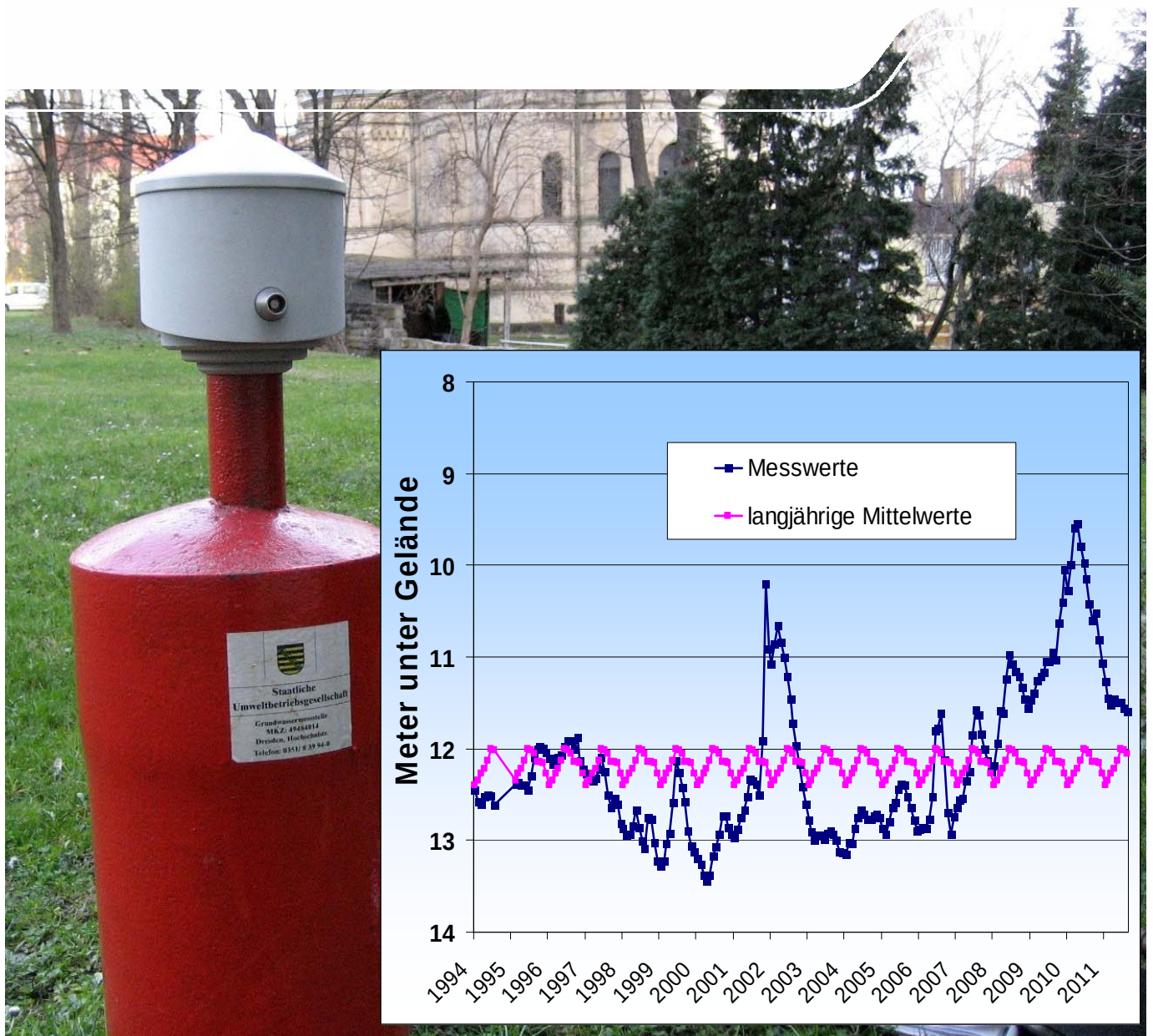


Hochwassersituation im Grundwasser 2010/2011

Schriftenreihe, Heft 28/2012



Auswertung der Hochwassersituation im Grundwasser 2010/2011

Sybille Wendel, Hannaleena Pöhler, Jörg Scherzer

1	Aufgabenstellung	10
2	Datengrundlage	10
2.1	Übersicht	10
2.2	Plausibilitätsprüfung.....	10
2.3	Niederschlagskorrektur und -interpolation	11
3	Untersuchungsgebiet.....	15
3.1	Allgemeine Charakterisierung.....	15
3.2	Grundwassermessnetz	17
4	Methoden.....	19
4.1	Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung	19
4.1.1	Bezugspegel	19
4.1.2	Pardé-Koeffizient	19
4.1.3	Abflusskoeffizient.....	20
4.1.4	Berechnung der Grundwasserneubildung (GWN*)	20
4.2	Statistische Auswertung der Zeitreihen	22
4.2.1	Test auf Normalverteilung.....	22
4.2.2	Test auf Stationarität.....	22
4.2.3	Trendermittlung.....	22
4.2.4	Bruchpunktanalyse	22
4.2.5	Regressionsanalyse Grundwasserstandsentwicklung und Niederschlagsintensität	24
4.2.6	Einfluss externer Faktoren: Visuelle Analyse und ANOVA	24
4.2.6.1	Visuelle Analyse.....	24
4.2.6.2	analysis of variance - ANOVA.....	25
4.3	Grundwasserbeschaffenheit	25
5	Ergebnisse	26
5.1	Meteorologische und hydrologische Situation 2010/11 und August/September 2010	26
5.1.1	Meteorologische Situation.....	26
5.1.1.1	Überblick.....	26
5.1.1.2	August/September 2010	28
5.1.2	Hydrologische Situation der Oberflächengewässer	29
5.1.2.1	Überblick.....	29
5.1.2.2	Situation vor August 2010.....	30
5.1.2.3	Hochwassereignisse 6.8.-8.8.2010, 16./17.8.2010, 27.9.2010	30
5.1.2.4	Situation nach September 2010.....	31
5.1.3	Hydrologische Situation im Grundwasser	31
5.2	Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung.....	33
5.2.1	Berechnung der Grundwasserneubildung*	33
5.2.2	Bewertung.....	34
5.3	Statistische Auswertung der Zeitreihen	38
5.3.1	Vorbereitende Datenanalyse	38
5.3.2	Trendanalyse	38
5.3.3	Bruchpunktanalyse	40
5.3.4	Zusammenfassende Betrachtung der Gebiete mit anthropogen überprägter Grundwasserdynamik.....	45
5.3.5	Regressionsanalyse Grundwasserstände/Niederschlagsintensität.....	46
5.4	Zusammenhänge zwischen oberirdischen Hochwässern und Grundhochwasser	47
5.5	Einflüsse auf die Grundwasserstandsentwicklung.....	53
5.5.1	Visuelle Analyse.....	53
5.5.2	ANOVA: natürlicher Einfluss	58
5.5.3	ANOVA: anthropogener Einfluss.....	67

5.6	Prüfung des Einflusses des Grundhochwassers auf die Grundwasserbeschaffenheit	68
6	Diskussion und Ausblick	71
7	Zusammenfassung	72
8	Literatur	73
9	Anhang	76
9.1	Datengrundlage	76
9.2	Bezugspegel	78
9.3	Meteorologie	84
9.4	Grundwasserstandsentwicklung	91
9.5	Ausreißertest (Grundwasserstand)	142
9.6	Statistische Auswertungen	153

Abbildung 1:	Mittlerer Jahresniederschlag in Sachsen (1961-1990); Interpolation mit WaSiM-ETH	13
Abbildung 2:	Mittlerer Jahresniederschlag in Sachsen (1961-1990) (Quelle: LfULG, vgl. Tabelle 14)	14
Abbildung 3:	Untersuchungsgebiet mit Naturräumen (nach BERNHARDT et al. 1986)	15
Abbildung 4:	Gesteinsart und Störungen im Untersuchungsgebiet	17
Abbildung 5:	Messstellen Grundwasserstand in Sachsen	18
Abbildung 6:	Messstellen Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen	18
Abbildung 7:	Grundwasserkörper in Sachsen, untersuchte Grundwassermessstellen und Pegel.....	19
Abbildung 8:	Durchlässigkeit und Porosität an den Grundwassermessstellen	21
Abbildung 9:	Bruchpunktanalyse, Grundwassermessstation Böhla.....	24
Abbildung 10:	Klimastation Dresden-Klotzsche: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)	27
Abbildung 11:	Klimastation Fichtelberg: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)	27
Abbildung 12:	Klimastation Görlitz: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)	28
Abbildung 13:	Klimastation Leipzig-Halle: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)	28
Abbildung 14:	Pardé-Koeffizienten (1971-2000): zeitliche Lage des Maximums an den Untersuchungspegeln	30
Abbildung 15:	Abweichung der Grundwasserstände und des Oberflächenabflusses (August bis Oktober 2010) vom langjährigen Bezugszeitraum (August bis Oktober, 1971-2000).....	32
Abbildung 16:	Grundwasserstand an der Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2 mit Gebietsniederschlag und Abfluss für das Einzugsgebiet der Elbe (Dresden	32
Abbildung 17:	Mittlere monatliche Grundwasserneubildung* (GWN*, 1971-2000): Alle Grundwassermessstellen.....	33
Abbildung 18:	Mittlere monatliche Grundwasserneubildung* (GWN*, 1971-2000) im Grundwasserkörper SAL GW 60, Vergleich mit Messwerten (mittlere monatliche Sickerwassermengen) der Lysimeterstation Brandis (Typkurven a, b, c).....	34
Abbildung 19:	Grundwasserstandsentwicklungstypen an den Grundwassermessstellen.....	35
Abbildung 20:	Grundwasserkörper SAL GW 053, Grundwassermessstelle Königswalde B85 und Ruppertsgruen, Pegel Neukirchen/Pleiße; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*	36
Abbildung 21:	Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Greifenhain, Bad Lausick, Belgershain und Oelzschau, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*	37
Abbildung 22:	Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Arnsdorf, Thierbaum, Weissbach, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*	38
Abbildung 23:	Ergebnisse der Trendanalyse (Mann-Kendall-Test) für Grundwasserstände und Quellschüttungen (Datengrundlage: Einzelwerte); Hintergrund: Trinkwasserschutzgebiete und Absenkungsgebiete	39
Abbildung 24:	Ergebnisse der Trendanalyse ((Mann-Kendall-Test) für Grundwasserstände und Quellschüttungen (Datengrundlage: Einzelwerte); Hintergrund: Änderung der klimatischen Wasserbilanz zwischen 1961-1990 und 1971-2000 (Quelle: RaKliDa).....	40
Abbildung 25:	Anzahl der Bruchpunkte pro Jahr für alle untersuchten Grundwasserstände und Quellschüttungen	41
Abbildung 26:	Zeitliche Verteilung der Bruchpunkttypen bei Grundwasserständen und Quellschüttungen im Untersuchungsgebiet.....	42
Abbildung 27:	Bruchpunkte bezüglich Mittelwerte: Zeitpunkt der Bruchpunkte	43
Abbildung 28:	Bruchpunkttypen bezüglich Mittelwert	43
Abbildung 29:	Bruchpunkte bezüglich Steigung: Zeitpunkte der Bruchpunkte	44
Abbildung 30:	Bruchpunkttypen bezüglich Steigung	44
Abbildung 31:	Bruchpunktanalyse: Ergebnis für die Grundwassermessstation Benndorf	45
Abbildung 32:	Bruchpunktanalyse: Ergebnis für die Grundwassermessstation Lindhardt Waldrand B1966	46
Abbildung 33:	Regressionsanalyse zwischen Grundwasserstand und Niederschlagsintensität: Ergebnis für alle Grundwassermessstellen August bis Oktober 2010; R ² : Regressionskoeffizient	47

Abbildung 34:	Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2, Abflusspegel Dresden/Elbe und Gebietsniederschlag	50
Abbildung 35:	Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Kleinbernsdorf B 29/25, Abflusspegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde und Gebietsniederschlag .	51
Abbildung 36:	Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Lindhardt Waldrand B1966, Abflusspegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Gladegraben und Gebietsniederschlag	52
Abbildung 37:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Deckschichten“ (hier: Hangschutt)	53
Abbildung 38:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ (hier: Teilraum Lausitzer Randleistozän)	54
Abbildung 39:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Geologie“ (hier: Verfestigung: Lockergestein, Gesteinsart: Sediment, Hohlraumart: Porengrundwasserleiter, Durchlässigkeit: > 1E-5 bis 1E-3)	55
Abbildung 40:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Naturraum“ (hier: Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet)	56
Abbildung 41:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Landnutzung“ (hier: Nadelwald)	57
Abbildung 42:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss: Gangliniengruppe „Wasserschutzgebiete“	57
Abbildung 43:	Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss: Gangliniengruppe „Absenkungsgebiete“	58
Abbildung 44:	Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ und Grundwasserstandsentwicklungstypen, räumliche Darstellung	60
Abbildung 45:	Hauptgruppen von Grundwasserstandsentwicklungstypen	63
Abbildung 46:	Gangliniengruppe „Hohlraumart“: Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp	64
Abbildung 47:	Gangliniengruppe „Verfestigung“ (Locker- und Festgestein): Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp	65
Abbildung 48:	Grundwasserstandsentwicklungstypen und Verfestigung im Untersuchungsgebiet	65
Abbildung 49:	Gangliniengruppe „Gesteinsart“ (Sediment-, Magmatit- und Metamorphitgestein): Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp	66
Abbildung 50:	Grundwasserstandsentwicklungstypen und Gesteinsart im Untersuchungsgebiet	67
Abbildung 51:	Beschaffenheit an der Messstelle Laussig mit Grundwasserstandsentwicklung an der Messstelle Zschepplin .	70
Abbildung 52:	Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa, vom 4. bis 8. August 2010 (www.wetterzentrale.de)	84
Abbildung 53:	Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa vom 12. bis 16. August 2010 (www.wetterzentrale.de)	85
Abbildung 54:	Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa vom 25. bis 29. September 2010 (www.wetterzentrale.de)	86
Abbildung 55:	Grundwasserkörper SAL GW 016, Grundwassermessstelle Thronitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	94
Abbildung 56:	Grundwasserkörper SAL GW 052, Grundwassermessstellen Hohenheida, Schkeuditz und Leipzig Holzhausen, Pegel Leipzig-Thekla; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	95
Abbildung 57:	Grundwasserkörper SAL GW 060, Grundwassermessstellen Brandis, Leipzig Althen-Kleinpösna, Liebertwolkwitz und Kleinbardau, Pegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	96
Abbildung 58:	Grundwasserkörper SAL GW 060, Grundwassermessstellen Gerichshain, Leipzig Althen-Kleinpösna, Lindhardt Waldrand B1966 und Grethen, Pegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	97
Abbildung 59:	Grundwasserkörper SAL GW 059, Grundwassermessstellen Kieritzsch, Benndorf, Gatzsch, Drosskau und Ramsdorf, Pegel Böhlen/Pleiße und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	98
Abbildung 60:	Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Streitwald, Priessnitz, Hopfgarten und Otterwisch, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	99

Abbildung 61:	Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Greifenhain, Bad Lausick, Belgershain und Oelzschau, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	100
Abbildung 62:	Grundwasserkörper SAL GW 054, Grundwassermessstelle Trünzig Schule, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	101
Abbildung 63:	Grundwasserkörper SAL GW 034, Grundwassermessstelle Königswalde B85 und Ruppertsgruen, Pegel Neukirchen/Pleiße; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	102
Abbildung 64:	Grundwasserkörper SAL GW 045, Grundwassermessstelle Losa B1966, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	103
Abbildung 65:	Grundwasserkörper SAL GW 044, Grundwassermessstelle Schneidenbach W 1925, Pegel Mylau/Göltzsch; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	104
Abbildung 66:	Grundwasserkörper SAL GW 043, Grundwassermessstellen Altmannsgruen B1900, Oberwürschnitz, Adorf B12/5/62 und Neudorf W 1856, Pegel Hasenmühle/Trieb, Oelsnitz/Weiße Elster und Adorf Weiße Elster; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	105
Abbildung 67:	Grundwasserkörper VM 1-3, Grundwassermessstellen Paschwitz und Battaune, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	106
Abbildung 68:	Grundwasserkörper VM 1-1, Grundwassermessstellen Sausedlitz, Zschepplin und Goebischelwitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	107
Abbildung 69:	Grundwasserkörper VM 1-2-1, Grundwassermessstellen Grubnitz, Altenhain und Sermuth, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	108
Abbildung 70:	Grundwasserkörper VM 1-2-1, Grundwassermessstellen Grubnitz, Altenhain und Sermuth, Pegel Thallwitz/Lossa; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	109
Abbildung 71:	Grundwasserkörper VM 1-2-2, Grundwassermessstellen Moertitz und Eilenburg B6/69, Pegel Bad Düben /Vereinigte Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	110
Abbildung 72:	Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Arnsdorf, Thierbaum und Weissbach, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	111
Abbildung 73:	Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Colditz, Kleinbernsdorf B29/25, Lunzenau, Burgstaedt und Arras, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	112
Abbildung 74:	Grundwasserkörper ZM 2-2, Grundwassermessstellen Bernsdorf und Schlunzig, Pegel St. Egidien/	113
Abbildung 75:	Grundwasserkörper ZM 1-1, Grundwassermessstellen Schneppendorf und Muelsen-St-Niclas, Pegel Zwickau-Pölbitz/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	114
Abbildung 76:	Grundwasserkörper FM 2-1, Grundwassermessstellen Gleisberg und Doebein, Pegel Nossen/ Freiberger Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	115
Abbildung 77:	Grundwasserkörper FM 4-1, Grundwassermessstellen Chemnitz Ebersdorf, Knobelsdorf und Altmittweida, Pegel Lichtenwalde/Zschopau; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	116
Abbildung 78:	Grundwasserkörper FM 1, Grundwassermessstellen Freiberg B15/26, Pegel Berthelsdorf/Freiberger Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	117
Abbildung 79:	Grundwasserkörper EL 3-1, Grundwassermessstelle Dahlenberg B72/1979, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	118
Abbildung 80:	Grundwasserkörper EL 2-1, Grundwassermessstelle Wildenhain B2/62, Pegel Torgau/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	119
Abbildung 81:	Grundwasserkörper EL 2-2, Grundwassermessstelle Röderau Bwhs., Pegel Riesa/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	120
Abbildung 82:	Grundwasserkörper EL 2-5+6, Grundwassermessstellen Bornitz, Schweta, Lampersdorf und Abblauß, Pegel Nebitzschen/Döllnitz und Merzdorf/Döllnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	121
Abbildung 83:	Grundwasserkörper EL 2-5+6, Grundwassermessstellen Olganitz, Sörnewitz, Naundorf und Wermsdorf, Pegel Nebitzschen/Döllnitz und Merzdorf/Döllnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	122

Abbildung 84:	Grundwasserkörper EL 2-4, Grundwassermessstellen Stauchritz, Nickritz, Zschaitz, Dörschnitz HyLmc 118/92 und Leutewitz, Pegel Seerhausen/Jahna und Ostrau/Jahna; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	123
Abbildung 85:	Grundwasserkörper EL 2-3, Grundwassermessstelle Medessen, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	124
Abbildung 86:	Grundwasserkörper EL 1-3, Grundwassermessstelle Kreyern, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	124
Abbildung 87:	Grundwasserkörper EL 1-1+2, Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2, Pegel Dresden/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	125
Abbildung 88:	Grundwasserkörper EL 1-10, Grundwassermessstelle Deutschenbora, Pegel Rothschönberg/Triebisch; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	126
Abbildung 89:	Grundwasserkörper EL 1-4, Grundwassermessstelle Rammenau, Pegel Bischofswerda/Wesenitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	127
Abbildung 90:	Grundwasserkörper EL 1-9, Grundwassermessstelle Ulberndorf, Pegel Dippoldiswalde/Rote Weißeritz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	128
Abbildung 91:	Grundwasserkörper EL 1-8, Grundwassermessstelle Schlottwitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	128
Abbildung 92:	Grundwasserkörper EL 1-6-1, Grundwassermessstelle Polenztal Hy Sca 1/82, 5.GWB, Pegel Porschdorf/Lachsbad; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	129
Abbildung 93:	Grundwasserkörper EL 1-5, Grundwassermessstelle Neukirch, Pegel Bischofswerda/Wesenitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	130
Abbildung 94:	Grundwasserkörper SE 3-1, Grundwassermessstellen Bauda und Spansberg Schule, Pegel Zabeltitz 1/ Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	131
Abbildung 95:	Grundwasserkörper SE 3-1, Grundwassermessstellen Walda und Oelsnitz, Pegel Zabeltitz 1/ Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	132
Abbildung 96:	Grundwasserkörper SE 2-1, Grundwassermessstellen Laußnitz W1, Böhla und Frauenhain, Pegel Königsbrück/Pulsnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	133
Abbildung 97:	Grundwasserkörper SE 1-2, Grundwassermessstellen Neschwitz, Luga Hy Koa 8/71 und Kleingaussig Hy Saf 8/70, Pegel Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pitzschwitz/Langes Wasser und Schönau/Klosterwasser;	134
Abbildung 98:	Grundwasserkörper SE 1-2, Grundwassermessstellen Leutwitz, Cunnewitz und Burkau, Pegel Zescha/ Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pitzschwitz/Langes Wasser und Schönau/Klosterwasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	135
Abbildung 99:	Grundwasserkörper SP 2-1, Grundwassermessstellen Trebus, Spree, Mückenhain, Biehhain und Gehege, Pegel Hähnichen/Neugraben und Särichen/Weißer Schöps; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	136
Abbildung 100:	Grundwasserkörper SP 1-1, Grundwassermessstellen Ebersbach und Crostau, Pegel Schirgiswalde/ Spree; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	137
Abbildung 101:	Grundwasserkörper SP 1-2, Grundwassermessstellen Weißenberg, Hochkirch, Bischof und Eiserode, Pegel Lieske/Spree, Gröditz/Löbauer Wasser, Drehsa/Drehsaer Wasser, Großschweidnitz/Löbauer Wasser und Wuischke/Wuischker Wasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	138
Abbildung 102:	Grundwasserkörper SP 1-2, Grundwassermessstellen Neudorf, Schönbach und Glossen, Pegel Lieske/Spree, Gröditz/Löbauer Wasser, Drehsa/Drehsaer Wasser, Großschweidnitz/Löbauer Wasser und Wuischke/ Wuischker Wasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	139
Abbildung 103:	Grundwasserkörper SP 2-2, Grundwassermessstellen Königshain, Ebersbach und Markersdorf, Pegel Königshain/Königshainer Wasser und Holtendorf/Weißer Schöps; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	140
Abbildung 104:	Grundwasserkörper NE 2, Grundwassermessstellen Strahwalde und Dittelsdorf, Pegel Rosenthal/Lausitzer Neiße und Rennersdorf 1/Petersbach; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung	141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Plausibilitätsprüfung der Niederschlag-, Temperatur- und Abflussdaten. +: Alle Werte plausibel	11
Tabelle 2:	Abhängigkeit von ε und b von der Niederschlagsart und der Stationslage (Richter 1995)	12
Tabelle 3:	Signifikanzgrenzen von Trends (KLIWA 2006).....	22
Tabelle 4:	Visuelle Analyse und ANOVA: Gangliniengruppen. huek: Hydrogeologische Übersichtskarte; gwk: Grundwasserkörper (shapefile); wsg: Wasserschutzgebiete (shapefile).....	25
Tabelle 5:	Jahresniederschlag: Vergleich von Messdaten (DWD) des hydrologischen Jahres 2010 mit dem langjährigen Mittel (1971-2010)	26
Tabelle 6:	Jahresmitteltemperatur: Vergleich von Messdaten (DWD) des hydrologischen Jahres 2010 mit dem langjährigen Mittel (1971-2010)	26
Tabelle 7:	Trendanalyse hinsichtlich der Grundwasserstände an allen untersuchten Grundwassermessstationen. Anzahl ermittelter Trends; In Klammern: Quellschüttungen; Signifikanzniveau nach KLIWA (2009, vgl. Tabelle 3).....	38
Tabelle 8:	Wechselseitige Beeinflussung von Grundwasser und oberirdischem Hochwasser (SINREICH & SCHÜRCH 2009, verändert und ergänzt)	48
Tabelle 9:	Ergebnisse der Varianzanalyse für Effekte natürlicher Gegebenheiten; Df: Freiheitsgrade, Sum Sq: Summe der Quadrate, Mean Sq: Mittleres Quadrat (Varianz), *: Signifikanzniveau 0,05; ' ' Signifikanzniveau 0,1.....	59
Tabelle 10:	Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ und Grundwasserstandsentwicklungstypen, tabellarische Darstellung	61
Tabelle 11:	Ergebnisse der Varianzanalyse für Effekte anthropogener Beeinflussung; Df: Freiheitsgrade, Sum Sq: Summe der Quadrate, Mean Sq: Mittleres Quadrat (Varianz); Fett: Signifikanzniveau 0,1	67
Tabelle 12:	Ausgewählte Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen im Untersuchungsgebiet	69
Tabelle 13:	Datengrundlagen.....	76
Tabelle 14:	Datengrundlage: GIS-Daten und Karten des LfULG aus dem Themenportal Sachsen.....	77
Tabelle 15:	Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet mit zugehörigem Grundwasserkörper und Bezugspegel (Oberflächengewässer), MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser	78
Tabelle 16:	Abflusskenngrößen (MQ, MNQ, MHQ, Abflusskoeffizient ψ) im langjährigen Mittel (1971-2000) und für den Zeitraum Aug-Okt 2010 (drei Hochwasserereignisse, vgl. Abschnitt 5.1.2.3)	87
Tabelle 17:	Grundwasserstandsentwicklungstypen der untersuchten Grundwassermessstellen.	91
Tabelle 18:	Liste der Ausreißer an den Messstellen im Untersuchungsgebiet, MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser....	142
Tabelle 19:	Ergebnisse der statistischen Tests auf Normalverteilung und Stationarität; fett gedruckt sind normalverteilte bzw. stationäre Zeitreihen, MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser	153
Tabelle 20:	Ergebnisse der Trendanalyse: Angegeben ist die Steigung, der Y-Achsenabschnitt, Mann-Kendalls-Tau und abgeleitete Signifikanz	157
Tabelle 21:	Bruchpunkte nach Steigung an den Grundwassermessstellen mit Angaben zu den Geradengleichungen vor und nach dem Bruchpunkt; MKZG: MessstellenkennzifferGrundwasser, WS: Wahrscheinlichkeit.....	161
Tabelle 22:	Bruchpunkte nach Mittelwert an den Grundwassermessstellen mit Angaben zu Mittelwert vor und nach dem Bruchpunkt; MKZG: MessstellenkennzifferGrundwasser, WS: Wahrscheinlichkeit.....	168

1 Aufgabenstellung

Die starken Niederschläge im Sommer 2010 führten in Sachsen nicht nur zu regional bedeutsamen Hochwassern, sondern wirkten sich auch auf das Grundwasser aus. Es kam zu einer ungewöhnlich hohen Grundwasserneubildung im Sommer und, unterstützt durch das Tauwetter im Januar 2011, zu lang anhaltenden hohen Grundwasserständen bis in das Frühjahr 2011. In den Oberflächengewässern in Tälern und Auen bildete sich durch das Grundwasser teilweise auch eine „nachlaufende Welle“ aus.

Ziel der Untersuchung ist eine Analyse und Beschreibung der Grundhochwassersituation im Winter 2010 bis Frühjahr 2011 für den Freistaat Sachsen. Die Grundwasserneubildung soll in Beziehung zum Abfluss im Vorfluter und dem Niederschlag bewertet und mit Ereignissen in der Vergangenheit verglichen werden. Die Zeitreihen der Grundwasserstände werden statistisch ausgewertet, inklusive Trend- und Bruchpunktanalyse. Zusätzlich sollen Vorschläge zur Anwendung weiterführender statistischer Verfahren diskutiert werden. Für den Zeitraum der Hochwasserereignisse im August und September 2010 soll der Zusammenhang zwischen Grundwasserstandsentwicklung und räumlicher Verteilung der Niederschlagsintensität untersucht werden. Es sollen Gangliniengruppen unter Berücksichtigung von hydrogeologischen, geologischen und naturräumlichen Gegebenheiten gebildet werden. Gebiete mit anthropogen überprägter Grundwasserdynamik sollen mit Bezug zu den gebildeten Gangliniengruppen gesondert ausgewiesen und beschrieben werden. Schließlich sollen mögliche Einflüsse des Grundhochwassers auf die Grundwasserbeschaffenheit beschrieben werden.

2 Datengrundlage

2.1 Übersicht

Grundlage für das Projekt sind Lageparameter der Grundwasser-, Pegel- und Klimastationen sowie die dazugehörigen Zeitreihen zu Grundwasserstand, Grundwasserbeschaffenheit, Abfluss, Niederschlag und Temperatur. In der Klimadatenbank RaKli-Da/CLISAX (Regionalisierte Klimadaten Sachsen) lagen lediglich Daten bis 31.12.2005 vor. Um eine konsistente Ableitung der Gebietsniederschläge bis Mitte 2011 zu gewährleisten, wurden daher die Zeitreihen für statistische Analyse analog zur Vorgehensweise im KliWEP-Projekt (RegKli-Datensatz, z. B. SCHERZER & SCHULTZE 2006; PÖHLER et al. 2007) aus Stationsdaten abgeleitet. Die Daten aus der Klimadatenbank wurden ergänzend vor allem für flächenhafte oder vergleichende Darstellungen (z. B. klimatische Wasserbilanz) genutzt. Zur Datenauswertung wurden außerdem GIS-Shape-Dateien wie die Hydrogeologische Übersichtskarte, die Naturräume Sachsens und durch den Braukohletagebau beeinflusste Gebiete übergeben (vgl. Tabelle 13 im Anhang dieses Berichts). Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden eine Reihe öffentlich zugänglicher digitaler Daten verwendet (Tabelle 14 im Anhang), Höhenmodell und Lysimeterdaten wurden aus dem KliWEP-Projekt übernommen (PÖHLER et al. 2007).

2.2 Plausibilitätsprüfung

Für die meteorologischen und hydrologischen Eingangsdaten (oberirdische Gewässer) wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt (Tabelle 1). Die Plausibilitätsprüfung der meteorologischen Eingangsdaten erfolgte dabei nach folgenden Kriterien:

- Vollständigkeitsprüfung („completeness“)
- Grenzwertfehler („Wertebereich“)
- Konsistenzfehler (z. B. „12 gleiche Werte in Folge“)
- Summenfehler (Niederschlag)
- Räumliche Konsistenz: Vergleich mit Daten benachbarter Stationen hinsichtlich Absolutwerten und zeitlichem Verlauf

Bezüglich der einzelnen Prüfkriterien wurden die Messgrößen jeweils individuell parametrisiert. Dafür wurde ein speziell entwickeltes Programm genutzt, das auf den Angaben in ALLEN et al. (1998), KAUB (1994), KNIEß & SCHERZER (2003), ZIMMERMANN et al. (2008) sowie LEMPIO et al. (2010) beruht und von den Autoren bereits in zahlreichen Projekten erfolgreich angewendet wurde (z. B. PÖHLER et al. 2010, 2011). Zudem wurden alle Zeitreihen jahresweise einer visuellen Kontrolle unterzogen. Einzelne eindeutig fehlerhafte Werte wurden durch Fehlwerte ersetzt.

Die Grundwasserdaten wurden bereits vorab grundsätzlich überprüft. Ausreißertests wurden im Rahmen der Projektbearbeitung zwar durchgeführt, die vorhandenen Ausreißer jedoch nicht automatisiert entfernt (siehe Tabelle 18). Dies war notwendig, um nicht versehentlich Hochwasser, die das Programm als „Ausreißer“ identifiziert, aus dem Datensatz zu entfernen. Die im Projekt angewendeten statistischen Methoden verhalten sich robust gegenüber den noch vorhandenen Ausreißern und Messlücken.

Tabelle 1: Plausibilitätsprüfung der Niederschlag-, Temperatur- und Abflussdaten. +: Alle Werte plausibel

	Niederschlag (2006-2011)	Temperatur (2006-2011)	Abfluss
Grenzwertcheck	unplausible Werte (zu hoch oder zu niedrig) entfernt	unplausible Werte entfernt	+
Visuelle Überprüfung	+	+	Pegel Gröditz und Lichtenwalde: 2010-2011 unplausibel, Pegel Nebitzschen: unplausibel für Hochwasserereignis Sept. 2010 und Winter 2010/2011, Daten wurden entfernt
Ausreißer			
- zeitlich	+	+	+
- räumlich	+	+	+
Konstante Werte vorhanden?	nein	nein	nein
Messlücken	teilweise vorhanden	teilw. vorhanden	teilw. vorhanden

2.3 Niederschlagskorrektur und -interpolation

Jede Niederschlagsmessung ist mit systematischen und zufälligen Fehlern behaftet. Daher werden die gemessenen Stationsdaten in der Regel korrigiert, bevor sie beispielsweise als Eingangsdatensatz in ein Wasserhaushaltsmodell übernommen werden (DVWK 1988, Richter 1995, Sevruk 1986).

Die Niederschlagsdaten lagen unkorrigiert vor und wurden nach der Methode von Richter (1995) korrigiert (Gleichung 1):

$$N_{\text{korr}} = N + b \cdot N^{\varepsilon} \quad \text{Gleichung 1}$$

N ist dabei die täglich gemessene und N_{korr} die korrigierte Niederschlagshöhe. Die Koeffizienten b und ε sind abhängig von der Niederschlagsart und der Stationslage (Tabelle 2). Die Niederschlagsart N4 (flüssig) wird bei einer Temperatur von über +3 °C (Tagesmittel) angenommen, wobei nach Sommer (April-September) und Winter (Oktober-März) unterschieden wird. Im Temperaturbereich von -0,7 °C und +3,0 °C liegt nach RICHTER (1995) die Niederschlagsart N8 vor, eine Mischung aus flüssigem und festem Niederschlag. Fester Niederschlag wird unterhalb einer Tagesmitteltemperatur von -0,7 °C angenommen.

Tabelle 2: Abhängigkeit von ε und b von der Niederschlagsart und der Stationslage (RICHTER 1995)

Niederschlagsart	ε	Stationslage/b			
		frei	leicht geschützt	mäßig geschützt	stark geschützt
N4 (Sommer)	0,38	0,345	0,310	0,280	0,245
N4 (Winter)	0,46	0,340	0,280	0,240	0,190
N8	0,55	0,535	0,390	0,305	0,185
N7	0,82	0,720	0,510	0,330	0,210

N4: flüssig, N8: Mischniederschlag, N7: Schnee

Im Rahmen des Projekts sollte die Grundwasserneubildung in Beziehung zum Abfluss am Vorfluter und dem Niederschlag bewertet werden. Dazu war es notwendig, die entsprechenden Gebietsniederschläge zu ermitteln. Die dafür notwendige Interpolation des Niederschlags geschah mit Hilfe eines Teilmoduls des Wasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH (SCHULLA & JASPER 1998, 2007). Das Modell wird kostenfrei unter <http://www.wasim.ch> zur Verfügung gestellt.

Methodisch erfolgte die Interpolation durch eine Kombination von inverser Distanzgewichtung und höhenabhängiger Regression. Dafür wurde mit dem WaSiM-ETH-Tool „regr.exe“ zunächst ein Grid mit abschnittswisen Höhengradienten für maximal drei Höhenabschnitte erzeugt. Die für die Höhenregression erforderlichen Regressionskoeffizienten wurden aus den vorliegenden Klimadaten berechnet (vgl. SCHERZER & SCHULTZE 2006). Dabei wurde der Niederschlagsdatensatz unter Nutzung der gleichen Methode bis 2011 vervollständigt. Die noch nicht korrigierten Stationsdaten (1.1.2006 bis 31.5.2011) wurden ebenfalls analog zu SCHERZER & SCHULTZE (2006) korrigiert.

Die interpolierten Niederschläge wurden für den Zeitraum 1961-1990 mit Angaben des LfULG verglichen (Abbildung 1, Abbildung 2). Die Werte stimmen überwiegend sehr gut überein. Lediglich in den trockeneren Gebieten um Leipzig und Torgau tendiert WaSiM-ETH zu einer leichten Überschätzung des Niederschlags, während der Niederschlag in den Kammlagen des Erzgebirges gegenüber den Angaben des LfULG leicht unterschätzt wird. Zurückzuführen ist dies vor allem auf Randeffekte an den Grenzen Sachsens und am steilen Übergang vom Erzgebirge zum Egertal. Es standen zudem nur wenige Niederschlagsstationen außerhalb des Landesgebietes für die Interpolation zur Verfügung. Der dadurch entstehende Fehler kann bei den Auswertungen vernachlässigt werden, weil hier vor allem die relativen Veränderungen der Niederschlagshöhe und der Niederschlagsintensitäten von Bedeutung sind.

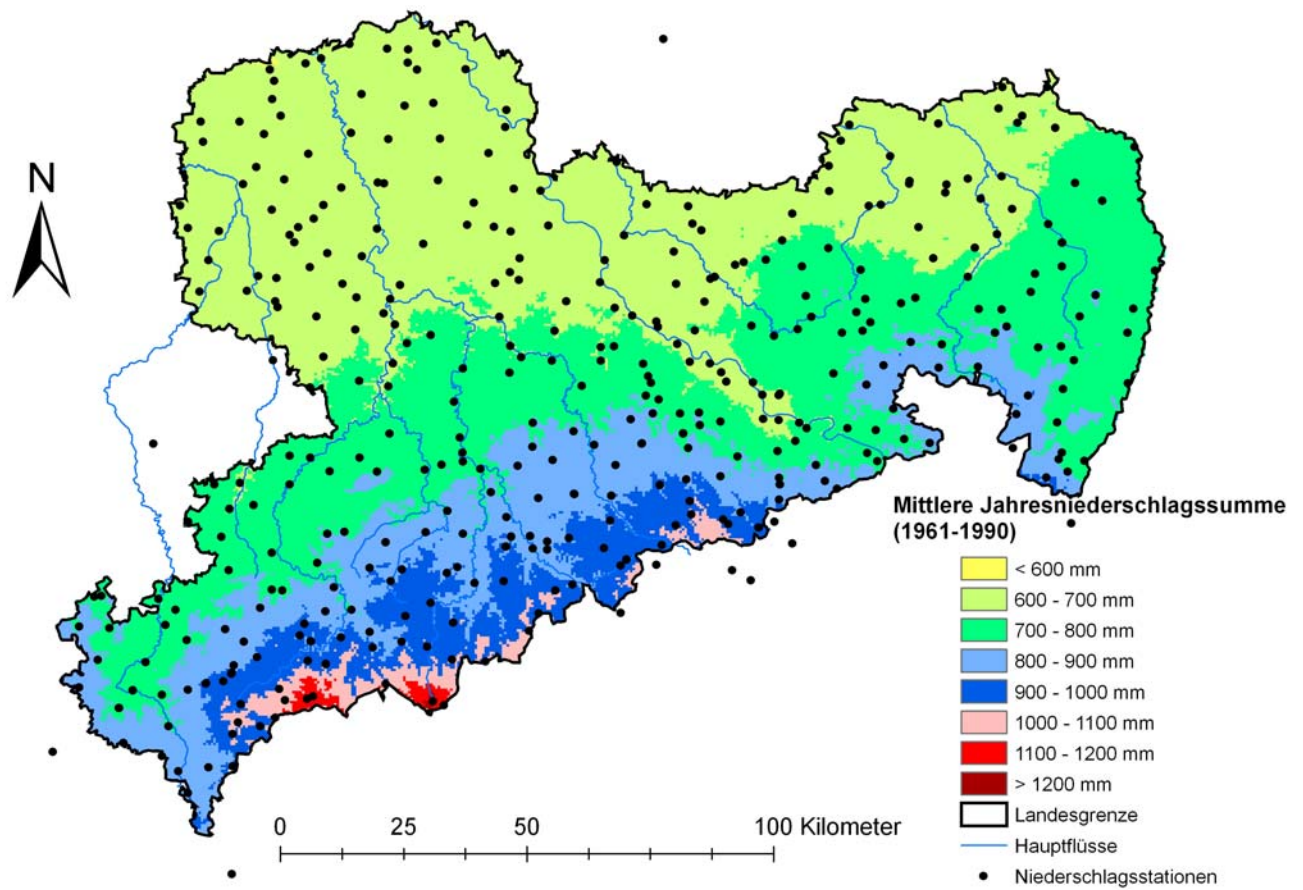


Abbildung 1: Mittlerer Jahresniederschlag in Sachsen (1961-1990); Interpolation mit WaSiM-ETH

3 Untersuchungsgebiet

3.1 Allgemeine Charakterisierung

Das Untersuchungsgebiet, der Freistaat Sachsen, hat Anteile an drei bedeutenden europäischen Naturregionen: Am Europäischen Tiefland, dem Lössgürtel („Lösshügelland“) und an der Europäischen Mittelgebirgsschwelle (MANNSFELD & RICHTER 1995, Abbildung 3). Etwa 18 % der Landesfläche Sachsens liegen im lössfreien Tiefland (Altmoränengebiet), 33 % im sächsischen Mittelgebirge und 49 % in den Lössgebieten (MANNSFELD & RICHTER 1995).

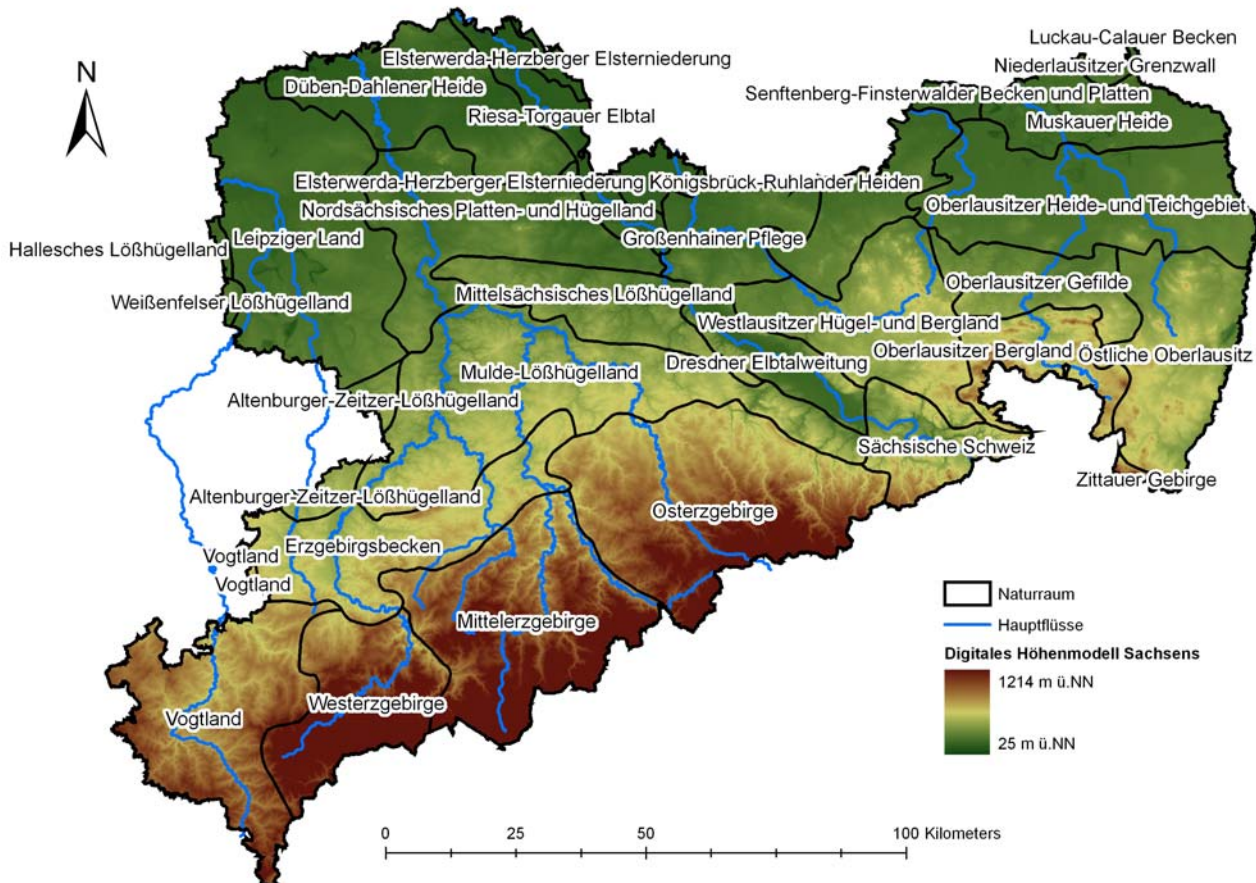


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet mit Naturräumen (nach BERNHARDT et al. 1986)

Dem Tiefland können die Leipziger Bucht sowie die nördliche Oberlausitz zugeordnet werden. Beide Gebiete zeichnen sich durch Braunkohlevorkommen im Untergrund aus, deren Entstehung zwei großen Flözbildungsperioden im oberen Eozän und im Miozän zugeordnet werden kann (EISSMANN 2000; ROTHE 2006, vgl. Abbildung 7, Abbildung 4). Überdeckt werden die Braunkohlevorkommen von holozänen und pleistozänen Schottern. Zwischen den Braunkohleflözen befinden sich bedeutende Grundwasserleiter mit komplizierten Lagerungsverhältnissen und hohem hydrostatischem Druck, teils sogar mit artesischem Überlauf, der für den Kohlebergbau Probleme birgt. Das Wasserdargebot in Verbindung mit den erforderlichen Entspannungsmaßnahmen wurde in der Vergangenheit durch Wasserwerke genutzt, um die Wasserversorgung abzusichern. Im Tagebau wurden größere Flächen entwässert, devastiert und die Grundwasserleiter entspannt. Durch die Tagebauentwässerung bildeten sich eigene Einzugsgebiete aus. Nach Ende des Tagebaus setzte ein langsamer Wiederanstieg ein, der Urzustand wird aber wahrscheinlich nicht mehr erreicht werden. Eine Nutzung der quartären glazifluvialen Grundwasserleiter wird im Leipziger Tiefland aufgrund der großräumigen Grundwasserabsenkung und Devastierung größtenteils unterbunden, während im Bereich der Düben-Dahlener Heidelandschaft die quartären Ablagerungen nutzbare Grundwasserleiter darstellen. Im Bereich des Lausitzer Urstromtales südlich der Braunkohlegebiete der Lausitz wurden quartäre Sande abgelagert. Das Grundwasserregime in

diesem Gebiet wird maßgeblich durch den Braunkohletagebau und einer damit verbundenen Grundwasserabsenkung beeinflusst (JORDAN & WEDER 1995; STANDKE et al. 2006).

Das Lösshügelland befindet sich südlich des Tieflandes. Die fruchtbaren Böden bedingen hier eine starke landwirtschaftliche Nutzung, je nach Lage häufig begleitet durch Drainagen und/oder Bewässerung (MANNSFELD & RICHTER 1995). Im nordwest-sächsischen Teil nimmt die Lockergesteinsbedeckung, bestehend aus tertiären Resten, pleistozänen Ablagerungen und holozänen Bildungen, von Nord nach Süd ab. Der darunter liegende Porphyrokörper ist oberflächlich grusig verwittert und stark zerklüftet. Dies ermöglicht eine Nutzung des hydrogeologisch bedeutenden Grundwasserleiters. Das Muldetal hat eine erhebliche wasserwirtschaftliche Bedeutung, dabei ist die Grundwasserdynamik stark vom Wasserstand der Mulde abhängig. So wechseln sich Ausfließen während des Trockenwetterabflusses mit Auffüllphasen der Hochwasserereignisse ab. Weil die Terrassenschotter meist von Auelehm überdeckt sind, ergeben sich dann gespannte Verhältnisse. Im Quartär des Elbtals wird die Grundwasserdynamik hauptsächlich durch den Wasserstand der Elbe bestimmt. Der Grundwasserleiter besteht aus gut durchlässigen Sanden und Kiesen. In der Lausitz stützt sich die Wasserversorgung maßgeblich auf die Uferfiltration von Oberflächengewässern (Pulsnitz, Große Röder, Neiße und Spree). Das dortige Randpleistozän bildet einen sandig-kiesigen Grundwasserleiter quartären Ursprungs (JORDAN & WEDER 1995).

Die Mittelgebirgsschwelle bilden vor allem das Erzgebirge (Vogtland, westliches, mittleres und östliches Erzgebirge), die Sächsische Schweiz und östlich daran anschließend das Oberlausitzer Bergland und das Zittauer Gebirge (MANNSFELD & RICHTER 1995; Abbildung 3). Der Festgesteinskomplex in Süd-West-Sachsen setzt sich aus präkambrischen bis paläozoischen Bildungen zusammen und wird nur an flachen Hängen und Taleinschnitten von geringmächtigen Schuttdecken überlagert (ROTHE 2006). Wie für Festgestein typisch, versickert Niederschlagswasser in die Verwitterungszone und fließt dem Gefälle folgend als hypodermischer Abfluss ab. Nur bei ausreichender Klüftung ist nennenswerter Grundwasserabfluss möglich. Das Erzgebirge besteht aus kristallinem Festgestein, wobei Metamorphite gegenüber Magmatiten den größeren Anteil einnehmen. Die Schiefer im Vogtländischen Schiefergebirge werden im Osten und Süden durch Granite abgelöst. In der Vorerzgebirgssenke herrscht im Vergleich zum Erzgebirge und Schiefergebirge eine gute Grundwasserführung. Aufgrund der stärkeren tektonischen Bewegungen im Übergang Mesozoikum/Känozoikum wurden die permokarbonen Molasseablagerungen in diesem Gebiet stark geklüftet. Die Wasserversorgung im Erzgebirge wird größtenteils durch Oberflächenwasser aus Talsperren sichergestellt. Vereinzelt werden flache Schachtbrunnen oder Tiefbrunnen genutzt. In der Vorerzgebirgssenke sind aufgrund der für Festgesteinsverhältnisse gute Grundwasserführung Tiefbrunnen bedeutend. Die Ablagerungen der sächsischen Kreide im Elbsandsteingebirge sind marinen Ursprungs und werden im Norden von der Lausitzer Überschiebung begrenzt, einer Störung, an der das Lausitzer Granodioritmassiv aufgeschoben worden ist. Weil sich in diesem Gebiet Sandstein mit Schluff- und Mergelsteinen abwechselt, liegen bis zu vier Grundwasserstockwerke vor. Die Entwässerung des Elbsandsteingebirges erfolgt generell zur Elbe. Der linksseitige Uranbergbau hat einen großen Absenkungstrichter erzeugt, weil Uranbergbau nur mit Wasserhaltung möglich ist. Das Erz wird untertage durch Schwefelsäure aus dem Gestein gelaugt. Die rechtselbischen Grundwasservorkommen sind beachtlich. Für das Grundwasser in der Kreide des Zittauer Gebirges gelten ähnliche Bedingungen. Das Grundwasser wird hier durch mehrere Tiefbrunnen genutzt (JORDAN & WEDER 1995; ROTH 2006; MERKEL & STADLER 2011).

Insgesamt dacht das Relief Sachsens nach Nordwesten und Norden ab. Die Kammhochflächen liegen demnach zwischen 400 m (Sächsische Schweiz) bzw. 900 m (Erzgebirge) und 80 bis 100 m ü. NN im nördlichen Tiefland. Die höchste Erhebung Sachsens ist der Fichtelberg (1214 m. ü. NN) im Mittelerzgebirge. Dieser Richtung folgt das Tälersystem der vor allem im Mittelgebirge entspringenden Flüsse. Der wichtigste Strom mit begleitendem Grundwasserkörper in Sachsen ist die Elbe. Sie entspringt in der Tschechischen Republik, durchbricht die Mittelgebirgsschwelle von Süd nach Nord und wendet sich dann in nord-nordwestliche Richtung. Die Lausitzer Neiße als weiteres wichtiges Gewässer entspringt im Isergebirge in Tschechien. Bis zum Dreiländereck südlich von Zittau bildet der Fluss die Grenze zwischen Deutschland und Tschechien, in ihrem weiteren Verlauf nach Norden bildet sie die Grenze Deutschlands zu Polen.

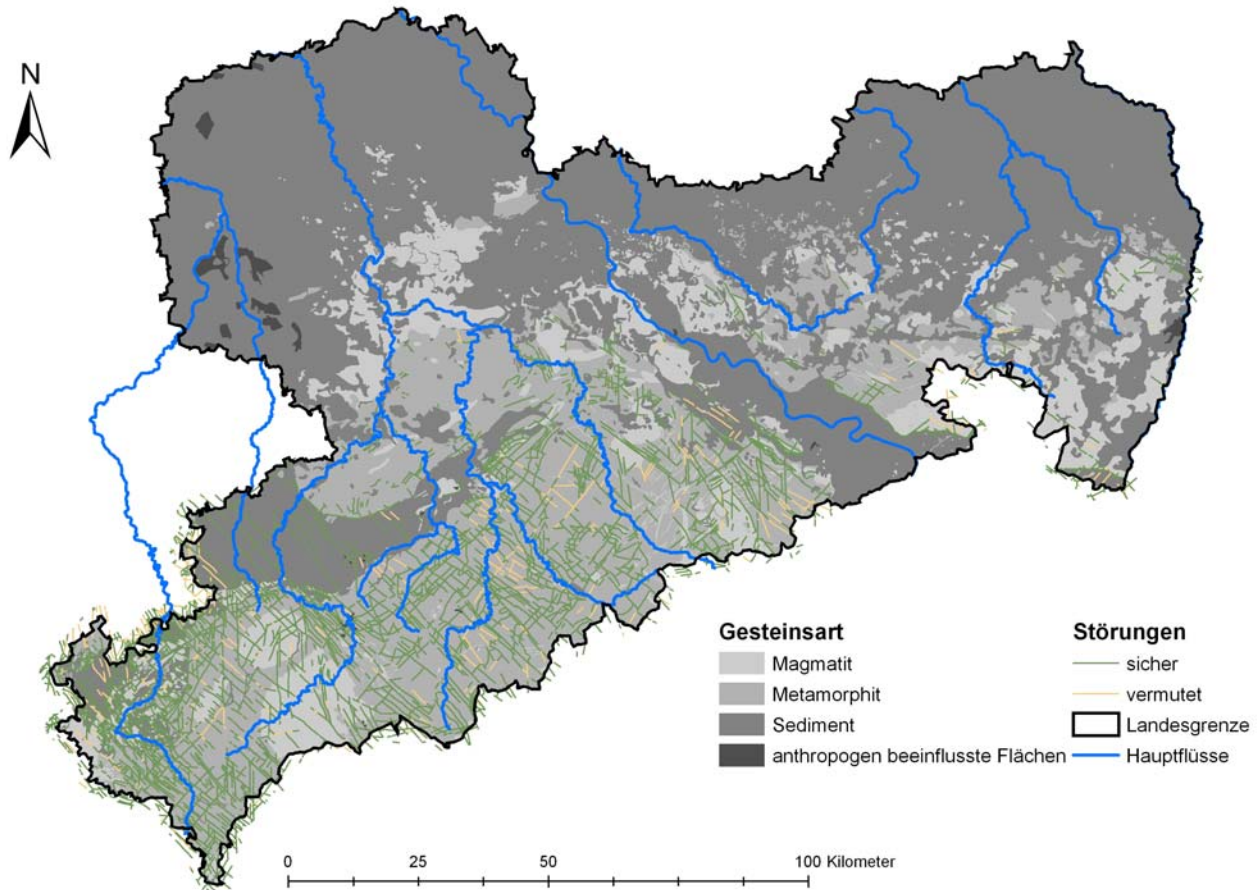


Abbildung 4: Gesteinsart und Störungen im Untersuchungsgebiet

3.2 Grundwassermessnetz

Die Überwachung des Grundwassers mit Hilfe von Grundwassermessnetzen ist die Voraussetzung für die Bewertung des mengenmäßigen und chemischen Zustands der Grundwasserkörper sowie der Planung und Erfolgskontrolle von Sanierungs- oder Schutzmaßnahmen (LfULG 2011). Die Überwachung des Grundwassers nach Wasserrahmenrichtlinie erfolgt seit 2006 (neues Messkonzept nach EU-WRRL) in zwei unterschiedlichen Messnetzgruppen:

1. Messnetzgruppe Grundwasserstand/Quellschüttungen: Sie setzt sich aus den einzelnen Messnetzen „Überwachung des Grundwasserstandes“ (Abbildung 5) mit insgesamt 522 Messstellen, „Hochwasser im Grundwasser“ mit 66 Messstellen und „Grundwasserstand zu Ermittlungszwecken und Sonderaufgaben“ mit 800 Messstellen zusammen. Dabei kann eine Messstelle mehreren Aufgaben dienen. Der Messturnus variiert abhängig von der Aufgabe. Die minimale Messdichte ist einmal monatlich (LfULG 2011b; LfULG 2006).
2. Messnetzgruppe Grundwasserbeschaffenheit: Sie setzt sich im Einzelnen aus dem Messnetz „Überblicksweise Überwachung der Beschaffenheit nach EU-Wasserrahmenrichtlinie“ mit ca. 200 Messstellen (Abbildung 6), dem „Messnetz zur operativen Überwachung in belasteten Gebieten für diffuse Belastungen“ mit ca. 250 Messstellen und dem „Messnetz zur operativen Überwachung in belasteten Gebieten für punktuelle Belastungen“ mit ca. 170 Messstellen zusammen. Auch in den Messnetzen zur Grundwasserbeschaffenheit kann eine Messstelle mehrere Aufgaben bedienen und der Messturnus entsprechend angepasst werden. Die Beprobungen soll möglichst mindestens einmal im Jahr stattfinden (LfULG 2011b; LfULG 2006).

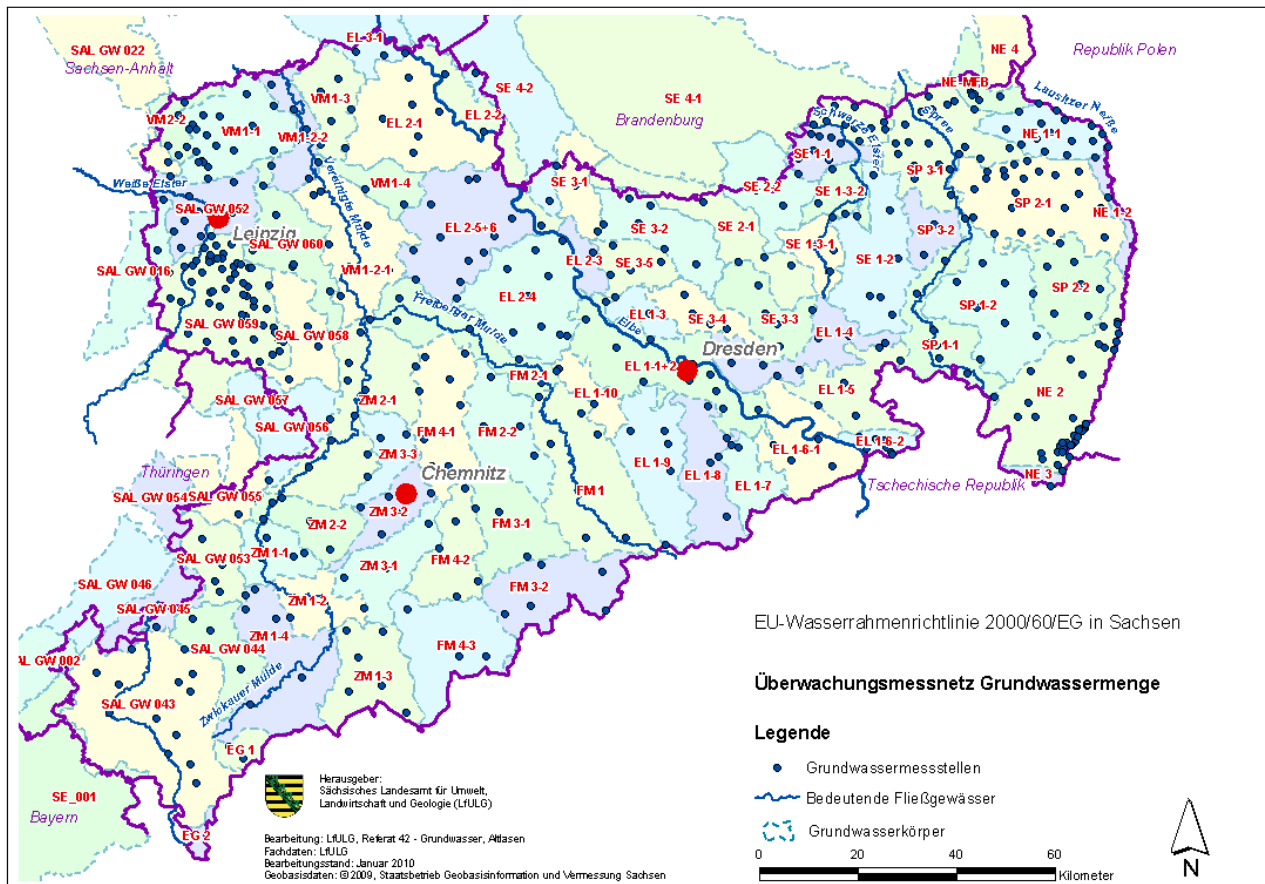


Abbildung 5: Messstellen Grundwasserstand in Sachsen

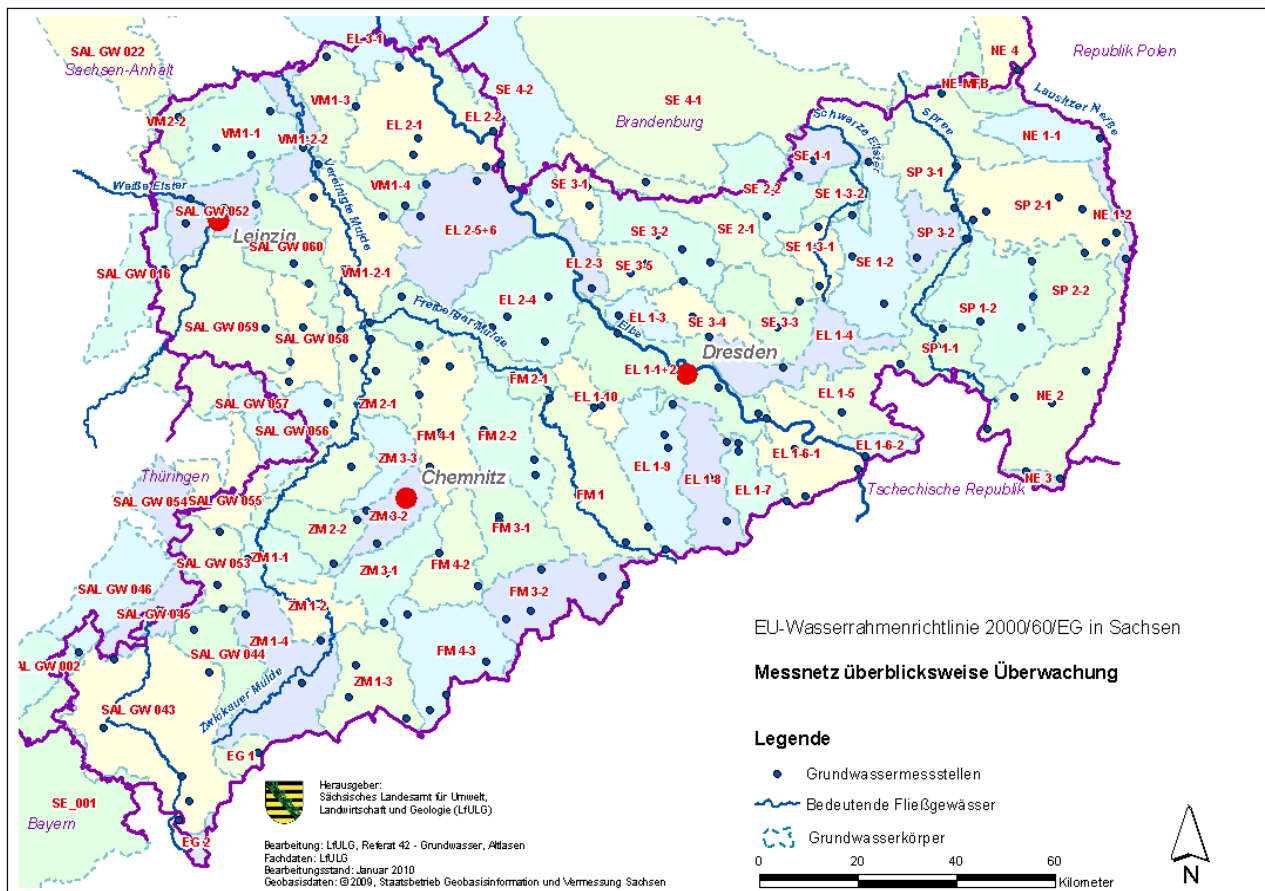


Abbildung 6: Messstellen Grundwasserbeschaffenheit in Sachsen

4 Methoden

4.1 Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung

Für die Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung wurden für jeden Grundwasserkörper die Grundwasserstände und die Grundwasserneubildungsraten der Messstellen gemeinsam mit dem Abfluss der jeweiligen Bezugspegel dargestellt, diskutiert und in Gruppen („Grundwasserentwicklungstypen“) zusammengefasst. Untersuchungszeitraum ist von Winter 2009/2010 bis Frühjahr 2011.

4.1.1 Bezugspegel

Weil der Grundwasserstand mit dem Durchfluss an den Pegeln der Fließgewässer verglichen wird, wurden für das Untersuchungsgebiet insgesamt 62 Pegel ausgewählt (Abbildung 7, Tabelle 15 im Anhang). Dabei wurde je nach Lage der einzelnen Grundwassermessstellen im oberirdischen und unterirdischen Einzugsgebiet ein Abflusspegel ausgewählt, der sich möglichst nahe an der Grundwassermessstelle befindet. War dies nicht möglich, wurde der Messstelle der nächstgelegene Pegel im Unterlauf des zugehörigen Gewässers zugeordnet.

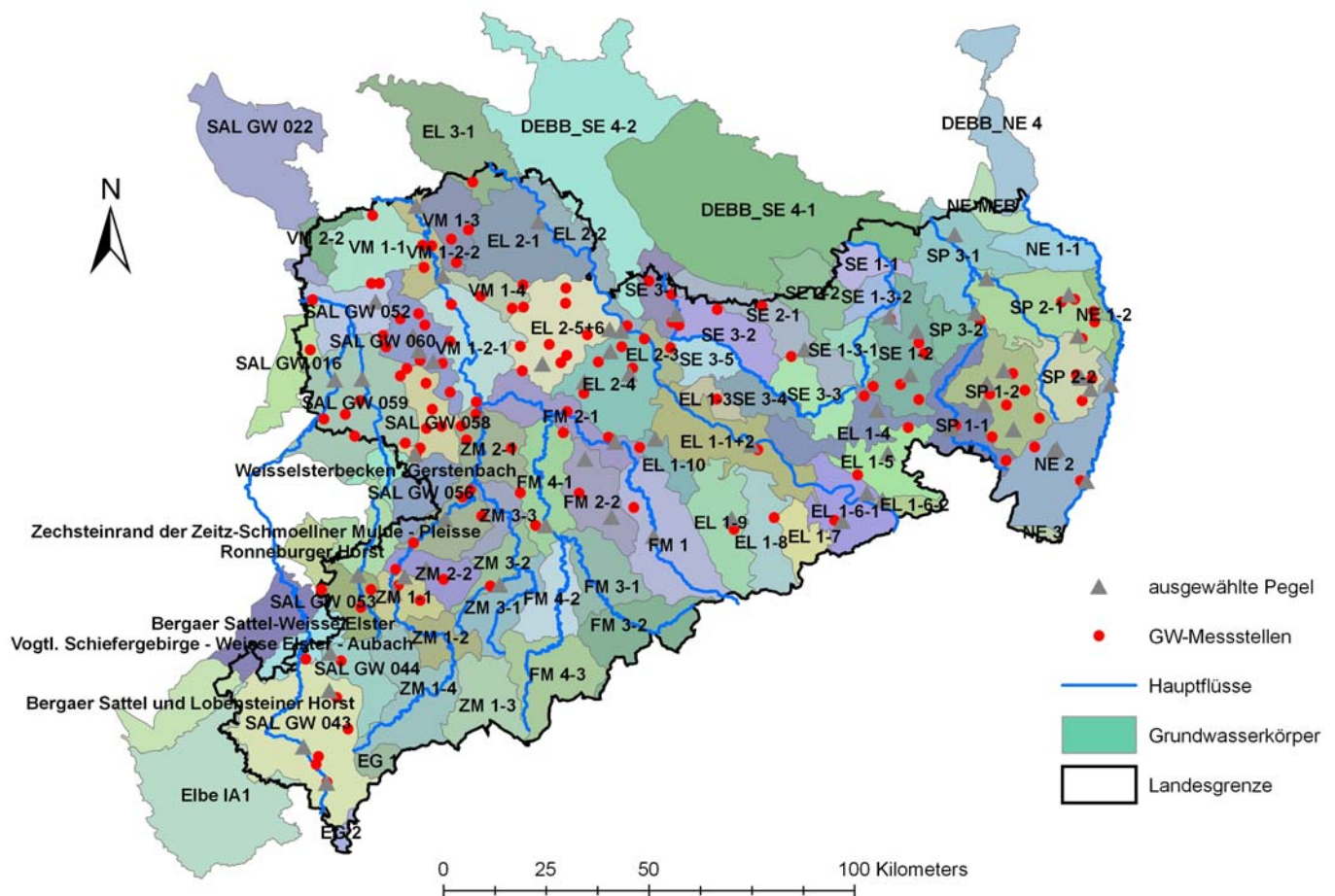


Abbildung 7: Grundwasserkörper in Sachsen, untersuchte Grundwassermessstellen und Pegel (vgl. Tabelle 15 im Anhang)

4.1.2 Pardé-Koeffizient

Um den Abfluss an den Pegeln in Sachsen zu charakterisieren, wurde für jeden Pegel und jeden Monat der Pardé-Koeffizient berechnet. Der Pardé-Koeffizient ist der Quotient aus dem langjährigen mittleren monatlichen Abfluss und dem langjährigen mittleren jährlichen Abfluss (PARDÉ 1933). Je später das Maximum des Pardé-Koeffizienten im hydrologischen Jahr liegt, desto

stärker ist der Abfluss an diesem Pegel durch die Schneeschmelze beeinflusst (nivales Abflussregime, pluviales Abflussregime und Zwischenstufen).

4.1.3 Abflusskoeffizient

Der Abflusskoeffizient bzw. Abflussbeiwert ist der Quotient aus oberirdischem Abfluss (A_o) und Gebietsniederschlagssumme (N , vgl. Gleichung 2, z. B. LESER et al. 1993). A_o bezeichnet man auch als „effektiven Niederschlag“. Diese Kenngröße ist vor allem von den Gebietseigenschaften abhängig. Dazu gehören Anteil und Durchlässigkeit befestigter Flächen, Bodeneigenschaften, Bewuchs, Geländeneigung und Vorfeuchte. Je größer der Quotient ist, desto mehr Niederschlagswasser fließt direkt ab. Die höchsten Abflusskoeffizienten weisen stark versiegelte Gebiete auf.

$$\Psi = \frac{A_o}{N}$$

Gleichung 2

Bei Betrachtung eines kurzen Zeitraums (Ereignis) spricht man in der Regel vom „Abflussbeiwert“, während sich der „Abflusskoeffizient“ auf einen längeren Zeitraum bezieht. Letzterer enthält dadurch auch die Teile des Niederschlags, die verzögert zum Abfluss gelangen.

4.1.4 Berechnung der Grundwasserneubildung (GWN*)

Laut DIN 4049-3 (Deutsches Institut für Normung, 1996) wird die Grundwasserneubildung als Zugang von infiltriertem Wasser zum Grundwasser definiert. Sie erfolgt überwiegend aus Niederschlägen unter Abzug der Evapotranspiration und dem Oberflächenabfluss. Über hinreichend lange Zeiträume kann die Speicherung im Boden vernachlässigt werden.

Häufig kommen für die Berechnung der Grundwasserneubildung Modelle zum Einsatz (z. B. GEOFEM²⁰⁰³, FRÖHLICH 2003; WaSiM-ETH, SCHULLA 1998; PÖHLER et al. 2008). Weil die Erstellung dieser Modelle mit hohem Daten- und Zeitaufwand verbunden ist, der innerhalb der Projektlaufzeit nicht realisiert werden konnte, wird die Grundwasserneubildung hier aus den Veränderungen der Grundwasserstände der einzelnen Messstellen abgeleitet. Weil es sich hierbei nicht um die Grundwasserneubildung nach DIN 4049-3 handelt, sondern um eine Integration aller Wasserzu- und abströme in bzw. aus dem Grundwasser, wird sie im Folgenden als GWN* bezeichnet.

Bei der Berechnung von GWN* an den Grundwassermessstellen wurde von hydrostatischen Bedingungen ausgegangen. Die Differenz der Grundwasserstände zwischen zwei Zeitpunkten wurde hierzu mit der Porosität (P) multipliziert (Gleichung 3). Die berechneten positiven und negativen Grundwasserneubildungsraten beruhen also direkt auf den Änderungen der Grundwasserstände.

$$GWN^* = P \cdot \Delta \text{Abstich}$$

Gleichung 3

Die Porosität wurde aus Angaben in der Hydrogeologischen Übersichtskarte (HUEK200, Tabelle 13) und in den Schichtverzeichnissen der Grundwassermessstationen abgeschätzt (Abbildung 8). Aus der HUEK200 wurden Daten zur Petrografie und zur Durchlässigkeit verwendet (vgl. HÖLTING 1996).

Die Porosität steigt im Allgemeinen von Süden (Erzgebirge, Festgestein) nach Norden und Osten (Lockergestein) an. Höhere Werte sind vor allem im Leipziger Land und im Erzgebirgsbecken bzw. im Vorerzgebirge (z. B. Sedimentablagerungen des Rotliegenden) verbreitet.

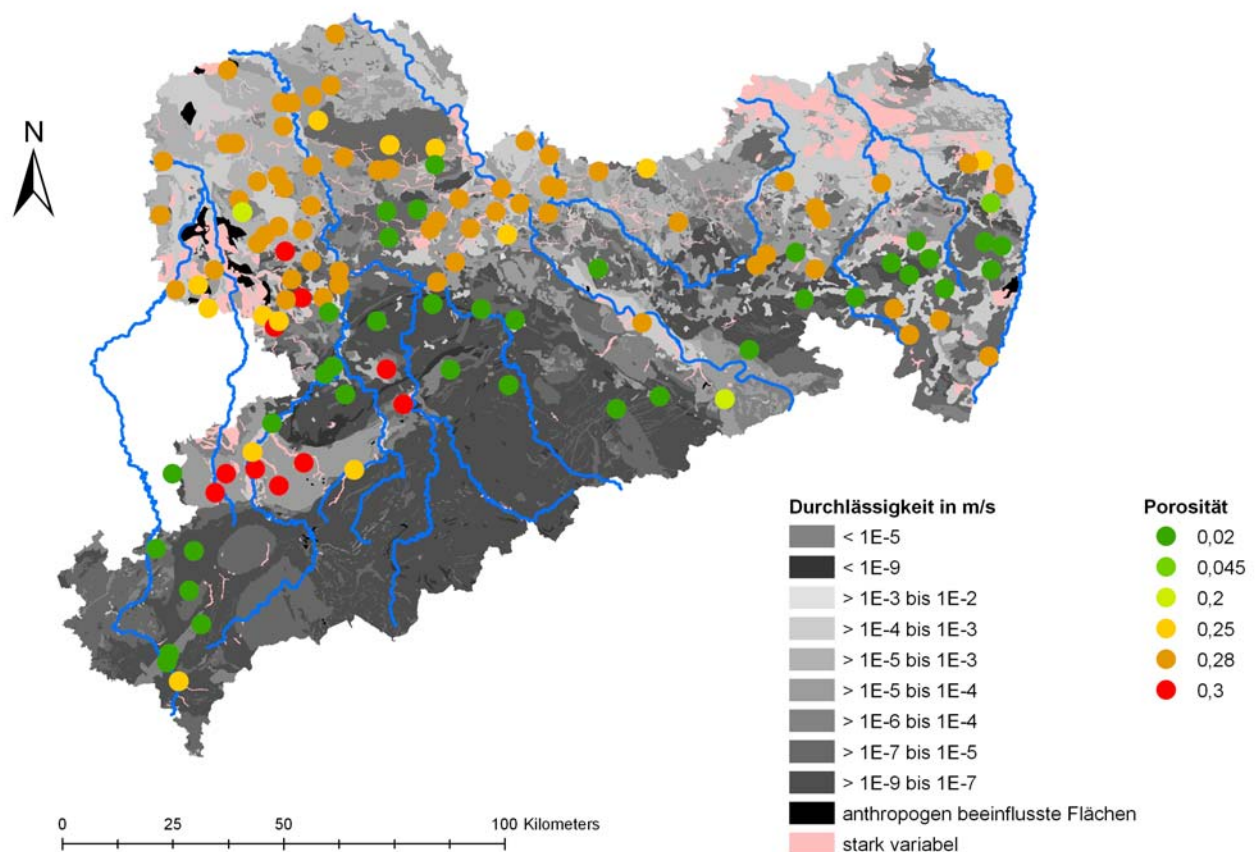


Abbildung 8: Durchlässigkeit und Porosität an den Grundwassermessstellen

Die Plausibilitätsprüfung der berechneten Grundwasserneubildung erfolgte unter anderem durch einen Vergleich mit langjährigen Mittelwerten der gemessenen Sickerwassermengen an der Lysimeterstation Brandis. Mittels Lysimetern wird der Bodenwasserhaushalt eines bekannten Volumens der ungesättigten Bodenzone ermittelt (HAFERKORN 2000). Die Konstruktion des Lysimeters (z. B. Größe und Einbautiefe des Lysimeters, Realisierung des Sickerwasserauslaufs, Nutzung der Lysimeteroberfläche) führen zu Unterschieden zwischen dem Standortwasserhaushalt im Freiland und im Lysimeter. So findet im Lysimeter nur vertikal gerichteter Wasserfluss statt, es gibt keine Grundwasserzehrung und ein schwankender Grundwasserspiegel wird nicht berücksichtigt.

Die Sickerwassermenge ist hier diejenige Menge Wasser, die unterhalb des jeweiligen Lysimeters (Fläche 1 m², 3 m Tiefe) aufgefangen wird. Sie entspricht nur dann der Grundwasserneubildung, wenn der Abstand der Grundwasseroberfläche von der Geländeoberkante der Tiefe der Sickerstrecke entspricht. Dies ist hier nicht der Fall. Der Vergleich der Sickerwassermengen mit der berechneten GWN* wurde daher vor allem genutzt, um den grundsätzlichen monatlichen Verlauf der Grundwasserneubildung* zu überprüfen. Zusätzlich wurden die berechneten GWN* mit Literaturwerten verglichen (HAD 2003).

Schließlich wurden für jeden Grundwasserkörper die Grundwasserstände und Grundwasserneubildungsraten (GWN*) der einzelnen Messstationen gemeinsam mit dem Abfluss des jeweiligen Bezugspegels und dem Gebietsniederschlag dargestellt und bewertet. Untersuchungszeitraum ist Winter 2010 bis Frühjahr 2011.

4.2 Statistische Auswertung der Zeitreihen

Für alle statistischen Auswertungen wurden die Messreihen ab 1.1.1971 bis 1.6.2011 verwendet (Zwischenberatung in Dresden, 12.10.2011). An den Messstellen Battaune, Dörschnitz, Polenztal und Schkeuditz liegen Messungen erst ab 1984 bzw. später vor (Tabelle 15, im Anhang). Für diese vier Messstellen wurde daher keine Trend- und Bruchpunktanalyse durchgeführt.

4.2.1 Test auf Normalverteilung

Für viele statistische Auswertungen müssen die Daten normalverteilt sein (z. B. STOYAN et al. 1997). Der Test auf Normalverteilung der Grundwassermessdaten erfolgte durch einen KS-Test (Kolmogoroff-Smirnoff-Test). Die Grundwasserstände der einzelnen Stationen wurden mit ihrer eigenen theoretischen Normalverteilung, basierend auf ihrem Mittelwert, ihrer Standardabweichung und ihrem Stichprobenumfang, verglichen. Weil in den Zeitreihen auch doppelte Werte vorlagen, wurde ein modifizierter Kolmogoroff-Smirnoff-Test nach ABADIE (2002) verwendet (Paket „Matching“, R Project).

4.2.2 Test auf Stationarität

Anschließend wurde getestet, ob die Daten stationär sind. Stationär bedeutet, dass das arithmetische Mittel und die Abweichung vom Mittel nicht von der Zeit abhängen. Für die Zeitreihen der Grundwasserstände wurde der KPSS-Test (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin-Test) auf Stationarität verwendet (KWIATKOWSKI et al. 1992; Paket „tseries“, R Project). Der KPSS-Test wird verwendet, wenn angenommen wird, dass die Zeitreihen einen linearen Trend aufweisen. Der KPSS-Test prüft die Stationarität der Zeitreihe um den linearen Trend herum.

4.2.3 Trendermittlung

Zur Ermittlung des linearen Trends der Grundwasserstände bzw. der Quellschüttungen an den Grundwassermessstationen wurde mit Hilfe einer linearen Regression die Steigung der jeweiligen Zeitreihe ermittelt. Die Trendstatistik wurde mit der Methode von MANN (1945) und KENDALL (1970) durchgeführt (HIPEL & MCLEOD 2005, Kap. 23; Paket „Kendall“, R Project). Diese Analyse wird häufig bei der linearen Trendanalyse angewandt. Die Zeitreihe muss hierfür weder normalverteilt noch stationär sein. Die Beurteilung der Signifikanz erfolgte analog zu KLIWA (2006, vgl. Tabelle 3). Der Trend und die Signifikanz des Trends wurden für alle vorliegenden Messdaten, für Monatsmittel und für die Werte des gleitenden Jahresmittels ermittelt.

Tabelle 3: Signifikanzgrenzen von Trends (KLIWA 2006)

Mann-Kendall-Trendwert Q	Vertrauensgrenze V	Irrtumswahrscheinlichkeit α	Bewertung
> 1,282	> 80 %	0,2	schwach signifikant
> 1,645	> 90 %	0,1	
> 1,960	> 95 %	0,05	signifikant
> 2,576	> 99 %	0,01	
> 3,290	> 99,9 %	0,001	hoch signifikant

4.2.4 Bruchpunktanalyse

Der einfache Stationaritätstest (vgl. Abschnitt 4.2.2) testet lediglich, ob prinzipiell Instationarität in der betrachteten Zeitreihe vorliegt. Durch die Bruchpunktanalyse kann zusätzlich der Zeitpunkt und der Typ der Instationarität (bzw. des Bruchpunkts) ermittelt werden. Dies erlaubt Rückschlüsse auf mögliche Ursachen der Instationarität in der Zeitreihe.

Um die Zeitreihen auf Bruchpunkte zu untersuchen, wurde das Verfahren von Mann, Whitney und Pettit für die mittleren monatlichen Grundwasserstände angewandt (KIELY et al. 1998). Das Verfahren von Mann, Whitney und Pettitt ist ein parameterfreies Testverfahren mit Angaben zur Signifikanz und Zeitpunkt der Instationarität. Dabei wird die Zeitreihe für jeden Messzeitpunkt einzeln abhängig für eine Prüfgröße (x in Gleichung 4) betrachtet. Prüfgrößen waren hier die Steigung und der Mittelwert des Grundwasserstands.

