

Licca liber - Weiterführende Untersuchungen

Grundwassermodell

Modelleinsatz

Bericht

Stand: 19.11.2019

Version: 04

Anlage 6.4

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	14
Anlagenverzeichnis	16
Wichtige Begriffe	17
Abkürzungsverzeichnis.....	20
Einheitenverzeichnis	21
1 Einleitung	22
2 Übersicht.....	23
2.1 Betrachtete Varianten.....	23
2.2 Betrachtete Grundwasserverhältnisse.....	24
2.3 Aufbau, Randbedingungen und Parametrisierung der Planungsvarianten	24
2.4 Verwendung des Grundwassermodells zur Optimierung der Planungsvarianten.....	25
2.5 Hinweise zu den Auswertungen	26
2.5.1 Unterteilung der Planungsbereiche I+II in kleinere Teilbereiche....	26
2.5.2 Veränderung von Grundwasserständen.....	28
2.5.3 Betrachtung von Brunneneinzugsgebieten.....	34

3	Untersuchung des Bezugszustands	35
4	Untersuchung der Planungsvariante I-B	38
4.1	Modellaufbau	38
4.2	Auswertungen zur Wasserbilanz	42
4.2.1	Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen.....	42
4.2.2	Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen	43
4.3	Veränderung von Grundwasserständen	49
4.4	Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen.....	59
4.5	Zusammenfassung der Planungsvariante I-B.....	63
5	Untersuchung der Planungsvarianten I-A1/II-B1.....	64
5.1	Modellaufbau	64
5.2	Auswertungen zur Wasserbilanz	68
5.2.1	Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen.....	68
5.2.2	Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen	69
5.3	Veränderung von Grundwasserständen	76
5.4	Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen.....	86
5.5	Zusammenfassung der Planungsvarianten I-A1/II-B1.....	90
6	Untersuchung der Planungsvariante I-A2/II-B3.....	91
6.1	Modellaufbau	91
6.2	Auswertungen zur Wasserbilanz	95
6.2.1	Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen.....	95
6.2.2	Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen	97
6.3	Veränderung von Grundwasserständen	103
6.4	Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen.....	112
6.5	Zusammenfassung der Planungsvarianten I-A2/II-B3.....	116
7	Untersuchung der Planungsvariante I-C.....	117
7.1	Modellaufbau	117
7.2	Auswertungen zur Wasserbilanz	118
7.2.1	Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen.....	118
7.2.2	Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen	119
7.3	Veränderung von Grundwasserständen	125
7.4	Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen.....	134
7.5	Zusammenfassung der Planungsvariante I-C.....	138
8	Zusätzliche Betrachtungen für die Planungsvariante I-B	139
8.1	Berücksichtigung eines HW-Ereignisses an der Paar.....	139
8.1.1	Modellaufbau	139
8.1.2	Modellergebnisse.....	139

8.1.3	Fazit.....	153
8.2	Betrachtung eines Modelllaufs mit global reduziertem speichernutzbarem Hohlraumanteil	154
8.2.1	Modellaufbau	154
8.2.2	Modellergebnisse.....	154
8.2.3	Fazit.....	167
8.3	Betrachtung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär.....	167
8.3.1	Modellaufbau	167
8.3.2	Modellergebnisse.....	167
8.3.3	Fazit.....	177
Anhang A Veränderung von Grundwasserständen durch die vorläufige Planungsvariante I-A1v4		178
Anhang B: Detaillierte Betrachtung der Sensitivität der Lech-WSP basierend auf einer vorläufigen Lech-WSP Berechnung zur Planungsvariante A1		182

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Optimierung der vorläufigen Planungsvariante	26
Abbildung 2.2:	Unterteilung der Planungsbereiche für Bilanzbetrachtungen	27
Abbildung 2.3:	Berechnung der Aufhöhung/Absenkung durch die Planung	29
Abbildung 2.4:	Messstellen zur exemplarischen Auswertung der natürlichen Schwankungsbreite im Planungsbereich I	30
Abbildung 2.5:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle gkd_8270	31
Abbildung 2.6:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle gkd_7004	31
Abbildung 2.7:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle swa_8021	32
Abbildung 2.8:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle swa_8835	32
Abbildung 2.9:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle uniper_25402	33
Abbildung 2.10:	Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle uniper_25426	33
Abbildung 3.1:	Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei MW- Verhältnissen im Planungsbereich I	36
Abbildung 3.2:	Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei HW- Verhältnissen im Planungsbereich I	37
Abbildung 4.1:	Lageplan der Planungsvariante I-B	39
Abbildung 4.2:	Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 durch Bezugszustand (oben) und Planungszustand (unten)	40
Abbildung 4.3:	Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-B	41
Abbildung 4.4:	Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B	44
Abbildung 4.5:	Bilanz des Lechs im Planungsbereich I zwischen FKM 53.4 und 50.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B	45
Abbildung 4.6:	Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B	46
Abbildung 4.7:	Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B	47
Abbildung 4.8:	Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B	48
Abbildung 4.9:	Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen	51

Abbildung 4.10: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen	52
Abbildung 4.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-B.....	53
Abbildung 4.12: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW- Verhältnissen	54
Abbildung 4.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	55
Abbildung 4.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	55
Abbildung 4.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	56
Abbildung 4.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	56
Abbildung 4.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	57
Abbildung 4.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	57
Abbildung 4.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	58
Abbildung 4.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B).....	58
Abbildung 4.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 (Planungsvariante I-B)	59
Abbildung 4.22: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-B bei MW- Verhältnissen	61
Abbildung 4.23: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-B bei HW- Verhältnissen	62
Abbildung 5.1: Lageplan der Planungsvariante I-A1/II-B1	65

Abbildung 5.2: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 53 für Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1	66
Abbildung 5.3: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-A1	67
Abbildung 5.4: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante II-B1	67
Abbildung 5.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.	71
Abbildung 5.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.	72
Abbildung 5.7: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.	73
Abbildung 5.8: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1	74
Abbildung 5.9: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1	75
Abbildung 5.10: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen	78
Abbildung 5.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen	79
Abbildung 5.12: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) im MW-Fall	80
Abbildung 5.13: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) im HW-Fall	81
Abbildung 5.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	82
Abbildung 5.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	82
Abbildung 5.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	83

Abbildung 5.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	83
Abbildung 5.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	84
Abbildung 5.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	84
Abbildung 5.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	85
Abbildung 5.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	85
Abbildung 5.22: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)	86
Abbildung 5.23: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I	88
Abbildung 5.24: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I	89
Abbildung 6.1: Lageplan der Planungsvariante I-A2/II-B3	92
Abbildung 6.2: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 (Bezugszustand)	93
Abbildung 6.3: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 (Planungsvariante I-A2/II-B3)	93
Abbildung 6.4: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-A2	94
Abbildung 6.5: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante II-B3	95
Abbildung 6.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.	98
Abbildung 6.7: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.	99
Abbildung 6.8: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.	100

Abbildung 6.9: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.....	101
Abbildung 6.10: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.....	102
Abbildung 6.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen	104
Abbildung 6.12: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen	105
Abbildung 6.13: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) im MW-Fall	106
Abbildung 6.14: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) im HW-Fall	107
Abbildung 6.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	108
Abbildung 6.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	108
Abbildung 6.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	109
Abbildung 6.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	109
Abbildung 6.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	110
Abbildung 6.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	110
Abbildung 6.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	111
Abbildung 6.22: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	111

Abbildung 6.23: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)	112
Abbildung 6.24: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I	114
Abbildung 6.25: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I	115
Abbildung 7.1: Lageplan der Planungsvariante I-C	117
Abbildung 7.2: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-C.....	118
Abbildung 7.3: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.....	120
Abbildung 7.4: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.....	121
Abbildung 7.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.....	122
Abbildung 7.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.....	123
Abbildung 7.7: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.....	124
Abbildung 7.8: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen	126
Abbildung 7.9: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen	127
Abbildung 7.10: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen	128
Abbildung 7.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen	129
Abbildung 7.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	130
Abbildung 7.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	130

Abbildung 7.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	131
Abbildung 7.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	131
Abbildung 7.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	132
Abbildung 7.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	132
Abbildung 7.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	133
Abbildung 7.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	133
Abbildung 7.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)	134
Abbildung 7.21: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-C bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I	136
Abbildung 7.22: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-C bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I	137
Abbildung 8.1: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.	140
Abbildung 8.2: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.	141
Abbildung 8.3: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.	142
Abbildung 8.4: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.....	143
Abbildung 8.5: Bilanz der Paar (Flussschlauch) bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.	144

Abbildung 8.6: Bilanz der Paar (Ausuferungsflächen) bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.	145
Abbildung 8.7: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen und unter Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar.....	147
Abbildung 8.8: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen mit (flächige Darstellung) und ohne (Linienförmige Darstellung) Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar	148
Abbildung 8.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar)	149
Abbildung 8.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	149
Abbildung 8.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	150
Abbildung 8.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	150
Abbildung 8.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	151
Abbildung 8.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	151
Abbildung 8.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	152
Abbildung 8.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	152
Abbildung 8.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)	153
Abbildung 8.18: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient.....	155

Abbildung 8.19: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient.....	156
Abbildung 8.20: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient.....	157
Abbildung 8.21: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient.....	158
Abbildung 8.22: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen und unter Berücksichtigung eines reduzierten Speicherkoeffizients	160
Abbildung 8.23: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen für den unveränderten (Linienförmige Darstellung) und den reduzierten (flächige Darstellung) Speicherkoeffizient.....	161
Abbildung 8.24: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	162
Abbildung 8.25: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	162
Abbildung 8.26: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	163
Abbildung 8.27: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	164
Abbildung 8.28: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	164
Abbildung 8.29: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	165
Abbildung 8.30: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	165
Abbildung 8.31: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	166

Abbildung 8.32: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.	166
Abbildung 8.33: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung.....	169
Abbildung 8.34: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung.....	170
Abbildung 8.35: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung.....	171
Abbildung 8.36: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung	172
Abbildung 8.37: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen..	174
Abbildung 8.38: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B mit (flächige Darstellung) und ohne (Linienförmige Darstellung) Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen.....	175
Abbildung 8.39: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen ..	176

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-B)	43
Tabelle 4.2: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-B)	43
Tabelle 4.3: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands im Gesamtgebiet und in Siedlungsgebieten bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-B	50
Tabelle 4.4: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-B	60
Tabelle 5.1: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A1/II-B1)	68
Tabelle 5.2: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A1/II-B1)	69
Tabelle 5.3: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A1/II-B1)	69
Tabelle 5.4: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich II für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A1/II-B1)	69
Tabelle 5.5: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-A1/II-B1	77
Tabelle 5.6: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-A1/II-B1	87
Tabelle 6.1: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A2/II-B3)	96
Tabelle 6.2: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A2/II-B3)	96
Tabelle 6.3: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A2/II-B3)	96
Tabelle 6.4: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich II für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A2/II-B3)	96
Tabelle 6.5: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-A2/II-B3	103
Tabelle 6.6: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-A2/II-B3	113
Tabelle 7.1: Bilanz [m ³ /s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-C)	119

Tabelle 7.2: Bilanz [m^3/s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-C).....	119
Tabelle 7.3: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-C.....	125
Tabelle 7.4: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-C.....	135
Tabelle 8.1: Bilanz [m^3/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW). Vergleich für Bezugszustand und Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung der Quartärspeisung des oberen Tertiärs.	168
Tabelle 8.2: Bilanz [m^3/s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW). Vergleich für Bezugszustand und Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung der Quartärspeisung des oberen Tertiärs.	168

Anlagenverzeichnis

keine

Wichtige Begriffe

Hydrogeologisches Modell	„Eine aus einer Modellvorstellung heraus entwickelte in sich schlüssige und parametrisierte Beschreibung und Darstellung hydrogeologischer Strukturen und Prozesse.“ DVGW (2016)
Grundwassermodell	„Grundwassermodelle schließen die Lücke zwischen der Erkundung bzw. Überwachung und der Beschreibung des Systemverhaltens von Strömungs- und Transportprozessen in Grundwasservorkommen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie die naturräumlichen Gegebenheiten unter Einbeziehung aller wesentlichen Einflussgrößen aus Geologie und Hydrogeologie modellhaft widerspiegeln und flächendeckende und zeitlich differenzierte Analysen und Prognosen liefern.“ (DVGW, 2016) Das Grundwassermodell für das Projekt Licca liber wird dazu verwendet, die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen am Lech auf die Grundwasserverhältnisse zu prognostizieren.
Modellgebiet	Das Modellgebiet umfasst den Teil des Untersuchungsraums, der vom Grundwassermodell abgebildet wird. „Das Modellgebiet muss nach hydrogeologisch-geohydraulischen Kriterien ausreichend groß bemessen sein und sich in seiner Abgrenzung an natürlichen geohydraulischen Grenzen ([...]) orientieren.“ (DVGW, 2016)
Aussagegebiet	„Aus modelltechnischen Gründen müssen an den äußeren Grenzen eines Modellgebietes Randbedingungen festgelegt werden. Sie können die Ergebnisse der Modellierungen beeinflussen und zwar umso stärker, je näher der Ort der Aussage am Modellrand liegt. Deshalb soll nach Möglichkeit innerhalb des Modellgebietes ein kleineres Aussagegebiet mit genügend großem Abstand zu den Rändern ausgewiesen werden, für welches das Modell hinreichend genaue Aussagen ermöglicht.“ (DVGW, 2016) Im vorliegenden Fall reicht das Aussagegebiet im Westen bis zur Hochterrasse, im Süden ungefähr bis zum Lech Fkm 59, im Osten wird noch etwa die Hälfte des Gebiets zwischen Paar und Lech abgedeckt und im Norden endet das Aussagegebiet

	etwa auf Höhe der A8.
Kalibrierung	Bei der Kalibrierung werden die Modellparameter so bestimmt, dass eine möglichst hohe Übereinstimmung zwischen Grundwassermodell und historischen Beobachtungen (z.B. Ganglinien an Grundwassermessstellen, Abflüsse, ...) erreicht wird. Dazu werden unsichere Parameter (wie Durchlässigkeiten, Leakage-Koeffizienten, Speicherkoeffizienten, Transportparameter, ...) sowie Randbedingungen variiert, bis sich der verbleibende Fehler auf ein akzeptables Minimum reduziert.
Modelltest	„Überprüfung eines kalibrierten Modells, indem Messwerte eines Systemzustands nachgebildet werden, der noch nicht für eine Modellkalibrierung herangezogen worden ist. Gebräuchlich ist auch der Begriff Validierung.“ (DVGW, 2016)
Infiltration und Exfiltration	Bei der Infiltration handelt es sich um einen Prozess, in dem durch Aussickerungen von Wasser aus Flüssen, Bächen, Gräben oder Seen eine Speisung des Grundwassers stattfindet. Infiltration kann nicht nur aus dem Gewässer selbst stattfinden. Im Hochwasserfall findet die Infiltration meist auch über Ausuferungsflächen der Gewässer statt. Der Infiltrationsprozess setzt voraus, dass die Wasserspiegel im Gewässer über denen des Grundwassers stehen. Exfiltration ist der umgekehrte Prozess zur Infiltration. Er beschreibt Situationen, in denen Grundwasser an oberirdische Gewässer abgegeben wird.
Randbedingung	An den Rändern des Grundwassermodells müssen sogenannte Randbedingungen definiert werden. Es handelt sich um Vorgaben für das Modell. Typische Randbedingungen sind: Festpotenzialrand: Es wird i.d.R. ein aus Grundwasserstandsmessungen abgeleiteter Grundwasserstand dem Modell vorgegeben. Im Modell für Licca liber wurde die Randbedingung beispielsweise am südlichen und nördlichen Modellrand gewählt. Durch diese Randbedingung stellt sich am entsprechenden Modellrand der vorgegebene Grundwasserstand ein. Der Zufluss an Grundwasser stellt sich entsprechend dem Gefälle der Grundwasseroberfläche und dem lokalen Durchlässigkeitsbeiwert ein. Zuflussrand: Diese Randbedingung wird im Grundwassermodell für Licca liber für Zuflüsse über Teile des westlichen und östlichen Modellrands gewählt. Ein Sonderfall

ist der „No-Flow“-Rand, an dem der Zufluss $0 \text{ m}^3/(\text{s m})$ beträgt. Dabei handelt sich um eine Randbedingung, die oft am Übergang von einem gutdurchlässigen zu einem undurchlässigen Untergrund verwendet wird. Im Grundwassermodell für Licca liber stammt das zuströmende Wasser u.a. aus den außerhalb des Modellgebiets anschließenden tertiären Grundwasserleitern.

Leakage-Rand: Es handelt sich um eine Randbedingung an der ein Massenfluss in Abhängigkeit einer Differenz von Wasser- bzw. Grundwasserständen und eines Widerstands stattfindet. Typischerweise wird der Leakage-Rand zur Simulation des Austauschs zwischen Gewässern (Flüsse, Bäche, etc.) und dem Grundwasserleiter verwendet. Angetrieben wird der Austausch von der Differenz aus Wassersand im Gewässer und dem umliegenden Grundwasserstand. Begrenzt wird der Austausch durch die Sohldichtung (oder Kolmation) des Gewässers. Auch die Austauschfläche spielt für die Größe der Austauschrate eine Rolle.

Abkürzungsverzeichnis

A	Fläche, meist als durchströmte Fläche verwendet [m ²]
BC	Boundary Condition oder Randbedingung
FKM	Flusskilometer
GKD	Gewässerkundlicher Dienst (meist im Zusammenhang mit Grundwasser- oder Wasserspiegelmessungen)
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermodell
HGK500	Hydrogeologische Karte 1:500000 (LfU, 2016)
HGM	Hydrogeologische Modell
HGW	Tertiäres Hauptgrundwasserstockwerk, wird unterteilt in HGW1 (1. Tertiäres Hauptgrundwasserstockwerk) und HGW2
HQ	Abfluss in Gewässern bei Hochwasser- Verhältnissen, eventuell wird zusätzlich die Jährlichkeit in Jahren tiefgestellt ergänzt (z.B. HQ ₁₀₀ für ein Hochwasser das statistisch nur alle 100 Jahre auftritt)
HW	Hochwasser
k	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
MNQ	Abfluss in Gewässern bei mittleren Niedrigwasser- Verhältnissen
MNW	Mittelwert der jährlichen Niedrigwasserstände einer Zeitreihe
MQ	Abfluss in Gewässern bei Mittelwasser-Verhältnissen
MW	Mittelwasser
MW2010	Stationär kalibriertes Grundwassermodell bei Mittelwasser im Jahr 2010
SWA	Stadtwerke Augsburg
TBA	Tiefbauamt (wenn nicht anders vermerkt: Tiefbauamt Augsburg)
Uniper	Betreiber der Staustufe 23 (betreibt Grundwassermessstellen östlich des Lechs)
WSP	Wasserspiegel (z.B. Lech-WSP)
WWA	Wasserwirtschaftsamt (wenn nicht anders vermerkt: Wasserwirtschaftsamt Donauwörth)

Einheitenverzeichnis

m	Längeneinheit Meter
mm	Längeneinheit Millimeter
km	Längeneinheit Kilometer
km ²	Flächeneinheit Quadratkilometer
s	Zeiteinheit Sekunde
d	Zeiteinheit Tag
mon	Zeiteinheit Monat
a	Zeiteinheit Jahr
m/s	Geschwindigkeit, auch gebräuchlich für die Durchlässigkeit des Untergrunds
l/s	Einheit für den Abfluss oder Durchfluss in Litern pro Sekunde
m ³ /s	Einheit für den Abfluss oder Durchfluss in Kubikmeter pro Sekunde (1 m ³ /s entspricht 1000 l/s)
m ü. NN	Einheit für die Höhe im Metern über dem Meeresspiegel. Diese Einheit ist nicht nur für die Geländehöhe oder Höhe von Bauwerken gebräuchlich, sondern auch für Wasserspiegel und Grundwasserstände

Hinweis: In Tabellen und Abbildungen werden zur Wahrung eines einheitlichen Erscheinungsbilds im Bericht Punkte als Dezimaltrennzeichen verwendet, da einige Software-Pakete, die zur Erstellung von Visualisierungen verwendet wurden, nur Punkte als Dezimaltrennzeichen unterstützen (z.B. Feflow). Im Fließtext wird ein Komma als Dezimaltrennzeichen verwendet.

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht dokumentiert den Aufbau und die Ergebnisse der Berechnungen mit dem Grundwassermodell zu den Auswirkungen der Planungsvarianten. Die Auswirkungen der Planungsvarianten werden im Vergleich zum Bezugszustand (d.h. ohne die geplanten Maßnahmen) dargestellt. Das Modell des Bezugszustands ist in Anlage 6.3 dokumentiert. Der Bezugszustand und der Planungszustand basieren auf dem kalibrierten Grundwassermodell, dieses wird in Anlage 6.2 dokumentiert. Die hydrogeologischen Grundlagen sind dem Bericht zum hydrogeologischen Modell (Anlage 6.1) zu entnehmen.

2 Übersicht

2.1 Betrachtete Varianten

Das Projektgebiet ist in zwei Bereiche aufgeteilt:

Planungsbereich I: Lechstaustufe 23 bis Hochablass (Fkm 56,7 – Fkm 47,0),
Stadtwald

Planungsbereich II: Hochablass bis Wehr Gersthofen (Fkm 47,0 – Fkm 37,3),
Innenstadt

Beide Planungsbereiche weisen eine Flusslänge von jeweils ca. 10 km auf. Details zu den Planungsvarianten sind dem Erläuterungsbericht „Licca liber – weiterführende Untersuchungen“ zu entnehmen.

Im Planungsbereich I werden mit dem Grundwassermodell die folgenden Planungsvarianten betrachtet:

- Variante I-A1
- Variante I-A2
- Variante I-B
- Variante I-C

Im Planungsbereich II werden mit dem Grundwassermodell die folgenden Planungsvarianten betrachtet:

- Variante II-B1
- Variante II-B3

Folgende Varianten werden nicht mit dem Grundwassermodell betrachtet:

- Variante II-A (Geschiebezugabe und Monitoring) hat keine Auswirkungen auf den Wasserspiegel am Lech; auf eine Untersuchung im Grundwassermodell kann daher verzichtet werden.
- Bei Variante II-B2 handelt es sich um eine um Geschiebezugabe und Monitoring erweiterte Variante II-B1, die Auswirkungen auf das Grundwasser sind daher mit Variante II-B1 identisch. Eine gesonderte Betrachtung im Grundwassermodell ist daher nicht erforderlich.

Beispielhaft werden die Varianten I-A1 und Variante II-A2 mit o.g. Planungen im Planungsbereich II gemeinsam betrachtet:

- Variante I-A1 / II-B1

- Variante I-A2 / II-B3

In diesem Bericht wird zunächst auf die Planungsvariante I-B eingegangen, da diese in der Variantenbewertung die beste Bewertung erhält (vgl. Anlage 3).

2.2 Betrachtete Grundwasserverhältnisse

Die hydrologische Bandbreite unterschiedlicher Grundwasser-Verhältnisse im Aussagegebiet wird durch die folgenden Modellbetrachtungen abgebildet:

- Niedrige Grundwasserverhältnisse (stationäres MNW): Für Prognosen im Bereich der Wasserversorgung wird ein Zustand mit geringer Verfügbarkeit von Grundwasser abgebildet.
- Mittlere Grundwasserverhältnisse (stationäres MW): Dieser Prognoselauf bildet einen Zustand bei mittleren Verhältnissen ab. Im Modell wird ein MQ-Abfluss am Lech angenommen. Weitere Randbedingungen sind weitgehend identisch mit dem kalibrierten Grundwassermodell MW2010.
- Hochwasser-Verhältnisse (HW2005): Als Grundlage dient die Abflussganglinie des Hochwassers im Jahr 2005, damit liegt das untersuchte Hochwasser in der Größenordnung eines HQ_{100} .

Zu einem recht frühen Zeitpunkt im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass auf die Untersuchung eines Hochwassers von geringerer Jährlichkeit („ $HQ_{häufig}$ “) verzichtet werden kann. Die Ergebnisse für eine vorläufige Planungsvariante während einem $HQ_{häufig}$ sind Anhang A zu entnehmen.

2.3 Aufbau, Randbedingungen und Parametrisierung der Planungsvarianten

Alle Grundwassermodelle der Planungsvarianten basieren auf dem Bezugszustand. Vom Bezugszustand weichen die Modelle der Planungsvarianten in den folgenden Punkten ab:

Vorland und Sohlage des Lechs im Planungsraum:

Im Planungsraum werden die Sohlagen und Geländehöhen des 2d-Hydraulikmodells der jeweilig betrachteten Planungsvariante als Geländeoberkante des Grundwassermodells angesetzt. Die Modellzwischen-schichten des Quartärs (slices) werden anschließend gleichmäßig über das Quartär im Modell verteilt.

Die Berechnungen im 2D-Hydraulikmodell basieren auf über die Gewässerbreite gemittelten Sohlen. Im Vergleich zur Natur ist das eine vereinfachende Betrachtung, da sich im natürlichen, dynamischen Gewässer immer Bereiche mit geringeren Sohlhöhen (Kolke) und Anlandungen ausbilden. Diese vereinfachende Berücksichtigung mit

gemittelter Sohle ist für das Grundwassermodell ausreichend, weil das Grundwassermodell insgesamt nur wenig sensitiv auf lokale Sohlgeometrien reagiert. Noch dazu würden über die Gewässerbreite variierende Sohlhöhen (das heißt eine Auflösung der Sohle im Meterbereich) weit unterhalb der Betrachtungsskala des Hydrogeologischen Modells liegen (z.B. Dichte der Bohraufschlüsse)

Lech-Wasserspiegel im Planungsraum:

Am Lech im Planungsraum werden die Wasserspiegel des Bezugszustands durch Wasserspiegel der Planungsvarianten ersetzt. Die Umsetzung des Wasserspiegels berücksichtigt neben der Höhe der Wasserspiegel auch die Breite des Lechs. Im Planungsbereich I wird der Lech beispielsweise breiter und mit Nebengewässern versehen. Instationäre Ausuferungen des Lechs werden im Hochwasser-Fall ebenso berücksichtigt.

Leakage-Koeffizient des Lechs im Planungsraum:

Die kalibrierten Leakage-Koeffizienten des Lechs werden beibehalten und auf der gesamten neuen Breite des Lechs in den Planungsvarianten angesetzt.

Beschreibung der Randbedingungen an Kuh-, Auen- und Weitmannsee

Die Lech-Wasserspiegel im Bereich des Stadtwalds liegen bei MW im Planungszustand im Mittel etwas über dem Bezugszustand. Dies führt bei einer relativ gleichmäßigen Aufweitung des Lechs zu einer Erhöhung der Infiltration aus dem Lech. Diese erhöhte Infiltration muss durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden, daher sind an den drei Seen Auslässe vorgesehen. Hierbei handelt es sich um Wasserspiegelfixierungen auf MW-Niveau (die See-Wasserspiegel wurden aus dem kalibrierten Grundwassermodell MW2010 entnommen). Im Hochwasser-Fall ändern sich die Entnahmen an Weitmann- und Auensee nicht (d.h. der See-Wasserspiegel kann während eines Hochwasser-Ereignisses ansteigen), während am Kuhsee der See-Wasserspiegel gehalten wird (d.h. die Entnahmen aus dem Kuhsee können sich temporär erhöhen).

Alle weiteren Randbedingungen und die Parametrisierung des Grundwassermodells im Planungszustand entsprechen dem Bezugszustand.

2.4 Verwendung des Grundwassermodells zur Optimierung der Planungsvarianten

Die Wasserspiegel des Lechs im Planungsbereich I wurden im Vorfeld auf die Verträglichkeit mit Grundwasser-Themen hin optimiert (insbesondere Einhaltung der Trinkwasserschutzgebiete und Vermeidung von Aufhöhungen des Grundwasserstands

in Siedlungsgebieten). Hierbei wurden die Wasserspiegel einer vorläufigen Planungsvariante (ähnlich Variante I-A1) so oft überarbeitet, bis Betroffenheiten weitgehend reduziert wurden (siehe Abbildung 2.1). Anhang B fasst die Ergebnisse einer hierfür durchgeführten Sensitivitätsanalyse anhand einer Vorläufervariante von Variante I-A1 dar. Die finale Variante I-A1 entspricht der optimierten Vorläufervariante. Anschließend wurden die drei weiteren Planungsvarianten aus der Planungsvariante I-A1 abgeleitet.

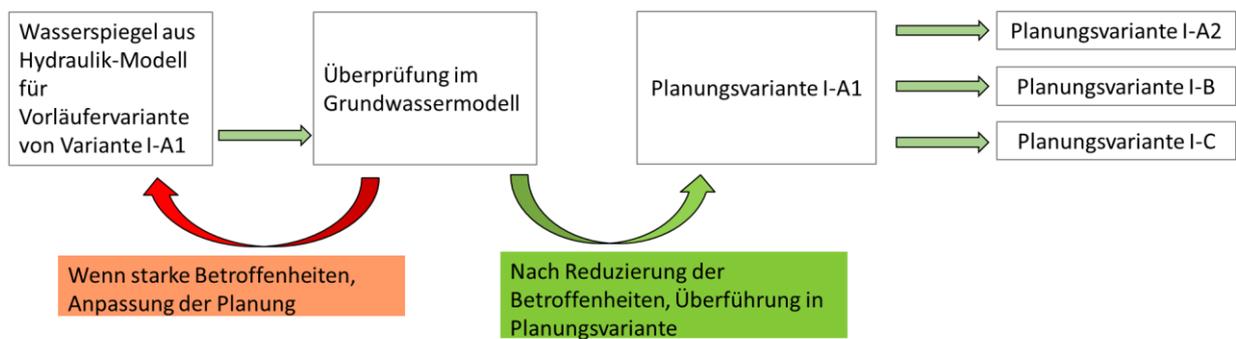


Abbildung 2.1: Optimierung der vorläufigen Planungsvariante

2.5 Hinweise zu den Auswertungen

2.5.1 Unterteilung der Planungsbereiche I+II in kleinere Teilbereiche

Für Auswertungen der Bilanz und der lechnahen Grundwasserflurabstände ist eine Unterteilung der Planungsbereiche I+II erforderlich, um in diesen Teilbereichen Aussagen zu Bilanzen und Grundwasserflurabständen treffen zu können. Abbildung 2.2 zeigt die räumliche Lage der im folgenden betrachteten Teilbereiche, diese basieren auf den Grenzen des Projektgebiets (siehe Erläuterungsbericht „Licca liber – Weiterführende Untersuchungen, Kapitel 3). Die Unterteilung erfolgt im Planungsraum analog zum Bericht Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells Licca liber (Anlage 6.2) an den Abstürzen und Wehren.

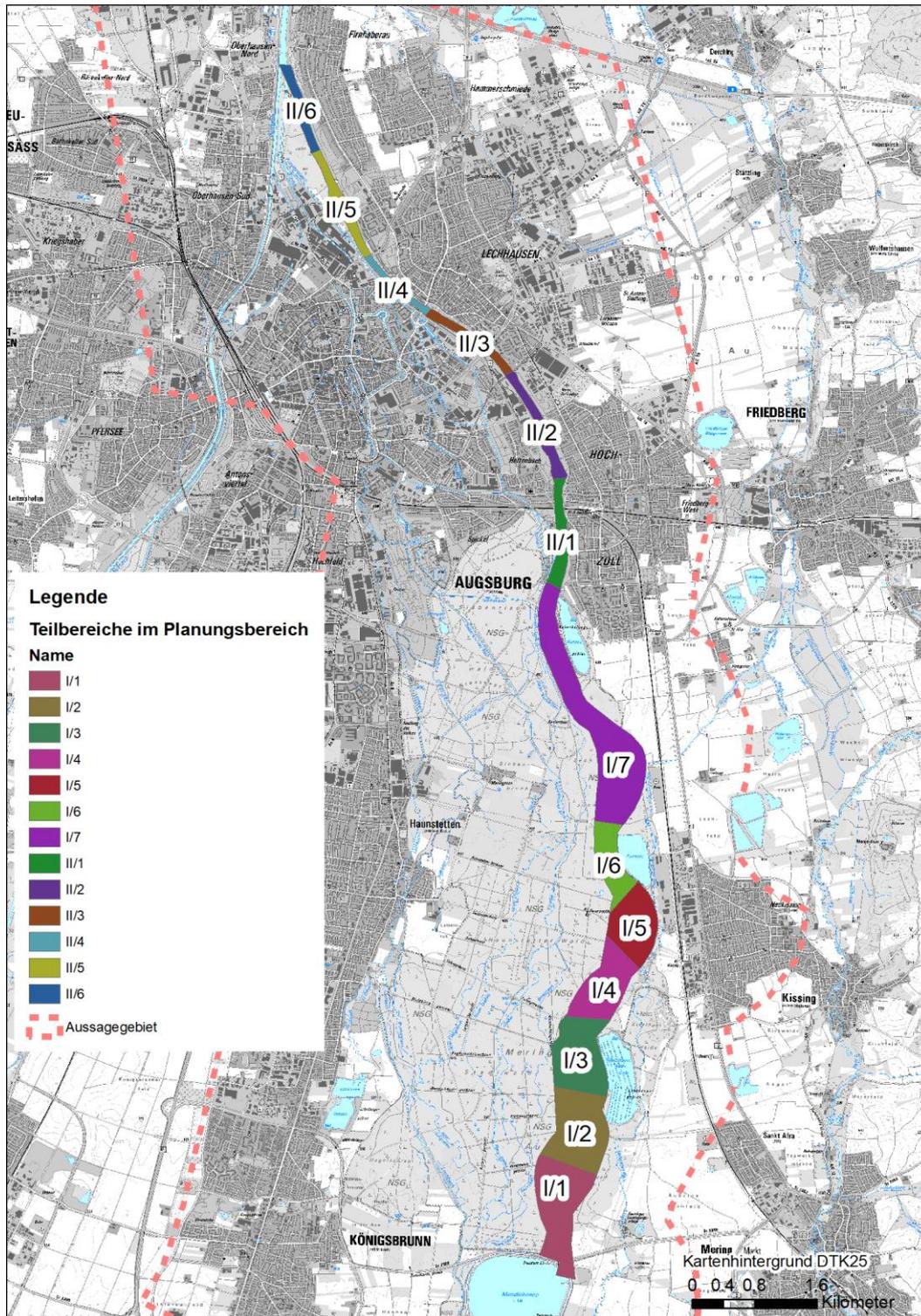


Abbildung 2.2: Unterteilung der Planungsbereiche für Bilanzbetrachtungen

2.5.2 Veränderung von Grundwasserständen

Die Veränderung der Grundwasserstände durch die Planungsvarianten wird mittels flächiger Darstellungen der Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände bei niedrigen, mittleren und hohen Grundwasserständen visualisiert. Die Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände berechnet sich aus den Grundwasserständen der Planungsvariante abzüglich der Grundwasserstände des Bezugszustands (siehe Abbildung 2.3). Es werden nur Absenkungen < 5cm und Aufhöhungen > 5cm dargestellt. Zur Bewertung von Betroffenheiten in Siedlungsgebieten werden mittlere Verhältnisse und Hochwasser-Verhältnisse herangezogen, daher sind in den Kartendarstellungen die Lagen der Siedlungsgebiete aus dem CORINE-Datensatz (Stand 2012) ergänzt. Die Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände bei niedrigen Grundwasserständen sind eher für Belange der Wasserversorgung von Relevanz, daher werden in diesen Darstellungen die Lage der Wasserschutzgebiete ergänzt.

Zur Einordnung von potentiellen Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands in die natürliche Schwankungsbreite im Grundwasserleiter werden in Abbildung 2.5 bis Abbildung 2.10 Grundwasserstandsganglinien einiger Messstellen im Planungsbereich I ausgewertet. Die Lage der Messstellen ist Abbildung 2.4 zu entnehmen, zusätzlich sind Beobachtungspunkte eingetragen an denen Grundwasserstandsganglinien im Modell ausgelesen werden. Die geringste natürliche Schwankungsbreite zeigt die Messstelle uniper_25426 in Hochzoll (0,7 m), gefolgt von der Messstelle swa_8021 mit einer Schwankungsbreite von 1,2 m. Die größte natürliche Schwankungsbreite von 1,9 m zeigt die Messstelle swa_7004. Aufhöhungen und Absenkungen von weniger als 5 cm werden damit an allen Messstellen von der natürlichen Schwankungsbreite deutlich übertroffen.



-



=

Abbildung 2.3: Berechnung der Aufhöhung/Absenkung durch die Planung

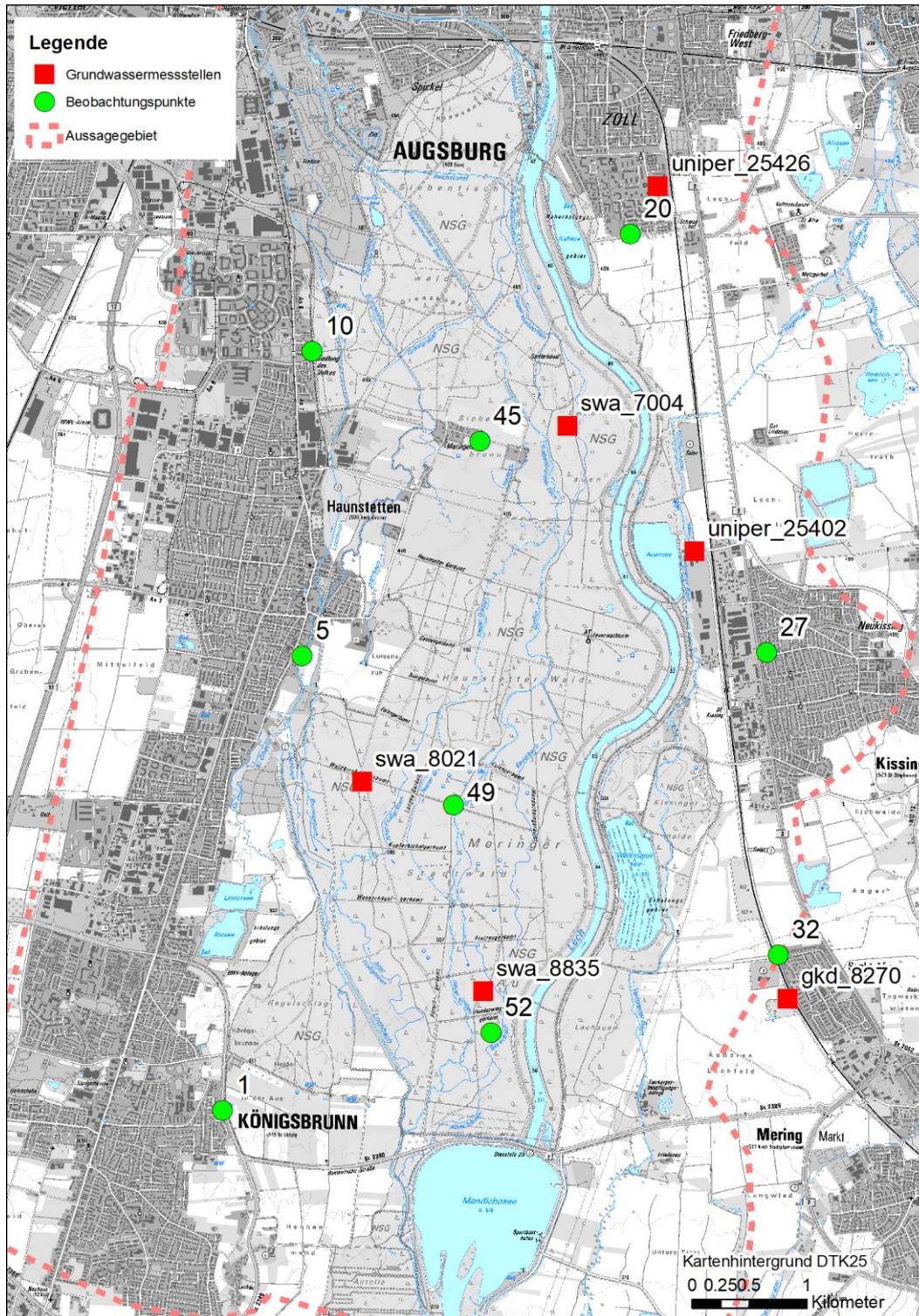


Abbildung 2.4: Messstellen zur exemplarischen Auswertung der natürlichen Schwankungsbreite im Planungsbereich I

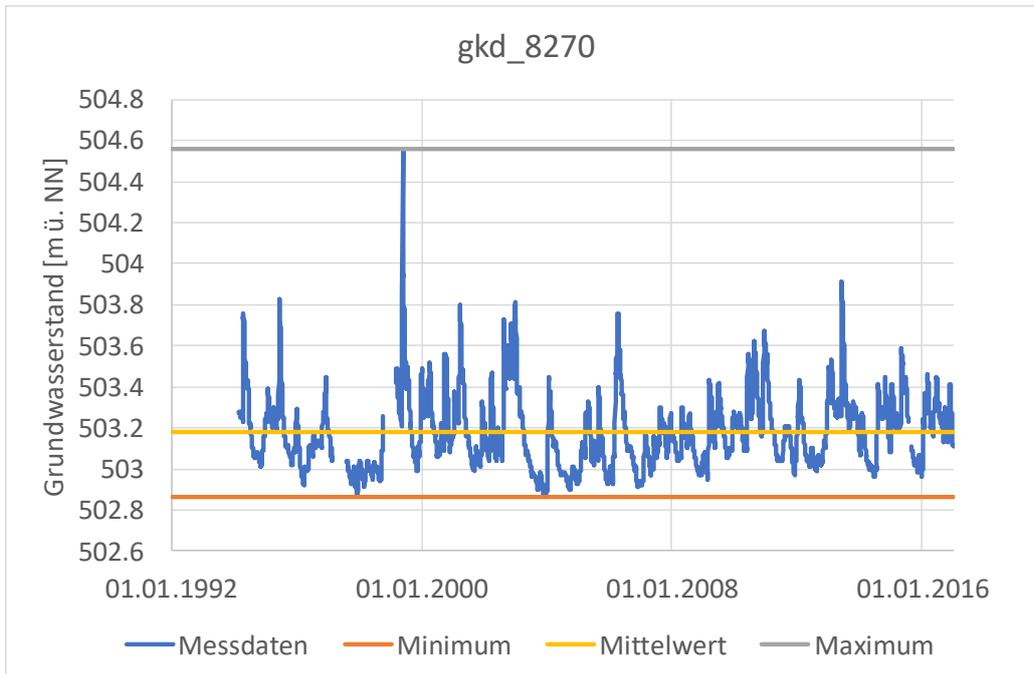


Abbildung 2.5: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle gkd_8270

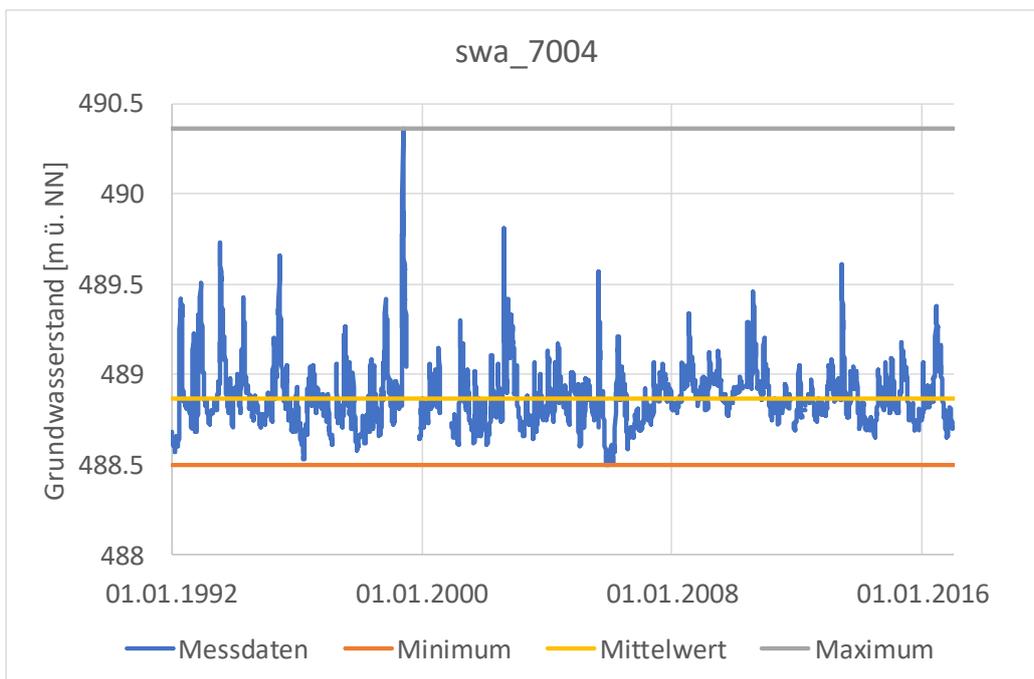


Abbildung 2.6: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle gkd_7004

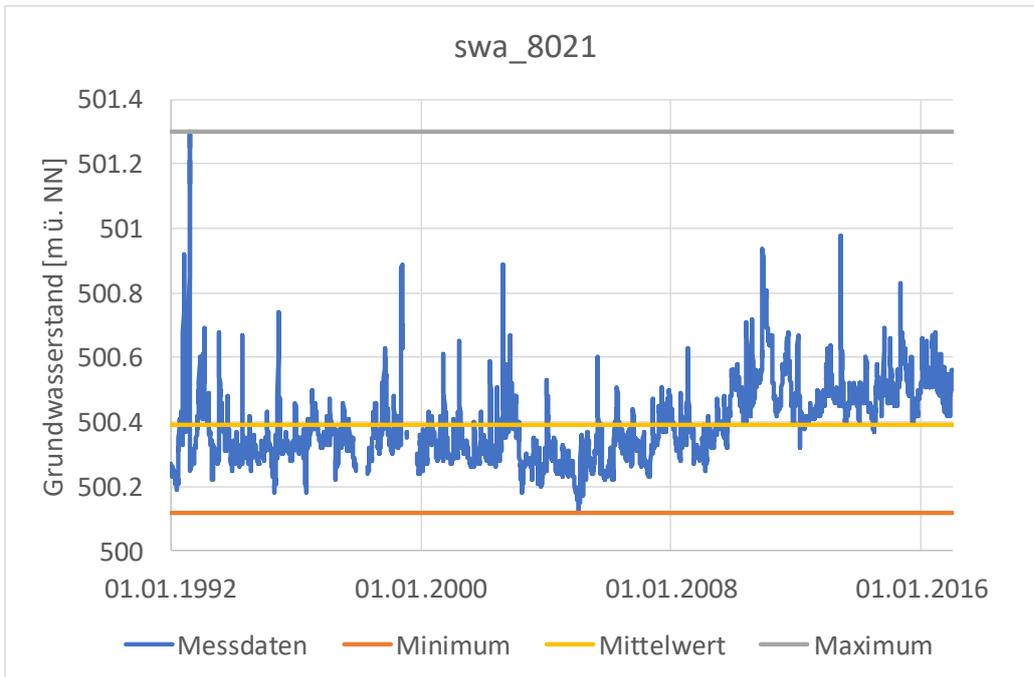


Abbildung 2.7: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle swa_8021

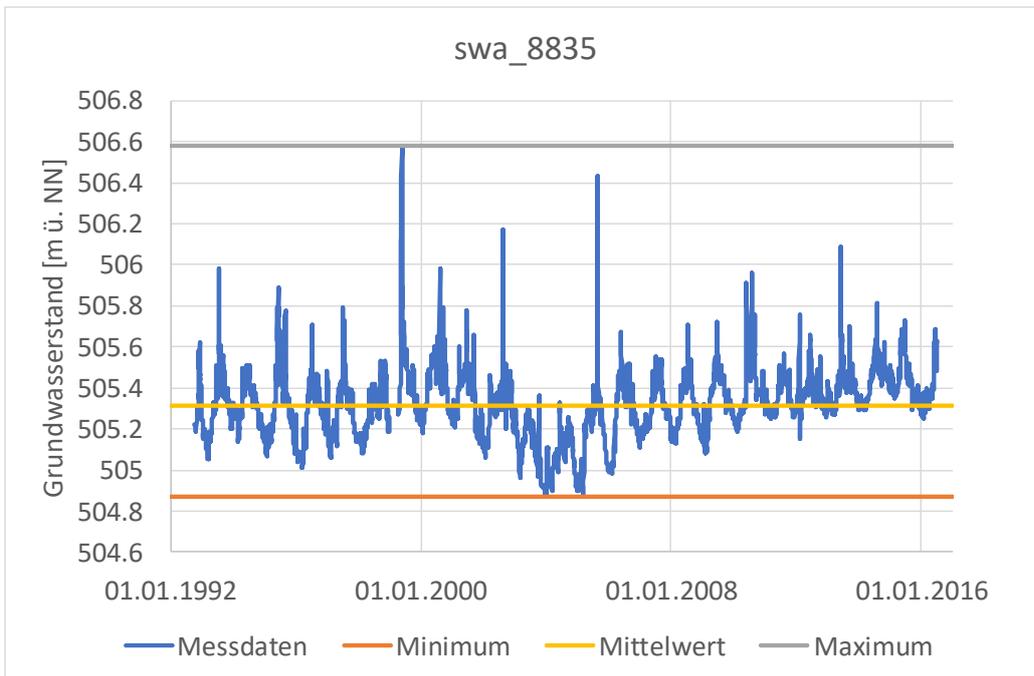


Abbildung 2.8: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle swa_8835

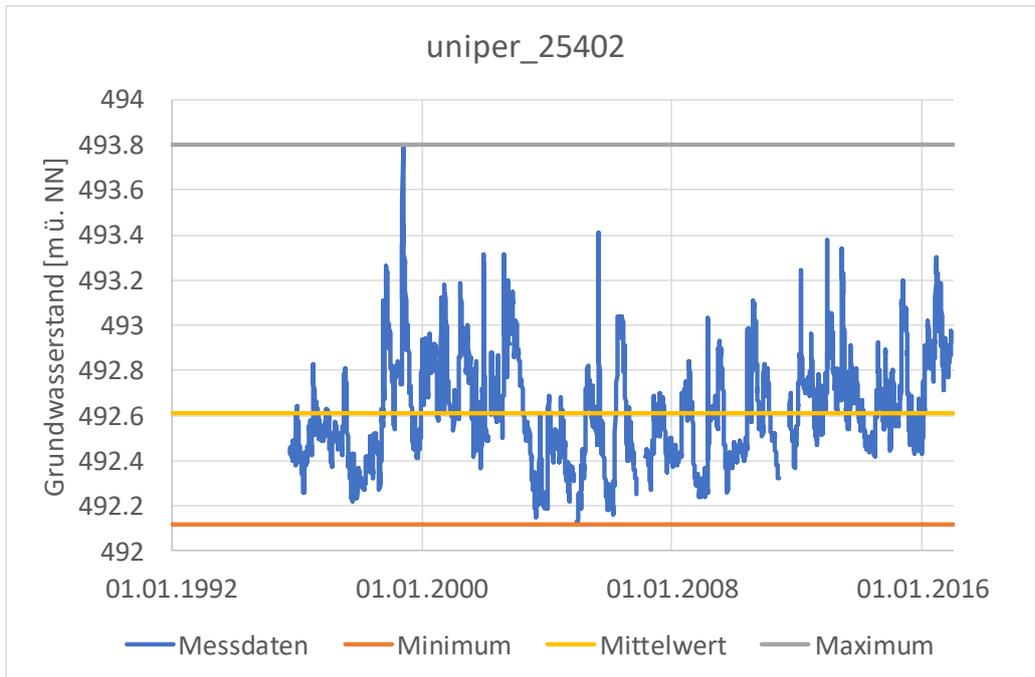


Abbildung 2.9: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle uniper_25402

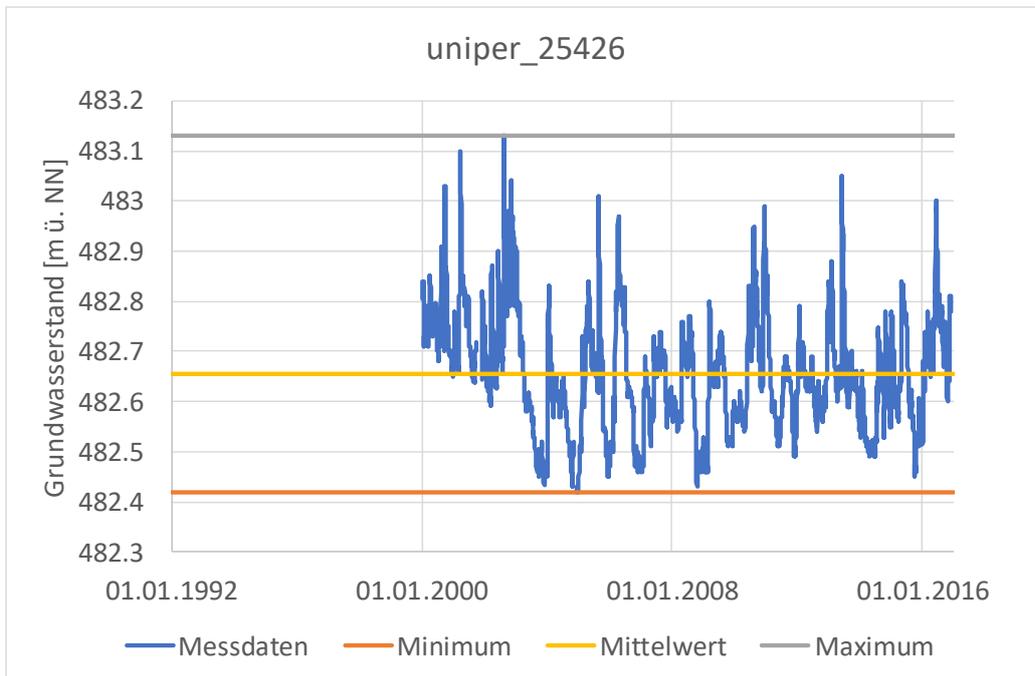


Abbildung 2.10: Grundwasserstandsganglinie an der Messstelle uniper_25426

2.5.3 Betrachtung von Brunneneinzugsgebieten

In die Variantenbewertung gehen neben den in dieser Anlage dokumentierten Kriterien Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands auch Transportberechnungen zur Ermittlung von Brunneneinzugsgebieten ein. Diese sind ausschließlich im Bericht zur Variantenbewertung (Anlage 3) dokumentiert.

