung der Abflussdaten</b>	<b>15</b>
3.1	Arbeitsschritte	15
3.2	Verlängerung, Ergänzung oder Zusammenführung von Reihen	15
3.2.1	Verlängerung von Reihen	15
3.2.2	Ergänzung von Extremhochwassern	16
3.2.3	Berücksichtigung von historischen Hochwasserereignissen	17
3.2.4	Zusammenführung der Reihen mehrerer Pegel	18
3.3	Datenkorrektur	21
3.3.1	Korrektur der Abflüsse am Pegel Chemnitz 1	21
3.3.2	Korrektur der Abflüsse am Pegel Bad Dübener 1	21
3.4	Prüfung der Plausibilität von extremen Hochwasserereignissen	23
3.5	Homogenitätsanalyse	25
3.5.1	Summenlinien	25
3.5.2	Untersuchung des Einflusses von Stauanlagen	26
3.6	Zusammenfassung	29
<b>4</b>	<b>Extremwertstatistische Auswertung</b>	<b>30</b>
4.1	Methodische Grundlagen	30
4.1.1	Extremwertstatistische Auswertung mit HQ-EX	30
4.1.2	Anwendung der saisonalen Hochwasserstatistik	30
4.2	Ergebnisse	31
4.2.1	Abflussquantile $HQ_T$	31
4.2.2	Vergleich zwischen den nach verschiedenen Methoden ermittelten $HQ_T$	31
4.3	Zusammenfassung	32
<b>5</b>	<b>Auswahl der Gebietskenngrößen für die Regionalisierung und deren flächendeckende Ermittlung</b>	<b>33</b>
5.1	Methodik	33
5.2	Aufbereitung der Geodatenbasis	34
5.2.1	Einzugsgebiete	35
5.2.2	Fließgewässer	35
5.2.3	Landnutzung	36
5.2.4	Boden	37
5.2.5	Geländemodell	38
5.2.6	Niederschlag	39
5.3	Flächendeckende Ermittlung von Gebietskenngrößen	40
5.3.1	Gebietskenngrößen für Teilgebiete	40
5.3.2	Gebietskenngrößen für Einzugsgebiete	41
<b>6</b>	<b>Anwendung von verschiedenen Regionalisierungsverfahren und Auswahl eines Vorzugsverfahrens</b>	<b>42</b>
6.1	Index-Flood-Methode	43
6.1.1	Bildung homogener Regionen - Methodische Grundlagen	43
6.1.2	Anwendung der Klassifikationsverfahren	43
6.1.3	Beurteilung der Klassifikationen	44
6.1.4	Bewertung und Experteneinschätzung mit Auftraggeber	48
6.1.5	Festlegung einer endgültigen Klassifikation	50
6.1.6	Zuordnungsregel für Gebiete ohne Abflussbeobachtung	51
6.1.7	Anwendung des Index-Flood-Verfahrens (Methoden 3 und 4)	51
6.2	Top-Kriging (Methode 1)	57
6.3	Kombination von Georegression und Top-Kriging (Methode 2)	60

6.4	Kombination von Top-Kriging oder Georegression und Top- Kriging mit der Index-Flood-Methode (Methoden 5 und 6)	61
6.5	Längsschnittbetrachtungen	61
6.5.1	Methodische Grundlagen	61
6.5.2	Praktische Umsetzung und Ergebnisse	62
6.6	Vergleich und Diskussion von Regionalisierungsmethoden	64
<b>7</b>	<b>Flächendeckende Berechnung von Hochwasserabflüssen</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Geostatistische Regionalisierung (Methode 6) unter Verwendung von MHQ-Pegeln</b>	<b>82</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>88</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Arbeitsplan und Verantwortlichkeiten .....	13
Abbildung 2:	Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Niederoderwitz und Zittau 3+5 .....	16
Abbildung 3:	Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Podrosche 2 und Görlitz .....	16
Abbildung 4:	Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Zwickau-Pölbitz und Niederschlema .....	17
Abbildung 5:	Jahreshöchstabflüsse der Pegel Bärenfels (PKZ 55151.0) und Bärenfels „Alt“ am Pöbelbach .....	19
Abbildung 6:	Jahreshöchstabflüsse der Pegel Reichstädt (PKZ 55152.1) und Berreuth (PKZ 55152.0) am Reichstädter Bach .....	19
Abbildung 7:	Jahreshöchstabflüsse der Pegel Annaberg 1 (PKZ 56759.0) und Annaberg (PKZ 56760.0) an der Sehma .....	20
Abbildung 8:	Jahreshöchstabflüsse der Pegel Tannenberg (PKZ 56740.0) und Tannenberg „Alt“ an der Zschopau .....	20
Abbildung 9:	Jahreshöchstabflüsse der Pegel Schönheide 3 (PKZ 56201.2), Schönheide 2 (PKZ 56202.0) und Schönheide 1 (PKZ 56201.1) an der Zwickauer Mulde .....	21
Abbildung 10:	Vergleich der $HQ_T$ der Pegel Golzern 1 und Bad Düben 1, wenn ausgewählte Extremabflüsse („Jahrbuchwerte“) durch Abflüsse gemäß der aktuellen W-Q-Beziehungen ersetzt werden .....	22
Abbildung 11:	Vergleich der $Hq_T$ der Pegel Golzern 1 und Bad Düben 1, wenn ausgewählte Extremabflüsse („Jahrbuchwerte“) durch Abflüsse gemäß den aktuellen W-Q-Beziehungen ersetzt werden .....	22
Abbildung 12:	Beispiel für eine Längsschnittanalyse (Plausibilisierung des Hochwassers 1958 am Pegel Hartau/Lausitzer Neiße) .....	24
Abbildung 13:	Beispiel für eine Nachbarschaftsanalyse (gegenseitige Plausibilisierung des Hochwassers 2002 an allen aufgeführten Pegeln) .....	24
Abbildung 14:	Summenlinien für den Pegel Streitwald/Wyhra .....	25
Abbildung 15:	Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Neundorf für die Zeitreihen Dohna und mit Einfluss von Stauanlagen und Vergleich mit dem Pegel Dohna/Müglitz .....	27
Abbildung 16:	Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Niederschlema für die Zeitreihen ohne und mit Einfluss der Talsperre Eibenstock .....	28
Abbildung 17:	Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Streitwald für die Zeitreihen ohne und mit Einfluss der Talsperre Schömbach .....	29
Abbildung 18:	Approximation einer Allgemeinen Extremwertverteilung an die zusammengesetzte Verteilung am Beispiel des Pegels Golzern 1/Mulde .....	31
Abbildung 19:	Mittel- und Extremwerte der prozentualen Abweichung zwischen den $HQ_T$ der saisonalen Hochwasserstatistik (Z) und der klassischen Extremwertstatistik (G) .....	32
Abbildung 20:	Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung der Gebietskenngrößen .....	34
Abbildung 21:	Gebietskulisse für die Regionalisierung mit Darstellung der Fließgewässer .....	36
Abbildung 22:	Wald- und bebaute Flächen .....	37
Abbildung 23:	Nutzbare Feldkapazität in den obersten 10 Dezimetern .....	38
Abbildung 24:	Geländehöhe gemäß DGM 20 .....	39
Abbildung 25:	Maximaler Tagesniederschlag .....	40
Abbildung 26:	Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren A ermittelten Regionen .....	45
Abbildung 27:	L-Momente Diagramme (Clusterplots) für Cluster 1-3 nach Verfahren A und Kennzeichnung der Ausreißer .....	45
Abbildung 28:	Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren B ermittelten Regionen .....	46
Abbildung 29:	Regressionsbaum auf Basis aller EZKENN .....	47
Abbildung 30:	Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren C ermittelten Regionen .....	48
Abbildung 31:	Regressionsbaum für $X_{n1}$ , 4 Gruppen .....	49
Abbildung 32:	Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren D ermittelten Regionen .....	50
Abbildung 33:	Hochwasserregionen in Sachsen als Basis für das Index-Flood-Verfahren .....	51
Abbildung 34:	Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 1 .....	53
Abbildung 35:	Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 2 .....	54

Abbildung 36:	Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 3.....	54
Abbildung 37:	Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 4 .....	55
Abbildung 38:	L-Momente-Quotienten (L-Moment ratios) Diagramm für Cluster Nummer 2 (Region 2) .....	55
Abbildung 39:	Beispiel für eine regionale, lokale und Jack-Knife Hochwasserhäufigkeitskurve für einen Pegel in Cluster 1 ...	56
Abbildung 40:	Einfluss von Gebietsgröße (links) und Topografie (Mitte, rechts) auf die Gewichte $\lambda_i$ (rote Zahlen) geschätzt durch das Top-Kriging Verfahren. $x_i$ bezeichnet den Schwerpunkt des Zielgebiets .....	58
Abbildung 41:	Schematische Darstellung der Punktvariogramme und regularisierter Variogramme verschiedener Einzugsgebietsgrößen (aus SKØIEN et al. 2006) .....	60
Abbildung 42:	Regressionsanalysen der Parameter der AEV und des mittleren jährlichen Niederschlags (MAP).....	61
Abbildung 43:	Abflusslängsschnitte der Lausitzer Neiße für das HQ <sub>10</sub> und HQ <sub>100</sub> .....	63
Abbildung 44:	Vergleich der Güte von Regionalisierungsverfahren in Sachsen. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden von 103 Pegeln aufgetragen gegen die Jährlichkeit .....	66
Abbildung 45:	Vergleich der Güte der Regionalisierungsverfahren für Region 1. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden aufgetragen gegen die Jährlichkeit .....	67
Abbildung 46:	Vergleich der Güte der Regionalisierungsverfahren für Region 2. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden aufgetragen gegen die Jährlichkeit .....	68
Abbildung 47:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Top-Kriging - Methode 1 .....	70
Abbildung 48:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>100</sub> bei Methode 1.....	71
Abbildung 49:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Georegression und Top-Kriging - Methode 2.....	71
Abbildung 50:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>100</sub> bei Methode 2.....	72
Abbildung 51:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus HQ Reihe), - Methode 3 .....	72
Abbildung 52:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>100</sub> bei Methode 3.....	73
Abbildung 53:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus saisonaler HQ-Statistik) - Methode 4.....	73
Abbildung 55:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit MHQ aus Top-Kriging, und Index-Flood-Methode - Methode 5 .....	74
Abbildung 58:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>100</sub> bei Methode 6.....	76
Abbildung 59:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Top-Kriging – Methode 1.....	76
Abbildung 61:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Georegression und Top-Kriging - Methode 2 .....	77
Abbildung 62:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>10</sub> bei Methode 2.....	78
Abbildung 63:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus HQ Reihe) – Methode 3.....	78
Abbildung 65:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus saisonaler HQ-Statistik) – Methode 4.....	79
Abbildung 66:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>10</sub> bei Methode 4.....	80
Abbildung 67:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt mit MHQ aus Top-Kriging. und Index-Flood-Methode – Methode 5.....	80
Abbildung 68:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>10</sub> bei Methode 5.....	81
Abbildung 69:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - Methode 6.....	81
Abbildung 70:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>10</sub> bei Methode 6.....	82
Abbildung 71:	Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden mittels der Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Verfahren (Methode 6), mit und ohne Verwendung der zusätzlichen MHQ-Pegel .....	83

Abbildung 72:	Hq <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - erweiterte Methode 6 .....	84
Abbildung 73:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflusspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>100</sub> bei der erweiterten Methode 6 .....	84
Abbildung 74:	Hq <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /(s*km <sup>2</sup> )] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - erweiterte Methode 6 .....	85
Abbildung 75:	Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflusspenden (Jack-Knife) für das Hq <sub>10</sub> bei der erweiterten Methode 6 .....	85

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Historische Hochwasser im Einzugsgebiet der Mulde mit Scheitelabfluss in m <sup>3</sup> /s und der Jahreszeit des Auftretens (S-Sommer, W-Winter) .....	18
Tabelle 2:	Übersicht über die in der Studie untersuchten Regionalisierungsverfahren.....	42
Tabelle 3:	Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren A.....	44
Tabelle 4:	Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren B.....	46
Tabelle 5:	Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren C .....	47
Tabelle 6:	Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren D .....	49
Tabelle 7:	Beschreibung der vorhandenen Einzugsgebietseigenschaften.....	52
Tabelle 8:	Index-Flood-Regressionsmodelle .....	52
Tabelle 9:	Fehlermaße der Regressionsmodelle .....	53
Tabelle 10:	Parametern der Regionale Wachstumskurven.....	56
Tabelle 11:	Parameter der Growth Curve für saisonale HQ-Statistik.....	57
Tabelle 12:	Index-Flood-Regressionsmodelle für saisonale HQ-Statistik .....	57
Tabelle 13:	Fehlermaße der Regressionsmodelle für saisonale HQ-Statistik.....	57
Tabelle 14:	Exponenten für die Interpolation auf den Flussabschnitten Hartau-Zittau 1 und Rosenthal-Görlitz .....	63



## Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Prüfung der Plausibilität von extremen Hochwasserereignissen.....	88
Anlage 2:	Übersicht über die Basispegel der Regionalisierung.....	90
Anlage 3:	Übersicht über die Pegel, die neben den Basispegeln für die Bestimmung des MHQ genutzt werden.....	91
Anlage 4:	Ergebnisse der Extremwertstatistik und saisonalen Hochwasserstatistik für die Basispegel.....	96
Anlage 5:	Prozentuale Abweichung zwischen den $HQ_T$ der saisonalen Hochwasserstatistik (Z) und der klassischen Extremwertstatistik (G).....	109
Anlage 6:	Gebietskenngrößen für die Einzugsgebiete der Pegel.....	113
Anlage 7:	Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des Tests auf Interkorrelation zwischen den Gebietskenngrößen.....	123
Anlage 8:	Grafische Darstellung der Ergebnisse des Tests auf Interkorrelation zwischen den Gebietskenngrößen.....	124
Anlage 9:	L-Momente-Quotienten (L-Moment ratios) Diagramm für die Cluster 1 – 4.....	126
Anlage 10:	Abflusslängsschnitte der Lausitzer Neiße.....	128

## Abkürzungsverzeichnis

AB	Arbeitsbreiten
AEV	Allgemeine Extremwertverteilung
BÜK200	Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000
DGM	Digitales Geländemodell
EZKENN	Einzugsgebietskenngrößen
G	Jahres-HQ-Reihen
HRB	Hochwasserrückhaltebecken
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LTV	Landestalsperrenverwaltung
S	Sommer-HQ-Reihen
TK	Topografische Karte
TS	Talsperre
W	Winter-HQ-Reihen
Z	aus Winter- und Sommer-AEV zusammengesetzte Verteilung

## Symbolverzeichnis

Symbol	Einheit	Bedeutung
$A_E$	$\text{km}^2$	Einzugsgebietsfläche
$A_{EP_o}$	$\text{m}^2$	Einzugsgebietsfläche am oberhalb liegenden Pegel
$A_{EP_u}$	$\text{m}^2$	Einzugsgebietsfläche am unterhalb liegenden Pegel
$A_{EZG}$	$\text{km}^2$	Fläche des Einzugsgebietes
BEBAUT	%	Anteil der bebauten Flächen
D	$\text{km}^{-1}$	Gewässerdichte
FK	$\text{l/m}^2$ bzw. mm	Feldkapazität
FK10	$\text{l/m}^2$	Feldkapazität für die obersten 10 dm Bodentiefe
FLUSSD	$\text{km/km}^2$	Flussdichte bzw. Gesamtflusslänge
FORMFAK	-	Formfaktor Kreisförmigkeitsverhältnis
GEFAELLE	Grad	Mittleres Geländegefälle
HOEHE	müNN	Mittlere Geländehöhe
$HQ_i$		Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve im Gebiet i
$HQP_o$	$\text{m}^3/\text{s}$	HQ am oberhalb liegenden Pegel
$HQP_u$	$\text{m}^3/\text{s}$	HQ am unterhalb liegenden Pegel
$HQ_{Reg}$	-	Growth Curve (dimensionslose Hochwasserverteilungsfunktion)
$HQ_T$	$\text{m}^3/\text{s}$	Scheitelabfluss
$Hq_T$	$\text{l/skm}^2$	Abflussspende
KF10	$\text{cm/d}$	hydraulische Leitfähigkeit für die obersten 10 dm Bodentiefe
L	km	Gesamtgewässerlänge
$L_{cv}$	-	Variationskoeffizient
$L_{skew}$	-	Schiefekoeffizient
$L_{kur}$		Kurtosis der lokalen Extremwertverteilung auf Basis der L-Momente
MHQ	$\text{m}^3/\text{s}$	Mittlerer Hochwasserabfluss
NFK	$\text{l/m}^2$ bzw. mm	nutzbare Feldkapazität
NS_HAEUF	-	Jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen $\geq 50$ mm (Bezugsreihe ca. 1900 bis 2002)
NS_MAX	mm	Höchster Tagesniederschlag (Bezugsreihe ca. 1900 bis 2002)
PU	%	Unterschreitungswahrscheinlichkeit
$P_{KLJahr}$	mm	mittlerer jährlicher Niederschlag von 1961-1990
Q	$\text{m}^3/\text{s}$	Durchfluss
$Q_i^{reg}$		regionalisierter Hochwasserabfluss im Gebiet i
$Q_i^{log}$		aus der lokalen Pegelstatistik ermittelter Hochwasserabfluss für eine bestimmte Jährlichkeit
$R^2$	-	Bestimmtheitsmaß
$R_K$	-	dimensionsloses Kreisförmigkeitsverhältnis
RMSE		mittlerer quadratischer Fehler (root mean squared error)
RMSEjk		Jack-Knife root mean squared error
T	a	Wiederkehrintervall bzw. Jährlichkeit
U	km	Umfang
W	cm	Wasserstand
WALD	%	Waldanteil
h	m	Höhe
k	-	optimale Clusterzahl
Symbol	Einheit	Bedeutung

$k_f$	cm/d	gesättigte hydraulische Leitfähigkeit
mne		mittlerer normierter Fehler (mean normalized error)
n	-	Anzahl der benachbarten Stationen
nme		normierter mittlerer Fehler (normalized mean error)
nsdve		normierte Standardabweichung (normalized standard deviation error)
rmse		mittlerer quadratischer Fehler (root mean squared error)
sdvne		Standardabweichung der normierten Abflüsse (standard deviation normalized error)
$x_0$		Position der zu schätzenden Größe
$x_i$		Position
$y(T)$	-	Exponent in Abhängigkeit des Wiederkehrintervalls
$z_1$	-	gewichtete Linearkombination der höheren Momente
$z$		Schätzgröße
$\alpha$	-	Signifikanzniveau
$\lambda_i$		Gewicht der Messung an der Position $x_i$
$\mu_i$	-	Index Flood im Gebiet i

# 1 Veranlassung, Zielstellung und Arbeitsplan

Im August 2009 beauftragte das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) die DHI-WASY GmbH mit der Erarbeitung einer auf die hydrologischen Verhältnisse in Sachsen zugeschnittenen landeseinheitlichen Methodik zur Bestimmung von Hochwasserscheitelabflüssen mit Wiederkehrintervall für unbeobachtete Gewässerquerschnitte.

Mit dem Vorhaben sollten ältere Verfahren, die zum Teil nur auf Pegelbeobachtungen bis 1990 basieren, abgelöst und die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, aktuelle Hochwasserkennwerte als Grundlage für die Bemessung wasserbaulicher Anlagen bereitzustellen. Die Ergebnisse sollen zukünftig sowohl den Wasserbehörden zu Prüfungszwecken als auch Planern zur Verfügung stehen.

Das Vorhaben wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie der TU Wien bearbeitet, das dafür als Nachauftragnehmer verpflichtet wurde. Abbildung 1 zeigt die erforderlichen Arbeitspakete und gibt gleichzeitig einen Überblick über die Arbeitsteilung zwischen der DHI-WASY GmbH und der TU Wien, die ihrerseits auch die Universität für Bodenkultur Wien in die Arbeiten eingebunden hat.

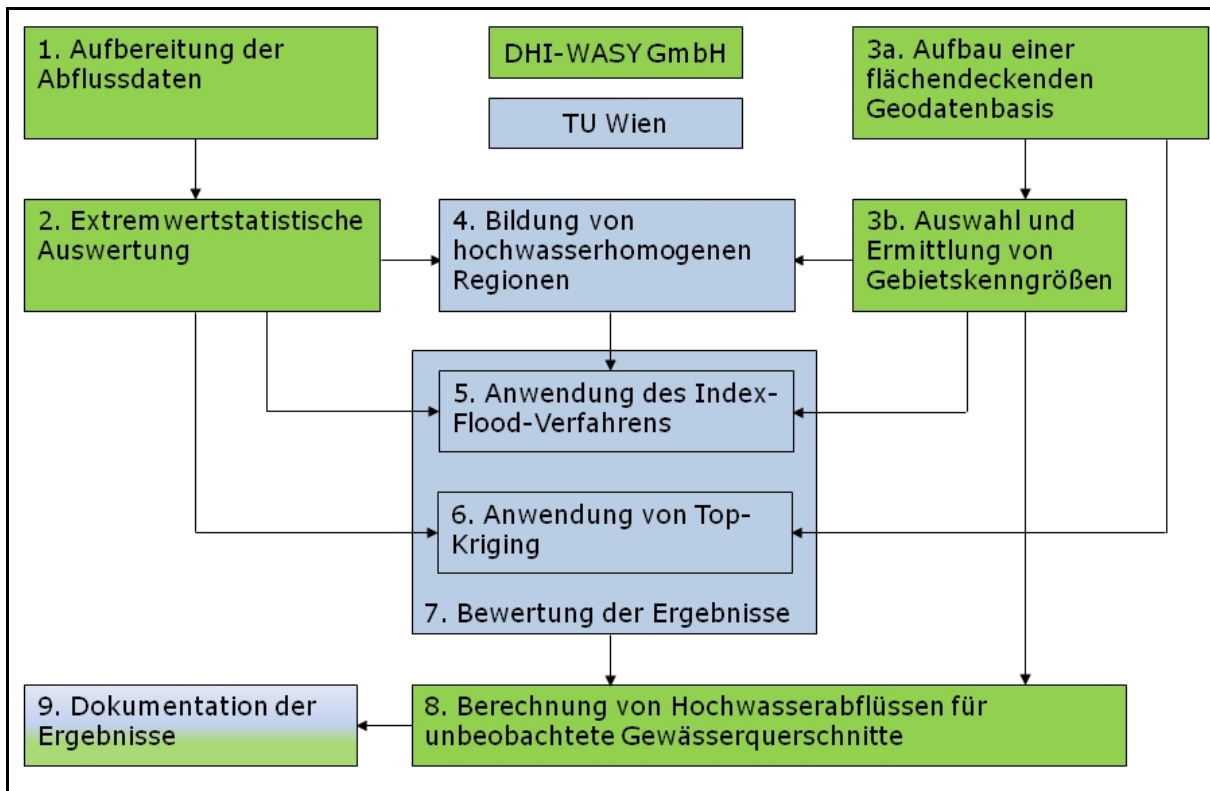


Abbildung 1: Arbeitsplan und Verantwortlichkeiten

Der Leistungsumfang ergibt sich grundsätzlich aus dem gemeinsamen Angebot der DHI-WASY-GmbH und der TU Wien an das LfULG vom 3. Juli 2009. In Abstimmung mit dem LfULG wurde der Leistungsumfang auf den Arbeitsberatungen am 23. September, 11. November 2009, 27. August 2010 und 30. September 2010 weiter präzisiert.

# 2 Datengrundlage

Vom LfULG wurden folgende Daten übergeben:

## Hydrologische Daten:

- monatliche Höchstabflüsse mit Eintrittsdatum für 163 aktive Schreibpegel
- monatliche Höchstabflüsse für den eingestellten Pegel Cämmerswalde-Neuwerndorf
- Jahreshöchstabflüsse für 40 eingestellte Schreibpegel
- historische Hochwasserabflüsse für 12 Pegel
- Anleitung zur Korrektur der Hochwasserabflüsse am Chemnitz 1 anhand des Pegels Göritzhein
- Gegenüberstellung der Höchstabflüsse für ausgewählte Hochwasserereignisse an den Pegeln Golzern 1 und Bad Düben 1 entsprechend der Abflussstatistik („Jahrbuchwerte“) und der derzeit gültigen W-Q-Beziehung
- Stammdaten zu allen Pegeln

Daten für nicht registrierende Pegel (Lattenpegel) wurden vereinbarungsgemäß nicht übergeben.

## Geodaten:

- Landesgrenze und Landkreise von Sachsen
- Umriss der Gebietskulisse
- Einzugsgebietsgrenzen von Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Brandenburg und Teilen von Polen mit Gebietskennzahl
- Fließgewässerabschnitte von Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Tschechien
- Pegel des Freistaates Sachsen als Punkte
- jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen und höchster Tagesniederschlag von ca. 1900-2002
- mittlere jährliche Niederschläge von 1961-1990
- digitale Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK200)
- Bodendaten für die angrenzenden Bundesländer als Flächenshape
- Landnutzung im CORINE-Land-Cover für Sachsen als Vektordaten
- kombiniertes DGM von Sachsen und angrenzenden Bereichen Tschechiens
- ATKIS-DGM von Sachsen
- Karte der naturräumlichen Gliederung Sachsens mit Ausweisung naturräumlicher Einheiten

# 3 Aufbereitung der Abflussdaten

## 3.1 Arbeitsschritte

Hauptziel von Arbeitspaket 1 gemäß Abbildung 1 war es, für die in Arbeitspaket 2 verwendete Software HQ-EX 3.0 (WASY 2005) homogene Jahres-HQ-Reihen sowie saisonale HQ-Reihen für das Sommer- und Winterhalbjahr bereitzustellen. Dafür waren verschiedene Vorarbeiten notwendig, u. a.

- die Verlängerung, Ergänzung oder Zusammenführung von Reihen,
- die Korrektur von Daten entsprechend der Vorgaben des LfULG,
- die Prüfung der Plausibilität von extremen Hochwasserereignissen,
- die Prüfung der Homogenität der gebildeten Reihen,
- die abschließende Festlegung der extremwertstatistisch auszuwertenden Pegel.

Die Mindestreihenlänge für die extremwertstatistische Auswertung mit HQ-EX wurde auf 26 Jahre festgelegt. Für Pegel, die dieses Kriterium nicht erfüllen, wird nur der mittlere Hochwasserabfluss MHQ berechnet, vorausgesetzt, es liegen mindestens 10 Beobachtungsjahre vor. Pegel mit Reihenlängen < 10 Jahre werden bei der Regionalisierung nicht berücksichtigt. Eine Konsistenzprüfung war nicht Bestandteil der vertraglich vereinbarten Leistung.

## 3.2 Verlängerung, Ergänzung oder Zusammenführung von Reihen

Mit der Verlängerung, Ergänzung oder Zusammenführung von Reihen wurden verschiedene Ziele verfolgt.

Eine Verlängerung von Reihen wurde grundsätzlich für alle Pegel mit 21 bis 25 Beobachtungsjahren in Betracht gezogen. Ziel dabei war es, die Reihen auf 26 Jahre zu verlängern, sodass diese Pegel für die extremwertstatistische Auswertung mit HQ-EX genutzt werden können. Als Ergänzung wird die Schließung von Datenlücken in den Pegelreihen bezeichnet. Sie wurde vorgenommen, um fehlende Extremhochwasserereignisse, die die Hochwassercharakteristik entscheidend beeinflussen können, zu ergänzen.

Die Berücksichtigung von historischen Hochwasserereignissen kann als Spezialfall der Ergänzung von Reihen angesehen werden. Die Reihen von zwei oder mehr Pegeln am gleichen Gewässer wurden zusammengeführt, falls es sich dabei um Pegel am gleichen Standort oder in unmittelbarer Nachbarschaft handelt, deren Reihen sich oftmals zeitlich ergänzen.

### 3.2.1 Verlängerung von Reihen

Die Möglichkeit einer Reihenverlängerung wurde für folgende 12 Pegel geprüft: Altchemnitz 2/Zwönitz, Aue 3/Zwickauer Mulde, Bad Elster 1/Weiße Elster, Borna/Whyra, Burkersdorf 2/Gimmlitz, Eibenstock 2/Rähmerbach, Großschweidnitz/Löbauer Wasser, Langenreinsdorf/Koberbach, Neuensalz/Rabenbach, Niederoderwitz/Landwasser, Podrosche/Lausitzer Neiße und Reichwalde/Schwarzer Schöps. Für jeden dieser Pegel wurde eine Korrelations- und Regressionsanalyse zu einem Bezugspegel am selben Gewässer oder im selben Flussgebiet durchgeführt.

Nur für die Pegel Altchemnitz 2, Aue 3, Niederoderwitz und Podrosche 2 waren die statistischen Zusammenhänge zum jeweiligen Bezugspegel ausreichend straff, um eine Reihenverlängerung als sinnvoll erscheinen zu lassen. Letztlich wurde eine Reihenverlängerung aber nur für die beiden Pegel Niederoderwitz (Abbildung 2) und Podrosche 2 (Abbildung 3) vorgenommen, und zwar jeweils getrennt für Sommer- und Winterhalbjahr. Für Altchemnitz 2 und Aue 3 war eine Reihenverlängerung auf Grund der lokalen Pegeldichte nicht notwendig.

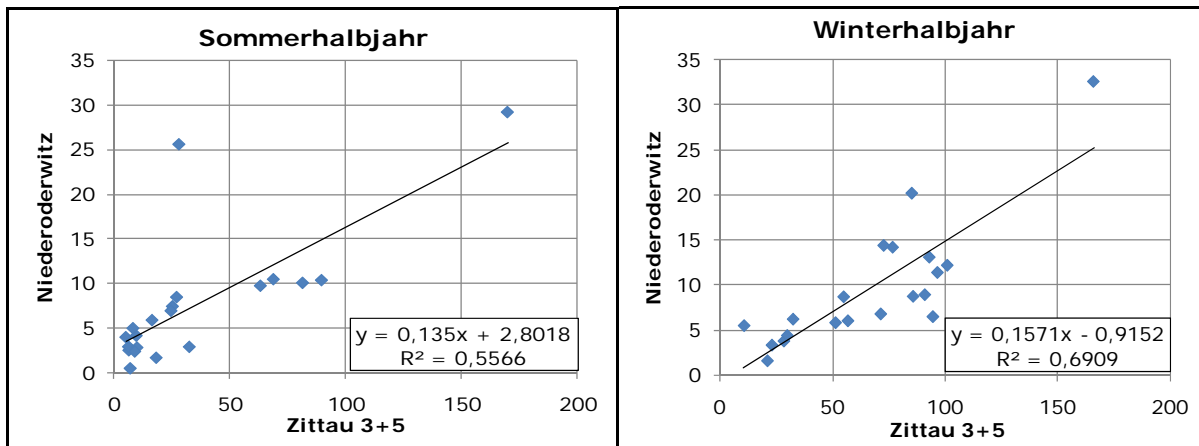


Abbildung 2: Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Niederoderwitz und Zittau 3+5

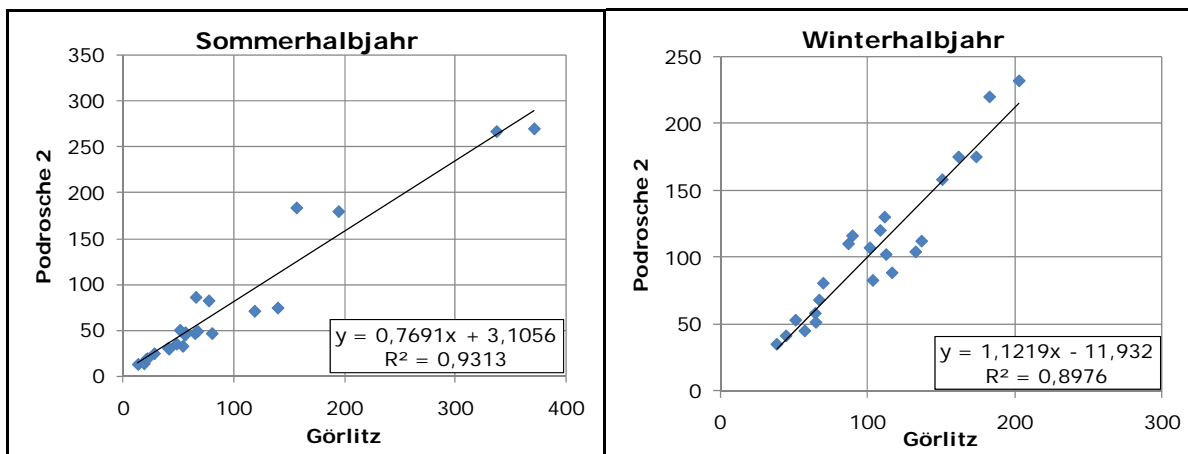


Abbildung 3: Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Podrosche 2 und Görlitz

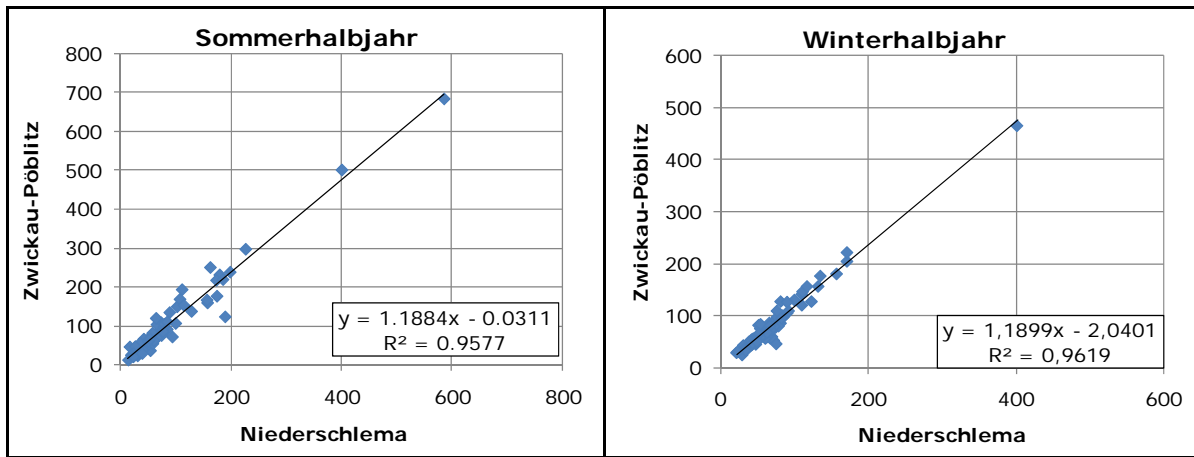
Mit Hilfe der Regressionsbeziehungen wurden die Höchstabflüsse für die Jahre 1984 bis 1986 am Pegel Niederoderwitz und für die Jahre 1983, 1984 und 1996 am Pegel Podrosche 2 bestimmt und die Reihen entsprechend verlängert.

### 3.2.2 Ergänzung von Extremhochwassern

Extreme Hochwasser wurden an den Pegeln Zwickau-Pölbitz/Zwickauer Mulde (1932), Hainsberg 5/Rote Weißeritz, Liebstadt 2/Seidewitz und Niederstregis 1/Große Stregis (jeweils 2002) ergänzt.

**Zwickau Pölbitz:** Methodische Grundlage für die Ergänzung bildete eine Regressionsanalyse zum Pegel Niederschlema am gleichen Gewässer. Mit Hilfe der dabei aufgestellten Regressionsgleichungen (Abbildung 4) wurden die Höchstabflüsse am Pegel Zwickau-Pölbitz im Winter- und Sommerhalbjahr 1932 zu  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $152 \text{ m}^3/\text{s}$  bestimmt.





**Abbildung 4: Regressionsbeziehungen zwischen den Höchstabflüssen an den Pegeln Zwickau-Pöblitz und Niederschlema**

**Hainsberg 5** (ehemals Hainsberg 1): Im Nachgang zum Auguthochwasser 2002 wurde für diesen Pegel ein Scheitelabfluss von  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  abgestimmt (WASY 2004). Dieser Wert wird durch die Ergebnisse einer N-A-Simulation gestützt. Der abgestimmte Scheitelabfluss von  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde für das Gesamt- und Sommerhalbjahr 2002 angesetzt.

**Liebstadt 2:** Auch für diesen Pegel wurde im Nachgang zum Auguthochwasser 2002 ein Scheitelabfluss festgelegt (WASY 2004), der durch die Ergebnisse einer N-A-Simulation gestützt wird. Der abgestimmte Scheitelabfluss von  $45 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde für das Gesamt- und Sommerhalbjahr 2002 angesetzt.

**Niederstriegis 1:** Im Hochwasserschutzkonzept für die Große Striegis (IBOS und WASY 2003) wird zum Auguthochwasser 2002 ein Scheitelabfluss von  $173 \text{ m}^3/\text{s}$  angegeben, der durch Übertragung des für den Nachbarpegel Böhrigen hydraulisch berechneten Maximalabflusses ermittelt wurde. Auch durch die Ergebnisse der N-A-Simulation in IBOS und WASY (2003) wird dieser Wert gestützt. Der Scheitelabfluss von  $173 \text{ m}^3/\text{s}$  wurde für das Gesamt- und Sommerhalbjahr 2002 angesetzt. Der Höchstabfluss für das Winterhalbjahr 2002 konnte anhand der vorhandenen Pegelaufzeichnungen bestimmt werden.

### 3.2.3 Berücksichtigung von historischen Hochwasserereignissen

Für 12 Pegel im Einzugsgebiet der Mulde wurden vom LfULG historische Hochwasserabflüsse übergeben (Tabelle 1). Diese Werte werden bei der extremwertstatistischen Auswertung als historische Hochwasser für das Gesamtjahr und für das Sommer- oder Winterhalbjahr berücksichtigt.

Eine Ausnahme bildet das historische Hochwasser von 1932 am Pegel Kriebstein UP. Auf Grund des zeitlichen Anschlusses an die Pegelreihen wird dieses Ereignis nicht als historisches Hochwasser in der extremwertstatistischen Auswertung berücksichtigt, sondern in die normale Jahres-HQ Reihe für das Gesamtjahr und das Winterhalbjahr aufgenommen

**Tabelle 1: Historische Hochwasser im Einzugsgebiet der Mulde mit Scheitelabfluss in m<sup>3</sup>/s und der Jahreszeit des Auftretens (S-Sommer, W-Winter)**

Pegel	Jahr/Jahreszeit									
	1573	1771	1858	1897	1932	1937	1941	1946	1954	1958
	S	S	S	S	W	S	S	W	S	S
Aue 1				200						
Bad Düben 1				1380	1130	668	1010	946	1550	1150
Erlin	1200	1100	560	1340	730					
Golzern 1	2200	2000	1440	1390						
Göritzhain		300	190							
Hopfgarten				275						
Kriebstein UP				980						
Lichtenwalde 1				920						
Niederschlema				390						
Nossen 1				196						
Wechselburg 1	1000	900	820	415						
Zwickau-Pölbitz			497	400						

### 3.2.4 Zusammenführung der Reihen mehrerer Pegel

Eine Zusammenführung der Reihen mehrerer Pegel am gleichen Gewässer bot sich immer dann an, wenn es sich um Pegel am gleichen Standort oder in unmittelbarer Nachbarschaft handelt, deren Reihen sich zeitlich ergänzen. Für folgende Gewässer wurde eine Zusammenführung der Reihe eines aktiven Pegels mit der von mittlerweile eingestellten Pegeln untersucht:

- Pöbelbach: Bärenfels (1966-2008) mit dem alten Pegel am gleichen Standort (1914-1940)
- Reichstädter Bach: Reichstädt (1982-2008, ohne 2000) mit Berreuth (1915-1982, mit mehreren Lücken)
- Sehma: Annaberg 1 (1998-2008) mit Annaberg (1968-2000)
- Zschopau: Tannenberg (1960-2008) mit dem alten Pegel am gleichen Standort (1926-1940)
- Zwickauer Mulde: Schönheide 3 (1972-2008) mit Schönheide 2 (1915-1938) und Schönheide 1 (1972-1983)

Die Passfähigkeit der Reihen der zusammenzuführenden Pegel wurde anhand eines grafischen Vergleiches der Jahres-HQ-Reihen und der daraus berechneten Mittelwerte MHQ beurteilt (Abbildung 5 bis Abbildung 9).

**Pöbelbach** (Abbildung 5): Der zeitliche Verlauf der Jahres-HQ und die daraus berechneten MHQ der beiden Pegel stimmen gut überein, sodass die Reihen der Jahres-HQ zusammengeführt wurden.

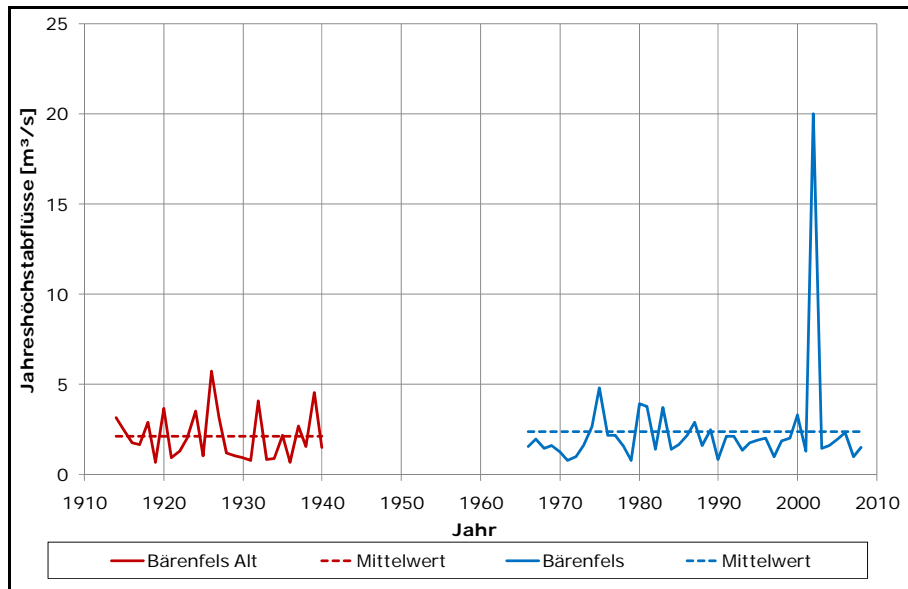


Abbildung 5: Jahreshöchstabflüsse der Pegel Bärenfels (PKZ 55151.0) und Bärenfels „Alt“ am Pöbelbach

**Reichstädter Bach** (Abbildung 6): Der zeitliche Verlauf der Jahres-HQ und die daraus berechneten MHQ der beiden Pegel stimmen gut überein, so dass die Reihen der Jahres-HQ zusammengeführt wurden, obwohl sich die Pegel nicht am gleichen Standort befinden. Der Pegel Reichstädt liegt ca. 2,4 km oberhalb des ehemaligen Pegels Berreuth. Das Einzugsgebiet des Pegels Reichstädt beträgt 13,2 km<sup>2</sup> und ist damit um 2,1 km<sup>2</sup> (14 %) kleiner als das des Pegels Berreuth ( $A_E = 15,3 \text{ km}^2$ ).

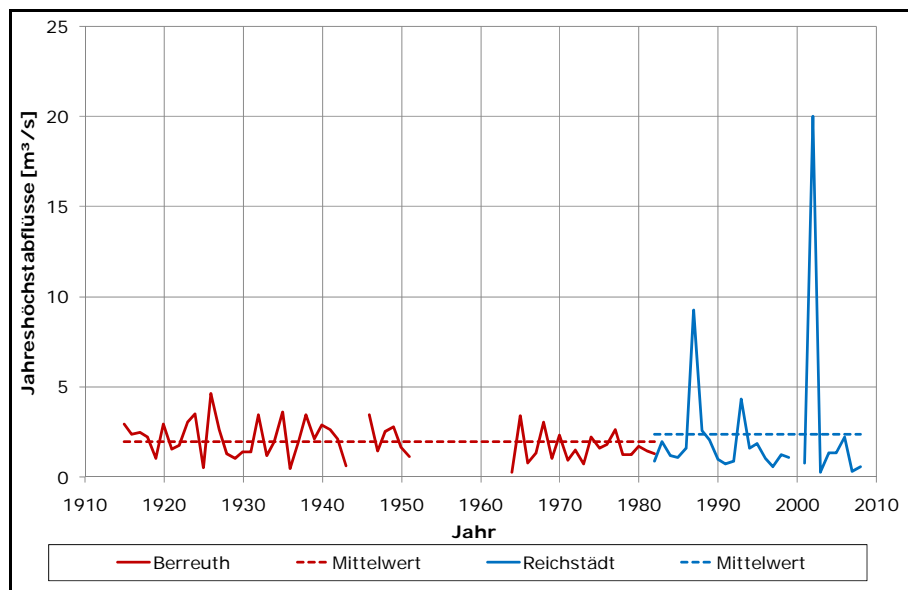
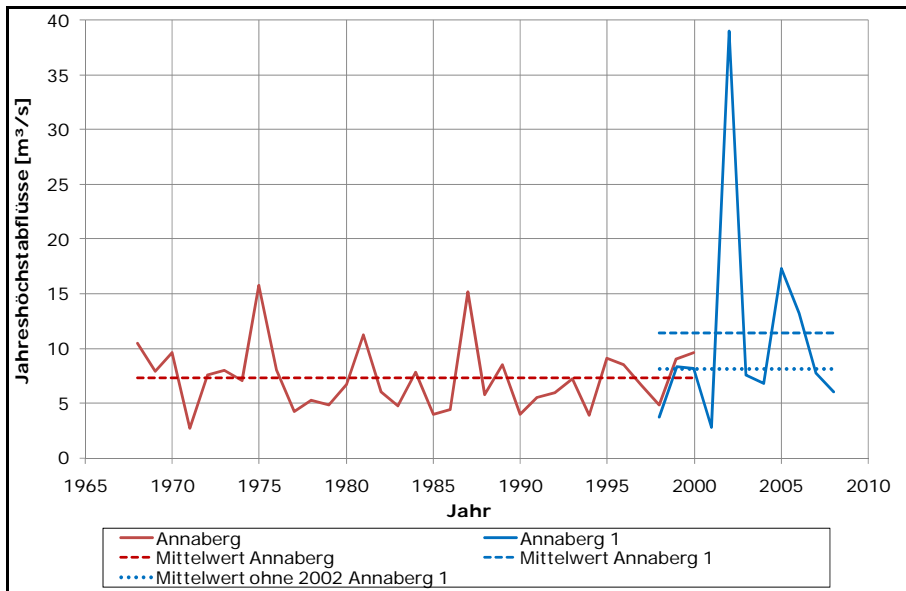


Abbildung 6: Jahreshöchstabflüsse der Pegel Reichstädt (PKZ 55152.1) und Berreuth (PKZ 55152.0) am Reichstädter Bach

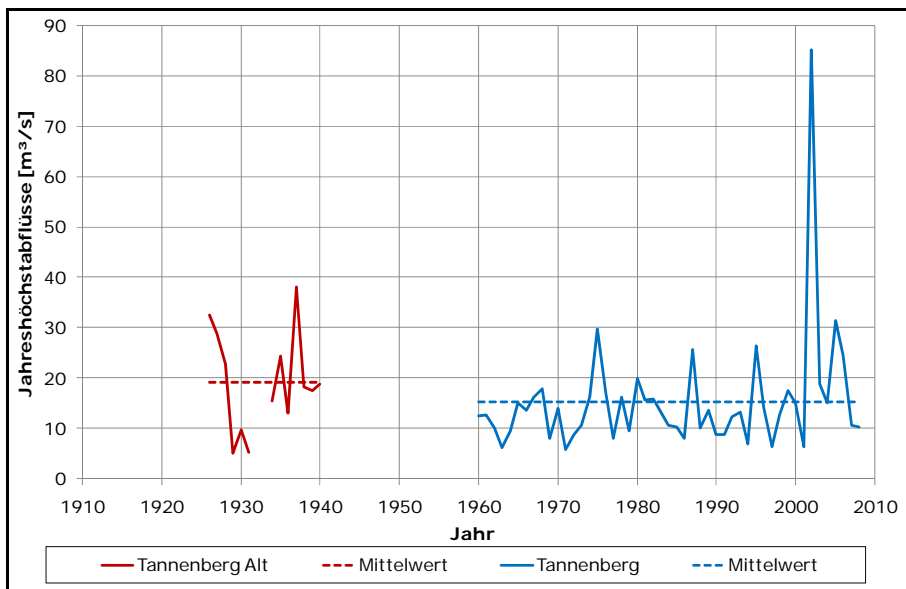
**Sehma** (Abbildung 7): Die aus den Jahres-HQ-Reihen berechneten MHQ unterscheiden sich deutlich. Berücksichtigt werden muss dabei allerdings, dass die Reihe von Annaberg 1 sehr kurz ist und deshalb MHQ sehr stark durch das Hochwasser 2002 beeinflusst wird. Erfolgt die Berechnung ohne das Jahr 2002 passt MHQ besser zum Mittelwert der Reihe des ehemaligen Pegels Annaberg. Deshalb und auf Grund der guten Übereinstimmung im gemeinsamen Beobachtungszeitraum 1998 bis 2000 wurden die Reihen der Jahres-HQ zusammengeführt, obwohl sich die beiden Pegel nicht am gleichen Standort befinden. Der Pegel Annaberg 1 liegt ca. 2,1 km oberhalb des ehemaligen Pegels Annaberg. Das Einzugsgebiet des Pegels Annaberg 1 beträgt 48,6 km<sup>2</sup> und ist damit um 2,3 km<sup>2</sup> (5 %) kleiner als das des Pegels Annaberg ( $A_E = 50,9 \text{ km}^2$ ).

Weil für beide Pegel Monats-HQ vorlagen, wurden auch die Reihen der Sommer- und Winter-HQ zusammengeführt.



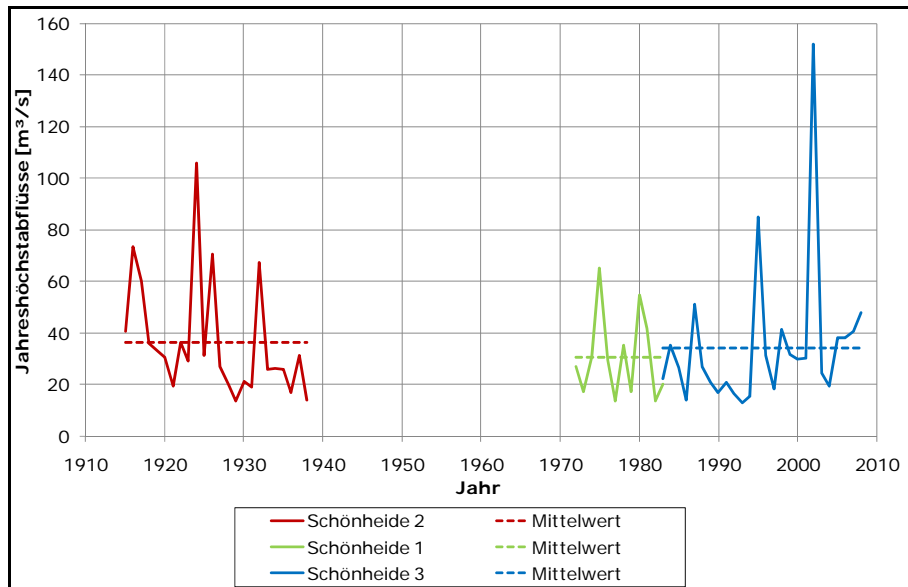
**Abbildung 7: Jahreshöchstabflüsse der Pegel Annaberg 1 (PKZ 56759.0) und Annaberg (PKZ 56760.0) an der Sehma**

**Zschopau** (Abbildung 8): Die Reihen der Jahres-HQ wurden nicht zusammengeführt, weil sich die daraus berechneten Mittelwerte deutlich unterscheiden und darüber hinaus die Reihe des ehemaligen Pegels Tannenberg sehr kurz ist.



**Abbildung 8: Jahreshöchstabflüsse der Pegel Tannenberg (PKZ 56740.0) und Tannenberg „Alt“ an der Zschopau**

**Zwickauer Mulde** (Abbildung 9): Der zeitliche Verlauf der Jahres-HQ und die daraus berechneten MHQ des aktiven Pegels und der beiden ehemaligen Pegel stimmen gut überein, sodass die Reihen der Jahres-HQ zusammengeführt wurden.



**Abbildung 9: Jahreshöchstabflüsse der Pegel Schönheide 3 (PKZ 56201.2), Schönheide 2 (PKZ 56202.0) und Schönheide 1 (PKZ 56201.1) an der Zwickauer Mulde**

## 3.3 Datenkorrektur

### 3.3.1 Korrektur der Abflüsse am Pegel Chemnitz 1

Die HQ-Werte des Pegels Chemnitz 1 wurden entsprechend den Vorgaben des LfULG korrigiert. Die vom LfULG übergebene Korrekturvorschrift basiert auf den Untersuchungen von SCHUMANN (2003). Mathematisch handelt es sich dabei um eine Regressionsgleichung mit dem Scheitelabfluss am Nachbarpegel Göritz/Thayn als Regressor. Die Korrektur einzelner HQ-Werte am Pegel Chemnitz 1 wurde vereinbarungsgemäß nur vorgenommen, falls der zeitgleiche Scheitelabfluss am Pegel Göritz/Thayn mehr als 80 m³/s betrug.

Mit Hilfe der Regressionsgleichung wurden 20 Jahreshöchstabflüsse am Pegel Chemnitz 1 korrigiert. Sie wurde auch genutzt, um fünf Jahreshöchstabflüsse zu ergänzen.

### 3.3.2 Korrektur der Abflüsse am Pegel Bad Dübener 1

Für extreme Hochwasser in der Mulde sind die Jahreshöchstabflüsse der Abflussstatistik („Jahrbuchwerte“) am Pegel Bad Dübener 1 oftmals höher als am flussaufwärts gelegenen Pegel Golzern 1. Eine derartige Erhöhung der Scheitelabflüsse ist allerdings hydrologisch kaum erklärbar, weil einerseits der Zuwachs an Einzugsgebietsfläche gering ist (+ 11 %) und andererseits sich auf dem 60 km langen Flussabschnitt ausgedehnte Überschwemmungsflächen befinden. Für beide Pegel sollte deshalb die  $HQ_T$ -Charakteristik auch auf alternativem Wege berechnet werden. Dazu wurden entsprechend den Vorgaben des LfULG ausgewählte sehr hohe Jahres-HQ (Jahrbuchwerte) an beiden Pegeln durch Abflüsse ersetzt, die sich gemäß den aktuellen W-Q-Beziehungen ergeben würden. Das Jahres-HQ 2002 am Pegel Bad Dübener 1 von 2200 m³/s wurde dabei jedoch nicht verändert.

Die extremwertstatistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Allgemeinen Extremwertverteilung, wobei die Parameter nach der wahrscheinlichkeitsgewichteten Momentenmethode geschätzt wurden. Die Ergebnisse für beide Pegel werden in Abbildung 10 auf Basis der Scheitelabflüsse  $HQ_T$  und in Abbildung 11 auf Basis der daraus berechneten Abflussspenden  $Hq_T$  verglichen.

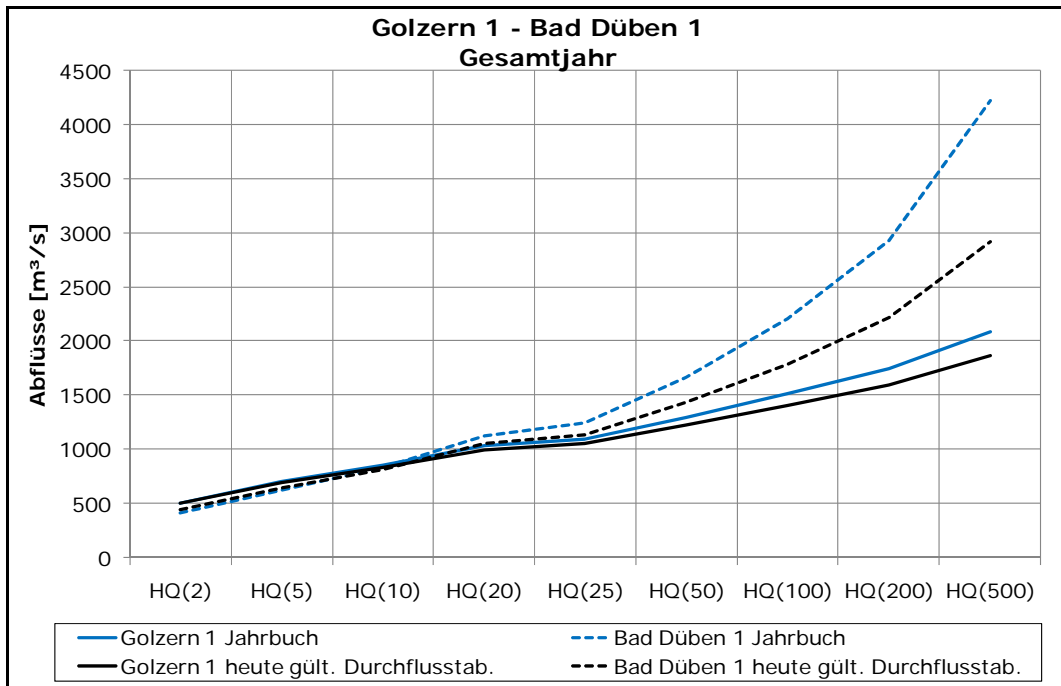


Abbildung 10: Vergleich der  $HQ_T$  der Pegel Golzern 1 und Bad Düben 1, wenn ausgewählte Extremabflüsse („Jahrbuchwerte“) durch Abflüsse gemäß der aktuellen W-Q-Beziehungen ersetzt werden

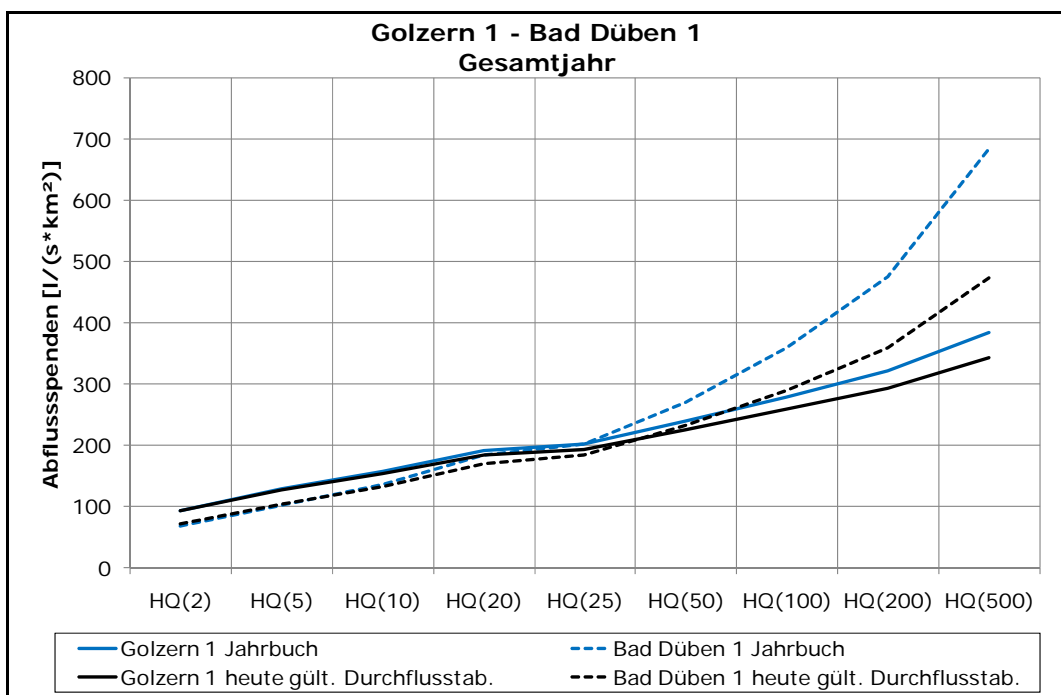


Abbildung 11: Vergleich der  $Hq_T$  der Pegel Golzern 1 und Bad Düben 1, wenn ausgewählte Extremabflüsse („Jahrbuchwerte“) durch Abflüsse gemäß den aktuellen W-Q-Beziehungen ersetzt werden

Für den Pegel Golzern 1 sind die Unterschiede zwischen den mit beiden Datengrundlagen berechneten Scheitelabflüssen und Abflussspenden über alle Wiederkehrintervalle relativ gering. Dagegen sind für den Pegel Bad Düben 1 die Unterschiede der beiden Abflusscharakteristika für größere Wiederkehrintervalle erheblich. Sie betragen für  $HQ_{50}$  ca. 16 % und für  $HQ_{500}$  ca. 44 %, wobei stets die anhand der „Jahrbuchwerte“ berechneten  $HQ_T$  bzw.  $Hq_T$  größer sind als die mit der veränderten Datengrundlage unter Verwendung der aktuellen W-Q-Beziehung.

Durch die Ersetzung von ausgewählten Extremabflüssen („Jahrbuchwerte“) durch Abflüsse gemäß den aktuellen W-Q-Beziehungen verringern sich die Unterschiede zwischen den Abflusscharakteristika der beiden Pegel. So beträgt der Unterschied bei HQ<sub>100</sub> statt 46 % nur noch 27 % bzw. bei Hq<sub>100</sub> statt 29 % nur noch 11 %.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber werden an beiden Pegeln in den Reihen der Jahres-HQ sowie der Sommer- und Winter-HQ ausgewählte Extremabflüsse durch Abflüsse gemäß der aktuellen W-Q-Beziehungen ersetzt. Die modifizierten Reihen werden den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt.

## 3.4 Prüfung der Plausibilität von extremen Hochwasserereignissen

Gemäß Auftrag sollten extreme Hochwasserereignisse auf Plausibilität geprüft werden, indem sie

- mit zeitgleichen Hochwasserabflüssen am gleichen Fluss (Längsschnittanalyse) und
- auf Basis von Abflussspenden - mit zeitgleichen Ereignissen an Pegeln in benachbarten Einzugsgebieten (Nachbarschaftsanalyse)

verglichen werden.

Zunächst war zu klären, welche Hochwasser als Extremereignisse anzusehen sind. Im Interesse einer möglichst objektiven Entscheidung erfolgte die Auswahl der Extremereignisse mit Hilfe des Ausreißertests, der auch Bestandteil der Software HQ-EX 3.0 (WASY 2005) ist. Mit Hilfe dieses Testes wurden in den Reihen der Jahres-HQ alle Hochwasserereignisse identifiziert, die zum Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$  aus statistischer Sicht als Ausreißer betrachtet werden müssen. Im Ergebnis des Ausreißertests wurden die Hochwasser vom

- Juli 1927 an zwei Pegeln,
- Juli 1954 an einem Pegel,
- Juli 1957 an einem Pegel,
- Juli 1958 an einem Pegel,
- Juli 1966 an einem Pegel,
- Dezember 1986 an einem Pegel,
- Juli 1999 an einem Pegel,
- August 2002 an 40 Pegeln

als Extremereignisse identifiziert.