In einem ersten Schritt wurde für jeden Zeitpunkt der Messreihe der Datensatz geteilt und für beide Datensätze über lineare Regression die Steigung bzw. der Mittelwert berechnet. Die Differenz markiert einen potenziellen Bruchpunkt. Der Differenz wird abhängig von ihrer Richtung ein Wert zugewiesen. Diese werden anschließend für jeden Messpunkt über die Zeit aufsummiert (Gleichung 4, KIELY et al. 1998).

$$U_{k,n} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j)$$

Gleichung 4

mit $\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{für } x > 0 \\ 0 & \text{für } x = 0 \\ -1 & \text{für } x < 0 \end{cases}$

Dabei ist $U_{k,n}$ die Reihe der Rangsummen, n die Länge der Zeitreihe, k der laufende Zeitschritt und x die Steigung bzw. der Mittelwert. Mit der Prüfgröße K_n , dem Extremum der Reihe der Rangsummen, kann der Zeitpunkt des wahrscheinlichen Bruchpunktes ermittelt werden (Gleichung 5) und mit Hilfe eines Tests überprüft werden (Gleichung 6). Weil es in einer Zeitreihe mehrere signifikante Bruchpunkte geben kann, wurde die Wahrscheinlichkeit für die gesamte Reihe der Rangsummen gebildet (Gleichung 7 und Gleichung 8, vgl. KIELY et al. 1998).

$$K_{\max} = \max_{1 \leq k \leq n} |U_{k,n}|$$

Gleichung 5

$$P_{K,\max} = 1 - \exp\left(\frac{-6K_{\max}^2}{n^3 + n^2}\right)$$

Gleichung 6

$$K(t) = |U_{k,n}|$$

Gleichung 7

$$P(t) = 1 - \exp\left(\frac{-6K(t)^2}{n^3 + n^2}\right)$$

Gleichung 8

Die Wahrscheinlichkeit für einen Bruchpunkt erreicht, methodisch bedingt, in vielen Fällen vor allem am Ende der Zeitreihe kein eindeutiges Maximum, sondern ein Wahrscheinlichkeitsniveau (z. B. Messstelle Böhla, Prüfgröße Mittelwert, Abbildung 9). In diesen Fällen wurde der Bruchpunkt für den Schnittpunkt der Wahrscheinlichkeitsfunktion mit dem Wahrscheinlichkeitsniveau 90 % definiert.

Zusätzlich wurde der Bruchpunkttyp analysiert. Die Steigung der Geradengleichung vor bzw. hinter dem Bruchpunkt kann positiv oder negativ sein. Daher ergeben sich im Falle eines Bruchpunktes nach Steigung vier mögliche Kombinationen bzw. Bruchpunkttypen: „steigend-steigend“, „fallend-steigend“, „fallend-fallend“ und „steigend-fallend“. Bei Betrachtung des Mittelwerts ergeben sich zwei Bruchpunkttypen, je nachdem, ob der Mittelwert nach dem Bruchpunkt niedriger („fallend“) oder höher („steigend“) ist als vor dem Bruchpunkt.

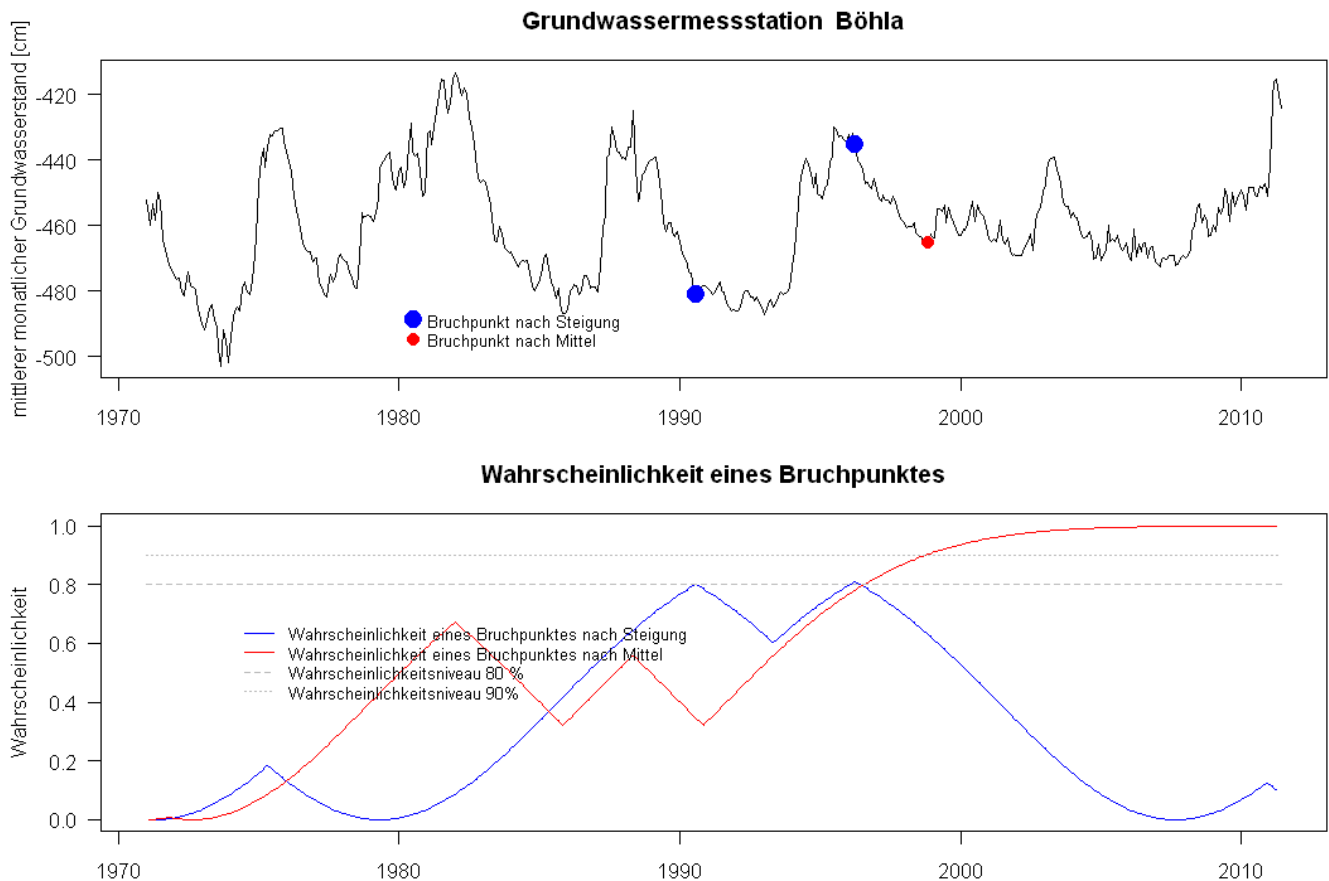


Abbildung 9: Bruchpunktanalyse, Grundwassermessstation Böhla

4.2.5 Regressionsanalyse Grundwasserstandsentwicklung und Niederschlagsintensität

Mittels einer Regressionsanalyse können Beziehungen zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen festgestellt werden. Hier wurden die Differenzen der Grundwasserstandsmessungen den Niederschlagsintensitäten derselben Zeitintervalle mittels linearer Regression gegenübergestellt. Aus der Regressionsbeziehung wurde für jede Messstelle das Bestimmtheitsmaß ermittelt und räumlich ausgewertet.

4.2.6 Einfluss externer Faktoren: Visuelle Analyse und ANOVA

Wie sich ein bestimmtes Niederschlagsereignis auf den Abfluss im Vorfluter und die Grundwasserstandsentwicklung auswirkt, wird unter anderem von den geologischen, hydrogeologischen und naturräumlichen Gegebenheiten eines Einzugsgebiets bestimmt. Daneben hängt die potenzielle Wirkung eines Niederschlagsereignisses auf den Abfluss im Vorfluter und das Grundwasser von der anthropogenen Beeinflussung des Einzugsgebiets, wie beispielsweise Oberflächenversiegelung oder Absenkung des Geländes durch den Bergbau ab. Diese Einflüsse wurden in einem ersten Schritt durch visuelle Bewertung der Zusammenhänge und in einem zweiten Schritt durch statistische Analyse untersucht und bewertet.

4.2.6.1 Visuelle Analyse

Für die visuelle Bewertung wurden Gangliniengruppen gebildet (Tabelle 4). Für die hydrogeologischen und geologischen Parameter wurde mithilfe der hydrogeologischen Übersichtskarte zunächst unterschieden, ob es sich im oberen Grundwasserleiter an der Messstelle um Fest- oder Lockergestein handelt. Anschließend wurden die Grundwassermessstellen nach Gesteinsart (Magmatit, Metamorphit und Sediment) aufgeteilt. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die Art des Hohlraumes des oberen Grundwasserleiters: Kluftgrundwasserleiter, Porengrundwasserleiter, Kluft- /Karstgrundwasserleiter und Poren- /Kluftgrundwasserleiter. Schließlich wurden die Messstellen noch anhand der Durchlässigkeit im oberen Grundwasserleiter unterteilt und eine Gangliniengruppe definiert, die die verzögerte Reaktion aufgrund der Lage im Grundwasserleiter (Überdeckung) berücksichtigt.

Zur Untersuchung der anthropogenen Beeinflussung wurde für jede Grundwassermessstelle die Landnutzung im umliegenden Bereich ermittelt (z. B. „versiegelt“, „Nadelwald“, Basis: CORINE 2000). Ein weiteres Merkmal für den anthropogenen Effekt ist die durch den Tagebau entstandene Absenkung des Grundwassers und die durch Wasserentnahme beeinflussten Trinkwasserschutzgebiete (Tabelle 4).

Tabelle 4: Visuelle Analyse und ANOVA: Gangliniengruppen. huek: Hydrogeologische Übersichtskarte; gwk: Grundwasserkörper (shapefile); wsg: Wasserschutzgebiete (shapefile)

äußerer Einfluss	Gangliniengruppe	Untergruppen	Datengrundlage (vgl. Tabelle 13, Tabelle 14)	Räumlich zusammenhängende Teilgebiete?
natürlich	Geologie	Verfestigung	huek200	nein
		Gesteinsart		nein
		Hohlraumart		nein
		Durchlässigkeit		nein
	Deckschichten	Genesetyp	huek200	nein
	Hydrogeologische Teilräume	Hydrogeologische Teilräume	huek200	ja
	Grundwasserkörper		gwk	ja
	Naturräume			ja
anthropogen	Landnutzung		CORINE	nein
	Absenkungsgebiete (Bergbau)		Absenkung	ja
	Wasserschutzgebiete		wsg	ja

4.2.6.2 analysis of variance - ANOVA

Weil die visuelle Analyse oft nicht zu eindeutigen Ergebnissen führt, wurde eine Varianzanalyse (analysis of variance - ANOVA) durchgeführt. Bei einer ANOVA wird die Varianz einer oder mehrerer Zielvariable(n) durch den Einfluss einer oder mehrerer Einflussvariablen (Faktoren) erklärt. Um eine ANOVA durchführen zu können, muss die Zielgröße normalverteilt vorliegen und die Varianz der Zielgröße homogen sein. Hier wurden die Einflussvariablen Naturraum nach (BERNHARDT et al. 1986), Grundwasserkörper, Verfestigung, Hohlraumart, Gesteinsart und Durchlässigkeit getestet. Eine zweite Varianzanalyse zur Ermittlung des anthropogenen Effektes wurde für die Kenngrößen Landnutzung, Versiegelung und Absenkung angewandt. Als Zielgröße wurden jeweils die Grundwasserstandsentwicklungstypen für die einzelnen Messstationen festgelegt.

4.3 Grundwasserbeschaffenheit

Die natürliche Beschaffenheit des Grundwassers wird durch hydrochemische und mikrobiologische Wechselwirkungen des versickernden Niederschlagswassers mit der umgebenden Bodenmatrix bestimmt. Weitere Veränderungen im hydrogeochemischen Charakter des Grundwasserkörpers werden durch die Wasserbewegung innerhalb des Grundwasserleiters und die dabei auftretenden Wechselwirkungen mit den umgebenden Gesteinsschichten verursacht. Neben den natürlichen Gegebenheiten beeinflussen auch Stoffeinträge aus anthropogenen Quellen die Grundwasserbeschaffenheit maßgebend (LfULG 2011).

Dazu wurden 20 Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen in Sachsen ausgewählt. Sie wurden auf einen Zusammenhang hinsichtlich verschiedener chemischer Kennwerte und der Grundwasserstandsentwicklung der Messstelle bzw. einer nahegelegenen Messstelle untersucht. Weil nur zwei Proben jährlich erhoben werden (vgl. Abschnitt 3.2), wurde der Betrachtungszeitraum bis Winter 2008 verlängert (Untersuchungszeitraum hier also Winter 2008 bis Frühjahr 2011).

5 Ergebnisse

5.1 Meteorologische und hydrologische Situation 2010/11 und August/September 2010

Die Beschreibung der meteorologischen/hydrologischen Situation basiert, wenn nicht anders angegeben, auf den jeweiligen Monatsberichten des LfULG (LfULG 2009, 2010a und 2011b).

5.1.1 Meteorologische Situation

5.1.1.1 Überblick

Die Niederschlagssummen des hydrologischen Jahres 2010 (1. November 2009 bis 31. Oktober 2010) liegen deutlich über dem langjährigen Mittel der Normalperiode 1971-2010. Für die Temperatur hingegen zeigt sich kein eindeutiges Muster (Tabelle 5, Tabelle 6).

Tabelle 5: Jahresniederschlag: Vergleich von Messdaten (DWD) des hydrologischen Jahres 2010 mit dem langjährigen Mittel (1971-2010)

Station	Niederschlagssumme, hydrologisches Jahr 2010	Mittlerer Jahresniederschlag (1971-2010)	Abweichung
Dresden-Klotzsche	1016,6 mm	770,5 mm	246,1 mm (+31,9 %)
Fichtelberg	1898,3 mm	1343,6 mm	554,7 mm (+41,3 %)
Görlitz	1033,1 mm	746,0 mm	287,1 mm (+38,5 %)
Leipzig-Halle	809,1 mm	593,8 mm	215,3 mm (+36,2 %)

Tabelle 6: Jahresmitteltemperatur: Vergleich von Messdaten (DWD) des hydrologischen Jahres 2010 mit dem langjährigen Mittel (1971-2010)

Station	Jahresmitteltemperatur, hydrologisches Jahr 2010	Jahremittel der Temperatur (1971-2010)	Abweichung
Dresden-Klotzsche	8,1°C	9,3°C	-1,2°C
Fichtelberg	2,6°C	3,4°C	-0,8°C
Görlitz	7,8°C	8,7°C	-0,9°C
Leipzig-Halle	8,3°C	9,4°C	-1,1°C

Der Winter 2009/2010 war im Vergleich zum langjährigen Mittel mit Ausnahme des Dezembers, der durch eine niederschlagsreiche Witterung charakterisiert war, insgesamt sehr kalt und relativ trocken (vgl. z. B. Abbildung 10). Ende Februar/Anfang März setzte Tauwetter ein. Nachdem es im April 2010 erneut vergleichsweise trocken war, regnete es im Mai stärker als im Referenzzeitraum (z. B. Station Leipzig-Halle, Abbildung 13). Im Juni und Juli war es überdurchschnittlich sonnig. In beiden Monaten wurden höhere Temperaturen als im langjährigen Mittel 1970 bis 2000 verzeichnet. Im Juni war es dabei tendenziell zu trocken und im Juli zu nass (z. B. Abbildung 11). Nach zwei bedeutenden Niederschlagsereignissen im August war auch der September als dritter Monat in Folge sehr nass (z. B. Station Görlitz, Abbildung 12). In diesen beiden Monaten kam es insgesamt zu drei Hochwasserereignissen (6.-8. August, 15./16. August und 25.-30. September, vgl. Abschnitt 5.1.2). Das erste Niederschlagsereignis im August und das Ereignis Ende September wurden durch eine Vb-Wetterlage ausgelöst und waren durch lang anhaltenden Dauerregen charakterisiert, während im zweiten Ereignis im August von Südosten Gewitter mit Starkregen

aufzogen. Der Oktober war weitestgehend trocken, während in den Folgemonaten November und Dezember mehr Niederschlag als im langjährigen Mittel verzeichnet wurde. Im Dezember 2010 war es dabei markant zu kalt (siehe z. B. Abbildung 11), die Schneedecken zum Jahresende 2010 waren mit 40 bis 100 cm im Bergland, und 25 bis 40 cm im Tiefland sehr mächtig. Auf dem Fichtelberg wurde eine Schneedecke von 126 cm gemessen. Durch die warme Witterung kam es bereits im Januar (z. B. Station Leipzig, Abbildung 13) zu einer Schneeschmelze und damit flächendeckend zu Hochwasser (vgl. Abschnitt 5.1.2.4). Von Februar bis einschließlich Mai war die Witterung im Freistaat Sachsen trockener und wärmer als das langjährige Mittel.

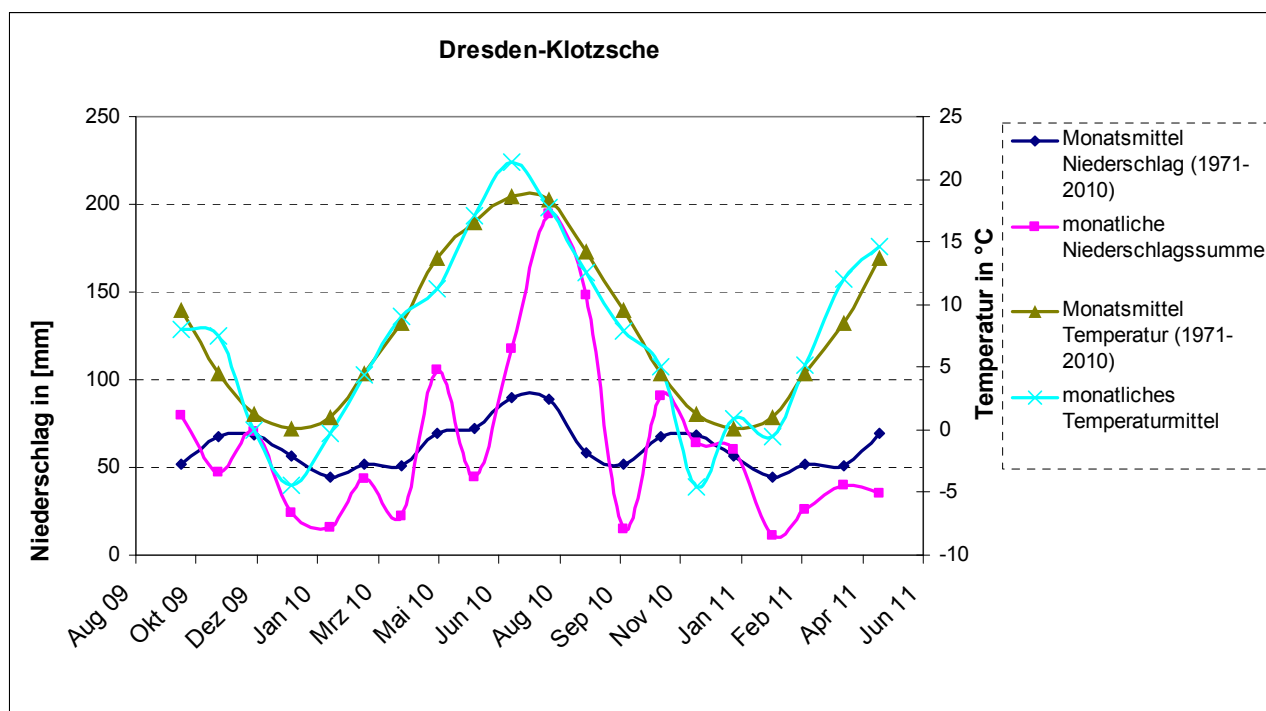


Abbildung 10: Klimastation Dresden-Klotzsche: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)

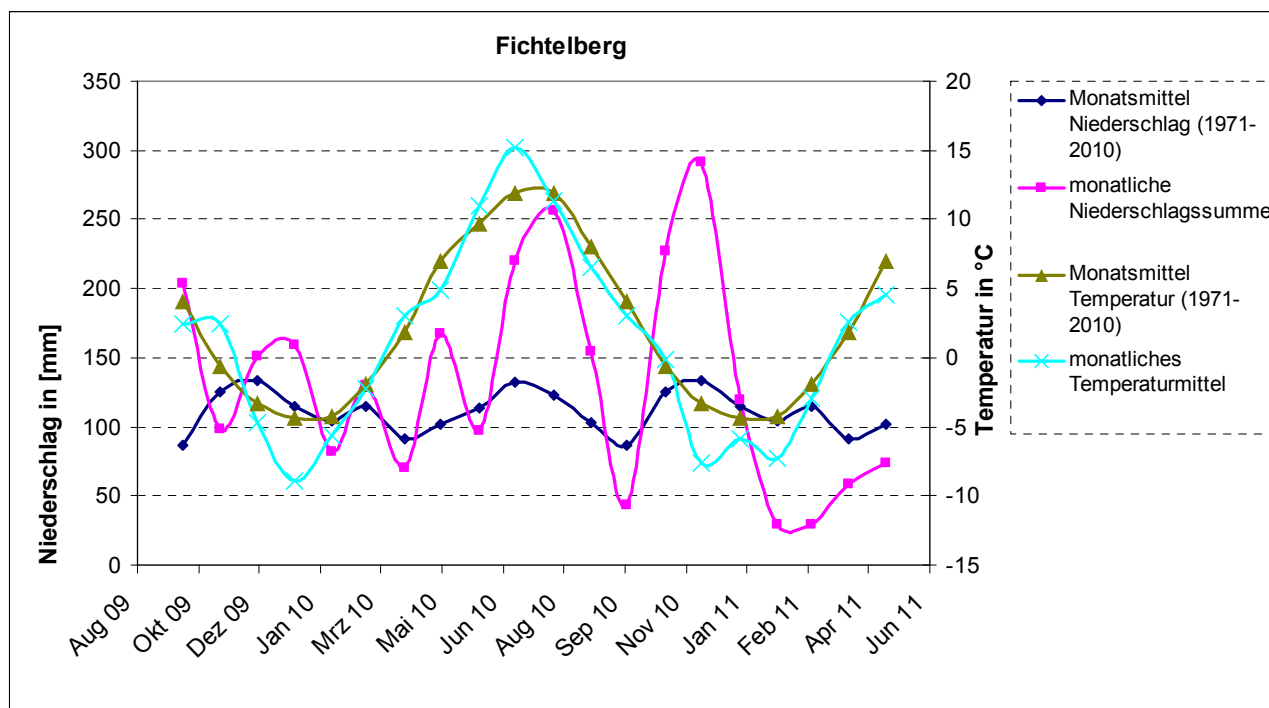


Abbildung 11: Klimastation Fichtelberg: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)

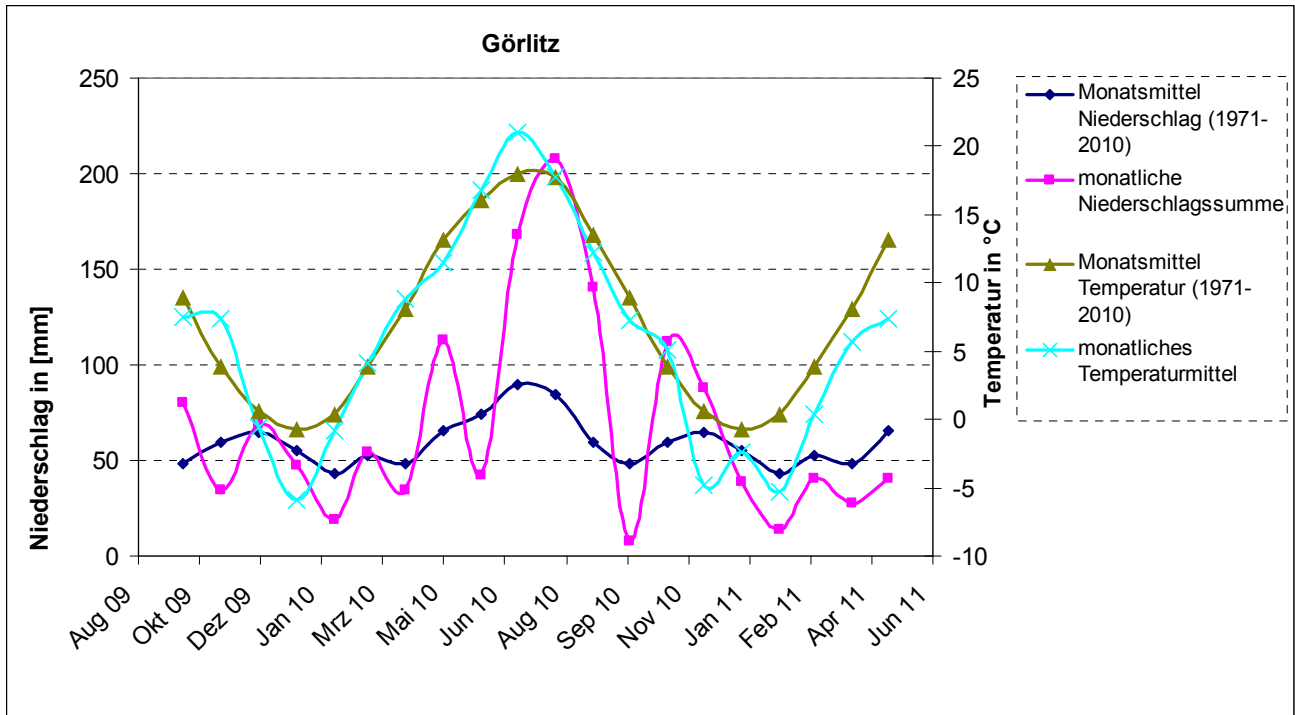


Abbildung 12: Klimastation Görlitz: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)

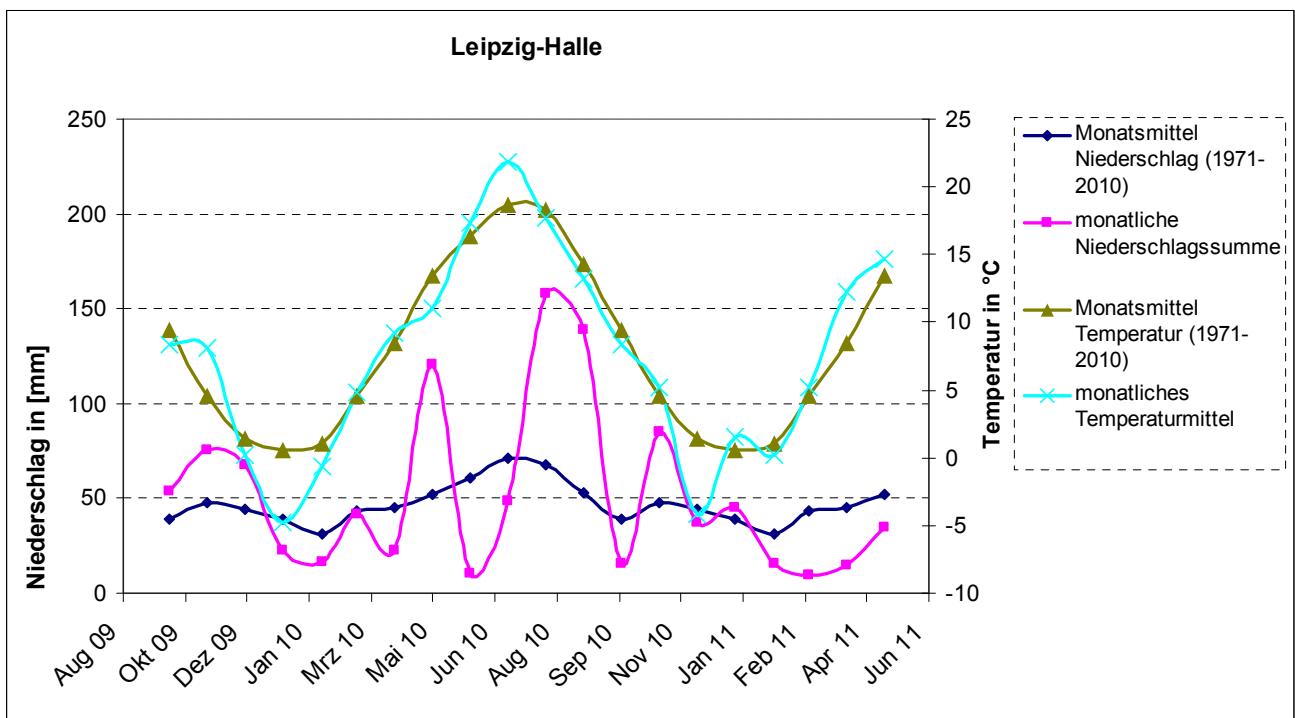


Abbildung 13: Klimastation Leipzig-Halle: Mittlere monatliche Temperatur und monatliche Niederschlagssumme 2010, verglichen mit dem jeweiligen langjährigem Mittel (1971-2010)

5.1.1.2 August/September 2010

Der August 2010 fiel extrem nass aus (LfULG 2010). Dies war vor allem durch zwei größere Niederschlagsereignisse (6.-8. August und 15./16. August) bedingt. Diese beiden Niederschlagsereignisse unterschieden sich dahingehend, dass im ersten Ereignis starke Niederschlagsintensitäten von längerer Dauer verzeichnet wurden und im zweiten Ereignis die Niederschläge als Starkregen niedergingen. Die Witterung im September war ebenfalls sehr nass. Ende September (25.-27. September) gab

es in Sachsen ein weiteres größeres Niederschlagsereignis. Anders als im August, als der Regen vor allem im Gebirge nieder- ging, fiel der Regen bei diesem Ereignis großräumig verteilt.

Im Verlauf des ersten Niederschlagsereignisses griff nach einem Zwischenhocheinfluss (4. August) am 5. August 2010 ein Ausläufer des Tiefs nördlich von Großbritannien auf Mitteleuropa über (Abbildung 52 im Anhang) und brachte im westlichen Teil Sachsens (Vogtland und westliches Erzgebirge) tägliche Niederschlagssummen zwischen 10 und 20 mm. Am 6./7. August zog das Tief „Viola-III“ von Oberitalien über Tschechien nach Polen und verharnte dort, während sich auf 500 hPa-Ebene ein Tief mit Zentrum über Tschechien ausbildete (vgl. Abbildung 52 im Anhang; JELONEK et al. 2010, LfULG 2010). Diese sogenannte Vb-Wetterlage verursachte hauptsächlich in den Einzugsgebieten der Spree, den rechten Zuflüssen der Elbe und der Lausitzer Neiße und hier besonders auf polnischem und tschechischem Gebiet ergiebigen Dauerregen (z. B. Station Bertsdorf-Hörnitz 101,2 mm/d, Station Hejnice 182 mm/d, Station Mlýnice 176 mm/d). Die Front im Isergebirge und Lausitzer Gebirge hielt sich bis zum Abend des 7. August, ehe sie sich langsam weiter nach Osten verlagerte (JELONEK et al. 2010).

Anschließend näherte sich ein Zwischenhoch und es wurden bis zum 11. August nur noch geringe Niederschläge in Sachsen verzeichnet (LfULG 2010). Am 12./13. August wurde die Region vom Tief „Xenia“ über der Nordsee beeinflusst, wodurch feuchtere Luft aus Westeuropa nach Sachsen gelangte (Abbildung 53 im Anhang). Nachdem sich die Wetterlage am 14. August etwas beruhigte, brachte ein lokales Tief („Yvette-II“) aus den Alpen, das nordwärts zog (Abbildung 53 im Anhang), am 15. und 16. August erneut gewittrige Schauer mit Starkregen. So wurden pro Stunde 26,0 mm in Dresden Hosterwitz, 25,8 mm in Lichtenhain-Mittelndorf, 30,4 mm in Lohmen und 37,9 mm in Fürstenwalde gemessen (LfULG 2010). Ab dem 17. August fiel das Wetter in Sachsen wechselhaft aus.

Nach einem Zwischenhoch Mitte September löste ein Frontensystem eines Tiefs über Südkandinavien (Tief „Kathrein“) und eines Tiefs über Norditalien (Tief „Lya“) ergiebigen Dauerregen aus (LfULG 2010; MÜHR et al., 2010). Tief „Kathrein“ wanderte südwärts und löste sich auf, während Tief „Lya“ einer Vb-Wetterlage auslöste und am 25. September besonders im Erzgebirge und der sächsischen Schweiz, am 26. September besonders in Nordsachsen und in den Einzugsgebieten der Schwarzen Elster, der Spree und der Lausitzer Neiße hohe Niederschläge verursachte. Am 27. September waren die Niederschläge im gesamten Freistaat sehr ergiebig. Auch am 28. September wurden infolge des Tiefdruckgebiets über Polen (Abbildung 54 im Anhang) noch teils ergiebige Niederschlagsmengen gemessen. Danach zog das Tief nach Osten ab. Gemeinsam mit einem Hochdruckgebiet über Skandinavien wurde feuchte, kühlere Luft herangeführt. Die verzeichneten Niederschläge blieben gering.

5.1.2 Hydrologische Situation der Oberflächengewässer

5.1.2.1 Überblick

Einen Überblick über die hydrologische Situation an den Pegeln der Oberflächengewässer gibt das Abflussregime der einzelnen Pegel. Hierbei wird der Pardé-Koeffizient für den Zeitraum 1971-2000 verwendet.

Die meisten untersuchten Pegel in Sachsen haben ihr Abflussmaximum, also auch das Maximum des Pardé-Koeffizienten, im März (Abbildung 14). In Sachsen ist also ein Großteil der Abflüsse zumindest anteilig durch Schneeschmelze geprägt (nivo-pluviales bzw. pluvio-nivales Abflussregime, z. B. Pegel Niedermülsen/Mülsenbach). Dabei muss zwischen der Schneeschmelze im Mittelgebirge und in den tiefer gelegenen Gebieten unterschieden werden. So werden viele Pegel des Tieflands (z. B. Pegel Leipzig Thekla/Parthe) durch die Schneeschmelze in den Lösshügellandschaften geprägt. Der Schnee schmilzt hier früher als im Mittelgebirge, sodass der maximale Pardé-Koeffizient nach vorne verschoben wird. Bei einem Abflussmaximum im Dezember, Januar oder Februar kann davon ausgegangen werden, dass der Abfluss vor allem vom Niederschlag bestimmt wird (pluvio-nivales bis pluviales Abflussregime, z. B. Pegel Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser). Die einzelnen Jahresgänge der Pardé-Koeffizienten befinden sich im digitalen Anhang dieses Berichts.

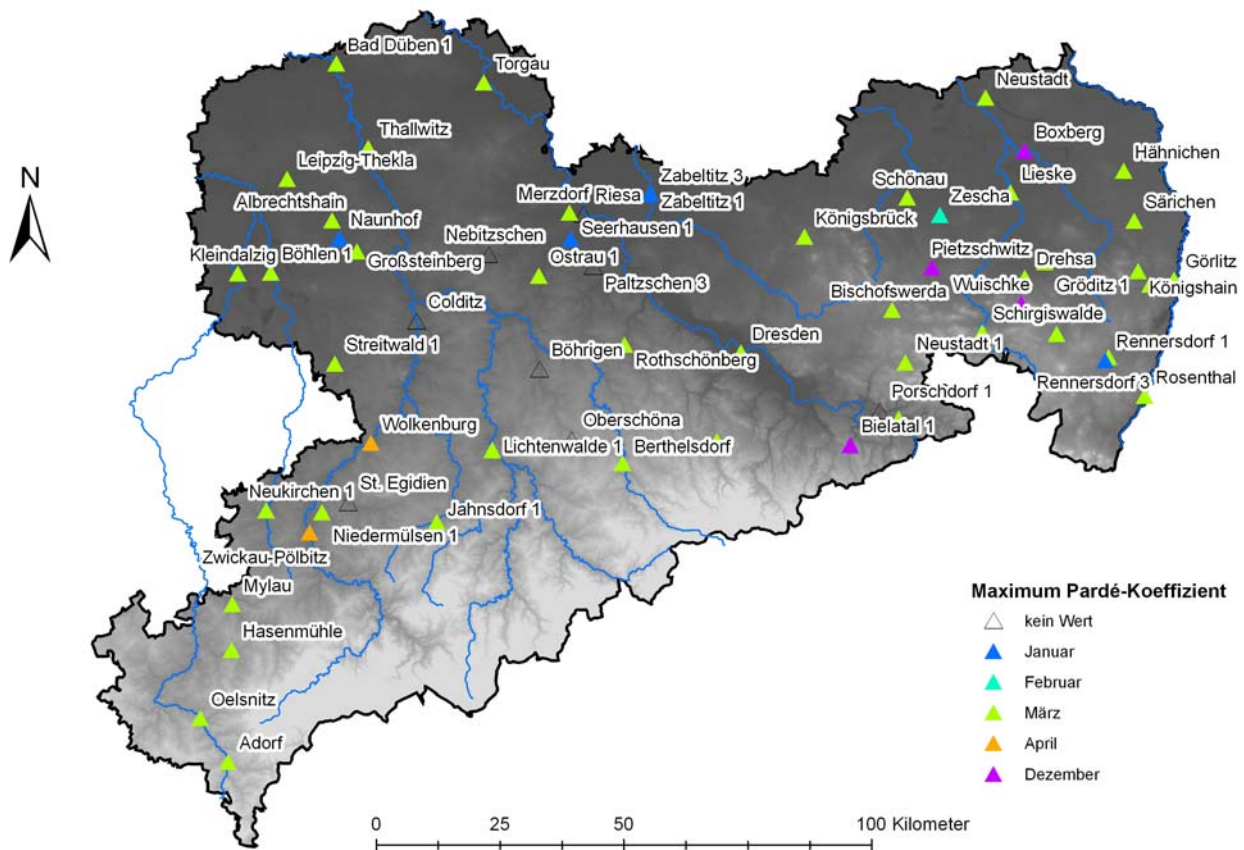


Abbildung 14: Pardé-Koeffizienten (1971-2000): zeitliche Lage des Maximums an den Untersuchungspegeln

5.1.2.2 Situation vor August 2010

Der im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) trockene Winter 2009/2010 hatte eher niedrige Durchflüsse an den Pegeln zur Folge. Ende Februar und im weiteren Verlauf des März setzten Tauwetter und Niederschlag ein, sodass Ende März die Wasserführung an fast allen Pegeln mit 120 bis 220 % deutlich über dem langjährigen Mittelwert lag (z. B. Pegel Dresden/Elbe, Abbildung 16). Ausnahmen waren nur Pegel Mylau/Göltzsch und Böhlen/Pleiße (jeweils 90 % des MQ). Im April wurden fallende Tendenzen der Wasserführungen beobachtet. Die regnerische Witterung im Mai verursachte immer wieder ein Ausufern von Nebenflüssen der oberen Elbe, der Schwarzen Elster, der Spree und der Lausitzer Neiße. Ab der zweiten Juniwoche führte schließlich die trockenere Witterung in Verbindung mit der hohen Bodenfeuchte zu einer langsam fallenden, teils gleichbleibenden Tendenz der Wasserstände in den Fließgewässern. Ende Juli zog von Westen eine Kaltfront heran, die eine Änderung der Witterung einleitete und zu unweatherartigen Niederschlägen im gesamten Freistaat führte. Zu diesem Zeitpunkt ufereten bereits alle Fließgewässer mit Ausnahme der Elbe kurzzeitig aus.

5.1.2.3 Hochwassereignisse 6.8.-8.8.2010, 16./17.8.2010, 27.9.2010

Der lang anhaltende Dauerregen Anfang August verursachte vor allem an der Chemnitz, im Gebiet von Schöps, Mandau und Landwasser, an der Lausitzer Neiße und an den rechten Zuflüssen der Elbe Hochwasser über dem Richtwert der Alarmstufe 4. Auf polnischem Gebiet brach am 7.8.2010, gegen 18 Uhr, der Damm der Talsperre Niedow/Witka (JELONEK et al. 2010). Die Witka mündet ca. 17 km oberhalb von Görlitz in die Lausitzer Neiße. Am Pegel Görlitz/Lausitzer Neiße wurde zwischen 20 bis 23 Uhr ein Wasserstandsanstieg von vier Metern beobachtet. Gegen 22 Uhr überströmte die Lausitzer Neiße zwischen der Witkamündung und der Stadt Görlitz den Deich zum Berzdorfer See. Dadurch stieg der Wasserstand am Pegel Görlitz/Lausitzer Neiße nur noch langsam an. Der Hochwasserscheitel wurde am 8.8.2010 um 7:15 Uhr erreicht. Der Einfluss der Havarie der Talsperre Niedow auf die Höhe, die Eintrittszeit und die Zeitdauer des Hochwassers an der Lausitzer Neiße bedarf nach Angaben von JELONEK et al. (2010) noch umfangreicher Modelluntersuchungen. Im Elbstrom und im Flussgebiet der Schwarzen Elster erreichte das Hochwasser die Alarmstufe 2 bzw. 3 (siehe auch Abbildung 16). Die Flussgebiete der Freiburger Mulde und Weißen Elster verzeichneten hingegen nur geringe Wasserstandsanstiege.

Ein Gewitter in der Nacht zum 16. August verursachte ein weiteres, weniger starkes Hochwasserereignis mit Schwerpunkt im Flussgebiet der Schwarzen Elster, teilweise auch an den rechten Zuflüssen der Oberen Elbe und in den Flussgebieten der Lausitzer Neiße und der Spree.

Die ergiebigen Niederschläge führten vom 25. bis 28. September erneut zu einem Hochwasser der Meldestufe 4 im Flussgebiet der Lausitzer Neiße, der Spree und der Schwarzen Elster. Der Schwerpunkt des Hochwassers Ende September in Sachsen war die Große Röder und der untere Schwarzen Schöps (Bereich Boxberg). Die mittleren monatlichen Durchflüsse sowohl im August als auch im September lagen zwei bis siebenmal über dem jeweiligen langjährigen Monatsmittel (hier 1961-1990).

Für eine langfristige Einordnung der insgesamt drei Hochwasserereignisse wurde der Abfluss der Fließgewässer im Ereigniszeitraum (August bis Oktober 2010) mit dem mittleren Abfluss von August bis Oktober des Referenzzeitraumes (1971-2000) verglichen. Es gibt keinen Pegel, an dem der Abfluss im Ereigniszeitraum geringer ist als die Referenz (Abbildung 15). In einigen Teileinzugsgebieten übertrifft der Abfluss das langjährige Mittel um mehr als das Vierfache (z. B. Teileinzugsgebiete der Spree). Eine Einordnung der gemessenen mittleren Abflüsse von August bis Oktober 2010 (Tabelle 16 im Anhang) zeigte, dass der mittlere Abfluss im Zeitraum der Hochwasserereignisse grundsätzlich über dem mittleren Abfluss (MQ) und unter dem mittleren Hochwasserabfluss (MHQ) liegt. Der Abflusskoeffizient für die drei Monate ist in 30 von 39 Fällen höher als derjenige der Referenz (Tabelle 16 im Anhang). Die hohen Niederschläge führten demnach in Kombination mit der hohen Bodenvorfeuchte von August bis Oktober 2010 in 77 % der betrachteten Einzugsgebiete zu einem außergewöhnlich hohen Direktabfluss.

5.1.2.4 Situation nach September 2010

Aufgrund der niederschlagsarmen Witterung im Oktober sanken die Wasserstände in den sächsischen Fließgewässern wieder. Am Monatsende bewegten sich die Durchflüsse meist zwischen 90 und 200 % des langjährigen mittleren Abflusses (MQ). Die Witterung im November und Anfang Dezember war unbeständig, vereinzelt wurde für kurze Zeit Alarmstufe 1 überschritten. Im Dezember wurde der Anstieg der Wasserstände durch den Übergang des Regens in Schnee unterbrochen. Anfang Januar 2011 ließen die hohen Temperaturen und das damit verbundene Tauwetter zusammen mit weiteren Niederschlägen die Pegel in allen sächsischen Fließgewässern ansteigen. Alle Hochwassermeldepegel überschritten hierbei die Alarmstufe 1. Nach einem kurzen Temperaturrückgang wiederholte sich die Situation Mitte Januar (siehe Abbildung 16). Anschließend gestaltete sich die Witterung trockener. Ende Februar lagen die Durchflüsse bei 60 bis 100 % (Ausnahmen: Pegel Dohna/Müglitz: 40 % und Pegel Mühlau/Göltzsch: 45 %). Die Tendenz der niedrigeren monatlichen Durchflüsse im Vergleich zum langjährigen Referenzwert (mittlerer monatlicher Durchfluss) setzte sich im März, April und Mai fort.

5.1.3 Hydrologische Situation im Grundwasser

Von Dezember 2009 bis einschließlich Juli 2010 lag der Wasserstand an 40 % (Mai 2010) bis 64 % (Juni 2010) der Grundwassermessstellen über ihrem jeweiligen langjährigen monatlichen Mittel. Die Situation ist insgesamt ausgeglichen.

Die feuchte Witterung im Juli, August und September 2010 ließ die Grundwasserstände stark ansteigen. So lagen im August 79 %, im September 93 % und im Oktober und November alle beobachteten Grundwassermessstellen über den langjährigen Monatsmittelwerten. Im gesamten Ereigniszeitraum (August bis Oktober 2010) weisen nur vereinzelte Grundwassermessstellen wie Langenhennersdorf und Polenztal im Elbsandsteingebirge geringere Grundwasserstände auf als im langjährigen Mittel (Abbildung 15). Ein Teil dieser Grundwassermessstellen liegt in Hochwasserentstehungsgebieten. Diese waren daher nicht von den betrachteten Ereignissen, die sich erst im Verlauf des Fließgewässers zu einer Hochwasserwelle akkumulierten, beeinflusst (z. B. Grundwassermessstellen im Erzgebirge, Einzugsgebiet der Mulde, Abbildung 15).

Im Winter 2010/2011 wurden an fast allen Grundwassermessstellen infolge des Tauwetters und der Niederschläge Grundwasserstände über dem langjährigen Monatsmittel verzeichnet (LfULG 2011a, 2011c). Vor allem an der Elbe und der Neiße hatte das Grundhochwasser erhebliche Auswirkungen für die Bevölkerung. So waren hier zahlreiche Hausbesitzer betroffen, deren Keller überflutet wurden. Viele Landwirte konnten vor allem im Osten Sachsens aufgrund der langanhaltenden Überflutung der Felder bzw. des außergewöhnlich hohen Grundwasserstandes die Wintersaat erst stark verspätet oder gar nicht ausbringen (z. B. Sächsische Zeitung, Ausgaben vom 17.1.2011, 19.1.2011, 28.1.2011, 29.1.2011, 1.2.2011, 3.2.2011, 18.2.2011, 1.3.2011 und 9.4.2011). Durch die trockeneren Verhältnisse ab Februar 2011 wurden ab diesem Monat tendenziell fallende Grundwasserstände beobachtet. Dennoch lagen selbst im Mai 2011 die meisten Grundwasserstände der Grundwassermessstellen noch über ihrem jeweiligen langjährigen Mittel (z. B. Grundwasserstand Dresden, Stübelallee 2; Abbildung 16).

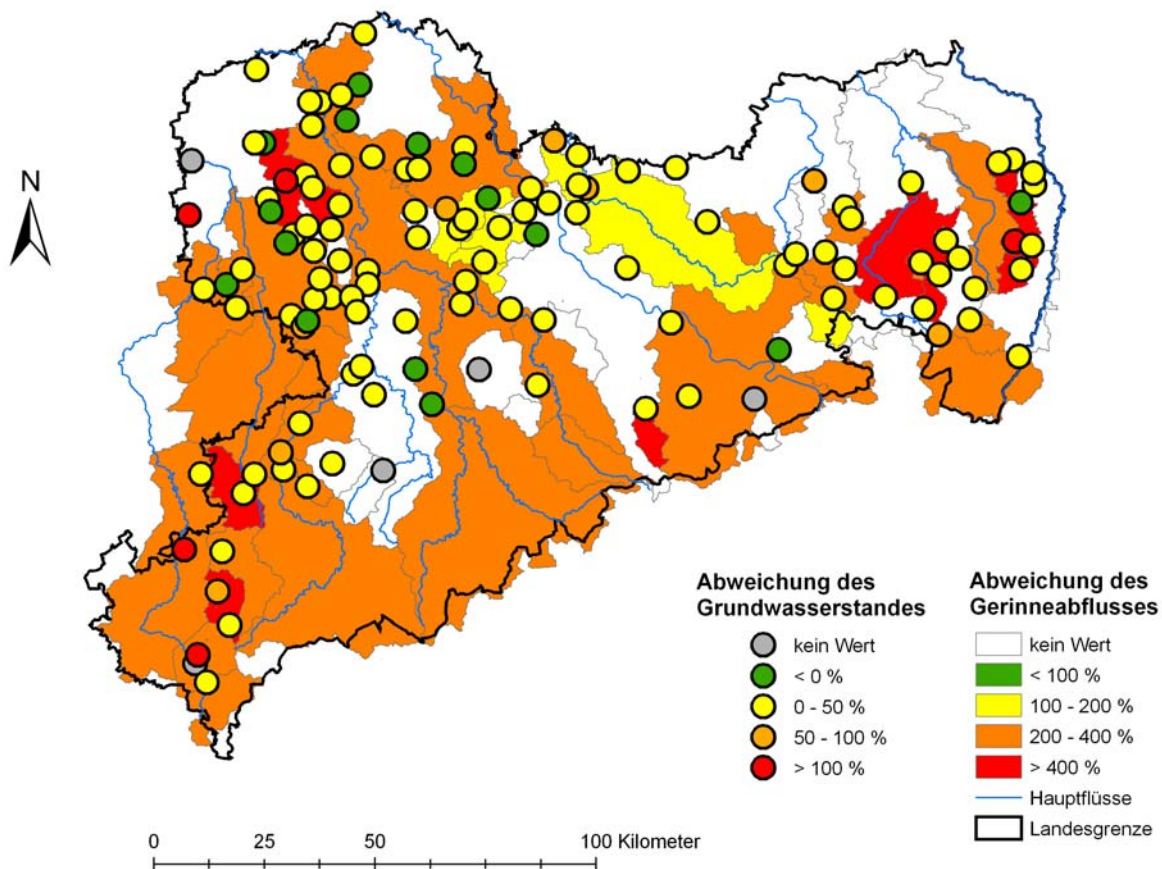


Abbildung 15: Abweichung der Grundwasserstände und des Oberflächenabflusses (August bis Oktober 2010) vom langjährigen Bezugszeitraum (August bis Oktober, 1971-2000)

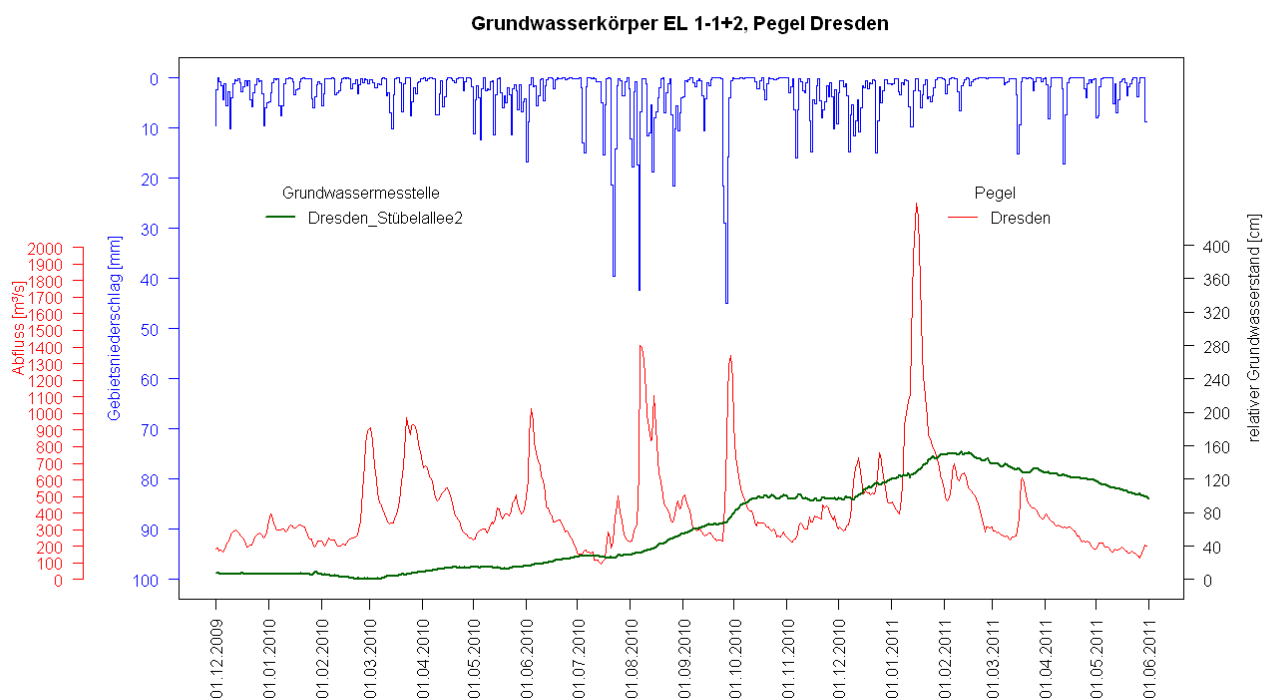


Abbildung 16: Grundwasserstand an der Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2 mit Gebietsniederschlag und Abfluss für das Einzugsgebiet der Elbe (Dresden)

5.2 Bewertung der Grundwasserstandsentwicklung

5.2.1 Berechnung der Grundwasserneubildung*

Die berechnete Grundwasserneubildung* (GWN*) zeigt einen plausiblen Jahresgang: Im Winterhalbjahr überwiegt der Zustrom von Wasser in das Grundwasser („Grundwasserneubildung“), im Sommerhalbjahr überwiegt ein Abstrom aus dem Grundwasser („Grundwasserzehrung“, vgl. Abbildung 17). Die Höhe der Grundwasserneubildung stimmt gut mit den Angaben im Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD 2003) überein. Dabei ist zu beachten, dass nur ein indirekter Vergleich möglich ist, weil GWN* einen integrativer Wert darstellt und nicht der Grundwasserneubildung nach Definition der DIN 4049-3 entspricht (vgl. Abschnitt 4.1.4).

Der Vergleich der GWN* der Messstellen im Grundwasserkörper SAL GW 060 mit den drei Typkurven der Lysimeterstation Brandis zeigt im Winterhalbjahr grundsätzlich eine gute Übereinstimmung (Abbildung 18). Bei den Grundwassermessstellen Kleinbardau, Lindharth, Liebertwolkwitz und Grethen, die sich alle südlich der Lysimeterstation befinden, stimmen die Monatsmittel von November bis April gut mit denjenigen der Lysimeter überein. Dagegen weichen die mittleren monatlichen GWN* der Stationen Brandis, Leipzig-Althen-Kleinpösna und Gerichshain stark von denjenigen der Lysimeter ab. Alle drei Messstationen verhalten sich hinsichtlich ihres Jahresgangs der GWN* untypisch. Gerichshain weist einen sehr ausgeglichenen Grundwasserspiegel und demnach nur geringe Schwankungen in der GWN* auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich der Grundwasserspiegel hier nach den Angaben im Schichtenverzeichnis in etwa 18 m Tiefe unter GOK in einem kiesigen Grundwasserleiter (fluviatil, Eburon-Kaltzeit, Unterpleistozän) befindet. Die Grundwasserleiter der Messstellen Leipzig-Althen-Kleinpösna und Brandis zeichnen sich im Gegensatz zu den anderen Messstellen des Grundwasserkörpers SAL GW 060 durch schluffiges Geschiebe und eine sich dadurch deutlich von den anderen Messstellen unterscheidende Zusammensetzung des Porenraums aus. Dadurch kommt es hier zu einer stark abweichenden Grundwasserdynamik. Geringeren Einfluss haben hier wahrscheinlich vertikale Grundwasserströme, welche im Lysimeter nicht erfasst werden können. Die Werte im Sommerhalbjahr können nicht direkt verglichen werden, weil im Lysimeter keine Grundwasserzehrung auftreten kann (vgl. Abschnitt 4.1.4, HAFERKORN 2000).

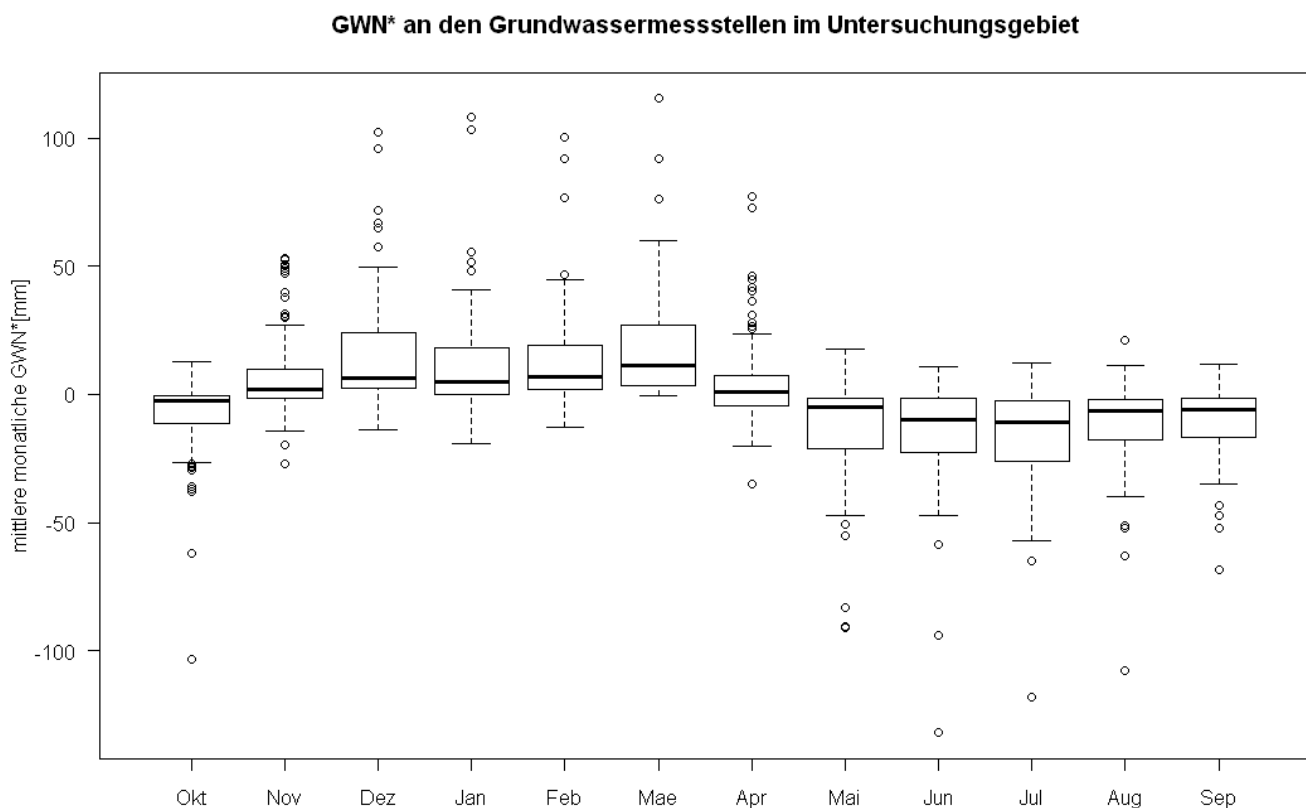


Abbildung 17: Mittlere monatliche Grundwasserneubildung* (GWN*, 1971-2000): Alle Grundwassermessstellen

**GWN* im Grundwasserkörper SAL GW 60 im Vergleich zu
gemessenen Sickerwassermengen der Lysimeterstation Brandis**

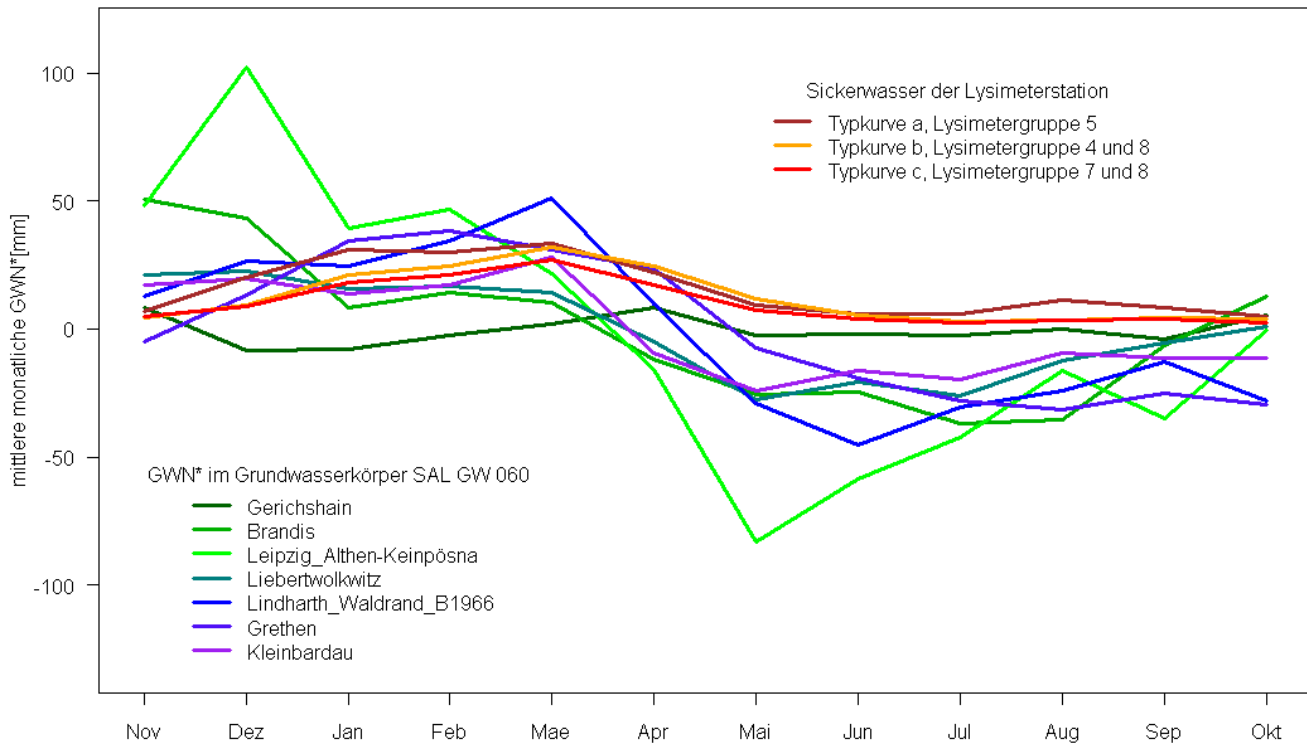


Abbildung 18: Mittlere monatliche Grundwasserneubildung* (GWN*, 1971-2000) im Grundwasserkörper SAL GW 60, Vergleich mit Messwerten (mittlere monatliche Sickerwassermengen) der Lysimeterstation Brandis (Typkurven a, b, c)

5.2.2 Bewertung

Die untersuchten Grundwassermessstellen können in fünf Grundwasserstandsentwicklungstypen eingeteilt werden (Tabelle 17 im Anhang):

1. „Interaktion“: Grundwassermessstellen, an denen sich der Grundwasserstand analog zum Anlaufen und Abfallen der Hochwasserwelle entwickelt. Es wurde dabei nicht zwischen Grundwassermessstellen unterschieden, die sehr stark interagieren („schneller Basisabfluss“, vgl. z. B. Abbildung 63) und weniger stark interagieren („langsamer Basisabfluss“, z. B. Abbildung 55).
2. „Kumulation“: Grundwassermessstellen, an denen der Grundwasserstand im Untersuchungszeitraum (Winter 2010 bis Frühjahr 2011) kontinuierlich steigt und erst ab dem trockenen Frühjahr 2011 wieder langsam absinkt.
3. „Null“: Grundwassermessstellen, die nicht auf das Hochwasser reagieren.
4. „Misch“: Grundwassermessstellen, bei denen die Grundwasserstände trotz erkennbarer Interaktion mit dem Vorfluter zunächst weiter steigen.
5. „Sonderfall“: Grundwassermessstellen, die zwar eine Reaktion zeigen, die aber nicht auf die Ereignisse im August und September 2010 zurückgeführt werden kann.

In den Mittelgebirgen (Vogtland, Erzgebirge, Lausitzer Bergland) können die Grundwassermessstellen vorwiegend Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet werden (Abbildung 19). Dem entgegen ist eine Kumulation des Grundwasserstandes (Typ 2) eher im Lösshügelland und im Tiefland anzutreffen. Gleiches gilt auch für die Mischform der beiden Typen (Typ 4). Grundwassermessstellen, an denen der Grundwasserstand im Zusammenhang mit den Hochwasserereignissen weder steigt noch fällt, gibt es ausschließlich in der Nordhälfte Sachsens.

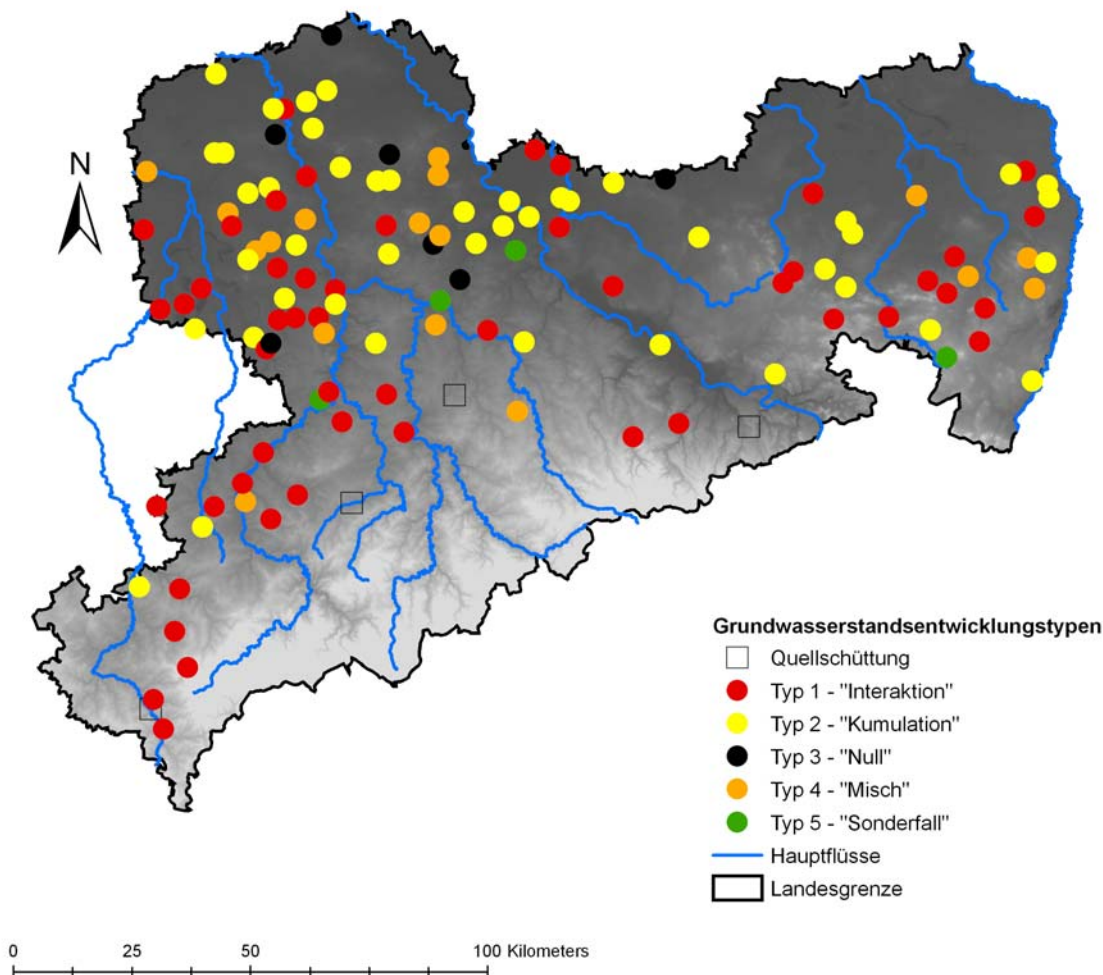


Abbildung 19: Grundwasserstandsentwicklungstypen an den Grundwassermessstellen

Im Rahmen der Auswertung wurde für jeden Grundwasserkörper die Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung im Vergleich zum Niederschlag und dem Abfluss am Bezugspegel analysiert. In den Abbildungen (Abbildung 21 bis Abbildung 22, Anhang 9.4) ist jeweils der Abfluss des Bezugspegels (vgl. Tabelle 15 im Anhang) in Form roter Linien und der Niederschlag für das entsprechende Einzugsgebiet als blaue Linie dargestellt. Um den Vergleich der Veränderungen verschiedener Grundwassermessstellen in einem Grundwasserkörper zu erleichtern, wurden relative Grundwasserstände dargestellt, d.h. der Grundwasserstand wurde auf sein jeweiliges Minimum für diesen Zeitraum bezogen. Um den Vergleich des Schwankungsbereichs aller Grundwassermessstellen zu ermöglichen, wurde eine einheitlich skalierte y-Achse verwendet. Die Grundwasserstände werden in den Abbildungen mit einer dicken durchgezogenen Linie dargestellt. Die dazugehörige monatliche Grundwasserneubildungssumme ist jeweils in derselben Farbe als dicke gestrichelte Linie abgebildet. Nachfolgend werden anhand von drei Grundwasserkörpern die fünf Grundwasserstandsentwicklungstypen erläutert:

Beispiel 1: Grundwasserkörper SAL GW 053

Die Grundwassermessstellen Königswalde, B85 und Ruppertsgrün im Grundwasserkörper SAL GW 053 liegen in der Nähe des Pegels Neukirchen/Pleiße. Der Grundwasserstand an der Messstelle Königswalde reagiert ebenso wie der Abfluss am Pegel mit nur sehr geringer zeitlicher Verzögerung auf Niederschlags- oder Schneeschmelzeereignisse (z. B. August 2010, Januar 2011, Abbildung 63). Er entspricht somit Typ 1 („Interaktion“). Im Gegensatz dazu steigt der Grundwasserstand an der Messstelle Ruppertsgrün kontinuierlich an. Besonders hohe Steigungsraten hat der Grundwasserstand Anfang August 2010 und im feuchten Winter 2010/2011 (Typ 2 – „Kumulation“). An beiden Grundwassermessstellen weist die GWN* ein Maximum im August 2010 auf. Ähnlich hohe monatliche Grundwasserneubildungsraten (GWN*) werden an beiden Messstellen im Winter 2010/2011 erreicht.

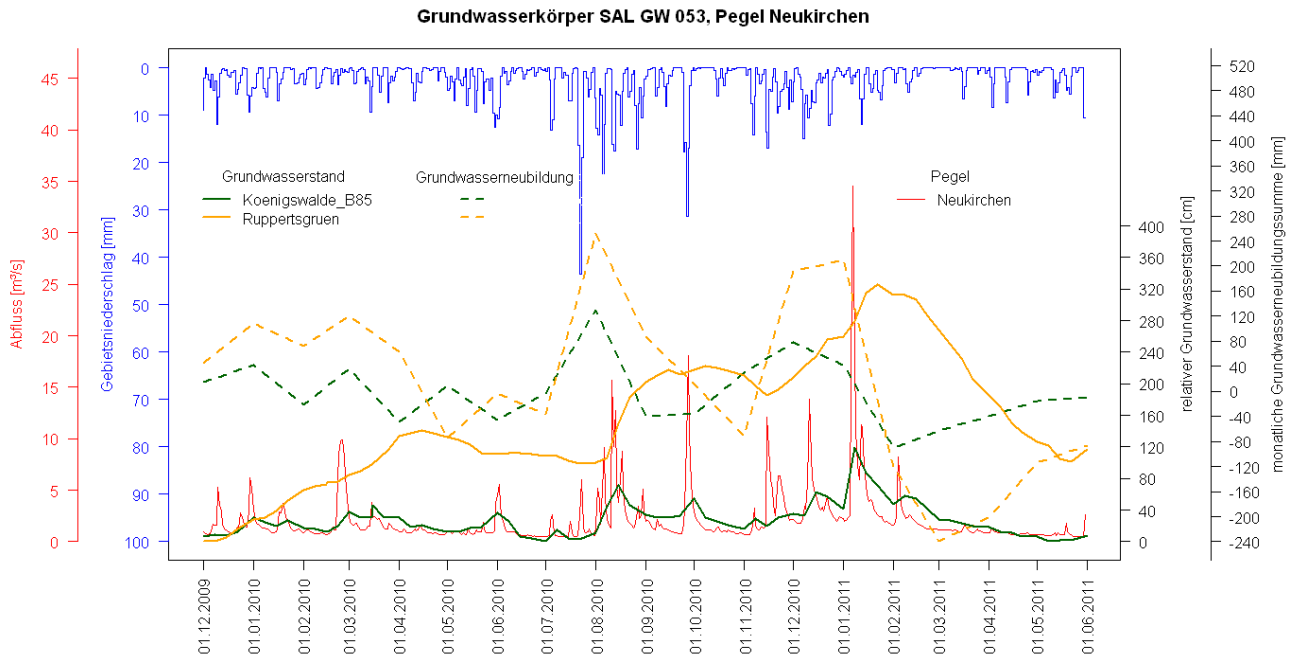


Abbildung 20: Grundwasserkörper SAL GW 053, Grundwassermessstelle Königswalde B85 und Ruppertsgruen, Pegel Neukirchen/Pleiße; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*

Beispiel 2: Grundwasserkörper SAL GW 058

Im Grundwasserkörper SAL GW 058 liegen insgesamt acht Grundwassermessstellen. Der zugeordnete Pegel Streitwald/Wyhra liegt im Oberlauf der Pleiße.

Der Grundwasserstand bzw. die Grundwasserneubildung an der Grundwassermessstelle Greifenhain ist nur unwesentlich durch die Ereignisse beeinflusst (dunkelgrüne Linie in Abbildung 21). Die Messstelle entspricht damit Typ 3 („Null“). Die Grundwasserstände der Messstationen Bad Lausick und Oelzschau steigen bis Januar/Februar 2011 kontinuierlich an und sinken anschließend langsam ab. Sie können eindeutig dem Grundwasserstandstyp 2 („Kumulation“) zugeordnet werden.

Der Grundwasserstand der Grundwassermessstelle Belgershain kumuliert zwar durch die im Mittel positiven Grundwasserneubildungsraten, zeigt jedoch zusätzlich eine deutliche Interaktion mit dem Vorfluter (gelbe Linie in Abbildung 21). So sinken die Grundwasserstände verursacht durch negative Grundwasserneubildungsraten zwischen den einzelnen Ereignissen im Vergleich zu den Grundwasserständen der Messstellen Bad Lausick und Oelzschau deutlich stärker ab. Der Grundwasserstand bei der Messstelle Belgershain entspricht also einer Mischung aus Typ 1 und 3, er ist demnach Grundwasserstandsentwicklungstyp 4 zuzuordnen.

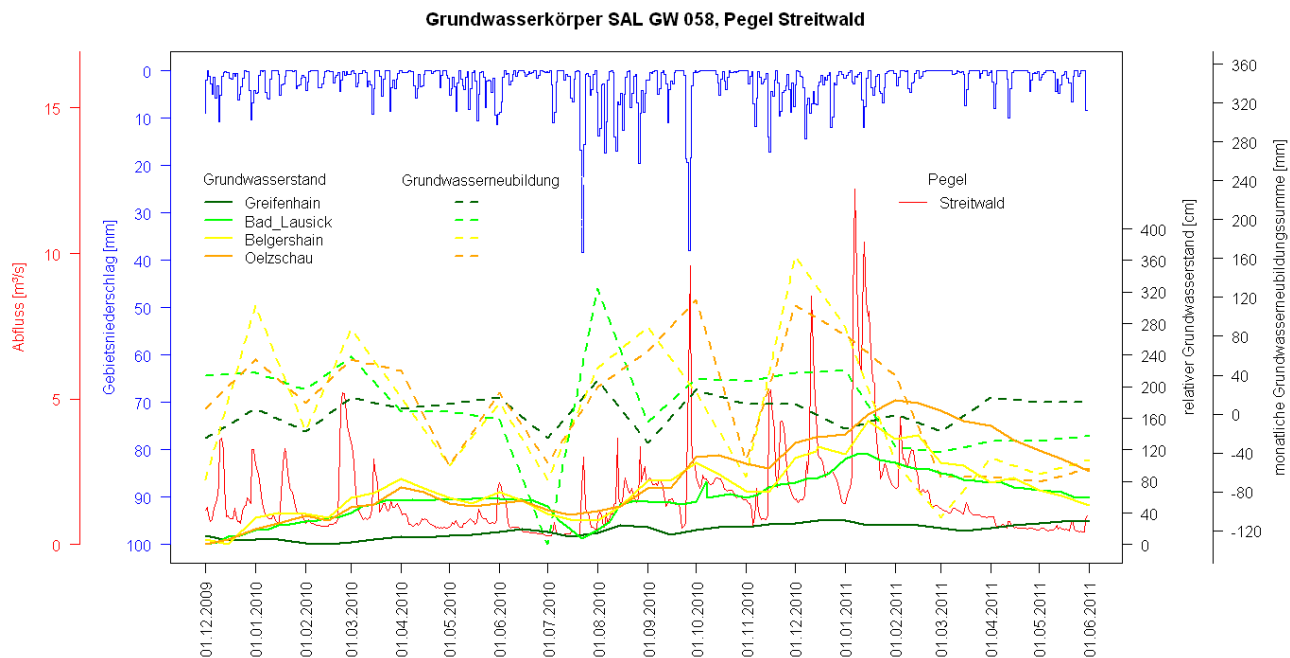


Abbildung 21: Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Greifenhain, Bad Lausick, Belgershain und Oelzschau, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*

Beispiel 3: Grundwasserkörper ZM 2-1

Der Grundwasserkörper ZM 2-1 (Zwickauer Mulde) wird insgesamt durch acht Grundwassermessstellen vertreten. Es wurden zwei Bezugspegel ausgewählt; Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde. Die Niederschlagsereignisse bzw. Hochwasserereignisse (5.-8. August 2010, 27. September 2010, Schneeschmelze Januar 2011) sind in den Pegelganglinien gut erkennbar (Abbildung 22).

Die Grundwassermessstellen Arnsdorf und Weissbach verzeichnen keinerlei Anstieg des Grundwasserstandes im Zusammenhang mit den Ereignissen im August 2010 (dunkelgrüne und gelbe Linie in Abbildung 22). Nach dem Ereignis Ende September 2010 steigt der Grundwasserstand in Weissbach schnell geringfügig an und fällt im Verlauf des Oktober 2010 wieder ab. Anschließend steigt der Grundwasserstand kontinuierlich bis Februar 2011 an. Im trockenen Frühjahr 2011 sinkt der Grundwasserstand langsam wieder. Die Messstelle Weissbach wird Typ 4 („Misch“) zugeordnet. Im Unterschied zu allen anderen Grundwassermessstellen sinkt bei Messstelle Arnsdorf der Wasserstand nach dem Ereignis Ende September ab. Diese Grundwassermessstelle wird daher Typ 5 („Sonderfall“) zugeordnet. Die monatliche Grundwasserneubildung (GWN*) beider Messstellen weist einen ausgeglichen Verlauf auf.

Für die Grundwassermessstelle Thierbaum liegen für den Zeitraum des Hochwassers (August und September 2010) nur wenige Messungen vor (hellgrüne Linie in Abbildung 22). Die Grundwasserneubildungen (GWN*) liegen in einem vergleichsweise großen Schwankungsbereich (-200 bis +200 mm im Monat). Nach dem Ereignis Ende September 2010 sinkt der Grundwasserstand schnell ab. Daher wird die Messstelle Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet.

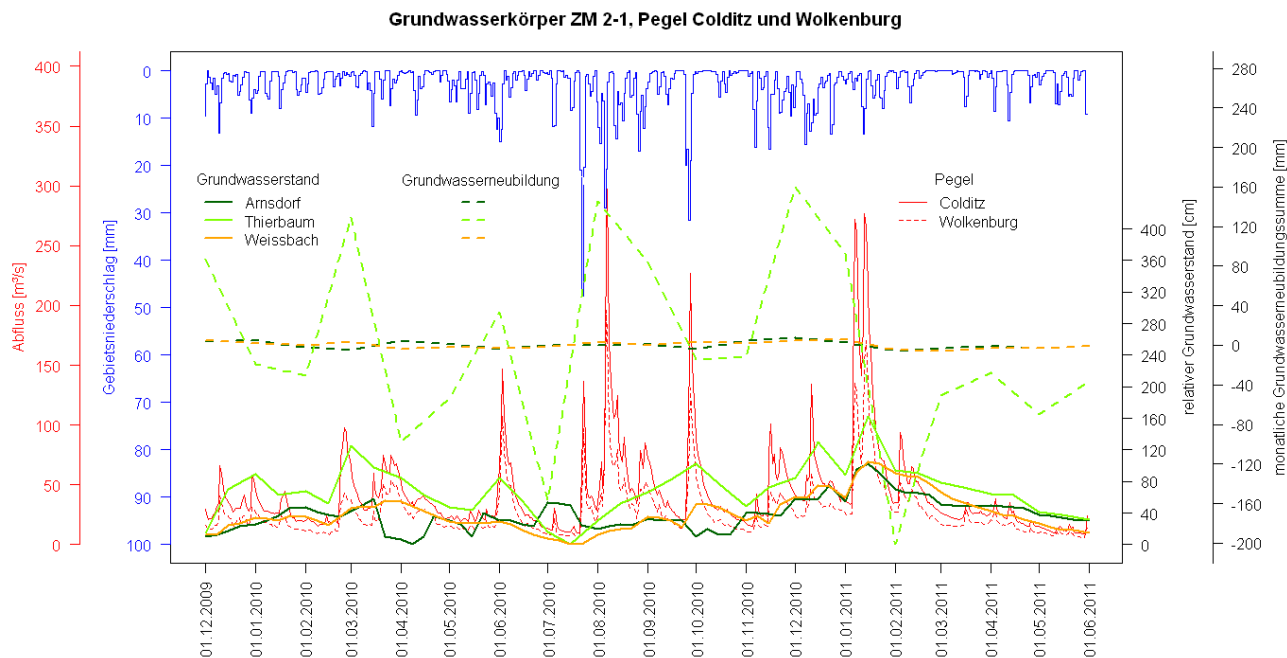


Abbildung 22: Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Arnsdorf, Thierbaum, Weissbach, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung*

5.3 Statistische Auswertung der Zeitreihen

5.3.1 Vorbereitende Datenanalyse

Laut KS-Test sind 42 der 126 Messzeitreihen an den Grundwassermessstellen (= 33 %) normalverteilt. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha=0,01$ festgesetzt. An 70 der 126 Zeitreihen konnte mittels KPSS-Test (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin-Test) Instationarität (Signifikanzniveau $\alpha = 0,01$) nachgewiesen werden. 56 der 126 Zeitreihen (= 44 %) verhalten sich also wenigstens schwach stationär um einen durch die Methode implizierten Trend (vgl. Tabelle 19 im Anhang). Für die folgende statistische Datenanalyse (Trend- und Bruchpunktanalyse) wurden daher Methoden ausgewählt, für die die Daten weder normalverteilt noch stationär sein müssen.