3 Untersuchung des Bezugszustands

Der Bezugszustand wird in Anlage 6.3 ausgewertet. Im Folgenden werden zur besseren Lesbarkeit dieses Berichts und zu Vergleichszwecken einige Auswertungen ergänzt:

- Abbildung 3.1: Lageplan der Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei MW-Verhältnissen
- Abbildung 3.2: Lageplan der Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei HW-Verhältnissen

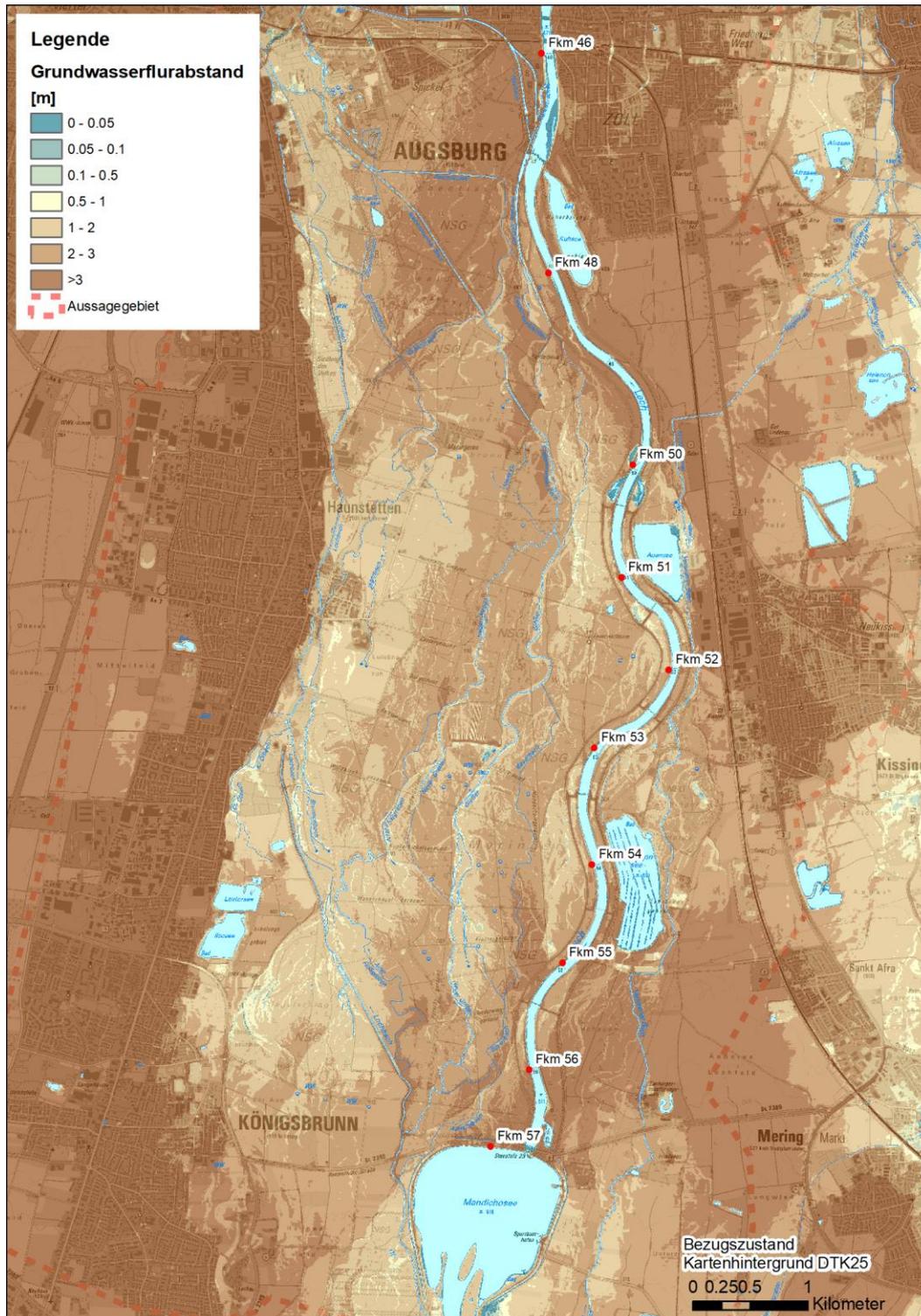


Abbildung 3.1: Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I

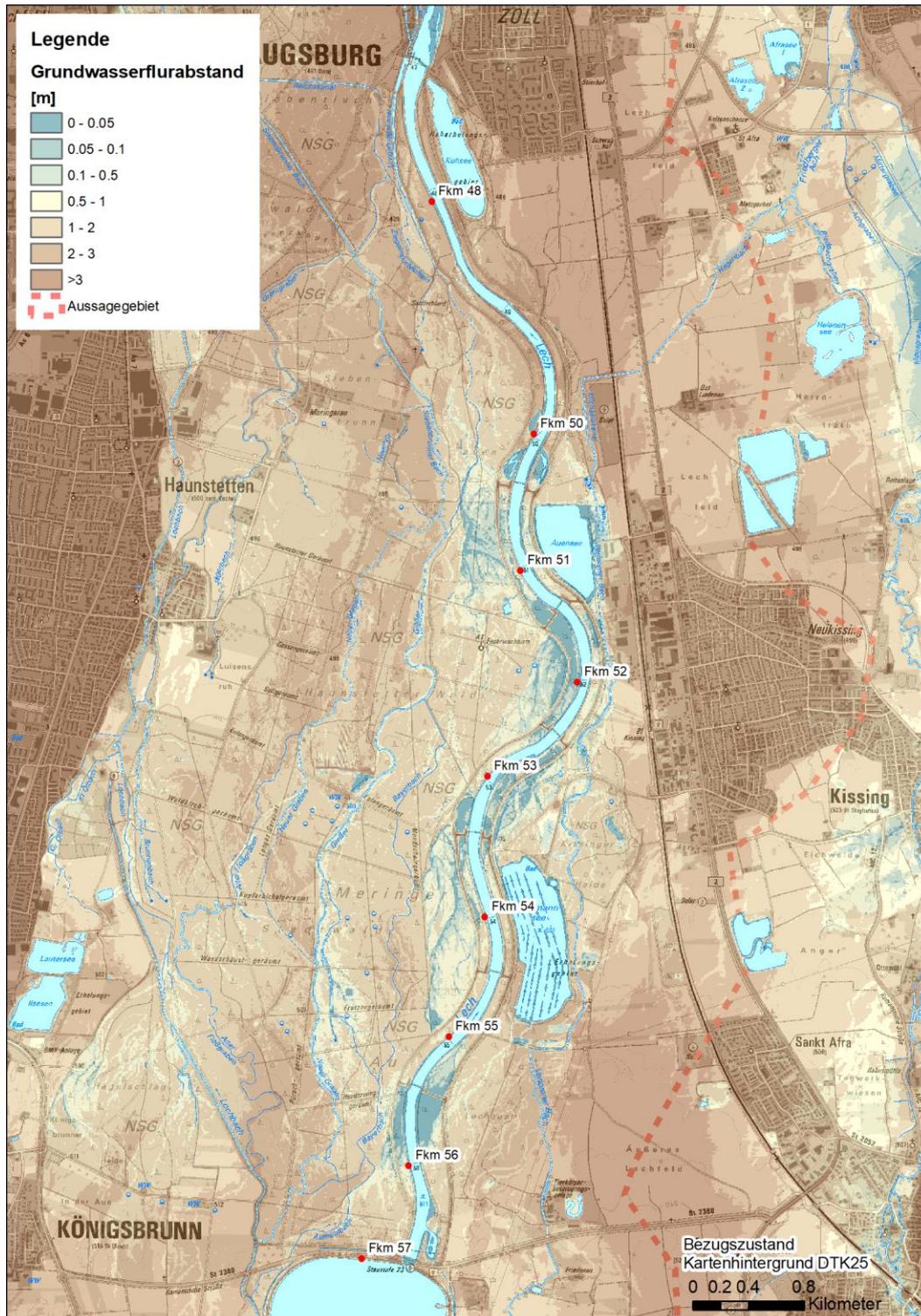


Abbildung 3.2: Grundwasserflurabstände des Bezugszustands bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I

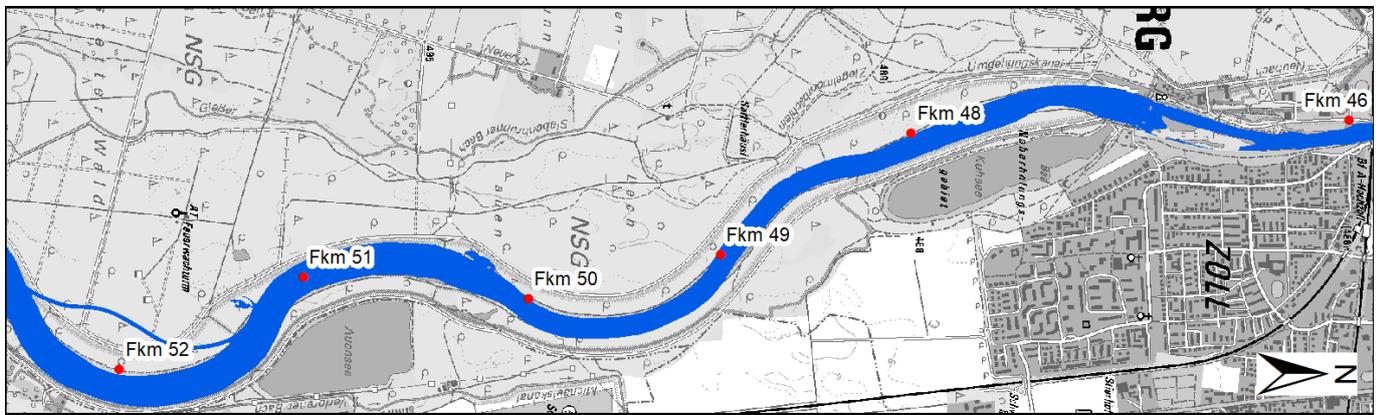
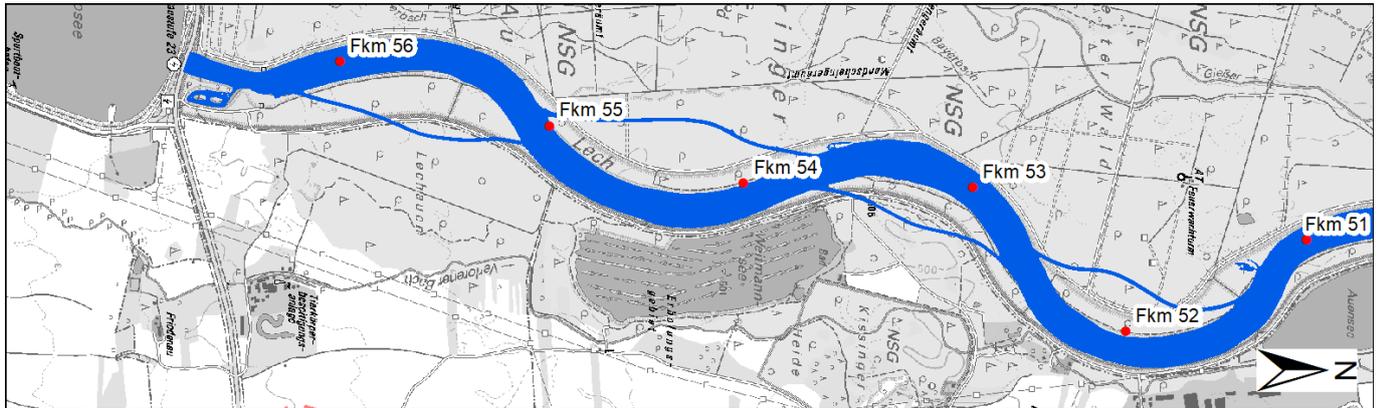
4 Untersuchung der Planungsvariante I-B

4.1 Modellaufbau

Die Planungsvariante I-B umfasst Änderungen des Lechs zwischen Staustufe 23 (Mandichosee) und dem Hochablass. Neben einer weitgehend eigendynamischen Aufweitung des Lechs sind vier Nebengewässer vorgesehen. Die Lage des Lechs und der Nebengewässer ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Im Planungsbereich II sind keine Änderungen am Lech vorgesehen, der angesetzte Wasserspiegel entspricht dem des Bezugszustands.

Abbildung 4.2 zeigt exemplarisch einen Querschnitt des Grundwassermodells für Bezugs- und Planungszustand bei Fkm 52 im Vergleich. Die Abbildung zeigt die Anhebung der Lechsohle, den Einschnitt des Nebengewässers sowie den Vorlandabtrag zwischen den beiden Gewässerarmen im Grundwassermodell.

Abbildung 4.3 zeigt die Sohllagen und berechneten Wasserspiegel aus dem Hydraulik-Modell für MNQ, MQ und HQ100 für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B. Details zu den Sohl- und Wasserspiegellagen sind dem Erläuterungsbericht „Licca liber – weiterführende Untersuchungen“ sowie Anlage 4.2 zu entnehmen.



Planungsvariante I-B
Kartenhintergrund DTK25

Abbildung 4.1: Lageplan der Planungsvariante I-B

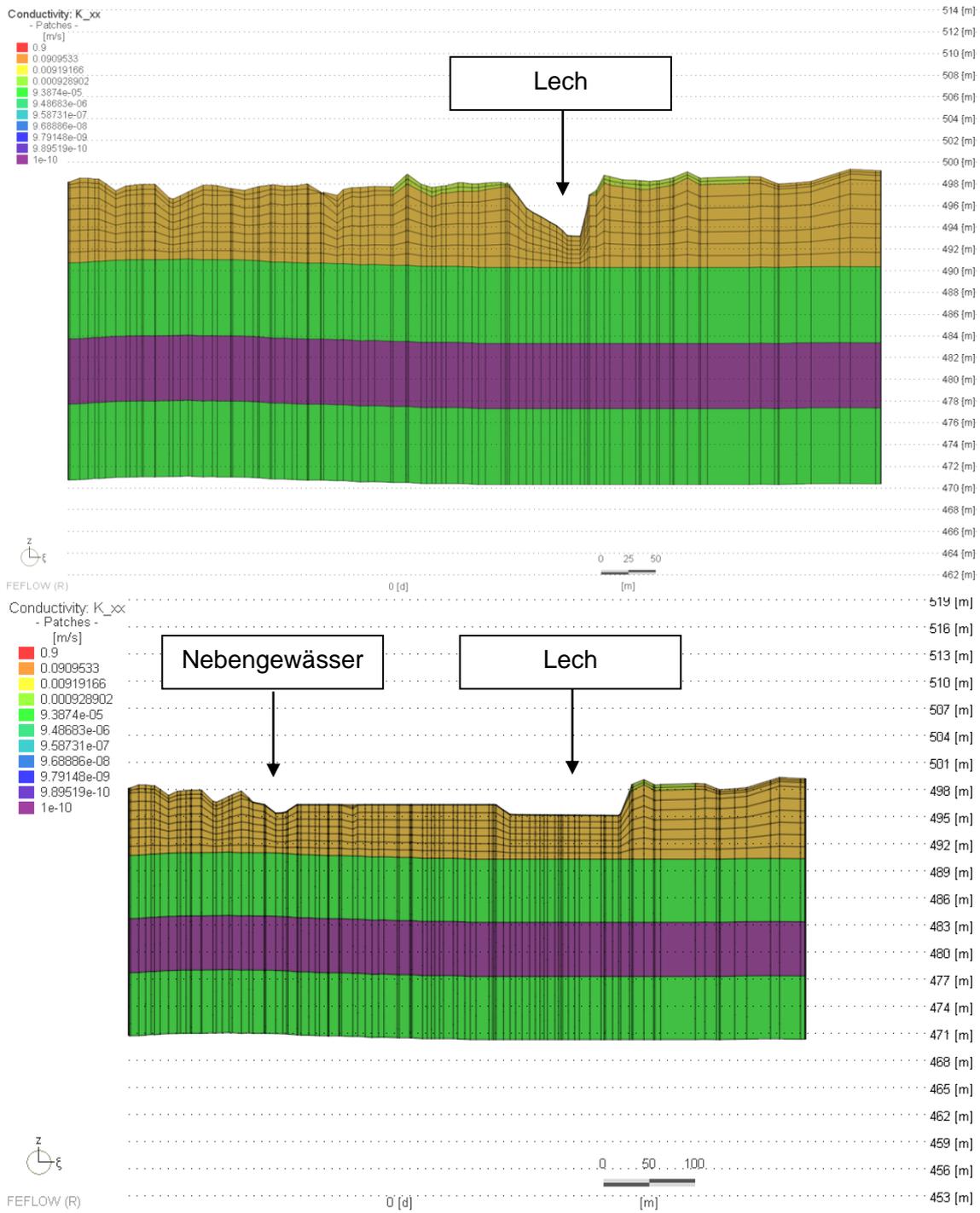


Abbildung 4.2: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 durch Bezugszustand (oben) und Planungszustand (unten)

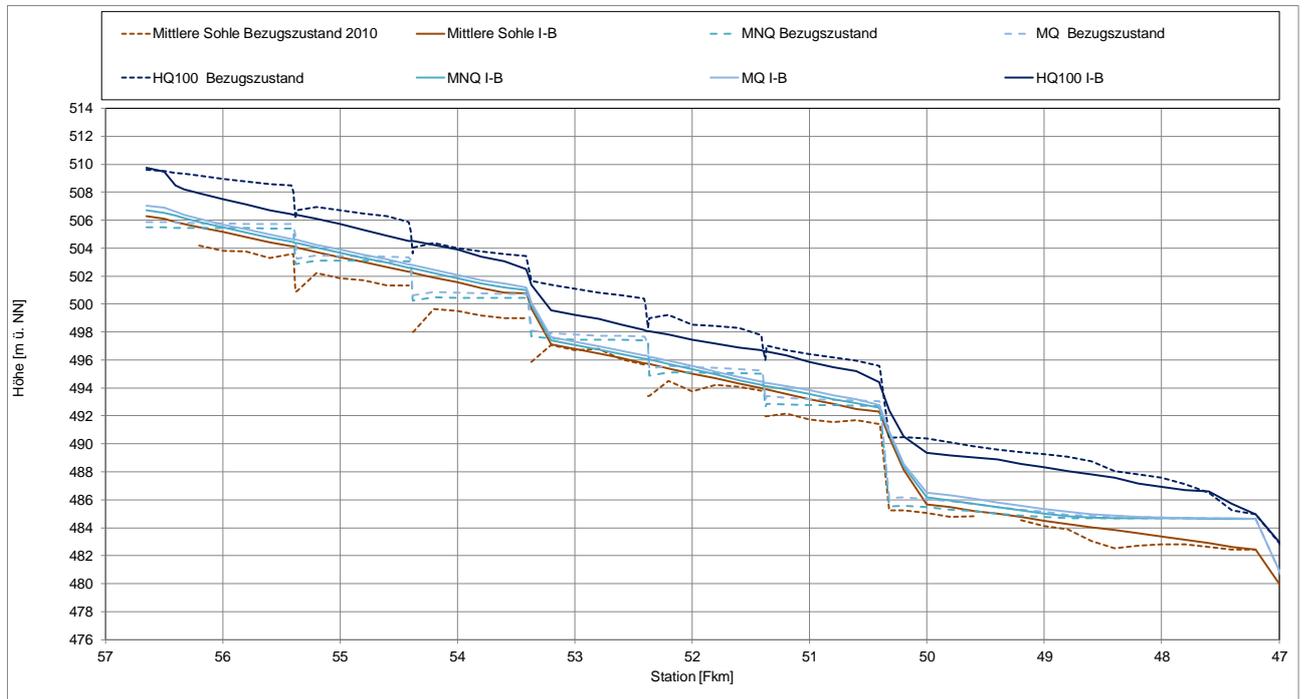


Abbildung 4.3: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-B

4.2 Auswertungen zur Wasserbilanz

4.2.1 Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Tabelle 4.1 zeigt die Wasserbilanz des Grundwassermodells für den Bezugszustand und den Planungszustand I-B bei mittleren Verhältnissen. Es werden die Austauschraten zwischen Lech und Grundwasser im Planungsbereich I sowie Entnahmen aus Kuh-, Auen-, und Weitmannsee dargestellt. Wasserbilanzen mit positivem Vorzeichen entsprechen einer Infiltration in den Grundwasserleiter (d.h. das betrachtete Gewässer verliert netto Wasser), negative Werte entsprechen exfiltrierenden Verhältnissen (d.h. das betrachtete Gewässer nimmt netto Wasser auf). Die größten Veränderungen der Bilanz liegen im Planungsbereich I/1 bis I/3 vor. Im Bezugszustand dominieren hier exfiltrierende Verhältnisse, während im Planungszustand infiltrierende Verhältnisse dominieren. In den übrigen Planungsbereichen fallen die Unterschiede geringer aus. Durch eine Gesamtentnahme von 1,6 m³/s aus den Seen fällt der Gesamtumsatz der Planungsvariante I-B (-2,55 m³/s) ähnlich wie im Bezugszustand (-2,68 m³/s) aus. Ein Verzicht auf die Entnahme aus den Seen hätte eine deutliche Veränderung des Gesamtumsatzes zur Folge, der sich in deutlichen Anstiegen des Grundwasserstands äußern würde.

Bei niedrigen Grundwasserständen (Tabelle 4.2) erhöht sich die Menge des in den Lech exfiltrierenden Grundwassers. Der Gesamtumsatz der Planungsvariante I-B bleibt im Vergleich zu mittleren Verhältnissen gleich (-2,55 m³/s), während der Gesamtumsatz des Bezugszustands um etwa 140 l/s fällt (von -2,68 m³/s bei MW-Verhältnissen auf -2,82 m³/s). Damit führt die Planungsvariante I-B zu einer Erhöhung des Grundwasservorrats bei niedrigen Grundwasserständen. Dies ist im Vergleich zum Bezugszustand eine deutliche Verbesserung der Trinkwasserversorgung in Trockenphasen.

An den Gewässern im Stadtwald bzw. am Hagenbach/Verlorenen Bach bleibt bei mittleren Verhältnissen der Austausch mit dem Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gleich. Bei niedrigen Verhältnissen nimmt die Menge infiltrierten Wassers an Bächen im Stadtwald und am Verlorenen Bach/Hagenbach um jeweils etwa 30 l/s ab. Der Gesamtaustausch der Gewässer im Stadtwald bei niedrigen Verhältnissen beträgt im Bezugszustand über 1 m³/s. Am Verlorenen Bach/Hagenbach beträgt der Gesamtaustausch etwa 0,5 m³/s.

Tabelle 4.1: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-B)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.68
Variante IB	0.69	-0.49	0.39	0.80	-0.43	-0.85	-0.01	0.43	-1.22	-1.14	-0.42	-0.04	-1.60	-2.55

Tabelle 4.2: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-B)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.93	-0.15	-0.30	-0.47	-0.68	-0.28	-0.25	-0.14	-1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.82
Variante IB	0.40	-0.56	0.30	0.67	-0.60	-0.87	-0.08	0.35	-1.25	-0.82	-0.27	-0.01	-1.10	-2.55

4.2.2 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter im Planungsbereich I ist in Abbildung 4.4 bis Abbildung 4.6 dargestellt. Alle Planungsbereiche des Lechs zeigen im Hochwasserfall infiltrierende Verhältnisse. Die maximalen Infiltrationsraten sind im Hochwasser-Fall im Planungsbereich I geringer als im Bezugszustand (Ausnahme Planungsbereich I/7). Im Nachgang des Ereignisses pendeln sich die Bilanzen wieder bei MW-Verhältnissen ein.

Im Planungsbereich II (Abbildung 4.7) sind die Bilanzen von Bezugs- und Planungszustand nahezu identisch.

Die Bilanz der Seen (Abbildung 4.8) zeigt im Bezugszustand während der Hochwasserspitze Entnahmen von jeweils etwa 100 l/s an Kuh- und Weitmannsee. Im Planungszustand I-B werden die Entnahmen aus Weitmann- und Auensee während der HW-Phase im Vergleich zu MW nicht erhöht, d.h. die Wasserspiegel von Weitmann- und Auensee steigen während der HW-Phasen etwas an. Am Kuhsee ist ein fester Wasserspiegel vorgegeben, d.h. die Entnahme aus dem Kuhsee steigt in der Hochwasserspitze auf bis zu 200 l/s.

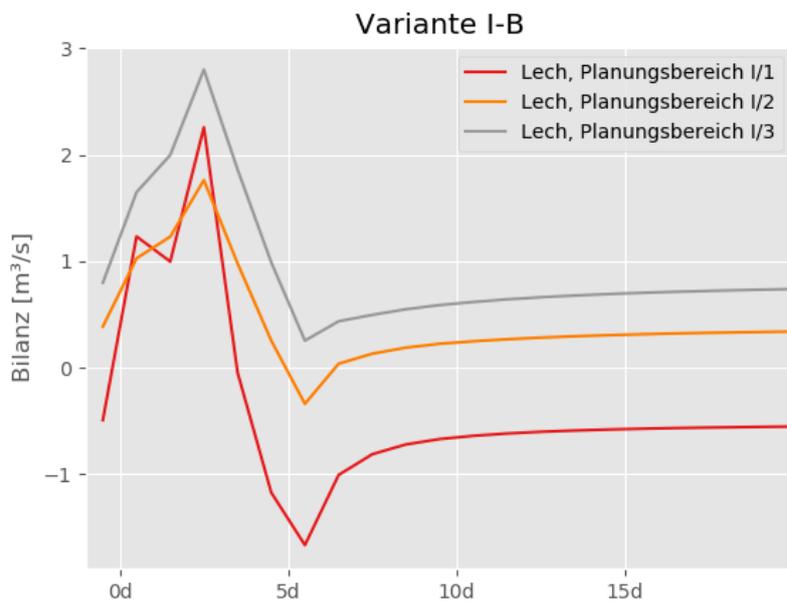
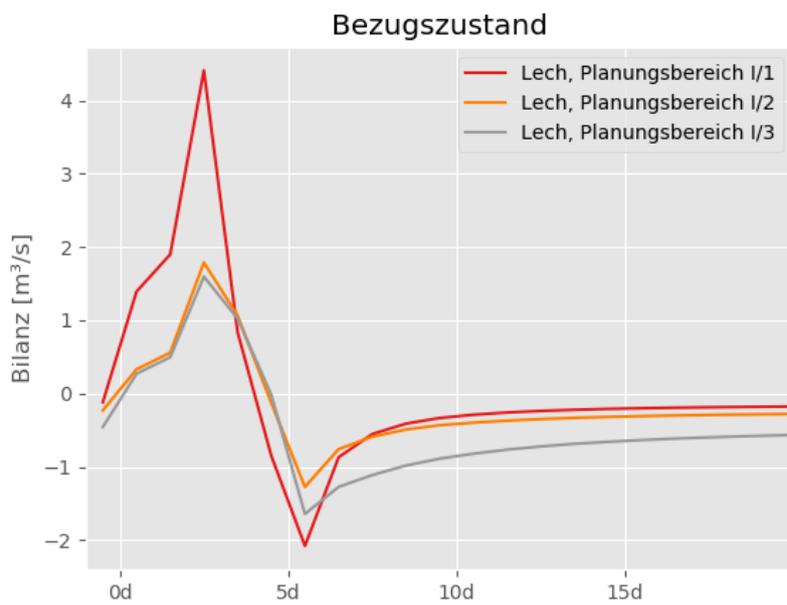


Abbildung 4.4: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B.

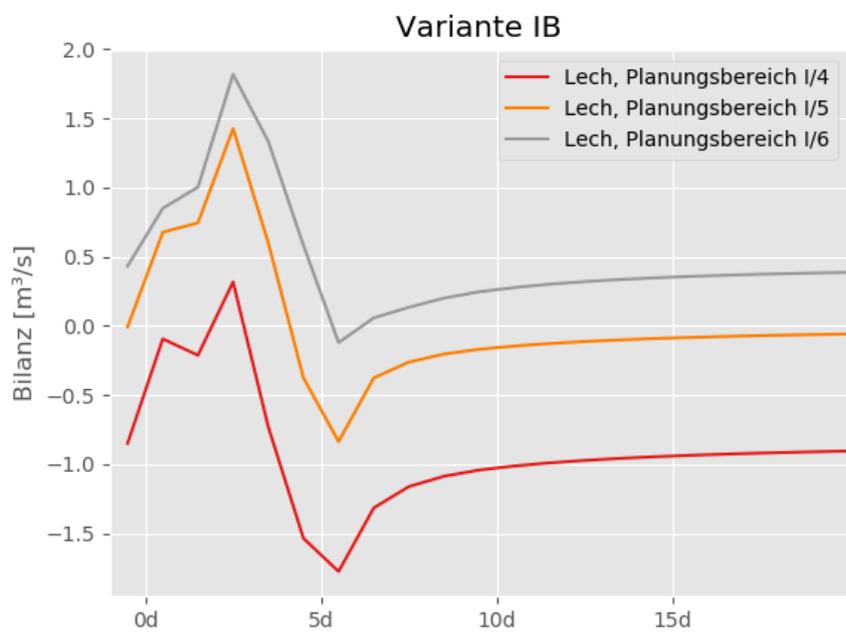
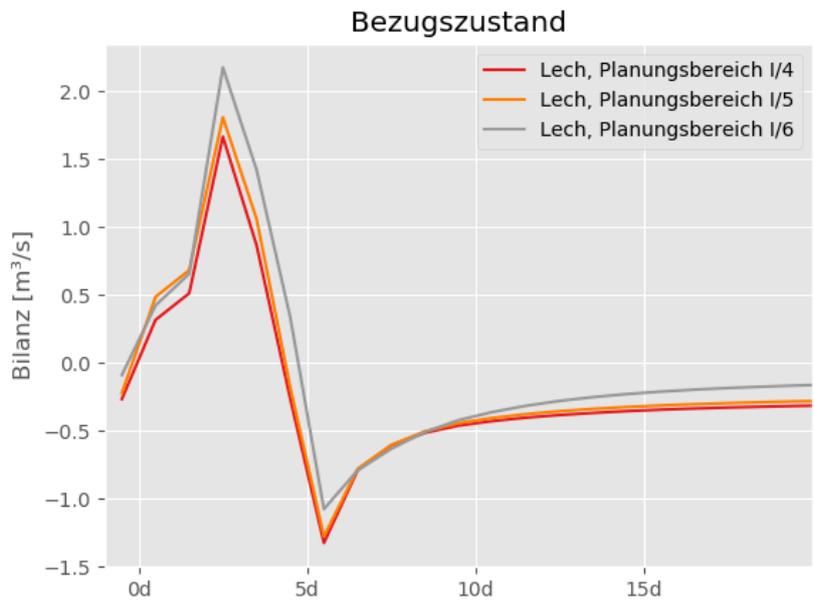


Abbildung 4.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I zwischen FKM 53.4 und 50.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B.

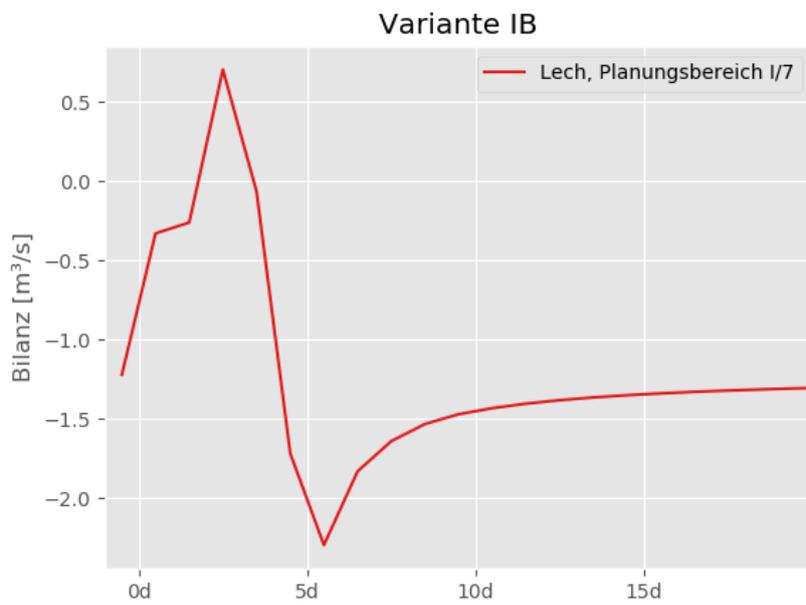
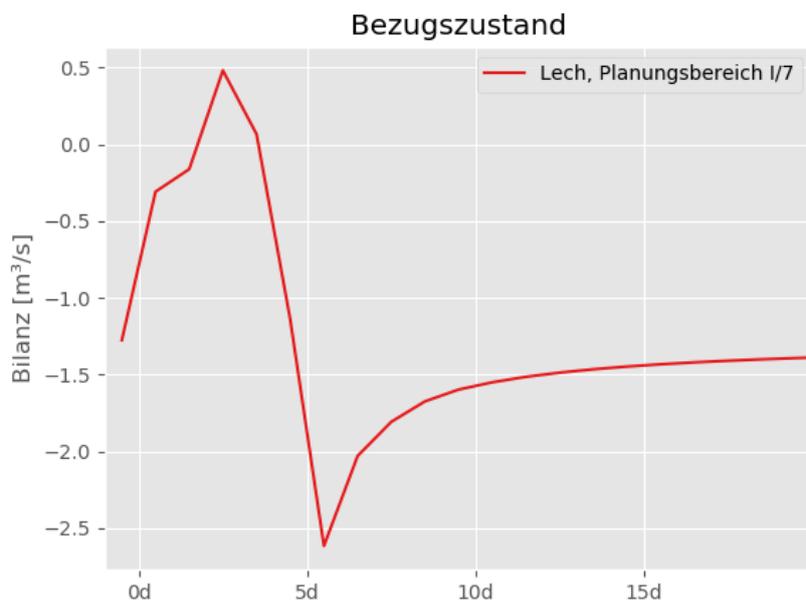


Abbildung 4.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B.

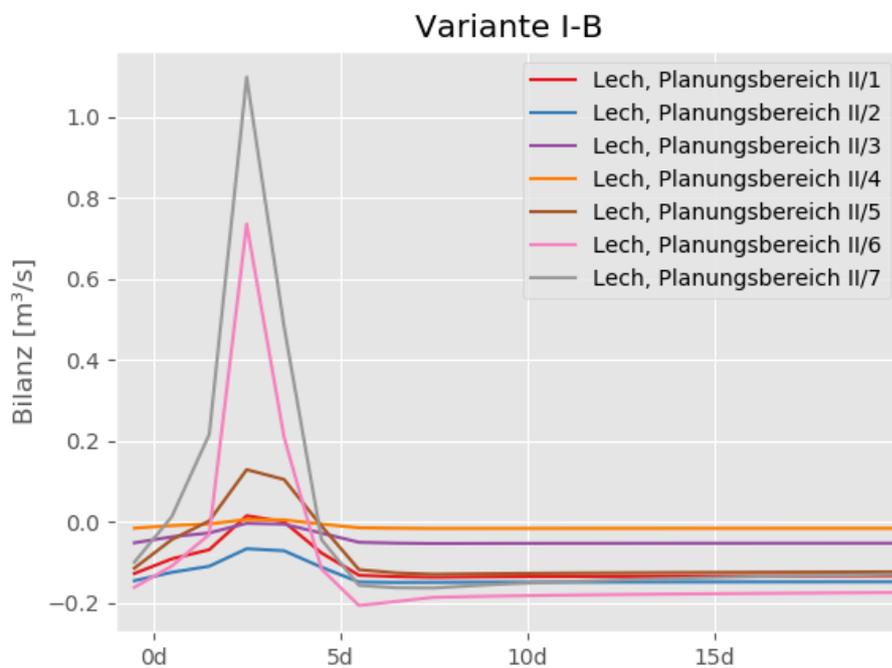
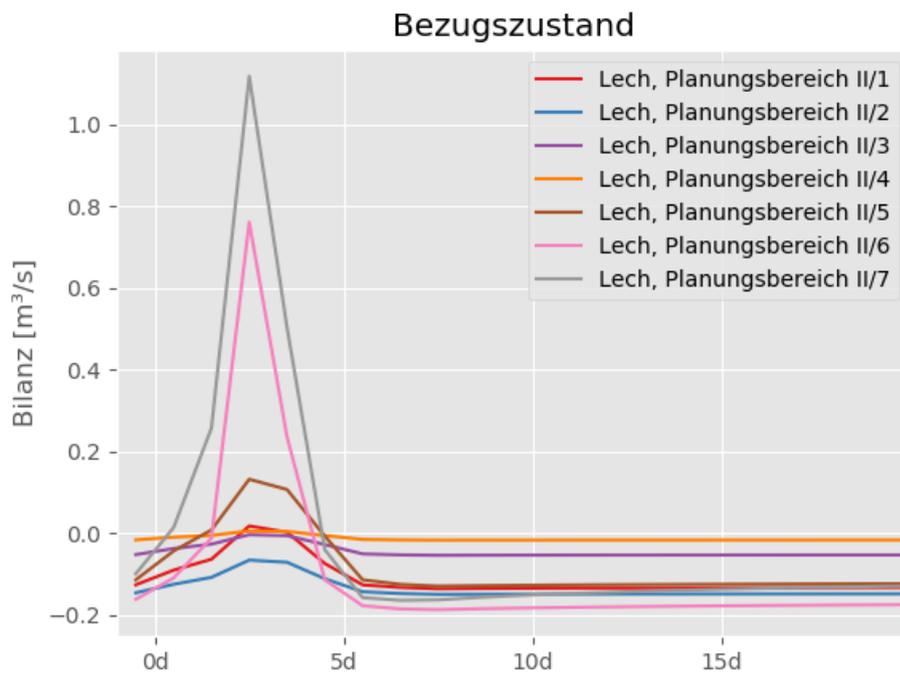


Abbildung 4.7: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B.

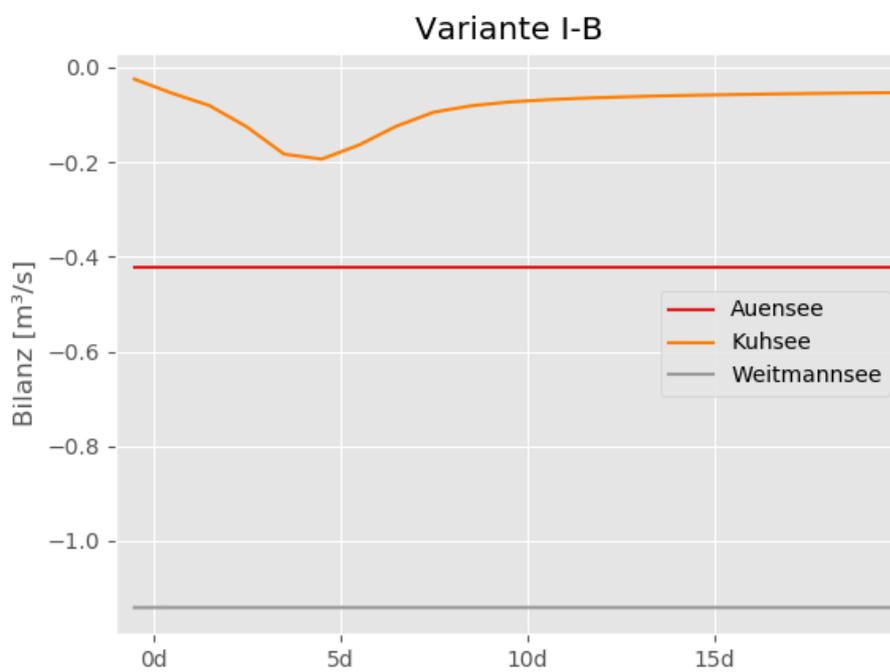
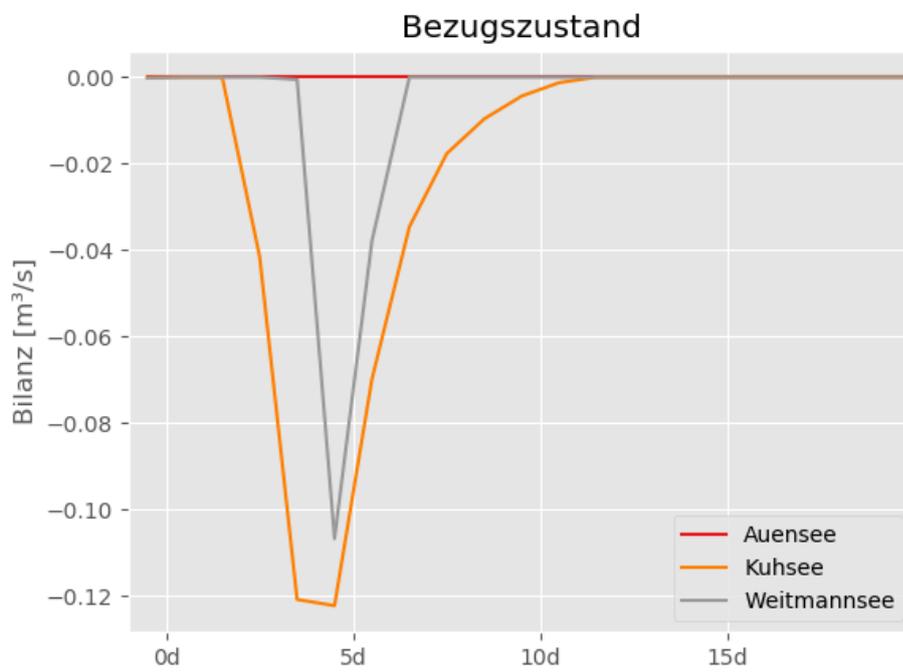


Abbildung 4.8: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B.

4.3 Veränderung von Grundwasserständen

Durch die Planungsvariante kommt es zu Veränderungen des Grundwasserstands. Im Folgenden wird die Veränderung des Grundwasserstands für niedrige, mittlere und hohe Grundwasser-Verhältnisse ausgewertet.

Die Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände bei niedrigen Grundwasser-Verhältnissen ist für den Planungsbereich I in Abbildung 4.9 und für den Planungsbereich II in Abbildung 4.10 dargestellt. Es wird deutlich, dass in allen Wasserschutzgebieten eine Aufhöhung der Grundwasserstände dominiert. Kleine Bereiche mit Absenkungen sind nahe rückgebauter Abstände zu finden. Die starke Dominanz von Bereichen mit Aufhöhungen ist als positiv zu bewerten, da das Grundwasservorrat in Trockenphasen verbessert wird.

Die Differenz der Grundwasserstände zwischen Planungsvariante I-B und dem Bezugszustand ist für mittlere Grundwasser-Verhältnisse in Abbildung 4.11 dargestellt. Westlich des Lechs dominieren Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands, während östlich des Lechs der Bereich mit Absenkungen des Grundwasserstands etwas größer als der Bereich mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ist. Aufhöhungen des Grundwasserstands enden an Siedlungsgebieten.

Abbildung 4.12 zeigt die Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände bei HW-Verhältnissen. Für die Auswertung wurden jeweils die maximalen Grundwasserstände im Betrachtungszeitraum (unabhängig vom Zeitpunkt) verglichen. Der Bereich mit Absenkungen des Grundwasserstands wird bei HW-Verhältnissen deutlich größer, Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands werden deutlich kleiner.

Tabelle 4.3 zeigt die Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands im Vergleich für MNW-, MW- und HW-Verhältnisse für das Gesamtgebiet und in den Siedlungsgebieten. Bei niedrigen Grundwasserständen dominiert die Aufhöhung des Grundwasserstands im Gesamtgebiet und in den Siedlungsgebieten. Im MW-Fall ist im Gesamtgebiet der Bereich mit Aufhöhung nur noch gering größer als der Bereich mit Absenkung. In den Siedlungsgebieten existieren nur Flächen mit Absenkungen des Grundwasserstands. Im HW-Fall entspricht im Gesamtgebiet die Fläche des Bereichs mit Absenkungen fast dem dreifachen der Fläche des Bereichs mit Aufhöhungen. In Siedlungsgebieten kommt es nur zu Absenkungen des Grundwasserstands.

Beispielhaft werden einige Ganglinien des Grundwasserstands von Bezugs- und Planungszustand in Abbildung 4.13 bis Abbildung 4.21 für die HW-Phase dargestellt.

Tabelle 4.3: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands im Gesamtgebiet und in Siedlungsgebieten bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-B

Grundwasser-Verhältnisse	Gesamtfläche			Siedlungsgebiete		
	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq -55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq -55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]
MNW-Verhältnisse	53.24	1.25	54.49	9.77	0.00	9.77
MW-Verhältnisse	14.56	11.28	25.84	0	2.64	2.64
HW-Verhältnisse	7.22	19.45	26.67	0	2.69	2.69