Die zusammengefassten Ergebnisse der Plausibilitätsprüfung sind Inhalt der tabellarischen Übersicht in Anlage 1. Darin enthalten sind die insgesamt 47 geprüften Ereignisse mit ihren Scheitelabflüssen und Abflussspenden, die betroffenen Pegel, die Art der Untersuchung (Längsschnittanalyse oder Nachbarschaftsanalyse), die zum Vergleich herangezogenen Pegel und die abschließende Bewertung. In Ergänzung zu Anlage 1 zeigt Abbildung 12 ein Beispiel für eine Längsschnittanalyse und Abbildung 13 ein Beispiel für eine Nachbarschaftsanalyse.

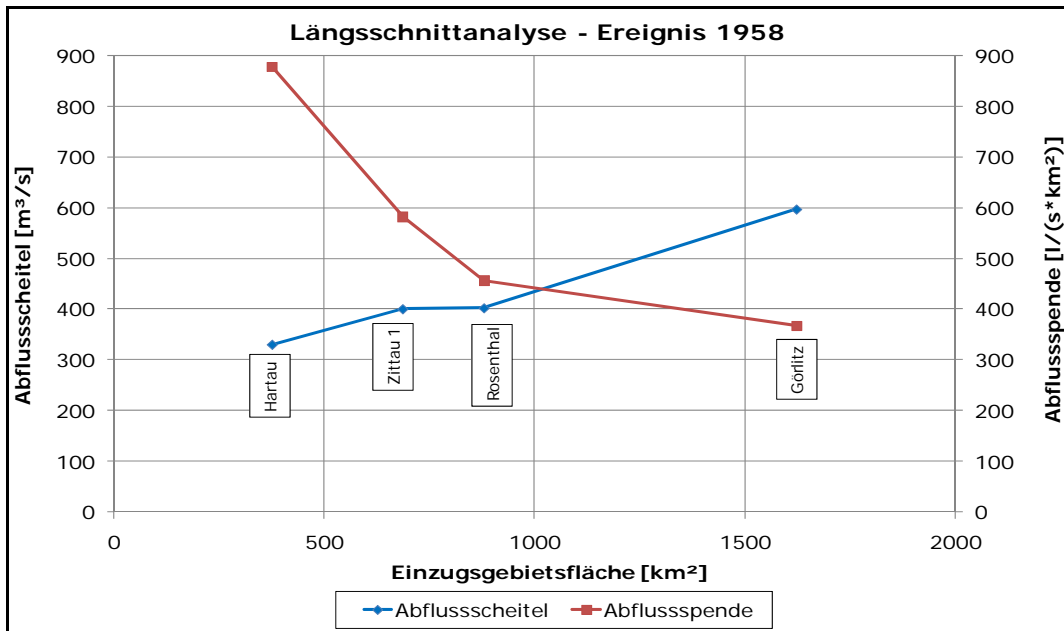


Abbildung 12: Beispiel für eine Längsschnittanalyse (Plausibilisierung des Hochwassers 1958 am Pegel Hartau/Lausitzer Neiße)

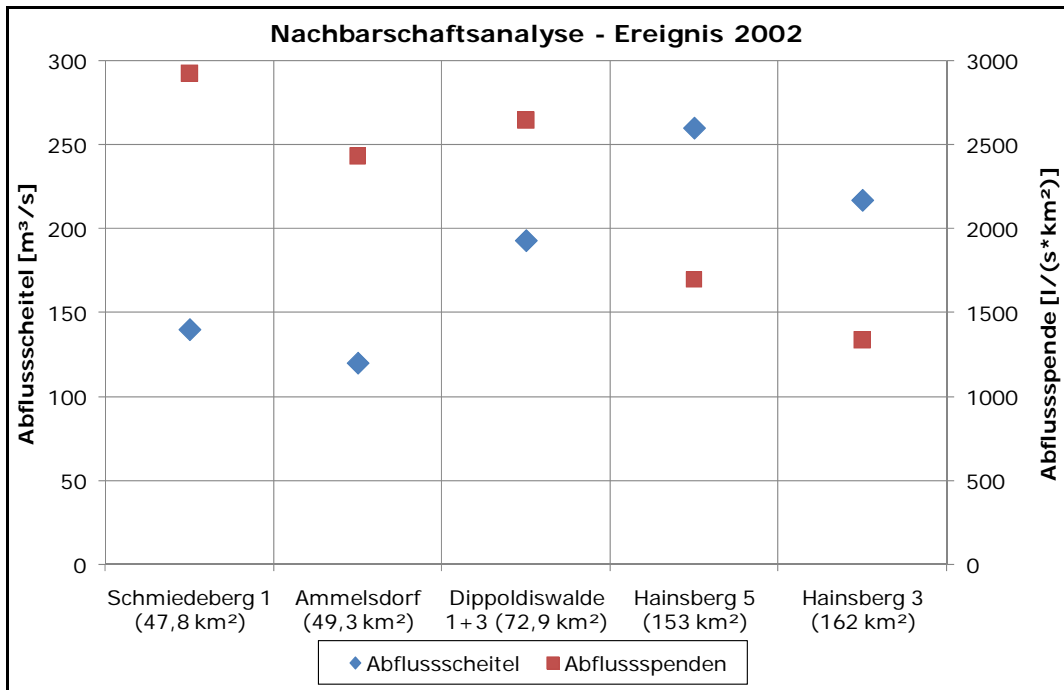


Abbildung 13: Beispiel für eine Nachbarschaftsanalyse (gegenseitige Plausibilisierung des Hochwassers 2002 an allen aufgeführten Pegeln)

Zusammenfassend wird festgestellt, dass alle identifizierten Extremhochwasser als plausibel betrachtet werden können. Lediglich die Hochwasserereignisse am Pegel Dohna 1927 und Neundorf 1927 und 1957 konnten auf Grund der Datenlage nicht ausreichend plausibilisiert werden. In diesem Zusammenhang wird auf die Veröffentlichungen von FICKERT (1934) und FOJT et al. (1958) verwiesen, die umfangreiche Untersuchungen zu diesen Hochwassern durchgeführt haben, deren Ergebnisse auch diese Ereignisse als plausibel erscheinen lassen.



## 3.5 Homogenitätsanalyse

Zur Überprüfung der Homogenität wurden für alle Pegel mit Reihenlängen von mindestens 26 Jahren Summenlinien für die Jahres-HQ sowie die Sommer- und Winter-HQ erstellt und für jeden Pegel in je einer Grafik dargestellt. Zusätzlich wurde für die drei Pegel Pirna-Neundorf/Gottleuba, Niederschlema/Zwickauer Mulde und Streitwald/Wyhra mit oberhalb liegenden Talsperren (TS) eine Detailuntersuchung durchgeführt. Dabei wurden die  $HQ_T$  auf Basis der verkürzten Jahres-HQ-Reihen vor dem Wirksamwerden der Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken (HRB) und danach berechnet und gegenübergestellt. Ziel der Untersuchung war die Beurteilung der Wirkung der Talsperren und HRB auf das Hochwasserregime an den Pegeln sowie eine grundsätzliche Entscheidung über den Umgang mit durch Speichern beeinflussten Reihen.

### 3.5.1 Summenlinien

Die Summenliniendarstellungen wurden visuell beurteilt. Dabei wurden Bruchpunkte identifiziert, an denen sich der Anstieg der Summenlinien ändert, sowie Sprünge in den Summenlinien. Die Sprünge deckten sich sehr gut mit dem Ergebnis des Ausreißertests, mit dem Extremhochwasser identifiziert wurde. Deren Plausibilisierung ist Inhalt von Abschnitt 3.4.

Bruchpunkte oder Abschnitte mit unterschiedlichem Anstieg wurden in den Summenliniendarstellungen von insgesamt 23 Pegeln identifiziert. War die Änderung im Anstieg der Summenlinien nur schwach ausgeprägt, wurde kein weiterer Handlungsbedarf gesehen. Für 14 Pegel war die Änderung im Anstieg der Summenlinien jedoch so stark, dass Handlungsbedarf bestand. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 14.

Ursache für den Bruchpunkt in den Summenlinien für den Pegel Streitwald/Wyhra ist die oberhalb gelegene Talsperre Schömbach, die 1971 fertiggestellt wurde. Weil nicht anthropogen beeinflusste, sondern weitgehend unbeeinflusste Hochwasserabflüsse regionalisiert werden sollen, wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden, für die Regionalisierung nur die Reihe von 1930 bis 1970 am Pegel Streitwald, also vor dem Wirksamwerden der Talsperre, zu berücksichtigen.

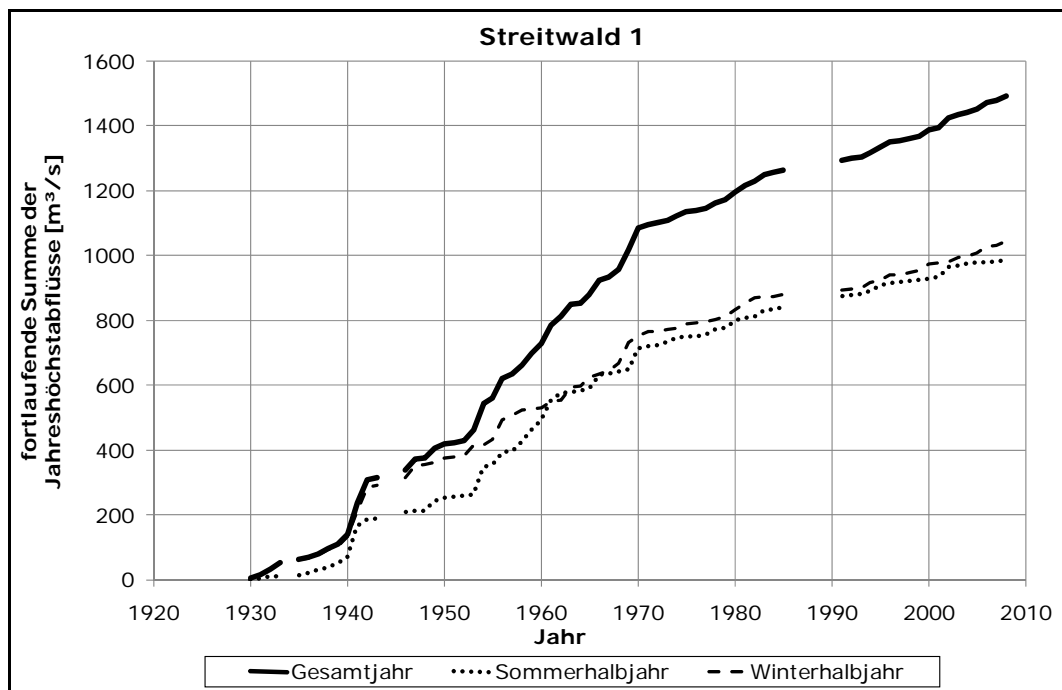


Abbildung 14: Summenlinien für den Pegel Streitwald/Wyhra

Analog zum Pegel Streitwald wird auch für die folgenden Pegel mit Bruchpunkten oder Abschnitten mit unterschiedlichem Anstieg in den Summenliniendarstellungen die Verwendung verkürzter Reihen empfohlen:

- Neundorf/Gottleuba (1927-1962) wegen Beeinflussung durch HRB Buschbach ab 1963, durch HRB Mordgrundbach ab 1966 und durch TS Gottleuba ab 1974

- Niedermülsen/Mülsenbach (1966-1980 und 1998-2008) wegen Problemen mit der W-Q-Beziehung in den 1980er- und 1990er-Jahren
- Olbernhau 1/Flöha (1927-1960) wegen Beeinflussung durch TS Flaje ab 1964
- Seerhausen 1+3/Jahna (1968-2008) wegen Inbetriebnahme des Umfluters im Jahr 1968

Die folgenden untersuchten Pegel sollten nicht bei der Regionalisierung berücksichtigt werden:

- Dölzschen/Weißeritz wegen wechselnder Anstiege der Summenlinien, vermutlich infolge geänderter Rückhalteräume in den Speichern im Einzugsgebiet der Weißeritz
- Gottleuba 3/Gottleuba wegen Beeinflussung durch TS Gottleuba (Abgabepegel)
- Markersbach/Bahra wegen Beeinflussung durch HRB Buschbach und HRB Mordgrundbach
- Rothschnberg/Rothschöberger Stollen wegen Nichtzuordenbarkeit eines oberirdischen Einzugsgebietes
- Schönau/Klosterwasser wegen wechselnder Anstiege der Summenlinien, vermutlich infolge fehlerhafter W-Q-Beziehungen
- Trado 3+2, weil bereits der Pegel Trado 3 mit einer längeren Reihe berücksichtigt wird

Um ihre Verwendung für die Regionalisierung bzw. die zu verwendende Reihenlänge zu klären, wurde für folgende Pegel in Ergänzung zur Summenlinienanalyse noch eine Doppelsummenanalyse mit Nachbarpegeln durchgeführt:

- Piskowitz 1/Ketzerbach mit Seerhausen 1+3/Jahna und Garsebach/Triebisch
- Hohberg/Rosenbach mit Schirgiswalde/Spree
- Boxberg/Schwarzer Schöps mit Lieske/Spree

Im Ergebnis der Doppelsummenanalyse wurde die Verwendung des Pegels Boxberg bestätigt, und zwar mit der Gesamtreihe seit Beginn der Beobachtungen 1927. Eine Verkürzung der Reihenlängen auf Grund der in den 1970er-Jahren in Betrieb gegangenen Talsperren Quitzdorf und Bautzen ist weder für den Pegel Boxberg noch für den Pegel Lieske notwendig. Dazu ist der Einfluss der Talsperren auf die Hochwasserabflüsse zu gering.

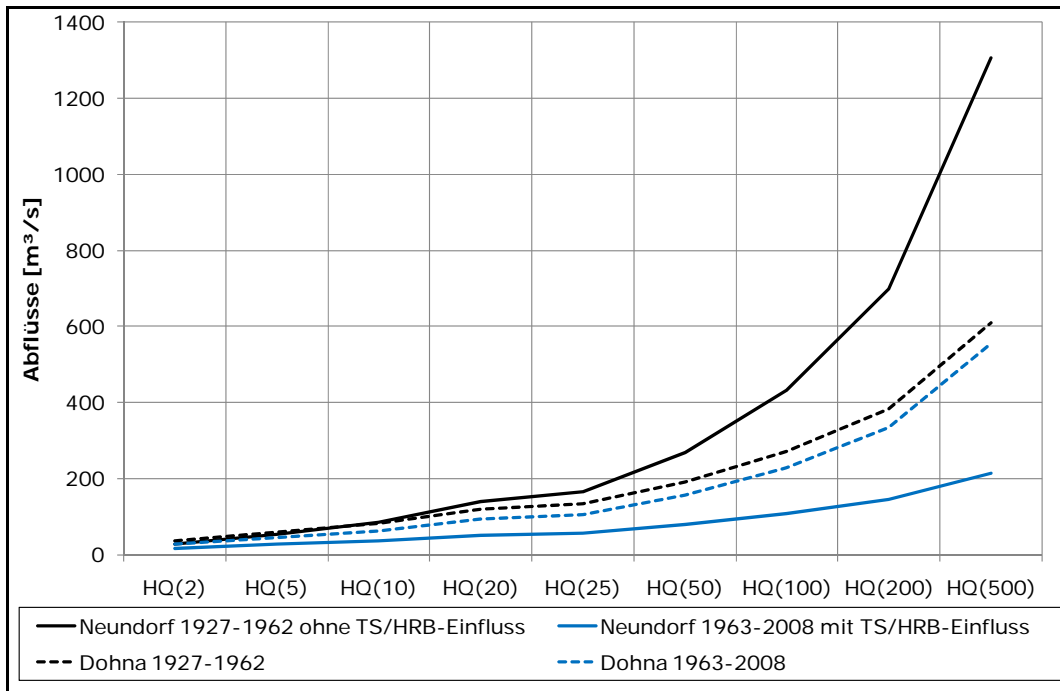
Die Zweifel an der Homogenität der HQ-Reihen der Pegel Piskowitz und Hohberg wurde durch die Doppelsummenanalyse bestätigt. Letztlich wurde aber in Abstimmung mit dem Auftraggeber entschieden, diese Pegel für die Regionalisierung mit den Gesamtreihen zu verwenden. Ihre Nichtberücksichtigung wäre auf Grund der in den jeweiligen Regionen vorhandenen geringen Pegeldichte mit einem erheblichen Informationsverlust verbunden.

### 3.5.2 Untersuchung des Einflusses von Stauanlagen

Stauanlagen wie Talsperren (TS) und Hochwasserrückhaltebecken (HRB) können das Hochwasserregime flussabwärts nachhaltig beeinflussen. Welchen Einfluss die Stauanlagen auf die Extremwertstatistik haben, wurde exemplarisch anhand der Pegel Neundorf/Gottleuba, Niederschlema/Zwickauer Mulde und Streitwald/Wyhra mit oberhalb liegenden Stauanlagen untersucht. Dabei wurden die  $HQ_T$  auf Basis der verkürzten Jahres-HQ-Reihen vor dem Wirksamwerden der Stauanlagen und danach berechnet und gegenübergestellt. Ziel der Untersuchung war, die Beurteilung der Wirkung der Stauanlagen auf das Hochwasserregime an den Pegeln sowie eine grundsätzliche Entscheidung über den Umgang mit durch Stauanlagen beeinflussten Reihen.

#### Pegel Neundorf/Gottleuba, TS Gottleuba, HRB Buschbach und Mordgrundbach (Beeinflussung ab 1963)

Die Beeinflussung der Hochwasserabflüsse am Pegel Neundorf durch die HRB Buschbach (Fertigstellung 1963) und Mordgrundbach (1966) sowie durch die TS Gottleuba (1974) ist deutlich ausgeprägt und umso höher, je höher das Wiederkehrintervall ist (Abbildung 15). Der in Abbildung 15 vorgenommene Vergleich mit dem durch Stauanlagen weitgehend unbeeinflussten Nachbarpegel Dohna/Müglitz zeigt, dass dieses Verhalten nicht zufällig ist oder auf andere Ursachen zurückgeführt werden kann. Für den Pegel Dohna sind die  $HQ_T$ -Charakteristika für beide Zeitreihen praktisch identisch.



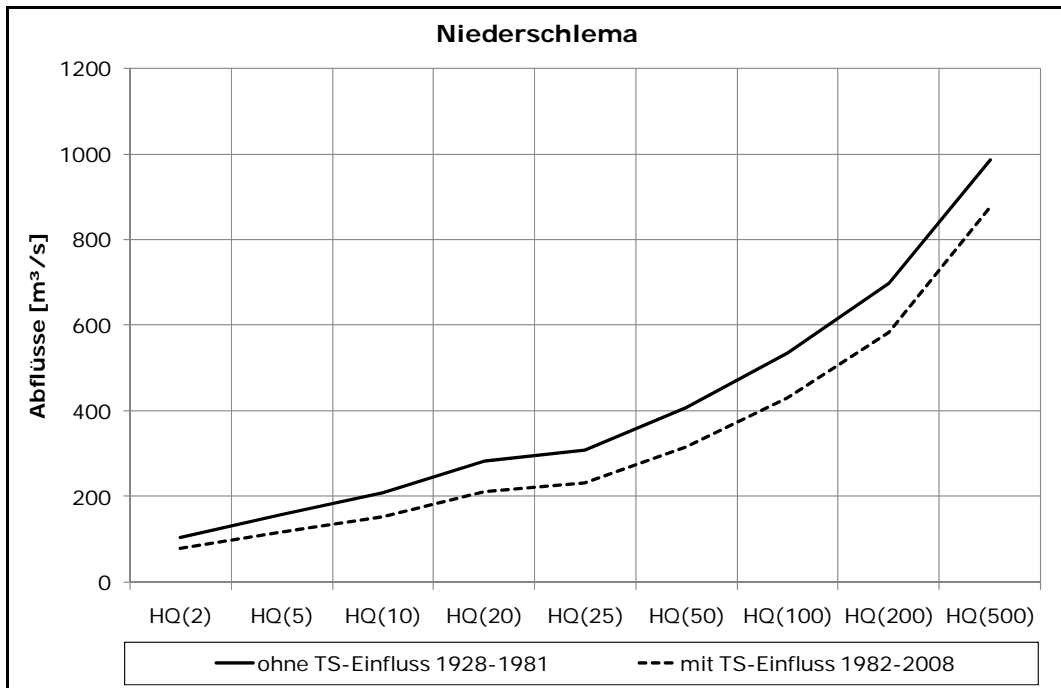
**Abbildung 15: Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Neundorf für die Zeitreihen Dohna und mit Einfluss von Stauanlagen und Vergleich mit dem Pegel Dohna/Müglitz**

Nach dem Wirksamwerden der TS Gottleuba werden etwa 77 km<sup>2</sup> (58 %) des Einzugsgebietes des Pegels Neundorf ( $A_E = 133 \text{ km}^2$ ) durch Stauanlagen kontrolliert. Der in den drei Stauanlagen insgesamt zur Verfügung stehende gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum betrug in den 1990er-Jahren ca. 5,6 Mio. m<sup>3</sup> (LTV 1996).

Es wird vorgeschlagen, der Extremwertstatistik am Pegel Neundorf die verkürzte Reihe von 1927 bis 1962 zugrunde zu legen (vgl. Abschnitt 3.5.1).

#### **Pegel Niederschlema/Zwickauer Mulde, TS Eibenstock (Beeinflussung ab 1982)**

Die Beeinflussung der Hochwasserabflüsse am Pegel Niederschlema durch die TS Eibenstock (Fertigstellung 1982) ist nur schwach ausgeprägt (Abbildung 16). Die Hauptursache dafür dürfte sein, dass durch die TS Eibenstock ( $A_E = 200 \text{ km}^2$ ) nur etwa 26 % des Einzugsgebietes des Pegels Niederschlema ( $A_E = 759 \text{ km}^2$ ) kontrolliert werden. In den 1990er-Jahren verfügte die TS Eibenstock über einen gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum von 5,8 Mio. m<sup>3</sup> (LTV 1996).

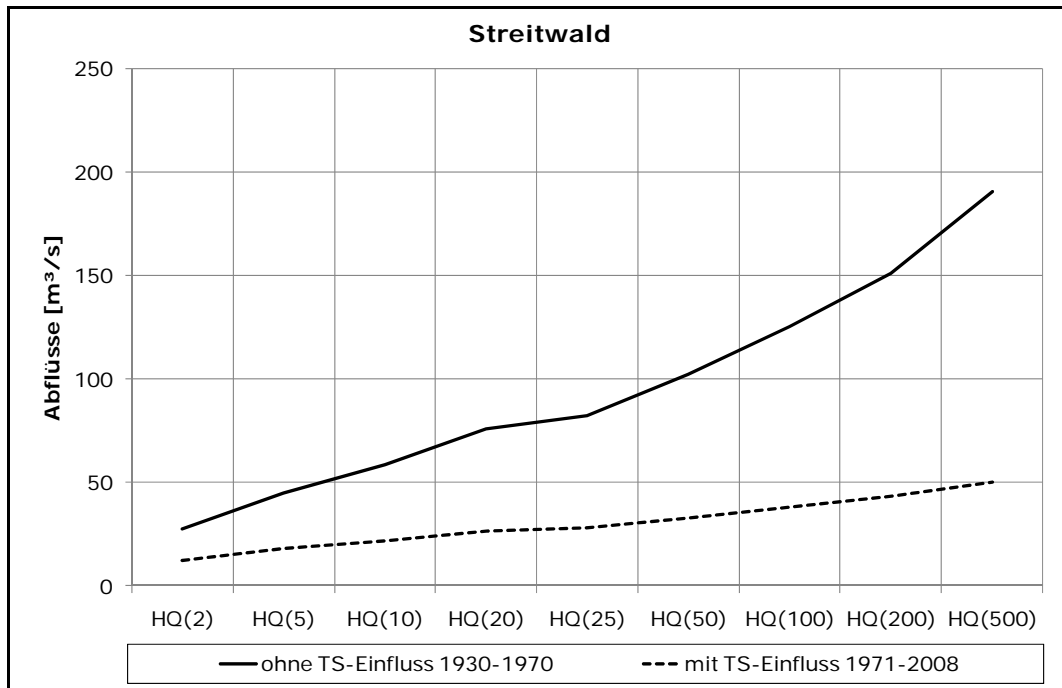


**Abbildung 16: Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Niederschlema für die Zeitreihen ohne und mit Einfluss der Talsperre Eibenstock**

Es wird vorgeschlagen, der Extremwertstatistik am Pegel Niederschlema die Gesamtreihe von 1928 bis 2008 zugrunde zu legen (vgl. Abschnitt 3.5.1).

#### Pegel Streitwald 1/Wyhra, TS Schömbach (Beeinflussung ab 1971)

Die Beeinflussung der Hochwasserabflüsse am Pegel Streitwald 1 durch die TS Schömbach (Fertigstellung 1971) ist bereits bei kleinen Wiederkehrintervallen sehr deutlich ausgeprägt (Abbildung 17). Wie beim Pegel Neundorf (s. o.) ist die Beeinflussung umso höher, je höher das Wiederkehrintervall ist. Nach dem Wirksamwerden der TS Schömbach werden etwa 107 km<sup>2</sup> (60 %) des Einzugsgebietes des Pegels Streitwald 1 ( $A_E = 178 \text{ km}^2$ ) durch die TS Schömbach kontrolliert. In den 1990er-Jahren verfügte die TS Schömbach über einen gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraum von 5,3 Mio. m<sup>3</sup> (LTV 1996).



**Abbildung 17: Extremwertstatistische Auswertung am Pegel Streitwald für die Zeitreihen ohne und mit Einfluss der Talsperre Schönbach**

Es wird vorgeschlagen, der Extremwertstatistik am Pegel Streitwald 1 die verkürzte Reihe von 1930 bis 1970 zugrunde zu legen (vgl. Abschnitt 3.5.1).

Fazit: Bei etwa gleichem Hochwasserrückhalteraum ist der Grad der Beeinflussung des Hochwasserregimes an einem Pegel unterhalb von Stauanlagen in erster Linie vom Verhältnis des durch die Stauanlagen beeinflussten Einzugsgebietes zum Einzugsgebiet des Pegels abhängig. Der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum der in der hier vorgenommenen Untersuchung berücksichtigten Stauanlagen lag in den 1990er-Jahren jeweils zwischen 5 und 6 Mio. m<sup>3</sup>. Das Verhältnis des durch die Stauanlagen beeinflussten Einzugsgebietes zum Einzugsgebiet des Pegels nimmt in der Reihenfolge Niederschlema (26 %) – Neundorf (58 %) – Streitwald 1 (60 %) zu. Dementsprechend werden die Hochwasserabflüsse am Pegel Niederschlema nur moderat und an den Pegeln Neundorf und Streitwald 1 erheblich beeinflusst.

### 3.6 Zusammenfassung

Im Ergebnis der in Abschnitt 3.5 durchgeführten Untersuchungen wurden insgesamt 113 Pegel mit einer Reihenlänge > 25 Jahre ausgewählt, für die eine extremwertstatistische Auswertung der Jahres-HQ sowie der Winter- und Sommer-HQ empfohlen wird. Diese Pegel werden im Folgenden als **Basispegel** der Regionalisierung bezeichnet (Anlage 2).

Für 66 weitere Pegel mit einer Reihenlänge ≥ 10 Jahre wurde der mittlere Hochwasserabfluss MHQ ermittelt (Anlage 3). Dazu gehören auch einige mittlerweile eingestellte Pegel mit einer Reihenlänge > 25 Jahre, für die aber nur die Jahres-HQ zur Verfügung standen. Somit liegt MHQ für insgesamt 179 Pegel vor und kann im Zuge der Regionalisierung als Information genutzt werden.

# 4 Extremwertstatistische Auswertung

## 4.1 Methodische Grundlagen

### 4.1.1 Extremwertstatistische Auswertung mit HQ-EX

Die extremwertstatistische Auswertung der für die 113 Basispegel (Anlage 2) gebildeten Jahres-HQ-Reihen sowie saisonalen HQ-Reihen für das Sommer- und Winterhalbjahr erfolgte mit Hilfe der Software HQ-EX 3.0 (WASY 2005). Mit HQ-EX wurden die Parameter der Allgemeinen Extremwertverteilung nach der wahrscheinlichkeitsgewichteten Momentenmethode gemäß der im DVWK-Merkblatt 251 (DVWK 1999) beschriebenen Methodik geschätzt.

Für die Pegel mit historischen Hochwassern (Abschnitt 3.2.3) wurde die damit verbundene Zusatzinformation bei der extremwertstatistischen Auswertung der entsprechenden Reihen berücksichtigt. Dabei wurde in Kauf genommen, dass für die betreffenden Pegel die Reihen der Jahres-, Winter- und Sommer-HQ einen unterschiedlichen Informationsgehalt (Stichprobenumfang) besitzen können.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die in HQ-EX integrierte optionale Korrektur der HQT für kleine Wiederkehrintervalle, die auf den Empfehlungen in DVWK (1999) basiert, angewendet. Mit dieser Korrektur wird die aus der Verwendung von jährlichen Reihen resultierende Unterschätzung der HQT für kleine Wiederkehrintervalle, d. h. für  $T = 2$  und  $5$  a, kompensiert.

### 4.1.2 Anwendung der saisonalen Hochwasserstatistik

Bei statistisch gesehen kurzen Reihen – und als solche dürfen selbst 50-jährige Reihen betrachtet werden – sind die Ergebnisse der extremwertstatistischen Auswertung oft nicht befriedigend. Es ist daher ratsam, Möglichkeiten zur Informationserweiterung zu nutzen (DYCK et al. 1980). Eine Möglichkeit der (zeitlichen) Informationserweiterung ist die Einbeziehung historischer Hochwasser. Leider liegen gesicherte Aussagen über historische Hochwasserabflüsse nur für wenige Pegel vor. Eine andere Möglichkeit der (kausalen) Informationserweiterung ist die Aufgliederung der Hochwasser auf genetisch homogene Kollektive, die näherungsweise dadurch erreicht werden kann, dass für das Winterhalbjahr (November-April) und das Sommerhalbjahr (Mai-Oktober) je eine Reihe von Jahreshöchstabflüssen gebildet und separat extremwertstatistisch ausgewertet wird. SCHUMANN (2005) wandte diese als saisonale Hochwasserstatistik bezeichnete Methodik an, um im Einzugsgebiet der Mulde das Augusthochwasser 2002 hochwasserstatistisch einzuordnen.

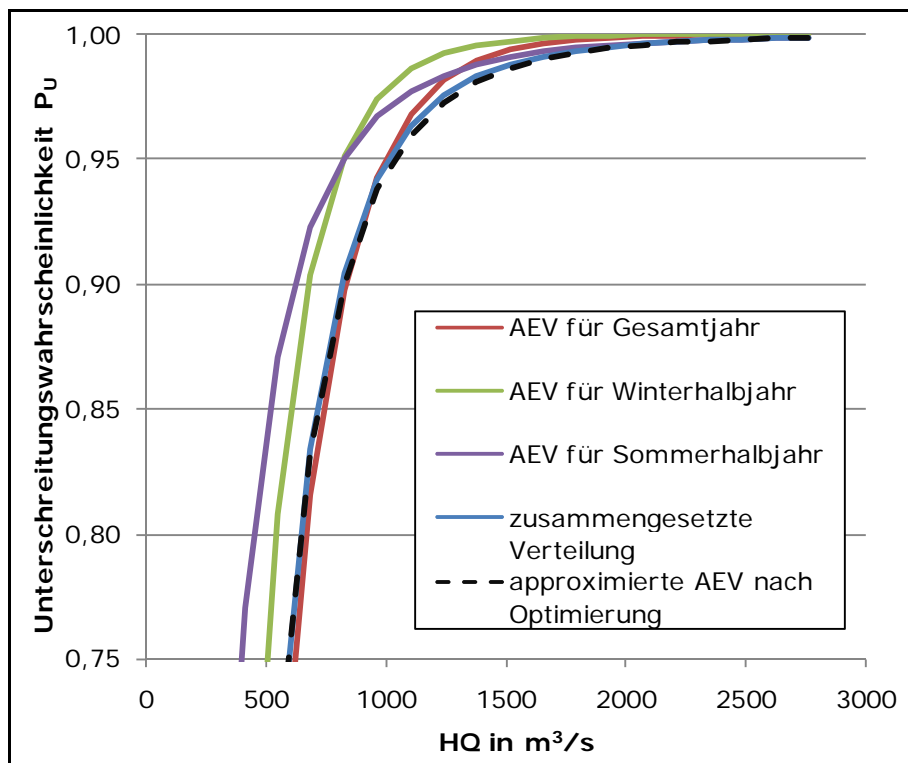
Nach der extremwertstatistischen Auswertung der saisonalen HQ-Reihen für das Sommer- und Winterhalbjahr kann die auf das Gesamtjahr bezogene Unterschreitungswahrscheinlichkeit  $PU$  eines bestimmten Hochwasserabflusses  $HQ$  mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$PU(\text{Jahr}) = PU(\text{Winter}) * PU(\text{Sommer}) \quad (1)$$

Gemäß Gleichung (1) kann die auf das Gesamtjahr bezogene Unterschreitungswahrscheinlichkeit nicht größer sein als die Unterschreitungswahrscheinlichkeit im Winterhalbjahr oder im Sommerhalbjahr. Anders gesagt: Falls in einem Jahr das Hochwasser  $HQ$  unterschritten wird, muss es sowohl im Winter als auch im Sommer unterschritten werden (SCHUMANN 2005).

Die mit Hilfe von Gleichung (1) berechneten Wertepaare ( $HQ$ ,  $PU$ ) werden im Folgenden als zusammengesetzte Verteilung (Winter-Sommer) bezeichnet. Mathematisch problematisch ist dabei folgendes: Einerseits ist es mit Gleichung (1) möglich, für ein bestimmtes  $HQ$  die auf das Gesamtjahr bezogene Unterschreitungswahrscheinlichkeit zu berechnen. Andererseits existiert aber keine analoge Gleichung, mit der für eine vorgegebene Unterschreitungswahrscheinlichkeit – wie in der Hydrologie üblich – der Hochwasserabfluss berechnet werden kann. Letztlich fehlt eine geschlossene mathematische Beschreibung der zusammengesetzten Verteilung, die strenggenommen keine Allgemeine Extremwertverteilung mehr ist. Praktisch wurde dieses Problem gelöst, indem an die zusammengesetzte Verteilung eine Allgemeine Extremwertverteilung approximiert wurde. Dies geschah über eine Optimierung der drei Parameter der Allgemeinen Extremwertverteilung, bei der die Summe der gewichteten quadratischen Abweichung zwischen der zusammengesetzten Verteilung und der approximierten Allgemeinen Extremwertverteilung minimiert wurde. Als Gewicht wurde der Hochwasserabfluss  $HQ$  verwendet. Damit wurde eine bessere Anpassung der

Allgemeinen Extremwertverteilung an die zusammengesetzte Verteilung im Extrapolationsbereich ( $T \geq 100$  a) erzielt als bei einer Minimierung der Summe der einfachen quadratischen Abweichung. Abbildung 18 veranschaulicht die Vorgehensweise und das Ergebnis der Optimierung beispielhaft für den Pegel Golzern 1/Mulde.



**Abbildung 18: Approximation einer Allgemeinen Extremwertverteilung an die zusammengesetzte Verteilung am Beispiel des Pegels Golzern 1/Mulde**

Die für alle Basispegel ermittelten approximierten Allgemeinen Extremwertverteilungen wurden genutzt, um für die zusammengesetzte Verteilung (Winter-Sommer) Quantile  $HQ_T$  für die vorgegebenen Wiederkehrintervalle  $T$  zu berechnen.

## 4.2 Ergebnisse

### 4.2.1 Abflussquantile $HQ_T$

Inhalt von Anlage 4 ist eine tabellarische Übersicht über die Ergebnisse der Extremwertstatistik und der saisonalen Hochwasserstatistik. Für jeden Basispegel werden die  $HQ_T$  mit  $T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200$  und  $500$  a aufgeführt, und zwar im Ergebnis der Anpassung einer Allgemeinen Extremwertverteilung (AEV) an die

- Jahres-HQ-Reihen (G),
- Sommer-HQ-Reihen (S),
- Winter-HQ-Reihen (W),
- aus Winter- und Sommer-AEV zusammengesetzte Verteilung (Z).

### 4.2.2 Vergleich zwischen den nach verschiedenen Methoden ermittelten $HQ_T$

Wie aus Anlage 4 ersichtlich, unterscheiden sich die auf Grundlage der klassischen Extremwertstatistik gemäß DVWK (1999) ermittelten  $HQ_T$ , bei der die Allgemeine Extremwertverteilung an die Reihe der Jahres-HQ angepasst wird (G), teilweise deutlich von den  $HQ_T$ , die sich entsprechend der saisonalen Hochwasserstatistik ergeben (Z). Um diese Unterschiede näher analysieren zu können, wurde Anlage 5 erstellt, in der für alle Basispegel die prozentualen Abweichungen der  $HQ_T$  der saisonalen Hochwasserstatistik von den  $HQ_T$  der klassischen Extremwertstatistik enthalten sind. Bei positiven Abweichungen sind die  $HQ_T$  der

saisonalen Hochwasserstatistik größer als die HQT der klassischen Extremwertstatistik. Bei negativen Abweichungen sind die HQT der saisonalen Hochwasserstatistik kleiner als die HQT der klassischen Extremwertstatistik.

In Ergänzung zu Anlage 5 wird in Abbildung 19 die mittlere Abweichung der HQT der saisonalen Hochwasserstatistik von den HQT der klassischen Extremwertstatistik über alle Basispegel dargestellt. Charakteristisch ist, dass die HQT der saisonalen Hochwasserstatistik für Wiederkehrintervalle  $T < 10$  a in der Regel kleiner und für Wiederkehrintervalle  $T \geq 50$  a in der Regel größer sind als die HQT der klassischen Extremwertstatistik. Während die Abweichungen nach unten meist moderat ausfallen, können die Abweichungen nach oben beträchtlich sein. Die mittleren Abweichungen betragen 6 % bei  $T = 50$  a, 11 % bei  $T = 100$  a, 17 % bei  $T = 200$  a und 26 % bei  $T = 500$  a. An 80 % der Basispegel liegt die prozentuale Abweichung der HQT der saisonalen Hochwasserstatistik von den HQT der klassischen Extremwertstatistik bei  $T = 100$  a zwischen -1 und 26 %, bei  $T = 200$  a zwischen 0 und 37 % und für  $T = 500$  a zwischen 1 und 53 %. Die maximalen Abweichungen, die am Pegel Großschönau 2/Mandau auftreten, betragen 48 % bei  $T = 100$  a, 74 % bei  $T = 200$  a und 118 % bei  $T = 500$  a.

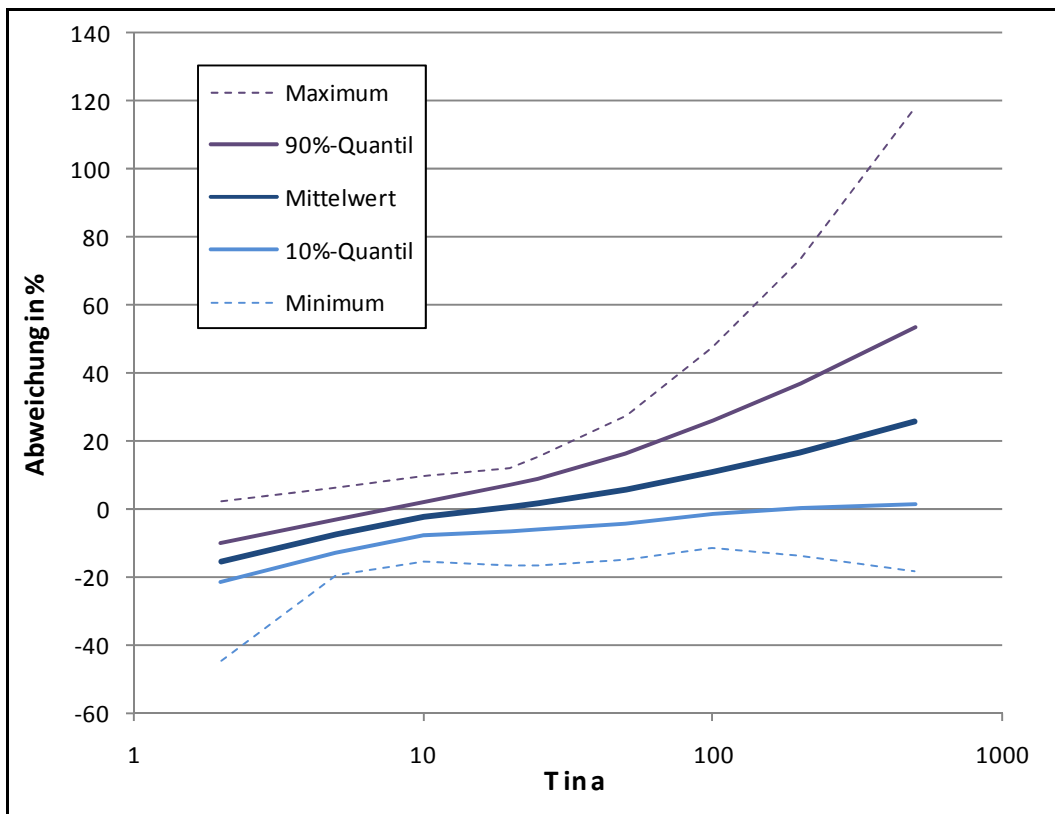


Abbildung 19: Mittel- und Extremwerte der prozentualen Abweichung zwischen den  $HQ_T$  der saisonalen Hochwasserstatistik (Z) und der klassischen Extremwertstatistik (G)

## 4.3 Zusammenfassung

Im Ergebnis der in Abschnitt 4 durchgeführten Untersuchungen wurden für 113 Basispegel HQT bis einschließlich  $T = 500$  a auf Grundlage der Allgemeinen Extremwertverteilung nach zwei verschiedenen Verfahren ermittelt (Anlage 4). Zum einen kam die klassische Extremwertstatistik zur Anwendung, die auf den Empfehlungen des DVWK-Merkblattes 251 (DVWK 1999) beruht und bei der die AEV an die Reihe der Jahres-HQ angepasst wurde. Als zweite Methodik kam die saisonale Hochwasserstatistik zum Einsatz, bei der zunächst je eine AEV an die Winter- und Sommer-HQ angepasst und daraus eine zusammengesetzte Verteilung gebildet wurde, die schließlich wiederum durch eine AEV approximiert wurde.

Für große Wiederkehrintervalle  $T \geq 100$  a sind die Unterschiede zwischen den beiden Verfahrensweisen signifikant. Die mit der saisonalen Hochwasserstatistik berechneten HQT sind in der Regel höher als die mit der klassischen Extremwertstatistik berechneten. Die Unterschiede können beträchtlich sein (Anlage 5).



Eine objektive Entscheidung für eines der beiden Verfahren war praktisch nicht möglich, weil es keine Daten für eine Verifizierung dieser Entscheidung gibt. Deshalb mussten alternative Kriterien für die Entscheidungsfindung herangezogen werden, die aus der Zielstellung der Untersuchungen abgeleitet wurden. Ausschlaggebend für die Entscheidung zugunsten der saisonalen Hochwasserstatistik waren letztlich auch Sicherheitsaspekte. Dabei wurde davon ausgegangen, dass mit den Ergebnissen der saisonalen Hochwasserstatistik einer eventuellen Erhöhung der Hochwasserabflüsse in der Zukunft besser Rechnung getragen wird als mit den Ergebnissen der klassischen Extremwertstatistik.

## 5 Auswahl der Gebietskenngrößen für die Regionalisierung und deren flächen-deckende Ermittlung

### 5.1 Methodik

Für die anzuwendenden Regionalisierungsverfahren werden Geodaten oder daraus für räumliche Einheiten abgeleitete Kenngrößen, so genannte Gebietskenngrößen, benötigt. Für Top-Kriging (Abschnitt 6.2) sind ein topologisch korrektes Gewässernetz und Einzugsgebietsgrenzen (digitales Flächenverzeichnis) bereitzustellen. Das Regressionsmodell für den mittleren Hochwasserabfluss MHQ bzw. die daraus abgeleitete mittlere Hochwasserabflussspende MHq – das Bestandteil des Index-Flood-Verfahrens (Abschnitt 6.1) ist – benötigt Gebietskenngrößen für Einzugsgebiete. Im Zuge der Modellerstellung sind diese Gebietskenngrößen zunächst für die Einzugsgebiete der Pegel bereitzustellen, für die MHQ ermittelt wurde. Gebietskenngrößen für die Pegel Einzugsgebiete bilden auch die Datengrundlage für die Verfahren, die zur Bildung von Regionen angewendet werden sollen (Abschnitt 6.1.1).

Die Auswahl der Gebietskenngrößen, die in die Regionalisierung einzubeziehen sind, ist insofern schwierig, weil die Gebietskenngrößen, die einen signifikanten Einfluss auf den Hochwasserabfluss bzw. die Hochwasserabflussspende haben, a priori nicht bekannt sind. Aufbauend auf Erfahrungen bei der Hochwasserregionalisierung in Sachsen (FÜGNER et al. 1990; WALTHER et al. 1997; WASY 2004) kommen folgende Gebietskenngrößen prinzipiell in Frage:

- Hydrografische und Morphologische Kenngrößen, z. B. Einzugsgebietsfläche, Einzugsgebietsform, Fließgewässerdichte, Geländegefälle, Geländehöhe
- Meteorologische und Hydrologische Kenngrößen, z. B. mittlerer Niederschlag, Starkniederschläge, mittlerer Abfluss oder mittlere Abflusshöhe
- Landnutzungskenngrößen, z. B. die Flächenanteile von Abfluss mindernden und/oder Abfluss erhöhenden Landnutzungs-klassen
- Bodenkenngrößen, z. B. zur Charakterisierung der Wasserspeicherung und Durchlässigkeit

In Abstimmung mit dem LfULG wurde entschieden,

- als Parameter zur Beschreibung der Einzugsgebietsform das so genannte Kreisförmigkeitsverhältnis (DYCK & PESCHKE 1995) zu verwenden,
- neben dem mittleren jährlichen Niederschlag auch den höchsten Tagesniederschlag in mm und die jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen  $\geq 50$  mm zu ermitteln,
- als Abfluss mindernde Landnutzungs-kategorie „Wald“ und als Abfluss erhöhende Landnutzungs-kategorie „Bebauung“ anzusehen,
- die Feldkapazität und die nutzbare Feldkapazität als Parameter für die Wasserspeicherung im Boden sowie die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit als Parameter für die Durchlässigkeit der Böden zu nutzen.

Zur Ermittlung der Gebietskenngrößen war es erforderlich, für das gesamte über Sachsen hinausgehende Untersuchungsgebiet eine konsistente digitale Geodatenbasis aufzubauen, welche die in Abbildung 20 aufgeführten Basisdaten enthält. Neben dem Aufbau einer konsistenten digitalen Geodatenbasis für das gesamte Untersuchungsgebiet war die Anwendung einer automatisierten GIS-gestützten Bestimmungsmethodik die zweite wichtige Voraussetzung für eine effiziente Ermittlung der Gebietskenngrößen. Die Notwendigkeit einer automatisierten Bestimmung der Gebietskenngrößen ergab sich vor allem aus der Massendatenverarbeitung für die flächendeckende Berechnung der Hochwasserabflüsse für unbeobachtete Gewässerquerschnitte. Zur automatisierten Bestimmung der Gebietskenngrößen wurden Erfahrungen aus den Hochwasserregionalisierungen in Brandenburg (DHI-WASY 2009) und Rheinland-Pfalz (DHI-WASY 2010) genutzt. Zunächst wurden die Gebietskenngrößen auf Basis der Teilgebiete bestimmt. Logische Grundlage für die Automatisierung der anschließenden Bestimmung für Einzugsgebiete war die Gebietskennzahl gemäß LAWA (2005). Mit Hilfe von Programmroutinen wurden zunächst über die Gebietskennzahl diejenigen Teilgebiete selektiert, die zum Einzugsgebiet eines bestimmten Gewässerquerschnittes gehören. Anschließend wurden für die selektierten Teilgebiete die interessierenden Gebietskenngrößen gewichtet gemittelt.

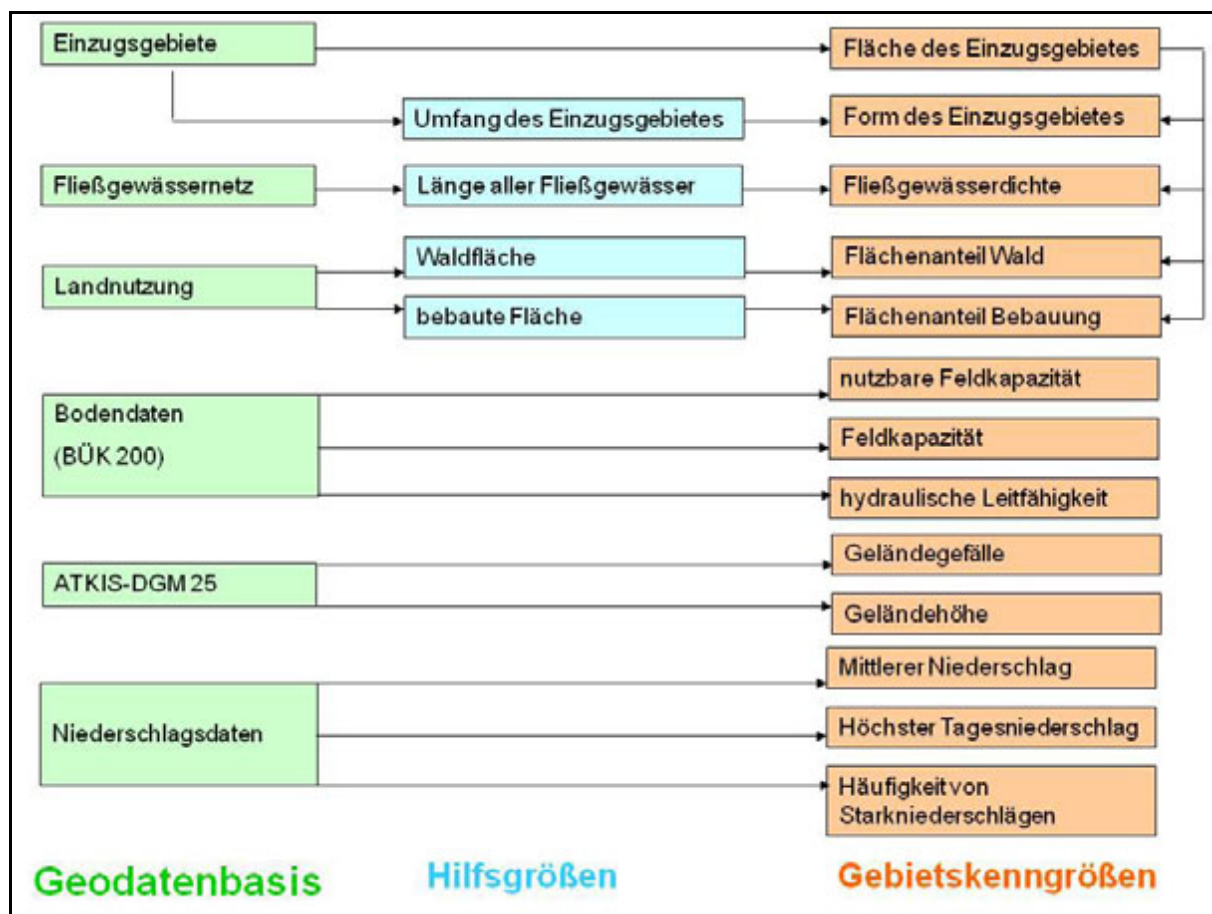


Abbildung 20: Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung der Gebietskenngrößen

## 5.2 Aufbereitung der Geodatenbasis

Nachfolgend wird der Aufbau der digitalen Geodatenbasis als Grundlage für die Ermittlung der Gebietskenngrößen erläutert. Zum Aufbau einer einheitlichen Geodatenbasis war es erforderlich, für jedes Thema der Geodatenbasis eine Gesamtdatenbank zu erstellen, in der alle für die Regionalisierung notwendigen Informationen für das gesamte Gebiet in einem einheitlichen Format enthalten sind. Voraussetzung dafür war das räumliche Zusammenführen und der inhaltliche Abgleich der Daten. Beim Abgleich der Daten galten die sächsischen Daten immer als Referenz.

### 5.2.1 Einzugsgebiete

Die Teileinzugsgebiete mit der Gebiets- und Gewässerkennzahl nach LAWA (2005) als Attribute lagen für Sachsen und die meisten der Nachbarländer flächendeckend vor. Für Sachsen wurde der aktuelle Datensatz verwendet, der im Zuge des KliWES-Projektes erstellt wurde. An den Grenzen der einzelnen Datenbestände gab es Überlappungen, wobei die Einzugsgebietsgrenzen in der Regel nicht exakt aufeinander lagen. Beim Zusammenführen der Daten wurden prioritär die Teileinzugsgebiete von Sachsen übernommen und die Gebiets- und Gewässerkennzahlen den sächsischen angepasst.

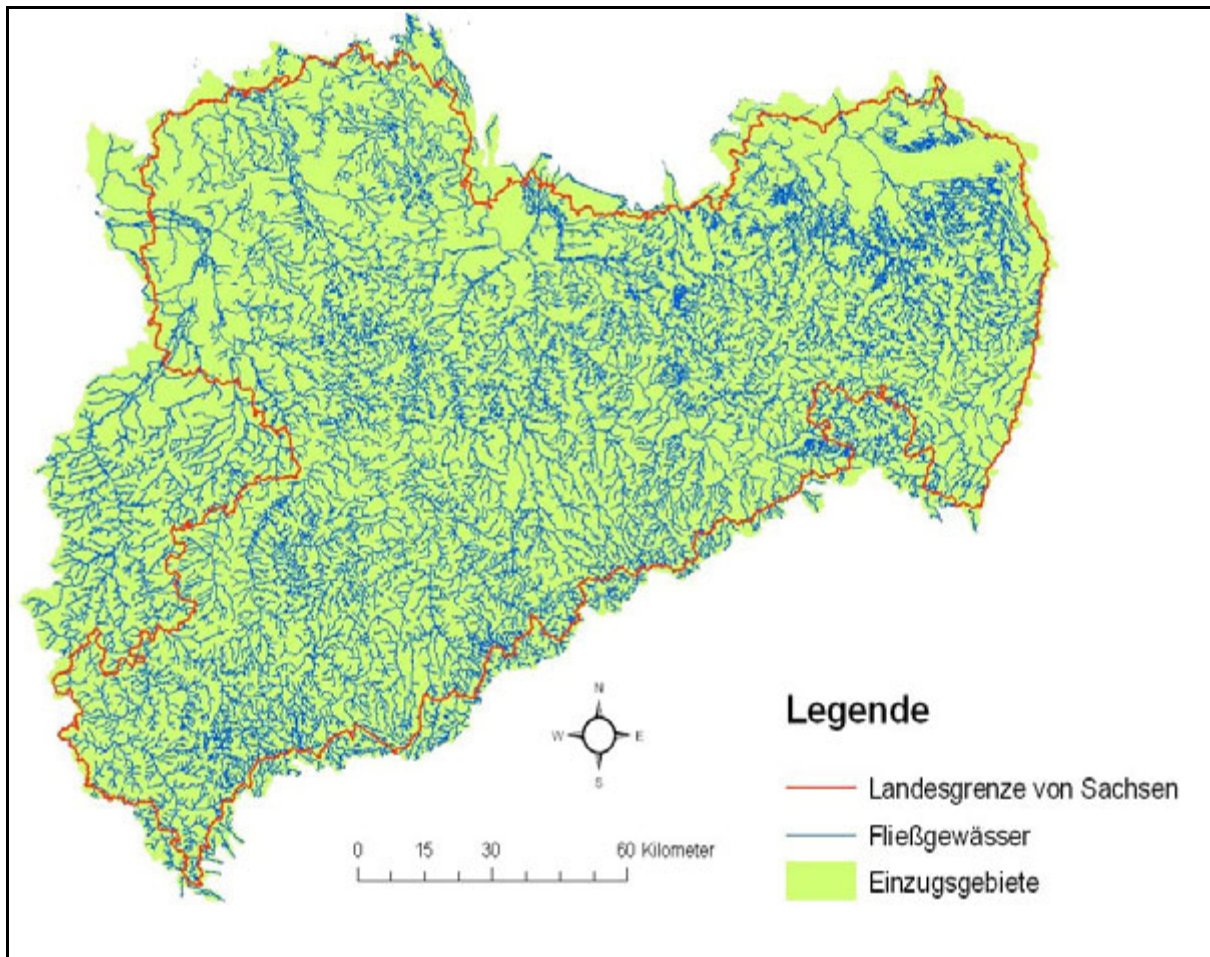
Im Zuge der Zusammenführung der Einzugsgebiete wurden noch folgende Ergänzungen oder Korrekturen vorgenommen:

- Fehlende Teileinzugsgebiete in Thüringen wurden anhand der TK digitalisiert.
- Für mittlerweile eingestellte Pegel, die nicht durch die Teileinzugsgebiete unterstützt wurden, wurden die fehlenden Einzugsgebietsgrenzen an den Pegelstellen anhand der TK digitalisiert.
- Für den Pegel Wolfgrund/Chemnitzbach und für das Klosterwasser bei Panschwitz-Kuckau wurden nach Rücksprache mit dem LfULG fehlerhafte Einzugsgebietsgrenzen korrigiert.

Als Ergebnis liegt ein Shape der Teileinzugsgebiete des gesamten Untersuchungsgebietes mit 5.385 Polygonen mit der Gebietskennzahl als Attribut vor. Die Ausdehnung dieses Shapes ist identisch mit der Gebietskulisse für die Regionalisierung (Abbildung 21). In Abstimmung mit dem LfULG gehören die Teilgebiete der Lausitzer Neiße, die vollständig in Tschechien oder Polen liegen, nicht zur Gebietskulisse. Grund dafür war, dass für diese Einzugsgebietsanteile die Geobasisdaten nicht mit derselben Qualität wie für das restliche Untersuchungsgebiet hätten bereitgestellt werden können. Für die Lausitzer Neiße wurden deshalb alternative Verfahren zur Ermittlung der HQT angewendet, über die in Abschnitt 6.5 berichtet wird. Die Einzugsgebiete der linksseitigen Nebenflüsse zum sächsischen Abschnitt der Lausitzer Neiße sind dagegen Bestandteil der Gebietskulisse.

### 5.2.2 Fließgewässer

Die Fließgewässer von Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Thüringen wurden teilweise geotransformiert und zu einem einheitlichen Datensatz zusammengeführt. Die auf Grund der nicht identischen Linienführung im Überlappungsgebiet entstandenen doppelten Gewässerlinien wurden gelöscht, wobei prioritär die Linien von Sachsen übernommen wurden. Die Gewässerabschnitte wurden anhand einer räumlichen Verbindung den Einzugsgebieten zugewiesen und die Flusslängen der Gewässerabschnitte neu berechnet (Abbildung 21).

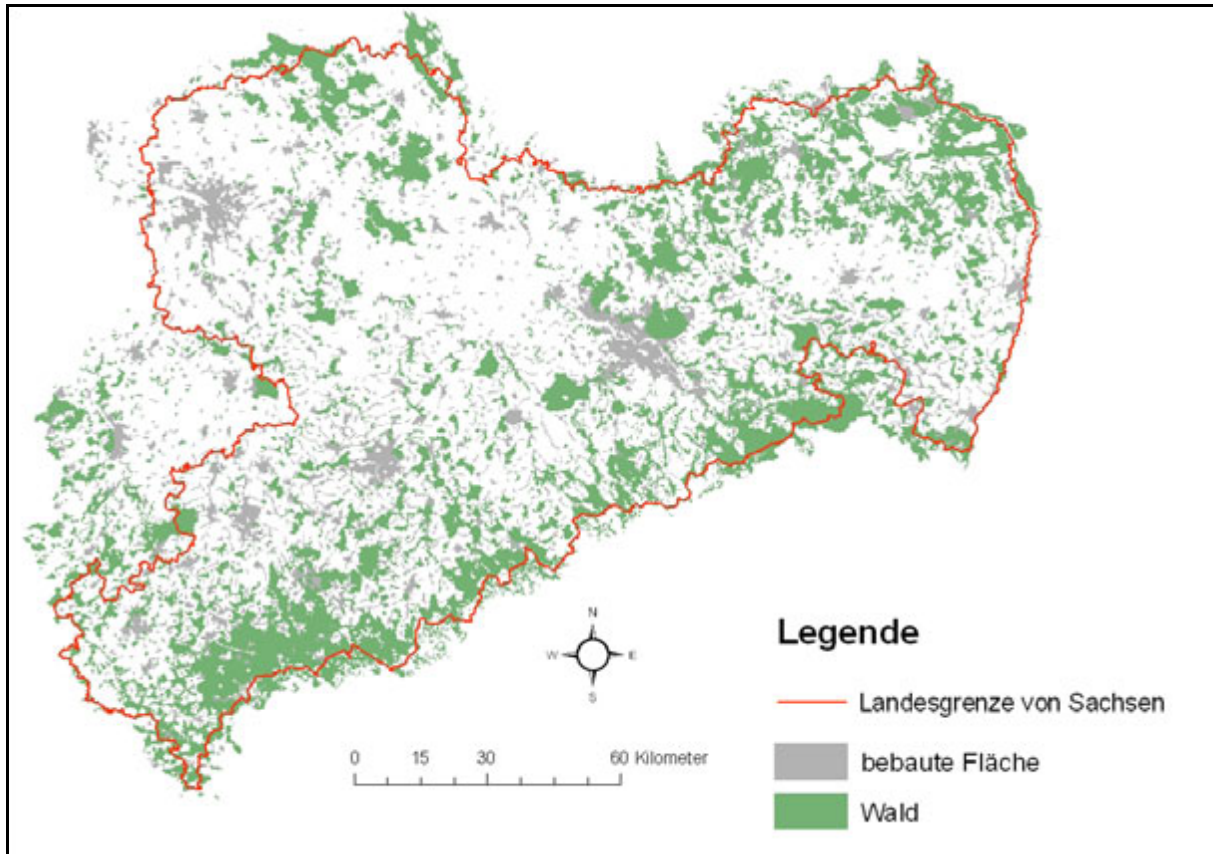


**Abbildung 21: Gebietskulisse für die Regionalisierung mit Darstellung der Fließgewässer**

### 5.2.3 Landnutzung

Die Landnutzung liegt im CORINE Land Cover für Deutschland in Form von Vektordaten vor. Aus dem bundesweiten Datensatz wurde das Untersuchungsgebiet ausgeschnitten. Die für die Bearbeitung relevanten Flächen für Wald (Legendennummern 12, 111, 112, 121, 122, 123) und Bebauung (Legendennummern 311, 312, 313) wurden extrahiert und in einem gesonderten Thema gespeichert (Abbildung 22).