5.3.2 Trendanalyse

Die Trendanalyse wurde auf Basis der Einzelwerte, der Monatsmittelwerte und auf Basis der gleitenden Jahresmittel durchgeführt (jeweils ab 1.1.1971). Die meisten signifikanten Trends nach Mann-Kendall ergeben sich auf der Datengrundlage der Einzelwerte (Tabelle 7, detaillierte Ergebnisse der Trendanalyse in Tabelle 20 im Anhang, Abbildungen für die einzelnen Messstellen im digitalen Anhang dieses Berichts). Grundsätzlich ist der Anteil negativer Trends (fallende Grundwasserstände bzw. Quellschüttungen) unabhängig von Signifikanzniveau und Datengrundlage höher als der Anteil positiver Trends.

Tabelle 7: Trendanalyse hinsichtlich der Grundwasserstände an allen untersuchten Grundwassermessstationen. Anzahl ermittelter Trends; In Klammern: Quellschüttungen; Signifikanzniveau nach KLIWA (2009, vgl. Tabelle 3)

Datengrundlage	hoch signifikant			signifikant			schwach signifikant		
	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ	gesamt	positiv	negativ
Einzelwerte	93(1)	39(1)	54(0)	18(3)	9(1)	9(2)	4	1	3
Monatsmittelwerte	62(1)	22(1)	40	28	13	15	8(1)	3	8(1)
Gleitendes Jahresmittel	74(1)	24(1)	50	23(3)	10(1)	13(2)	6	3	3

Im nordwestlichen Teil Sachsens sind zwei Regionen erkennbar, in denen die Grundwasserstände vermehrt fallen (Abbildung 23). Die südlichere dieser beiden Regionen reicht vom südlichen Leipziger Land bis in das Mulde-Lösshügelland. Der nördlichere reicht von der Düben-Dahlener Heide bis an den Rand des Mittelsächsischen Lösshügellandes. Weil sich die Bergbauggebiete jeweils östlich bzw. nördlich der genannten Regionen befinden, sind die fallenden Grundwasserstände nur eingeschränkt auf Entwicklungen, die durch den Bergbau verursacht werden, zurückführbar (Absenkungsgebiete, siehe Abbildung 23). Größere zusammenhängende Trinkwasserschutzgebiete für Grundwasserfassungen gibt es vor allem in den Regionen in Nord-West-Sachsen, in denen die Grundwasserstände vermehrt fallen, während sie im Süden und Osten Sachsens stärker verstreut sind und relativ weit von den jeweils benachbarten Grundwassermessstellen entfernt sind. In der Lausitz ist nur eine Grundwassermessstelle (GWMST Geheege) direkt durch ein Trinkwasserschutzgebiet betroffen (Abbildung 23). Insgesamt befinden sich sieben Grundwassermessstellen in Trinkwasserschutzgebieten. Weil nur an drei dieser Messstellen durch Mann-Kendall ein signifikant steigender Trend nachgewiesen wurde, kann auf Basis der vorhandenen Daten kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen und Ergebnissen der Trendanalyse hergestellt werden.

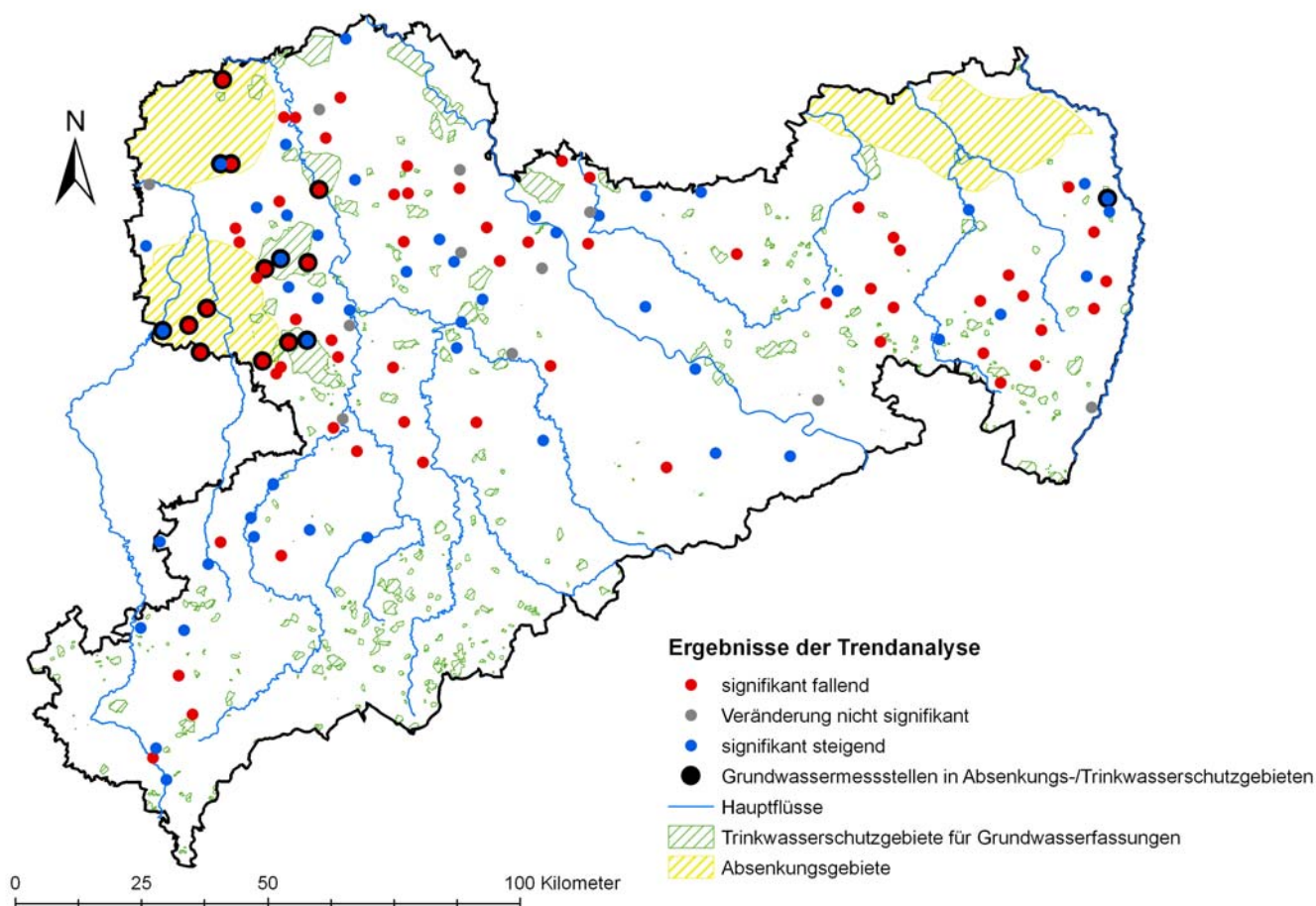


Abbildung 23: Ergebnisse der Trendanalyse (Mann-Kendall-Test) für Grundwasserstände und Quellschüttungen (Datengrundlage: Einzelwerte); Hintergrund: Trinkwasserschutzgebiete und Absenkungsgebiete

Ein Zusammenhang der Ergebnisse mit der gegenwärtigen Klimaentwicklung kann weder eindeutig ausgeschlossen noch sicher bestätigt werden. Für den Hauptteil Sachsens sind die Veränderungen in der jährlichen klimatischen Wasserbilanz beim Vergleich der Klimanormalperioden 1961-1990 und 1971-2000 gering (Abbildung 24). Zu Gunsten der Verdunstung ändert sich die klimatische Wasserbilanz im Vogtland, Westerzgebirge und Erzgebirgsbecken, während sich die klimatische Wasserbilanz in der Sächsischen Schweiz leicht zu Gunsten der Grundwasserneubildung entwickelt. Es ist also möglich, dass die negativen Entwicklungen im Oberlauf der Saale und des Muldensystems teilweise zu sinkenden Grundwasserständen in den Mittel- und Unterläufen beitragen. Für ganz Sachsen konnte im Sommerhalbjahr eine Abnahme des Niederschlags zwischen 10 und 30 % nachgewiesen werden (KÜCHLER & SOMMER 2005). Im Winter hat vor allem die Wetterlage West deutlich zugenommen mit einem Höhepunkt Ende der 1990er-Jahre. Diese Wetterlage führt in der Regel zu feuchten und milden Wintern (KÜCHLER & SOMMER 2005), also wahrscheinlich zu einer erhöhten Grundwasserneubildung. Die Effekte im Sommer und Winter sind demnach

gegenläufig. Auf Grundlage der vorhandenen Datenbasis konnte kein eindeutiger Zusammenhang der Ergebnisse der Trendanalyse mit Klimaänderungen nachgewiesen werden.

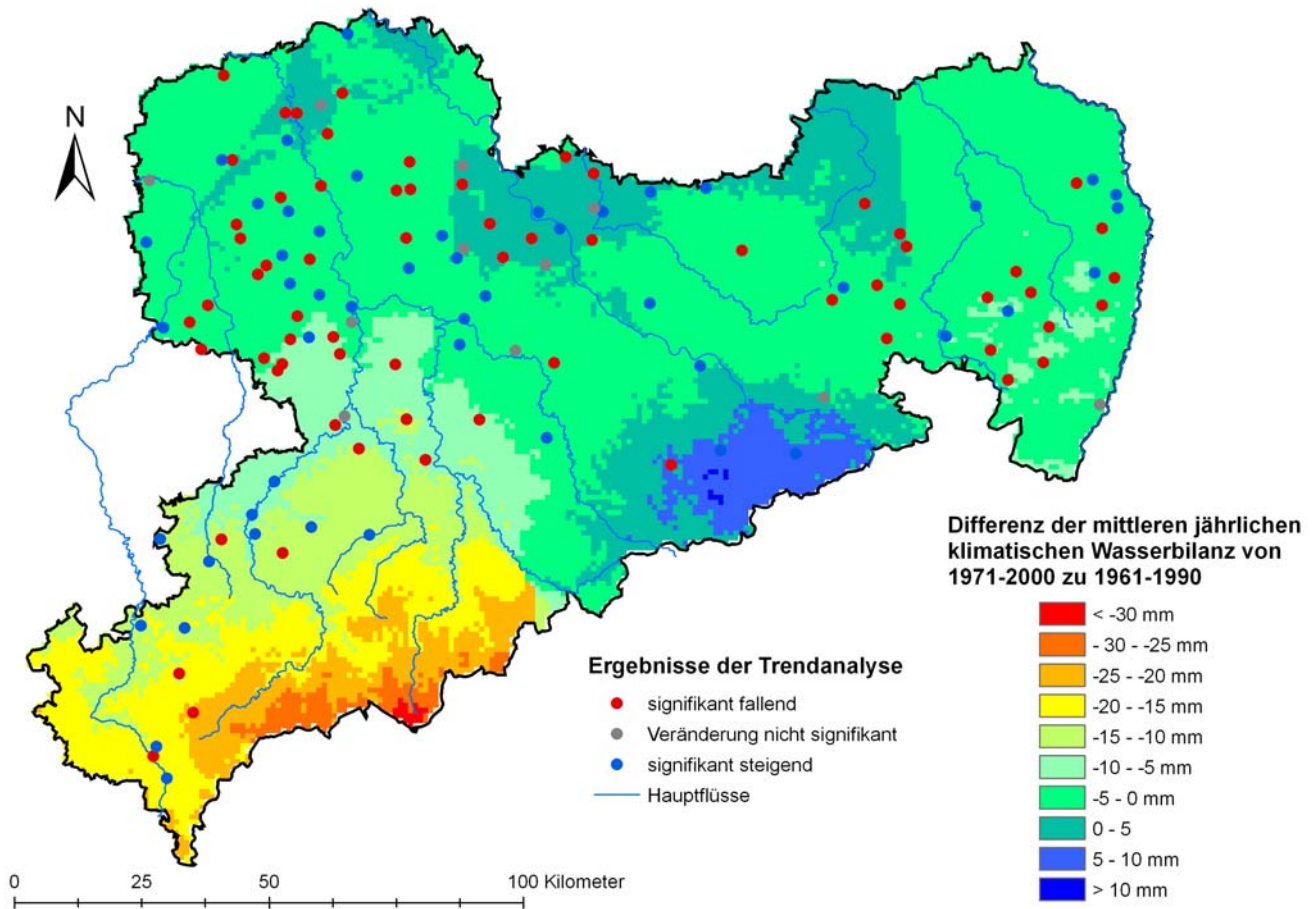


Abbildung 24: Ergebnisse der Trendanalyse ((Mann-Kendall-Test) für Grundwasserstände und Quellschüttungen (Datengrundlage: Einzelwerte); Hintergrund: Änderung der klimatischen Wasserbilanz zwischen 1961-1990 und 1971-2000 (Quelle: RaKliDa)

5.3.3 Bruchpunktanalyse

Bei Berücksichtigung der Messwerte ab 1971 wurden nach der Methode von Mann-Whitney und Pettitt 134 signifikante Bruchpunkte nach Steigung bzw. 138 signifikante Bruchpunkte nach Mittelwert gefunden. Es gibt dabei sowohl Zeitreihen, die einen oder mehrere Bruchpunkte aufweisen, als auch bruchpunktfreie Zeitreihen (siehe auch Zusammenfassung in Tabelle 21 und Tabelle 22 im Anhang und Abbildungen zur Bruchpunktanalyse im digitalen Anhang).

Durch die Analyse können, methodisch bedingt, vor 1980 keine Bruchpunkte identifiziert werden. Verlängert man die Zeitreihe der Messstationen soweit es möglich ist (vgl. Tabelle 15) in die Vergangenheit, treten vor 1980 zwei Bruchpunkte nach Mittelwert und zwei nach Steigung auf. Es kann also davon ausgegangen werden, dass zwischen 1970 und 1980 kaum signifikante Veränderungen in den Zeitreihen bezüglich Steigung und Mittelwert vorhanden sind.

Im Jahr 2010 gibt es eine Häufung von Bruchpunkten nach Steigung, die durch das Hochwasser am Ende der betrachteten Zeitreihen bedingt ist. Ferner kann eine Häufung von Bruchpunkten bezüglich der Steigung Ende der 1990er-Jahre beobachtet werden, während Bruchpunkte bezüglich der Mittelwerte gehäuft Mitte der 1980er- und Anfang der 1990er-Jahre auftreten (Abbildung 25).

Zeitliche Verteilung der Bruchpunkte

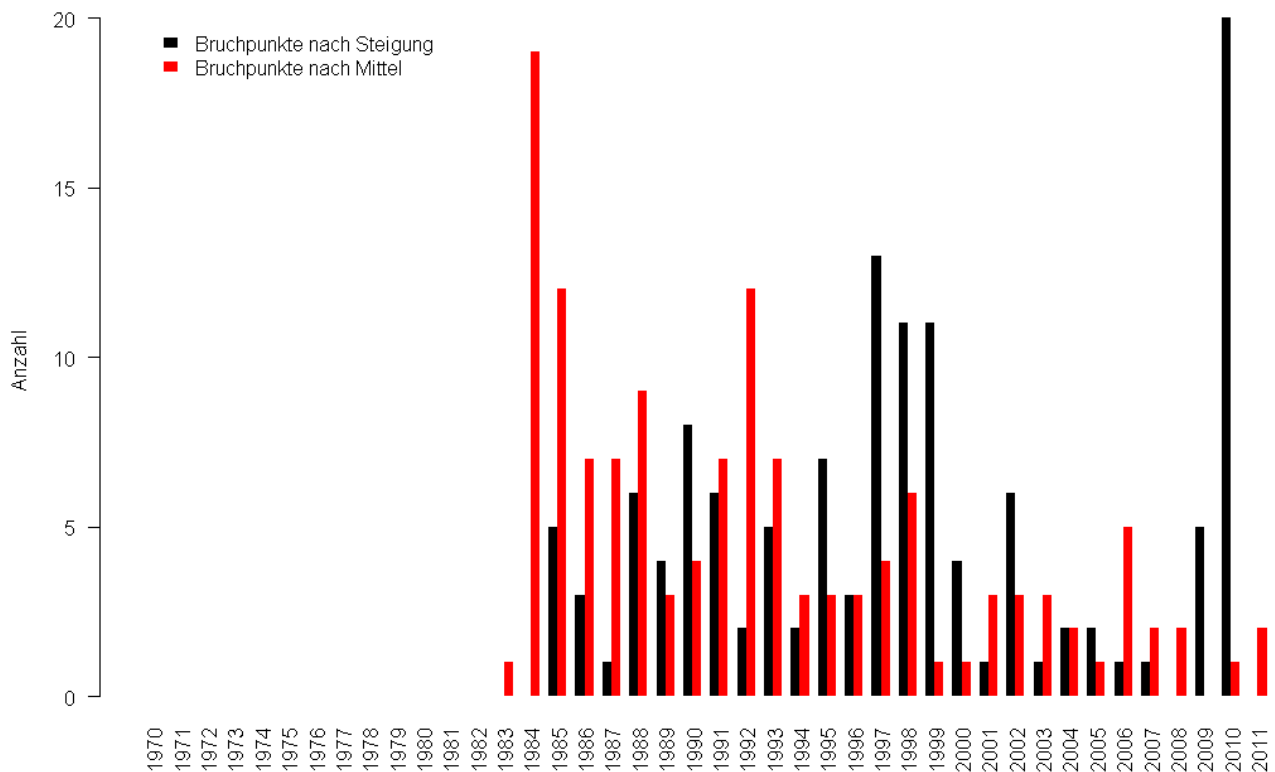


Abbildung 25: Anzahl der Bruchpunkte pro Jahr für alle untersuchten Grundwasserstände und Quellschüttungen

Die Bruchpunkte wurden nun in Bruchpunkttypen eingeteilt (vgl. Abschnitt 4.2.4). Bei den **Bruchpunkten nach Mittelwert** treten vor allem Anfang und Mitte der 1980er- und Anfang der 1990er-Jahre solche Bruchpunkttypen auf, bei denen der mittlere Grundwasserstand vor dem Bruchpunkt höher ist als danach (Bruchpunkttyp „fallend“, Abbildung 26). Die Ergebnisse stimmen gut mit denjenigen der Trendanalyse überein (vgl. Abbildung 28 mit Abbildung 23). Die Bruchpunkte liegen gleichmäßig verstreut im Untersuchungsgebiet, d. h. es treten keine räumlichen Häufungen auf (gelbe bzw. orange Punkte in Abbildung 27). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass eine überregionale Ursache für die Häufung der Bruchpunkte in den 1980er- und 1990er-Jahren vorliegt. Einen Hinweis auf eine überregionale Ursache gibt KÜCHLER & SOMMER (2005). So nahmen in den letzten 50 Jahren die Niederschläge in Sachsen um 10 bis 30 % ab. Im Zusammenhang mit einer Zunahme der Lufttemperatur hat dies wahrscheinlich zu einer erhöhten Verdunstung und Grundwasserzehrungen geführt. Im Gegensatz dazu nahm im Winter die Wetterlage West stetig zu, bis ihre Häufigkeit etwa Ende der 1990er-Jahre einen Höhepunkt erreicht hat. Seither nimmt die Häufigkeit der Westwetterlage wieder leicht ab (KÜCHLER & SOMMER 2005). Sowohl im Sommer als auch im Winter kommt es also zu überregionalen Veränderungen, die sich in der Häufung von Bruchpunkten niederschlagen. Weitere überregionale Ursachen sind Veränderungen im Verbrauchsverhalten der Haushalte und der Industrie. So hat seit Ende der 1980er- bzw. Anfang der 1990er-Jahre der Wasserverbrauch in ganz Sachsen abgenommen und erreichte etwa Ende der 1990er-Jahre einen stabilen Wert von ca. 90 Litern pro Einwohner und Tag (vgl. <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/4742.asp>). Dabei ist allerdings zu beachten, dass nur vier der sieben Grundwassermessstellen, die innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen liegen, einen Bruchpunkt fallenden Typs aufweisen. Wie bei der Trendanalyse kann daher die Leistungsmin- derung der Wasserversorgungsanlagen nicht eindeutig als bestimmender Faktor für diese Bruchpunkte identifiziert werden (vgl. LfULG 2005).

Die Analyse der **Bruchpunkte nach Steigung** zeigt, dass die Bruchpunkttypen „fallend-steigend“ und „steigend-steigend“ mit 99 von 131 Bruchpunkten deutlich häufiger auftreten als solche, bei denen die Steigung nach dem Bruchpunkt negativ ist (Abbildung 26). Die Häufung der Bruchpunkte 2010 (Typen „fallend-steigend“ und „steigend-steigend“) ist dabei unmittelbar auf die Hochwasserereignisse im August und September 2010 zurückzuführen. Die Messstellen, die 2010 einen Bruchpunkt aufweisen, sind überwiegend durch ein Einzugsgebiet im Gebirgsraum geprägt (Abbildung 29). Ein weiterer regionaler Zusammenhang ist im Osten Sachsens feststellbar. Während im Randpleistozän der Bruchpunkttyp „fallend-fallend“ dominiert, wird

das Lausitzer Becken und Granodiorit eher durch Bruchpunkte des Typs „fallend-steigend“ und „steigend-steigend“ vertreten. Der Einfluss der Geologie und Hydrogeologie wird in Abschnitt 4.2.6 explizit untersucht. In Nordwestsachsen weisen auffallend viele Grundwassermessstellen den Bruchpunkttyp „steigend-steigend“ oder „fallend-steigend“ auf, einige davon liegen innerhalb der Absenkungsgebiete. Neben überregionalen Ursachen wie der sinkenden Grundwasserentnahme (vgl. auch LfULG 2005) spielt hier selbstverständlich der Bergbau eine gewichtige Rolle. Nach dem Absenken des Grundwasserspiegels im Rahmen des Braunkohletagebaus steigt hier seit mehreren Jahren der Grundwasserspiegel im Zusammenhang mit dem Entstehen von Tagebaurestseen langsam wieder an (z. B. SOCHER et al. 2009).

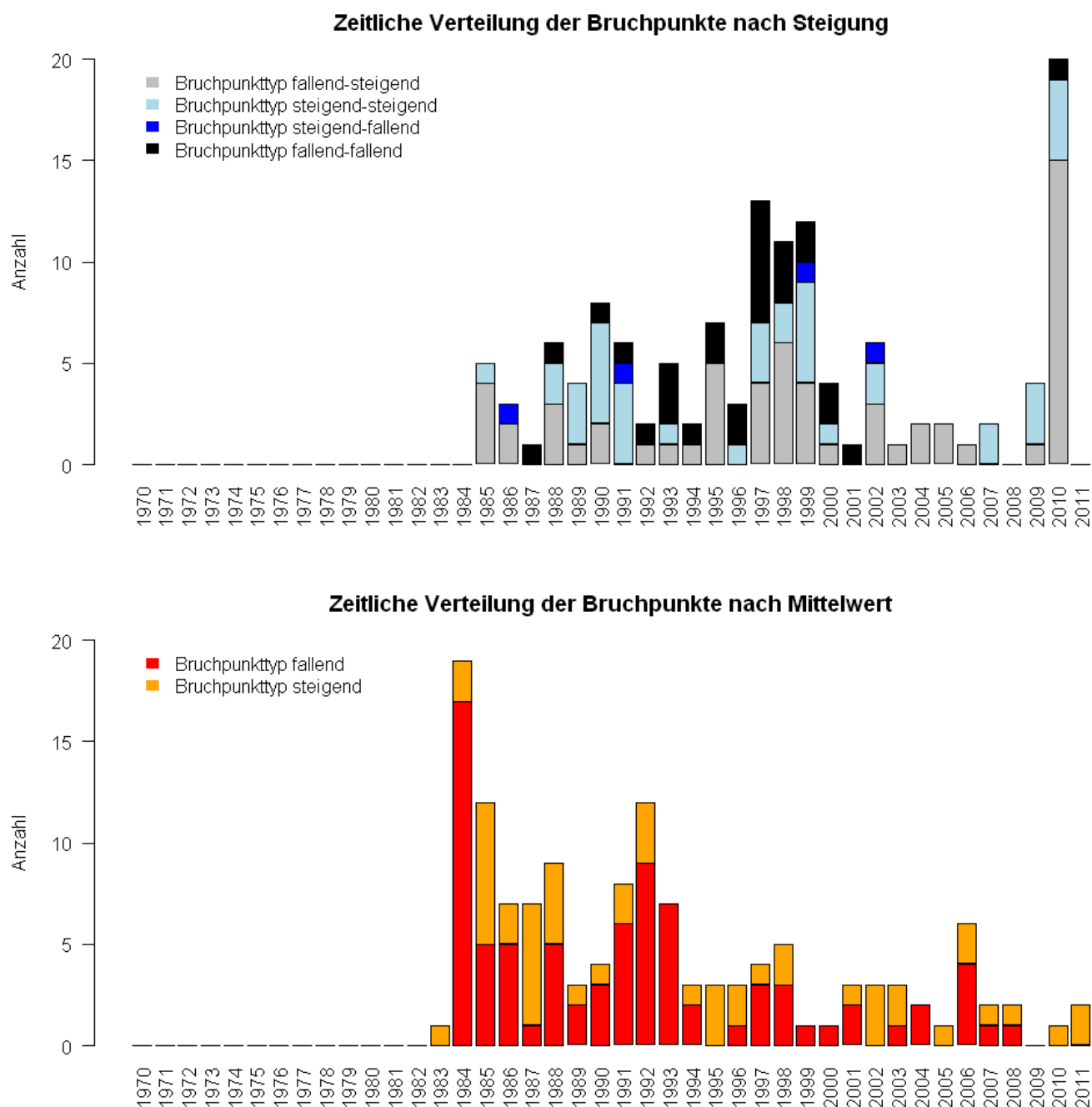


Abbildung 26: Zeitliche Verteilung der Bruchpunkttypen bei Grundwasserständen und Quellschüttungen im Untersuchungsgebiet

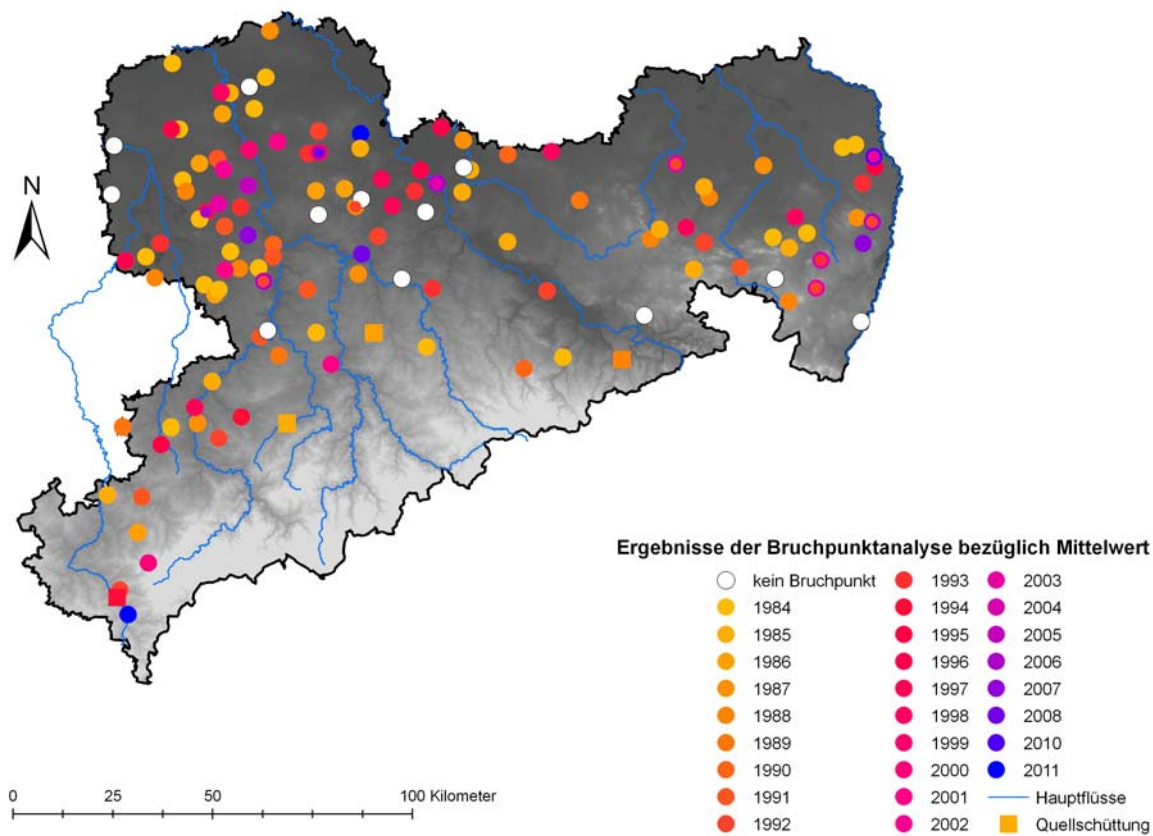


Abbildung 27: Bruchpunkte bezüglich Mittelwerte: Zeitpunkt der Bruchpunkte

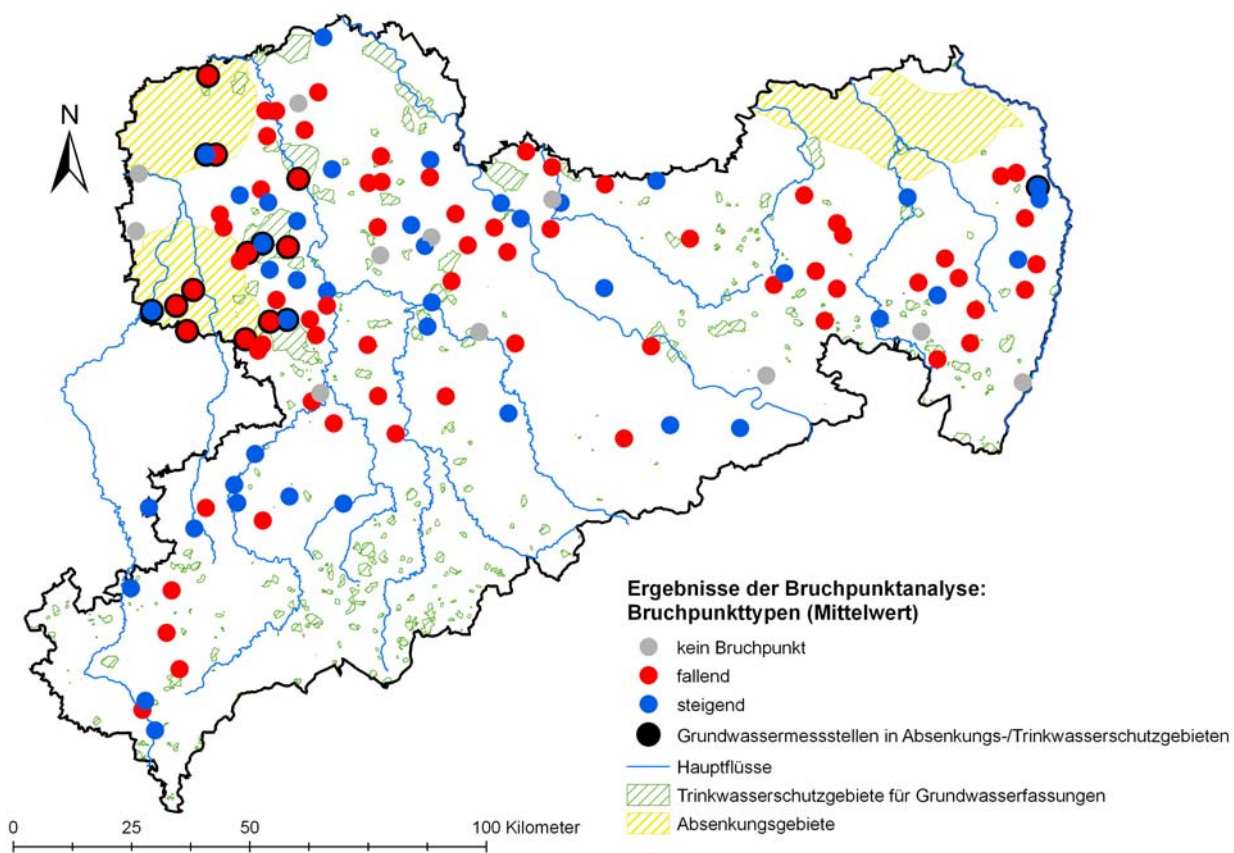


Abbildung 28: Bruchpunkttypen bezüglich Mittelwert

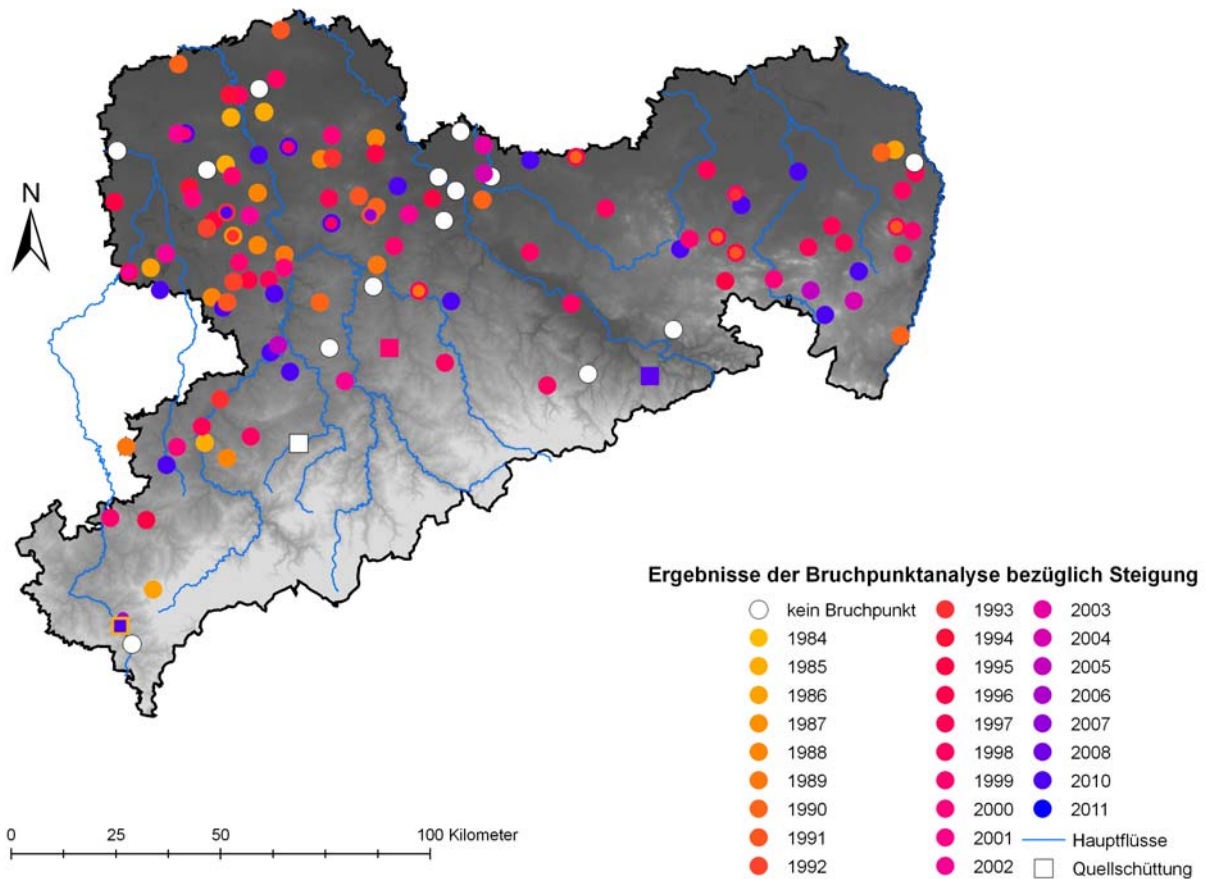


Abbildung 29: Bruchpunkte bezüglich Steigung: Zeitpunkte der Bruchpunkte

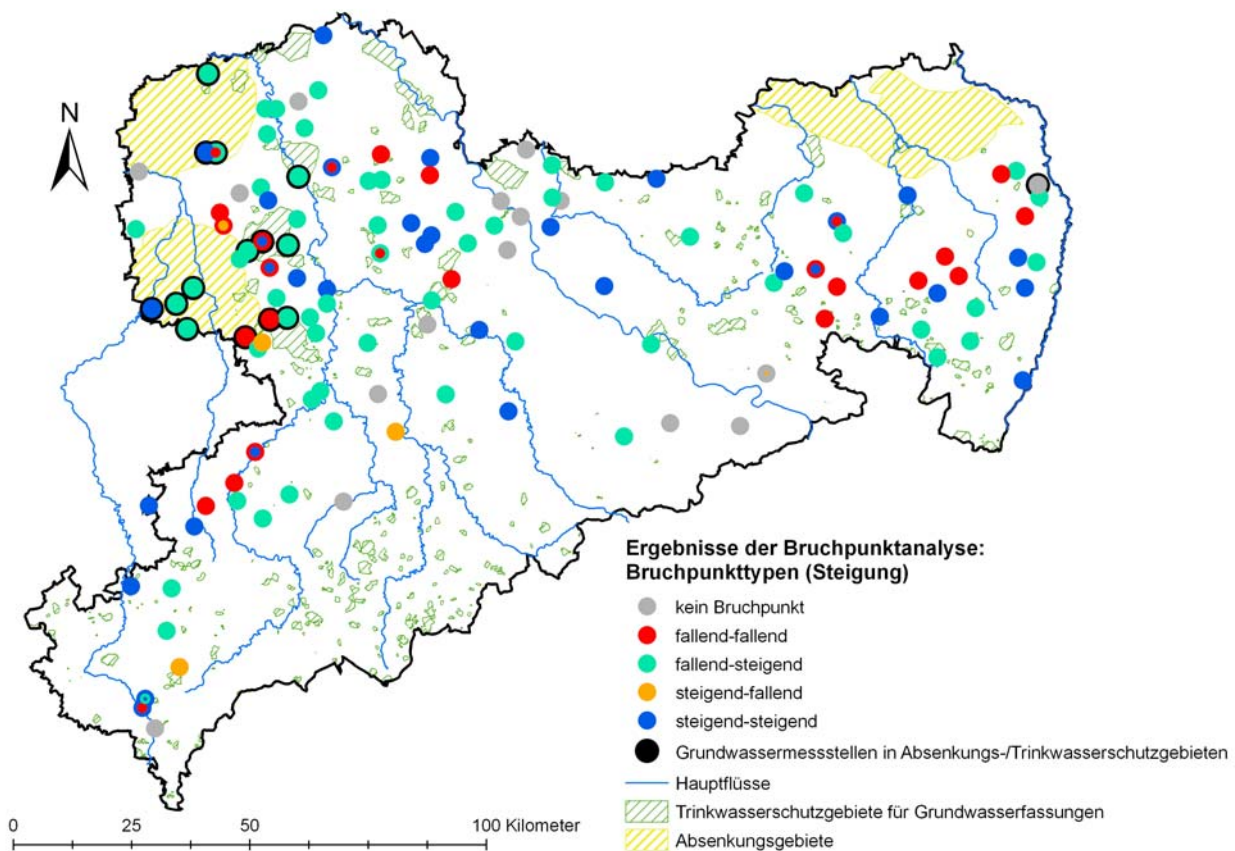


Abbildung 30: Bruchpunkttypen bezüglich Steigung

5.3.4 Zusammenfassende Betrachtung der Gebiete mit anthropogen überprägter Grundwasserdynamik

Absenkungsgebiete

Insgesamt befinden sich acht Grundwassermessstellen in Absenkungsgebieten (Benndorf, Ramsdorf, Kieritzsch, Drosskau, Gatzen, Goebischewitz, Hohenheida, Sausedlitz). Die Ergebnisse der Trendanalyse und der Bruchpunktanalyse bezüglich Mittelwerte stimmen im Wesentlichen überein. So weist die zeitliche Entwicklung des Grundwasserstands dieser Grundwassermessstellen mehrheitlich eine fallende Tendenz auf, d. h. der mittlere Grundwasserstand nach dem Bruchpunkt liegt unterhalb des mittleren Grundwasserstands vor dem Bruchpunkt (vgl. auch Abbildung 31). Die Analyse der Bruchpunkte bezüglich Steigung zeigte, dass trotz der fallenden Gesamttendenz in Absenkungsgebieten Bruchpunkte des Typs „fallend-steigend“ überwiegen. Dies ist wahrscheinlich auf die großräumige Grundwasserabsenkung im Braunkohletageabbau mit anschließendem langsamen Wiederanstieg zurückzuführen. Auch in den Zeitreihen ist dieses Muster grundsätzlich nachvollziehbar (vgl. auch Abbildung 31). Ein Einfluss der Absenkungsgebiete auf die Grundwasserdynamik ist also erwartungsgemäß nachweisbar.

Trinkwasserschutzgebiete für Grundwasserfassungen

Es befinden sich sieben Grundwassermessstellen in Trinkwasserschutzgebieten für Grundwassermessstellen (Grubnitz, Gehege, Belgershain, Lindhardt Waldrand B1966, Grethen, Hopfgarten und Prießnitz). Die Ergebnisse der Trend- und Bruchpunktanalyse nach Mittelwert lassen keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den Trinkwasserschutzgebieten und der Grundwasserdynamik zu.

An vielen Grundwassermessstellen ändert sich die Grundwasserdynamik in den 1990er-Jahren auffällig (z. B. Lindhardt Waldrand B1960, Abbildung 32). Dieser visuell deutlich erkennbare Einschnitt konnte in der Regel durch einen Bruchpunkt bezüglich Steigung statistisch bestätigt werden. Diese Veränderung ist wahrscheinlich auf eine überregionale Veränderung im Wasserverbrauch in Sachsen zurückzuführen. So wurde in den 1990er-Jahren eine Vielzahl von Grundwasserbrunnen vor allem im Lockergesteinsbereich aufgegeben (LfULG 2005) und der Wasserverbrauch in ganz Sachsen sank deutlich (vgl. <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/4742.asp>).

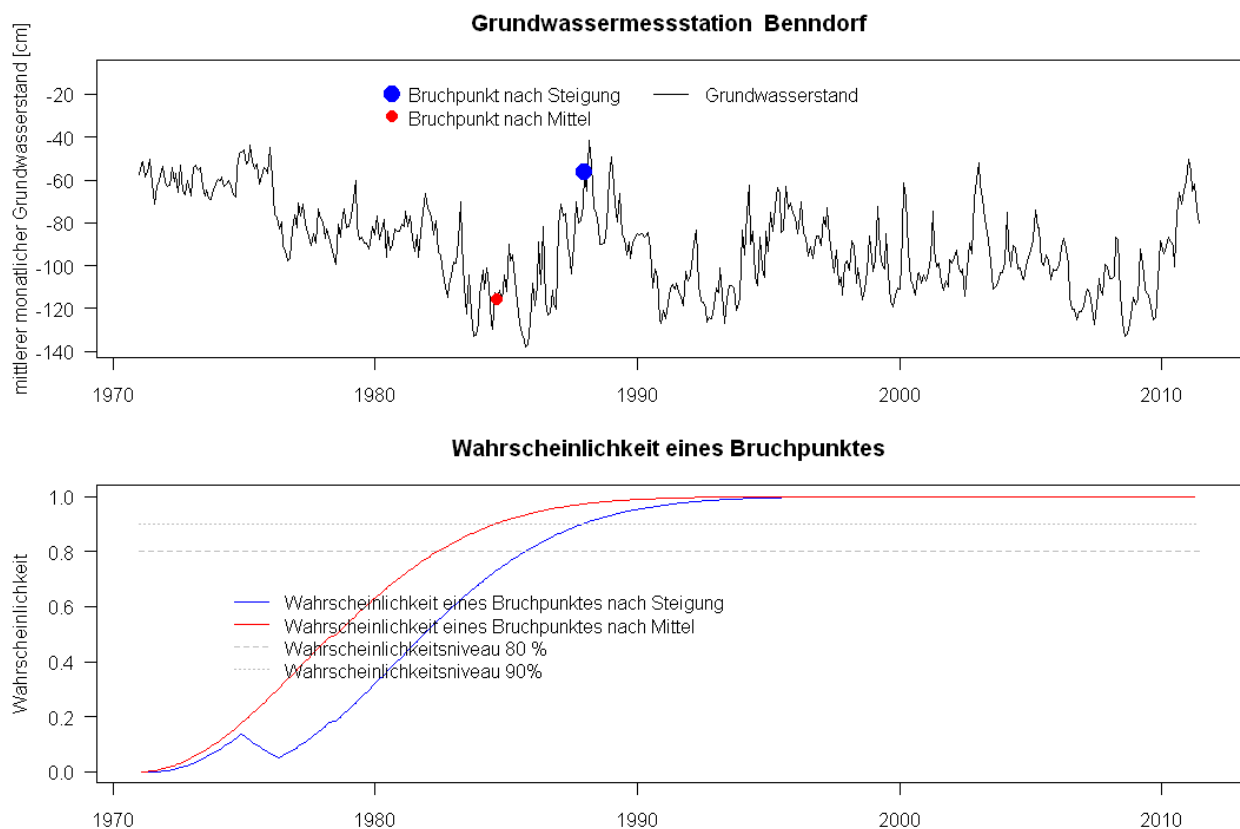


Abbildung 31: Bruchpunktanalyse: Ergebnis für die Grundwassermessstation Benndorf

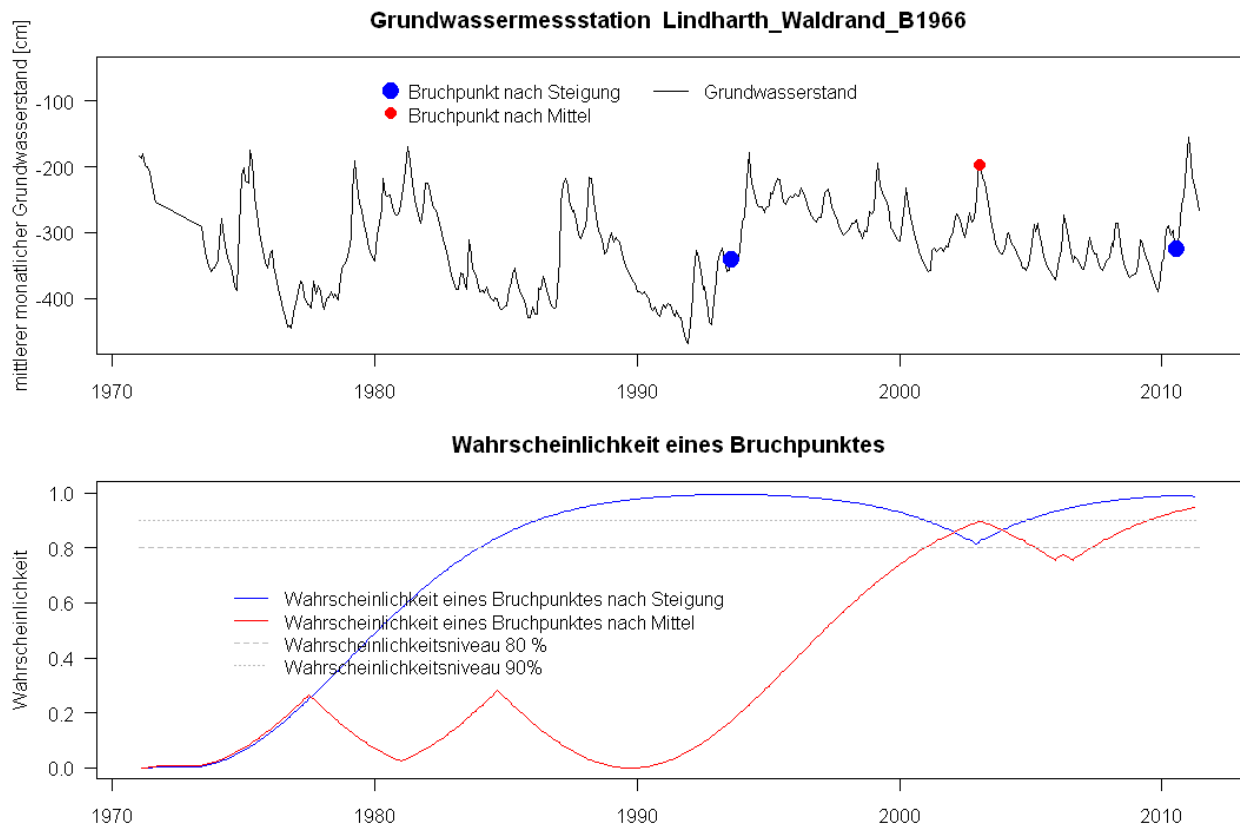


Abbildung 32: Bruchpunktanalyse: Ergebnis für die Grundwassermessstation Lindhardt Waldrand B1966

5.3.5 Regressionsanalyse Grundwasserstände/Niederschlagsintensität

Die Differenzen der Grundwasserstandsmessungen wurden den Niederschlagsintensitäten derselben Zeitintervalle gegenübergestellt. Maßgebend im Sinne eines minimalen Zeitschritts waren damit die Messintervalle für den Grundwasserstand der jeweiligen Grundwassermessstelle. Für diese Zeitschritte wurden an den einzelnen Messstellen jeweils die Verzögerungen in der Reaktion des Grundwassers analysiert. Der Regressionskoeffizient der Regressionsbeziehung zwischen der Grundwasserstandsentwicklung und der Niederschlagsintensität ist im Zeitraum August bis Oktober 2010 bei 63 von 126 Grundwassermessstationen (inkl. Quellschüttungen) größer als 0,5 (vgl. Abbildung 33). Erwartungsgemäß überwiegen positive Korrelationen, d. h. hohe Niederschlagsintensitäten sind mit einem Anstieg des Grundwassers verbunden. Alle Grundwassermessstellen des Typs „Interaktion“ weisen eine positive Korrelation auf; dagegen zeigen sieben Messstellen des Typs „Kumulation“ sogar eine negative Korrelation. Bei letzteren ist also der Zeitversatz vom Ereignis bis zur Reaktion im Grundwasser so hoch, dass bei der Regressionsanalyse über den betrachteten Zeitraum (August bis Oktober 2010) kein positiver Zusammenhang festgestellt werden konnte. Für den Gesamtzeitraum (1971-2011) ergab sich aus der linearen Regression kein Zusammenhang zwischen Niederschlagsintensität und der Entwicklung des Grundwasserstandes.

Bei extremen Ereignissen im Sinne von besonders hohen Niederschlagsintensitäten und hoher Bodenvorfeuchte erfolgt also vor allem dann eine schnelle und starke Reaktion im Grundwasser, wenn der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ vorliegt (vgl. auch LfULG 2003).

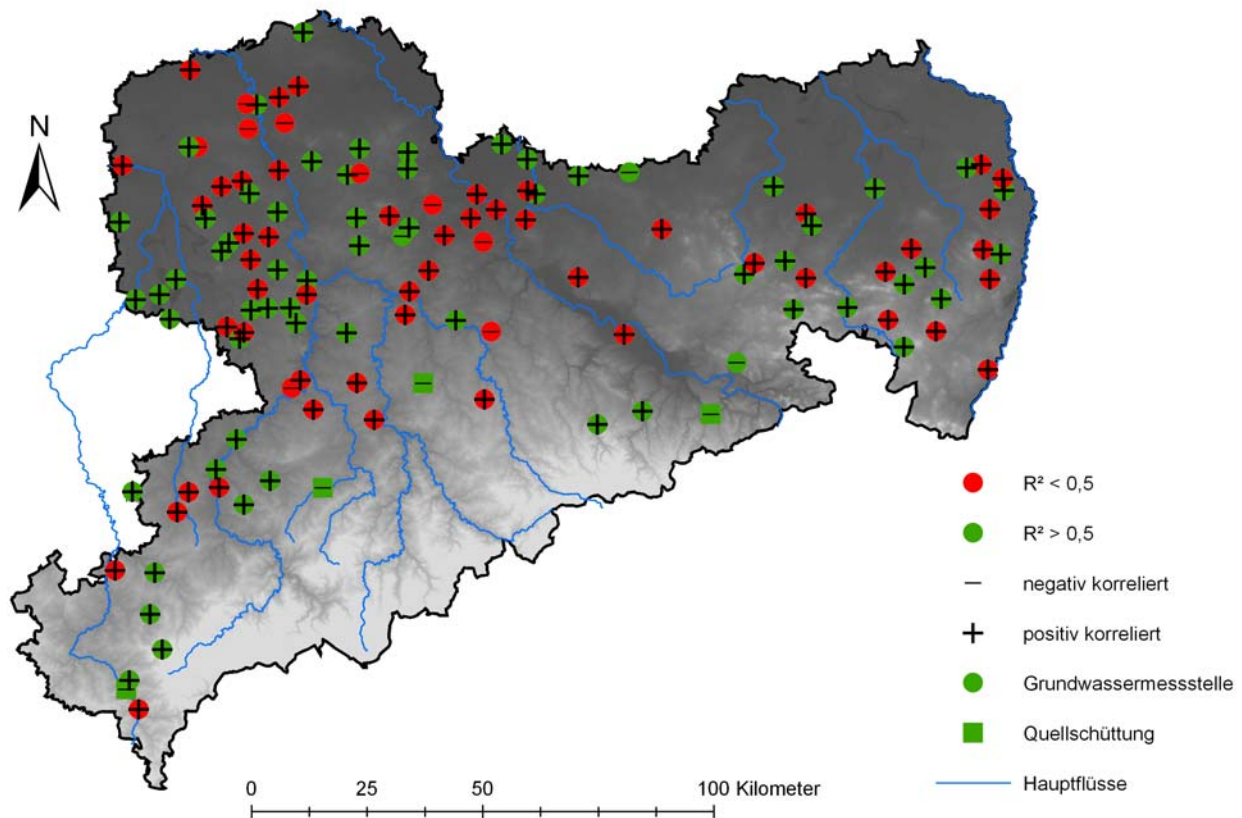


Abbildung 33: Regressionsanalyse zwischen Grundwasserstand und Niederschlagsintensität: Ergebnis für alle Grundwassermessstellen August bis Oktober 2010; R^2 : Regressionskoeffizient

5.4 Zusammenhänge zwischen oberirdischen Hochwässern und Grundhochwasser

In zahlreichen Studien und Veröffentlichungen wurde in den vergangenen Jahren nachgewiesen, dass sowohl Grundwasser Einfluss auf die Hochwassersituationen im Vorfluter ausübt als auch Hochwasser im Vorfluter Einfluss auf das Grundwasser haben (z. B. LfULG 2003, AFFOLTER et al. 2009, PENNEQUIN 2009, SINREICH & SCHÜR 2009, ULLRICH 2009, Tabelle 8). Es wird deutlich, dass oberirdisches Hochwasser kein eindimensionaler Prozess ist, sondern durch eine Reihe komplexer Ursachen ausgelöst und bestimmt wird. Dazu gehört das Grundwasser, dessen Gewicht in diesem Prozess vor allem in der Abhängigkeit von den hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrunds zu sehen ist. Eine entscheidende Rolle spielen ebenfalls Bodeneigenschaften wie z. B. Infiltrationskapazität, Speichereigenschaften, Bodenvorfeuchte und die Oberflächenbeschaffenheit (PENNEQUIN 2009, LfULG 2003). Es kommt nicht nur im Bereich von Karstgrundwasserleitern (AFFOLTER et al. 2009; LfULG 2003 und ULLRICH 2009) zu einem starken Impuls vom Oberflächengewässer auf das Grundwasser, sondern auch umgekehrt zu einem Zustrom von Grundwasser in die Oberflächengewässer. Dies führt sowohl zu starker Ex- als auch Infiltration von Grundwasser in und aus dem Oberflächengewässer. Durch den mit diesen Prozessen verbundenen Anstieg der Grundwasserstände kann es zu weiträumigen Überflutungsflächen, teilweise in erheblicher Entfernung vom eigentlichen Flussbett kommen (SOMMER 2005; PENNEQUIN 2009). Dabei ist zu beobachten, dass der erhöhte Grundwasserstand häufig über einen sehr langen Zeitraum, der sich über mehrere Monate erstrecken kann, zu beobachten ist (PENNEQUIN 2009; ULLRICH 2009).

Tabelle 8: Wechselseitige Beeinflussung von Grundwasser und oberirdischem Hochwasser (SINREICH & SCHÜRCH 2009, verändert und ergänzt)

	Phänomen	Prozess	Auswirkung
Hochwasser beeinflusst Grundwasser	Reduziertes Wasseraufnahme- und Rückhaltevermögen des Untergrunds	Geringe Infiltration, erhöhter Oberflächenabfluss	Begünstigung von Hochwasser in Oberflächengewässern, dadurch indirekt Verstärkung der Hochwasserwelle
	Verstärkte Infiltration aus Niederschlag und Oberflächengewässern	Rapider Anstieg der Grundwasserstände	Hohe Grundwasserstände über normalem Schwankungsbereich: Hochwassersituation im Grundwasser, dadurch Flutung von tiefliegenden Gebäudeteilen und Infrastruktur, Beeinträchtigung der Gebäudestatik
	Hohe Grundwasserstände über Geländeoberkante	Vertikale Exfiltration von Grundwasser	Überschwemmungen ohne direkte Einwirkung von Oberflächengewässern (auch hinter den Deichen!), bei lang anhaltenden hohen Grundwasserständen Nutzungseinschränkungen (v.a. Kulturland, Keller) und erhöhte Hochwassergefahr durch Sättigungsflächenabfluss
	Wasser(über)sättigung des Untergrundes in Hangbereichen	Erhöhung der hangtreibenden Kräfte, Verringerung der Scherfestigkeit	Auslösen von Massenbewegungen (Rutschungen und Hangmuren)
Grundwasser beeinflusst Hochwasser	Verstärkte Exfiltration in Fließgewässer	Erhöhung des Fliessgradienten, Dekolmatierung der Flusssohle, Überschwemmung nicht kolmatierter Bereiche des Flussbetts	Eintrag von in Hochwassersituationen verstärkt belastetem Flusswasser, Beeinflussung flussnaher Trinkwasserfassungen (potenzieller Ausfall der Wasserversorgung)
	Versickerung von Oberflächenwasser in Einzugsgebieten von Grundwasserfassungen	Überschwemmung durch Oberflächengewässer außerhalb des Flussbetts, Überschwemmung von Fassungsanlagen	Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund und schlimmstenfalls direkt in die Grundwasserfassungen, dadurch Beeinträchtigung von Trinkwasserfassungen, potenzieller Ausfall der Wasserversorgung, technische Schäden an Grundwasserfassungen
	Hohe Grundwasserstände über normalem Schwankungsbereich	Starke Infiltration von Niederschlag und/oder Oberflächenwasser	Freisetzung von Schadstoffen in das Grundwasser durch Flutung tiefliegender Gebäudeteile, Auftrieb von Gebäuden, Aufschwimmen und Leckschlagen z.B. von Öltanks, Unterspülung von Bauwerken, dadurch Begünstigung von Dammbrüchen (Rückwirkung auf das Hochwasser)
	Hoher Sickerwasserfluss und hohe Grundwasserstände	Verstärkte Infiltration aus Niederschlag und Oberflächengewässern.	Eintrag von verunreinigtem Sickerwasser (persistente Schadstoffe, pathogene Keime) in das Grundwasser und Auswaschung von Schadstoffen

Im Zusammenhang mit den Hochwasserereignissen im August und September 2010 sowie im Januar 2011 traten vielerorts lang anhaltende hohe Grundwasserstände auf. Das Grundhochwasser wird mit Ereignissen in der Vergangenheit verglichen. Dabei wird die unterschiedliche Entstehung der Hochwasser berücksichtigt (BÜTTNER & WALTHER 2007):

- Hochwasser 1999: Lokale Starkniederschläge aus Konvektion führten zu einem lokal begrenzten Hochwasser an der Schwarzen Pockau wie Mitte August 2010 (Schwerpunkt Schwarze Elster).
- Hochwasser 2002: Langanhaltende starke Niederschläge im Zusammenhang mit Wetterlage Vb führten zu einer regionalen Hochwassersituation wie Anfang August und Ende September 2010.
- Hochwasser 2006: Rasche Schneeschmelze einer großen Schneemenge und flüssiger Niederschlag führten zu einer landesweiten Hochwassersituation wie im Januar 2011.

Der Vergleich der Hochwassersituation im Grundwasser 2010/2011 mit früheren Hochwässern wird im Bericht für drei Grundwassermessstellen exemplarisch für die drei wichtigsten Grundwasserstandsentwicklungstypen „Interaktion“, „Kumulation“ und „Misch“ dargestellt. Darstellungen für alle Grundwassermessstellen finden sich im Anhang dieses Berichtes. Es wird für alle

Hochwasser (1999, 2002, 2006 und 2010) jeweils der gleiche Zeitraum (Dezember des Vorjahres bis Mai des Folgejahres) betrachtet.

Grundwasserstandsentwicklungstyp 2 – „Kumulation“, Beispiel: Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2

Der Grundwasserstand an der Messstelle Dresden Stübelallee 2 steigt mit den Hochwasserereignissen des Sommers 2010 kontinuierlich an, sinkt im Verlauf des Oktobers und Novembers nur unwesentlich und steigt mit den Ereignissen im Winter weiter an (Typ 2 – „Kumulation“). Im trockenen Frühjahr sinkt der Grundwasserstand an der Messstelle langsam. Dasselbe Verhalten zeigt die Messstelle nach dem Hochwasserereignis August 2002 (Abbildung 34). Sowohl im Januar 2011 als auch im Januar 2003 ist die Schneeschmelze in der Pegelganglinie deutlich sichtbar. In beiden Fällen kumuliert der Grundwasserstand und bleibt auf hohem Niveau. Nach dem Ereignis 2002 normalisierte sich die Situation erst Ende 2003 (SOMMER 2005). Das Grundwasser wird hier vor allem durch Niederschläge und Infiltration aus Elbe und aus den Nebengewässern neugebildet, was zu dem sehr schnellen Anstieg der Grundwasserstände im August 2002 führte (SOMMER 2005; SINREICH & SCHÜRCH 2009; vgl. Punkt 2 in Tabelle 8). Als weitere Ursache für den schnellen Anstieg des Grundwassers 2002 wurden vorangehende Niederschlagsereignisse und eine damit zusammenhängende vorangehende Grundwasserneubildung identifiziert (SOMMER et al. 2009). Das Grundwasser stieg 2010 etwas langsamer an als 2002. Hauptursache hierfür ist der geringere Niederschlag und der geringere Durchfluss an der Elbe während des Ereignisses im Vergleich zu 2002.

Im Frühjahr 2006 zeigt die Messstelle Dresden Stübelallee 2 einen langsameren und geringeren Anstieg des Grundwassers im Vergleich zu 2002 und 2010 (Abbildung 34). So waren die Bedingungen vor dem Ereignis 2006 im Vergleich zu 2002 und 2010 trocken (KREIBICH et al. 2009). Es fehlten vor allem die bedeutenden hangseitigen und oberirdischen Zuflüsse (LfULG 2006). Das Hochwasserereignis vom Juli 1999 zeigt hier kaum Auswirkungen.

Grundwasserstandsentwicklungstyp 1 – „Interaktion“, Beispiel: Grundwassermessstelle Kleinbernsdorf B 29/25

Die Grundwassermessstelle Kleinbernsdorf B 29/25 zeigt einen Grundwasserstand an, der analog zur Pegelganglinie steigt und sinkt, also in Interaktion mit dem Vorfluter steht. Nach den Ereignissen im August und September 2010 sinkt der Grundwasserstand nach den Ereignissen schnell wieder ab (Abbildung 35). Das gilt auch für die Hochwasserereignisse von 2002 und 1999. Nach Hochwasserereignissen im Zusammenhang mit Schneeschmelze (Januar 2011 und März/April 2006) sinkt der Grundwasserstand im Vergleich zu den Ereignissen im Sommer langsamer. Dieses Phänomen ist auf in dieser Jahreszeit typischerweise steigende Trends (LfULG 2006) zurückzuführen. Die nachlaufende Welle Ende April 2006 am Pegel Wolkenburg/Zwickauer Mulde wird durch das Hochwasser im Grundwasser in diesem Fall begünstigt (vgl. Punkt 1 in Tabelle 8, SINREICH & SCHÜRCH 2009).

Grundwasserstandsentwicklungstyp 4 – „Misch“, Beispiel: Grundwassermessstelle Lindhardt Waldrand B1966

Die Grundwassermessstelle Lindhardt Waldrand B1966 reagiert schnell und deutlich auf die Ereignisse im Jahr 2010 (Abbildung 36). Anschließend sinkt der Grundwasserstand allerdings so langsam ab, dass sich im Zusammenhang mit der Schneeschmelze im Januar 2011 ein Grundhochwasser bildet, das auch im Frühjahr 2011 noch bestand. Das Augusthochwasser 2002 fiel an der Parthe weniger stark als 2010 aus. Das Muster ist dennoch analog zu 2010: Nach einem schnellen Anstieg des Grundwassers sinkt der Wasserspiegel so langsam ab, dass sich in Verbindung mit der Schneeschmelze ein Grundhochwasser ausbildet. Das Hochwasser im Vorfluter wird hier offenbar allgemein nicht durch einen Grundhochwasserstand begünstigt (vgl. Punkt 1 in Tabelle 8; SINREICH UND SCHÜRCH 2009) sondern das Grundhochwasser entsteht durch Infiltration von Niederschlags- und Oberflächenwasser (Punkt 2 in Tabelle 8; SINREICH & SCHÜRCH 2009). Diese Grundwassermessstelle wird vermutlich mehr durch Infiltration von Oberflächenwasser als von Niederschlagswasser beeinflusst, weil der Anstieg im Grundwasser 2010 deutlicher ist als 2002. Infolge des Frühjahrshochwassers 2006 steigt der Grundwasserstand ebenfalls schnell an und sinkt im weiteren Verlauf langsam ab (Abbildung 36).

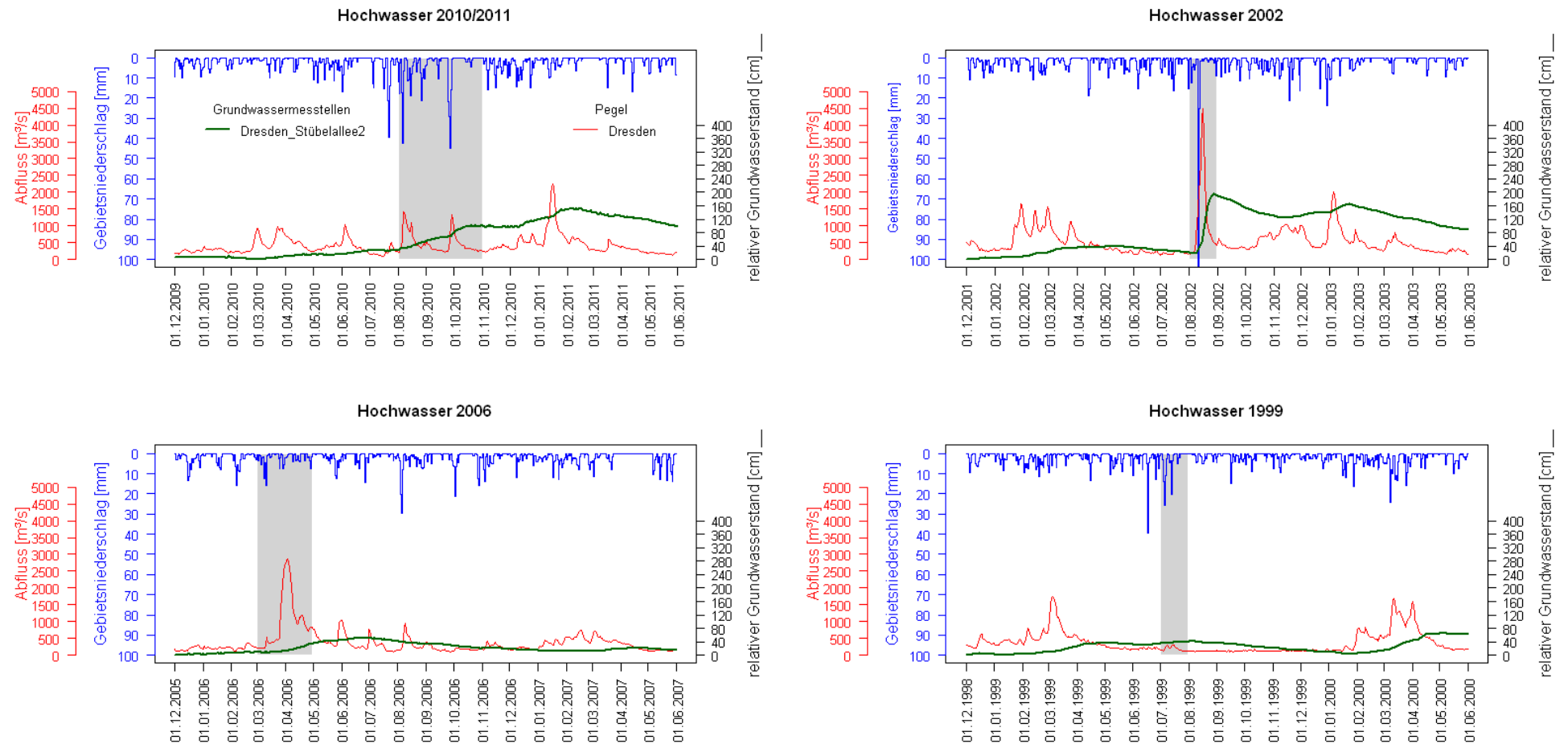


Abbildung 34: Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2, Abflusspegel Dresden/Elbe und Gebietsniederschlag

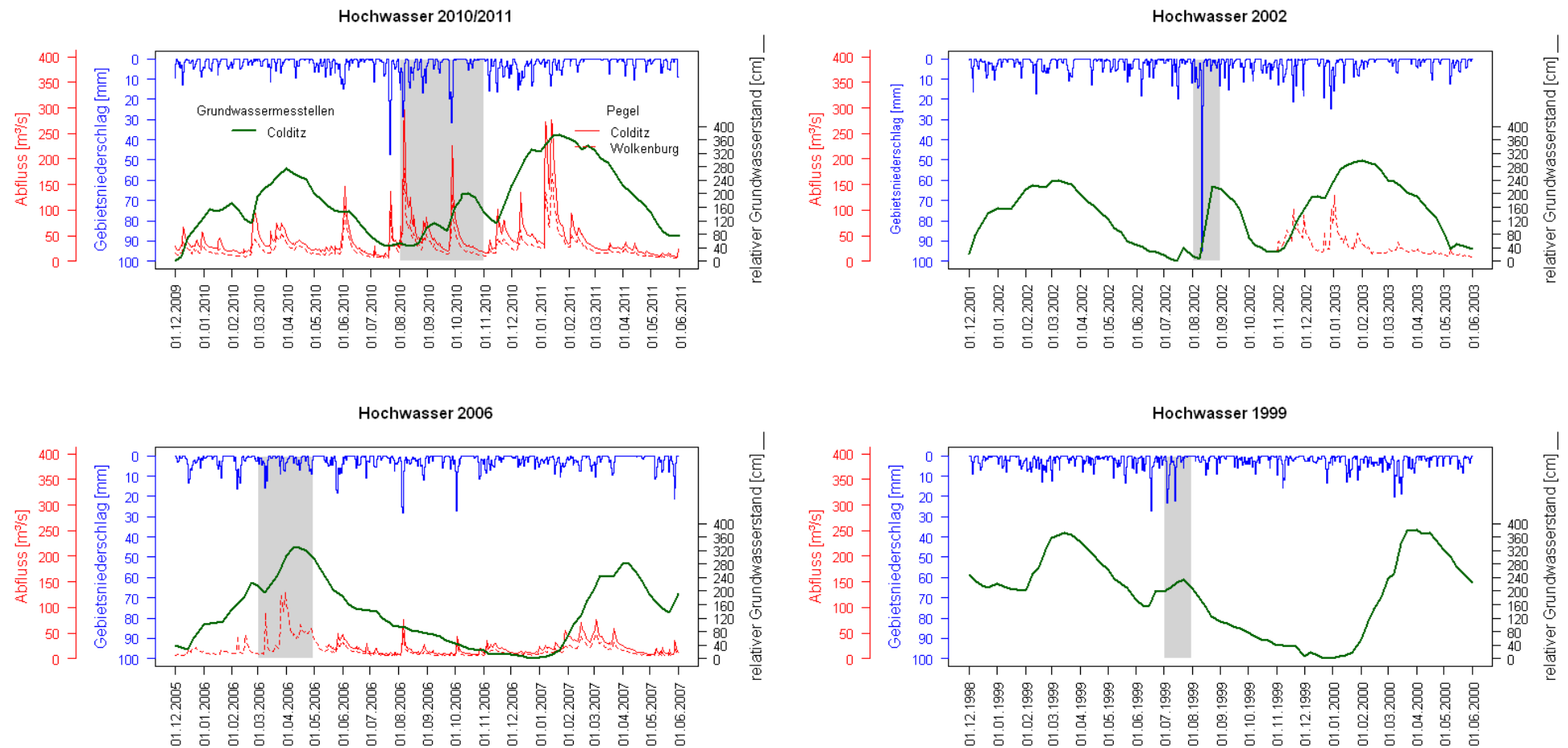


Abbildung 35: Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Kleinbernsdorf B 29/25, Abflusspegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde und Gebietsniederschlag

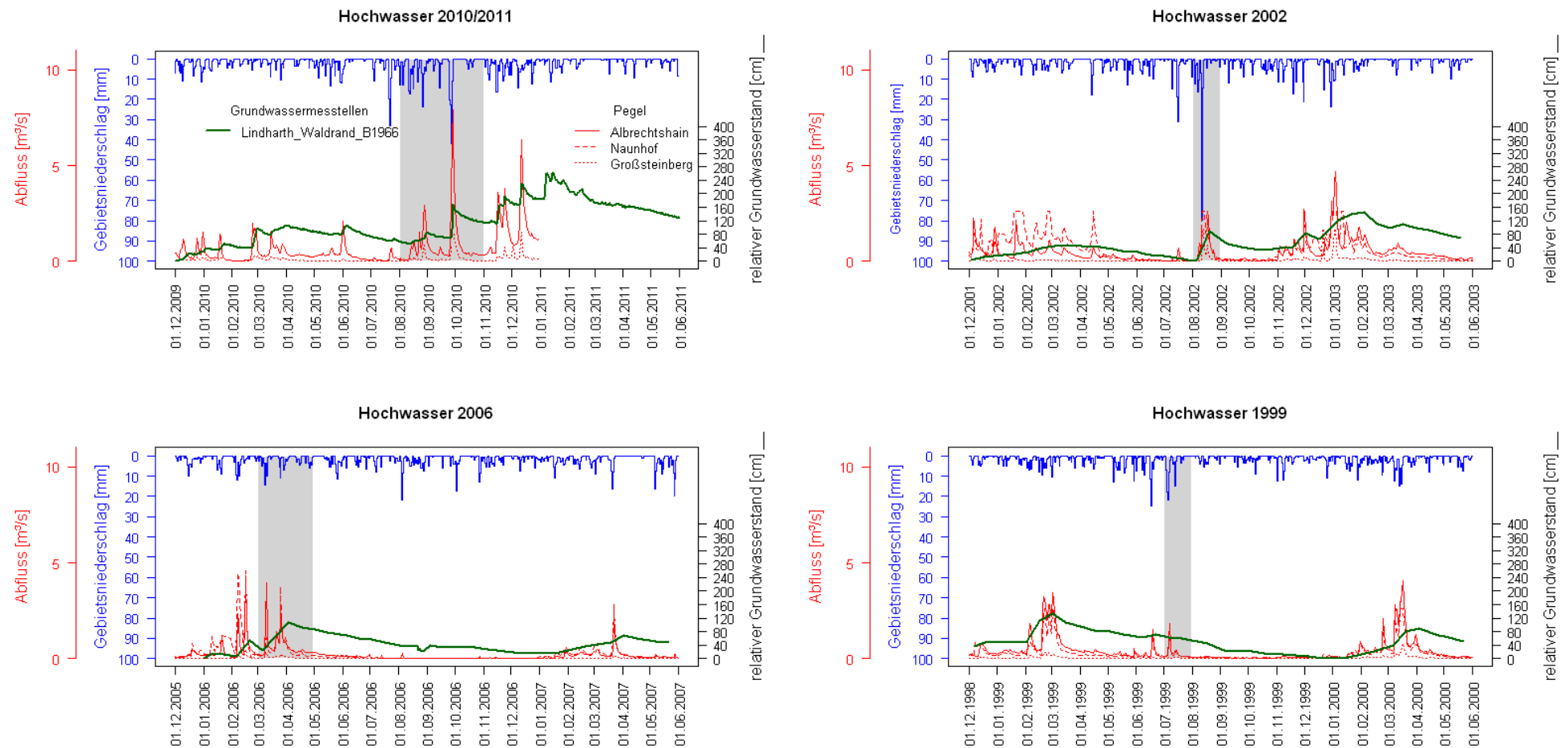


Abbildung 36: Vergleich historischer Hochwasser mit dem Hochwasser 2010/2011: Grundwassermessstelle Lindhardt Waldrand B1966, Abflusspegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Gladegraben und Gebietsniederschlag

5.5 Einflüsse auf die Grundwasserstandsentwicklung

5.5.1 Visuelle Analyse

Analog zur Darstellung der Grundwasserstandsentwicklung in einem Grundwasserkörper (Abschnitt 5.2) wurden die Grundwasserstandsentwicklung für hydrogeologische Teilräume, Naturräume, geologische und hydrogeologische Parameter, die Überdeckung, verschiedene Landnutzungen, Wasserschutzgebiete und Absenkungsgebiete in Abbildungen zusammengefasst (Abbildung 38 bis Abbildung 43, weitere Abbildungen befinden sich im digitalen Anhang). Auf die Darstellung des Gebietsniederschlags, der mittleren monatlichen Grundwasserneubildungssumme und der Pegelabflüsse wurde verzichtet, wenn sie keinen weiteren Erklärungsbeitrag für die Interpretation der Grafiken beisteuerten.

Anhand der Gangliniengruppen (Tabelle 4) konnte kein bestimmter Parameter eindeutig identifiziert werden, der die Grundwasserstandsentwicklung bestimmt. Der Grundwasserstand verhält sich zwar jeweils grundsätzlich ähnlich, doch kann keiner Gangliniengruppe eindeutig ein Grundwasserstandsentwicklungstyp zugeordnet werden. Gemeinsam ist der Mehrzahl der Gangliniengruppen ein bis etwa Juli 2010 relativ ähnliches Verhalten der einzelnen Zeitreihen und eine darauffolgende Aufspreizung der einzelnen Zeitreihen (vor allem Abbildung 40 bis Abbildung 43).