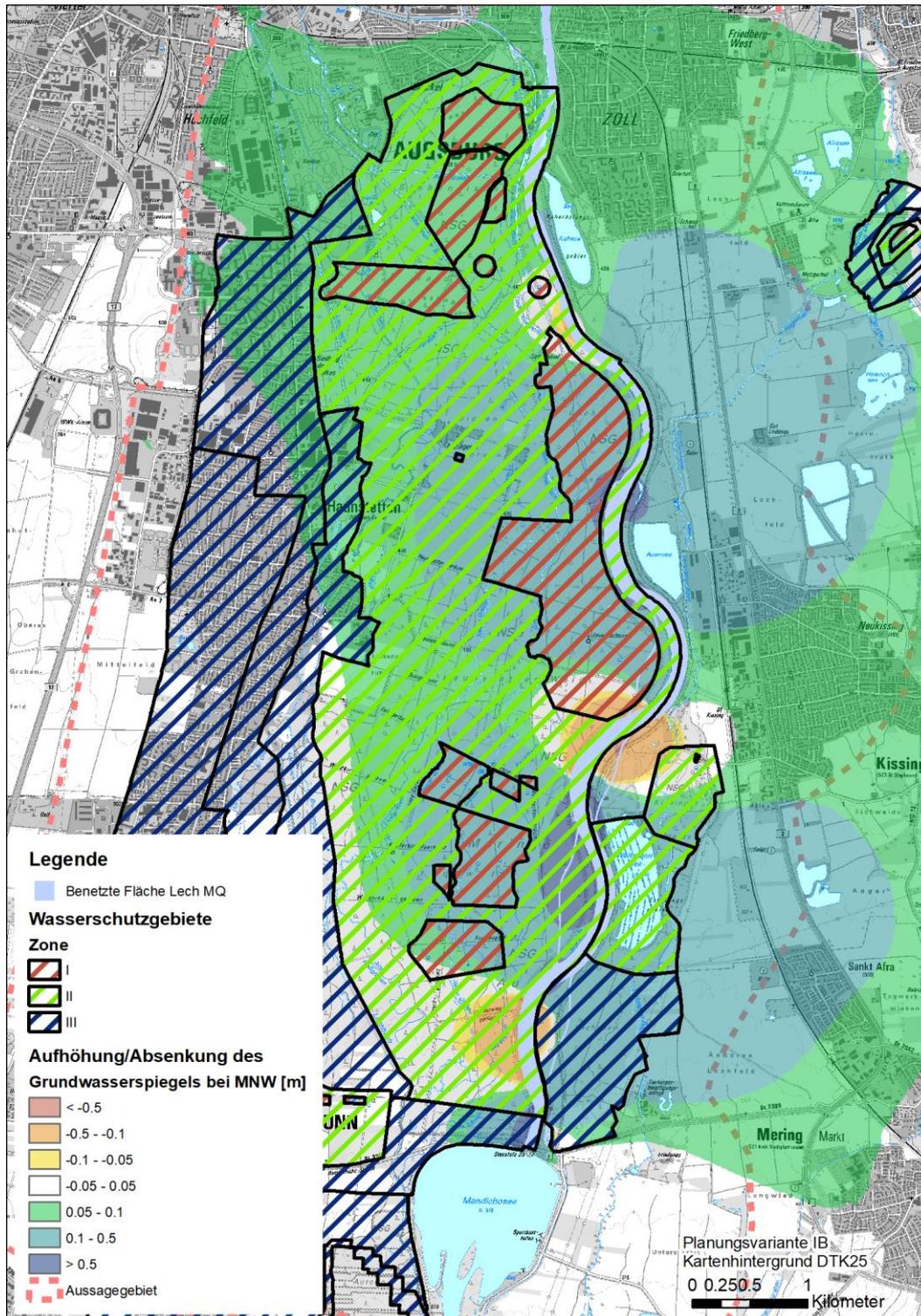


Abbildung 4.9: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen

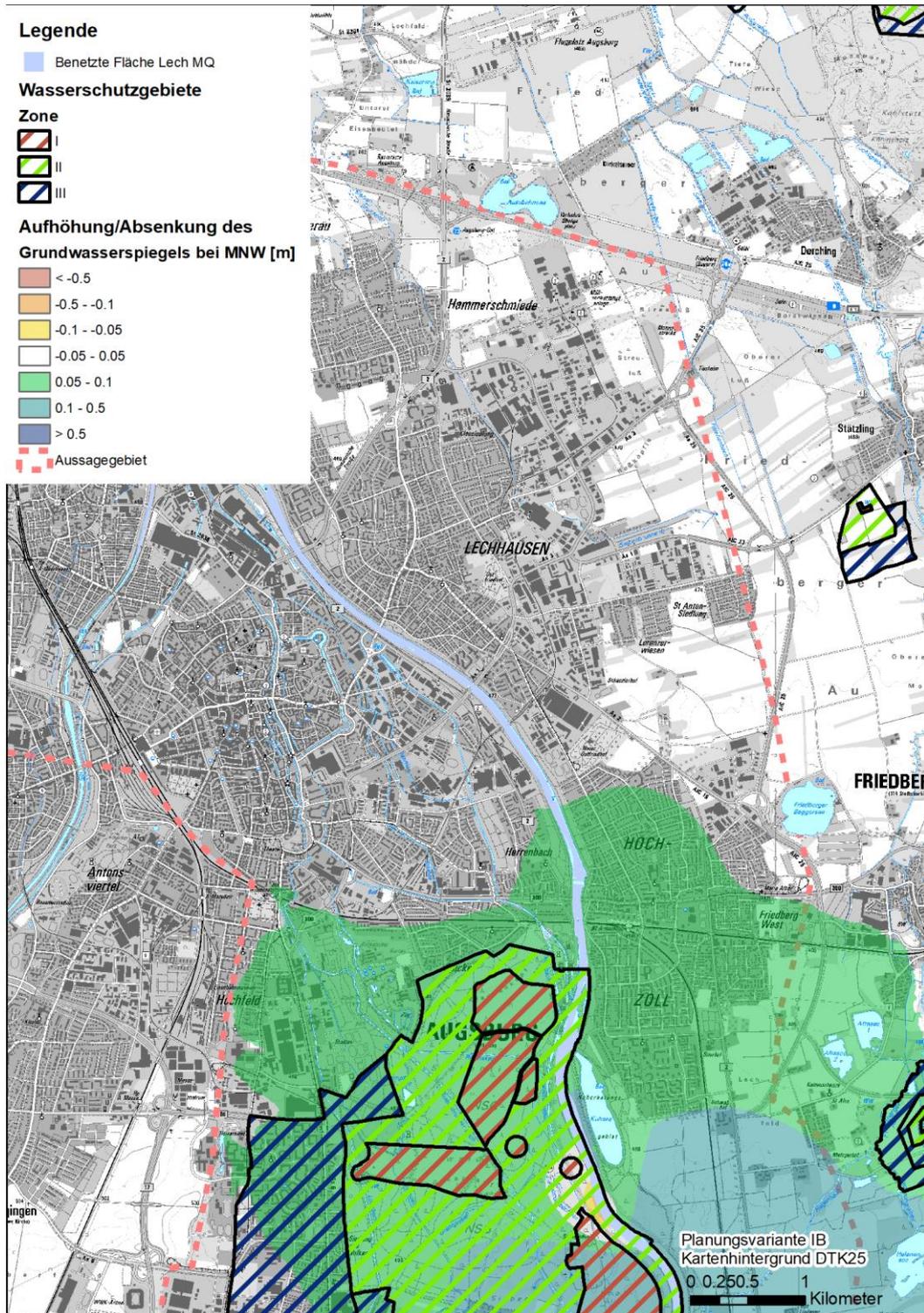


Abbildung 4.10: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen

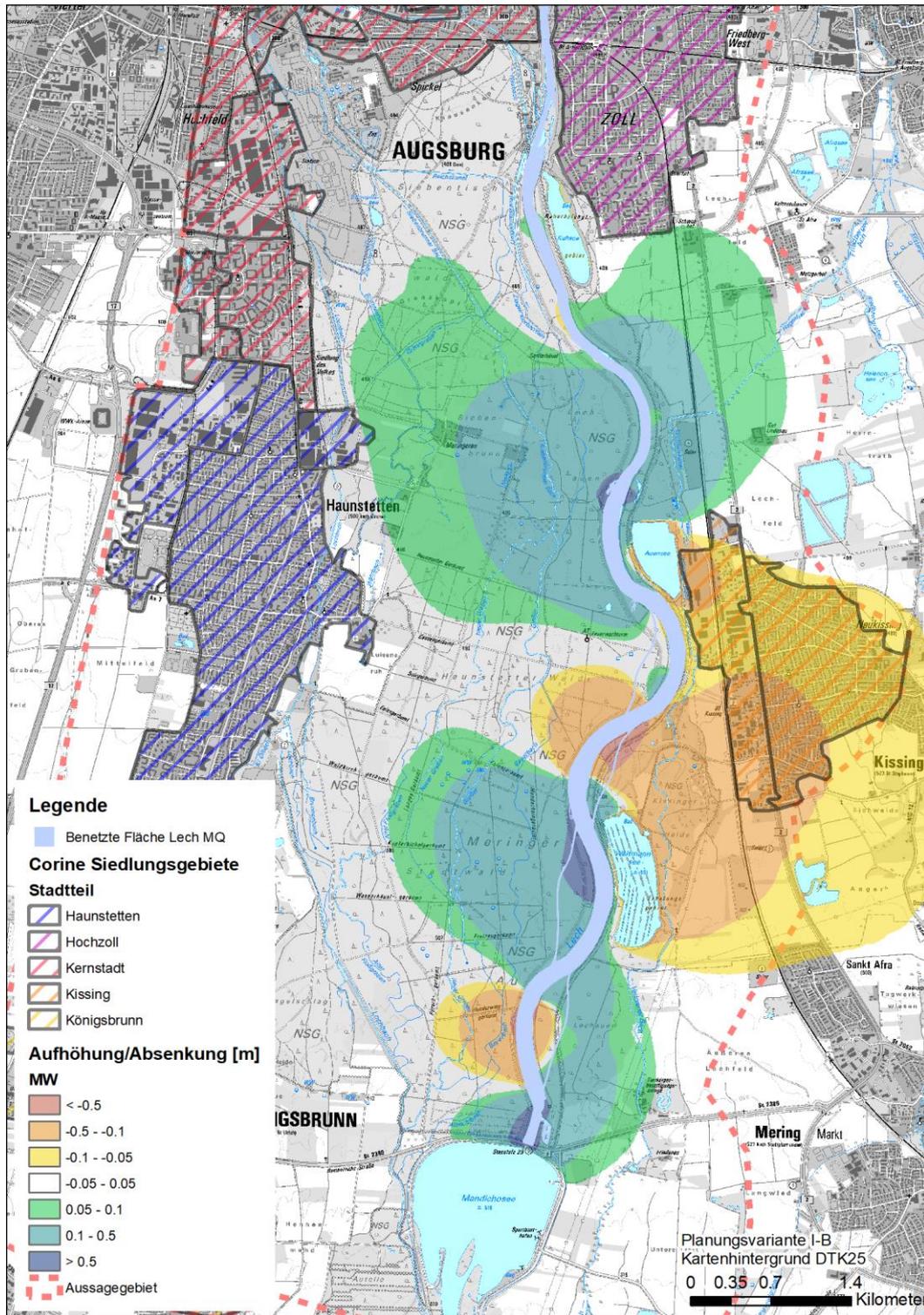


Abbildung 4.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-B

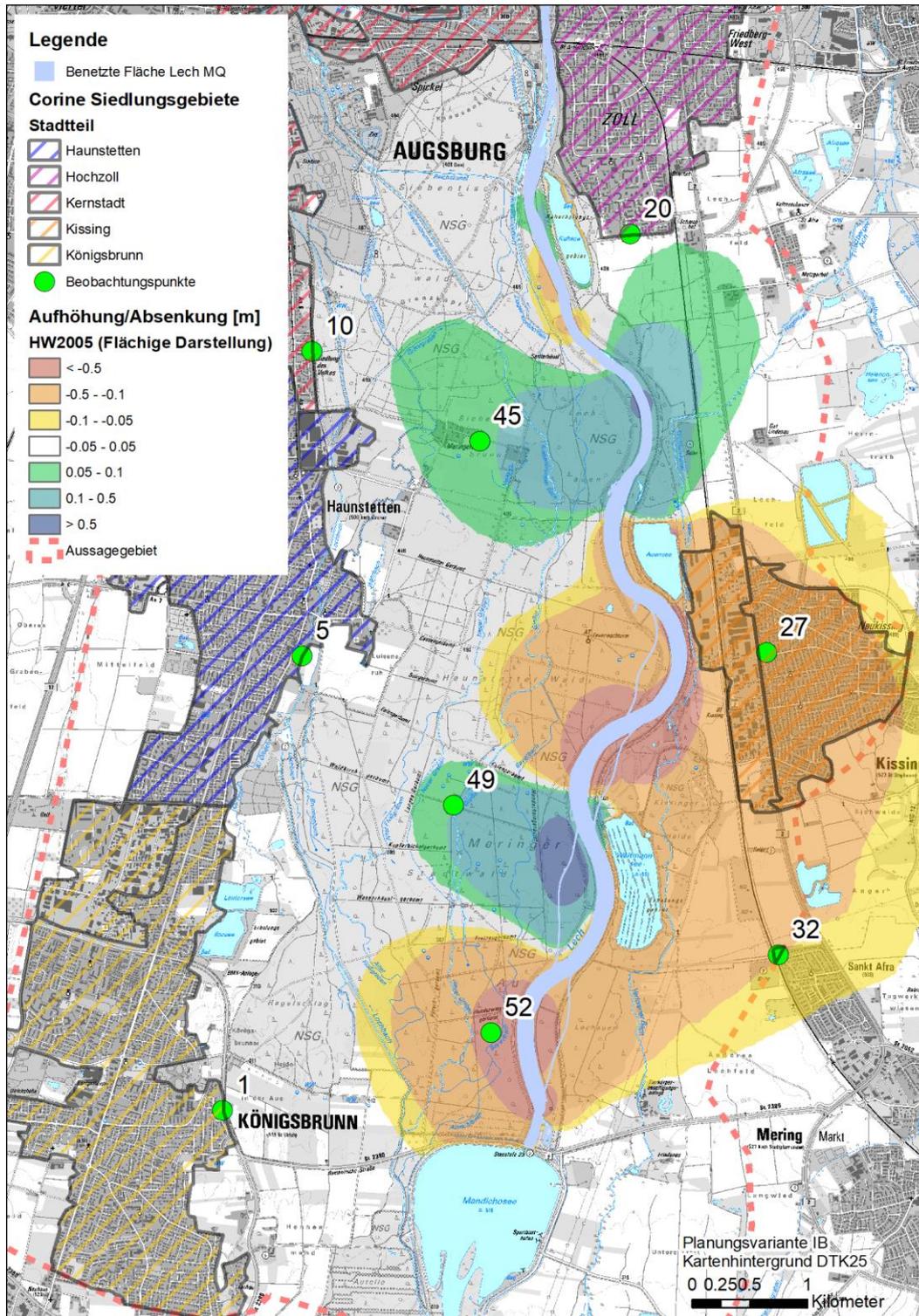


Abbildung 4.12: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen

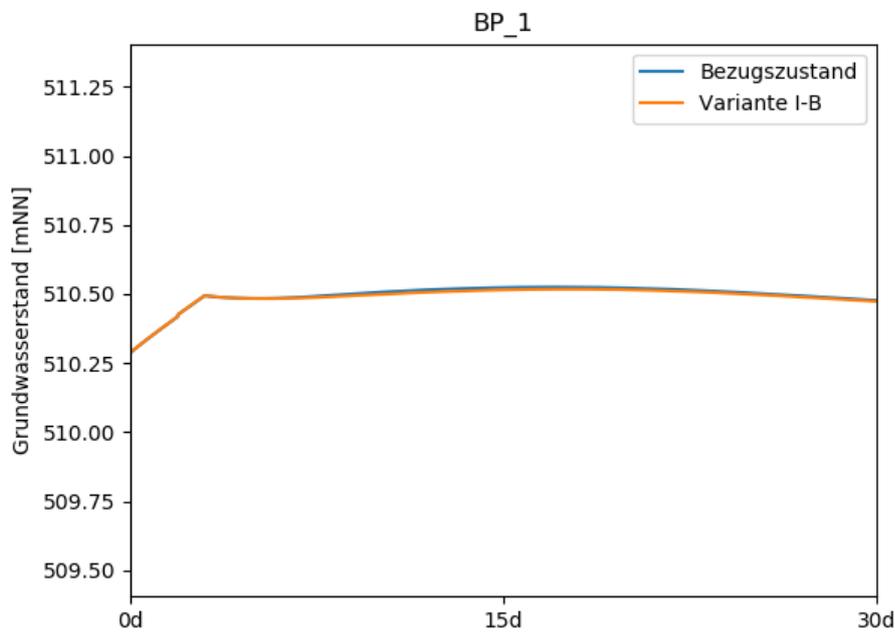


Abbildung 4.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

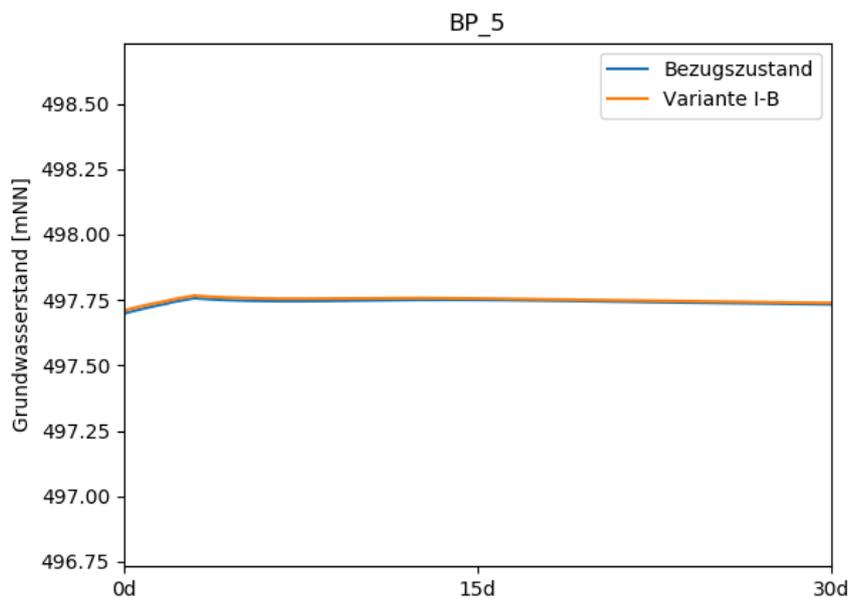


Abbildung 4.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

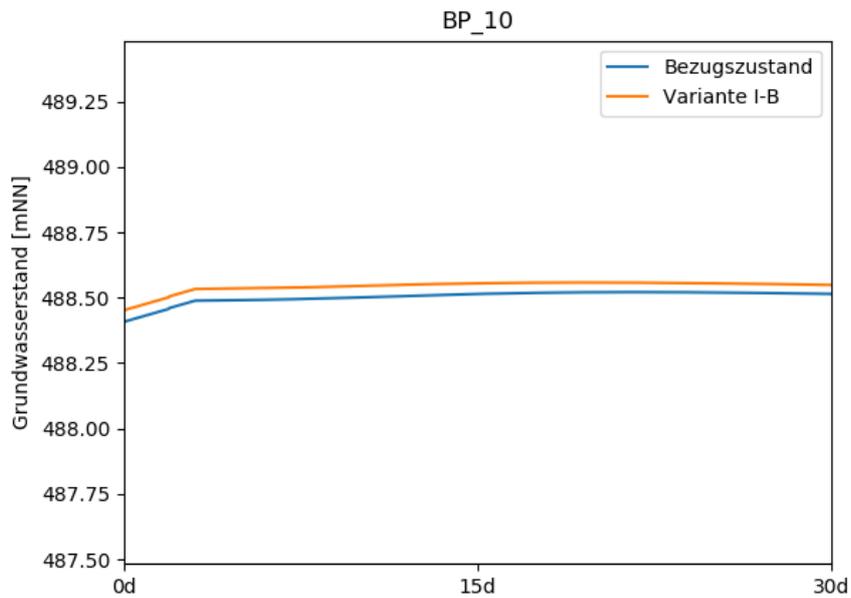


Abbildung 4.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

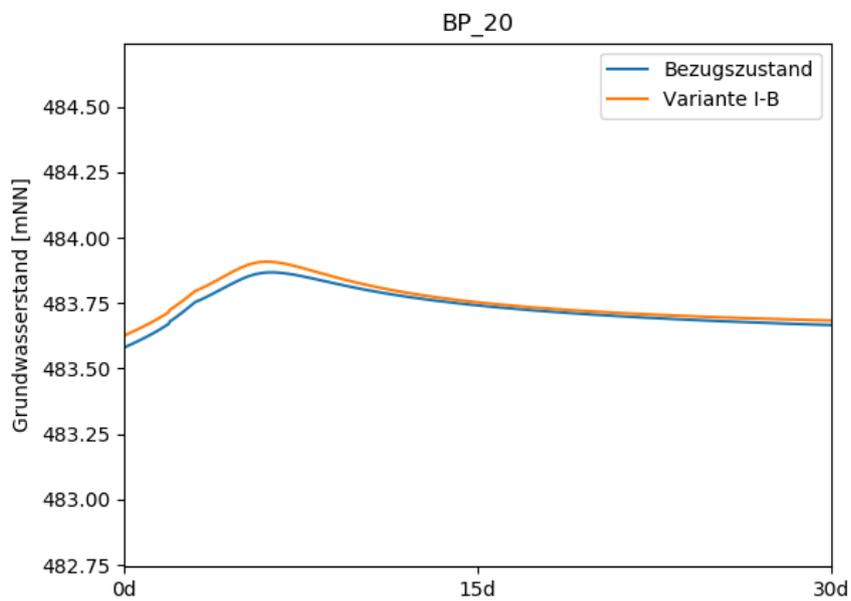


Abbildung 4.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

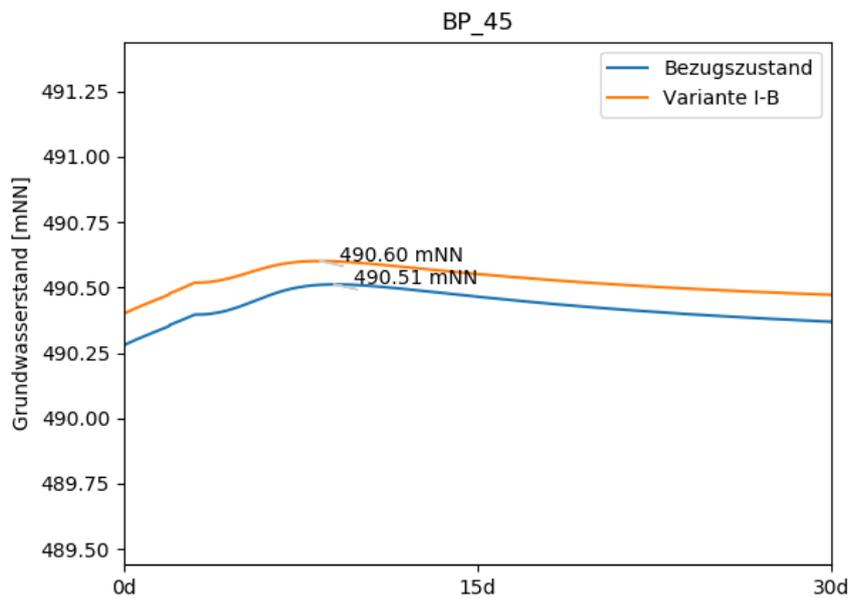


Abbildung 4.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

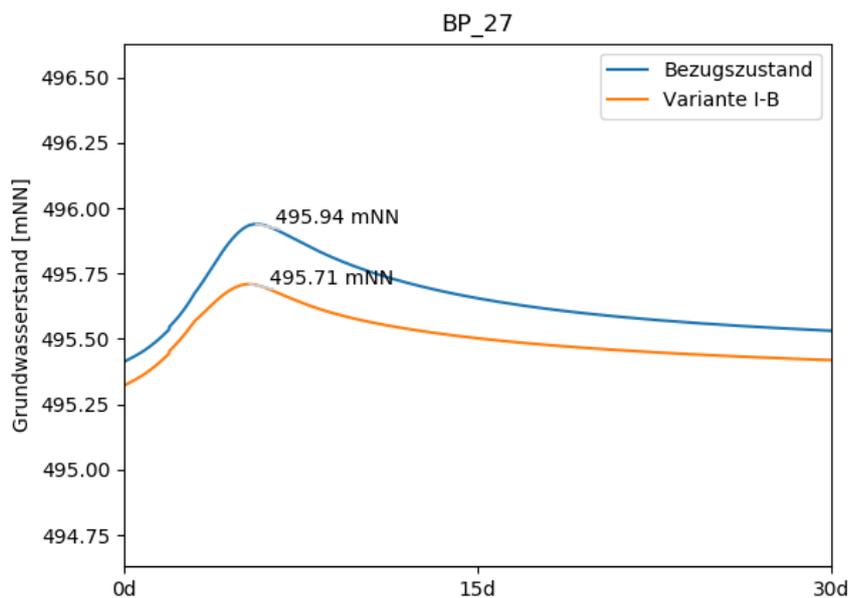


Abbildung 4.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

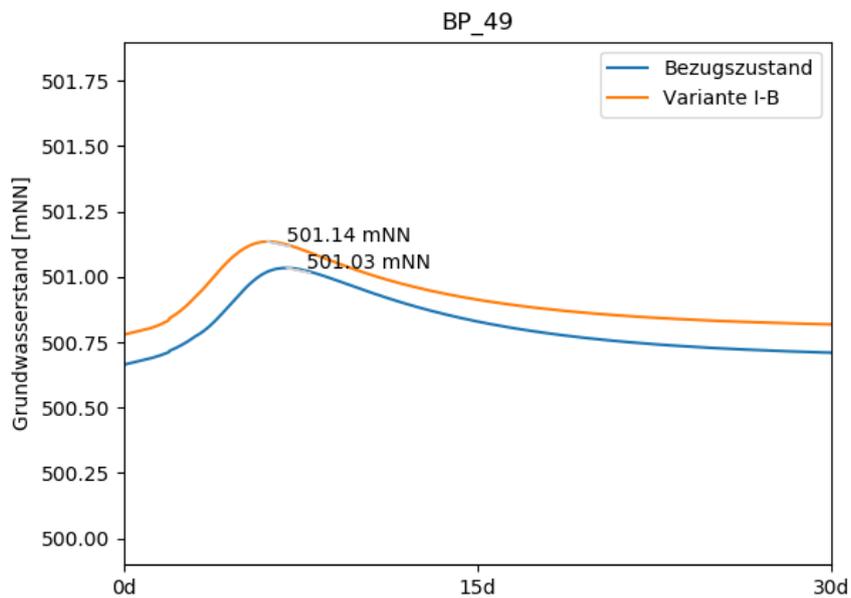


Abbildung 4.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

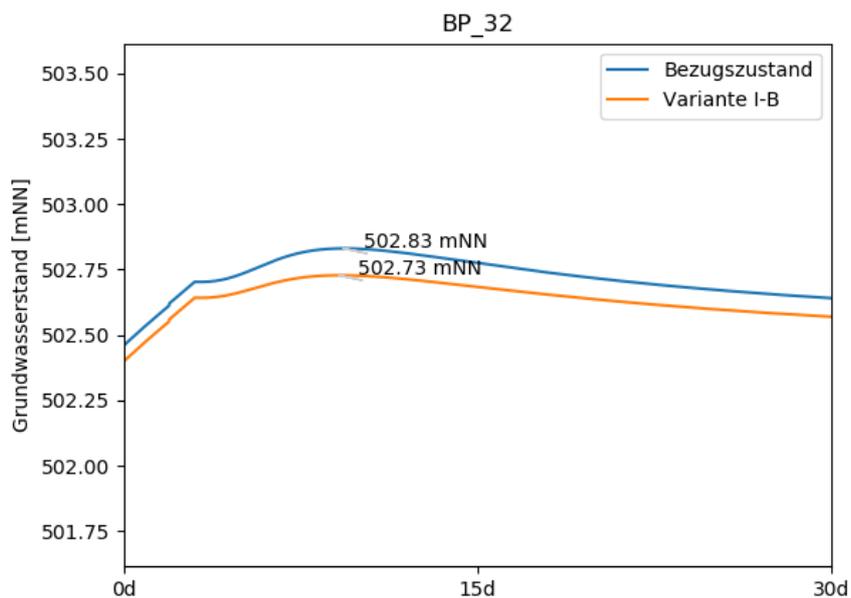


Abbildung 4.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-B)

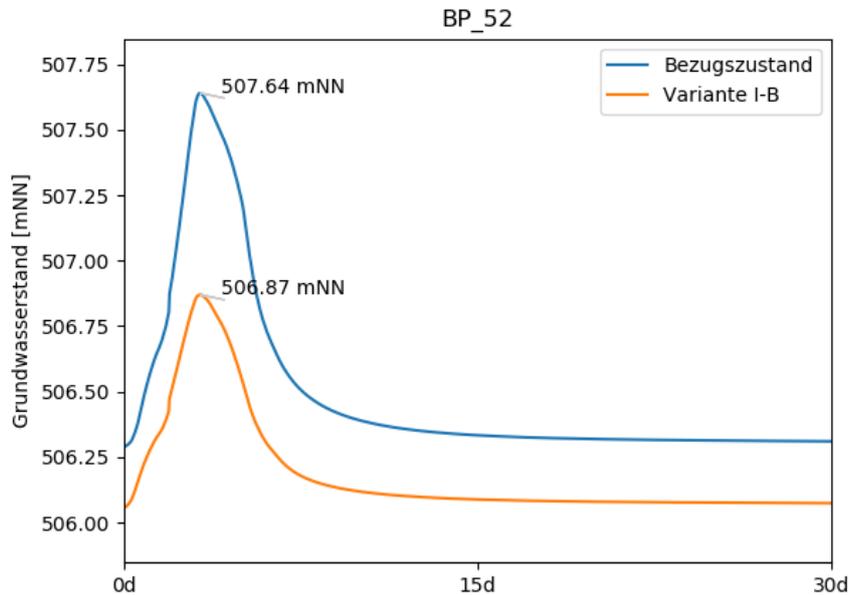


Abbildung 4.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 (Planungsvariante I-B)

4.4 Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen

Abbildung 4.22 und Abbildung 4.23 und zeigen die Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-B bei MW- und HW-Verhältnissen (Grundwasserflurabstände des Bezugszustands sind in Kapitel 3, Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2 dargestellt). Im Vergleich zum Bezugszustand nehmen die Grundwasserflurabstände in Lechnähe durch die Planungsvariante I-B überwiegend ab. Dies ist insbesondere auf die Absenkung der Geländeoberkante durch den Vorlandabtrag zurückzuführen. In Bereichen mit Absenkungen des Grundwasserstands treten auch Erhöhungen des Grundwasserflurabstands auf (z.B. bei MW- und HW-Verhältnissen im Bereich um Kissing).

Eine Übersicht über lechnahe Grundwasserflurabstände in den Planungsbereichen (Lage und Ausdehnung der Planungsbereiche sind Abbildung 2.2 zu entnehmen) gibt Tabelle 4.4. Mit einer Ausnahme (bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I/1) nehmen im Vergleich zum Bezugszustand die Grundwasserflurabstände für MW- und HW-Verhältnisse in allen Planungsbereichen ab.

Tabelle 4.4: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-B

Teilbereich Planungsbereich I	Grundwasser-Flurabstand (gemittelt über Teilbereich) [m]			
	Bezugszustand		I-B	
	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse
I/1	2.68	0.25	2.09	0.41
I/2	2.53	0.88	1.63	0.35
I/3	1.94	0.50	1.28	0.00
I/4	1.91	0.11	1.19	0.00
I/5	1.98	0.17	1.08	0.00
I/6	1.92	0.31	1.39	0.27
I/7	2.53	1.55	1.43	0.47
Mittelwert	2.21	0.54	1.44	0.21

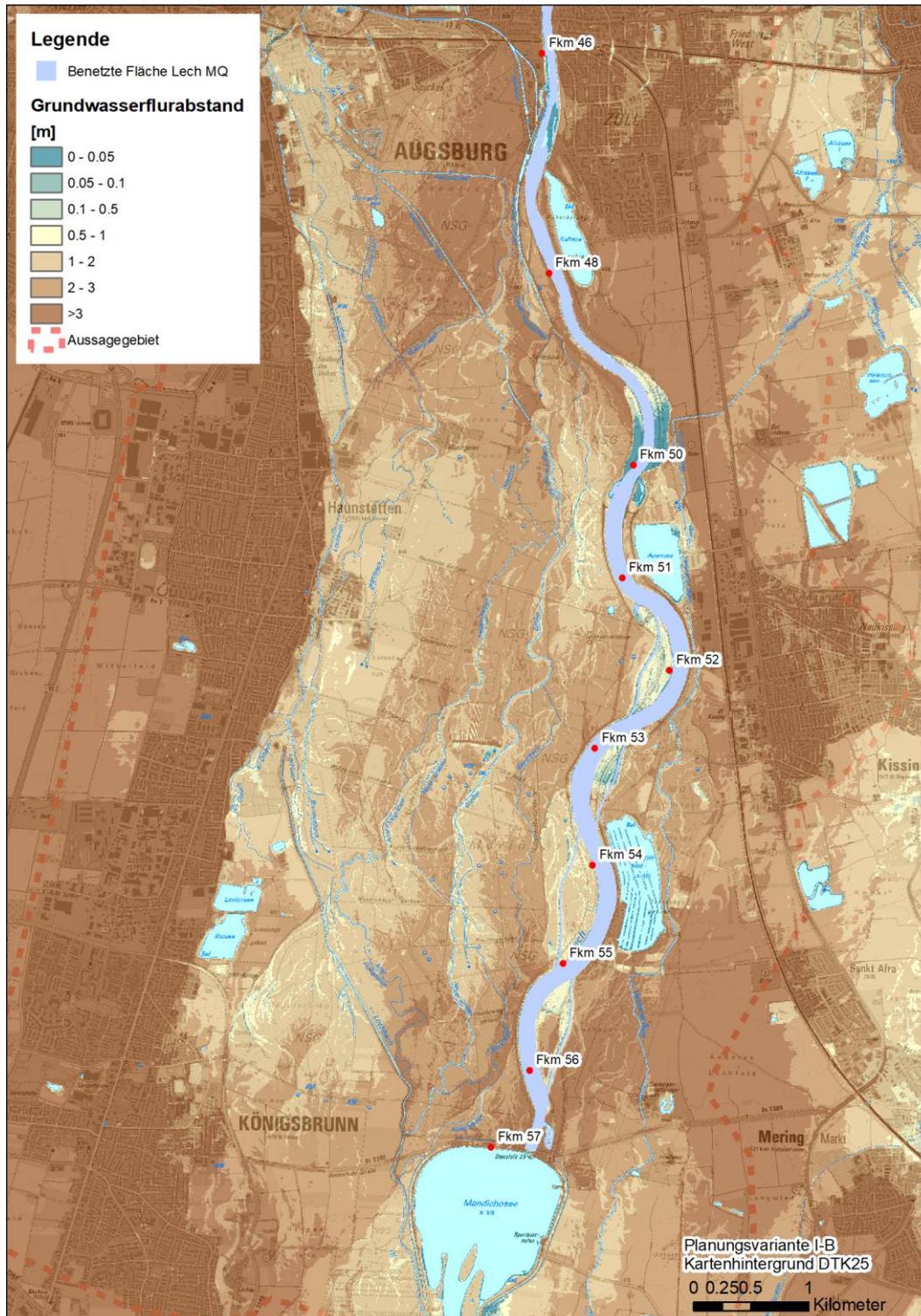


Abbildung 4.22: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-B bei MW-Verhältnissen

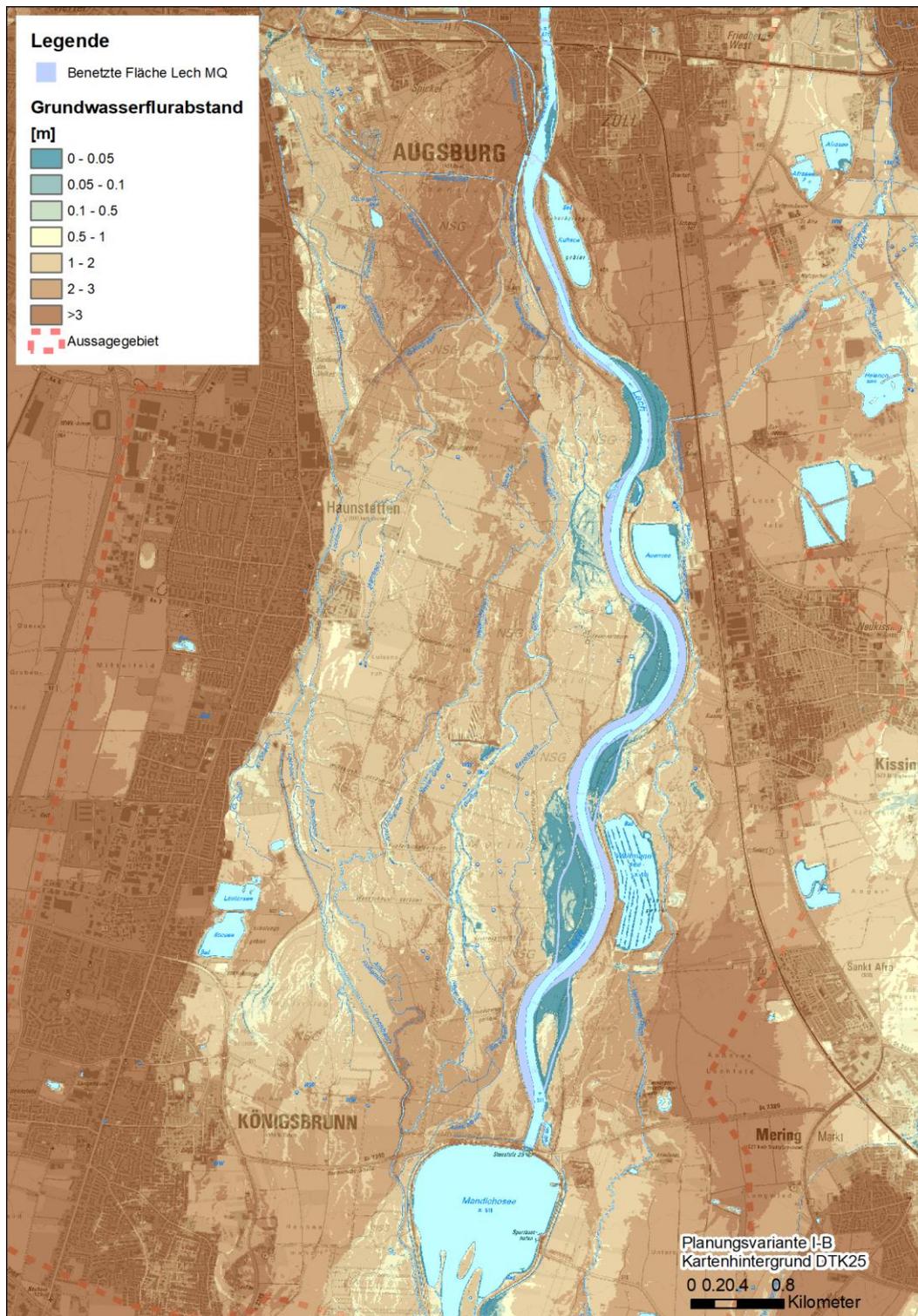


Abbildung 4.23: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-B bei HW-Verhältnissen

4.5 Zusammenfassung der Planungsvariante I-B

Die Auswertungen mit dem numerischen Grundwassermodell zeigen, dass durch die Planungsvariante der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter und damit auch die Grundwasserstände, der Grundwasserdynamik sowie der Grundwasserfließverhältnisse im Planungsraum verändert werden.

Die Planungsvariante I-B führt bei MW-Verhältnissen zu einer Erhöhung der Netto-Infiltration aus dem Lech im Planungsbereich I. Ohne Kompensation durch Entnahmen aus den lechnahen Seen, würde dies zu einer deutlichen Erhöhung der Grundwasserstände führen. Durch gezielte Wasserspiegel-Fixierungen der Seen kann diese Erhöhung der Grundwasserstände ausgeglichen werden.

Bei HW-Verhältnissen wird der Austausch Lech-Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gemindert, sodass Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands im HW-Scheitel kleiner werden und sich Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands gegenüber dem Bezugszustand ausdehnen.

Insgesamt sind die Auswirkungen der Planungsvariante I-B auf den Grundwasserleiter gut vertretbar:

- Die Aufhöhung der Grundwasserstände insbesondere bei niedrigen Grundwasserständen stellt eine Verbesserung des Grundwasservorrats dar. Trinkwasserschutzgebiete zwischen Staustufe 23 und Hochablass profitieren von dem verbesserten Vorrat.
- Bei Mittelwasser und Hochwasser beschränken sich Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands auf Bereiche außerhalb von Siedlungsgebieten. In Kissing kommt es im Vergleich zum Bezugszustand bei MW- und HW-Verhältnissen zu einer deutlichen Absenkung der Grundwasserstände.
- Die Grundwasserflurabstände nehmen im Planungsbereich I in Lechnähe bei MW- und HW-Verhältnissen in fast allen Teilbereichen ab.
- Grundwasserstände im Planungsbereich II sind durch die Planungsvariante I-B weitgehend unbeeinflusst. Bei MNW-Verhältnissen kommt es zu einer geringen Erhöhung der Grundwasserstände bis ca. Fkm 45.

Die abschließende Bewertung der Planungsvariante I-B erfolgt im Rahmen der Anlage zur Variantenbewertung (Anlage 3).

5 Untersuchung der Planungsvarianten I-A1/II-B1

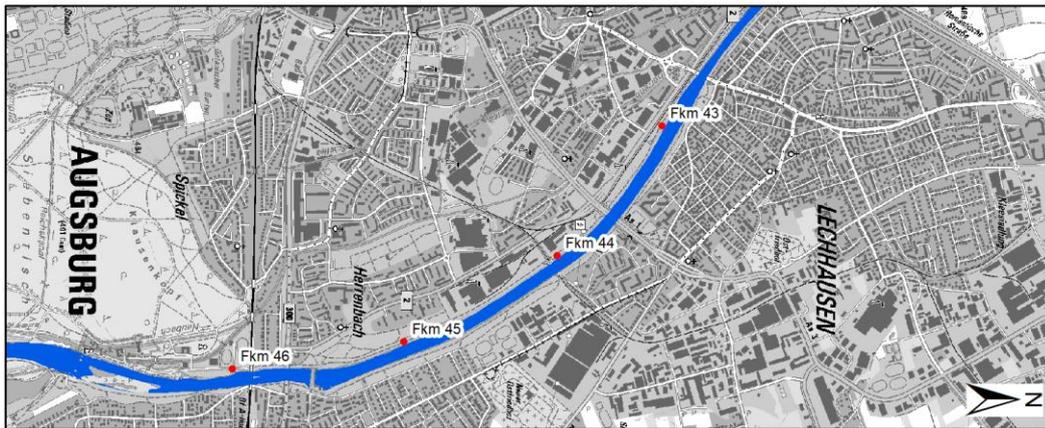
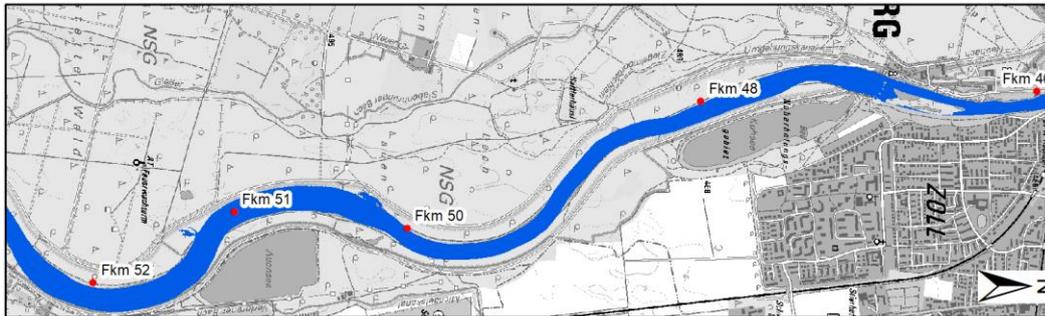
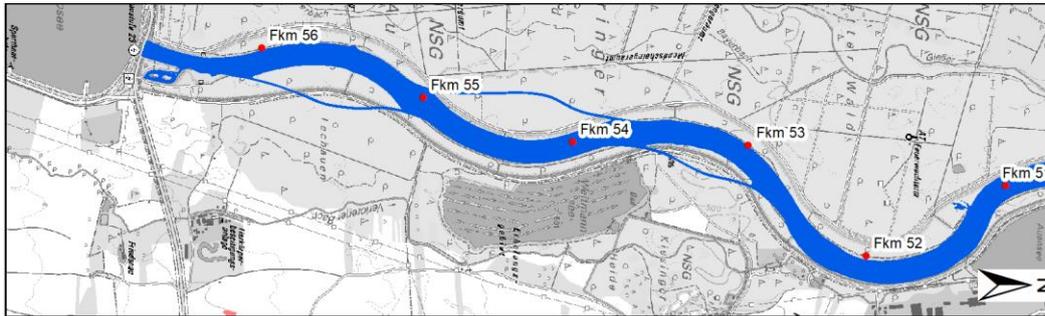
5.1 Modellaufbau

Abbildung 5.1 zeigt die Planungsvariante I-A1/II-B1 im Lageplan. Neben Aufweitungen des Lechs und drei Nebengewässern im Planungsbereich I sind im Planungsbereich II eine Sohlrampe bei Fkm 42,6 und eine Sohlanhebung oberstrom dieser Sohlrampe vorgesehen. Die wesentlichen Unterschiede zur Planungsvariante I-B sind:

- Verzicht auf ein Nebengewässer zwischen FKM 51,5 und 52,5
- Aufweitung des Lech erfolgt im Planungsbereich I auf etwa 40 % der Uferlänge maschinell
- Maßnahmen im Planungsbereich II

Abbildung 5.2 zeigt einen Querschnitt durch das Grundwassermodell für Bezugs- und Planungszustand bei Fkm 53. Die Abbildung zeigt die Anhebung der Lechsohle, den Einschnitt des Nebengewässers sowie den Vorlandabtrag zwischen den beiden Gewässerarmen.

Abbildung 5.3 und Abbildung 5.4 zeigen die Sohllagen und berechneten Wasserspiegel aus dem Hydraulik-Modell für MNQ, MQ und HQ100 für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1 in beiden Planungsbereichen. Details zu den Sohl- und Wasserspiegellagen sind dem Erläuterungsbericht „Licca liber – weiterführende Untersuchungen“ sowie Anlage 4.2 zu entnehmen.



Planungsvariante I-A1/II-B1
Kartenhintergrund DTK25

Abbildung 5.1: Lageplan der Planungsvariante I-A1/II-B1

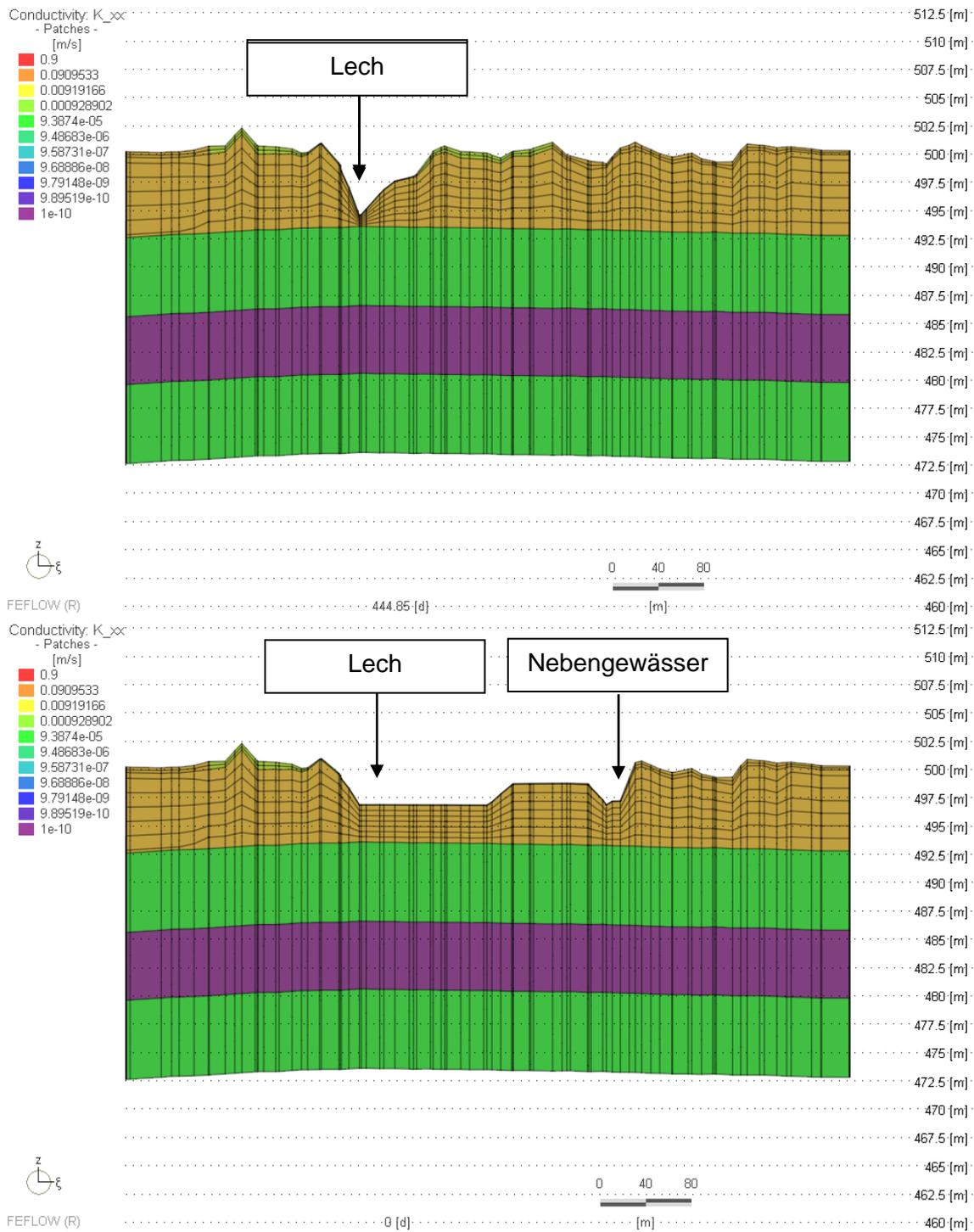


Abbildung 5.2: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 53 für Bezugzustand und Planungsvariante I-A1/II-B1

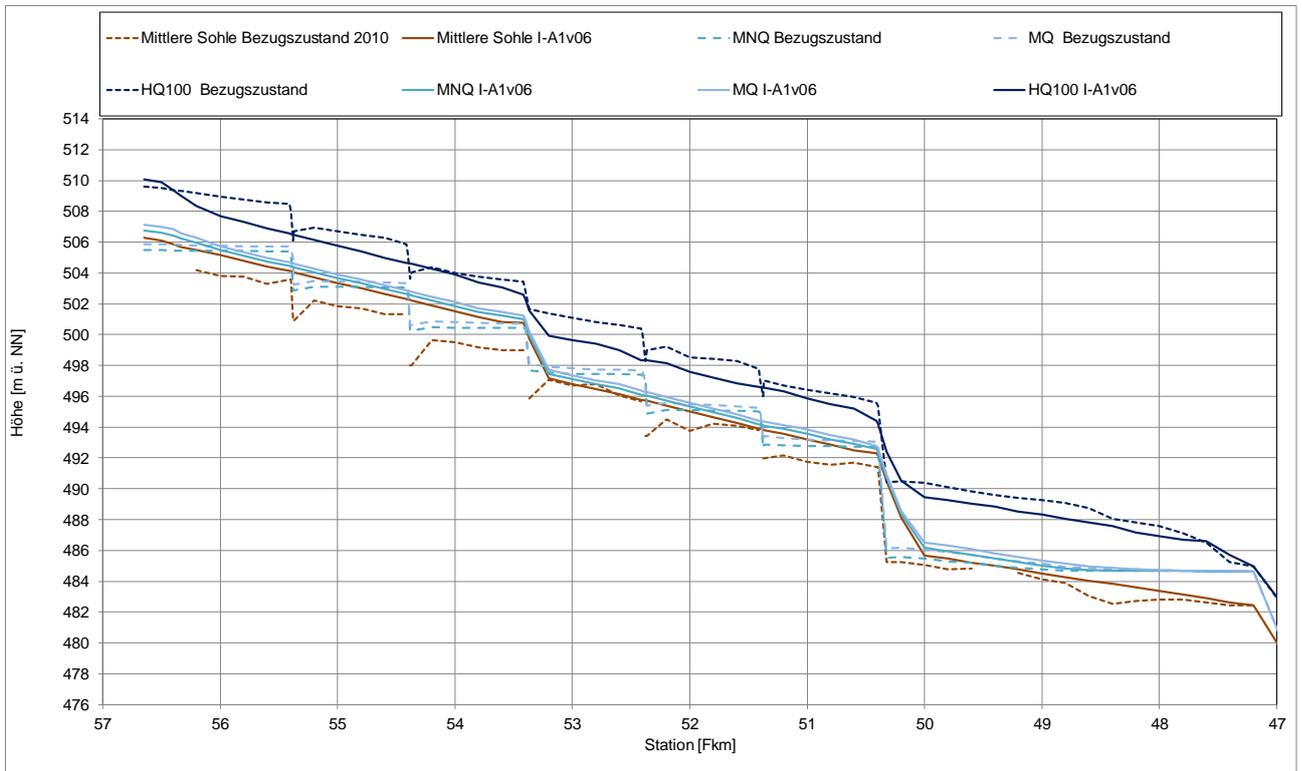


Abbildung 5.3: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-A1

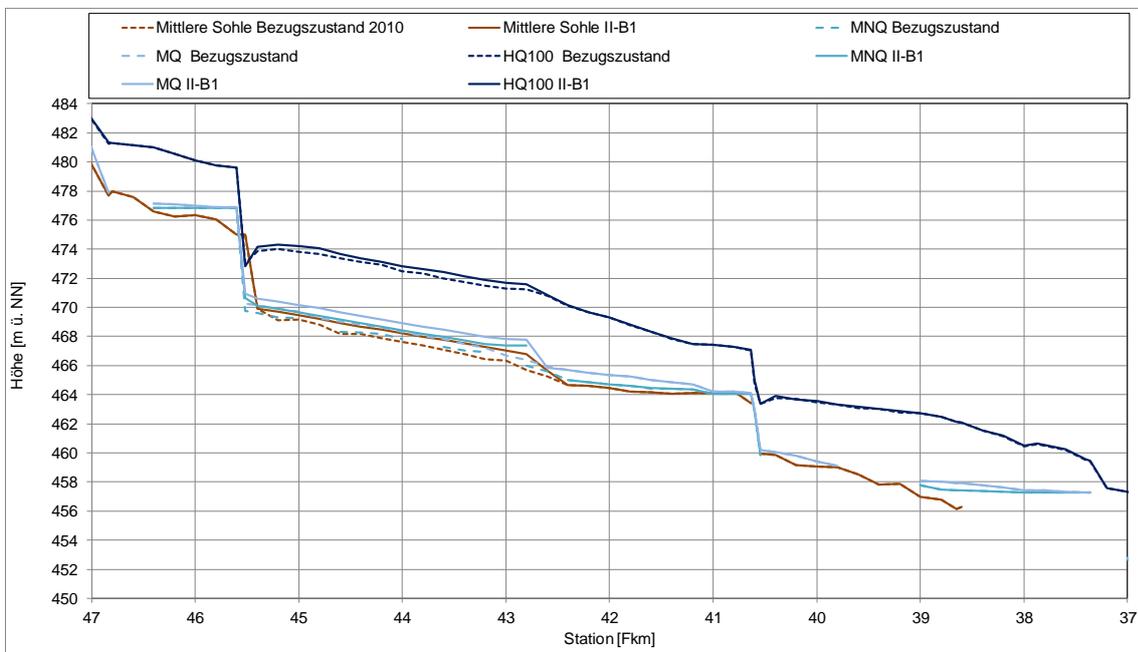


Abbildung 5.4: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante II-B1

5.2 Auswertungen zur Wasserbilanz

5.2.1 Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Tabelle 5.1 zeigt die Bilanz der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei mittleren Verhältnissen im Planungsbereich I. Wie bei Planungsvariante I-B sind die Bilanzänderungen der Planungsbereiche I/1 bis I/3 im Vergleich zum Bezugszustand am größten. Im Vergleich zur Planungsvariante I-B fällt der Unterschied in der Gesamtbilanz zwischen Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1 etwas geringer aus. Im Vergleich zur Planungsvariante I-B ist die Gesamtentnahme aus den Seen etwas geringer. Bei niedrigen Grundwasserständen (Tabelle 5.2) reduziert sich der Gesamtumsatz im Vergleich zum Bezugszustand des Lechs im Vergleich zum Bezugszustand um etwa 240 l/s.

Im Innenstadtbereich gibt es keine relevanten Änderungen des Austauschs sowohl bei mittleren (Tabelle 5.3) als auch bei niedrigen Grundwasserständen (Tabelle 5.4).

An den Gewässern im Stadtwald bzw. am Hagenbach/Verlorenen Bach bleibt bei mittleren Verhältnissen der Austausch mit dem Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gleich. Bei niedrigen Verhältnissen nimmt die Menge infiltrierten Wassers an Bächen im Stadtwald und am Verlorenen Bach/Hagenbach um jeweils etwa 30 l/s ab. Der Gesamtaustausch der Gewässer im Stadtwald bei niedrigen Verhältnissen beträgt im Bezugszustand über 1 m³/s. Am Verlorenen Bach/Hagenbach beträgt der Gesamtaustausch etwa 0,5 m³/s.

Tabelle 5.1: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A1/II-B1)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.68
Variante I-A1/II-B1	0.49	-0.50	0.33	0.66	-0.34	-0.75	-0.02	0.43	-1.23	-1.00	-0.42	-0.04	-1.46	-2.55

Tabelle 5.2: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A1/II-B1)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungsbereich I/7	Weitmannsee	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.93	-0.15	-0.30	-0.47	-0.68	-0.28	-0.25	-0.14	-1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.82
Variante I-A1/II-B1	0.21	-0.59	0.25	0.55	-0.53	-0.78	-0.09	0.35	-1.26	-0.72	-0.27	-0.01	-1.00	-2.58

Tabelle 5.3: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A1/II-B1)

FKM	47.0 - 37.3								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt	Planungsbereich							Schleifenstraße	Prinzstraße	Reichenb.-straße	Abwasserkanäle
Modell		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
Bezugszustand	-0.71	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.33
Variante I-A1/II-B1	-0.72	-0.13	-0.15	-0.04	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.34

Tabelle 5.4: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich II für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A1/II-B1)

FKM	47.0 - 37.3								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt	Planungsbereich							Schleifenstraße	Prinzstraße	Reichenb.-straße	Abwasserkanäle
Modell		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
Bezugszustand	-0.76	-0.13	-0.15	-0.06	-0.02	-0.13	-0.17	-0.11	-0.33	-0.24	-0.05	-0.30
Variante I-A1/II-B1	-0.76	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.13	-0.17	-0.11	-0.34	-0.24	-0.05	-0.32

5.2.2 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Die Bilanz des Lechs im Planungsbereich I ist in Abbildung 5.5 bis Abbildung 5.7 für HW-Verhältnisse dargestellt. Wie bei Planungsvariante I-B zeigen alle Lech-Abschnitte des Planungsbereichs I im Hochwasserfall infiltrierende Verhältnisse. Die maximalen Infiltrationsraten sind im Hochwasser-Fall im Planungsbereich I geringer als im Bezugszustand (Ausnahme Planungsbereich I/7). Im Nachgang des Ereignisses pendeln sich die Bilanzen wieder bei MW-Verhältnissen ein.

Im Planungsbereich II (Abbildung 5.8) sind die Bilanzen von Bezugs- und Planungszustand nahezu identisch.

Die Bilanz der Seen ist in Abbildung 5.9 dargestellt. Im Bezugszustand werden bis zu 100 l/s an Kuh- und Weitmannsee entnommen. Im Planungszustand werden die Entnahmen aus Weitmann- und Auensee in der HW-Phase gegenüber MW nicht

angepasst, d.h. der Wasserspiegel dieser Seen steigt etwas an. Am Kuhsee ist ein fester Wasserspiegel vorgegeben, daher werden am Kuhsee in der HW-Spitze bis zu 200 l/s entnommen.

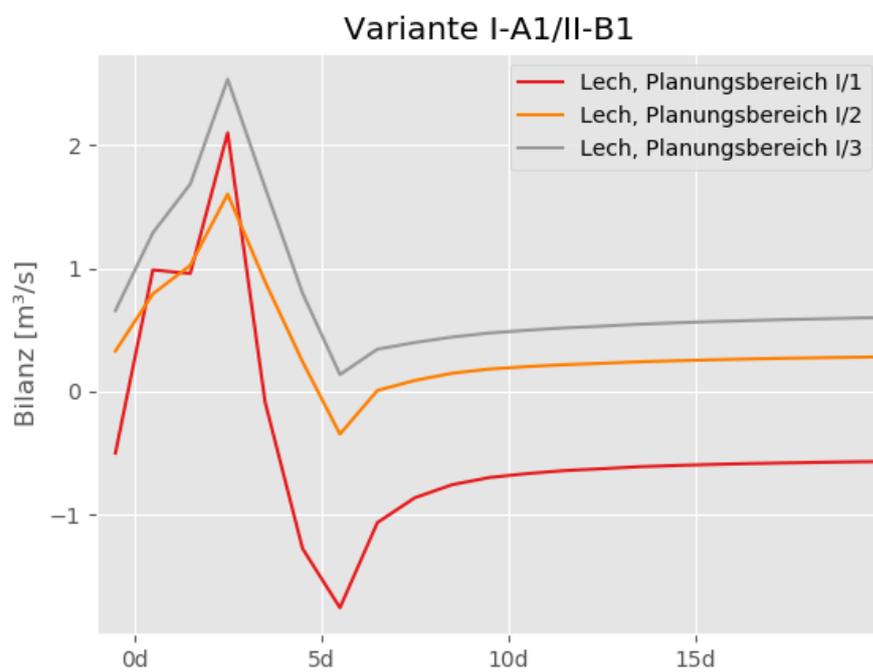
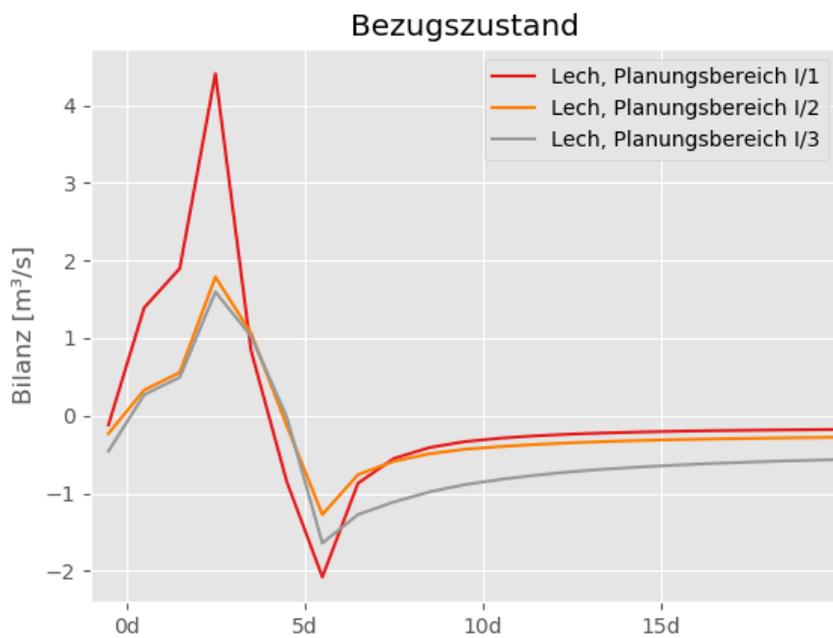


Abbildung 5.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.

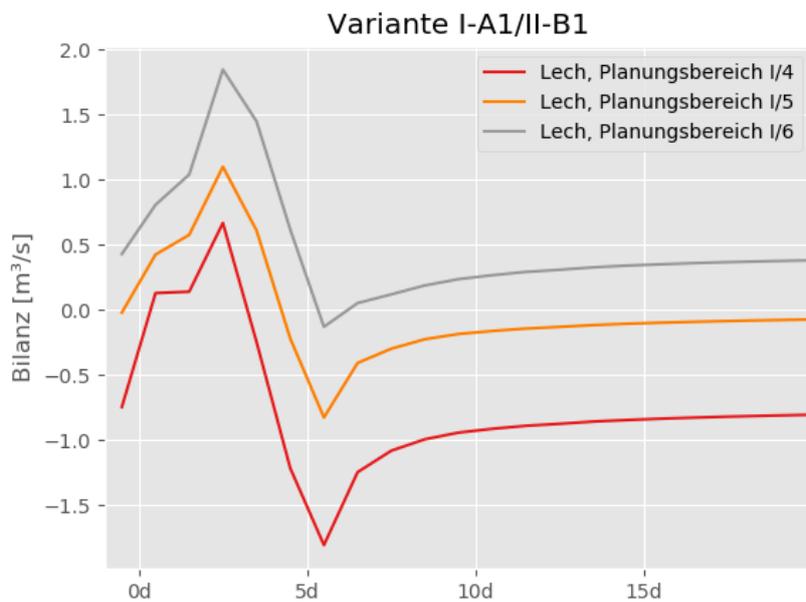
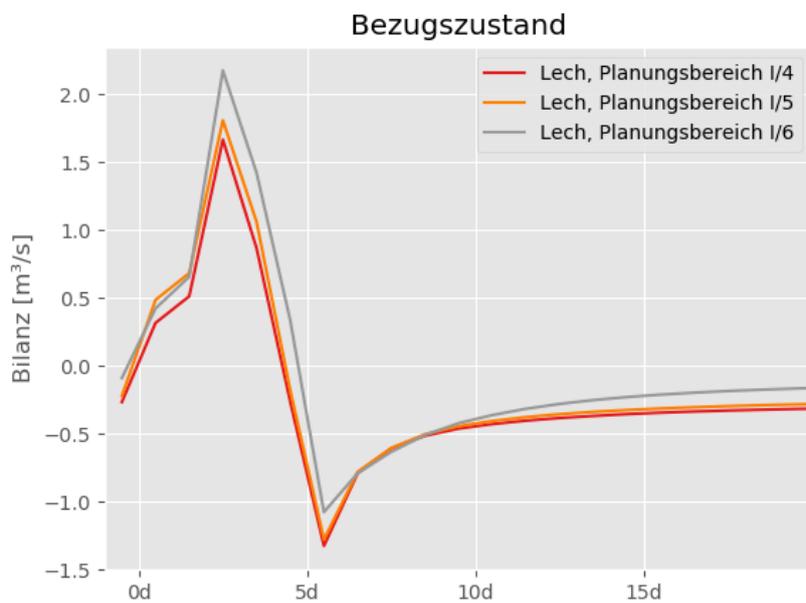


Abbildung 5.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.

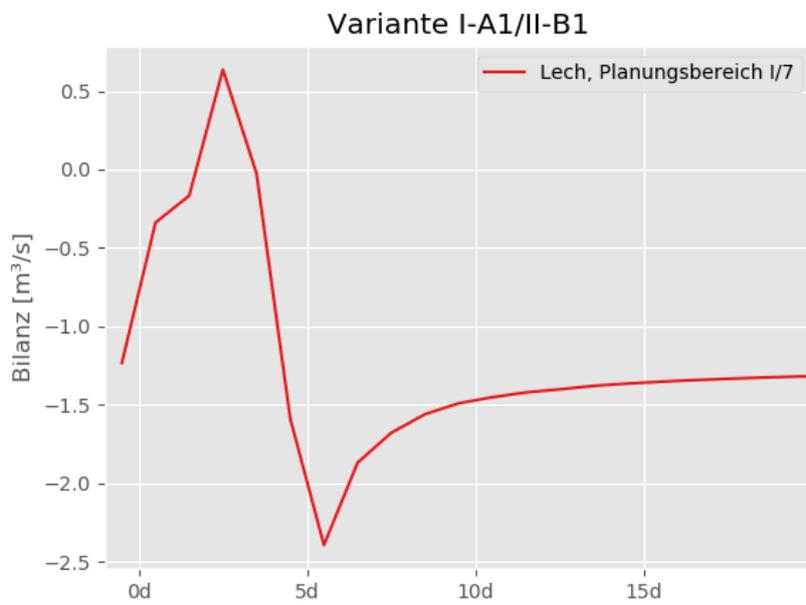
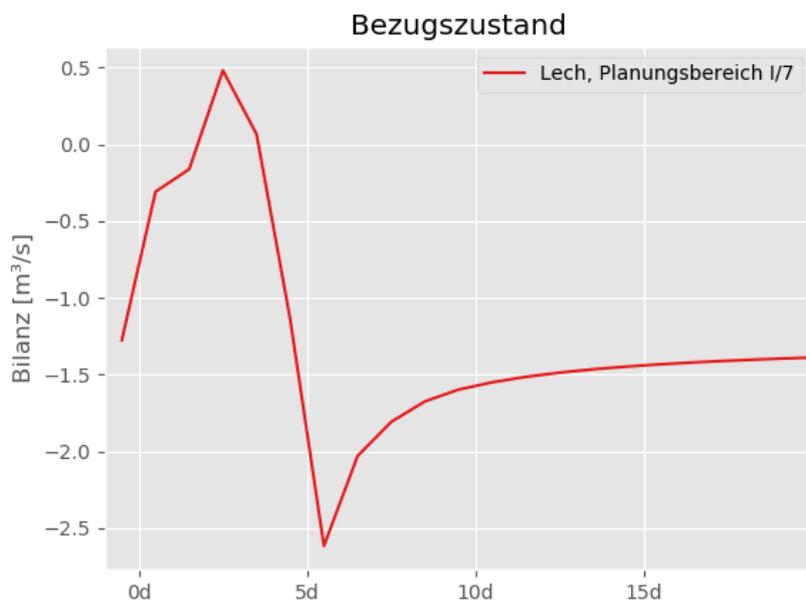


Abbildung 5.7: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.

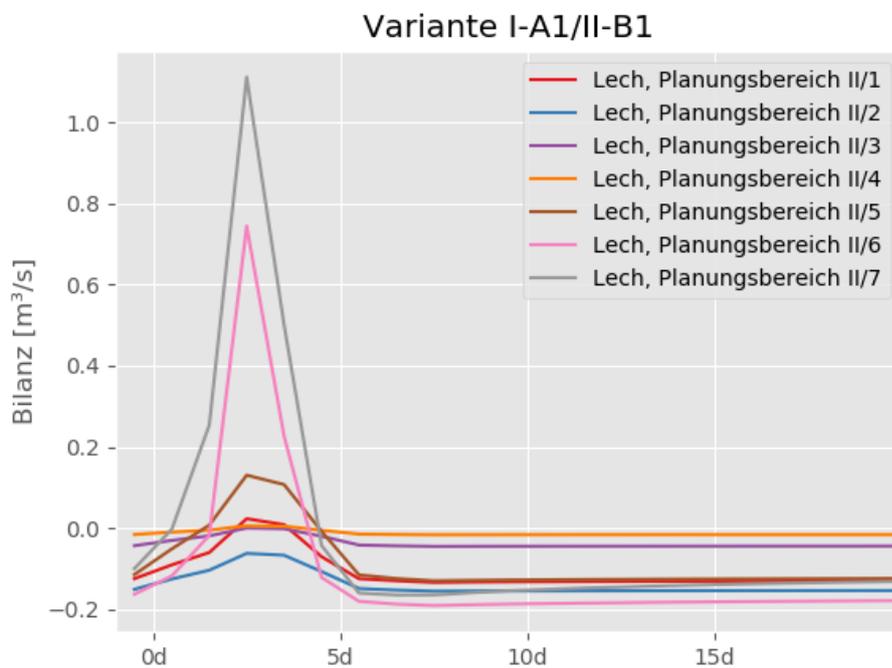
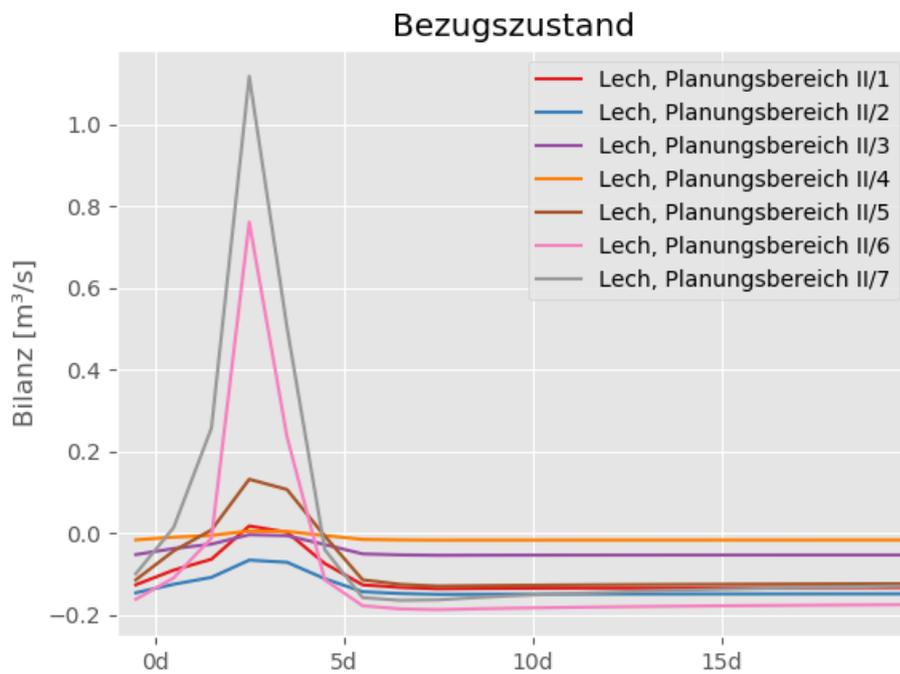


Abbildung 5.8: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.