**Abbildung 22: Wald- und bebaute Flächen**

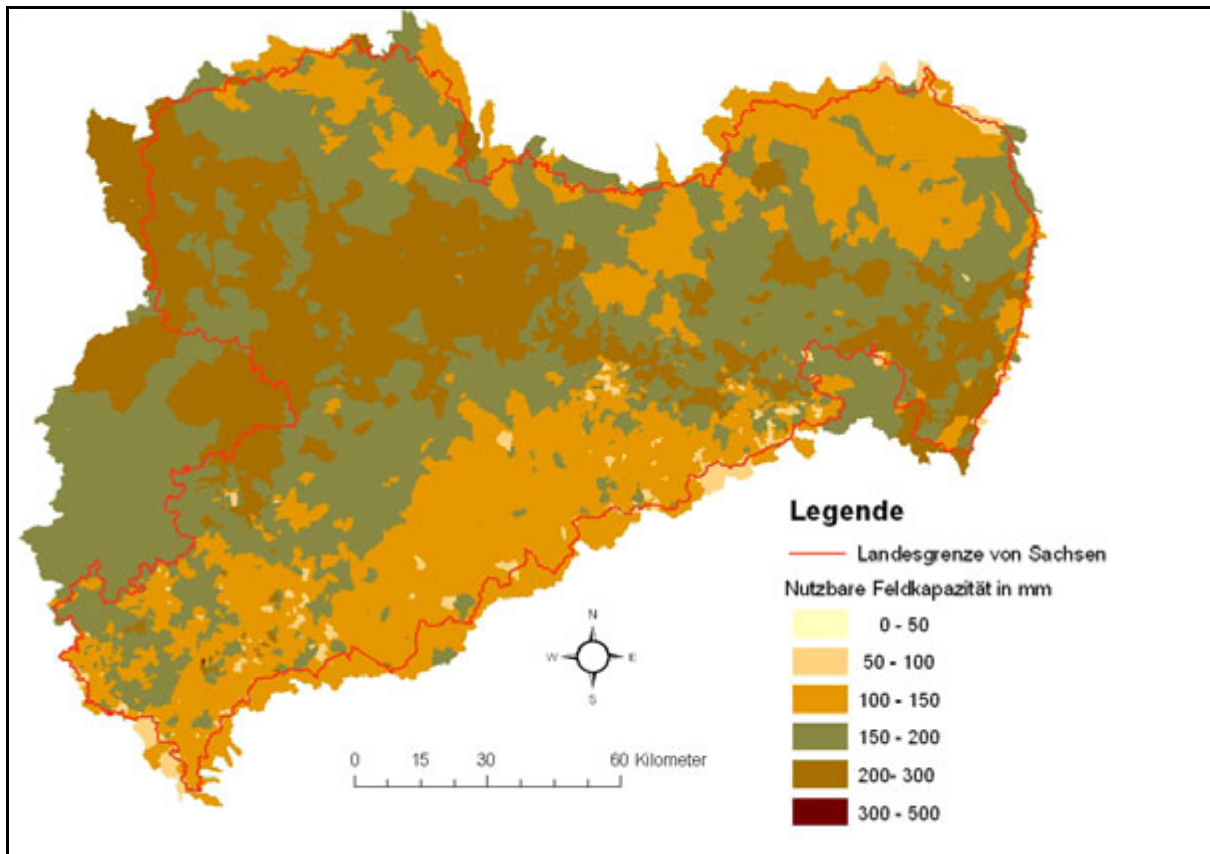
#### 5.2.4 Boden

Grundlage für die Ermittlung der Bodenparameter (bezogen auf die obersten 10 Dezimeter)

- nutzbare Feldkapazität NFK in  $l/m^2$  bzw. mm,
- Feldkapazität FK in  $l/m^2$  bzw. mm und
- gesättigte hydraulische Leitfähigkeit  $k_f$  in cm/d

bildete der Datensatz (Shape), der bereits im Zuge der Regionalisierung in Brandenburg (DHI-WASY 2009) erstellt wurde. Dieses Shape umfasste auch Sachsen sowie die relevanten Gebiete in Thüringen und Sachsen-Anhalt. Als Datengrundlagen für dieses Shape wurden in Sachsen die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1: 200.000 (BÜK 200) sowie der darauf aufbauende Bodenatlas (LFUG 2007) und in Brandenburg die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1: 300.000 (BÜK 300) verwendet. Die Gebiete in Thüringen und Sachsen-Anhalt wurden anhand der deutschlandweiten BÜK 1000 ergänzt.

Für die Gebiete in Tschechien lagen keine Daten vor. Diesen Gebieten wurden die berechneten mittleren Werte der Nachbar-einzugsgebiete zugewiesen. In Abbildung 23 wird beispielhaft die nutzbare Feldkapazität dargestellt.



**Abbildung 23: Nutzbare Feldkapazität in den obersten 10 Dezimetern**

### 5.2.5 Geländemodell

Folgende Datenquellen wurden in ArcGIS zu einem digitalen Geländemodell mit einer einheitlichen Rasterweite von 20 m (DGM 20) zusammengeführt:

- ATKIS-DGM 20 für Sachsen, das bereits die relevanten Gebiete in Tschechien enthielt
- ATKIS-DGM 25 für Brandenburg
- ATKIS-DGM 10 für Sachsen-Anhalt

Für Thüringen konnten vom LfULG keine adäquaten Daten bereitgestellt werden. Die Datenergänzung erfolgte hier auf Grundlage eines bei DHI-WASY verfügbaren DGM 100. Die Qualität dieses DGM ist natürlich nicht so gut wie die der o. g. ATKIS-DGM. Abbildung 24 zeigt das DGM 20 nach Zusammenführung der einzelnen Datenquellen und Datenergänzung als Höhenstufendarstellung.

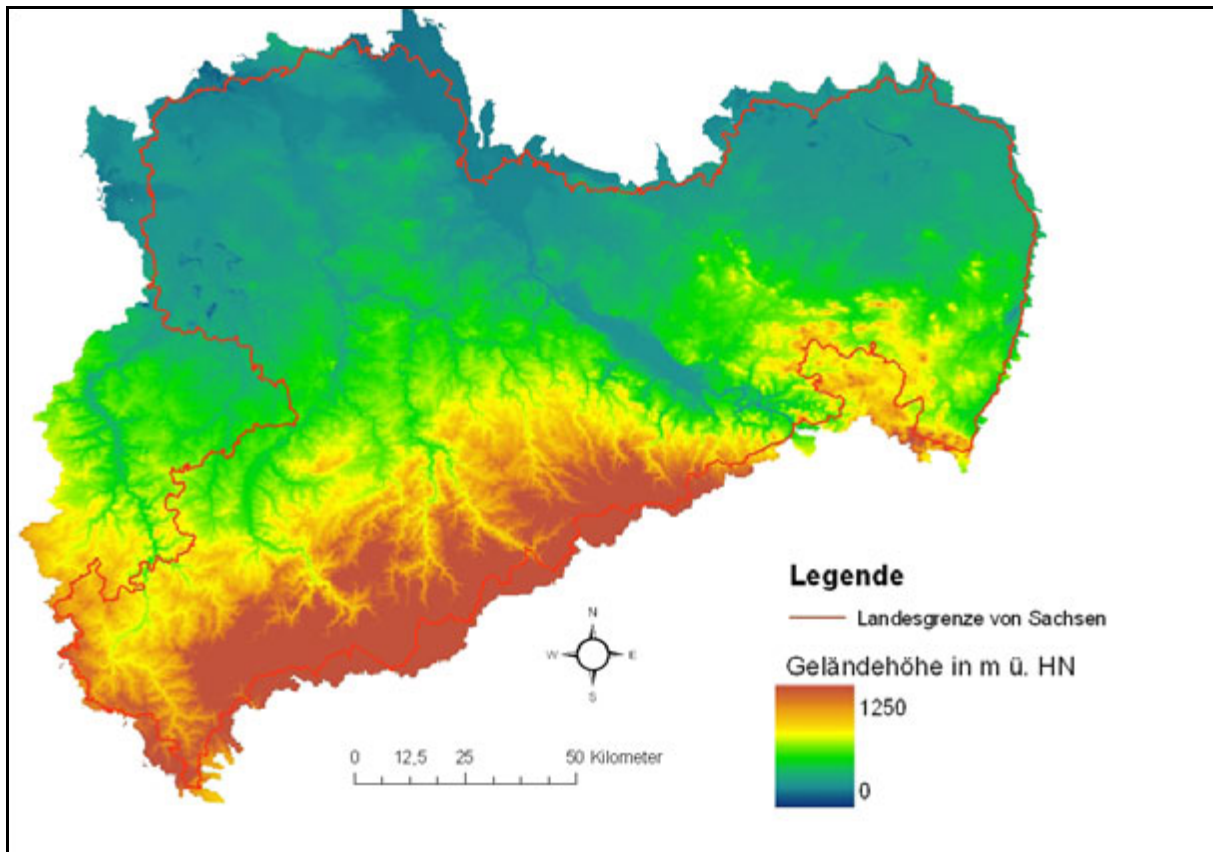


Abbildung 24: Geländehöhe gemäß DGM 20

### 5.2.6 Niederschlag

Als Grundlage für die Ermittlung des mittleren jährlichen Niederschlags und der Starkniederschlagskenngrößen maximaler Tagesniederschlag und jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen  $\geq 50$  mm wurden vom LfULG ein Polygon- und zwei Punkt-Shapes mit einem Gitterabstand von jeweils 1.000 m übergeben. Weil das tschechische Gebiet darin nicht berücksichtigt war, wurden die Shapes entsprechend räumlich erweitert und die o. g. Niederschlagskenngrößen aus den benachbarten deutschen Gebietsteilen übertragen. In Abbildung 25 wird beispielhaft der maximale Tagesniederschlag dargestellt.

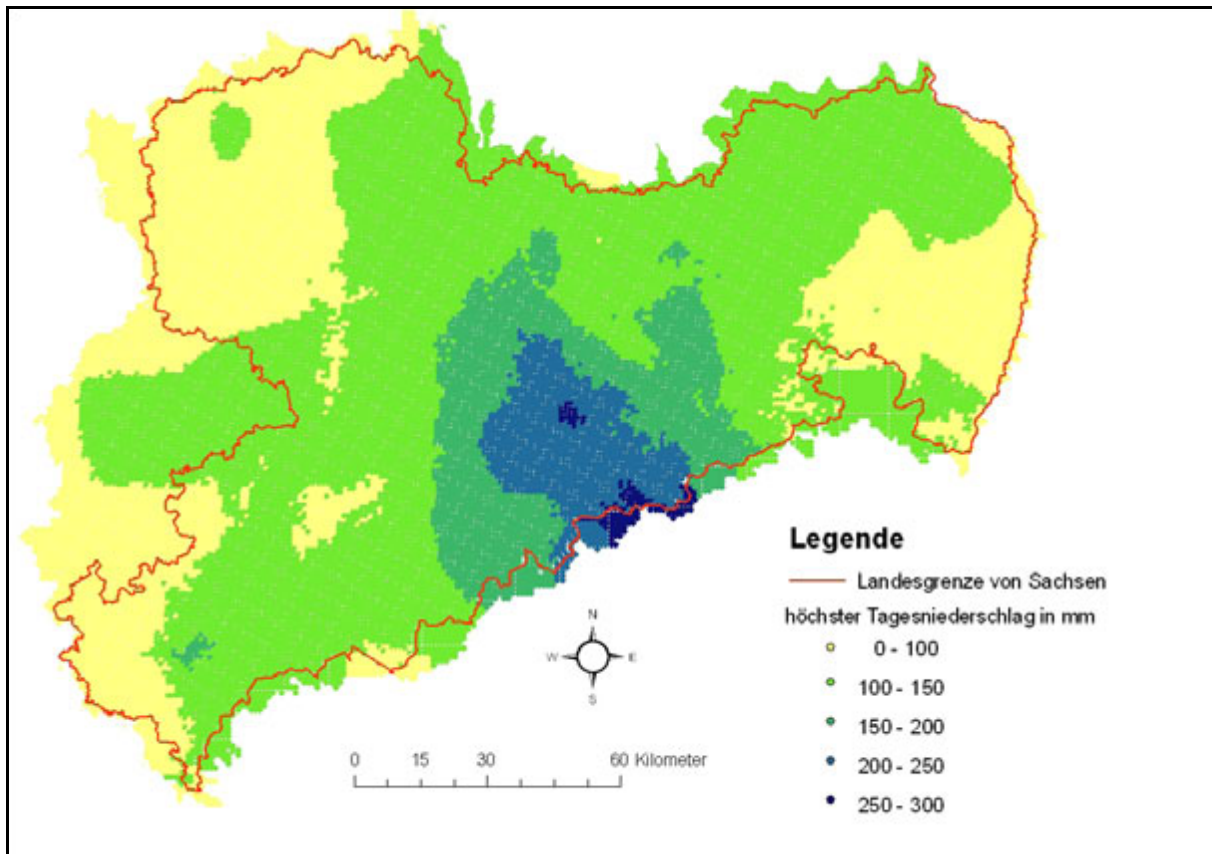


Abbildung 25: Maximaler Tagesniederschlag

## 5.3 Flächendeckende Ermittlung von Gebietskenngrößen

### 5.3.1 Gebietskenngrößen für Teilgebiete

Auf der Grundlage des Einzugsgebietsthemas wurde unter Verwendung der in Abschnitt 5.2 vorbereiteten Daten in einem 1. Schritt durch Verschneidung ein Shape erstellt, das für alle Teilgebiete neben der Gebietskennzahl und der Fläche die folgenden Gebietskenngrößen enthält:

- Gesamtwässerslänge in m
- Waldfläche in m<sup>2</sup>
- bebaute Fläche in m<sup>2</sup>
- nutzbare Feldkapazität für die obersten 10 dm in l/m<sup>2</sup>
- Feldkapazität für die obersten 10 dm in l/m<sup>2</sup>
- gesättigte hydraulische Leitfähigkeit für die obersten 10 dm in cm/d
- Geländegefälle in Grad
- Geländehöhe in m ü. HN
- Höchster Tagesniederschlag in mm (Reihe ca. 1900-2002)
- Jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm (ca. 1900-2002)
- mittlerer jährlicher Niederschlag in mm (Reihe 1961-1990)

Während die Gesamtwässerslänge, die Waldfläche und die bebaute Fläche durch Summierung entstanden sind (kumulative Werte), handelt es sich bei den anderen o. g. Gebietskenngrößen um Mittelwerte je Teilgebiet.



### 5.3.2 Gebietskenngrößen für Einzugsgebiete

In einem 2. Schritt war es erforderlich, die für die Teilgebiete vorliegenden Gebietskenngrößen (s. o.) so zu aggregieren, dass Aussagen für die zu den Teilgebieten gehörenden Einzugsgebiete getroffen werden können. In der Regel gehören zum Einzugsgebiet eines Teilgebietes noch andere Teilgebiete, so genannte Oberliegerteilgebiete. Nur für Quellgebiete (Kopfgebiete), die keine Oberliegerteilgebiete besitzen, ist das Einzugsgebiet identisch mit dem Teilgebiet. Zur Ermittlung der zu den Teilgebieten gehörenden Einzugsgebiete wurde ein spezielles Werkzeug in ArcView 3 als Avenue-Script entwickelt, mit dem auf Grundlage der Gebietskennzahl zu jedem Teileinzugsgebiet die zugehörigen Oberliegerteilgebiete identifiziert und anschließend die Einzugsgebietsfläche und der Umfang des Einzugsgebietes berechnet werden. Die auf der Grundlage der Teilgebiete berechnete Einzugsgebietsfläche kann von der Einzugsgebietsfläche lt. Pegelverzeichnis des LfULG (siehe Anlage 2 bis Anlage 5) abweichen.

Die Gebietskenngrößen für die zu den Teilgebieten gehörenden Einzugsgebiete wurden in der Regel durch eine flächengewichtete Mittelung der Gebietskenngrößen des betreffenden Teilgebietes und aller Oberliegerteilgebiete ermittelt. Die flächengewichtete Mittelung war für folgende Gebietskenngrößen anwendbar: nutzbare Feldkapazität, Feldkapazität, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit, Geländegefälle, Geländehöhe, höchster Tagesniederschlag, jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen > 50 mm und mittlerer jährlicher Niederschlag.

Zur Ermittlung des prozentualen Waldanteils und des prozentualen bebauten Anteils der zu den Teilgebieten gehörenden Einzugsgebiete wurden die Wald- und bebauten Flächen des betreffenden Teilgebietes und aller Oberliegerteilgebiete aufsummiert und auf die Einzugsgebietsfläche bezogen.

Als Formfaktor wurde das sogenannte Kreisförmigkeitsverhältnis genutzt. Es ist definiert als das Verhältnis der Einzugsgebietsfläche und der Fläche eines Kreises mit dem gleichen Umfang wie das Einzugsgebiet (DYCK & PESCHKE 1995) und kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Das dimensionslose Kreisförmigkeitsverhältnis  $R_K$  wurde für die Einzugsgebiete auf Grundlage der im Zuge der Anwendung des Avenue-Scriptes (s. o.) berechneten Einzugsgebietsfläche  $A_E$  [m<sup>2</sup>] und des berechneten Umfangs  $U$  [m] des Einzugsgebietes mit Hilfe folgender Gleichung ermittelt:

$$R_K = 4\pi \cdot \frac{A_E}{U^2} \quad (2)$$

Die Gewässerdichte  $D$  [km<sup>-1</sup>] beschreibt das Verhältnis der Gesamtgewässerslänge  $L$  [km] aller zum Einzugsgebiet gehörenden Fließgewässer zur Einzugsgebietsfläche  $A_E$  [km<sup>2</sup>]:

$$D = \frac{L}{A_E} \quad (3)$$

Im Zuge der Ermittlung der insgesamt 13 Gebietskenngrößen für die zu den Teilgebieten gehörenden Einzugsgebiete wurde ein zweites Shape erstellt, welches geometrisch völlig identisch ist mit dem Shape der Teilgebiete (Abschnitt 5.3.1), als Attribute aber die Gebietskenngrößen und die zusätzlichen Hilfsgrößen (z. B. Einzugsgebietsumfang) für die Einzugsgebiete enthält. Eine Übersicht der Gebietskenngrößen aller Pegel-einzugsgebiete enthält Anlage 6.

# 6 Anwendung von verschiedenen Regionalisierungsverfahren und Auswahl eines Vorzugsverfahrens

Ziel des Projektes war die Bestimmung von Hochwasserscheitelabflüssen HQT mit den Wiederkehrintervallen (Jährlichkeiten)  $T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200$  und  $500$  a für Pegelgebiete (Knoten mit Gebietsgrenzen und lokal beobachteten Hochwasserkollektiven) und für unbeobachtete Gebiete (Knoten mit Gebietsgrenzen ohne lokale Beobachtungen) für das Gebiet des Freistaates Sachsen (ohne den Elbestrom).

Die Ermittlung von Hochwasserabflüssen an Pegelstellen erfolgte durch extremwertstatistische Auswertungen der beobachteten Hochwasserkollektive unter Berücksichtigung der Saisonalität der Hochwasserprozesse (Abschnitt 4). Zur Übertragung von Hochwasserkenngrößen von Pegelgebieten auf unbeobachtete Gebiete werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Regionalisierungsverfahren (Index-Flood-Methode und Top-Kriging-Verfahren) sowie Kombinationen angewandt. Auf Grund der guten Anpassung der allgemeinen Extremwertverteilung an sächsische Hochwasserkollektive wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Allgemeine Extremwertverteilung (AEV) als einheitliche Verteilungsfunktion für alle sächsischen Gebiete gewählt. Als Kenngröße der Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve wurden direkt die Parameter der Verteilungsfunktion (Lageparameter [location], Krümmungsparameter [shape] und Anstiegsparameter [scale]) übertragen. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die für die Ermittlung der Parameter der AEV untersuchten Verfahrenskombinationen, im folgenden Methode genannt.

**Tabelle 2: Übersicht über die in der Studie untersuchten Regionalisierungsverfahren**

Nr.	Anwendung siehe Seite	Statistische Kenn- größen der Pegel	Parameter der regionalen Extremwertverteilung		
			Lageparameter (location)	Krümmungsparameter (shape)	Anstiegsparameter (scale)
1	62-65	aus AEV-Parametern der saisonalen HQ- Statistik	Top-Kriging		
2	65-66		Georegression zwischen den Parametern und dem mittleren jährlichen Niederschlag, Top-Kriging der Residuen		
3	56-61	aus der HQ-Reihe	Index-Flood-Verfahren		
4	61-62	aus AEV-Parametern der saisonalen HQ- Statistik	Index-Flood-Verfahren		
5	66-67		Top-Kriging	Index-Flood-Verfahren	
6			Georegression und Top-Kriging der Residuen	Index-Flood-Verfahren	

Die Güte der einzelnen Regionalisierungsverfahren wird mittels eines Jack-Knife-Vergleiches zu den aus der Pegelstatistik ermittelten Werten beurteilt. Der vorliegende Bericht beschreibt die angewandten Methoden und die damit erzielten Ergebnisse der Übertragung von Hochwasserkenngrößen von Pegelgebieten auf unbeobachtete Gebiete.

# 6.1 Index-Flood-Methode

Ein in der hydrologischen Literatur weit verbreitetes Verfahren zur räumlichen Übertragung von Hochwasserkennwerten ist die Ausweisung von „homogenen“ Regionen, in denen ein einheitliches Hochwasserverhalten angenommen wird. Die Idee des Ansatzes ist, dass die Daten aller Einzugsgebiete innerhalb einer homogenen Region zusammengefasst (d. h. gepoolt) werden, um damit die Aussagekraft über das Hochwasserverhalten zu steigern. Wenn etwa fünf Gebiete mit je 30 Jahren zusammengefasst werden, so entspricht dies (unter Annahme der Homogenität und statistischen Unabhängigkeit) einem Kollektiv von 150 Jahren.

Die bekannteste Methode, welche auf der Bestimmung homogener Regionen (im Englischen oft „Pooling Group“ genannt) beruht, ist die Index-Flood-Methode (DALRYMPLE 1960). Die Index-Flood-Methode besteht aus drei Schritten. Im ersten Schritt werden homogene Regionen gefunden. In einem zweiten Schritt werden die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven der Pegel innerhalb einer homogenen Region mit dem mittleren Jahreshochwasser (der Index-Flood) normiert und zu einer einzigen (dimensionslosen) regionalen Verteilung (der „Growth Curve“) zusammengefasst (gepoolt). Für Gebiete mit Abflussmessungen werden schließlich in einem dritten Schritt die aus den Abflussmessungen bestimmten mittleren Jahreshochwasser mit der Growth Curve multipliziert, wodurch sich die gesuchten Hochwasserwerte ergeben. Für Gebiete ohne Abflussmessungen werden die mittleren Jahreshochwasser aus Beziehungen zu diversen Einzugsgebietscharakteristika ermittelt.

## 6.1.1 Bildung homogener Regionen - Methodische Grundlagen

Als Grundlage für das Index-Flood-Verfahren ist die Bestimmung hochwasser homogener Regionen erforderlich. Hierzu werden zwei Klassifikationsverfahren auf die Pegeldata angewendet und miteinander verglichen. Beide Techniken basieren auf der Annahme, dass ähnliche Gebietseigenschaften ähnliche Hochwasserprozesse bewirken. Zwei in Hinblick auf die Gruppenbildung grundsätzlich verschiedene Verfahren kommen zur Anwendung:

Bei der Clusteranalyse erfolgt die Gruppenbildung auf Grund der Ähnlichkeit von Einzugsgebietskenngrößen, wobei Auswahl und Gewichtung der Kenngrößen eine zentrale Rolle spielen. Die Clusteranalyse wird daher auf unterschiedliche Kombinationen von Einzugsgebietskenngrößen angewendet.

Der Regressionsbaum ist ein hierarchisches Klassifikationsverfahren, mit dem eine simultane Gruppierung auf Grund von Gebietskennwerten und Abflusskennwerten möglich ist. Dieses Verfahren wurde bereits erfolgreich zur Klassifikation von Niedrigwasserkenngrößen angewendet (LAAHA & BLÖSCHL 2006). Die resultierenden Gruppen umfassen Einzugsgebiete, in denen ähnliche Gebietskenngrößen ähnliche Hochwasserkennwerte bewirken.

## 6.1.2 Anwendung der Klassifikationsverfahren

Für die Clusteranalyse wurde die Methode PAM (partitioning around medoids) (KAUFMANN & ROUSEEUW 1990) verwendet. PAM ist eine Partitionierungsmethode, die eine eindeutige Zuordnung der Einzugsgebiete in ähnliche Gruppen (Cluster) ermöglicht. Die Anzahl der Cluster ist vorzugeben, die Clusterzentren werden durch den Algorithmus optimal bestimmt. Als Ähnlichkeitsmaß wurde auf Grund der Resultate einer vorgeschalteten Sensitivitätsanalyse die Euklidische Distanz verwendet, weil diese die besten Resultate erzielte.

Grundlegend für das Ergebnis jeder Clusteranalyse ist die Auswahl und Gewichtung der Erklärungsvariablen. Im Fall der Hochwasserregionalisierung dürfen daher nur jene Einzugsgebietskenngrößen (EZKENN) in die Clusteranalyse einbezogen werden, die einen Einfluss auf den Hochwasserkennwert besitzen. Weil diese Variablen nicht a priori bekannt sind, wurden vier Clusteranalysen durchgeführt, denen unterschiedliche Kombinationen von Einzugsgebietskenngrößen zugrunde liegen. Diese sind:

- alle EZKENN, standardisiert (auf Mittelwert = 0, Varianz = 1)
- gewichtete Clusteranalyse nach LAAHA & BLÖSCHL (2006), in der Auswahl und Gewichtung der Gebietskenngrößen mit Hilfe einer vorgeschalteten schrittweisen Regression erfolgen
- Auswahl hochwasserrelevanter EZKENN nach GUSE et al. (2010), die für Sachsen folgende Kenngrößen umfasst: Gefaelle, Wald, Bebauung, NS\_max, NS\_Haeuf, P\_KLJahr, KF10. Die EZKENN wurden standardisiert und fließen mit gleichem Gewicht in die Clusteranalyse ein.

Die optimale Anzahl von Clustern wurde auf Basis der Teststatistiken aus HOSKING & WALLIS (1997) ermittelt. Hierbei wurde für jedes Verfahren Lösungen mit unterschiedlicher Clusteranzahl ermittelt und die Lösung mit optimalen Teststatistiken ausgewählt. Die gewichtete Clusteranalyse erwies sich hierbei als weniger geeignet und wird daher in der Folge nicht weiter behandelt.

Beim Regressionsbaum erfolgt die Auswahl der hydrologisch relevanten Einzugsgebietskennwerte auf Grund des schrittweisen Modellansatzes automatisch durch das Verfahren, sodass möglichst homogene Gruppen von Einzugsgebieten gebildet werden. Dieses Verfahren wurde bereits erfolgreich zur Klassifikation von homogenen Regionen mit ähnlicher mittlerer Niedrigwasserspende angewendet (LAAHA & BLÖSCHL 2006). Im Fall der Hochwasserregionalisierung sollen hingegen Regionen mit ähnlichen höheren Momenten der Extremwertverteilung gebildet werden, da die Homogenität der höheren Momente eine Grundannahme des Index-Flood-Verfahrens darstellt. Um dies zu ermöglichen wurde als Zielvariable des Regressionsbaums eine gewichtete Linearkombination  $z_1$  der höheren Momente der Form

$$z_1 = 3L_{cv} + 2L_{skew} + 1L_{kur} \quad (4)$$

verwendet, wobei  $L_{cv}$  den Variationskoeffizienten,  $L_{skew}$  den Schiefekoeffizienten und  $L_{kur}$  die Kurtosis der lokalen Extremwertverteilung auf Basis der L-Momente bezeichnen. Hinsichtlich der verwendeten Gebietskenngrößen wurden Analysen auf Basis aller Gebietskenngrößen durchgeführt.

### 6.1.3 Beurteilung der Klassifikationen

Die Ergebnisse der Klassifikationsverfahren werden zunächst mittels der Teststatistiken  $H(1)$  nach HOSKING & WALLIS (1997) hinsichtlich ihrer Eignung für das Index-Flood-Verfahren bewertet. Regionen deren Teststatistik  $H(1)$  kleiner 1 ist, gelten als homogen, zwischen 1 und 2 als ausreichend homogen und größer 2 als heterogen. Heterogene Regionen sollten nicht verwendet werden. In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse in Karten der naturräumlichen Gliederung Sachsens gegenübergestellt und gemeinsam mit dem Auftraggeber durch Experteneinschätzung bewertet. Hierbei kann eine manuelle Verfeinerung der Gruppierung erfolgen. Eine endgültige Abgrenzung homogener Gruppen oder Regionen erfolgt durch Auswahl einer Gruppierung oder auf Grund der Zusammenschau der Ergebnisse verschiedener Klassifikationsverfahren in Abstimmung mit dem Auftraggeber. Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Klassifikationsverfahren zusammengefasst (die Zahl in Klammer ist die Identifikationsnummer der Ausreißer im jeweiligen Clusterplot).

#### a) Clusteranalyse (alle EZKENN, standardisiert)

Optimale Clusterzahl:  $k = 3$

Anzahl der Ausreißer (L-Momente Diagramm): 10

**Tabelle 3: Teststatistik  $H(1)$  nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren A**

Cluster	$H(1)$	$H(1)$ exkl. Ausreißer	Anzahl Ausreißer	Ausreißer
1	0,01894	0,01894	0	
2	2,24079	1,41480	1	Neundorf (5)
3	10,18462	0,08687	9	*

\*) Ausreißer Cluster 3: Kotitz (29), Rennersdorf 2 (47), Piskowitz 1 (49), Streitwald 1 (42), Garsebach (10), Radeburg 3 (17), Leipzig-Thekla (24), Seerhausen 1 (11), Merzdorf (12).

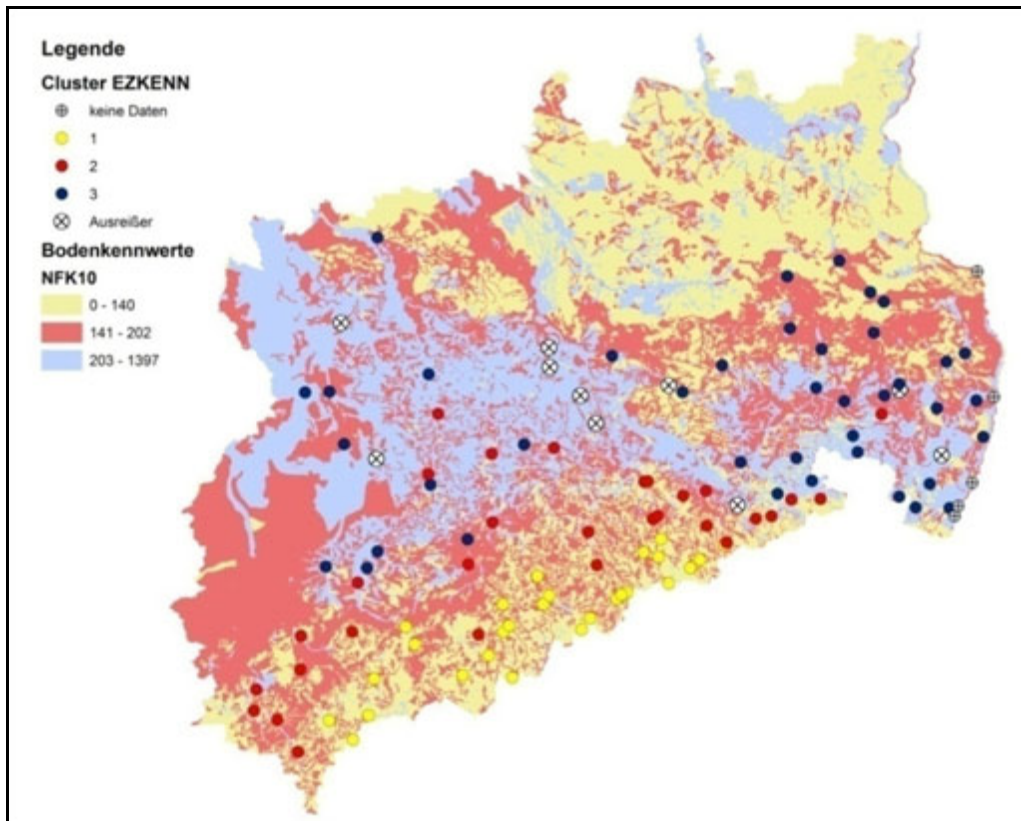


Abbildung 26: Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren A ermittelten Regionen

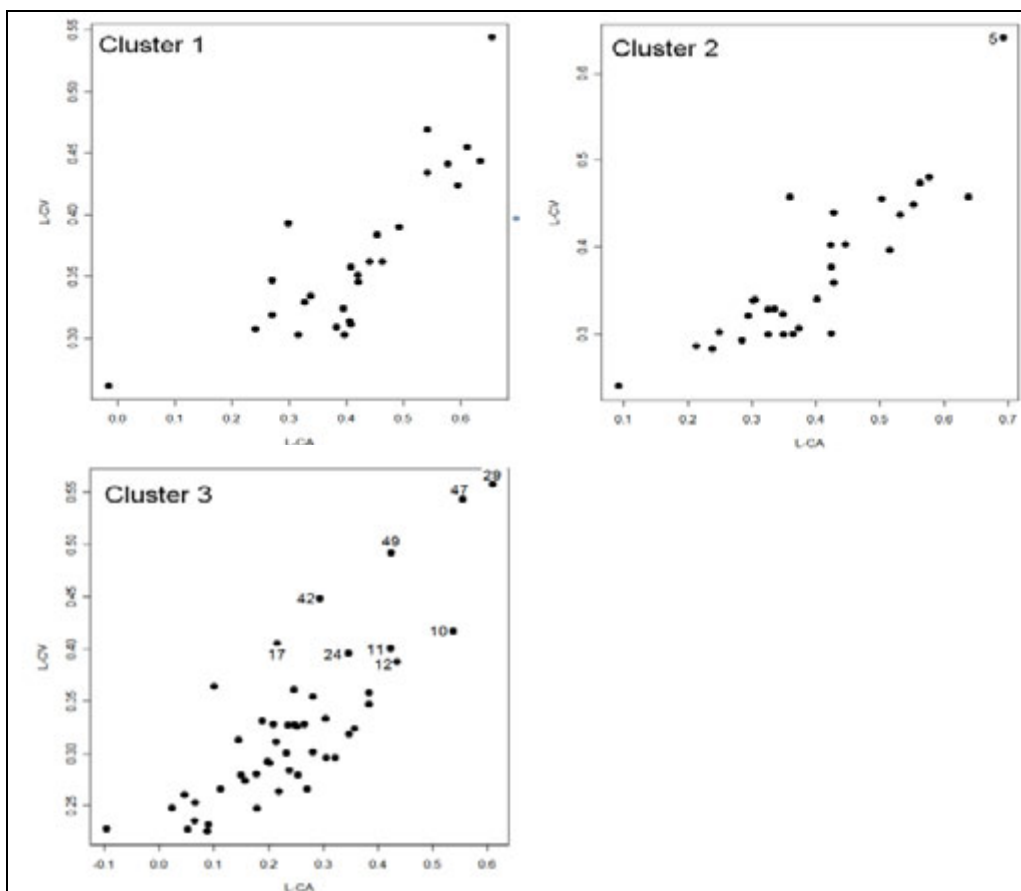


Abbildung 27: L-Momente Diagramme (Clusterplots) für Cluster 1-3 nach Verfahren A und Kennzeichnung der Ausreißer

**b) Clusteranalyse nach GUSE et al. (2010)**

Einzugsgebietskennwerte: Gefaelle, Wald, Bebau, NS\_max, NS\_Haeuf, P\_KLJahr, KF10 (standardisiert, ungewichtet)

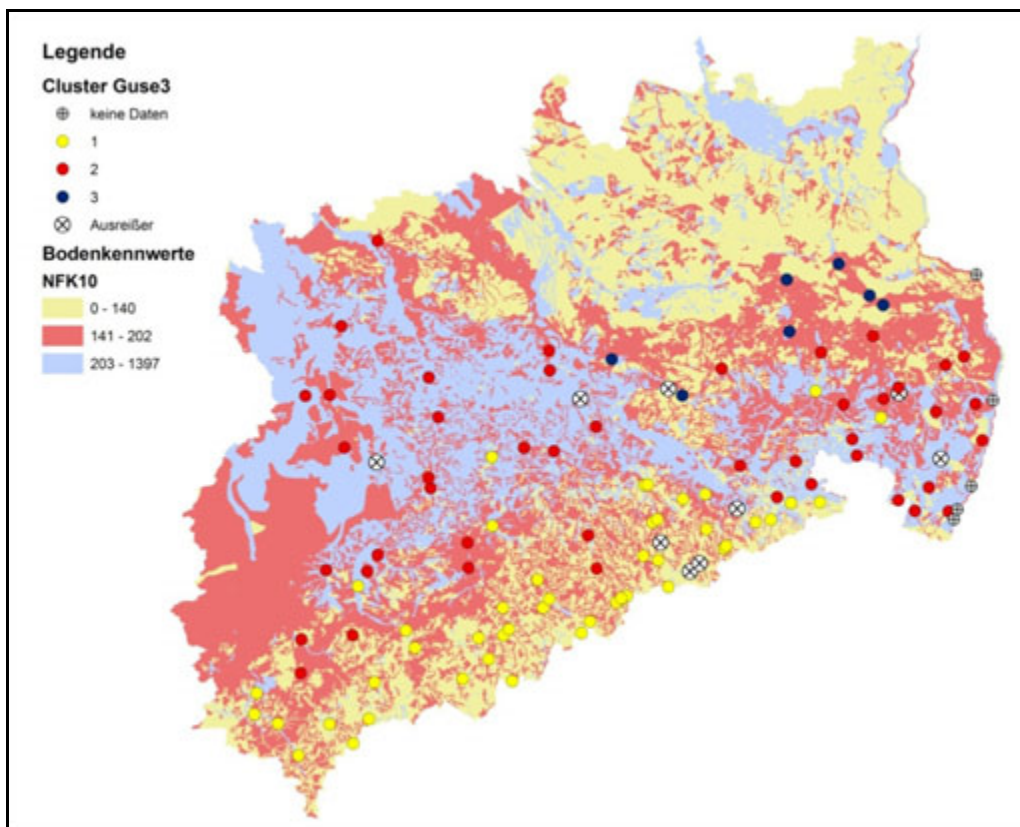
Optimale Clusterzahl: k = 3

Anzahl der Ausreißer (L-Momente Diagramm): 9

**Tabelle 4: Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren B**

Cluster	H(1)	H(1) exkl. Ausreißer	Anzahl Ausreißer	Ausreißer
1	1,83544	1,04888	2	Neundorf (4), Schmiedeberg 1 (6)
2	7,20354	0,99439	6	*
3	2,23999	0,41752	1	Radeburg 3 (4)

\*) Ausreißer Cluster 2: Kotitz (31), Rennersdorf 2 (48), Piskowitz 1 (50), Geising 1 (11), Lauenstein 1 (41), Streitwald 1 (43)



**Abbildung 28: Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren B ermittelten Regionen**

**c) Regressionsbaum auf Basis aller EZKENN**

Einzugsgebietskennwerte: NFK, Zielvariable:  $z1=3*Lcv+2*Lskew+1*Lkur$  (ähnliche höhere L-Momente)

Optimale Clusterzahl: k = 3

Anzahl der Ausreißer (L-Momente Diagramm): 5

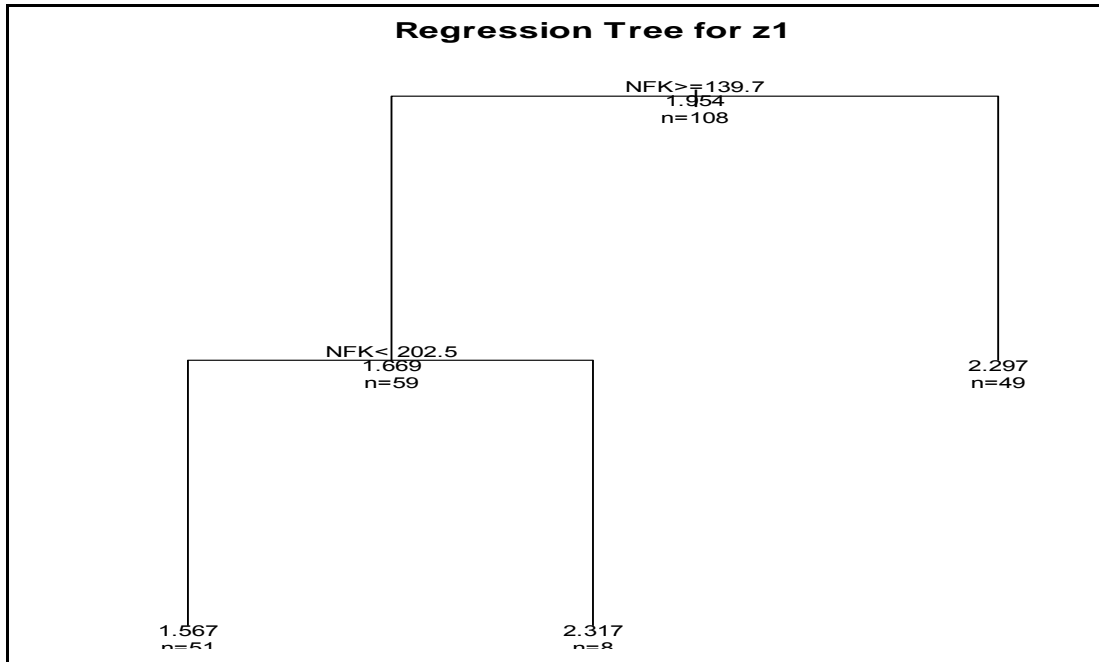


Abbildung 29: Regressionsbaum auf Basis aller EZKENN

Tabelle 5: Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren C

Cluster	H(1)	H(1) exkl. Ausreißer	Anzahl Ausreißer	Ausreißer
1	3,46189	0,07855	3	Kotitz (31), Wuischke (47), Garsebach (12)
2	1,02441	0,04093	1	Rennersdorf 2 (6)
3	1,44576	0,75431	1	Neundorf (5)



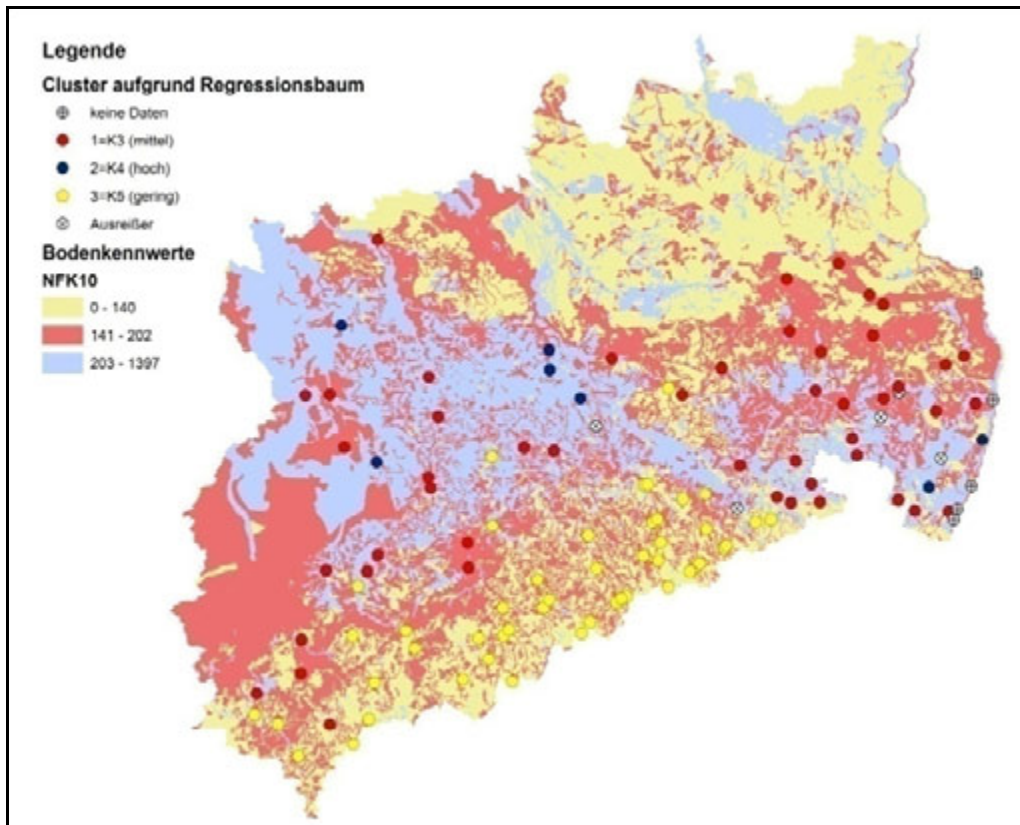


Abbildung 30: Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren C ermittelten Regionen

#### 6.1.4 Bewertung und Experteneinschätzung mit Auftraggeber

Die Resultate aller Klassifikationsverfahren wurden mit dem Auftraggeber diskutiert und einer Bewertung auf Basis der Experteneinschätzung unterworfen. Hierbei wurde der Regressionsbaum mit drei Regionen als am besten beurteilt, weil dieser eine plausible Gliederung Sachsens in Regionen mit unterschiedlichem Hochwasserverhalten erzielt. Der Regressionsbaum verwendet ausschließlich die Nutzbare Feldkapazität (NFK) bei der Klassifikation, weil diese die besten Klassifikationseigenschaften besitzt. Dieser Umstand wurde in der Diskussion als mögliche Schwachstelle des Verfahrens angesehen, weil die Gültigkeit des Zusammenhanges zwischen Extremwertverteilungsform und NFK außerhalb der beobachteten Pegelstellen unbekannt und auf hydrologischer Basis nicht unmittelbar nachvollziehbar ist. Auf Grund hydrologischer Überlegungen wurden daher weitere Regressionsbäume untersucht, die eine Variablenkombination aus NFK und  $P_{KLJahr}$  der Form

$$X_{n1} = \frac{NFK}{\text{var}(NFK)} + \frac{P_{KLJahr}}{\text{var}(P_{KLJahr})} \quad (5)$$

darstellen. Auf Grund der Hosking-Wallis-Teststatistiken wurde der Regressionsbaum mit 4 Endknoten (= Gruppen) gewählt.



d) Regressionsbaum für Xn1, 4 Gruppen:

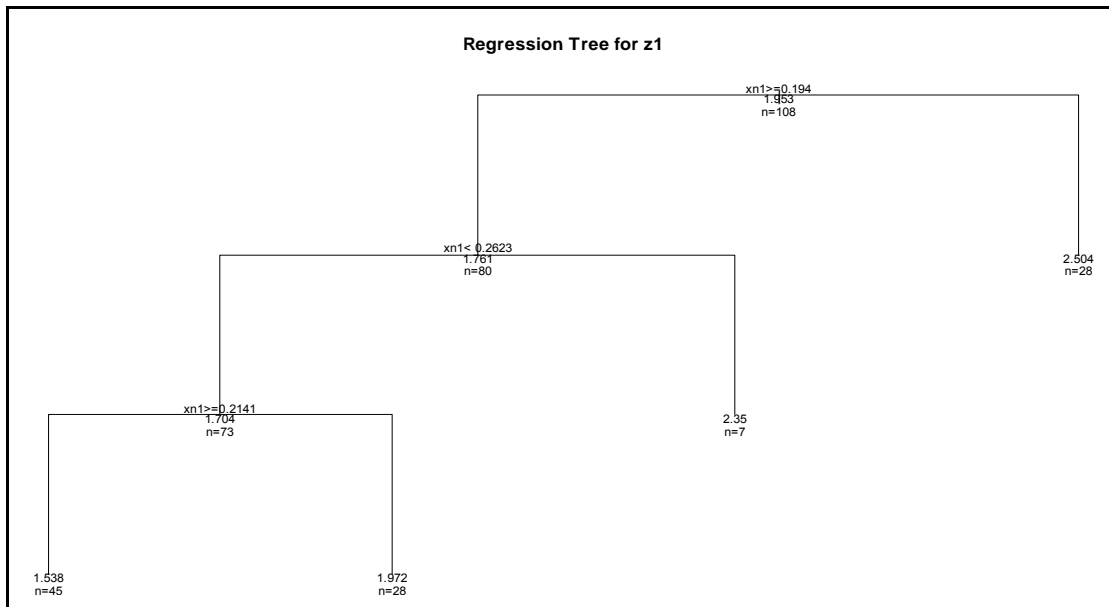


Abbildung 31: Regressionsbaum für Xn1, 4 Gruppen

Tabelle 6: Teststatistik H(1) nach HOSKING & WALLIS (1997) für Verfahren D

Cluster	H(1)	H(1) exkl. Ausreißer	Anzahl Ausreißer	Ausreißer
1	7,65893	0,14376	3	Kotitz (27), Wuischke (41), Garsebach (11)
2	0,17318	0,17318	0	
3	0,96305	0,96305	0	
4	0,97680	0,97680	0	

Lage:

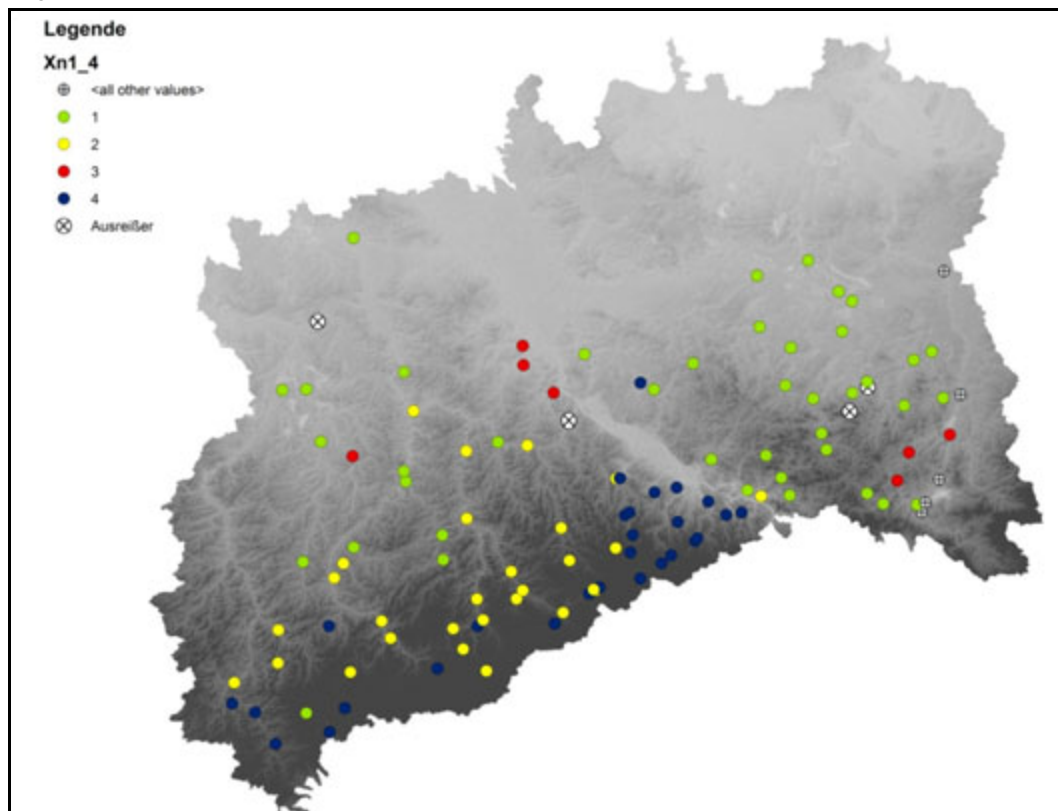


Abbildung 32: Zugehörigkeit der Pegel zu den mit Verfahren D ermittelten Regionen

Die resultierenden Regionen waren den Regionen auf Basis der NFK sehr ähnlich. Die statistische Beurteilung auf Grund der Hosking-Wallis-Teststatistiken zeigte aber eine geringere Güte der Regressionsbäume auf Basis der kombinierten Variablen. Somit wurde der Regressionsbaum auf Basis der NFK als Klassifikationsverfahren beibehalten.

#### 6.1.5 Festlegung einer endgültigen Klassifikation

Die Festlegung der Hochwasserregionen in Sachsen erfolgte schließlich auf Basis des Regressionsbaums der NFK (Verfahren C) unter Einbeziehung der Resultate des Regressionsbaums der kombinierten Gebietskenngröße Xn1 (Verfahren D). Auf Grund der Ergebnisse der Bewertung und Experteneinschätzung mit Auftraggeber wurden vier zusammenhängende Regionen mit unterschiedlichem Hochwasserverhalten in der Karte manuell abgegrenzt (Abbildung 33). Die Grenzlinien folgen den Einzugsgebietsgrenzen. Die Klassifikation teilt Sachsen primär in eine Zone im Süden mit höheren Niederschlägen und größerer Seehöhe (gelb) und eine Zone im Norden mit geringeren Niederschlägen und geringerer Seehöhe (grün). Die exakte Zonengrenze wurde auf Grund von Experteneinschätzung entlang der 400 m Höhenlinie festgelegt, weil hier ein Wechsel der geomorphologischen Gegebenheiten eintritt. Bei größeren Flüssen wurde von einer Verschiebung der Zonengrenze auf Grund des Abflusstransportes ausgegangen. Dieser Umstand wurde durch Flusskorridore berücksichtigt.

Innerhalb der grünen Region wurden zwei Teilregionen mit besonderen Hochwassereigenschaften von den übrigen Gebieten abgegrenzt. Die rote Region umfasst die Gebiete von Ketzerbach (Piskowitz), Jahna (Seerhausen) und Döllnitz (Merzdorf). Sie ist durch eine besondere naturräumliche Ausstattung gekennzeichnet.

Die violette Region umfasst die Gebiete von Pließnitz (Tauchitz, Rennersdorf 2) und Landwasser (Niederoderwitz). Die Region ist durch eine Häufung lokaler Starkniederschläge mit unbekannter Ursache gekennzeichnet.

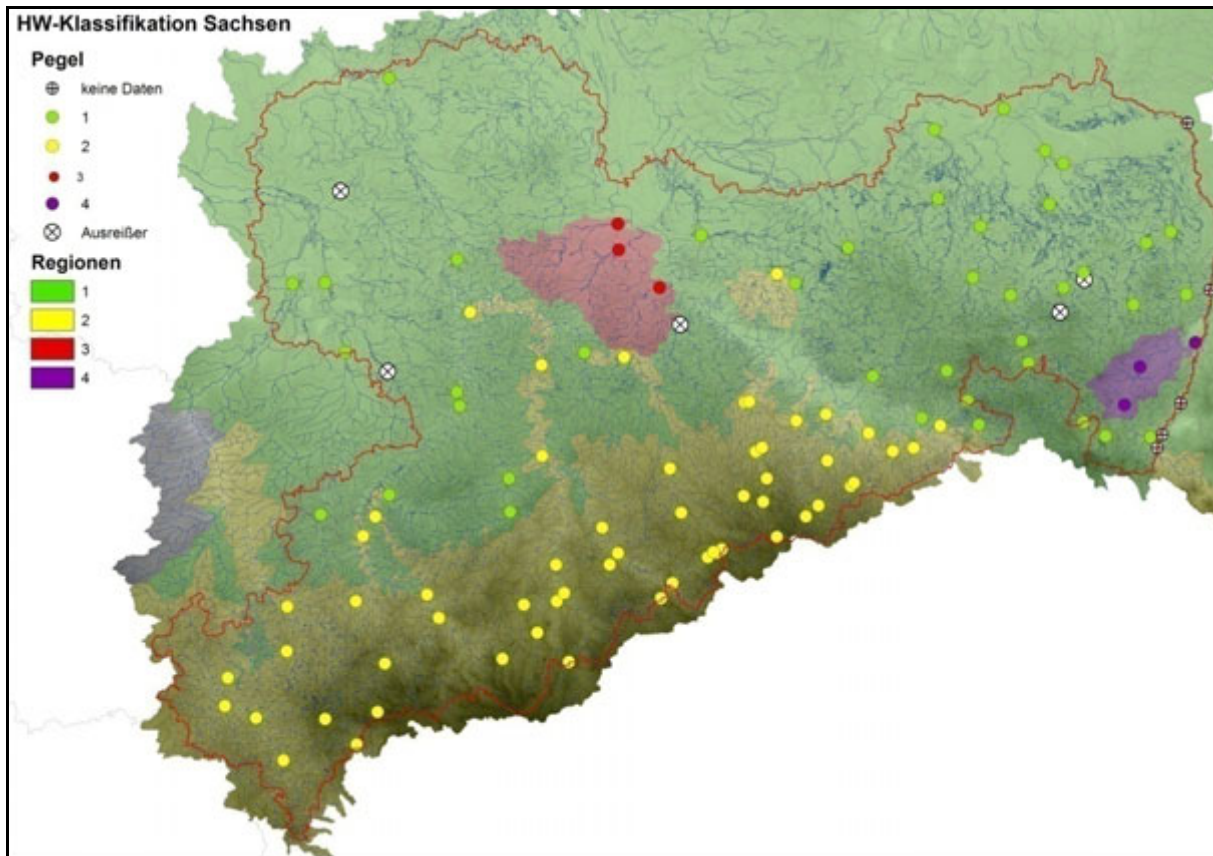


Abbildung 33: Hochwasserregionen in Sachsen als Basis für das Index-Flood-Verfahren

#### 6.1.6 Zuordnungsregel für Gebiete ohne Abflussbeobachtung

Bei der Bestimmung von Hochwasserscheitelabflüssen für unbeobachtete Gebiete ist komplementär zum Gruppierungsverfahren eine Regel erforderlich, die eine eindeutige Zuordnung des Gebietes zu einer Gruppe ermöglicht. Im Falle räumlich nicht zusammenhängender Gruppen ist ein Klassifikationsverfahren erforderlich. Weil es sich hier aber um räumlich zusammenhängende Regionen handelt, erfolgt die Zuordnung auf Grund der geografischen Lage der betrachteten Gewässerstelle am Gebietsauslass. Die entsprechende Hochwasserregion kann aus der Karte der Hochwasserregionen (Abbildung 33) entnommen werden.

#### 6.1.7 Anwendung des Index-Flood-Verfahrens (Methoden 3 und 4)

Die Index-Flood-Methode beruht auf der Annahme, dass innerhalb einer homogenen Region die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven aller Gebiete einer regionalen Verteilung (der Growth Curve) folgen und sich nur durch einen Normierungsparameter (der „Index-Flood“) unterscheiden. Ein Hochwasserabfluss einer gegebenen Jährlichkeit berechnet sich somit nach

$$HQ_i = \mu_i * HQ_{Reg} \quad (6)$$

wobei  $HQ_i$  die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve im Gebiet  $i$ ,  $\mu_i$  die Index-Flood im Gebiet  $i$  und  $HQ_{Reg}$  die Growth Curve, d. h. die dimensionslose Hochwasserverteilungsfunktion der Region ist. Die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven innerhalb einer Region unterscheiden sich deshalb nur durch ihre Lage bzw. Niveau (= Index-Flood). Die Form der Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve ist für alle Gebiete innerhalb der Region gleich.

Die Berechnung der Index-Flood und der Growth Curve erfolgt in diesem Projekt anhand der von HOSKING & WALLIS vorgeschlagenen Methode unter Verwendung der L-Momente, weil sich diese Methode durch ihre zahlreiche Anwendung in den letzten Jahren als „Standard-Verfahren“ in der hydrologischen Literatur angesehen wird.

Die Index-Flood und die Growth Curve werden hier entsprechend den in Kapitel 6.1.5 festgelegten Regionen 1 bis 4 ermittelt. Die Lage der Regionen ist aus Abbildung 33 zu entnehmen.

Die Ermittlung der Index-Flood für unbeobachtete Gebiete erfolgt in diesem Projekt durch eine Regressionsanalyse der Pegelwerte mit Einzugsgebietscharakteristika. In einem ersten Schritt werden hierzu für jeden Pegel die statischen Kenngrößen (Mittelwert, Varianz und Schiefe) aus den beobachteten Hochwasserreihen ermittelt. Die potenziellen unabhängigen Größen der Regressionsbeziehungen sind in Tabelle 7 beschrieben.

**Tabelle 7: Beschreibung der vorhandenen Einzugsgebietseigenschaften**

HOEHE	Mittlere Geländehöhe in m ü. HN
GEFAELLE	Mittleres Geländegefälle in Grad
WALD	Waldanteil in %
BEBAUT	Anteil der bebauten Flächen in %
NS_MAX	Höchster Tagesniederschlag in mm (Bezugsreihe ca. 1900 - 2002)
NS_HAEUF	Jährliche Häufigkeit von Tagesniederschlägen $\geq 50$ mm (Bezugsreihe ca. 1900 - 2002)
P_KLJahr	mittlerer jährlicher Niederschlag von 1961 - 1990 in mm
A_EZG	Fläche des Einzugsgebietes in km <sup>2</sup>
NFK	nutzbare Feldkapazität für die obersten 10 dm Bodentiefe in l/m <sup>2</sup>
FK10	Feldkapazität für obersten 10 dm Bodentiefe in l/m <sup>2</sup>
KF10	hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert) für die obersten 10 dm Bodentiefe in cm/d
FLUSSD	Flussdichte (= Gesamtflusslänge / AE) in km/km <sup>2</sup>
FORMFAK	Formfaktor Kreisförmigkeitsverhältnis (= $4 \cdot \pi \cdot AE / U^2$ mit U - Gebietsumfang in km)

Die Auswahl eines logarithmischen Regressionsmodells erfolgt durch eine Anpassung nach dem Kleinsten-Quadrate-Verfahren und durch Auswertung des Bestimmtheitsmaß  $R^2$ , dem root mean squared error RMSE und dem Jack-Knife root mean squared error RMSEjk. Die Regressionsbeziehungen wurden auf Multikolarität (Anlage 7 und Anlage 8) und auf statistische Signifikanz mit dem Signifikanzniveau von 5 % geprüft.

Die somit ermittelten Regressionsbeziehungen für die Regionen 1 bis 4 sind in Tabelle 8 dargestellt.