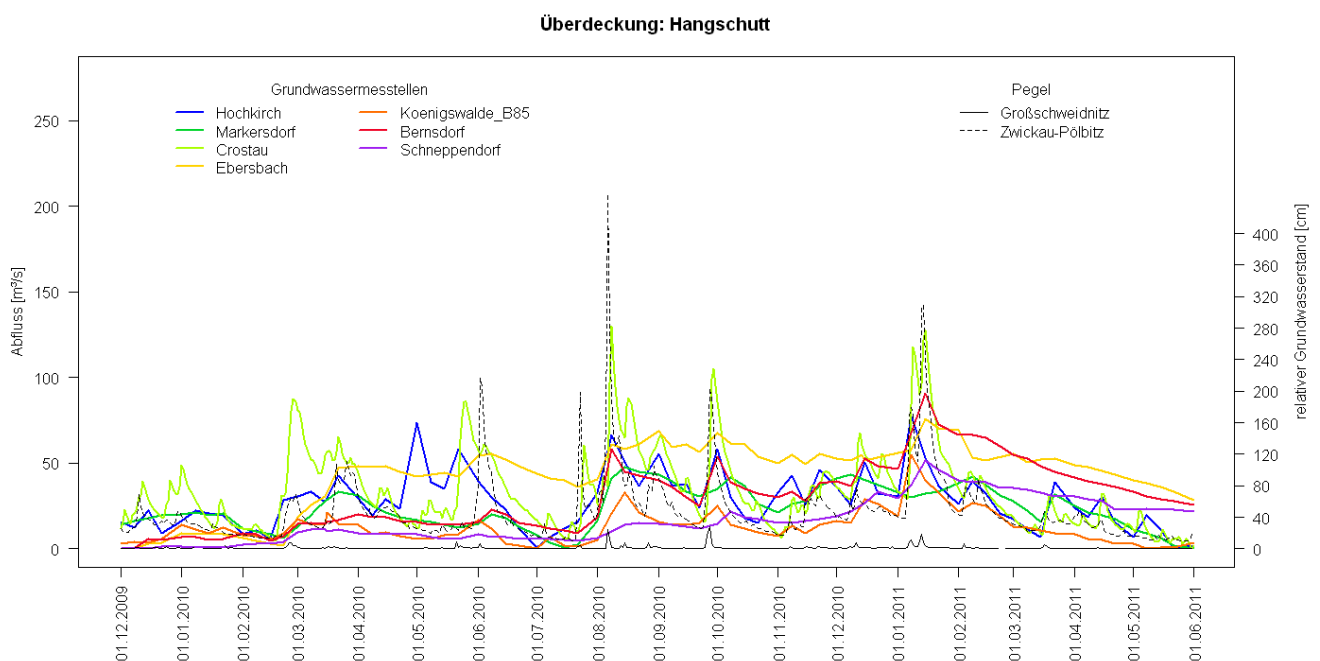


Abbildung 37: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Deckschichten“ (hier: Hangschutt)

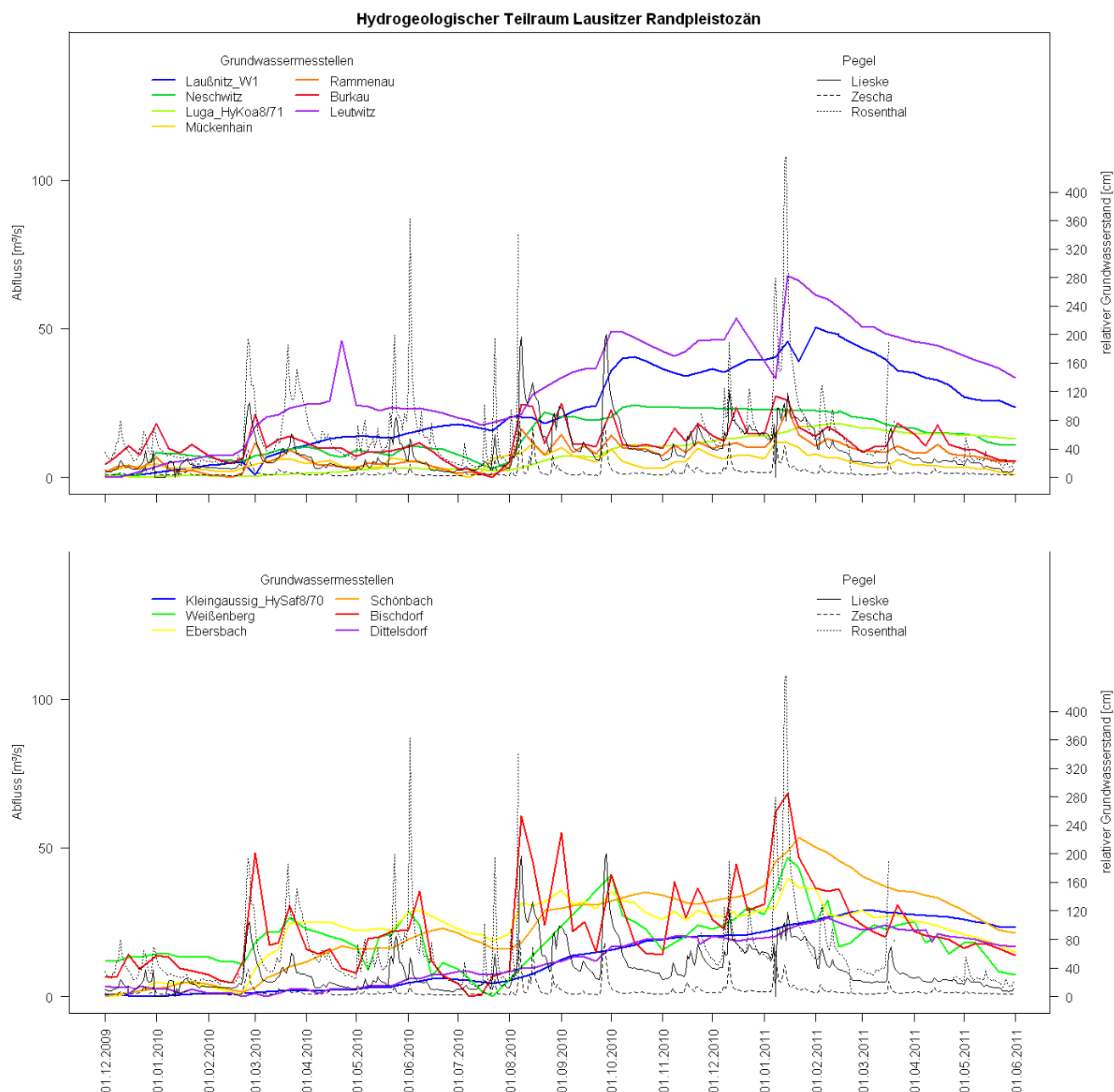


Abbildung 38: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ (hier: Teilraum Lausitzer Randpleistozän)

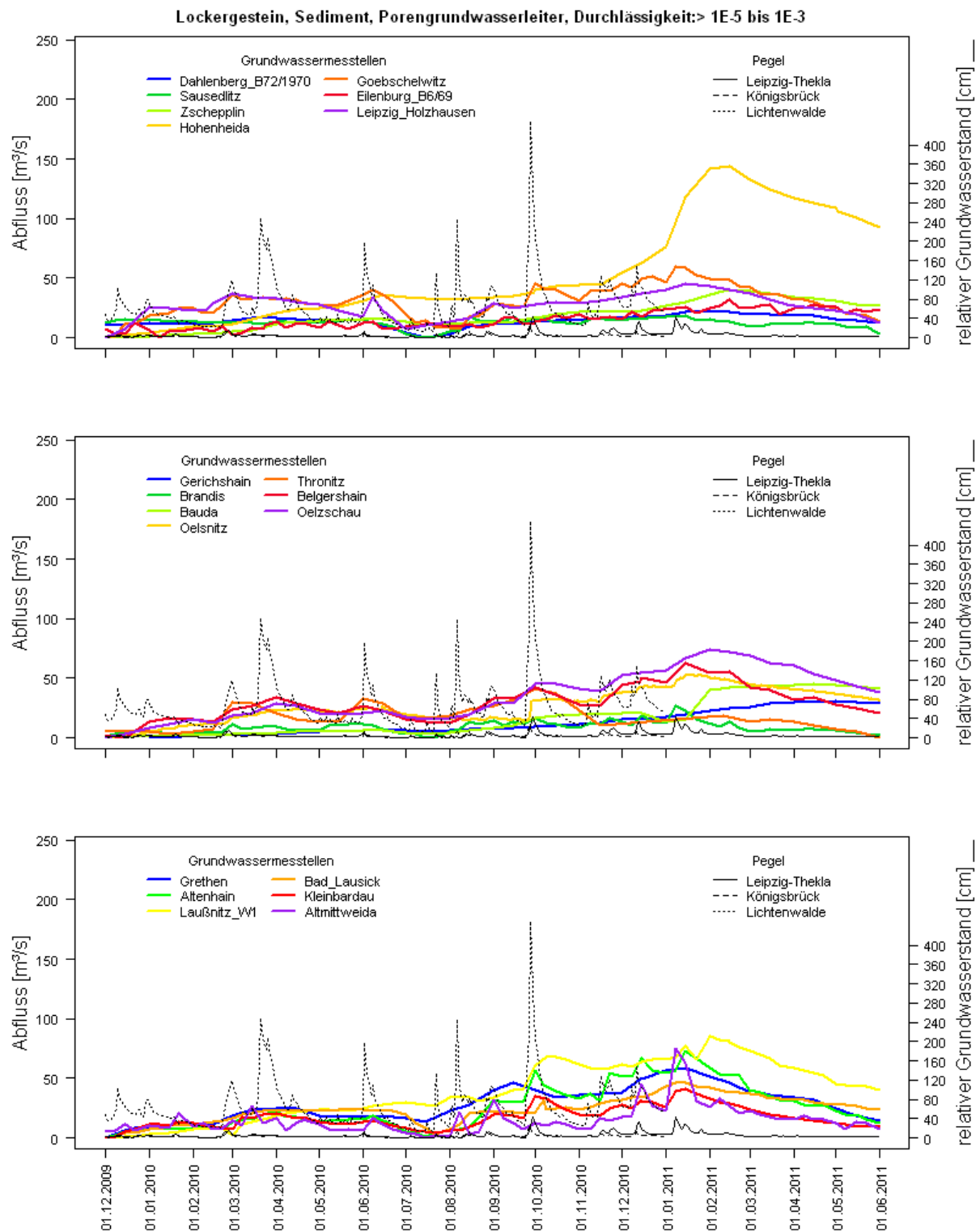


Abbildung 39: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Geologie“ (hier: Verfestigung: Lockergestein, Gesteinsart: Sediment, Hohlraumart: Porengrundwasserleiter, Durchlässigkeit: > 1E-5 bis 1E-3)

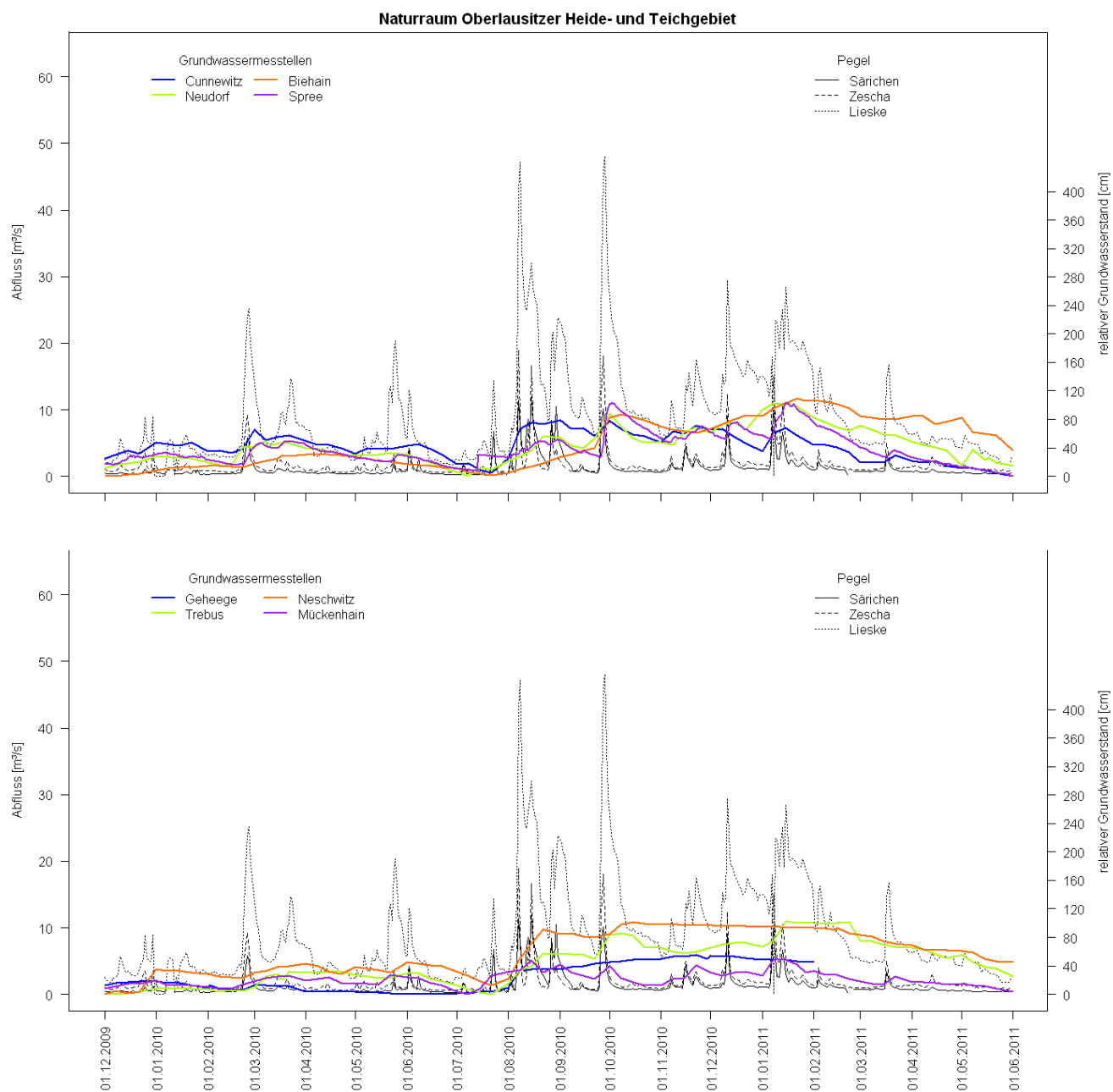


Abbildung 40: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Naturraum“ (hier: Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet)

Landnutzung: Nadelwald

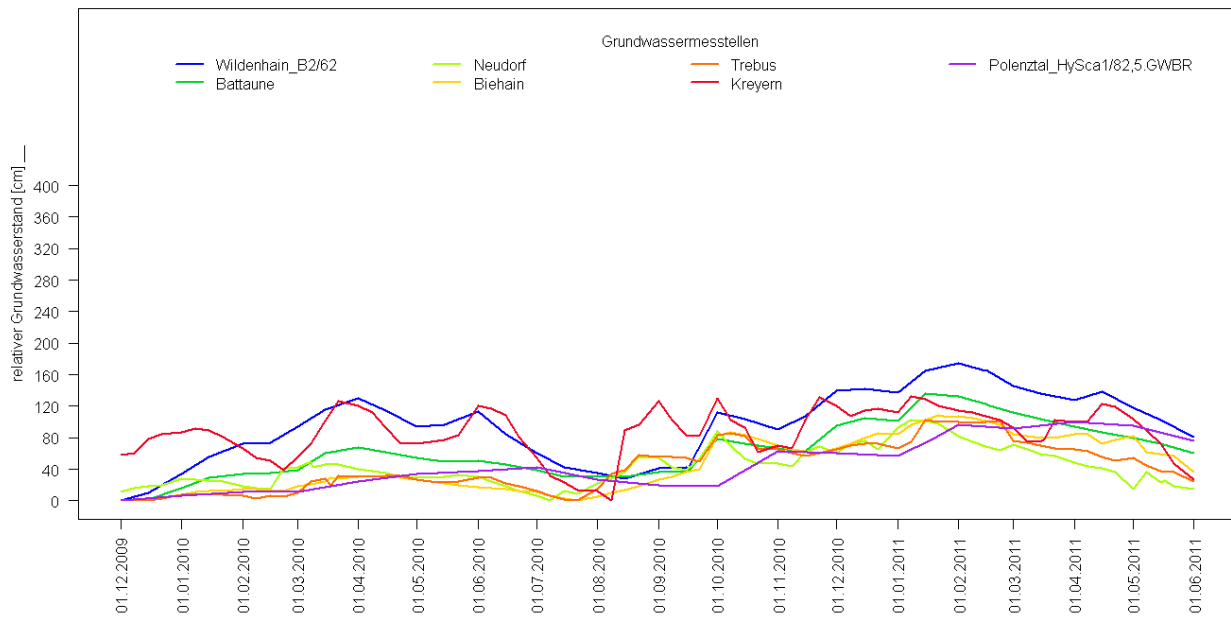


Abbildung 41: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss für die Gangliniengruppe „Landnutzung“ (hier: Nadelwald)

Grundwassermessstellen in Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen

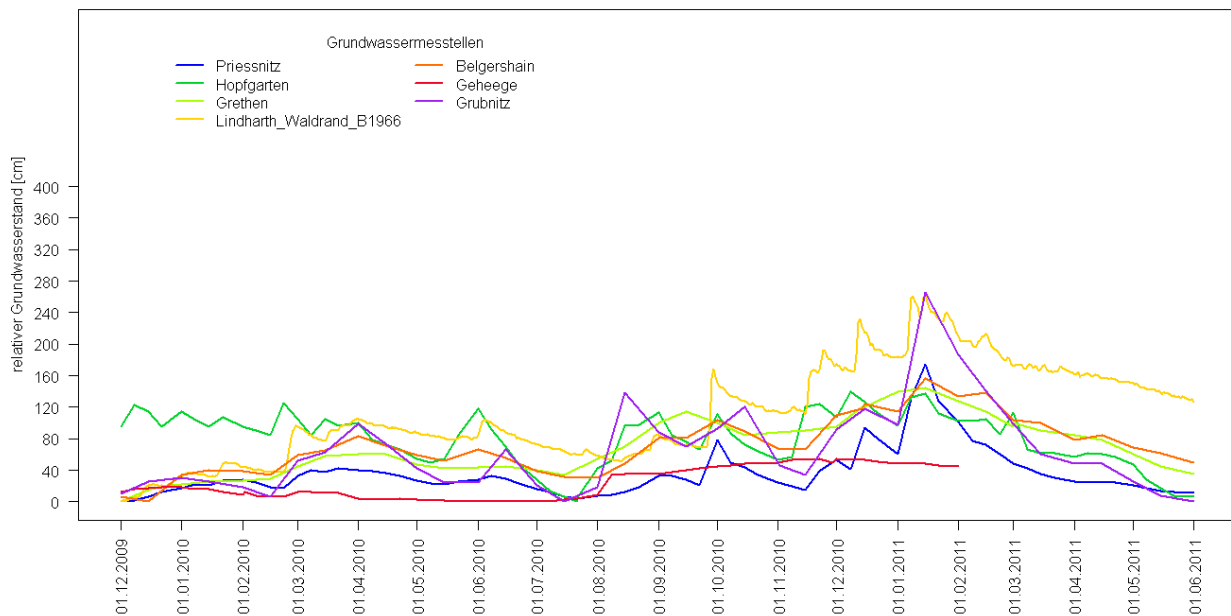


Abbildung 42: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss: Gangliniengruppe „Wasserschutzgebiete“

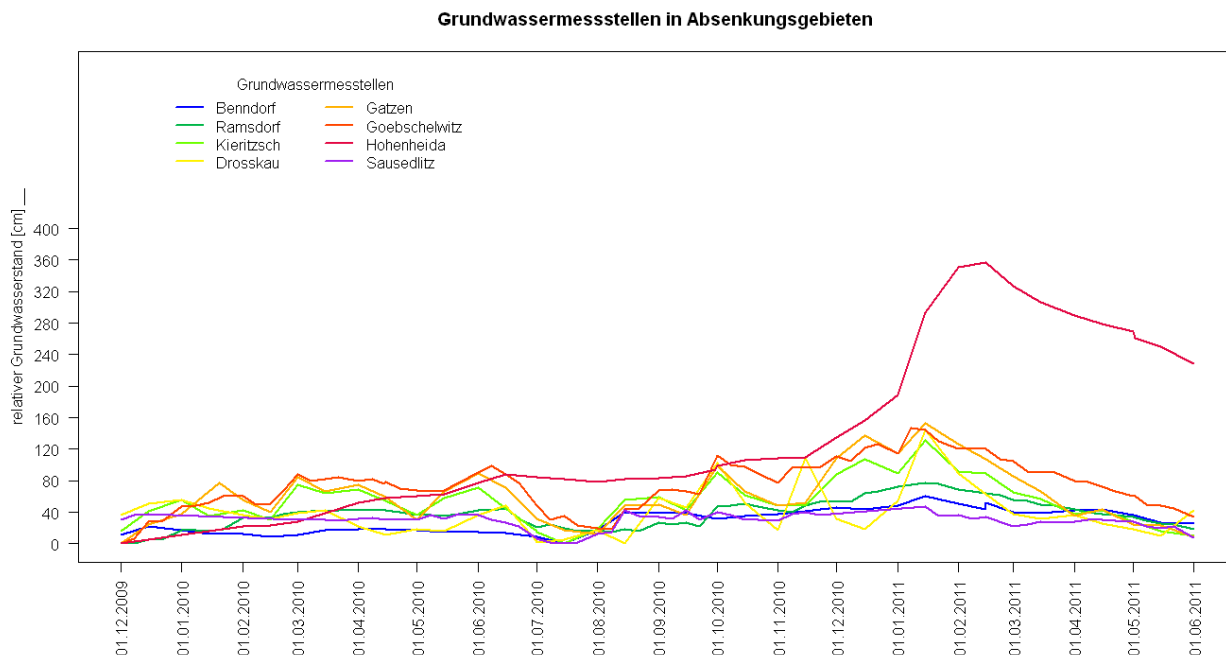


Abbildung 43: Entwicklung von Grundwasserstand und Pegelabfluss: Gangliniengruppe „Absenkungsgebiete“

5.5.2 ANOVA: natürlicher Einfluss

Weil der Grundwasserstandsentwicklungstyp zunächst nominalskaliert vorlag („Interaktion“, „Kumulation“, „Null“, „Misch“ und „Sonderfall“), wurde er anhand der Reaktion mit dem Vorfluter in eine Ordinalskala von -1 („Sonderfall“) bis 3 („Interaktion“) überführt. Der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ steht dabei für die stärkste Reaktion auf den Vorfluter, der Typ „Null“ für keine Reaktion und der Typ „Sonderfall“ für eine nicht korrelierte Reaktion auf das Ereignis.

Die Normalverteilung wurde mit dem KS-Test (Signifikanzniveau 0,05) überprüft: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen einer theoretischen Normalverteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen und der tatsächlichen Verteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen, die Daten sind also normalverteilt. Um die Homogenität der Varianz zu überprüfen, werden bei den verschiedenen Tests (z. B. Levene-Test oder Goldmann-Quandt-Test) stets die Residuen zu einer linearen Regression benötigt. Weil es auf Basis der Grundwasserstandsentwicklungstypen nicht möglich ist, eine lineare Regression zu ermitteln, wurden Varianzen für jeweils 50 Grundwassermessstationen berechnet. Anschließend wurden aus der Reihe an Varianzen zwei gleich große Gruppen gebildet und mittels Chi-Quadrat-Test (Homogenitätstest) verglichen. Der Test ergab, dass die Varianzen der gleichen Grundgesamtheit entstammen, also homogen verteilt sind. Die Vorgehensweise leitet sich aus der Methodik im Goldmann-Quandt-Test an, bei dem die Residuen zweier Stichproben aus der Gesamtheit miteinander verglichen werden.

Auf Basis der durchgeführten ANOVA kann festgestellt werden, dass es einen signifikanten Einfluss der Kenngrößen „Hydrogeologischer Teilraum“, „Naturraum“, „Verfestigung“ (Locker- oder Festgestein), „Gesteinsart“ und „Hohlraumart“ gibt (Signifikanzniveau siehe Tabelle 9).

Für die aus der ANOVA ermittelten Kenngrößen wurde daraufhin der Tukey-HSD (Honest Significant Difference) durchgeführt. Dieser Test sichert ab, dass sich die Mittelwerte über die Zielgröße zwischen den Gruppen einer Kenngröße signifikant voneinander unterscheiden. Ist dies nicht der Fall, sind die Ergebnisse der ANOVA wertlos.

Es zeigte sich, dass innerhalb der Kenngröße „Hydrogeologische Teilräume“ mittels Tukey-HSD mehrere Teilräume signifikante Unterschiede zu einem oder mehreren der insgesamt 28 hydrogeologischen Teilräume aufweisen. Dabei unterscheidet sich das Quartär des Elbtalgrabens von 15, die Düben-Dahlemer Heide von neun, das Quartär des Eruptivkomplexes von acht und das Sächsische Granulitmassiv von fünf hydrogeologischen Teilräumen (Tabelle 10). Für die Kenngröße „Gesteinsart“ konnten für alle Gesteinsarten (Sediment, Metamorphit und Magmatit) Unterschiede untereinander bestimmt werden.

Innerhalb der Kenngröße „Verfestigung“ konnte mittels Tukey-HSD-Test ein signifikanter Unterschied zwischen Locker- und Festgestein nachgewiesen werden.

Obgleich bekannt ist, dass sich Naturräume – wie auch die betrachteten Makrogeochoren – in ihren Eigenschaften signifikant unterscheiden, konnten in Bezug auf die den Naturräumen nach (BERNHARDT 1986) zugeordneten Grundwasserstandsentwicklungstypen keine signifikanten Abhängigkeiten festgestellt werden. Allerdings kann durchaus der Bezug des Grundwasserstandsentwicklungstyps zu größeren naturräumlichen Einheiten, den Naturregionen

- Sächsisch-Niederlausitzer Heideland als Teil des Nordostdeutschen Tieflands,
- Sächsisches Lössgefülle als Teil des mitteleuropäischen Lössgürtels und
- Sächsisches Bergland und Mittelgebirge als Teil der Mittelgebirgsschwelle

hergestellt werden, wie anhand der Bildung der Hauptgruppen anhand der hydrogeologischen Einheiten (vgl. folgenden Abschnitt) deutlich wird.

Innerhalb der Kenngröße „Hohlraumart“ unterscheidet sich der Kluft-Karst-Grundwasserleiter signifikant von den Poren-Kluft-Grundwasserleitern, den Porengrundwasserleitern und den Kluftgrundwasserleitern.

Somit kann für die hydrogeologischen Teilräume, die Gesteinsart, die Hohlraumart und die Verfestigung vorerst ein signifikanter Effekt auf die Entwicklung der Grundwasserstände festgestellt werden (Tabelle 9). Demgegenüber kann der Effekt des Naturraums (verwendete Einteilung nach BERNHARDT 1986) auf die Grundwasserstandsentwicklung vernachlässigt werden.

Der mit der Varianzanalyse festgestellte signifikante Einfluss und die mit dem Tukey-HSD-Test festgestellten Unterschiede werden im Folgenden für die vier Gruppen hydrogeologische Teilräume, Verfestigung, Hohlraum und Gesteinsart weitergehend analysiert.

Tabelle 9: Ergebnisse der Varianzanalyse für Effekte natürlicher Gegebenheiten; Df: Freiheitsgrade, Sum Sq: Summe der Quadrate, Mean Sq: Mittleres Quadrat (Varianz), *: Signifikanzniveau 0,05; '.' Signifikanzniveau 0,1

Kenngröße	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)
Hydrogeologischer Teilraum	26	52,737	2,0284	2,0585	0,02661 *
Naturraum	17	30,119	1,7717	1,7981	0,07443 .
Verfestigung	1	4,005	4,0049	4,0644	0,05226 .
Gesteinsart	2	7,802	3,9012	3,9591	0,02908 *
Hohlraum	2	6,467	3,2333	3,2813	0,05055 .
Durchlässigkeit	7	5,861	0,8373	0,8497	0,55545
Grundwasserkörper	30	13,769	0,4590	0,4658	0,98087
Überdeckung	4	2,430	0,6074	0,6165	0,65395
Residuen	32	31,532	0,9854		

Hydrogeologische Teilräume

Auf Basis der Ergebnisse wurde die Verteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen in den einzelnen hydrogeologischen Teilräumen analysiert (Tabelle 10, Abbildung 44). Hydrogeologische Teilräume, die keine im Rahmen der Auswertung verwendeten Messstellen enthalten, sind nicht dargestellt. Die vier Teilräume „Düben-Dahlemer Heide“, „Sächsisches Granulitmassiv“, „Quartär des Eruptivkomplexes“ und „Quartär des Elbtalgrabens“ weisen besonders viele signifikante Unterschiede zu anderen Teilräumen auf. Die Verteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen innerhalb dieser vier genannten Teilräume ist relativ ähnlich. Sie weisen nur in zwei von insgesamt 24 Messstellen den Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ auf. Sie bilden daher die Hauptgruppe 1 (z. B. Grundwassermessstelle Dresden, Abbildung 16). Diejenigen Teilräume, von denen sich die vier genannten Teilräume signifikant unterscheiden, weisen dagegen mehrheitlich den Typ „Interaktion“ auf (36 von 52 Fällen). Sie bilden die Hauptgruppe 2 (z. B. Grundwassermessstelle Koenigswalde B85, Abbildung 20). Mit Ausnahme des Teilraums „Köth.-Bitterf. Hochfl. und Leipziger Land“ weisen alle weiteren Teilräume keine signifikanten Unterschiede zu anderen Teilräumen auf. Sie wurden in Hauptgruppe 3 zusammengefasst.

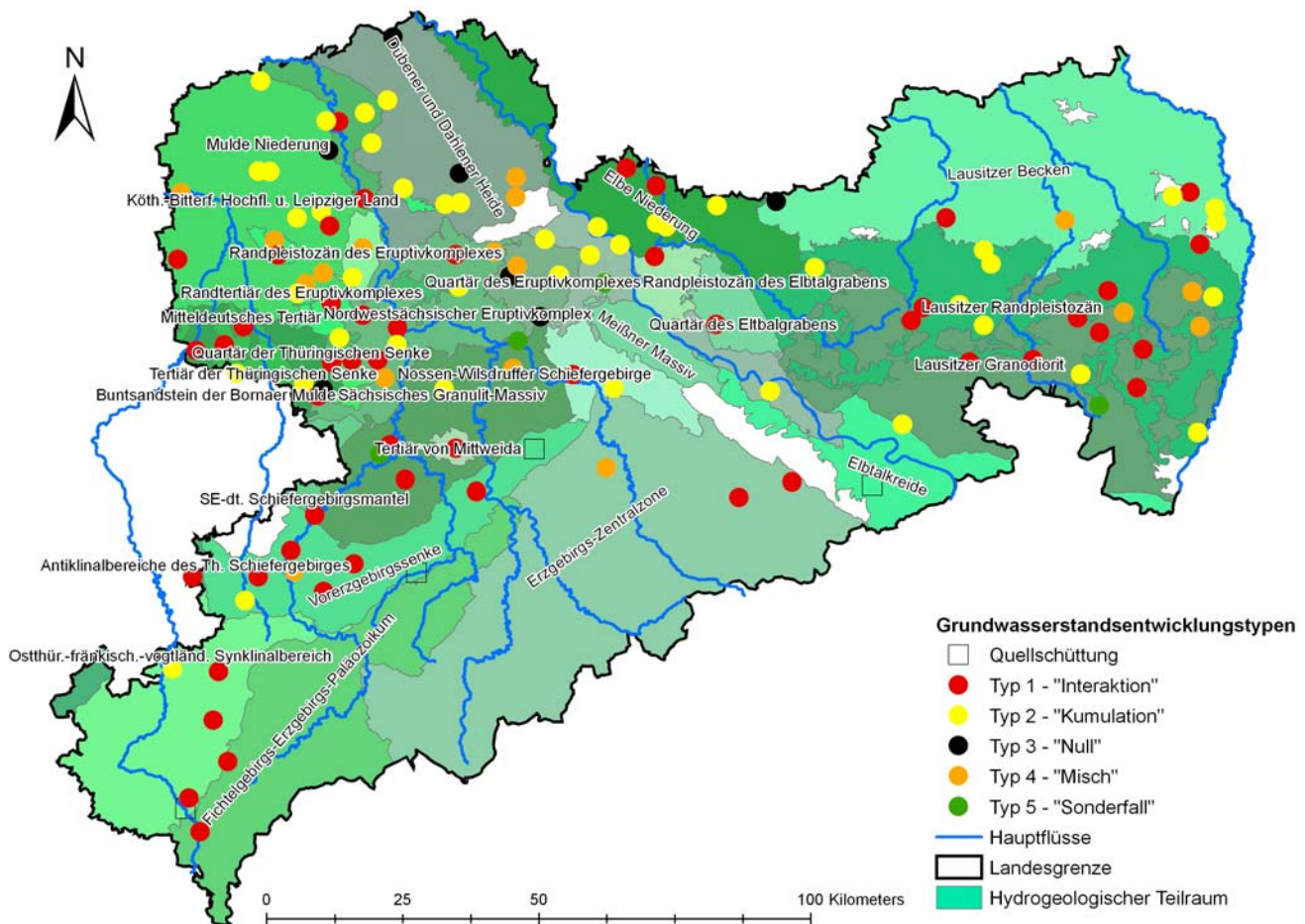


Abbildung 44: Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ und Grundwasserstandsentwicklungstypen, räumliche Darstellung

Tabelle 10: Gangliniengruppe „Hydrogeologische Teilräume“ und Grundwasserstandsentwicklungstypen, tabellarische Darstellung

Hydrogeologischer Teilraum	Grundwasserstandsentwicklungstyp					signifikante Unterschiede bestehen zu folgenden hydrogeologischen Teilräumen:	Hauptgruppe
	Sonderfall	Null	Kumulation	Misch	Interaktion		
Düben-Dahlener Heide		2	5	2		Mitteldeutsches Tertiär Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum Nordwestsächsischer Eruptivkomplex, Quartär der Thüringischen Senke Lausitzer Granodiorit, Ostthür.-fränk.-vogtländ. Synklinalbereich, Vorerzgebirgssenke Erzgebirgszentralzone	1
Quartär des Elbtalgrabens	1		4			Nordwestsächsischer Eruptivkomplex, SE-dt. Schiefergebirgsmantel, Quartär der Thüringischen Senke, Antiklinalbereiche des Th. Schiefergebirges, Lausitzer Granodiorit, Mulde Niederung, Ostthür.-fränkisch.-vogtländ. Synklinalbereich, Randpleistozän des Elbtalgrabens, Vorerzgebirgssenke, Erzgebirgs-Zentralzone. Tertiär von Mittweida, Mitteldeutsches Tertiär, Buntsandstein der Bornaer Mulde, Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum, Meißner Massiv	1
Sächsisches Granulitmassiv	2		1	1	2	Lausitzer Granodiorit, Vorerzgebirgssenke, Erzgebirgszentralzone, Mitteldeutsches Tertiär, Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum	1
Quartär des Eruptivkomplexes		2	1	1		Quartär der Thüringerischen Senke, Nordwestsächsischer Eruptivkomplex, Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum, Mitteldeutsches Tertiär, Erzgebirgszentral, Vorerzgebirgssenke, Ostthür.-fränk.-vogtländ. Synklinalbereich, Lausitzer Granodiorit	1
Mitteldeutsches Tertiär					2	Quartär des Elbtalgrabens, Quartär des Eruptivkomplexes Sächsisches Granulitmassiv, Düben-Dahlener Heide	2
Quartär der Thüringischen Senke		1	1		5	Quartär des Elbtalgrabens, Düben-Dahlener Heide, Quartär des Eruptivkomplexes	2
Buntsandstein der Bornaer Mulde					1	Quartär des Elbtalgrabens	2
Mulde Niederung			1		2	Quartär des Elbtalgrabens	2
Lausitzer Granodiorit			2	3	5	Sächsisches Granulit Massiv, Quartär des Eruptivkomplexes Quartär des Elbtalgrabens, Düben-Dahlener Heide	2
Tertiär von Mittweida					1	Quartär des Elbtalgrabens	2
Vorerzgebirgssenke			1	1	5	Sächsisches Granulitmassiv, Düben-Dahlener Heide, Quartär des Elbtalgrabens, Köth.-Bitterf. Hochfl. u. Leipziger Land	2
Meißner Massiv					1	Quartär des Elbtalgrabens	2
Nordwestsächsischer Eruptivkomplex			2	2	4	Quartär des Elbtalgrabens, Düben-Dahlener Heide, Quartär des Eruptivkomplexes	2
Erzgebirgs-Zentralzone				1	2	Quartär des Elbtalgrabens, Quartär des Eruptivkomplexes Sächsisches Granulitmassiv, Düben-Dahlener Heide	2
SE-dt. Schiefergebirgsmantel					1	Quartär des Elbtalgrabens	2
Antiklinalbereiche des Thür. Schiefer-					1	Quartär des Elbtalgrabens	2

Hydrogeologischer Teilraum	Grundwasserstandsentwicklungstyp					signifikante Unterschiede bestehen zu folgenden hydrogeologischen Teilräumen:	Hauptgruppe
	Sonderfall	Null	Kumulation	Misch	Interaktion		
gebirges							
Osthür.-fränkisch-vogtländ. Synklinealbereich			1		3	Quartär des Elbtalgrabens, Quartär des Eruptivkomplexes Düben-Dahleener Heide	2
Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum					2	Quartär des Elbtalgrabens, Quartär des Eruptivkomplexes Düben-Dahleener Heide, Sächsisches Granulitmassiv	2
Randpleistozän des Elbtalgrabens					1	Quartär des Elbtalgrabens	2
Randpleistozän des Eruptivkomplexes			1	1		keine	3
Lausitzer Becken		1	3	1	2	keine	3
Köth.-Bitterf. Hochfl. u. Leipziger Land		1	7	4	2	Vor erzgebirgssenne	3
Elbe Niederung			4		2	keine	3
Lausitzer Randpleistozän	1		7		5	keine	3
Nossen-Wilsdruffer Schiefergebirge			1		1	keine	3
Tertiär der Thüringischen Senke			1			keine	3
Randtertiär des Eruptivkomplexes			1			keine	3

Die regionale Verteilung der drei Hauptgruppen „Kumulation“, „Interaktion“ und „differenziert“ zeigt Abbildung 45. Hydrogeologische Teilräume ohne Zuordnung einer Hauptgruppe sind nicht dargestellt (weiße Färbung). Zuordnungen zum Typ Kumulation können im Einzelfall (z. B. bei Grundwassermessstellen, die im Projekt nicht ausgewertet wurden, aber in Gewässernähe wie der Elbe liegen) nicht zutreffen, weil hier dann der Typ „Interaktion“ vorliegt. Daher kann diese Gebietsdarstellung keinen Anspruch auf Repräsentanz für alle Grundwassermessstellen erheben, sondern allenfalls Tendenzen aufzeigen. Es ist allerdings ein Zusammenhang mit den bereits genannten drei Naturregionen Sachsens erkennbar.

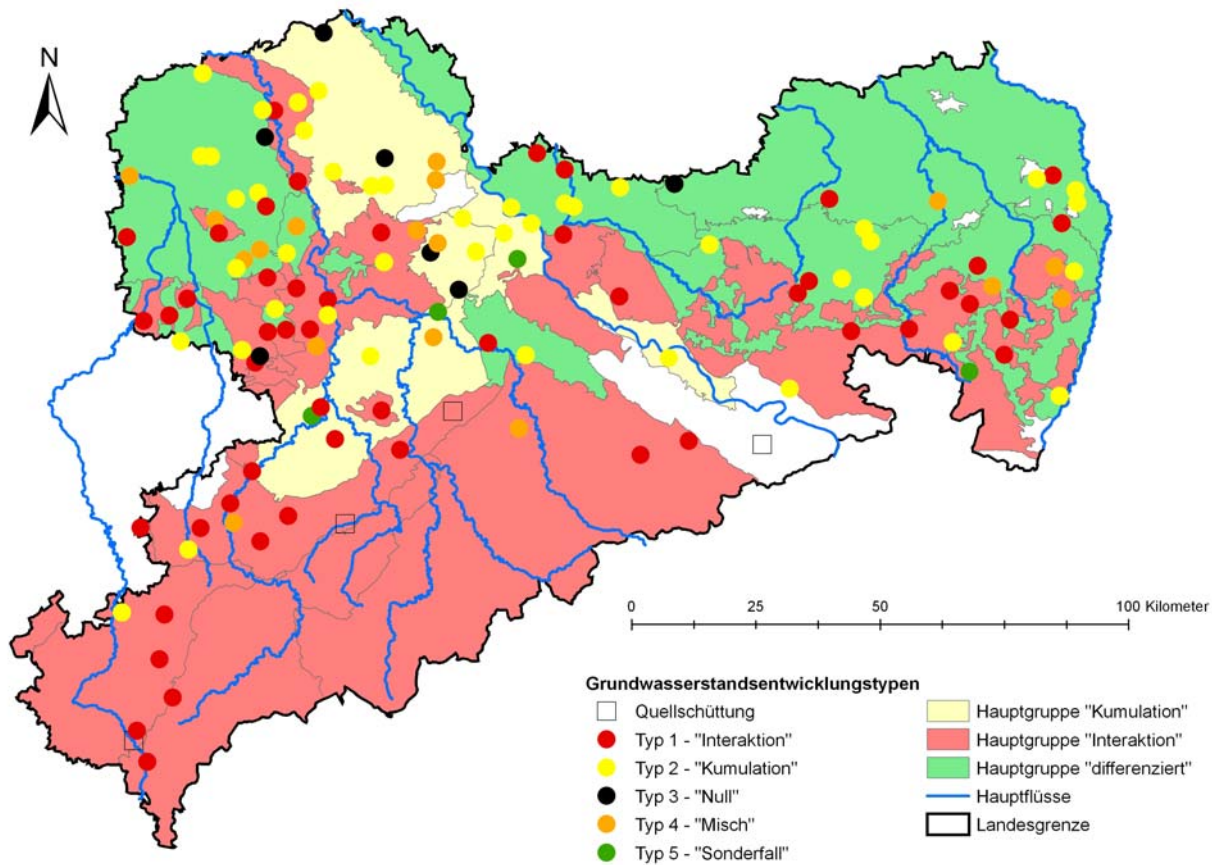


Abbildung 45: Hauptgruppen von Grundwasserstandsentwicklungstypen

Hohlraumart

Bei genauer Analyse der Verteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen (Abbildung 46) zeigte sich, dass sich nur eine Grundwassermessstelle im Kluft-Karst-Grundwasserleiter befindet (Messstelle Gleisberg). Daher kann nicht eindeutig auf die Ursachen der signifikanten Unterschiede zwischen dem Kluft-Karstgrundwasserleiter und den Poren-, Kluft- und Poren-Kluftgrundwasserleitern rückgeschlossen werden. Zwischen Poren-Kluft-, Poren- und Kluft-Grundwasserleitern konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

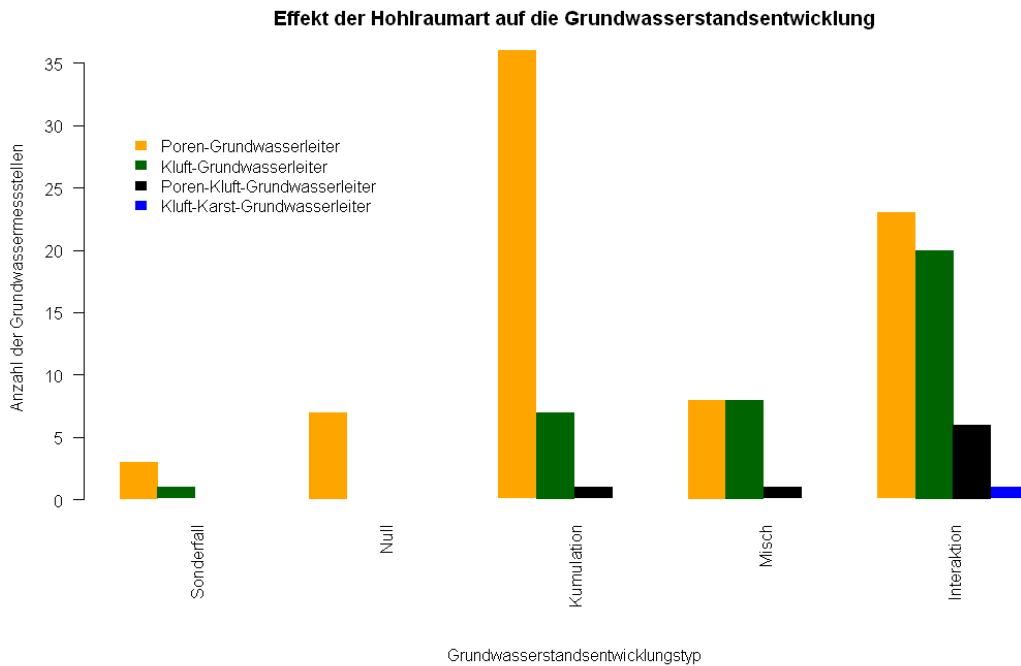


Abbildung 46: Gangliniengruppe „Hohlraumart“: Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp

Verfestigung

Im Lockergestein befinden sich mehrheitlich Messstellen, an denen der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Kumulation“ ermittelt wurde, während im Festgestein an den meisten Grundwassermessstellen die Grundwasserstände in Interaktion mit dem Vorfluter stehen (Abbildung 47). Dies kann man durch die Speicherung des Wassers im Lockergestein in den Niederungen Sachsens erklären (vgl. Abbildung 48). Dem gegenüber wird das Wasser im Festgestein in den Gebirgen und Hügelländern weniger stark gespeichert.

Der größte Anteil der Grundwassermessstellen, die im Festgestein liegen, kann dem Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ zugeordnet werden. Das Wasser wird im Gestein kaum gespeichert und fließt unterirdisch schnell ab. Großen Einfluss hat dabei die Hangneigung (gravimetrisches Potential) in den Gebirgen und Hügelländern Sachsens. Die Grundwassermessstellen im Lockergestein, die dem Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ entsprechen, liegen teilweise in direkter Nähe zum Vorfluter (siehe z. B. zwei Grundwassermessstellen an der Vereinigten Mulde, Abbildung 48) und zeigen deshalb eine stärkere Interaktion. Für andere Grundwassermessstellen im Lockergestein, die dem Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ zugeordnet wurden, könnten wie im Festgestein ebenfalls hangtreibende Kräfte von Bedeutung sein (Hügelland).

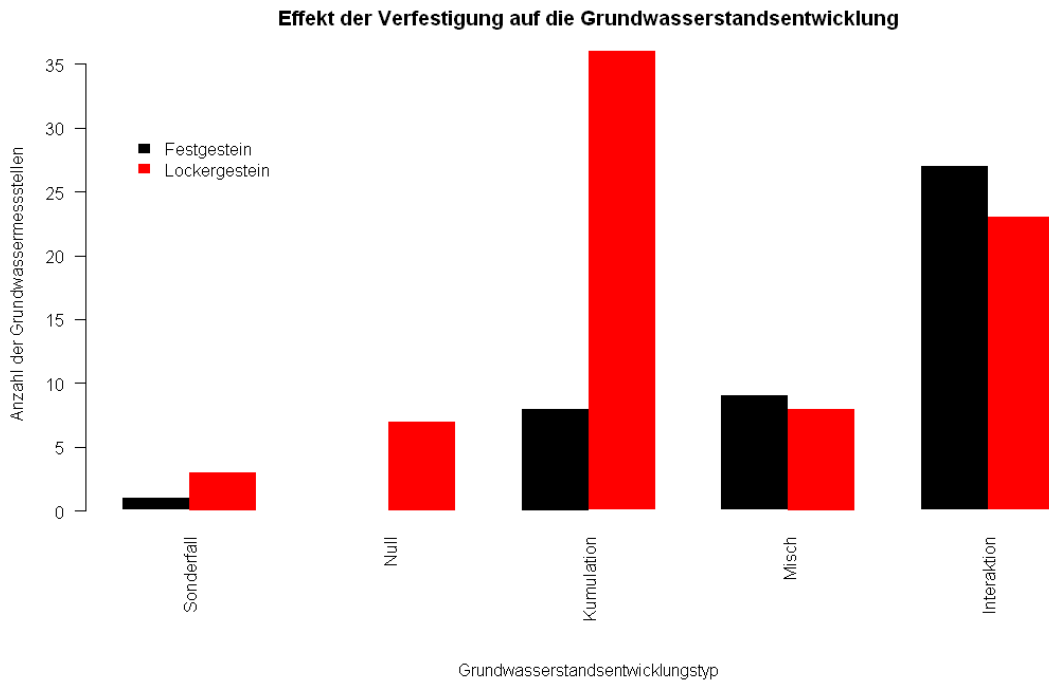


Abbildung 47: Gangliniengruppe „Verfestigung“ (Locker- und Festgestein): Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp

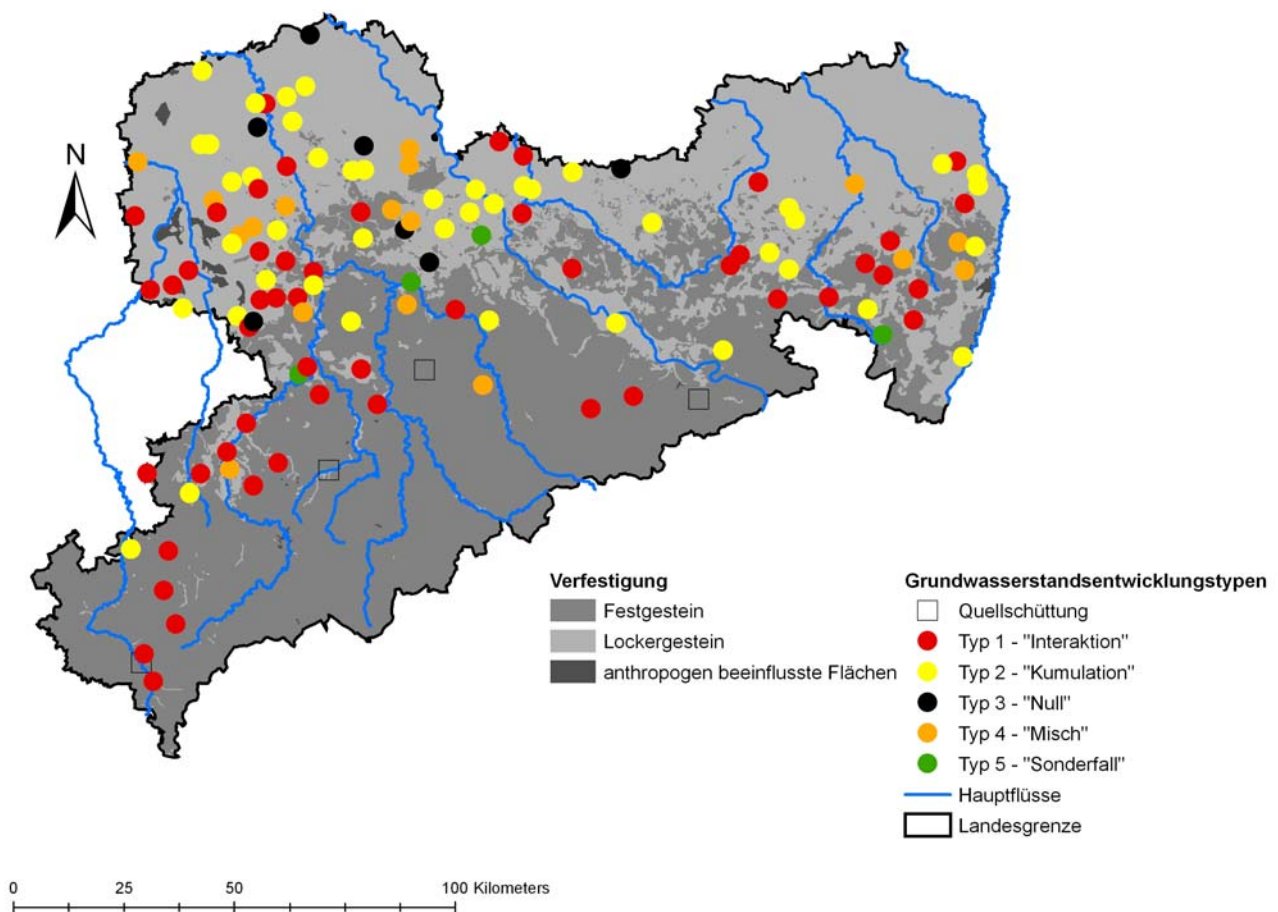


Abbildung 48: Grundwasserstandsentwicklungstypen und Verfestigung im Untersuchungsgebiet

Gesteinsart

Während sich in metamorphem Gestein mehrheitlich Grundwassermessstellen befinden, an denen der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ ermittelt wurde, sind im Sedimentgestein alle Grundwasserstandsentwicklungstypen vertreten. Der Anteil an Grundwassermessstellen in magmatischem Gestein ist insgesamt gering. Hier dominiert der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Misch“ (Abbildung 49). In der Regel entspricht die Gesteinsart „Sediment“ der Verfestigung Lockergestein und die Gesteinsart Magmatit und Metamorphit der Verfestigung Festgestein (vgl. Abbildung 50 mit Abbildung 48). Die Argumentation folgt daher derjenigen für das Charakteristikum „Verfestigung“. So wird das Wasser in den Niederungen bzw. im Sedimentgestein besser gespeichert als im Festgestein. Der auffällig hohe Anteil des Typs „Interaktion“ im metamorphen Gestein im Vergleich zum magmatischen Gestein ist zumindest teilweise auf vorhandene Klüfte im metamorphen Gestein rückführbar. So spielt im metamorphen Gestein nicht allein das gravimetrische Potenzial eine Rolle, sondern auch die Klüfte entlang von Störungen lassen das Wasser schnell abfließen. Der hohe Anteil des Grundwasserstandsentwicklungstyps „Misch“ im magmatischen Gestein kann teilweise auf die relative Lage im Gelände zurückgeführt werden (z. B. Lausitzer Granodiorit und Sächsischer Eruptivkomplex, Abbildung 50). Ein Großteil dieser Grundwassermessstellen befindet sich am Bergfuß oder in unterer Hanglage, also Stellen, an denen sowohl aufstauende als auch hangtreibende Prozesse eine Rolle spielen und zu einer Häufung des Mischtyps führen.

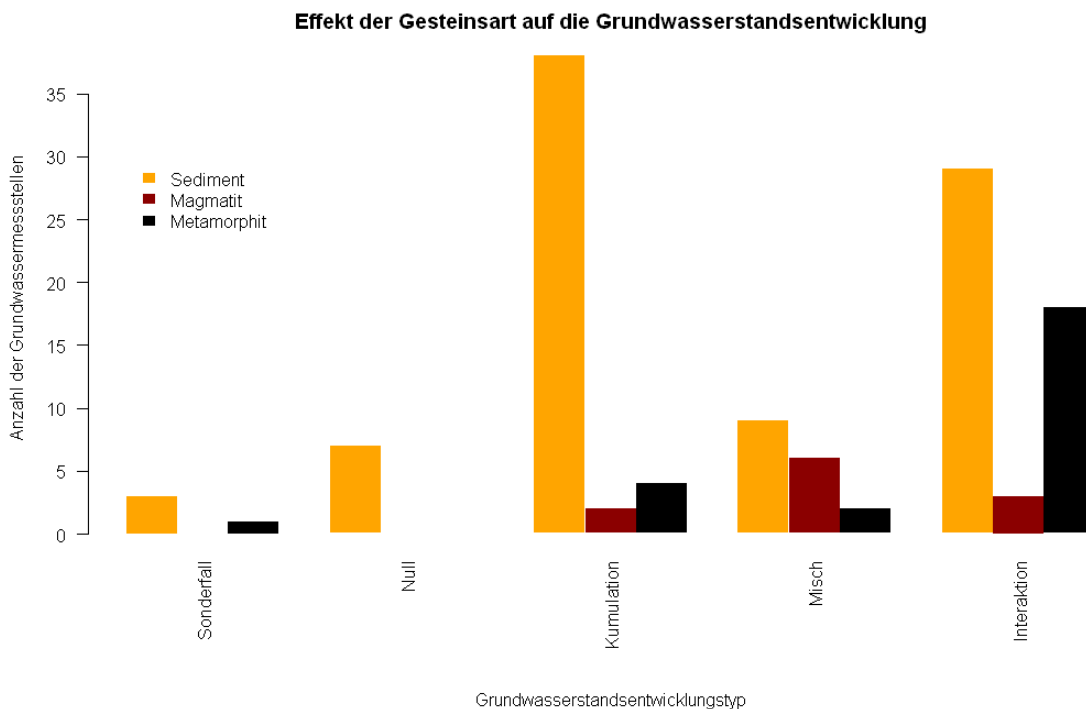


Abbildung 49: Gangliniengruppe „Gesteinsart“ (Sediment-, Magmatit- und Metamorphitgestein): Zuordnung der Messstellen nach Grundwasserstandsentwicklungstyp

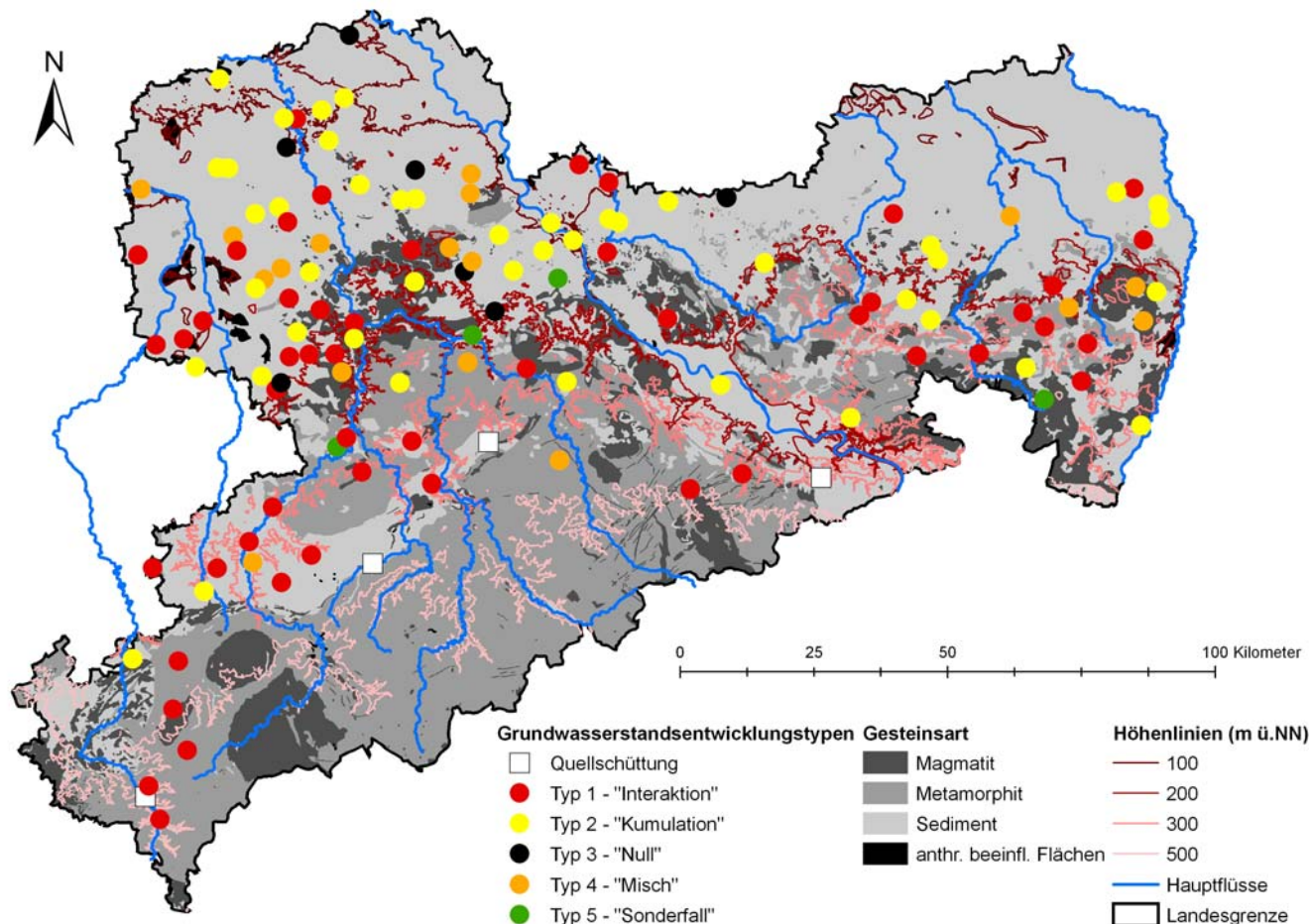


Abbildung 50: Grundwasserstandsentwicklungstypen und Gesteinsart im Untersuchungsgebiet

5.5.3 ANOVA: anthropogener Einfluss

Die Varianzanalyse zeigte hier lediglich bei der Kenngröße Landnutzung einen signifikanten Einfluss auf die Grundwasserstandsentwicklung (ANOVA mit Signifikanzen in Tabelle 11).

Tabelle 11: Ergebnisse der Varianzanalyse für Effekte anthropogener Beeinflussung; Df: Freiheitsgrade, Sum Sq: Summe der Quadrate, Mean Sq: Mittleres Quadrat (Varianz); Fett: Signifikanzniveau 0,1

Kenngröße	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	Pr (>F)
Wasserschutzgebiet	1	0,699	0,69895	0,5671	0,45298
Versiegelung	1	1,793	1,79348	1,4552	0,23023
Landnutzung	6	14,163	2,36052	1,9153	0,08437
Absenkung	1	0,033	0,03318	0,0269	0,86997
Residuen	113	138,033	1,23243		

Landnutzung

Wie bei den natürlichen Einflüssen wurde für die tiefergehende Analyse ein Tukey-HSD-Test durchgeführt. Im Ergebnis zeigten die Landnutzungsarten „Gartenanlage“, „Mischwald“ und „Weide“ signifikante Unterschiede jeweils zu „teilversiegelt“, „extensive Landwirtschaft“, „Laubwald“ und „Nadelwald“. Es ergeben sich folglich zwei Landnutzungsgruppen, die hinsichtlich der Grundwasserstandsentwicklung im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis August/September 2010 unterschiedlich reagieren. Innerhalb der beiden Landnutzungsgruppen treten jeweils keine signifikanten Unterschiede auf, d. h. „Gartenanlage“, „Mischwald“ und „Weide“ unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Die Mehrheit der Messstellen befindet sich dabei in der Landnutzungsgruppe „teilversiegelt-Landwirtschaft-Nadelwald“. In der Landnutzungsgruppe „Gartenanlage-Mischwald-Weide“ befinden sich ausschließlich Messstellen des Typs „Interaktion“. Weil aber die Anzahl der Messstellen in dieser Gruppe sehr gering ist, kann hier nicht eindeutig auf einen Einfluss der Bewirtschaftung auf den Grundwasserstandsentwicklungstyp geschlossen werden.

5.6 Prüfung des Einflusses des Grundhochwassers auf die Grundwasserbeschaffenheit

Es wurden 20 Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen ausgewählt, die jeweils nahe einer Messstelle liegen, die vom Grundhochwasser betroffen ist (Tabelle 12). Von den vorliegenden Analysedaten (Tabelle 13) wurden pH und Elektrische Leitfähigkeit, organisch gebundener Kohlenstoff und Stickstoff und Sauerstoffgehalt, Stickstoff und Phosphor, die Schwermetalle Arsen, Blei und Cadmium und Trübung im Zusammenhang mit der Grundwasserstandsentwicklung untersucht.

Es ist exemplarisch das Ergebnis für die Beschaffenheitsmessstelle Laussig dargestellt (alle weiteren Darstellungen finden sich im Anhang).

Bei der Mehrzahl der Messstellen erhöhte sich die elektrische Leitfähigkeit in Zusammenhang mit dem Grundhochwasser leicht (z. B. Abbildung 51, links oben). Dies steht wahrscheinlich mit der Ausschwemmung von Nährstoffen, z. B. Stickstoff, in Zusammenhang (Abbildung 51, links unten). An einigen Messstellen sinken allerdings die Leitfähigkeiten bei gleichzeitig steigenden Stickstoffgehalten ab (z. B. Beschaffenheitsmessstelle Mülsengrund, Hohenossig). Diese Messstellen zeigen häufig ebenfalls geringere Werte bezüglich der Konzentrationen von Phosphor und Schwermetallen. Dies ist möglicherweise auf einen Verdünnungseffekt rückführbar. Es kann kein allgemeingültiges Muster bezüglich Leitfähigkeiten und Nährstoffgehalt in den Proben identifiziert werden. In Bezug auf pH-Wert, Sauerstoffgehalt, organisch gebundenen Kohlenstoff und Phosphorgehalt sowie die Schwermetallgehalte konnte ebenfalls keine eindeutige Entwicklung in Zusammenhang mit den Hochwasserereignissen bzw. dem Grundhochwasser erkannt werden.

Für eine genauere Analyse des Zusammenhangs zwischen Grundhochwassern und Grundwasserbeschaffenheit wären zeitlich deutlich höher aufgelöste Messreihen zu nutzen (z. B. tägliche Messwerte der Grundwasserstände und der Beschaffenheit).

Tabelle 12: Ausgewählte Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen im Untersuchungsgebiet

Grundwasserstandsmessstellen		Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen		Bemerkungen
MKZG	Messstellenna-me	MKZG	Messstellenname	
44416552	Zscheplin	44410002	Laußig	
45400522	Hohenheida	45400020	Hohenossig, HyKtz 1/97	Die Beschaffenheitsmesssstelle befindet sich in einem anderen Grundwasserkörper als die Grundwasserstandsmessstelle.
46430531	Meltewitz	46437001	Meltewitz, Knatewitz B2/07	
46450255	Röderau, Bwhs.	46456443_1	Gohlis, Hy Fibg 5/94 oP	
46553074	Trebus	46546105	Trebus, Brunnen 2/88	
47410489	Oelzschau	4741W038_1	Belgershain, Park GWMS 038-1	Die Beschaffenheitsmesssstelle ist durch Bergbau beeinflusst
47420080	Grethen	47410B13	Pomßen – Grethen Straße, B 13/94	
47430856	Ablaß	47440004	Baderitz, HyBiz 1/20091	
47450159	Stauchitz	47440003	Jahna, HyJaPu 1/20091	
47491159	Laußnitz, W1	47490001	Königsbrück, GWM1/03, Altdeponie1	Die Beschaffenheitsmesssstelle befindet sich auf einer Altdeponie
47510387	Neschwitz	47520001	Radibor, Hy Ra 1/01	
48518081	Kleingaussig, Hy Saf 8/70	48510001_1	Semmichau, Hy Sem 1/01	
48553040	Ebersbach	47556004	Kodersdorf	
49410630	Benndorf	48400005	Raupenhain, Dep. GWMS31	Die Beschaffenheitsmesssstelle befindet sich auf einer Deponie
49461050	Deutschenbora	49466802	Deutschenbora 1, Br 1/64 WF Deutschenbora1	
49483516	Dresden, Stübelalle 2	49486571_1	Dresden, HY III/91, Eisenacher Str. 1	Grundwasserstandsmesssstelle Pohlandplatz (MKZG 49483524) ist ebenfalls vom Grundhochwasser betroffen
49531740	Schönbach	49536116	Ebersbach, Br.3/1959	
50453283	Freiberg, B 15/26	50450006	Kleinwaltersdorf, HyKlw 3/20051	
52403660	Ruppertsgruen	52400005	Leubnitz, oberer Ausbau, Neubohrung 2010	
52410759	Muelsen-St-Niclas	52416006	Mülsengrund, P2/91	Für diese Beschaffenheitsmesssstelle liegen noch keine Analysedaten vor.

¹: Für die Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle liegen insgesamt nur drei oder weniger Beprobungsergebnisse vor.

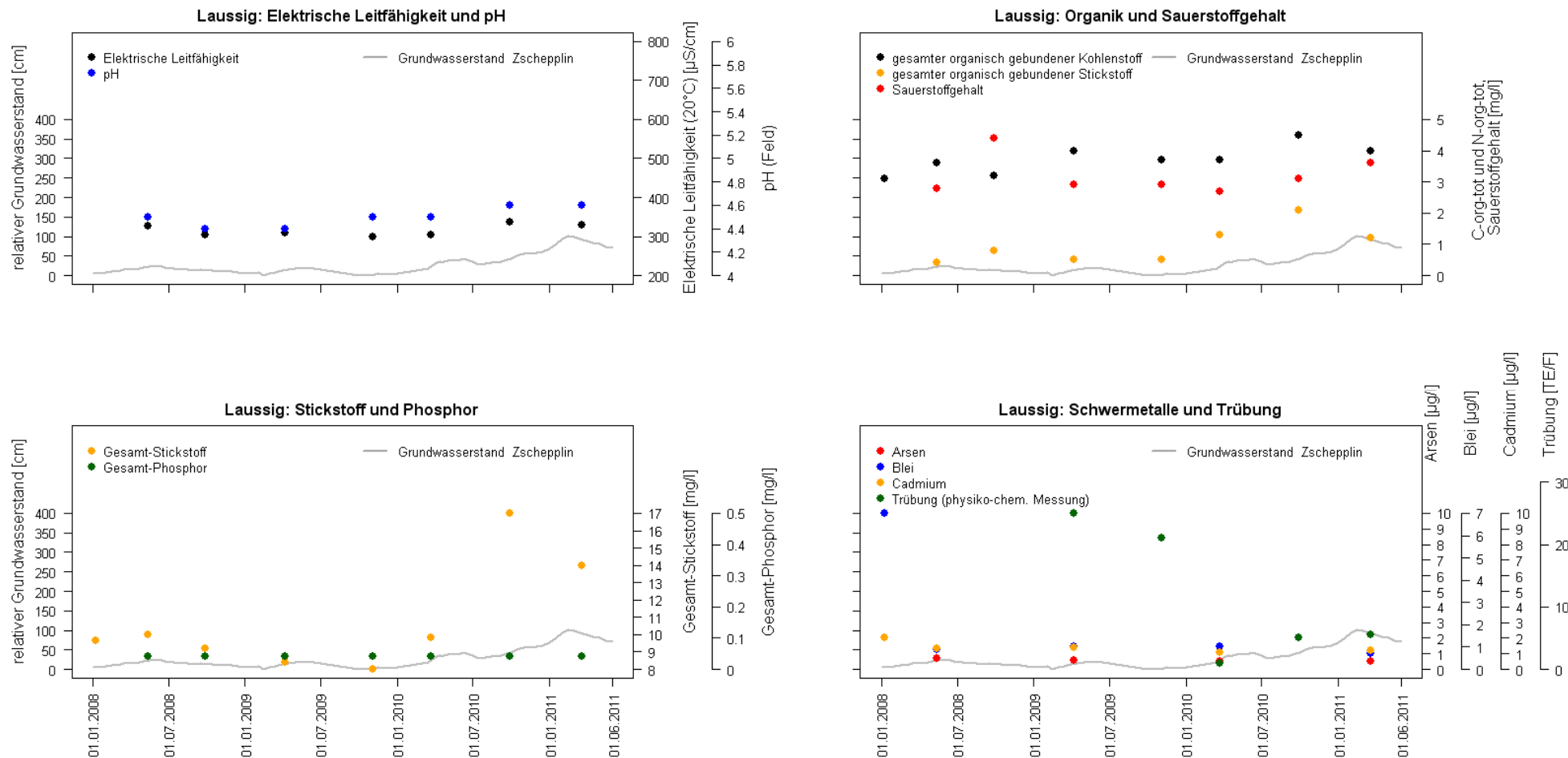


Abbildung 51: Beschaffenheit an der Messstelle Laussig mit Grundwasserstandsentwicklung an der Messstelle Zschepplin

6 Diskussion und Ausblick

Die Vb-Wetterlagen im Sommer in Verbindung mit starkem Schneefall im darauffolgenden Winter können maßgebliche Faktoren für die Ausbildung von bedeutenden Grundhochwassern sein (z. B. 2010/11 und 2002/03). Diese Kombination (Wetterlage Vb/Schneeschnmelze) von Hochwasserereignissen war bereits in der Vergangenheit des Öfteren von Bedeutung (z. B. DKKV 2008). Mit einer Untersuchung früherer Klima- und Pegelzeitreihen könnte analysiert werden, ob die Häufigkeit der Kombination Wetterlage Vb/Schneeschnmelze, die potenziell ein Grundhochwasser auslöst, zu- oder abnimmt. Speziell für eine Untersuchung dieser Art würde sich Dresden eignen. Für diesen Standort gibt es Aufzeichnungen des Elbe-Abflusses seit 1850, Hochwasserereignisse und extreme Witterungsereignisse wurden bereits deutlich früher aufgezeichnet (z. B. MUDELSEE et al. 2003). Der Einfluss konvektiver Niederschlagsereignisse hingegen beschränkt sich auf einzelne Teilregionen und wird im Zusammenhang mit der Ausbildung eines bedeutenden Grundhochwassers in Sachsen als weniger bedeutend eingeordnet.

Die Trendstatistik für die Messreihen der Grundwasserstände ergab mehrheitlich fallende Grundwasserstände für den Betrachtungszeitraum 1971-2011. Es ist möglich, die Trendanalyse unter Betrachtung von gegeneinander verschobenen 30 Jahres-Zeiträumen zu wiederholen. Dabei werden für die Messstellen (soweit möglich) 30-jährige Bezugszeiträume gebildet, die eine Dekade auseinanderliegen. Analog zu Abbildung 23 in Abschnitt 5.3 kann dann für jeden Bezugszeitraum eine Karte erstellt werden. Der so entstehende „Film“ stellt dann die langjährige Grundwasserstandsentwicklung dar.

Ein fundamentales Problem bei der Trendanalyse langer hydrologischer Zeitreihen ist, dass Langzeitkorrelationen einen Trend vortäuschen können. Ob es sich um eine Langzeitkorrelation (beispielsweise hervorgerufen durch Nordatlantische Oszillation oder Sonnenfleckenzyklus, vgl. SVENSMARK & FRIIS-CHRISTENSEN 1996; RYBSKI 2006) oder um einen echten Trend in den Zeitreihen der Grundwassermessstellen handelt, kann mittels DFA (Detrended Fluctuation Analysis) oder Wavelet Methode überprüft werden (KANTELHARDT et al. 2003; KALLACHE et al. 2004). Sollte in den Zeitreihen der Grundwassermessstellen eine solche Langzeitkorrelation eine übergeordnete Rolle spielen, kann sie durch Nutzung einer SSA (Singuläre System Analyse) ermittelt werden. Dabei werden die Zeitreihen in ihre Komponenten zerlegt. Die sich daraus ergebenden EOFs (Empirische Orthogonal Funktionen) kann man mit ihren Eigenwerten auf Signifikanz testen. Trägt man schließlich die empirischen orthogonal Funktionen mehrerer Grundwassermessstellen auf, kann eine sichtbare übergeordnete Struktur identifiziert werden, die in der Regel in regionalem oder globalem Zusammenhang (z. B. Sonnenfleckenzyklus, Nordatlantische Oszillation) stehen (LANGE & BERNHARDT 2004).

Die Ergebnisse der Bruchpunktanalyse waren insofern auffällig, dass gehäuft Bruchpunkte (Steigung) am Ende der Zeitreihe auftraten. Es wird empfohlen, die Analyse in einigen Jahren zu wiederholen, um festzustellen, ob dies ein absolutes Maximum der Wahrscheinlichkeit darstellt und wenn ja, in welche Richtung sich die Steigung entwickelt (stärkeres Ansteigen der Grundwasserstände oder Rückgang auf ein früheres Niveau). So kann ausgeschlossen werden, dass es sich hier um ein methodisches Artefakt handelt. Eine Vielzahl der Messreihen weist eine Änderung in der Grundwasserdynamik und einen Bruchpunkt in den 1990er-Jahren auf. **Bei der Trend- und Bruchpunktanalyse kann allerdings der Leistungsrückgang der Wasserversorgung nicht eindeutig als bestimmender Faktor identifiziert werden.** Die Bruchpunkte könnten in einer weitergehenden Untersuchung mittels Varianzanalyse hinsichtlich Wasserversorgungsanlagen und Absenkungsgebieten untersucht werden.

Im Zuge der Untersuchung wurden Grundwasserstandsentwicklungstypen gebildet. Die in dieser Untersuchung verwendete ANOVA (analysis of variance) erwies sich als geeignet, um hydrogeologische und geologische Bedingungen auf die Grundwasserstandsentwicklung räumlich abzugrenzen. Bei der Untersuchung des Einflusses der Naturräume ist künftig die Berücksichtigung der sie maßgeblich bestimmenden Landschaftskomponenten denkbar. Die Grundwasserstände anthropogen beeinflusster Gebiete (Absenkung, Trinkwasserschutzgebiete und Landnutzung) verhielten sich dabei nicht unterschiedlich zu nicht anthropogen beeinflusste Messstellen. Bislang liegen acht Messstellen in Absenkungs- und sieben in Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen vor. Durch eine Erweiterung des Datensatzes um Grundwassermessstellen mit anthropogener Beeinflussung kann künftig die Datengrundlage für Absenkungsgebiete und Trinkwasserschutzgebiete verbessert werden, sodass ausgeschlossen werden kann, dass die geringe Messstellenanzahl das Ergebnis verfälscht hat.

Bislang erfolgte die Gruppeneinteilung der Grundwasserstandsentwicklungstypen rein qualitativ. Die Einteilung der Grundwassermessstellen kann auch statistisch durch eine Cross-Korrelation vorgenommen werden. Dies ermöglicht eine exaktere und

objektivere Unterscheidung unterschiedlicher Typen, die dann entsprechend für die ANOVA verwendet werden können. Ziel ist eine genauere Analyse der Zusammenhänge zwischen einzelnen Messstellen und die Identifizierung weiterer relevanter Einflussgrößen und Effekte.

7 Zusammenfassung

Im Freistaat Sachsen wurden im Zusammenhang mit den Hochwasserereignissen im August 2010/2011 und dem Januartauwetter 2011 vielerorts stark erhöhte Grundwasserstände beobachtet, die unter anderem regional zu langanhaltenden Überflutungen von Ackerflächen führten. Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchung ist eine statistische Analyse des Zusammenhangs zwischen den Hochwassern im Grundwasser, Niederschlagsereignissen, Hochwassern in Oberflächengewässern und externen Größen wie Geologie, Landnutzung und bergbaulichen Eingriffen in das Grundwasserregime. Grundlage dafür sind langjährige Messreihen von 126 sächsischen Grundwassermessstationen und Quellschüttungen.

Die Messstellen konnten anhand der Grundwasserstandsentwicklung in Gruppen eingeteilt werden. Die wichtigsten sind dabei der Typ „Interaktion“ (starke Interaktion mit dem Oberflächengewässer) und der Typ „Kumulation“ (oberflächenhochwasser-unabhängiges starkes Ansteigen des Grundwassers mit jedem Niederschlagsereignis und folgendes langsames Absinken). Der Vergleich der Grundwasserstandsentwicklung von 2010/2011 mit früheren Hochwasserereignissen zeigte eine große Ähnlichkeit der Grundwasserstandentwicklung vor allem mit den Ereignissen August 2002/Frühjahr 2003. In beiden Fällen verursachten intensive Niederschläge im Sommer ein Hochwasser sowohl in den Oberflächengewässern als auch im Grundwasser. Im darauffolgenden Frühjahr gab es einen durch Tauwetter bedingten weiteren Anstieg im Grundwasser. Dieser Anstieg führte vor allem bei Typ „Kumulation“ zu einer Verstärkung des Oberflächen-Hochwassers. Dies betrifft beispielsweise die Grundwassermessstellen im hydrogeologischen Teilraum „Quartär des Elbtalgrabens“ (z. B. Messstelle Dresden, Stübellee 2).

Der Einfluss natürlicher und anthropogener Effekte, darunter hydrogeologische Teilräume, Geologie, Naturräume, Landnutzung und Wassernutzung auf die Grundhochwassersituation 2010/2011 wurde mit einer Varianzanalyse (ANOVA) überprüft und bewertet. Dabei konnten für die Verfestigung, Gesteinsart, Landnutzung und hydrogeologischen Teilräume signifikante Einflüsse auf die Grundwasserstandsentwicklung beobachtet werden. Mittels eines multiplen Vergleichstests (Tukey-HSD) wurde eine tiefergehende Analyse durchgeführt und die Ergebnisse regional differenziert sowie in Zusammenhang mit dem Grundwasserstandsentwicklungstyp bewertet. So treten im Lockergestein überwiegend Grundwassermessstellen des Typs „Kumulation“ auf, während im Festgestein der Grundwasserstandsentwicklungstyp „Interaktion“ dominiert. Diese konnten Hauptregionen zugewiesen werden. Hierzu muss jedoch deutlich betont werden, dass aufgrund der geologischen und morphologischen Vielfalt jeder Grundwasserstandentwicklungstyp in jeder Region grundsätzlich denkbar ist.

Die Trend- und Bruchpunktanalyse wurde auf Grundlage der Zeitreihen von 1971 bis April 2011 durchgeführt. Insgesamt 94 der 126 Messstellen weisen einen hoch signifikanten Trend auf, darunter 54 mit sinkenden Grundwasserständen. **Zusätzlich wurde eine Bruchpunktanalyse zur Identifizierung sich innerhalb der Zeitreihe signifikant verändernder Mittelwerte und Steigungen durchgeführt. Als Verfahren zur Ermittlung von Bruchpunkten, also deutlichen Änderungen des Trendverlaufs, z. B. von einem fallenden zu einem steigenden Trend, kam ein Verfahren zum Test auf Instationarität (Zeitpunkt und Typ) zum Einsatz.** Bruchpunkte bezüglich der Mittelwerte wurden vor allem Anfang und Mitte der 1980er-Jahre sowie Mitte der 1990er-Jahre ermittelt. Bruchpunkte bezüglich Steigung zeigen ebenfalls ein Maximum in den 1990er-Jahren. Die Bruchpunkte in diesem Zeitraum sind gleichmäßig über Sachsen verteilt. Daher sind sie wahrscheinlich auf überregionale Ursachen wie klimatische Veränderungen zurückzuführen. Die genauere Analyse der Bruchpunkte zeigt, dass zahlreiche Bruchpunkte vor allem im Nordwesten Sachsens vor dem Bruchpunkt einen fallenden, danach aber einen steigenden Trend aufweisen. Dies kann unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass der Grundwasserspiegel in den Absenkungsgebieten des Braunkohletagebaus seit den 1990er-Jahren vielerorts langsam wieder ansteigt. Im Jahr 2010 gibt es ein weiteres Maximum von Bruchpunkten bezüglich Steigung, dies steht in direktem Zusammenhang mit dem Grundhochwasser 2010/2011.

Anhand der vorliegenden Datengrundlage konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Grundwasserbeschaffenheit und der Grundwasserstandsentwicklung festgestellt werden. Schließlich wurden einige Methoden diskutiert, durch welche die Auswertungen ergänzt und optimiert werden können. Dazu gehören die Nutzung längerer bzw. höher aufgelöster Zeitreihen,

8 Literatur

- ABADIE, A. 2002: "Bootstrap Tests for Distributional Treatment Effects in Instrumental Variable Models." *Journal of the American Statistical Association*, 97:457 (March) 284-292.
- AFFOLTER, A., SCHEIDLER, S., HUGGENBERGER, P. (2009): Hochwasserdynamik und Auswirkungen auf die Fluss-Grundwasserinteraktion am Beispiel der Birs. Jahrestagung der SHG 2009, Winterthur, Schweiz.
- ALLEN, P. M., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. – FAO Irrigation and drainage paper, 56. Logan, USA.
- BERNHARDT, A. et al. (1986): Naturräume der sächsischen Bezirke. -In: Sächsische Heimatblätter. Sonderdruck aus den Heften 4/5. Hrsg.: Kulturbund der DDR, Dresden 1986. 84 S., mit Übersichtskarte 1 : 750.000
- BÜTTNER, U., WALTHER, P. (2007): Hochwasser in Sachsen in den letzten zehn Jahren. Wasserbauliche Mitteilungen Technische Universität Dresden, Heft 35, 3-26.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg., 1996): Wasserwesen. Begriffe, Normen. Berlin. 400 S.
- DKKV (Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge) (2004): Hochwasservorsorge in Deutschland. Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Schriftenreihe Nr. 29. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, Bonn.
- DVWK (1999): Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblätter 251 / 1999.
- EISSMANN, L. (2000): Die Erde hat Gedächtnis: 50 Millionen Jahre im Spiegel mitteldeutscher Tagebaue. – Sax-Verlag: 1–140; Beucha.
- FRÖHLICH, F. (2003): GEOFEM²⁰⁰³ Informationssystem zur Wasserhaushaltsberechnung im Festgesteinsbereich – Programmversion für Sachsen, Erfurt
- HAD (2003): Hydrologischer Atlas Deutschland. Hrsg: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Projektleitung: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Hydrologie der Universität Freiburg i.Br.
- HAFERKORN, U. (2000): Größen des Wasserhaushaltes verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung im klimatischen Grenzraum des Mitteldeutschen Trockengebietes – Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis. Dissertation. Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.
- HIPEL, K. W. & MCLEOD, A. I. (2005): Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Electronic reprint of our book originally published in 1994. <http://www.stats.uwo.ca/faculty/aim/1994Book/>, Kapitel 23.
- HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- JELONEK, L., WRZESZCZ, L., ZAWISLAK, J., WALTHER, P., WINKLER, U., WORTH, S., SREJBER, J., PETR, J. (2010): Gemeinsamer polnisch-deutsch-tschechischer Bericht zum Hochwasser vom 07. bis 10. August 2010 an der Lausitzer Neiße als Bestandteil der vorläufigen Risikobewertung gemäß Artikel 4 der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (2007/60/EG).
- JORDAN, H., WEDER, H.-J. (1995): Hydrogeologie: Grundlagen und Methoden, regionale Hydrogeologie: mecklenburg-vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 2., stark überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Enke, 603 S.
- KALLACHE, M., RUST, H., KROPP, J. (2004): Trend Assessment of Correlated Data. Herausgeber: Pohl-Wostl, C., Schmidt, S., Rizzoli, A., Jakeman, A.J., iEMSs (international Environmental Modelling and Software), Universität Osnabrück.
- KANTELHARDT, J. W., RYBSKI, D., ZSCHIEGNER, S. A., BRAUN, P., KOSCIELNY-BUNDE, E., LIVINA, V., HAVLIN, S., BUNDE, A. (2003): Multifractality of river runoff and precipitation: comparison of fluctuation analysis and wavelet methods. *Physica A* 330, 240-245.
- KAUB, H. (1994): Meteorologische Datenbank. Rheinland-Pfalz. Funktionen und Beschreibungen der EDV-Programme CONVERTF (Version 1.5) und AGMEDA_F (Version 2.3). Windesheim.
- KENDALL, M. G. (1970): Rank correlation methods. Griffin, London, 4th ed.
- KIELY, G., ALBERTSON, J. D., PARLANGE, M. B. (1998): Recent trends in diurnal variation of precipitation at Valentia on the west coast of Ireland. *Journal of Hydrology* 207, 270-279.