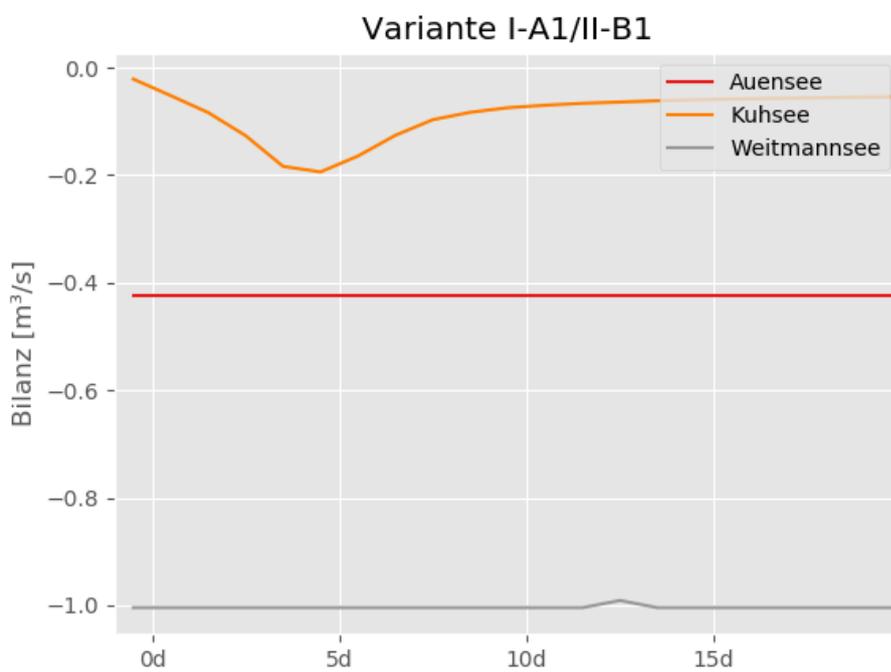
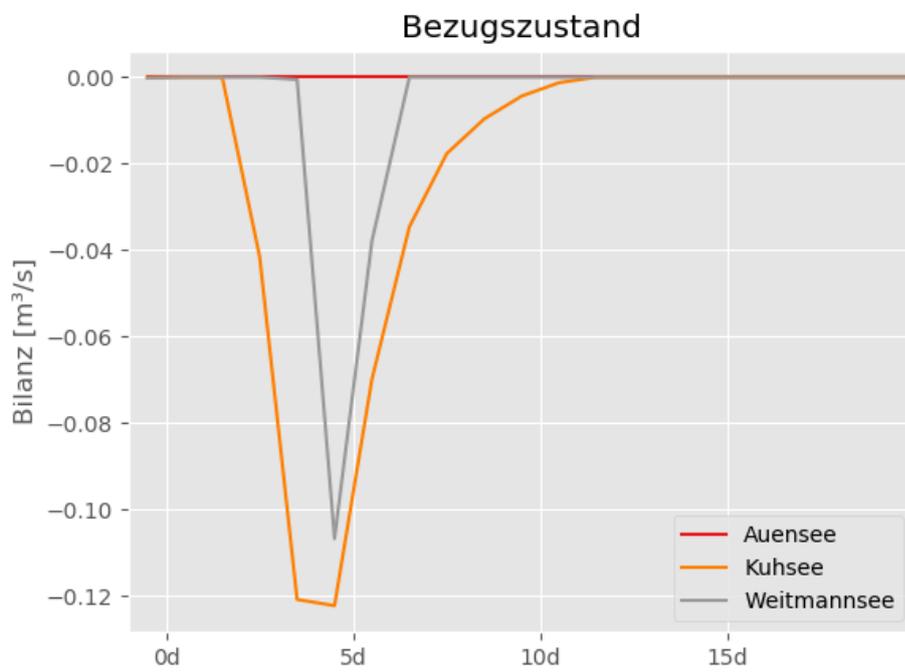


Abbildung 5.9: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A1/II-B1.

5.3 Veränderung von Grundwasserständen

Abbildung 5.10 und Abbildung 5.11 zeigen die Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in beiden Planungsbereichen bei MNW-Verhältnissen. Die Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands fallen noch etwas größer als bei Planungsvariante I-B aus. Dies ist nicht auf die Maßnahmen im Planungsbereich II zurückzuführen, sondern auf die Wirkung der Maßnahmen im Planungsbereich I (siehe Kapitel 5.2: Bilanz im Innenstadtbereich bei MNW-Verhältnissen).

Abbildung 5.12 zeigt die Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände bei mittleren Verhältnissen der Planungsvariante I-A1/II-B1 im Vergleich zum Bezugszustand. In Randbereichen der Stadtteile Hochzoll, Haunstetten und Kernstadt Augsburg werden die Grundwasserstände um maximal 6 cm erhöht (Farbklasse 5-10 cm). Im Planungsbereich II kommt es zu keinen Veränderungen des Grundwasserstands (ohne Darstellung).

Im Hochwasser-Fall (Abbildung 5.13) sind innerhalb der Bebauung kaum Aufhöhungen des Grundwasserstands zu erkennen (ausgenommen ein Bereich innerhalb der Kernstadt Augsburg). Im Planungsbereich II kommt es zu keinen Veränderungen des Grundwasserstands (ohne Darstellung).

Tabelle 5.5 zeigt die Größe der Flächen mit Aufhöhungen und Absenkungen des Grundwasserstands im Gesamtgebiet und in den Siedlungsgebieten. Im Gesamtgebiet ist bei MW- und MNW-Verhältnissen die Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands größer als die Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands. Im HW-Fall kehrt sich dieses Verhältnis im Gesamtgebiet um. Im Vergleich zur Planungsvariante I-B fallen alle Flächen größer aus, d.h. die Planungsvariante I-A1/II-B1 besitzt einen größeren Wirkraum. Innerhalb von Siedlungsgebieten dominieren bei MW- und HW-Verhältnissen Absenkungen des Grundwasserstands. Auf kleineren Flächen kommt es auch während MW-Verhältnissen (0,85 km²) zu einer Aufhöhung des Grundwasserstands. Bei HW-Verhältnissen ist eine Fläche von 0,07 km² von Aufhöhungen betroffen (Bereich Kernstadt).

Beispielhafte Ganglinien des Grundwasserstands von Bezugs- und Planungszustand in der HW-Phase können Abbildung 5.14 bis Abbildung 5.22 entnommen werden.

Tabelle 5.5: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-A1/II-B1

Grundwasser-Verhältnisse	Gesamtfläche			Siedlungsgebiete		
	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]
MNW-Verhältnisse	64.91	0.8	65.71	17.35	0.00	17.35
MW-Verhältnisse	21.88	9.38	31.26	0.85	2.64	3.49
HW-Verhältnisse	11	17.64	28.64	0.07	2.70	2.77

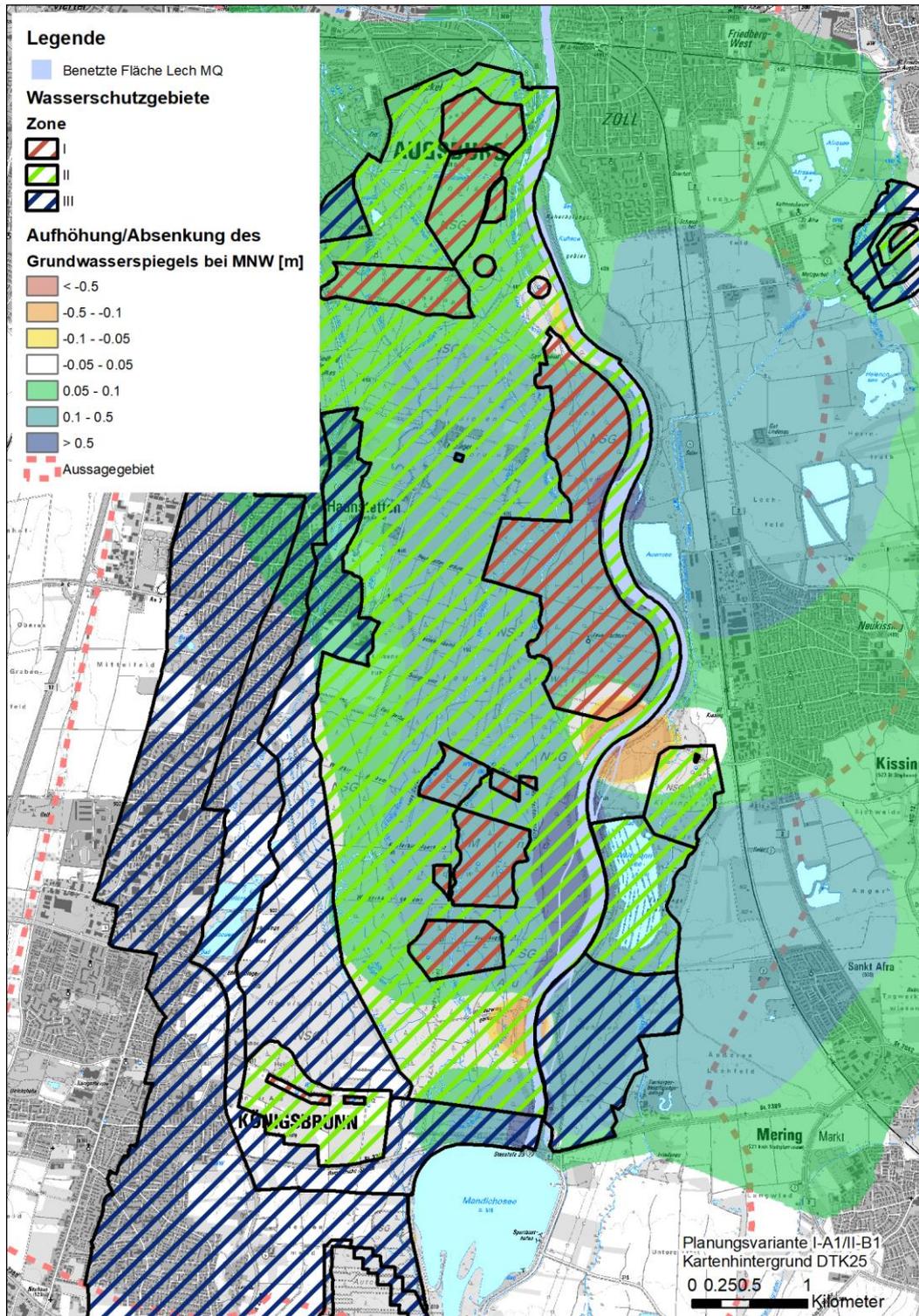


Abbildung 5.10: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen

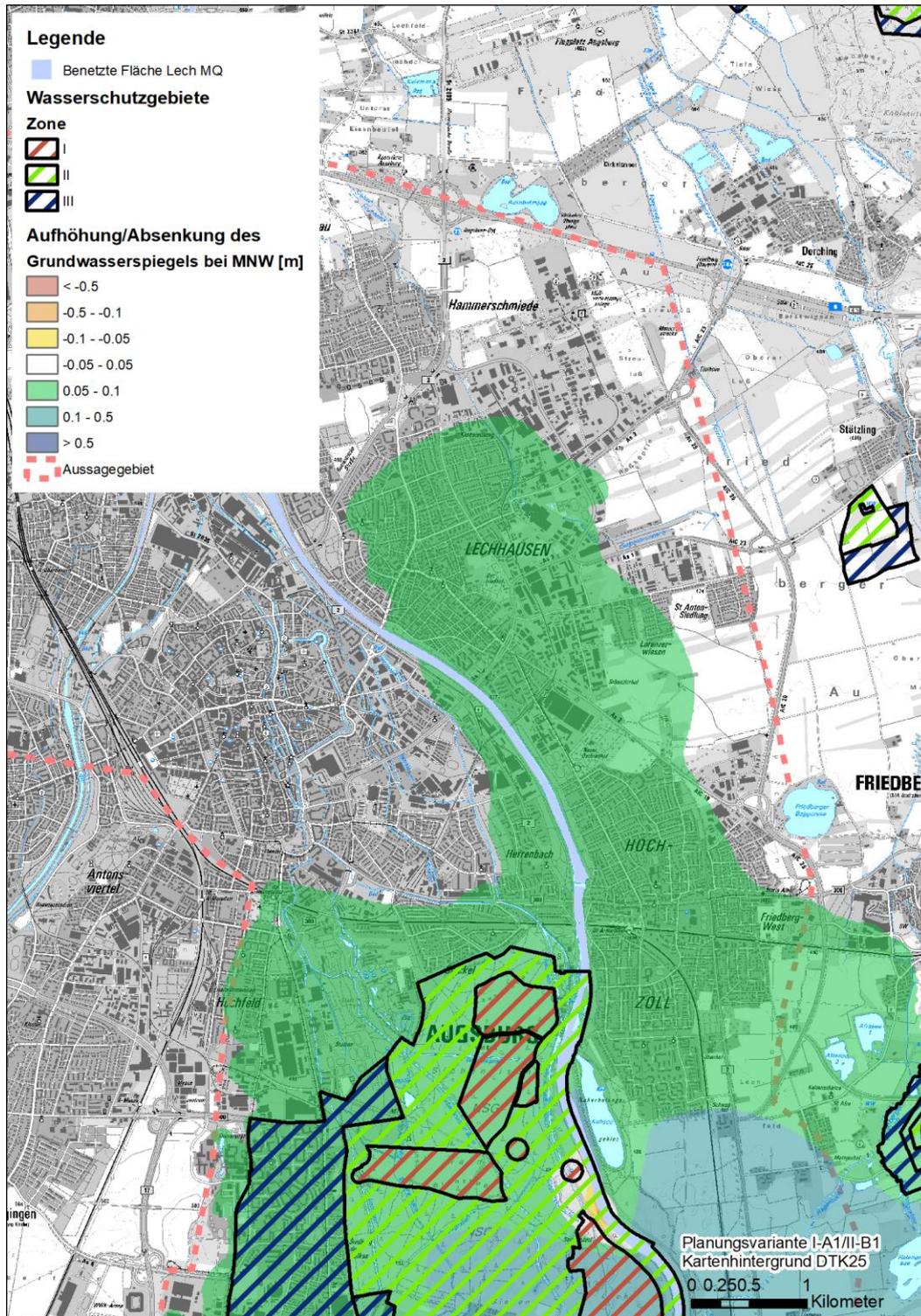


Abbildung 5.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen

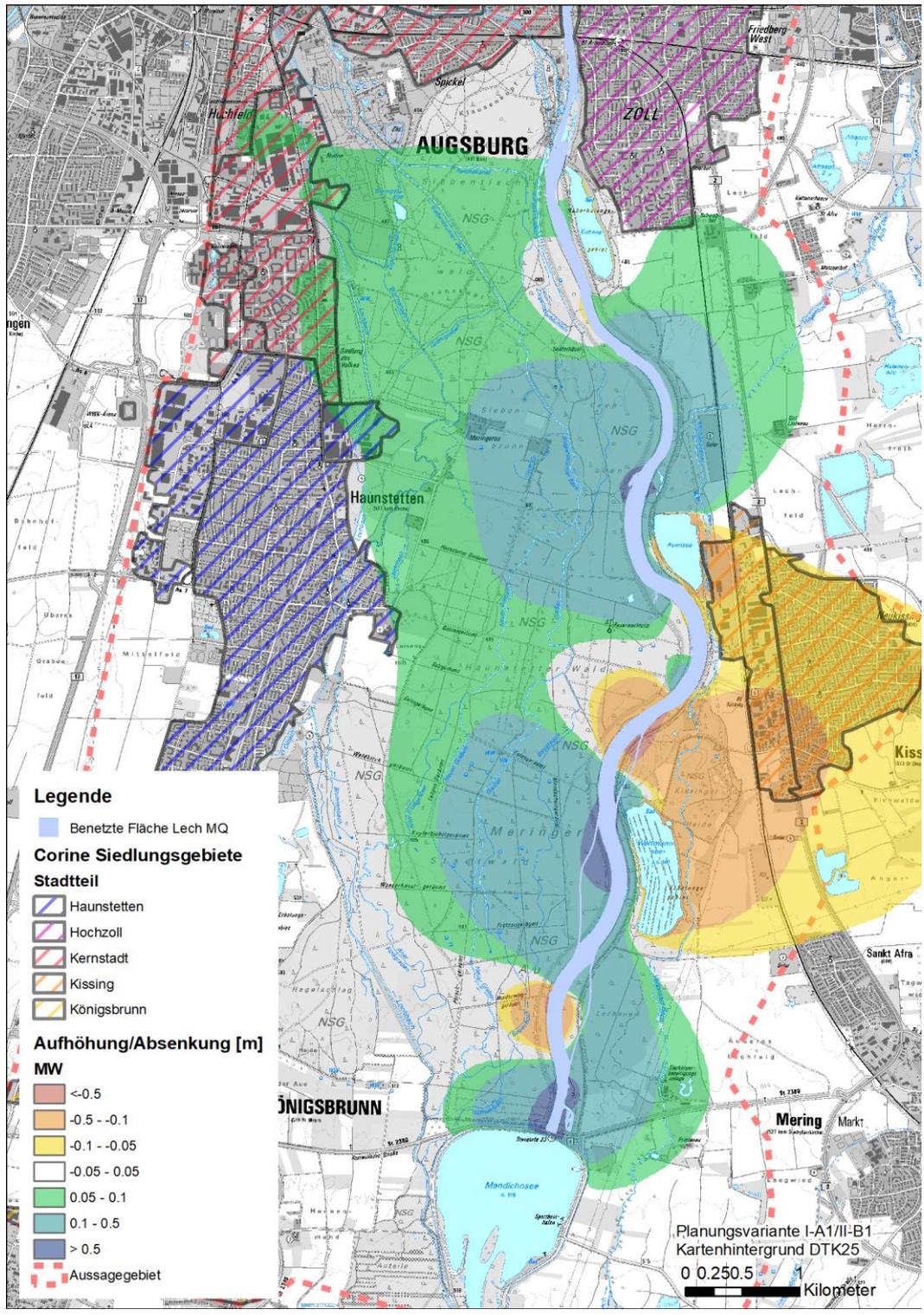


Abbildung 5.12: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) im MW-Fall

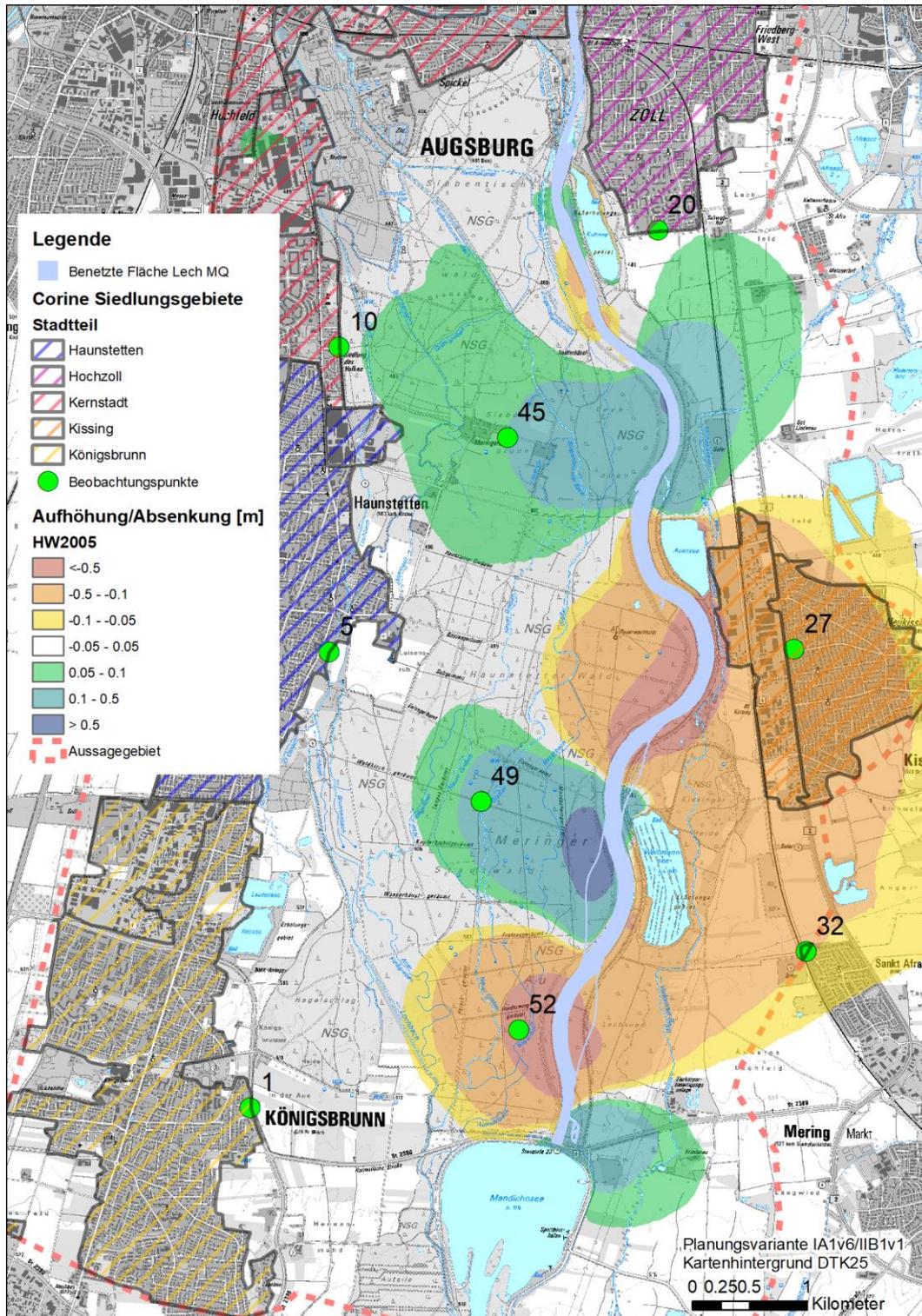


Abbildung 5.13: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 (Planungsbereich I) im HW-Fall

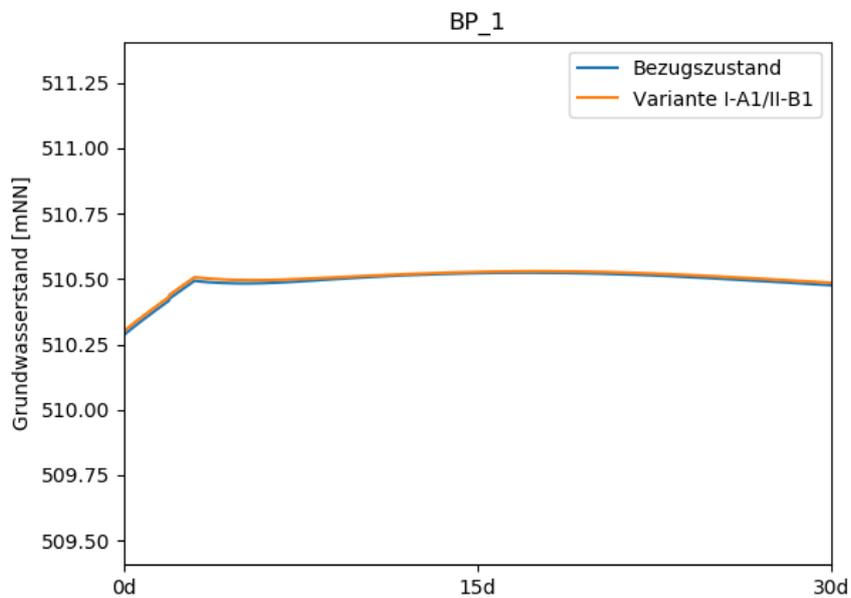


Abbildung 5.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

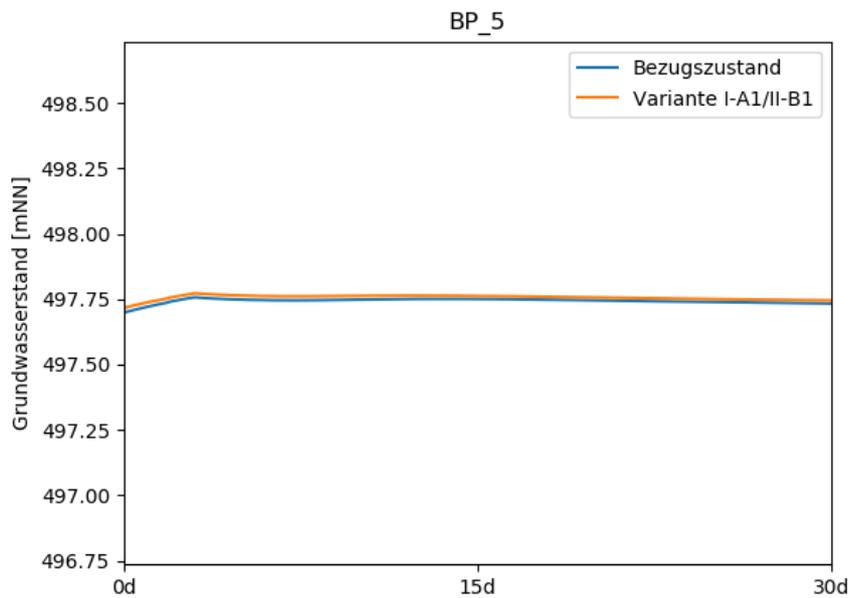


Abbildung 5.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

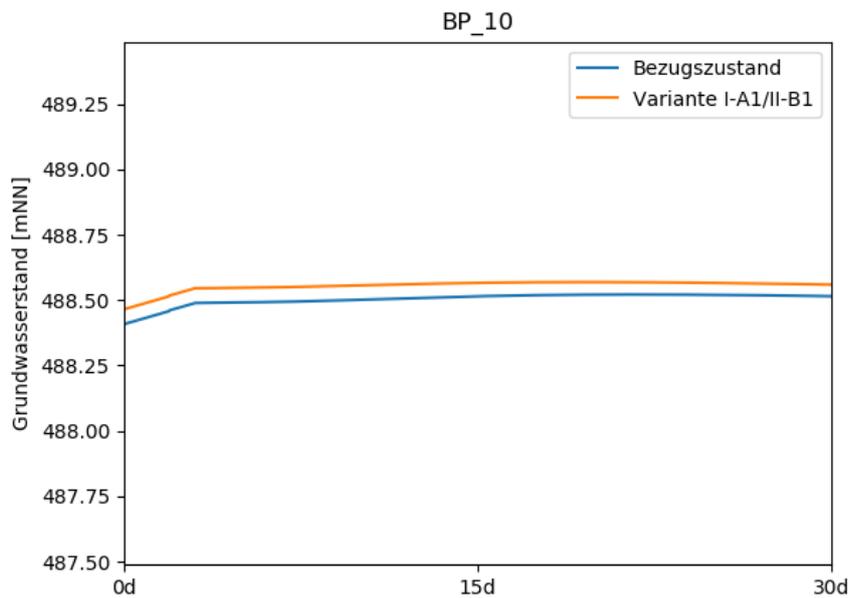


Abbildung 5.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

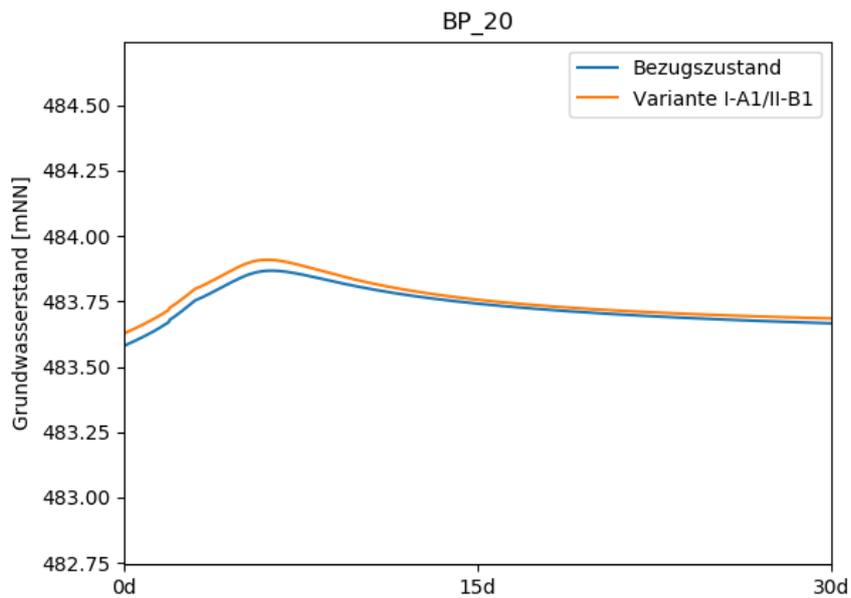


Abbildung 5.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

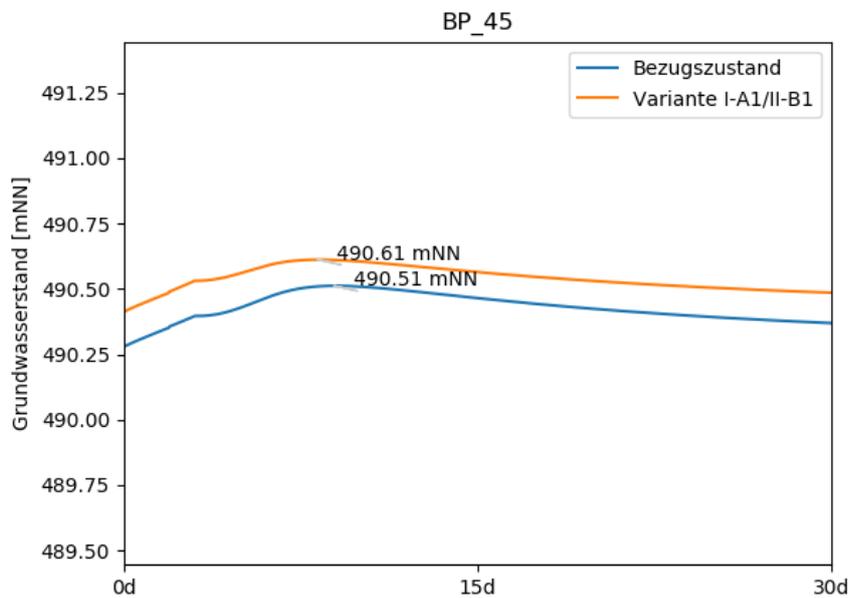


Abbildung 5.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

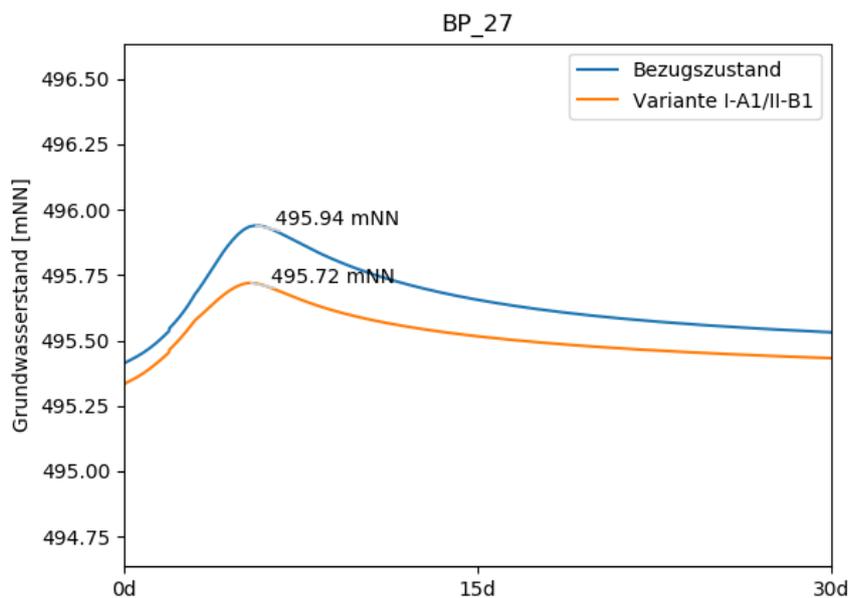


Abbildung 5.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

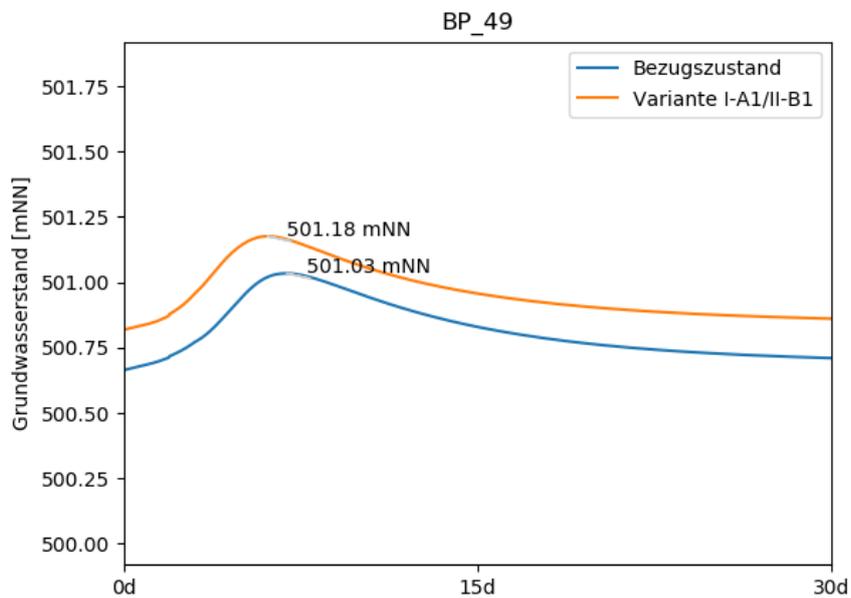


Abbildung 5.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

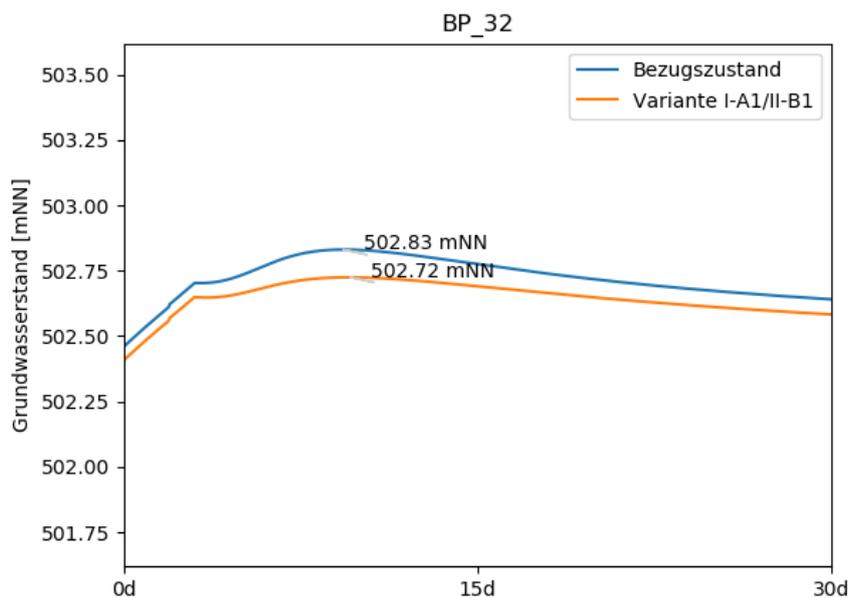


Abbildung 5.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

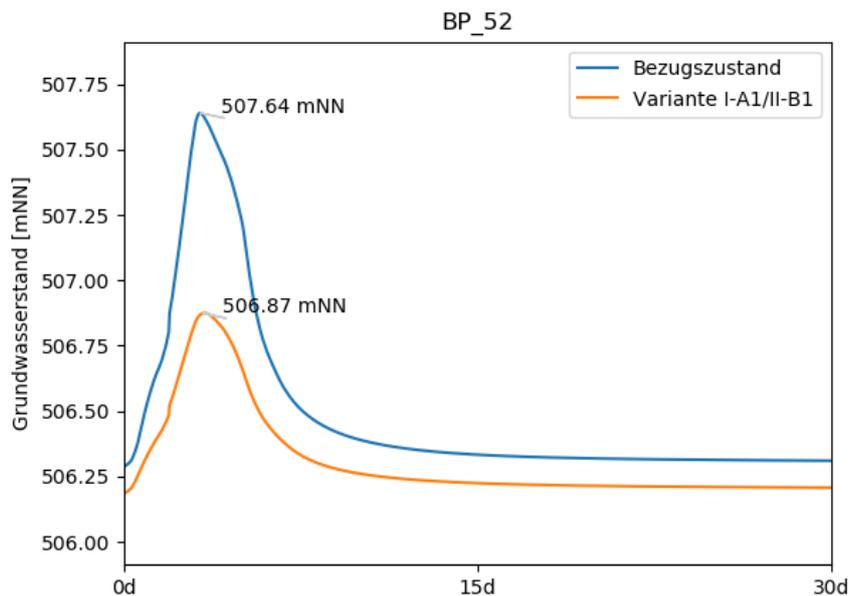


Abbildung 5.22: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A1/II-B1)

5.4 Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen

Abbildung 5.23 und Abbildung 5.24 zeigen die Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW- und HW-Verhältnissen im Planungsbereich I. Im Vergleich zum Bezugszustand nehmen die Grundwasserflurabstände in Lechnähe insbesondere durch den Vorlandabtrag deutlich ab. In Bereichen mit Absenkungen des Grundwasserstands treten auch Erhöhungen des Grundwasserflurabstands auf (z.B. bei MW- und HW-Verhältnissen im Bereich um Kissing).

Im Planungsbereich II entsprechen bei MW- und HW-Verhältnissen die Grundwasserflurabstände nahezu dem Bezugszustand.

Tabelle 5.6 gibt einen Überblick über die mittleren Grundwasserflurabstände im Planungsbereich I. Im Vergleich zum Bezugszustand nehmen diese überwiegend ab, Zunahmen des Grundwasserflurabstands treten bei HW-Verhältnissen in den Bereich I/1, I/4 und I/5 auf.

Tabelle 5.6: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-A1/II-B1

Teilbereich Planungsbereich I	Grundwasser-Flurabstand (gemittelt über Teilbereich) [m]			
	Bezugszustand		I-A1/II-B1	
	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse
I/1	2.68	0.25	2.28	0.63
I/2	2.53	0.88	1.85	0.68
I/3	1.94	0.50	1.36	0.01
I/4	1.91	0.11	1.66	0.17
I/5	1.98	0.17	1.51	0.35
I/6	1.92	0.31	1.38	0.29
I/7	2.53	1.55	1.69	0.73
Mittelwert	2.21	0.54	1.68	0.41

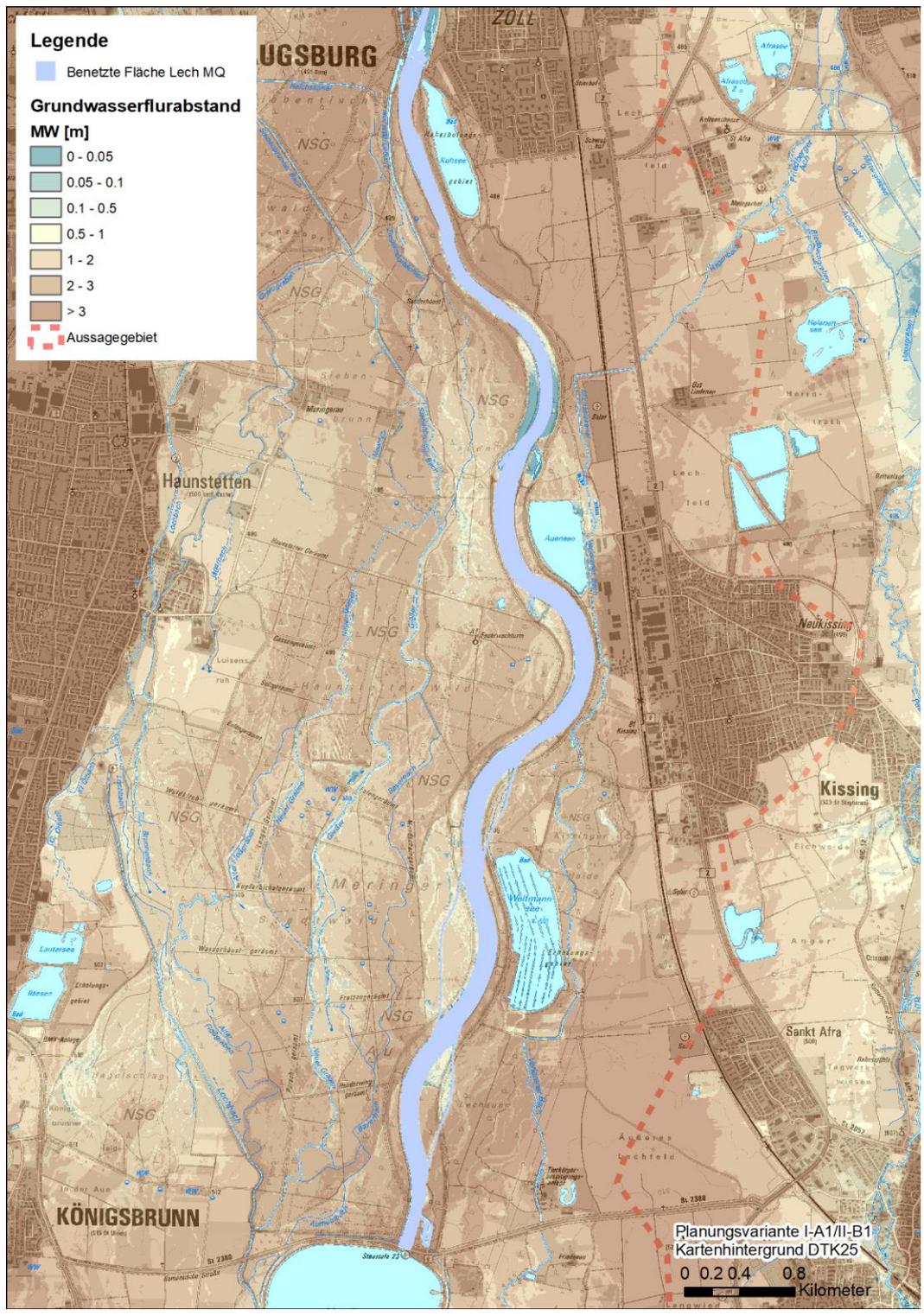


Abbildung 5.23: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I

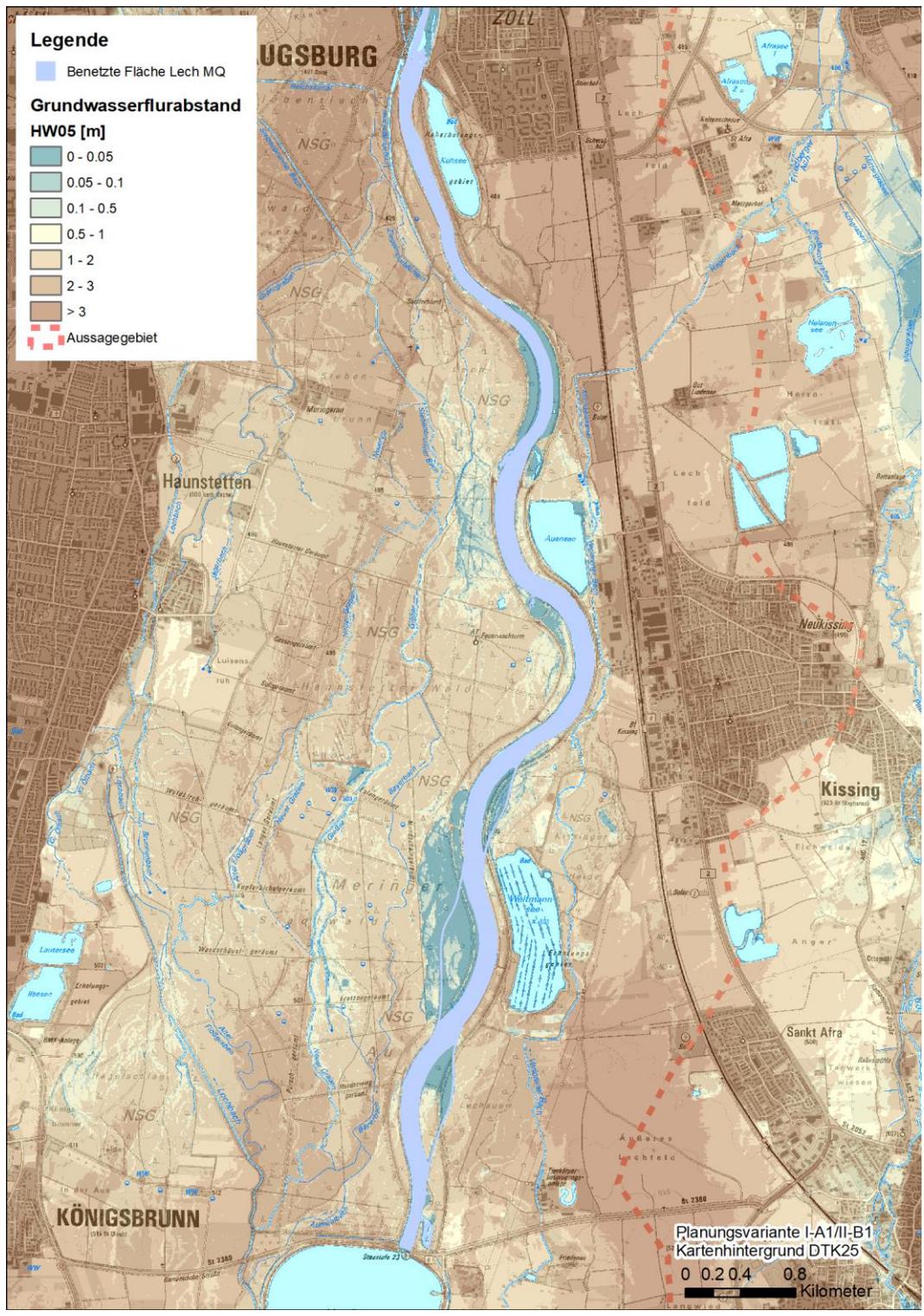


Abbildung 5.24: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I

5.5 Zusammenfassung der Planungsvarianten I-A1/II-B1

Die Auswertungen mit dem numerischen Grundwassermodell zeigen, dass durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter und damit auch die Grundwasserstände, der Grundwasserdynamik sowie der Grundwasserfließverhältnisse im Planungsraum verändert werden.

Wie Planungsvariante I-B führt die Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW-Verhältnissen zu einer Erhöhung der Netto-Infiltration aus dem Lech im Planungsbereich I. Ohne Kompensation durch Entnahmen aus den lechnahen Seen, würde dies zu einer deutlichen Erhöhung der Grundwasserstände führen. Durch gezielte Wasserspiegel-Fixierungen der Seen kann diese Erhöhung der Grundwasserstände ausgeglichen werden.

Bei HW-Verhältnissen wird der Austausch Lech-Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gemindert, sodass Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands im HW-Scheitel kleiner werden und sich Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands gegenüber dem Bezugszustand ausdehnen.

Insgesamt sind die Auswirkungen der Planungsvariante I-A1/II-B1 auf den Grundwasserleiter vertretbar:

- Die Aufhöhung der Grundwasserstände insbesondere bei niedrigen Grundwasserständen stellt eine Verbesserung des Grundwasservorrats dar. Trinkwasserschutzgebiete zwischen Staustufe 23 und Hochablass profitieren von dem verbesserten Vorrat.
- In Siedlungsgebieten kommt es bei Mittelwasser (Hochzoll, Kernstadt, Haunstetten) und Hochwasser (Kernstadt) teilweise zu geringen Aufhöhungen des Grundwasserstands. Kissing profitiert von Absenkungen des Grundwasserstands bei HW-Verhältnissen.
- Die Grundwasserflurabstände nehmen im Planungsbereich I in Lechnähe bei MW- und HW-Verhältnissen in fast allen Teilbereichen ab.
- Grundwasserstände im Planungsbereich II sind durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW- und HW-Verhältnissen unbeeinflusst. Bei MNW-Verhältnissen kommt es zu einer geringen Erhöhung der Grundwasserstände bis ca. Fkm 43.

Die abschließende Bewertung der Planungsvariante I-A1/II-B1 erfolgt im Rahmen der Anlage zur Variantenbewertung (Anlage 3).

6 Untersuchung der Planungsvariante I-A2/II-B3

6.1 Modellaufbau

Abbildung 6.1 zeigt die Planungsvariante I-A2/II-B3 im Lageplan. Im Vergleich zur Planungsvariante I-A1/II-B1 weist die Planungsvariante im Planungsbereich I bei Fkm 52 ein Nebengewässer sowie unterstrom von Fkm 50,4 eine etwas größere Sekundäraue auf. Im Planungsbereich II ist neben den Anpassungen aus Planungsvariante I-B1 (Sohlanhebung und Rampe) eine Aufweitung an der Flussmeisterstelle vorgesehen.

Abbildung 6.3 zeigt einen Querschnitt durchs Grundwassermodell bei Fkm 52.

Abbildung 6.4 und Abbildung 6.5 zeigen die Sohlagen und berechneten Wasserspiegel aus dem Hydraulik-Modell für MNQ, MQ und HQ100 für den Bezugzustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3 in beiden Planungsbereichen. Details zu den Sohl- und Wasserspiegellagen sind dem Erläuterungsbericht „Licca liber – weiterführende Untersuchungen“ sowie Anlage 4.2 zu entnehmen.