**Tabelle 8: Index-Flood-Regressionsmodelle**

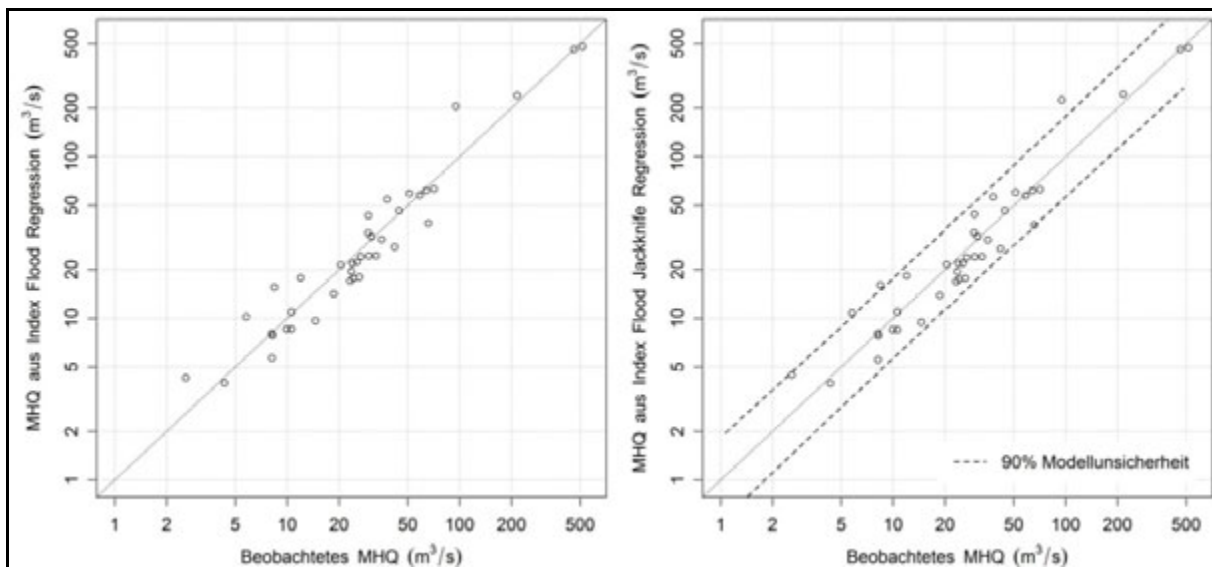
Cluster	Formel
1	$MHQ = 4,4510 \cdot 10^{-5} \cdot h^{1,5512} \cdot A^{0,7704}$
2	$MHQ = 4,49244 \cdot 10^{-7} \cdot P\_KLJahr^{1,9588} \cdot A^{0,84}$
3	$MHQ / A = 1,9671 \cdot 10^{-42} \cdot P\_KLJahr^{14,281}$
4	$MHQ = 0,7952 \cdot A^{0,7190}$

Die resultierenden Fehler sind in Tabelle 9 beschrieben.

**Tabelle 9: Fehlermaße der Regressionsmodelle**

Cluster	Einheiten			R <sup>2</sup> adj	RMSE	RMSEjk
1	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	h(m)	A(km <sup>2</sup> )	0,933	19,912	23,144
2	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	A(km <sup>2</sup> )		0,946	12,616	13,636
3	MHQ/A (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	P_KLJahr (mm)		0,989	0,286	2,072
4	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	A(km <sup>2</sup> )		0,938	1,487	26,588

In Abbildung 34 bis Abbildung 37 ist die Güte der Regressionsmodelle dargestellt für die Regionen 1 bis 4. Durch die geographische Zuordnung unbeobachteter Gebiete zu den Regionen 1 bis 4 ist nun die Bestimmung der Index-Flood auch in unbeobachteten Gebieten möglich.



**Abbildung 34: Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 1**

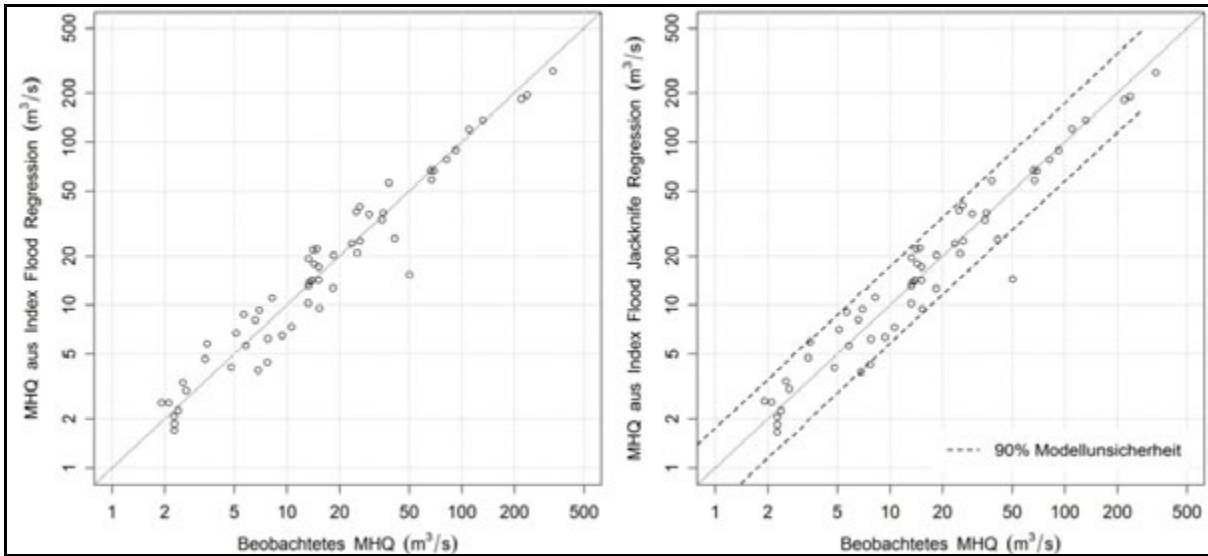


Abbildung 35: Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 2

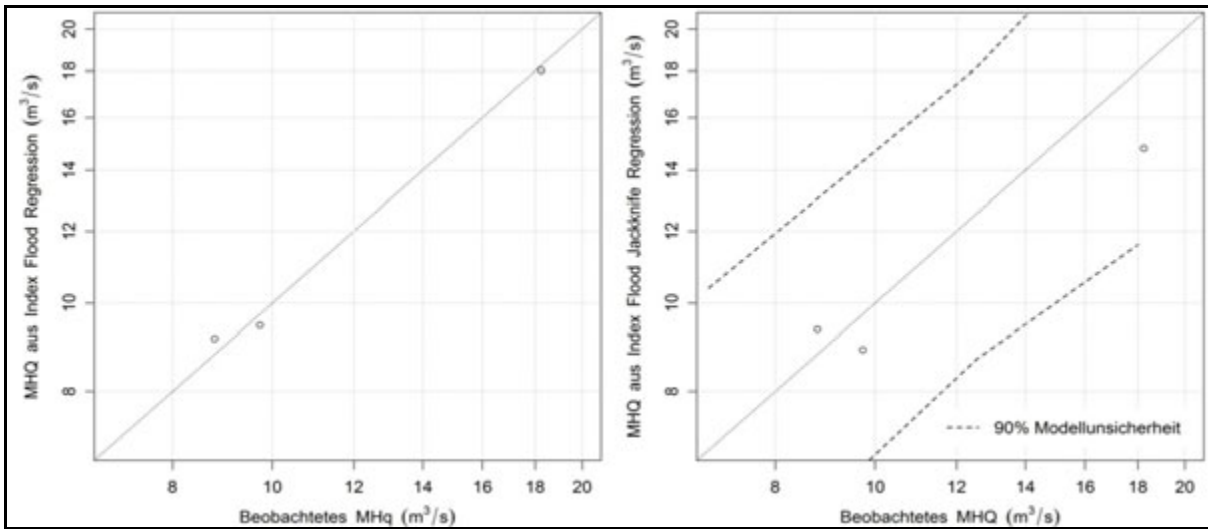


Abbildung 36: Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 3

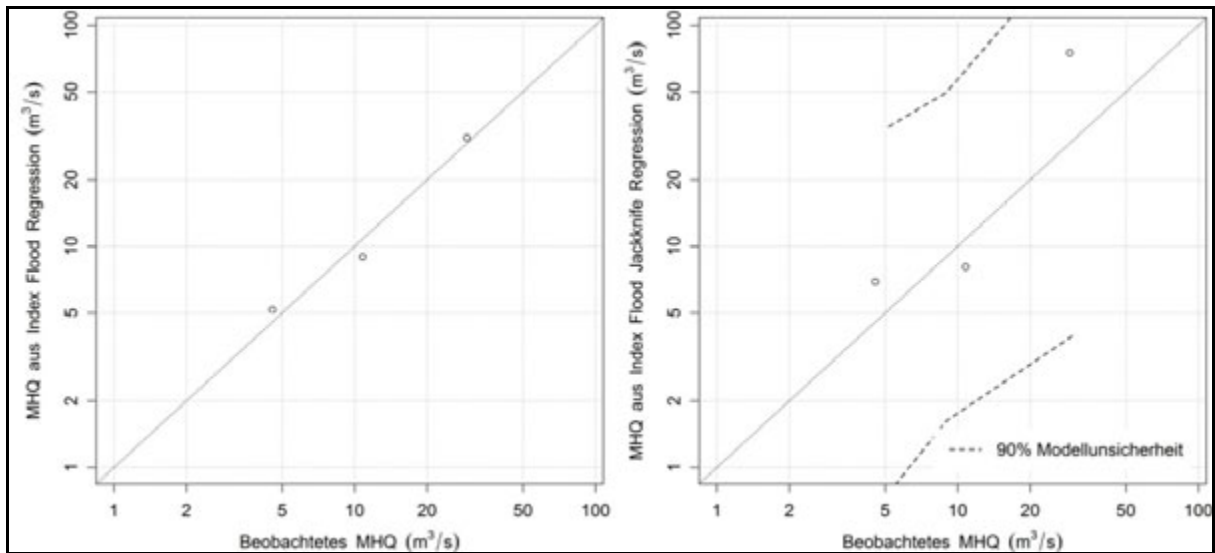


Abbildung 37: Gegenüberstellung der beobachteten MHQ gegen die anhand des Index-Flood/Regression (links) und des Index-Flood/Regression Jack-Knife (rechts) ermittelten MHQ für Region 4

Für jede Region erfolgt nun die Ermittlung der Growth Curve. In einem ersten Schritt werden hierzu die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven der beobachteten Gebiete durch das mittlere Hochwasser dividiert und die L-Momente berechnet. Mittels des Anderson-Darling-goodness-of-fit-Tests wurden regionale Verteilungsfunktionen im L-Momente-Quotienten Diagramm angepasst. Abbildung 38 zeigt das L-Momente-Quotienten Diagramm und die erfolgten Anpassungen verschiedener Verteilungsfunktion für die Region 2 (die Abbildungen für alle vier Regionen sind Anlage 9 zu entnehmen). In Tabelle 10 sind die angepassten Parameter der regionalen Verteilungen aufgelistet.

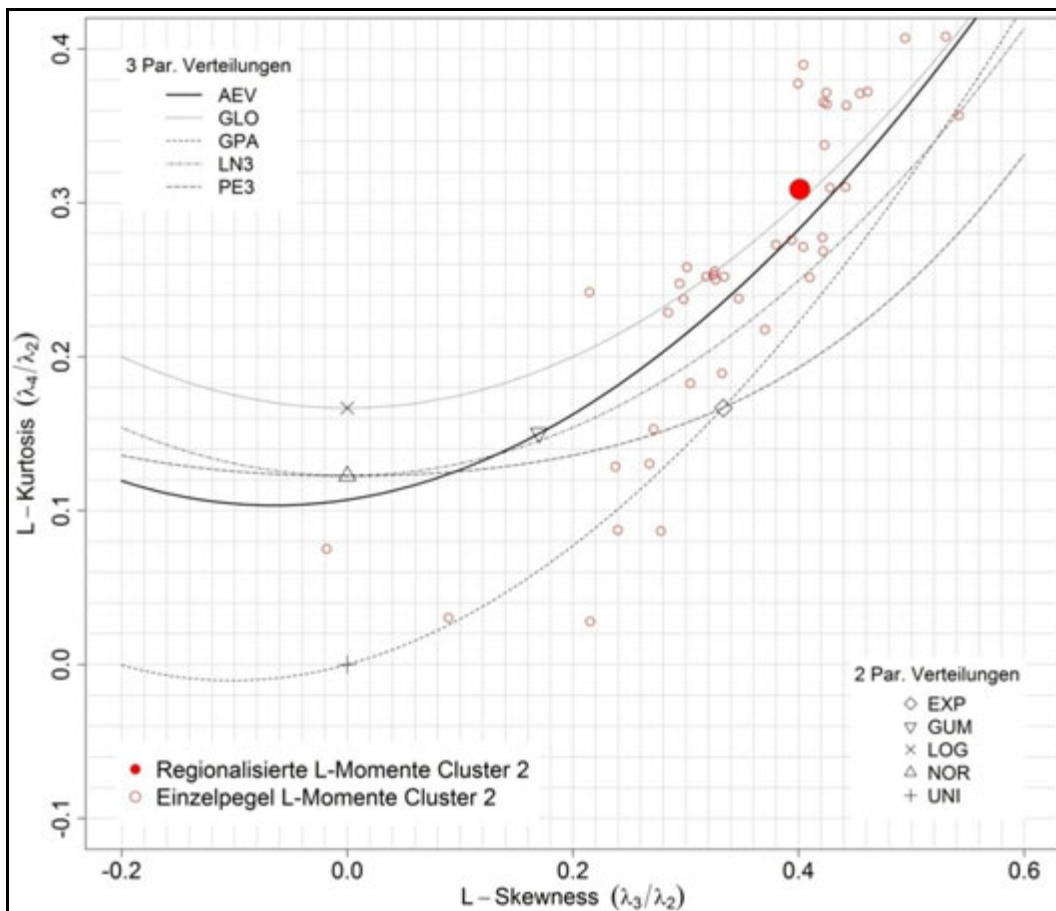


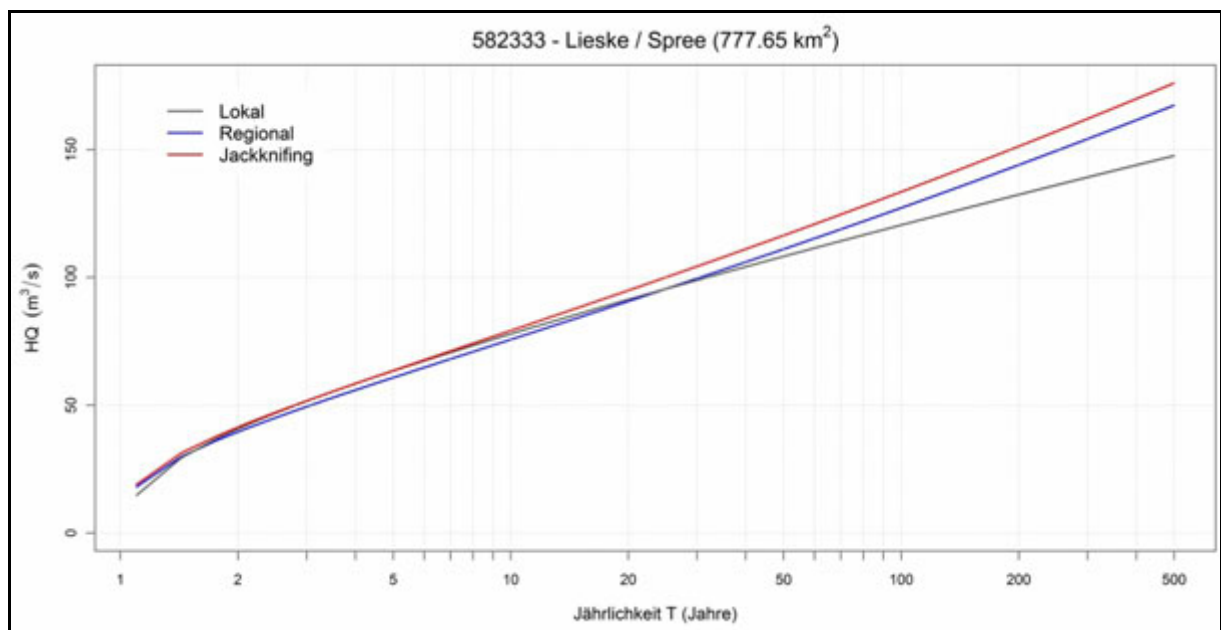
Abbildung 38: L-Momente-Quotienten (L-Moment ratios) Diagramm für Cluster Nummer 2 (Region 2)



**Tabelle 10: Parametern der Regionale Wachstumskurven**

Cluster	Modell	Lage $\xi$	Skala $\alpha$	Form $k$
1	Allgemeine Extremwertverteilung (AEV)	0,74466	0,39645	-0,06360
2		0,63514	0,34467	-0,33159
3		0,58571	0,38036	-0,34549
4		0,56611	0,38019	-0,36784

Durch geografische Zuordnung unbeobachteter Gebiete zu den Regionen 1 bis 4 können nun die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven berechnet werden. Für beobachtete Gebiete wird die Index-Flood durch Auswertung der lokalen Daten bestimmt, für unbeobachtete Gebiete wird die Index-Flood mittels der Regressionsmodelle ermittelt. Abbildung 39 zeigt die aus den lokalen Daten (Local), die mittels der Index-Flood (Regional) und die mittels Index-Flood ohne Verwendung lokaler Daten (Jack-Knife) ermittelten Hochwasserwahrscheinlichkeitskurven für den Pegel Lieske.



**Abbildung 39: Beispiel für eine regionale, lokale und Jack-Knife Hochwasserhäufigkeitskurve für einen Pegel in Cluster 1**

Für viele Gebiete in Sachsen ist ein jahreszeitlich unterschiedliches Hochwasserverhalten zu beobachten. Um diese Unterschiede der Hochwassergenese in der statistischen Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen, wurde eine saisonale Hochwasserstatistik durchgeführt und Parameter einer saisonalen AEV berechnet (Abschnitt 4). Um die saisonalen Effekte auch bei der Regionalisierung zu berücksichtigen, wird eine zweite Version der Index-Flood-Methode berechnet, die anstelle der statistischen Kenngrößen aus den beobachteten Hochwasserreihen auf die saisonalen Parameter der AEV zurückgreift. Das heißt, im Gegensatz zu Tabelle 8 wird das MHQ nicht aus den HQ-Daten berechnet, sondern aus den Parametern der saisonalen Verteilungsfunktion zurückgerechnet.

Hierzu wird aus den saisonalen Parametern (scale, location, shape) Mittelwert, Varianz und Schiefe zurückgerechnet und analog der oben beschriebenen Schritte die Index-Flood und die Growth Curve für die Regionen 1 bis 4 berechnet (Tabelle 11).



**Tabelle 11: Parameter der Growth Curve für saisonale HQ-Statistik**

Cluster	Modell	Lage $\mu$	Skala $\sigma$	Form $k$
1	Allgemeine Extremwertverteilung (AEV)	0,72518	0,32219	-0,21345
2		0,64452	0,27854	-0,40534
3		0,58838	0,35167	-0,37679
4		0,56605	0,27677	-0,48240

Die ermittelten Regressionsbeziehungen für die Regionen 1 bis 4 sind in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12: Index-Flood-Regressionsmodelle für saisonale HQ-Statistik**

Cluster	Formel
1	$MHQ = 2,3970 \cdot 10^{-6} \cdot HOEHE^{2,2243} \cdot A\_EZG^{0,7530} \cdot GEFAELLE^{-0,6220}$
2	$MHQ = 1,1798 \cdot 10^{-5} \cdot P\_KLJahr^{1,6314} \cdot A\_EZG^{0,8477} \cdot KF10^{-0,3069}$
3	$MHQ = 9,2511 \cdot 10^{-44} \cdot P\_KLJahr^{14,750} \cdot A\_EZG$
4	$MHQ = 0,90873 \cdot A\_EZG^{0,6953}$

Die resultierenden Fehler sind in Tabelle 13 beschrieben.

**Tabelle 13: Fehlermaße der Regressionsmodelle für saisonale HQ-Statistik**

Cluster	Einheiten				R <sup>2</sup> adj	RMSE	RMSEjk
1	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	HOEHE (m)	A_EZG (km <sup>2</sup> )	GEFAELLE (m/m)	0,946	18,995	22,088
2	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	P_KLJahr (mm)	A_EZG (km <sup>2</sup> )	KF10 (cm/d)	0,950	10,312	11,051
3	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	P_KLJahr (mm)	A_EZG (km <sup>2</sup> )		0,980	0,412	2,943
4	MHQ (m <sup>3</sup> /s)	A_EZG (km <sup>2</sup> )			0,877	2,161	45,004

## 6.2 Top-Kriging (Methode 1)

Als Alternative zur Index-Flood-Methode wurde in diesem Projekt das Top-Kriging-Verfahren zur Übertragung von Hochwasserwerten von beobachteten zu unbeobachteten Gebieten angewandt. Top-Kriging gehört zur Gruppe der geostatistischen Verfahren, die auf der Annahme beruhen, dass benachbarte Gebiete ein ähnliches Hochwasserverhalten zeigen (BLÖSCHL 2006), weil sich Klima und Gebietseigenschaften nur allmählich im Raum ändern. Geostatistische Verfahren werden zur räumlichen Interpolation vieler hydrologischer Größen wie Grundwasserstände, Niederschlag oder Bodenfeuchte verwendet und wurden auch in anderen Regionen schon erfolgreich zur Bestimmung von regionalen Hochwassern (z. B. MERZ & BLÖSCHL 2005) angewandt.

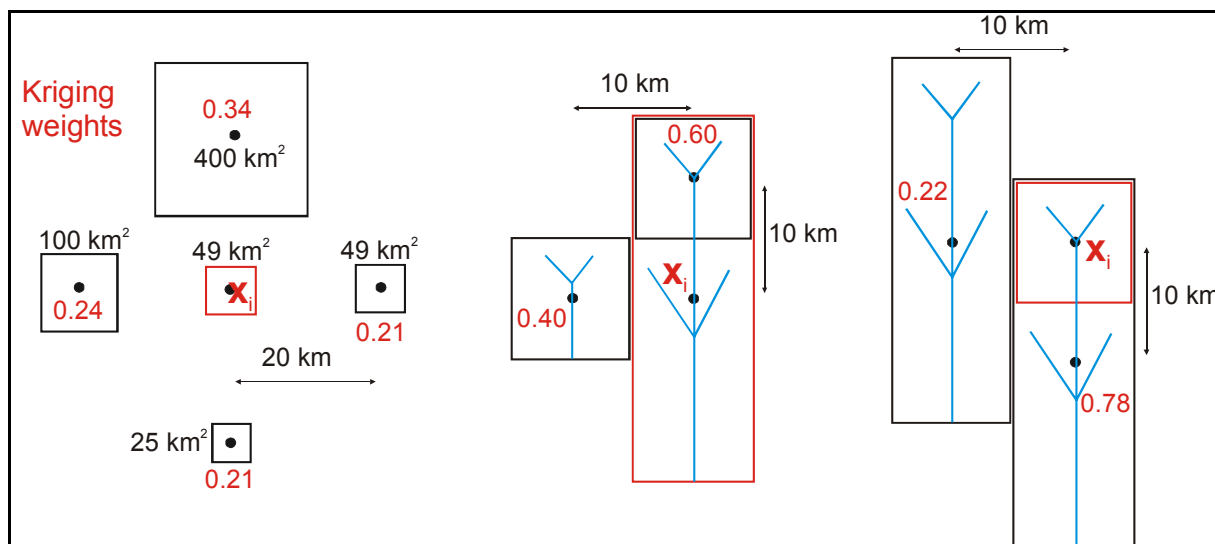
Im traditionellen Ordinary Kriging Verfahren wird die zu schätzende Größe  $\hat{z}(\mathbf{x}_0)$  (hier Hochwasserkennwerte an Knoten ohne Pegel) an der Position  $\mathbf{x}_0$  als gewichtetes Mittel der gemessenen Größe  $z(\mathbf{x}_i)$  (hier Hochwasserkennwerte an Pegeln) in der Nachbarschaft berechnet.

$$\hat{z}(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(\mathbf{x}_i) \quad (7)$$

$\lambda_i$  ist das Gewicht der Messung an der Position  $\mathbf{x}_i$  und  $n$  ist die Anzahl der benachbarten Stationen die zur Interpolation benutzt werden. Die Gewichte sind abhängig von der Distanz der Stationen zur Position  $\mathbf{x}_0$  und werden über das Semivariogramm bzw. die Kovarianz ermittelt. Das Semivariogramm bzw. die Kovarianz stellen die Ähnlichkeit der zu berechnenden Größe zwischen zwei Punkten in Abhängigkeit ihrer Distanz dar.

Im traditionellen Ordinary-Kriging-Verfahren wird die euklidische Distanz zwischen Punkten, ähnlich der inversen Distanz Methode, zur Berechnung der Gewichte verwendet. In der Einzugsgebietshydrologie ist jedoch die rein euklidische Distanz zwischen Gebieten nicht das beste Maß zur Beschreibung der Ähnlichkeit. Gebiete sind entlang des Gewässernetzes in Teileinzugsgebiete geordnet. Ober- und Unterliegergebiete sind hydrologisch ähnlicher als Gebiete am benachbarten Gewässer. Daher wurde in diesem Projekt ein neues Verfahren, Top-Kriging (SkØIEN et al. 2006), angewandt, welches die Topologie der Einzugsgebiete berücksichtigt.

In Abbildung 40 werden die Vorteile von Top-Kriging gegenüber dem Ordinary Kriging verdeutlicht.



**Abbildung 40: Einfluss von Gebietsgröße (links) und Topografie (Mitte, rechts) auf die Gewichte  $\lambda_i$  (rote Zahlen) geschätzt durch das Top-Kriging Verfahren.  $x_i$  bezeichnet den Schwerpunkt des Zielgebiets**

In allen drei Beispielen haben die benachbarten Gebiete die gleiche Distanz der Gebietsschwerpunkte zu dem zu schätzenden Gebiet (20 km im linken Bild, 10 km im mittleren und rechten Bild). Im Ordinary Kriging würde für jedes Gebiet das gleiche Gewicht geschätzt werden (0,25 im Falle von vier Nachbarn, 0,5 im Fall von zwei benachbarten Stationen). In Top-Kriging sind die Gewichte verschieden. Das Beispiel im linken Bild zeigt den Einfluss der Gebietsgröße. Das größte Gebiet hat das größte Gewicht. Je größer ein Gebiet, desto mehr mitteln sich verschiedene hydrologische Prozesse. Der beobachtete Mittelwert, der beim Kriging geschätzt wird, ist weniger anfällig auf zufällige Ausreißer und somit mit einer kleineren Unsicherheit behaftet. Obwohl das 49 km<sup>2</sup> Gebiet rechts größer ist als das 25 km<sup>2</sup> große Gebiet unten, sind ihre Gewichte ähnlich, weil das 49 km<sup>2</sup> Gebiet näher am 400 km<sup>2</sup> Gebiet ist. Das ist der sogenannte de-clustering Effekt von Kriging. Das mittlere und rechte Bild in Abbildung 40 zeigt den Effekt von ineinander liegenden Einzugsgebieten. Die beiden benachbarten Gebiete sind gleich groß (100 km<sup>2</sup> im mittleren Bild, 300 km<sup>2</sup> im rechten Bild) und gleich weit entfernt. Das mittlere Bild zeigt, dass das Gebiet, welches ein Teileinzugsgebiet des größeren Gebiets ist, ein größeres Gewicht bekommt, selbst wenn Größe und Distanz gleich mit den anderen Nachbargebieten ist. Das rechte Bild zeigt den umgekehrten Fall. Obwohl alle Gebiete die gleiche Größe und die glei-

che Entfernung zum zu schätzenden Gebiet haben, haben die Gebiete welche in das Zielgebiet entwässern, größere Gewichte. Durch diese Eigenschaft von Top-Kriging ist es möglich, die Relationen von Ober- und Unterlieger topologisch korrekt zu berücksichtigen, im Gegensatz zu Ordinary Kriging, beispielsweise, wo dies nicht möglich ist.

Aus der extremwertstatistischen Auswertung von Pegelraten durch DHI-WASY GmbH waren für 113 Pegelstellen die durch eine saisonale Hochwasserstatistik ermittelten Parameter (Scale, Location, Shape) der Allgemeinen Extremwertverteilung (AEV) vorhanden. Diese Parameter wurden mit dem Top-Kriging-Verfahren räumlich interpoliert und aus den interpolierten Parametern für jedes Gebiet die Hochwasserquantile unter Verwendung der AEV ermittelt. In diesem Projekt wurde der Regionalisierung von Momenten gegenüber der direkten Regionalisierung von HQT Werten (Quantile) der Vorzug gegeben, weil aus den drei Parametern beliebige Jährlichkeiten (unter Verwendung der AEV Verteilung) eindeutig abgeleitet werden können, die miteinander konsistent sind.

Kern des Top-Kriging Verfahrens ist die Schätzung des Punktvariogrammes, welches aus den Beobachtungsdaten abgeleitet wurde. Hierzu wurden die Einzugsgebiete in Gruppen verschiedener Gebietsgröße aufgeteilt, und für jede Gruppe ein empirisches Variogramm berechnet:

$$\gamma_{obs}(A_1, A_2, h) = \frac{1}{2n(A_1, A_2, h)} \sum_{i=1}^{n(A_1, A_2, h)} [z(\mathbf{x}_i) - z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad (8)$$

wobei  $h = |\mathbf{h}|$  die Distanz zwischen den Gebietsschwerpunkten zweier Gebiete,  $n(A_1, A_2, h)$  die Anzahl der Gebietspaare mit der Gebietsfläche  $A_1$  und  $A_2$  und der Schwerpunktsdistanz  $h$  ist. Die Gruppen wurden logarithmisch in Hinblick auf die Gebietsflächen und der Schwerpunktsdistanz aufgeteilt. Dem Vorschlag von SKØIEN et al. (2003) folgend wurde nun folgende Form eines Punktvariogrammes angepasst.

$$\gamma_p(h) = ah^b(1 - e^{-(h/c)^d}) + C_{0p} \quad (9)$$

$a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $d$  sind Parameter.

Unter Annahme eines Punktvariogrammes berechnet sich die Semivarianz zwischen zwei Gebieten mit den Gebietsflächen  $A_1$  und  $A_2$ :

$$\begin{aligned} \gamma_{12} = 0.5 * Var(z(A_1) - z(A_2)) &= \frac{1}{A_1 A_2} \int \int_{A_1 A_2} \gamma_p(|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|) d\mathbf{x}_1 d\mathbf{x}_2 - \\ 0.5 * \left[ \frac{1}{A_1^2} \int \int_{A_1 A_1} \gamma_p(|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|) d\mathbf{x}_1 d\mathbf{x}_2 + \frac{1}{A_2^2} \int \int_{A_2 A_2} \gamma_p(|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|) d\mathbf{x}_1 d\mathbf{x}_2 \right] \end{aligned} \quad (10)$$

Hiermit wurde Punktvariogramm manuell an die empirischen Variogramme verschiedener Flächenklassen angepasst (Abbildung 41). Weil die meisten Pegelgebiete eine Gebietsgröße zwischen 50 km<sup>2</sup> und 200 km<sup>2</sup> haben, wurde besonders auf eine gute Anpassung an das empirische Variogramm der 100 km<sup>2</sup>-Flächenklasse geachtet.

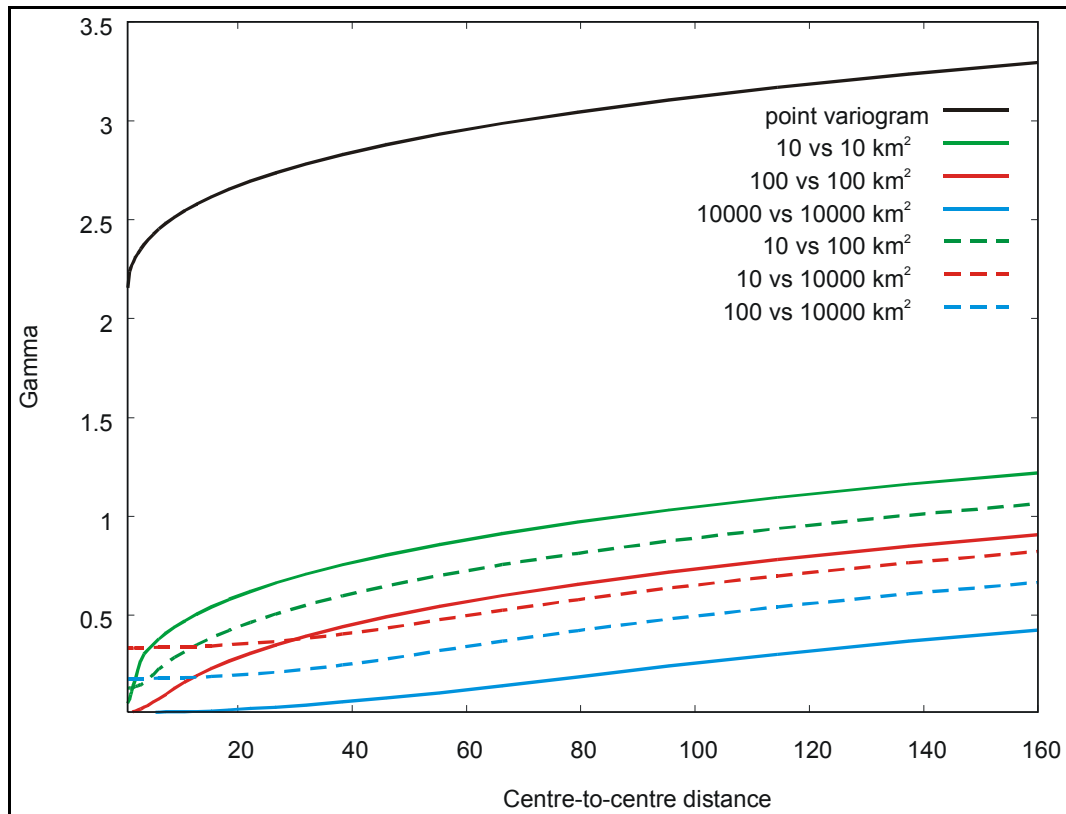
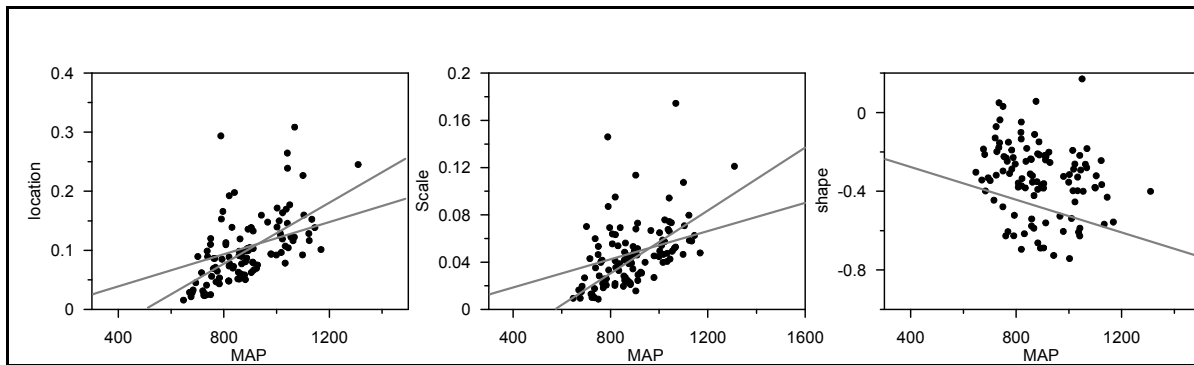


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Punktvariogramme und regularisierter Variogramme verschiedener Einzugsgebietsgrößen (aus SKØIEN et al. 2006)

## 6.3 Kombination von Georegression und Top-Kriging (Methode 2)

Falls eine große Anzahl von Messwerten vorliegt, die räumlich gut korreliert sind, können mit Kriging und ähnlichen Methoden gute Ergebnisse erzielt werden. Die Erstellung eines regionalen Pegelnetzes erfolgt aber nach vielen unterschiedlichen Zielvorstellungen. Einerseits sollte mit dem Pegelnetz die regionale hydrologische Variabilität erfasst werden, andererseits ist eine Pegeldichte auf Grund wirtschaftlicher, rechtlicher und anderer Rahmenbedingungen begrenzt. In der Hydrologie kommt es daher häufig vor, dass nicht genügend Messpunkte bzw. Stationen mit Daten vorliegen, um die räumliche Variabilität der hydrologischen Größe allein durch die räumlichen Korrelationen an den Pegelstellen zu erfassen. Die Regionalisierung mittels geostatistischer Verfahren kann in diesen Fällen durch Berücksichtigung von Zusatzinformationen verbessert werden.

Entscheidend bei der geostatistischen Interpolation mittels Zusatzinformation ist die geeignete Wahl der Zusatzvariablen. Die Zusatzvariablen sollten eng mit der zu interpolierenden Hochwasserkenngroße korreliert sein. Auch hier können die Zusatzvariablen anhand von Expertenwissen über das grundsätzliche Verhalten hydrologischer Größen gewählt werden. Ungeeignete Zusatzinformationen können die Interpolation verschlechtern (BLÖSCHL & GRAYSON 2000). Für die Hochwasserregionalisierung liegt es nahe, Informationen über Niederschlag und Bodenfeuchte des Gebietes im Hochwasserfall als Zusatzvariable zu wählen. Als Ersatz für Niederschlag und Bodenfeuchte wird oft der mittlere Jahresniederschlag verwendet. Auch in Sachsen erinnert das räumliche Muster der Hochwasserspendsen an das räumliche Muster des mittleren Jahresniederschlages. In diesem Projekt wurden daher auch geostatistische Verfahren unter Verwendung des mittleren Jahresniederschlages als Zusatzinformation zur räumlichen Bestimmung der Hochwasserspendsen getestet. Die Bestimmung erfolgte mit dem Verfahren der Georegression, welches aus vier Schritten besteht. In einem ersten Schritt wurde eine Regression der zu interpolierenden Größe (z. B. Hochwasserabfluss) mit einer Zusatzvariablen (z. B. mittlerer Jahresniederschlag) aufgestellt. In Abbildung 42 sind die Parameter der AEV gegen den mittleren jährlichen Niederschlag (MAP) für die sächsischen Pegelgebiete aufgetragen.



**Abbildung 42: Regressionsanalysen der Parameter der AEV und des mittleren jährlichen Niederschlags (MAP)**

Location- und Shape-Parameter der AEV steigen mit zunehmendem mittlerem Jahresniederschlag an, während der Scale-Parameter tendenziell negativ mit dem mittleren Jahresniederschlag korreliert ist. Für den Location- und Shape-Parameter zeigt sich, dass besonders Gebiete mit geringem Jahresniederschlag durch die Regressionen schlecht erfasst werden. Daher wurde eine weitere Version gerechnet, für die die Regressionsgeraden für Gebiete mit einem Jahresniederschlag kleiner 900 mm/Jahr und größer 900 mm/Jahr getrennt angepasst wurden. Mittels der Regressionsgleichung wird in einem zweiten Schritt für alle Punkte, an denen die Zusatzinformation vorhanden ist, die hydrologische Größe (z. B. Hochwasserabfluss) bestimmt. In einem dritten Schritt werden für alle Pegelstellen die Residuen (d. h. Beobachtung minus den aus der Regression bestimmten Wert) ermittelt und mit einem geostatistischen Verfahren (hier Top-Kriging) räumlich interpoliert. In einem letzten Schritt werden die interpolierten Residuen auf die aus der Regression ermittelten Werte aufaddiert (GOOVAERTS 2000).

## 6.4 Kombination von Top-Kriging oder Georegression und Top-Kriging mit der Index-Flood-Methode (Methoden 5 und 6)

Untersuchungen in Österreich (MERZ et al. 2006) zeigen, dass Top-Kriging sehr gute Ergebnisse bei der Regionalisierung der mittleren jährlichen Hochwasserspense erzielt. Vorteil der Index-Flood-Methode liegt hingegen bei der regionalen Ermittlung der höheren Momente (Varianz und Schiefe) der Hochwasserwahrscheinlichkeitsverteilung. Daher werden in diesem Projekt beide Verfahren kombiniert. Hierbei wird das mittlere jährliche Hochwasser mit dem Top-Kriging-Verfahren räumlich übertragen und die höheren Momente anhand der regionalen Growth Curves gewählt.

In einer weiteren Verfahrenskombination (Methode 6) wird der Index-Flood (wie üblich) mit Hilfe einer Georegression ermittelt. Anschließend werden die Residuen der Regression mit Top-Kriging räumlich interpoliert und auf die aus der Regression ermittelten Werte aufaddiert. Die höheren Momente werden wie bei Methode 5 anhand der regionalen Growth Curves des Index-Flood-Verfahrens ermittelt.

## 6.5 Längsschnittbetrachtungen

Auf Grund fehlender Gebietskenngrößen für die Pegel an der Lausitzer Neiße, deren Einzugsgebiete größtenteils außerhalb von Deutschland liegen, konnten für dieses Gewässer keine Abflusskenngrößen mittels des Index-Flood-Verfahrens oder des Top-Kriging ermittelt werden. Ersatzweise wurden für die Lausitzer Neiße Abflusslängsschnitte aufgestellt.

### 6.5.1 Methodische Grundlagen

Als Stützstellen für die Berechnung der Abflusslängsschnitte dienten die vorliegenden Beobachtungsdaten und Bemessungsabflüsse an den Pegeln des Gewässers.

Zwischen den Stützstellen wurden die Abflüsse gewässerabschnittsweise durch Interpolation berechnet. Bei der Interpolation wurde die sukzessive Zunahme der Einzugsgebietsfläche zwischen den Pegeln berücksichtigt. Bei zunehmenden Abflüssen zwischen den Stützstellen wurde eine exponentielle Interpolation verwendet. Die entsprechende Gleichung hat folgende Form:

$$\left( \frac{HQP_o}{HQP_u} \right) = \left( \frac{A_E P_o}{A_E P_u} \right)^{y(T)} \quad (11)$$

mit

- HQP<sub>o</sub> - HQ am oberhalb liegenden Pegel
- HQP<sub>u</sub> - HQ am unterhalb liegenden Pegel
- A<sub>E</sub>P<sub>o</sub> - Einzugsgebietsfläche am oberhalb liegenden Pegel
- A<sub>E</sub>P<sub>u</sub> - Einzugsgebietsfläche am unterhalb liegenden Pegel
- y(T) - Exponent in Abhängigkeit des Wiederkehrintervalls

Der Exponent kann mittels Umstellung der Gleichung (11) nach y(T) ermittelt werden:

$$y(T) = \frac{\lg\left(\frac{HQP_o}{HQP_u}\right)}{\lg\left(\frac{A_E P_o}{A_E P_u}\right)} \quad (12)$$

Zur Berechnung von HQ für Querschnitte zwischen den Pegeln wird eine Erweiterung von Gleichung (11) verwendet, die folgende Form aufweist:

$$\left( \frac{HQx - HQP_o}{HQP_u - HQP_o} \right) = \left( \frac{A_E x - A_E P_o}{A_E P_u - A_E P_o} \right)^{y(T)} \quad (13)$$

mit

- HQx - HQ am Gewässerquerschnitt x
- A<sub>E</sub>x - Einzugsgebietsfläche am Gewässerquerschnitt x

Bei abnehmenden Abflüssen zwischen den Stützstellen wurde eine lineare Interpolation verwendet, bei der anstatt der Einzugsgebietsgröße die Flusskilometer oberhalb der Mündung in die Oder (F<sub>km</sub>) verwendet wurden. Die entsprechende Gleichung hat folgende Form:

$$\left( \frac{HQx - HQP_o}{HQP_u - HQP_o} \right) = \left( \frac{F_{km} x - F_{km} P_o}{F_{km} P_u - F_{km} P_o} \right) \quad (14)$$

### 6.5.2 Praktische Umsetzung und Ergebnisse

Für die Berechnung der Abflusslängsschnitte der Lausitzer Neiße wurden als Stützstellen die Pegel Hartau, Zittau 1, Görlitz und Klein Bademeusel verwendet. Diese Pegel besitzen Beobachtungsreihen von mindestens 51 Jahren, welche die beiden großen Hochwasser von 1958 und 1981 einschließen. Die Verwendung des Pegels Podrosche 2, zwischen Görlitz und Klein Bademeusel gelegen, wurde verworfen, weil dieser nur eine Beobachtungsreihe von 23 Jahren besitzt. In dieser Reihe sind die Hochwasserereignisse von 1958 und 1981 nicht enthalten, was zwangsläufig zu einer Unterschätzung der Abflusskenngrößen führen würde.

Der Pegel Rosenthal, zwischen Zittau 1 und Görlitz gelegen, besitzt geringere Hochwasserabflussscheitel als der im Oberlauf liegende Pegel Zittau 1. Dieses Verhalten wurde als unplausibel eingeschätzt, wodurch dieser Pegel ebenfalls nicht verwendet wurde.

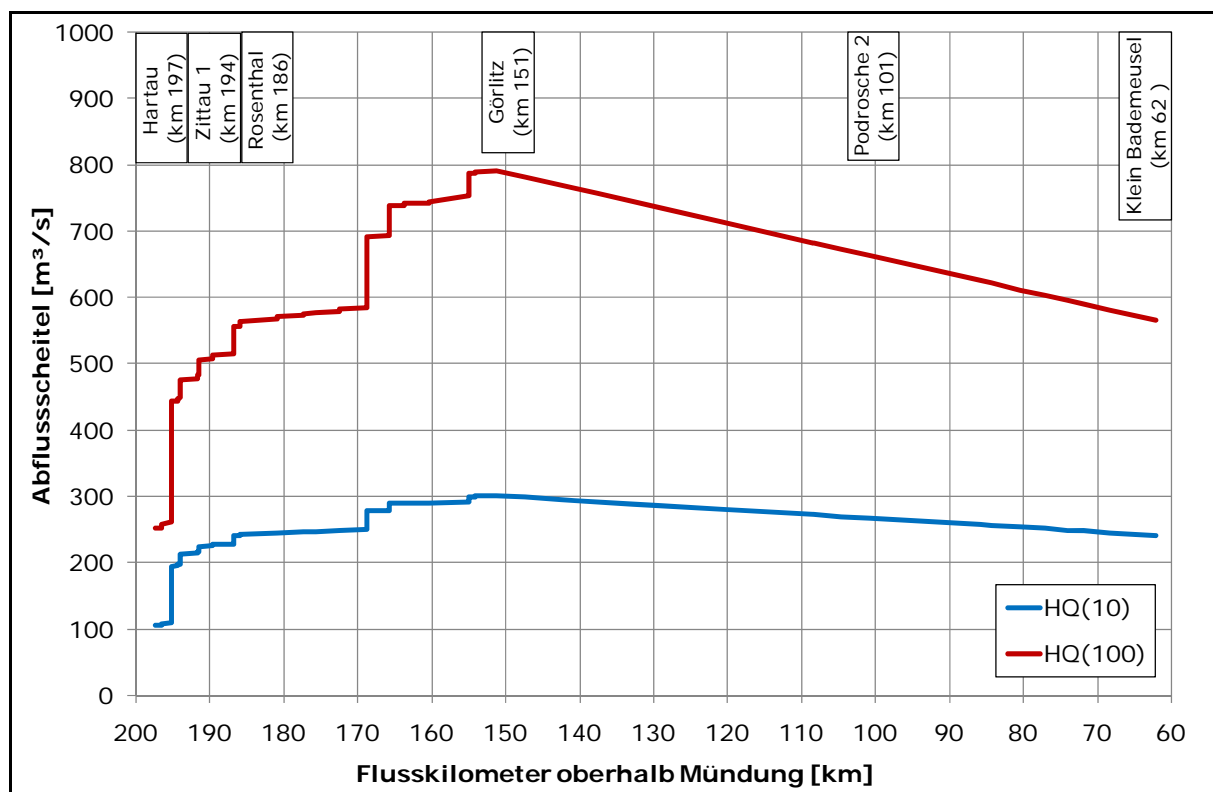
Auf den Flussabschnitten Hartau-Zittau 1 und Zittau 1-Görlitz mit zunehmenden HQ wurde eine exponentielle Interpolation (Gleichung 13) vorgenommen. Die nach Gleichung (12) berechneten Exponenten sind für die entsprechenden MHQ und  $HQ_T$  in der Tabelle 14 enthalten.

**Tabelle 14: Exponenten für die Interpolation auf den Flussabschnitten Hartau-Zittau 1 und Rosenthal-Görlitz**

Pegel	y(MHQ)	y(HQ <sub>2</sub> )	y(HQ <sub>5</sub> )	y(HQ <sub>10</sub> )	y(HQ <sub>20</sub> )
Hartau-Zittau 1	1,045	1,111	1,061	1,031	1,004
Zittau 1-Görlitz	0,420	0,310	0,430	0,496	0,552
Pegel	y(HQ <sub>25</sub> )	y(HQ <sub>50</sub> )	y(HQ <sub>100</sub> )	y(HQ <sub>200</sub> )	y(HQ <sub>500</sub> )
Hartau-Zittau 1	0,996	0,971	0,946	0,923	0,892
Zittau 1-Görlitz	0,569	0,619	0,665	0,709	0,765

Auf dem Flussabschnitt Görlitz-Klein Bademeusel mit abnehmendem HQ wurde eine lineare Interpolation nach Gleichung (14) vorgenommen.

Die berechneten Abflusslängsschnitte sind beispielhaft für das HQ<sub>10</sub> und HQ<sub>100</sub> in Abbildung 43 dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse der Abflusslängsschnitte für alle Wiederkehrintervalle sind in Anlage 10 enthalten (Stützstellen markiert).



**Abbildung 43: Abflusslängsschnitte der Lausitzer Neiße für das HQ<sub>10</sub> und HQ<sub>100</sub>**

Die tendenzielle Abnahme der Hochwasserabflüsse zwischen den Pegeln Görlitz und Klein Bademeusel ist hydrologisch begründbar. Auf Grund des weitgehend hügeligen bis gebirgigen Einzugsgebietes des Pegels Görlitz kommt es hier häufig zu plötzlichen Abflussanstiegen mit steilen Wellen. Zwischen Görlitz und Klein Bademeusel flachen sich die Wellen im zunehmend breiter werdenden Tal der Lausitzer Neiße deutlich ab, sodass die Scheitelabflüsse in Klein Bademeusel trotz größerem Einzugsgebiet in der Regel unter denen von Görlitz liegen.

## 6.6 Vergleich und Diskussion von Regionalisierungsmethoden

Die Güte des geschätzten Hochwasserabflusses hängt in erster Linie von der vorhandenen Kenntnis der Hydrologie der Region ab, d. h. von den vorhandenen Beobachtungsdaten und Zusatzinformationen über die hochwasserauslösenden Prozesse in der Region und wie die hydrologische Ähnlichkeit zwischen Gebieten beschrieben werden kann. Auch formal sehr komplexe Regionalisierungsmethoden können keine sicheren Ergebnisse liefern, wenn die Kenntnis der Hydrologie in der Region fehlt. Regionalisierungsmethoden sind eher als Werkzeuge zu verstehen, diese hydrologische Kenntnis in eine quantitative Schätzung von Hochwasserabflüssen für unbeobachtete Gebiete umzusetzen.

In diesem Projekt wurde ein systematischer Vergleich von Hochwasserregionalisierungsmethoden für unbeobachtete Einzugsgebiete durchgeführt. Es wurden jeweils mehrere Varianten von Top-Kriging, Georegression und Index-Flood-Methode verglichen.

Die Zuverlässigkeit der Schätzung für unbeobachtete Gebiete wurde mit Hilfe eines Jack-Knife-Vergleichs für 113 Pegelinzugsgebiete untersucht. Beim Jack-Knife-Vergleich wurde je eines der 113 beobachteten Gebiete als unbeobachtet angenommen und Hochwasserquantile der Jährlichkeit T auf Basis der verbleibenden 112 Gebiete regionalisiert. Der Vergleich der regionalisierten Quantile mit den aus den lokalen Beobachtungsdaten ermittelten Quantilen ergibt ein Maß der Regionalisierungsgüte. Dies wurde nun nacheinander für alle 113 Gebiete durchgeführt und statistisch ausgewertet. Verschiedene statistische Fehlermaße wurden berechnet.

Neben dem mittleren Fehler und der Standardabweichung wird auch der mittlere quadratische Fehler (Root Mean Square Error) und das Bestimmtheitsmaß berechnet. Der mittlere Fehler beschreibt den systematischen Fehler, d. h. eine systematische Unter- bzw. Überschätzung, während die Standardabweichung den zufälligen Fehler, d. h. die Streuung um den mittleren Fehler beschreibt. Der mittlere quadratische Fehler ist ein Maß für beide Fehlertypen.

Der normierte mittlere Fehler (normalized mean error, nme) ist

$$nme = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{reg} - Q_i^{loc})}{\sum_{i=1}^n Q_i^{loc}} \quad (15)$$

wobei  $Q_i^{reg}$  der regionalisierte Hochwasserabfluss im Gebiet i und  $Q_i^{loc}$  der aus der lokalen Pegelstatistik ermittelte Hochwasserabfluss für eine bestimmte Jährlichkeit ist.

Die normierte Standardabweichung (normalized standard deviation error, nsdve) wird berechnet nach:

$$nsdve = \frac{\sum_{j=1}^n \left\{ (Q_i^{reg} - Q_i^{loc}) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i^{reg} - Q_i^{loc}) \right\}^2}{\sum_{i=1}^n Q_i^{loc}} \quad (16)$$

Fehler von Gebieten mit großer und kleiner Hochwasserspense haben unterschiedlichen Einfluss auf diese Fehlermaße. Daher wurde zum Vergleich auch der mittlere normierte Fehler (mean normalized error, mne) und die Standardabweichung der normierten Abflüsse (standard deviation normalized error, sdvne) berechnet.

$$mne = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_i^{reg} - Q_i^{loc}}{Q_i^{loc}} \right)}{n} \quad (17)$$



$$sdvne = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{Q_i^{reg} - Q_i^{loc}}{Q_i^{loc}} \right) - \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Q_i^{reg} - Q_i^{loc}}{Q_i^{loc}} \right)}{n} \right\}^2}{n} \quad (18)$$

Der mittlere quadratische Fehler berechnet sich nach

$$rmse = \sqrt{me^2 + sdve^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{reg} - Q_i^{loc})^2}{n}} \quad (19)$$

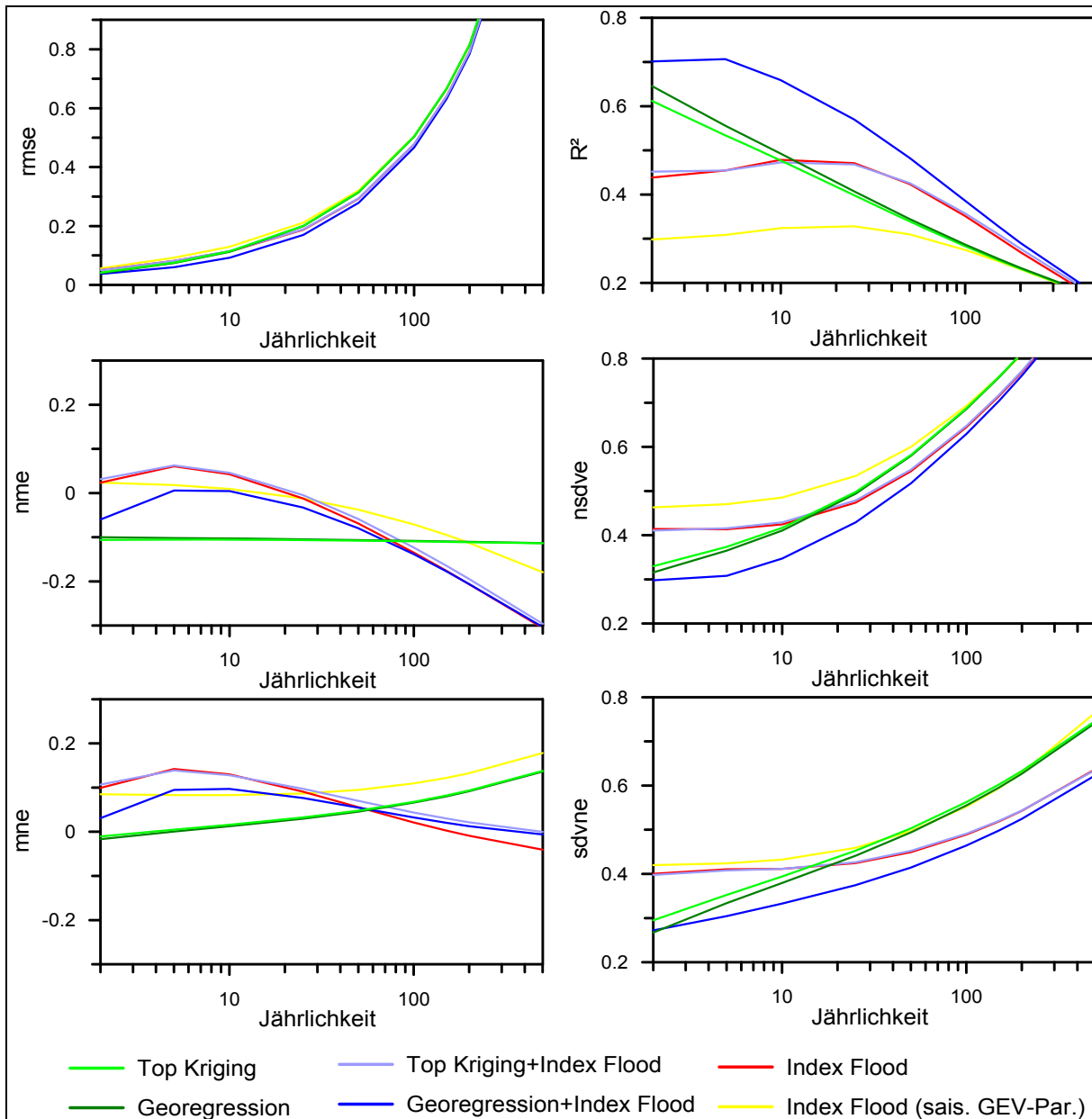
Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  berechnet sich nach

$$R^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (Q_i^{reg} - Q_i^{loc})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{loc} - \overline{Q_i^{loc}})^2} \quad (20)$$

Die Fehlermaße wurden für verschiedene Jährlichkeiten berechnet und in Abbildung 44 gegen die Jährlichkeit aufgetragen. Gute Regionalisierungsmethoden sollten betragsmäßig kleine Fehler haben und somit sollte die Kurve nahe der Nulllinie liegen bzw. sollte ein Bestimmtheitsmaß  $R^2$  nahe an 1 haben.

Die hellgrünen Linien in Abbildung 44 zeigen die Ergebnisse der Top-Kriging Methode (Tabelle 2, Methode 1), die dunkelgrünen Linien zeigen die Ergebnisse der Kombination von Georegression und Top-Kriging (Methode 2). Die Ergebnisse der Index-Flood-Methode sind in rot (Parameter aus der lokalen Hochwasserreihe, Methode 3) und gelb (Verwendung der Parameter der saisonalen HQ-Statistik, Methode 4) dargestellt. Die Kombination von Top-Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 5) ist in hellblau, die Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 6) ist in dunkelblau eingezeichnet.

Grundsätzlich erzielen alle Verfahren im Jack-Knife-Vergleich Regionalisierungsgüten, die mit den Ergebnissen österreichischer Untersuchungen (MERZ & BLÖSCHL 2005) vergleichbar sind.



**Abbildung 44: Vergleich der Güte von Regionalisierungsverfahren in Sachsen. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspanden von 103 Pegeln aufgetragen gegen die Jährlichkeit**

Die Kombination von Georegression, Top Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 6) hat den kleinsten rmse und das größte Bestimmtheitsmaß  $R^2$ . Auch sind für dieses Verfahren die systematischen und zufälligen Fehler am kleinsten. Auf Grund der Jack-Knife-Untersuchung wäre daher die Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 6) als Vorzugsverfahren zu empfehlen (in Abbildung 44 als Georegression und Index-Flood bezeichnet).

Diese Aussagen werden in Abbildung 45 und Abbildung 46 bestätigt, in denen die Jack-Knife-Ergebnisse getrennt nach Region 1 und 2 (vergl. Abbildung 33) dargestellt wurden.