- KLIWA (2006): Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland – Abschätzung der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. Arbeitskreis KLIWA, KLIWA-Berichte 9.
- KNIEß, A., SCHERZER, J. (2003): Plausibilitätsprüfung und Lückenersatz meteorologischer Daten; in: Level II AG Wasserhaushalt [SCHERZER, J., SUCKOW, F., MÜLLER, J., WEGEHENKEL, M., LUKES, M., HAMMEL, K., KNIEß, A., MEESENBURG, M.]: Wasserhaushalt von Waldökosystemen: Methodenleitfaden zur Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten auf Level II-Flächen; Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Rochusstraße 1, 53123 Bonn; 92 S.
- KREIBICH, H., THIEKEN, A. H., GRUNENBERG, H., ULLRICH, K., SOMMER, T. (2009): Extent, perception and mitigation of damage due to high groundwater levels in the city of Dresden, Germany. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1247-1258.
- KÜCHLER, W., SOMMER, W. (2005): Klimawandel in Sachsen – Sachstand und Ausblick. Geschäftsbereich des Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft. 109 S.
- KWIATKOWSKI D., PHILLIPS P. C. B., SCHMIDT P. & SHIN Y. (1992): Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root. *Journal of Econometrics* 54, 159–178.
- LESER, H., HAAS, H.-D., MOSIMANN, T., PAESLER, R. (1993): DIERCKE-Wörterbuch der Allgemeinen Geographie. dtv Westermann.
- LANGE, H., BERNHARDT, K. (2004): Long-term components and regional synchronization of river runoffs. *Hydrology: Science and Practice for the 21st Century*, edited by Butler, A., British Hydrological Society, London, 165-170.
- LEMPIO, G., PODLASLY, C., EINFALT, T. (2010): NIKLAS – Automatical quality control of time series data. ERAD 2010 – The sixth european conference on radar in meteorology and hydrology.
- LfULG (2002): Grundwassersituation in Sachsen 1996-2000. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2003): Einfluss des August Hochwassers 2002 auf das Grundwasser. Materialien zur Wasserrwirtschaft. Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2005): Öffentliche Wasserversorgung: Jahresbericht 2005. Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2006a): Rahmenkonzeption zur Gewässerüberwachung in den sächsischen Teilen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder. Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2006b): Meteorologische und hydrologische Aspekte des Frühjahrshochwassers 2006 in den sächsischen Fließgewässern. Herausgeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2008): Sachsen im Klimawandel – Eine Analyse. Auszüge aus dem Klimaatlas: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/1988.htm>
- LfULG (2009): Analyse und Prognose der meteorologisch-hydrologischen Situation – Monatsbericht Dezember 2009. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2010a): Gewässerkundlicher Monatsbericht – Monatsberichte Januar 2010 bis Dezember 2010. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2010b): Hydrologisches Handbuch- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2011a): Gewässerkundlicher Monatsbericht – Monatsberichte Januar 2011 bis Mai 2011. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LfULG (2011b): Informationsportal des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/6241.htm#article6270> (Stand: 14.12.2011)
- LfULG (2011c): Newsletter des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Ausgabe vom 24.2.2011. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- LTV Sachsen, Talsperrenmeisterei Gottleuba/Weißeritz (2005): Hochwasserschutzkonzeption Los 3.1 Große Röder, HWSK-Nr. 47, Ergebnisbericht, Gefahrenkarten – Gemeinde Zabeltitz.
- MANN, H. B. (1945): Nonparametric test against trends. *Econometrica* 13: 245-259.
- MANNSFELD, K., RICHTER, H. (1995, Hrsg.): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 238. Zentrallausschuss für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier.
- MERKEL, B., STADLER, S. (2011): Regionale Hydrogeologie. TU BA Freiberg.
- MUDELSEE, M., BÖRNGEN, M., TETZLAFF, G., GRÜNEWALD, U. (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. *Nature*, Vol. 425, 166-169.
- MÜHR, B., MÜLLER G., KOTTMEIER, C., KUNZ, M., SCHMIDBERGER, M., EHMANN, C., QUINTING J. (2010): Starkregen/Hochwasser. www.wettergefahren-fruehwarnung.de Eine Zusammenarbeit des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung, KIT (Karlsruhe Institute of Technology) und Lacunosa Wetterberatung.
- PARDE, M. (1933): Fleuves et Rivières. - Armand Colin, Paris

- PENNEQUIN, D. (2009): Integrated approach to improve flood risk assessment – understanding the role of groundwater in the triggering of floods. Jahrestagung der SHG 2009, Winterthur, Schweiz.
- PÖHLER, H., CHMIELEWSKI, F.-M., JASPER, K., HENNIGES, Y., SCHERZER, J. (2007): KliWEP – Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe - Weiterentwicklung von WaSiM-ETH: Implikation dynamischer Vegetationszeiten und Durchführung von Testsimulationen für sächsische Klimaregionen; Abschlussbericht. Dresden.
- PÖHLER, H., MÜLLER, M., JASPER, K., SCHERZER, J. (2008): KliWEP – Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt im Parthe-Einzugsgebiet. Abschlussbericht. FuE-Vorhaben Nr. 13-0345.42/312, Sächsisches Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie, Dresden.
- PÖHLER, H., BEYER, M., KREMER, M., WENDEL, S., SEIBERT, M., JOHST, M., HOCHSCHILD, J., SCHERZER, J. (2010): Erstellung von Wasserhaushaltsmodellen für das Flussgebiet des Mittleren Mains ab Pegel Trundstadt/Main bis zur Landesgrenze Hessen-Bayern. Abschlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hof.
- PÖHLER, H., SCHULTZE, B., WENDEL, S., SCHERZER, J. (2011): Vorhaben KLIWA: Wasserhaushaltsmodellierung Sächsische Saale/Eger, Wondreb. Aufstellung von Wasserhaushaltsmodellen für die Flussgebiete Sächsische Saale und Eger/Wondreb. Abschlussbericht. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hof.
- ROTHE, P. (2006): Die Geologie Deutschlands, 48 Landschaften im Portrait. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt.
- RYBSKI, D. (2006): Untersuchung von Korrelationen, Trends und synchronem Verhalten in Klimazeitreihen. Dissertation zu Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften im Fachbereich Physik der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Sächsische Zeitung (17.01.2011): Tauwetter und Regen: Grundwasser steigt in Rekordhöhen. Artikel-ID: 11826696.
- Sächsische Zeitung (19.01.2011): Hier steht und fließt das Grundwasser mehr als üblich. Artikel-ID: 11831187.
- Sächsische Zeitung (19.01.2011): Am Deich drückt die Elbe, dahinter das Grundwasser. Artikel-ID: 11831188.
- Sächsische Zeitung (28.01.2011): Grundwasserspiegel steht in Görlitz so hoch wie noch nie. Artikel-ID: 11859720.
- Sächsische Zeitung (01.02.2011): Immer mehr Keller in Bad Muskau stehen unter Wasser. Artikel-ID: 11865960.
- Sächsische Zeitung (03.02.2011): Das Wasser steht auf den Feldern. Artikel-ID: 11870028.
- Sächsische Zeitung (18.02.2011): Lausitzern steht das Grundwasser bis in den Keller. Artikel-ID: 11900384.
- Sächsische Zeitung (01.03.2011): Wintersaat leidet unter Schwänen und Frost. Artikel-ID: 11920395
- Sächsische Zeitung (29.03.2011): Das Rödertal säuft ab. Artikel-ID: 11977585.
- Sächsische Zeitung (09.04.2011): Volle Gräben drücken die Nässe ins Haus. Artikel-ID: 12001093.
- Scherzer, J., Schultze, B. (2006): Generierung von regionalisierten Witterungsdaten für das Land Sachsen. Abschlussbericht. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Dresden.
- SINREICH, M., SCHÜRCH, M. (2009): Schadenspotential und Verletzlichkeit von Grundwasser bei Hochwasser. Jahrestagung der SHG 2009, Winterthur, Schweiz.
- SCHULLA, J., JASPER, K. (1998): Modelbeschreibung WaSiM-ETH. - Technischer Bericht, Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich.
- SCHULLA, J., JASPER, K. (2007): Model description WaSiM-ETH. http://www.wasim.ch/products/wasim_description.htm
- SCHULLA, J. (2009): Interpolation of meteorological input-Data (WaSiM-Dokumentation Interpolation.pdf)
- SOCHER, M., SANDER, F., HERBST, F. (2009) Die Braunkohlefolgelandschaft in Sachsen und ihre Integration in das natürliche Gewässersystem. Wasser und Abfall, 9, 10-17.
- SOMMER, T. (2005): Auswirkungen des Hochwassers 2002 auf das Grundwasser – Forschungsbericht. Landeshauptstadt Dresden. 74 S.
- SOMMER, T., KARPFF, C., ETTRICH, N., HAASE, D., WEICHSEL, T., PEETZ, J.-V., STECKEL, B., EULITZ, K., ULLRICH, K. (2009): Coupled Modelling of Subsurface Water Flux for an Integrated Flood Risk Management. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1277-1290.
- STANDKE, G., ESCHER, D., FISCHER, J., RASCHER, J. (2006): Das Tertiär Nordwestsachsens – Ein geologischer Überblick. Hrsg: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Sachsen.
- STOYAN D., STOYAN, H., JANSEN, D. (1997): Umweltstatistik. Statistische Verarbeitung und Analyse von Umweltdaten. B.G. Verlagsgesellschaft, Stuttgart – Leipzig.
- SVENSMARK, H., FRIIS-CHRISTENSEN, E. (1996): Variations of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol.59, No.11, pp.1225-1232.
- ULLRICH, K. (2009): Auswirkungen des Elbe-Hochwassers 2002 auf das Grundwasser und daraus abgeleitete Maßnahmen. Jahrestagung der SHG 2009, Winterthur, Schweiz.
- ZIMMERMANN, K., BEHRENDT, J., PENDA, E. (2008): Konzept zur Qualitätskontrolle historischer Klimadaten. DWD

9 Anhang

9.1 Datengrundlage

Tabelle 13: Datengrundlagen

Lfd. Nr.	Daten
1	Grundwassermessstellen: Zeitreihen und Stammdaten
2	Liste der Grundwassermessstellen
3	Lagedaten aller Niederschlagsstationen in Sachsen
4	Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200.000 (huek200)
5	Karte der naturräumlichen Gliederung Sachsens mit Ausweisung naturräumlicher Einheiten im Range von Makrogeochoren (BERNHARDT, A. et al. 1986)
6	Niederschlag: Zeitreihen (Niederschlagsstationen der LTV, ab 2006)
7	Niederschlag: Zeitreihen (Niederschlagsstationen der BfUL)
8	Oberflächenabfluss: Wasserstandszeitreihen für insgesamt 60 Pegel
9	Lageinformationen: durch den Braunkohlenbergbau beeinflusste Gebiete, Absenkungsgebiete.
10	Lageinformationen: Hydroisohypsen (oberer Lockergesteins-Grundwasserleiter)
11	Grundwassermessstellen: Schichtenverzeichnisse bzw. Ersatzschichtenverzeichnisse
12	Oberflächenabfluss: Abflusszeitreihen für insgesamt 60 Pegel bis einschließlich 31.12. 2010
13	Niederschlag: Zeitreihen (Niederschlagsstationen des DWD, ab 2005)
14	Oberflächenabfluss: Abflusszeitreihen für insgesamt 60 Pegel (1.1.2011 bis 31.7.2011)
155	Grundwasserbeschaffenheit: Stammdaten, Analyseergebnisse von 20 Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen, Einzelwerte GWMST 49483524

Tabelle 14: Datengrundlage: GIS-Daten und Karten des LfULG aus dem Themenportal Sachsen

Lfd. Nr.	Daten- bezeichnung	Inhalt	Internetadresse	Stand
1	shape	Einzugsgebiete	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8547.htm	27.07.2011
2	shape	Fließgewässer	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8561.htm	27.07.2011
3	shape	kommunale Kläranlagen	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/9329.htm	27.07.2011
4	shape	Pegelmessnetz	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8570.htm	27.07.2011
5	shape	Festgesetzte Überschwemmungsgebiete Sachsen	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8841.htm	27.07.2011
6	shape	Wasserschutzgebiete in Sachsen	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/6318.htm	27.07.2011
7	shape	Lage und Grenzen der Grundwasserkörper	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/9096.htm	10.10.2011
8	shape	Überschwemmte Flächen im Freistaat Sachsen Hochwasser August 2002	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8844.htm	10.10.2011
9	pdf	Mittlere jährliche Niederschläge in Sachsen	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/6886.htm	10.10.2011

9.2 Bezugspegel

Tabelle 15: Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet mit zugehörigem Grundwasserkörper und Bezugspegel (Oberflächengewässer), MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
SAL GW 016	Thronitz	1.1.1919	47390020	-		
SAL GW 052	Schkeuditz	6.1.2005	46390101	Leipzig-Thekla	Parthe	Auslasspegel der Parthe
	Hohenheida	22.6.1921	45400522			
	Leipzig, Holzhausen	8.5.1919	4640047			
SAL GW 060	Brandis	15.7.1919	46410074	Albrechtshain	Parthe	Die 4 GWMST liegen etwa 4 km (Brandis), 5 km (Gerichshain), 7 km (Liebertwolkwitz) vom Pegel Albrechtshain entfernt.
	Gerichshain	8.8.1919	46410041			
	Leipzig, Althen-Kleinpösna	1.1.1922	46410356			
	Liebertwolkwitz	1.11.1918	47400049			
	Lindhardt, Waldrand, B1966	4.8.1969	47410404	Naunhof	Parthe	relativ weit entfernt
	Grethen	1.11.1918	47420080			
	Kleinbardau	1.11.1933	48420501	Großsteinberg	Gladegraben	
SAL GW 059	Kieritsch	8.4.1919	48400028	Böhlen 1	Pleiße	Die GWMST Kieritsch liegt etwa 5,5 km vom Pegel entfernt. Auslasspegel der Pleiße
	Benndorf	1.11.1958	49410630			relativ weit entfernt
	Gatzen	1.11.1964	48390509			relativ weit entfernt
	Drosskau	1.11.1964	48391946			relativ weit entfernt
	Ramsdorf	1.11.1964	49400890			relativ weit entfernt
SAL GW 058	Streitwald	1.5.1924	49410738	Streitwald 1	Wyhra	Die GWMST Streitwald und Greifenhain liegen nahe des Pegels Streiwald1.
	Greifenhain	1.11.1950	49411930			
	Bad Lausick	1.11.1964	48410663			relativ weit entfernt
	Priessnitz	1.11.1964	48410497			relativ weit entfernt
	Hopfgarten	1.11.1964	48410061			relativ weit entfernt
	Otterwisch	1.11.1915	47410003			relativ weit entfernt
	Belgershain	1.11.1919	47410053			relativ weit entfernt
	Oelzschau	1.11.1920	47410489			relativ weit entfernt
SAL GW 054	Trünzig, Schule	1.11.1970	52393650	-		
SAL GW 053	Koenigswalde, B85	1.11.1970	52403663	Neukirchen 1	Pleiße	Dem Pegel können 2 GWMST zugeordnet werden. Die GWMST Koenigswalde, B85 liegt 5 km, die GWMST Ruppertsgrün 8 km vom Pegel entfernt.
	Ruppertsgrün	1.11.1970	52403660			
SAL GW 045	Losa, B 1966	1.11.1970	54393683			

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
SAL GW 044	Schneidenbach, W 1925	1.11.1970	54393688	Mylau	Göltzsch	
SAL GW 043	Altmannsgruen, B1900	1.11.1970	54393684	Hasenmühle	Trieb	Dem Pegel Oelsnitz kann man 2 GWMST zuordnen. Die GWMST Oberwürschnitz liegt rechts der Weißen Elster in 4,5 km Entfernung zum Pegel. Unterwürschnitz liegt in Flussnähe in 5 km Entfernung zum Pegel.
	Oberwürschnitz	1.11.1970	56393711	Oelsnitz	Weiße Elster	
	Unterwürschnitz (Quellschüttung)	1.11.1971	56392797			
	Adorf, B12/5/62	1.11.1970	56393708	Adorf	Weiße Elster	relativ weit entfernt
	Neudorf W 1856	1.11.1970	55403703			
VM 1-3	Paschwitz	1.11.1968	45426108	-	-	
	Battaune	1.1.1984	44429484			
VM 1-1	Sausedlitz	1.8.1921	44406436	-	-	
	Zschepplin	1.6.1934	44416552			
	Goebischelwitz	1.11.1953	45400717			
VM 1-2-1	Grubnitz	8.4.1930	46421125	-		
	Altenhain	8.10.1921	47420490			
	Sermuth	1.11.1919	48420179			
VM 1-4	Zschorna	1.10.1921	46420526	Thallwitz	Lossa	Die GWMST Zschorna: etwa 10,5 km vom Pegel Thallwitz entfernt.
	Ochsensaal	1.11.1921	45430523			relativ weit entfernt
	Meltewitz	1.10.1921	46430531			relativ weit entfernt
	Boerln, B1/69	1.5.1970	46436307			relativ weit entfernt
VM 1-2-2	Moertitz	15.11.1930	44416534	Bad Dübén	Vereinigte Mulde	Letzter Pegel an der Mulde im Freistaat.
	Eilenburg, B6/69	1.6.1971	45416459			
ZM 2-1	Colditz	22.8.1929	48421093	Colditz	Zwickauer Mulde	Die GWMST Kleinbernsdorf liegt etwa 9,5 km oberhalb des Pegels am Flusslauf, die GWMST Lunzenau 9,5 km unterhalb des Pegels am Flusslauf
	Kleinbernsdorf B 29/25	1.11.1966	51410818		Zwickauer Mulde	
	Lunzenau	1.11.1966	50420844	Wolkenburg		
	Arnsdorf	1.11.1966	50420635			
	Burgstaedt	1.11.1966	50420511			
	Thierbaum	1.6.1951	48421983			
	Weissbach	1.11.1966	49420959			
	Arras	1.11.1966	49430964			
ZM 3-3	-					
ZM 3-2	Pfaffenhain (Quellschüttung)	7.11.1965	52422522	Jahnsdorf 1	Würschnitz	
ZM 3-1	-				-	

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
ZM 2-2	Bernsdorf Schlunzig	1.11.1966 1.11.1970	52411193 52411556	St. Egidien Niedermülsen	Lungwitzbach Mülsenbach	Die GWMST Bernsdorf ist etwa 5 km vom Pegel St. Egidien entfernt.
ZM 1-1	Schneppendorf Muelsen-St-Nidas	1.11.1970 1.11.1970	52411234 52411234	Zwickau-Pölbitz	Zwickauer Mulde	Die GWMST Muelsen-St-Nidas liegt bereits im Einzugsgebiet des Mühlsehbaches.
ZM 1-2	-					
ZM 1-4	-					
ZM 1-3	-					
EG 1	-					
FM 2-1	Gleisberg Doebeln	1.11.1934 1.11.1931	49451225 48440993	Nossen 1	Freiberger Mulde	relativ weit entfernt
FM 4-1	Chemnitz-Ebersdorf Knobelsdorf Altmittweida	1.12.1966 1.9.1940 7.7.1946	51431694 49441688 50431936	Lichtenwalde 1	Zschopau	relativ weit entfernt relativ weit entfernt
FM 2-2	Cunnersdorf (Quellschüttung)	1.11.1965	50442779	Böhringen Oberschöna	Große Striegis Große Striegis	Die Messstelle kann beiden Pegeln zugeordnet werden. Pegelstation Böhringen ist 8,5 km, Pegelstation Oberschöna 9,5 km von der GWMST entfernt.
FM 1	Freiberg	1.11.1966	50453283	Berthelsdorf	Freiberger Mulde	Die GWMST ist etwa 8,5 km vom Pegel entfernt.
FM 4-2	-					
FM 3-1	-					
FM 4-3	-					
FM 3-2	-					
EL 3-1	Dahlenberg, B72/1970	1.8.1972	43420072			
EL 2-1	Wildenhain, B 2/62	1.11.1966	44425470	Torgau	Elbe	Der Pegel Torgau ist der letzte Elbpegel auf sächsischem Gebiet.
EL 2-2	Röderau, Bwhs	4.8.1920	46450255	Riesa	Elbe	
EL 2-5+6	Bornitz Schweta	22.9.1919 1.10.1921	46450134 47440551	Merzdorf Nebitzschen	Döllnitz Wermsdorf	Dem Pegel Nebitzschen können 3 GMST zugeordnet werden (Schweta, Naundorf,

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
	Naundorf Lampersdorf Olganitz Sörnewitz Ablaß Wermsdorf	1.1.1927 8.3.1922 1.7.1923 22.9.1921 22.8.1924 1.1.1974	47440649 47440625 45440655 46440536 47430865 47431238		Ablaß	Lampersdorf) relativ weit entfernt relativ weit entfernt relativ weit entfernt relativ weit entfernt
EL 2-4	Stauchitz Nickritz Zschaitz Dörschnitz, Hy Lmc 118/92 Leutewitz	11.8.1919 3.8.1919 1.12.1918 22.2.1994 1.11.1921	47450159 47450143 48440168 47456213 47460555	Seerhausen Ostrau1 Paltschen 3	Jahna/Jahna-Umflut Jahna Keppritzbach	Seerhausen 1 und 3 liegen sehr nah beieinander. Stauchitz ist etwa 4, Nickritz etwa 3 km entfernt. Die GWMST Nickritz liegt direkt am Keppritzbach. relativ weit entfernt
EL 2-3	Medessen	30.6.1920	47460266	-		
EL 1-3	Kreyern	28.1.1931	48471173	-		
EL 1-1+2	Dresden, Stübelallee	26.12.1955	49483516	Dresden	Elbe	
EL 1-10	Deutschenbora	25.5.1928	49461050	Rothschönberg	Triebisch	
EL 1-4	Rammenau	1.11.1970	48500906	Bischofswerda	Wesenitz	Die GWMST ist etwa 4,5 km vom Pegel entfernt.
EL 1-9	Ulberndorf	1.11.1970	51481217	Dippoldiswalde1	Rote Weißeritz	
EL 1-8	Schlottwitz	1.11.1970	51481216	-		
EL 1-7	-					
EL 1-6-1	Langenhennersdorf (Quellschüttung) Polenztal, Hy Sca 1/82,5.GWB	1.11.1971 1.12.1992	51502316 50506014	 Porschdorf	 Lachsbach	Die Messstelle Langenhennersdorf befindet sich im Flusseinzugsgebiet der Gottleuba.
EL 1-5	Neukirch	2.8.1920	49510347	Neustadt 1	Polenz	GWMST befindet sich im Flusseinzugsgebiet der Wesenitz.
EL 1-5	-					
EL 1-6-2	-					
SE 3-1	Bauda SPANSBERG, Schule	1.11.1921 15.6.1920	46460565 45460301	Zabeltitz 1 Zabeltitz 3	Große Röder Kleine Röder	Im Bereich Zabeltitz grenzen drei Grundwasserkörper aneinander an.

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
SE 3-2	Walda Oelsnitz	1.11.1923 14.10.1921	46460564 46470571	Zabeltitz 1 Zabeltitz 3	Große Röder Kleine Röder	
SE 2-1	Frauenhain Böhla	1.11.1922. 6.6.1930	46460567 46481139	-		
	Laußnitz, W1	28.7.1930	47491159	Königsbrück	Pulsnitz	Entfernung zu Königbrück ca. 4 km.
SE 3-5	-					
SE 3-4	-					
SE 3-3	-					
SE 2-2	-					
SE 1-3-1	-					
SE 1-3-2	-					
SE 1-1	-					
SE 1-2	Neschwitz Luga Hy Koa 8/71 Leutwitz Cunnewitz Burkau Kleingaussig, Hy Saf 8/70	1.11.1970 1.11.1973 1.11.1970 1.11.1966 1.11.1970 1.11.1971	47510387 47528106 48511111 46510609 48510966 48518081	Zescha Pietzschwitz Schönau	Hoyerswerdaer Schwarzwasser Langes Wasser Klosterwasser	Die GWMST Luga Hykoa 8/71 ist ca. 6 km entfernt. relativ weit entfernt relativ weit entfernt
SP 3-1	-					
SP 3-2	-					
SP 2-1	Trebus Spree Mückenhain Biehain Geheege	1.11.1970 1.11.1970 1.11.1970 1.11.1970 2.11.1953	46553074 46553055 47553032 46553001 46553074	Hähnichen Särichen	Neugraben Weißer Schöps	Dem Pegel Hähnichen können 2 GWMS zugeordnet werden (Trebus, Spree). relativ weit entfernt relativ weit entfernt
SP 1-1	Crosta Ebersbach	1.11.1970 3.1.1927	49520931 49530979	Schirgiswalde	Spree	relativ weit entfernt

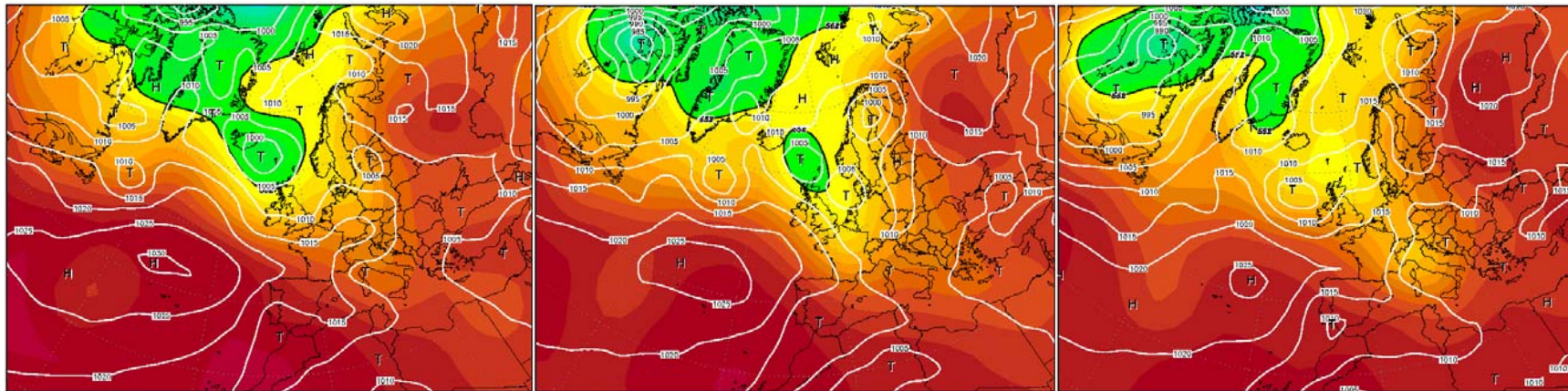
Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	Länge der Messreihe	MKZG	Bezugspegel	Fließgewässer	Bemerkung
SP 1-2	Neudorf	1.11.1954	46530582	Lieske	Spree	Die GWMST kann den Pegeln Drehsa und Wuischke zugeordnet werden. Dem Pegel können 2 GWMST zugeordnet werden. Bischdorf liegt ca. 7 km, Schön- bach ca 5,5 km vom Pegel entfernt.
	Weißenberg	24.6.1963	48530315	Gröditz 1	Löbauer Wasser	
	Hochkirch	1.11.1970	48530992	Drehsa	Drehsaer Wasser	
	Schönbach	1.11.1970	49531740	Großschweid- nitz	Löbauer Wasser	
	Bischdorf	1.11.1970	49541224	Wuischke	Wuischker Wasser	Die GWMST Eiserode ist etwa 5 km vom Pegel Wuischke entfernt. relativ weit entfernt
	Eiserode	1.11.1970	48531208			
	Glossen	1.11.1970	48540858			
SP 2-2	Königshain	1.11.1970	48553037	Königshain	Königshainer	Die GWMST Königshain und Ebersbach: Pegel Königshain. GWMST Ebersbach und Markersdorf: Pegel Holtendorf
	Ebersbach	1.11.1970	48553040		Wasser	
	Markersdorf	1.11.1970	48553013	Holtendorf	Weißer Schöps	
NE-MFB	-					
NE-4	-					
NE 1-1	-					
NE 1-2	-					
NE 2	Strahwalde	1.11.1970	49540967	Rennersdorf 1 Rennersdorf 3	Petersbach Pließnitz	Die Pegel sind etwa 5 km von der GWMST entfernt.
	Dittelsdorf	1.11.1965	50550642	Rosenthal	Lausitzer Neiße	

9.3 Meteorologie

4. August

5. August

6. August



7. August

8. August

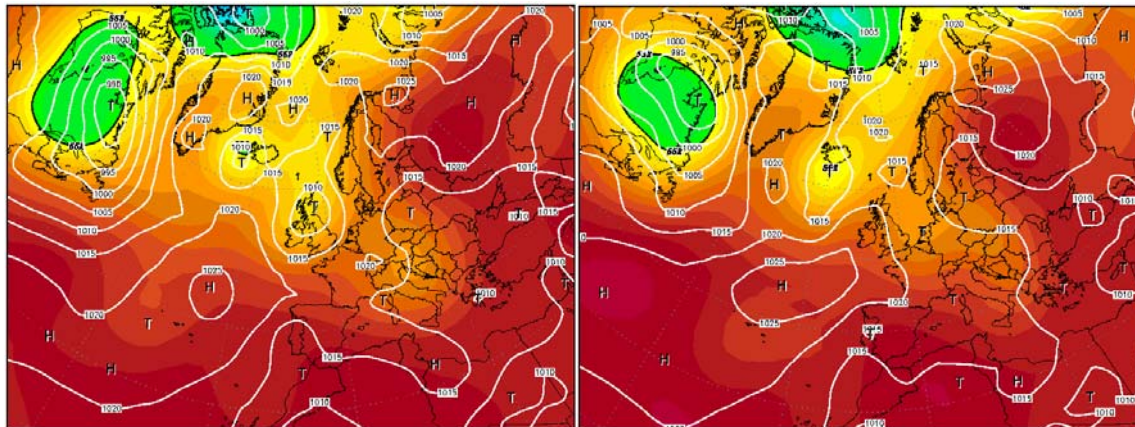
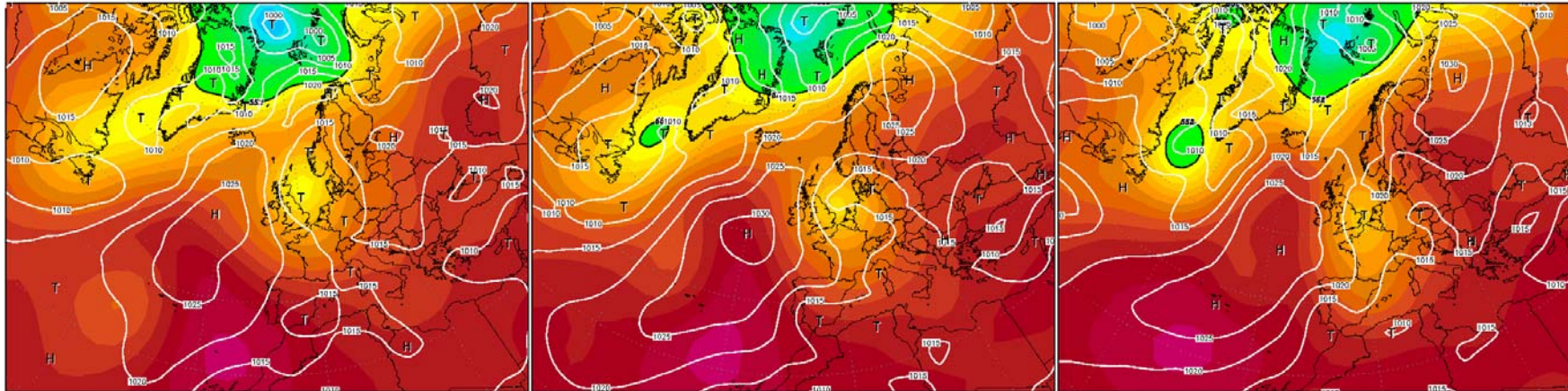


Abbildung 52: Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa vom 4. bis 8. August 2010 (www.wetterzentrale.de)

12. August

13. August

14. August



15. August

16. August

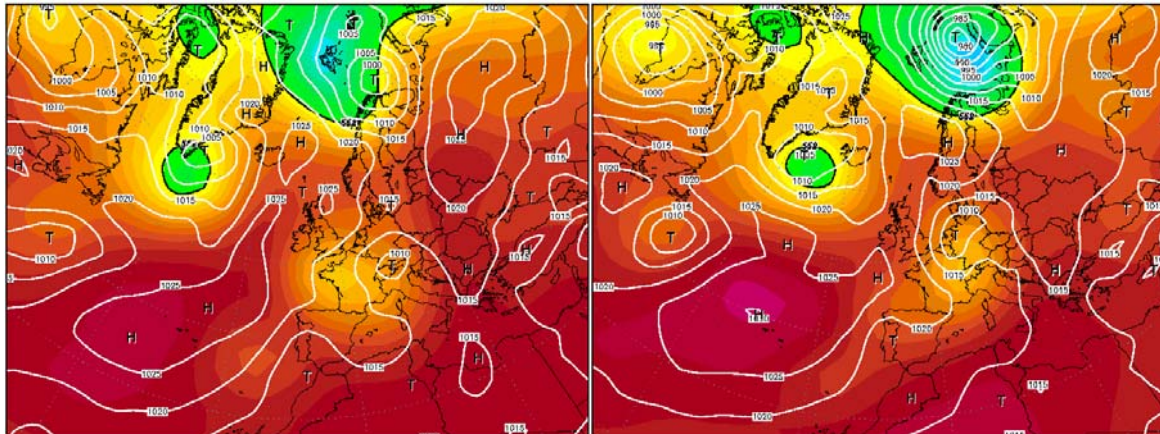
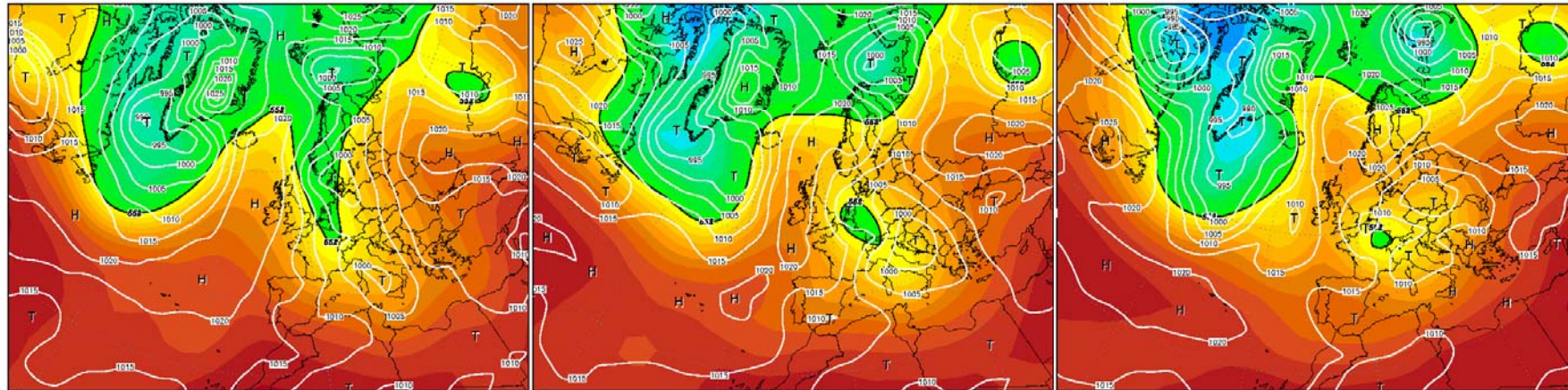


Abbildung 53: Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa vom 12. bis 16. August 2010 (www.wetterzentrale.de)

25. September

26. September

27. September



28. September

29. September

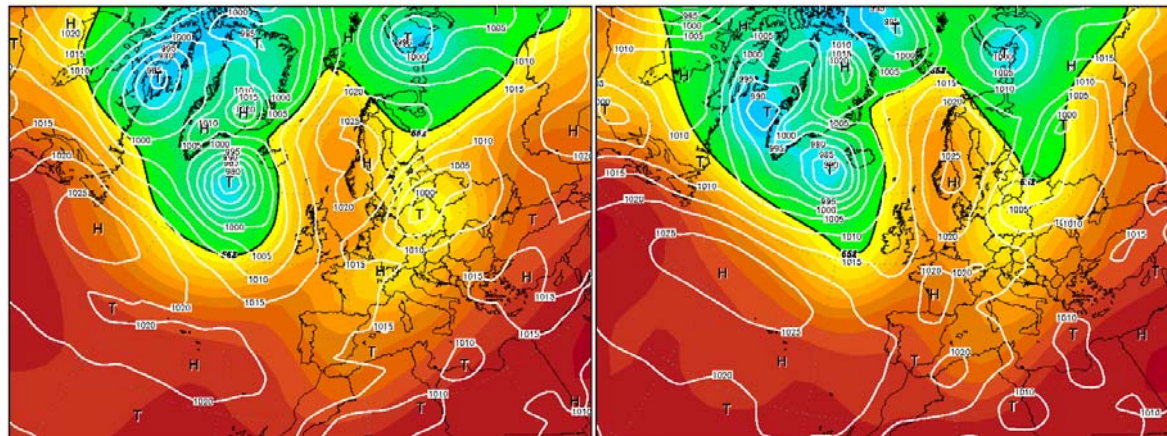


Abbildung 54: Reanalysen von NCEP der Wetterlage (500 hPa Geopotential [gpm] und Bodendruck [hPa]) für Europa vom 25. bis 29. September 2010 (www.wetterzentrale.de)

Tabelle 16: Abflusskenngrößen (MQ, MNQ, MHQ, Abflusskoeffizient ψ) im langjährigen Mittel (1971-2000) und für den Zeitraum Aug-Okt 2010 (drei Hochwasserereignisse, vgl. Abschnitt 5.1.2.3)

Flussgebiet	Fluss	Pegel	1971-2000				Aug-Okt 2010		Bemerkungen
			MQ	MNQ	MHQ	ψ	Q (Mittel)	ψ	
Weiße Elster	Parthe	Leipzig-Thekla	0,931	0,309	5,82	0,15	2,429	0,2	
	Parthe	Albrechtshain	0,345	0,061	2,872	0,13	0,906	0,17	
	Parthe	Naunhof	0,199	0,005	1,934	0,12			
	Gladegraben	Großsteinberg	0,051	0	0,59	0,2	0,144	0,29	
	Weiße Elster	Kleindalzig ¹	16,323	5,271	82,974	0,3	36,373	0,37	
	Pleiße	Böhlen ¹	7,071	3,397	34,843	0,33	12,584	0,3	
	Wyhra	Streitwald ¹	0,792	0,278	6,237	0,26	1,936	0,32	
	Pleiße	Neukirchen	1,01	0,3	12,928	0,27	2,768	0,4	
	Weiße Elster	Oelsnitz ¹	3,097	0,552	21,143	0,47	5,963	0,56	
	Göltzsch	Mylau ¹	1,827	0,267	14,914	0,36	4,202	0,49	
	Trieb	Hasenmühle	0,934	0,162	8,856	0,33	2,535	0,54	Der Abflussbeiwert für Aug-Okt 2010 ist relativ hoch verglichen mit der Referenz. Die Ursache dafür sind die starken Niederschläge bei relativ hoher Bodenvorfeuchte, die hier wahrscheinlich zu starkem hypodermischen Abfluss und Oberflächenabfluss führten.
	Weiße Elster	Adorf ¹	1,7	0,413	10,216	0,76	2,429	0,69	
Lausitzer Neiße	Lausitzer Neiße	Rosenthal ¹	10,825	3,202	94,523		20,973		
	Petersbach	Rennersdorf_1	0,493	0,135	10,835	0,3	1,102	0,36	
	Pließnitz	Rennersdorf_3	0,52	0,206	8,004	0,27	1,089	0,29	
	Lausitzer Neiße	Görlitz ¹	15,664	4,358	126,177	1,08			
Spree	Spree	Spreewitz ¹							

Flussgebiet	Fluss	Pegel	1971-2000				Aug-Okt 2010		Bemerkungen
			MQ	MNQ	MHQ	ψ	Q (Mittel)	ψ	
	Spree	Lieske	4,73	1,383	36,264	0,27	15,998	0,46	
	Spree	Schirgiswalde ¹	2,171	0,866	21,44	0,62			
	Schwarzer Schöps	Boxberg	5,311	2,156	22,187	0,49	17,021	0,74	Der Abflussbeiwert für Aug-Okt 2010 ist relativ hoch verglichen mit der Referenz. Die Ursache für den hohen Anteil an Niederschlag, der zum Abfluss beiträgt, könnten starke Niederschläge oder Oberflächenbeschaffenheit (Versiegelung) sein. Wahrscheinlich ist der hohe Abflussbeiwert vor allem auf den Zustrom vom Oberlieger Hähnichen zurückzuführen.
	Neugraben	Hähnichen	0,837	0,095	11,297	0,77	2,736	1,12	Der Abflussbeiwert von 0,77 ist auf die enge Bebauung zurückzuführen. Der Abflussbeiwert für den Zeitraum Aug-Okt 2010 ist unplausibel ($\psi > 1$), die Ursache ist wahrscheinlich ein externer Zustrom von Wasser in das Pegeleinzugsgebiet. Im Jahrbuch liegen keine Vergleichsdaten vor.
	Weißer Schöps	Särichen	0,795	0,115	10,299	0,26	2,705	0,43	
	Löbauer Wasser	Gröditz	1,446	0,45	14,475	0,29			
	Drehsaer Wasser	Drehsa	0,048	0,01	0,274	0,24	0,121	0,32	
	Löbauer Wasser	Großschweidnitz	0,328	0,089	4,283	0,29	0,999	0,47	
	Wuischker Wasser	Wuischke	0,035	0,011	0,297	0,51	0,064	0,51	Abflussbeiwert insgesamt sehr hoch (lockere Bebauung), aber nicht unplausibel.
	Königshainer Wasser	Königshain	0,066	0,021	1,348	0,39	0,272	0,81	Der sehr hohe Abflussbeiwert bei Ereignis deutet auf großen Anteil von Oberflächenabfluss hin, der wahrscheinlich durch die hohe Bodenvorfeuchte verursacht ist.
	Weißer Schöps	Holtendorf	0,298	0,06	4,417	0,24	0,908	0,37	
Schwarze Elster	Klosterwasser	Schönau	0,497	0,162	3,777	0,22			
	Hoyerswerdaer Schwarzwasser	Zescha	0,986	0,309	8,428	0,25	2,699	0,33	
	Langes Wasser	Pietzschwitz	0,312	0,156	1,824	0,31			
	Große Röder	Zabeltitz_1	0,857	0,368	1,305	0,05	0,98	0,03	Abflussbeiwerte sehr niedrig – also kaum Versickerung!

Flussgebiet	Fluss	Pegel	1971-2000				Aug-Okt 2010		Bemerkungen
			MQ	MNQ	MHQ	ψ	Q (Mittel)	ψ	
	Kleine Röder	Zabeltitz_3	0,516	0,158	1,213	0,4	0,611	0,21	
	Pulsnitz	Königsbrück	0,818	0,223	6,539	0,4	2,021	0,48	
Elbe	Elbe	Torgau ¹	331,447	127,077	1264,067		512,925		
	Elbe	Riesa ¹					521,834		
	Elbe	Dresden ¹	325,546	121,987	1330,067		495,323		
Zuflüsse zur Oberen Elbe	Döllnitz	Merzdorf	0,885	0,323	6,542	0,21	1,355	0,16	
	Döllnitz	Nebitzschen					0,402	0,17	Abfluss Aug-Okt 2010 plausibel
	Jahna	Seerhausen	0,267	0,111	1,78	0,08	0,288	0,04	sehr kleine Abflussbeiwerte, keine Vergleichsdaten im Jahrbuch
	Jahna	Ostrau	0,232	0,148	1,528	0,18	0,303	0,11	
	Keppritzbach	Paltschen							
	Triebisch	Rothschönberg ¹	0,503	0,355	0,975	0,2			
	Rote Weißeritz	Dippoldiswalde	1,066	0,129	11,298	0,5	2,744	0,74	Abflussbeiwert relativ hoch, Ursache wahrscheinlich Relief und Bebauung des Talgrundes
	Wesenitz	Bischofswerda	0,805	0,367	7,376	0,45	1,663	0,47	
	Lachsbach	Porschdorf ¹							
	Kirnitzsch	Kirnitzschtal ¹	1,436	0,707	9,579	0,64	3,603	0,81	
	Biela	Bielatal	0,356	0,216	2,569	0,4			
Mulde	Vereinigte Mulde	Bad Dübener ¹	62,143	16,197	412,367	0,43	112,046	0,44	
	Lossa	Thallwitz	0,316	0,018	2,951	0,12	0,626	0,11	
	Freiberger Mulde	Nossen	6,808	1,485	47,043	0,45	14,251	0,53	Abflussbeiwert relativ hoch, Ursache wahrscheinlich Relief
	Große Striegis	Böhringen					5,184	0,45	Abfluss Aug-Okt 2010 plausibel

Flussgebiet	Fluss	Pegel	1971-2000				Aug-Okt 2010		Bemerkungen
			MQ	MNQ	MHQ	ψ	Q (Mittel)	ψ	
	Freiberger Mulde	Berthelsdorf	3,442	0,72	22,798	0,52	5,927	0,53	Abflussbeiwert relativ hoch, Ursache wahrscheinlich Relief und Bebauung
	Große Striegis	Oberschöna					1,795	0,71	Abfluss Aug-Okt 2010 plausibel
	Zschopau	Lichtenwalde ¹	21,552	4,906	168,467	0,61			
	Zwickauer Mulde	Colditz					60,073	0,6	Abfluss Aug-Okt 2010 plausibel
	Würschnitz	Jahnsdorf	1,116	0,248	9,198	0,41			
	Zwickauer Mulde	Volkenburg ¹	18,774	8,84	123,44	0,54	38,663	0,63	
	Lungwitzbach	StEgidien							
	Mülsenbach	Niedermülsen	0,453	0,125	2,992	0,37	1,092	0,5	
	Zwickauer Mulde	Zwickau-Pölbitz	14,207	3,463	97,74	0,51	32,216	0,72	Abflussbeiwert relativ hoch, Ursache wahrscheinlich Relief und Bebauung.

¹: Über 10 % des Einzugsgebiets befinden sich jenseits des Freistaats Sachsen (vgl. Angaben im Hydrologischen Jahrbuch, LfULG 2010b).

9.4 Grundwasserstandsentwicklung

Tabelle 17: Grundwasserstandsentwicklungstypen der untersuchten Grundwassermessstellen

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	MKZG	Typ
SAL GW 016	Thronitz	47390020	1
SAL GW 052	Schkeuditz	46390101	4
	Hohenheida	45400522	2
	Leipzig, Holzhausen	46400047	4
SAL GW 060	Brandis	46410074	1
	Gerichshain	46410041	2
	Leipzig, Althen-Kleinpösna	46410356	2
	Liebertwolkwitz	47400049	1
	Lindhardt, Waldrand, B1966	47410404	4
	Grethen	47420080	2
	Kleinbardau	48420501	1
SAL GW 059	Kieritsch	48400028	1
	Benndorf	49410630	2
	Gatzen	48390509	1
	Drosskau	48391946	1
	Ramsdorf	49400890	2
SAL GW 058	Streitwald	49410738	1
	Greifenhain	49411930	3
	Bad Lausick	48410663	2
	Priessnitz	48410497	1
	Hopfgarten	48410061	1
	Otterwisch	47410003	1
	Belgershain	47410053	4
	Oelzschau	47410489	2
SAL GW 054	Trünzig, Schule	52393650	1
SAL GW 053	Koenigswalde, B85	52403663	1
	Ruppertsgrün	52403660	2
SAL GW 045	Losa, B 1966	54393683	2
SAL GW 044	Schneidenbach, W 1925	54393688	1
SAL GW 043	Altmannsgruen, B1900	54393684	1
	Oberwürschnitz	56393711	1
	Unterwürschnitz (Quellschüttung)	56392797	-
	Adorf, B12/5/62	56393708	1
	Neudorf W 1856	55403703	1
VM 1-3	Paschwitz	45426108	2
	Battaune	44429484	2
VM 1-1	Sausedlitz	44406436	2
	Zschepplin	44416552	2
	Goebischelwitz	45400717	2
VM 1-2-1	Grubnitz	46421125	1
	Altenhain	47420490	4
	Sermuth	48420179	1
VM 1-4	Zschorna	46420526	2

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	MKZG	Typ
	Ochsensaal	45430523	3
	Meltewitz	46430531	2
	BoerIn, B1/69	46436307	2
VM 1-2-2	Moertitz	44416534	1
	Eilenburg, B6/69	45416459	3
ZM 2-1	Colditz	48421093	2
	Kleinbernsdorf B 29/25	51410818	1
	Lunzenau	50420844	1
	Arnsdorf	50420635	5
	Burgstaedt	50420511	1
	Thierbaum	48421983	1
	Weissbach	49420959	4
	Arras	49430964	2
ZM 3-2	Pfaffenhain (Quellschüttung)	52422522	-
ZM 2-2	Bernsdorf	52411193	1
	Schlunzig	52411556	1
ZM 1-1	Schneppendorf	52411234	1
	Muelzen-St-Nidas	52410759	4
FM 2-1	Gleisberg	49451225	1
	Doebeln	48440993	5
FM 4-1	Chemnitz-Ebersdorf	51431694	1
	Knobelsdorf	49441688	4
	Altmittweida	50431936	1
FM 2-2	Cunnersdorf (Quellschüttung)	50442779	-
FM 1	Freiberg	50453283	4
EL 3-1	Dahlenberg, B72/1970	43420072	3
EL 2-1	Wildenhain, B 2/62	44425470	2
EL 2-2	Röderau, Bwhs	46450255	2
EL 2-5+6	Bornitz	46450134	2
	Schweta	47440551	3
	Naundorf	47440649	4
	Lampersdorf	47440625	4
	Olganitz	45440655	4
	Sörnewitz	46440536	4
	Ablaß	47430865	2
	Wermsdorf	47431238	1
EL 2-4	Stauchitz	47450159	2
	Nickritz	47450143	2
	Zschaitz	48440168	3
	Dörschnitz, Hy Lmc 118/92	47456213	5
	Leutewitz	47460555	2
EL 2-3	Medessen	47460266	1
EL 1-3	Kreyern	48471173	1
EL 1-1+2	Dresden, Stübelallee	49483516	2

Grundwasserkörper	Grundwassermessstelle	MKZG	Typ
EL 1-10	Deutschenbora	49461050	2
EL 1-4	Rammenau	48500906	1
EL 1-9	Ulberndorf	51481217	1
EL 1-8	Schlottwitz	51481216	1
EL 1-6-1	Langenhennersdorf (Quellschüt- tung) Polenztal, Hy Sca 1/82,5.GWB	51502316	-
		50506014	2
EL 1-5	Neukirch	49510347	1
SE 3-1	Bauda SPANSBERG, Schule	46460565	2
		45460301	1
SE 3-2	Walda Oelsnitz	46460564	2
		46470571	2
SE 2-1	Frauenhain	46460567	1
	Böhla	46481139	3
	Laußnitz, W1	47491159	2
SE 1-2	Neschwitz	47510387	2
	Luga Hy Koa 8/71	47528106	2
	Leutwitz	48511111	2
	Cunnewitz	46510609	1
	Burkau	48510966	1
	Kleingaussig, Hy Saf 8/70	48518081	2
SP 2-1	Trebus	46553074	2
	Spree	46553055	1
	Mückenhain	47553032	1
	Biehain	46553001	2
	Geheege	46553062	2
SP 1-1	Crosta	49520931	1
	Ebersbach	49530979	5
SP 1-2	Neudorf	46530582	4
	Weißenberg	48530315	1
	Hochkirch	48530992	1
	Schönbach	49531740	2
	Bischdorf	49541224	1
	Eiserode	48531208	1
	Glossen	48540858	4
SP 2-2	Königshain	48553037	4
	Ebersbach	48553040	2
	Markersdorf	48553013	4
NE 2	Strahwalde	49540967	1
	Dittelsdorf	50550642	2

Flussgebiet Weiße Elster

Im Grundwasserkörper SAL GW 016 wird nur die Messstelle Thronitz ausgewertet. Sie konnte keinem Bezugspegel zugeordnet werden (Abbildung 55). In den Grundwasserständen ist eine Dynamik feststellbar, die auf eine Interaktion (Typ 1) mit dem Vorfluter schließen lässt. So sinken die Grundwasserstände nach den Ereignissen im August und September 2010 schnell wieder ab. Die Grundwasserneubildung schwankt stark. Der offenbar ereignisbezogen starken Grundwasserneubildung folgt jeweils zeitversetzt ein Anstieg des Grundwasserstands.

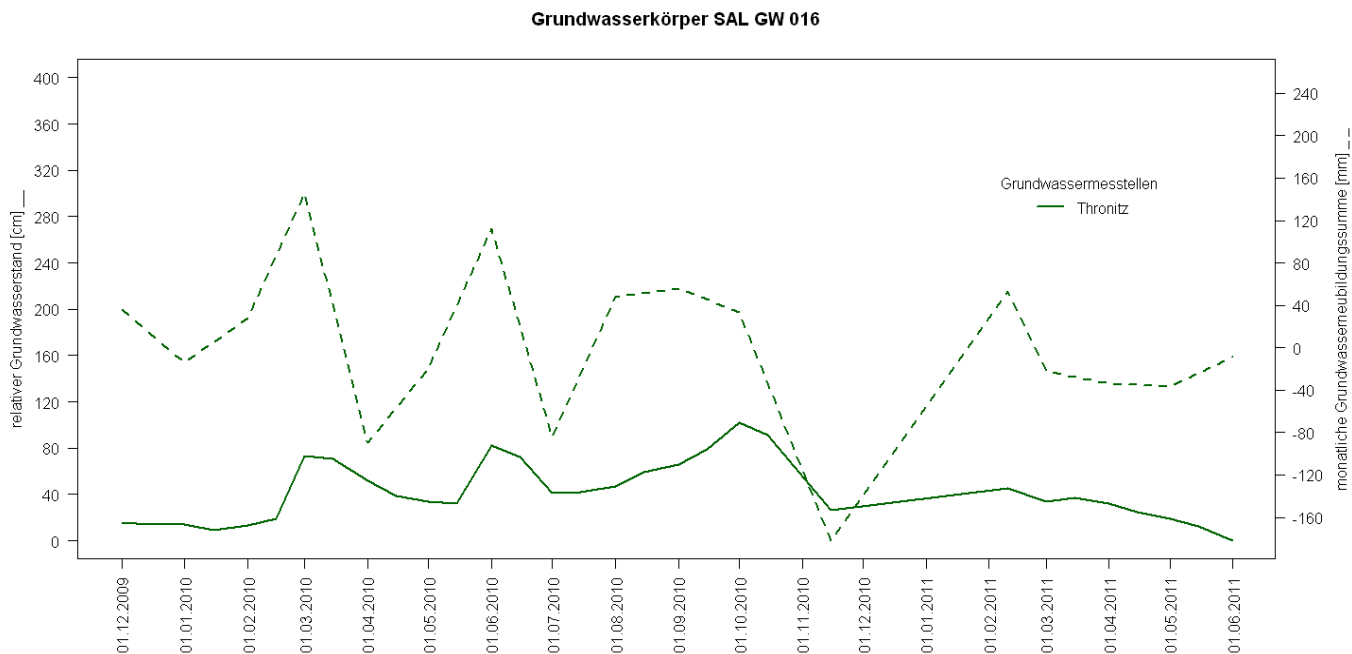


Abbildung 55: Grundwasserkörper SAL GW 016, Grundwassermessstelle Thronitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SAL GW 052 befinden sich drei auszuwertende Messstellen: Hohenheida, Schkeuditz und Leipzig-Holzhausen. Der Bezugspegel Leipzig-Thekla liegt an der Parthe. Die Parthe war von den Augusthochwässern weniger stark betroffen, während das Hochwasserereignis Ende September und die Schneeschmelze Anfang 2011 in der Pegelganglinie sichtbar ist (Abbildung 56).

Die Messstelle Leipzig-Holzhausen reagiert auf die Ereignisse im August, ihre Grundwasserstände ändern sich dabei nur geringfügig. Die Messstelle Schkeuditz nahe der Weißen Elster zeigt einen schnell steigenden Grundwasserstand für das Ereignis Ende September an. An beiden Messstellen sinkt der Grundwasserstand im Anschluss zögerlich (Typ 4 – „Misch“). Das Grundwasser an der Messstation Hohenheida steigt nach dem Hochwasserereignis Ende September nur wenig. Im Dezember und Januar jedoch erfolgt hier eine hohe Grundwasserneubildung, die erst ab Januar deutlich zurückgeht. Der Grundwasserstand an dieser Messstation steigt jedoch stark mit den Ereignissen im Januar an und bleibt auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Demzufolge wird die Grundwassermessstation Hohenheida Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung der Messstelle Hohenheida ist im Januar auffällig hoch im Vergleich zu den anderen Messstellen. Das ist auf den starken Anstieg des Grundwassers im Zusammenhang mit der Schneeschmelze zurückzuführen.

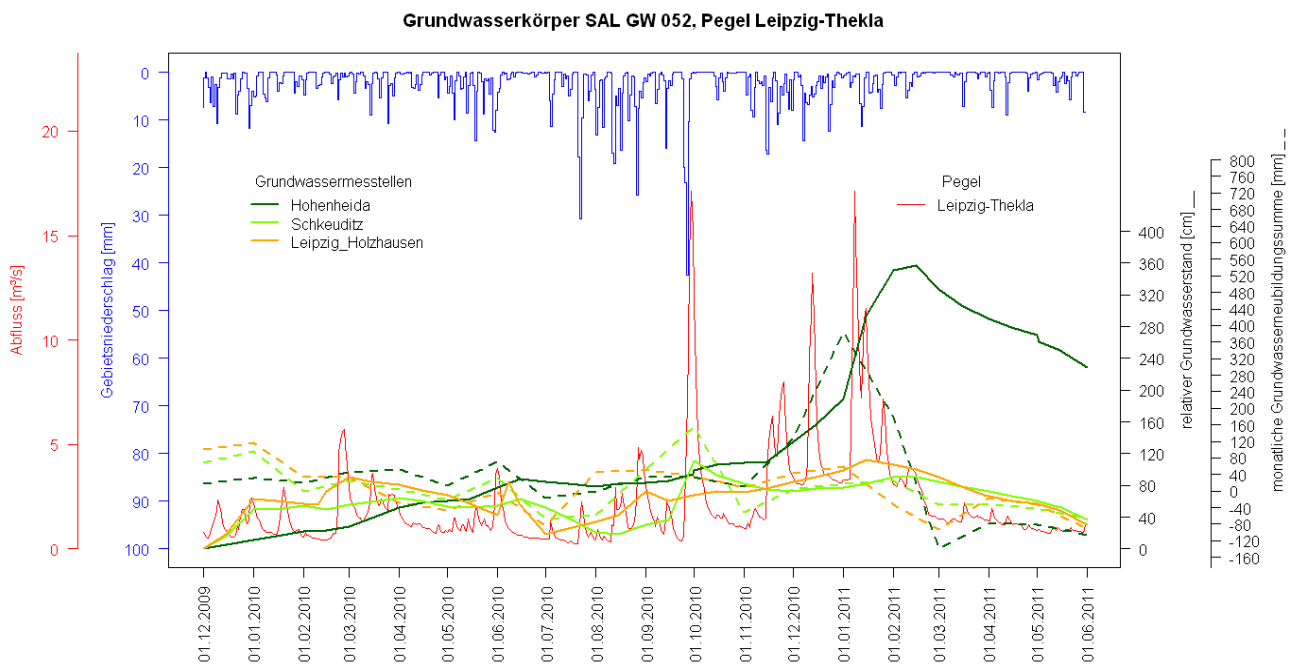


Abbildung 56: Grundwasserkörper SAL GW 052, Grundwassermessstellen Hohenheida, Schkeuditz und Leipzig Holzhausen, Pegel Leipzig-Thekla; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SAL GW 060 befinden sich insgesamt sieben Messstellen. Die Pegel Albrechtshain und Naunhof liegen an der Parthe. Analog zum Verhalten am Pegel Leipzig Thekla/Parthe fallen die Hochwässer im August gering aus, während das Hochwasser im September zu einem deutlichen Abflussmaximum führt (Abbildung 57). Die Messstellen in diesem Grundwasserkörper reagieren unterschiedlich:

Die Grundwasserstände der Messstellen Brandis, Liebertwolkwitz und Kleinbardau stehen in Interaktion (Typ 1) mit dem Vorfluter: Steigt der Pegel in der Parthe, steigen daraufhin auch die Grundwasserstände. Sinkt der Pegel, hat das auch ein Absinken der Grundwasserstände zur Folge (Abbildung 57). Die Messstelle Liebertwolkwitz, die etwa 7 km vom Pegel Albrechtshain entfernt ist, wird ebenfalls diesem Typ zugeordnet. Die Grundwasserneubildungen der drei Messstellen verhalten sich ähnlich: 2010 verhalten sie sich etwa wie im langjährigen Mittel: Im Winter erfolgt Grundwasserneubildung, während im Juni und Juli Zehrung auftritt. Danach verhält sie sich jedoch untypisch, denn es kommt im Anschluss an den feuchten Sommer bereits im Herbst zu hohen Grundwasserneubildungsraten, die dann bis Februar in den deutlich negativen Bereich absinken.

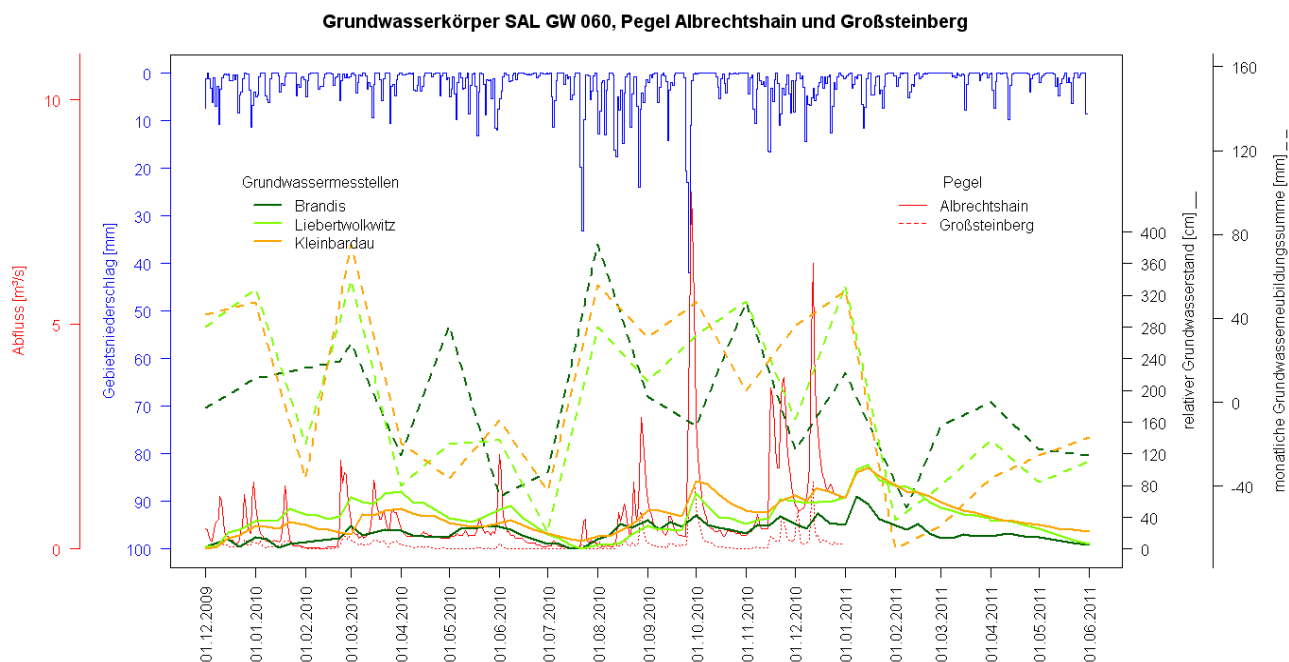


Abbildung 57: Grundwasserkörper SAL GW 060, Grundwassermessstellen Brandis, Leipzig Althen-Kleinpösna, Liebertwolkwitz und Kleinbardau, Pegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Grundwasserstand der Messstelle Gerichshain steigt im Verlauf des Untersuchungszeitraumes konstant an und wird daher Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung dieser Messstelle ist sehr ausgeglichen. Die Messstelle Grethen nahe des Pegels Großsteinberg zeigt im September einen erhöhten Grundwasserstand an, während das Hochwasserereignis Ende September nicht in den Grundwasserständen sichtbar wird. Grundsätzlich kumulieren (Typ 2) die Grundwasserstände bis zur Schneeschmelze, im trockenen Frühjahr sinken sie langsam ab. Gleiches gilt für die Messstelle Leipzig Althen-Kleinpösna.

Der Grundwasserstand an der Messstelle Lindhardt Waldrand B1966 reagiert schnell und deutlich auf die genannten Ereignisse. Bei Sinken des Pegels sinkt der Grundwasserstand allerdings so langsam ab, dass sich im Verlauf des Untersuchungszeitraums ein Grundhochwasser bildet, das auch im Frühjahr dieses Jahres noch besteht. Daher wird die Messstelle Typ 4 zugeordnet (Kumulation des Grundwasserstands und Interaktion mit dem Vorfluter). In der monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung der Messstellen Leipzig Althen-Kleinpösna, Lindhardt Waldrand B1966 und Grethen wechseln sich Phasen mit positiver und negativer Grundwasserneubildung ab. Die größte Amplitude zeigt dabei die Messstelle Leipzig Althen-Kleinpösna.

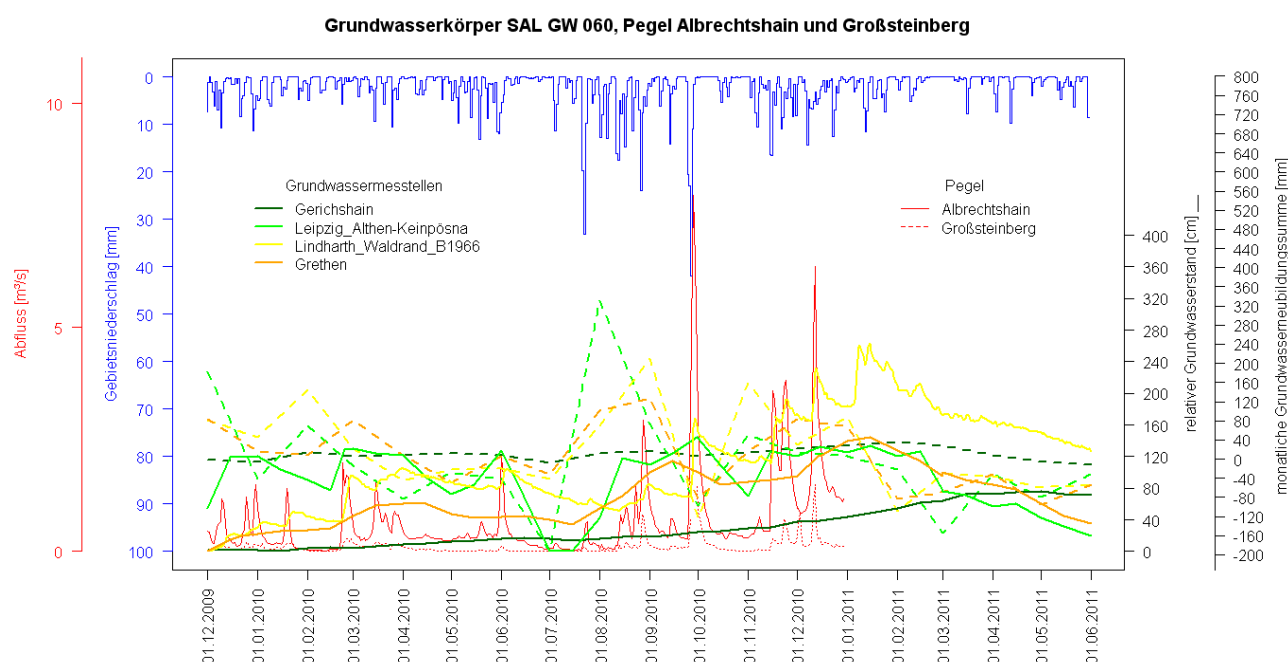


Abbildung 58: Grundwasserkörper SAL GW 060, Grundwassermessstellen Gerichshain, Leipzig Althen-Kleinpösna, Lindhardt Waldrand B1966 und Grethen, Pegel Albrechtshain/Parthe und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SAL GW 059 befinden sich fünf Messstellen. Der Pegel Böhlen liegt in diesem Grundwasserkörper. Er ist gleichzeitig der Auslasspegel der Pleiße, hat also ein vergleichsweise großes Einzugsgebiet. Wie an der Parthe sind auch hier die Hochwasserereignisse des August an der Pleiße nicht stark ausgeprägt. Der feuchte Sommer ist in Form eines in der Pegelganglinie erkennbaren erhöhten Basisabflusses sichtbar (Abbildung 59).

Die Grundwasserstände der Messstellen Kieritsch, Gatzen und Drosskau verhalten sich ähnlich, sie spiegeln die Abflussverhältnisse des Vorfluters wieder (Typ 1 – „Interaktion“). Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung der Messstellen Kieritsch und Gatzen verhalten sich ähnlich mit lokalen Maxima im August, Oktober und Dezember 2010. Die Grundwasserneubildung der Messstelle Drosskau ist im Vergleich zu den beiden anderen Messstellen um einen Monat nach hinten verschoben.

Die Grundwasserstände der Messstellen Benndorf und Ramsdorf steigen mit den Hochwasserereignissen des Sommers kontinuierlich an, sinken im Verlauf des Oktobers nur unwesentlich und steigen weiter mit den Ereignissen im Winter an. Im trockenen Frühjahr sinken die Grundwasserstände an den beiden Stationen langsam (Typ 2 – „Kumulation“). Die Grundwasserneubildung der Messstelle Ramsdorf ist im Untersuchungszeitraum ausgeglichen.

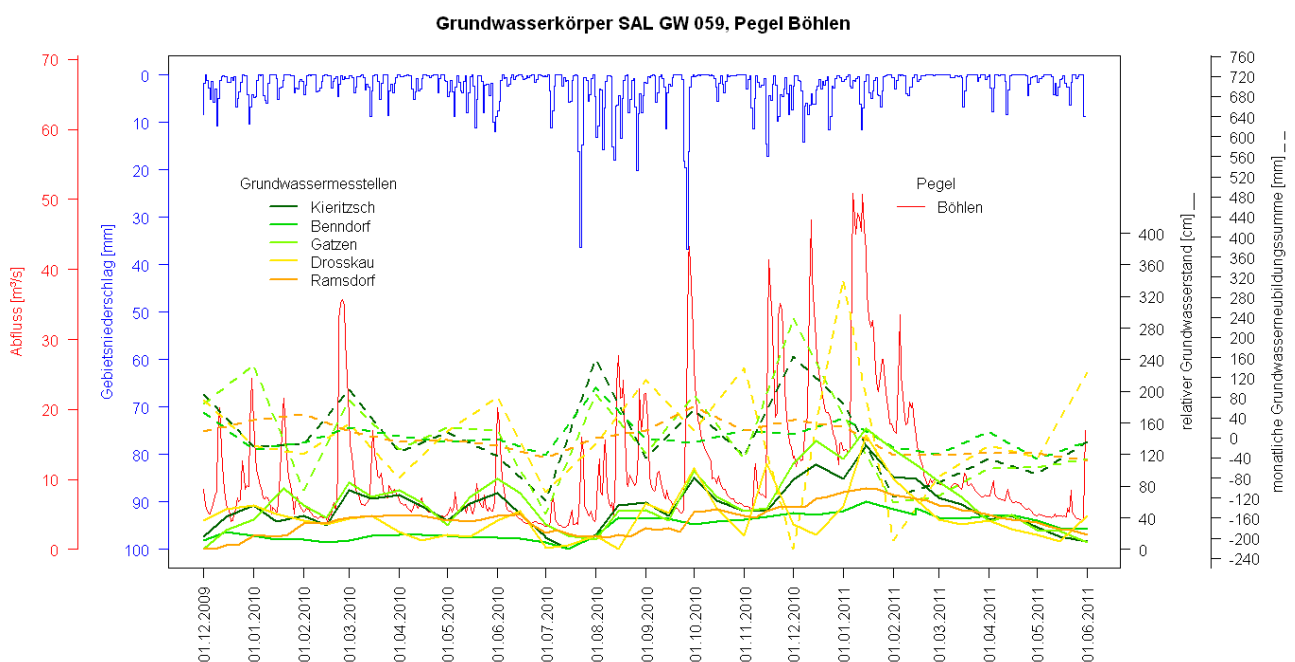


Abbildung 59: Grundwasserkörper SAL GW 059, Grundwassermessstellen Kieritsch, Benndorf, Gatzen, Drosskau und Ramsdorf, Pegel Böhlen/Pleiße und Großsteinberg/Parthe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SAL GW 058 liegen insgesamt acht Messstellen. Der Pegel Streitwald/Wyhra liegt im Oberlauf der Pleiße. Die Pegelganglinie und die Niederschlagsverhältnisse sind ähnlich der des Gesamteinzugsgebiets der Pleiße (Böhlen/Pleiße).

Der Grundwasserstand der Messstelle Streitwald unweit des Pegels steigt und sinkt mit der Pegelganglinie (Abbildung 60). Die etwas weiter vom Pegel Streitwald entfernten Messstellen Priessnitz, Hopfgarten und Otterwisch zeigen eine ähnliche Grundwasserstandsentwicklung an. Die vier Messstellen werden Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung aller vier Messstellen zeigt eine hohe Amplitude von ca. -200 mm bis +300 mm im Monat (GWMST Streitwald, Abbildung 60), die auf die starke Interaktion mit dem Oberflächengewässer zurückzuführen ist (laterales Zu- und Abfließen).

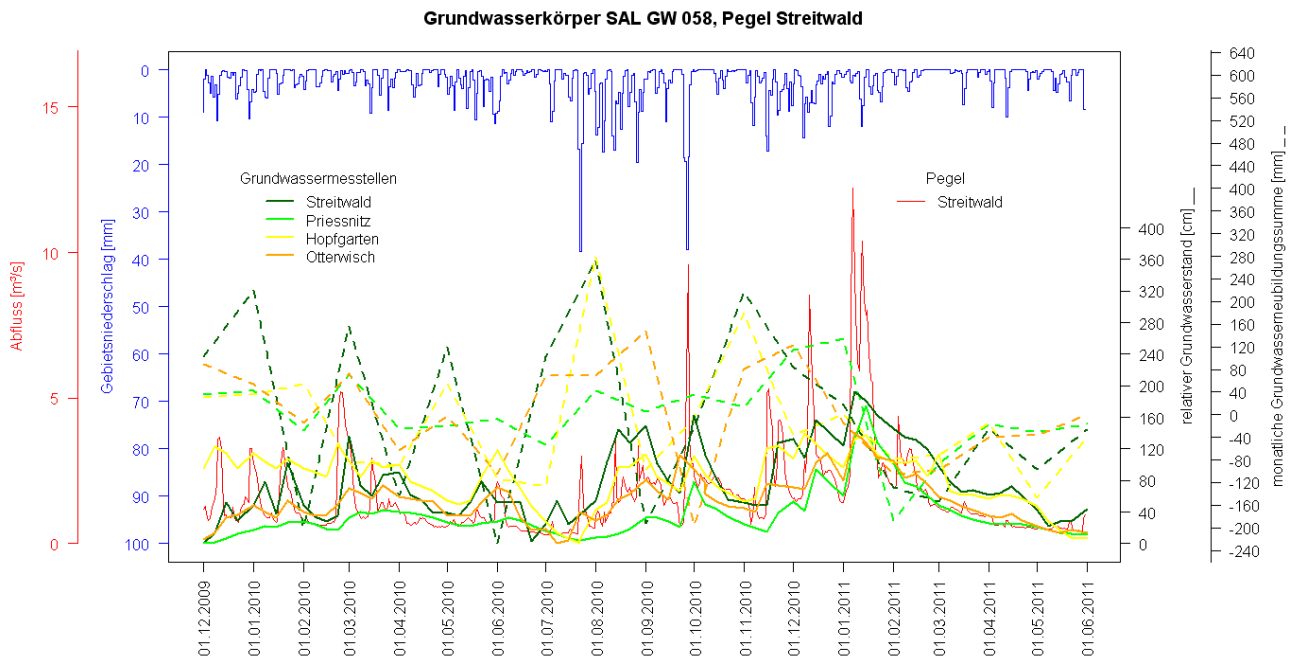


Abbildung 60: Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Streitwald, Priessnitz, Hopfgarten und Otterwisch, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Grundwasserstand bzw. die Grundwasserneubildung an der Messstelle Greifenhain ist nur unwesentlich durch die Ereignisse beeinflusst. Die Messstelle entspricht damit Typ 3. Die Grundwasserstände der Messstationen Bad Lausick und Oelzschau steigen bis Januar/Februar 2011 kontinuierlich an und sinken anschließend langsam, sie werden dem Grundwasserstandstyp 2 („Kumulation“) zugeordnet.

Der Grundwasserstand der Messstelle Belgershain kumuliert zwar durch die langanhaltende im Mittel positiven Grundwasserneubildungsraten, reagiert jedoch stärker auf die Höhe des Pegels im Vorfluter (Abbildung 61). So sinken die Grundwasserstände verursacht durch negative Grundwasserneubildungsraten zwischen den einzelnen Ereignissen im Vergleich zu den Grundwasserständen der Messstellen Bad Lausick und Oelzschau deutlich stärker. Der Grundwasserstand bei der Messstelle Belgershain entspricht also einer Mischung aus Typ 1 und 3, er ist demnach Grundwasserstandstyp 4 zuzuordnen.

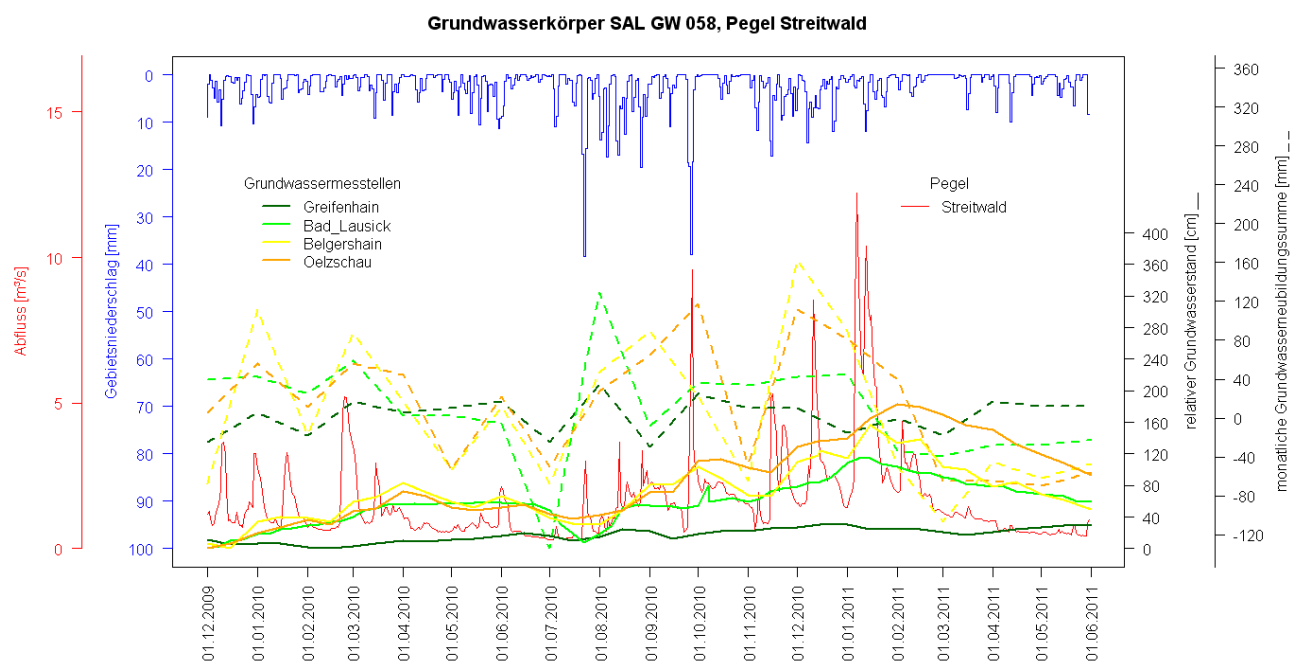


Abbildung 61: Grundwasserkörper SAL GW 058, Grundwassermessstellen Greifenhain, Bad Lausick, Belgershain und Oelzschau, Pegel Streitwald/Wyhra; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstelle Trünzig Schule im Grundwasserkörper SAL GW 054 wurde keinem Pegel zugeordnet, die Entwicklung des Grundwasserstandes wird daher ohne Zuhilfenahme des Gebietsniederschlages und einer Pegelganglinie interpretiert. Weil der Grundwasserstand mit den Ereignissen im Sommer 2010 und Winter 2010/2011 ansteigt und anschließend wieder sinkt (Abbildung 62), wird die Messstellen dem Grundwasserstandstyp 1 („Interaktion“) zugeordnet. Die Grundwasserneubildung zeigt ein deutliches Maximum im August 2010.