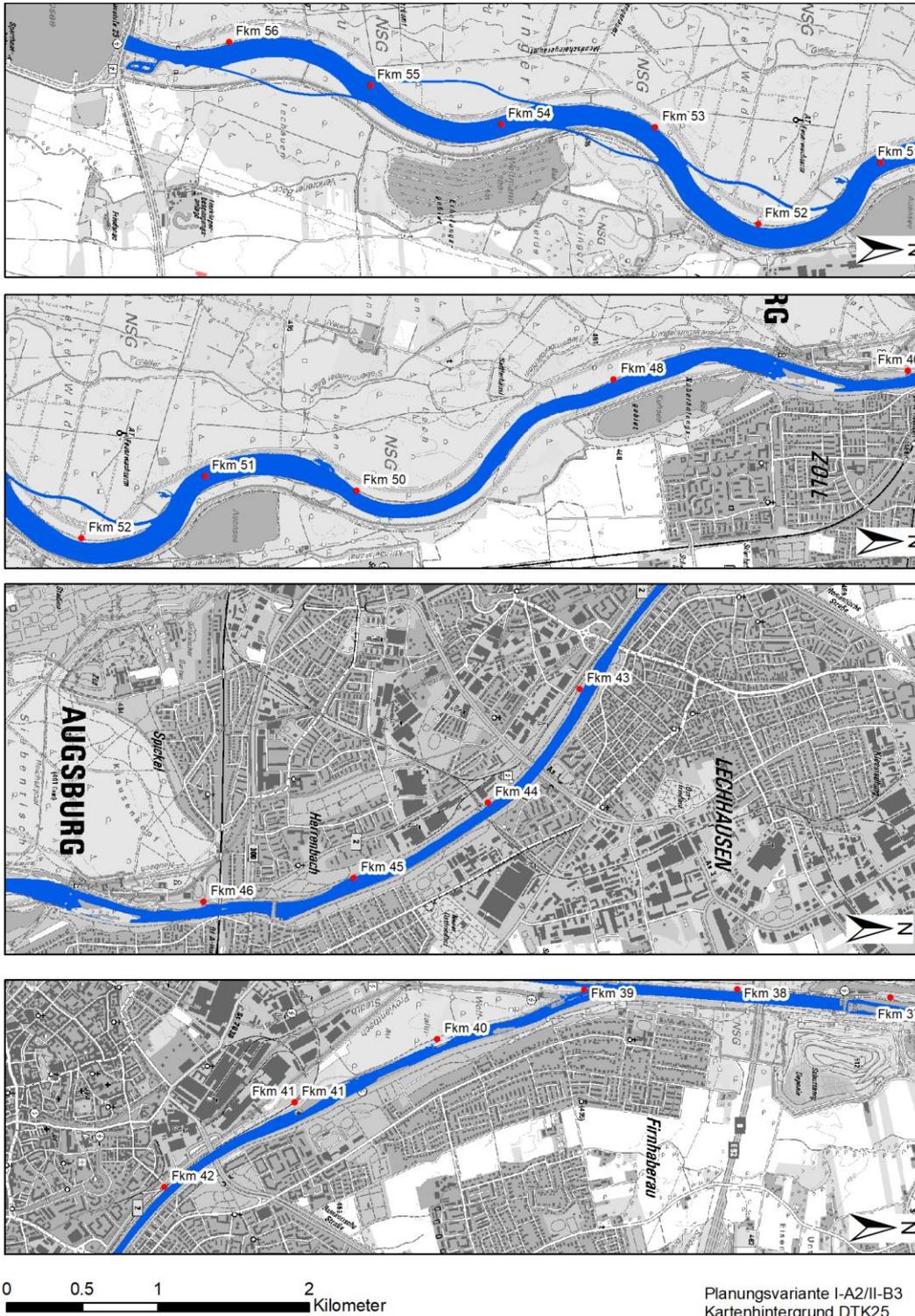


Abbildung 6.1: Lageplan der Planungsvariante I-A2/II-B3

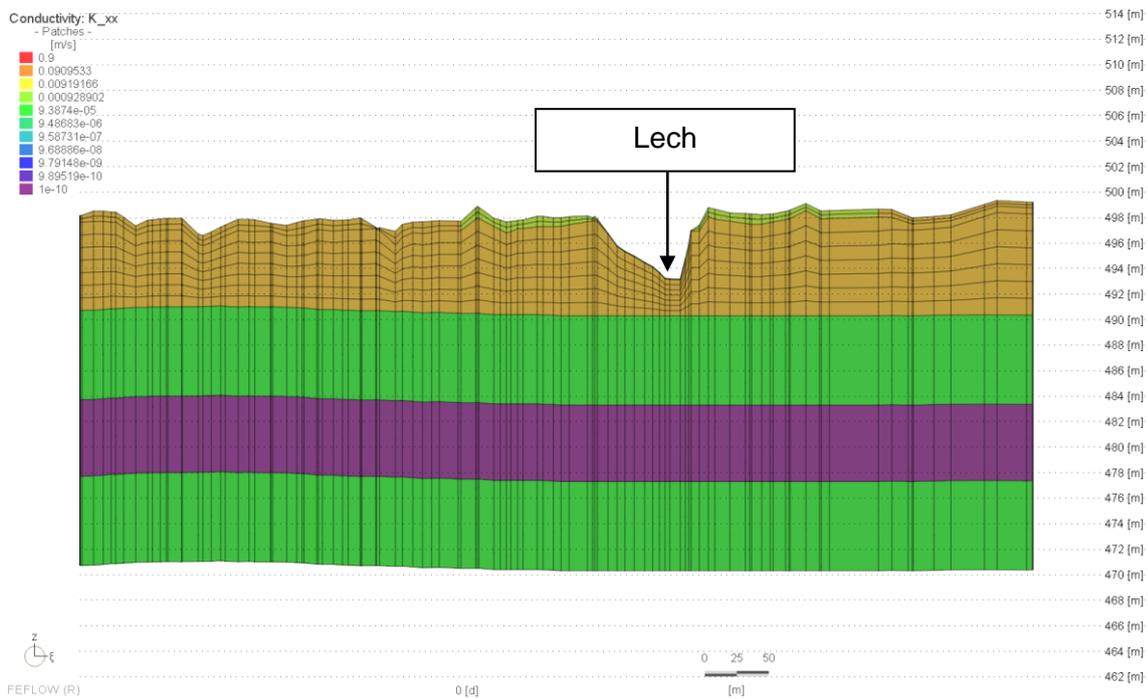


Abbildung 6.2: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 (Bezugszustand)

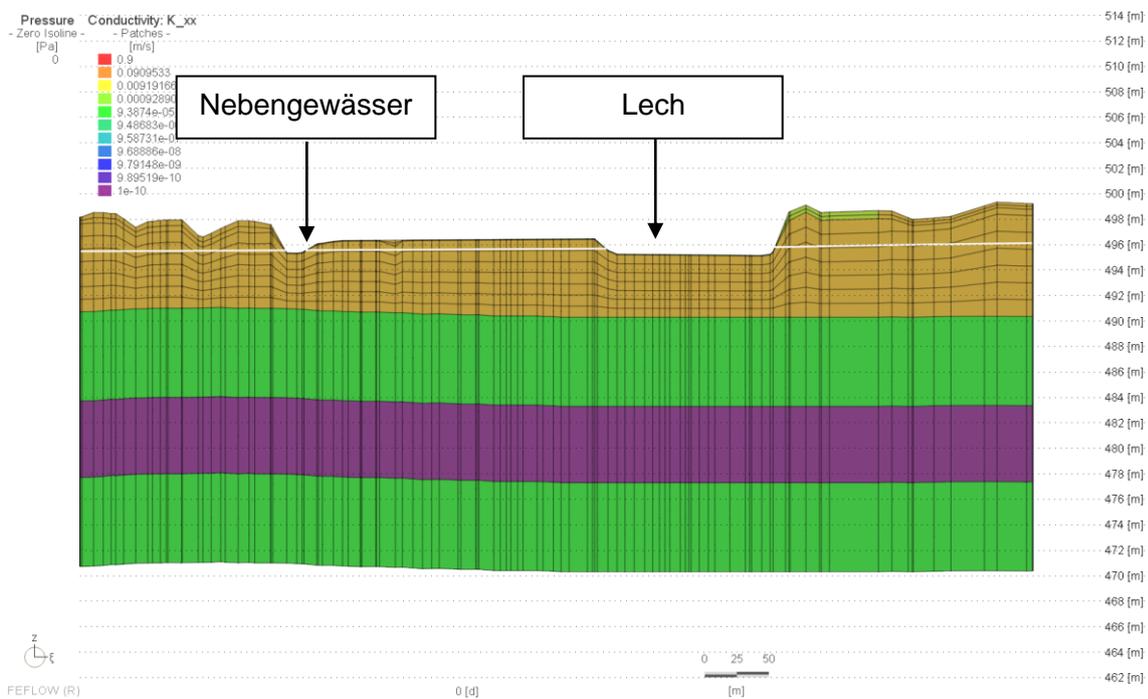


Abbildung 6.3: Querschnitt durch das Grundwassermodell Licca liber bei Fkm 52 (Planungsvariante I-A2/II-B3)

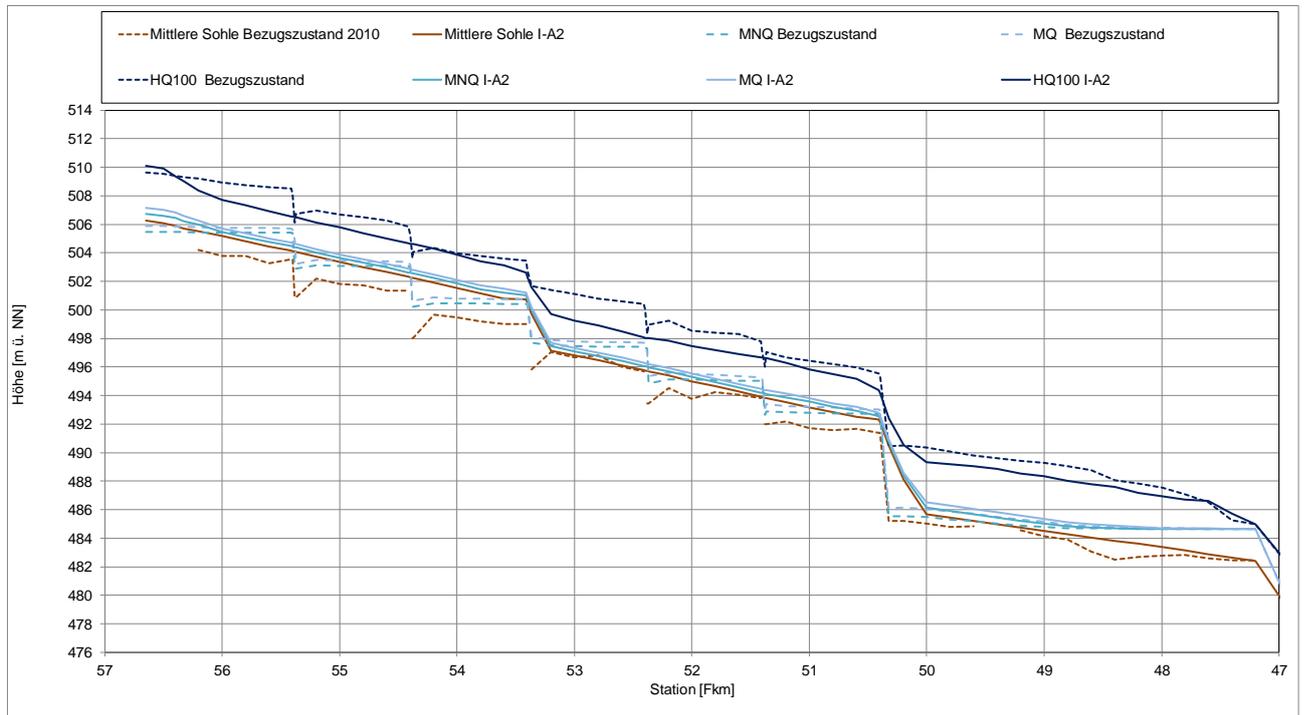


Abbildung 6.4: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-A2

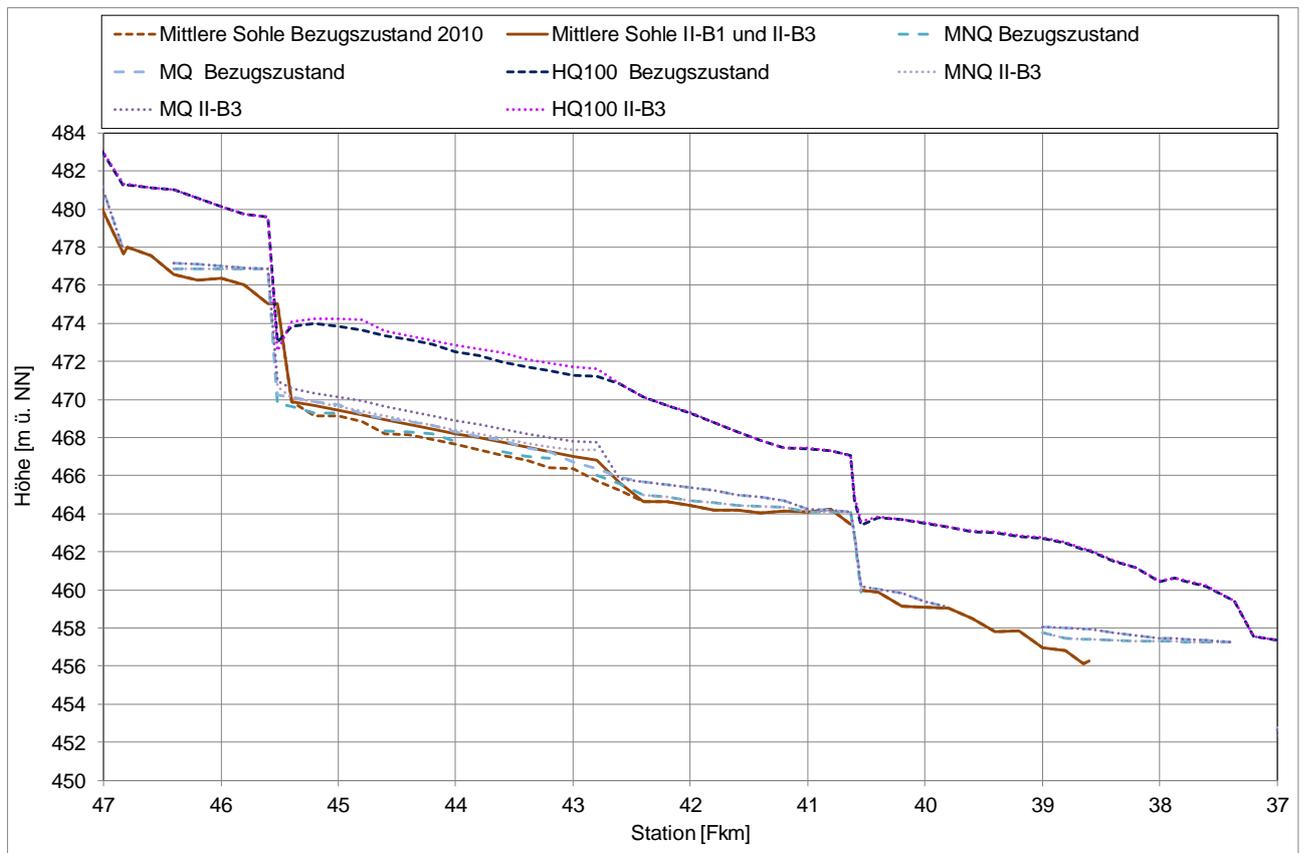


Abbildung 6.5: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante II-B3

6.2 Auswertungen zur Wasserbilanz

6.2.1 Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2 zeigen die Bilanzen der Planungsvariante I-A2/II-B3 bei MW- und MNW Verhältnissen im Planungsbereich I. Die Bilanz ist aufgrund der großen planerischen Ähnlichkeit weitgehend identisch mit der Planungsvariante I-A1. Im Planungsbereich I/4 und I/5 ergeben sich kleinere Unterschiede aufgrund des zusätzlich berücksichtigten Nebengewässers. Die Vorlandabsenkung im Abschnitt I/7 beeinflusst den Austausch mit dem Grundwasserleiter bei MW- und MNW-Verhältnissen dagegen nicht.

Im Planungsbereich II verändert sich die Bilanz im Vergleich zum Bezugszustand bei MW um wenige l/s. Bei MNW-Verhältnissen sind die Bilanzen im Planungsbereich II weitgehend identisch.

An den Gewässern im Stadtwald bzw. am Hagenbach/Verlorenen Bach bleibt bei mittleren Verhältnissen der Austausch mit dem Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gleich. Bei niedrigen Verhältnissen nimmt die Menge infiltrierten Wassers an Bächen im Stadtwald und am Verlorenen Bach/Hagenbach um jeweils etwa 30 l/s ab. Der Gesamtaustausch der Gewässer im Stadtwald bei niedrigen Verhältnissen beträgt im Bezugszustand über 1 m³/s. Am Verlorenen Bach/Hagenbach beträgt der Gesamtaustausch etwa 0,5 m³/s.

Tabelle 6.1: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A2/II-B3)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.68
Variante I-A2/II-B3	0.49	-0.50	0.33	0.66	-0.36	-0.78	0.00	0.43	-1.23	-1.00	-0.42	-0.04	-1.46	-2.55

Tabelle 6.2: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A2/II-B3)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.93	-0.15	-0.30	-0.47	-0.68	-0.28	-0.25	-0.14	-1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.82
Variante I-A2/II-B3	0.21	-0.59	0.25	0.55	-0.54	-0.81	-0.07	0.34	-1.26	-0.71	-0.27	-0.01	-0.99	-2.58

Tabelle 6.3: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-A2/II-B3)

FKM	47.0 - 37.3								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt	Planungsbereich							Schleifen- straße	Prinzstraße	Reichenb.- straße	Abwasser- kanäle
Modell		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
Bezugszustand	-0.71	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.33
Variante I-A2/II-B3	-0.73	-0.13	-0.16	-0.04	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.34

Tabelle 6.4: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich II für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-A2/II-B3)

FKM	47.0 - 37.3								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt	Planungsbereich							Schleifen- straße	Prinzstraße	Reichenb.- straße	Abwasser- kanäle
Modell		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
Bezugszustand	-0.76	-0.13	-0.15	-0.06	-0.02	-0.13	-0.17	-0.11	-0.33	-0.24	-0.05	-0.30
Variante I-A2/II-B3	-0.76	-0.14	-0.15	-0.05	-0.02	-0.13	-0.17	-0.11	-0.34	-0.24	-0.05	-0.32

6.2.2 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Der Austausch des Grundwasserleiters mit dem Lech im Planungsbereich I während HW-Verhältnissen ist in Abbildung 6.6 bis Abbildung 6.8 im Vergleich zum Bezugszustand dargestellt. Die Ganglinien weisen ähnliche Unterschiede zum Bezugszustand wie Planungsvariante I-A1/II-B1 auf. Im Planungsbereich I/5 erhöht sich der Austausch durch das zusätzliche Nebengewässer im Vergleich zur Planungsvariante I-A1/II-B1 etwas (z.B. Erhöhung Infiltration im HW-Scheitel um ca. 0,5 m³/s). Die Vorlandabsenkung im Planungsbereich I/7 wirkt sich im Vergleich zur Planungsvariante I-A1/II-B1 während der HW-Phase nur gering auf den Austausch aus.

Der Austausch Lech-Grundwasser im Planungsbereich II ist wie bei Planungsvariante I-A1/II-B1 nahezu identisch mit dem Bezugszustand (siehe Abbildung 6.8).

Die Bilanz der Seen ist in Abbildung 6.10 dargestellt. Im Bezugszustand werden in der Hochwasser-Spitze bis zu 100 l/s an Kuh- und Weitmannsee entnommen. Im Planungszustand werden die Entnahmen aus Weitmann- und Auensee in der HW-Phase nicht angepasst, d.h. der Wasserspiegel dieser Seen steigt etwas an. Am Kuhsee ist ein fester Wasserspiegel vorgegeben, daher steigt die Entnahme aus dem Kuhsee auf bis zu 200 l/s in der HW-Spitze an.

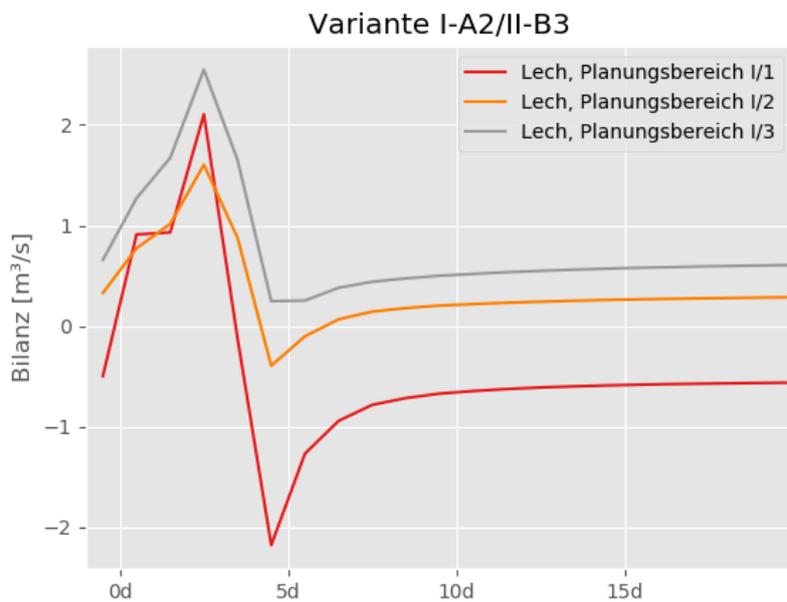
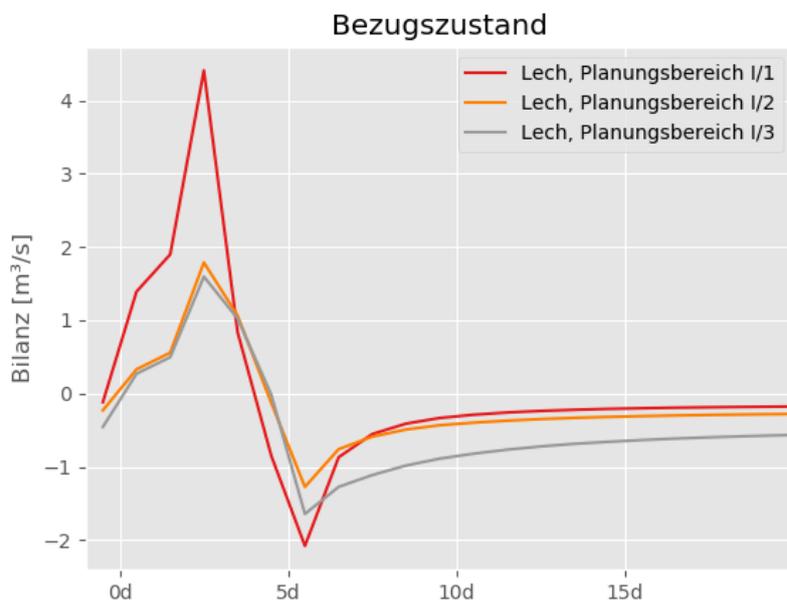


Abbildung 6.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.

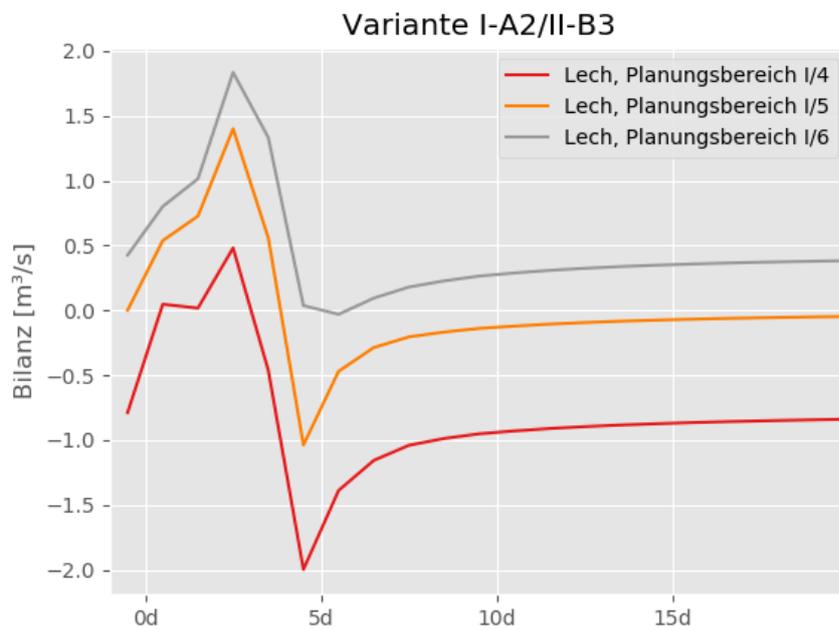
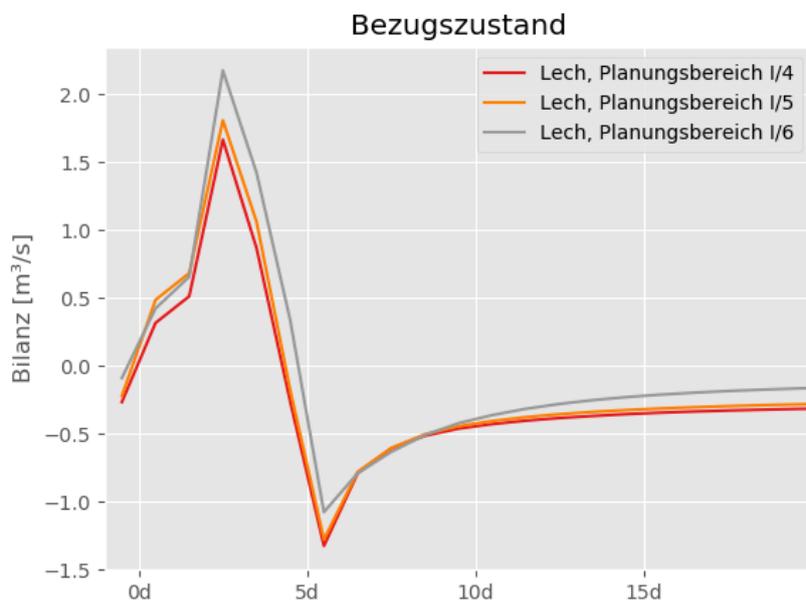


Abbildung 6.7: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.

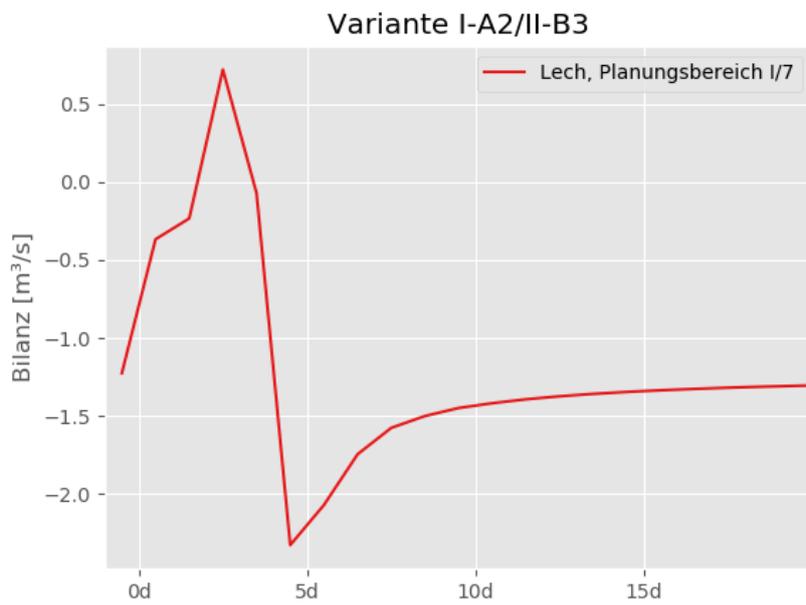
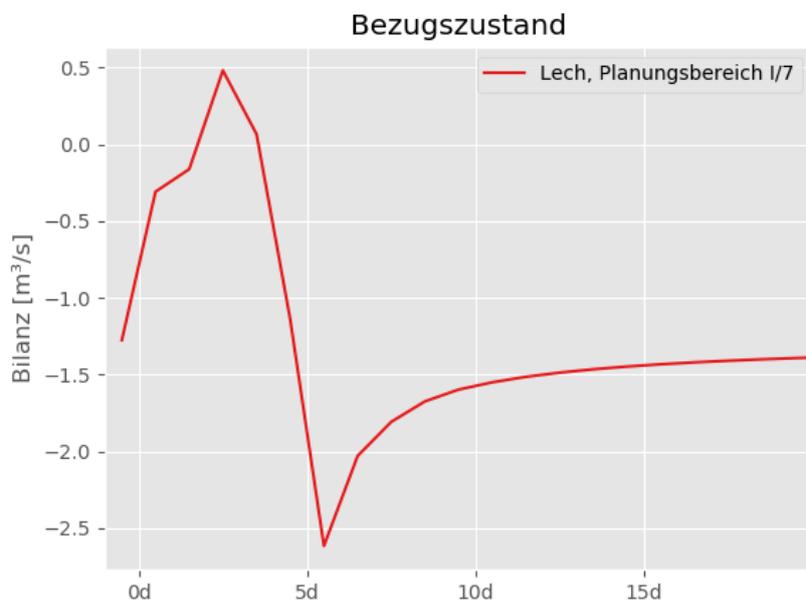


Abbildung 6.8: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.

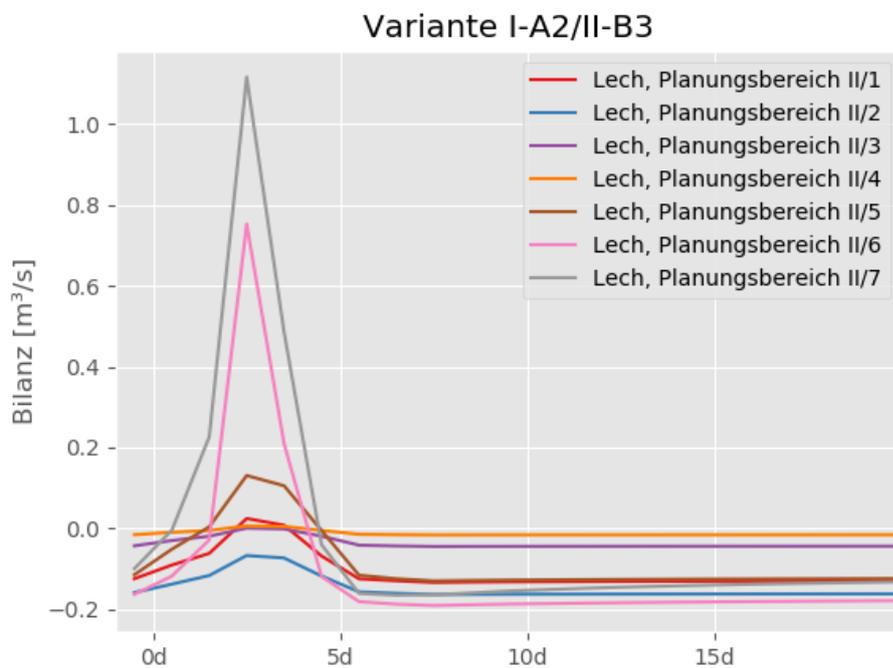
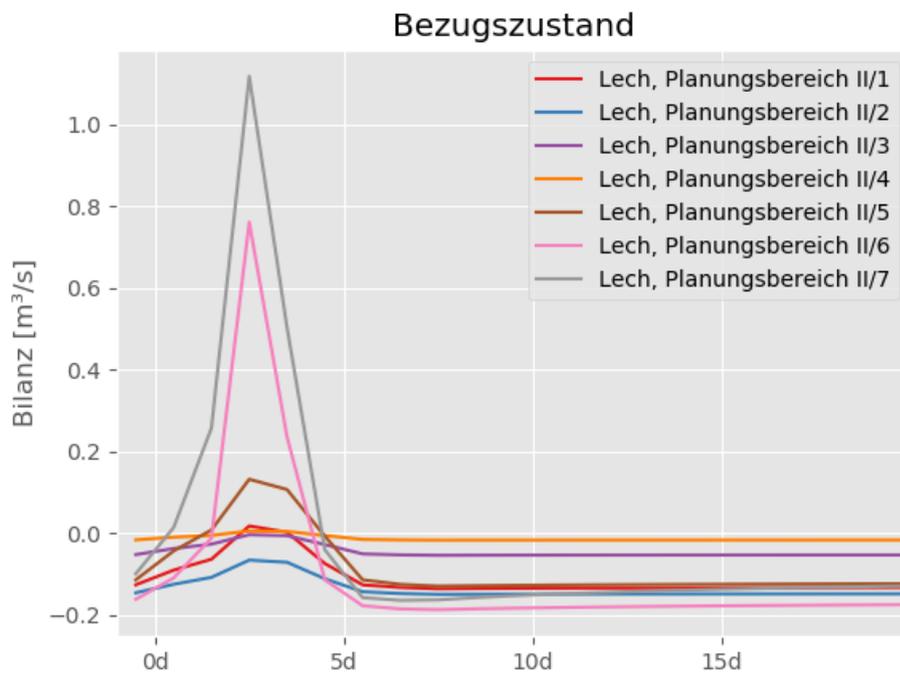


Abbildung 6.9: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.

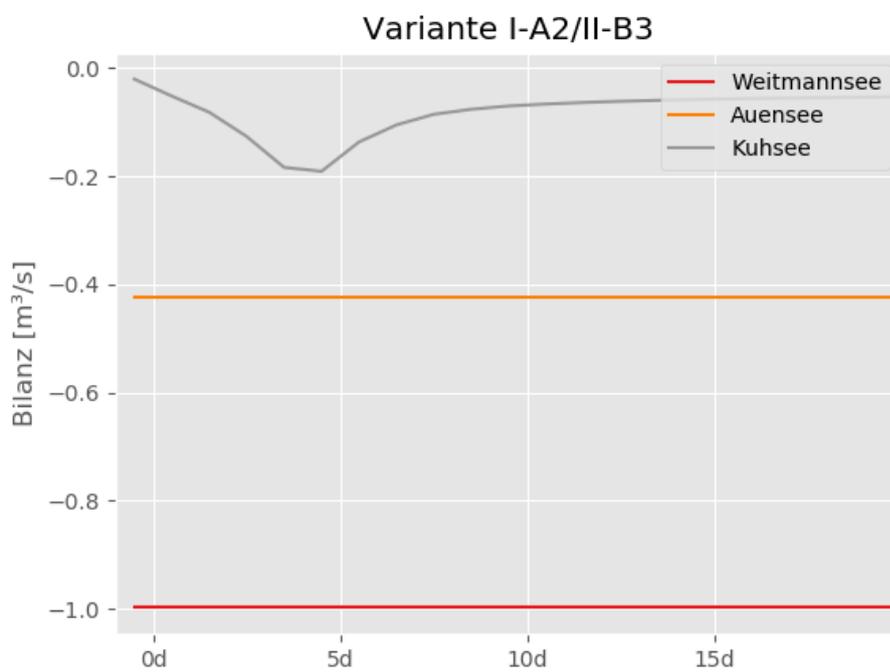
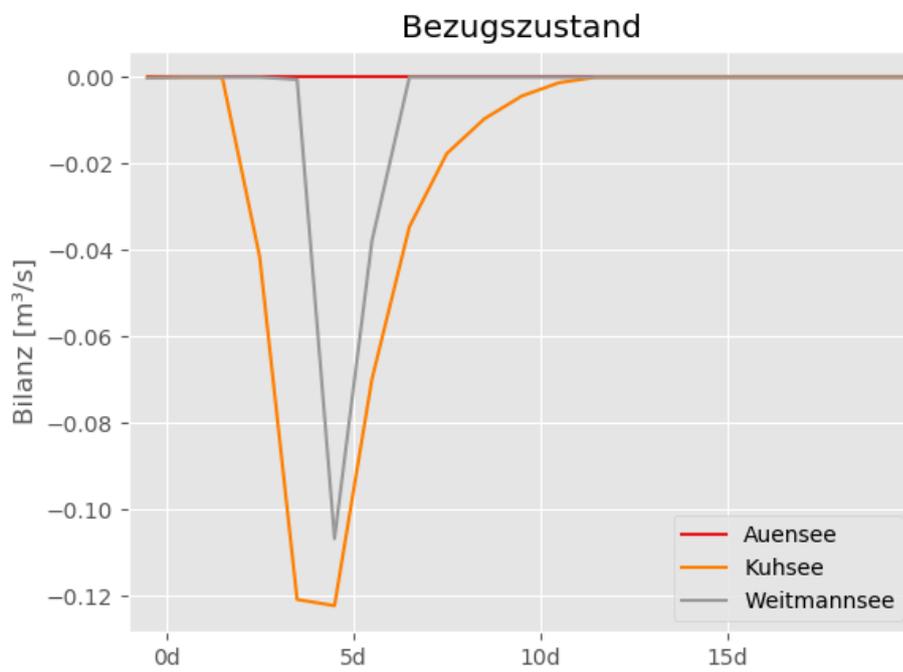


Abbildung 6.10: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-A2/II-B3.

6.3 Veränderung von Grundwasserständen

Abbildung 6.11 und Abbildung 6.12 zeigen die Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-Verhältnissen in beiden Planungsbereichen.

Für mittlere Verhältnisse sind die Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands in Abbildung 6.13 dargestellt. Die Veränderungen beschränken sich auf den Planungsbereich I. Aufhöhungen bis 6 cm erreichen die Siedlungsgebiete Haunstetten, Hochzoll und Augsburg West bei MW-Verhältnissen.

Für HW-Verhältnisse werden die Aufhöhungen/Absenkungen des maximalen Grundwasserstands in Abbildung 6.14 gezeigt. Die Veränderungen beschränken sich auf den Planungsbereich I. Innerhalb der Siedlungsgebiete werden Aufhöhungen des Grundwasserstands vermieden.

Tabelle 6.5 stellt die Größe von Flächen mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands für MNW-, MW- und HW-Verhältnisse differenziert nach Gesamtgebiet und Siedlungsgebiet dar. Die Flächen entsprechen in der Größenordnung etwa den Ergebnissen für Planungsvariante I-A1/II-B1. Im Vergleich zu Planungsvariante I-B ist der Wirkraum der Maßnahmen bei niedrigen und mittleren Grundwasserständen größer.

Beispielhafte Ganglinien des Grundwasserstands während der HW-Phase können Abbildung 6.15 bis Abbildung 6.23 entnommen werden.

Tabelle 6.5: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-A2/II-B3

Grundwasser-Verhältnisse	Gesamtfläche			Siedlungsgebiete		
	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]
MNW-Verhältnisse	62.89	0.88	63.77	16.31	0.00	16.31
MW-Verhältnisse	20.81	10.48	31.29	0.50	2.65	3.15
HW-Verhältnisse	8.51	18.56	27.07	0.00	2.69	2.69

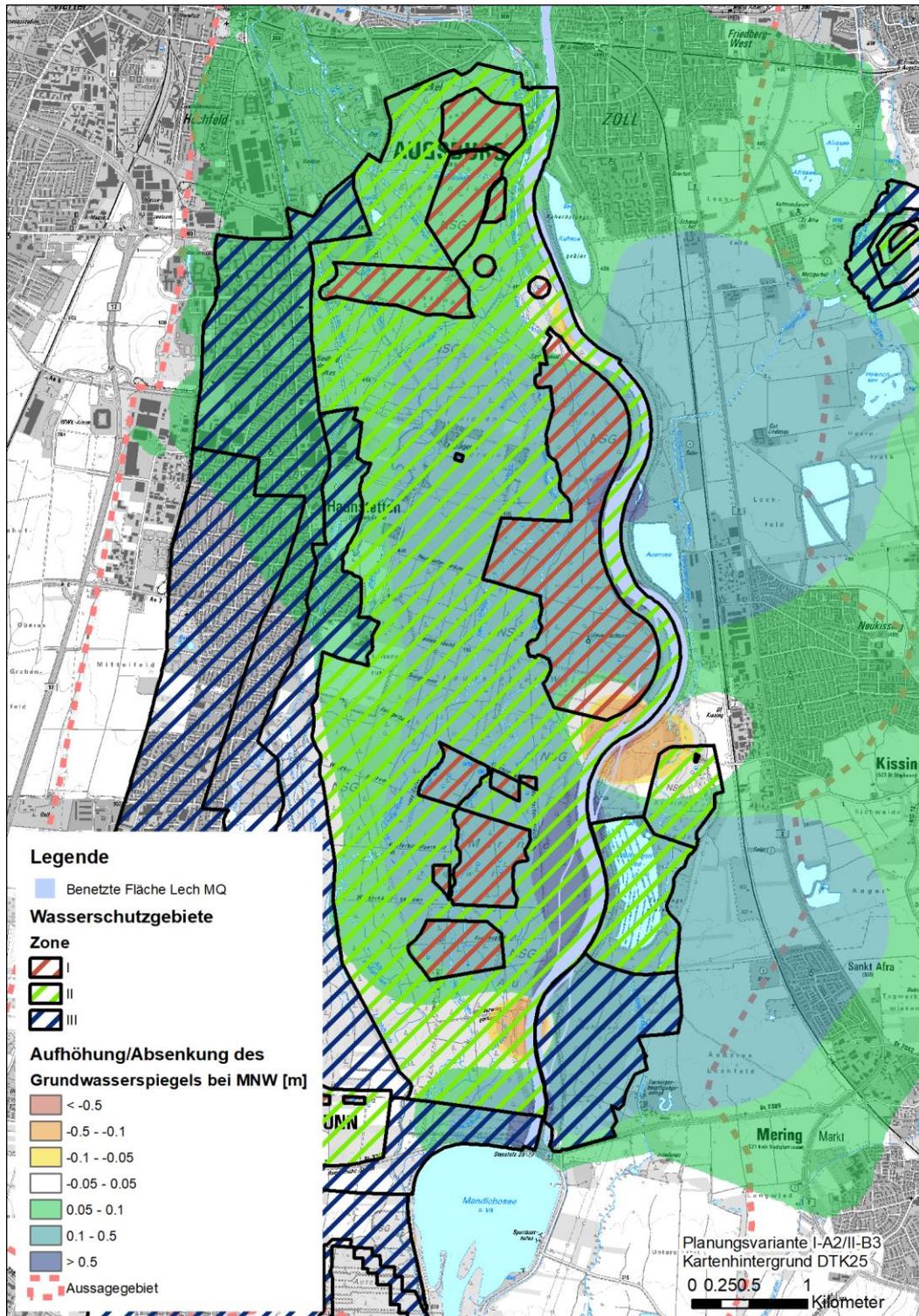


Abbildung 6.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen

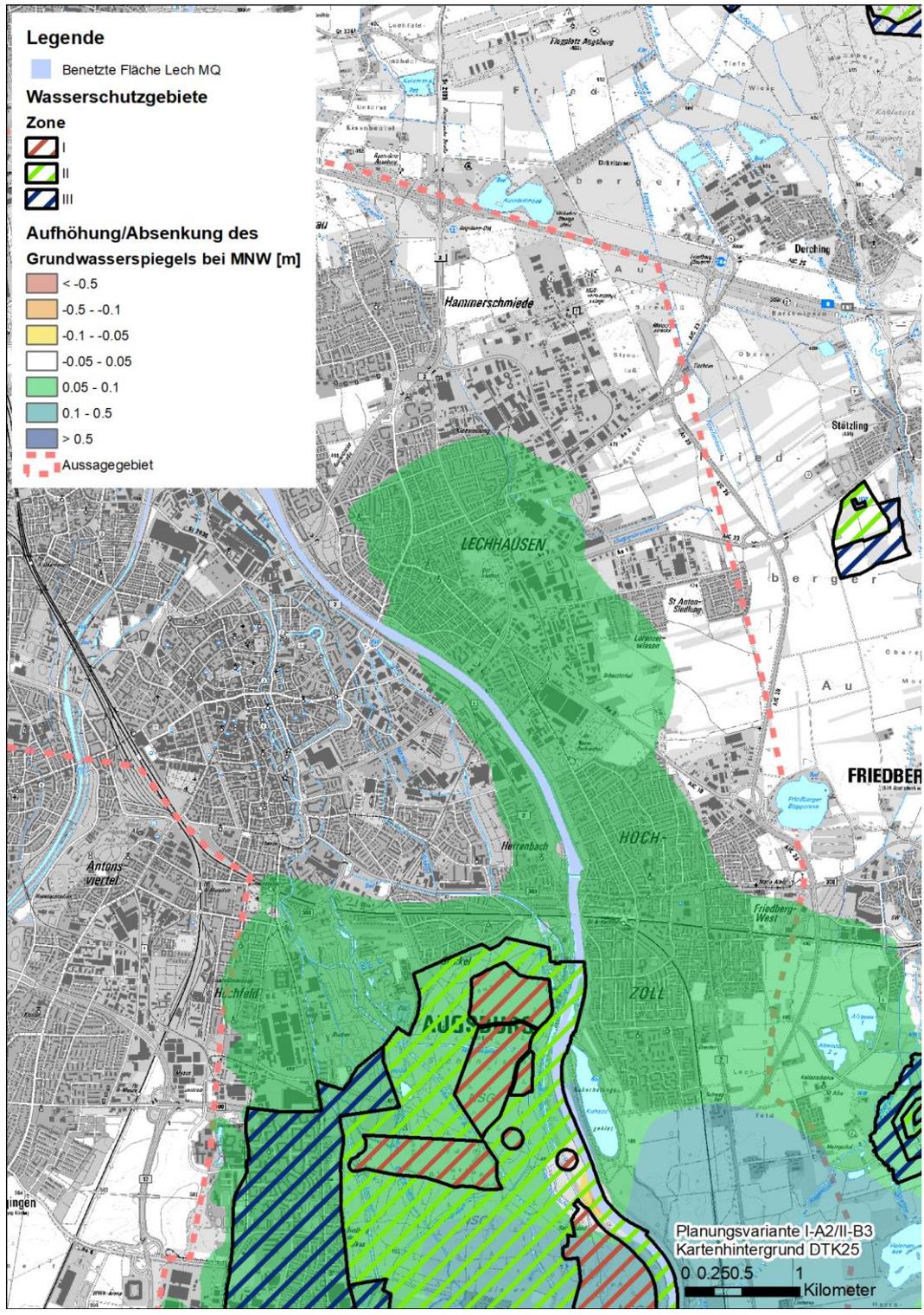


Abbildung 6.12: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen

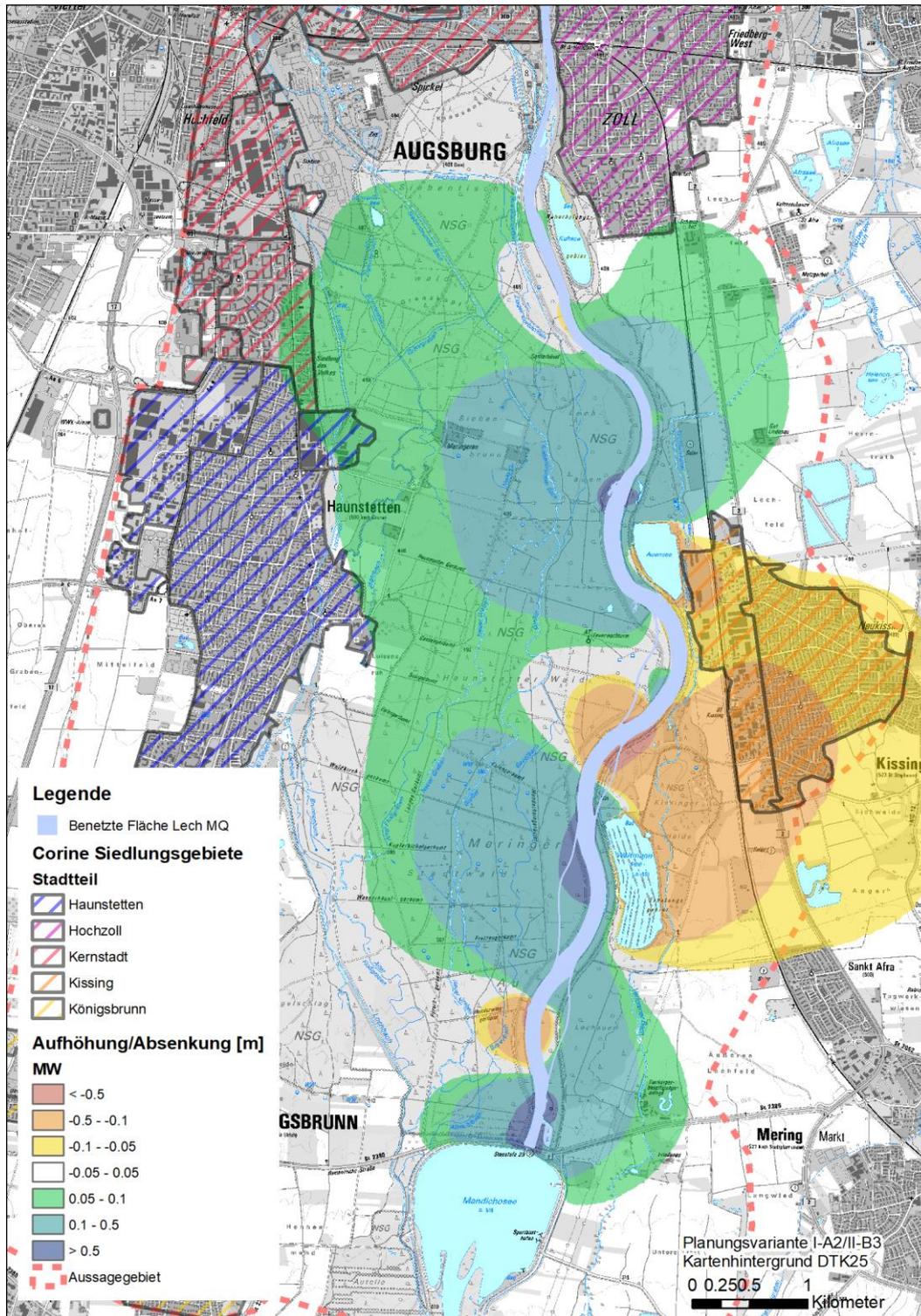


Abbildung 6.13: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) im MW-Fall

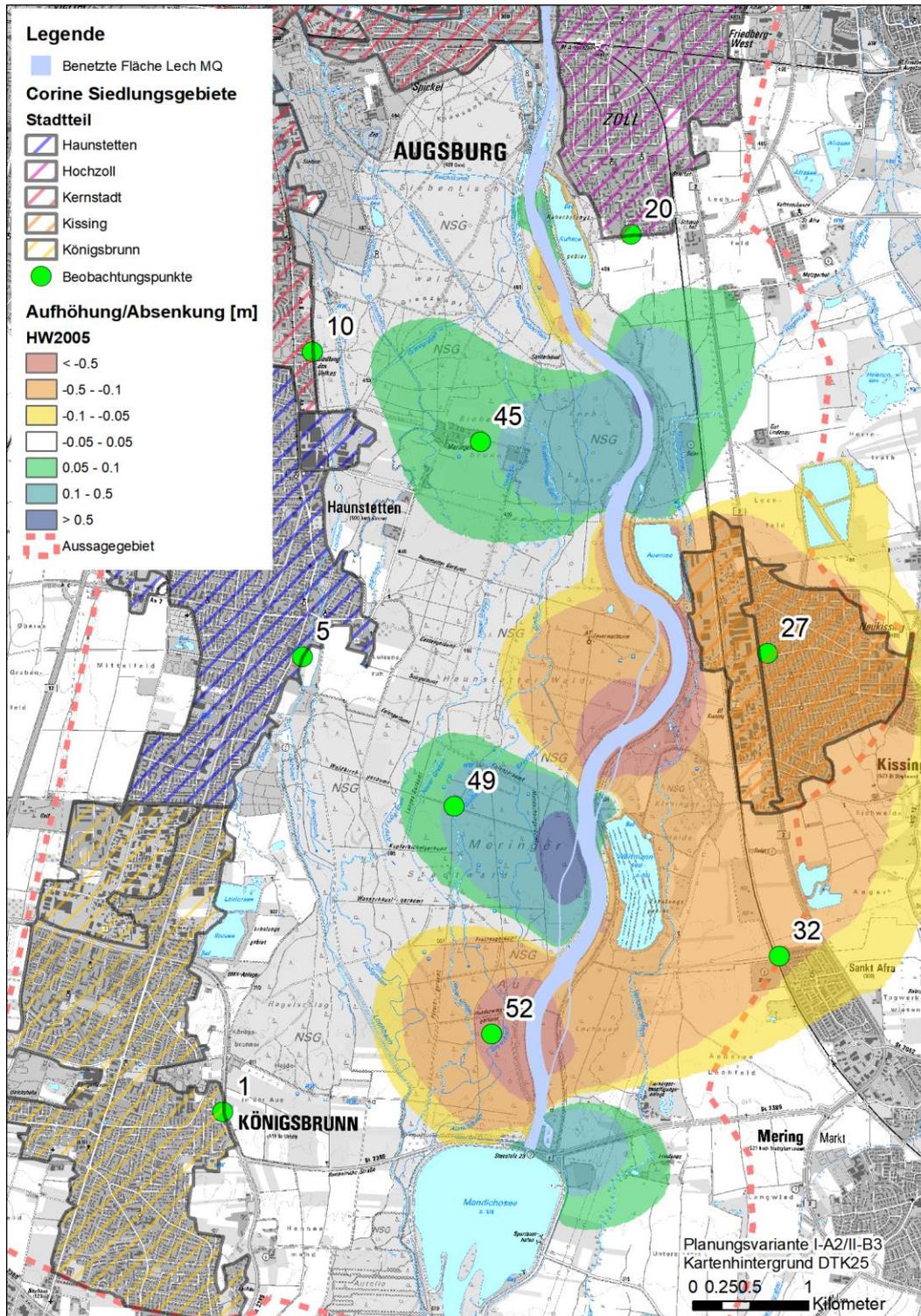


Abbildung 6.14: Aufföhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 (Planungsbereich I) im HW-Fall

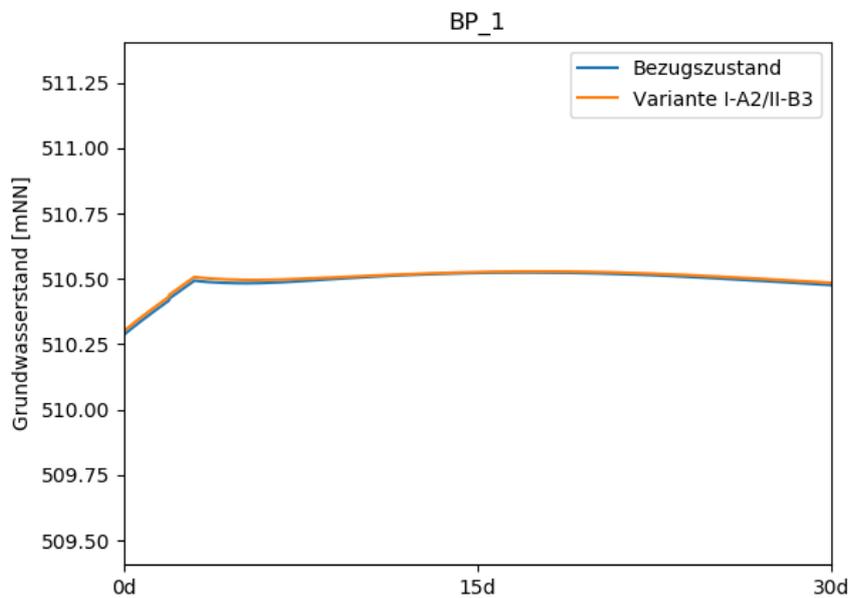


Abbildung 6.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

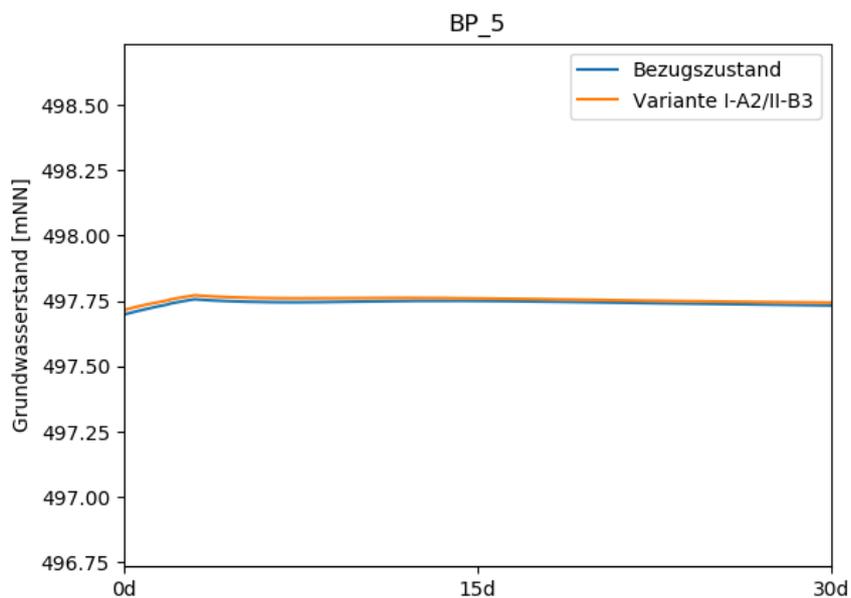


Abbildung 6.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

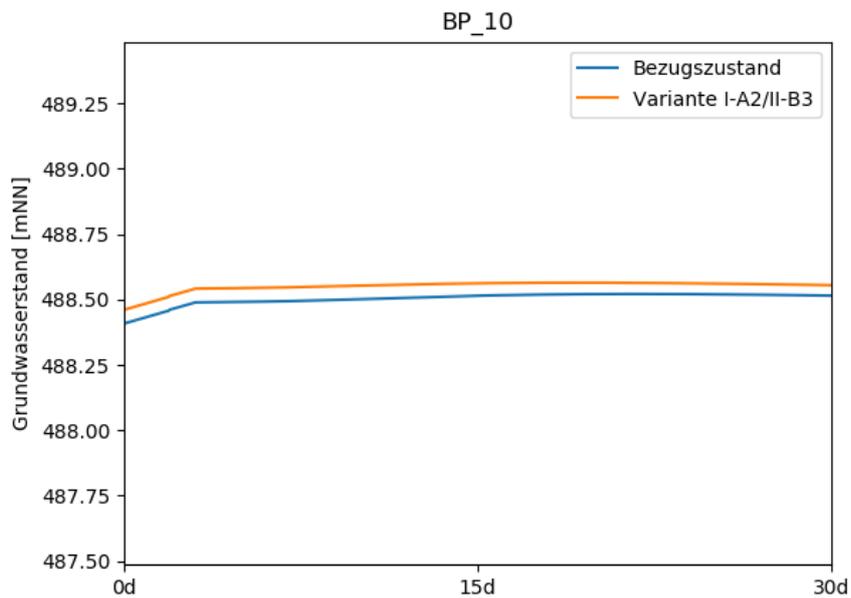


Abbildung 6.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

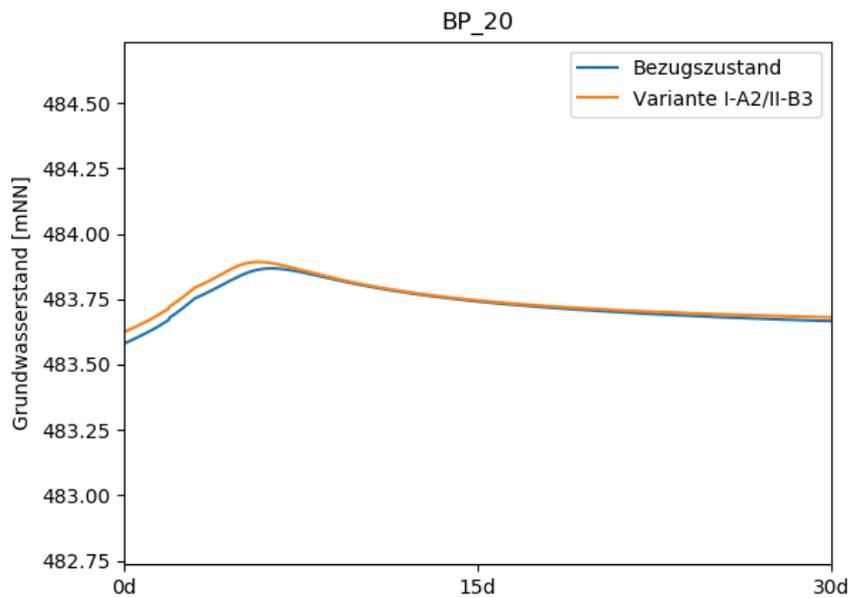


Abbildung 6.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

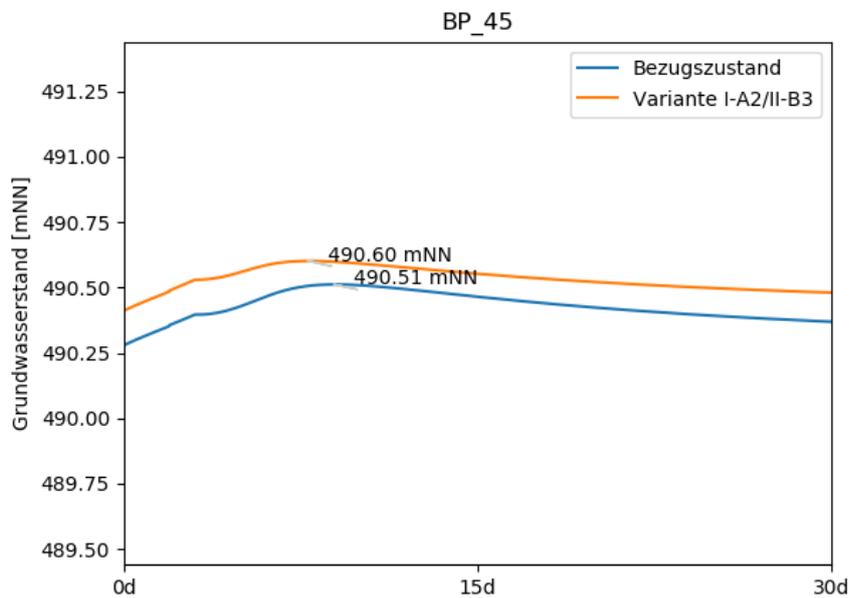


Abbildung 6.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

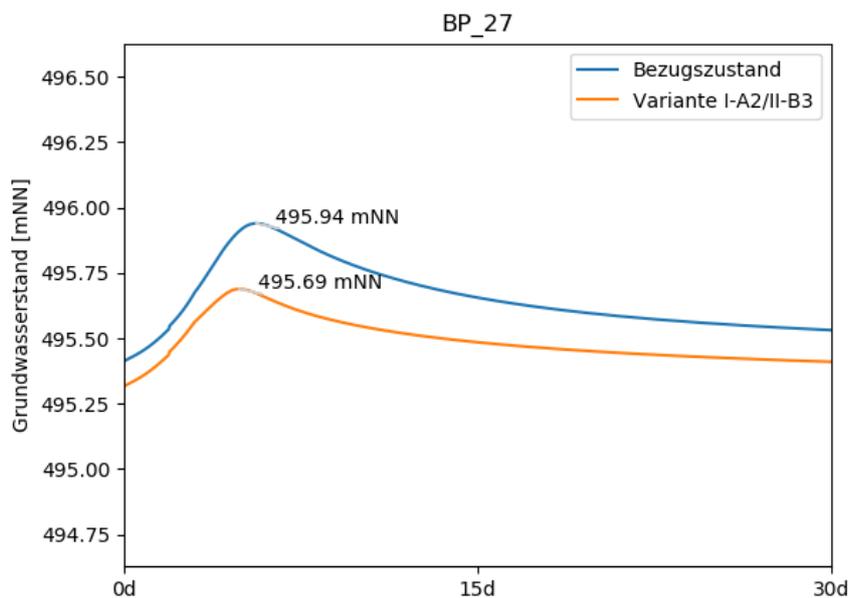


Abbildung 6.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

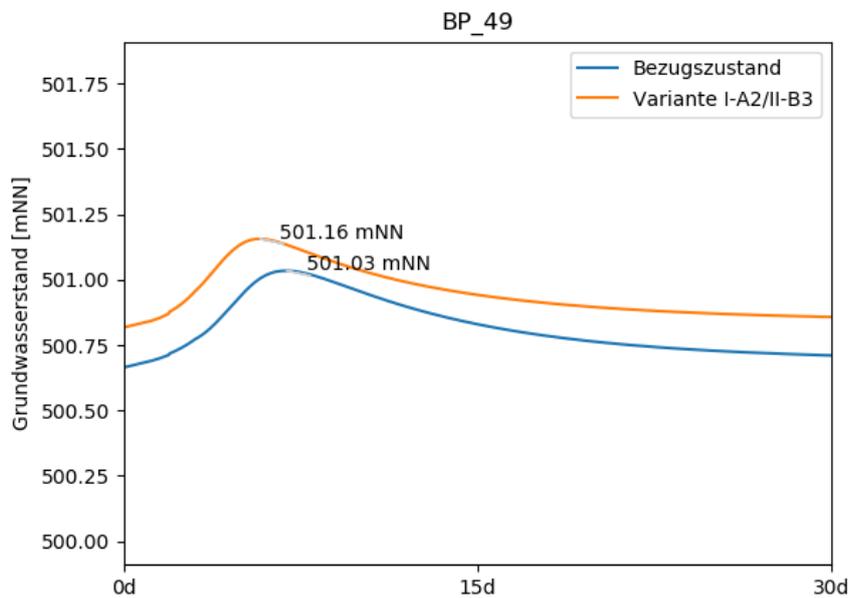


Abbildung 6.21: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

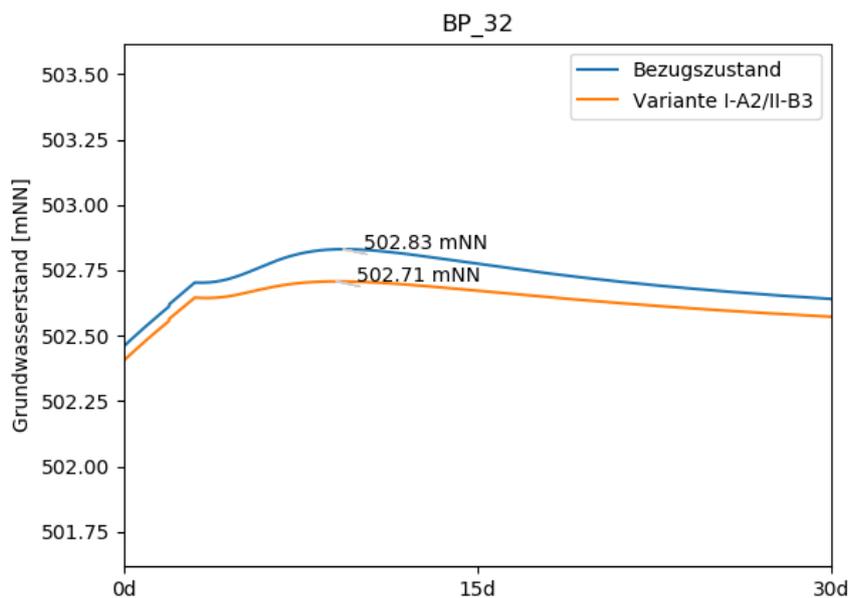


Abbildung 6.22: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

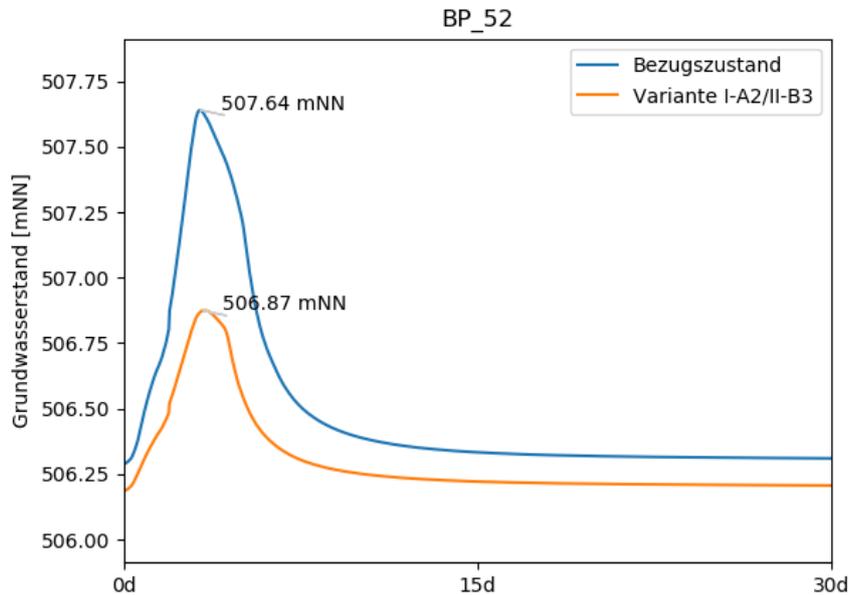


Abbildung 6.23: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-A2/II-B3)

6.4 Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen

Abbildung 6.24 und Abbildung 6.25 zeigen die Grundwasserflurabstände für MW- und HW-Verhältnisse. Die Grundwasserflurabstände sind weitgehend identisch mit Planungsvariante I-A1/II-B1, abgesehen von den folgenden Bereichen:

- Das Nebengewässer und die Vorlandabsenkung bei Fkm 52 führt im Planungsbereich I/5 bei HW-Verhältnissen zu geringeren Grundwasserflurabständen als im bei Planungsvariante I-A1/II-B1
- Die breitere Vorlandabsenkung unterstrom von Fkm 50,4 führt bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I/7 ebenso zu etwas geringeren Grundwasserflurabständen als im Bezugszustand

Die mittleren Grundwasserflurabstände sind auch Tabelle 6.6 für die einzelnen Teilbereiche im Planungsbereich I zu entnehmen. Die Breite der Teilbereiche entspricht der lokalen Breite des Projektgebiets (zwischen 200 m und 700 m). Im Vergleich zum Bezugszustand nehmen Grundwasserflurabstände nur in den Bereichen

I/1 und I/4 bei HW-Verhältnissen zu, die übrigen Bereiche sind von einer Reduzierung der Grundwasserflurabständen geprägt.