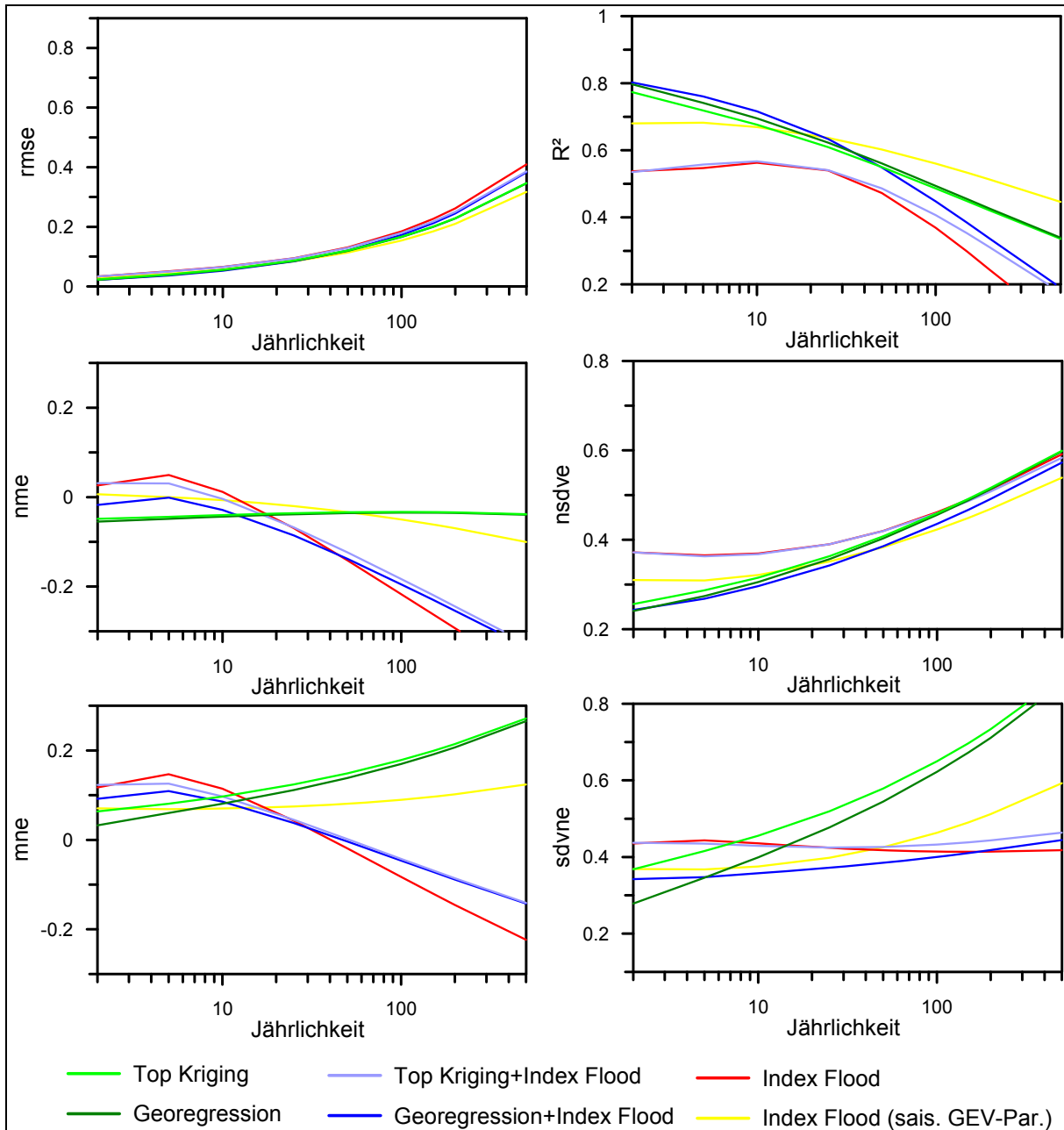
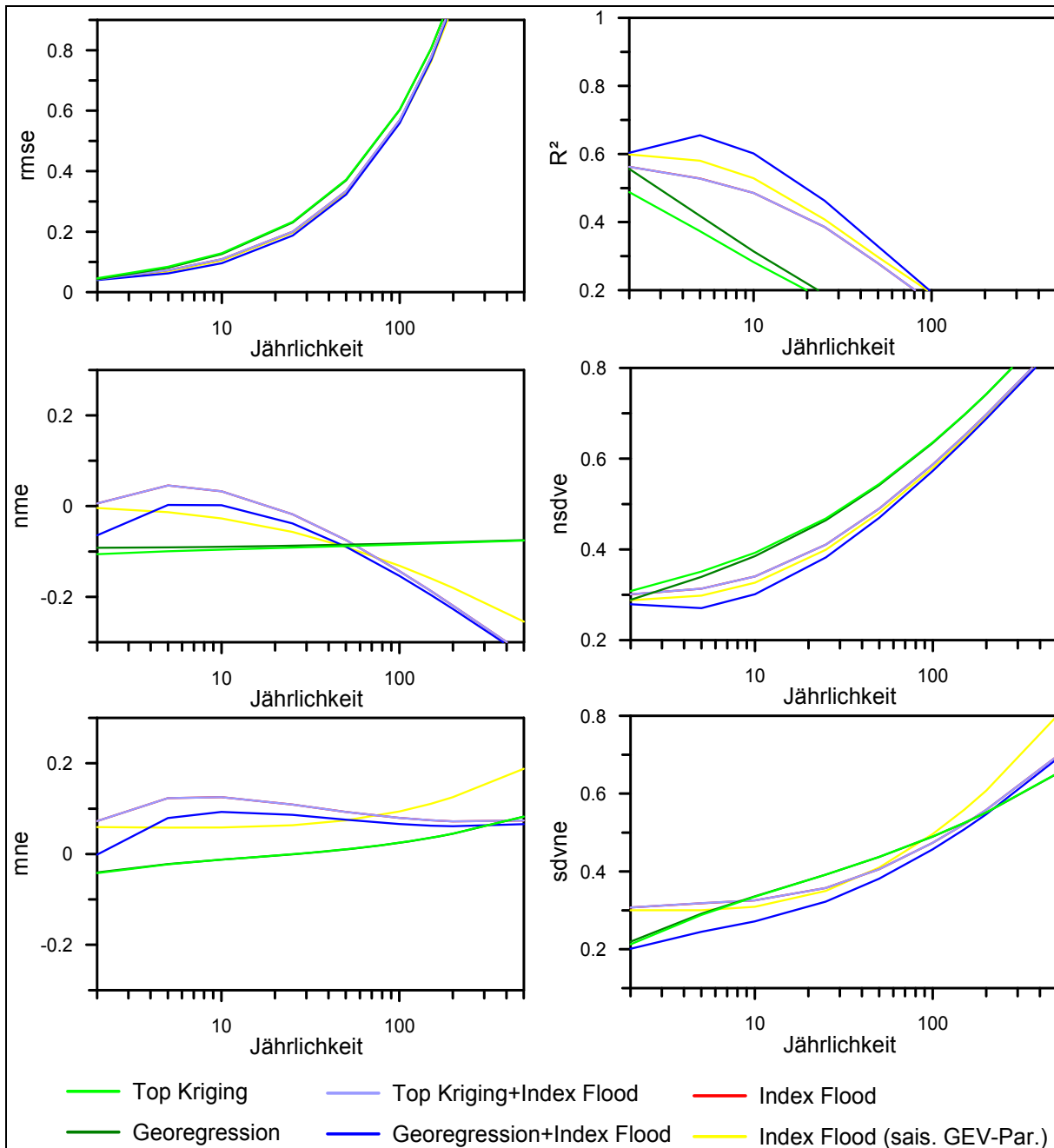


Abbildung 45: Vergleich der Güte der Regionalisierungsverfahren für Region 1. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden aufgetragen gegen die Jährlichkeit



**Abbildung 46: Vergleich der Güte der Regionalisierungsverfahren für Region 2. Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspenden aufgetragen gegen die Jährlichkeit**

Die Ergebnisse der Jack-Knife-Untersuchung beschreiben die Unsicherheit der verschiedenen Methoden bei der Regionalisierung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten in Sachsen. Es ist jedoch zu betonen, dass die Auswahl einer Methode zur flächenhaften Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten nicht ausschließlich auf die in der Jack-Knife-Untersuchung ermittelten Fehler basieren sollte. Hat z. B. eine Methode besondere Vorteile in der Ermittlung des kleinräumlichen Abflussmuster zwischen Pegelstellen, so kann dieser Vorteil bei der Jack-Knife-Untersuchung nicht zum Tragen kommen. Ebenso können Unsicherheiten in der lokalen Schätzung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten deutlichen Einfluss auf die Jack-Knife-Ergebnisse haben. Es wird empfohlen die Auswahl einer Methode neben der Berücksichtigung der Jack-Knife-Ergebnisse auch auf hydrologische Überlegungen über die räumliche Variabilität von Hochwasserabflüssen in Sachsen (Kapitel 7) zu stützen.

# 7 Flächendeckende Berechnung von Hochwasserabflüssen

In den folgenden Abbildungen sind die 100-jährlichen Hochwasserspenden und die dazugehörigen Jack-Knife-Ergebnisse ermittelt nach Top-Kriging (Tabelle 2, Methode 1, Abbildung 47 und Abbildung 48), Kombination von Georegression und Top-Kriging (Methode 2, Abbildung 49 und Abbildung 50), Index-Flood-Methode (Methode 3, Abbildung 51 und Abbildung 52), Index-Flood-Methode mit saisonalen Parametern (Methode 4, Abbildung 53 und Abbildung 54), Kombination von Top-Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 5, Abbildung 55 und Abbildung 56), und Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode (Methode 6, Abbildung 57 und Abbildung 58) dargestellt. Die 10-jährlichen Hochwasserspenden sind in Abbildung 59 bis Abbildung 70 dargestellt. Grundsätzlich ergeben alle Verfahren ähnliche Muster mit hohen Abflussspenden im Süden und kleinere Spenden im Norden. Die Ergebnisse der Index-Flood-Methode (Methode 3 und 4) zeigen eine Abstufung der Abflussspenden mit in tendenziell in Ost-West Richtung verlaufenden Streifen, während die geostatistischen Verfahren (Methode 1 und 2) auch Muster mit Nord-Süd Ausrichtung ergeben. Beide Muster spiegeln unterschiedliche hydrologische Prozesse wider. Die in Ost-West Richtung verlaufenden Streifen stimmen gut mit der räumlichen Verteilung des Niederschlages (siehe z. B. Abbildung 25) und der Geologie bzw. den Bodeneigenschaften (siehe z. B. Abbildung 23) überein. Die Topografie und somit die Hauptflüsse verlaufen jedoch hauptsächlich in einer Nord-Süd Richtung. Muster ähnlicher Hochwassereigenschaften mit in Ost-West Richtung verlaufenden Streifen sind somit mit dem Niederschlag und der Geologie im Einklang, während die Nord-Süd Muster auf Grund der Ähnlichkeit von Hochwassereigenschaften entlang von Flüssen entstehen.

Die Kombination von Georegression zur Ermittlung des Lageparameters mit anschließendem Top-Kriging der Residuen und der Index-Flood-Methode zur Ermittlung des Krümmungs- und Anstiegsparameter (Methode 6, Abbildung 57) zeigt sowohl die in Ost-West Richtung verlaufenden Klassen und einzelne in Nord-Süd Richtung verlaufenden Muster entlang einzelner Flüsse. Das erhaltene Muster ist somit plausibel mit der Überlagerung verschiedener hydrologischer Einflussfaktoren zu erklären.

Die angewandte Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode verbindet die Vorteile der drei Verfahren. Bei der Übertragung von Hochwasserkenngößen von beobachteten zu unbeobachteten Gebieten gibt es zwei Arten von Unsicherheiten. Erstens entsteht bei der Übertragung von Hochwasserinformationen von beobachteten zu unbeobachteten Gebieten ein Fehler. Auf Grund der Komplexität, der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität von Hochwasserprozessen und der Vielzahl der Einflussfaktoren der Hochwasserentstehung ist es nicht zu erwarten, dass das Hochwasserverhalten eines Gebiets vollständig und fehlerfrei durch Übertragung von Hochwasserkenngößen benachbarter Gebiete ermittelt werden kann. Zweitens kann aus einer beschränkten Stichprobe, hier das beobachtete Hochwasserkollektiv, nicht ohne Unsicherheit auf die Grundgesamtheit, hier das Hochwasserverhalten eines Gebietes, geschlossen werden. Gerade die höheren Momente einer Verteilungsfunktion sind auf Grund der Extrapolation aus kurzen Beobachtungsreihen sehr unsicher. Eine Regionalisierungsmethode sollte beide Unsicherheitsarten berücksichtigen, d. h. den Fehler auf Grund der räumlichen Übertragung, als auch den Fehler auf Grund der Extrapolation kurzer Beobachtungsreihen (Stichprobeneffekt). Eine gute Regionalisierungsmethode sollte daher wenig sensitiv auf den Stichprobeneffekt sein und gleichzeitig jene Einflussfaktoren erfassen, die die räumliche Verteilung von Hochwasserkenngößen innerhalb einer Region bestimmen.

Grundidee der Index-Flood-Methode ist es, für die Ermittlung der höheren Momente die Beobachtungsdaten innerhalb einer Region zusammenzufassen und gemittelte Werte zu bestimmen. Hierdurch wird der Einfluss des Stichprobeneffektes verringert. In der traditionellen Anwendung der Index-Flood-Methode wird das mittlere Hochwasser, was dem Lageparameter der AEV entspricht, durch einfache Regressionsbeziehungen mit Einzugsgebietskenngößen ermittelt. Im Kombinationsverfahren (Methode 6) hingegen werden zur Ermittlung des Lageparameters neben einer Regression mit dem Jahresniederschlag die Residuen mittels Top-Kriging räumlich interpoliert. Somit wird bei der Übertragung von Hochwasserkenngößen auch die Ähnlichkeit von Hochwasserabflüssen entlang der Gewässernetzstruktur berücksichtigt. Dies führt zu einer besseren räumlichen Übertragung des Lageparameters. Eine Verbesserung der Regionalisierungsergebnisse durch Verwendung der Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode ist also auf Grund der Annahmen der Methode in Bezug zu den hydrologischen Prozessen und der Datenlage zu erwarten. Dies spiegelt sich auch im Jack-Knife Vergleich wider (Abbildung 44). Hier wurden für Methode 6 die kleinsten Fehler ermittelt.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wird somit die Kombination von Georegression zur Ermittlung des Lageparameters mit anschließendem Top-Kriging der Residuen und der Index-Flood-Methode zur Ermittlung des Krümmungs- und Anstiegsparameters (Methode 6) als Vorzugsverfahren zur flächendeckenden Ermittlung von Hochwasserspenden in Sachsen empfohlen.

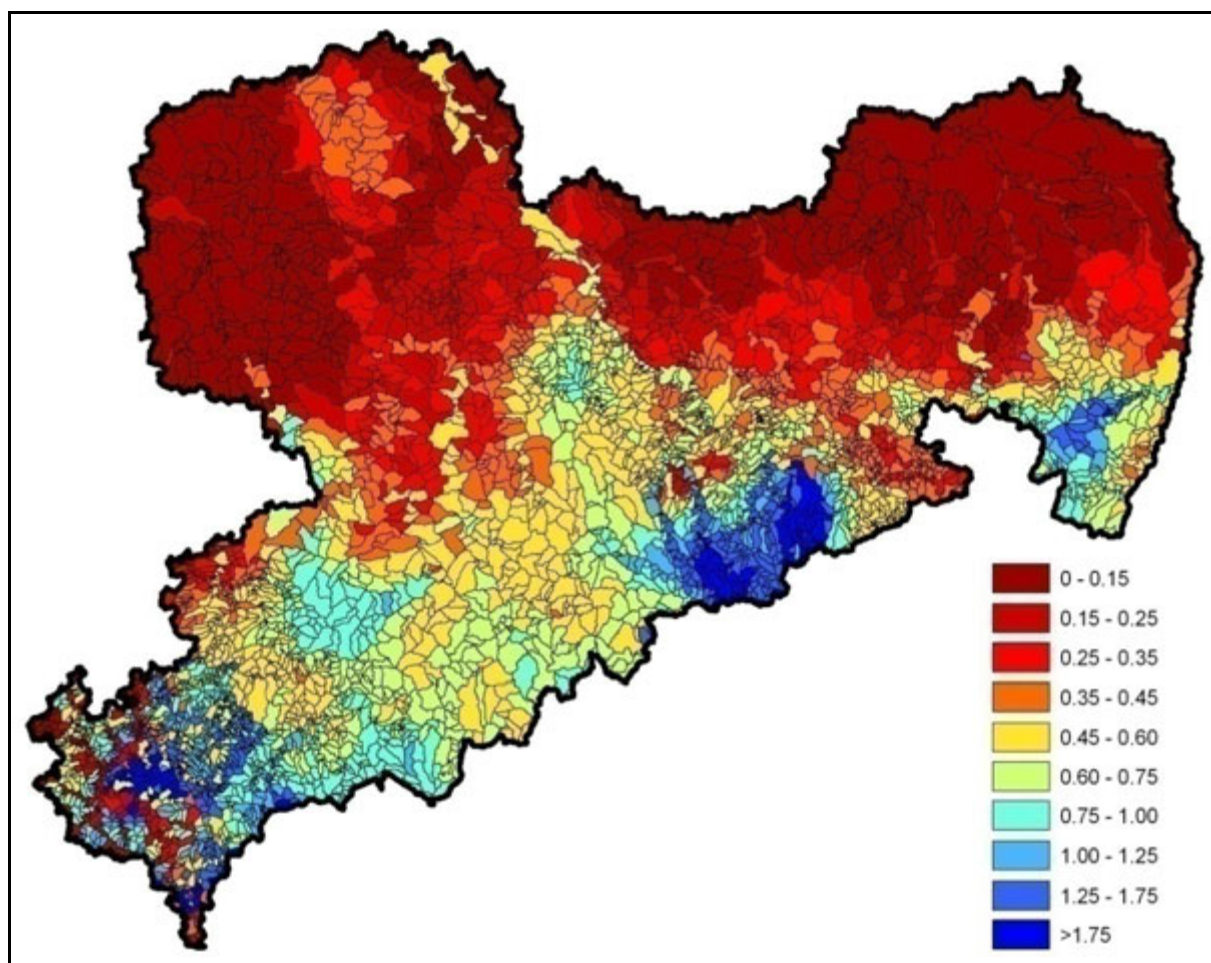


Abbildung 47:  $Hq_{100}$  [ $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ] ermittelt mit Top-Kriging - Methode 1

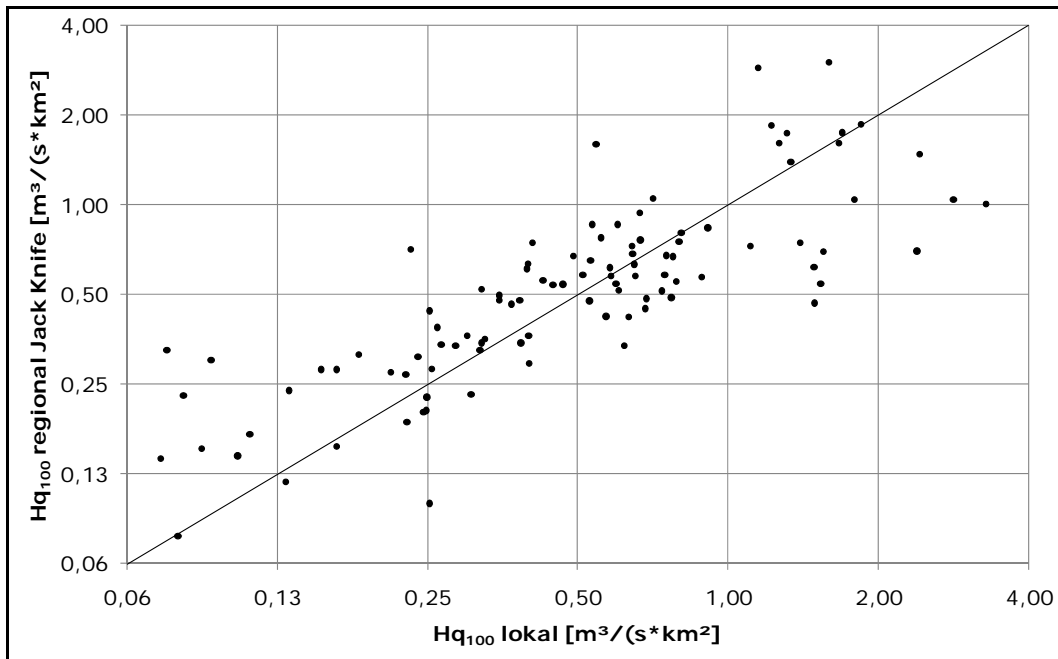


Abbildung 48: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflusspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{100}$  bei Methode 1

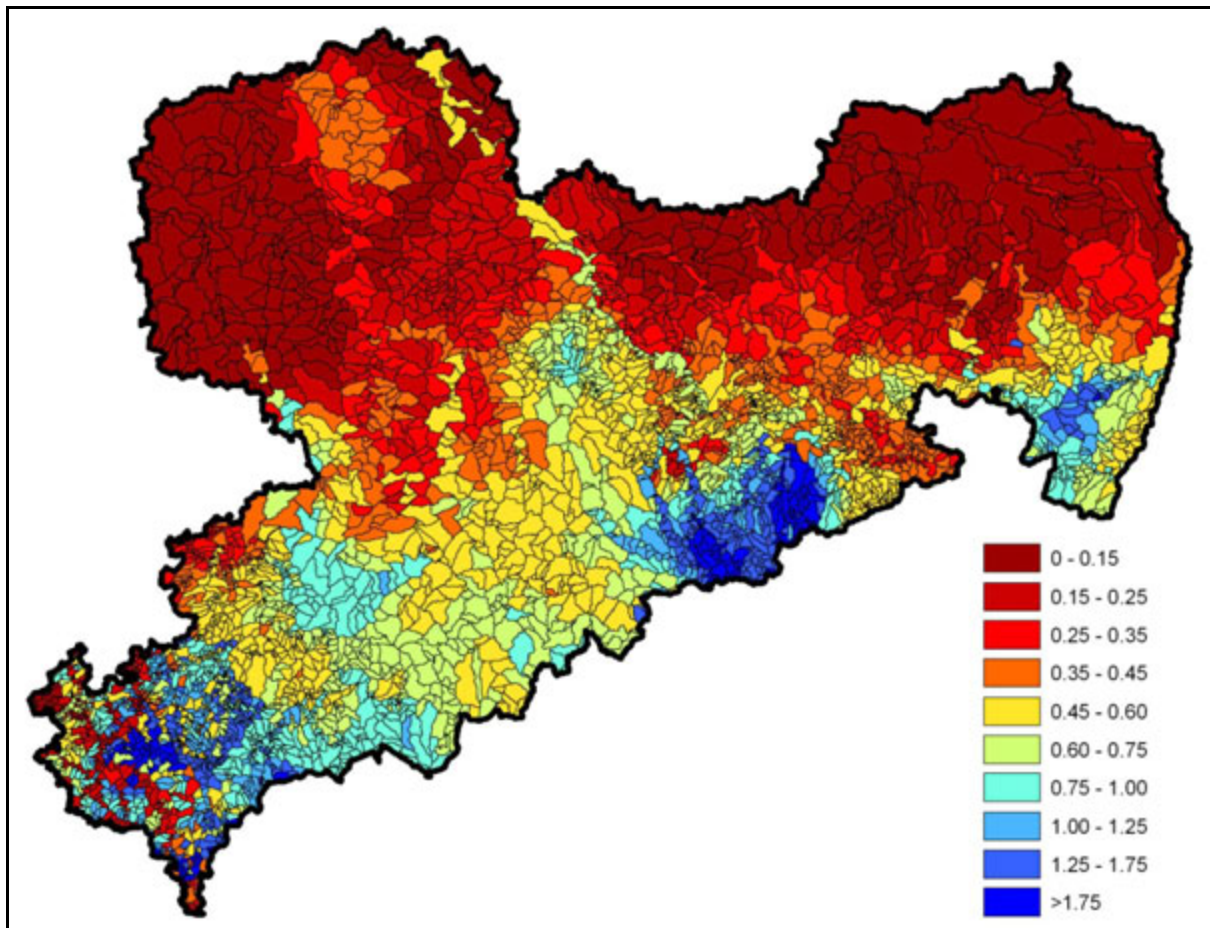


Abbildung 49:  $Hq_{100}$  [ $m^3/(s*km^2)$ ] ermittelt mit Georegression und Top-Kriging - Methode 2



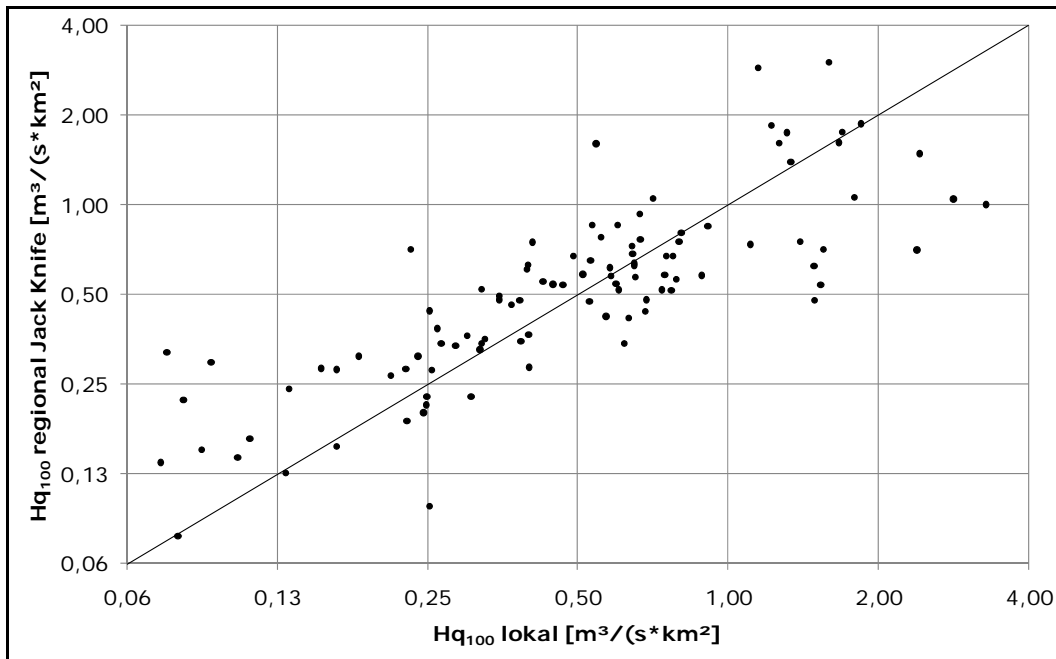


Abbildung 50: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflusssspenden (Jack-Knife) für das  $H_{q100}$  bei Methode 2

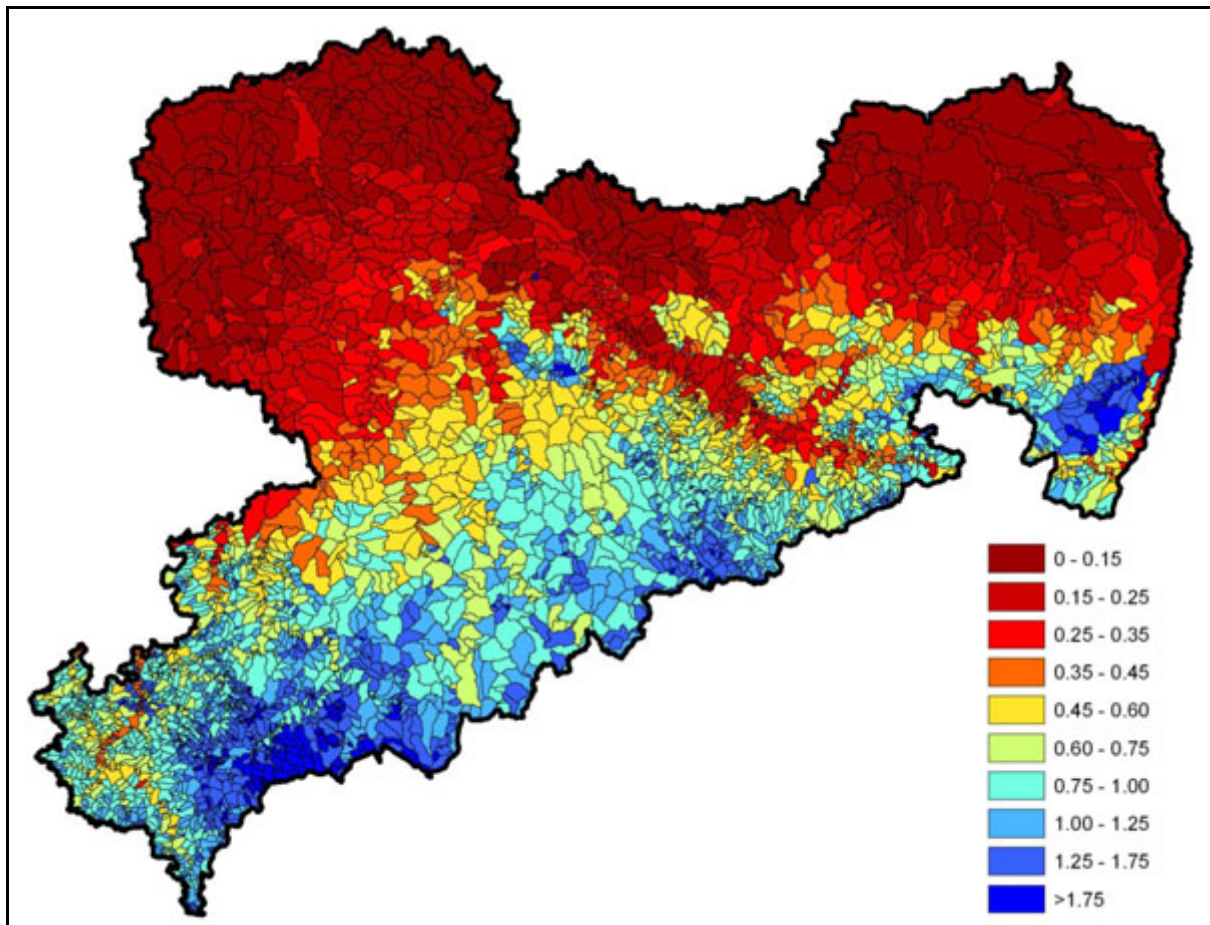


Abbildung 51:  $H_{q100}$  [ $m^3/(s*km^2)$ ] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus HQ Reihe), - Methode 3



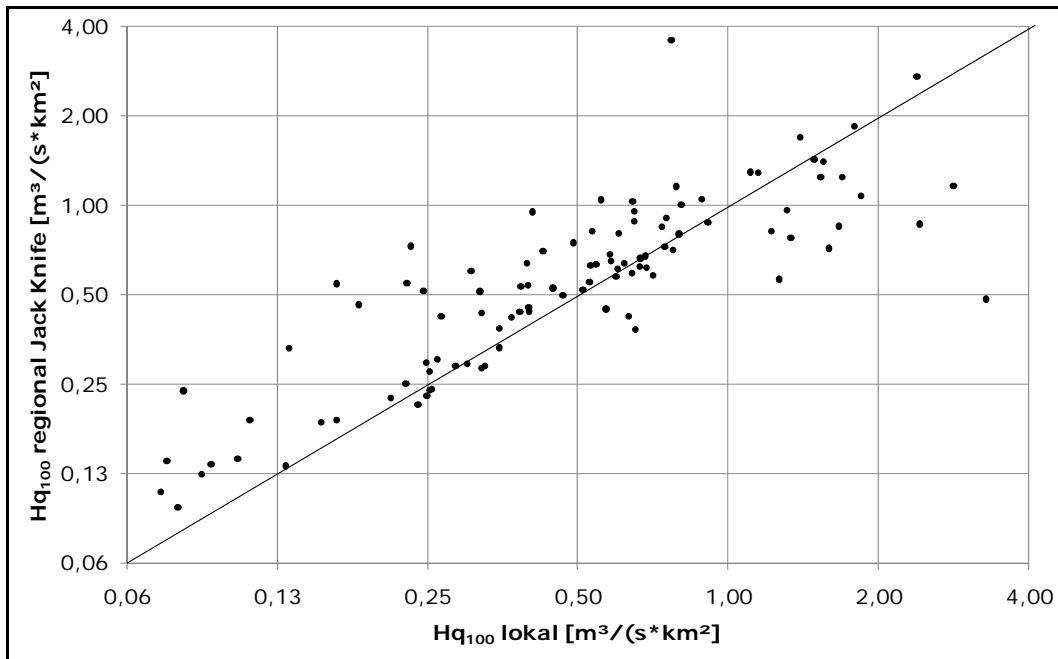


Abbildung 52: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflusssspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{100}$  bei Methode 3

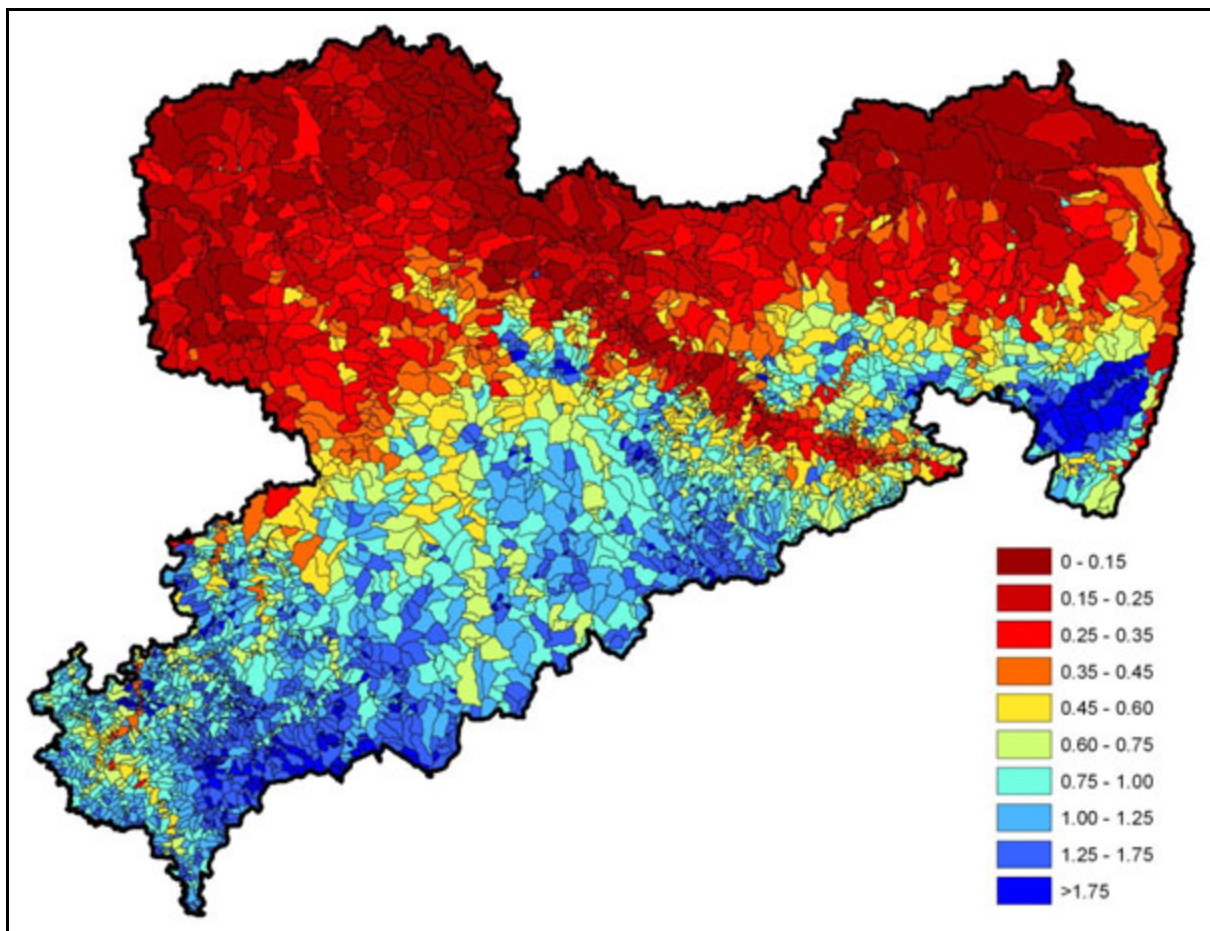


Abbildung 53:  $Hq_{100}$  [ $m^3/(s \cdot km^2)$ ] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus saisonaler HQ-Statistik), - Methode 4

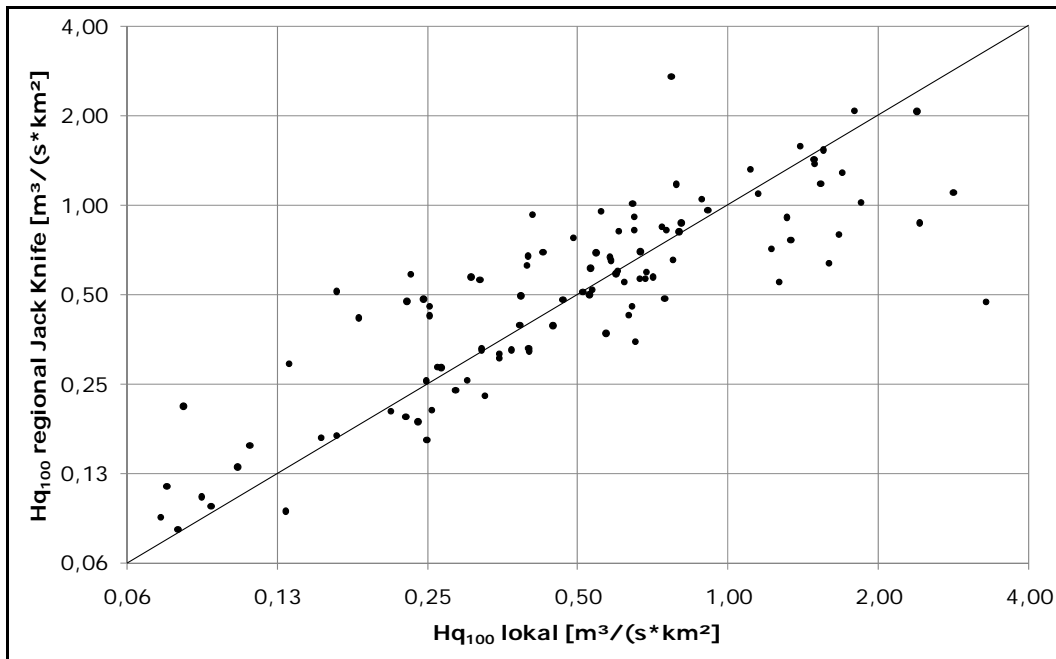


Abbildung 54: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $H_{q100}$  bei Methode 4

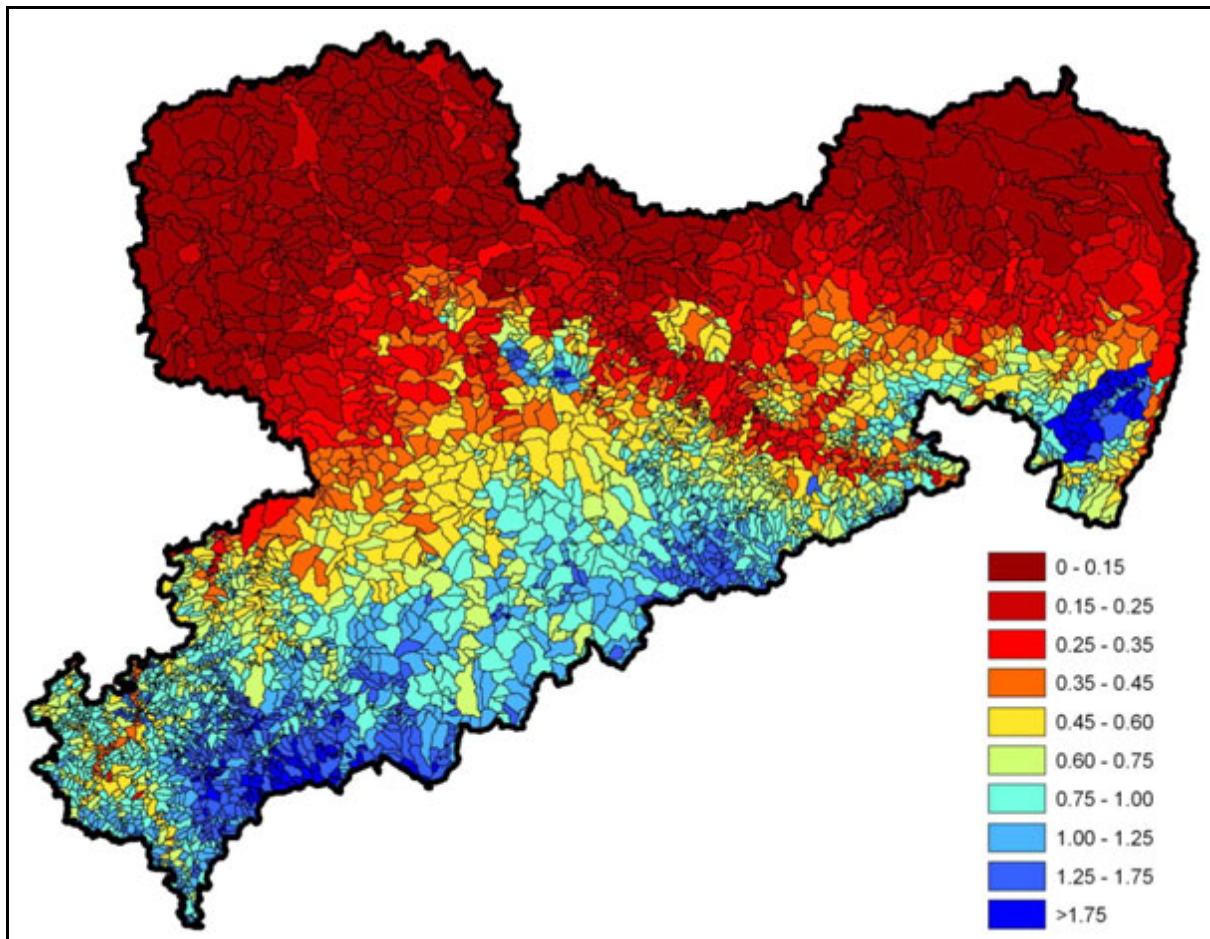


Abbildung 55:  $H_{q100}$  [ $m^3/(s*km^2)$ ] ermittelt mit MHQ aus Top-Kriging, und Index-Flood-Methode - Methode 5

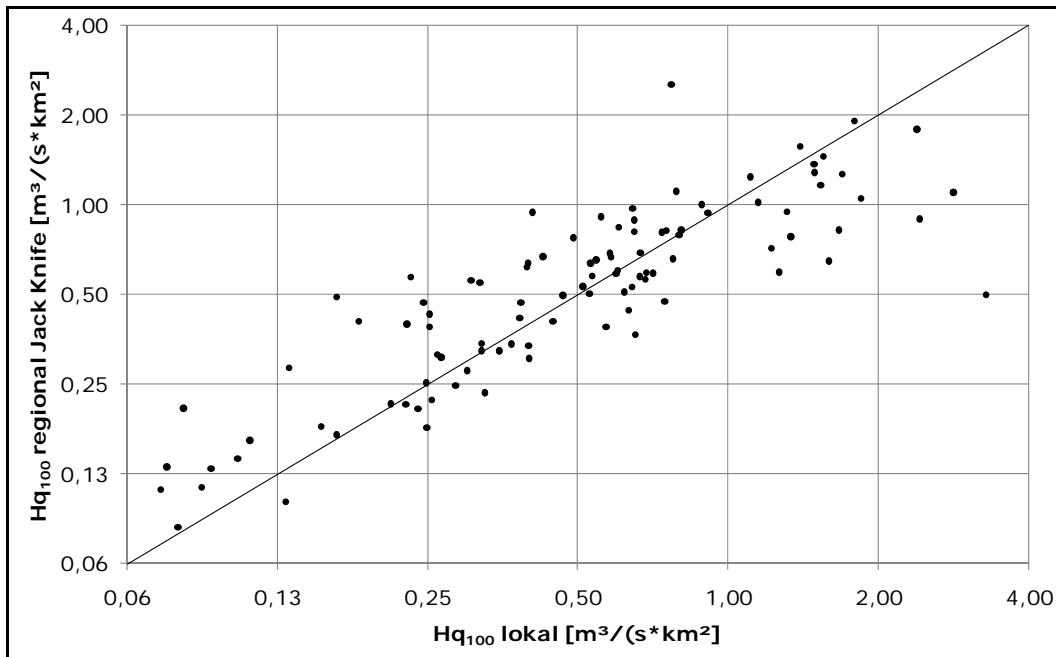


Abbildung 56: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{100}$  bei Methode 5

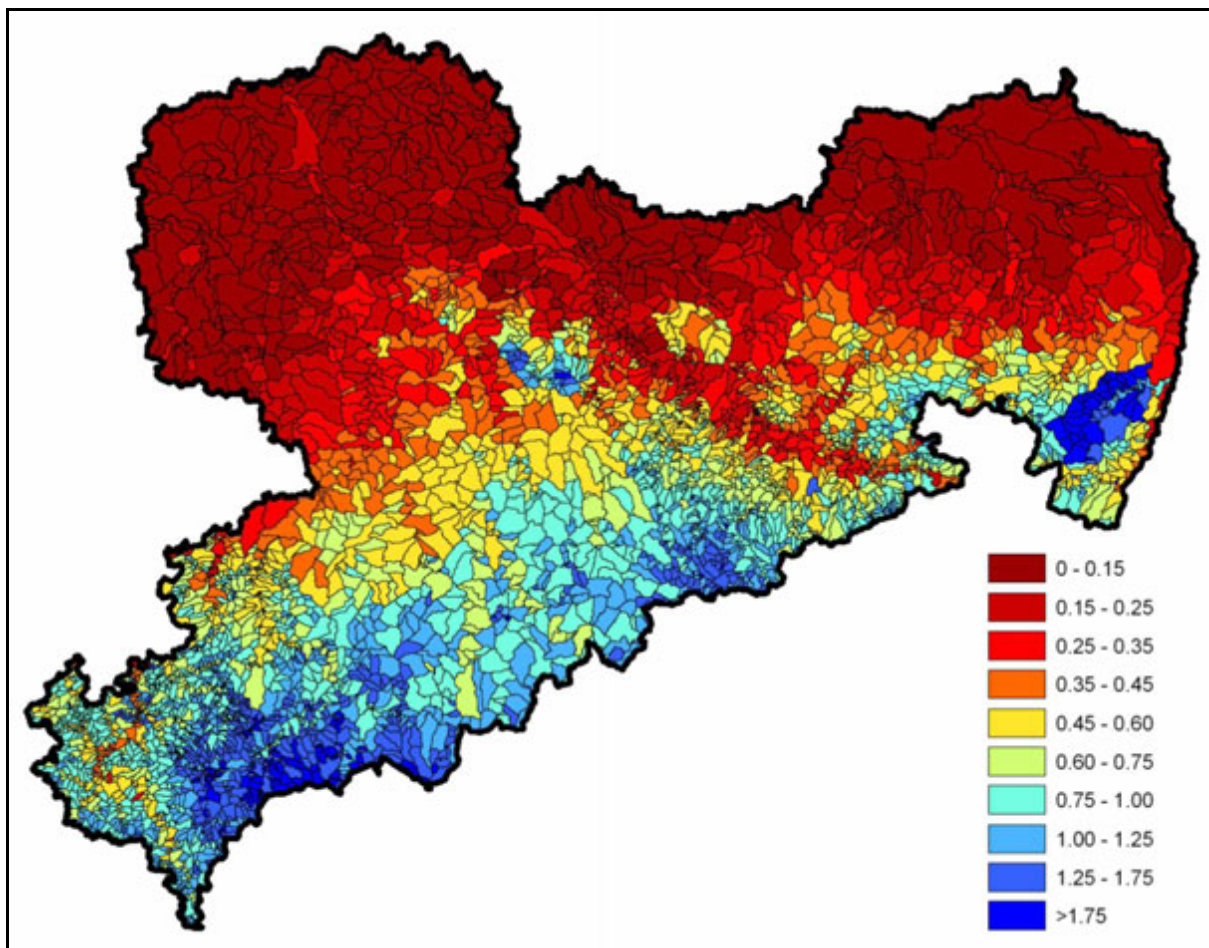


Abbildung 57:  $Hq_{100}$  [ $m^3/(s*km^2)$ ] ermittelt anhand Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - Methode 6



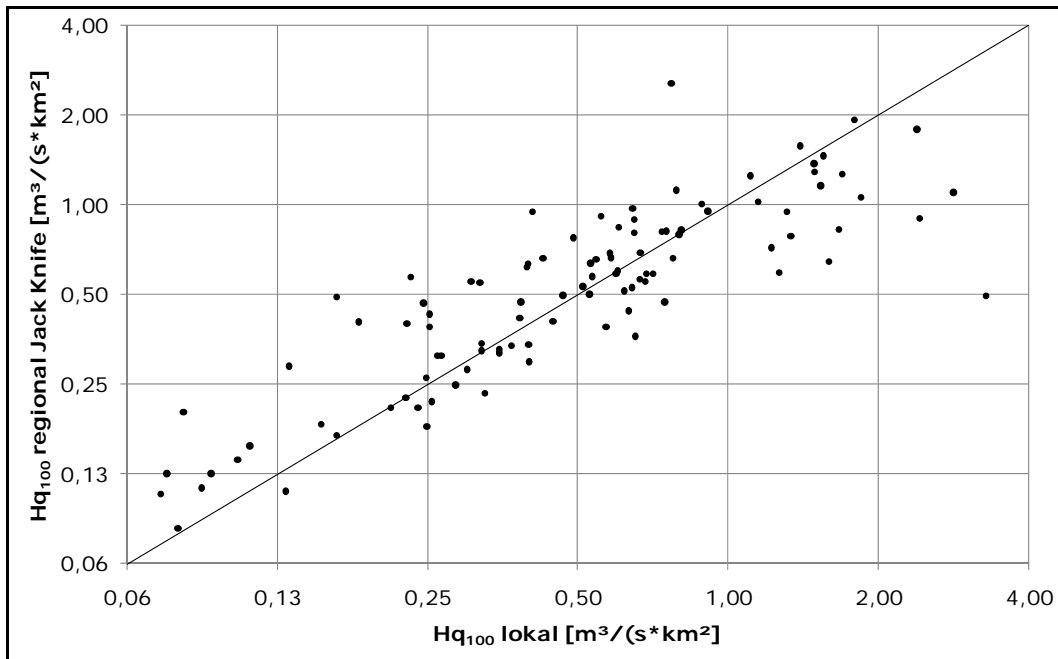


Abbildung 58: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq<sub>100</sub> bei Methode 6

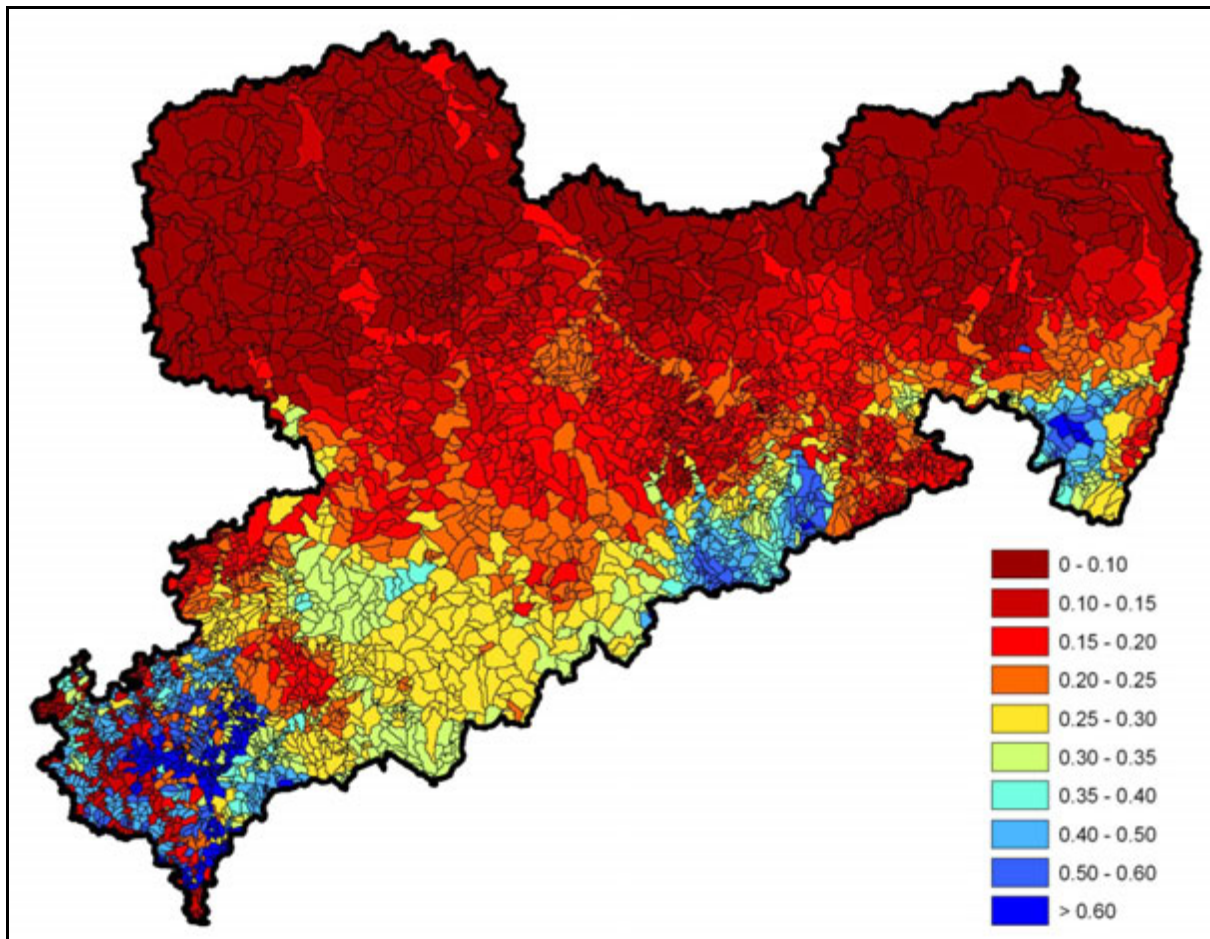


Abbildung 59: Hq<sub>10</sub> [m<sup>3</sup>/(s\*km<sup>2</sup>)] ermittelt mit Top-Kriging – Methode 1

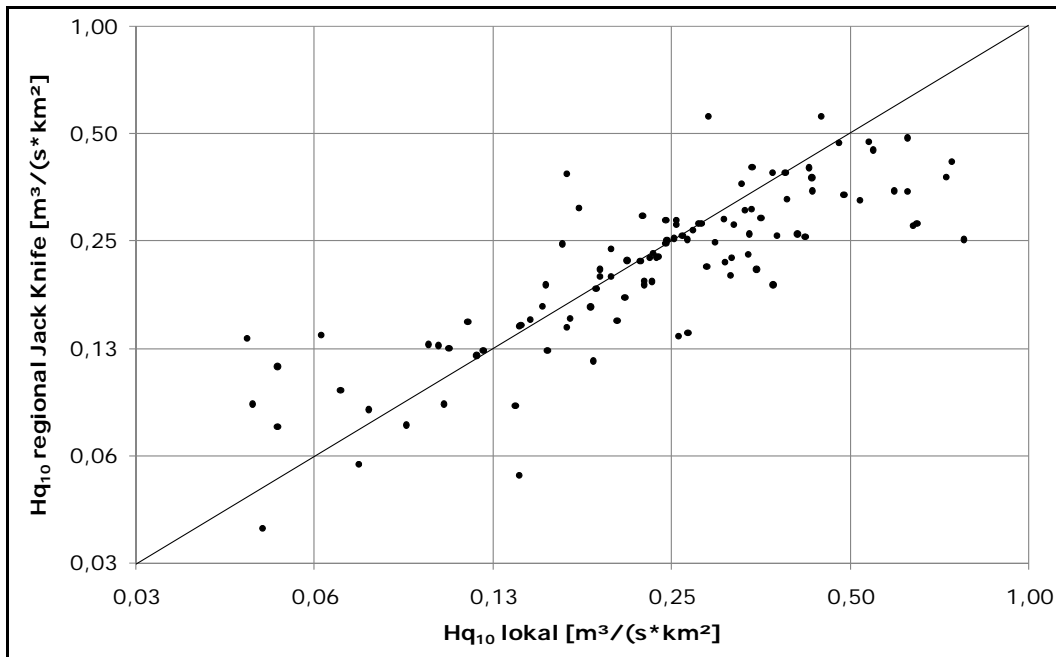


Abbildung 60: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq<sub>10</sub> bei Methode 1

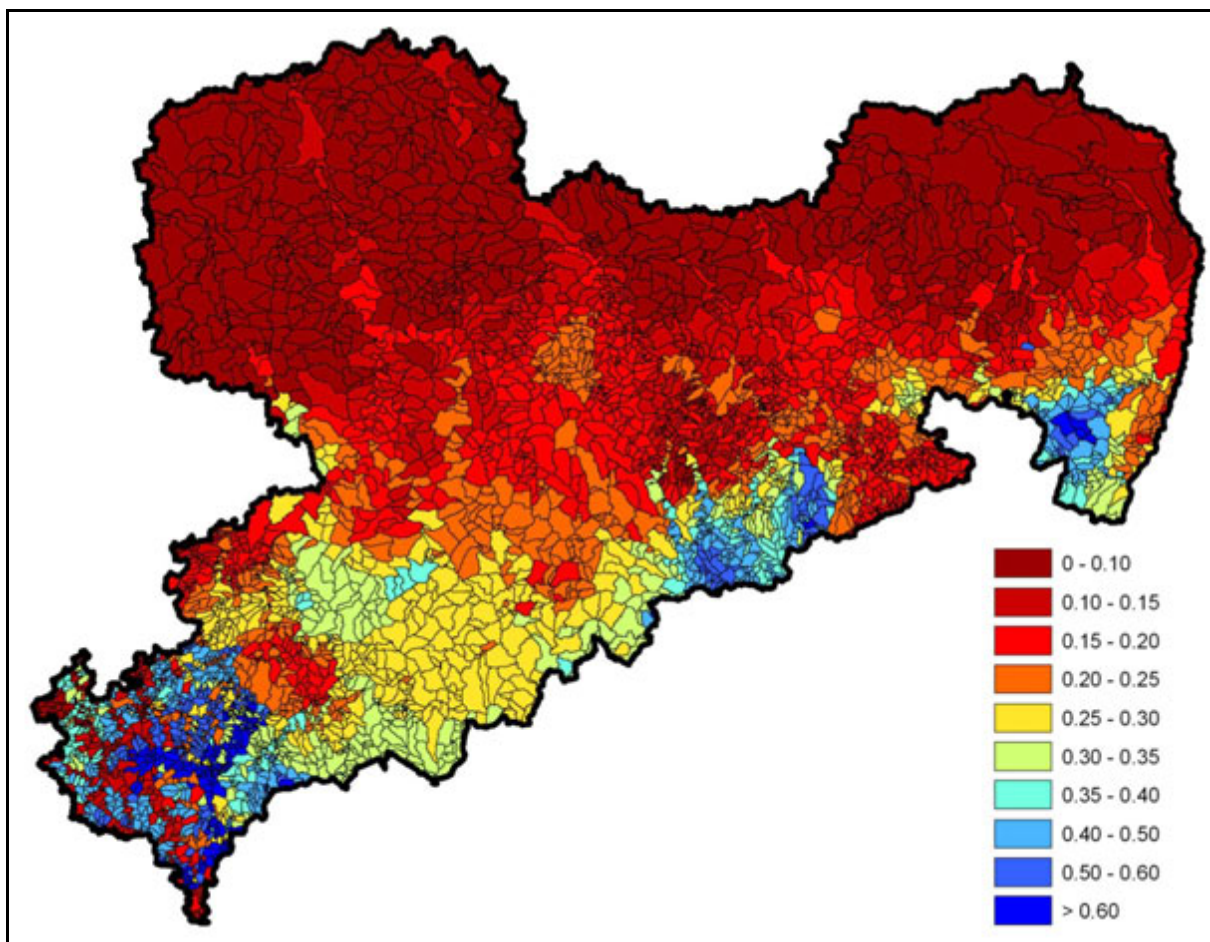


Abbildung 61: Hq<sub>10</sub> [m³/(s\*km²)] ermittelt mit Georegression und Top-Kriging - Methode 2

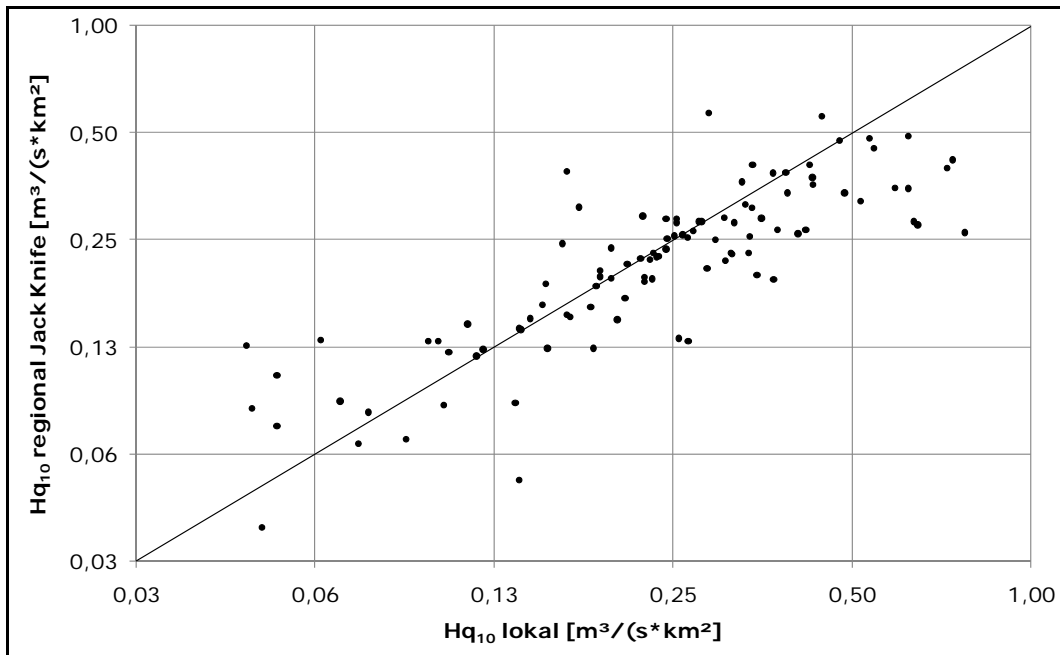


Abbildung 62: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq<sub>10</sub> bei Methode 2

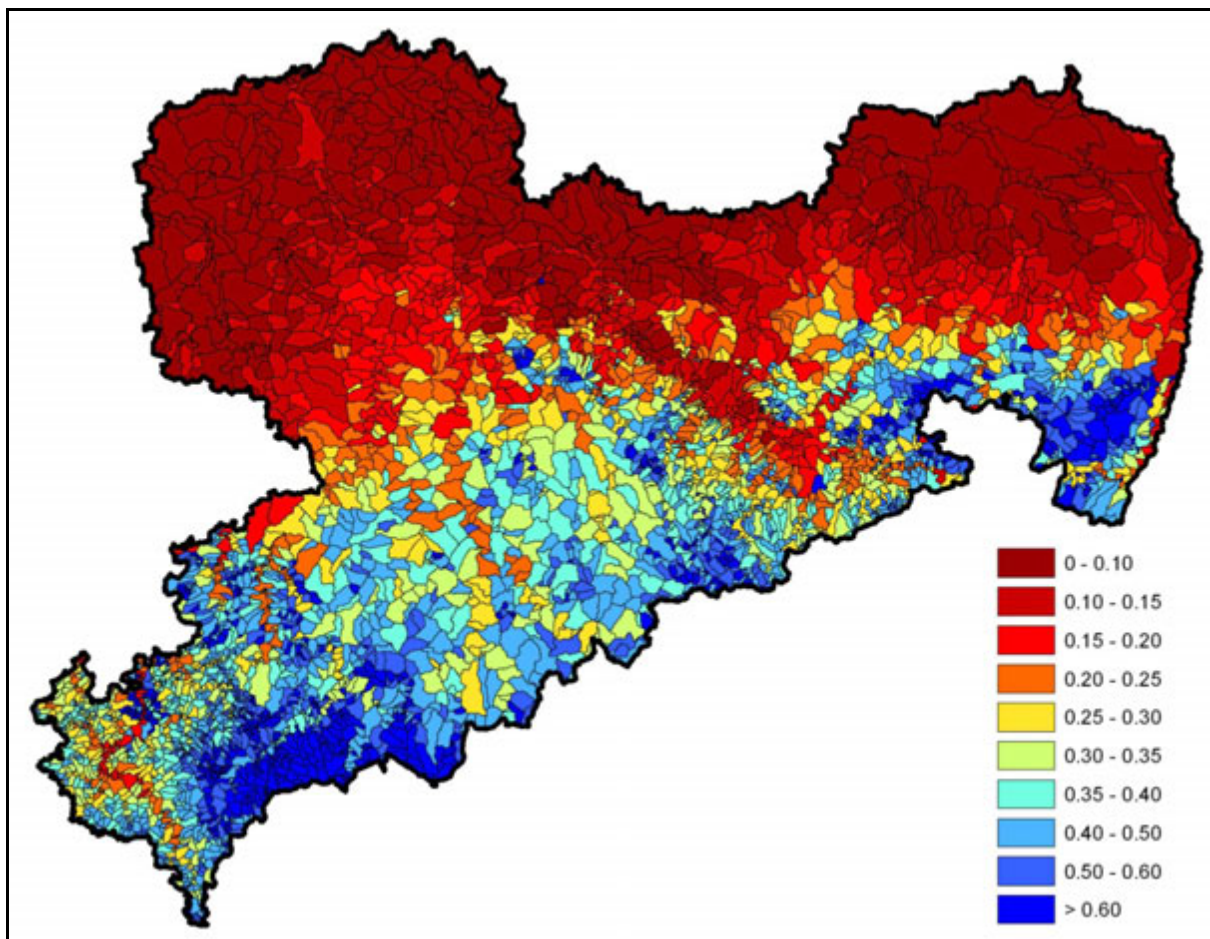


Abbildung 63: Hq<sub>10</sub> [m³/(s\*km²)] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus HQ Reihe) – Methode 3