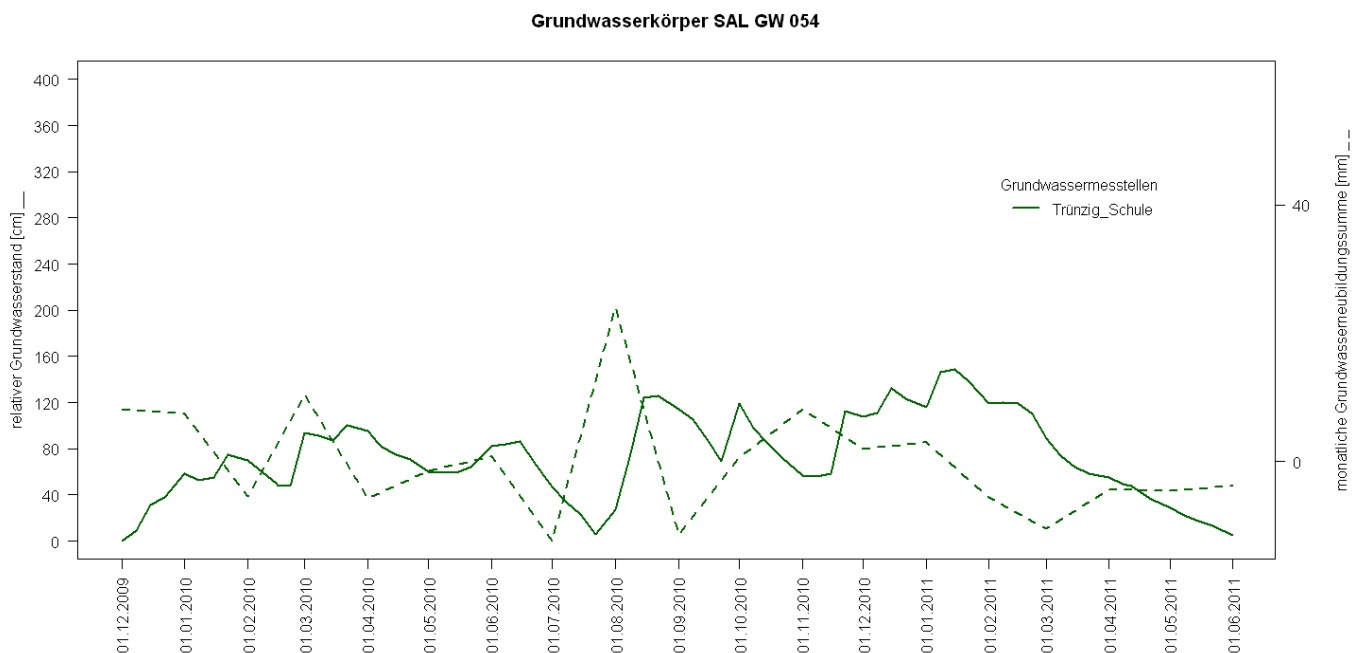


Abbildung 62: Grundwasserkörper SAL GW 054, Grundwassermessstelle Trünzig Schule, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstellen Koenigswalde, B85 und Ruppertsgrün im Grundwasserkörper SAL GW 053 liegen in der Nähe des Pegels Neukirchen/Pleiße. Der Grundwasserstand an der Messstelle Königswalde reagiert erkennbar auf den Abfluss am Pegel (Abbildung 63) und entspricht Typ 1 („Interaktion“). Anders verhält sich der Grundwasserstand an der Messstelle Ruppertsgrün; der Grundwasserstand steigt kontinuierlich mit den feuchten Verhältnissen im Sommer 2010, dem Ereignis Ende September und dem feuchten Winter 2010/2011 (Typ 2 – „Kumulation“). An beiden Messstellen wird ein Maximum der aufsummierten Grundwasserneubildung für den Monat August 2010 erreicht. Ähnlich hohe monatlich aufsummierte Grundwasserneubildungen werden im Winter 2010/2011 erreicht, sinken dann aber rasch ab.

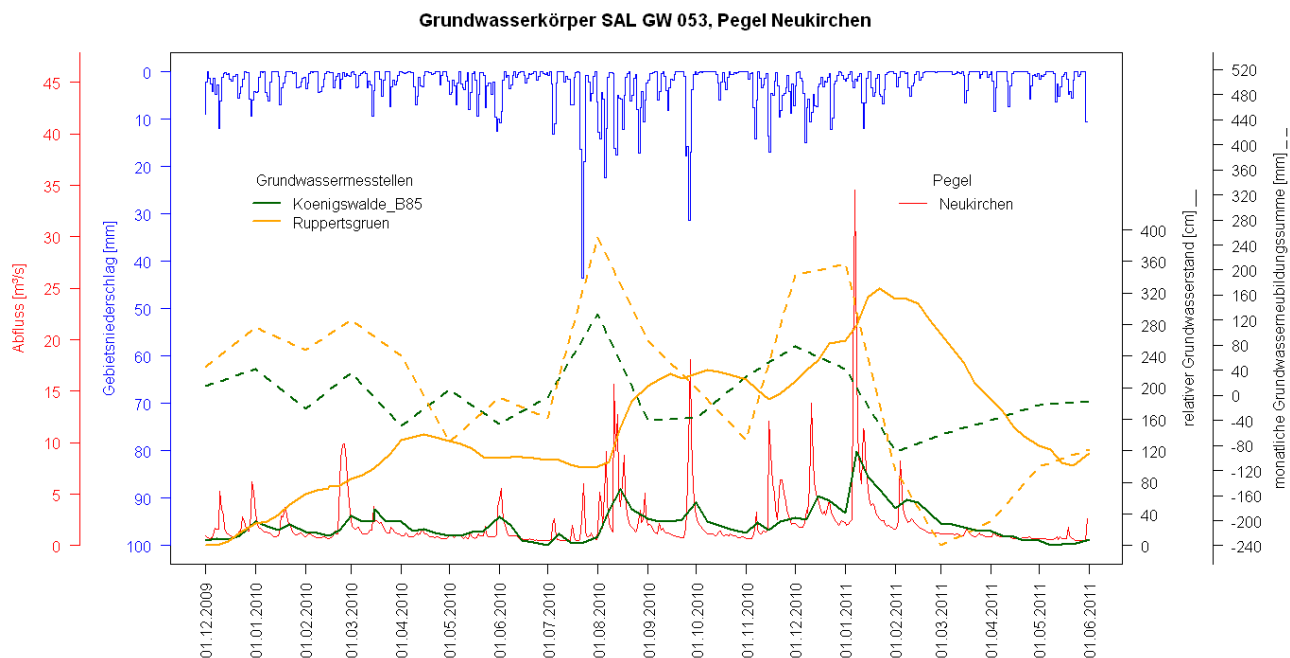


Abbildung 63: Grundwasserkörper SAL GW 034, Grundwassermessstelle Königswalde B85 und Ruppertsgruen, Pegel Neukirchen/Pleiße; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Messstelle Losa, B1966 wurde kein Pegel zugeordnet. Die Zuteilung eines Typs für die Grundwasserstandsentwicklung dieser Messstelle erfolgt ohne Gebietsniederschlag und ohne Flusspegel. Der Grundwasserstand der Messstelle Losa, B1966 steigt im August 2010 an und bleibt bis Anfang des Frühjahrs 2011 auf diesem Niveau, dann sinkt der Stand leicht (Abbildung 64). Die Entwicklung des Grundwasserstandes an dieser Station entspricht Gruppe 2 („Kumulation“). Auch hier gibt es ein deutliches Maximum der Grundwasserneubildung im August 2010.

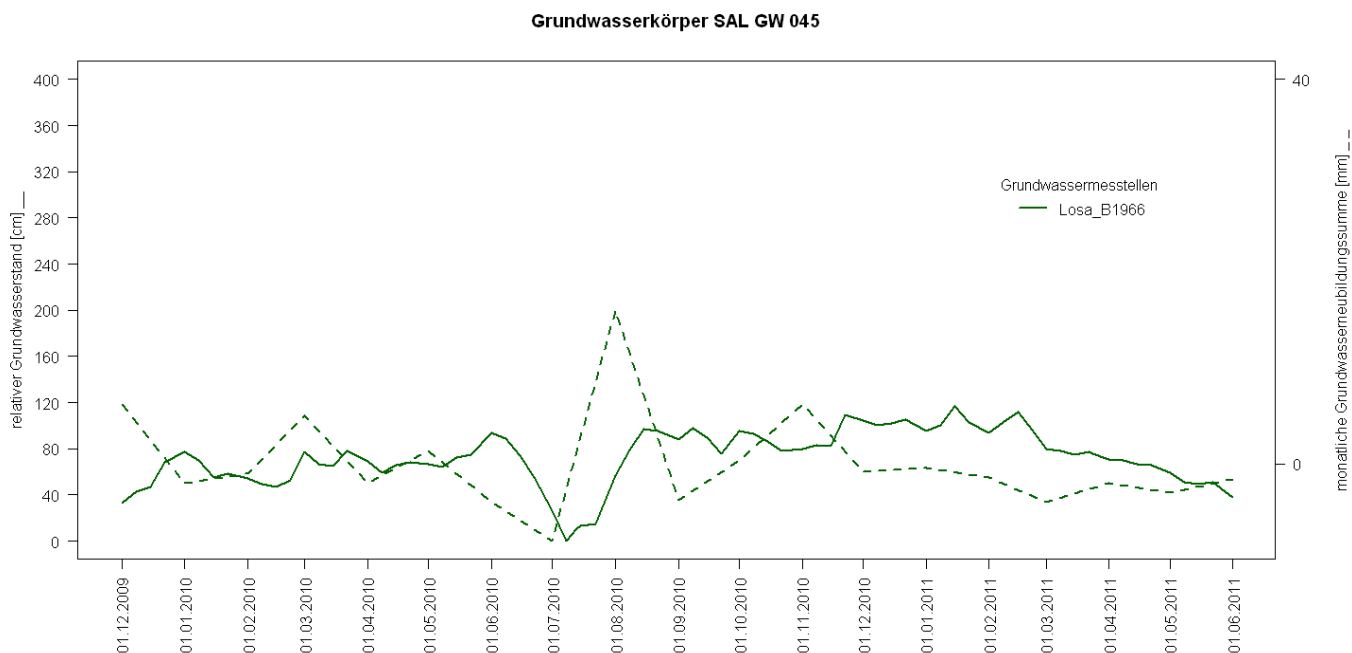


Abbildung 64: Grundwasserkörper SAL GW 045, Grundwassermessstelle Losa B1966, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

An der Messstelle Schneidenbach W 1925 im Grundwasserkörper SAL GW 044 werden die Grundwasserstände mittels Datensammler täglich aufgezeichnet, daher ist die Messreihe zeitlich hoch aufgelöst. Die Messreihe weist Mitte Dezember 2010 ein plötzliches Absinken des Grundwasserstands auf. Der Grundwasserstand verbleibt bis Anfang Januar auf dem vergleichsweise niedrigen Niveau und steigt schließlich Ende Januar wieder auf sein ursprüngliches Niveau (Abbildung 65). Dieses unplausible Verhalten ist vermutlich auf einen Messfehler zurückzuführen und wurde in den nachfolgenden Auswertungen nicht berücksichtigt. Insgesamt ist die Interaktion des Grundwassers an dieser Messstelle mit dem Vorfluter deutlich sichtbar (Typ 1).

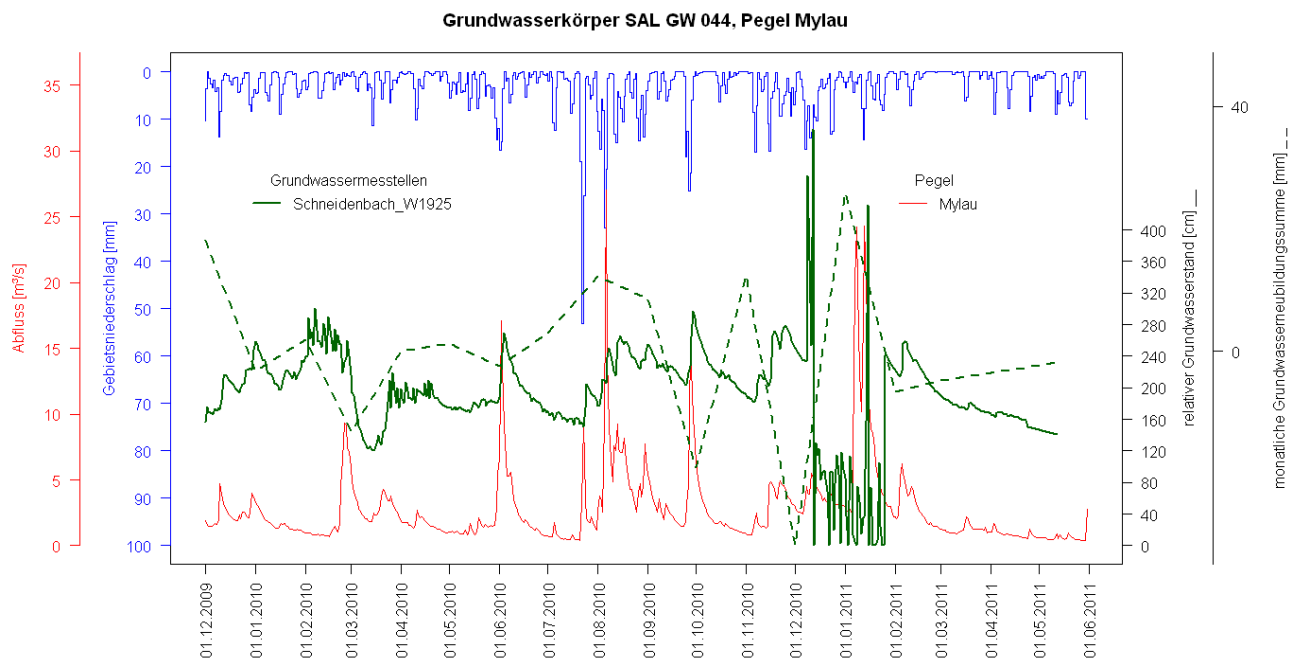


Abbildung 65: Grundwasserkörper SAL GW 044, Grundwassermessstelle Schneidenbach W 1925, Pegel Mylau/ Göltzsch; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Grundwasserstandsentwicklung an den vier Messstellen Altmannsgruen, B 1900, Oberwürschnitz, Adorf, B12/5/62 und Neudorf W 1856 im Grundwasserkörper SAL GW 043 kann eindeutig ihren Bezugspegeln Hasenmühle/Trieb, Oelsnitz/Weiße Elster und Adorf/Weiße Elster zugeordnet werden (Abbildung 66). Die vier Messstellen werden Typ 1 („Interaktion“) untergeordnet. Die Grundwasserneubildung der Messstellen Altmannsgruen B1900, Oberwürschnitz und Neudorf W 1856 ist ausgeglichen, während sie sich an der Messstelle Adorf B12/5/62 durch eine starke Amplitude und Frequenz (Phasen positiver und negativer Grundwasserneubildung) auszeichnet.

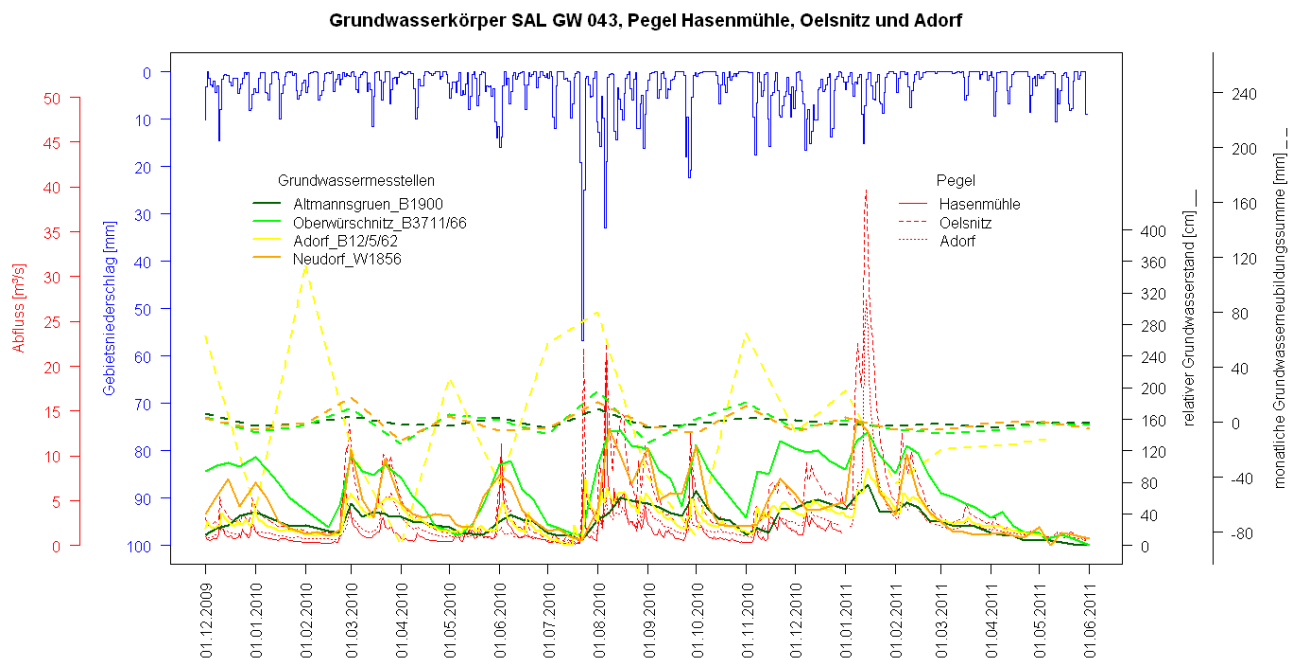


Abbildung 66: Grundwasserkörper SAL GW 043, Grundwassermessstellen Altmannsgruen B1900, Oberwürschnitz, Adorf B12/5/62 und Neudorf W 1856, Pegel Hasenmühle/Trieb, Oelsnitz/Weiße Elster und Adorf Weiße Elster; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Flussgebiet Freiburger, Zwickauer und Vereinigte Mulde

Im Grundwasserkörper VM 1-3 (Vereinigte Mulde) liegen die Messstellen Paschwitz und Battaune. Ihnen wurde kein Bezugspegel zugeordnet. Daher erfolgt die Auswertung ausschließlich auf Basis der Grundwasserstandsentwicklung (Abbildung 67). Die Grundwasserstände beider Messstellen steigen im Untersuchungszeitraum kontinuierlich an und sinken nicht (Paschwitz) bzw. sinken leicht (Battaune) im trocken Frühjahr 2011. Die Messstelle Paschwitz verzeichnet im Zusammenhang mit den Ereignissen dabei einen deutlich geringeren Anstieg des Grundwasserstandes als die Messstelle Battaune. Beide Messstellen gehören zum Typ 2 („Kumulation“). An beiden Messstellen wird im Januar bzw. Februar 2011 die im Untersuchungszeitraum höchste monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung erreicht und nicht, wie oft im Flussgebiet der Weißen Elster beobachtet, im August 2010.

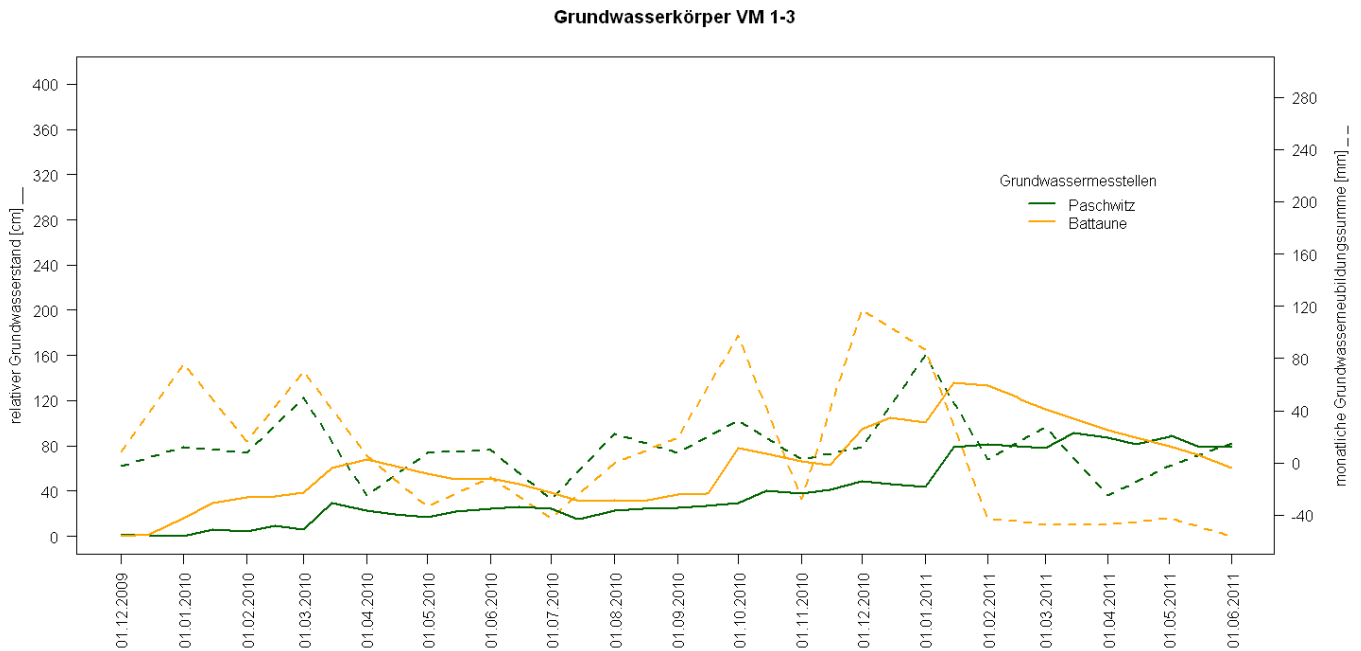


Abbildung 67: Grundwasserkörper VM 1-3, Grundwassermessstellen Paschwitz und Battaune, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Den Messstellen Sausedlitz, Zschepplin und Goebischelwitz im Grundwasserkörper VM 1-1 wurde kein Bezugspegel zugeordnet. Daher wird die Entwicklung ihrer Grundwasserstände ohne Gebietsniederschlag und ohne Pegelganglinie ausgewertet (Abbildung 68). Die Grundwasserstände der Messstellen Sausedlitz und Goebischelwitz steigen im August beide schnell an und verzeichnen anschließend nur einen geringfügigen Rückgang des Grundwassers (Typ 2 – „Kumulation“). Die Messstelle Zschepplin zeigt ebenfalls einen kontinuierlich steigenden Grundwasserstand an (Typ 2 – „Kumulation“). Die Grundwasserstände steigen hier sehr langsam. Der sprunghafte Anstieg des Grundwassers an den Messstellen Sausedlitz und Goebischelwitz im August 2010 ist in der Grundwasserneubildungssumme für diesen Monat nachvollziehbar. An der Messstelle Zschepplin wird die höchste monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung im Februar 2011 erreicht.

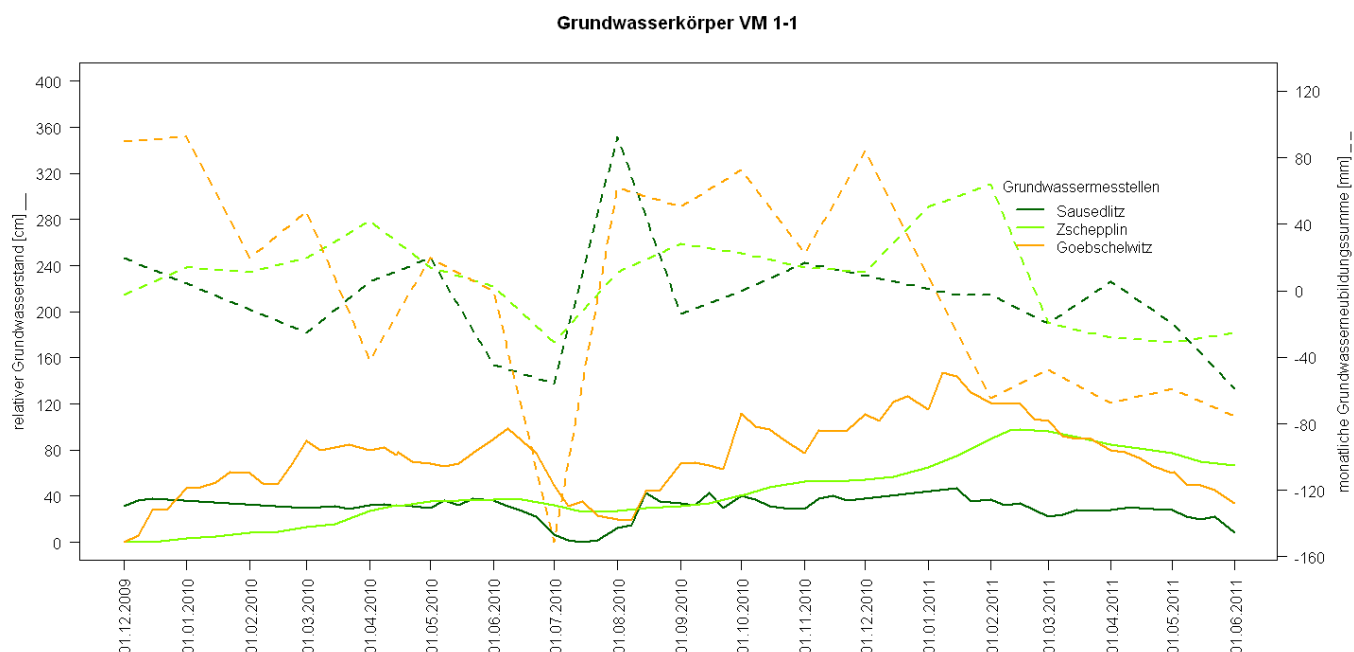
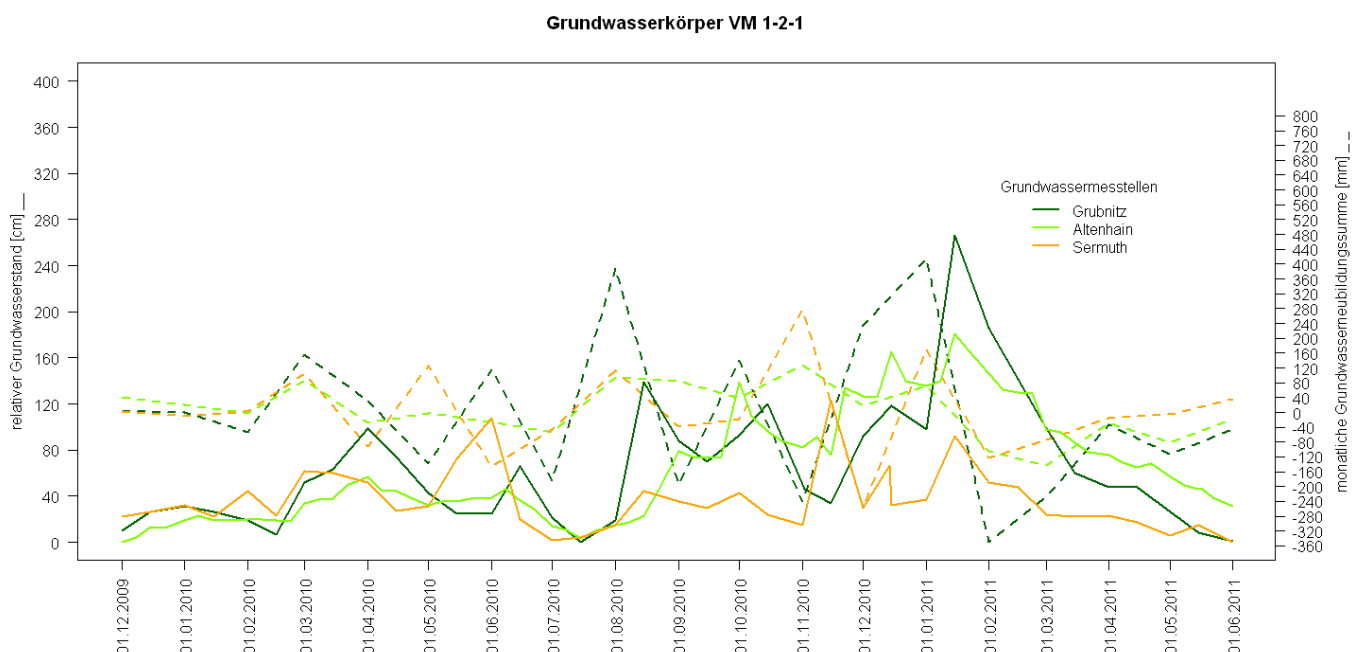


Abbildung 68: Grundwasserkörper VM 1-1, Grundwassermessstellen Sausedlitz, Zschepplin und Goebischelwitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper VM 1-2-1 liegen die Messstellen Grubnitz, Altenhain und Sermuth. Ihnen konnte ebenfalls kein Bezugs-
 pegel zugeordnet werden (Abbildung 69). Der Grundwasserstand der Messstelle Grubnitz steigt und sinkt schnell (Typ 1 – „In-
 teraktion“). Die Messstelle Sermuth verzeichnet Mitte August 2010 und Ende September einen geringen Anstieg des Grund-
 wassers. Weil das Grundwasser nach den Ereignissen wieder absinkt, wird die Messstelle in Typ 1 („Interaktion“) eingeteilt. Der
 Grundwasserstand an der Messstelle Altenhain steigt nach August und September 2010 jeweils schnell an. nach September
 2010 sinkt das Grundwasser zunächst schnell dann langsam ab (Abbildung 69). Die Messstelle wird daher Typ 4 („Misch“)
 zugeordnet. An allen drei Messstellen wechseln sich Phasen positiver und negativer Grundwasserneubildung vergleichsweise
 hochfrequent ab. An der Messstelle Grubnitz sind die Schwankungsunterschiede besonders hoch.



**Abbildung 69: Grundwasserkörper VM 1-2-1, Grundwassermessstellen Grubnitz, Altenhain und Sermuth, kein Pegel;
 Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung**

Die Messstellen Zschorna, Ochsenaal, Meltewitz und Boerln, B1/69 liegen mit ihrem Bezugspegel Thallwitz/Lossa im Grundwasserkörper VM 1-4. Von den Hochwasserereignissen ist das Ereignis vom 27. September 2010 im Gebietsniederschlag und in der Pegelganglinie gut sichtbar (Abbildung 70). Die Messungen am Pegel Thallwitz/Lossa liegen nur bis Ende Januar vor. Die Schneeschmelze zu Beginn des Kalenderjahres 2011 ist in der Pegelganglinie noch erkennbar. Während die Grundwasserstände der drei Messstellen Zschorna, Meltewitz und Boerln, B1/69 kontinuierlich ansteigen (Typ 2 – „Kumulation“), bleibt der Grundwasserstand der Messstelle Ochsenaal vergleichsweise konstant. Die Reaktion des Grundwasserstandes an dieser Messstelle auf das Hochwasserereignis Ende September ist minimal (Typ 3 – „Null“). Die monatliche Grundwasserneubildung ist in Zschorna und Meltewitz ähnlich. Im Zusammenhang mit der Schneeschmelze werden an den Messstellen Zschorna, Meltewitz und Boerln B 1/69 die höchsten monatlichen Grundwasserneubildungssummen im Untersuchungszeitraum erreicht.

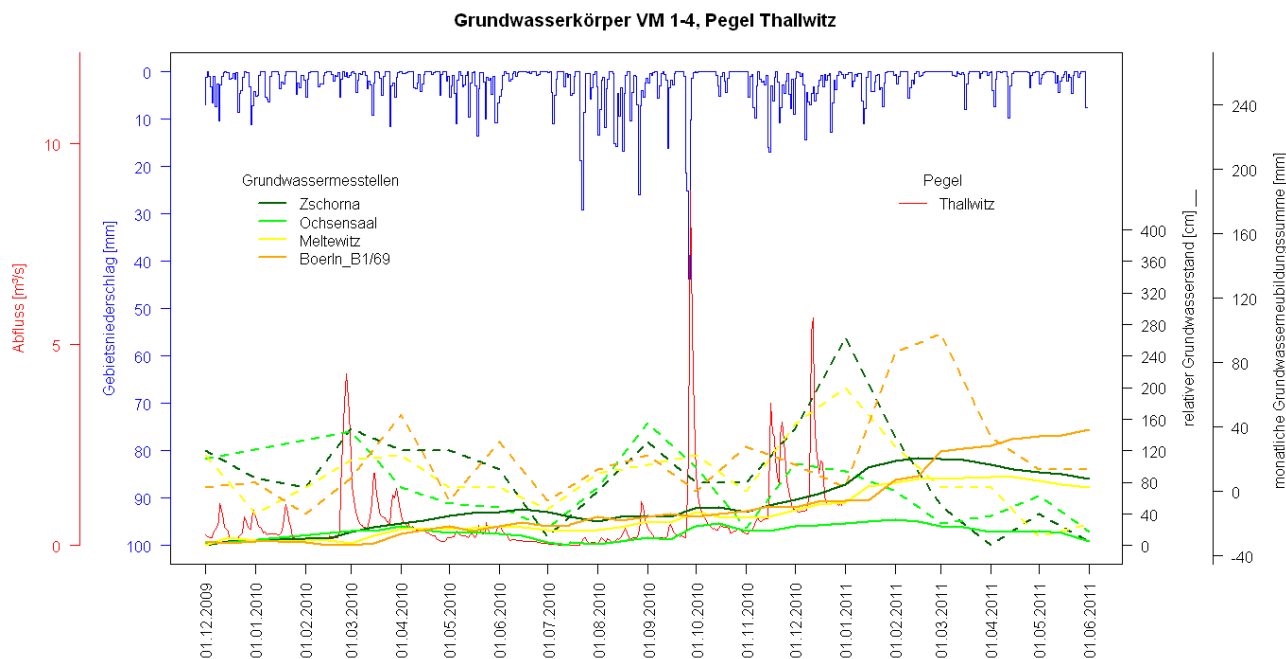


Abbildung 70: Grundwasserkörper VM 1-2-1, Grundwassermessstellen Grubnitz, Altenhain und Sermuth, Pegel Thallwitz/Lossa; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstellen Moertitz und Eilenburg, B6/69 im Grundwasserkörper VM 1-2-2 wurden dem Pegel Bad Düben/Vereinigte Mulde zugeordnet. Am letzten Pegel der Vereinigten Mulde im Freistaat Sachsen ist vor allem das Hochwasserereignis Ende September 2010 und die Schneeschmelze zu Beginn des Jahres 2011 in der Pegelganglinie nachvollziehbar. Der Grundwasserstand der Messstelle Moertitz steht offenbar in Interaktion mit dem Vorfluter (Abbildung 71, Typ 1 – „Interaktion“). An der Messstelle Eilenburg, B6/69 steigt der Grundwasserstand mit den Ereignissen minimal an. Die Messstelle wird Typ 3 („Null“) zugeordnet. An beiden Messstellen im Grundwasserkörper VM 1-2-2 wechselt sich positive Grundwasserneubildung mit negativer Grundwasserneubildung ab. Dabei sind die Schwankungen in Moertitz höher als in Eilenburg B6/69.

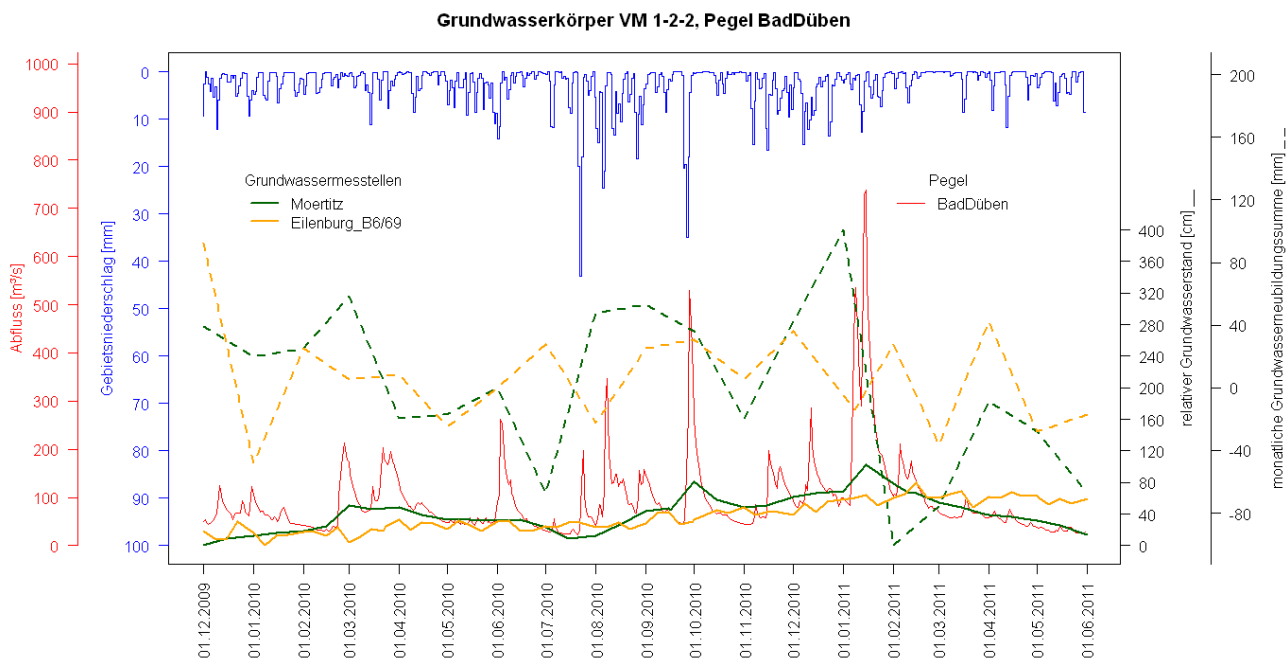


Abbildung 71: Grundwasserkörper VM 1-2-2, Grundwassermessstellen Moertitz und Eilenburg B6/69, Pegel Bad Düben /Vereinigte Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Grundwasserkörper ZM 2-1 (Zwickauer Mulde) wird insgesamt durch acht Messstellen vertreten. Es wurden zwei Bezugspegel ausgewählt; Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde. Die Niederschlagsereignisse bzw. Hochwasserereignisse (5.-8. August 2010, 27. September 2010, Schneeschmelze Januar 2011) sind in den Pegelganglinien sichtbar (Abbildung 72).

Die Messstellen Arnsdorf und Weissbach verzeichnen keinerlei Anstieg des Grundwasserstandes im Zusammenhang mit den Ereignissen im August 2010 (Abbildung 72). Nach dem Ereignis Ende September 2010 steigt der Grundwasserstand in Weissbach schnell an und fällt im Verlauf des Oktober 2010 wieder ab. Anschließend steigt der Grundwasserstand kontinuierlich bis Februar 2011 an. Im trockenen Frühjahr 2011 sinkt der Grundwasserstand langsam wieder. Die Messstelle Weissbach wird Typ 4 („Misch“) zugeordnet. In Arnsdorf sinkt der Grundwasserstand nach dem Ereignis Ende September. Diese Messstelle wird Typ 5 („Sonderfall“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierten Grundwasserneubildungen beider Messstellen sind ausgeglichen

Für die Messstelle Thierbaum liegen für den Zeitraum des Hochwassers (August und September 2010) nur wenige Messungen vor (Abbildung 72). Die Grundwasserneubildungen für die Monate liegen in einem vergleichsweise großen Schwankungsbereich (-200 bis +200 mm/Monat). Nach dem Ereignis Ende September 2010 sinkt der Grundwasserstand schnell ab. Die Messstelle wird Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet.

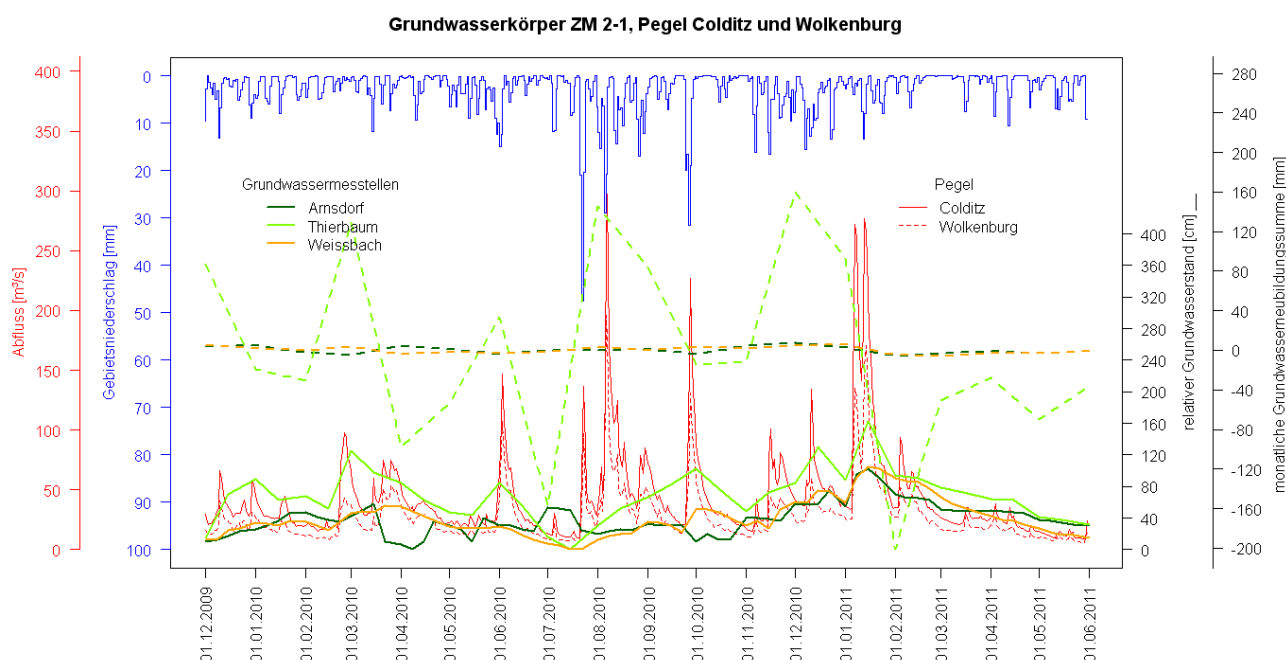


Abbildung 72: Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Arnsdorf, Thierbaum und Weissbach, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstellen Kleinbernsdorf B 29/25 und Burgstaedt zeigen Grundwasserstände an, die analog zur Pegelganglinie steigen und sinken (Abbildung 73, Typ 1 – „Interaktion“). Die Grundwasserstände an der Messstelle Lunzenau reagiert nicht auf die Hochwasserereignisse im August 2010. Mit dem Ereignis Ende September 2010 steigt der Grundwasserpegel sprunghaft an und sinkt anschließend wieder. Obwohl der Grundwasserstand an der Messstelle nur relativ auf die Ereignisse im August reagiert, kann sie Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet werden. Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung der drei Messstellen ist ausgeglichen.

Der Grundwasserstand der Messstelle Arras steigt mit den Hochwasserereignissen Anfang August und Ende September 2010 an und sinkt verglichen mit dem starken Anstieg nur wenig (Abbildung 73). Die Messstelle wird Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet. Die Grundwasserneubildung an dieser Messstelle ist wie an den Messstellen Kleinbernsdorf B29/25, Lunzenau und Burgstaedt ausgeglichen.

Der Messstelle Colditz zeigt auf das Hochwasser August 2010 keine deutliche Reaktion in der Grundwasserstandsentwicklung. Erst mit dem Hochwasser Ende September 2010 und insbesondere der Schneeschmelze im Januar 2011 steigen die Grundwasserstände an der Messstelle Colditz deutlich an. Anschließend sinken sie im Verlauf des trockenen Frühlings 2011 wieder ab (Typ 2 – „Kumulation“). An dieser Messstelle wechseln sich Phasen positiver und negativer Grundwasserneubildung ab (hohe Amplitude, relativ niedrige Frequenz).

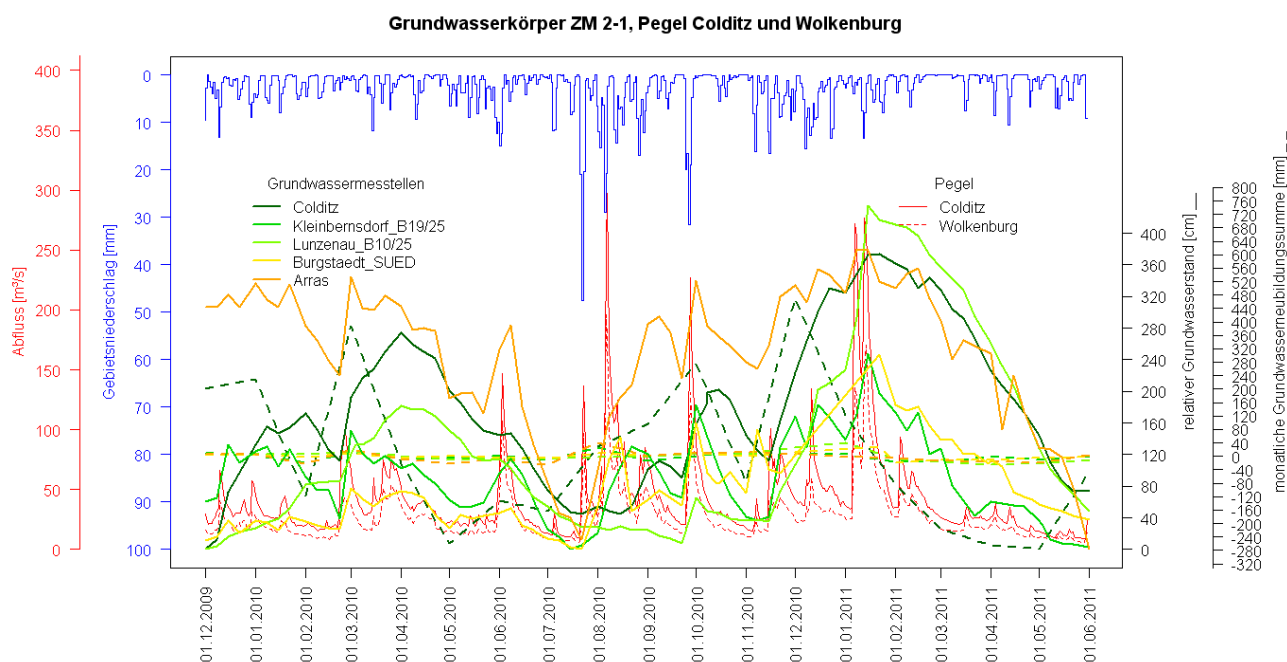


Abbildung 73: Grundwasserkörper ZM 2-1, Grundwassermessstellen Colditz, Kleinbernsdorf B29/25, Lunzenau, Burgstaedt und Arras, Pegel Colditz/Zwickauer Mulde und Wolkenburg/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper ZM 2-2 liegen die Messstellen Bernsdorf und Schlunzig. Die Hochwasserereignisse Anfang August und Ende September 2010 sind deutlich im Gebietsniederschlag und der Ganglinie am Pegel Niedermülsen/Mülsenbach erkennbar (Abbildung 74). Die Grundwasserstände beider Messstellen entwickeln sich analog zur Pegelganglinie (Typ 1 – Interaktion). Die Grundwasserneubildungen der beiden Messstellen Bernsdorf und Schlunzig verhalten sich ähnlich. Beide haben ihr Maximum der Grundwasserneubildung im August 2010.

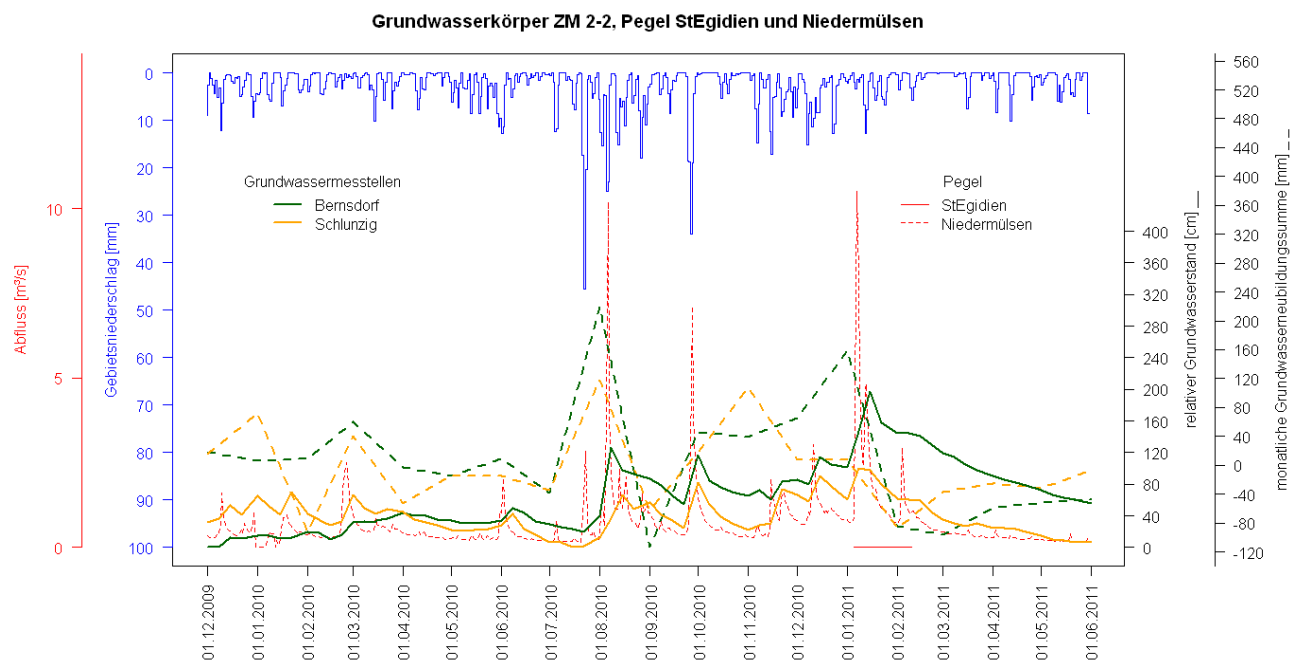


Abbildung 74: Grundwasserkörper ZM 2-2, Grundwassermessstellen Bernsdorf und Schlunzig, Pegel St. Egidien/ Lungwitzbach und Jahnsdorf/Würschnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper ZM 1-1 befinden sich die Messstellen Schneppendorf und Muelsen-St-Niclas. Der Gebietsniederschlag und der Abfluss für den Pegel Zwickau-Pölbitz/Zwickauer Mulde zeigen die Hochwasserereignisse Anfang August und Ende September 2010 an. Die Schneeschmelze zu Beginn des laufenden Kalenderjahres ist in der Pegelganglinie gut sichtbar (Abbildung 75).

Während der Grundwasserstand an der Messstelle Schneppendorf kaum auf die Hochwasserereignisse im August und September 2010 reagiert, steigt der Grundwasserstand der Messstelle Muelsen-St-Niclas mit den Ereignissen Anfang August 2010 und Januar 2011 sprunghaft an. Weil der Grundwasserstand anschließend nur zögerlich zurückgeht, wird die Messstelle Muelsen-St-Niclas dem Grundwasserstandstyp 4 („Misch“) zugeordnet. Weil der Grundwasserstand nach dem Ereignis Ende September 2010 in Schneppendorf schnell wieder absinkt, wird die Messstelle Typ 1 („Interaktion“) zugeteilt. Die monatliche Grundwasserneubildung schwankt in Schneppendorf deutlich weniger als an der Messstelle Muelsen-St-Niclas.

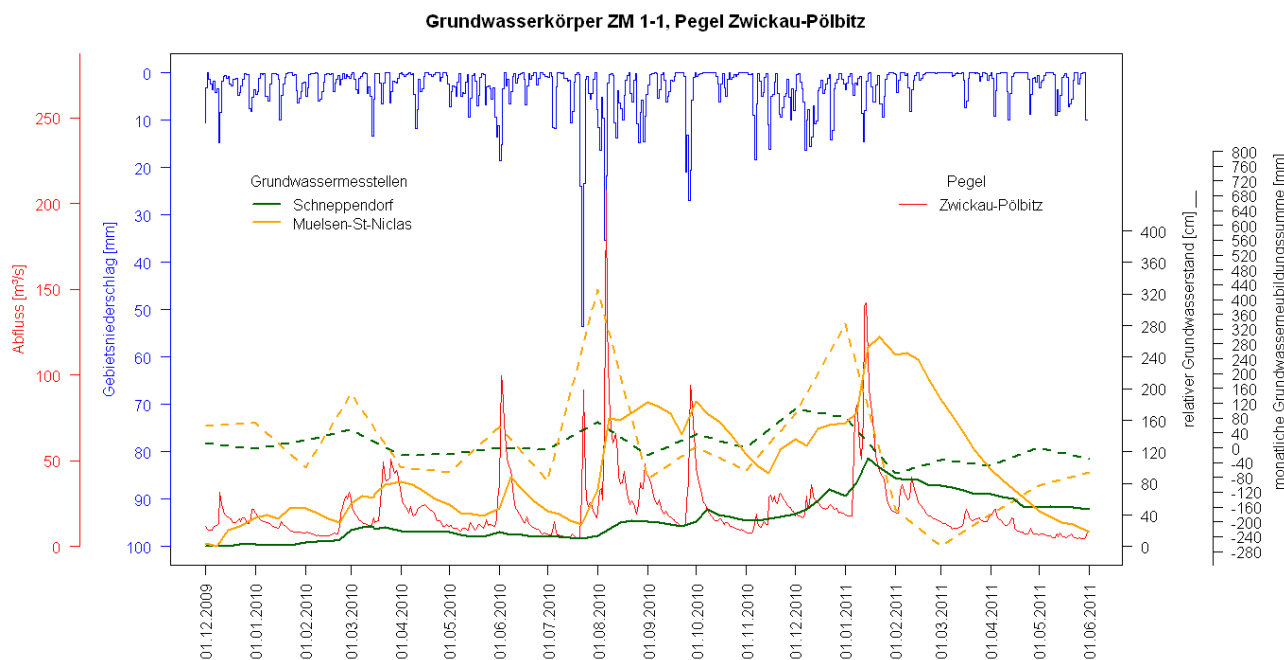


Abbildung 75: Grundwasserkörper ZM 1-1, Grundwassermessstellen Schneppendorf und Muelsen-St-Niclas, Pegel Zwickau-Pölbitz/Zwickauer Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper FM 2-1 (Freiberger Mulde) wurde der Abflusspegel Nossen/Freiberger Mulde als Bezugspegel ausgewählt. Von den drei Niederschlagsereignissen (Anfang August, Mitte August und Ende September 2010) sind das erste und das dritte Niederschlagsereignis ausgeprägter als das zweite. Insbesondere das dritte Niederschlagsereignis ist in der Pegelganglinie in Nossen deutlich sichtbar (Abbildung 76). Das Schmelzen der Schneedecke im Januar ist am Pegel Nossen/Freiberger Mulde ebenfalls gut nachvollziehbar.

Der Grundwasserstand der Messstelle Gleisberg steigt nach den Ereignissen im August 2010 an und sinkt kurz vor dem Ereignis im September 2010 wieder ab. Mit dem Ereignis im September steigt der Grundwasserstand wieder, anschließend sinkt wieder auf den Basiswert ab. Daher wird die Messstelle Gleisberg dem Grundwasserstandtyp 1 („Interaktion“) zugeordnet. Grundwasserstand und Grundwasserneubildung in Doebeln verhalten sich vergleichsweise untypisch, die absoluten Änderungen des Grundwasserstandes sind minimal und können nicht direkt den Ereignissen im August bzw. September zugeordnet werden. Daher wird die Messstelle Doebeln Typ 5 („Sonderfall“) zugeordnet. Während die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung an der Messstelle Doebeln ausgeglichen ist, schwankt sie an der Messstelle Gleisberg für die einzelnen Monate stärker.

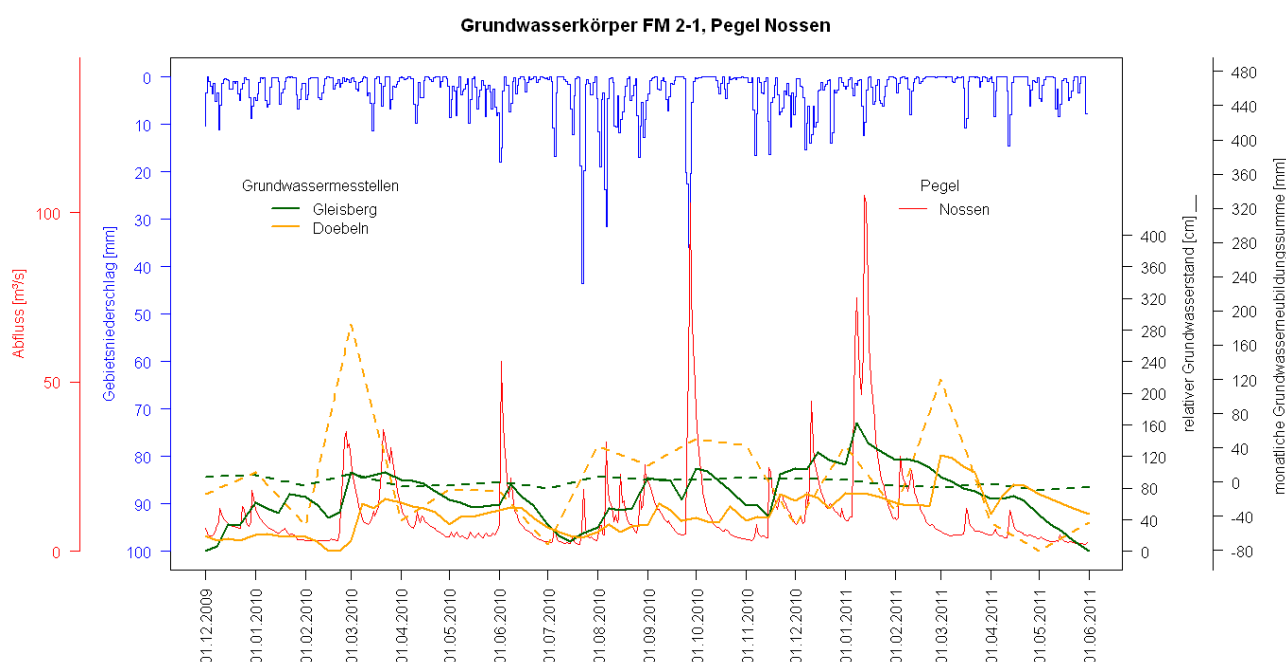


Abbildung 76: Grundwasserkörper FM 2-1, Grundwassermessstellen Gleisberg und Doebeln, Pegel Nossen/Freiberger Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Bezugspegel für die Messstellen im Grundwasserkörper FM 4-1 ist Pegel Lichtenwalde/Zschopau. Der Gebietsniederschlag und die Ganglinie am Pegel Lichtenwalde/Zschopau zeigen die Hochwasserereignisse Anfang August und Ende September 2010 und die Schneeschmelze Januar 2011 an (Abbildung 77).

An der Messstelle Chemnitz-Ebersdorf reagiert der Grundwasserstand auf das Ereignis Anfang August 2010 analog zum Pegel Lichtenwalde/Zschopau. Auch wenn das Ereignis Ende September 2010 in der Grundwasserstandsentwicklung nicht direkt nachvollziehbar ist, wird die Messstelle aufgrund der bei allen anderen Ereignissen erkennbaren Reaktion auf die Niederschlags- und Hochwasserereignisse Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet.

Der Grundwasserstand an der Messstelle Knobelsdorf steigt mit dem Ereignis Anfang August gar nicht und mit dem Ereignis Ende September schnell an. Anschließend sinkt der Grundwasserstand an dieser Messstelle langsam und erreicht Mitte Januar schließlich ihren maximalen Grundwasserstand im Untersuchungszeitraum (Typ 4 – „Misch“). Der Grundwasserstand der Messstelle Altmittweida reagiert schnell auf beide Ereignisse im August, jedoch nicht auf das Ereignis Ende September. Weil der Grundwasserstand jeweils schnell wieder absinkt, wird die Messstelle Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet. Die Grundwasserneubildungssumme schwankt für die einzelnen Monate an den Messstellen Knobelsdorf und Altmittweida weniger, an der Messstelle Chemnitz Ebersdorf stärker.

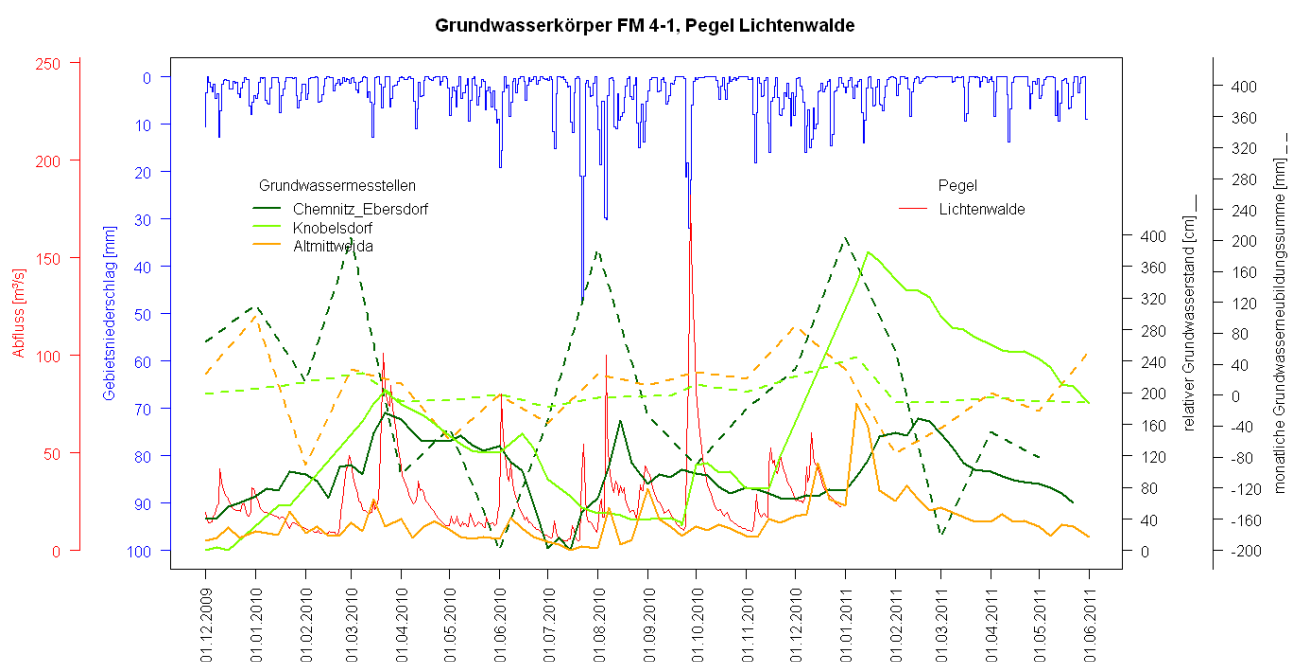


Abbildung 77: Grundwasserkörper FM 4-1, Grundwassermessstellen Chemnitz Ebersdorf, Knobelsdorf und Altmittweida, Pegel Lichtenwalde/Zschopau; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper FM 1 wurde der Messstelle Freiberg der Bezugspegel Berthelsdorf/Freiburger Mulde zugewiesen. Das Niederschlagsereignis Anfang August 2010 ist in der Pegelganglinie nicht sichtbar (Abbildung 78). Das Ereignis Ende September 2010 ist sowohl im Gebietsniederschlag als auch in der Pegelganglinie nachvollziehbar. Durch das Ereignis Ende September erhöht sich der Grundwasserstand nur noch leicht. Die Schneeschmelze zu Beginn des Jahres ist als Ereignis in der Pegelganglinie und im Grundwasserstand klar zu identifizieren. Nach dem Ereignis im Januar 2011 sinkt der Grundwasserstand an der Messstelle Freiberg schnell. Für diese Messstelle kann eine eingeschränkte Interaktion mit dem Bezugspegel festgestellt werden (Typ 4 – Misch).

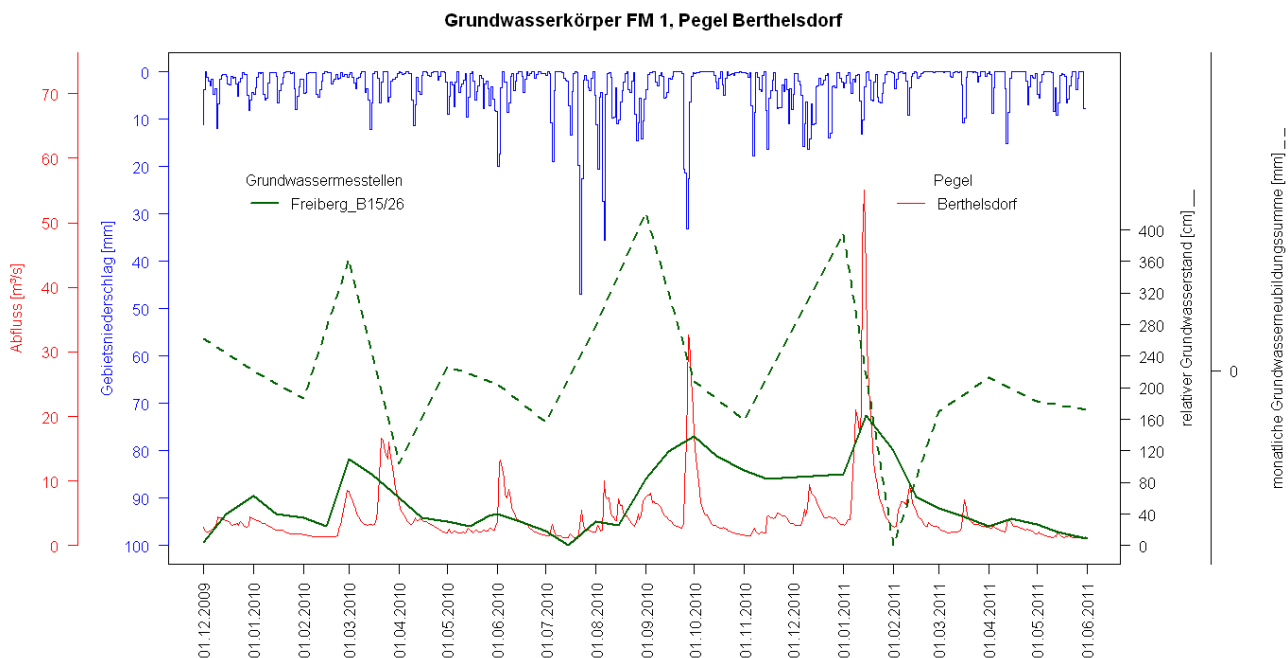


Abbildung 78: Grundwasserkörper FM 1, Grundwassermessstellen Freiberg B15/26, Pegel Berthelsdorf/Freiburger Mulde; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Flussgebiet Elbe

Die Messstelle Dahlenberg B72/1970 befindet sich im Grundwasserkörper EL 3-1. Der Messstelle wurde kein Bezugspegel zugeordnet. Daher erfolgt die Auswertung ausschließlich auf Basis der Grundwasserstandsentwicklung (Abbildung 79). Der Schwankungsbereich des Grundwasserstandes an der Messstelle Dahlenberg B72/1970 ist sehr gering (Typ 3 – „Null“). Die Grundwasserneubildung an der oberflächennahen Messstelle verhält sich bis Juli sehr typisch: Grundwasserneubildung im Winter und Zehrung vor allem ab Beginn der Vegetationsperiode. Auf den feuchten Sommer folgt jedoch im August eine anhaltende Phase von Grundwasserneubildung. Erst im Februar tritt wieder Zehrung, möglicherweise verursacht durch laterales Abfließen des Grundwassers, auf.

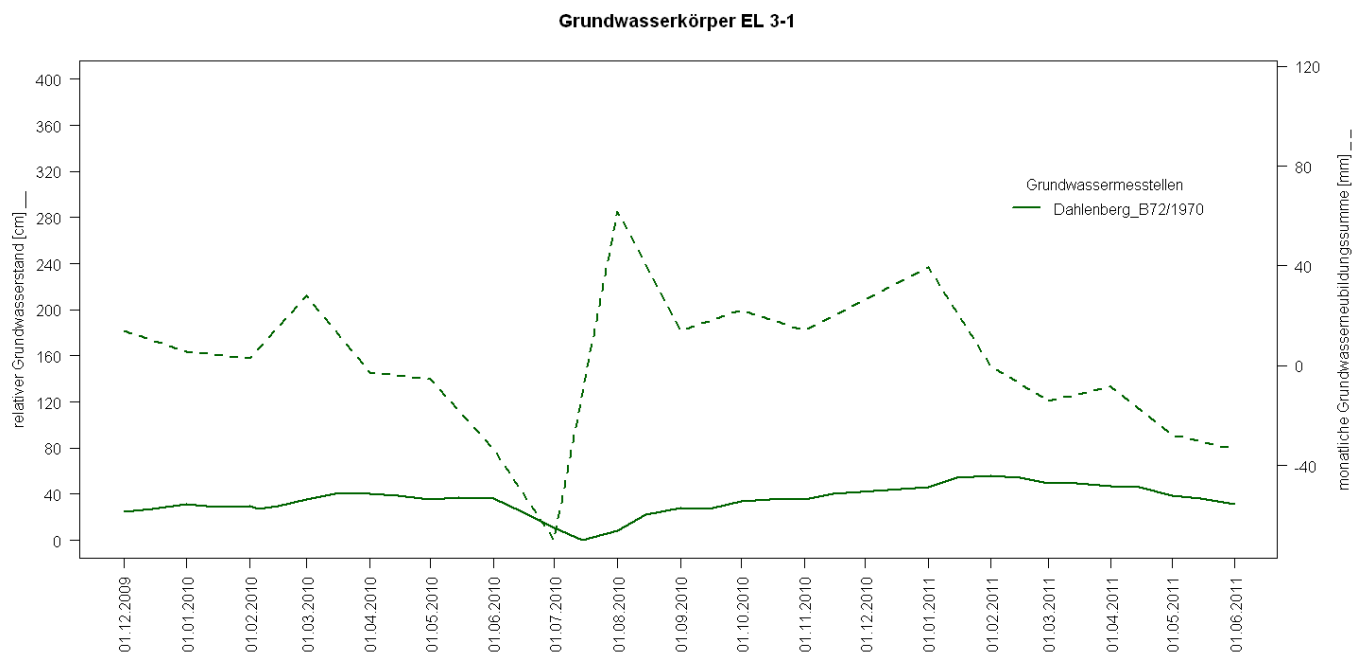


Abbildung 79: Grundwasserkörper EL 3-1, Grundwassermessstelle Dahlenberg B72/1979, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper EL 2-1 befindet sich die Messstelle Wildenhain B2/62. Pegel Torgau/Elbe liegt in diesem Grundwasserkörper und ist letzter Pegel an der Elbe auf sächsischem Gebiet. Die Ereignisse Anfang August 2010 und Ende September 2010 sind sowohl im Gebietsniederschlag als auch in der Pegelganglinie evident (Abbildung 80). Das Hochwasserereignis, das im Januar 2011 durch Schneeschmelze ausgelöst wurde, ist in der Pegelganglinie gut sichtbar.

Der Grundwasserstand an der Messstelle Wildenhain B2/62 steigt erst mit dem Ereignis Ende September 2010 (Abbildung 80). Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung für den Untersuchungszeitraum erreicht ihr Maximum im Oktober 2010. Im weiteren Verlauf steigt der Grundwasserstand bis Februar 2011 weiter an und sinkt anschließend nur geringfügig (Typ 2 – „Kumulation“).

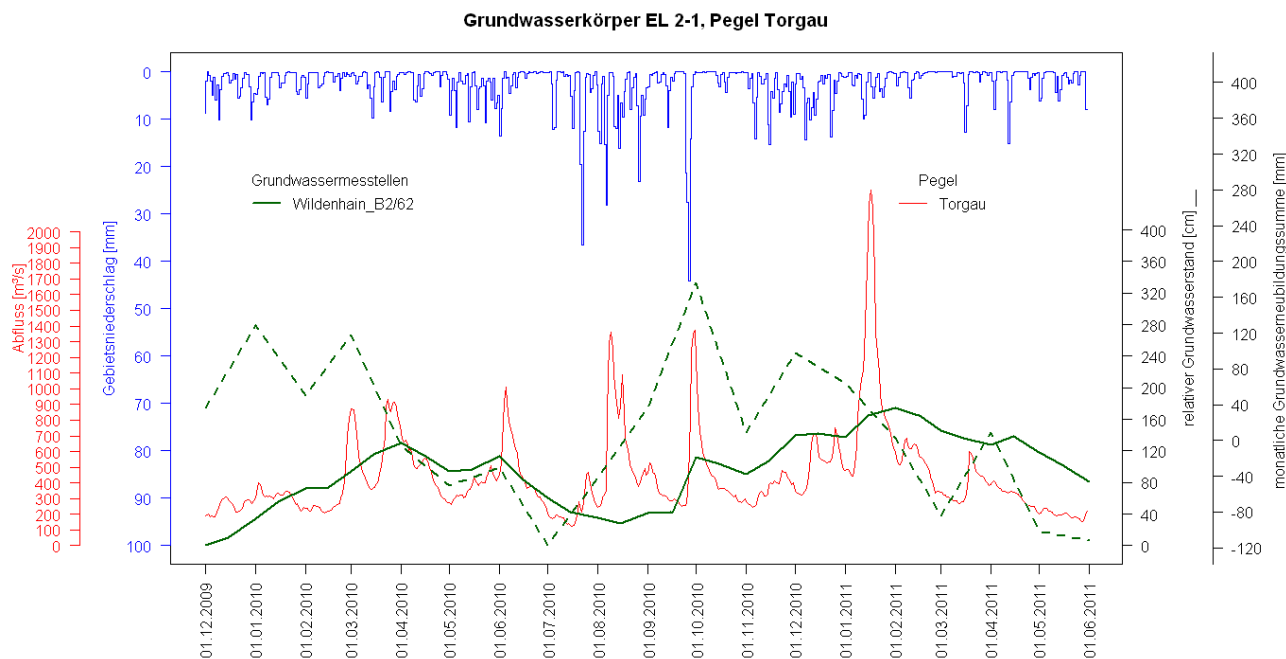


Abbildung 80: Grundwasserkörper EL 2-1, Grundwassermessstelle Wildenhain B2/62, Pegel Torgau/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstelle Röderau, Bwhs. im Grundwasserkörper EL 2-2 liegt unweit ihres Bezugspegels Riesa/Elbe. Wie bereits für den Pegel Torgau/Elbe festgestellt, sind die Ereignisse Anfang August und Ende September 2010 im Gebietsniederschlag und in der Pegelganglinie sichtbar, während die Schneeschmelze im Januar 2011 nur am Pegel erkennbar ist (Abbildung 81).

Der Grundwasserstand an der Messstelle Röderau Bwhs. steigt mit den Ereignissen im August und September 2010 jeweils an und sinkt anschließend nur minimal. Die Schneeschmelze im Januar 2011 führt zu einem weiteren deutlichen Anstieg des Grundwassers (Typ 2 – „Kumulation“). In den Monaten August 2010, Oktober 2010 und Januar 2011 findet Grundwasserneubildung mit teilweise sehr hohen Raten (maximal 277 mm im Januar 2011) statt.

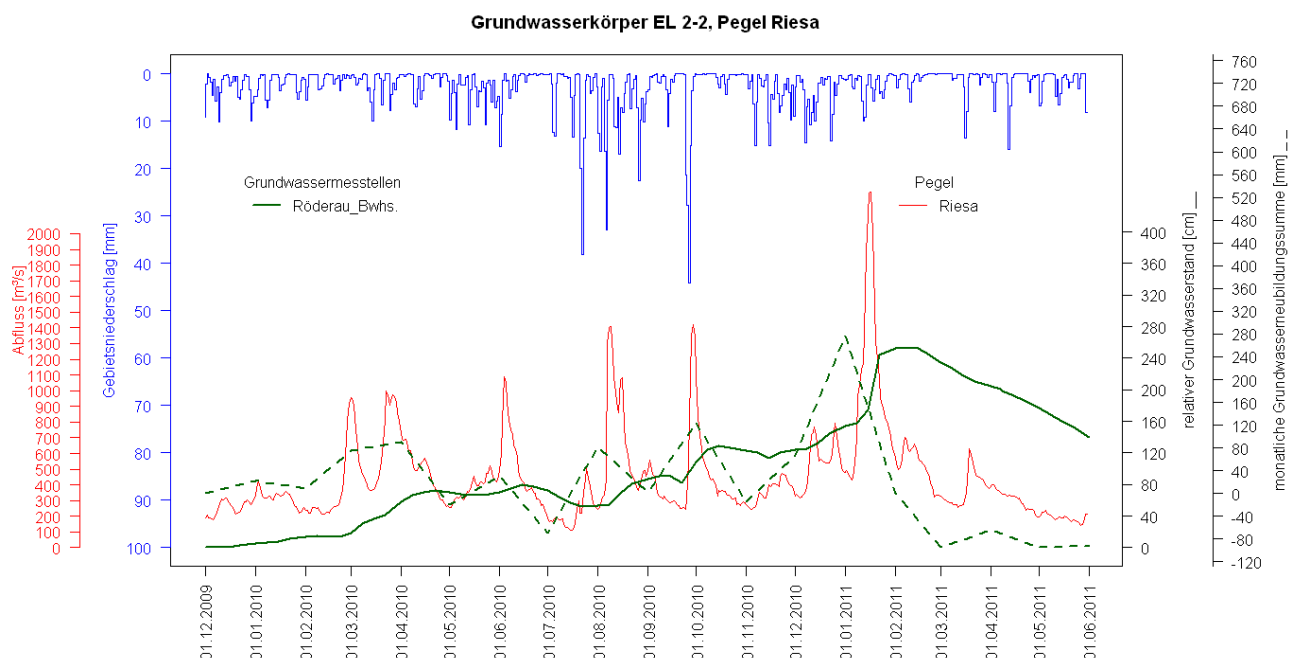


Abbildung 81: Grundwasserkörper EL 2-2, Grundwassermessstelle Röderau Bwhs., Pegel Riesa/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper EL 2-5+6 befinden sich insgesamt acht Grundwassermessstationen. Sie wurden den Pegeln Merzdorf/Döllnitz und Nebitzschen/Döllnitz zugeordnet. Das Einzugsgebiet der Döllnitz war von den beiden Hochwasserereignissen im August 2010 nicht stark betroffen, während das Ereignis Ende September 2010 und die Schneeschmelze im Januar 2011 am Pegel Merzdorf/Döllnitz gut sichtbar sind (Abbildung 82). Der Abfluss am Pegel Nebitzschen/Döllnitz weist Lücken auf (vgl. Kapitel 2.2, Plausibilitätsprüfung).

Die Grundwasserstände der Messstellen Bornitz und Abblä (Abbildung 82) steigen im Untersuchungszeitraum kontinuierlich an (Typ 2 – „Kumulation“). Die Grundwasserneubildung in Abblä ist ausgeglichen, in Bornitz findet im Februar 2011 Grundwasserneubildung statt. Grundwasserstand und Grundwasserneubildung an der Messstelle Schweta zeigen keine Dynamik (Typ 3 – „Null“). Der Grundwasserstand an der Messstelle Lampersdorf steigt im August 2010. Diese Beobachtung deckt sich nicht mit den Abflüssen an den Bezugspegeln, aber möglicherweise in kleineren Nebenflüssen. Nach einem Absinken des Grundwasserpegels Mitte September steigt der Grundwasserstand mit den Ereignissen Ende September wieder an. Im weiteren Verlauf erhöht sich der Grundwasserstand mit der Schneeschmelze und sinkt im trockenen Frühling 2011 wieder leicht. Die Messstelle Lampersdorf wird Typ 4 („Misch“) zugeordnet.

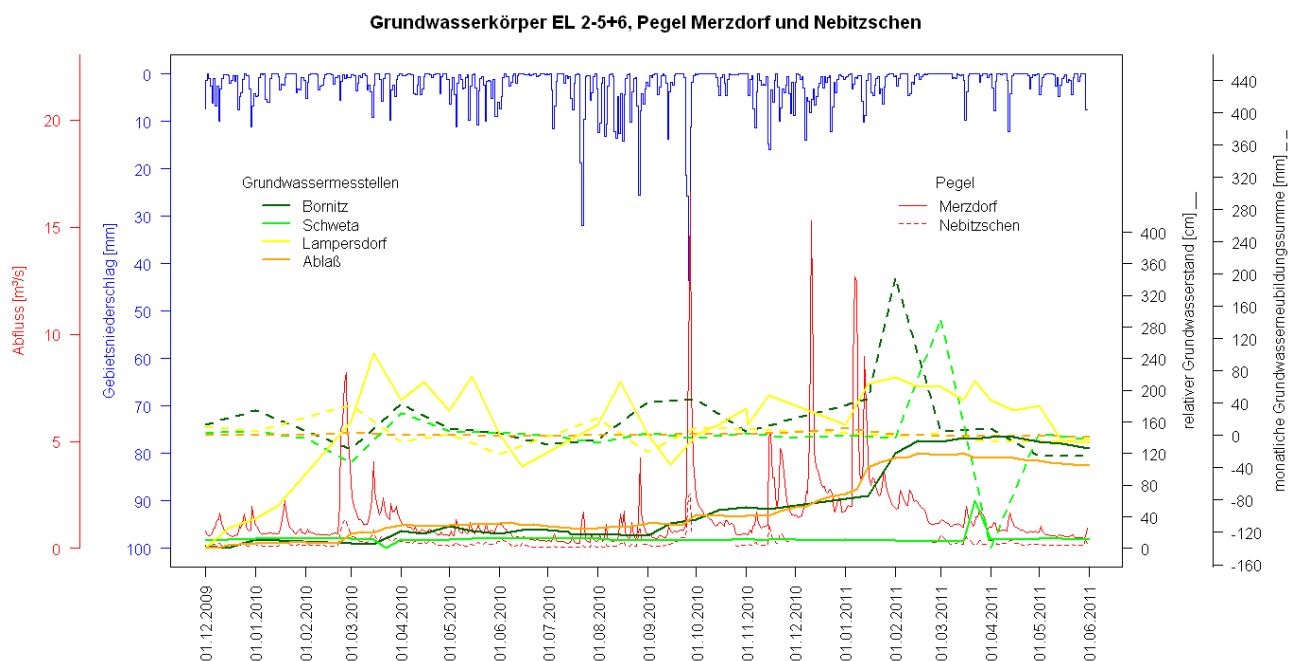


Abbildung 82: Grundwasserkörper EL 2-5+6, Grundwassermessstellen Bornitz, Schweta, Lampersdorf und Abblä, Pegel Nebitzschen/Döllnitz und Merzdorf/Döllnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die vier Messstellen Naundorf, Olganitz, Sörnewitz und Wermsdorf zeigen eine Interaktion mit dem Vorfluter (Abbildung 83). Für die drei Messstellen Sörnewitz, Naundorf und Olganitz ist diese Interaktion nur eingeschränkt zu bestätigen. Nach einem Anstieg des Grundwassers wie nach dem Ereignis Ende September 2010, sinkt der Grundwasserstand der Messstelle nicht auf den ursprünglichen Grundwasserstand zurück. Daher werden die Messstelle Sörnewitz, Naundorf und Olganitz Typ 4 („Misch“) zugeordnet. An der Messstelle Wermsdorf sinkt der Grundwasserstand nach den Ereignissen fast wieder auf das Niveau vor den Ereignissen zurück, die Messstelle wird Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet.