Tabelle 6.6: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-A2/II-B3

Teilbereich Planungsbereich I	Grundwasser-Flurabstand (gemittelt über Teilbereich) [m]			
	Bezugszustand		I-A2/II-B3	
	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse
I/1	2.68	0.25	2.28	0.64
I/2	2.53	0.88	1.86	0.69
I/3	1.94	0.50	1.37	0.02
I/4	1.91	0.11	1.54	0.12
I/5	1.98	0.17	1.11	0.00
I/6	1.92	0.31	1.39	0.27
I/7	2.53	1.55	1.43	0.47
Mittelwert	2.21	0.54	1.57	0.31

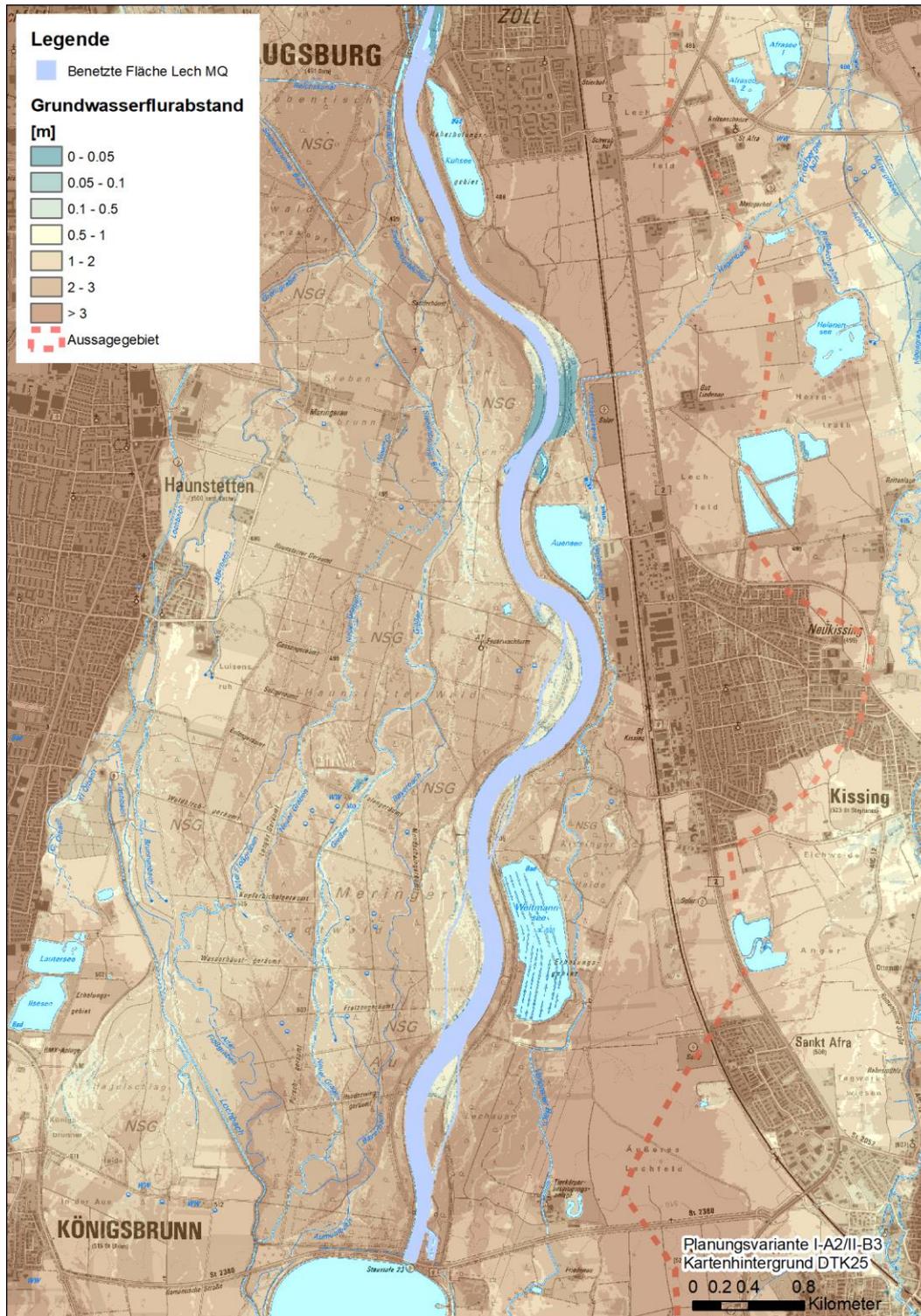


Abbildung 6.24: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I

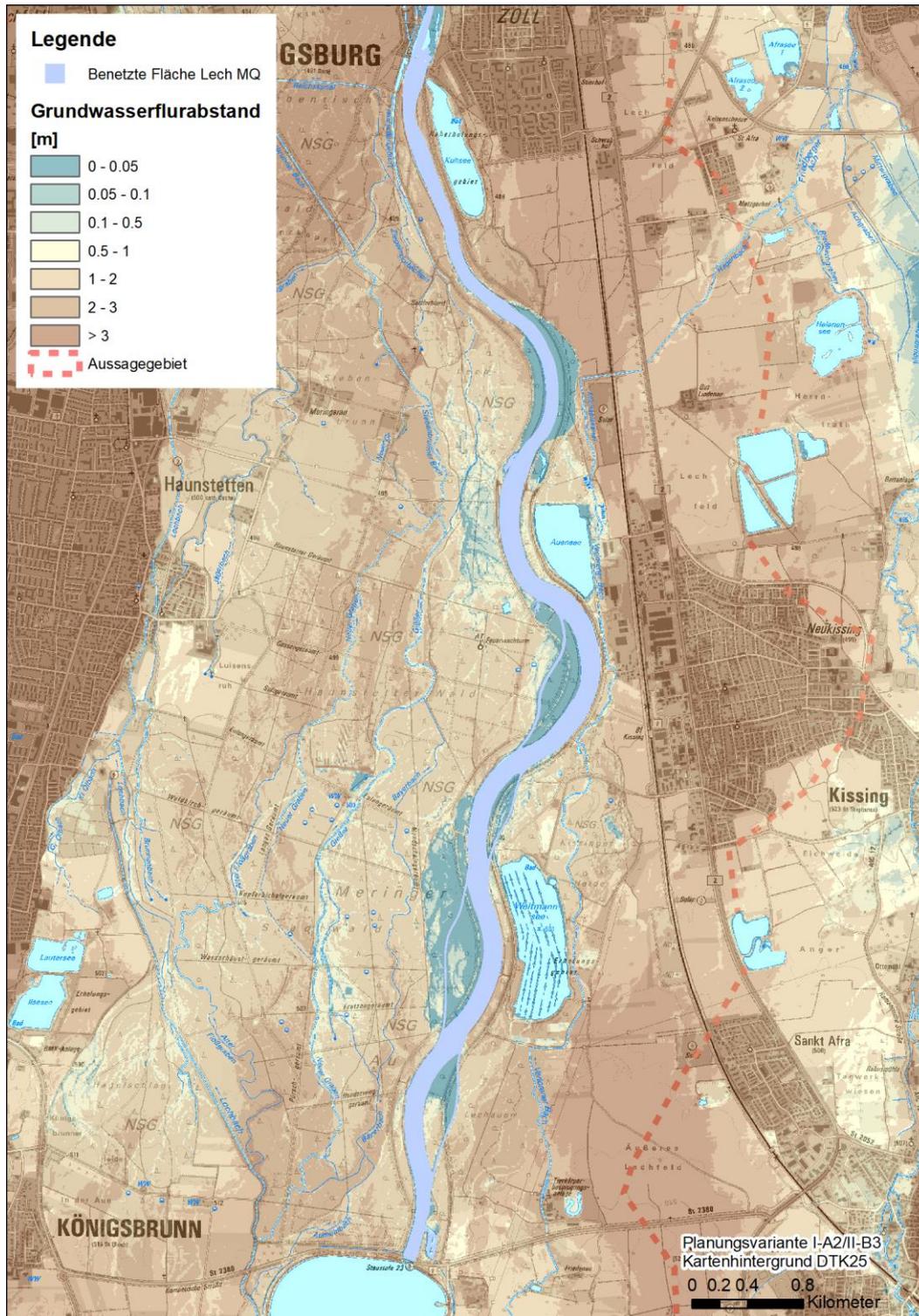


Abbildung 6.25: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-A1/II-B1 bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I

6.5 Zusammenfassung der Planungsvarianten I-A2/II-B3

Die Auswertungen zeigen, dass durch die Planungsvariante I-A2/II-B3 der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter und damit die Grundwasserstände, die Grundwasserdynamik sowie die Grundwasserfließverhältnisse im Planungsbereich I verändert werden. Im Planungsbereich II bleiben wesentliche Veränderungen aus.

Wie Planungsvariante I-B führt die Planungsvariante I-A2/II-B1 bei MW-Verhältnissen zu einer Erhöhung der Netto-Infiltration aus dem Lech im Planungsbereich I. Ohne Kompensation durch Entnahmen aus den lechnahen Seen, würde dies zu einer deutlichen Erhöhung der Grundwasserstände führen. Durch gezielte Wasserspiegel-Fixierungen der Seen kann diese Erhöhung der Grundwasserstände ausgeglichen werden.

Bei HW-Verhältnissen wird der Austausch Lech-Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gemindert, sodass Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands im HW-Scheitel kleiner werden und sich Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands gegenüber dem Bezugszustand ausdehnen.

Insgesamt sind die Auswirkungen der Planungsvariante I-A2/II-B3 auf den Grundwasserleiter vertretbar:

- Die Aufhöhung der Grundwasserstände insbesondere bei niedrigen Grundwasserständen stellt eine Verbesserung des Grundwasservorrats dar. Trinkwasserschutzgebiete zwischen Staustufe 23 und Hochablass profitieren von dem verbesserten Vorrat.
- Bei Mittelwasser kommt es in Siedlungsgebieten (Kernstadt, Haunstetten) zu geringen Aufhöhungen des Grundwasserstands. Im Gegensatz zu Planungsvariante I-A1/II-B1 ziehen sich bei Hochwasser Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands aus den Siedlungsgebieten zurück. Kissing profitiert von Absenkungen des Grundwasserstands bei HW-Verhältnissen.
- Die Grundwasserflurabstände nehmen im Planungsbereich I am Lech bei MW- und HW-Verhältnissen in fast allen Teilbereichen ab.
- Grundwasserstände im Planungsbereich II sind durch die Planungsvariante I-A1/II-B1 bei MW- und HW-Verhältnissen unbeeinflusst. Bei MNW-Verhältnissen kommt es zu einer geringen Erhöhung der Grundwasserstände bis ca. Fkm 43.

Die abschließende Bewertung der Planungsvariante I-A2/II-B3 erfolgt im Rahmen der Anlage zur Variantenbewertung (Anlage 3).

7 Untersuchung der Planungsvariante I-C

7.1 Modellaufbau

Wie die Planungsvariante I-B basiert die Planungsvariante I-C auf eigendynamischen Aufweitungen des Lechs. Die Lage ist in Abbildung 7.1 dargestellt. Im Vergleich zur Planungsvariante I-B wird bei Planungsvariante I-C auf Nebengewässer und ausgedehnte Vorlandabsenkungen östlich des Lechs verzichtet. Im Planungsbereich II sind keine Änderungen vorgesehen.

Abbildung 7.2 zeigt die Sohllagen und berechneten Wasserspiegel aus dem Hydraulik-Modell für MNQ, MQ und HQ100 für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C. Details zu den Sohl- und Wasserspiegellagen sind dem Erläuterungsbericht „Licca liber – weiterführende Untersuchungen“ sowie Anlage 4.2 zu entnehmen.

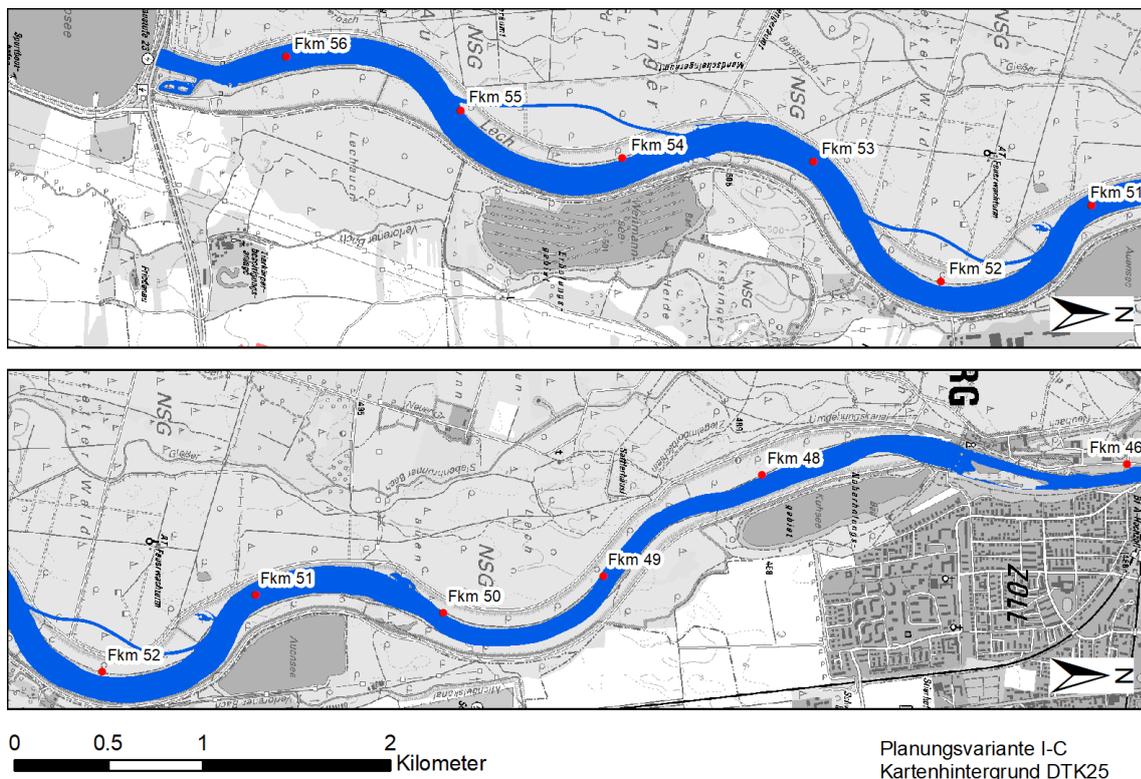


Abbildung 7.1: Lageplan der Planungsvariante I-C

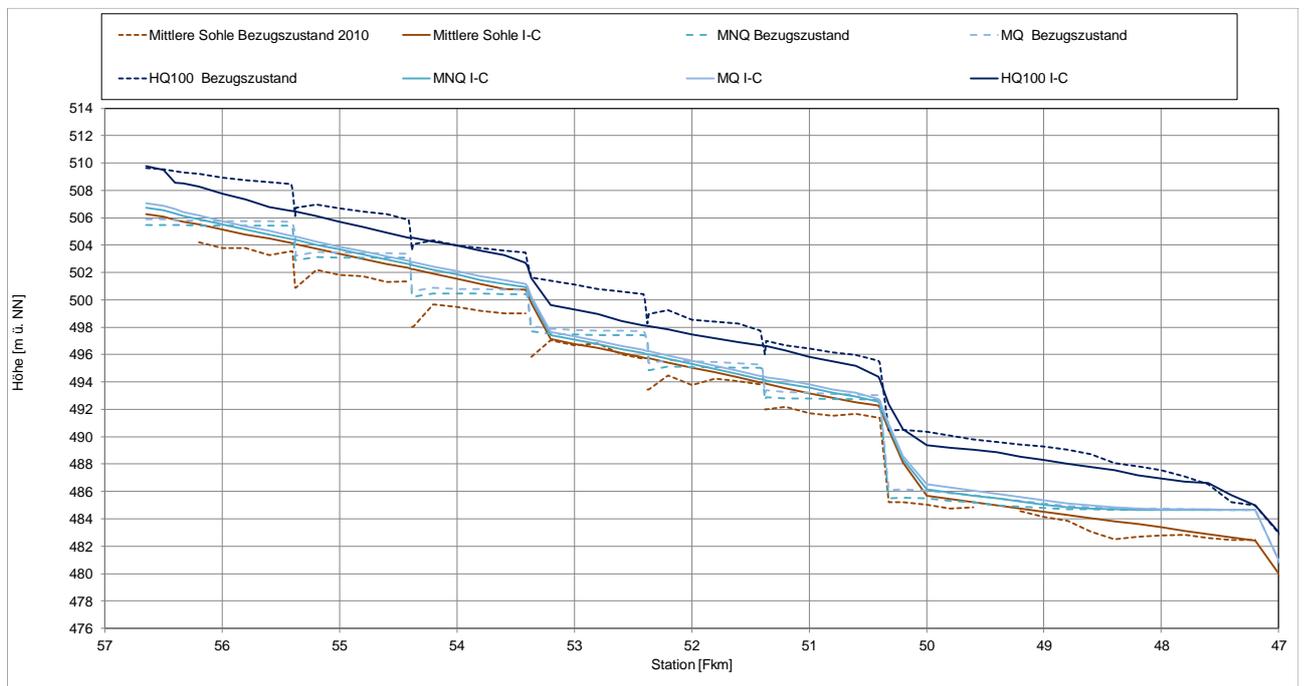


Abbildung 7.2: Sohllagen und Wasserspiegel des Bezugszustands und der Planungsvariante I-C

7.2 Auswertungen zur Wasserbilanz

7.2.1 Bilanz bei mittleren und niedrigen Grundwasserständen

Tabelle 7.1 zeigt die Wasserbilanz im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse. Die Bilanz ist der Planungsvariante I-B in weiten Teilen sehr ähnlich. Abweichungen ergeben sich wie zu erwarten im Abschnitt I/1 und I/4 (hier fallen im Vergleich zur Planungsvariante I-B Nebengewässer und Vorlandabsenkungen weg). Bei MNW-Verhältnissen beschränken sich die wesentlichen Abweichungen ebenfalls auf die Abschnitte I/1 und I/4 (siehe Tabelle 7.29).

Diese Planungsvariante umfasst keine flussbaulichen Maßnahmen im Planungsbereich II, daher werden Bilanzen in diesem Abschnitt nicht aufgeführt (diese sind identisch mit dem Bezugszustand).

An den Gewässern im Stadtwald bzw. am Hagenbach/Verlorenen Bach bleibt bei mittleren Verhältnissen der Austausch mit dem Grundwasserleiter im Vergleich zum

Bezugszustand gleich. Bei niedrigen Verhältnissen nimmt die Menge infiltrierten Wassers an Bächen im Stadtwald und am Verlorenen Bach/Hagenbach um jeweils etwa 30 l/s ab. Der Gesamtaustausch der Gewässer im Stadtwald bei niedrigen Verhältnissen beträgt im Bezugszustand über 1 m³/s. Am Verlorenen Bach/Hagenbach beträgt der Gesamtaustausch etwa 0,5 m³/s.

Tabelle 7.1: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW, Planungsvariante I-C)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.68
Variante I-C	0.63	-0.52	0.39	0.76	-0.38	-0.77	-0.03	0.41	-1.21	-1.13	-0.42	-0.03	-1.58	-2.54

Tabelle 7.2: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für niedrige Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MNW, Planungsvariante I-C)

FKM	56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
Modell		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.93	-0.15	-0.30	-0.47	-0.68	-0.28	-0.25	-0.14	-1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.82
Variante I-C	0.34	-0.58	0.30	0.62	-0.53	-0.78	-0.09	0.35	-1.25	-0.82	-0.27	-0.01	-1.10	-2.55

7.2.2 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter ist in Abbildung 7.3 bis Abbildung 7.5 aufgeführt. Die Beobachtungen sind weitgehend identisch mit der Planungsvariante I-B. Auch im Planungsbereich I/1 ist der instationäre Austausch dem Ergebnis für Planungsvariante I-B relativ ähnlich. Im Planungsbereich I/4 ist die Schwankungsbreite des Austauschs aufgrund des fehlenden Nebengewässers und der geringeren Ausuferungsfläche im Vergleich zur Planungsvariante I-B geringer.

Die Bilanz der Seen kann Abbildung 7.7 entnommen werden. Im Planungszustand I-C werden die Entnahmen aus Weitmann- und Auensee während der HW-Phase im Vergleich zu MW nicht erhöht, d.h. die Wasserspiegel von Weitmann- und Auensee steigen während der HW-Phasen etwas an. Am Kuhsee ist ein fester Wasserspiegel vorgegeben, d.h. die Entnahme aus dem Kuhsee steigt in der Hochwasserspitze auf bis zu 200 l/s.

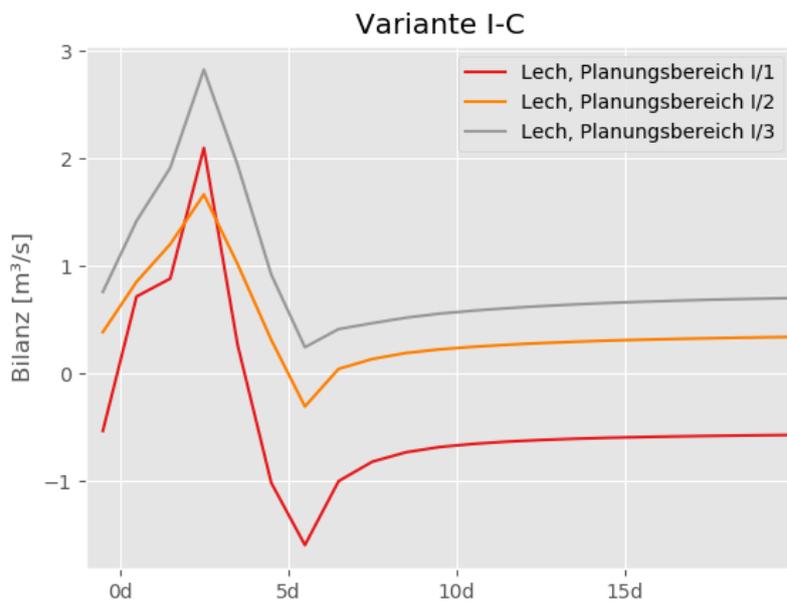
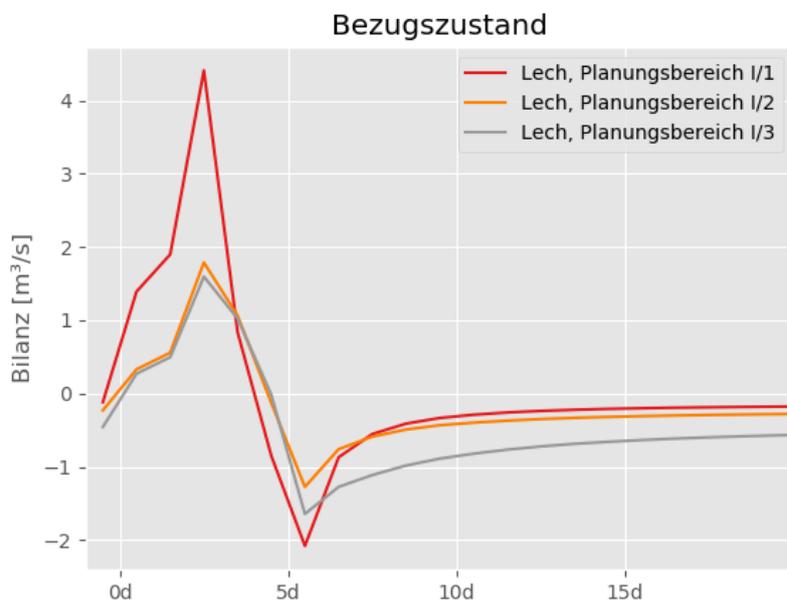


Abbildung 7.3: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.

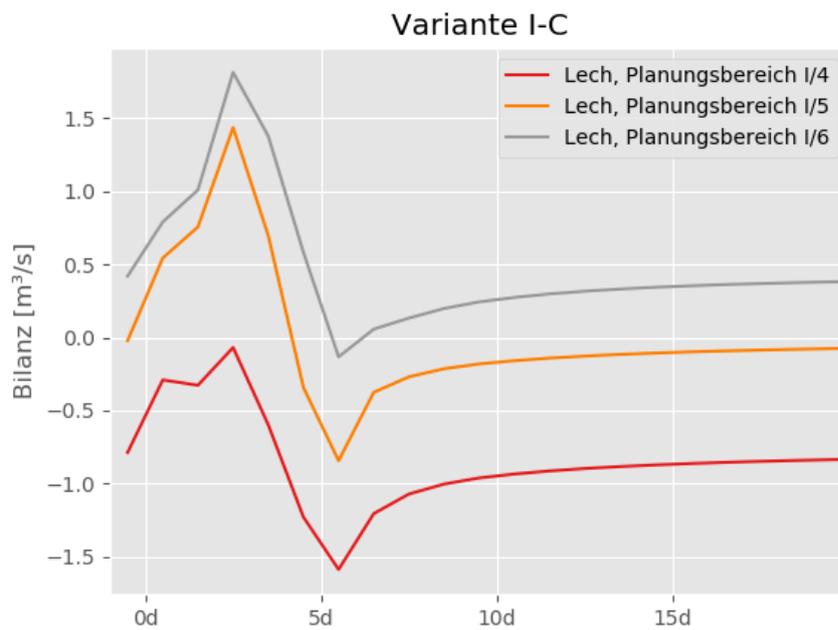
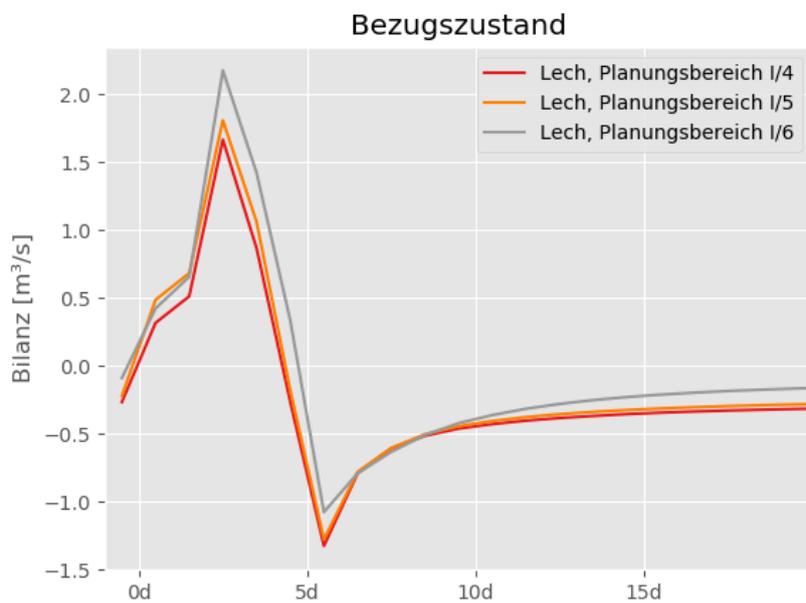


Abbildung 7.4: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.

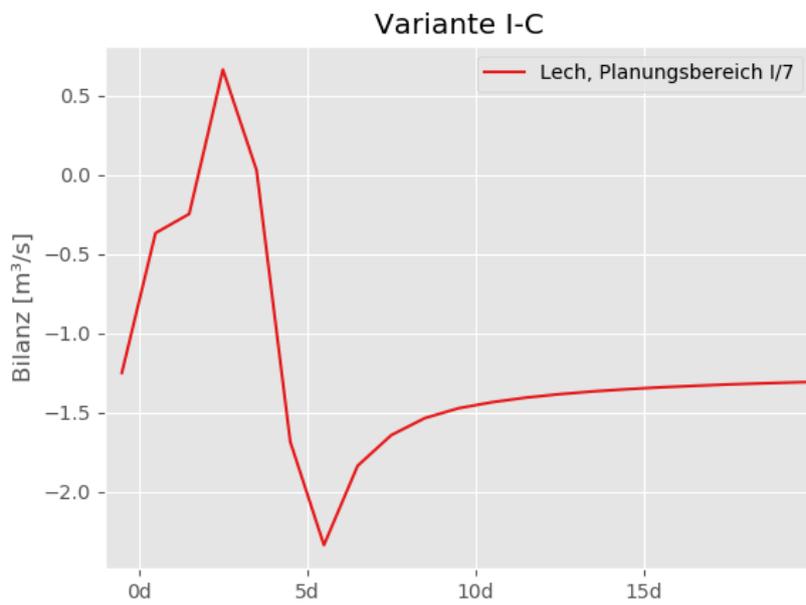
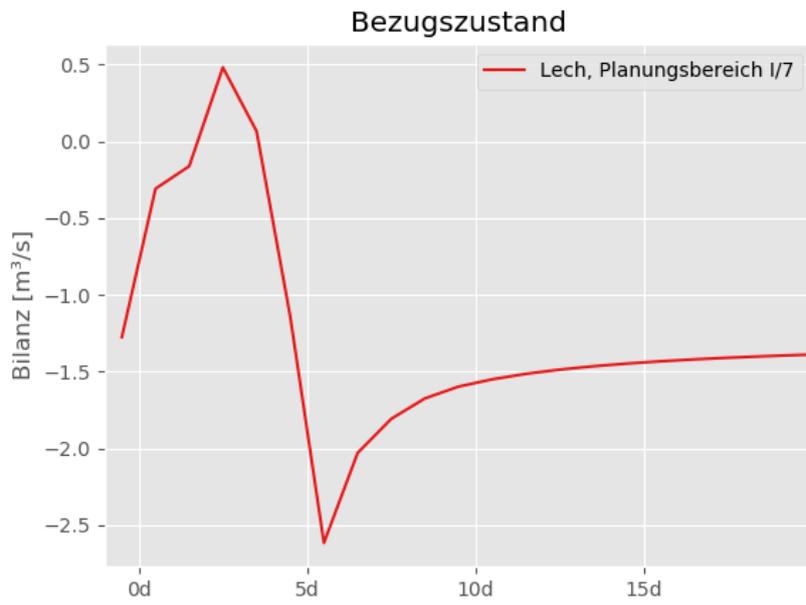


Abbildung 7.5: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.

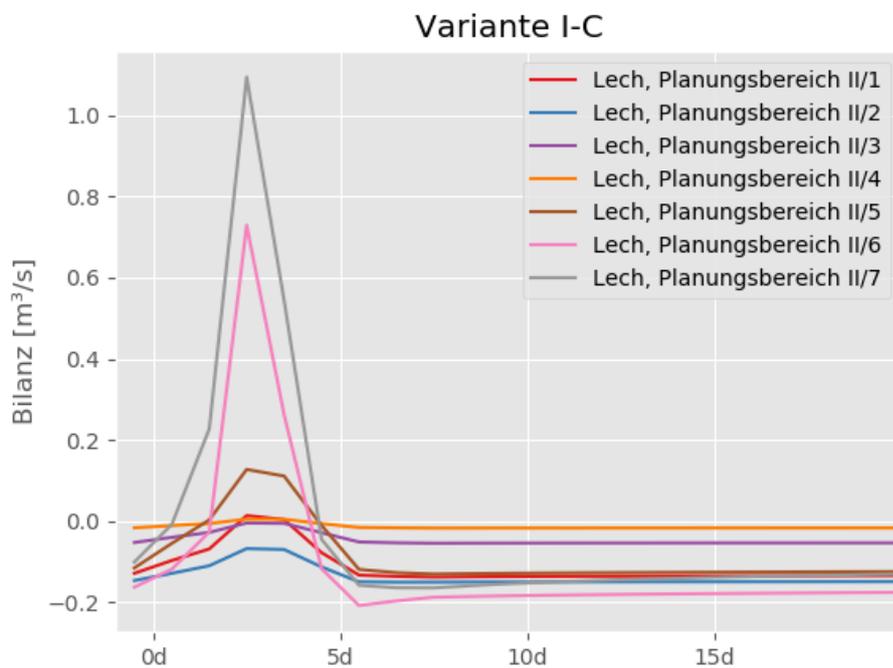
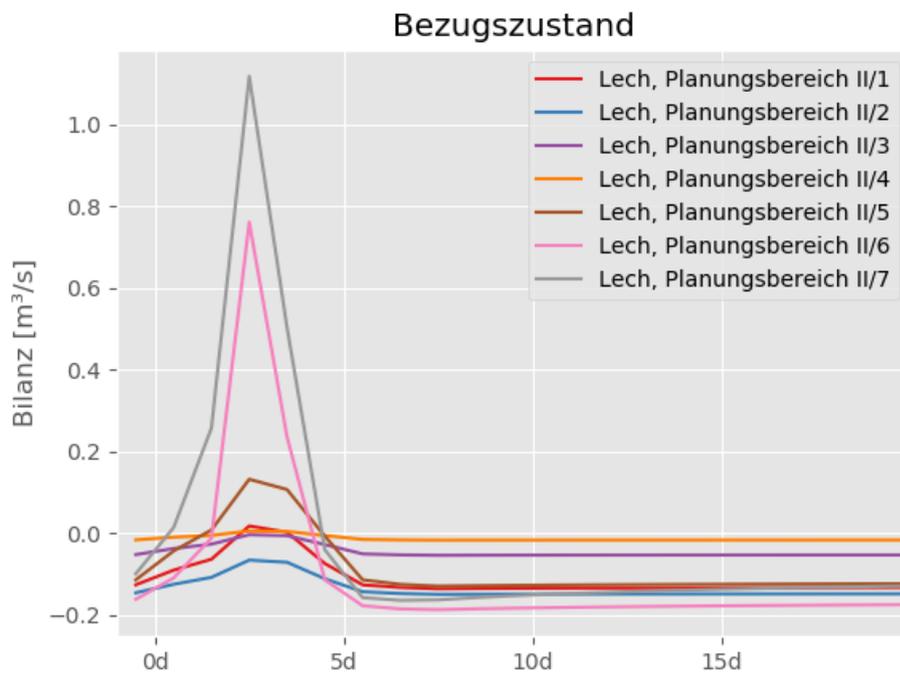


Abbildung 7.6: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.

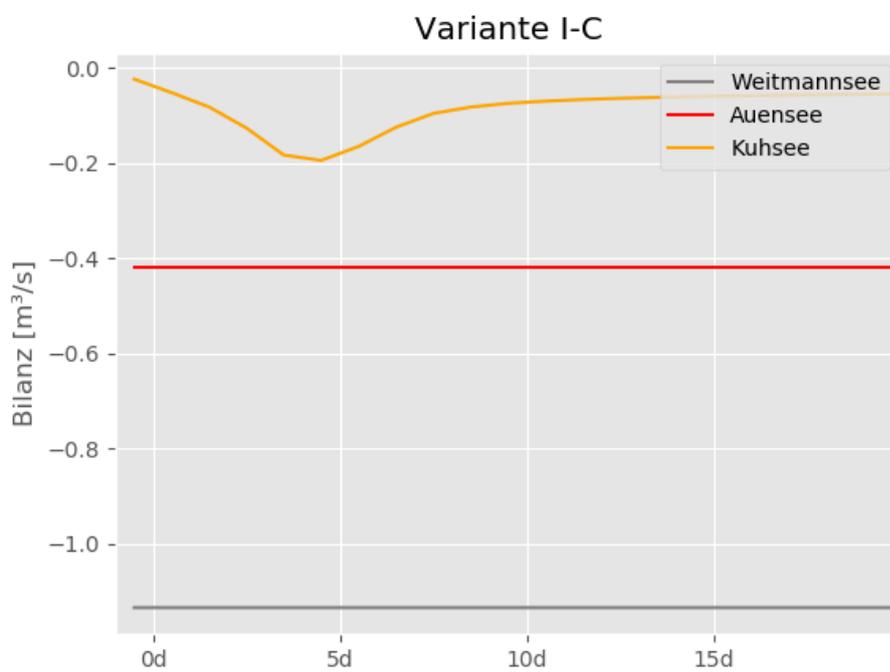
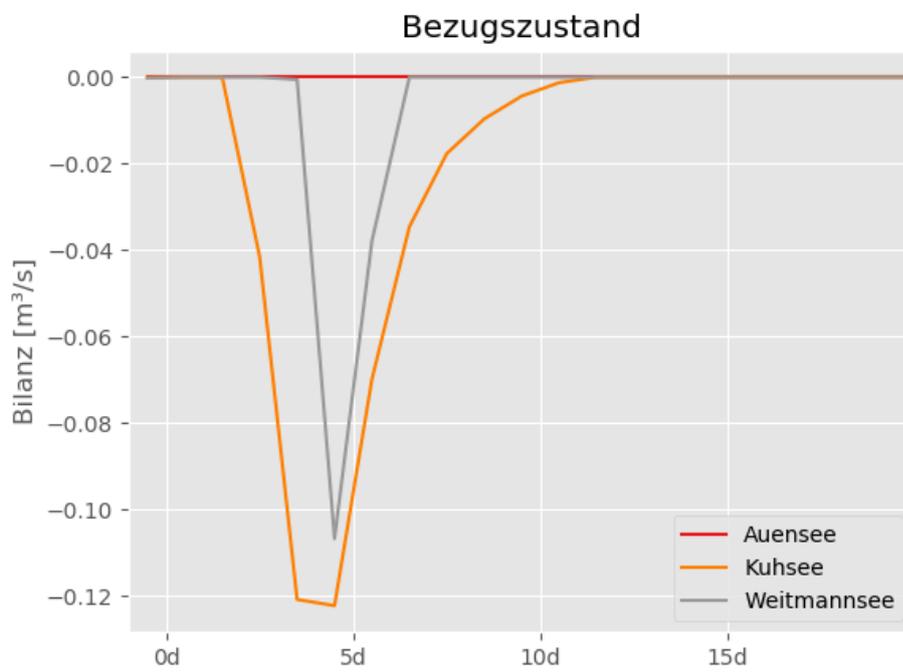


Abbildung 7.7: Bilanz der Seen im Planungsbereich I bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-C.

7.3 Veränderung von Grundwasserständen

Abbildung 7.8 und Abbildung 7.9 zeigen die Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands der Planungsvariante I-C gegenüber dem Bezugszustand. Es dominieren Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands. Nur kleine Bereiche in der Nähe der Abstürze weisen Absenkungen des Grundwasserstands auf.

Abbildung 7.10 zeigt die Absenkungen/Aufhöhungen des Grundwasserstands bei mittleren Verhältnissen. Der Bereich mit Aufhöhungen des Grundwasserstands erreicht randliche Bereiche der Siedlungsgebiete Haunstetten, Kissing und Hochzoll. Bei HW-Verhältnissen (siehe Abbildung 7.11) ziehen sich Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands aus der Bebauung zurück.

Tabelle 7.3 stellt die Größe von Flächen mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands während MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Gesamtfläche und innerhalb der Siedlungsgebiete dar. Die Flächen entsprechen in der Größenordnung etwa den Ergebnissen für Planungsvariante I-B. Im Vergleich zu den Planungsvarianten I-A1/II-B1 und I-A2/II-B3 ist der Wirkraum der Maßnahmen bei niedrigen und mittleren Grundwasserständen kleiner.

Beispielhafte Ganglinien des Grundwasserstands während der HW-Phase sind Abbildung 7.12 bis Abbildung 7.20 zu entnehmen.

Tabelle 7.3: Größe der Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MNW-, MW- und HW-Verhältnissen für die Planungsvariante I-C

Grundwasser-Verhältnisse	Gesamtfläche			Siedlungsgebiete		
	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]	Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands ($\geq 55\text{mm}$) [km ²]	Fläche mit Absenkungen des Grundwasserstands ($\leq 55\text{mm}$) [km ²]	Summe [km ²]
MNW-Verhältnisse	54.02	1.08	55.09	10.11	0.00	10.11
MW-Verhältnisse	16.62	10.30	26.92	0.10	2.57	2.67
HW-Verhältnisse	7.91	19.14	27.05	0.00	2.70	2.70

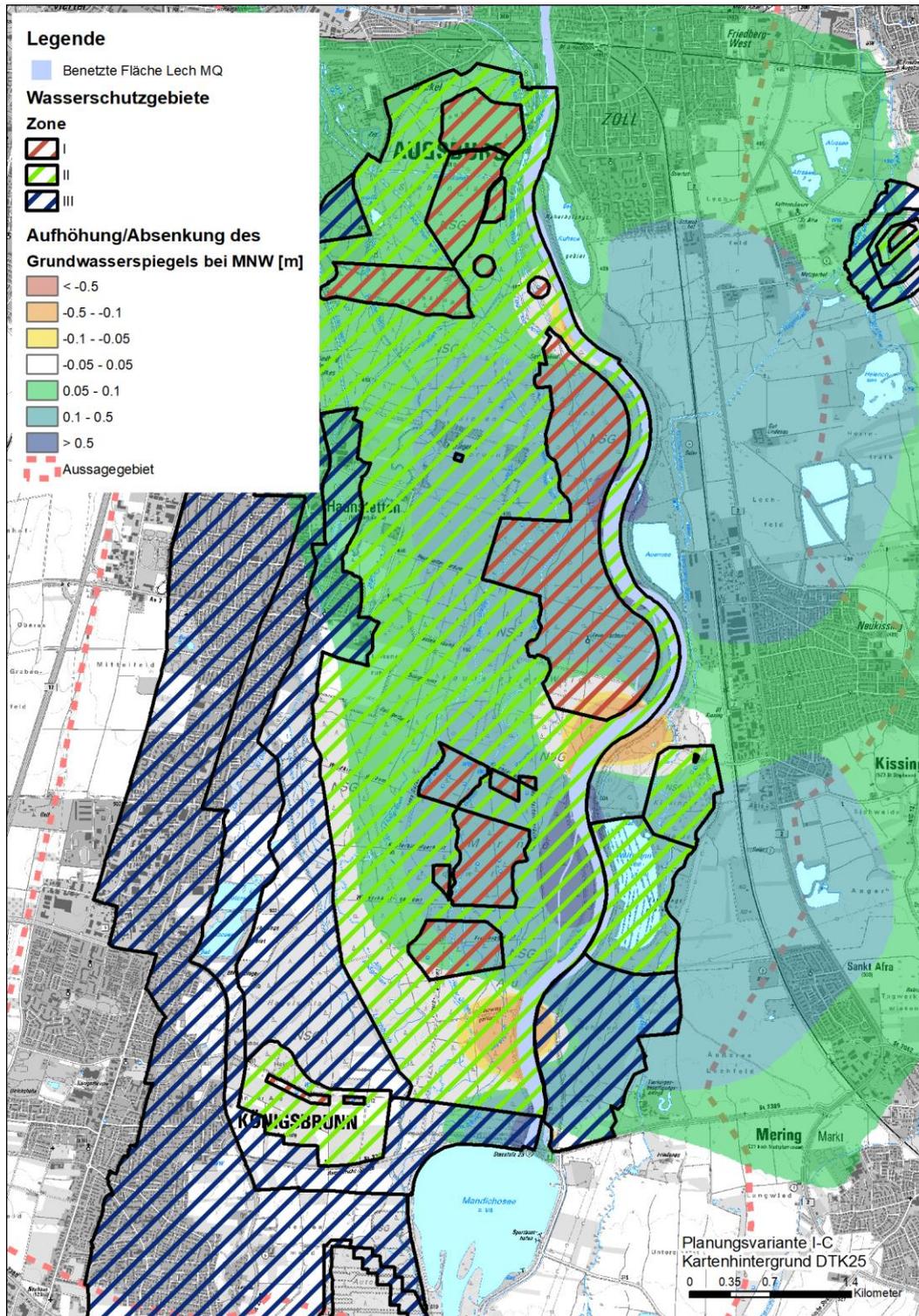


Abbildung 7.8: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei MNW-Verhältnissen

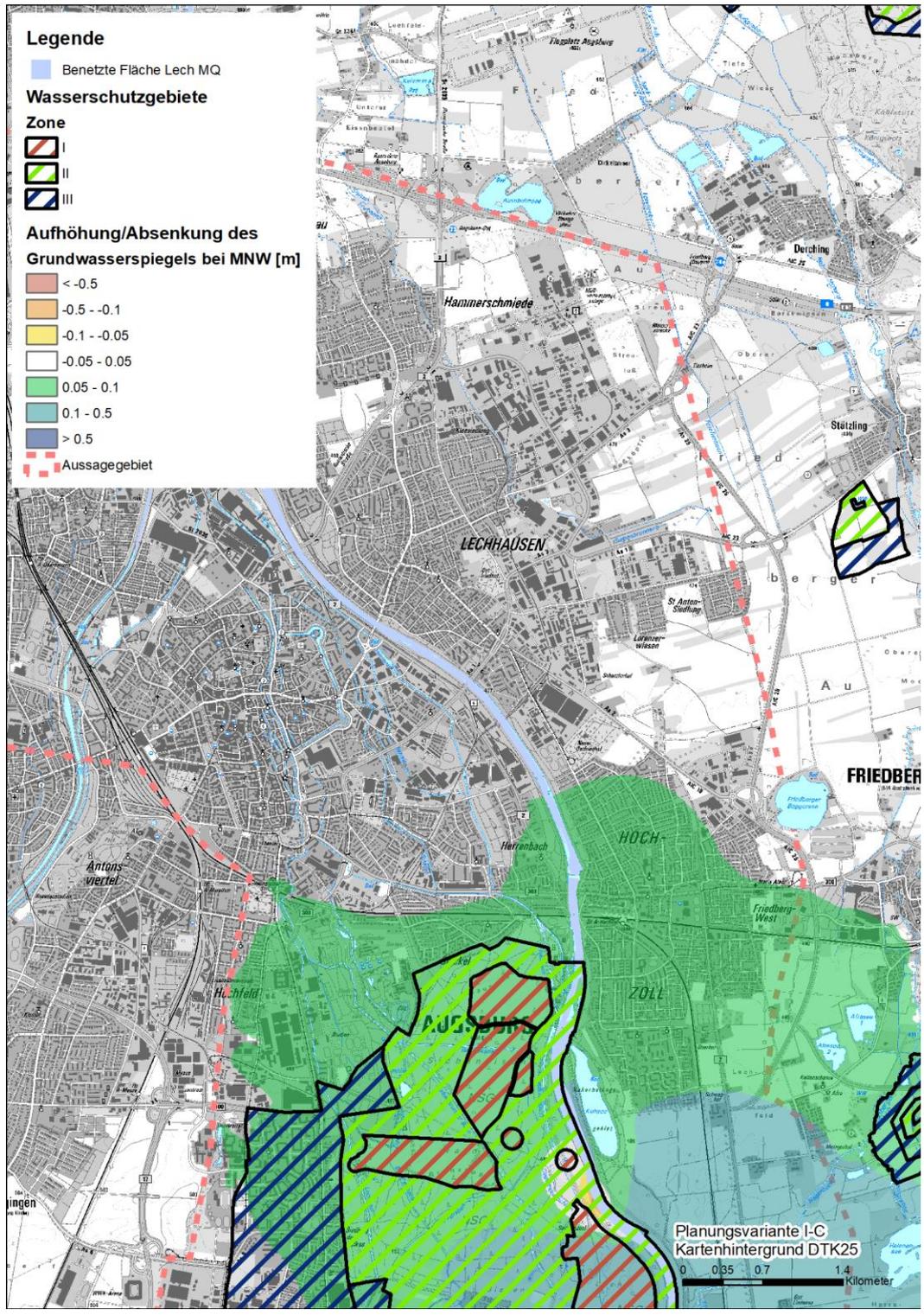


Abbildung 7.9: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Wasserschutzgebieten durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich II) bei MNW-Verhältnissen

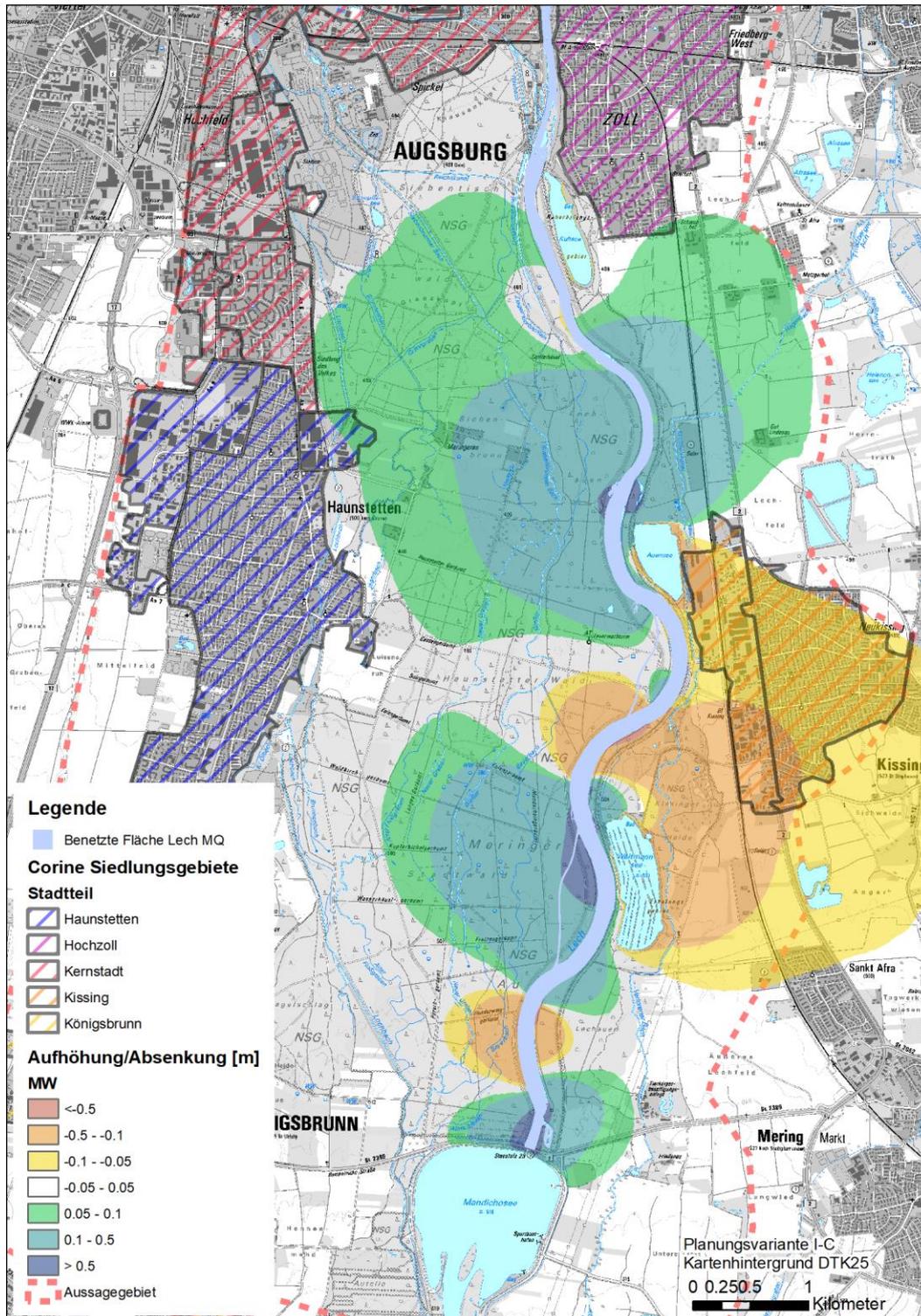


Abbildung 7.10: Aufhöhung/Absenkung der maximalen Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen