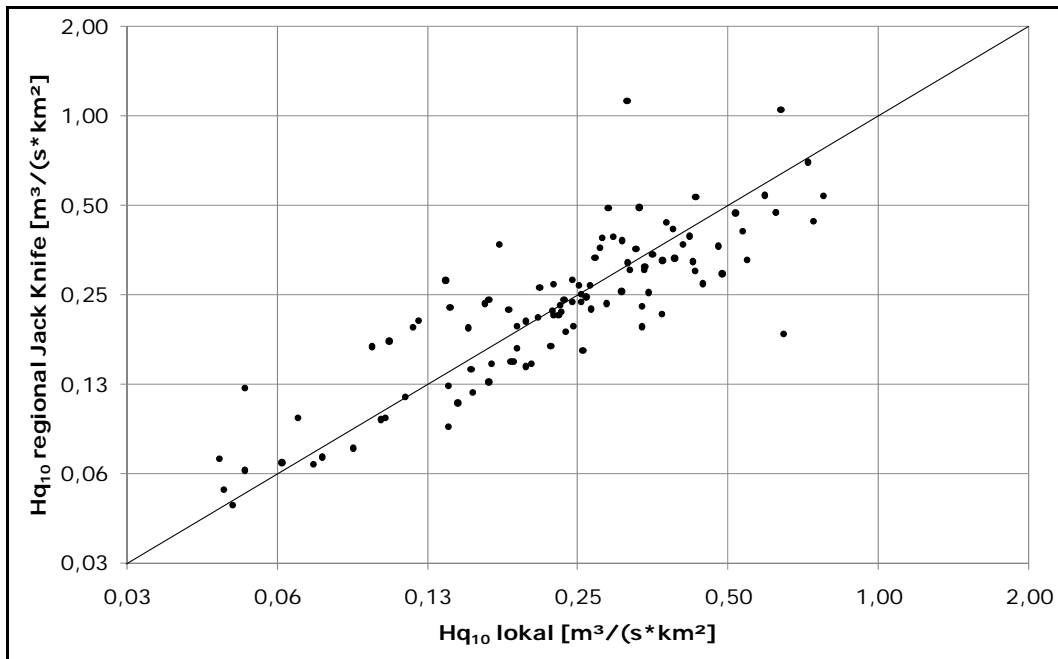


Abbildung 64: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{10}$  bei Methode 3

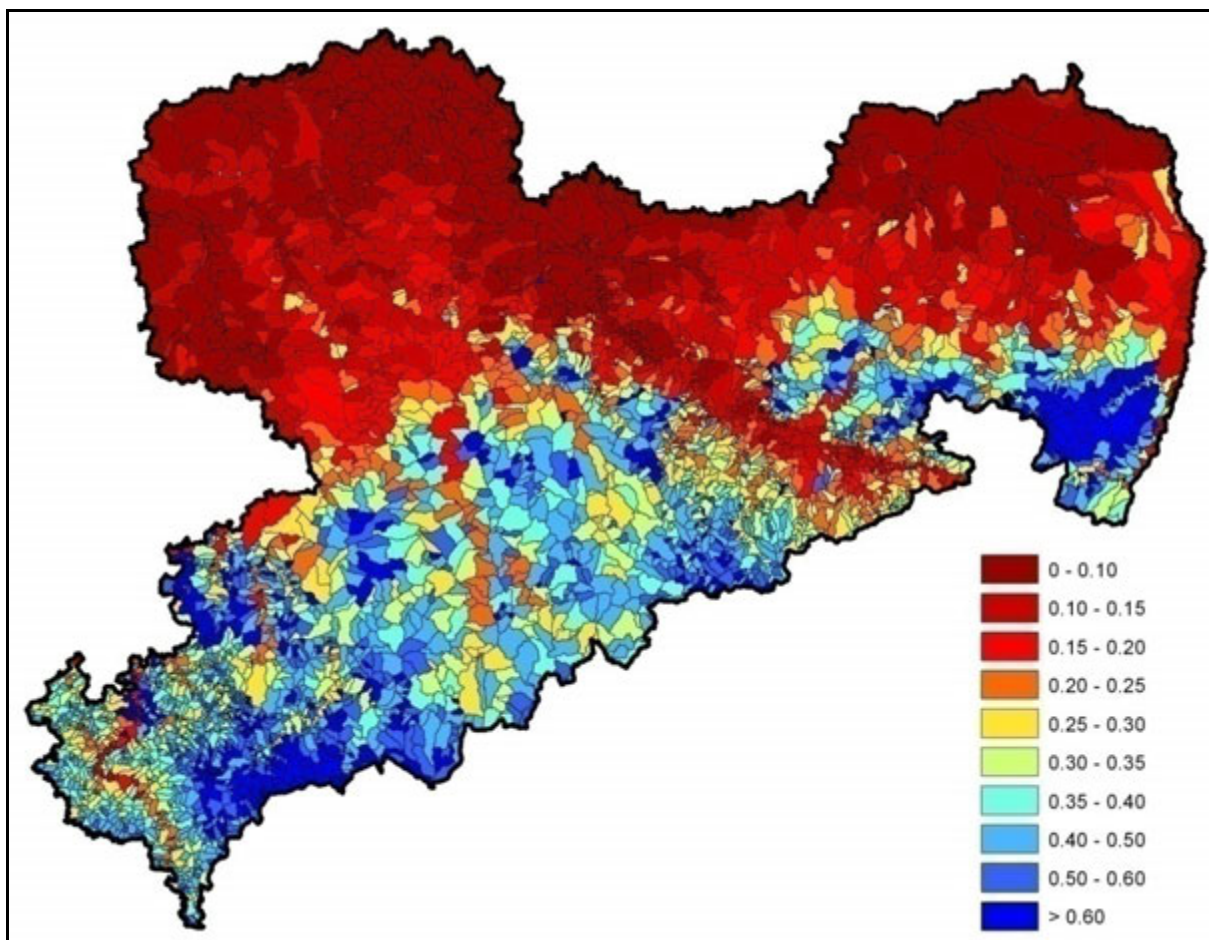


Abbildung 65:  $Hq_{10}$  [m³/(s\*km²)] ermittelt mit Index-Flood-Methode (AEV Parameter aus saisonaler HQ-Statistik) – Methode 4

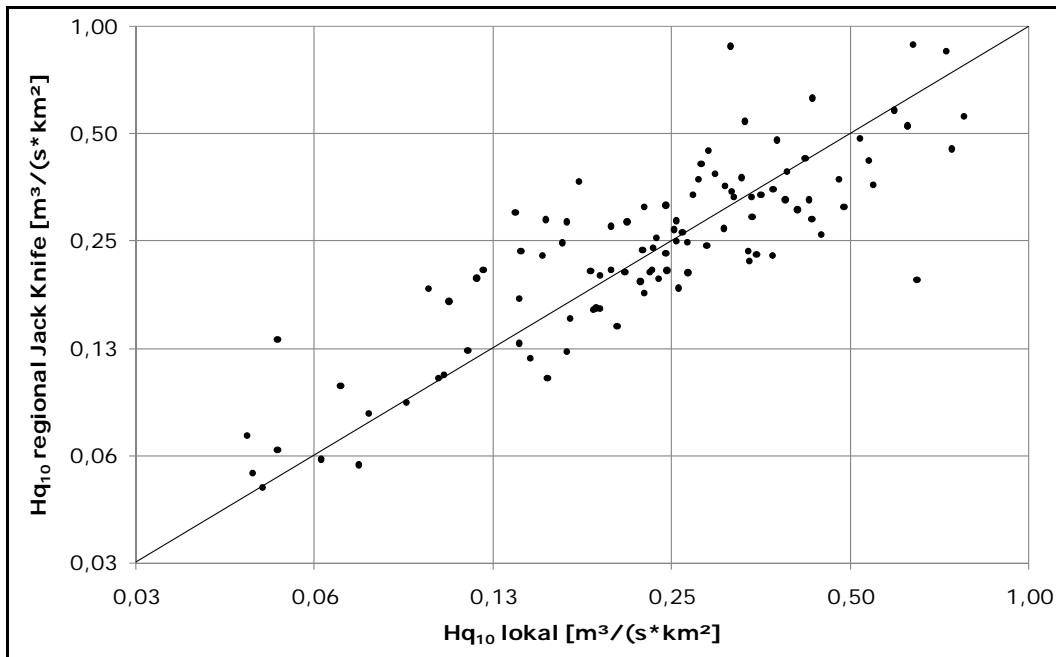


Abbildung 66: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $H_{q10}$  bei Methode 4

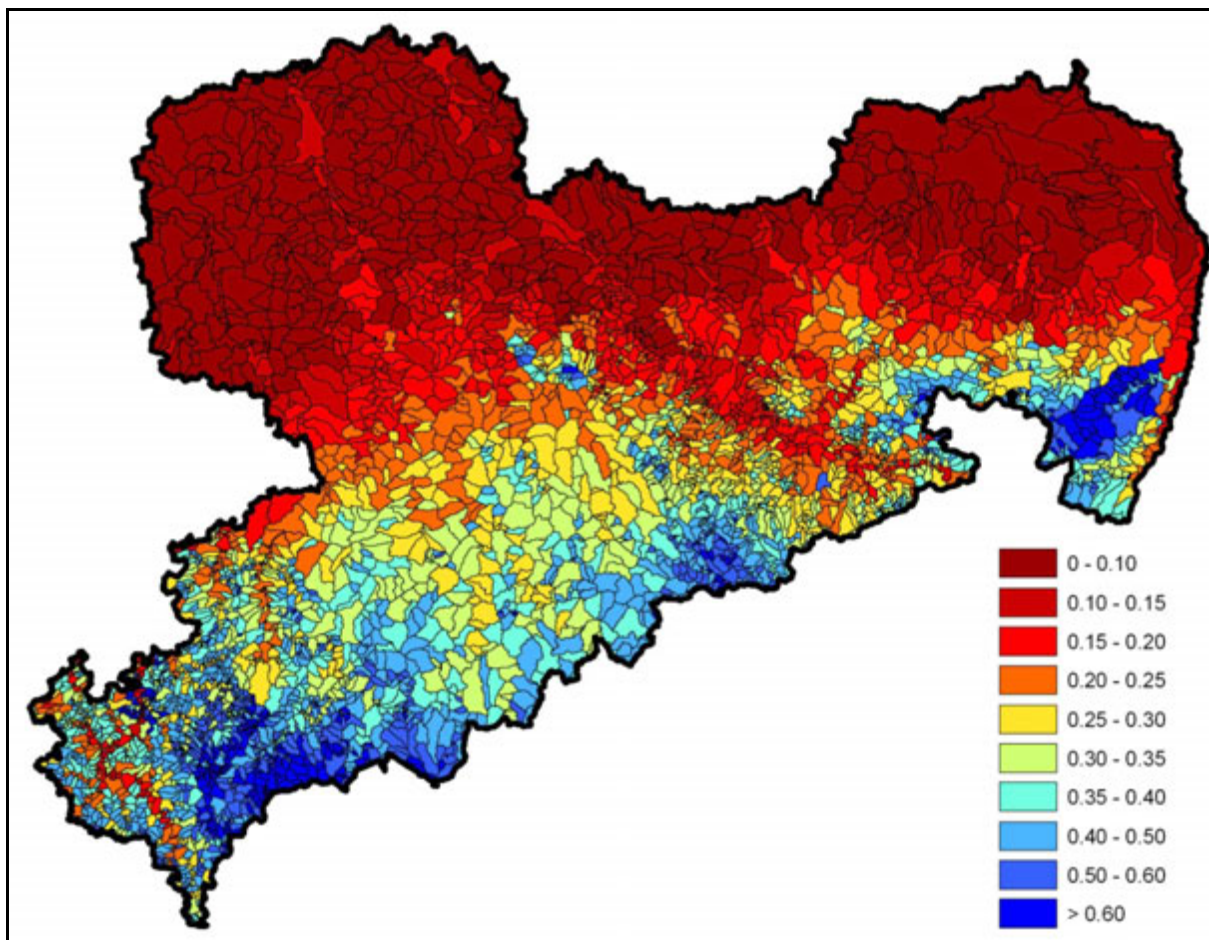


Abbildung 67:  $H_{q10}$  [m³/(s\*km²)] ermittelt mit MHQ aus Top-Kriging- und Index-Flood-Methode – Methode 5



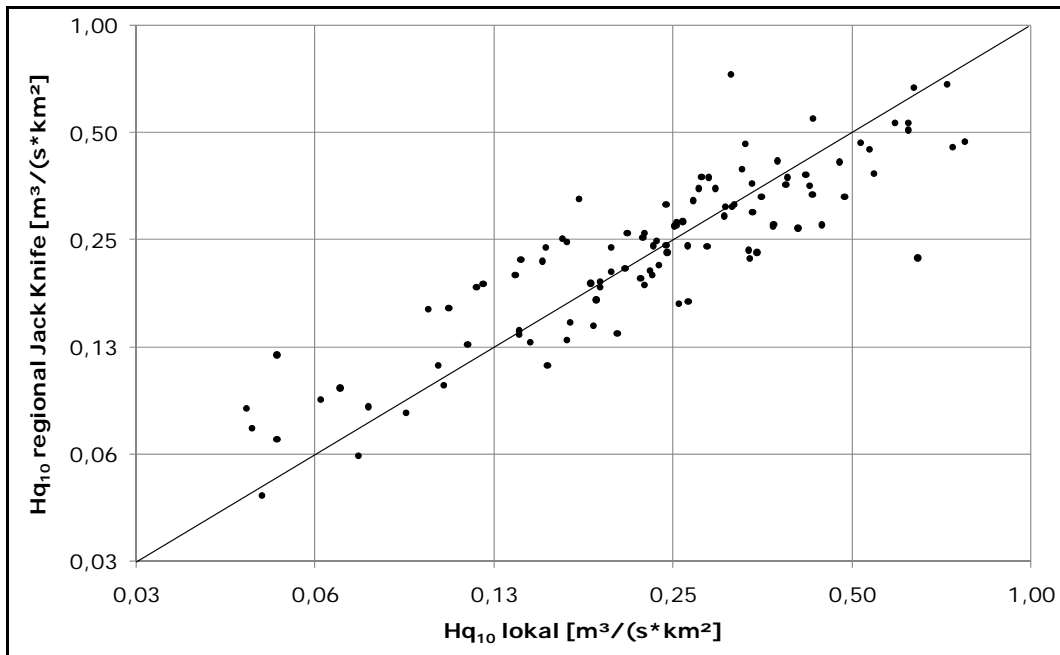


Abbildung 68: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{10}$  bei Methode 5

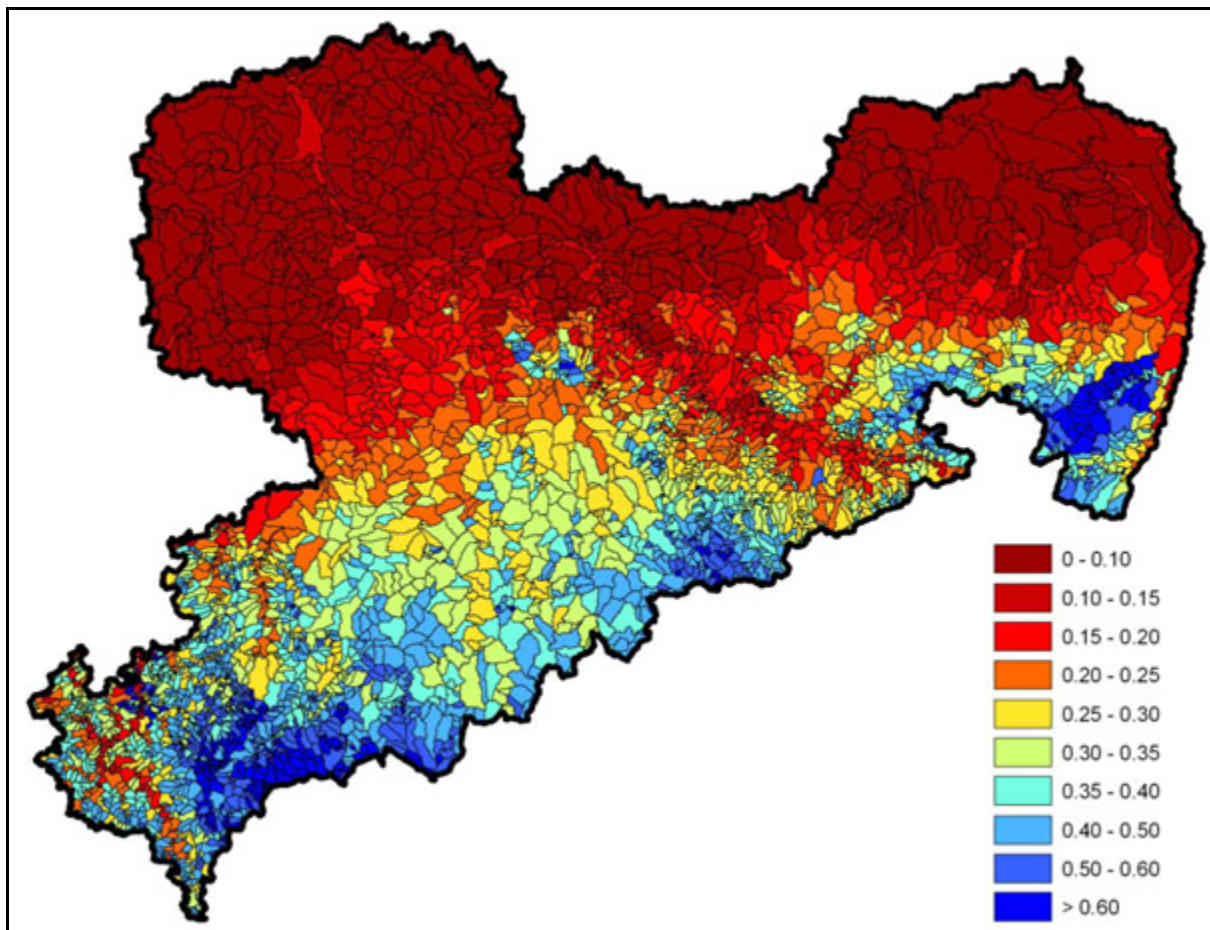


Abbildung 69:  $Hq_{10}$  [ $m^3/(s*km^2)$ ] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - Methode 6

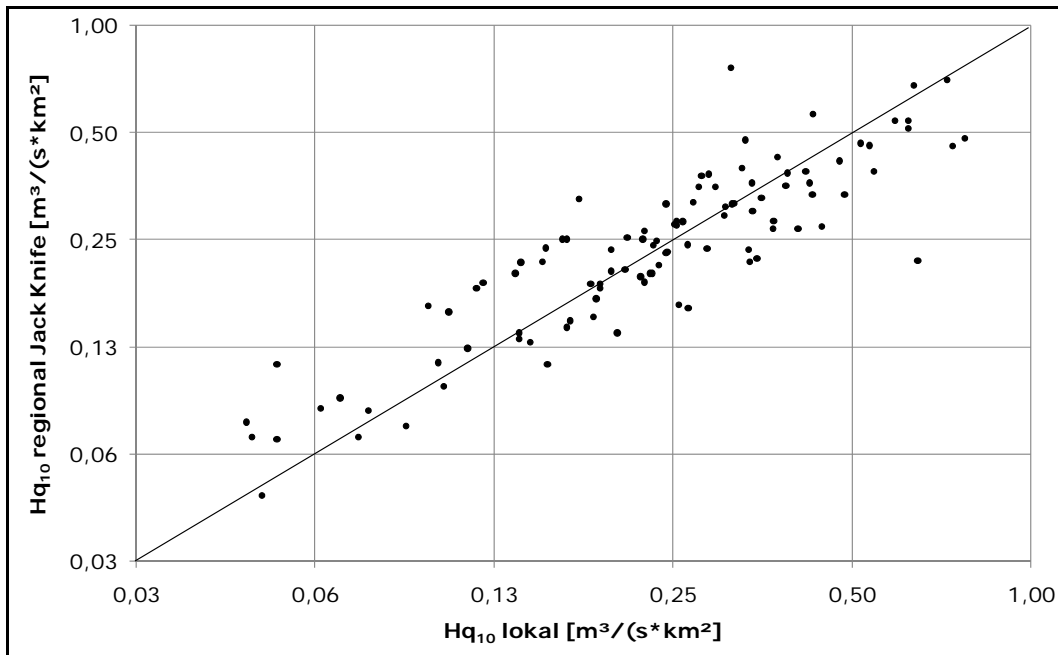


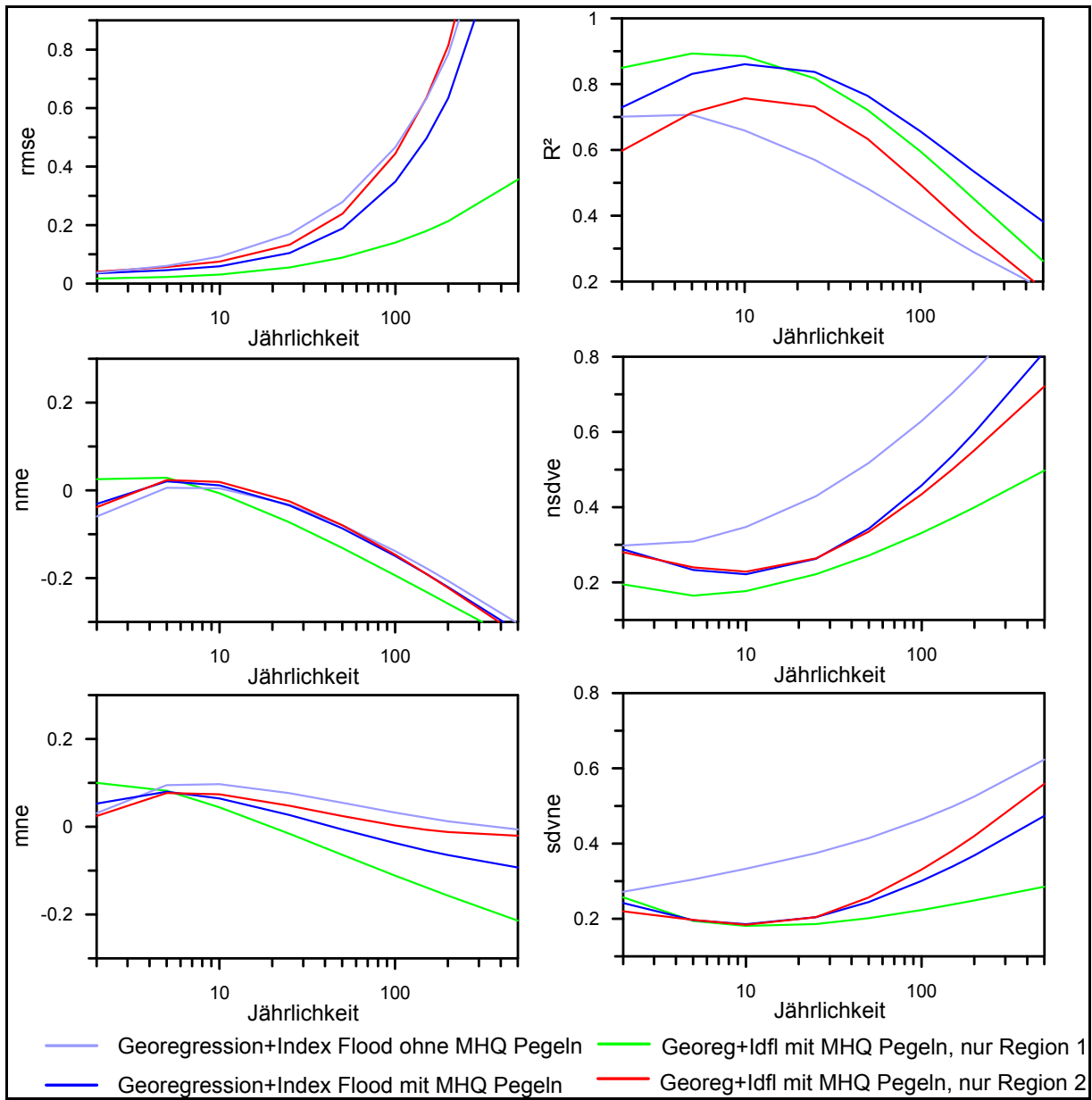
Abbildung 70: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das Hq<sub>10</sub> bei Methode 6

## 8 Geostatistische Regionalisierung (Methode 6) unter Verwendung von MHQ-Pegeln

Neben den 113 für die Regionalisierung aufbereiteten Basispegeln wurden für 66 Pegel der mittlere Hochwasserabfluss MHQ (MHQ-Pegel) ermittelt (Kap. 3 und Anlage 3).

Um diese zusätzliche Information in die flächendeckende Bestimmung von Hochwasserspende in Sachsen einfließen zu lassen, wurde für das Vorzugsverfahren (Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode, Methode 6) bei der Ermittlung des Lageparameters der AEV zusätzlich die 66 MHQ-Pegel berücksichtigt. Hierzu wurde für jeden MHQ-Pegel unter der Verwendung der regionalen, durch die Index-Flood-Methode ermittelten Krümmungs- und Anstiegsparameter die Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve ermittelt. Aus dieser Hochwasserwahrscheinlichkeitskurve wurde dann der Lageparameter zurückgerechnet. Somit konnten neben den 113 Basispegeln zusätzlich 66 Pegel als Stützstellen für die Regionalisierung verwendet werden. Analog zu Kap. 6 wurde eine Regressionsbeziehung zwischen Lageparameter der AEV und Jahresniederschlag aufgestellt und anschließend die Residuen räumlich mit Hilfe des Top-Kriging-Verfahrens interpoliert.

Die Ergebnisse des Jack-Knife-Vergleichs des Vorzugsverfahrens (Methode 6) mit und ohne Berücksichtigung der zusätzlichen 66 MHQ-Pegel sind in Abbildung 71 dargestellt. Abbildung 71 zeigt eine deutliche Verbesserung der Regionalisierungsergebnisse der Vorzugsmethode durch Verwendung der MHQ-Pegel (dunkelblaue Linie) im Vergleich zur Vorzugsmethode ohne Verwendung der MHQ-Pegel (hellblaue Linie). So beträgt z. B. das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  für eine Jährlichkeit von 10 Jahren mit Verwendung der MHQ-Pegel ungefähr 0,85, während es ohne die Verwendung der MHQ-Pegel auf ca. 0,65 fällt. Ebenso werden die systematischen und zufälligen Fehler durch Berücksichtigung der MHQ-Pegel kleiner. In Abbildung 72 und Abbildung 74 sind die 100-jährlichen und 10-jährlichen Abflussspenden des Vorzugsverfahrens (Methode 6) unter Berücksichtigung der 66 MHQ-Pegel dargestellt.



**Abbildung 71: Vergleich von regionalisierten und lokal geschätzten Hochwasserspendsen mittels der Kombination von Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Verfahren (Methode 6), mit und ohne Verwendung der zusätzlichen MHQ-Pegel**

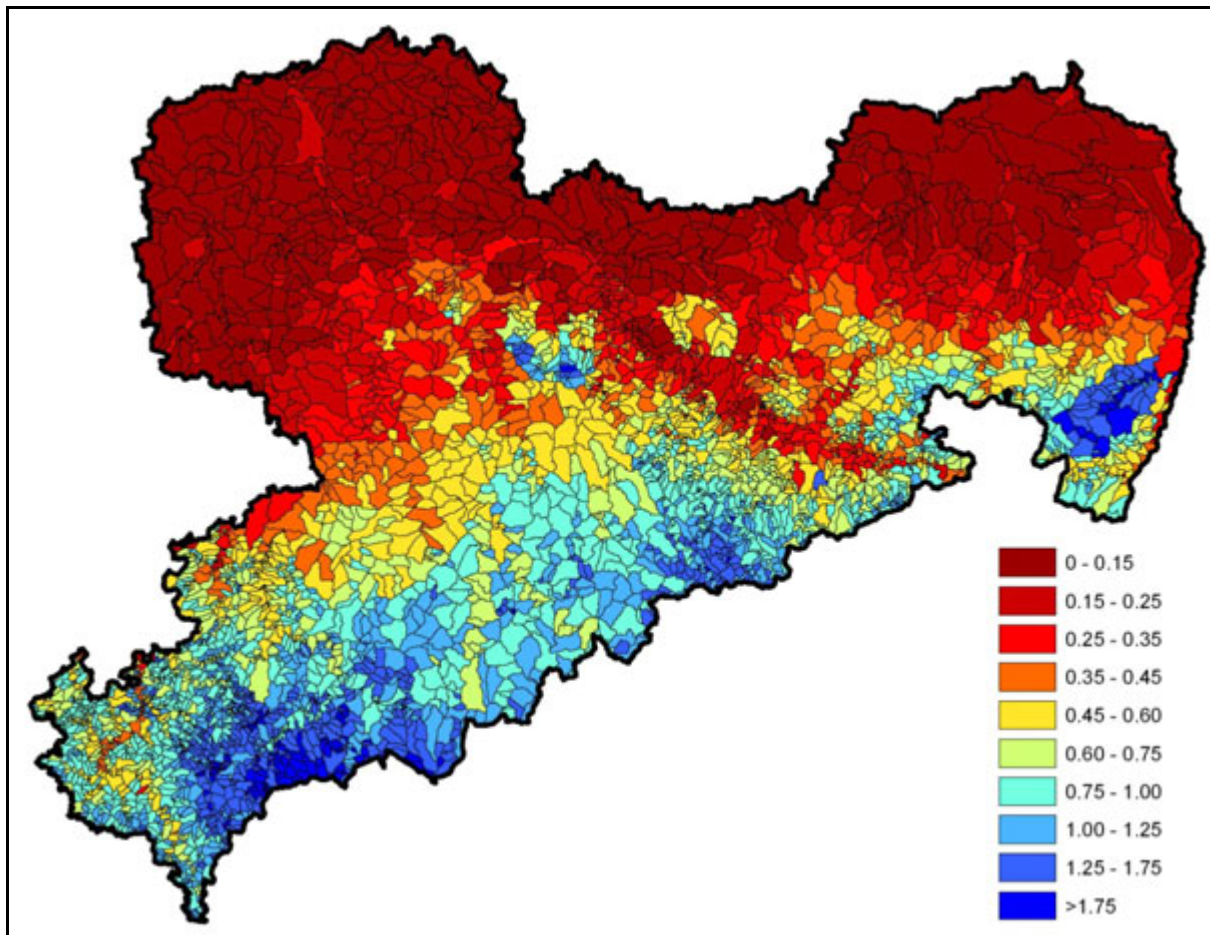


Abbildung 72:  $Hq_{100}$  [ $m^3/(s \cdot km^2)$ ] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - erweiterte Methode 6

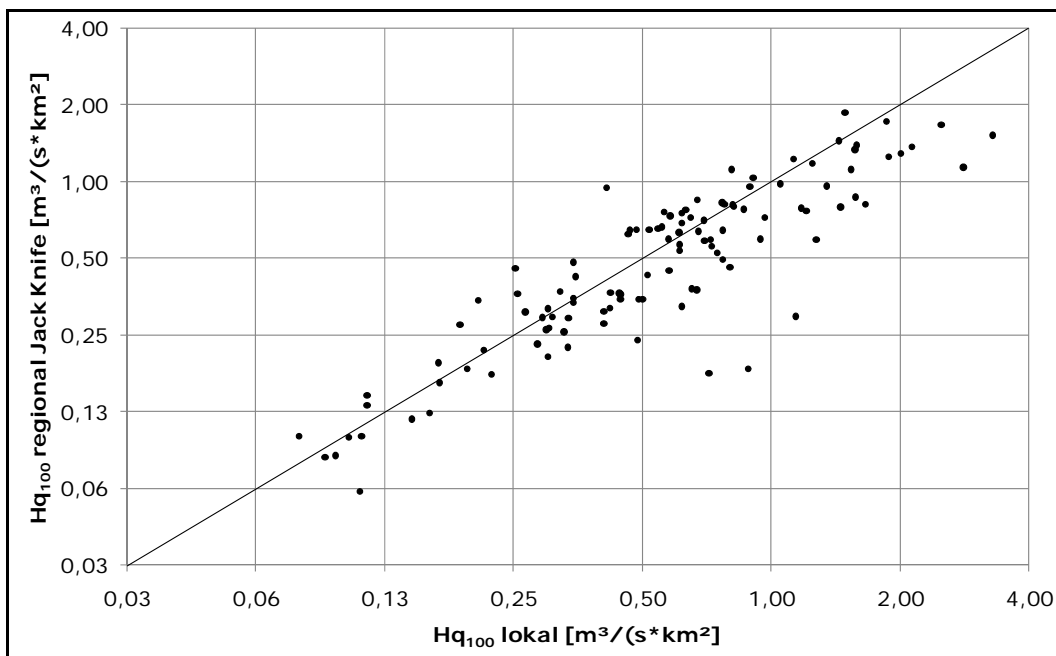


Abbildung 73: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{100}$  bei der erweiterten Methode 6

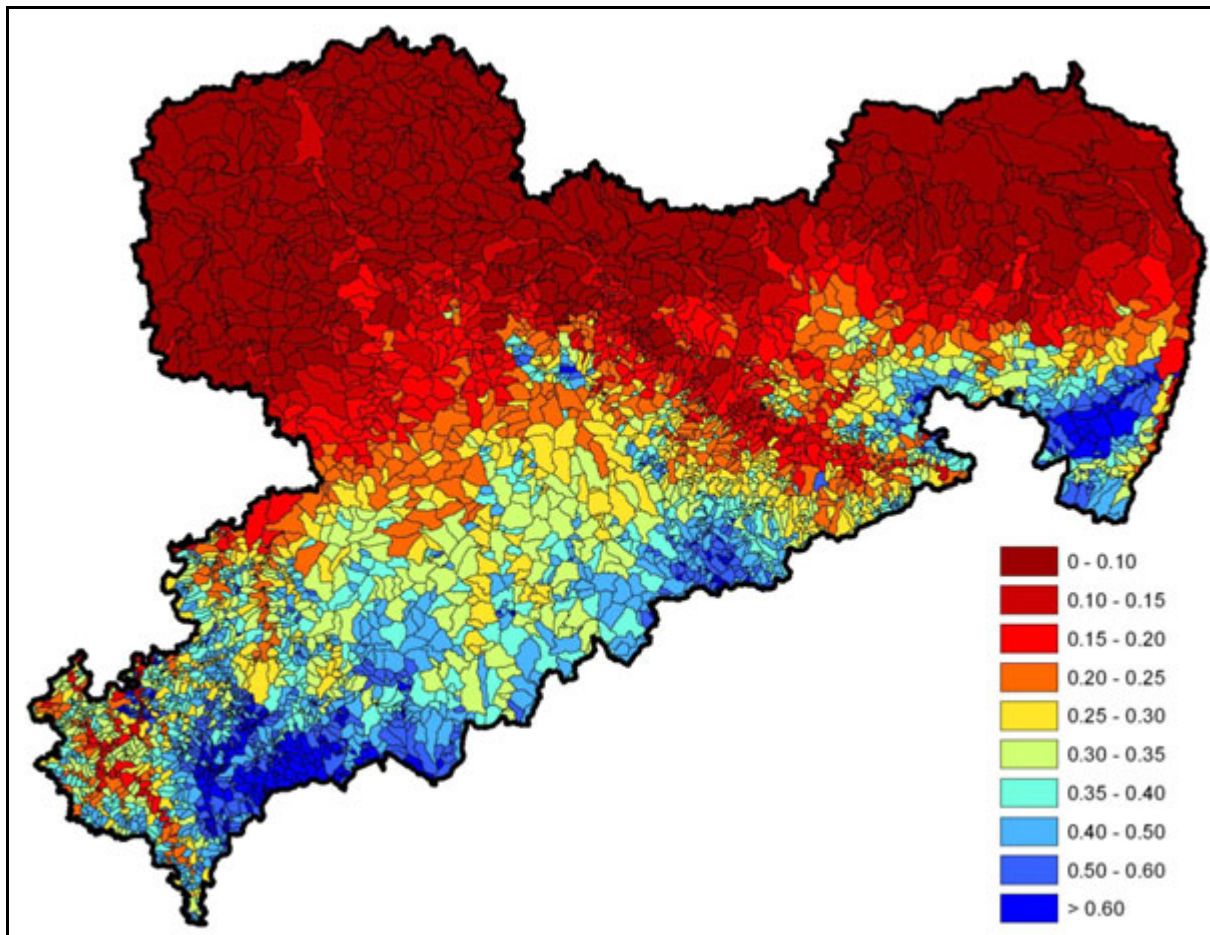


Abbildung 74:  $Hq_{10}$  [ $m^3/(s \cdot km^2)$ ] ermittelt anhand Kombination aus Georegression, Top-Kriging und Index-Flood-Methode - erweiterte Methode 6

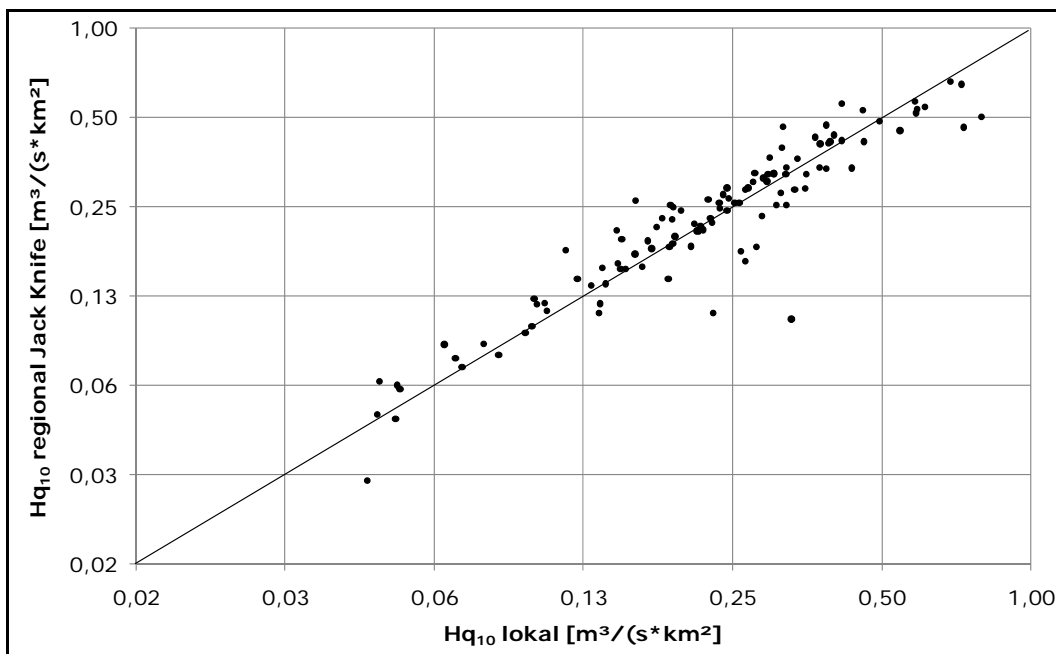


Abbildung 75: Gegenüberstellung der lokalen und der regionalisierten Abflussspenden (Jack-Knife) für das  $Hq_{10}$  bei der erweiterten Methode 6



# 9 Literaturverzeichnis

- BLÖSCHL, G. (2006): Geostatistische Methoden bei der hydrologischen Regionalisierung. In: Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer, Band, 197, Technische Universität Wien, pp. 21-40.
- BLÖSCHL, G. & GRAYSON, R. (2000): Spatial observations and interpolation. Chapter 2 in R. Grayson and G. Blöschl (Eds.) Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 17-50.
- DALRYMPLE, T. (1960): Flood-frequency analysis - manual of hydrology, part 3. U. S. Geological Survey, Water Supply Paper 1543-A, Washington.
- DHI-WASY (2009): Landeseinheitliche Regionalisierung von Hochwasserabflüssen im Land Brandenburg. Schlussbericht, DHI-WASY GmbH im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg.
- DHI-WASY (2010): Überarbeitung des im Land Rheinland-Pfalz genutzten Verfahrens zur Regionalisierung von Hochwasserabflüssen. Schlussbericht, DHI-WASY GmbH im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz.
- DVWK (1999): Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. DVWK-Merkblatt 251, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- DYCK, S., GRÜNEWALD, U., HANSEL, N., KLUGE, C., LAUTERBACH, D. & SCHRAMM, M. (1980): Angewandte Hydrologie. Teil 1: Berechnung und Regelung des Durchflusses der Flüsse. 2. Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin.
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. 3. Auflage. Verlag für Bauwesen Berlin.
- FICKERT, R. (1934): Das Katastrophenhochwasser im Osterzgebirge im Juli 1927. Verlag Buchdruckerei der Wilhelm und Bertha v. Baensch Stiftung, Dresden A1, 92 S.
- FOJT, W., SCHMIDT, H. & WEHNER, H. (1958): Das Gottleuba-Hochwasser im Juli 1957. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 8. Jahrgang, Heft 10, S. 437 - 448.
- FÜGNER, D., SCHRAMM, M., PETER, A. & SCHIEKEL, P. (1990): Neue Methoden zur Berechnung von Hochwasserscheiteldurchflüssen mit Wahrscheinlichkeitsaussage. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, 40, Heft 5, S. 112 - 114.
- GOOVAERTS, P. (2000): Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, J. Hydrol. 228, 113-129.
- GUSE, B., THIEKEN, A. H., CASTELLARIN, A. & MERZ, B. (2010): Deriving probabilistic regional envelope curves with two pooling methods. J. Hydrol. 380, 14-26.
- HOSKING, J. R. M. & WALLIS, J. R. (1997): Regional frequency analysis: an approach based on L-moments. Cambridge University Press, Cambridge.
- IBOS & WASY (2003): Hochwasserschutzkonzeption Mulden und Weiße Elster im Regierungsbezirk Chemnitz, Los 5 - Striegis. IBOS Ingenieurbüro für Tiefbau, Wasserwirtschaft und Umweltfragen Ostsachsen GmbH und WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH im Auftrag der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen.
- KAUFMAN, L. & ROUSSEEUW, P. J. (1990): Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. Wiley, New York.
- LAHA, G. & BLÖSCHL, G. (2006): A comparison of low flow regionalisation methods - catchment grouping. Journal of Hydrology, 323, pp. 193-214.
- LAWA (2005): Richtlinie für die Gebiets- und Gewässerverschlüsselung. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- LFUG (2007): Bodenatlas des Freistaates Sachsen – Teil 4: Auswertungskarten zum Bodenschutz. Herausgegeben vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie LTV (1996): Stauanlagenverzeichnis. Landestalsperrenverwaltung Sachsen.
- LTV (1996): Stauanlagenverzeichnis. Landestalsperrenverwaltung Sachsen.
- MERZ, R. & BLÖSCHL, G. (2005): Flood frequency regionalisation – spatial proximity vs. catchment attributes. Journal of Hydrology, 302, 283-306.
- MERZ, R., BLÖSCHL, G., HUMER, G., HOFER, M., HOCHOLD, A. & WÜHRER, W. (2006): Hochwasserrisikoflächen Österreich- Hydrologische Arbeiten, Abschlussbericht an das BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien. Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, TU Wien.
- SCHUMANN, A. (2003): Hochwasserstatistische Einordnung des Hochwasserereignisses vom August 2002 und Ermittlung von HQT für die Pegel in den Flusseinzugsgebieten der Zwickauer, Freiburger und Vereinigten Mulde sowie der Wei-

ßen Elster Grundlage für die Planung von Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes. Ergebnisbericht, Bochum.

- SCHUMANN, A. (2005): Hochwasserstatistische Bewertung des Auguthochwassers 2002 im Einzugsgebiet der Mulde unter Anwendung der saisonalen Statistik. Hydrologie und Wasserwirtschaft, 49 Heft 4, S. 200 - 206.
- SKØIEN, J., BLÖSCHL, G. & WESTERN, A. (2003): Characteristic space-time scales in hydrology. Water Resources Research, 39, 1304.
- SKØIEN, J., MERZ, R. & BLÖSCHL, G. (2006): Top-Kriging - geostatistics on stream networks. Hydrology and Earth System Sciences (HESS), 10, 277-287. (siehe <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/10/277/2006/hess-10-277-2006.pdf>)
- WALTHER, J., DREWLOW, J., SCHRAMM, M. & WINKLER, U. (1997): Konzepte zur Ermittlung von Bemessungs-HQ für kleine, un beobachtete Einzugsgebiete. In: Schmitz, G. H. (Hrsg.): Modellierung in der Hydrologie. Tagungsband, TU Dresden, Institut f. Hydrologie und Meteorologie, S. 215 - 224.
- WASY (2004): Hydrologische Auswertung des Auguthochwassers 2002 für die linksseitigen Nebenflüsse der Oberen Elbe. WASY GmbH im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie.
- WASY (2005): HQ-EX 3.0 – Programm zur Berechnung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Benutzerhandbuch, WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung mbH.

# 10 Anhang

## Anlage 1: Prüfung der Plausibilität von extremen Hochwasserereignissen

Hochwasser	Pegelname	Abflussscheitel [m³/s]	Abflussspende [l/(s*km²)]	Art	Referenzpegel/Literatur	Bewertung
1927	Dohna	330	1663	N	Neundorf/ Fickert, 1934	schwierig zu plausibilisieren
1927	Neundorf	433	3246	N	Dohna/ Fickert, 1934	schwierig zu plausibilisieren
1954	Magwitz	125	332	N, L	Adorf, Streitwald 1	plausibel
1957	Neundorf	430	3223	N	Dohna/ Fojt u. a., 1958	schwierig zu plausibilisieren
1958	Hartau	330	878	L	Zittau 1, Rosenthal, Görlitz	plausibel
1966	Rennersdorf 2	46	3459	L	Tauchritz, Görlitz	plausibel
1987	Reichstädt	9,24	7000	N, L	Hainsberg 5, Rehefeld 2, Bärenfels, Schmiedeberg 1	plausibel
1999	Zöblitz	84,6	656	N, L	Borstendorf, Hetzdorf, Streckewalde, Wiesa	plausibel
2002	Ammelsdorf	120	2434	N	Schmiedeberg 1, Dippoldiswalde 1+3	plausibel
2002	Annaberg 1	39,0	766	N	Markersbach 1, Jöhstadt 1, Wiesa, Tannen- berg	plausibel
2002	Aue 3	370	543	L	Markersbach, Aue 1, Niederschlema	plausibel
2002	Bad Düben 1	2200	357	L	Lichtenwalde 1, Kriebstein UP, ErlIn, Golzern 1	plausibel
2002	Bärenfels	20,0	3221	N	Reichstädt, Rehefeld 2	plausibel
2002	Berthelsdorf	360	1473	L	Nossen 1, ErlIn, Golzern 1	plausibel
2002	Bielatal 1	24,0	642	N	Gottleuba 1, Markersbach	plausibel
2002	Borstendorf	540	839	N, L	Rothental, Pockau 1, Hetzdorf 1, Hopfgarten	plausibel
2002	Deutschgeorgenthal 2	19,0	1979	N	Neuwerndorf, Rauschenbach 2	plausibel
2002	Dippoldiswalde 1+3	193	2647	L	Bärenfels, Hainsberg 5, Schmiedeberg 1, Cotta	plausibel
2002	Dohna	400	2016	N, L	Neundorf, Heinzberg 3, Cotta, Geising 1	plausibel
2002	ErlIn	1660	556	L	Berthelsdorf, Nossen 1, Golzern 1	plausibel
2002	Garsebach	200	1212	N, L	Herzogswalde 1, Munzig 1, Piskowitz, Hains- berg 5	plausibel
2002	Geising 1	75,0	2918	N	Rehefeld 2, Gottleuba 1, Lauenstein 1	plausibel
2002	Golzern 1	2600	478	L	Lichtenwalde 1, Kriebstein UP, ErlIn, Bad Düben 1	plausibel
2002	Gottleuba 1	61,0	2027	N	Geising 1	plausibel
2002	Gottleuba 2	3,51	1463	N	Liebstadt 2, Gottleuba 1	plausibel
2002	Hainsberg 3	25,6	158	N, L	Rehefeld 2, Ammelsdorf, Hainsberg 5	plausibel



Hochwasser	Pegelname	Abflussscheitel [m³/s]	Abflussspende [l/(s*km²)]	Art	Referenzpegel/Literatur	Bewertung
2002	Hainsberg 5	260	1699	L	Bärenfels, Dippoldiswalde 1+3, Schmiedeberg 1, Cotta	plausibel
2002	Hopfgarten	420	794	L	Tannenberg, Kunnersdorf, Lichtenwalde 1, Kriebstein UP	plausibel
2002	Kreischa	45,0	1034	N	Liebstadt 2, Geising 1, Gottleuba 1, Markersbach	plausibel
2002	Kriebstein UP	1250	711	L	Tannenberg, Hopfgarten, Kunnersdorf, Lichtenwalde 1	plausibel
2002	Lauenstein 1	89,4	2229	N	Gottleuba 1, Geising 1, Liebstadt 2	plausibel
2002	Lichtenwalde 1	1250	794	L	Tannenberg, Hopfgarten, Kunnersdorf, Kriebstein UP	plausibel
2002	Liebstadt 2	45,0	1779	N	Geising 1, Gottleuba 1, Lauenstein 1	plausibel
2002	Neuwersdorf	14,0	2059	N	Rauschenbach 2, Deutschgeorgenthal 2	plausibel
2002	Niederstriegis 1	173	611	N	Ostrau 1, Piskowitz	plausibel
2002	Nossen 1	690	1179	L	Berthelsdorf, Erlin, Golzern 1	plausibel
2002	Rauschenbach 2	15,0	2027	N	Deutschgeorgenthal 2, Neuwersdorf	plausibel
2002	Rehefeld 2	65,0	4248	N	Geising 1, Gottleuba 1, Lauenstein 1	plausibel
2002	Reichstädt	20,0	1515	N, L	Rehefeld 2, Bärenfels, Schmiedeberg 1	plausibel
2002	Rothenthal	88,0	1173	N, L	Pockau 1, Borstendorf, Wiesa	plausibel
2002	Schmiedeberg 1	140	2929	L	Bärenfels, Dippoldiswalde 1+3, Hainsberg 5, Cotta	plausibel
2002	Schönheide 3	152	1000	L	Aue 3, Niederschlema	plausibel
2002	Streckewalde	145	704	N, L	Jöhstadt 1, Hopfgarten, Kunnersdorf, Zöblitz	plausibel
2002	Tannenberg	85,0	938	L	Hopfgarten, Kunnersdorf, Lichtenwalde 1, Kriebstein UP	plausibel
2002	Wiesa	65,0	753	N	Annaberg 1, Tannenberg	plausibel
2002	Wolfgrund	29,9	804	N, L	Berthelsdorf, Nossen 1, Burkhardtdorf 2	plausibel
2002	Zöblitz	160	1240	N, L	Borstendorf, Hetzdorf, Streckewalde, Wiesa	plausibel

N – Nachbarschaftsanalyse

L – Längsschichtanalyse

## Anlage 2: Übersicht über die Basispegel der Regionalisierung

Lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe (Anzahl der Jahre)			Anzahl hist. HW	MHQ [m <sup>3</sup> /s]
				Gesamtjahr	Sommer	Winter		
1	Adorf	Weißer Elster	171,0	1926 - 2008 (80)	1926 - 2008 (80)	1926 - 2008 (80)		14,1
2	Ammelsdorf	Wilde Weißeritz	49,3	1931 - 2008 (74)	1931 - 2008 (74)	1931 - 2008 (74)		13,2
3	Annaberg 1 und Annaberg	Sehma	48,6	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)		8,23
4	Aue 1	Schwarzwasser	362,0	1928 - 2008 (81)	1928 - 2008 (81)	1928 - 2008 (81)	1	66,2
5	Bad Dübener 1	Vereinigte Mulde	6171,0	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	7	462
6	Bärenfels und Bärenfels (alt)	Pöbelbach	6,2	1914 - 2008 (70)	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)		2,27
7	Bautzen-Weite Bleiche	Spree	276,0	1926 - 2008 (81)	1926 - 2008 (81)	1926 - 2008 (81)		35,3
8	Berthelsdorf	Freiberger Mulde	244,4	1936 - 2008 (73)	1936 - 2008 (73)	1936 - 2008 (73)		35,6
9	Bielatal 1	Biela	37,4	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)		3,49
10	Böhlen 1	Pleißer	1359,0	1959 - 2008 (50)	1959 - 2008 (50)	1959 - 2008 (50)		38,0
11	Borstendorf	Flöha	643,8	1929 - 2008 (80)	1929 - 2008 (80)	1929 - 2008 (80)		92,3
12	Boxberg	Schwarzer Schöps	639,0	1927 - 2008 (65)	1927 - 2008 (65)	1927 - 2008 (65)		25,4
13	Buschmühle	Kirnitzsch	97,6	1970 - 2007 (38)	1970 - 2007 (38)	1970 - 2007 (38)		8,42
14	Cämmerswalde-Neuwersdorf	Wernsbach	67,9	1927 - 1965 (36)	1927 - 1965 (36)	1927 - 1965 (36)		13,5
15	Chemnitz 1	Chemnitz	403,2	1918 - 2008 (86)	1918 - 2008 (84)	1918 - 2008 (83)		58,6
16	Cunnersdorf 1	Cunnersdorfer Bach	30,9	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)		3,40
17	Deutschgeorgenthal 2	Rauschenbach	9,6	1967 - 2008 (42)	1967 - 2008 (42)	1967 - 2008 (42)		2,26
18	Dippoldiswalde 1+3	Rote Weißeritz + Werkgraben	72,9	1915 - 2007 (79)	1915 - 2007 (79)	1915 - 2007 (79)		18,3
19	Dohna	Müglitz	198,4	1912 - 2008 (96)	1912 - 2008 (96)	1912 - 2008 (96)		41,3
20	Drehsa	Drehsaer Wasser	6,9	1975 - 2007 (32)	1975 - 2007 (32)	1975 - 2007 (32)		0,542
21	Elbersdorf	Wesenitz	227,2	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)		23,8
22	Erlin	Freiberger Mulde	2983,0	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	5	332
23	Garsebach	Triebisch	165,0	1960 - 2008 (46)	1960 - 2008 (46)	1960 - 2008 (46)		18,1
24	Geising 1	Rotes Wasser	25,7	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)		7,78
25	Golzern 1	Vereinigte Mulde	5442,0	1911 - 2008 (97)	1911 - 2008 (97)	1911 - 2008 (97)	4	515
26	Göritzhein	Chemnitz	532,3	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	2	70,9
27	Görlitz	Lausitzer Neiße	1621,0	1913 - 2008 (90)	1913 - 2008 (90)	1913 - 2008 (90)		172

Lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe (Anzahl der Jahre)			Anzahl hist. HW	MHQ [m <sup>3</sup> /s]
				Gesamtjahr	Sommer	Winter		
28	Gottleuba 1	Gottleuba	30,1	1972 - 2008 (37)	1972 - 2008 (37)	1972 - 2008 (37)		7,72
29	Gottleuba 2	Oelsenbach	2,4	1973 - 2008 (33)	1973 - 2008 (33)	1973 - 2008 (33)		0,436
30	Gröditz 1	Löbauer Wasser	195,0	1927 - 2008 (81)	1927 - 2008 (81)	1927 - 2008 (81)		23,1
31	Großdittmannsdorf	Große Röder	300,0	1921 - 2008 (85)	1921 - 2008 (85)	1921 - 2008 (85)		26,2
32	Großschönau 2	Mandau	162,0	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)		41,9
33	Hainsberg 3	Wilde Weißeritz	162,0	1928 - 2008 (77)	1928 - 2008 (77)	1928 - 2008 (77)		14,8
34	Hainsberg 5	Rote Weißeritz	153,0	1928 - 2008 (77)	1928 - 2008 (77)	1928 - 2008 (76)		18,4
35	Hartau	Lausitzer Neiße	376,0	1958 - 2008 (51)	1958 - 2008 (51)	1958 - 2008 (51)		63,6
36	Harthau	Würschnitz	135,7	1965 - 2007 (38)	1965 - 2007 (38)	1965 - 2007 (38)		29,7
37	Hasenmühle	Trieb	99,6	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)		14,0
38	Hohberg	Rosenbach	50,3	1969 - 2008 (34)	1969 - 2008 (34)	1969 - 2008 (34)		5,79
39	Holtendorf	Weißer Schöps	54,0	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)		8,16
40	Hopfgarten	Zschopau	528,8	1911 - 2008 (97)	1911 - 2008 (97)	1911 - 2008 (97)	1	81,8
41	Jänkendorf	Schwarzer Schöps	125,0	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)		9,92
42	Jöhstadt 1	Jöhstädter Schwarzwasser	35,9	1968 - 2005 (38)	1968 - 2005 (38)	1968 - 2005 (38)		6,95
43	Kirnitzschtal	Kirnitzsch	154,3	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)		13,3
44	Kleindalzig	Weißer Elster	2891,0	1982 - 2008 (27)	1982 - 2008 (27)	1982 - 2008 (27)		94,9
45	Kleinraschütz	Große Röder	679,0	1962 - 2008 (47)	1962 - 2008 (47)	1962 - 2008 (47)		26,7
46	Klingenthal 1	Zwota	58,6	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)		13,3
47	Königsbrück	Pulsnitz	92,4	1927 - 2008 (80)	1927 - 2008 (80)	1927 - 2008 (80)		10,6
48	Kotitz	Kotitzer Wasser	28,9	1970 - 2008 (37)	1970 - 2008 (37)	1970 - 2008 (37)		4,50
49	Kreischa	Lockwitzbach	43,5	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)		5,81
50	Kriebstein UP	Zschopau	1757,0	1932 - 2008 (77)	1933 - 2008 (76)	1932 - 2008 (77)	1	237
51	Lauenstein 1	Weißer Müglitz	40,1	1971 - 2002 (31)	1971 - 2002 (31)	1971 - 2002 (31)		10,6
52	Leipzig-Thekla	Parthe	315,0	1942 - 2007 (66)	1942 - 2007 (66)	1942 - 2007 (66)		7,51
53	Lichtenwalde 1	Zschopau	1575,0	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	1	219
54	Liebstadt 2	Seidewitz	25,3	1966 - 2008 (41)	1966 - 2008 (41)	1966 - 2008 (40)		4,80
55	Lieske	Spree	775,0	1927 - 2008 (67)	1927 - 2008 (67)	1927 - 2008 (67)		44,4
56	Magwitz	Weißer Elster	376,0	1939 - 2008 (70)	1939 - 2008 (70)	1939 - 2008 (70)		26,1
57	Markersbach 1	Große Mittweida	30,0	1974 - 2008 (35)	1974 - 2008 (35)	1974 - 2008 (35)		5,65

Lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe (Anzahl der Jahre)			Anzahl hist. HW	MHQ [m <sup>3</sup> /s]
				Gesamtjahr	Sommer	Winter		
58	Merzdorf	Döllnitz	211,0	1912 - 2008 (95)	1912 - 2008 (95)	1912 - 2008 (95)		9,73
59	Muldenberg 3	Zwickauer Mulde	5,3	1923 - 1985 (55)	1923 - 1985 (55)	1923 - 1985 (55)		2,26
60	Mylau	Göltzsch	155,0	1921 - 2008 (87)	1921 - 2008 (87)	1921 - 2008 (87)		25,2
61	Neukirchen 1	Pleißer	165,4	1979 - 2008 (29)	1979 - 2008 (29)	1979 - 2008 (29)		23,6
62	Neundorf	Gottleuba	133,4	1927 - 1962 (36)	1927 - 1962 (36)	1927 - 1962 (36)		50,2
63	Neustadt 1	Polenz	40,0	1969 - 2008 (37)	1969 - 2008 (37)	1969 - 2008 (37)		8,14
64	Neuwernsdorf	Wernsbach	6,8	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)		2,38
65	Neuwiese	Schwarze Elster	669,0	1955 - 2008 (52)	1955 - 2008 (52)	1955 - 2008 (52)		20,4
66	Niederlungwitz	Lungwitzbach	137,6	1965 - 2008 (42)	1965 - 2008 (42)	1965 - 2008 (42)		24,2
67	Niedermülsen 1	Mülsenbach	49,9	1966 - 2008 (29)	1966 - 2008 (29)	1966 - 2008 (29)		9,37
68	Niederoderwitz	Landwasser	28,3	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)		10,8
69	Niederschlema	Zwickauer Mulde	759,0	1928 - 2008 (80)	1928 - 2008 (80)	1928 - 2008 (80)	1	110
70	Niederstriegis 1	Striegis	283,0	1926 - 2008 (82)	1926 - 2008 (82)	1926 - 2008 (82)		29,4
71	Nossen 1	Freiberger Mulde	585,2	1926 - 2008 (83)	1926 - 2008 (83)	1926 - 2008 (83)	1	69,2
72	Oehlich	Schwarzer Schöps	35,0	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)		4,32
73	Oelsnitz	Weißer Elster	328,0	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)		24,9
74	Olbernhau 1	Flöha	134,1	1927 - 1960 (34)	1927 - 1960 (34)	1927 - 1960 (34)		26,2
75	Pietzschwitz	Langes Wasser	42,4	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)		2,58
76	Piskowitz 1	Ketzerbach	157,0	1971 - 2008 (33)	1971 - 2008 (33)	1971 - 2008 (33)		18,2
77	Pockau 1	Flöha	385,0	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)		67,1
78	Podrosche 2	Lausitzer Neiße	2173,0	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)		125
79	Porsdorf 1	Lachsbach	266,9	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)	1912 - 2008 (97)		30,8
80	Radeburg 3	Promnitz	72,9	1980 - 2008 (28)	1980 - 2008 (28)	1980 - 2008 (28)		5,12
81	Rauschenbach 2	Rauschenfluß	7,4	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)		1,91
82	Regis-Serbitz	Pleißer	769,0	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)		29,6
83	Rehefeld 2	Wilde Weißeritz	15,3	1961 - 2005 (45)	1961 - 2005 (45)	1961 - 2005 (45)		6,83
84	Reichstädt und Berreuth	Reichstädter Bach	13,2	1915 - 2008 (79)	1915 - 2008 (79)	1915 - 2008 (79)		2,10
85	Rennersdorf 2	Berthelsdorfer Wasser	13,3	1961 - 2008 (47)	1961 - 2008 (47)	1961 - 2008 (47)		4,55
86	Rosenthal	Lausitzer Neiße	879,0	1958 - 2008 (51)	1958 - 2008 (51)	1958 - 2008 (51)		112

Lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe (Anzahl der Jahre)			Anzahl hist. HW	MHQ [m <sup>3</sup> /s]
				Gesamtjahr	Sommer	Winter		
87	Rothenthal	Natzschung	75,0	1929 - 2008 (80)	1929 - 2008 (80)	1929 - 2008 (80)		15,2
88	Sachsengrund	Große Pyra	6,7	1971 - 2008 (37)	1971 - 2008 (37)	1971 - 2008 (37)		2,65
89	Särichen	Weißer Schöps	135,0	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)		14,6
90	Schirgiswalde	Spree	179,0	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)	1963 - 2008 (46)		32,7
91	Schmiedeberg 1	Rote Weißeritz	47,8	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)	1983 - 2008 (26)		15,3
92	Schönheide 3 und Schönheide 1 und Schönheide 2	Zwickauer Mulde	152,0	1915 - 2008 (61)	1972 - 2008 (37)	1972 - 2008 (37)		34,9
93	Sebnitz 2	Sebnitz	101,8	1969 - 2008 (39)	1969 - 2008 (39)	1969 - 2008 (39)		11,9
94	Seerhausen 1+3	Jahna + Jahna Umflut	153,0	1968 - 2007 (40)	1968 - 2007 (40)	1968 - 2007 (40)		8,79
95	Seifhennersdorf	Mandau	74,7	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)	1968 - 2008 (41)		18,6
96	Spreewitz	Spree	2033,0	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)		64,0
97	Sprey	Spree	1596,0	1978 - 2008 (31)	1978 - 2008 (31)	1978 - 2008 (31)		51,1
98	Straßberg	Weißer Elster	611,0	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)		38,3
99	Streckewalde	Preßnitz	205,9	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)		29,5
100	Streitwald 1	Wyhra	178,0	1930 - 1970 (38)	1930 - 1970 (38)	1930 - 1970 (38)		28,5
101	Tannenberg	Zschopau	90,6	1960 - 2008 (49)	1960 - 2008 (49)	1960 - 2008 (49)		15,2
102	Tauchritz	Pließnitz	162,0	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)		29,2
103	Trado 3	Schwarze Elster	166,0	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)	1964 - 2008 (45)		8,21
104	Wechselburg 1	Zwickauer Mulde	2107,0	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	1910 - 2008 (99)	4	216
105	Wiesa	Pöhlbach	86,3	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)	1961 - 2008 (48)		14,3
106	Wolfersgrün	Hirschfelder Wasser	22,2	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)	1965 - 2008 (44)		2,54
107	Wolfsgrund	Chemnitzbach	37,2	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)	1921 - 2008 (88)		6,59
108	Wuischke	Wuischker Wasser	2,8	1969 - 2007 (37)	1969 - 2007 (37)	1969 - 2007 (37)		0,786
109	Zescha	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	180,0	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)	1966 - 2008 (43)		10,6
110	Zittau 1	Lausitzer Neiße	686,0	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)	1956 - 2008 (53)		120
111	Zittau 3+5	Mandau + Hospitalmühlgraben	295,0	1913 - 2008 (90)	1913 - 2008 (90)	1913 - 2008 (90)		65,8
112	Zöblitz	Schwarze Pockau	129,0	1937 - 2008 (71)	1937 - 2008 (71)	1937 - 2008 (71)		23,5
113	Zwickau-Pölbitz	Zwickauer Mulde	1030,0	1928 - 2008 (81)	1928 - 2008 (81)	1928 - 2008 (81)	2	132

### Anlage 3: Übersicht über die Pegel, die neben den Basispegeln für die Bestimmung des MHQ genutzt werden

lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km²]	Reihe (Anzahl der Jahre)	MHQ [m³/s]
114	Altchemnitz 2	Zwönitz	144,3	1985 - 2008 (23)	27,5
115	Am Katzenstein	Große Mittweida	12,9	1913 - 1922 (10)	2,24
116	Aue 3	Zwickauer Mulde	681,0	1986 - 2008 (23)	96,4
117	Auersberg	Kleine Bockau	3,3	1922 - 1937 (16)	1,36
118	Bad Elster 1	Weißer Elster	47,7	1987 - 2008 (21)	3,58
119	Bärenstein	Biela	16,6	1915 - 1937 (23)	3,87
120	Bobenneukirchen	Schafbach	11,7	1993 - 2008 (16)	2,21
121	Borna	Wyhra	246,0	1963 - 1995 (25)	14,2
122	Breitenbach	Schwarzwasser	41,9	1921 - 1936 (15)	23,3
123	Buchholz	Sehma	50,9	1921 - 1940 (20)	9,00
124	Burkersdorf 2	Gimmlitz	30,0	1975 - 2008 (22)	7,79
125	Burkhardttsdorf 2	Zwönitz	93,7	1992 - 2008 (17)	24,0
126	Carlsfeld 1	Wilzsch	1,6	1930 - 1978 (44)	1,49
127	Cunersdorf	Rödelbach	52,0	1921 - 1937 (17)	5,91
128	Ehrenfriedersdorf	Greifenbach	11,3	1923 - 1932 (10)	1,61
129	Eibenstock 2	Rähmerbach	14,2	1985 - 2008 (24)	2,43
130	Elsterberg	Weißer Elster	957,0	1998 - 2008 (11)	62,9
131	Elterlein	Schwarzbach	6,0	1913 - 1926 (13)	3,43
132	Glashütte	Brießnitzbach	12,4	1915 - 1927 (13)	3,94
133	Gorbitz 1	Gorbitzbach	3,4	1989 - 2008 (18)	0,873
134	Gorbitz 2	Weidigtbach	8,1	1989 - 2008 (20)	4,50
135	Gospersgrün	Pinkeswiesenbach (Lohbach)	3,4	1997 - 2008 (12)	0,869
136	Gottleuba	Gottleuba	41,4	1923 - 1940 (16)	10,3
137	Großschweidnitz	Löbauer Wasser	41,4	1983 - 2008 (25)	11,8
138	Hartmannsdorf	Filzbach	3,2	1929 - 1940 (12)	0,996
139	Helmsgrün	Bellwitzbach (Helmsgrüner Bach)	4,3	1971 - 1988 (18)	0,741
140	Herzogswalde 1	Triebisch	46,9	1990 - 2008 (19)	8,64
141	Hetzdorf 1	Flöha	759,8	1998 - 2008 (11)	157
142	Hilbersdorf	Freiberger Mulde	261,0	1920 - 1935 (15)	34,4
143	Hütten	Biela	89,7	1912 - 1936 (25)	10,2
144	Jahnsdorf 1	Würschnitz	103,0	1992 - 2008 (17)	23,9
145	Johanngeorgenstadt 2	Breitenbach	26,7	1966 - 2008 (17)	8,02
146	Krummenhennersdorf 1	Bobritzsch	131,0	1992 - 2008 (14)	22,6
147	Langenreinsdorf	Koberbach	10,2	1982 - 2008 (25)	2,75
148	Lauenstein 2	Müglitz	74,9	1930 - 1940 (11)	14,2
149	Lauter	Schwarzwasser	352,0	1910 - 1927 (18)	62,8
150	Lomske	Lomschanke	25,5	1989 - 2008 (20)	0,482

lfd. Nr.	Pegelname	Gewässer	Fläche [km²]	Reihe (Anzahl der Jahre)	MHQ [m³/s]
151	Meißen	Triebisch + Werkgraben	174,0	1912 - 1936 (20)	16,2
152	Morgenröthe	Markersbach	4,5	1913 - 1932 (20)	1,61
153	Möschwitz	Weißer Elster	700,0	1966 - 1986 (20)	39,4
154	Mulda	Freiberger Mulde	82,9	1920 - 1934 (15)	18,7
155	Muldenberg 2	Weißer Mulde	4,0	1923 - 1969 (38)	1,86
156	Munzig 1	Triebisch	115,0	1994 - 2008 (15)	21,7
157	Nemt 1	Mühlbach	57,1	1996 - 2007 (11)	2,05
158	Neudörfel	Trebnitzbach	18,7	1915 - 1937 (23)	5,31
159	Neuensalz	Rabenbach	19,5	1986 - 2008 (23)	2,02
160	Niederau	Niederauer Dorfbach	11,8	1991 - 2008 (18)	1,63
161	Niedercrinitz	Crinitzer Wasser	55,7	1918 - 1940 (23)	6,04
162	Oberittersgrün	Pöhlwasser	35,5	1918 - 1939 (21)	6,47
163	Ostrau 1	Jahna	63,8	1998 - 2008 (11)	6,20
164	Radeberg	Große Röder	114,0	1988 - 2008 (20)	15,5
165	Ramoldsreuth	Feilebach	23,4	1993 - 2008 (15)	2,93
166	Rautenkranz	Zinsbach	7,2	1913 - 1937 (25)	1,90
167	Reichwalde 2	Schwarzer Schöps	262,0	1984 - 2008 (22)	7,76
168	Rodewisch 1	Göltzsch	72,6	1998 - 2008 (11)	17,4
169	Rodlera	Aubach	4,5	1999 - 2008 (10)	0,524
170	Rottwerndorf	Gottleuba	145,2	1912 - 1925 (14)	19,3
171	Sachsengrund Alt	Große Pyra	8,4	1913 - 1923 (11)	2,55
172	Schönlind 2	Haarbach	9,3	1993 - 2008 (14)	1,27
173	Sosa	Kleine Bockau	9,4	1913 - 1937 (25)	3,04
174	Stützensgrün 1	Weißbach	2,3	1984 - 1993 (10)	0,628
175	Technitz	Freiberger Mulde	2829,0	1912 - 1925 (14)	288
176	Thallwitz	Lossa	141,0	1992 - 2008 (17)	4,56
177	Waschleithe	Oswaldbach	13,3	1913 - 1934 (22)	3,92
178	Wildenthal	Große Bockau	20,4	1913 - 1923 (11)	6,41
179	Wolkenburg	Zwickauer Mulde	1424,0	1994 - 2008 (10)	170

**Anlage 4: Ergebnisse der Extremwertstatistik und saisonalen Hochwasserstatistik für die Basispegel**

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Adorf	Weiße Elster	171,0	G	13,2	23,7	30,4	32,9	41,5	52,0	64,8	86,2
			S	9,65	19,5	26,4	29,0	38,8	51,5	68,0	97,7
			W	10,2	17,1	21,0	22,4	27,0	32,3	38,3	47,5
			Z	11,5	23,4	30,5	33,1	42,7	54,9	70,5	97,7
Ammelsdorf	Wilde Weißeritz	49,3	G	11,4	23,6	32,4	35,7	48,2	64,6	86,2	126
			S	7,23	17,7	26,1	29,5	42,6	61,0	86,9	138
			W	8,62	15,7	20,3	22,0	28,1	35,5	44,7	60,2
			Z	9,55	22,7	31,5	35,0	48,2	66,3	91,0	138
Annaberg 1 und Anna- berg	Sehma	48,6	G	7,58	13,6	17,7	19,2	24,6	31,3	39,7	54,2
			S	5,22	10,3	13,8	15,2	20,1	26,4	34,5	49,0
			W	6,56	11,4	14,0	14,9	17,8	20,8	24,2	29,1
			Z	6,93	14,0	17,8	19,2	24,1	30,0	37,2	49,0
Aue 1	Schwarzwasser	362,0	G	60,4	119	160	175	231	303	394	557
			S	42,3	96,4	135	150	205	278	373	546
			W	41,5	77,2	102	111	145	188	243	340
			Z	50,5	116	156	171	225	296	386	546
Bad Dübener 1	Vereinigte Mulde	6171,0	G	441	817	1052	1137	1433	1790	2218	2923
			S	235	551	798	895	1270	1790	2509	3904
			W	370	626	765	812	968	1138	1326	1603
			Z	366	814	1090	1195	1581	2082	2733	3904
Bärenfels und Bären- fels (alt)	Pöbelbach	6,2	G	1,97	3,93	5,35	5,90	7,94	10,6	14,2	20,8
			S	1,15	3,05	4,69	5,36	8,11	12,2	18,2	31,0
			W	1,54	2,59	3,15	3,33	3,95	4,63	5,36	6,44
			Z	1,67	3,64	5,20	5,84	8,48	12,4	18,4	31,0
Bautzen- Weite Blei- che	Spree	276,0	G	36,5	60,3	71,8	75,5	87,2	99,2	112	128
			S	20,7	45,2	60,8	66,4	86,5	111	140	190
			W	28,4	48,0	57,5	60,5	70,2	80,1	90,3	104
			Z	29,6	59,5	75,0	80,5	99,4	122	148	190
Berthelsdorf	Freiberger Mulde	244,4	G	29,2	61,5	86,8	96,8	136	189	264	408
			S	15,9	43,1	67,2	77,3	119	181	276	479
			W	24,4	41,3	50,2	53,2	63,1	73,7	85,3	102
			Z	25,7	54,6	77,8	87,6	128	188	280	479
Bielatal 1	Biela	37,4	G	2,76	6,22	8,99	10,1	14,4	20,4	28,9	45,6
			S	2,00	5,48	8,34	9,49	14,1	20,6	30,0	49,0
			W	1,81	3,21	4,06	4,36	5,39	6,60	8,03	10,3
			Z	2,30	5,97	8,71	9,83	14,3	20,7	30,1	49,3



Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Böhlen 1	Pleiße	1359,0	G	39,2	64,5	76,9	81,0	93,7	107	120	139
			S	24,1	48,7	63,8	69,2	88,0	110	137	180
			W	33,3	54,7	64,5	67,5	76,9	86,1	95,2	107
			Z	34,1	65,3	80,4	85,7	103	123	146	180
Borstendorf	Flöha	643,8	G	88,4	162	207	222	276	338	411	527
			S	57,9	126	171	187	248	323	418	581
			W	65,0	117	149	160	200	247	303	394
			Z	73,7	157	203	220	278	350	437	581
Boxberg	Schwarzer Schöps	639,0	G	24,7	45,2	56,9	61,0	74,8	90,5	108	136
			S	15,1	32,4	44,7	49,5	67,0	90,0	120	175
			W	19,8	34,9	42,9	45,6	54,4	63,9	74,3	89,4
			Z	20,8	44,1	57,4	62,3	79,8	102	129	175
Buschmühle	Kirnitzsch	97,6	G	8,46	14,5	17,7	18,8	22,3	26,1	30,2	36,2
			S	5,34	11,4	15,2	16,5	21,3	27,0	33,8	45,1
			W	6,71	11,3	13,7	14,5	17,1	19,8	22,8	27,0
			Z	7,20	14,3	18,0	19,3	23,8	29,1	35,2	45,1
Cämmers- walde- Neuwerms- dorf	Wernsbach	67,9	G	15,3	21,6	23,6	24,1	25,6	26,7	27,7	28,6
			S	13,0	20,5	23,1	23,8	25,9	27,6	29,0	30,5
			W	11,2	16,8	19,0	19,7	21,5	23,1	24,5	26,2
			Z	13,8	21,3	23,6	24,3	26,2	27,9	29,4	31,1
Chemnitz 1	Chemnitz	403,2	G	58,8	104	128	136	162	191	222	266
			S	39,7	84,5	112	122	155	195	243	319
			W	43,0	76,3	94,5	101	121	144	168	205
			Z	49,5	102	129	138	170	207	251	319
Cunnersdorf 1	Cunnersdorfer Bach	30,9	G	3,31	6,10	7,71	8,27	10,2	12,3	14,7	18,5
			S	2,17	5,28	7,42	8,22	11,2	14,9	19,7	28,1
			W	2,32	3,63	4,16	4,31	4,77	5,19	5,56	6,01
			Z	2,56	5,79	7,79	8,54	11,3	15,0	19,7	28,2
Deutschge- orgenthal 2	Rauschenbach	9,6	S	1,20	2,98	4,50	5,12	7,62	11,3	16,7	27,8
			W	1,53	2,68	3,30	3,51	4,22	4,99	5,84	7,11
			G	1,89	3,95	5,52	6,14	8,48	11,7	16,0	24,3
			Z	1,65	3,71	5,24	5,87	8,35	11,9	17,2	27,8
Dippoldis- walde 1+3	Rote Weißeritz + Werkgraben	72,9	G	15,8	35,4	48,9	54,0	72,7	96,7	128	182
			S	9,33	25,8	39,7	45,3	67,8	100	148	245
			W	10,8	21,2	27,2	29,3	36,4	44,5	53,8	68,3
			Z	12,7	31,8	45,7	51,3	73,7	106	152	245

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Dohna	Müglitz	198,4	G	31,8	73,2	107	121	174	251	361	582
			S	18,5	55,8	89,5	104	162	252	390	690
			W	25,2	42,2	50,9	53,9	63,3	73,3	84,0	99,4
			Z	29,8	63,7	93,6	107	162	252	397	732
Drehsa	Drehsaer Wasser	6,9	G	0,546	0,965	1,19	1,26	1,50	1,76	2,03	2,43
			S	0,390	0,844	1,13	1,23	1,60	2,04	2,57	3,45
			W	0,357	0,610	0,730	0,769	0,890	1,01	1,14	1,30
			Z	0,437	0,932	1,20	1,30	1,65	2,08	2,59	3,45
Elbersdorf	Wesenitz	227,2	G	24,6	42,6	51,6	54,5	63,7	73,2	83,0	96,6
			S	11,6	26,8	37,5	41,6	56,6	76,0	101	147
			W	20,2	36,9	45,6	48,5	57,8	67,8	78,4	93,6
			Z	19,9	43,1	55,2	59,5	74,5	92,1	113	147
Erlin	Freiberger Mulde	2983,0	G	313	486	568	595	676	759	843	955
			S	158	339	462	507	674	884	1150	1616
			W	265	430	513	540	628	719	815	951
			Z	260	503	632	678	837	1026	1251	1616
Garsebach	Triebisch	165,0	G	14,4	31,5	45,2	50,7	72,3	103	146	231
			S	8,98	24,9	38,7	44,4	67,4	102	152	259
			W	11,6	20,3	24,6	26,0	30,3	34,9	39,6	46,0
			Z	13,2	29,0	41,7	47,0	68,9	102	152	261
Geising 1	Rotes Wasser	25,7	G	5,96	14,1	20,8	23,4	33,9	48,7	69,8	112
			S	3,18	9,49	15,3	17,8	28,3	44,5	69,9	126
			W	4,33	8,69	11,6	12,6	16,4	21,1	26,9	36,8
			Z	5,07	12,7	18,9	21,5	32,1	48,3	72,9	126
Golzern 1	Vereinigte Mulde	5442,0	G	509	836	1001	1055	1229	1410	1601	1869
			S	297	621	826	901	1164	1483	1870	2515
			W	408	684	827	874	1027	1189	1363	1611
			Z	423	830	1036	1109	1358	1647	1983	2515
Göritzchain	Chemnitz	532,3	G	71,7	119	143	152	178	206	236	279
			S	50,6	94,8	122	132	166	207	256	335
			W	54,9	92,1	111	117	138	159	182	214
			Z	61,2	116	144	153	186	224	267	335
Görlitz	Lausitzer Neiße	1621,0	G	158	309	407	442	569	724	915	1236
			S	109	260	368	410	563	763	1025	1501
			W	114	196	242	257	309	367	431	527
			Z	131	301	406	447	595	789	1043	1501

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Gottleuba 1	Gottleuba	30,1	G	5,83	13,2	19,4	22,0	32,2	47,2	69,1	114
			S	2,57	8,16	13,5	15,8	25,6	41,2	65,9	122
			W	4,41	8,70	11,7	12,8	16,8	21,9	28,5	40,2
			Z	4,85	12,1	17,9	20,4	30,6	46,2	70,1	122
Gottleuba 2	Oelsenbach	2,4	G	0,308	0,705	1,07	1,22	1,85	2,82	4,31	7,58
			S	0,221	0,592	0,924	1,06	1,64	2,52	3,86	6,76
			W	0,208	0,413	0,573	0,636	0,878	1,21	1,68	2,58
			Z	0,260	0,729	1,10	1,25	1,88	2,82	4,23	7,23
Gröditz 1	Löbauer Wasser	195,0	G	23,7	40,4	48,7	51,5	60,1	69,1	78,4	91,4
			S	14,0	31,0	41,7	45,5	59,0	75,2	94,7	127
			W	19,0	32,1	38,3	40,2	46,3	52,4	58,5	66,6
			Z	19,9	40,3	50,7	54,4	67,1	81,9	99,2	127
Großditt- mannsdorf	Große Röder	300	S	15,27	34,47	47,36	52,15	69,41	91,09	118	166
			W	22,2	35,4	41,1	42,9	48,1	53,1	57,8	63,7
			G	26,6	45,0	54,5	57,7	67,8	78,6	90,0	106
			Z	22,5	44,6	57,2	61,7	78,1	98,3	123	166
Großschönau 2	Mandau	162,0	G	44,2	69,5	80,9	84,5	95,3	106	116	130
			S	19,0	47,8	68,3	76,1	105	143	193	283
			W	36,7	56,0	63,9	66,3	73,4	79,9	85,9	93,2
			Z	35,2	67,3	86,9	94,3	121	156	202	283
Hainsberg 3	Wilde Weißeritz	162,0	G	10,9	26,3	39,4	44,7	66,1	97,3	143	237
			S	6,78	20,0	32,3	37,5	59,4	93,4	146	264
			W	8,94	16,2	20,0	21,3	25,4	29,8	34,4	41,2
			Z	11,2	23,7	34,8	39,6	60,2	93,4	147	270
Hainsberg 5	Rote Weißeritz	153,0	G	14,8	34,4	49,5	55,4	78,1	109	152	233
			S	9,39	25,4	39,9	46,1	71,4	110	169	298
			W	11,3	19,7	24,0	25,4	29,9	34,7	39,7	46,8
			Z	13,7	29,1	42,3	48,0	72,1	110	170	306
Hartau	Lausitzer Neiße	376,0	G	59,9	107	136	147	184	230	285	376
			S	45,8	96,7	131	144	191	249	324	454
			W	43,5	68,2	79,5	83,1	94,2	105	116	130
			Z	51,1	105	138	150	194	251	324	454
Harthau	Würschnitz	135,7	G	28,2	52,2	66,9	72,1	90,2	112	137	178
			S	15,7	36,8	52,6	58,8	82,0	113	155	235
			W	21,1	38,7	49,0	52,6	64,9	79,1	95,5	121
			Z	22,3	50,8	67,9	74,4	97,9	128	166	235

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
				[m <sup>3</sup> /s]							
Hasenmühle	Trieb	99,6	G	14,3	23,5	28,2	29,7	34,5	39,5	44,8	52,1
			S	10,5	21,1	27,2	29,4	36,7	45,1	54,7	69,8
			W	10,2	16,7	19,5	20,4	23,1	25,7	28,1	31,3
			Z	12,0	23,4	29,2	31,2	38,1	46,1	55,3	69,8
Hohberg	Rosenbach	50,3	G	6,30	8,90	9,87	10,1	10,9	11,6	12,2	12,9
			S	3,81	6,73	8,15	8,61	10,1	11,5	13,1	15,2
			W	5,76	8,39	9,35	9,63	10,4	11,1	11,7	12,3
			Z	5,67	9,07	10,3	10,7	11,8	12,8	13,9	15,2
Holtendorf	Weißer Schöps	54,0	G	Die AE/WGM konnte für das Gesamtjahr nicht bestimmt werden.							
			S	5,92	10,9	13,2	13,9	16,0	18,1	20,1	22,7
			W	6,92	10,7	12,2	12,7	14,0	15,1	16,1	17,3
			Z	7,52	12,7	14,6	15,2	17,1	18,8	20,5	22,7
Hopfgarten	Zschopau	528,8	G	76,9	142	185	201	259	330	419	573
			S	47,9	105	146	161	218	293	390	567
			W	62,6	109	136	146	178	216	259	327
			Z	66,4	140	183	199	255	326	415	567
Jänkendorf	Schwarzer Schöps	125,0	G	10,0	17,7	21,6	22,9	27,2	31,7	36,5	43,4
			S	6,80	14,6	19,4	21,1	26,9	33,8	41,8	54,8
			W	7,20	12,8	15,6	16,5	19,5	22,7	26,0	30,8
			Z	8,36	17,4	22,0	23,6	29,1	35,5	43,0	54,8
Jöhstadt 1	Jöhstädter Schwarzwasser	35,9	G	6,74	13,3	17,1	18,4	22,8	27,8	33,5	42,3
			S	3,32	8,20	11,6	12,9	17,7	23,9	31,9	46,3
			W	5,65	11,2	14,1	15,1	18,5	22,1	26,1	32,0
			Z	5,71	13,2	17,1	18,5	23,3	28,9	35,6	46,3
Kirnitzschtal	Kirnitzsch	154,3	G	12,7	23,3	29,7	32,0	39,9	49,1	59,9	77,2
			S	7,58	16,47	22,89	25,35	34,51	46,58	62,50	91,64
			W	10,61	18,54	23,00	24,53	29,65	35,40	41,86	51,67
			Z	11,0	23,1	30,0	32,6	41,7	53,1	67,3	91,6
Kleindalzig	Weiße Elster	2891,0	G	100	159	184	193	217	240	263	293
			S	45,2	89,0	120	132	176	233	308	444
			W	81,7	142	176	188	228	274	326	406
			Z	78,9	154	191	204	248	298	355	444
Kleinraschütz	Große Röder	679,0	G	28,7	43,7	49,9	51,8	57,4	62,6	67,5	73,4
			S	16,8	33,7	43,4	46,7	57,8	70,3	84,5	106
			W	24,4	38,2	44,2	46,1	51,8	57,2	62,5	69,2
			Z	24,7	44,6	53,5	56,6	66,4	77,2	88,9	106

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Klingenthal 1	Zwota	58,6	G	12,7	23,3	29,7	32,0	39,9	49,1	59,9	77,2
			S	7,58	16,5	22,9	25,3	34,5	46,6	62,5	91,6
			W	10,6	18,5	23,0	24,5	29,7	35,4	41,9	51,7
			Z	11,0	23,1	30,0	32,6	41,7	53,1	67,3	91,6
Königsbrück	Pulsnitz	92,4	G	11,7	17,0	19,0	19,5	21,1	22,5	23,6	24,9
			S	7,15	13,6	16,9	18,0	21,7	25,6	29,7	35,8
			W	9,08	14,9	17,5	18,3	20,8	23,1	25,5	28,5
			Z	9,63	17,3	20,4	21,4	24,5	27,8	31,2	35,8
Kotitz	Kotitzer Wasser	28,9	G	2,99	8,22	12,8	14,7	22,5	34,3	51,9	89,4
			S	1,34	4,66	7,95	9,39	15,6	25,7	42,1	80,6
			W	2,12	5,29	7,77	8,75	12,5	17,8	25,0	39,2
			Z	2,47	7,68	12,0	13,8	21,3	32,9	50,8	90,2
Kreischau	Lockwitzbach	43,5	G	5,02	10,7	14,7	16,2	21,8	29,1	38,6	55,7
			S	3,48	9,18	13,6	15,4	22,2	31,6	44,6	69,9
			W	3,74	6,24	7,35	7,70	8,76	9,79	10,8	12,1
			Z	4,28	9,91	14,0	15,7	22,2	31,6	45,0	72,1
Kriebstein UP	Zschopau	1757,0	G	233	438	563	607	761	943	1158	1505
			S	148	336	468	517	698	931	1231	1764
			W	177	316	396	424	518	625	746	933
			Z	195	428	562	612	790	1012	1289	1764
Lauenstein 1	Weiße Müglitz	40,1	G	7,62	17,0	25,6	29,2	44,1	66,9	102	178
			S	4,57	13,5	22,0	25,7	41,4	66,4	106	197
			W	6,03	9,82	12,0	12,7	15,2	18,1	21,3	26,3
			Z	7,07	15,5	23,2	26,7	41,7	66,4	107	205
Leipzig- Thekla	Parthe	315,0	G	7,03	14,3	18,8	20,4	25,9	32,5	40,3	52,9
			S	3,73	7,01	8,91	9,57	11,8	14,4	17,3	21,9
			W	6,33	13,9	18,7	20,4	26,5	33,8	42,7	57,4
			Z	6,08	14,5	19,2	20,9	27,0	34,5	43,7	59,3
Lichtenwalde 1	Zschopau	1575,0	G	211	401	520	563	714	895	1113	1474
			S	121	287	408	455	629	861	1169	1738
			W	162	293	371	399	494	605	736	943
			Z	173	387	515	563	737	959	1241	1738
Liebstadt 2	Seidewitz	25,3	G	3,60	8,63	12,8	14,5	21,2	30,9	44,9	73,3
			S	2,03	6,07	9,76	11,3	17,8	27,7	43,0	76,6
			W	2,53	5,30	7,22	7,94	10,6	14,0	18,3	26,0
			Z	2,99	8,13	12,1	13,8	20,5	30,5	45,3	76,7

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
				[m <sup>3</sup> /s]							
Lieske	Spree	775,0	G	47,4	77,9	91,4	95,6	108	121	132	148
			S	28,3	60,7	80,2	87,1	111	139	171	223
			W	37,8	63,3	74,4	77,8	88,1	98,0	107	119
			Z	39,5	78,3	97,1	104	126	151	179	223
Magwitz	Weiße Elster	376,0	G	24,8	43,9	55,7	60,0	74,7	92,2	113	147
			S	17,1	34,3	46,1	50,5	66,6	87,1	113	160
			W	21,1	34,2	41,2	43,6	51,3	59,8	69,0	82,6
			Z	22,3	43,4	55,4	59,8	75,5	94,8	119	160
Markersbach 1	Große Mittweida	30,0	G	4,42	10,0	14,4	16,2	23,3	33,3	47,5	75,9
			S	2,97	7,47	11,4	13,0	19,6	29,5	44,1	75,2
			W	3,08	5,88	8,04	8,88	12,1	16,6	22,7	34,5
			Z	3,63	9,48	13,9	15,7	23,1	33,8	49,5	82,2
Merzdorf	Döllnitz	211,0	G	8,51	17,6	24,0	26,4	35,3	46,8	61,6	88,0
			S	3,94	8,24	11,3	12,5	16,9	22,7	30,4	44,3
			W	7,87	16,5	22,2	24,3	31,9	41,4	53,2	73,6
			Z	7,41	17,8	23,9	26,2	34,4	44,9	58,0	81,0
Muldenberg 3	Zwickauer Mulde	5,3	G	2,25	4,13	5,15	5,50	6,65	7,91	9,31	11,4
			S	2,16	4,14	5,19	5,54	6,67	7,89	9,21	11,1
			W	1,17	1,96	2,44	2,61	3,20	3,90	4,72	6,04
			Z	1,99	4,21	5,28	5,65	6,90	8,31	9,90	12,3
Mylau	Göltzsch	155,0	G	22,9	43,8	57,8	62,9	81,6	105	134	185
			S	18,7	39,2	53,6	59,0	79,1	105	139	199
			W	14,3	25,2	31,6	33,9	41,6	50,6	61,0	77,4
			Z	19,2	43,0	57,3	62,7	82,6	108	141	199
Neukirchen 1	Pleiße	165,4	G	26,2	44,1	51,4	53,6	60,0	65,9	71,3	77,8
			S	16,9	36,7	47,8	51,6	64,4	78,8	95,0	120
			W	15,9	31,0	38,7	41,3	49,4	58,1	67,2	80,1
			Z	20,1	43,0	53,6	57,3	69,3	82,6	97,4	120
Neundorf	Gottleuba	133,4	G	27,4	84,8	140	165	268	433	697	1307
			S	21,1	78,7	135	160	266	438	715	1360
			W	17,0	26,7	31,1	32,5	36,7	40,7	44,7	49,8
			Z	15,1	78,7	135	160	266	438	715	1360
Neustadt 1	Polenz	40,0	G	8,20	14,5	17,8	18,9	22,5	26,4	30,6	36,6
			S	4,85	10,5	14,2	15,5	20,3	26,3	33,6	46,0
			W	5,72	11,1	14,1	15,1	18,6	22,5	27,0	33,7
			Z	6,43	14,0	18,0	19,4	24,2	29,9	36,6	47,3

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Neuwernsdorf	Wernsbach	6,8	G	2,13	4,12	5,50	6,01	7,90	10,3	13,4	18,8
			S	1,41	3,43	4,89	5,45	7,51	10,2	13,8	20,3
			W	1,63	2,84	3,59	3,85	4,77	5,85	7,14	9,21
			Z	1,83	4,15	5,59	6,13	8,14	10,8	14,2	20,3
Neuwiese	Schwarze Elster	669,0	G	21,2	32,7	38,1	39,8	45,1	50,4	55,8	63,0
			S	12,5	23,9	30,1	32,2	39,3	47,1	55,8	68,8
			W	18,5	29,0	33,8	35,3	39,9	44,5	48,9	54,8
			Z	18,6	32,5	38,4	40,3	46,4	52,8	59,5	68,8
Niederlungwitz	Lungwitzbach	137,6	G	22,2	42,8	56,2	61,1	78,6	100	127	172
			S	15,9	33,2	45,4	50,1	67,1	89,1	118	169
			W	14,3	29,2	39,7	43,7	58,3	77,2	102	146
			Z	18,1	42,2	57,0	62,6	83,3	110	145	207
Niedermülsen 1	Mülsenbach	49,9	G	9,24	17,2	21,7	23,2	28,2	33,8	40,0	49,4
			S	6,76	14,5	19,7	21,7	28,7	37,6	48,8	68,4
			W	4,41	9,47	13,1	14,4	19,5	26,1	34,6	50,1
			Z	6,89	16,7	22,5	24,7	32,7	43,0	56,1	79,2
Niederoderwitz	Landwasser	28,3	G	10,2	18,6	23,8	25,6	32,0	39,6	48,7	63,4
			S	6,99	14,9	19,9	21,7	28,0	35,6	44,8	59,9
			W	9,28	16,8	21,2	22,7	27,7	33,4	40,0	50,0
			Z	9,89	20,5	25,9	27,8	34,4	42,0	50,9	65,1
Niederschlema	Zwickauer Mulde	759,0	G	98,5	200	273	301	404	539	717	1040
			S	71,2	163	230	256	352	481	651	965
			W	68,6	128	169	184	240	312	404	568
			Z	83,9	196	265	291	387	512	674	965
Niederstriegis 1	Striegis	283,0	G	28,4	49,6	62,3	66,7	82,0	99,8	121	153
			S	16,5	38,0	53,6	59,6	81,8	111	150	221
			W	23,4	36,4	42,6	44,6	50,9	57,2	63,7	72,4
			Z	24,4	46,5	60,9	66,4	87,2	115	152	221
Nossen 1	Freiberger Mulde	585,2	G	62,4	125	169	185	246	324	426	608
			S	34,8	91,2	139	158	236	349	513	853
			W	51,2	82,3	97,2	102	117	132	147	168
			Z	51,8	111	156	174	248	357	518	853
Oehlich	Schwarzer Schöps	35,0	G	4,21	7,30	9,08	9,71	11,8	14,2	17,0	21,2
			S	2,84	5,78	7,70	8,41	10,9	14,1	17,9	24,6
			W	3,19	5,80	7,28	7,79	9,50	11,4	13,6	16,9
			Z	3,59	7,42	9,42	10,1	12,6	15,5	19,0	24,6

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
				[m <sup>3</sup> /s]							
Oelsnitz	Weiße Elster	328,0	G	26,8	39,2	44,1	45,6	49,9	53,7	57,3	61,4
			S	16,8	32,4	40,9	43,7	53,2	63,5	74,9	91,7
			W	21,0	33,3	39,1	41,0	46,7	52,4	58,1	65,8
			Z	22,3	39,9	47,7	50,3	58,8	67,8	77,6	91,7
Olbernhau 1	Flöha	134,1	G	26,4	45,4	55,4	58,7	69,4	80,8	93,1	111
			S	20,1	39,6	50,7	54,6	67,6	82,4	99,2	125
			W	19,0	32,5	40,3	43,1	52,4	63,0	75,3	94,3
			Z	22,9	45,3	56,6	60,6	74,2	89,8	108	137
Pietzschwitz	Langes Wasser	42,4	G	2,82	4,13	4,62	4,76	5,17	5,53	5,84	6,20
			S	1,87	3,57	4,45	4,75	5,72	6,75	7,87	9,48
			W	2,20	3,44	3,96	4,11	4,58	5,01	5,42	5,92
			Z	2,37	4,22	5,03	5,29	6,16	7,08	8,07	9,48
Piskowitz 1	Ketzerbach	157,0	G	15,5	37,3	52,3	57,9	78,5	105	138	198
			S	10,1	28,2	42,5	48,2	70,3	101	145	230
			W	9,21	22,2	30,8	34,0	45,4	59,8	77,7	109
			Z	12,4	35,9	51,5	57,6	80,8	112	155	236
Pockau 1	Flöha	385,0	G	66,5	118	146	156	188	223	262	320
			S	41,4	87,2	118	129	169	219	282	390
			W	49,3	88,8	112	121	149	182	220	280
			Z	54,4	113	145	156	196	243	299	390
Podrosche 2	Lausitzer Neiße	2173,0	G	132	222	264	277	317	357	397	450
			S	64,9	151	212	235	319	428	568	820
			W	105	175	209	220	255	291	329	380
			Z	105	214	276	299	381	481	607	820
Porschdorf 1	Lachsbach	266,9	G	30,9	51,4	62,3	65,9	77,9	90,8	105	125
			S	18,4	35,9	46,2	49,9	62,2	76,5	93,1	119
			W	26,6	45,1	54,8	58,0	68,6	79,9	92,2	110
			Z	27,1	51,1	62,2	65,9	78,4	92,1	107	130
Radeburg 3	Promnitz	72,9	G	5,28	10,1	12,5	13,3	15,8	18,5	21,2	25,0
			S	2,81	7,28	10,5	11,7	16,2	22,0	29,7	43,6
			W	3,72	7,28	9,17	9,80	11,9	14,1	16,5	20,0
			Z	4,05	9,81	13,1	14,4	18,8	24,4	31,5	43,6
Rauschen- bach 2	Rauschenfluß	7,4	G	1,44	3,16	4,64	5,26	7,74	11,4	16,9	28,4
			S	0,767	2,06	3,26	3,77	5,89	9,18	14,3	25,6
			W	1,25	2,31	3,06	3,34	4,37	5,71	7,45	10,6
			Z	1,30	3,08	4,44	5,01	7,28	10,6	15,6	26,0



Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Regis-Serbitz	Pleiße	769,0	G	30,9	53,2	63,8	67,2	77,8	88,6	99,5	114
			S	19,4	42,3	56,6	61,7	79,8	101	127	170
			W	23,6	43,3	53,7	57,2	68,6	80,9	94,2	113
			Z	26,1	54,8	69,2	74,3	91,5	111	134	170
Rehefeld 2	Wilde Weißeritz	15,3	G	4,96	11,4	17,0	19,4	29,0	43,5	65,2	112
			S	3,34	9,37	14,9	17,2	26,9	41,7	64,6	115
			W	3,93	7,02	8,99	9,70	12,2	15,3	19,0	25,2
			Z	4,64	11,2	16,6	18,8	28,3	42,9	65,4	115
Reichstädt und Berreuth	Reichstädter Bach	13,2	G	1,85	3,90	5,31	5,84	7,77	10,2	13,4	18,9
			S	1,04	2,66	3,90	4,39	6,27	8,85	12,4	19,2
			W	1,52	2,91	3,74	4,03	5,01	6,16	7,48	9,57
			Z	1,59	3,82	5,19	5,71	7,63	10,1	13,4	19,2
Rennersdorf 2	Berthelsdorfer Wasser	13,3	G	3,27	8,76	13,3	15,1	22,3	32,6	47,3	77,1
			S	2,18	6,71	10,9	12,7	20,1	31,7	49,7	89,7
			W	1,70	3,73	5,19	5,75	7,82	10,5	14,1	20,6
			Z	2,51	7,75	12,1	13,9	21,5	33,1	51,1	90,7
Rosenthal	Lausitzer Neiße	879,0	G	109	191	239	255	310	373	445	556
			S	67,1	151	209	231	309	410	537	761
			W	84,4	137	163	171	198	225	254	293
			Z	90,3	184	240	261	336	431	551	761
Rothenthal	Natzschung	75,0	G	14,4	26,8	34,3	37,0	46,2	57,0	69,7	90,1
			S	10,5	22,2	30,1	33,1	43,7	57,0	73,7	103
			W	10,5	18,5	23,3	25,0	30,9	37,8	46,0	59,1
			Z	12,3	26,4	34,4	37,3	47,8	60,8	76,9	104
Sachsen- grund	Große Pyra	6,7	G	2,39	4,68	6,24	6,82	8,91	11,6	14,9	20,7
			S	1,49	3,70	5,35	5,98	8,39	11,6	15,9	24,0
			W	1,76	3,18	4,03	4,34	5,37	6,59	8,01	10,3
			Z	1,96	4,61	6,27	6,91	9,29	12,4	16,5	24,0
Särichen	Weißer Schöps	135,0	G	15,6	22,4	25,1	25,9	28,2	30,2	32,1	34,3
			S	11,2	20,8	25,3	26,7	31,1	35,4	39,7	45,3
			W	12,7	18,7	21,0	21,6	23,5	25,1	26,6	28,3
			Z	13,8	23,2	27,0	28,2	32,0	35,9	39,9	45,3
Schirgiswal- de	Spree	179,0	G	32,7	58,2	72,0	76,6	91,9	109	127	154
			S	18,5	44,1	62,3	69,2	94,7	128	171	249
			W	24,0	40,7	48,9	51,6	60,0	68,6	77,6	89,9
			Z	25,3	56,0	74,3	81,1	106	138	178	249

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
				[m <sup>3</sup> /s]							
Schmiede- berg 1	Rote Weißeritz	47,8	G	9,78	25,8	40,7	47,0	73,6	115	179	323
			S	5,04	15,8	27,1	32,3	55,1	94,1	160	325
			W	7,00	14,3	19,5	21,5	28,7	38,1	50,4	72,4
			Z	9,19	21,9	33,8	39,2	62,5	102	167	325
Schönheide 3 und Schönheide 1 und Schönheide 2	Zwickauer Mulde	152,0	G	32,1	59,6	77,8	84,5	109	139	176	240
			S	19,0	45,1	65,3	73,3	104	147	206	320
			W	23,0	40,6	50,6	54,1	65,7	78,8	93,7	116
			Z	24,8	57,2	78,3	86,5	117	159	215	320
Sebnitz 2	Sebnitz	101,8	G	12,0	22,2	27,6	29,4	35,3	41,6	48,4	58,3
			S	5,14	11,2	15,8	17,6	24,4	33,7	46,2	69,9
			W	10,6	19,7	24,2	25,7	30,5	35,5	40,7	47,9
			Z	9,94	21,8	27,7	29,8	37,0	45,2	54,8	69,9
Seerhausen 1+3	Jahna + Jahna Umflut	153,0	G	7,74	16,3	22,1	24,3	32,3	42,5	55,5	78,4
			S	4,99	11,6	16,5	18,4	25,4	34,8	47,3	70,5
			W	5,08	11,4	15,9	17,6	23,8	31,8	42,2	60,8
			Z	6,22	16,0	22,1	24,5	33,2	44,7	59,7	87,2
Seifhenners- dorf	Mandau	74,7	G	20,0	28,9	32,4	33,5	36,5	39,3	41,8	44,9
			S	10,2	21,2	27,8	30,1	37,9	47,0	57,6	74,4
			W	17,2	25,2	28,5	29,5	32,5	35,3	37,9	41,1
			Z	16,7	29,2	35,1	37,2	44,2	52,0	60,9	74,4
Spreewitz	Spree	2033,0	G	65,4	104	124	130	151	172	194	225
			S	37,3	75,7	99,4	108	137	172	214	281
			W	58,7	91,5	106	110	123	136	148	163
			Z	57,7	106	130	138	165	195	229	281
Sprey	Spree	1596,0	G	50,8	83,2	101	107	127	149	174	211
			S	29,1	62,9	85,4	93,8	124	161	208	288
			W	47,5	67,8	75,0	77,0	82,7	87,5	91,6	96,1
			Z	45,3	84,2	106	114	142	176	218	288
Straßberg	Weiße Elster	611,0	G	38,7	64,1	77,4	81,8	96,0	111	127	151
			S	21,6	42,9	55,8	60,4	76,2	94,8	117	152
			W	34,5	58,0	70,0	73,9	86,7	100	114	135
			Z	34,3	64,4	78,1	82,8	97,9	115	133	159
Streckewalde	Preßnitz	205,9	G	28,5	50,2	63,0	67,5	82,9	101	121	154
			S	20,0	41,2	55,0	60,1	78,3	101	129	176
			W	22,7	37,2	44,4	46,8	54,3	62,1	70,2	81,5
			Z	24,8	49,4	63,0	67,9	85,3	107	133	176

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	[m <sup>3</sup> /s]							
				HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
Streitwald 1	Wyhra	178,0	G	27,7	58,5	76,0	82,1	102	125	151	191
			S	14,3	41,0	60,9	68,6	97,9	137	190	290
			W	17,4	41,9	57,9	63,7	84,6	110	142	196
			Z	20,8	58,5	80,7	89,0	119	157	205	290
Tannenberg	Zschopau	90,6	G	13,8	24,8	32,5	35,3	45,8	59,2	76,4	107
			S	8,42	17,8	24,8	27,6	38,2	52,6	72,1	109
			W	12,6	20,1	24,0	25,3	29,4	33,8	38,4	45,0
			Z	12,7	24,4	31,7	34,5	45,0	58,7	76,7	109
Tauchritz	Pließnitz	162,0	G	26,8	52,3	69,0	75,0	96,7	123	156	212
			S	12,8	36,1	54,8	62,3	91,8	133	192	310
			W	21,1	36,4	43,6	45,9	53,1	60,2	67,4	77,1
			Z	20,8	48,2	67,2	74,7	104	144	200	310
Trado 3	Schwarze Elster	166,0	G	8,93	12,8	14,2	14,7	15,9	17,0	17,9	19,0
			S	5,95	10,3	12,4	13,1	15,2	17,4	19,5	22,5
			W	7,55	11,8	13,5	14,1	15,6	17,0	18,2	19,8
			Z	7,89	13,1	14,9	15,5	17,2	18,9	20,5	22,5
Wechselburg 1	Zwickauer Mulde	2107,0	G	198	328	395	418	491	569	653	775
			S	139	267	346	375	474	593	735	968
			W	152	268	336	360	442	536	646	817
			Z	172	335	416	444	540	649	774	968
Wiesa	Pöhlbach	86,3	G	13,1	23,9	31,2	33,9	43,7	55,9	71,3	98,0
			S	7,49	15,4	20,9	23,0	30,6	40,4	52,9	75,2
			W	11,8	20,6	25,7	27,5	33,6	40,7	48,8	61,4
			Z	11,8	23,8	30,2	32,5	40,5	50,0	61,5	80,1
Wolfersgrün	Hirschfelder Wasser	22,2	G	2,46	4,54	5,75	6,17	7,59	9,20	11,1	13,9
			S	2,09	4,32	5,73	6,24	8,04	10,2	12,9	17,3
			W	1,49	2,27	2,60	2,71	3,01	3,31	3,59	3,94
			Z	2,03	4,37	5,73	6,24	8,07	10,4	13,3	18,3
Wolfgrund	Chemnitzbach	37,2	G	6,49	11,2	13,8	14,7	17,7	21,0	24,8	30,5
			S	3,74	7,42	9,84	10,7	13,9	17,8	22,7	30,9
			W	5,56	9,53	11,6	12,3	14,5	16,9	19,4	23,1
			Z	5,60	10,9	13,5	14,4	17,5	20,9	24,9	30,9
Wuischke	Wuischker Wasser	2,8	G	0,718	1,60	2,15	2,35	3,04	3,88	4,90	6,57
			S	0,537	1,48	2,12	2,36	3,24	4,35	5,76	8,25
			W	0,303	0,610	0,797	0,864	1,10	1,37	1,69	2,21
			Z	0,513	1,53	2,15	2,39	3,27	4,41	5,89	8,56

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche [km <sup>2</sup> ]	Reihe	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
				[m <sup>3</sup> /s]							
Zescha	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	180,0	G	11,7	16,7	18,5	19,0	20,3	21,5	22,4	23,5
			S	6,04	12,4	16,2	17,5	21,9	27,1	33,0	42,3
			W	9,98	14,8	16,6	17,1	18,6	19,8	20,9	22,1
			Z	9,63	17,2	20,7	21,9	25,9	30,2	35,1	42,3
Zittau 1	Lausitzer Neiße	686,0	G	121	204	249	263	311	363	420	501
			S	74,4	165	225	248	329	431	559	781
			W	96,0	150	172	179	199	218	236	258
			Z	100	197	253	274	351	447	569	781
Zittau 3+5	Mandau + Hospi- talmühlgraben	295,0	G	68,6	110	130	136	155	175	194	220
			S	35,0	81,5	112	123	162	210	269	368
			W	57,7	91,3	106	110	124	137	149	165
			Z	56,8	112	141	151	188	231	283	368
Zöblitz	Schwarze Pockau	129,0	G	21,5	39,3	51,2	55,7	71,6	91,7	117	161
			S	15,4	33,7	47,0	52,1	71,1	96,3	130	191
			W	16,6	26,3	31,5	33,2	38,9	45,1	51,7	61,5
			Z	18,3	39,0	52,1	57,1	75,7	100	132	191
Zwickau- Pölbitz	Zwickauer Mulde	1030,0	G	116	225	295	321	413	526	665	900
			S	81,5	187	262	290	394	530	706	1024
			W	79,6	156	209	230	306	404	533	765
			Z	97,1	233	318	350	471	630	838	1217

**Anlage 5: Prozentuale Abweichung zwischen den HQ<sub>T</sub> der saisonalen Hochwasserstatistik (Z) und der klassischen Extremwertstatistik (G)**

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]								
Adorf	Weißer Elster	171,0	-13	-6	-1	0	1	3	6	9	13
Ammelsdorf	Wilde Weißeritz	49,3	-16	-9	-4	-3	-2	0	3	6	10
Annaberg 1 und Annaberg	Sehma	48,6	-8	0	3	1	0	-2	-4	-6	-10
Aue 1	Schwarzwasser	362,0	-16	-7	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2
Bad Dübener See	Vereinigte Mulde	6171,0	-17	-7	0	4	5	10	16	23	34
Bärenfels und Bärenfels (alt)	Pöbelbach	6,2	-15	-13	-7	-3	-1	7	17	29	49
Bautzen-Weite Bleiche	Spree	276,0	-19	-9	-1	4	7	14	23	33	48
Berthelsdorf	Freiberger Mulde	244,4	-12	-14	-11	-10	-10	-6	-1	6	17
Bielatal 1	Biela	37,4	-17	-9	-4	-3	-3	-1	2	4	8
Böhlen 1	Pleiße	1359,0	-13	-4	1	5	6	10	15	21	30
Borstendorf	Flöha	643,8	-17	-8	-3	-2	-1	1	3	6	10
Boxberg	Schwarzer Schöps	639,0	-16	-8	-2	1	2	7	12	19	29
Buschmühle	Kirnitzsch	97,6	-15	-6	-1	2	3	7	11	17	25
Cämmerswalde-Neuwernsd.	Wernsbach	67,9	-10	-4	-1	0	1	3	4	6	9
Chemnitz 1	Chemnitz	403,2	-16	-7	-2	1	1	5	9	13	20
Cunnersdorf 1	Cunnersdorfer Bach	30,9	-23	-13	-5	1	3	12	22	33	52
Deutschgeorgenthal 2	Rauschenbach	9,6	-13	-10	-6	-5	-4	-2	2	7	15
Dippoldiswalde 1+3	Rote Weißeritz + Werkgraben	72,9	-19	-16	-10	-7	-5	1	9	19	35
Dohna	Müglitz	198,4	-6	-14	-13	-12	-12	-7	1	10	26
Drehsa	Drehsaer Wasser	6,9	-20	-10	-3	2	4	10	18	27	42
Elbersdorf	Wesenitz	227,2	-19	-7	1	7	9	17	26	36	52
Erlin	Freiberger Mulde	2983,0	-17	-5	3	11	14	24	35	48	69
Garsebach	Triebisch	165,0	-8	-10	-8	-8	-7	-5	-1	5	13
Geising 1	Rotes Wasser	25,7	-15	-14	-10	-9	-8	-5	-1	4	13
Golzern 1	Vereinigte Mulde	5442,0	-17	-7	-1	4	5	11	17	24	35
Göritzhein	Chemnitz	532,3	-15	-7	-2	0	1	5	9	13	20
Görlitz	Lausitzer Neiße	1621,0	-17	-9	-3	0	1	5	9	14	21
Gottleuba 1	Gottleuba	30,1	-17	-13	-9	-8	-7	-5	-2	2	7
Gottleuba 2	Oelsenbach	2,4	-16	-3	3	3	3	2	0	-2	-5
Gröditz 1	Löbauer Wasser	195,0	-16	-7	0	4	6	12	19	27	39
Großdittmannsdorf	Große Röder	300,0	-15	-8	-1	5	7	15	25	37	56
Großschönau 2	Mandau	162,0	-20	-13	-3	7	12	27	48	74	118
Hainsberg 3	Wilde Weißeritz	162,0	2	-9	-10	-12	-11	-9	-4	3	14

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]								
Hainsberg 5	Rote Weißeritz	153,0	-7	-16	-15	-15	-13	-8	1	12	31
Hartau	Lausitzer Neiße	376,0	-15	-7	-1	1	2	5	9	14	21
Harthau	Würschnitz	135,7	-21	-10	-3	2	3	8	15	21	32
Hasenmühle	Trieb	99,6	-16	-7	0	4	5	10	17	23	34
Hohberg	Rosenbach	50,3	-10	-2	2	4	5	8	11	14	18
Holtendorf	Weißer Schöps	54,0	-11	-2	1	0	0	0	-1	-1	-2
Hopfgarten	Zschopau	528,8	-14	-5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Jänkendorf	Schwarzer Schöps	125,0	-17	-7	-2	2	3	7	12	18	26
Jöhstadt 1	Jöhstädter Schwarzwasser	35,9	-15	-6	-1	0	0	2	4	6	10
Kirnitzschtal	Kirnitzsch	154,3	-13	-6	-1	1	2	5	8	12	19
Kleindalzig	Weißer Elster	2891,0	-21	-11	-3	4	6	14	24	35	52
Kleinraschütz	Große Röder	679,0	-14	-5	2	7	9	16	23	32	45
Klingenthal 1	Zwota	58,6	-13	-6	-1	1	2	5	8	12	19
Königsbrück	Pulsnitz	92,4	-18	-6	1	7	9	16	24	32	43
Kotitz	Kotitzer Wasser	28,9	-17	-11	-7	-7	-6	-5	-4	-2	1
Kreischa	Lockwitzbach	43,5	-15	-12	-7	-4	-3	2	9	17	29
Kriebstein UP	Zschopau	1757,0	-16	-8	-2	0	1	4	7	11	17
Lauenstein 1	Weißer Müglitz	40,1	-7	-11	-9	-9	-9	-5	-1	5	15
Leipzig-Thekla	Parthe	315,0	-14	-4	1	2	3	4	6	9	12
Lichtenwalde 1	Zschopau	1575,0	-18	-9	-3	-1	0	3	7	11	18
Liebstadt 2	Seidewitz	25,3	-17	-11	-6	-5	-5	-3	-1	1	5
Lieske	Spree	775,0	-17	-7	0	6	9	16	25	35	51
Magwitz	Weißer Elster	376,0	-10	-5	-1	-1	0	1	3	5	9
Markersbach 1	Große Mittweida	30,0	-18	-10	-5	-4	-3	-1	1	4	8
Merzdorf	Döllnitz	211,0	-13	-3	1	0	-1	-2	-4	-6	-8
Muldenberg 3	Zwickauer Mulde	5,3	-12	-2	2	3	3	4	5	6	8
Mylau	Göltzsch	155,0	-16	-7	-2	-1	0	1	3	5	8
Neukirchen 1	Pleißer	165,4	-23	-11	-3	4	7	16	25	37	54
Neundorf	Gottleuba	133,4	-45	-19	-7	-4	-3	-1	1	3	4
Neustadt 1	Polenz	40,0	-22	-10	-3	1	2	8	13	20	29
Neuwernsdorf	Wernsbach	6,8	-14	-5	1	2	2	3	4	6	8
Neuwiese	Schwarze Elster	669,0	-12	-4	0	1	1	3	5	7	9
Niederlungwitz	Lungwitzbach	137,6	-19	-8	-1	1	3	6	10	14	21
Niedermülsen 1	Mülsenbach	49,9	-25	-13	-3	4	7	16	27	40	60
Niederoderwitz	Landwasser	28,3	-3	6	10	9	9	7	6	5	3
Niederschlema	Zwickauer Mulde	759,0	-15	-6	-2	-3	-3	-4	-5	-6	-7
Niederstriegis 1	Striegis	283,0	-14	-11	-6	-2	0	6	15	26	44

Pegelname	Gewässer	EG- Fläche	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]								
Nossen 1	Freiberger Mulde	585,2	-17	-16	-11	-8	-6	1	10	22	40
Oehlich	Schwarzer Schöps	35,0	-15	-4	2	4	4	7	9	12	16
Oelsnitz	Weißer Elster	328,0	-17	-6	2	8	10	18	26	36	49
Olbernhau 1	Flöha	134,1	-13	-5	0	2	3	7	11	16	23
Pietzschwitz	Langes Wasser	42,4	-16	-5	2	9	11	19	28	38	53
Piskowitz 1	Ketzerbach	157,0	-20	-10	-4	-2	-1	3	7	12	19
Pockau 1	Flöha	385,0	-18	-9	-4	-1	0	4	9	14	22
Podrosche 2	Lausitzer Neiße	2173,0	-21	-12	-4	5	8	20	35	53	82
Porschdorf 1	Lachsbach	266,9	-12	-4	-1	0	0	1	1	2	4
Radeburg 3	Promnitz	72,9	-23	-12	-3	5	8	19	32	48	74
Rauschenbach 2	Rauschenfluß	7,4	-10	-6	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-8
Regis-Serbitz	Pleißer	769,0	-16	-4	3	9	11	18	26	35	49
Rehefeld 2	Wilde Weißeritz	15,3	-6	-5	-2	-3	-3	-2	-1	0	3
Reichstädt und Berreuth	Reichstädter Bach	13,2	-14	-6	-2	-2	-2	-2	-1	0	1
Rennersdorf 2	Berthelsdorfer Wasser	13,3	-23	-17	-12	-9	-8	-4	2	8	18
Rosenthal	Lausitzer Neiße	879,0	-17	-10	-4	1	2	8	15	24	37
Rothenthal	Natzschung	75,0	-14	-7	-2	0	1	4	7	10	16
Sachsengrund	Große Pyra	6,7	-18	-8	-2	1	1	4	7	11	16
Särichen	Weißer Schöps	135,0	-12	-2	4	8	9	14	19	24	32
Schirgiswalde	Spree	179,0	-23	-12	-4	3	6	15	27	40	62
Schmiedeberg 1	Rote Weißeritz	47,8	-6	-15	-15	-17	-17	-15	-12	-7	1
Schönheide 3 und Schönheide 1 und Schönheide 2	Zwickauer Mulde	152,0	-23	-12	-4	1	2	8	15	22	33
Sebnitz 2	Sebnitz	101,8	-17	-8	-2	0	1	5	9	13	20
Seerhausen 1+3	Jahna + Jahna Umflut	153,0	-20	-8	-2	0	1	3	5	8	11
Seiffenhensdorf	Mandau	74,7	-16	-7	1	8	11	21	32	45	66
Spreewitz	Spree	2033,0	-12	-3	2	5	6	9	13	18	25
Sprey	Spree	1596,0	-11	-4	1	5	6	11	18	25	37
Straßberg	Weißer Elster	611,0	-11	-3	0	1	1	2	3	4	6
Streckwalde	Preßnitz	205,9	-13	-6	-2	0	1	3	6	9	14
Streitwald 1	Wyhra	178,0	-25	-10	0	6	8	16	26	36	52
Tannenberg	Zschopau	90,6	-8	-4	-2	-2	-2	-2	-1	0	2
Tauchritz	Pließnitz	162,0	-22	-15	-8	-3	0	7	17	28	46
Trado 3	Schwarze Elster	166,0	-12	-2	2	5	6	8	11	14	19
Wechselburg 1	Zwickauer Mulde	2107,0	-13	-3	2	5	6	10	14	18	25



Pegelname	Gewässer	EG- Fläche	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]								
Wiesa	Pöhlbach	86,3	-10	-3	-1	-3	-4	-7	-11	-14	-18
Wolfersgrün	Hirschfelder Wasser	22,2	-18	-10	-4	0	1	6	13	20	31
Wolfsgrund	Chemnitzbach	37,2	-14	-6	-2	-2	-2	-1	0	0	1
Wuischke	Wuischker Wasser	2,8	-28	-13	-4	0	2	7	13	20	30
Zescha	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	180,0	-18	-6	3	12	16	27	41	56	80
Zittau 1	Lausitzer Neiße	686,0	-17	-10	-4	2	4	13	23	36	56
Zittau 3+5	Mandau + Hospit- almühlgraben	295,0	-17	-7	1	8	11	21	32	46	67
Zöblitz	Schwarze Pockau	129,0	-15	-6	-1	2	3	6	9	13	19
Zwickau-Pölbitz	Zwickauer Mulde	1030,0	-16	-4	4	8	9	14	20	26	35

## Anlage 6: Gebietskenngrößen für die Einzugsgebiete der Pegel

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km <sup>2</sup> ]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km <sup>-1</sup> ]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m <sup>2</sup> ]	Feldkapazität [l/m <sup>2</sup> ]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
1	Adorf	Weißer Elster	170,4	0,416	0,991	56,02	6,09	7,36	590,3	95,3	0,149	878,6	121,8	207,9	21,6
2	Ammelsdorf	Wilde Weißeritz	49,3	0,310	1,378	47,40	1,86	8,06	729,7	96,1	0,144	1022,8	135,2	225,4	17,7
3	Annaberg 1 und Annaberg	Sehma	48,6	0,360	0,998	47,05	6,88	7,19	751,2	103,7	0,155	1067,4	127,2	215,0	19,1
4	Aue 1	Schwarzwasser	362,9	0,472	1,057	60,47	7,21	8,40	737,4	107,5	0,140	1124,0	131,2	220,2	20,2
5	Bad Düben 1	Vereinigte Mulde	6173,3	0,216	1,091	26,79	9,36	5,15	436,9	98,7	0,143	881,7	161,3	267,2	25,5
6	Bärenfels und Bärenfels (alt)	Pöbelbach	6,3	0,347	1,026	73,06	0,00	10,76	712,8	96,5	0,150	1041,5	120,8	201,5	22,1
7	Bautzen-Weite Bleiche	Spree	275,8	0,319	1,181	33,52	11,61	5,14	356,7	94,2	0,139	857,6	182,7	312,6	16,4
8	Berthelsdorf	Freiberger Mulde	244,5	0,392	1,050	26,88	4,56	6,57	594,7	91,5	0,123	978,7	134,2	225,0	17,6
9	Bielatal 1	Biela	37,6	0,506	0,598	66,36	3,27	5,66	483,3	99,2	0,093	858,7	113,3	214,4	35,2
10	Böhlen 1	Pleiße	1365,2	0,263	0,921	8,76	9,44	2,63	233,3	91,6	0,110	675,8	200,5	327,5	28,6
11	Borstendorf	Flöha	639,6	0,318	1,410	39,48	4,23	6,34	656,9	103,0	0,152	1017,6	130,6	203,9	20,2
12	Boxberg	Schwarzer Schöps	641,7	0,372	1,725	31,37	4,90	1,73	190,6	92,0	0,140	724,4	163,8	256,3	127,3
13	Buschmühle	Kirnitzsch	97,3	0,346	1,147	79,85	3,06	13,61	385,8	97,3	0,122	854,9	156,1	236,0	24,5
14	Cämerswalde-Neuwernsdorf	Wernsbach	66,1	0,569	1,500	26,86	0,00	6,21	786,3	107,1	0,147	1049,8	128,3	178,5	19,6
15	Chemnitz 1	Chemnitz	402,7	0,378	1,136	22,03	22,87	4,69	443,5	98,1	0,137	911,3	167,0	294,7	17,9
16	Cunnersdorf 1	Cunnersdorfer Bach	31,0	0,378	1,085	85,20	0,74	7,03	422,5	94,3	0,133	834,3	117,0	203,6	55,4
17	Deutschgeorgenthal 2	Rauschenbach	7,6	0,376	2,199	63,01	0,00	7,50	731,2	92,2	0,050	1010,0	129,0	128,8	19,0