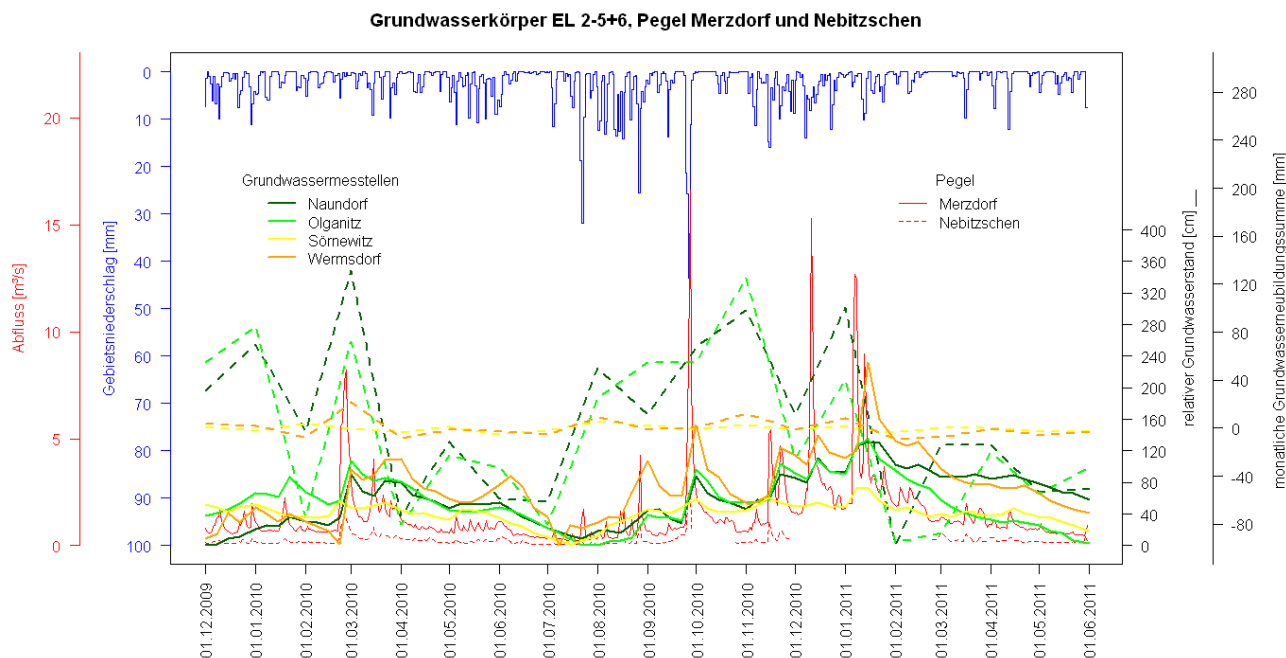


Abbildung 83: Grundwasserkörper EL 2-5+6, Grundwassermessstellen Olganitz, Sörnewitz, Naundorf und Wermsdorf, Pegel Nebitzschen/Döllnitz und Merzdorf/Döllnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper EL 2-4 befinden sich insgesamt fünf Messstellen. Sie wurden den Pegeln Seerhausen/Jahna und Ost-
rau/Jahna zugeordnet. Ähnlich wie an der Döllnitz waren die beiden Hochwasserereignisse im August 2010 an der Jahna nicht
evident, während das Ereignis Ende September 2010 und die Schneeschmelze im Januar 2011 an den Pegeln gut sichtbar sind
(Abbildung 84).

Die Grundwasserstände der Messstellen Stauchritz und Nickritz steigen über den Untersuchungszeitraum kontinuierlich an (Typ
2 – „Kumulation“). Der Grundwasserstand der Messstelle Leutewitz steigt ebenfalls kontinuierlich an und sinkt im trockenen
Frühjahr 2011 nur minimal ab (Typ 2 – „Kumulation“). Die Phasen von Grundwasserneubildung stimmen an den drei Stationen
überein. Die Messstelle Zschaitz zeigt für den Hochwasserzeitraum (August bis Oktober 2010) weder steigende noch sinkende
Grundwasserstände an (Typ 3 – „Null“). Die Messstelle Dörschnitz Hy Lmc 118/92 verzeichnet im Zusammenhang mit dem
Ereignis Ende September keinen steigenden, sondern sinkenden Grundwasserstand. Erst mit der Schneeschmelze steigt an
dieser Grundwassermessstation der Grundwasserstand in Analogie zur Pegelganglinie. Aufgrund der sinkenden Grundwasser-
stände im Zusammenhang mit dem Ereignis Ende September wird die Grundwassermessstation Typ 5 („Sonderfall“) zugeord-
net.

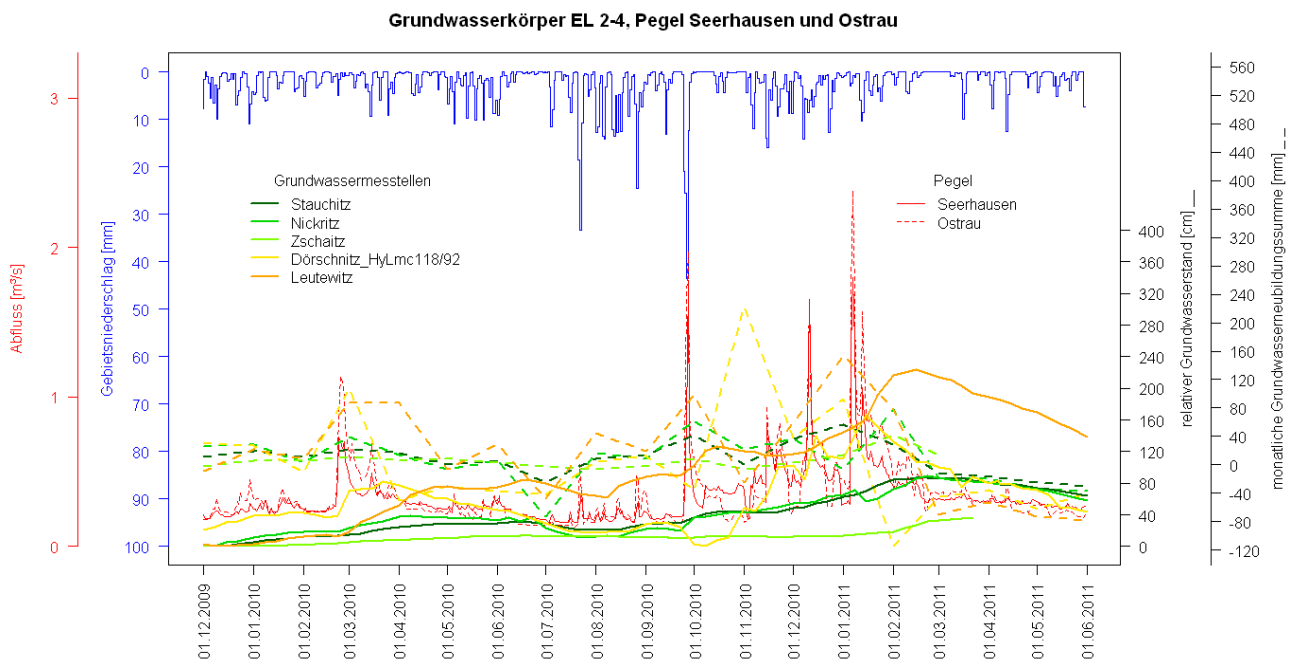


Abbildung 84: Grundwasserkörper EL 2-4, Grundwassermessstellen Stauchritz, Nickritz, Zschaitz, Dörschnitz Hy Lmc 118/92 und Leutewitz, Pegel Seerhausen/Jahna und Ostrau/Jahna; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Messstelle Medessen im Grundwasserkörper EL 2-3 sowie der Messstelle Kreyern im Grundwasserkörper EL 1-3 wurde kein Bezugspegel zugeordnet. Die Messstelle Medessen zeigt einen kurzzeitig erhöhten Grundwasserstand Anfang Oktober 2010 an. Mitte Januar/Anfang Februar 2011 erhöht sich der Grundwasserstand erneut (Abbildung 85). Die monatliche Grundwasserneubildungssumme ist im Januar deutlich positiv und im Februar deutlich negativ. Die Messstelle wird Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet. Der Grundwasserstand der Grundwassermessstation Kreyern verhält sich stark dynamisch und wird daher ebenfalls Typ 1 zugeordnet (Abbildung 86).

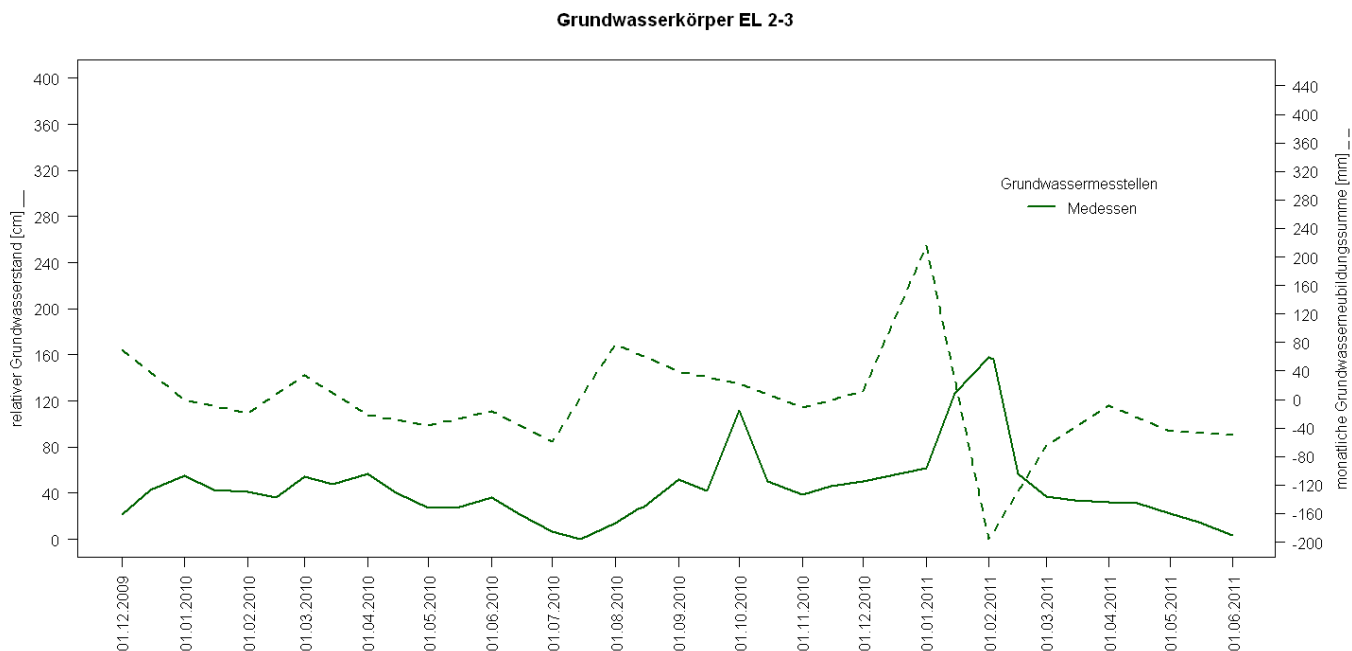


Abbildung 85: Grundwasserkörper EL 2-3, Grundwassermessstelle Medessen, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

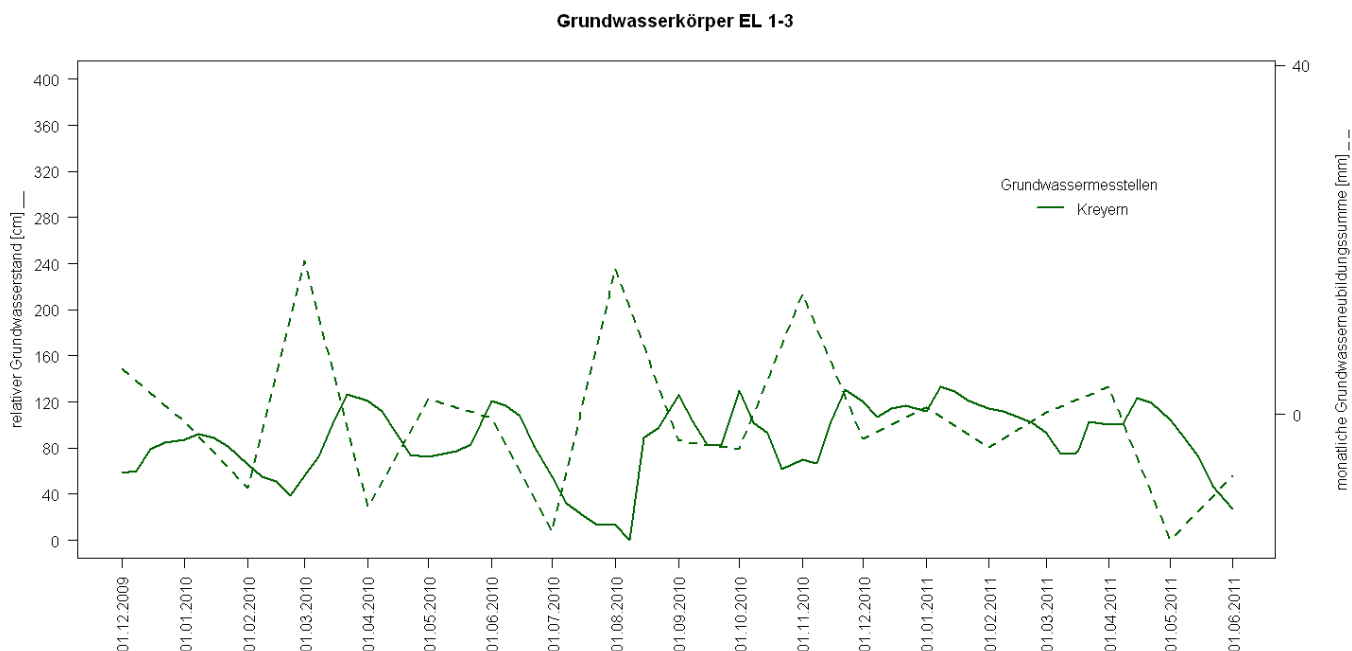


Abbildung 86: Grundwasserkörper EL 1-3, Grundwassermessstelle Kreyern, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstelle Dresden Stübelallee 2 befindet sich im Grundwasserkörper EL 1-1+2 nahe ihres Bezugspegels Dresden/Elbe. Im Einzugsgebiet von Dresden/Elbe ist das Ereignis Anfang August 2010 und Ende September 2010 im Niederschlag und im Abfluss deutlich sichtbar (Abbildung 87). Die Schneeschmelze im Januar 2011 ist in der Pegelganglinie deutlich sichtbar. Der Grundwasserstand an der Messstelle Dresden Stübelallee 2 steigt im Untersuchungszeitraum kontinuierlich bis Mitte Februar an. Anschließend setzt sich die ab Februar negative Grundwasserneubildung durch und der Grundwasserstand sinkt langsam (Typ 2 – „Kumulation“).

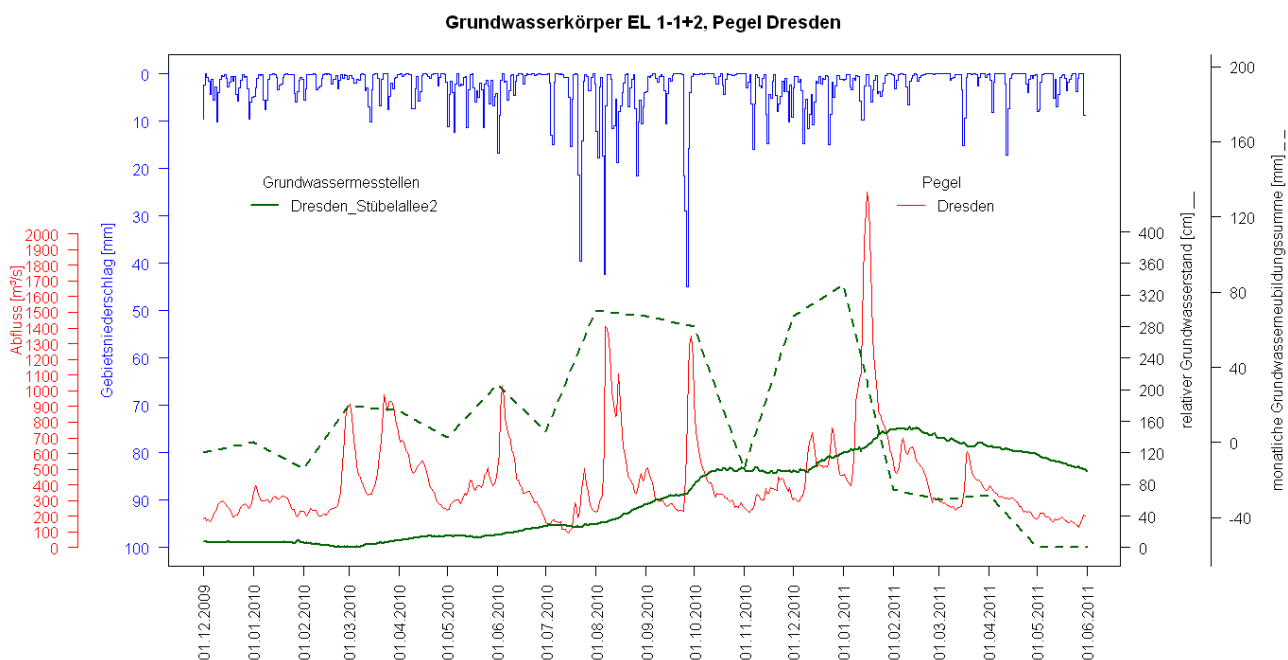


Abbildung 87: Grundwasserkörper EL 1-1+2, Grundwassermessstelle Dresden Stübelallee 2, Pegel Dresden/Elbe; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Messstelle Deutschenbora im Grundwasserkörper EL 1-10 wurde der Bezugspegel Rothschönberg/Triebisch zugeordnet. Im Untersuchungszeitraum (Winter 2010 bis Frühjahr 2011) liegen für den Pegel Rothschönberg/Triebisch keine Messungen vor. Die Auswertung der Grundwasserstandsentwicklung erfolgt daher auf Basis des Grundwasserstandes und des Gebietsniederschlages (Abbildung 88). Im Einzugsgebiet der Triebisch ist im Gebietsniederschlag insbesondere das Ereignis Ende September 2010 deutlich. Die Niederschlagsereignisse Anfang und Mitte August 2010 fallen weniger stark aus. Der Grundwasserstand der Messstelle Deutschenbora steigt ab Anfang August kontinuierlich an. Im Zusammenhang mit der Schneeschmelze steigt der Grundwasserstand sprunghaft weiter an. Zwischen den Ereignissen August/September 2010 und Januar 2011 sinkt der Grundwasserstand minimal. Die berechnete monatliche Grundwasserneubildung ist bis Januar 2011 positiv, danach negativ. Die Messstelle Deutschenbora kann eindeutig Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet werden.

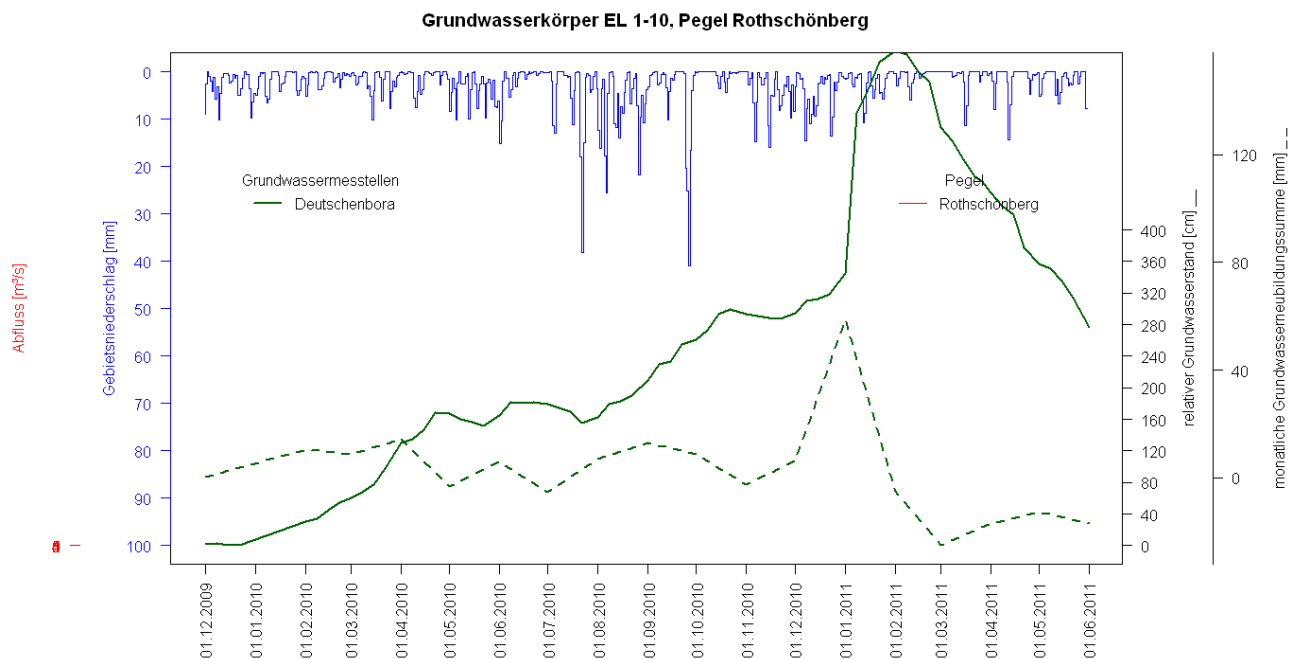


Abbildung 88: Grundwasserkörper EL 1-10, Grundwassermessstelle Deutschenbora, Pegel Rothschönberg/Triebisch; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper EL 1-4 liegt die Messstelle Rammenau. Der Gebietsniederschlag und die Ganglinie am Pegel Bischofs-
werda/Wesenitz zeigen insbesondere die Hochwasserereignisse Anfang August und Ende September 2010 und die Schnee-
schmelze Januar 2011 an (Abbildung 89). Der Grundwasserstand an der Messstelle Rammenau entwickelt sich analog zur
Pegelganglinie (Typ 1 – Interaktion). Grundwasserneubildung erfolgt hier vor allem Februar 2010 sowie im August 2010 und
Januar 2011. Fallende Grundwasserstände („Grundwasserzehrung“) sind vor allem im April 2010 und ab Februar 2011 zu beo-
bachten.

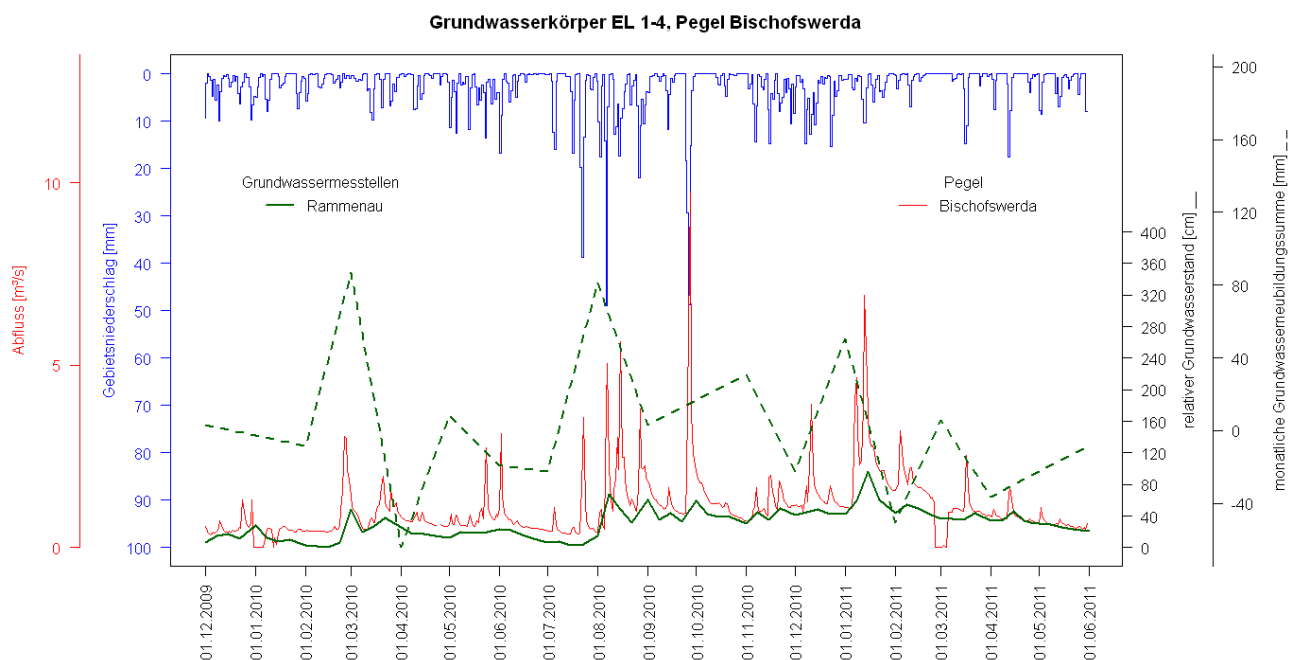


Abbildung 89: Grundwasserkörper EL 1-4, Grundwassermessstelle Rammenau, Pegel Bischofswerda/Wesenitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstelle Ulberndorf liegt mit ihrem Bezugspegel Dippoldiswalde/Rote Weißeritz im Grundwasserkörper 1-9. Im Einzugsgebiet der Roten Weißeritz sind die Niederschlagsereignisse Anfang August 2010 und Ende September 2010 gut erkennbar. Am Pegel Dippoldiswalde führt insbesondere das Ereignis Ende September 2010 und die Schneeschmelze Januar 2011 zu hohen Abflüssen (Abbildung 90). Die Messstelle Ulberndorf interagiert stark mit dem Vorfluter (Typ 1).

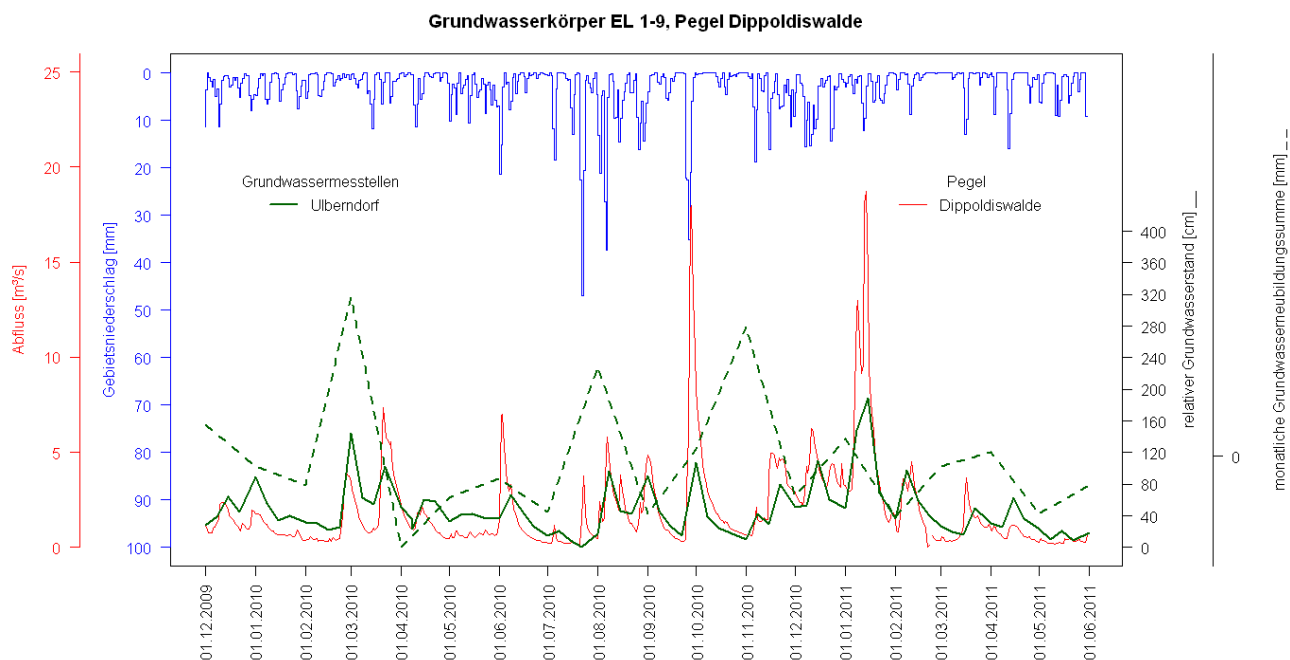


Abbildung 90: Grundwasserkörper EL 1-9, Grundwassermessstelle Ulberndorf, Pegel Dippoldiswalde/Rote Weißeritz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Messstelle Schlottwitz im Grundwasserkörper EL 1-8 wurde kein Bezugspegel zugeordnet. Der Schwankungsbereich des Grundwasserstandes an der Messstelle ist zwar gering, dabei aber dynamisch. Er wird daher Typ 1 zugeordnet.

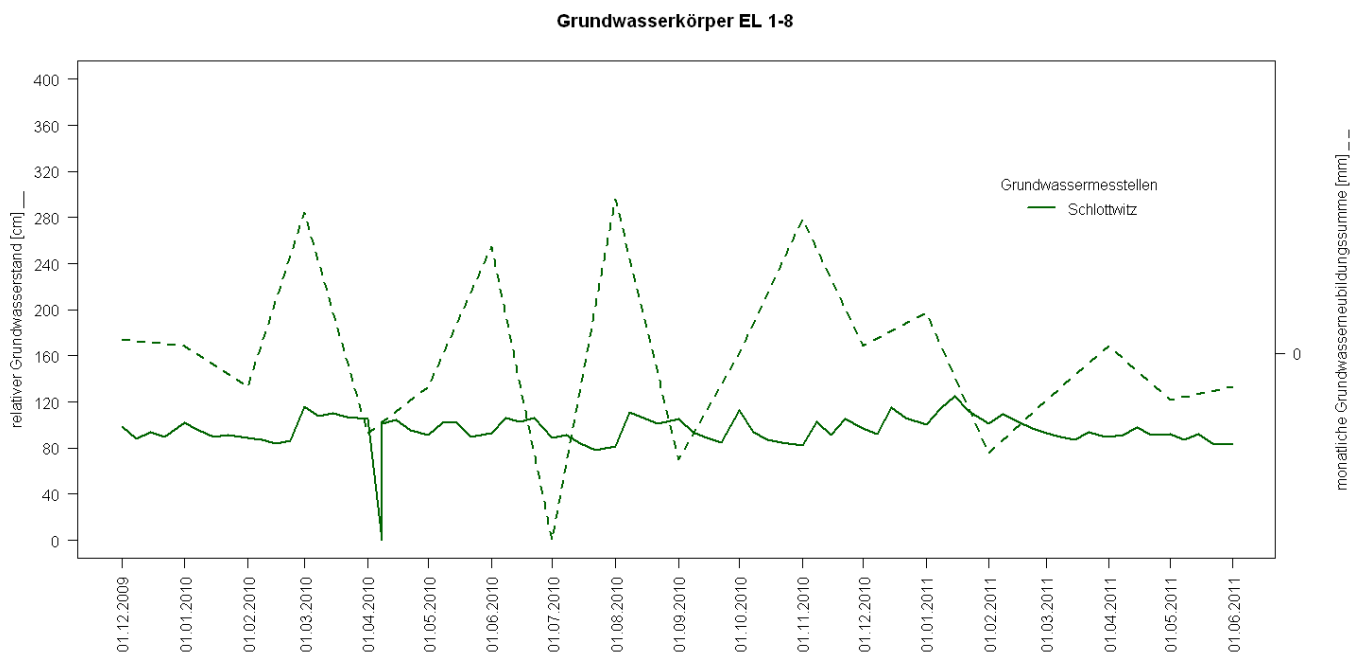


Abbildung 91: Grundwasserkörper EL 1-8, Grundwassermessstelle Schlottwitz, kein Pegel; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Messstelle Polenztal, Hy Sca 1/82,5.GWB im Grundwasserkörper EL 1-6-1 wurde der Bezugspegel Porschdorf/Lachsbach zugeordnet. Im Untersuchungszeitraum (Winter 2010 bis Frühjahr 2011) liegen für den Pegel Porschdorf/Lachsbach keine Messungen vor. Die Auswertung der Grundwasserstandsentswicklung erfolgt daher auf Basis des Grundwasserstandes und des Gebietsniederschlages (Abbildung 92). Im Einzugsgebiet des rechtsseitigen Zuflusses zur Elbe sind insbesondere das Niederschlagsereignis Anfang August und Ende September 2010 deutlich. Die Messstelle Polenztal, Hy Sca 1/82,5.GWB zeigt erst nach diesen Ereignissen einen kontinuierlich steigenden Grundwasserstand an. So ist die Grundwasserneubildung erst für den Monat November positiv (Typ 2 - Kumulation).

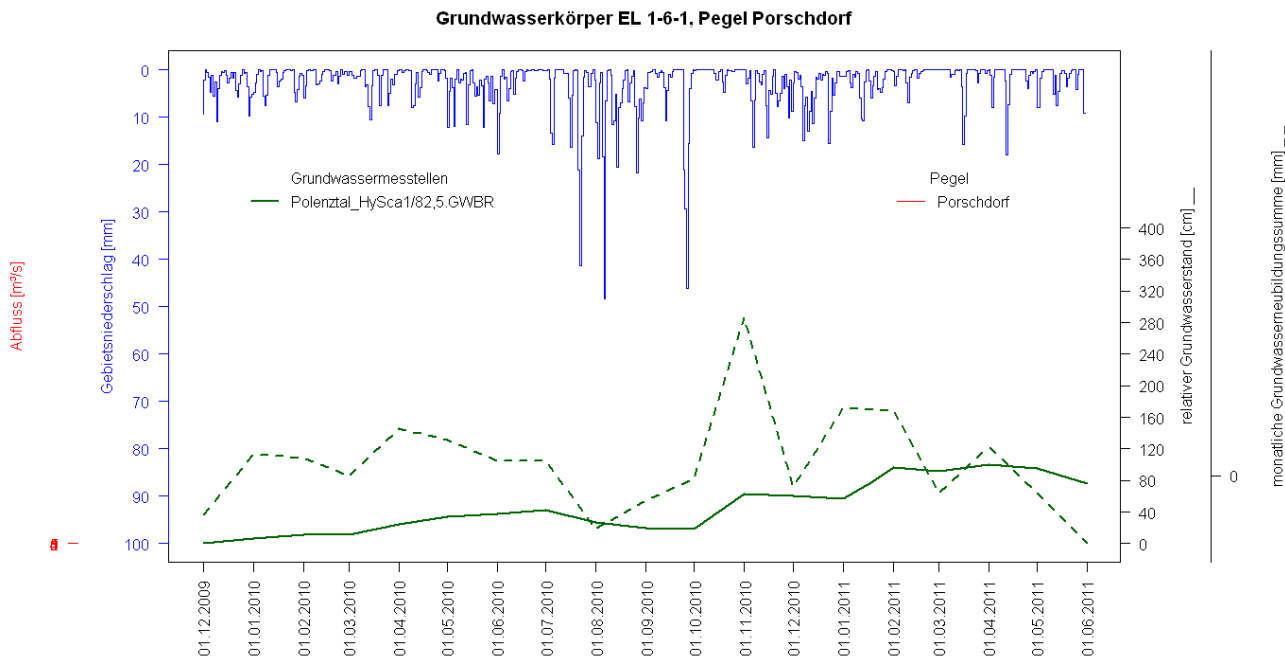


Abbildung 92: Grundwasserkörper EL 1-6-1, Grundwassermessstelle Polenztal Hy Sca 1/82, 5.GWB, Pegel Porschdorf/Lachsbach; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstelle Neukirch liegt im Grundwasserkörper EL 1-5. Weil die Messstelle sich im Flusseinzugsgebiet der Wesenitz (Grundwasserkörper EL 1-4) befindet, sind in Abbildung 93 der Abfluss und der Gebietsniederschlag für den Pegel Bischofs-
werda dargestellt. Der Gebietsniederschlag und die Ganglinie am Pegel Bischofswerda/Wesenitz zeigen insbesondere die Hochwasserereignisse Anfang August und Ende September 2010 und die Schneeschmelze Januar 2011 an (Abbildung 93). Die Messstelle Neukirch zeigt in Analogie zum Pegel Bischofswerda/Wesenitz steigende bzw. fallende Grundwasserstände an (Typ 1 – „Interaktion“). Die Grundwasserneubildung ist für den August 2010 und Januar 2011 positiv.

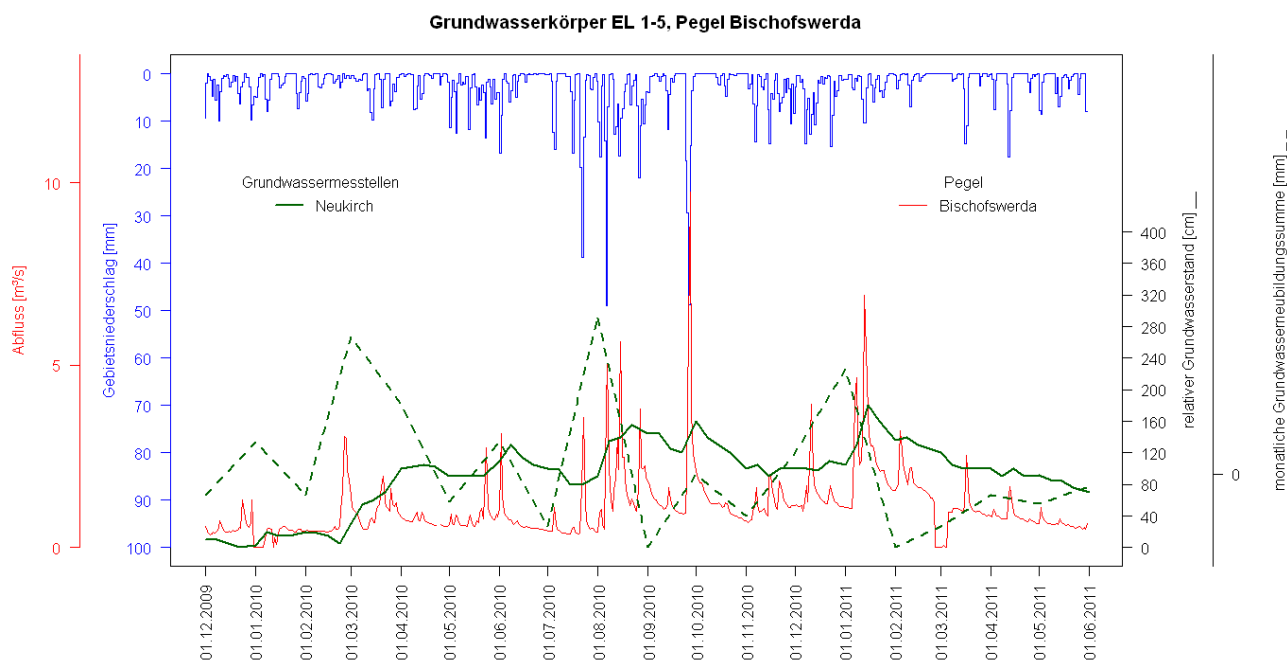


Abbildung 93: Grundwasserkörper EL 1-5, Grundwassermessstelle Neukirch, Pegel Bischofswerda/Wesenitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Flussgebiet Schwarze Elster

Die Messstellen Bauda und Spansberg Schule liegen im Grundwasserkörper SE 3-1. Ihnen wurden zwei Bezugspegel zugeordnet: Zabeltitz 1/Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder. Der Abfluss wird entscheidend durch das Speicherverbundsystem Radeburg beeinflusst. Darüber hinaus hat das Gabelwehr Zabeltitz großen Einfluss auf das Abflussgeschehen. Durch das Gabelwehr Zabeltitz wird die Große Röder in Große Röder, Kleine Röder und Geißlitz dreigeteilt (LTV Sachsen 2005). Daher wurde die Grundwasserstandsentwicklung vor allem mithilfe des Gebietsniederschlags und weniger mithilfe der Pegelganglinien ausgewertet (Abbildung 94). Im Gebietsniederschlag für das Einzugsgebiet der Großen Röder ist das Ereignis Ende September 2010 besonders deutlich. In Sachsen war vor allem die Große Röder Schwerpunkt des Hochwasserereignisses (LfULG 2010a).

Der Grundwasserstand der Messstelle Bauda steigt ab August kontinuierlich an (Abbildung 94). Ein deutlicher Grundwasseranstieg an der Messstelle wird Anfang Februar (hohe Grundwasserneubildung im Februar) verzeichnet. Grundsätzlich sinkt der Grundwasserstand in Bauda zögerlich (Typ 2 – „Kumulation“). Im Grundwasserstand der Messstelle Spansberg Schule ist eine Dynamik feststellbar, die auf eine Interaktion (Typ 1) mit dem Vorfluter schließen lässt, so sinken die Grundwasserstände nach dem Hochwasserereignis im September 2010 schnell wieder ab.

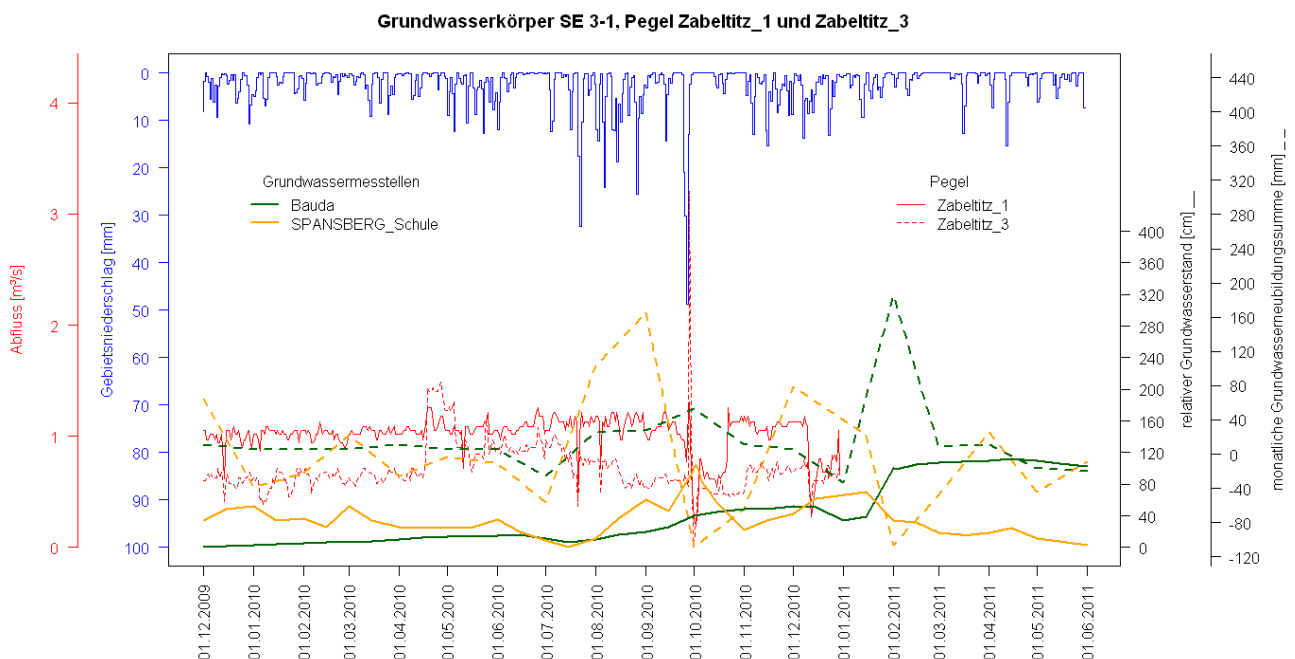


Abbildung 94: Grundwasserkörper SE 3-1, Grundwassermessstellen Bauda und Spansberg Schule, Pegel Zabeltitz 1/ Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Messstellen Walda und Oelsnitz befinden sich im Grundwasserkörper SE 3-1. Weil im Bereich Zabeltitz 3 Grundwasserkörper einander angrenzen, wurden diesem Grundwasserkörper wie dem Grundwasserkörper SE 3-1 die Bezugspegel Zabeltitz 1/ Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder zugewiesen. Aufgrund der Wassernutzung wurden die Grundwasserstände vor allem mithilfe des Gebietsniederschlages ausgewertet (Abbildung 95).

Die Grundwasserstände beider Messstellen (Walda und Oelsnitz) steigen im Zusammenhang mit dem Ereignis Ende September 2010 sprunghaft an. Erst im Februar 2011 ist die Grundwasserneubildung an den Messstellen Walda und Oelsnitz negativ und die Grundwasserstände sinken. Beide Messstellen werden Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet.

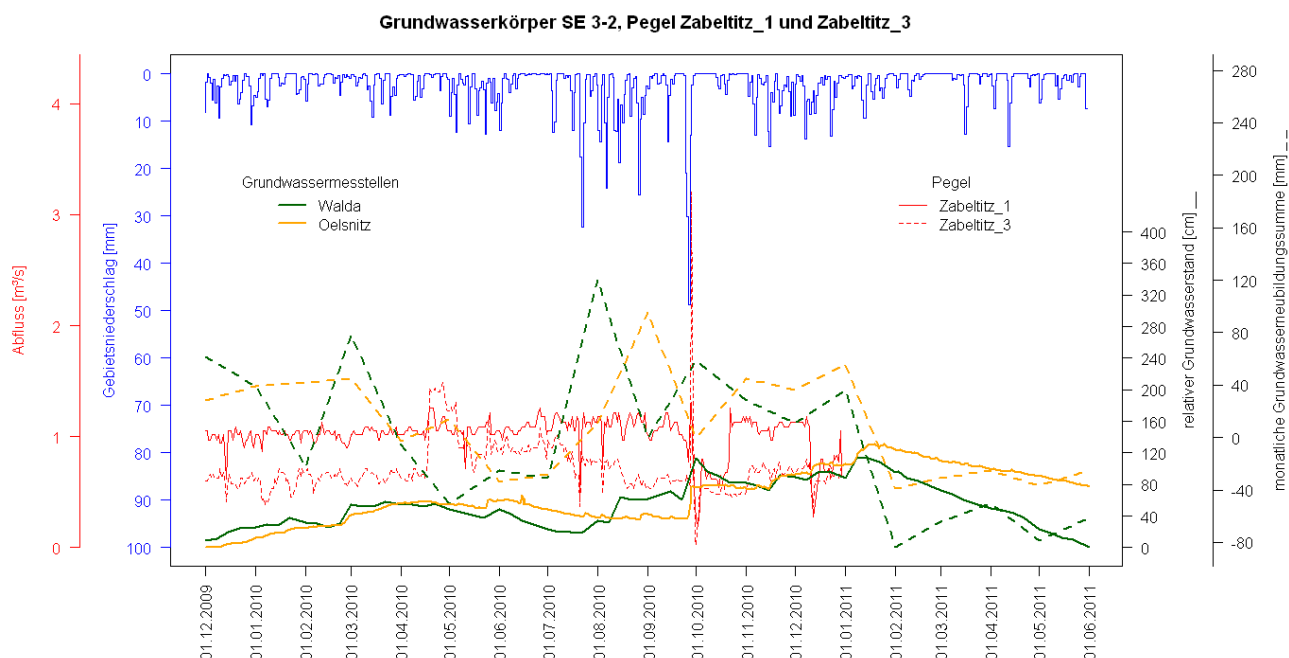


Abbildung 95: Grundwasserkörper SE 3-1, Grundwassermessstellen Walda und Oelsnitz, Pegel Zabeltitz 1/Große Röder und Zabeltitz 3/Kleine Röder; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Dem Grundwasserkörper SE 2-1 wurde der Bezugspegel Königsbrück/Pulsnitz zugewiesen. In diesem Grundwasserkörper liegen die Messstellen Laußnitz W1, Böhla und Frauenhain. Das Ereignis Ende September 2010 ist im Gebietsniederschlag und in der Pegelganglinie besonders evident (Abbildung 96).

Während der Grundwasserstand der Messstelle Laußnitz W 1 im Untersuchungszeitraum bis Februar 2011 kontinuierlich ansteigt und anschließend nur zögerlich absinkt (Typ 2 – „Kumulation“), steht die Messstelle Frauenhain offenbar in Interaktion mit dem Vorfluter (Typ 1). Die Grundwasserneubildung der Messstelle Laußnitz W1 ist im März deutlich negativ. Aufgrund der Interaktion mit dem Vorfluter wechseln sich an der Messstelle Monate mit positiver und negativer Grundwasserneubildung ab. Der Grundwasserstand der Messstelle Böhla verzeichnet im Zeitraum der drei großen Niederschlagsereignisse im August und September 2010 keinen Anstieg. Die monatliche Grundwasserneubildung der Messstelle ist nahezu im gesamten Untersuchungszeitraum Null. Anfang des Jahres 2011 steigt der Grundwasserstand an dieser Messstelle minimal, sie wird Typ 3 („Null“) zugeordnet.

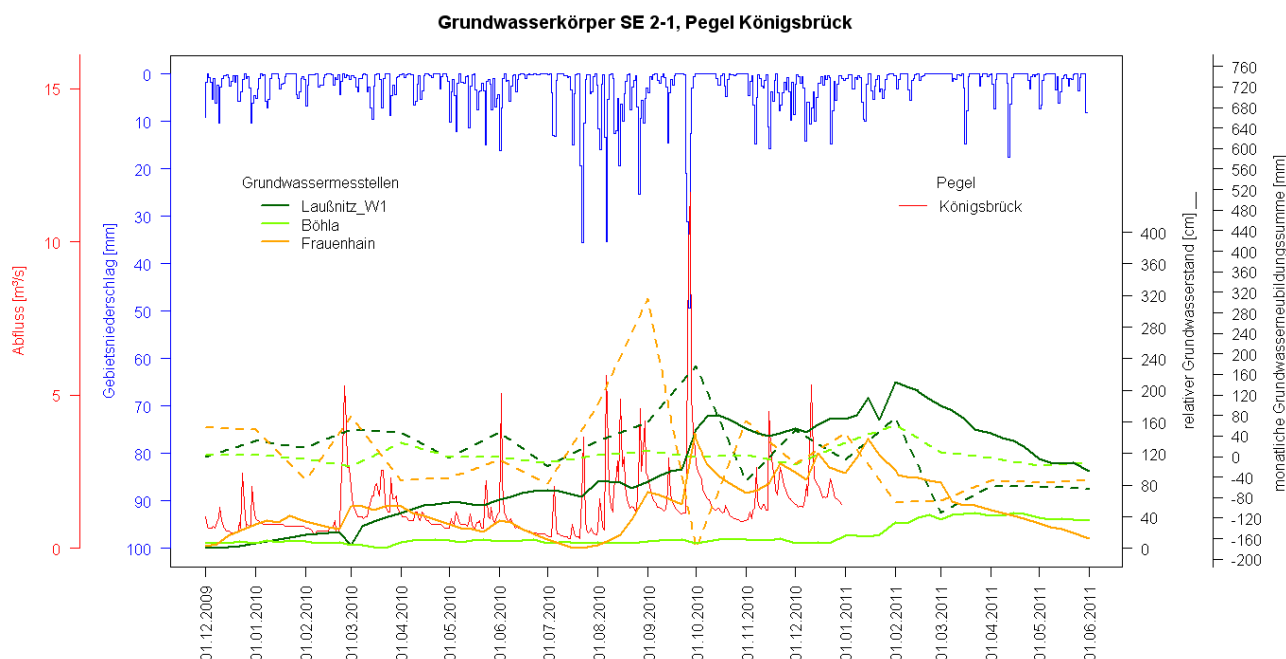


Abbildung 96: Grundwasserkörper SE 2-1, Grundwassermessstellen Laußnitz W1, Böhla und Frauenhain, Pegel Königsbrück/Pulsnitz; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SE 1-2 befinden sich insgesamt sechs Messstellen. Als Bezugspegel für diesen Grundwasserkörper wurden Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pitzschwitz/Langes Wasser und Schönau/Klosterwasser festgesetzt. Nur für den Pegel Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser liegen für den Untersuchungszeitraum (Winter 2010 bis Frühjahr 2011) Messwerte vor. Alle drei Niederschlagsereignisse (6./7. August, 15./16. August und 27. September 2010) sind in der Pegelganglinie Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser nachvollziehbar (Abbildung 97). Auch die Schneeschmelze zu Beginn des Kalenderjahres 2011 ist am Pegel Zescha sichtbar.

Die Grundwasserstände der Messstellen Luga Hy Koa 8/71 und Kleingaussig Hy Saf 8/70 steigen mit den Ereignissen langsam und kontinuierlich an (Abbildung 97). Im trockenen Frühjahr 2011 sinken die Grundwasserstände der beiden Messstellen nur zögerlich (Typ 2 – „Kumulation“). Der Grundwasserstand der Messstelle Neschwitz steigt im Zusammenhang der Ereignisse im August 2010 schnell an und verbleibt bis Februar 2011 auf dem erreichten Niveau. Anschließend sinkt der Grundwasserstand an der Messstelle Neschwitz langsam. Weil der Grundwasserstand zwischen den Ereignissen nicht absinkt, wird der Messstelle ebenfalls Typ 2 („Kumulation“) zugewiesen. Während die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung für die Messstellen Luga Hy Koa 8/71 und Kleingaussig Hy Saf 8/70 ausgeglichen ist, ergibt sich für die Messstelle Neschwitz aufgrund des schnellen Grundwasseranstiegs für den Monat August eine relativ hohe Grundwasserneubildung (218 mm).

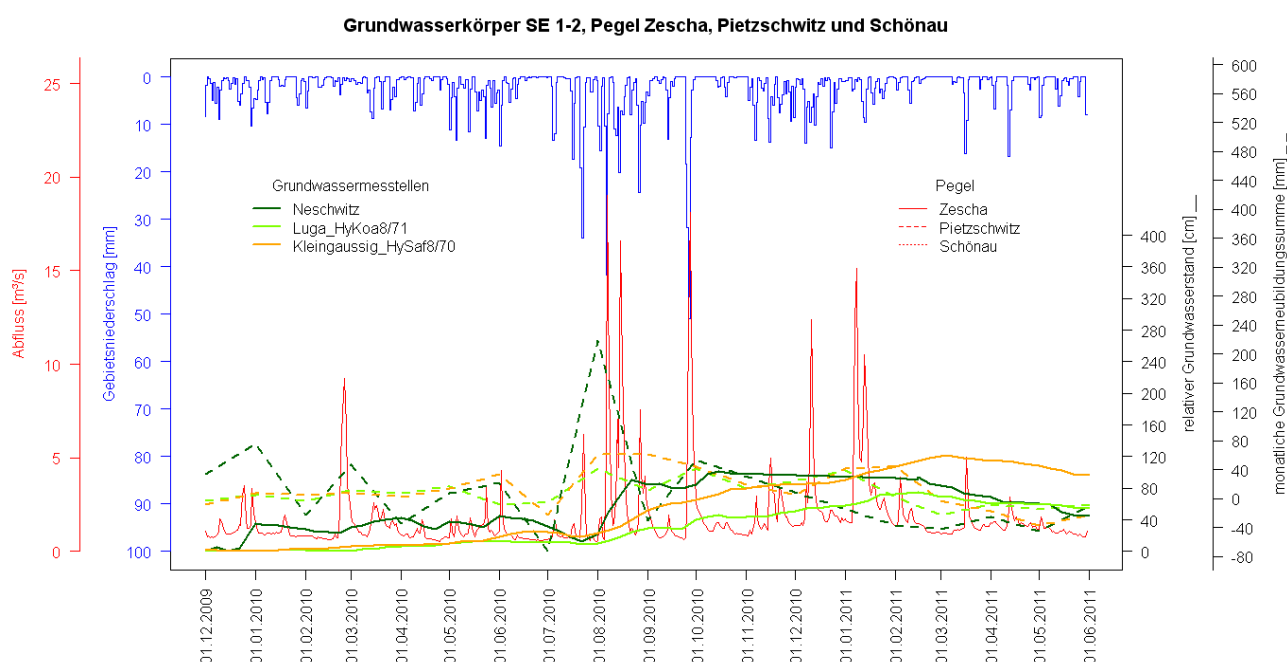


Abbildung 97: Grundwasserkörper SE 1-2, Grundwassermessstellen Neschwitz, Luga Hy Koa 8/71 und Kleingaussig Hy Saf 8/70, Pegel Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pitzschwitz/Langes Wasser und Schönau/Klosterwasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Grundwasserstand der Messstelle Leutwitz steigt mit den Ereignissen im August und September 2010 an, anschließend sinkt der Grundwasserstand nur geringfügig. Zum Ende des Jahres 2010 fällt der Grundwasserstand, steigt aber im Zusammenhang mit der Schneeschmelze sofort wieder an (Abbildung 98). Im trockenen Frühjahr zeigt die Messstelle langsam sinkende Grundwasserstände an (Typ 2 – „Kumulation“). Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung für die Messstelle Leutwitz ist ausgeglichen.

Die Messstelle Burkau zeigt in Analogie zur Pegelganglinie steigende und fallende Grundwasserstände an (Typ 1 – „Interaktion“). Ähnliches gilt für die Messstelle Cunnewitz: Der Grundwasserstand steigt im Zusammenhang mit dem Ereignis Anfang August 2010 schnell an. Vor dem Hochwasserereignis Ende September 2010 sinkt der Grundwasserstand leicht. Mit dem Hochwasserereignis Ende September 2010 steigt der Grundwasserstand wieder, im Anschluss daran fällt er wieder ab. Die Messstelle wird ebenfalls Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierten Grundwasserneubildungen der Messstellen Cunnewitz und Burkau verhalten sich ebenfalls sehr ähnlich, sie zeigen besonders hohe Neubildungsraten im August und im November 2010 (Abbildung 98).

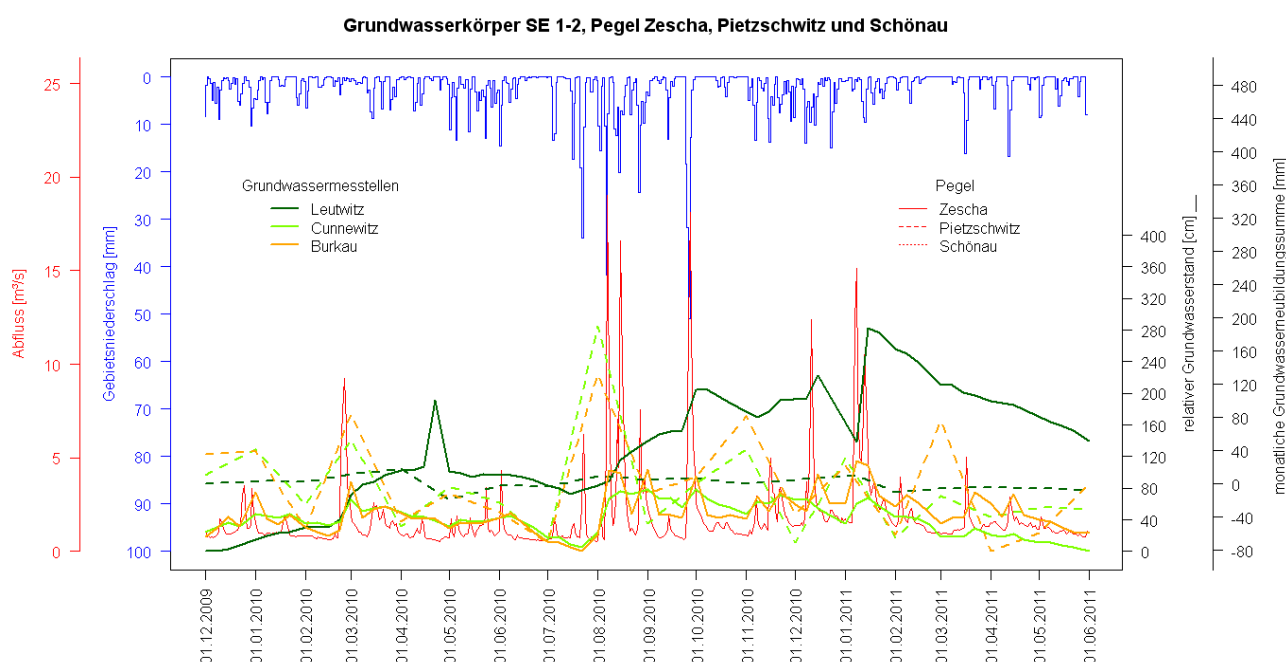


Abbildung 98: Grundwasserkörper SE 1-2, Grundwassermessstellen Leutwitz, Cunnewitz und Burkau, Pegel Zescha/Hoyerswerdaer Schwarzwasser, Pietzschwitz/Langes Wasser und Schönau/Klosterwasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Flussgebiet Spree

Im Grundwasserkörper SP 2-1 befinden sich insgesamt fünf Grundwasserstandsmessstellen. Ihnen wurden die Bezugspegel Hähnichen/Neugraben und Särichen/Weißer Schöps zugewiesen. In den Pegelganglinien sind die drei Hochwasserereignisse im August und September 2010 erkennbar (Abbildung 99).

Die Messstellen Spree und Mückenhain stehen in Interaktion mit dem Vorfluter. Die Grundwasserstände steigen und fallen mit dem Anlaufen und Abfallen der Pegelganglinie (Abbildung 99, Typ 1 – „Interaktion“). Während die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung an der Messstelle Mückenhain ausgeglichen ist, wechseln sich an der Messstelle Spree Phasen mit positiver und negativer Grundwasserneubildung ab.

Die Grundwasserstände der Messstellen Trebus und Geheege steigen im Zusammenhang mit dem Hochwasserereignis Anfang August 2010 sprunghaft an (Abbildung 99). Im Anschluss daran ist die Grundwasserneubildung an der Messstelle Geheege ausgeglichen, der Grundwasserstand ändert sich kaum. Der Grundwasserstand der Messstelle Biehain verzeichnet ab Anfang August 2010 langsam steigende Grundwasserstände. Die Grundwasserstände und die monatlich aufsummierten Grundwasserneubildungen der Messstellen Trebus und Biehain verhalten sich nach dem Ereignis Ende September ähnlich. Die Grundwasserstände an den beiden Messstellen sinken nur zögerlich. Alle drei Messstellen (Trebus, Biehain und Geheege) werden Typ 2 („Kumulation“) zugeordnet.

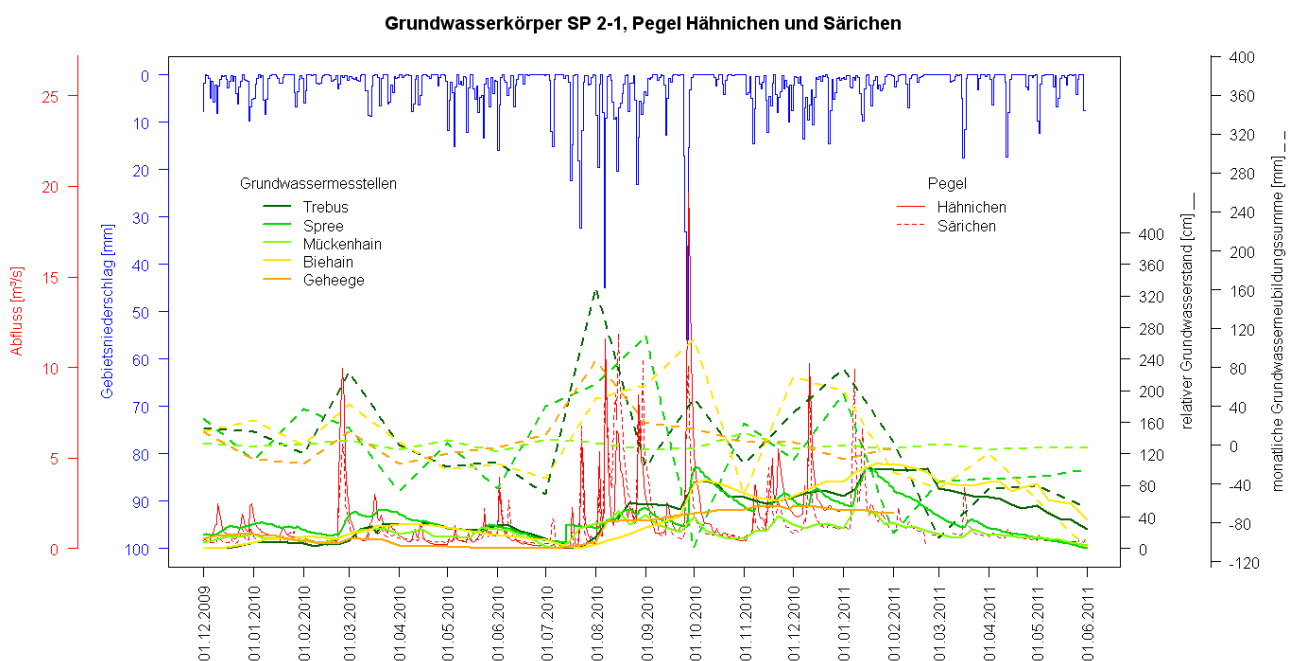


Abbildung 99: Grundwasserkörper SP 2-1, Grundwassermessstellen Trebus, Spree, Mückenhain, Biehain und Geheege, Pegel Hähnichen/Neugraben und Särichen/Weißer Schöps; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Den Messstellen Ebersbach und Crostau im Grundwasserkörper SP 1-1 wurde der Bezugspegel Schirgiswalde/Spree zugeordnet. Die Messreihe am Pegel reicht nur bis zum Jahresende 2009. Daher erfolgt die Auswertung der Grundwasserstandsentswicklung Mithilfe des Gebietsniederschlags. Im Gebietsniederschlag sind insbesondere das Ereignis Anfang August und Ende September 2010 ausgeprägt (Abbildung 100).

Während der Grundwasserstand der Messstelle Crostau sehr dynamisch steigt und fällt (Abbildung 100, Typ 1 – „Interaktion“), steigt der Grundwasserstand der Messstelle Ebersbach im Zusammenhang mit den Ereignissen im August und September 2010 und sinkt anschließend nur geringfügig. An der Messstelle Ebersbach wird bereits im März 2010 deutlich vor den Ereignissen August/September 2010 ein deutlicher Grundwasseranstieg verzeichnet. Bis zum trockenen Frühjahr 2011 verbleibt der Grundwasserstand mit leichten Schwankungen auf diesem Niveau. Weil alle anderen Grundwasserpegel des Typs „Kumulation“ erst ab August oder September akkumulieren, wird der Messstelle Ebersbach Typ 5 („Sonderfall“) zugeordnet.

Trotz der starken Dynamik an der Messstelle Crostau ist die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung ausgeglichen. An der Messstelle Ebersbach wird vor allem im August 2010 und Januar 2011 in der Summe Grundwasser neu gebildet. Vor allem im Februar 2011 ist die Grundwasserneubildung negativ.

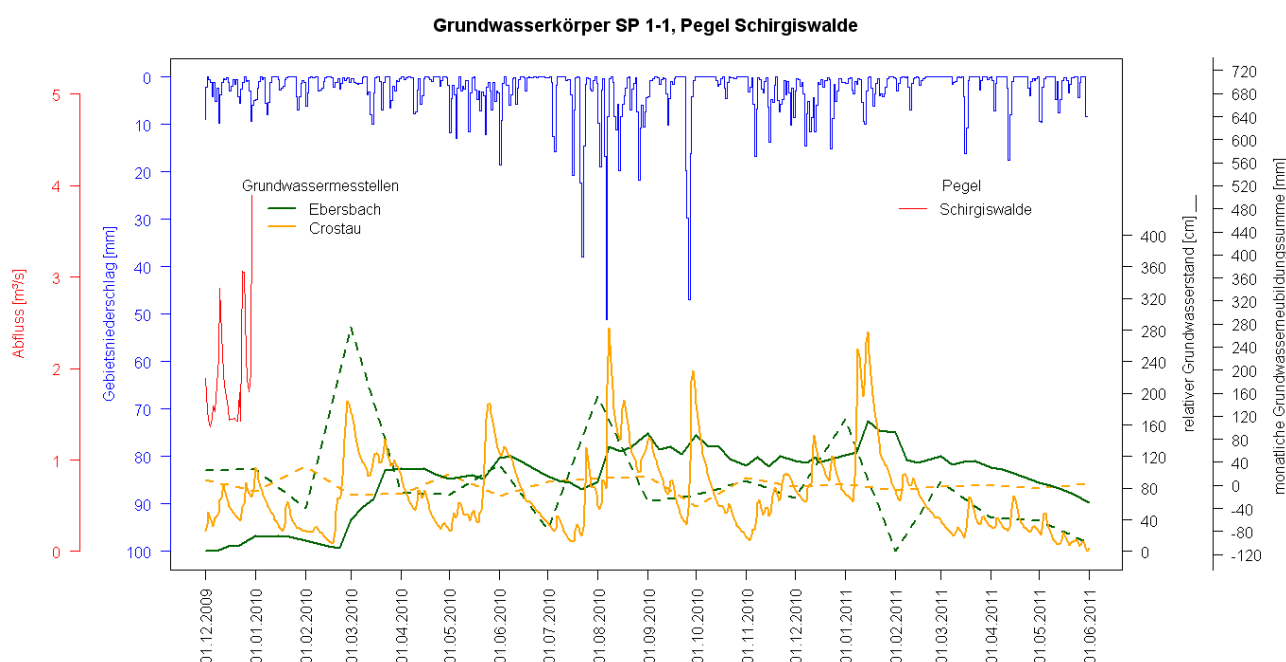


Abbildung 100: Grundwasserkörper SP 1-1, Grundwassermessstellen Ebersbach und Crostau, Pegel Schirgiswalde/Spree; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Im Grundwasserkörper SP 1-2 befinden sich insgesamt fünf Messstellen. Ihnen wurden mehrere Bezugspegel (Gröditz/Löbauer Wasser, Drehsa/Drehsaer Wasser, Wuischke/Wuischker Wasser und Großschweidnitz/Löbauer Wasser) zugeordnet. Die Messwerte des Pegels Gröditz/Löbauer Wasser erwiesen sich in der Plausibilitätsprüfung ab 2010 unplausibel, er wurde hier nicht berücksichtigt. Im Gebietsniederschlag und in den Pegelganglinien sind insbesondere das Ereignis Anfang August und Ende September 2010 erkennbar. Das Niederschlagsereignis Mitte August 2010 ist am Pegel Lieske/Spree ebenfalls sichtbar (Abbildung 101).

Die Grundwasserstände der Messstellen Hochkirch, Bischdorf und Eiserode steigen und fallen in Analogie mit der Pegelganglinie (Abbildung 101). Alle drei Messstellen werden Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet. Die monatlich aufsummierten Grundwasserneubildungen dieser Messstellen verhalten sich ähnlich. Die Messstelle Weißenberg verzeichnet nach Ablauf der Hochwasserwelle am Pegel Lieske/Spree ein schnelles Fallen des Grundwasserstandes. Für die Messstelle Weißenberg liegen keine Daten von Mitte Juli bis Ende September 2010 vor. Die Messstelle Weißenberg wird ebenfalls Typ 1 („Interaktion“) zugeordnet.

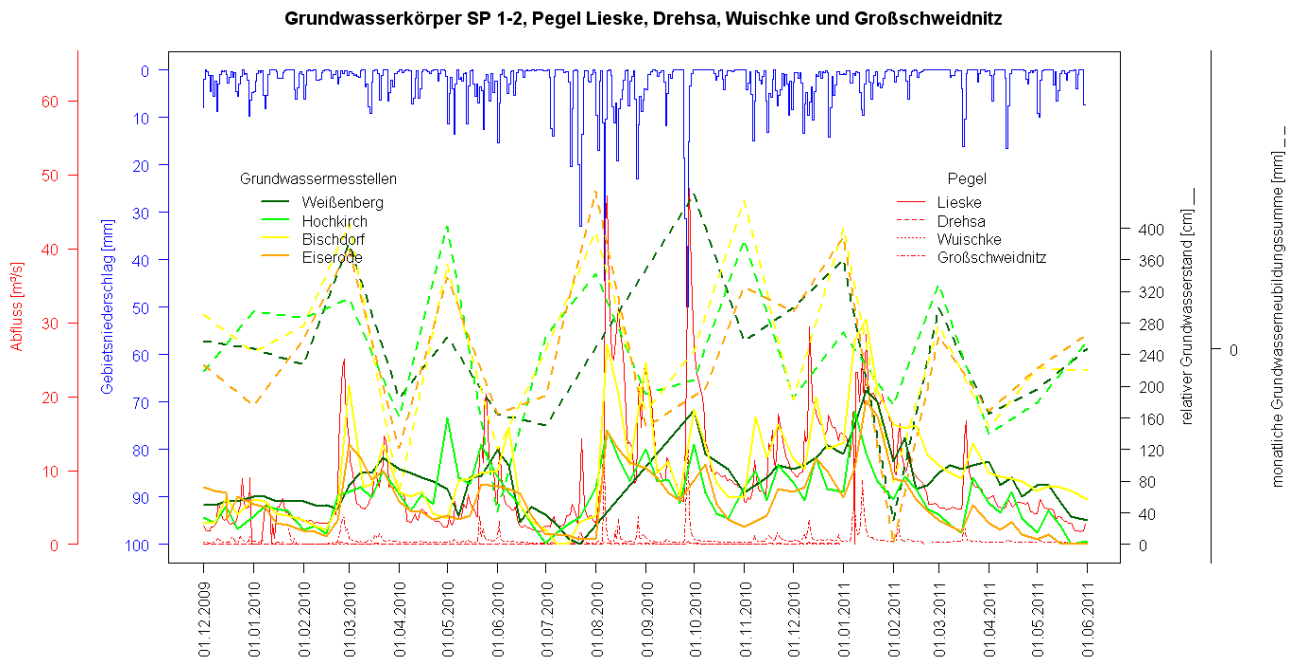


Abbildung 101: Grundwasserkörper SP 1-2, Grundwassermessstellen Weißenberg, Hochkirch, Bischdorf und Eiserode, Pegel Lieske/Spree, Gröditz/Löbauer Wasser, Drehsa/Drehsaer Wasser, Großschweidnitz/Löbauer Wasser und Wuischke/Wuischker Wasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Der Grundwasserstand der Messstelle Schönbach steigt im Untersuchungszeitraum kontinuierlich an (Abbildung 102, Typ 2 – „Kumulation“). Monate mit positiver Grundwasserneubildung sind August 2010 und Februar 2011. Die Grundwasserstände der Messstellen Neudorf und Glossen verzeichnen nach den Ereignissen im August und September 2010 jeweils ein langsames Sinken des Grundwasserstandes. Beide Messstellen werden Typ 4 („Misch“) zugeordnet. Während die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung der Messstelle Glossen ausgeglichen ist, hat die Messstellen Neudorf wie die Messstelle Schönbach Monate mit positiver Grundwasserneubildung (August, November 2010 und Februar 2011).

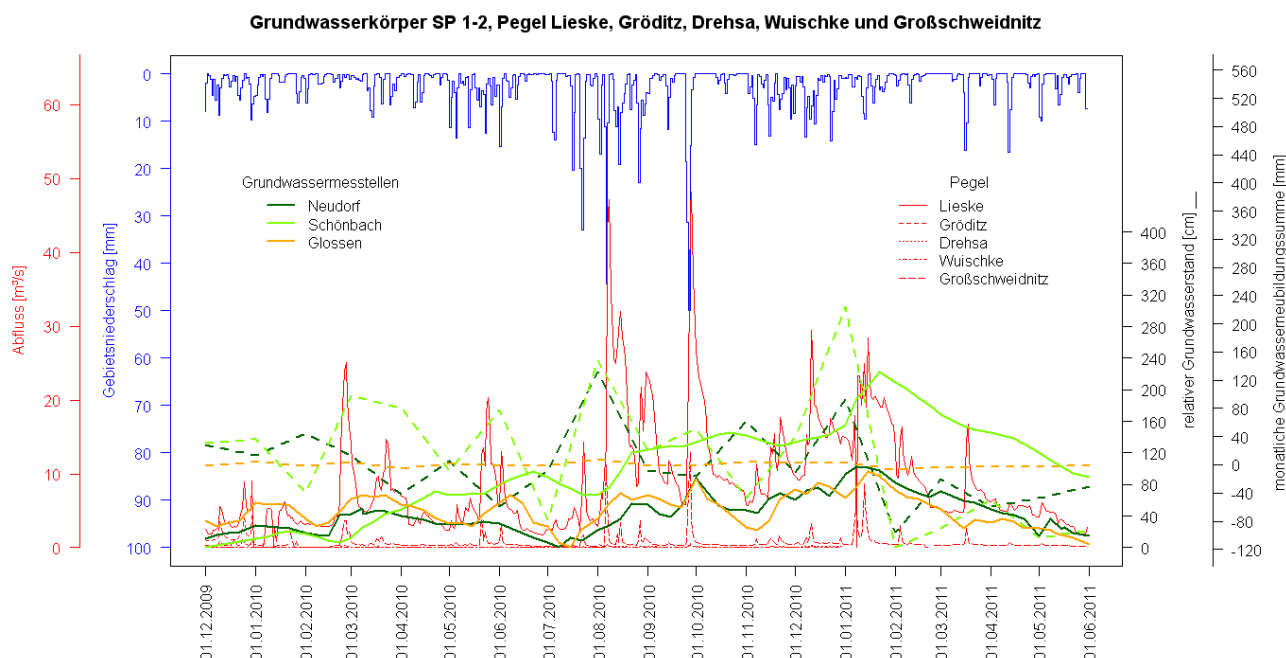


Abbildung 102: Grundwasserkörper SP 1-2, Grundwassermessstellen Neudorf, Schönbach und Glossen, Pegel Lieske/Spree, Gröditz/Löbauer Wasser, Drehsa/Drehsaer Wasser, Großschweidnitz/Löbauer Wasser und Wuischke/Wuischker Wasser; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Die Grundwassermessstellen Königshain, Ebersbach und Markersdorf befinden sich im Grundwasserkörper SP 2-2. Ihnen wurden die Bezugspegel Königshain/Königshainer Wasser und Holtendorf/Weißer Schöps zugewiesen. Im Gebietsniederschlag sind die Ereignisse Anfang August und Ende September 2010 gut sichtbar, in den Pegelganglinien ist insbesondere das Ereignis Ende September 2010 gut nachvollziehbar (Abbildung 103).

Die Grundwasserstände der Messstellen Königshain und Markersdorf verhalten sich ähnlich. Sie verzeichnen mit den Ereignissen im August und September 2010 einen schnellen Anstieg des Grundwasserstandes. Zwischen den Ereignissen sinken die Grundwasserstände nur geringfügig. Königshain und Markersdorf werden Typ 4 („Misch“) zugeordnet.

Der Grundwasserstand der Messstelle Ebersbach steigt mit den Ereignissen kontinuierlich an (Typ 2 – „Kumulation“). Erst im trockenen Frühjahr 2011 sinkt der Grundwasserstand wieder. Für alle drei Messstellen im Grundwasserkörper SP 2-2 ergab sich für den August 2010 eine positive Grundwasserneubildung.

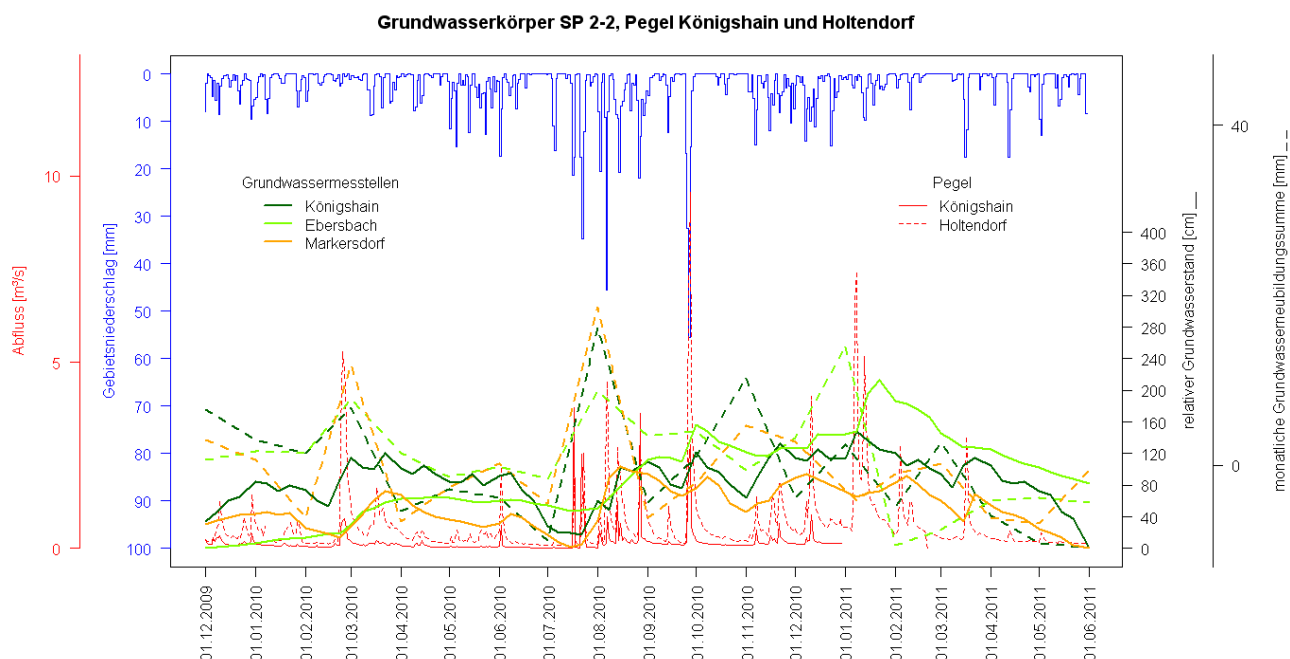


Abbildung 103: Grundwasserkörper SP 2-2, Grundwassermessstellen Königshain, Ebersbach und Markersdorf, Pegel Königshain/Königshainer Wasser und Holtendorf/Weißer Schöps; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

Flussgebiet Neiße

Im Grundwasserkörper NE 2 befinden sich die Messstellen Strahwalde und Dittelsdorf. Ihnen wurden die Bezugspegel Rosenthal/Lausitzer Neiße und Rennersdorf 1/Petersbach zugewiesen. Im Gebietsniederschlag sind die Ereignisse Anfang August und Ende September 2010 gut sichtbar (Abbildung 104). Die Zeitreihen beider Pegel weisen Lücken auf.

Während der Grundwasserstand der Messstelle Dittelsdorf im Untersuchungszeitraum kontinuierlich ansteigt (Typ 2 – „Kumulation“), verzeichnet die Messstelle Strahwalde mit den Ereignissen steigende und fallende Grundwasserstände (Typ 1 – „Interaktion“). Die monatlich aufsummierte Grundwasserneubildung an der Messstelle Dittelsdorf ist im Untersuchungszeitraum eher positiv. An der Messstelle Strahwalde folgt auf die positive Grundwasserneubildung im August 2010 eine negative Grundwasserneubildung im September 2010.