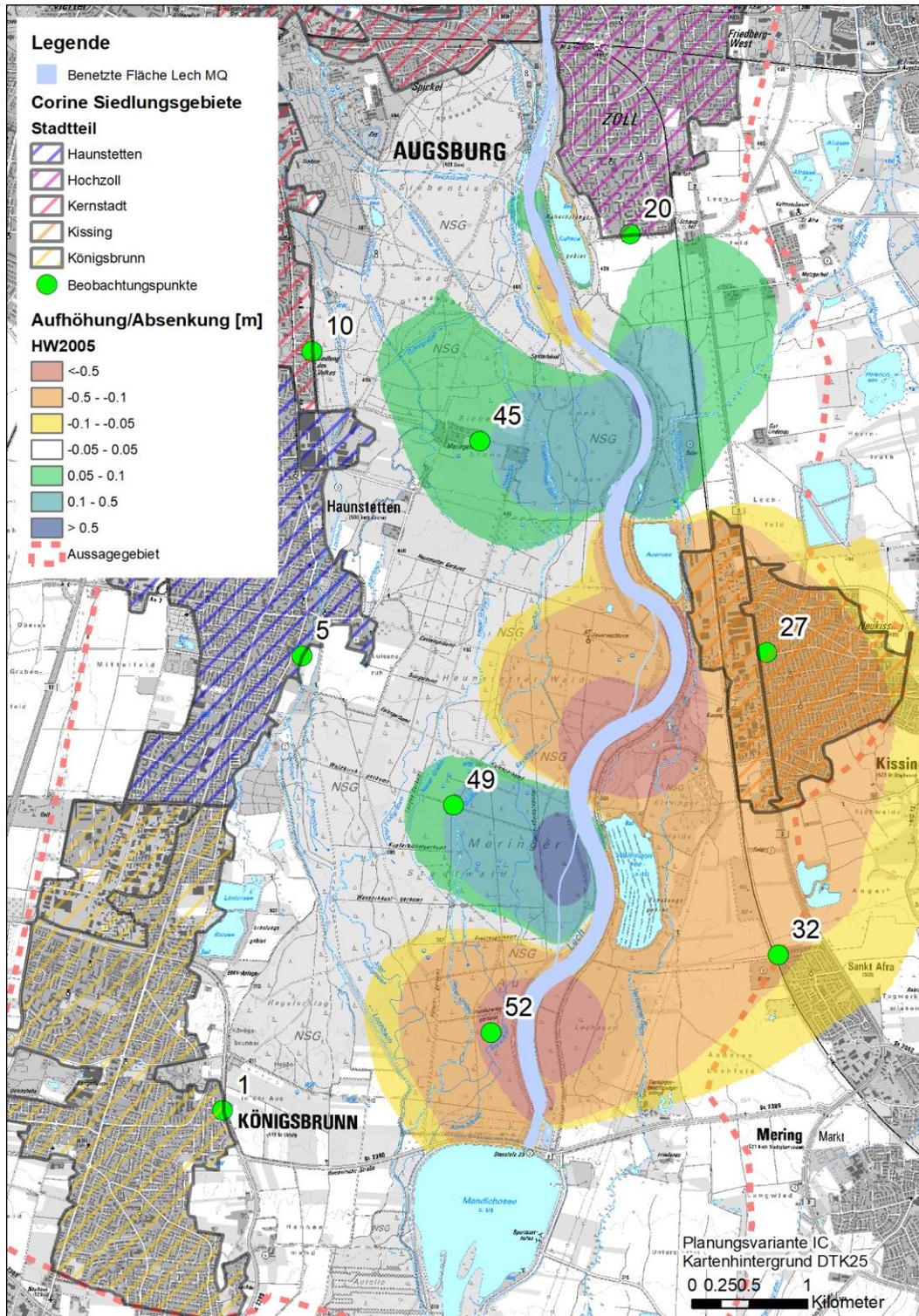


Abbildung 7.11: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-C (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen

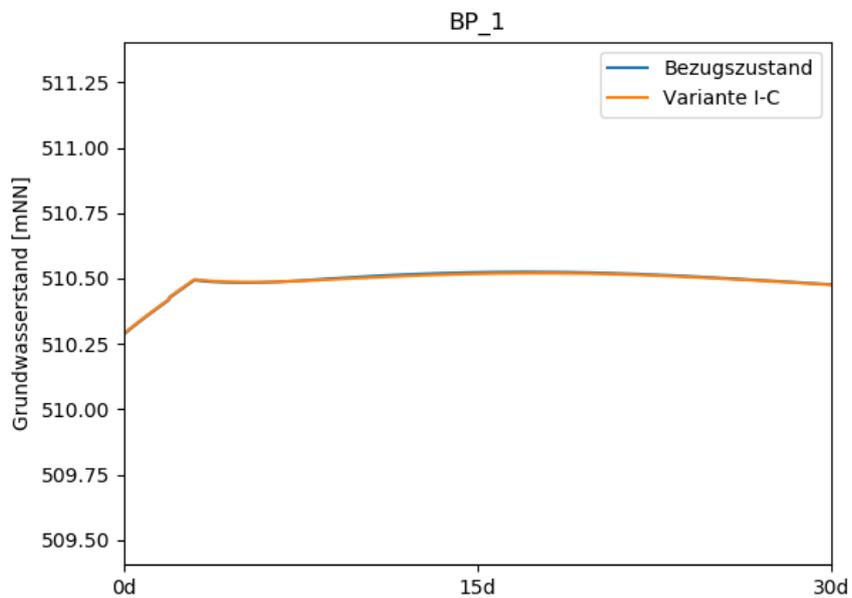


Abbildung 7.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

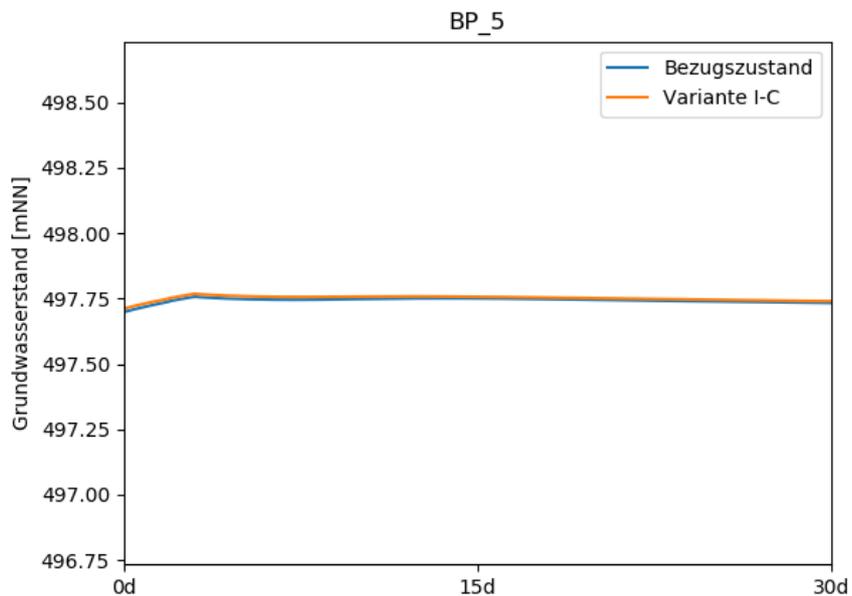


Abbildung 7.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

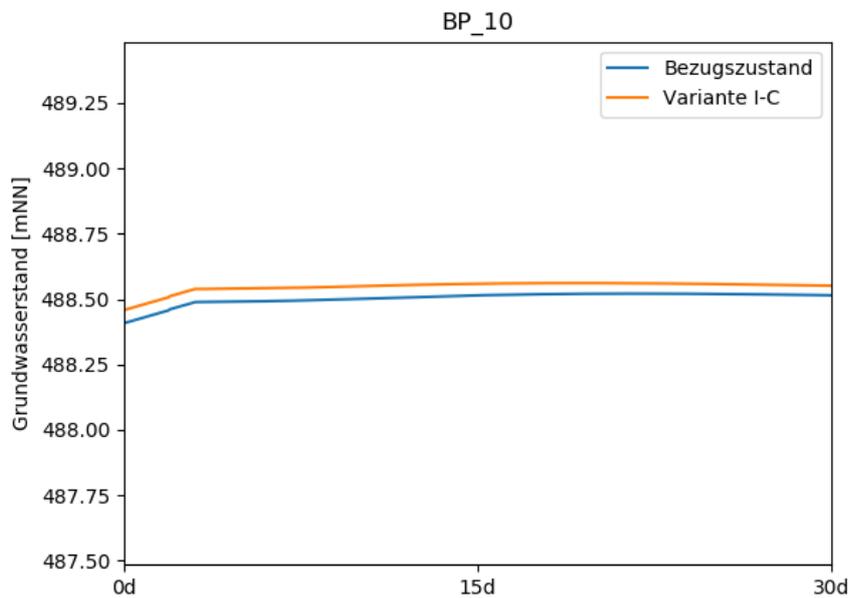


Abbildung 7.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

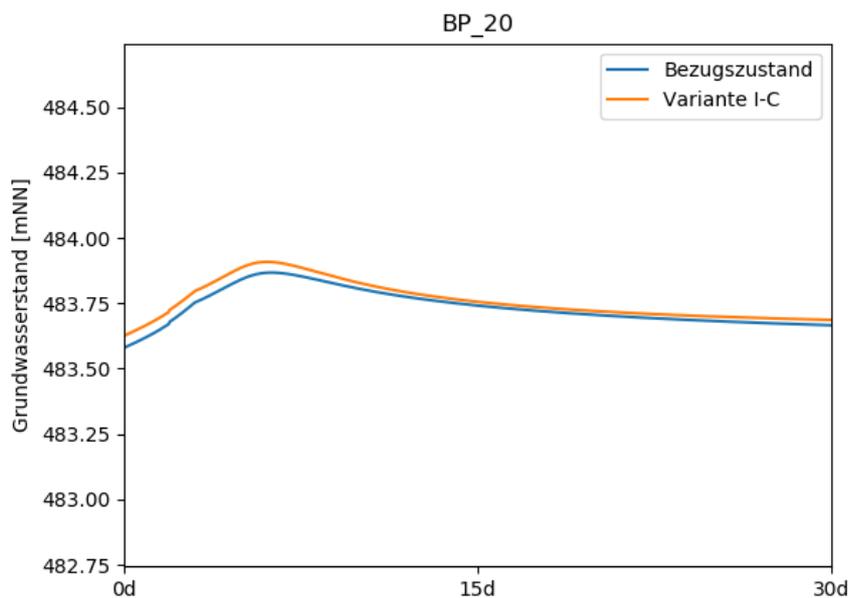


Abbildung 7.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

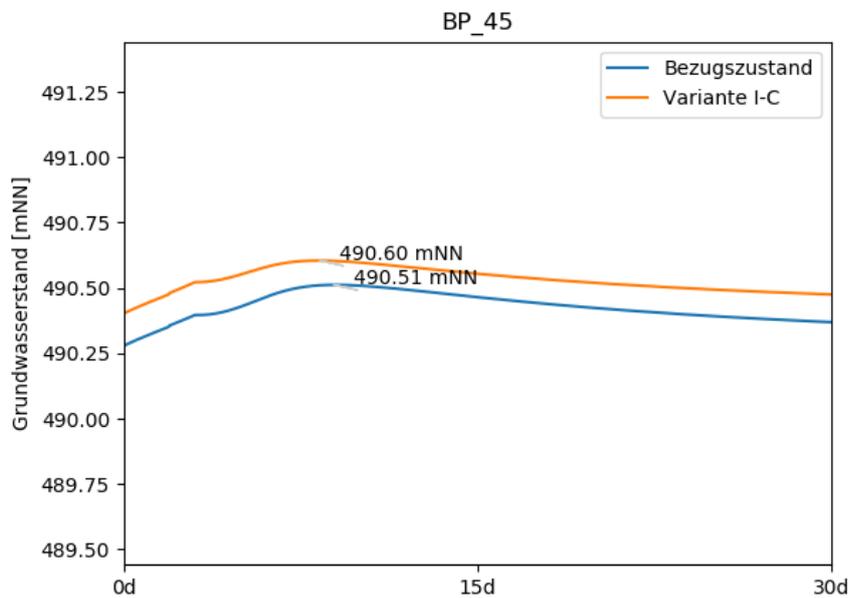


Abbildung 7.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

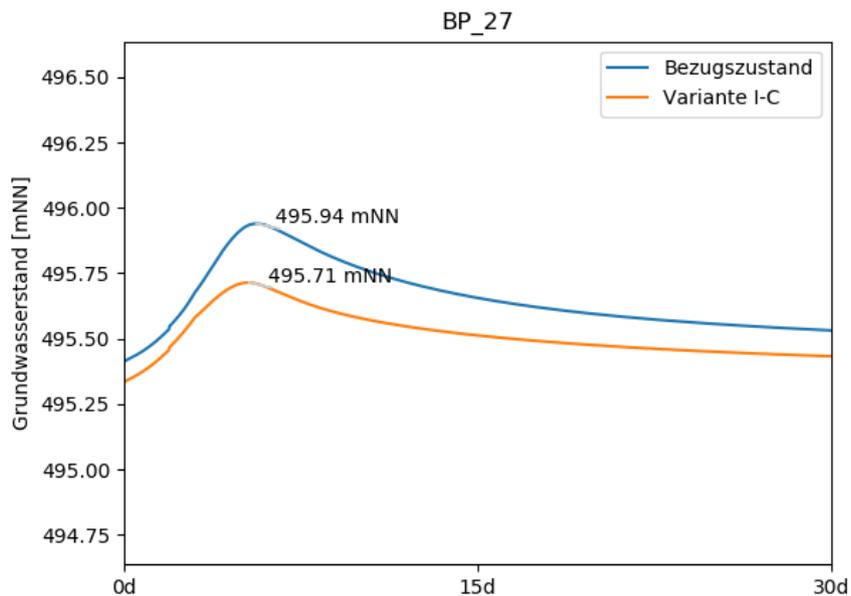


Abbildung 7.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

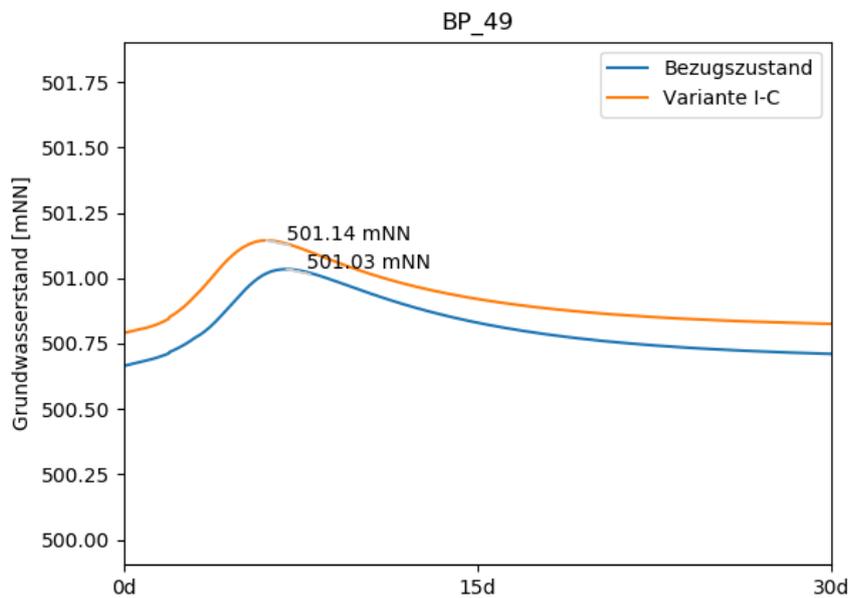


Abbildung 7.18: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

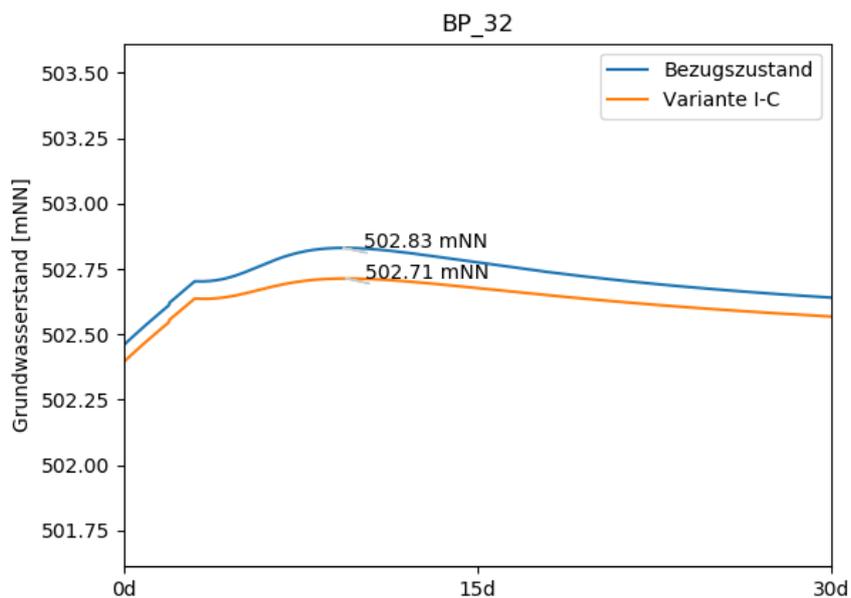


Abbildung 7.19: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

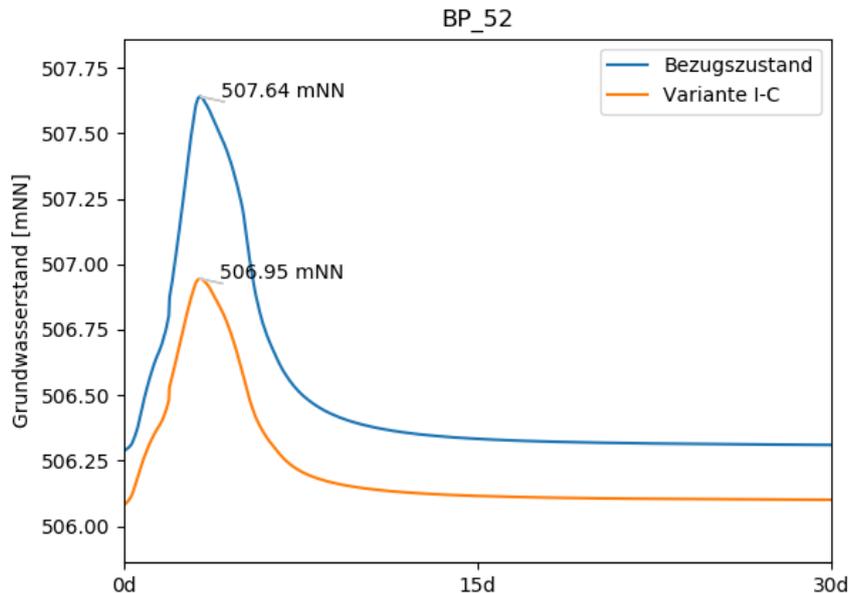


Abbildung 7.20: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen (Bezugszustand und Planungsvariante I-C)

7.4 Grundwasserflurabstände bei MW- und HW-Verhältnissen

Abbildung 7.21 und Abbildung 7.22 zeigen die Grundwasserflurabstände für die Planungsvariante I-C. Östlich des Lechs fehlen im Vergleich zu Planungsvariante I-B zwei Nebengewässer und der Vorlandabtrag. Entsprechend treten hier größere Grundwasserflurabstände auf. In den verbleibenden Bereichen weisen die Grundwasserflurabstände eine große Ähnlichkeit mit den Grundwasserflurabständen der Planungsvariante I-B auf.

Tabelle 7.4 gibt einen Überblick über die je Teilbereich gemittelten Grundwasserflurabstände im Planungsbereich I des Projektgebiets. Die Breite der betrachteten Teilbereiche entspricht der Breite des Projektgebiets (d.h. variiert zwischen 200 und 700 m). Im Vergleich zum Bezugszustand nehmen diese überwiegend ab, Zunahmen des Grundwasserflurabstands treten bei HW-Verhältnissen in den Bereichen I/1 und I/4 auf. Im Vergleich zu Planungsvariante I-B sind die Grundwasserflurabstände im Mittel gering größer.

Tabelle 7.4: Grundwasserflurabstand gemittelt über Flächen der Teilbereiche im Planungsbereich I für die Planungsvariante I-C

Teilbereich Planungsbereich I	Grundwasser-Flurabstand (gemittelt über Teilbereich) [m]			
	Bezugszustand		I-C	
	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse	MW- Verhältnisse	HW- Verhältnisse
I/1	2.68	0.25	2.43	0.83
I/2	2.53	0.88	1.74	0.60
I/3	1.94	0.50	1.29	0.00
I/4	1.91	0.11	1.38	0.41
I/5	1.98	0.17	1.08	0.00
I/6	1.92	0.31	1.37	0.27
I/7	2.53	1.55	1.50	0.54
Mittelwert	2.21	0.54	1.54	0.38

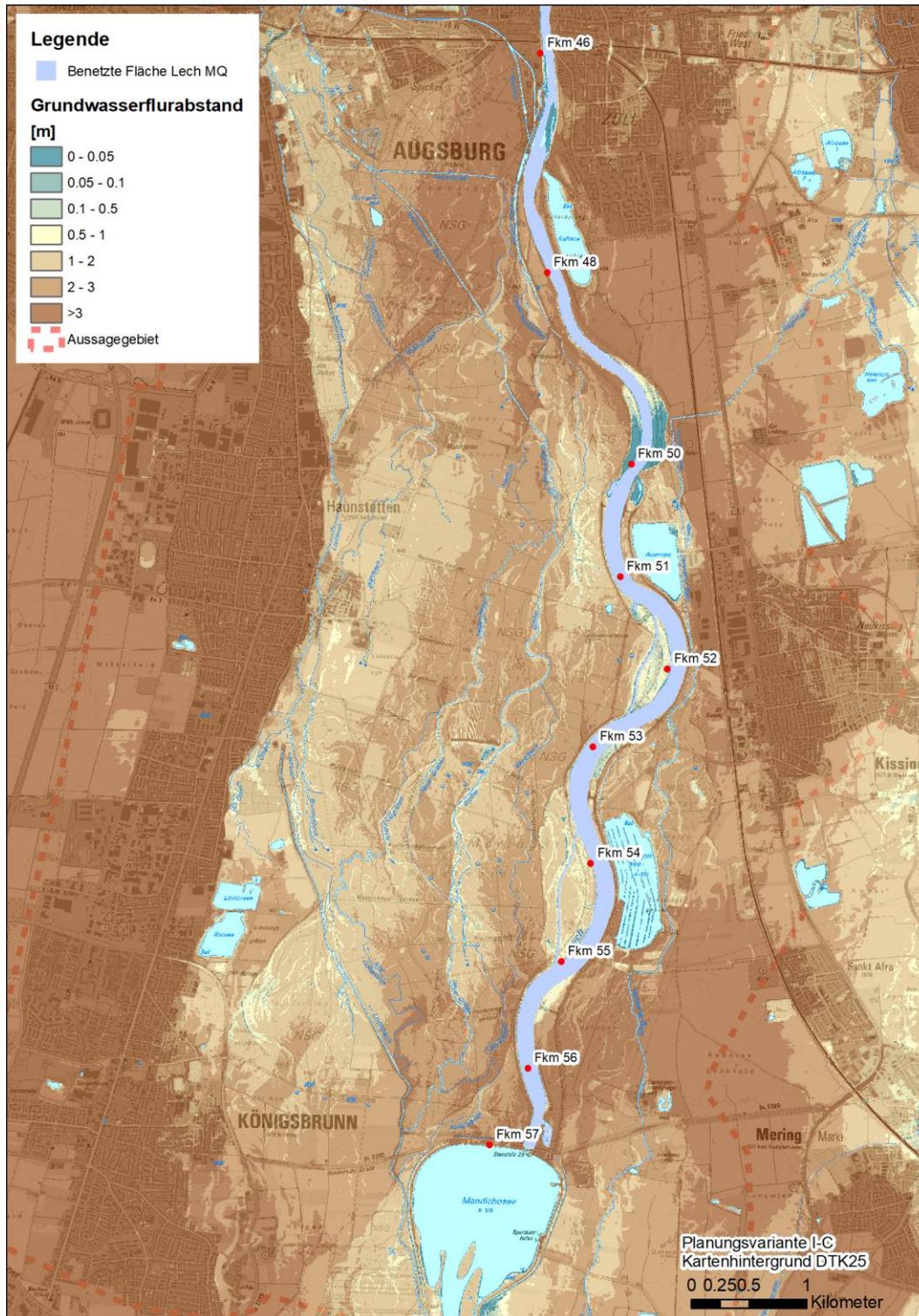


Abbildung 7.21: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-C bei MW-Verhältnissen im Planungsbereich I

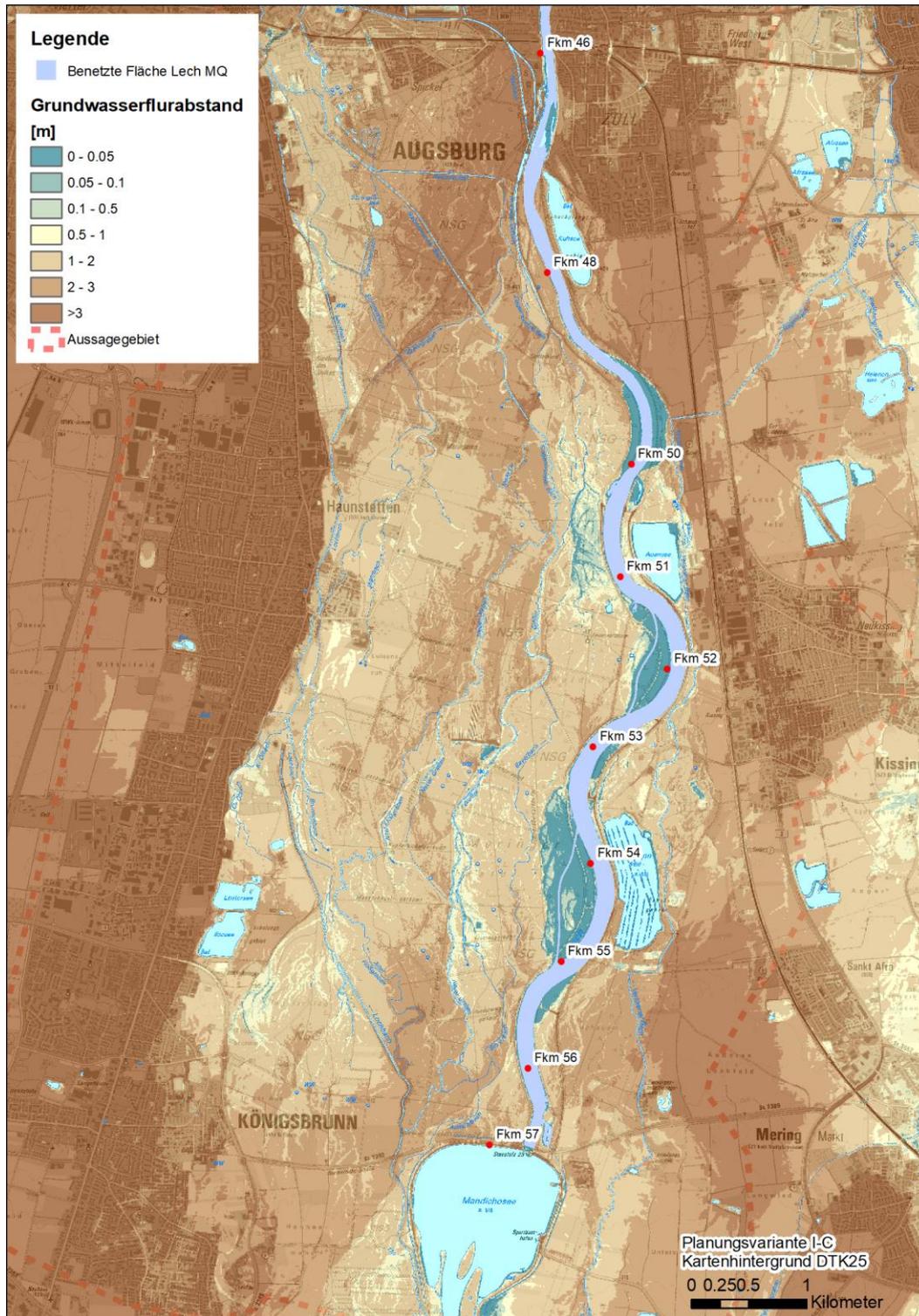


Abbildung 7.22: Grundwasserflurabstände der Planungsvariante I-C bei HW-Verhältnissen im Planungsbereich I

7.5 Zusammenfassung der Planungsvariante I-C

Die Auswertungen zeigen, dass durch die Planungsvariante I-C der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter und damit die Grundwasserstände, die Grundwasserdynamik sowie die Grundwasserfließverhältnisse im Planungsbereich I verändert werden. Im Planungsbereich II bleiben wesentliche Veränderungen aus.

Wie Planungsvariante I-B führt die Planungsvariante I-C bei MW-Verhältnissen zu einer Erhöhung der Netto-Infiltration aus dem Lech im Planungsbereich I. Ohne Kompensation durch Entnahmen aus den lechnahen Seen, würde dies zu einer deutlichen Erhöhung der Grundwasserstände führen. Durch gezielte Wasserspiegel-Fixierungen der Seen kann diese Erhöhung der Grundwasserstände ausgeglichen werden.

Bei HW-Verhältnissen wird der Austausch Lech-Grundwasserleiter im Vergleich zum Bezugszustand gemindert, sodass Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands im HW-Scheitel kleiner werden und sich Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands gegenüber dem Bezugszustand ausdehnen.

Insgesamt sind die Auswirkungen der Planungsvariante I-C auf den Grundwasserleiter vertretbar:

- Die Aufhöhung der Grundwasserstände insbesondere bei niedrigen Grundwasserständen stellt eine Verbesserung des Grundwasservorrats dar. Trinkwasserschutzgebiete zwischen Staustufe 23 und Hochablass profitieren von dem verbesserten Vorrat.
- Bei Mittelwasser kommt es in Haunstetten und auf einer sehr kleinen Fläche in Kissing (1600 m²) zu geringen Aufhöhungen des Grundwasserstands. Im Gegensatz zu Planungsvariante I-A1/II-B1 ziehen sich bei Hochwasser Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands aus den Siedlungsgebieten zurück. Kissing profitiert von Absenkungen des Grundwasserstands bei HW-Verhältnissen.
- Die Grundwasserflurabstände nehmen im Planungsbereich I in Lechnähe bei MW- und HW-Verhältnissen in fast allen Teilbereichen ab.
- Grundwasserstände im Planungsbereich II sind durch die Planungsvariante I-C bei MW- und HW-Verhältnissen unbeeinflusst. Bei MNW-Verhältnissen kommt es zu einer geringen Erhöhung der Grundwasserstände bis ca. Fkm 45.

Die abschließende Bewertung der Planungsvariante I-C erfolgt im Rahmen der Anlage zur Variantenbewertung (Anlage 3).

8 Zusätzliche Betrachtungen für die Planungsvariante I-B

8.1 Berücksichtigung eines HW-Ereignisses an der Paar

8.1.1 Modellaufbau

In den folgenden Simulationläufen wird während dem HW-Scheitel am Lech ein Paar-Hochwasser berücksichtigt. Details sind dem Bericht zum Bezugszustand zu entnehmen (Anlage 6.3). Durch die Berücksichtigung der Paar im Modell soll sichergestellt werden, dass die Auswirkungen eines Paar-HWs auf die Wirkung der Planungen untersucht werden kann.

Die Betrachtung erfolgt instationär.

8.1.2 Modellergebnisse

8.1.2.1 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Die folgenden Abbildungen zeigen die Bilanz des Lechs (Abbildung 8.1 bis Abbildung 8.4) und der Paar (Abbildung 8.5 und Abbildung 8.6).

Verglichen mit dem Bezugszustand sind die Änderungen des Austauschs am Lech wesentlich, die Änderungen sind jedoch vom Paar-HW unabhängig (d.h. sind identisch mit den Bilanzänderungen der Planungsvariante I-B ohne Paar-HW, vgl. Kapitel 4.2.2). An der Paar zeigen die Auswertungen, dass die Maßnahmen am Lech den Austausch der Paar mit dem Grundwasserleiter sowohl im Flussschlauch als auch in den Ausuferungsflächen nicht beeinflussen.

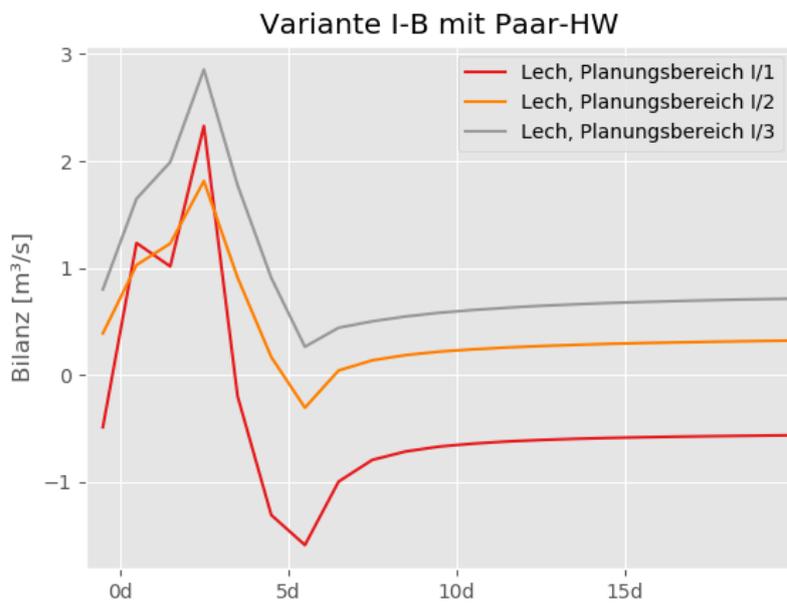
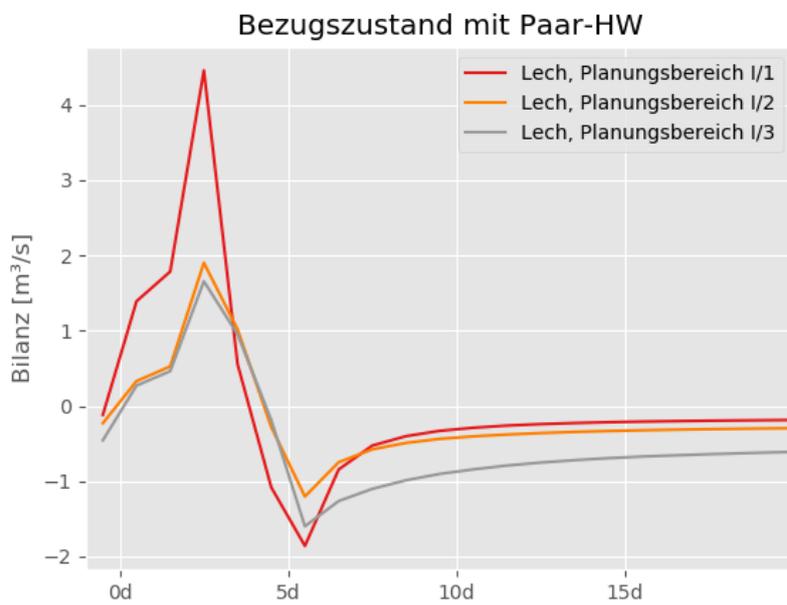


Abbildung 8.1: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

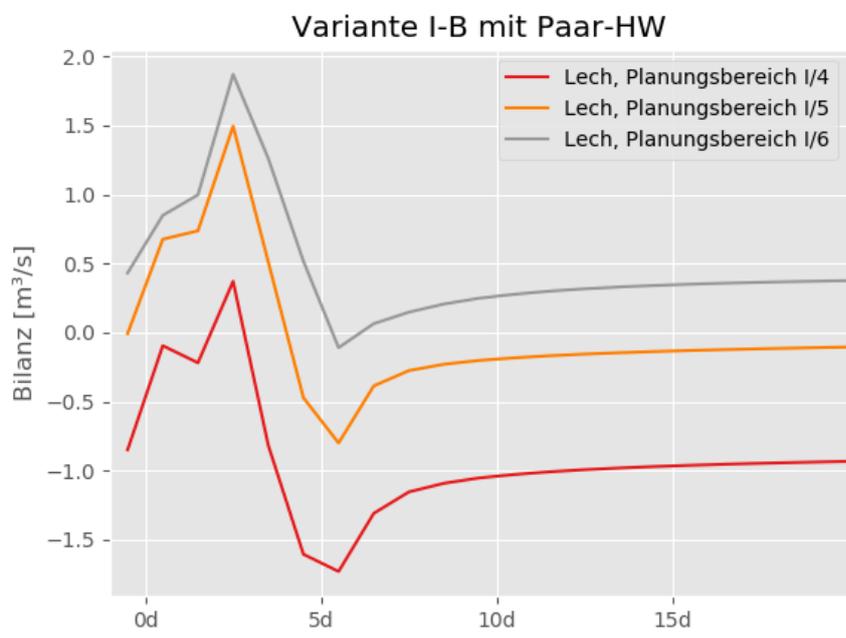
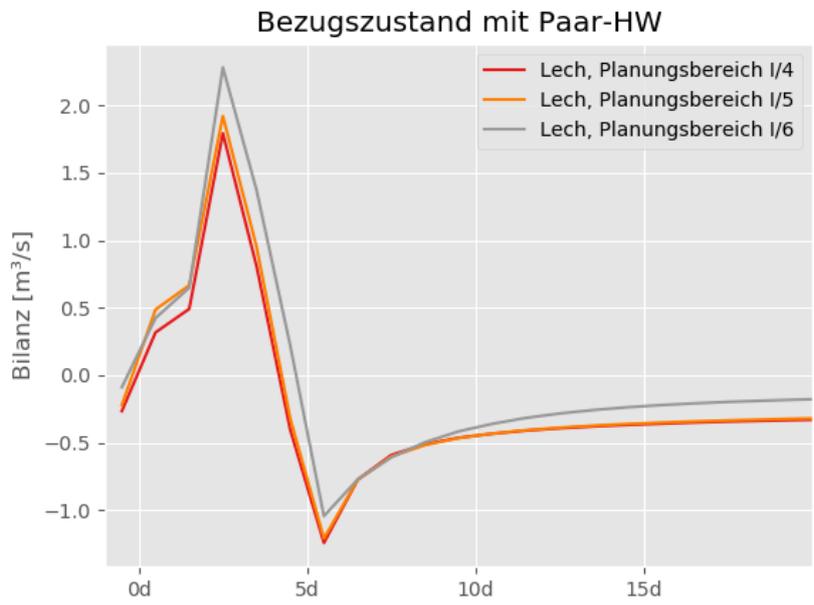


Abbildung 8.2: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

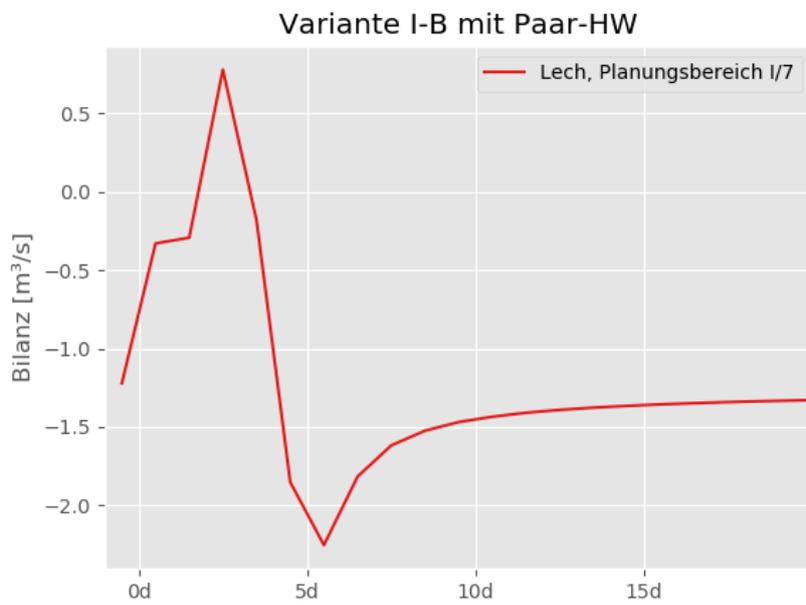
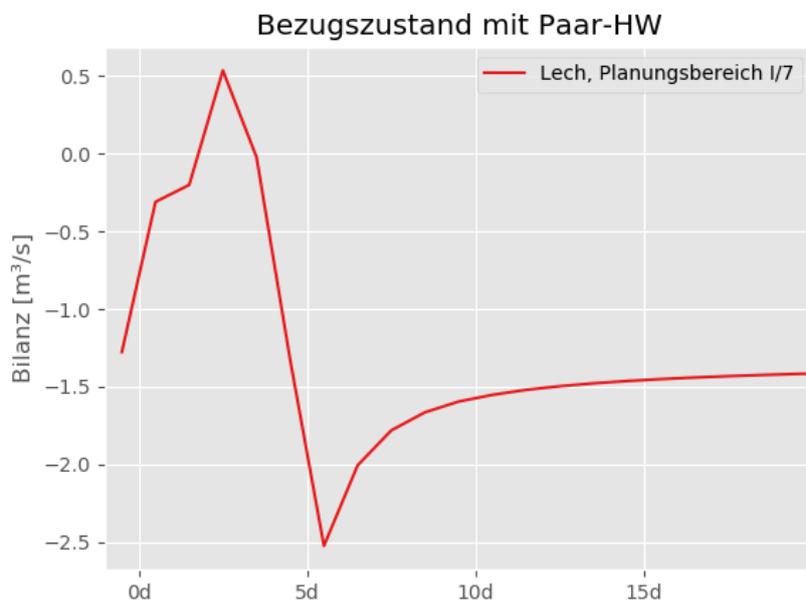


Abbildung 8.3: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

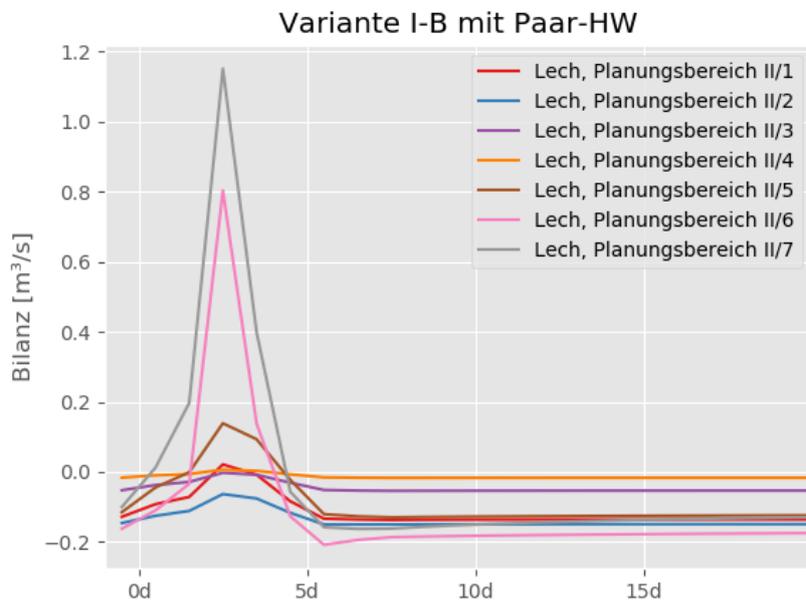
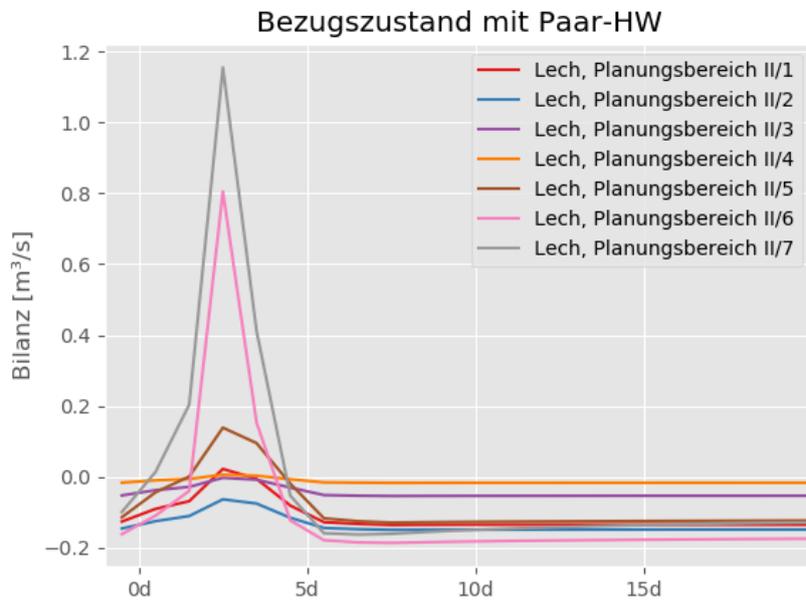


Abbildung 8.4: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

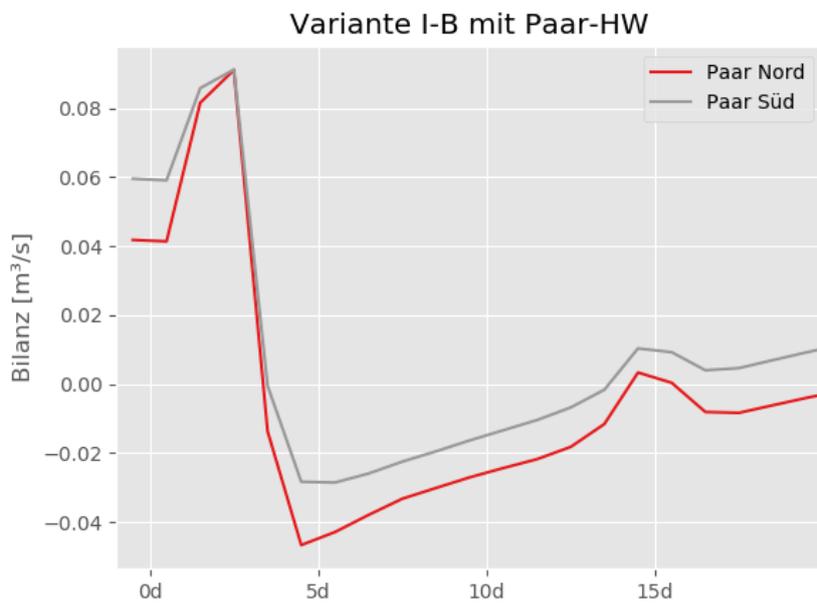
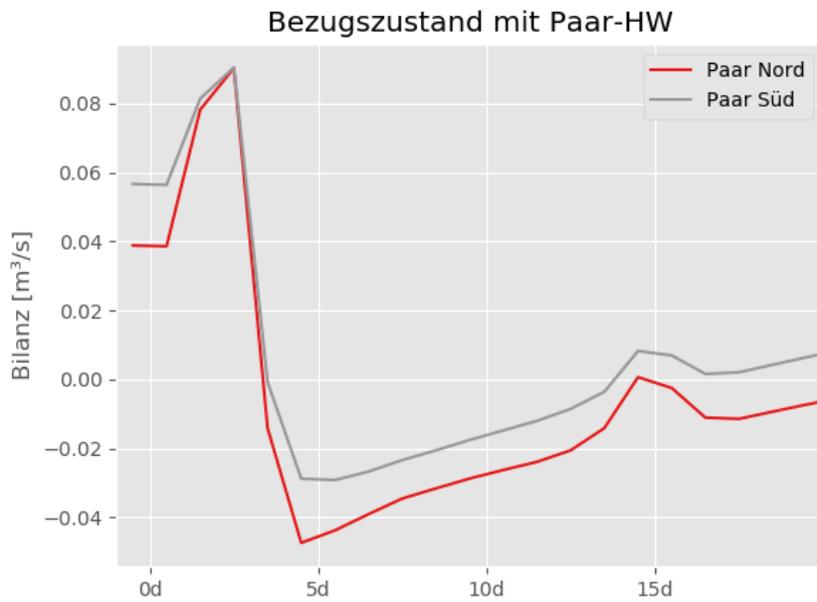


Abbildung 8.5: Bilanz der Paar (Flussschlauch) bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

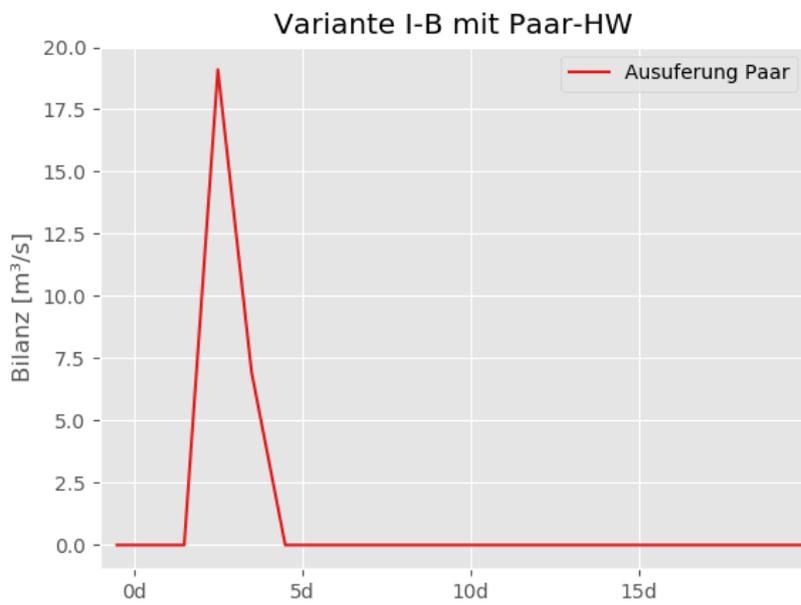
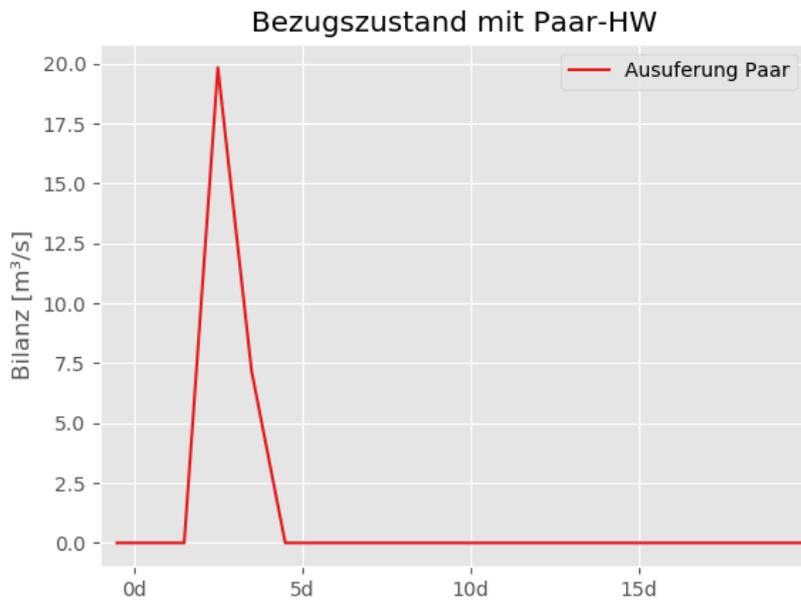


Abbildung 8.6: Bilanz der Paar (Ausuferungsflächen) bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B unter Berücksichtigung eines Paar-HWs.

8.1.2.2 Veränderung von Grundwasserständen

Abbildung 8.7 zeigt die Veränderung der Grundwasserstände durch Planungsvariante I-B bei einer zusätzlichen Berücksichtigung eines Paar-Hochwassers. Die Aufhöhungen und Absenkungen sind weitgehend identisch mit den Ergebnissen der Planungsvariante I-B ohne Berücksichtigung eines Paar-HW (siehe Abbildung 8.8). In Kissing reicht der Bereich mit Absenkungen des Grundwasserstands im Vergleich zur Planungsvariante I-B ohne Paar-HW etwas weniger weit nach Osten. Aufhöhungen des Grundwasserstands in bebauten Gebieten liegen nicht vor.

Abbildung 8.9 bis Abbildung 8.17 zeigen die Grundwasserstandsganglinien der Planungsvariante I-B mit Paar-HW im Vergleich zum Bezugszustand. Die Betrachtung des HW-Falls beginnt mit dem jeweiligen MW-Grundwasserstand, der für Bezugs- und Planungszustand besonders in Lechnähe unterschiedlich ausfällt (vergleiche Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände der Planungsvariante I-B im MW-Fall).