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
18	Dippoldiswalde 1+3	Rote Weißeritz + Werkgraben	72,6	0,378	1,077	56,39	5,98	9,44	591,2	112,4	0,164	965,6	124,9	208,7	21,4
19	Dohna	Müglitz	198,7	0,275	1,283	31,24	4,48	8,25	557,7	100,0	0,145	891,9	128,9	219,8	23,0
20	Drehsa	Drehsaer Wasser	7,3	0,453	0,939	4,85	1,04	3,44	248,7	103,1	0,144	783,4	189,0	326,5	15,1
21	Elbersdorf	Wesenitz	233,4	0,217	1,111	17,71	9,00	4,13	311,6	95,5	0,133	836,8	189,6	312,0	19,3
22	Erlin	Freiberger Mulde	2980,3	0,327	1,107	24,93	7,07	5,68	502,1	98,4	0,143	927,8	151,9	250,6	18,3
23	Garsebach	Triebisch	165,0	0,377	1,247	21,87	4,85	4,45	293,8	92,9	0,131	768,5	184,7	307,3	18,5
24	Geising 1	Rotes Wasser	26,4	0,549	1,738	27,86	7,75	6,53	782,9	88,7	0,106	1036,5	112,5	204,2	17,8
25	Golzern 1	Vereinigte Mulde	5435,6	0,373	1,128	27,66	9,91	5,66	478,3	99,4	0,143	912,9	157,8	263,9	19,1
26	Göritzchain	Chemnitz	532,4	0,306	1,046	19,30	22,13	4,50	409,6	99,1	0,142	881,3	172,4	304,4	17,5
27	Görlitz	Lausitzer Neiße	Für die Einzugsgebiete der Pegel an der Lausitzer Neiße liegt die Geodatenbasis nicht flächendeckend vor.												
28	Gottleuba 1	Gottleuba	29,7	0,545	1,566	27,64	0,50	6,62	629,9	108,5	0,154	830,9	125,6	210,3	17,6
29	Gottleuba 2	Oelsenbach	2,5	0,496	1,065	15,12	12,42	6,94	553,4	132,8	0,150	867,2	131,3	224,1	16,5
30	Gröditz 1	Löbauer Wasser	203,3	0,267	1,054	12,22	7,18	3,21	283,8	100,7	0,173	762,0	197,5	331,8	23,1
31	Großdittmannsdorf	Große Röder	299,2	0,377	1,660	31,53	10,94	2,24	242,9	96,5	0,124	775,0	172,7	271,7	73,1
32	Großschönau 2	Mandau	162,3	0,373	1,173	30,76	15,30	4,90	433,5	89,1	0,113	820,5	186,2	309,4	15,5
33	Hainsberg 3	Wilde Weißeritz	162,1	0,175	1,026	36,62	3,90	6,73	519,7	103,8	0,151	904,0	137,3	232,0	22,7
34	Hainsberg 5	Rote Weißeritz	154,3	0,322	0,906	38,20	7,50	7,27	480,8	108,1	0,158	882,0	133,1	226,2	23,6
35	Hartau	Lausitzer Neiße	Für die Einzugsgebiete der Pegel an der Lausitzer Neiße liegt die Geodatenbasis nicht flächendeckend vor.												
36	Harthau	Würschnitz	136,1	0,392	1,348	17,73	13,83	4,04	436,0	102,4	0,138	904,3	170,6	294,1	17,3
37	Hasenmühle	Trieb	100,1	0,475	1,351	40,69	11,10	4,35	528,5	98,2	0,164	887,9	148,8	246,9	23,3

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km <sup>2</sup> ]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km <sup>-1</sup> ]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m <sup>2</sup> ]	Feldkapazität [l/m <sup>2</sup> ]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
38	Hohberg	Rosenbach	51,0	0,498	1,213	45,41	4,42	5,05	406,0	100,0	0,096	875,1	163,0	349,9	15,0
39	Holtendorf	Weißer Schöps	54,2	0,502	1,317	12,88	6,30	2,44	269,4	87,8	0,092	750,1	201,4	343,8	16,9
40	Hopfgarten	Zschopau	530,3	0,454	1,051	35,89	5,85	7,08	698,9	103,5	0,139	1033,0	128,9	206,7	21,0
41	Jänkendorf	Schwarzer Schöps	125,4	0,341	1,523	20,32	3,67	3,05	232,0	94,7	0,149	753,8	175,1	287,6	58,0
42	Jöhstadt 1	Jöhstädter Schwarzwasser	35,5	0,379	1,521	24,01	1,35	6,58	869,4	107,4	0,119	1122,1	125,8	189,0	20,0
43	Kirnitzschtal	Kirnitzsch	154,3	0,318	1,416	78,43	2,36	14,40	362,8	96,8	0,125	861,5	150,7	224,3	34,3
44	Kleindalzig	Weißer Elster	2937,1	0,109	0,868	25,15	8,39	4,80	374,7	94,7	0,131	726,6	163,1	273,4	30,5
45	Kleinraschütz	Große Röder	679,1	0,287	1,494	25,68	8,29	1,81	194,9	92,0	0,107	720,2	164,8	255,1	91,7
46	Klingenthal 1	Zwota	55,6	0,464	1,604	79,14	11,74	9,82	711,3	93,0	0,143	1103,4	119,5	202,3	19,7
47	Königsbrück	Pulsnitz	92,3	0,438	1,273	30,50	8,01	3,58	270,2	90,1	0,089	819,4	181,5	289,8	36,6
48	Kotitz	Kotitzer Wasser	28,9	0,439	1,283	4,48	1,06	3,11	256,6	92,1	0,124	760,3	194,8	334,1	17,0
49	Kreischa	Lockwitzbach	43,8	0,353	1,156	23,37	5,17	6,23	385,7	110,7	0,192	792,9	139,6	237,8	20,3
50	Kriebstein UP	Zschopau	1754,3	0,261	1,142	32,06	6,60	6,40	583,4	100,6	0,145	979,5	139,0	226,6	19,8
51	Lauenstein 1	Weißer Müglitz	40,1	0,499	1,358	16,08	3,31	5,66	694,2	93,7	0,136	942,3	130,3	219,7	18,4
52	Leipzig-Thekla	Parthe	312,5	0,229	0,870	14,44	11,67	1,09	143,8	94,2	0,125	646,9	203,6	312,6	38,7
53	Lichtenwalde 1	Zschopau	1572,2	0,331	1,163	34,06	6,22	6,65	615,7	101,4	0,148	999,2	132,8	214,4	20,3
54	Liebstadt 2	Seidewitz	25,3	0,531	1,014	14,59	5,86	6,69	489,7	114,1	0,161	858,2	133,5	226,6	16,5
55	Lieske	Spree	777,7	0,414	1,320	19,74	8,89	3,58	278,1	95,2	0,142	782,9	187,5	313,0	41,7
56	Magwitz	Weißer Elster	376,1	0,362	1,000	43,37	5,55	6,52	551,5	99,6	0,142	853,1	134,4	230,1	21,3
57	Markersbach 1	Große Mittweida	30,1	0,491	0,996	90,02	0,00	10,33	849,0	89,2	0,075	1168,4	114,1	193,7	19,6

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
58	Merzdorf	Döllnitz	210,9	0,333	0,931	7,02	6,84	2,42	168,8	94,4	0,103	669,8	218,9	340,5	25,8
59	Muldenberg 3	Zwickauer Mulde	5,3	0,730	2,074	98,56	1,44	3,24	762,3	117,2	0,150	1068,3	170,9	266,8	17,7
60	Mylau	Göltzsch	153,4	0,305	1,306	34,47	14,15	5,80	512,4	100,1	0,138	897,9	149,3	250,1	21,7
61	Neukirchen 1	Pleißer	165,4	0,470	1,251	16,06	12,60	3,54	343,6	105,6	0,155	736,9	171,9	305,4	18,6
62	Neundorf	Gottleuba	132,2	0,395	1,179	40,24	3,76	6,78	500,6	100,7	0,128	819,6	120,2	215,3	26,0
63	Neustadt 1	Polenz	40,2	0,435	1,013	32,30	9,37	5,45	392,0	86,6	0,126	911,2	177,0	280,8	18,7
64	Neuwernsdorf	Wernsbach	7,0	0,585	1,542	28,88	0,00	9,73	767,9	113,1	0,150	1100,0	129,0	163,0	19,0
65	Neuwiese	Schwarze Elster	668,8	0,350	1,546	26,59	6,03	2,05	181,8	92,7	0,109	724,0	177,9	276,9	108,8
66	Niederlungwitz	Lungwitzbach	137,7	0,566	1,397	12,02	17,24	5,05	352,2	95,1	0,133	807,6	162,8	296,0	16,1
67	Niedermülsen 1	Mülsenbach	49,6	0,448	1,583	18,78	10,15	6,26	369,0	106,3	0,144	807,7	152,6	263,6	15,2
68	Niederoderwitz	Landwasser	29,1	0,493	0,584	5,91	22,24	3,97	370,2	103,1	0,088	788,8	223,9	351,2	13,6
69	Niederschlema	Zwickauer Mulde	757,2	0,374	1,210	64,88	8,08	8,04	698,4	104,9	0,143	1098,4	132,5	219,3	22,9
70	Niederstriegis 1	Striegis	285,6	0,389	0,886	13,24	6,56	3,94	372,4	91,9	0,143	867,5	166,3	282,6	15,0
71	Nossen 1	Freiberger Mulde	586,1	0,323	0,964	19,75	8,12	5,12	484,4	94,5	0,133	911,9	146,8	248,1	17,5
72	Oehlich	Schwarzer Schöps	33,0	0,336	1,238	9,38	8,13	2,92	274,3	100,7	0,189	765,9	193,4	335,1	17,6
73	Oelsnitz	Weißer Elster	327,6	0,416	1,012	49,07	4,39	6,81	566,6	99,8	0,143	870,0	132,1	225,7	21,1
74	Olbernhau 1	Flöha	133,8	0,403	1,393	31,99	1,59	7,16	716,8	110,3	0,145	1041,1	127,4	197,6	21,6
75	Pietzschwitz	Langes Wasser	42,3	0,432	1,289	13,24	2,93	3,52	253,9	119,9	0,175	818,1	186,8	318,1	19,8
76	Piskowitz 1	Ketzerbach	156,6	0,455	1,108	0,31	2,34	4,16	214,0	97,8	0,144	715,5	225,7	360,9	13,6
77	Pockau 1	Flöha	385,2	0,358	1,435	38,76	3,09	6,79	684,0	104,9	0,157	1022,3	130,0	194,0	20,0

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
78	Podrosche 2	Lausitzer Neiße	Für die Einzugsgebiete der Pegel an der Lausitzer Neiße liegt die Geodatenbasis nicht flächendeckend vor.												
79	Porschdorf 1	Lachsbach	267,2	0,447	1,141	39,15	6,69	7,45	371,7	87,5	0,105	886,5	174,9	304,4	17,8
80	Radeburg 3	Promnitz	73,2	0,501	1,308	21,56	10,33	1,92	179,4	100,6	0,139	693,6	132,9	207,3	104,5
81	Rauschenbach 2	Rauschenfluß	7,4	0,624	1,642	53,00	0,00	12,57	751,6	129,4	0,150	1133,8	109,7	184,3	25,1
82	Regis-Serbitz	Pleiße	778,4	0,345	0,925	8,23	9,96	3,06	265,8	90,2	0,096	680,4	195,2	326,1	27,6
83	Rehefeld 2	Wilde Weißeritz	15,4	0,451	2,027	44,01	0,00	6,48	803,8	107,7	0,150	1041,0	119,4	198,8	17,3
84	Reichstädt und Berreuth	Reichstädter Bach	12,7	0,468	0,654	0,34	7,26	5,96	482,0	122,7	0,177	893,0	131,3	221,7	16,4
85	Rennersdorf 2	Berthelsdorfer Wasser	13,5	0,655	0,810	20,18	9,60	3,82	344,5	94,0	0,106	790,7	220,9	337,1	15,6
86	Rosenthal	Lausitzer Neiße	Für die Einzugsgebiete der Pegel an der Lausitzer Neiße liegt die Geodatenbasis nicht flächendeckend vor.												
87	Rothenenthal	Natzschung	75,9	0,535	1,631	39,60	0,55	5,73	762,5	100,3	0,150	1001,7	125,0	164,6	16,1
88	Sachsengrund	Große Pyra	6,5	0,503	1,977	87,00	0,00	8,96	902,1	74,8	0,050	1309,2	106,0	179,5	22,9
89	Särichen	Weißer Schöps	134,8	0,332	1,309	10,32	8,26	2,63	241,2	92,6	0,171	738,5	184,3	308,7	39,9
90	Schirgiswalde	Spree	178,7	0,361	1,164	34,52	11,60	4,74	381,3	92,2	0,122	861,5	182,3	322,2	15,7
91	Schmiedeberg 1	Rote Weißeritz	47,5	0,533	1,139	74,31	4,27	10,61	652,4	102,1	0,160	1002,3	120,9	200,7	22,4
92	Schönheide 3 und Schönheide 1 und Schönheide 2	Zwickauer Mulde	152,6	0,427	1,615	87,57	3,40	6,65	755,6	102,1	0,141	1145,1	139,4	224,1	24,9
93	Sebnitz 2	Sebnitz	101,9	0,438	1,328	46,96	6,94	6,30	412,3	81,9	0,085	908,9	162,0	329,6	14,9
94	Seerhausen 1+3	Jahna + Jahna Umflut	153,6	0,317	1,007	0,23	4,44	3,12	177,5	93,4	0,133	683,2	222,9	352,2	16,8
95	Seifhennersdorf	Mandau	74,2	0,379	1,348	21,5	15,42	3,58	416,0	89,8	0,099	840,2	177,6	321,9	14,6
96	Spreewitz	Spree	2084,1	0,331	1,372	30,07	5,84	2,32	205,0	94,5	0,134	734,1	165,1	261,4	118,6

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
97	Sprey	Spree	1592,0	0,408	1,528	26,97	6,68	2,57	227,9	94,6	0,144	750,0	173,2	279,0	93,4
98	Straßberg	Weißer Elster	612,0	0,266	0,940	36,40	4,14	6,11	528,2	99,7	0,142	819,2	139,8	242,3	20,1
99	Streckewalde	Preßnitz	205,9	0,380	1,300	36,82	2,57	7,19	741,9	105,9	0,129	1044,5	128,6	185,5	23,6
100	Streitwald 1	Wyhra	180,1	0,372	0,978	8,58	4,74	3,05	243,2	88,7	0,138	701,4	214,1	355,6	17,6
101	Tannenberg	Zschopau	91,5	0,329	0,781	38,95	6,69	5,30	661,4	104,0	0,135	1015,6	137,0	230,8	17,3
102	Tauchritz	Pließnitz	162,7	0,385	0,729	20,75	5,15	3,54	304,1	93,9	0,138	749,4	214,1	341,5	19,9
103	Trado 3	Schwarze Elster	165,0	0,279	1,413	30,57	7,31	2,67	191,0	89,4	0,080	734,6	170,5	264,8	107,3
104	Wechselburg 1	Zwickauer Mulde	2101,7	0,350	1,133	33,81	14,68	5,90	488,5	101,5	0,146	923,9	157,6	270,0	20,2
105	Wiesa	Pöhlbach	86,4	0,235	1,021	31,80	6,29	8,76	762,8	101,6	0,144	1062,5	125,3	217,9	18,0
106	Wolfersgrün	Hirschfelder Wasser	21,7	0,451	0,775	25,42	5,65	3,86	441,7	94,9	0,120	822,0	130,7	214,7	25,8
107	Wolfsgrund	Chemnitzbach	37,8	0,556	0,689	13,54	5,55	5,87	619,8	79,9	0,075	1014,4	132,1	224,7	16,1
108	Wuischke	Wuischker Wasser	3,0	0,727	2,016	94,15	0,00	9,59	386,1	93,4	0,150	903,6	179,0	278,0	16,1
109	Zescha	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	181,0	0,306	1,267	13,25	3,66	2,96	225,7	95,6	0,098	770,4	189,1	311,0	47,7
110	Zittau 1	Lausitzer Neiße	Für die Einzugsgebiete der Pegel an der Lausitzer Neiße liegt die Geodatenbasis nicht flächendeckend vor.												
111	Zittau 3+5	Mandau + Hospitalmühlgraben	296,0	0,376	0,963	25,81	15,76	5,05	400,1	95,7	0,116	796,3	189,5	310,0	20,5
112	Zöblitz	Schwarze Pockau	124,6	0,311	1,557	43,23	5,96	5,29	702,4	108,6	0,168	1053,8	129,1	209,3	20,4
113	Zwickau-Pöhlitz	Zwickauer Mulde	1024,1	0,319	1,152	52,76	9,98	7,36	623,1	105,4	0,146	1032,6	137,4	229,3	22,5
114	Altchemnitz 2	Zwönitz	143,5	0,304	1,044	34,19	12,32	6,46	521,0	102,4	0,125	987,4	157,8	265,9	20,2
115	Am Katzenstein	Große Mittweida	13,1	0,538	1,068	91,00	0,00	10,82	936,6	88,9	0,050	1227,1	123,0	206,1	20,1



Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
116	Aue 3	Zwickauer Mulde	684,8	0,381	1,247	68,69	6,64	8,13	720,0	106,1	0,144	1116,5	132,1	218,4	23,3
117	Auersberg	Kleine Bockau	2,7	0,655	0,857	100,00	0,00	10,29	864,3	88,9	0,150	1301,1	103,7	177,9	28,5
118	Bad Elster 1	Weißer Elster	47,7	0,499	0,963	50,43	5,08	6,89	628,8	102,0	0,221	863,7	106,2	188,1	25,5
119	Bärenstein	Biela	16,6	0,668	1,224	63,67	2,83	9,30	656,7	91,5	0,170	994,1	120,0	201,4	21,3
120	Bobenneukirchen	Schafbach	11,9	0,678	0,795	14,28	0,00	5,05	543,9	94,3	0,162	845,5	136,3	246,3	16,0
121	Borna	Wyhra	235,4	0,260	1,001	8,63	6,71	2,69	226,5	87,6	0,132	690,2	211,7	346,9	20,8
122	Breitenbach	Schwarzwasser	41,8	0,350	1,401	53,68	0,55	5,40	947,8	117,0	0,146	1244,7	130,5	263,2	21,6
123	Buchholz	Sehma	50,9	0,345	0,997	45,17	9,64	7,35	745,4	102,7	0,150	1062,0	127,2	215,5	19,0
124	Burkersdorf 2	Gimmlitz	30,7	0,389	1,155	55,73	1,20	7,14	660,7	93,5	0,146	1026,2	135,4	228,5	19,8
125	Burkhardtsdorf 2	Zwönitz	93,1	0,438	1,063	34,21	11,03	5,74	557,5	106,4	0,134	1009,0	155,1	260,2	20,4
126	Carlsfeld 1	Wilzsch	1,7	0,587	1,645	81,06	0,00	3,43	934,4	129,6	0,150	1339,0	244,3	347,9	20,0
127	Cunersdorf	Rödelbach	51,8	0,441	0,961	25,54	8,75	5,32	486,7	108,7	0,150	941,3	133,6	223,5	26,2
128	Ehrenfriedersdorf	Greifenbach	11,4	0,588	0,802	93,01	0,00	3,26	676,2	112,3	0,150	1107,3	144,0	235,8	19,4
129	Eibenstock 2	Rähmerbach	10,0	0,536	1,249	78,41	9,09	10,11	780,0	91,6	0,150	1222,8	118,0	198,4	28,9
130	Elsterberg	Weißer Elster	960,0	0,356	0,993	33,17	7,32	5,70	500,2	99,3	0,145	802,5	144,2	248,9	20,8
131	Elterlein	Schwarzbach	6,2	0,592	0,992	21,08	6,42	4,78	644,6	126,2	0,150	1036,8	145,9	240,5	16,8
132	Glashütte	Brießnitzbach	12,2	0,594	1,295	56,69	3,61	8,92	560,5	102,2	0,168	946,1	140,7	236,8	20,3
133	Gorbitz 1	Gorbitzbach	3,5	0,559	1,343	0,00	47,55	3,48	240,8	73,5	0,150	707,7	233,1	355,8	14,1
134	Gorbitz 2	Weidigtbach	7,4	0,698	1,358	0,00	68,85	3,17	219,2	85,4	0,121	699,6	226,2	351,0	15,0
135	Gospersgrün	Pinkeswiesenbach (Lohbach)	3,5	0,532	1,556	22,12	6,16	3,69	448,6	84,2	0,054	772,8	132,6	233,7	18,9

Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
136	Gottleuba	Gottleuba	41,7	0,356	1,432	28,57	2,79	7,24	582,1	110,9	0,163	826,4	120,6	202,2	25,0
137	Großschweidnitz	Löbauer Wasser	41,5	0,464	0,944	15,03	8,95	4,16	356,6	89,4	0,151	816,4	204,0	343,9	17,0
138	Hartmannsdorf	Filzbach	1,7	0,532	0,938	89,15	0,00	2,09	569,8	107,4	0,150	1009,6	249,4	366,5	17,9
139	Helmsgrün	Bellwitzbach (Helmsgrüner Bach)	4,4	0,457	1,222	65,86	0,00	3,62	439,5	112,0	0,118	766,0	115,2	213,3	14,3
140	Herzogswalde 1	Triebisch	47,2	0,505	0,987	65,30	4,78	4,37	366,8	106,1	0,124	833,3	154,8	266,6	25,2
141	Hetzdorf 1	Flöha	755,7	0,293	1,332	36,48	4,62	6,26	625,3	101,9	0,151	1003,7	131,6	208,3	19,9
142	Hilbersdorf	Freiberger Mulde	261,3	0,342	1,034	26,28	4,79	6,50	584,1	91,1	0,125	972,6	134,9	226,3	17,3
143	Hütten	Biela	90,3	0,587	0,846	77,27	1,78	7,09	428,3	102,4	0,120	831,6	115,2	203,8	49,9
144	Jahnsdorf 1	Würschnitz	103,3	0,492	1,470	19,58	13,26	3,78	448,4	109,2	0,158	908,0	169,5	289,1	17,4
145	Johanngeorgenstadt 2	Breitenbach	26,0	0,431	1,277	69,29	3,78	7,11	865,1	113,9	0,122	1181,9	133,6	176,8	19,1
146	Krummenhennersdorf 1	Bobritzsch	130,9	0,304	0,745	5,29	6,93	4,11	477,3	108,8	0,150	915,2	143,7	243,6	19,4
147	Langenreinsdorf	Koberbach	10,4	0,578	1,274	3,03	5,26	3,51	328,9	94,4	0,204	713,4	174,5	317,0	20,5
148	Lauenstein 2	Müglitz	75,8	0,531	1,444	22,34	4,68	6,56	714,6	90,4	0,127	974,7	123,4	213,6	18,5
149	Lauter	Schwarzwasser	352,3	0,491	1,054	59,75	7,00	8,36	744,0	107,4	0,140	1128,1	131,0	220,1	20,2
150	Lomske	Lomschanke	26,6	0,499	1,252	14,14	2,75	1,24	167,5	87,3	0,158	697,4	168,8	258,7	156,8
151	Meißen	Triebisch + Werkgraben	176,4	0,345	1,280	21,91	6,02	4,71	287,0	96,6	0,132	763,0	185,3	307,8	18,8
152	Morgenröthe	Markersbach	3,8	0,706	1,025	100,00	0,00	9,02	898,0	116,7	0,150	1334,1	108,5	188,8	28,1
153	Möschwitz	Weißer Elster	702,1	0,308	0,950	34,08	6,94	5,91	514,4	99,0	0,140	807,0	143,3	248,4	20,8
154	Mulda	Freiberger Mulde	82,7	0,283	1,150	38,61	3,75	7,76	654,4	95,0	0,108	997,0	129,3	212,8	17,7

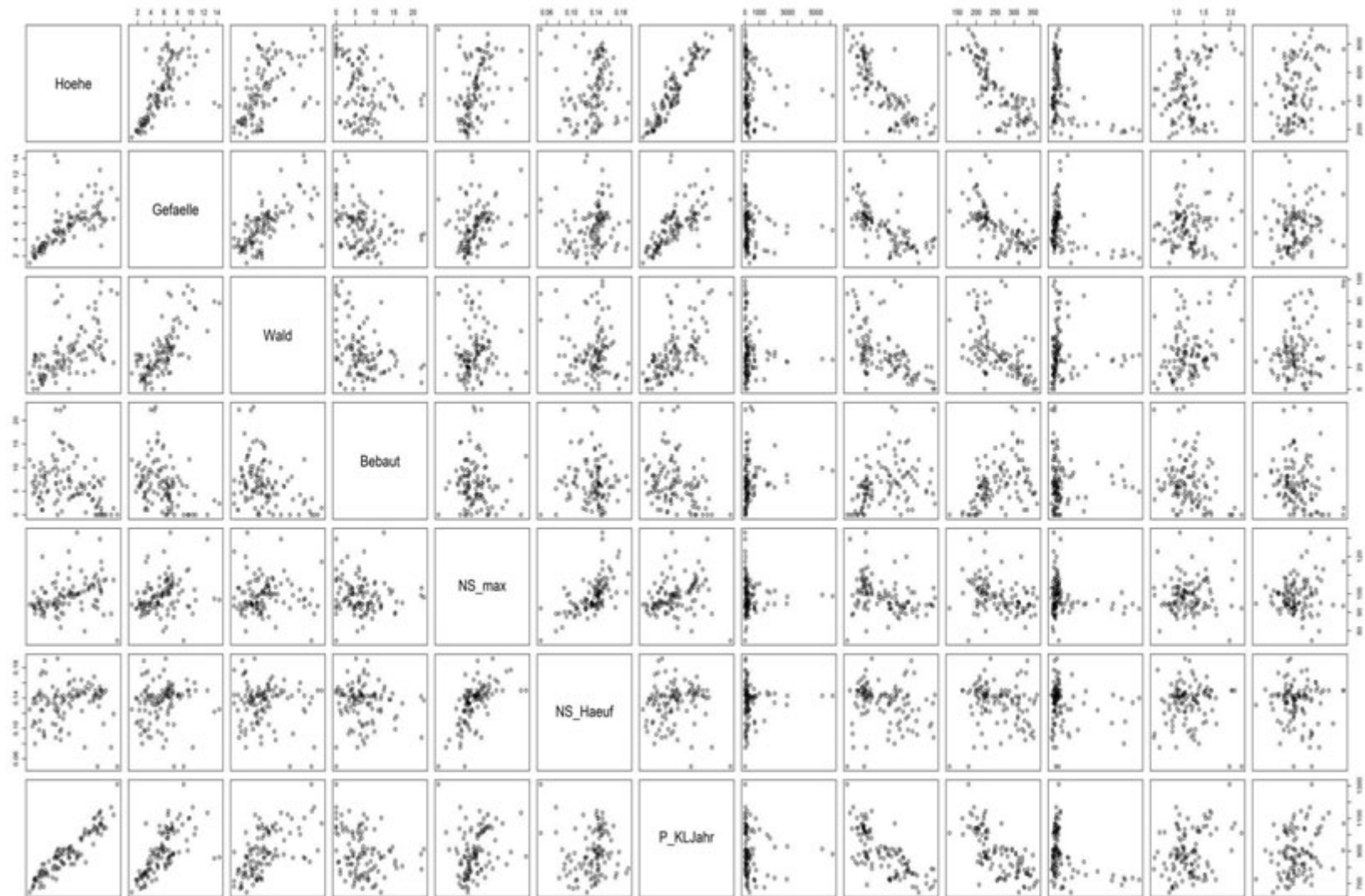
Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität [l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
155	Muldenberg 2	Weißer Mulde	4,1	0,732	0,914	96,84	0,00	3,24	760,0	111,2	0,150	1077,1	117,0	198,0	19,3
156	Munzig 1	Triebisch	119,8	0,321	1,292	29,45	4,60	4,67	309,0	94,6	0,133	779,7	177,1	297,9	19,7
157	Nemt 1	Mühlbach	57,4	0,245	0,919	26,21	2,83	1,42	155,2	85,3	0,120	680,8	196,5	302,3	39,4
158	Neudörfel	Trebnitzbach	17,8	0,317	0,888	17,55	4,12	8,08	520,5	91,9	0,109	866,6	129,3	221,0	16,8
159	Neuensalz	Rabenbach	19,9	0,558	0,723	28,52	10,58	4,32	476,4	91,0	0,126	814,0	141,2	238,6	18,5
160	Niederau	Niederauer Dorfbach	12,0	0,453	0,924	47,56	0,04	2,75	178,9	93,6	0,112	696,9	146,3	235,4	74,5
161	Niedercrinitz	Crinitzer Wasser	49,0	0,443	1,051	25,58	4,72	4,35	453,7	103,2	0,137	854,7	128,1	211,7	25,4
162	Oberittersgrün	Pöhlwasser	39,2	0,641	1,230	81,93	0,72	10,23	860,1	108,9	0,123	1219,1	125,3	209,9	19,5
163	Ostrau 1	Jahna	63,5	0,312	0,945	0,00	4,99	4,20	207,0	94,3	0,139	711,9	223,4	353,6	13,5
164	Radeberg	Große Röder	113,7	0,415	1,381	29,45	9,32	2,09	280,5	99,7	0,156	801,7	190,3	317,9	27,7
165	Ramoldsreuth	Feilebach	23,7	0,381	0,782	6,34	0,00	5,31	536,9	105,9	0,187	814,4	126,3	233,4	18,2
166	Rautenkranz	Zinsbach	7,6	0,559	1,170	100,00	0,00	4,96	677,7	113,9	0,150	1020,6	120,9	199,9	27,9
167	Reichwalde 2	Schwarzer Schöps	262,5	0,264	1,735	32,09	3,67	2,03	195,5	92,1	0,127	734,2	160,4	253,2	124,4
168	Rodewisch 1	Göltzsch	71,7	0,445	1,475	47,04	19,37	6,51	595,5	99,2	0,155	993,6	141,8	236,6	23,3
169	Rodlera	Aubach	4,6	0,475	0,779	31,40	7,87	3,70	422,7	82,9	0,150	745,1	110,5	207,4	12,6
170	Rottwerndorf	Gottleuba	146,0	0,407	1,113	39,24	4,64	6,63	476,5	99,1	0,121	808,0	124,0	219,6	25,9
171	Sachsengrund Alt	Große Pyra	8,3	0,508	1,948	89,84	0,00	9,29	884,5	84,0	0,072	1297,4	105,3	178,3	24,3
172	Schönlind 2	Haarbach	9,4	0,654	1,052	62,26	0,69	5,67	596,6	85,7	0,081	917,0	112,2	187,2	19,2
173	Sosa	Kleine Bockau	8,5	0,599	1,599	96,11	0,00	9,58	787,4	97,1	0,150	1259,1	122,0	202,3	28,4
174	Stützengrün 1	Weißbach	2,4	0,502	1,493	15,88	39,79	10,44	637,1	93,9	0,150	1018,2	124,9	205,9	30,8

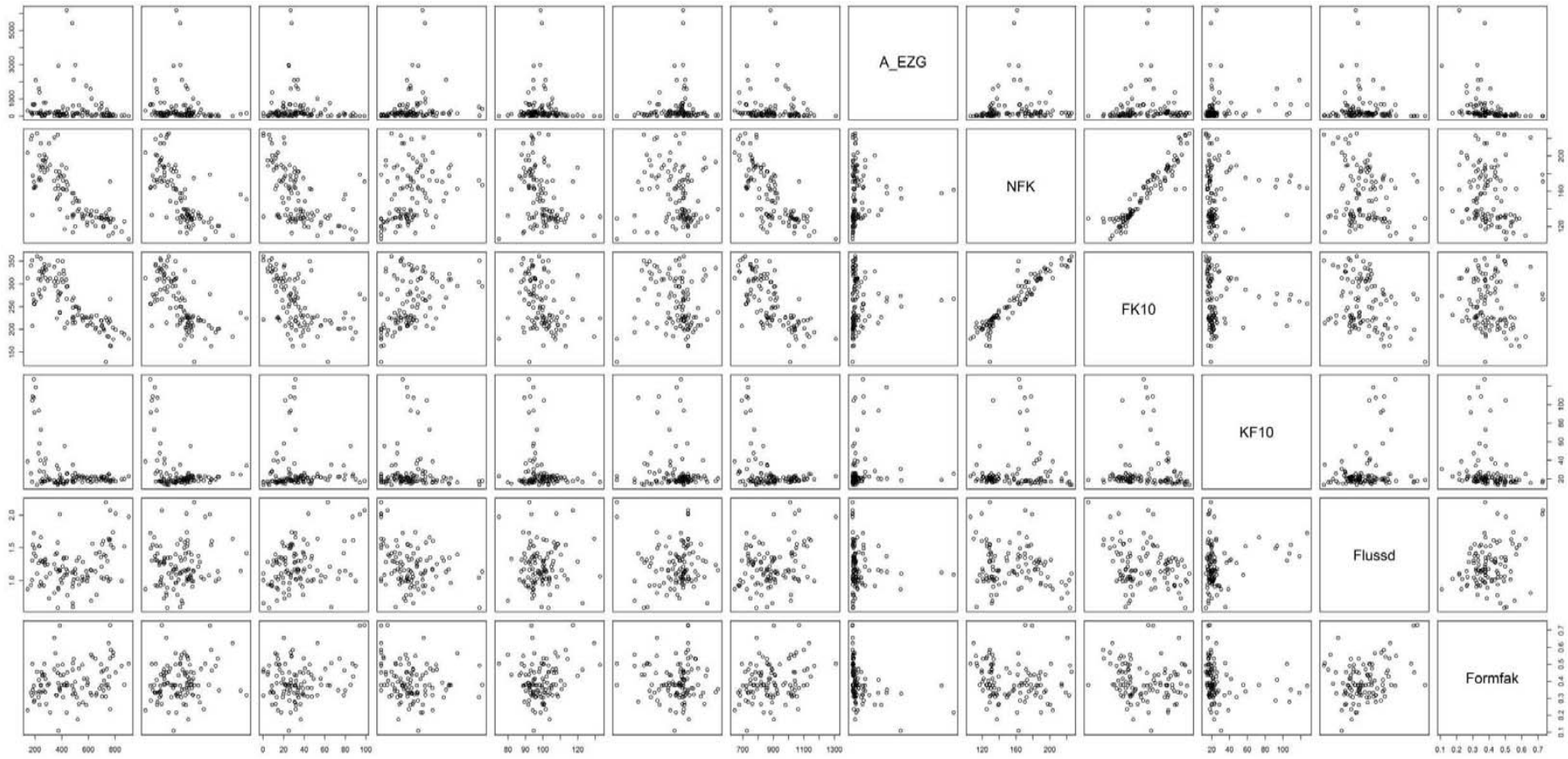
Lfd. Nr	Pegelname	Gewässer	EZG-Fläche [km²]	Formfaktor [-]	Flussdichte [km-1]	Waldanteil [%]	Bebauungsanteil [%]	mittleres Geländegefälle [°]	mittlere Geländehöhe [m]	Höchster Tagesniederschlag [mm]	Jährl. Häufigkeit von Tagesniederschlägen ≥ 50 mm	mittlerer jährlicher Niederschlag [mm]	nutzbare Feldkapazität[l/m²]	Feldkapazität [l/m²]	hydraulische Leitfähigkeit [cm/d]
175	Technitz	Freiberger Mulde	2828,9	0,380	1,090	25,80	7,25	5,74	517,6	98,1	0,141	938,2	148,3	245,3	18,5
176	Thaliwitz	Lossa	140,2	0,334	0,693	16,74	3,41	1,58	145,2	110,4	0,180	665,0	184,6	287,9	55,7
177	Waschleithe	Oswaldbach	13,2	0,658	0,794	66,30	7,01	5,61	659,8	121,0	0,150	1076,3	149,9	254,1	22,1
178	Wildenthal	Große Bockau	20,0	0,516	2,410	88,25	3,17	9,71	865,1	108,9	0,150	1285,1	138,9	220,9	27,2
179	Wolkenburg	Zwickauer Mulde	1419,6	0,284	1,193	41,73	11,99	6,55	539,9	102,9	0,146	957,9	148,8	251,8	21,2

Anlage 7: Tabellarische Darstellung der Ergebnisse des Tests auf Interkorrelation zwischen den Gebietskenngrößen

	Gefaele	Wald	Bebaut	NS_max	NS_Haeuf	P_KLJahr	A_EZG	NFK	FK10	KF10	Flussd	Formfak
<b>Hoehe</b>	0,67	0,54	-0,34	0,31	0,07	0,94	-0,10	-0,80	-0,79	-0,44	0,25	0,26
<b>Gefaele</b>		0,67	-0,35	0,25	0,09	0,68	-0,11	-0,65	-0,63	-0,38	0,11	0,17
<b>Wald</b>			-0,36	0,01	-0,09	0,61	-0,10	-0,54	-0,54	-0,03	0,36	0,23
<b>Bebaut</b>				-0,10	-0,04	-0,31	0,17	0,37	0,44	-0,02	-0,31	-0,20
<b>NS_max</b>					0,62	0,24	-0,05	-0,32	-0,33	-0,18	0,03	0,17
<b>NS_Haeuf</b>						0,02	0,07	-0,14	-0,11	-0,12	-0,03	-0,08
<b>P_KLJahr</b>							-0,08	-0,73	-0,71	-0,38	0,30	0,27
<b>A_EZG</b>								0,05	0,05	0,13	-0,11	-0,36
<b>NFK</b>									0,94	0,08	-0,21	-0,14
<b>FK10</b>										-0,01	-0,30	-0,14
<b>KF10</b>											0,23	-0,17
<b>Flussd</b>												0,30

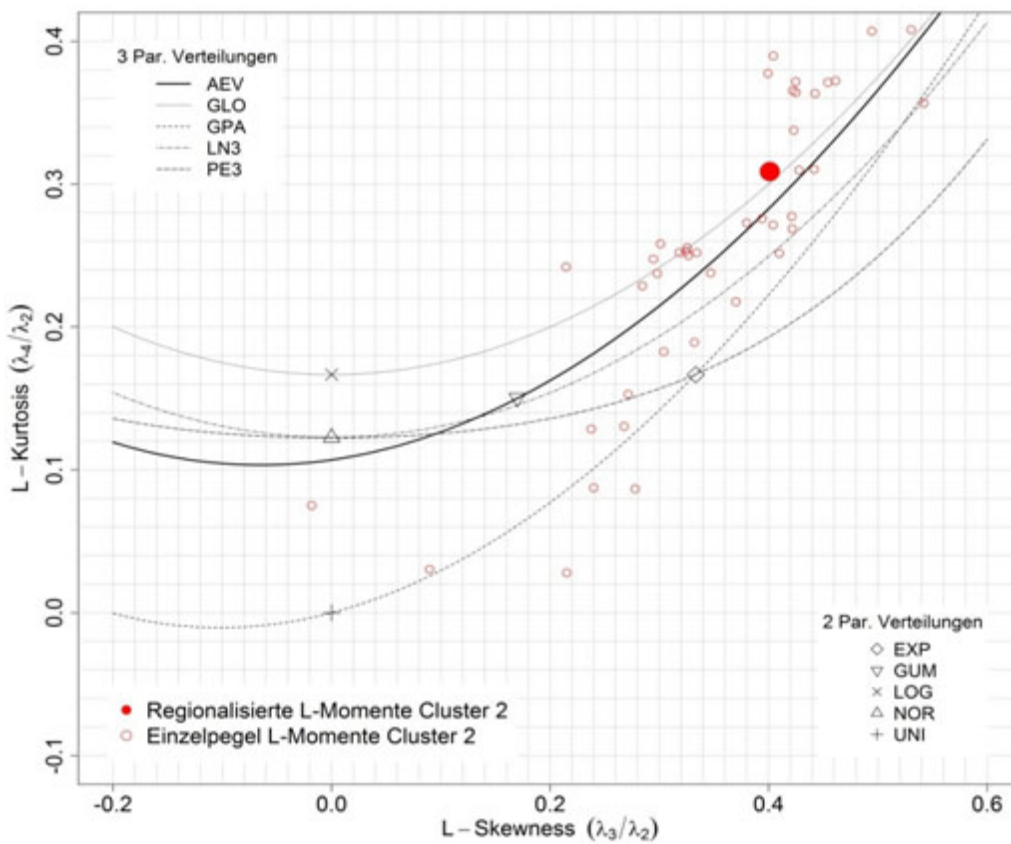
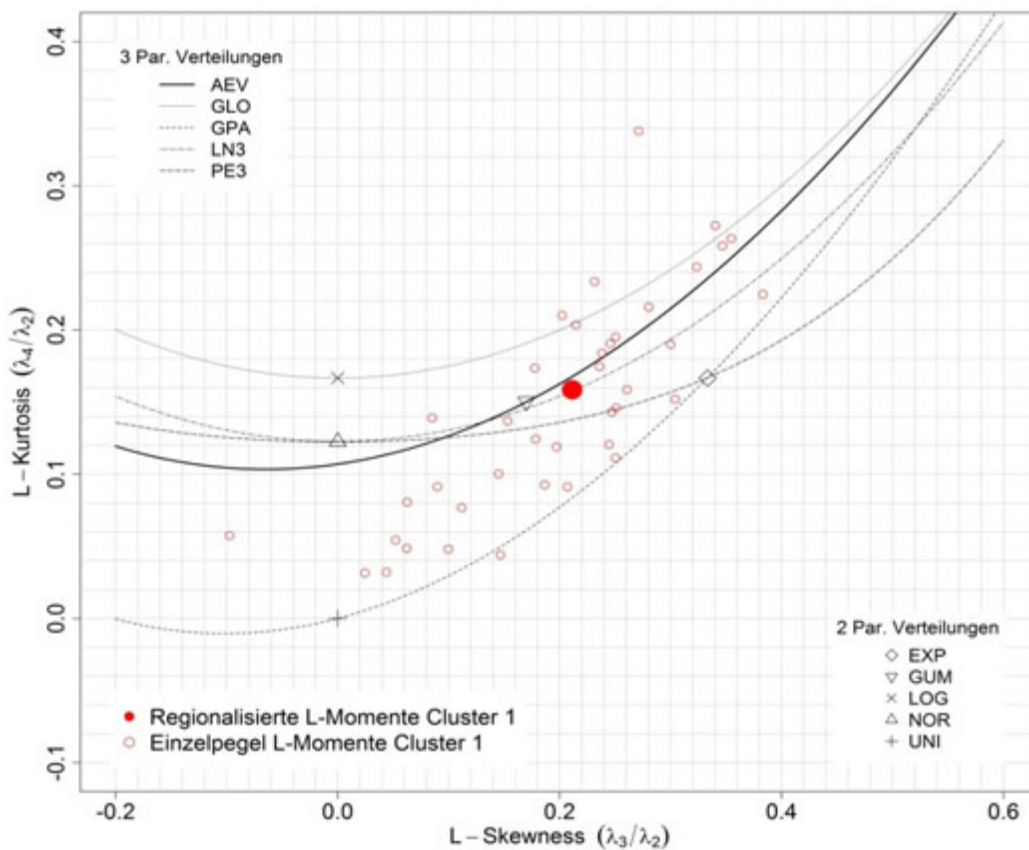
Anlage 8: Grafische Darstellung der Ergebnisse des Tests auf Interkorrelation zwischen den Gebietskenngrößen

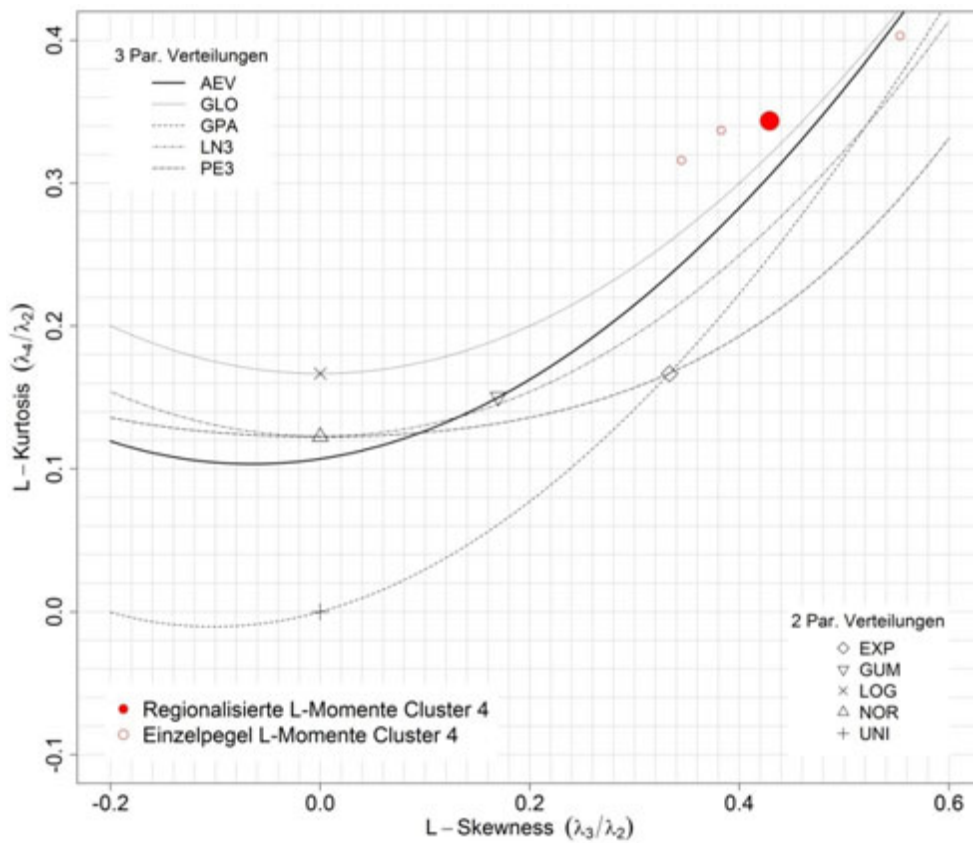
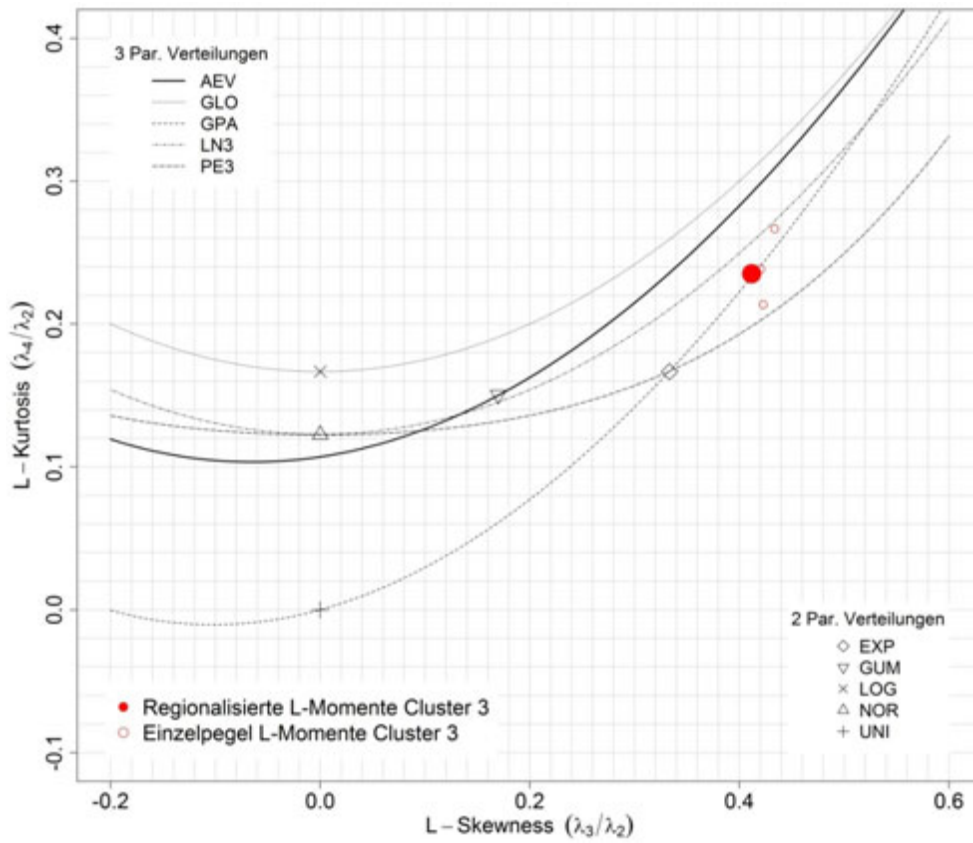






Anlage 9: L-Momente-Quotienten (L-Moment ratios) Diagramm für die Cluster 1 – 4





## Anlage 10: Abflusslängsschnitte der Lausitzer Neiße

Pegel	Gebietskennzahl	Abschnitt	EG- Fläche	Lage oh. Mündung	MHQ	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
			[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m <sup>3</sup> /s]									
Hartau	6741351	Abfluss	377,58	197,4	63,6	51,1	79,1	105,0	137,5	149,7	194,3	251,3	324,3	453,6
Hartau	6741359	Zufluss	377,58	197,4	63,6	51,1	79,1	105,0	137,5	149,7	194,3	251,3	324,3	453,6
	6741359	Abfluss	377,69	196,6	63,6	51,1	79,1	105,1	137,5	149,7	194,3	251,4	324,5	453,9
	674139	Zufluss	384,72	196,6	64,7	51,8	80,4	106,9	140,1	152,6	198,2	256,7	331,7	464,7
	674139	Abfluss	389,23	195,2	65,4	52,3	81,2	108,1	141,7	154,4	200,6	259,9	335,9	470,8
	674151	Zufluss	685,98	195,2	118,7	99,0	148,9	194,4	250,4	271,3	346,9	442,3	563,0	773,2
	674151	Abfluss	686,75	194,4	118,9	99,2	149,1	194,6	250,7	271,6	347,3	442,8	563,5	773,9
	6741531	Zufluss	693,97	194,4	120,2	100,4	150,9	196,8	253,4	274,5	350,8	447,0	568,7	780,6
Zittau 1	6741531	Abfluss	694,05	194,2	120,2	100,4	150,9	196,8	253,4	274,5	350,8	447,0	568,7	780,6
Zittau 1	6741539	Zufluss	694,05	194,2	120,2	100,4	150,9	196,8	253,4	274,5	350,8	447,0	568,7	780,6
	6741539	Abfluss	694,06	194,1	120,7	101,3	151,4	197,2	253,7	274,8	351,0	447,2	568,9	780,8
	6741551	Zufluss	715,25	194,1	130,8	109,9	164,0	212,7	272,3	294,4	374,3	474,6	601,0	820,4
	6741551	Abfluss	717,71	191,6	131,3	110,2	164,7	213,6	273,5	295,7	375,9	476,7	603,6	823,9
	6741559	Zufluss	723,81	191,6	132,4	110,9	166,1	215,6	276,2	298,6	379,7	481,6	609,8	832,1
	6741559	Abfluss	723,81	191,6	132,4	110,9	166,1	215,6	276,2	298,6	379,7	481,6	609,8	832,1
	674157	Zufluss	757,35	191,6	137,0	113,7	171,9	224,1	287,9	311,6	396,9	504,0	638,8	872,3
	674157	Abfluss	759,89	189,7	137,2	113,8	172,3	224,6	288,7	312,4	398,1	505,6	640,8	875,2
	674159	Zufluss	770,85	189,7	138,4	114,5	173,7	226,8	291,8	315,9	402,8	511,9	649,1	887,0
	674159	Abfluss	774,85	186,9	138,8	114,7	174,2	227,6	292,9	317,1	404,5	514,1	652,1	891,2
	67417	Zufluss	857,45	186,9	145,1	118,2	182,5	240,5	311,7	338,1	433,8	554,1	706,0	970,0
	67417	Abfluss	859,02	185,9	145,3	118,2	182,6	240,7	312,0	338,5	434,3	554,8	707,0	971,4

Pegel	Gebietskennzahl	Abschnitt	EG- Fläche	Lage oh. Mündung	MHQ	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
			[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m <sup>3</sup> /s]									
	6741911	Zufluss	878,82	185,9	146,5	118,9	184,2	243,2	315,8	342,8	440,3	563,2	718,5	988,7
Rosenthal	6741911	Abfluss	878,84	185,8	146,5	118,9	184,2	243,2	315,8	342,8	440,3	563,3	718,6	988,7
Rosenthal	6741919	Zufluss	878,84	185,8	146,5	118,9	184,2	243,2	315,8	342,8	440,3	563,3	718,6	988,7
	6741919	Abfluss	886,98	180,8	146,9	119,1	184,9	244,2	317,3	344,5	442,7	566,6	723,2	995,6
	674193	Zufluss	893,20	180,8	147,3	119,3	185,3	245,0	318,4	345,7	444,6	569,2	726,7	1000,9
	674193	Abfluss	898,96	177,3	147,6	119,5	185,8	245,7	319,5	346,9	446,2	571,5	729,9	1005,8
	6741951	Zufluss	903,51	177,3	147,9	119,6	186,1	246,2	320,3	347,8	447,5	573,4	732,5	1009,6
	6741951	Abfluss	908,35	175,7	148,2	119,7	186,4	246,8	321,1	348,8	448,9	575,3	735,1	1013,6
	6741959	Zufluss	910,52	175,7	148,3	119,8	186,6	247,0	321,5	349,2	449,5	576,1	736,3	1015,4
	6741959	Abfluss	913,49	172,5	148,4	119,9	186,8	247,4	322,0	349,8	450,4	577,3	738,0	1017,9
	674199	Zufluss	922,53	172,5	148,9	120,1	187,4	248,4	323,5	351,5	452,9	580,9	742,9	1025,3
	674199	Abfluss	929,65	168,8	149,3	120,3	187,9	249,2	324,7	352,9	454,8	583,6	746,7	1031,1
	67431	Zufluss	1256,37	168,8	162,1	126,4	204,7	277,5	368,7	403,1	529,0	690,6	898,4	1267,8
	67431	Abfluss	1261,91	165,8	162,3	126,5	205,0	277,8	369,4	403,8	530,1	692,2	900,7	1271,4
	67433	Zufluss	1425,92	165,8	167,0	128,7	211,2	288,7	386,8	423,9	560,5	737,2	966,1	1376,5
	67433	Abfluss	1426,91	163,8	167,0	128,7	211,2	288,8	386,9	424,0	560,7	737,5	966,5	1377,1
	67435	Zufluss	1435,81	163,8	167,3	128,8	211,5	289,3	387,8	425,1	562,3	739,8	969,9	1382,6
	67435	Abfluss	1436,61	160,3	167,3	128,8	211,6	289,4	387,9	425,1	562,4	740,0	970,3	1383,1
	67439	Zufluss	1446,15	160,3	167,5	128,9	211,9	290,0	388,8	426,2	564,1	742,5	973,9	1389,0
	67439	Abfluss	1483,70	154,9	168,5	129,3	213,2	292,2	392,5	430,5	570,6	752,2	988,1	1412,1
	674511	Zufluss	1615,08	154,9	171,7	130,7	217,5	299,8	404,9	444,8	592,6	785,1	1036,5	1491,0
	674511	Abfluss	1615,24	154,1	171,7	130,7	217,5	299,8	404,9	444,8	592,6	785,1	1036,5	1491,1
	6745191	Zufluss	1623,43	154,1	171,9	130,8	217,7	300,3	405,6	445,7	593,9	787,1	1039,5	1495,9

Pegel	Gebietskennzahl	Abschnitt	EG- Fläche	Lage oh. Mündung	MHQ	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
			[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m <sup>3</sup> /s]									
Görlitz	6745191	Abfluss	1632,67	151,3	172,1	130,9	218,0	300,8	406,5	446,6	595,4	789,4	1042,8	1501,3
Görlitz	6745199	Zufluss	1632,67	151,3	172,1	130,9	218,0	300,8	406,5	446,6	595,4	789,4	1042,8	1501,3
	6745199	Abfluss	1640,15	147,4	170,9	130,3	216,4	298,2	402,5	442,1	588,7	779,6	1028,9	1479,4
	67453	Zufluss	1703,55	147,4	170,9	130,3	216,4	298,2	402,5	442,1	588,7	779,6	1028,9	1479,4
	67453	Abfluss	1719,95	140,6	168,7	129,2	213,7	293,6	395,4	434,0	576,8	762,4	1004,3	1440,8
	674551	Zufluss	1763,96	140,6	168,7	129,2	213,7	293,6	395,4	434,0	576,8	762,4	1004,3	1440,8
	674551	Abfluss	1770,13	137,7	167,8	128,8	212,5	291,7	392,4	430,6	571,7	755,1	993,8	1424,3
	674559	Zufluss	1786,35	137,7	167,8	128,8	212,5	291,7	392,4	430,6	571,7	755,1	993,8	1424,3
	674559	Abfluss	1816,02	129,0	165,0	127,4	208,9	285,8	383,3	420,2	556,4	732,9	962,2	1374,5
	674571	Zufluss	1883,88	129,0	165,0	127,4	208,9	285,8	383,3	420,2	556,4	732,9	962,2	1374,5
	674571	Abfluss	1902,75	120,8	162,4	126,1	205,7	280,4	374,9	410,6	542,2	712,3	932,8	1328,3
	674573	Zufluss	1908,31	120,8	162,4	126,1	205,7	280,4	374,9	410,6	542,2	712,3	932,8	1328,3
	674573	Abfluss	1933,06	108,5	158,5	124,2	200,7	272,1	362,1	396,0	520,6	681,1	888,3	1258,2
	674579	Zufluss	1949,18	108,5	158,5	124,2	200,7	272,1	362,1	396,0	520,6	681,1	888,3	1258,2
	674579	Abfluss	1949,18	108,4	158,5	124,2	200,6	272,1	362,0	396,0	520,5	681,0	888,1	1258,0
	674591	Zufluss	2026,65	108,4	158,5	124,2	200,6	272,1	362,0	396,0	520,5	681,0	888,1	1258,0
	674591	Abfluss	2036,65	104,6	157,3	123,6	199,1	269,5	358,1	391,4	513,9	671,4	874,4	1236,3
	6745991	Zufluss	2056,69	104,6	157,3	123,6	199,1	269,5	358,1	391,4	513,9	671,4	874,4	1236,3
	6745991	Abfluss	2074,10	100,8	156,1	123,0	197,5	266,9	354,1	386,9	507,2	661,6	860,5	1214,5
	67459991	Zufluss	2074,10	100,8	156,1	123,0	197,5	266,9	354,1	386,9	507,2	661,6	860,5	1214,5
Podrosche 2	67459991	Abfluss	2074,13	100,8	156,1	123,0	197,5	267,0	354,1	386,9	507,2	661,7	860,7	1214,7
Podrosche 2	67459999	Zufluss	2074,13	100,8	156,1	123,0	197,5	267,0	354,1	386,9	507,2	661,7	860,7	1214,7
	67459999	Abfluss	2111,53	85,8	151,3	120,7	191,5	256,9	338,6	369,2	481,1	623,8	806,6	1129,6

Pegel	Gebietskennzahl	Abschnitt	EG- Fläche	Lage oh. Mündung	MHQ	HQ <sub>2</sub>	HQ <sub>5</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>20</sub>	HQ <sub>25</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>200</sub>	HQ <sub>500</sub>
			[km <sup>2</sup> ]	[km]	[m <sup>3</sup> /s]									
	674711	Zufluss	2334,89	85,8	151,3	120,7	191,5	256,9	338,6	369,2	481,1	623,8	806,6	1129,6
	674711	Abfluss	2335,77	84,4	150,8	120,4	190,9	255,9	337,1	367,5	478,5	620,1	801,3	1121,3
	674719	Zufluss	2431,60	84,4	150,8	120,4	190,9	255,9	337,1	367,5	478,5	620,1	801,3	1121,3
	674719	Abfluss	2442,63	80,4	149,6	119,8	189,3	253,3	333,0	362,8	471,6	610,1	787,1	1098,9
	674731	Zufluss	2528,53	80,4	149,6	119,8	189,3	253,3	333,0	362,8	471,6	610,1	787,1	1098,9
	674731	Abfluss	2536,77	77,1	148,5	119,3	187,9	251,1	329,6	358,9	465,9	601,8	775,2	1080,2
	674739	Zufluss	2547,57	77,1	148,5	119,3	187,9	251,1	329,6	358,9	465,9	601,8	775,2	1080,2
	674739	Abfluss	2558,35	74,0	147,5	118,8	186,7	249,0	326,3	355,3	460,4	593,9	764,0	1062,5
	67475	Zufluss	2639,80	74,0	147,5	118,8	186,7	249,0	326,3	355,3	460,4	593,9	764,0	1062,5
	67475	Abfluss	2642,64	71,8	146,8	118,5	185,8	247,5	324,1	352,7	456,6	588,4	756,0	1050,1
	674771	Zufluss	2666,78	71,8	146,8	118,5	185,8	247,5	324,1	352,7	456,6	588,4	756,0	1050,1
	674771	Abfluss	2682,58	68,4	145,8	117,9	184,4	245,2	320,5	348,6	450,6	579,8	743,8	1030,8
	67477311	Zufluss	2701,38	68,4	145,8	117,9	184,4	245,2	320,5	348,6	450,6	579,8	743,8	1030,8
Klein Bademeusel	67477311	Abfluss	2732,12	62,1	143,8	116,9	181,9	241,0	314,0	341,2	439,6	563,9	721,1	995,1

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autoren:**

Dr. Jörg Walther, Björn Fischer, Susanna Horn  
DHI-WASY GmbH, Niederlassung Dresden  
E-Mail: dresden@dhi-wasy.de  
Prof. Dr. Ralf Merz  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Department Catchment Hydrology  
Halle/Saale  
E-Mail: ralf.merz@ufz.de  
Jose Luis Salinas Illarena  
Technische Universität Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie  
E-Mail: jose.illarena@tuwien.ac.at  
Assoc. Prof. Dr. Gregor Laaha  
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Statistik und EDV  
E-Mail: gregor.laaha@boku.ac.at

**Redaktion:**

Uwe Büttner  
LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Landeshochwasserzentrum,  
Gewässerkunde  
Zur Wetterwarte 3, 01109 Dresden  
Telefon: + 49 351 8928-4512  
Telefax: + 49 351 8928-4099;  
E-Mail: uwe.buettner@smul.sachsen.de

**Redaktionsschluss:**

01.12.2011

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.