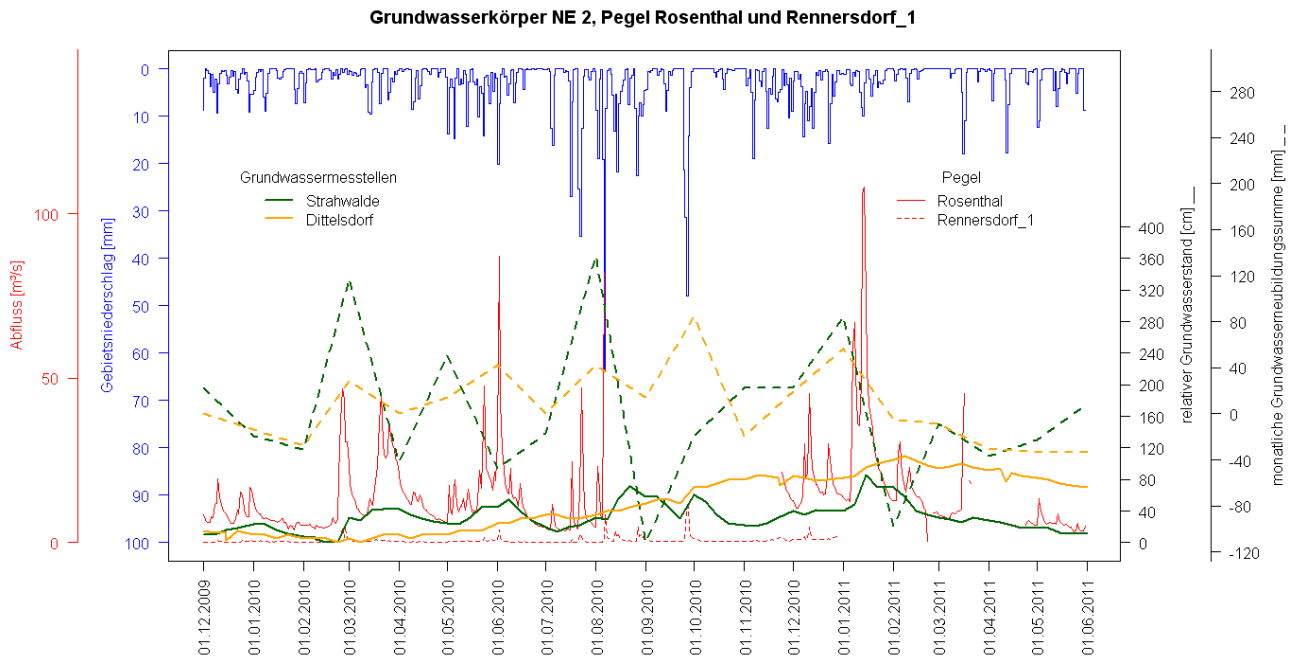


Abbildung 104: Grundwasserkörper NE 2, Grundwassermessstellen Strahwalde und Dittelsdorf, Pegel Rosenthal/Lausitzer Neiße und Rennersdorf 1/Petersbach; Entwicklung von Grundwasserstand und Grundwasserneubildung

9.5 Ausreißertest (Grundwasserstand)

Tabelle 18: Liste der Ausreißer an den Messstellen im Untersuchungsgebiet, MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
47390020	Thronitz	SAL GW 016	01.07.1967	164
47390020	Thronitz	SAL GW 016	01.01.1971	219
46390101	Schkeuditz	SAL GW 052	15.08.2005	152
46400047	Leipzig Holzhausen	SAL GW 052	01.10.1957	143
46400047	Leipzig Holzhausen	SAL GW 052	01.02.1985	198
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	08.11.1967	1776
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	11.02.1970	1720
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	08.09.1970	1701
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	18.04.1978	1756
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	07.04.1980	1759
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	20.04.1981	1718
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	25.10.1983	1756
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	10.04.1985	1762
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	30.10.1987	1808
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	12.04.1988	1759
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	10.04.1990	1766
46410041	Gerichshain	SAL GW 060	15.11.2008	1831
46410074	Brandis	SAL GW 060	01.05.1959	173
46410074	Brandis	SAL GW 060	01.02.1960	191
46410074	Brandis	SAL GW 060	22.06.1977	165
46410074	Brandis	SAL GW 060	08.02.1981	159
46410074	Brandis	SAL GW 060	01.08.1981	191
46410074	Brandis	SAL GW 060	15.04.2008	149
46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	SAL GW 060	01.07.1936	270
46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	SAL GW 060	01.06.1941	109
46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	SAL GW 060	01.02.1953	170
46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	SAL GW 060	15.04.1975	79
46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	SAL GW 060	08.04.1992	147
47400049	Liebertwolkwitz	SAL GW 060	22.11.1932	244

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
47400049	Liebertwolkwitz	SAL GW 060	01.08.1936	192
47400049	Liebertwolkwitz	SAL GW 060	01.02.1969	160
47410404	Lindharth Waldrand B1966	SAL GW 060	08.07.2007	355
47420080	Grethen	SAL GW 060	18.04.1978	431
47420080	Grethen	SAL GW 060	15.04.1981	334
47420080	Grethen	SAL GW 060	13.10.1981	425
47420080	Grethen	SAL GW 060	20.04.1998	438
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	14.10.1980	357
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	19.04.1982	353
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	24.10.1983	381
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	22.03.1984	338
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	10.10.1984	385
48420501	Kleinbardau	SAL GW 060	12.04.1989	325
48391946	Drosskau	SAL GW 059	15.06.1965	110
48391946	Drosskau	SAL GW 059	15.10.1980	145
48391946	Drosskau	SAL GW 059	15.10.1987	145
48391946	Drosskau	SAL GW 059	15.02.1996	130
48400028	Kieritzsch	SAL GW 059	01.11.1927	229
48400028	Kieritzsch	SAL GW 059	15.07.1937	190
48400028	Kieritzsch	SAL GW 059	22.08.1954	198
48400028	Kieritzsch	SAL GW 059	01.06.2007	138
49400890	Ramsdorf	SAL GW 059	22.04.2002	228
49410630	Benndorf	SAL GW 059	22.10.1975	89
49410630	Benndorf	SAL GW 059	22.06.1977	108
49410630	Benndorf	SAL GW 059	22.09.1979	112
49410630	Benndorf	SAL GW 059	22.07.1980	106
47410003	Otterwisch	SAL GW 058	22.08.1931	279
47410003	Otterwisch	SAL GW 058	22.06.1933	287
47410003	Otterwisch	SAL GW 058	22.06.1935	273
47410003	Otterwisch	SAL GW 058	01.07.1939	245
47410003	Otterwisch	SAL GW 058	01.07.1991	286
47410053	Belgershain	SAL GW 058	15.03.1972	514

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
47410053	Belgershain	SAL GW 058	14.10.2009	560
47410489	Oelzschau	SAL GW 058	15.06.1923	671
47410489	Oelzschau	SAL GW 058	01.04.1927	584
47410489	Oelzschau	SAL GW 058	15.05.1991	792
48410497	Priessnitz	SAL GW 058	22.06.1967	444
48410497	Priessnitz	SAL GW 058	22.12.1973	404
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.08.1935	469
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.10.1935	540
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.04.1937	171
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.08.1940	315
49410738	Streitwald	SAL GW 058	01.01.1941	178
49410738	Streitwald	SAL GW 058	01.05.1971	150
49410738	Streitwald	SAL GW 058	01.04.1976	158
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.06.1977	173
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.03.1978	156
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.11.1987	150
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.05.1996	142
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.12.1996	236
49410738	Streitwald	SAL GW 058	22.06.2005	263
49411930	Greifenhain	SAL GW 058	15.01.1968	138
49411930	Greifenhain	SAL GW 058	15.06.2002	188
52403663	Koenigswalde B85	SAL GW 053	22.01.1974	122
52403663	Koenigswalde B85	SAL GW 053	22.11.1977	128
52403663	Koenigswalde B85	SAL GW 053	22.07.1981	131
52403663	Koenigswalde B85	SAL GW 053	15.02.2005	112
54393683	Losa B1966	SAL GW 045	22.04.1994	224
54393688	Schneidenbach W1925	SAL GW 044	23.12.2006	500
54393688	Schneidenbach W1925	SAL GW 044	05.11.2007	321
54393688	Schneidenbach W1925	SAL GW 044	05.07.2010	454
54393688	Schneidenbach W1925	SAL GW 044	17.07.2010	460
54393684	Altmannsgruen B1900	SAL GW 043	18.12.1996	49
54393684	Altmannsgruen B1900	SAL GW 043	08.10.2006	161

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
55403703	Neudorf W1856	SAL GW 043	22.03.2005	275
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	22.11.1972	5
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	22.10.1974	20
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	22.06.1977	10
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	01.09.1988	0,43
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	01.03.1990	10
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	22.11.1990	5,6
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	08.10.2000	1,67
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	08.02.2001	4,44
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	08.12.2001	10
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	01.05.2009	5
56392797	Unterwürschnitz	SAL GW 043	01.07.2009	2,09
56393708	Adorf B12/5/62	SAL GW 043	22.10.1986	272
56393708	Adorf B12/5/62	SAL GW 043	22.09.1991	219
56393708	Adorf B12/5/62	SAL GW 043	22.07.1997	187
56393708	Adorf B12/5/62	SAL GW 043	06.12.2008	213
56393711	Oberwürschnitz B3711/66	SAL GW 043	22.11.1981	169
56393711	Oberwürschnitz B3711/66	SAL GW 043	22.02.1985	205
56393711	Oberwürschnitz B3711/66	SAL GW 043	22.09.1986	206
44429484	Battaune	VM 1-3	15.10.1992	332
45426108	Paschwitz	VM 1-3	15.03.1970	1130
44406436	Sausedlitz	VM 1-1	01.02.1953	148
44416552	Zschepplin	VM 1-1	15.06.1974	758
45400717	Goebischelwitz	VM 1-1	22.10.1959	233
45400717	Goebischelwitz	VM 1-1	18.04.1978	121
46421125	Grubnitz	VM 1-2-1	01.01.1942	102
46421125	Grubnitz	VM 1-2-1	01.09.1942	302
46421125	Grubnitz	VM 1-2-1	22.08.1950	260
46421125	Grubnitz	VM 1-2-1	01.08.1969	235
46421125	Grubnitz	VM 1-2-1	01.12.1985	319
47420490	Altenhain	VM 1-2-1	15.08.1976	706
47420490	Altenhain	VM 1-2-1	15.08.1976	706

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
47420490	Altenhain	VM 1-2-1	22.12.1991	702
47420490	Altenhain	VM 1-2-1	15.12.2010	459
48420179	Sermuth	VM 1-2-1	22.06.1944	389
48420179	Sermuth	VM 1-2-1	01.05.1980	315
48420179	Sermuth	VM 1-2-1	01.03.1999	262
45430523	Ochsensaal	VM 1-4	15.06.1929	96
45430523	Ochsensaal	VM 1-4	01.06.1931	83
45430523	Ochsensaal	VM 1-4	08.10.1951	115
45430523	Ochsensaal	VM 1-4	08.02.1959	95
45430523	Ochsensaal	VM 1-4	08.09.1963	115
46420526	Zschorna	VM 1-4	08.08.1953	350
46420526	Zschorna	VM 1-4	15.03.1964	404
46430531	Meltewitz	VM 1-4	22.01.1933	475
46430531	Meltewitz	VM 1-4	01.10.1980	496
46436307	Boerln B1/69	VM 1-4	22.07.1986	1130
48421983	Thierbaum	ZM 2-1	22.10.1955	244
48421983	Thierbaum	ZM 2-1	22.05.1960	315
48421983	Thierbaum	ZM 2-1	22.08.1960	314
48421983	Thierbaum	ZM 2-1	15.04.1983	115
49420959	Weissbach	ZM 2-1	15.05.2000	327
49430964	Arras	ZM 2-1	15.10.1993	522
48421983	Thierbaum	ZM 2-1	22.10.1955	244
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	22.09.1979	356
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	22.07.1980	246
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	22.06.1987	247
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	22.11.1987	341
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	22.01.1992	320
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	15.03.1994	215
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	15.04.1994	259
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	08.07.1996	214
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	15.08.2002	212
50420511	Burgstaedt SUED	ZM 2-1	15.02.2005	262

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
50420635	Arnsdorf	ZM 2-1	22.10.1990	438
50420635	Arnsdorf	ZM 2-1	22.12.2002	399
50420844	Lunzenau B10/25	ZM 2-1	22.03.1991	1312
50420844	Lunzenau B10/25	ZM 2-1	15.01.1993	1285
51410818	Kleinbernsdorf B19/25	ZM 2-1	15.05.1978	409
51410818	Kleinbernsdorf B19/25	ZM 2-1	15.03.1981	367
51410818	Kleinbernsdorf B19/25	ZM 2-1	08.03.1991	464
51410818	Kleinbernsdorf B19/25	ZM 2-1	22.08.2000	542
51410818	Kleinbernsdorf B19/25	ZM 2-1	01.10.2007	365
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	22.05.1969	0,38
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.01.1975	0,27
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.06.1977	0,03
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.09.1978	0,07
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.01.1987	0,6
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	22.12.1995	0,33
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	15.12.1998	0,23
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.10.2006	0,02
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.10.2007	0,29
52422522	Pfaffenhain	ZM 3-2	01.09.2010	0,4
52411193	Bernsdorf	ZM 2-2	22.10.1973	647
52411193	Bernsdorf	ZM 2-2	22.10.1974	405
52411193	Bernsdorf	ZM 2-2	22.07.1980	540
52411193	Bernsdorf	ZM 2-2	22.07.2009	605
52411556	Schlunzig	ZM 2-2	22.04.1975	137
52411556	Schlunzig	ZM 2-2	22.06.1977	160
52411556	Schlunzig	ZM 2-2	01.07.2008	156
52411556	Schlunzig	ZM 2-2	28.09.2009	197
48440993	Doebeln	FM 2-1	01.01.1960	683
48440993	Doebeln	FM 2-1	01.10.1962	761
48440993	Doebeln	FM 2-1	01.10.1972	531
48440993	Doebeln	FM 2-1	01.12.1976	796
48440993	Doebeln	FM 2-1	01.02.2001	730

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
49451225	Gleisberg	FM 2-1	15.06.1990	365
50431936	Altmittweida	FM 4-1	08.05.1950	375
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.04.1975	280
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.11.1976	406
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.06.1977	314
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.07.1980	279
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.09.1991	442
50431936	Altmittweida	FM 4-1	08.04.1996	232
50431936	Altmittweida	FM 4-1	08.07.1996	154
50431936	Altmittweida	FM 4-1	08.03.1998	225
50431936	Altmittweida	FM 4-1	01.03.2002	310
50431936	Altmittweida	FM 4-1	01.01.2005	300
50431936	Altmittweida	FM 4-1	01.04.2006	292
50431936	Altmittweida	FM 4-1	22.01.2010	340
51431694	Chemnitz Ebersdorf	FM 4-1	05.02.1993	947
50442779	Cunnersdorf	FM 2-2	01.08.2004	0,21
50453283	Freiberg B15/26	FM 1	01.04.1975	298
50453283	Freiberg B15/26	FM 1	01.08.1979	379
43420072	Dahlenberg B72/1970	EL 3-1	01.08.1997	132
44425470	Wildenhain B2/62	EL 2-1	15.04.1984	216
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	14.08.1939	741
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	16.10.1950	867
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	19.07.1953	800
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	14.04.1964	822
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	01.06.1985	798
46450255	Röderau Bwhs.	EL 2-2	15.11.2010	714
45440655	Olganitz	EL 2-5+6	15.03.1981	101
46440536	Sörnewitz	EL 2-5+6	08.01.1947	314
46440536	Sörnewitz	EL 2-5+6	08.07.1957	304
46440536	Sörnewitz	EL 2-5+6	22.12.1988	79
46440536	Sörnewitz	EL 2-5+6	01.10.2010	126
46450134	Bornitz	EL 2-5+6	15.12.1923	875

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
47430865	Ablaß	EL 2-5+6	15.10.1958	465
47431238	Wermsdorf	EL 2-5+6	15.08.2002	210
47440551	Schweta	EL 2-5+6	22.11.1938	515
47440551	Schweta	EL 2-5+6	01.05.1981	415
47440551	Schweta	EL 2-5+6	30.09.2008	474
47440551	Schweta	EL 2-5+6	23.03.2010	469
47440649	Naundorf	EL 2-5+6	22.10.1941	140
47440649	Naundorf	EL 2-5+6	15.04.1987	160
47450143	Nickritz	EL 2-4	01.01.1934	1057
47450159	Stauchitz	EL 2-4	09.06.1924	968
47450159	Stauchitz	EL 2-4	16.12.1929	1020
47450159	Stauchitz	EL 2-4	30.11.1942	955
47450159	Stauchitz	EL 2-4	26.10.1964	1036
47450159	Stauchitz	EL 2-4	09.05.1966	966
47450159	Stauchitz	EL 2-4	15.02.1971	962
47460555	Leutewitz	EL 2-4	08.06.1962	641
47460555	Leutewitz	EL 2-4	22.11.1986	675
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.08.1930	1700
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.09.1935	1802
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.11.1935	1805
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.02.1936	1805
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.06.1939	1786
48440168	Zschaitz	EL 2-4	22.10.1944	1641
48440168	Zschaitz	EL 2-4	08.07.1958	1664
47460266	Medessen	EL 2-3	15.08.2002	171
48471173	Kreyern	EL 1-3	06.07.1958	218
48471173	Kreyern	EL 1-3	08.10.1962	586
48471173	Kreyern	EL 1-3	22.01.1968	342
48471173	Kreyern	EL 1-3	15.04.2008	275
49483516	Dresden Stübelallee2	EL 1-1+2	28.02.2006	806
49483516	Dresden Stübelallee2	EL 1-1+2	23.01.2008	815
49461050	Deutschenbora	EL 1-10	23.07.1962	1919

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
49461050	Deutschenbora	EL 1-10	01.11.1968	1890
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.05.1972	195
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.03.1978	194
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.08.1985	229
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.11.1987	188
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.12.1987	187
48500906	Rammenau	EL 1-4	22.03.1988	171
48500906	Rammenau	EL 1-4	15.06.1995	172
48500906	Rammenau	EL 1-4	15.07.1996	206
48500906	Rammenau	EL 1-4	15.12.1998	187
48500906	Rammenau	EL 1-4	01.03.2002	180
48500906	Rammenau	EL 1-4	15.01.2011	136
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	22.06.1977	457
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	22.12.1979	426
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	22.12.1987	412
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	22.03.1988	355
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	15.07.1996	450
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	22.01.2002	374
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	01.04.2006	392
51481217	Ulberndorf	EL 1-9	01.07.2006	470
51481216	Schlottwitz	EL 1-8	01.07.1993	297
51481216	Schlottwitz	EL 1-8	15.08.2002	146
51481216	Schlottwitz	EL 1-8	08.04.2010	320
51481216	Schlottwitz	EL 1-8	01.10.2010	207
50506014	Polenztal ca1/82,5.GWBR	HyS- EL 1-6-1	01.05.2005	5275
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.04.1973	1,67
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.11.1975	0,06
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.11.1976	0,02
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.06.1977	1,25
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.08.1978	1,25
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.04.1986	0,62

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	22.11.1987	1
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	15.07.1999	2,5
51502316	Langenhennersdorf	EL 1-6-1	01.10.2010	5
45460301	SPANSBERG Schule	SE 3-1	15.08.2002	77
46460565	Bauda	SE 3-1	01.03.1927	402
46460564	Walda	SE 3-2	22.01.1949	247
46460564	Walda	SE 3-2	22.08.1951	230
46460564	Walda	SE 3-2	22.09.1989	244
46460564	Walda	SE 3-2	22.04.1995	283
46460564	Walda	SE 3-2	22.01.2006	205
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	07.11.1932	312
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	01.08.1984	371
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	01.06.1992	409
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	15.08.1996	300
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	08.11.1999	367
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	08.08.2004	381
46470571	Oelsnitz	SE 3-2	15.10.2010	269
46481139	Böhla	SE 2-1	08.01.1983	488
46481139	Böhla	SE 2-1	08.05.1988	443
46481139	Böhla	SE 2-1	01.10.2010	492
47491159	Laußnitz W1	SE 2-1	29.05.2002	528
46510609	Cunnewitz	SE 1-2	22.07.1967	134
47510387	Neschwitz	SE 1-2	22.11.1997	319
47510387	Neschwitz	SE 1-2	16.01.2001	325
47528106	Luga HyKoa8/71	SE 1-2	22.11.1973	385
47528106	Luga HyKoa8/71	SE 1-2	22.07.1987	370
47528106	Luga HyKoa8/71	SE 1-2	01.04.1996	360
48510966	Burkau	SE 1-2	22.08.1985	183
48510966	Burkau	SE 1-2	08.03.1998	120
48510966	Burkau	SE 1-2	22.12.2005	120
48511111	Leutwitz	SE 1-2	22.04.2001	970
46553001	Biehain	SP 2-1	22.11.1978	205

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
46553001	Biehain	SP 2-1	14.11.1996	278
46553055	Spree	SP 2-1	22.04.1980	172
46553055	Spree	SP 2-1	22.01.1983	264
46553055	Spree	SP 2-1	18.12.2006	275
46553055	Spree	SP 2-1	19.07.2009	238
46553055	Spree	SP 2-1	07.10.2009	260
47553032	Mückenhain	SP 2-1	22.04.1975	215
47553032	Mückenhain	SP 2-1	22.06.1975	229
47553032	Mückenhain	SP 2-1	22.07.1975	225
47553032	Mückenhain	SP 2-1	22.07.1981	146
47553032	Mückenhain	SP 2-1	22.06.1990	248
47553032	Mückenhain	SP 2-1	08.08.2002	237
49520931	Crosta	SP 1-1	22.07.1997	621
49530979	Ebersbach	SP 1-1	15.02.1932	193
49530979	Ebersbach	SP 1-1	22.03.1982	141
49530979	Ebersbach	SP 1-1	22.03.1985	170
46530582	Neudorf	SP 1-2	08.12.1984	293
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.05.1972	250
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.05.1977	288
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.07.1981	218
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.04.1986	250
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.12.1989	310
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.01.1992	280
48530992	Hochkirch	SP 1-2	22.03.1992	248
48530992	Hochkirch	SP 1-2	01.01.1996	315
48531208	Eiserode	SP 1-2	22.11.1970	537
48531208	Eiserode	SP 1-2	22.08.1971	489
48531208	Eiserode	SP 1-2	22.12.1989	329
48531208	Eiserode	SP 1-2	22.03.2011	321
48540858	Glossen	SP 1-2	22.08.2007	413
48553040	Ebersbach	SP 2-2	22.01.1973	589
48553040	Ebersbach	SP 2-2	22.02.1976	500

MKZG	Stationsname	Grundwasserkörper	Ausreißer	Wert
48553040	Ebersbach	SP 2-2	22.03.1984	585
49540967	Strahwalde	NE 2	22.07.1997	348
50550642	Dittelsdorf	NE 2	15.04.1972	498
50550642	Dittelsdorf	NE 2	08.06.1996	458
50550642	Dittelsdorf	NE 2	08.03.2007	468

9.6 Statistische Auswertungen

Tabelle 19: Ergebnisse der statistischen Tests auf Normalverteilung und Stationarität; fett gedruckt sind normalverteilte bzw. stationäre Zeitreihen, MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser

Grundwasser-körper	Stationsname	MKZG	Mittel-wert	Standard-abweichung	Anzahl	p (KS)	p (KPSS)
SAL GW 016	Thronitz	47390020	-160	47,53	776	0,175	0,010
SAL GW 052	Hohenheida	45400522	-346	86,37	1010	0	0,010
SAL GW 052	Schkeuditz	46390101	-106	34,44	153	0,61	0,010
SAL GW 052	Leipzig Holzhausen	46400047	-178	33,31	966	0	0,010
SAL GW 060	Gerichshain	46410041	-1.748	29,00	1334	0,018	0,010
SAL GW 060	Brandis	46410074	-201	29,06	1970	0	0,100
SAL GW 060	Leipzig Althen-Keinpösna	46410356	-140	59,76	995	0,001	0,010
SAL GW 060	Liebertwolkwitz	47400049	-164	25,93	1939	0,136	0,037
SAL GW 060	Lindharth Waldrand B1966	47410404	-317	59,28	2374	0	0,010
SAL GW 060	Grethen	47420080	-407	55,94	1822	0,076	0,010
SAL GW 060	Kleinbardau	48420501	-315	23,85	1918	0	0,100
SAL GW 059	Gatzen	48390509	-240	58,06	975	0,259	0,100
SAL GW 059	Drosskau	48391946	-182	51,05	974	0	0,010
SAL GW 059	Kieritzsch	48400028	-122	37,72	764	0,509	0,010
SAL GW 059	Ramsdorf	49400890	-213	22,81	1930	0	0,010
SAL GW 059	Benndorf	49410630	-89	22,49	1366	0,002	0,010
SAL GW 058	Otterwisch	47410003	-276	39,97	1940	0	0,100
SAL GW 058	Belgershain	47410053	-498	34,78	1240	0	0,039
SAL GW 058	Oelzschau	47410489	-570	72,17	951	0	0,010
SAL GW 058	Hopfgarten	48410061	-165	45,22	1926	0,039	0,052
SAL GW 058	Priessnitz	48410497	-474	25,41	1927	0,02	0,020

Grundwasser- körper	Stationsname	MKZG	Mittel- wert	Standard- abweichung	Anzahl	p (KS)	p (KPSS)
SAL GW 058	Bad Lausick	48410663	-216	41,39	1943	0	0,010
SAL GW 058	Streitwald	49410738	-199	49,76	1931	0	0,010
SAL GW 058	Greifenhain	49411930	-66	13,07	964	0,004	0,010
SAL GW 054	Trünzig Schule	52393650	-346	58,79	1957	0,478	0,100
SAL GW 053	Ruppertsgruen	52403660	-1.291	106,98	1949	0,013	0,030
SAL GW 053	Koenigswalde B85	52403663	-110	20,95	1946	0	0,010
SAL GW 045	Losa B1966	54393683	-228	65,23	1952	0,002	0,010
SAL GW 044	Schneidenbach W1925	54393688	-355	45,47	3261	0,073	0,080
SAL GW 043	Altmannsgruen B1900	54393684	-73	24,75	1937	0,028	0,064
SAL GW 043	Neudorf W1856	55403703	-273	41,78	1932	0,021	0,038
SAL GW 043	Unterwürschnitz	56392797	51	3,25	1813	0	0,100
SAL GW 043	Adorf B12/5/62	56393708	-164	18,10	3405	0	0,022
SAL GW 043	Oberwürschnitz B3711/66	56393711	-117	47,50	1947	0	0,100
VM 1-3	Battaune	44429484	-165	30,13	666	0	0,010
VM 1-3	Paschwitz	45426108	-1.174	33,45	986	0,003	0,010
VM 1-1	Sausedlitz	44406436	-163	22,26	1126	0	0,053
VM 1-1	Zschepplin	44416552	-708	25,36	975	0	0,063
VM 1-1	Goebischelwitz	45400717	-152	36,88	1976	0,039	0,015
VM 1-2-1	Grubnitz	46421125	-242	56,67	1198	0	0,010
VM 1-2-1	Altenhain	47420490	-594	37,78	1939	0	0,010
VM 1-2-1	Sermuth	48420179	-270	22,71	846	0	0,010
VM 1-4	Ochsensaal	45430523	-26	14,53	854	0,003	0,010
VM 1-4	Zschorna	46420526	-386	30,90	875	0,271	0,014
VM 1-4	Meltewitz	46430531	-538	27,02	1053	0,005	0,010
VM 1-4	Boerln B1/69	46436307	-1.039	42,32	1432	0	0,012
VM 1-2-2	Moertitz	44416534	-169	27,27	944	0,001	0,080
VM 1-2-2	Eilenburg B6/69	45416459	-1.994	17,46	1867	0,039	0,010
ZM 2-1	Colditz	48421093	-735	121,20	1885	0,009	0,100
ZM 2-1	Thierbaum	48421983	-189	38,36	978	0,115	0,040
ZM 2-1	Weissbach	49420959	-424	27,79	1944	0	0,038
ZM 2-1	Arras	49430964	-215	116,58	1923	0,001	0,066

Grundwasser- körper	Stationsname	MKZG	Mittel- wert	Standard- abweichung	Anzahl	p (KS)	p (KPSS)
ZM 2-1	Burgstaedt SUED	50420511	-310	46,01	1946	0	0,010
ZM 2-1	Arnsdorf	50420635	-363	31,67	1948	0	0,032
ZM 2-1	Lunzenau B10/25	50420844	-1.084	100,38	1949	0,001	0,100
ZM 2-1	Kleinbernsdorf B19/25	51410818	-387	51,50	1595	0	0,010
ZM 3-2	Pfaffenhain	52422522	64,89941331	0,08	1909	0	0,010
ZM 2-2	Bernsdorf	52411193	-654	39,15	1947	0	0,010
ZM 2-2	Schlunzig	52411556	-51	24,12	1918	0	0,010
ZM 1-1	Muelzen-St-Niclas	52410759	-571	61,40	1947	0	0,010
ZM 1-1	Schneppendorf	52411234	-429	26,22	1942	0	0,010
FM 2-1	Doebeln	48440993	-677	66,50	1929	0,049	0,010
FM 2-1	Gleisberg	49451225	-332	51,18	1868	0	0,100
FM 4-1	Knobelsdorf	49441688	-592	171,50	1907	0,106	0,010
FM 4-1	Altmittweida	50431936	-313	42,20	1946	0	0,010
FM 4-1	Chemnitz Ebersdorf	51431694	-713	103,54	1596	0,469	0,010
FM 2-2	Cunnersdorf	50442779	8,741731757	0,20	1946	0	0,100
FM 1	Freiberg B15/26	50453283	-522	52,28	973	0,532	0,010
EL 3-1	Dahlenberg B72/1970	43420072	-99	11,60	932	0,233	0,100
EL 2-1	Wildenhain B2/62	44425470	-234	42,24	974	0,001	0,010
EL 2-2	Röderau Bwhs.	46450255	-740	68,93	1952	0	0,038
EL 2-5+6	Olganitz	45440655	-172	38,33	1898	0,544	0,100
EL 2-5+6	Sörnewitz	46440536	-117	26,92	1757	0	0,010
EL 2-5+6	Bornitz	46450134	-852	40,84	924	0	0,010
EL 2-5+6	Ablaß	47430865	-436	44,59	1898	0,001	0,028
EL 2-5+6	Wermsdorf	47431238	-220	36,23	1084	0	0,043
EL 2-5+6	Schweta	47440551	-473	26,00	888	0,002	0,010
EL 2-4	Nickritz	47450143	-996	23,54	1956	0,001	0,010
EL 2-4	Stauchitz	47450159	-957	22,06	1957	0	0,010
EL 2-4	Dörschnitz HyLmc118/92	47456213	-504	25,39	844	0,003	0,100
EL 2-4	Leutewitz	47460555	-583	69,89	1966	0	0,051
EL 2-4	Zschaitz	48440168	-1.786	31,19	1506	0	0,010

Grundwasser- körper	Stationsname	MKZG	Mittel- wert	Standard- abweichung	Anzahl	p (KS)	p (KPSS)
EL 2-3	Medessen	47460266	-229	24,28	1127	0,016	0,010
EL 1-3	Kreyern	48471173	-354	56,12	1953	0,144	0,010
EL 1-1+2	Dresden Stübelallee 2	49483516	-682	53,62	3315	0	0,010
EL 1-10	Deutschenbora	49461050	-1.823	158,99	1932	0	0,010
EL 1-4	Rammenau	48500906	-137	16,85	1939	0	0,010
EL 1-9	Ulberndorf	51481217	-390	44,77	1952	0,004	0,100
EL 1-8	Schlottwitz	51481216	-203	26,44	1949	0	0,010
EL 1-6-1	Polenztal HySca1/82,5.GWBR	50506014	-5.215	33,74	235	0,358	0,010
EL 1-6-1	Langenhennersdorf	51502316	36	0,55	1893	0	0,094
EL 1-5	Neukirch	49510347	-245	43,21	1944	0,145	0,010
SE 3-1	SPANSBERG Schule	45460301	-110	23,93	850	0	0,100
SE 3-1	Bauda	46460565	-443	31,02	870	0	0,017
SE 3-2	Walda	46460564	-194	33,15	1953	0,004	0,021
SE 3-2	Oelsnitz	46470571	-305	40,58	3379	0	0,010
SE 2-1	Frauenhain	46460567	-205	36,96	1726	0	0,012
SE 2-1	Böhla	46481139	-460	17,68	1950	0,097	0,075
SE 2-1	Laußnitz W1	47491159	-506	41,01	1954	0	0,079
SE 1-2	Cunnewitz	46510609	-122	24,52	1948	0,007	0,100
SE 1-2	Neschwitz	47510387	-240	33,29	1836	0,001	0,100
SE 1-2	Luga HyKoa8/71	47528106	-363	19,17	1806	0,001	0,010
SE 1-2	Burkau	48510966	-180	31,16	1947	0,147	0,015
SE 1-2	Leutwitz	48511111	-911	74,13	1938	0	0,010
SE 1-2	Kleingaussig HySaf8/70	48518081	-1.107	39,39	1900	0,001	0,010
SP 2-1	Biehain	46553001	-204	40,52	1948	0,087	0,010
SP 2-1	Spree	46553055	-205	24,65	3343	0	0,010
SP 2-1	Geheege	46553062	-122	17,46	1912	0,006	0,059
SP 2-1	Trebus	46553074	-360	29,88	1943	0,091	0,010
SP 2-1	Mückenhain	47553032	-237	19,55	1944	0	0,010
SP 1-1	Crostau	49520931	-705	52,62	3067	0,008	0,010
SP 1-1	Ebersbach	49530979	-228	69,85	1897	0	0,010

Grundwasser- körper	Stationsname	MKZG	Mittel- wert	Standard- abweichung	Anzahl	p (KS)	p (KPSS)
SP 1-2	Neudorf	46530582	-228	26,56	1933	0,151	0,010
SP 1-2	Weißenberg	48530315	-386	46,34	1880	0,007	0,010
SP 1-2	Hochkirch	48530992	-314	34,73	1934	0,251	0,010
SP 1-2	Eiserode	48531208	-302	42,61	1945	0,065	0,010
SP 1-2	Glossen	48540858	-246	36,87	1928	0	0,010
SP 2-2	Markersdorf	48553013	-299	54,57	1904	0,008	0,010
SP 2-2	Königshain	48553037	-150	86,44	1846	0	0,042
SP 2-2	Ebersbach	48553040	-533	45,80	1933	0,002	0,072
NE 2	Strahwalde	49540967	-317	25,29	1917	0,456	0,010
NE 2	Dittelsdorf	50550642	-421	30,17	1947	0	0,062

Tabelle 20: Ergebnisse der Trendanalyse: Angegeben ist die Steigung, der Y-Achsenabschnitt, Mann-Kendalls-Tau und abgeleitete Signifikanz

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Steigung	Y-Achsen- abschnitt	TAU	Q	S	Signifikanz	Trend
SAL GW 016	47390020	Thronitz	0,00315	-186	0,23	9,56	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 052	45400522	Hohenheida	-0,00948	-272	-0,348	-16,54	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 052	46390101	Schkeuditz							
SAL GW 052	46400047	Leipzig Holzhausen	-0,00158	-165	-0,121	-5,61	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 060	46410041	Gerichshain	-0,00036	-1.745	-0,097	-5,28	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 060	46410074	Brandis	0,00059	-205	0,083	5,49	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 060	46410356	Leipzig Althen-Keinpösna	0,00448	-175	0,211	9,96	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 060	47400049	Liebertwolkwitz	-0,00081	-157	-0,093	-6,12	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 060	47410404	Lindharth Waldrand B1966	0,00173	-338	0,143	10,4	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 060	47420080	Grethen	-0,00174	-394	-0,086	-5,46	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 060	48420501	Kleinbardau	0,00043	-318	0,027	1,75	0,1	signifikant	positiv
SAL GW 059	48390509	Gatzen	0,00119	-250	0,051	2,36	0,05	signifikant	positiv
SAL GW 059	48391946	Drosskau	-0,00649	-132	-0,324	-15,1	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 059	48400028	Kieritzsch	-0,00238	-101	-0,173	-7,14	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 059	49400890	Ramsdorf	-0,00125	-203	-0,181	-11,86	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 059	49410630	Benndorf	-0,00251	-72	-0,389	-21,39	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	47410003	Otterwisch	0,00092	-283	0,094	6,16	0,001	hoch sign.	positiv

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Steigung	Y-Achsen- abschnitt	TAU	Q	S	Signifikanz	Trend
SAL GW 058	47410053	Belgershain	-0,00098	-492	-0,085	-4,45	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	47410489	Oelzschau	-0,01248	-473	-0,524	-24,13	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	48410061	Hopfgarten	0,00133	-175	0,077	5,06	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 058	48410497	Priessnitz	-0,00075	-468	-0,102	-6,68	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	48410663	Bad Lausick	-0,00143	-204	-0,091	-5,96	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	49410738	Streitwald	-0,00246	-180	-0,151	-9,91	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 058	49411930	Greifenhain	-0,00197	-50	-0,444	-20,39	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 054	52393650	Trünzig Schule	0,00137	-357	0,06	3,98	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 053	52403660	Ruppertsgruen	0,00374	-1.320	0,076	5,04	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 053	52403663	Koenigswalde B85	-0,00140	-99	-0,21	-13,75	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 043	54393684	Altmannsgruen B1900	-0,00059	-68	-0,07	-4,62	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 043	55403703	Neudorf W1856	-0,00092	-265	-0,089	-5,83	0,001	hoch sign.	negativ
SAL GW 043	56392797	Unterwürschnitz	-0,00003	3	-0,036	-2,28	0,05	signifikant	negativ
SAL GW 043	56393708	Adorf B12/5/62	0,00020	-166	0,07	6,04	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 043	56393711	Oberwürschnitz B3711/66	0,00076	-123	0,041	2,71	0,01	signifikant	positiv
SAL GW 044	54393688	Schneidenbach W1925	0,00091	-364	0,072	6,11	0,001	hoch sign.	positiv
SAL GW 045	54393683	Losa B1966	0,00551	-270	0,237	15,64	0,001	hoch sign.	positiv
VM 1-3	44429484	Battaune							
VM 1-3	45426108	Paschwitz	-0,00322	-1.149	-0,256	-11,97	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-1	44406436	Sausedlitz	-0,00058	-158	-0,117	-5,83	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-1	44416552	Zschepplin	-0,00056	-703	-0,06	-2,79	0,01	signifikant	negativ
VM 1-1	45400717	Goebischelwitz	0,00114	-161	0,069	4,59	0,001	hoch sign.	positiv
VM 1-2-1	46421125	Grubnitz	-0,00291	-221	-0,199	-10,3	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-2-1	47420490	Altenhain	0,00154	-606	0,113	7,43	0,001	hoch sign.	positiv
VM 1-2-1	48420179	Sermuth	0,00209	-287	0,253	10,92	0,001	hoch sign.	positiv
VM 1-4	45430523	Ochsensaal	-0,00196	-9	-0,346	-15,01	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-4	46420526	Zschorna	0,00111	-395	0,098	4,3	0,001	hoch sign.	positiv
VM 1-4	46430531	Meltewitz	-0,00109	-529	-0,069	-3,34	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-4	46436307	Boerlin B1/69	-0,00133	-1.030	-0,083	-4,68	0,001	hoch sign.	negativ
VM 1-2-2	44416534	Moertitz	-0,00063	-164	-0,069	-3,16	0,01	signifikant	negativ
VM 1-2-2	45416459	Eilenburg B6/69	0,00023	-1.996	0,028	1,78	0,1	signifikant	positiv

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Steigung	Y-Achsen- abschnitt	TAU	Q	S	Signifikanz	Trend
ZM 2-1	48421093	Colditz	0,00002	-735	-0,003	-0,22		nicht sign.	negativ
ZM 2-1	48421983	Thierbaum	-0,00131	-179	-0,101	-4,73	0,001	hoch sign.	negativ
ZM 2-1	49420959	Weissbach	-0,00075	-418	-0,089	-5,85	0,001	hoch sign.	negativ
ZM 2-1	49430964	Arras	-0,00073	-209	-0,021	-1,35	0,2	schwach sign.	negativ
ZM 2-1	50420511	Burgstaedt SUED	-0,00168	-297	-0,13	-8,54	0,001	hoch sign.	negativ
ZM 2-1	50420635	Arnsdorf	-0,00084	-357	-0,075	-4,93	0,001	hoch sign.	negativ
ZM 2-1	50420844	Lunzenau B10/25	0,00050	-1.087	-0,006	-0,37		nicht sign.	negativ
ZM 2-1	51410818	Kleinbernsdorf B19/25	0,00473	-428	0,249	14,83	0,001	hoch sign.	positiv
ZM 3-2	52422522	Pfaffenhain	0,00000	0	0,148	9,46	0,001	hoch sign.	positiv
ZM 2-2	52411193	Bernsdorf	0,00170	-667	0,142	9,38	0,001	hoch sign.	positiv
ZM 2-2	52411556	Schlunzig	0,00097	-59	0,155	10,09	0,001	hoch sign.	positiv
ZM 1-1	52410759	Muelzen-St-Niclas	-0,00119	-562	-0,064	-4,22	0,001	hoch sign.	negativ
ZM 1-1	52411234	Schneppendorf	0,00284	-451	0,296	19,47	0,001	hoch sign.	positiv
FM 2-1	48440993	Doebeln	0,00209	-694	0,109	7,19	0,001	hoch sign.	positiv
FM 2-1	49451225	Gleisberg	0,00052	-336	0,016	1,03		nicht sign.	positiv
FM 4-1	49441688	Knobelsdorf	0,01678	-721	0,27	17,65	0,001	hoch sign.	positiv
FM 4-1	50431936	Altmittweida	-0,00197	-298	-0,164	-10,83	0,001	hoch sign.	negativ
FM 4-1	51431694	Chemnitz Ebersdorf	-0,00391	-678	-0,116	-6,93	0,001	hoch sign.	negativ
FM 2-2	50442779	Cunnersdorf	0,00000	0	-0,029	-1,86	0,1	signifikant	negativ
FM 1	50453283	Freiberg B15/26	0,00283	-544	0,139	6,47	0,001	hoch sign.	positiv
EL 3-1	43420072	Dahlenberg B72/1970	0,00025	-101	0,049	2,21	0,05	signifikant	positiv
EL 2-1	44425470	Wildenhain B2/62	-0,00236	-216	-0,176	-8,19	0,001	hoch sign.	negativ
EL 2-2	46450255	Röderau Bwhs.	0,00213	-756	0,065	4,3	0,001	hoch sign.	positiv
EL 2-5+6	45440655	Olganitz	0,00021	-173	-0,007	-0,44		nicht sign.	negativ
EL 2-5+6	46440536	Sörnewitz	-0,00454	-82	-0,497	-31,04	0,001	hoch sign.	negativ
EL 2-5+6	46450134	Bornitz	-0,00266	-831	-0,202	-9,17	0,001	hoch sign.	negativ
EL 2-5+6	47430865	Ablaß	0,00027	-438	0,02	1,3	0,2	schwach sign.	positiv
EL 2-5+6	47431238	Wermsdorf	-0,00088	-211	-0,089	-4,37	0,001	hoch sign.	negativ
EL 2-5+6	47440551	Schweta	0,00168	-487	0,196	8,7	0,001	hoch sign.	positiv
EL 2-5+6	47440625	Lampersdorf	0,00221	-209	0,053	2,59	0,01	signifikant	positiv
EL 2-5+6	47440649	Naundorf	-0,00010	-214	-0,005	-0,31		nicht sign.	negativ

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Steigung	Y-Achsen- abschnitt	TAU	Q	S	Signifikanz	Trend
EL 2-4	47450143	Nickritz	-0,00028	-994	-0,039	-2,57	0,05	signifikant	negativ
EL 2-4	47450159	Stauchitz	-0,00038	-954	-0,044	-2,89	0,01	signifikant	negativ
EL 2-4	47456213	Dörschnitz HyLmc118/92							
EL 2-4	47460555	Leutewitz	0,00164	-596	0,039	2,57	0,05	signifikant	positiv
EL 2-4	48440168	Zschaitz	0,00049	-1.790	0,091	5,26	0,001	hoch sign.	positiv
EL 2-3	47460266	Medessen	-0,00191	-216	-0,236	-11,79	0,001	hoch sign.	negativ
EL 1-3	48471173	Kreyern	0,00267	-375	0,105	6,9	0,001	hoch sign.	positiv
EL 1-1+2	49483516	Dresden Stübelallee 2	0,00139	-698	0,205	17,6	0,001	hoch sign.	positiv
EL 1-10	49461050	Deutschenbora	-0,00724	-1.767	-0,11	-7,22	0,001	hoch sign.	negativ
EL 1-4	48500906	Rammenau	-0,00063	-132	-0,104	-6,83	0,001	hoch sign.	negativ
EL 1-9	51481217	Ulberndorf	-0,00019	-389	-0,033	-2,21	0,05	signifikant	negativ
EL 1-8	51481216	Schlottwitz	0,00367	-232	0,428	28,18	0,001	hoch sign.	positiv
EL 1-6-1	50506014	Polenztal HySca1/82,5.GWBR							
EL 1-6-1	51502316	Langenhennersdorf	0,00001	0	0,036	2,33	0,05	signifikant	positiv
EL 1-5	49510347	Neukirch	-0,00312	-221	-0,221	-14,52	0,001	hoch sign.	negativ
SE 3-1	45460301	SPANSBERG Schule	-0,00044	-107	-0,038	-1,66	0,1	signifikant	negativ
SE 3-1	46460565	Bauda	-0,00030	-441	0,023	1,02		nicht sign.	positiv
SE 3-2	46460564	Walda	0,00133	-204	0,122	8,06	0,001	hoch sign.	positiv
SE 3-2	46470571	Oelsnitz	-0,00024	-302	0,122	10,62	0,001	hoch sign.	positiv
SE 2-1	46460567	Frauenhain	-0,00143	-193	-0,129	-8	0,001	hoch sign.	negativ
SE 2-1	46481139	Böhlä	0,00043	-463	0,068	4,44	0,001	hoch sign.	positiv
SE 2-1	47491159	Laußnitz W1	-0,00061	-501	-0,085	-5,58	0,001	hoch sign.	negativ
SE 1-2	46510609	Cunnewitz	-0,00018	-120	-0,024	-1,61	0,2	schwach sign.	negativ
SE 1-2	47510387	Neschwitz	-0,00051	-236	-0,04	-2,58	0,01	signifikant	negativ
SE 1-2	47528106	Luga HyKoa8/71	-0,00127	-352	-0,211	-13,32	0,001	hoch sign.	negativ
SE 1-2	48510966	Burkau	0,00105	-188	0,077	5,07	0,001	hoch sign.	positiv
SE 1-2	48511111	Leutwitz	-0,00301	-888	-0,131	-8,6	0,001	hoch sign.	negativ
SE 1-2	48518081	Kleingaussig HySaf8/70	-0,00463	-1.070	-0,353	-22,95	0,001	hoch sign.	negativ
SP 2-1	46553001	Biehain	0,00227	-222	0,166	10,91	0,001	hoch sign.	positiv
SP 2-1	46553055	Spree	0,00017	-207	0,139	11,93	0,001	hoch sign.	positiv
SP 2-1	46553062	Geheege	0,00027	-124	0,037	2,37	0,05	signifikant	positiv

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Steigung	Y-Achsen- abschnitt	TAU	Q	S	Signifikanz	Trend
SP 2-1	46553074	Trebus	-0,00156	-348	-0,153	-10,08	0,001	hoch sign.	negativ
SP 2-1	47553032	Mückenhain	-0,00227	-220	-0,35	-22,98	0,001	hoch sign.	negativ
SP 1-1	49520931	Crosta	0,00300	-738	0,219	18,1	0,001	hoch sign.	positiv
SP 1-1	49530979	Ebersbach	-0,00374	-198	-0,155	-10,06	0,001	hoch sign.	negativ
SP 1-2	46530582	Neudorf	0,00120	-237	0,135	8,84	0,001	hoch sign.	positiv
SP 1-2	48530315	Weißenberg	-0,00241	-368	-0,166	-10,72	0,001	hoch sign.	negativ
SP 1-2	48530992	Hochkirch	-0,00190	-299	-0,164	-10,72	0,001	hoch sign.	negativ
SP 1-2	48531208	Eiserode	0,00201	-318	0,111	7,32	0,001	hoch sign.	positiv
SP 1-2	48540858	Glossen	-0,00394	-216	-0,313	-20,51	0,001	hoch sign.	negativ
SP 1-2	49531740	Schönbach	-0,00053	-663	-0,02	-1,29	0,2	schwach sign.	negativ
SP 1-2	49541224	Bischdorf	-0,00057	-390	-0,074	-4,59	0,001	hoch sign.	negativ
SP 2-2	48553013	Markersdorf	-0,00197	-284	-0,088	-5,72	0,001	hoch sign.	negativ
SP 2-2	48553037	Königshain	0,00311	-175	0,055	3,5	0,001	hoch sign.	positiv
SP 2-2	48553040	Ebersbach	-0,00097	-526	-0,07	-4,6	0,001	hoch sign.	negativ
NE 2	49540967	Strahwalde	-0,00063	-312	-0,069	-4,5	0,001	hoch sign.	negativ
NE 2	50550642	Dittelsdorf	-0,00004	-421	-0,019	-1,22		nicht sign.	negativ

Tabelle 21: Bruchpunkte nach Steigung an den Grundwassermessstellen mit Angaben zu den Geradengleichungen vor und nach dem Bruchpunkt; MKZG: Messstellenkennziffer Grundwasser, WS: Wahrscheinlichkeit

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
SAL GW 016	47390020	Thronitz	01.08.1995	0,903	-0,0069	-149,2	0,00714	-222,4	fallend- steigend
SAL GW 052	45400522	Hohenheida	01.11.2010	0,947	-0,01057	-267	0,56991	-8810,5	fallend- steigend
SAL GW 052	45400522	Hohenheida	01.10.1999	0,875	-0,01327	-256,5	-0,01243	-222	fallend- fallend
SAL GW 052	46400047	Leipzig Holz- hausen	01.09.1994	0,903	-0,00202	-163,6	-0,0011	-171,6	fallend- fallend
SAL GW 052	46390101	Schkeuditz	01.08.2007	0,909	0,01865	-374,2	0,04124	-690,1	steigend- steigend
SAL GW 060	46410074	Brandis	01.07.1999	0,903	0,00033	-203,2	0,00936	-319,5	steigend- steigend
SAL GW 060	46410041	Gerichshain	01.05.1985	0,903	-0,00232	-1730,8	0,00695	-1827,7	fallend- steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
SAL GW 060	47420080	Grethen	01.11.2002	0,903	-0,0038	-385,1	0,01662	-625,9	fallend- steigend
SAL GW 060	48420501	Kleinbardau	01.07.1988	0,903	0,00138	-318,7	0,00298	-348,8	steigend- steigend
SAL GW 060	47400049	Liebertwolk- witz	01.12.2001	0,911	-0,00033	-159,6	-6,00E-04	-162,6	fallend- fallend
SAL GW 060	47400049	Liebertwolk- witz	01.03.1999	0,903	0,00018	-161,6	-0,00061	-162,6	steigend- fallend
SAL GW 060	47410404	Lindharth Waldrand B1966	02.08.1993	0,996	-0,01113	-284,9	-0,01067	-169,4	fallend- fallend
SAL GW 060	47410404	Lindharth Waldrand B1966	01.08.2010	0,991	0,00076	-326,6	0,20477	-3304,7	steigend- steigend
SAL GW 059	49410630	Benndorf	01.01.1988	0,903	-0,0093	-50,7	-0,00095	-86,1	fallend- fallend
SAL GW 059	48391946	Drosskau	01.07.1986	0,903	-0,02755	-62	0,00031	-205,1	fallend- steigend
SAL GW 059	48390509	Gatzen	01.03.1997	0,967	0,00436	-262,2	0,00332	-282,4	steigend- steigend
SAL GW 059	48390509	Gatzen	01.08.2002	0,905	0,00176	-252,2	0,00061	-244,2	steigend- steigend
SAL GW 059	48400028	Kieritzsch	01.01.2002	0,903	-0,00358	-95,3	0,00362	-177,1	fallend- steigend
SAL GW 059	49400890	Ramsdorf	01.06.2010	0,987	-0,00168	-200,9	0,01985	-477,9	fallend- steigend
SAL GW 058	48410663	Bad Lausick	01.06.1999	0,903	-0,00338	-195,1	0,00826	-326	fallend- steigend
SAL GW 058	47410053	Belgershain	01.01.1995	0,903	-0,00555	-477,6	0,00119	-514,8	fallend- steigend
SAL GW 058	49411930	Greifenhain	01.01.1991	0,903	0,00219	-66	-0,00411	-27	steigend- fallend
SAL GW 058	48410061	Hopfgarten	01.01.1995	0,903	-0,00144	-164,7	0,00083	-163,9	fallend- steigend
SAL GW 058	47410489	Oelzschau	01.03.1992	0,903	-0,02208	-430,3	0,00522	-681,9	fallend- steigend
SAL GW 058	47410003	Otterwisch	01.02.1987	0,921	-0,00057	-280,1	-0,00054	-265,4	fallend- fallend
SAL GW 058	47410003	Otterwisch	01.01.1993	0,9	0,00069	-281,7	0,00159	-290,9	steigend- steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
SAL GW 058	48410497	Priessnitz	01.05.1992	0,903	-0,00191	-466,3	-0,00467	-419,7	fallend- fallend
SAL GW 058	49410738	Streitwald	01.04.2010	0,885	-0,00336	-175,5	0,02747	-553,3	fallend- steigend
SAL GW 054	52393650	Trünzig Schule	01.01.1989	0,841	0,00507	-364,9	0,00473	-398,3	steigend- steigend
SAL GW 053	52403663	Koenigswalde B85	01.07.2000	0,903	-0,00169	-97,6	-0,00033	-112,3	fallend- fallend
SAL GW 053	52403660	Ruppertsgruen	01.05.2010	0,967	0,00216	-1311,8	0,11188	-2803,4	steigend- steigend
SAL GW 045	54393683	Losa B1966	01.03.1999	0,903	0,00415	-262,2	0,02761	-556	steigend- steigend
SAL GW 044	54393688	Schneiden- bach W1925	01.02.1995	0,901	-0,00322	-345,8	0,00144	-372,2	fallend- steigend
SAL GW 043	54393684	Alt- mannsgruen B1900	01.09.2009	0,967	-0,00097	-66,2	0,03755	-616,9	fallend- steigend
SAL GW 043	55403703	Neudorf W1856	01.05.1986	0,903	0,0033	-279,8	-0,00258	-248	steigend- fallend
SAL GW 043	56393711	Ober- würschnitz B3711/66	01.09.2009	0,989	0,00043	-121,6	0,03353	-596,1	steigend- steigend
SAL GW 043	56393711	Ober- würschnitz B3711/66	01.10.2006	0,983	-2,00E-05	-119,5	0,00343	-151,1	fallend- steigend
SAL GW 043	56392797	Unter- würschnitz	01.08.1985	0,877	0,00012	2,8	0,00011	1,4	steigend- steigend
SAL GW 043	56392797	Unter- würschnitz	01.03.2010	0,802	-6,00E-05	3,1	-0,00125	23,1	fallend- fallend
VM 1-3	44429484	Battaune	01.04.1999	0,902	-0,01041	-73,6	0,00181	-200,4	fallend- steigend
VM 1-3	45426108	Paschwitz	01.11.1985	0,903	-0,00609	-1133,5	0,00133	-1201,6	fallend- steigend
VM 1-1	45400717	Goebischelwitz	01.06.2002	1	0,00282	-169,1	0,00227	-185	steigend- steigend
VM 1-1	44406436	Sausedlitz	01.02.1990	0,903	-0,00131	-153	0,00192	-188,8	fallend- steigend
VM 1-1	44416552	Zschepplin	01.09.1994	0,903	-0,00169	-697,4	0,00402	-759,3	fallend- steigend
VM 1-4	46436307	Boerln B1/69	01.01.1993	0,9	-0,00343	-1022,1	0,00685	-1130,4	fallend- steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
VM 1-4	46430531	Meltewitz	01.11.1988	0,903	-0,00252	-518,3	0,00467	-597,7	fallend- steigend
VM 1-4	45430523	Ochsensaal	01.02.2000	1	-0,00015	-19	-0,00042	-33,1	fallend- fallend
VM 1-4	46420526	Zschor	01.11.2010	0,998	0,00073	-393	0,17147	-2900,5	steigend- steigend
VM 1-4	46420526	Zschor	01.10.1998	0,996	-0,00164	-381,7	-0,00132	-358	fallend- fallend
VM 1-2-2	45416459	Eilenburg B6/69	01.09.1985	0,901	-0,00349	-1980,8	0,00236	-2019,5	fallend- steigend
VM 1-2-2	44416534	Moertitz	01.11.1998	0,903	-0,00234	-155,9	0,00245	-200,1	fallend- steigend
VM 1-2-1	47420490	Altenhain	01.09.1988	0,903	-0,00087	-590,6	0,00901	-693	fallend- steigend
VM 1-2-1	46421125	Grubnitz	01.04.2010	0,983	-0,00309	-223,6	0,00308	-250,1	fallend- steigend
VM 1-2-1	48420179	Sermuth	01.01.1989	0,903	0,00104	-281,1	0,0037	-306,3	steigend- steigend
ZM 2-1	50420635	Arnsdorf	01.08.2010	0,982	-0,00113	-355,3	0,05281	-1129	fallend- steigend
ZM 2-1	49430964	Arras	01.03.1990	0,903	-0,01388	-153,3	0,0129	-365,7	fallend- steigend
ZM 2-1	50420511	Burgstaedt SUED	01.06.2010	0,974	-0,00253	-292,3	0,13441	-2239,6	fallend- steigend
ZM 2-1	48421093	Colditz	01.08.2000	0,903	-0,00387	-720,8	0,02823	-1102,9	fallend- steigend
ZM 2-1	51410818	Kleinbernsdorf B19/25	01.12.1993	0,998	-0,00023	-410,4	-0,00016	-363,5	fallend- fallend
ZM 2-1	51410818	Kleinbernsdorf B19/25	01.09.2009	0,995	0,00423	-425,1	0,04521	-1018,3	steigend- steigend
ZM 2-1	50420844	Lunzeu B10/25	01.01.2005	0,903	-0,00216	-1073,7	0,06751	-2003,7	fallend- steigend
ZM 2-1	48421983	Thierbaum	01.08.1997	0,903	-0,00152	-177,6	0,00177	-217,8	fallend- steigend
ZM 2-1	49420959	Weissbach	01.06.2010	0,983	-0,00113	-415,7	0,05995	-1291,3	fallend- steigend
ZM 2-2	52411193	Bernsdorf	01.11.1998	0,903	-0,00054	-656,6	0,00746	-736,1	fallend- steigend
ZM 2-2	52411556	Schlunzig	01.11.1997	1	-0,00096	-50,7	-0,00087	-30,5	fallend- fallend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
ZM 1-1	52410759	Muelsen-St- Niclas	01.09.1988	0,903	-0,00954	-525,7	0,00921	-681,5	fallend- steigend
ZM 1-1	52411234	Schneppen- dorf	01.05.1985	0,903	-0,00142	-434,2	0,00586	-484,6	fallend- steigend
FM 2-1	48440993	Doebeln	01.11.1989	0,903	-0,00247	-667,1	0,01593	-856	fallend- steigend
FM 2-1	49451225	Gleisberg	01.04.1997	0,849	0,0013	-339,5	6,00E-04	-340	steigend- steigend
FM 2-1	49451225	Gleisberg	01.04.1989	0,824	0,00349	-343,1	0,00338	-372,6	steigend- steigend
FM 4-1	51431694	Chemnitz Ebersdorf	01.01.2002	0,999	0,00122	-703,1	-0,00016	-747	steigend- fallend
FM 2-2	50442779	Cunnersdorf	01.07.1999	0,903	-1,00E-05	0,3	2,00E-05	0	fallend- steigend
FM 1	50453283	Freiberg B15/26	01.02.1998	0,973	0,00592	-556,5	0,00559	-586,5	steigend- steigend
EL 3-1	43420072	Dahlenberg B72/1970	01.05.1991	0,834	0,00149	-104,8	0,00147	-116,3	steigend- steigend
EL 2-1	44425470	Wildenhain B2/62	01.11.1998	0,903	-0,00327	-211,5	0,00226	-274,5	fallend- steigend
EL 2-5+6	47430865	Ablaß	01.12.2010	0,99	-0,00015	-435,6	0,20348	-3412,5	fallend- steigend
EL 2-5+6	47430865	Ablaß	01.11.1998	0,967	-0,00384	-420	-0,00295	-385,3	fallend- fallend
EL 2-5+6	46450134	Bornitz	01.11.2010	0,845	-0,00312	-829,1	0,40644	-6895,1	fallend- steigend
EL 2-5+6	47440625	Lampersdorf	01.09.1991	0,888	0,00897	-231,3	0,00889	-293,8	steigend- steigend
EL 2-5+6	47440649	Naundorf	01.05.1990	0,952	0,00734	-236,8	0,00697	-301,3	steigend- steigend
EL 2-5+6	45440655	Olganitz	01.12.1988	0,9	0,00442	-182,9	0,00433	-223,6	steigend- steigend
EL 2-5+6	47440551	Schweta	01.09.1991	0,987	0,00706	-505,3	0,00697	-554	steigend- steigend
EL 2-5+6	47440551	Schweta	01.09.2007	0,895	0,00143	-485,2	0,00118	-475,3	steigend- steigend
EL 2-5+6	46440536	Sörnnewitz	01.10.1996	0,997	-0,00164	-94	-0,00175	-123,8	fallend- fallend
EL 2-5+6	47431238	Wermisdorf	01.03.1997	0,901	-0,0024	-202,1	0,00505	-287	fallend- steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
EL 2-4	47450143	Nickritz	01.07.1995	0,903	-0,00435	-976,9	0,00273	-1025,6	fallend- steigend
EL 2-4	47450159	Stauchitz	01.03.2002	0,903	-0,00205	-946,5	0,00403	-1005,7	fallend- steigend
EL 2-4	48440168	Zschaitz	01.03.1999	0,945	-0,00475	-1762,8	-0,00449	-1714,1	fallend- fallend
EL 2-3	47460266	Medessen	01.06.1990	0,82	0,00122	-222,1	0,00119	-254,5	steigend- steigend
EL 1-3	48471173	Kreyern	01.10.1998	0,999	0,0044	-382,4	0,00414	-398,9	steigend- steigend
EL 1-1+2	49483516	Dresden Stübelallee 2	01.11.1998	0,902	-0,00832	-639,7	0,00743	-778,4	fallend- steigend
EL 1-10	49461050	Deutschenbo- ra	01.09.2010	0,891	-0,01004	-1752,7	0,37838	-7215,3	fallend- steigend
EL 1-4	48500906	Rammeu	01.05.2010	0,983	-0,00096	-130,3	0,03414	-624	fallend- steigend
EL 1-9	51481217	Ulberndorf	01.11.1998	0,903	-0,0014	-383,6	0,00093	-400,5	fallend- steigend
EL 1-6-1	51502316	Langenhen- nersdorf	01.10.2009	0,97	0	0,4	0,00059	-7,7	Sonderfall: Steigung Null
EL 1-5	49510347	Neukirch	01.02.1995	0,829	-0,00123	-228	-0,00156	-243	fallend- fallend
EL 1-5	49510347	Neukirch	01.02.1995	0,829	-0,00123	-228	-0,00156	-243	fallend- fallend
SE 3-1	46460565	Bauda	01.07.2004	0,902	-0,00201	-430,2	0,02106	-728,8	fallend- steigend
SE 3-2	46470571	Oelsnitz	01.08.2010	0,986	-0,00254	-289,2	0,13825	-2318,7	fallend- steigend
SE 2-1	46481139	Böhla	01.04.1996	0,811	0,00056	-463,9	0,00035	-462,2	steigend- steigend
SE 2-1	46481139	Böhla	01.08.1990	0,801	0,00202	-467,6	0,00205	-483,6	steigend- steigend
SE 2-1	46460567	Frauenhain	01.01.2003	0,902	-0,00225	-187,4	0,01111	-362,8	fallend- steigend
SE 2-1	47491159	Laußnitz W1	01.07.1998	0,903	-0,00207	-493,7	0,00993	-634,8	fallend- steigend
SE 1-2	48510966	Burkau	01.01.1999	0,986	0,00229	-193,4	0,00198	-203,6	steigend- steigend
SE 1-2	46510609	Cunnewitz	01.05.1997	0,903	-8,00E-05	-120,6	0,00123	-138,7	fallend-

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
									steigend
SE 1-2	48518081	Kleingaussig HySaf8/70	01.08.1996	0,953	-0,00444	-1071,3	-0,00475	-1068,4	fallend- fallend
SE 1-2	48518081	Kleingaussig HySaf8/70	01.12.1991	0,944	-0,00135	-1081	-0,00124	-1113,3	fallend- fallend
SE 1-2	48511111	Leutwitz	01.02.1997	0,958	-0,00113	-895,3	-0,00122	-912,1	fallend- fallend
SE 1-2	48511111	Leutwitz	01.09.1990	0,878	0,00202	-901,8	0,00207	-950	steigend- steigend
SE 1-2	47528106	Luga HyKoa8/71	01.10.2010	0,962	-0,00168	-349,7	0,05306	-1116,6	fallend- steigend
SE 1-2	47510387	Neschwitz	01.12.1999	0,903	0,00027	-239,2	0,00395	-296,7	steigend- steigend
SE 1-2	47510387	Neschwitz	01.03.1993	0,981	-0,00478	-220,8	-0,00453	-183	fallend- fallend
SP 2-1	46553001	Biehain	01.07.1997	0,903	-0,00307	-199,3	0,00288	-218,7	fallend- steigend
SP 2-1	47553032	Mückenhain	01.01.1998	0,993	-0,00046	-227,2	-0,00068	-244,6	fallend- fallend
SP 2-1	46553055	Spree	01.01.1986	0,903	-0,00508	-187,4	0,00047	-216,4	fallend- steigend
SP 2-1	46553074	Trebus	01.11.1990	0,903	-0,00462	-337,1	-7,00E-05	-364,4	fallend- fallend
SP 1-1	49520931	Crostau	01.05.2000	0,903	0,00098	-724,8	0,00786	-804,1	steigend- steigend
SP 1-1	49530979	Ebersbach	01.01.2010	0,841	-0,00502	-191,3	0,0938	-1573,1	fallend- steigend
SP 1-2	49541224	Bischdorf	01.05.2010	0,984	-0,00186	-382,4	0,03111	-773,6	fallend- steigend
SP 1-2	48531208	Eiserode	01.05.2009	0,995	0,00137	-314,4	0,00912	-397,5	steigend- steigend
SP 1-2	48540858	Glossen	01.04.1997	0,996	-0,00324	-218,4	-0,00351	-222,4	fallend- fallend
SP 1-2	48530992	Hochkirch	01.02.1997	0,903	-0,00059	-304	-0,00105	-311,9	fallend- fallend
SP 1-2	48530992	Hochkirch	01.02.1997	0,903	-0,00059	-304	-0,00105	-311,9	fallend- fallend
SP 1-2	46530582	Neudorf	01.05.2010	0,992	0,00078	-235	0,03899	-768,1	steigend- steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Steigung vor Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt vor Bruchpunkt	Steigung nach Bruch- punkt	Y- Achsenabschnitt nach Bruch- punkt	Bruch- punkttyp
SP 1-2	49531740	Schönbach	01.04.2005	0,903	-0,00154	-657,6	0,07009	-1645,2	fallend- steigend
SP 1-2	48530315	Weißenberg	01.05.1997	0,99	-0,00093	-373,9	-0,00218	-373,3	fallend- fallend
SP 2-2	48553040	Ebersbach	01.01.1999	0,903	-0,00155	-523,2	0,00226	-565,9	fallend- steigend
SP 2-2	48553037	Königshain	01.07.1997	0,988	0,00424	-178,6	0,00377	-186,2	steigend- steigend
SP 2-2	48553037	Königshain	01.10.1991	0,938	0,00548	-181,1	0,00548	-205,6	steigend- steigend
SP 2-2	48553013	Markersdorf	01.04.1999	0,996	0,00114	-297,2	0,00033	-322,5	steigend- steigend
NE 2	50550642	Dittelsdorf	01.03.1990	0,824	0,00376	-430,6	0,00369	-467,1	steigend- steigend
NE 2	49540967	Strahwalde	01.07.2004	0,903	-0,00159	-307,2	0,0118	-477,3	fallend- steigend

Tabelle 22: Bruchpunkte nach Mittelwert an den Grundwassermessstellen mit Angaben zu Mittelwert vor und nach dem Bruchpunkt; MKZG: MessstellenkennzifferGrundwasser, WS: Wahrscheinlichkeit

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Mittel vor Bruchpunkt	Mittel nach Bruchpunkt	Bruchpunkttyp
SAL GW 052	45400522	Hohenheida	01.07.1984	0,903	-288,57	-375	fallend
SAL GW 052	46400047	Leipzig Holzhausen	01.09.1984	0,903	-169,49	-182,3	fallend
SAL GW 052	46390101	Schkeuditz	01.04.2006	0,909	-123,58	-102,45	steigend
SAL GW 060	46410074	Brandis	01.11.2002	0,903	-201,78	-195,48	steigend
SAL GW 060	46410041	Gerichshain	01.04.1991	0,992	-1748,43	-1749,1	fallend
SAL GW 060	47420080	Grethen	01.01.1993	0,974	-406,65	-407,47	fallend
SAL GW 060	48420501	Kleinbardau	01.05.2007	0,9	-316,38	-304,62	steigend
SAL GW 060	46410356	Leipzig Althen-Keinpös	01.02.1986	0,903	-158,91	-128,9	steigend
SAL GW 060	47400049	Liebertwolkwitz	01.09.1988	0,903	-160,41	-166,49	fallend
SAL GW 060	47410404	Lindharth Waldrand B1966	03.02.2003	0,897	-318,7	-317,09	steigend
SAL GW 059	49410630	Benndorf	01.09.1984	0,903	-78,06	-97,43	fallend
SAL GW 059	48391946	Drosskau	01.07.1984	0,903	-139,73	-203,19	fallend
SAL GW 059	48390509	Gatzen	01.07.1987	0,897	-240,45	-239,93	steigend
SAL GW 059	48390509	Gatzen	01.12.2002	0,993	-240,6	-238,02	steigend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Mittel vor Bruchpunkt	Mittel nach Bruchpunkt	Bruchpunkttyp
SAL GW 059	48390509	Gatzen	01.11.1996	0,98	-240,42	-239,92	steigend
SAL GW 059	48400028	Kieritzsch	01.03.1993	0,903	-112,87	-128,73	fallend
SAL GW 059	49400890	Ramsdorf	01.12.1988	0,903	-204,04	-219,92	fallend
SAL GW 058	48410663	Bad Lausick	01.08.1984	0,903	-202,23	-222,22	fallend
SAL GW 058	47410053	Belgershain	01.05.1994	0,984	-501,47	-501,68	fallend
SAL GW 058	47410053	Belgershain	01.11.2006	0,957	-501,34	-502,92	fallend
SAL GW 058	49411930	Greifenhain	01.07.1984	0,903	-59,24	-68,89	fallend
SAL GW 058	48410061	Hopfgarten	01.03.1988	0,903	-166,24	-162,67	steigend
SAL GW 058	47410489	Oelzschau	01.11.1984	0,903	-487,79	-612,77	fallend
SAL GW 058	47410003	Otterwisch	01.05.1991	0,903	-277,21	-274,37	steigend
SAL GW 058	48410497	Priessnitz	01.03.2001	0,903	-471,3	-483,05	fallend
SAL GW 058	49410738	Streitwald	01.05.1986	0,903	-186,32	-206,9	fallend
SAL GW 054	52393650	Trünzig Schule	01.07.1992	0,9	-349,16	-343,43	steigend
SAL GW 054	52393650	Trünzig Schule	01.02.1988	0,9	-346,75	-346,08	steigend
SAL GW 054	52393650	Trünzig Schule	01.01.1989	0,891	-346,42	-346,09	steigend
SAL GW 053	52403663	Koenigswalde B85	01.07.1984	0,903	-101,55	-114,04	fallend
SAL GW 053	52403660	Ruppertsgruen	01.01.1995	0,903	-1309,38	-1264,4	steigend
SAL GW 045	54393683	Losa B1966	01.11.1985	0,903	-252,33	-213,54	steigend
SAL GW 044	54393688	Schneidenbach W1925	01.10.1991	0,991	-358,39	-359,37	fallend
SAL GW 043	56393708	Adorf B12/5/62	01.01.2011	0,889	-164,85	-154,9	steigend
SAL GW 043	54393684	Altmannsgruen B1900	01.05.1986	0,903	-69,77	-74,53	fallend
SAL GW 043	55403703	Neudorf W1856	01.09.2000	0,903	-269,34	-283,3	fallend
SAL GW 043	56393711	Oberwürschnitz B3711/66	01.11.1992	0,903	-121,7	-113,06	steigend
SAL GW 043	56392797	Unterwürschnitz	01.03.1994	0,896	2,77	2,75	fallend
VM 1-3	44429484	Battaune	01.08.1991	0,902	-141,59	-174,49	fallend
VM 1-3	45426108	Paschwitz	01.07.1984	0,903	-1149,71	-1187	fallend
VM 1-1	45400717	Goebischelwitz	01.11.1995	0,999	-152,56	-152,34	steigend
VM 1-1	44406436	Sausedlitz	01.12.1984	0,903	-156,42	-166,35	fallend
VM 1-1	44416552	Zschepplin	01.04.1998	0,999	-707,61	-708,08	fallend
VM 1-4	46436307	BoerIn B1/69	01.06.1998	0,996	-1042,72	-1043,2	fallend
VM 1-4	46436307	BoerIn B1/69	01.05.2008	0,988	-1042,77	-1044	fallend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Mittel vor Bruchpunkt	Mittel nach Bruchpunkt	Bruchpunkttyp
VM 1-4	46430531	Meltewitz	01.10.1993	0,988	-539,79	-540,24	fallend
VM 1-4	45430523	Ochsensaal	01.11.1992	0,902	-19,47	-31,88	fallend
VM 1-4	46420526	Zschor	01.01.2001	0,903	-390,82	-373,47	steigend
VM 1-2-2	45416459	Eilenburg B6/69	01.06.1986	0,929	-1993,82	-1994,1	fallend
VM 1-2-2	44416534	Moertitz	01.11.1985	0,903	-161,79	-172,48	fallend
VM 1-2-1	47420490	Altenhain	01.09.2005	0,903	-597,02	-575,85	steigend
VM 1-2-1	46421125	Grubnitz	01.10.1999	0,998	-247,58	-248,57	fallend
VM 1-2-1	48420179	Sermuth	01.11.1990	0,903	-276,67	-264,64	steigend
ZM 2-1	50420635	Arnsdorf	01.05.1991	0,903	-357,54	-369,31	fallend
ZM 2-1	49430964	Arras	01.06.1991	0,994	-214,93	-215,57	fallend
ZM 2-1	50420511	Burgstaedt SUED	01.03.1989	0,903	-295,42	-320,91	fallend
ZM 2-1	48421093	Colditz	01.07.1991	0,894	-739,18	-741,69	fallend
ZM 2-1	51410818	Kleinbernsdorf B19/25	01.11.1985	0,903	-414,08	-378,64	steigend
ZM 2-1	48421983	Thierbaum	01.07.1984	0,903	-181,26	-192,87	fallend
ZM 2-1	49420959	Weissbach	01.12.2006	1	-423,51	-424,82	fallend
ZM 2-1	49420959	Weissbach	01.12.1992	0,952	-423,5	-423,87	fallend
ZM 3-2	52422522	Pfaffenhain	01.10.1985	0,902	0,08	0,11	steigend
ZM 2-2	52411193	Bernsdorf	01.03.1994	0,903	-662,84	-641,12	steigend
ZM 2-2	52411556	Schlunzig	01.03.1997	0,903	-55,92	-41,86	steigend
ZM 1-1	52410759	Muelsen-St-Niclas	01.10.1992	0,998	-571,4	-571,65	fallend
ZM 1-1	52411234	Schneppendorf	01.11.1987	0,903	-438,72	-422,1	steigend
FM 2-1	48440993	Doebeln	01.09.2008	0,9	-680,07	-637,95	steigend
FM 4-1	50431936	Altmittweida	01.07.1984	0,903	-295,35	-322,65	fallend
FM 4-1	51431694	Chemnitz Ebersdorf	01.02.2001	0,901	-695,78	-744,51	fallend
FM 4-1	49441688	Knobelsdorf	01.01.1987	0,903	-700,74	-519,12	steigend
FM 2-2	50442779	Cunnersdorf	01.03.1986	0,903	0,28	0,24	fallend
FM 1	50453283	Freiberg B15/26	01.11.1984	0,903	-536,78	-514,44	steigend
EL 3-1	43420072	Dahlenberg B72/1970	01.03.1998	0,901	-99,51	-97,67	steigend
EL 3-1	43420072	Dahlenberg B72/1970	01.11.1983	0,834	-98,9	-98,87	steigend
EL 3-1	43420072	Dahlenberg B72/1970	01.03.1987	0,825	-98,95	-98,79	steigend
EL 2-1	44425470	Wildenhain B2/62	01.09.1984	0,903	-220	-241,75	fallend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Mittel vor Bruchpunkt	Mittel nach Bruchpunkt	Bruchpunkttyp
EL 2-2	46450255	Röderau Bwhs.	01.08.1996	0,903	-746,24	-729,42	steigend
EL 2-5+6	46450134	Bornitz	01.01.1997	0,903	-842,45	-867,25	fallend
EL 2-5+6	47440625	Lampersdorf	01.02.1986	0,901	-193,51	-192,21	steigend
EL 2-5+6	45440655	Olganitz	01.02.2011	0,875	-171,66	-154,37	steigend
EL 2-5+6	47440551	Schweta	01.08.1988	0,968	-472,91	-472,51	steigend
EL 2-5+6	47440551	Schweta	01.06.1992	0,9	-473,8	-471,88	steigend
EL 2-5+6	46440536	Sörnnewitz	01.11.1985	0,903	-99,18	-127,64	fallend
EL 2-5+6	47431238	Wermsdorf	01.03.1986	0,901	-213,05	-221,61	fallend
EL 2-4	47460555	Leutewitz	01.06.2006	0,811	-584,84	-581,86	steigend
EL 2-4	47460555	Leutewitz	01.04.2003	0,801	-584,82	-582,31	steigend
EL 2-4	47450143	Nickritz	01.03.1993	0,985	-995,68	-996,02	fallend
EL 2-4	47450159	Stauchitz	01.12.1997	0,875	-957,2	-957,34	fallend
EL 2-4	48440168	Zschaitz	01.08.1992	0,931	-1785,39	-1785,9	fallend
EL 2-3	47460266	Medessen	01.06.1985	0,903	-217,23	-237,28	fallend
EL 1-3	48471173	Kreyern	01.03.1985	0,903	-367,43	-347,44	steigend
EL 1-1+2	49483516	Dresden Stübelallee 2	01.01.1992	0,98	-688,77	-689,66	fallend
EL 1-10	49461050	Deutschenbora	01.09.1993	0,903	-1803,73	-1849,1	fallend
EL 1-4	48500906	Rammeu	01.04.1988	0,903	-132	-140,39	fallend
EL 1-9	51481217	Ulberndorf	01.09.1990	0,989	-390,33	-391,03	fallend
EL 1-8	51481216	Schlottwitz	01.07.1984	0,903	-219,45	-195,31	steigend
EL 1-6-1	51502316	Langenhennersdorf	01.10.1988	0,902	0,41	0,42	steigend
EL 1-5	49510347	Neukirch	01.07.1985	0,903	-231,02	-253,17	fallend
SE 3-1	45460301	SPANSBERG Schule	01.07.1996	0,902	-109,51	-112,63	fallend
SE 3-2	46470571	Oelsnitz	01.05.1990	0,902	-293,77	-319,54	fallend
SE 3-2	46460564	Walda	01.11.1985	0,903	-200,29	-189,91	steigend
SE 2-1	46481139	Böhla	01.11.1998	0,903	-460,45	-458,86	steigend
SE 2-1	46460567	Frauenhain	01.11.1987	0,902	-193,33	-211,65	fallend
SE 2-1	47491159	Laußnitz W1	01.01.1989	0,903	-496,74	-513,11	fallend
SE 1-2	48510966	Burkau	01.03.1985	0,903	-185,31	-177,12	steigend
SE 1-2	46510609	Cunnewitz	01.07.2004	0,994	-121,75	-122,24	fallend
SE 1-2	46510609	Cunnewitz	01.07.1992	0,864	-121,66	-122,05	fallend

Grundwasser- körper	MKZG	Stationsname	Datum	WS	Mittel vor Bruchpunkt	Mittel nach Bruchpunkt	Bruchpunkttyp
SE 1-2	48518081	Kleingaussig HySaf8/70	01.06.1992	0,902	-1088,51	-1126,8	fallend
SE 1-2	48511111	Leutwitz	01.05.1997	0,903	-900,94	-928,05	fallend
SE 1-2	47528106	Luga HyKoa8/71	01.06.1988	0,901	-355,45	-366,98	fallend
SE 1-2	47510387	Neschwitz	01.12.2006	0,993	-239,87	-240,85	fallend
SE 1-2	47510387	Neschwitz	01.05.1990	0,905	-239,86	-240,01	fallend
SE 1-2	47510387	Neschwitz	01.08.1985	0,857	-239,84	-240	fallend
SP 2-1	46553001	Biehain	01.07.1995	0,903	-216,91	-184,02	steigend
SP 2-1	46553062	Geheege	01.12.2010	0,911	-121,96	-82,5	steigend
SP 2-1	46553062	Geheege	01.03.2002	0,881	-121,86	-121,38	steigend
SP 2-1	47553032	Mückenhain	01.01.1993	0,903	-228,5	-248,09	fallend
SP 2-1	46553055	Spree	01.07.1984	0,903	-202,25	-211,51	fallend
SP 2-1	46553074	Trebus	01.07.1984	0,903	-350,28	-365,45	fallend
SP 1-1	49520931	Crostau	01.11.1991	0,903	-723,12	-704,95	steigend
SP 1-1	49530979	Ebersbach	01.09.1988	0,903	-203,23	-245,8	fallend
SP 1-2	49541224	Bischdorf	01.10.2004	0,998	-395,04	-396,06	fallend
SP 1-2	49541224	Bischdorf	01.01.1993	0,857	-394,97	-395,4	fallend
SP 1-2	48531208	Eiserode	01.09.1985	0,903	-309,88	-297,74	steigend
SP 1-2	48540858	Glossen	01.11.1984	0,903	-226,21	-256,53	fallend
SP 1-2	48530992	Hochkirch	01.07.1984	0,903	-307,09	-316,84	fallend
SP 1-2	46530582	Neudorf	01.01.1987	0,903	-234,58	-223,55	steigend
SP 1-2	48530315	Weißenberg	01.03.1998	0,903	-376,78	-406,55	fallend
SP 2-2	48553040	Ebersbach	01.06.2006	1	-533,28	-533,99	fallend
SP 2-2	48553040	Ebersbach	01.11.1992	0,95	-533,14	-533,78	fallend
SP 2-2	48553037	Königshain	01.07.1987	0,903	-156,2	-145,91	steigend
SP 2-2	48553013	Markersdorf	01.10.2007	0,981	-298,77	-302,92	fallend
NE 2	49540967	Strahwalde	01.09.2003	0,997	-316,91	-317,48	fallend
NE 2	49540967	Strahwalde	01.11.1992	0,981	-316,82	-317,31	fallend

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
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:

Sybillie Wendel, Hannaleena Pöhler, Jörg Scherzer
UDATA
Hans-Geiger-Str. 18, 67434 Neustadt/Weinstraße
Telefon: + 49 6321 9989430
E-Mail: info@udata.de

Redaktion:

Dr. Peter Börke
LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Oberflächen- und Grundwasser
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
Telefon: + 49 351 8928-4418
Telefax: + 49 351 8928-4099
E-Mail: peter.boerke@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

12.06.2012

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.