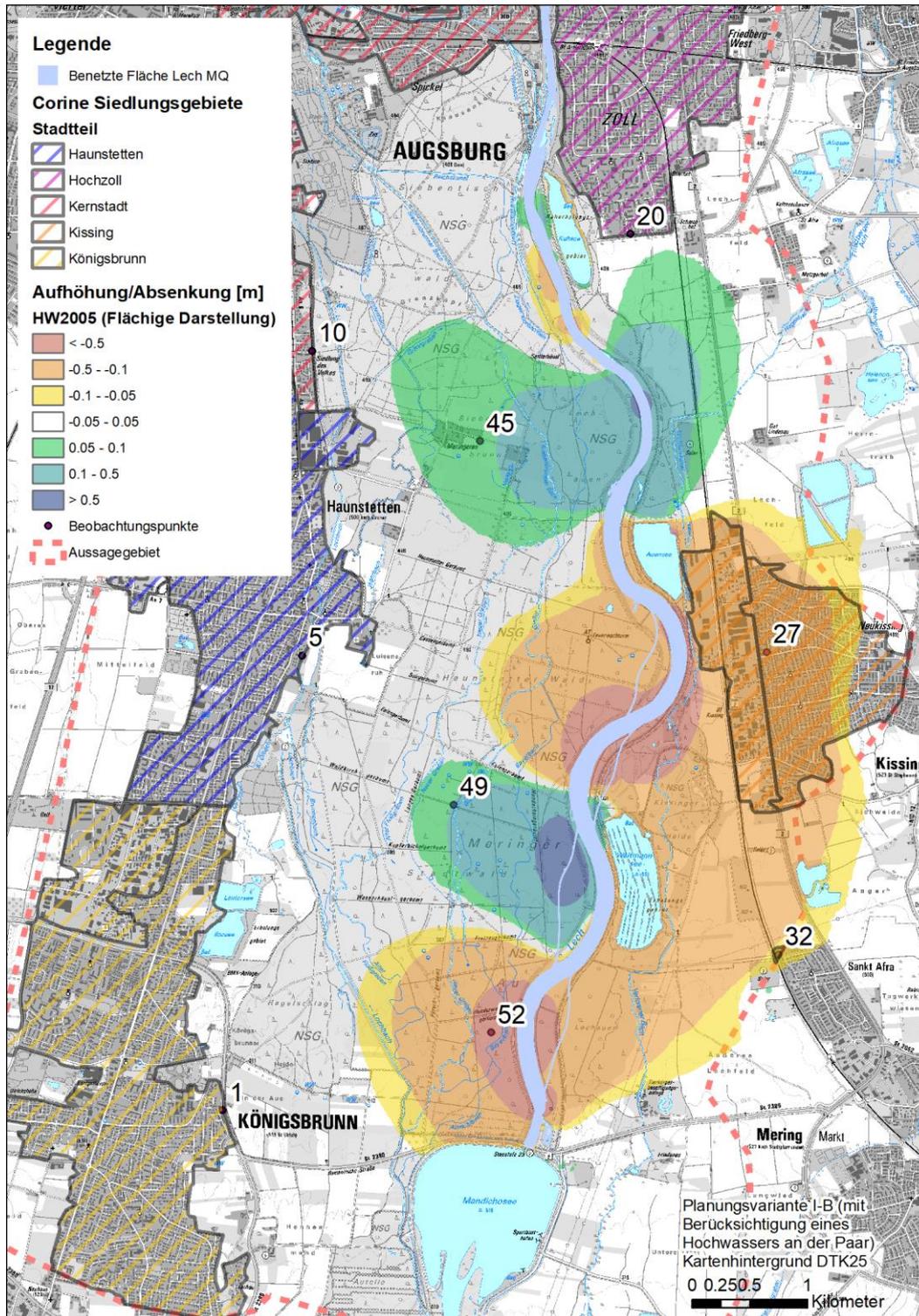


Abbildung 8.7: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen und unter Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar

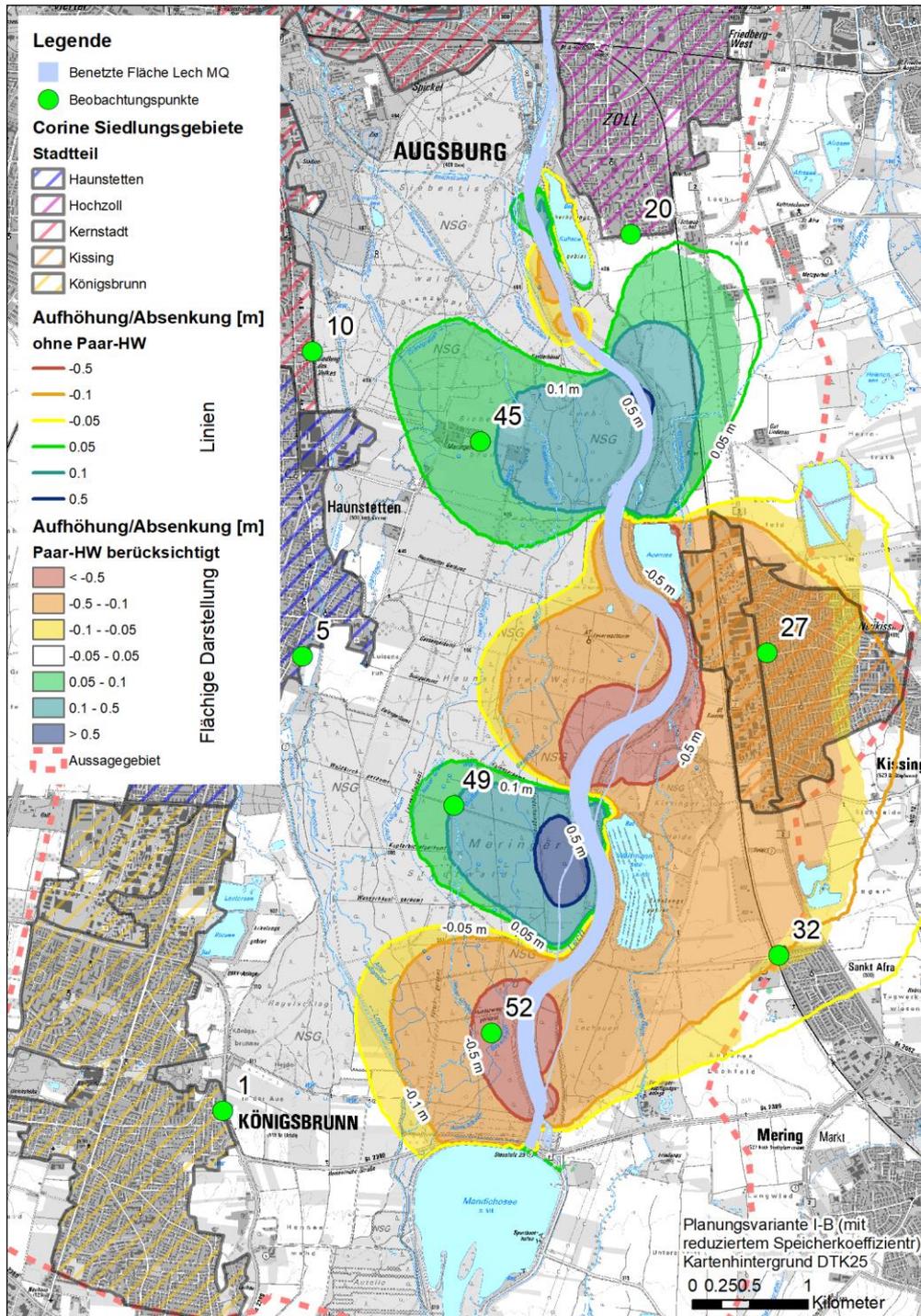


Abbildung 8.8: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen mit (flächige Darstellung) und ohne (Linienförmige Darstellung) Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar

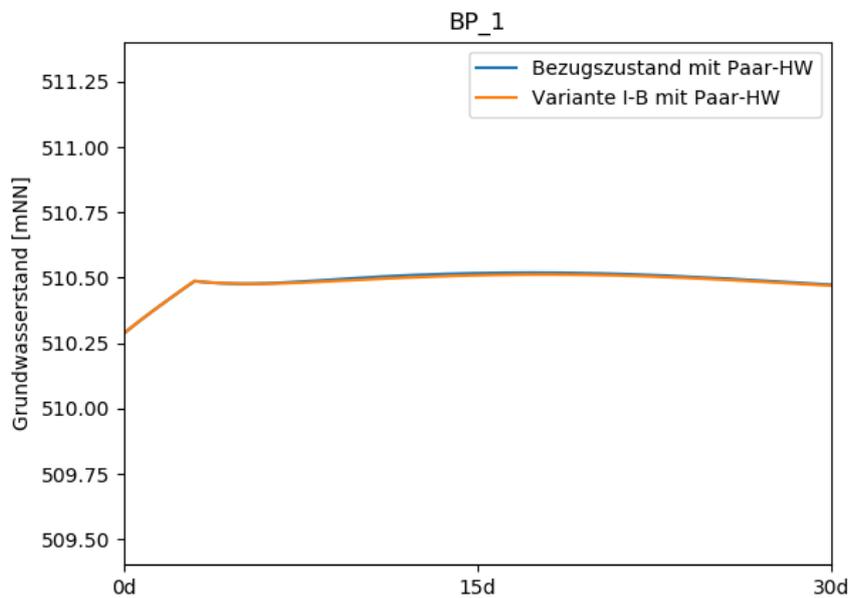


Abbildung 8.9: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers an der Paar)

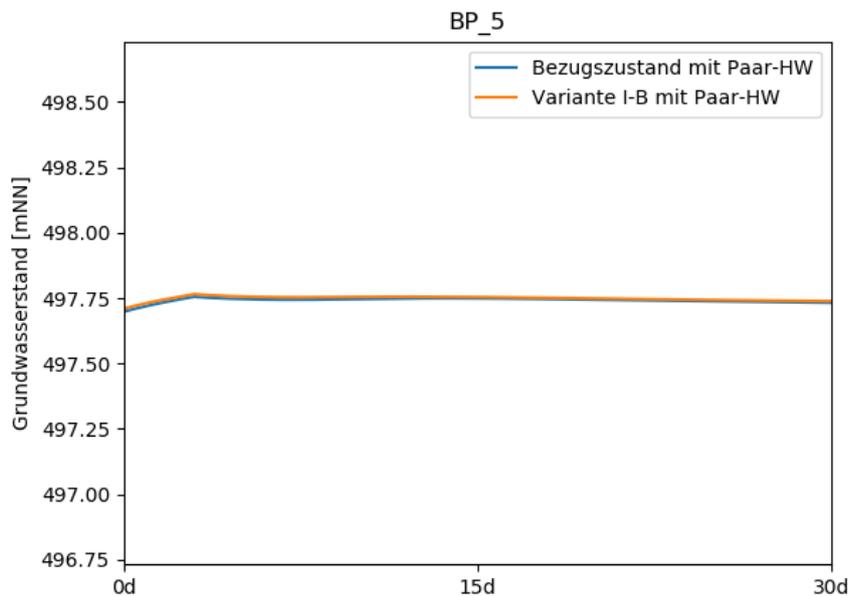


Abbildung 8.10: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

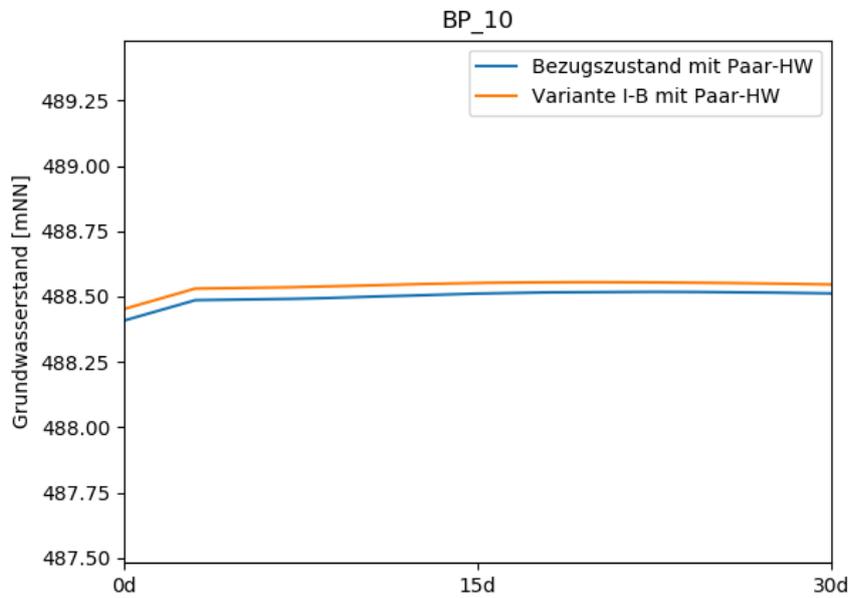


Abbildung 8.11: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

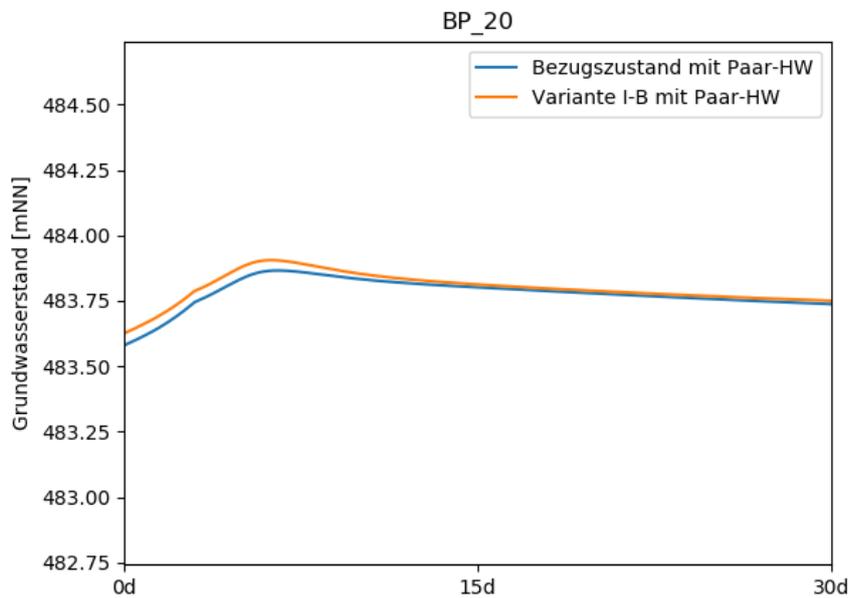


Abbildung 8.12: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

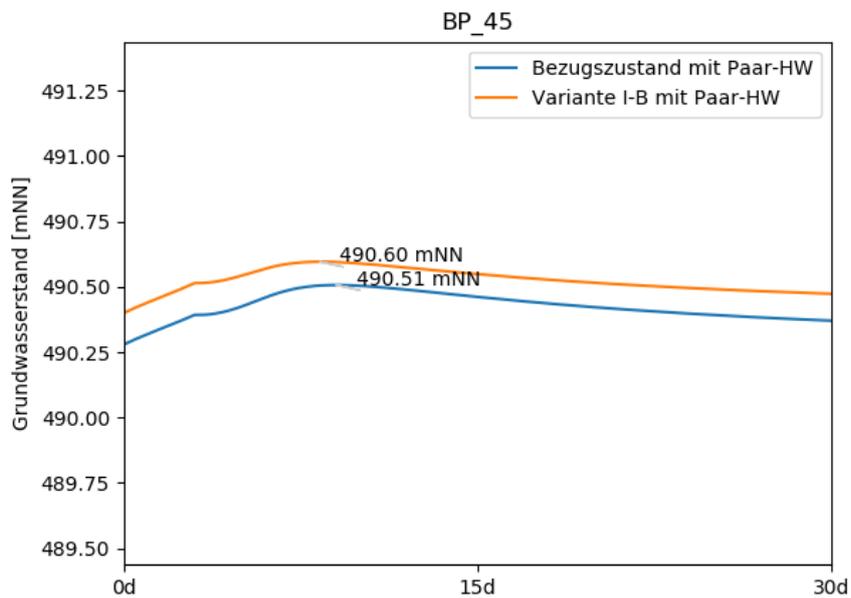


Abbildung 8.13: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

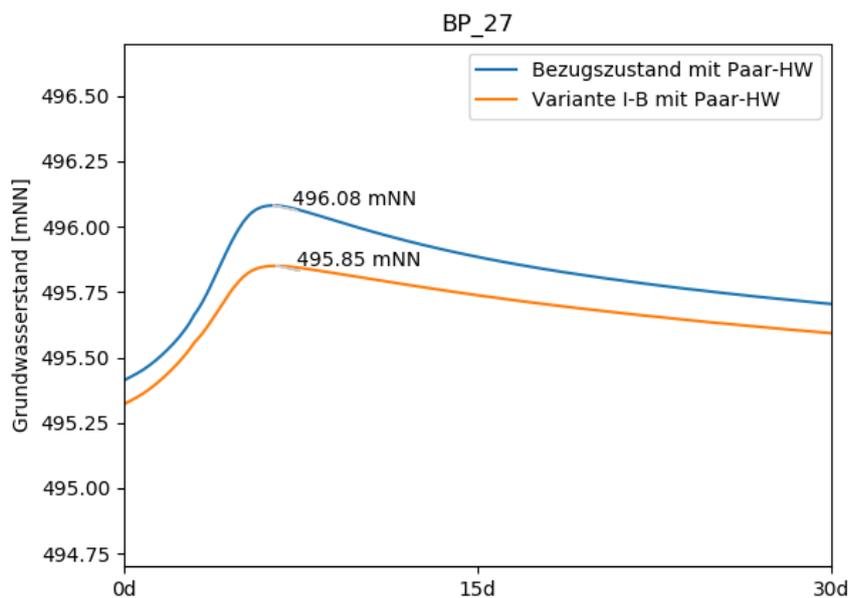


Abbildung 8.14: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

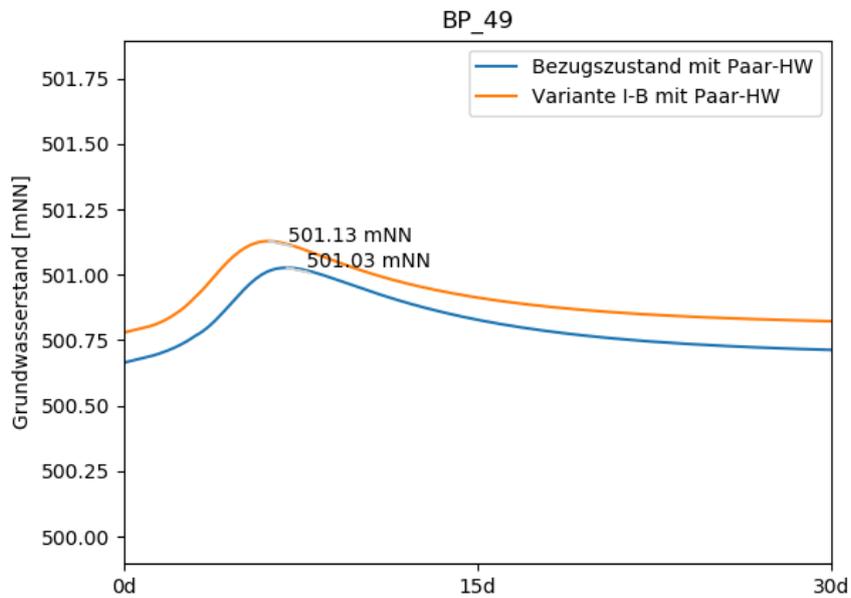


Abbildung 8.15: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

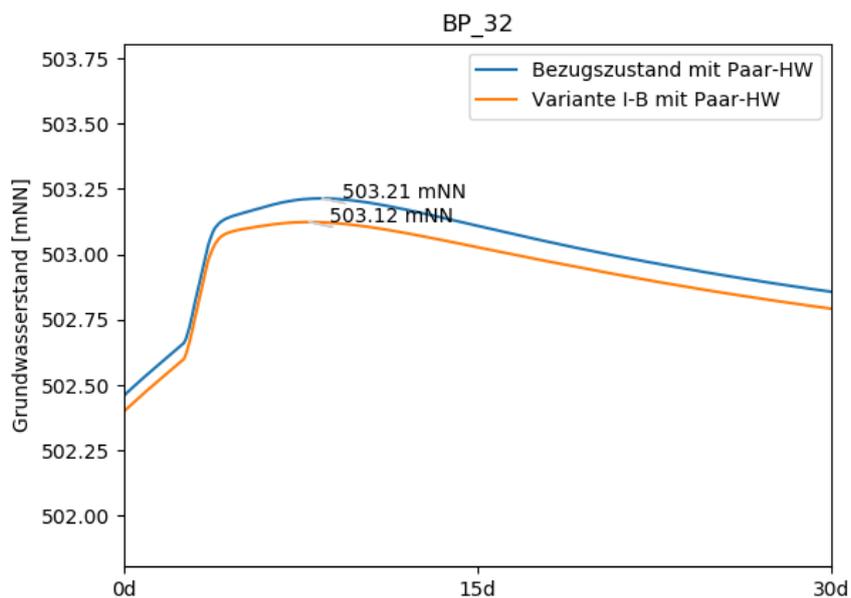


Abbildung 8.16: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

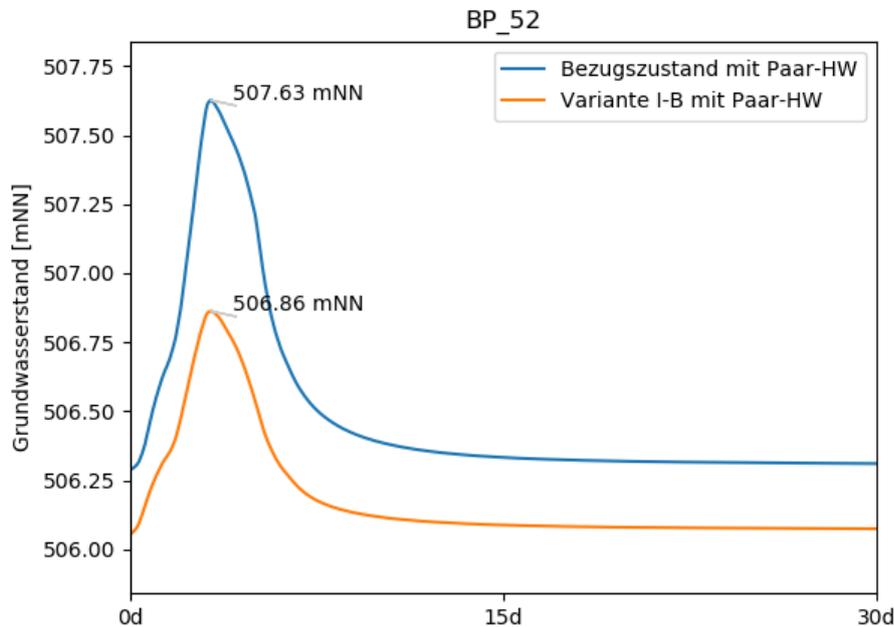


Abbildung 8.17: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 von Bezugszustand und Planungsvariante I-B (mit Berücksichtigung eines Hochwassers am Lech und an der Paar)

8.1.3 Fazit

Durch die Berücksichtigung des Paar-HWs in Bezugs- und Planungszustand I-B erhöhen sich die Grundwasserstände östlich des Lechs zum Teil wesentlich. Die Auswertungen zeigen, dass die Wirkung der Planungsvariante I-B weitgehend gleich bleibt, der Bereich mit Absenkungen des Grundwasserstands im Osten Kissings wird etwas kleiner. Damit ist nachgewiesen, dass die Maßnahmen am Lech bei gleichzeitigem Auftreten von Hochwässern an Lech und Paar zu keiner Verschlechterung der Situation in Siedlungsgebieten führen. Für den Westen Kissings stellt die Planungsvariante I-B bezüglich Reduzierung von Grundwasserhöchstständen weiterhin eine Verbesserung dar (Absenkung der Grundwasserstände).

8.2 Betrachtung eines Modelllaufs mit global reduziertem speichernutzbarem Hohlraumanteil

8.2.1 Modellaufbau

Wie im Bericht zu Aufbau und Kalibrierung des Grundwassermodells (Anlage 6.2) beschrieben, ist in einigen Bereichen eine eindeutige Definition des speichernutzbaren Hohlraumanteils nicht möglich. Daher wird für die folgenden Untersuchungen der speichernutzbare Hohlraumanteil des Quartärs außerhalb der Hochterrassen auf 0,1 reduziert.

8.2.2 Modellergebnisse

8.2.2.1 Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Abbildung 8.18 bis Abbildung 8.21 zeigen den Austausch des Grundwasserleiters mit dem Lech für den Bezugs- und Planungszustand (jeweils mit reduziertem Speicherkoeffizient).

Der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter wird durch die Planungsvariante I-B bei Annahme eines reduzierten speichernutzbaren Hohlraumanteils deutlich verändert. Die Ganglinien der Bilanzen zeigen qualitativ ein ähnliches Bild wie die Bilanzen der Planungsvariante I-B ohne reduziertem speichernutzbaren Hohlraumanteil. Durch den geringeren Speicherkoeffizient fallen die maximalen Austauschraten im Vergleich zur Planungsvariante I-B ohne reduziertem speichernutzbaren Hohlraumanteil etwas geringer aus.

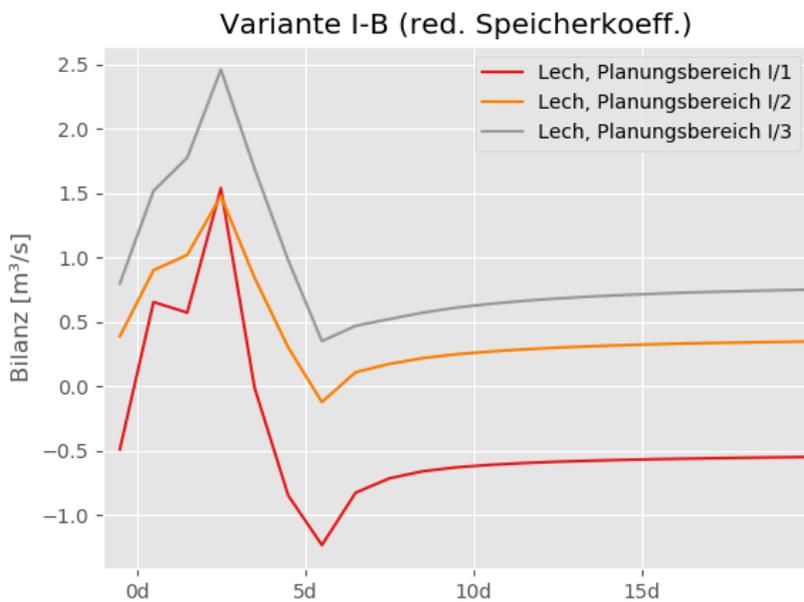
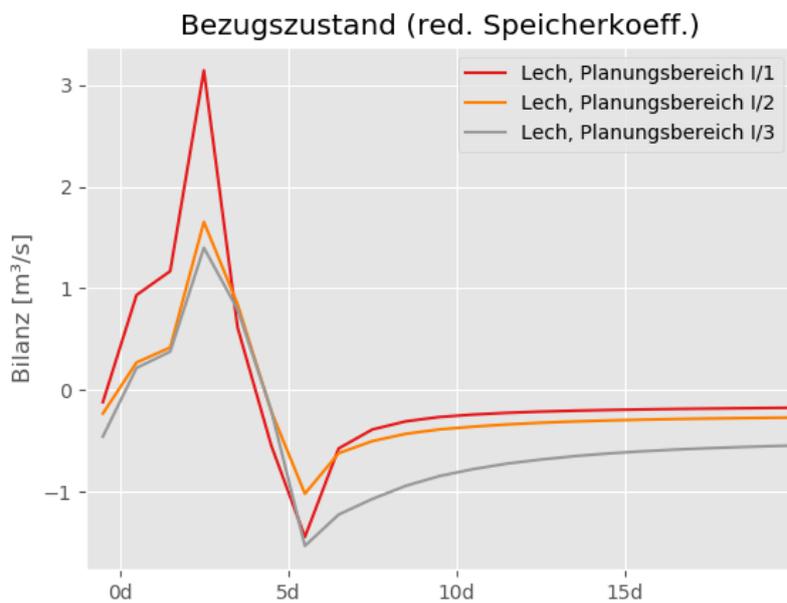


Abbildung 8.18: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient

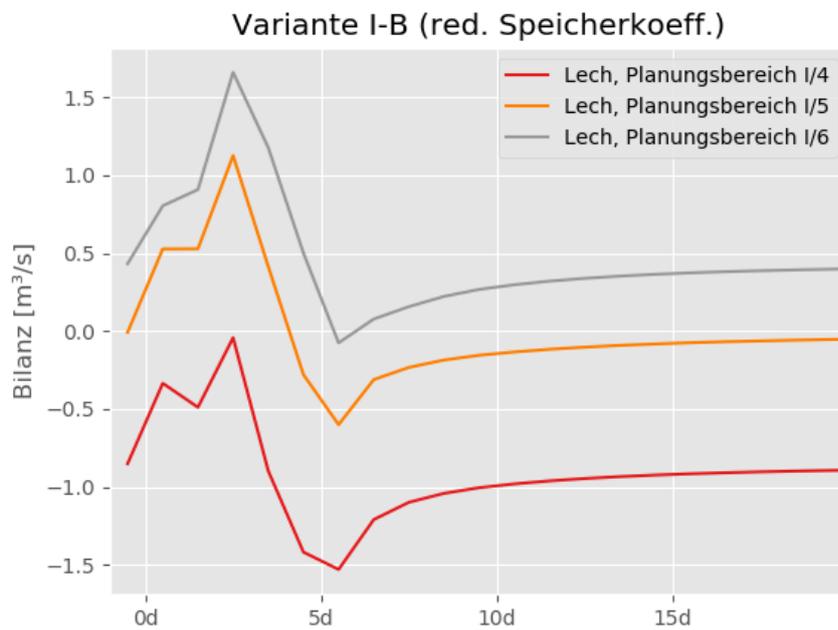
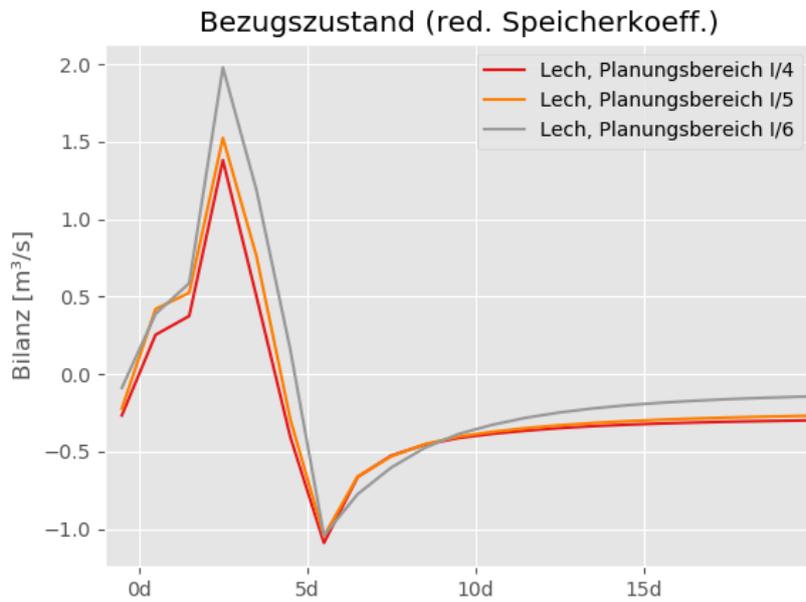


Abbildung 8.19: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient

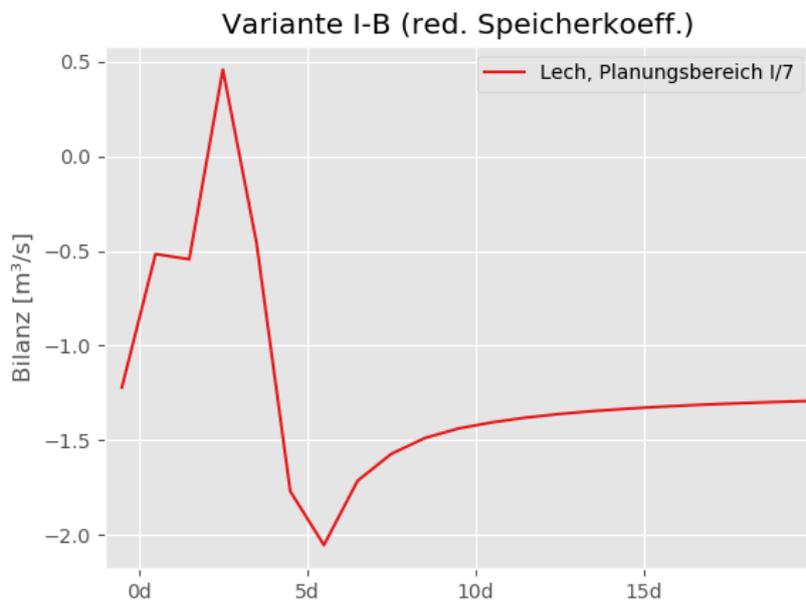
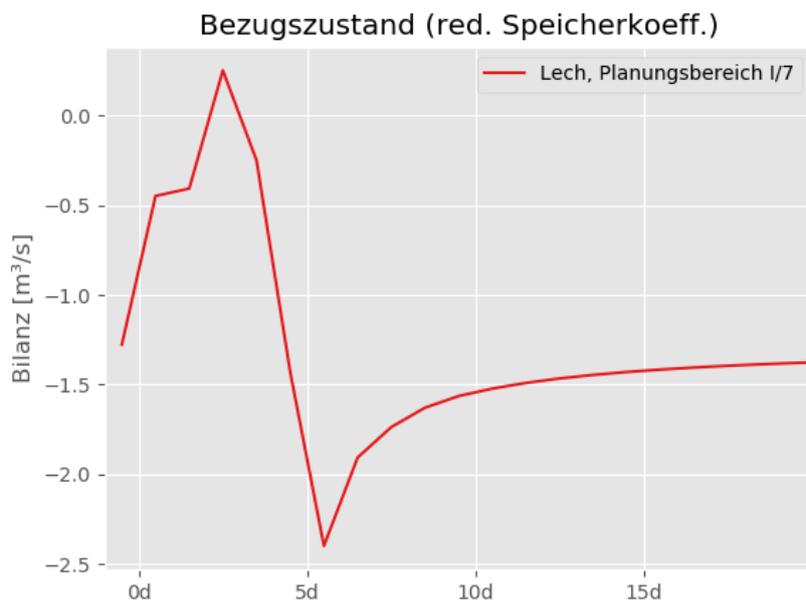


Abbildung 8.20: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient

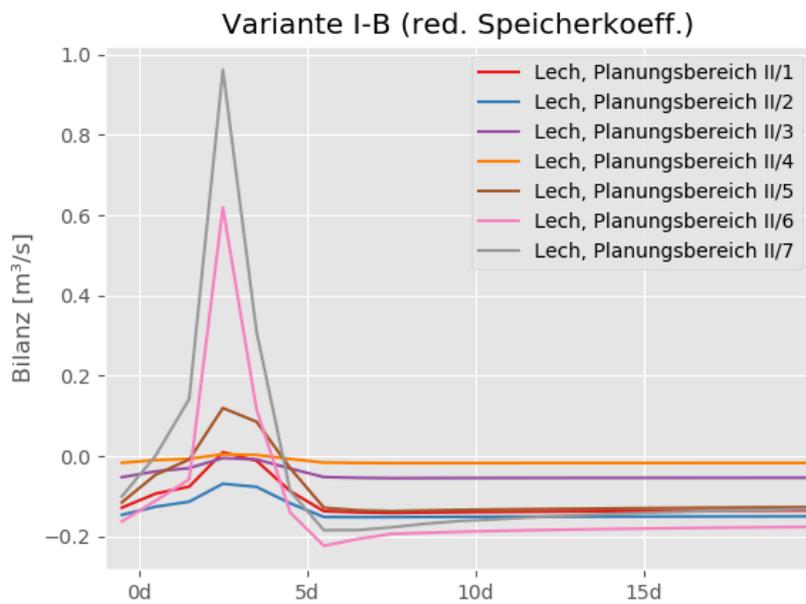
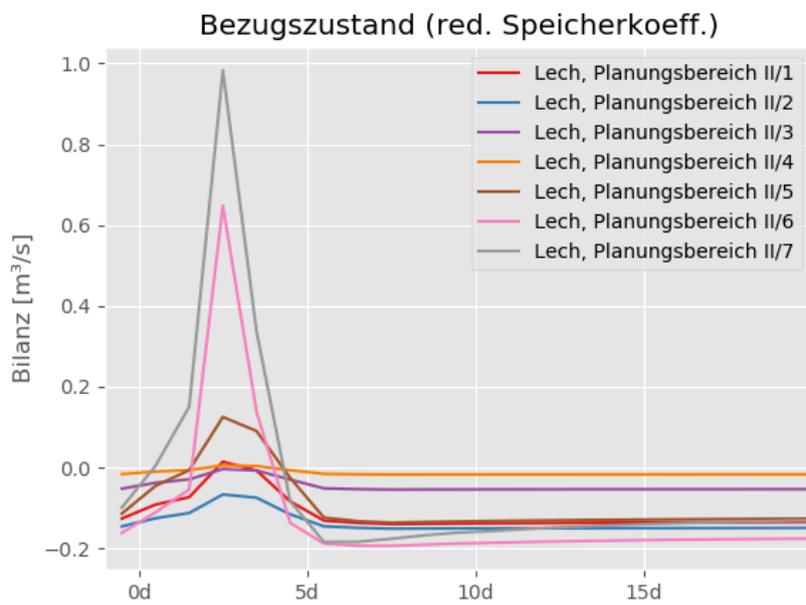


Abbildung 8.21: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei reduziertem Speicherkoeffizient

8.2.2.2 Veränderung von Grundwasserständen in Siedlungsgebieten

Abbildung 8.22 zeigt die Veränderung des Grundwasserstands der Planungsvariante I-B gegenüber dem Bezugszustand bei global reduziertem Speicherkoeffizienten. Im HW-Fall kommt es innerhalb der Siedlungsgebiete zu keinen Aufhöhungen des Grundwasserstands. Im Vergleich zur Wirkung der Planungsvariante I-B ohne reduziertem Speicherkoeffizient sind die Bereiche mit Aufhöhungen und Absenkungen des Grundwasserstands kleiner (siehe Abbildung 8.23: In dieser Abbildung sind Bereiche mit einer Aufhöhung/Absenkung des Grundwasserstands auf Grundlage des unveränderten Speicherkoeffizienten in Form von Linien dargestellt. Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands auf Grundlage des reduzierten Speicherkoeffizienten sind als flächige Farben dargestellt).

Abbildung 8.24 bis Abbildung 8.32 zeigen die Ganglinien des Grundwasserstands im Vergleich zum Bezugszustand.

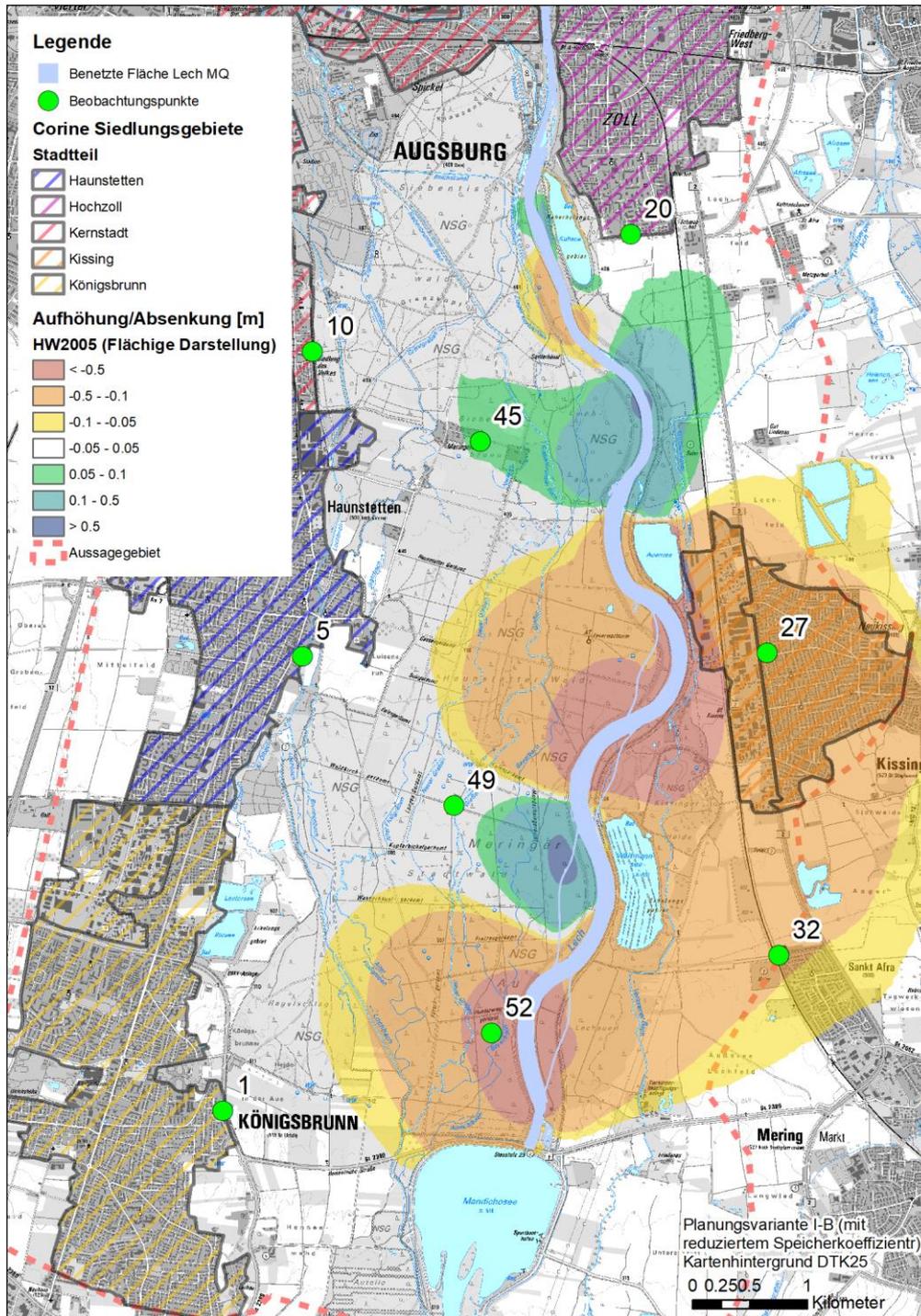


Abbildung 8.22: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen und unter Berücksichtigung eines reduzierten Speicherkoeffizients

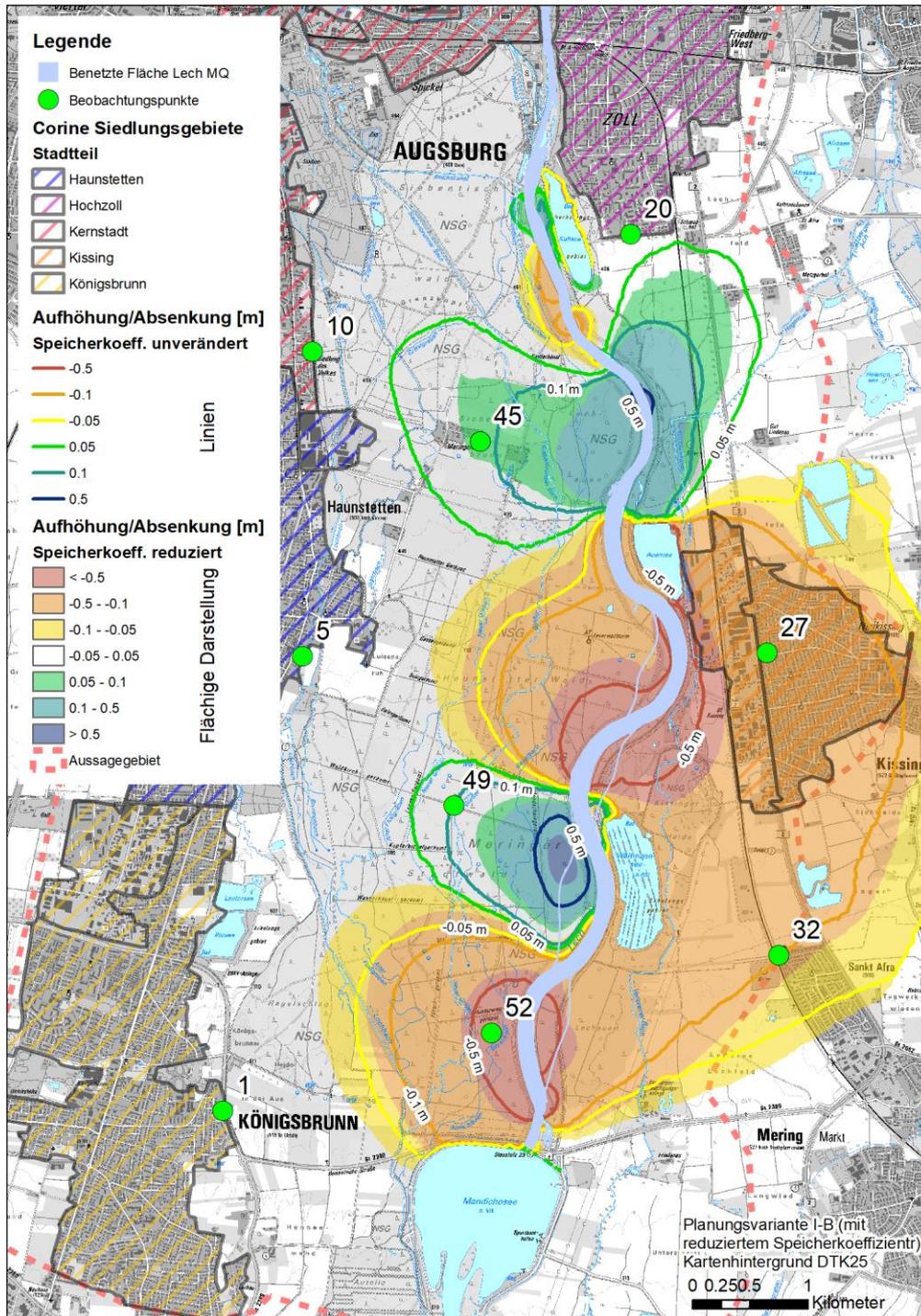


Abbildung 8.23: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen für den unveränderten (Linienförmige Darstellung) und den reduzierten (flächige Darstellung) Speicherkoeffizient.

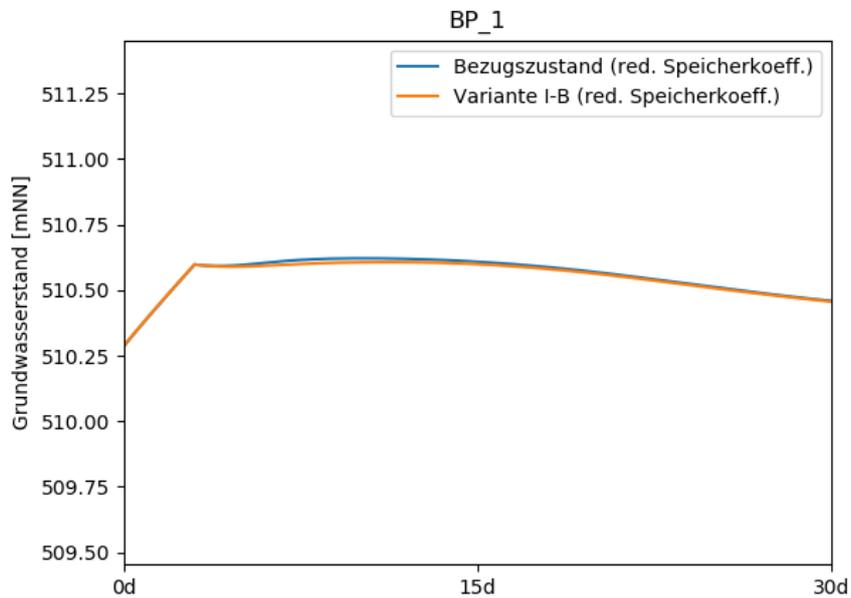


Abbildung 8.24: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 1 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

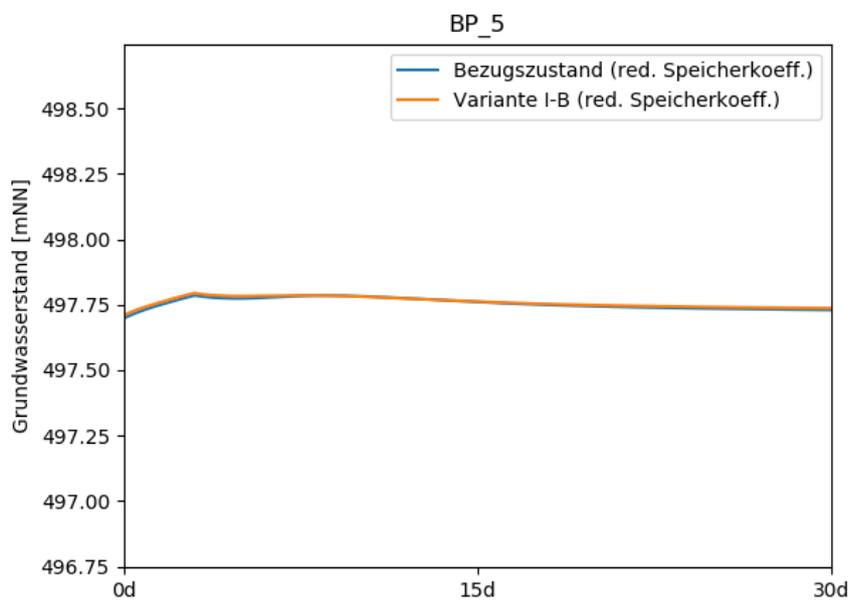


Abbildung 8.25: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 5 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

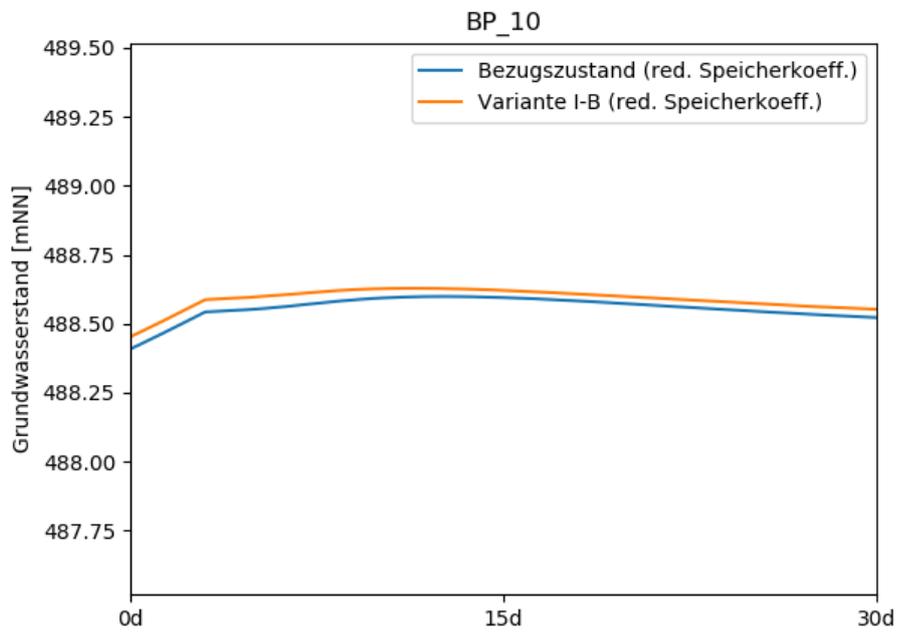


Abbildung 8.26: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 10 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

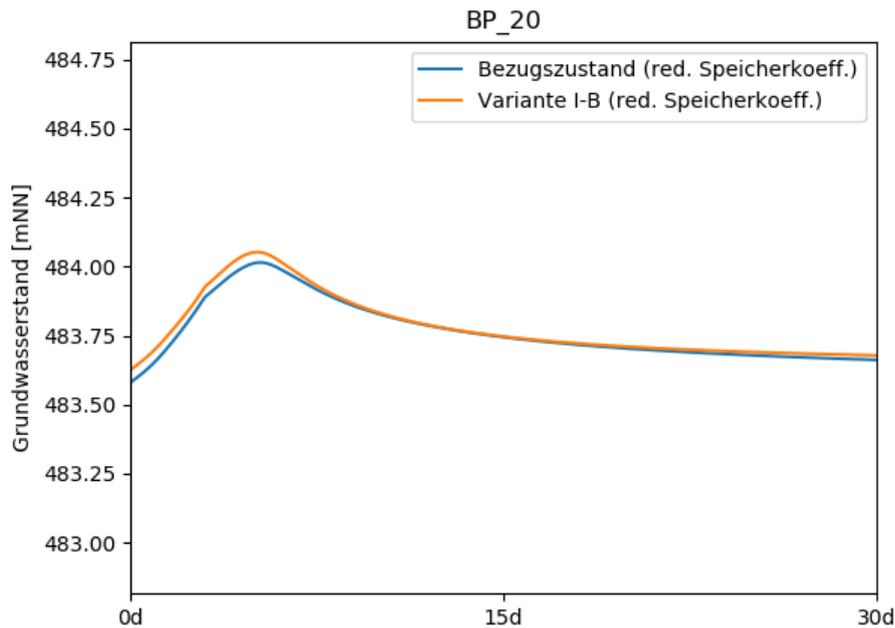


Abbildung 8.27: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 20 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

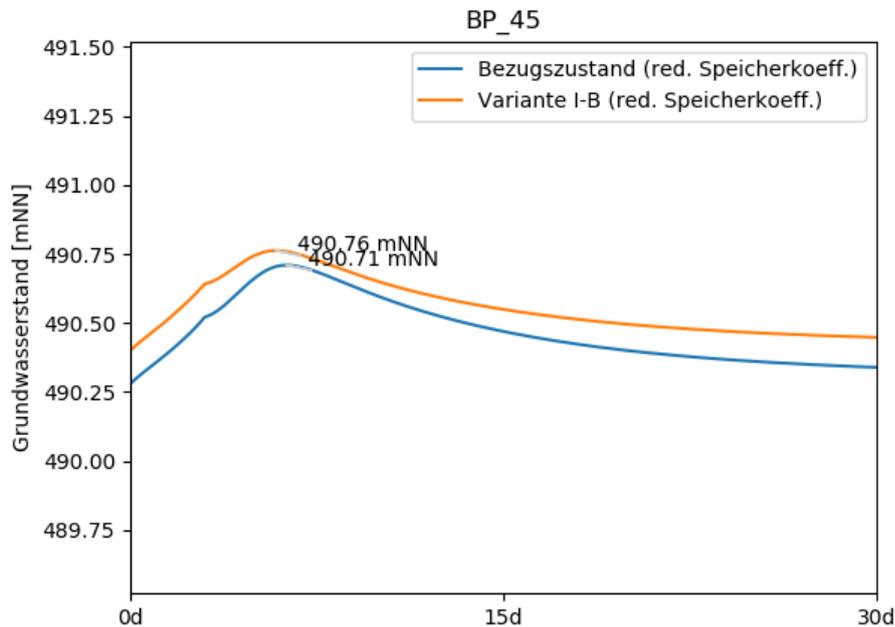


Abbildung 8.28: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 45 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

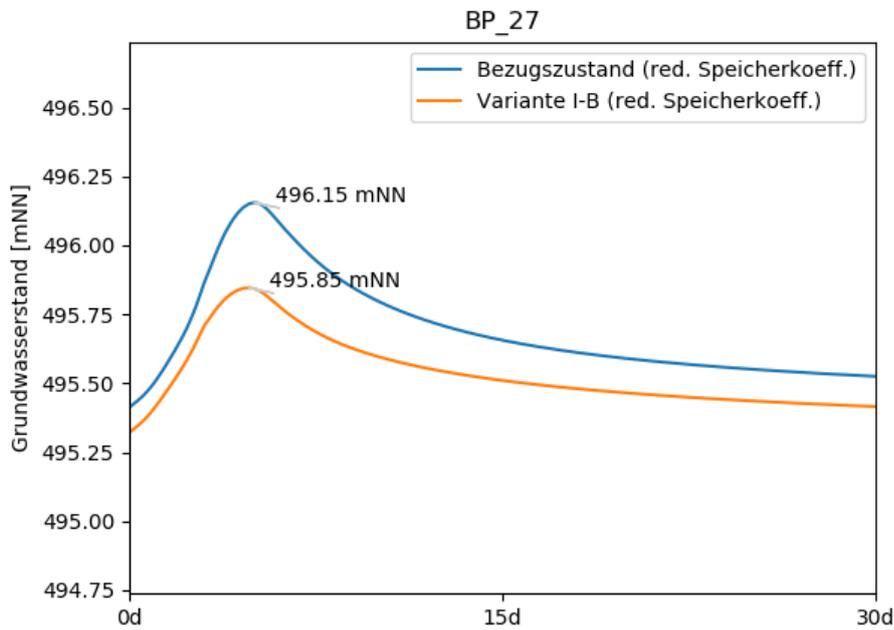


Abbildung 8.29: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 27 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

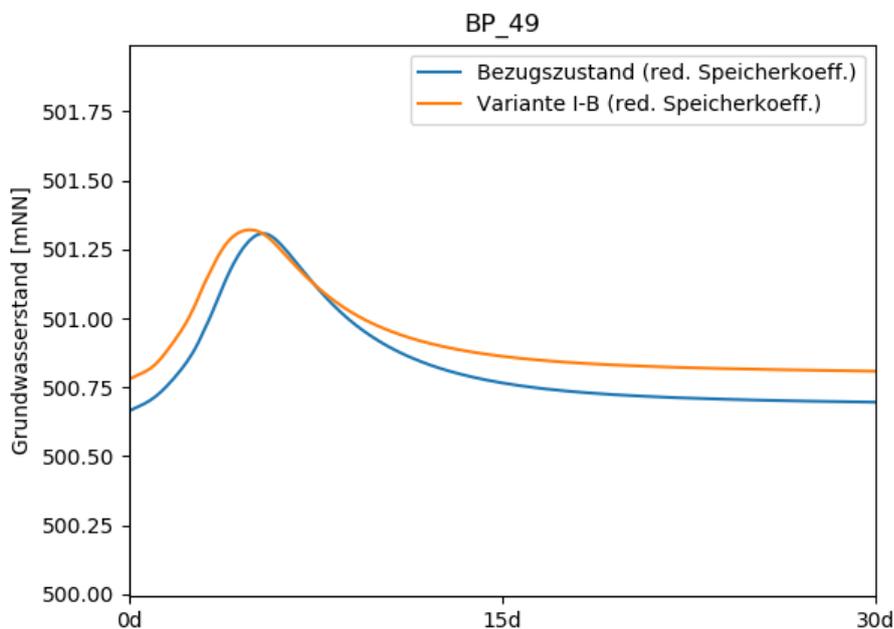


Abbildung 8.30: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 49 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

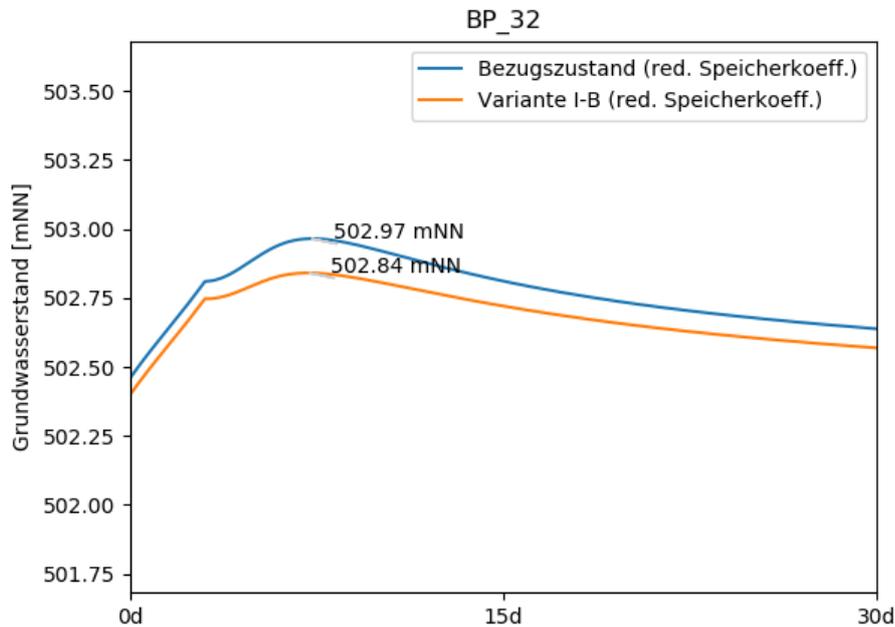


Abbildung 8.31: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 32 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

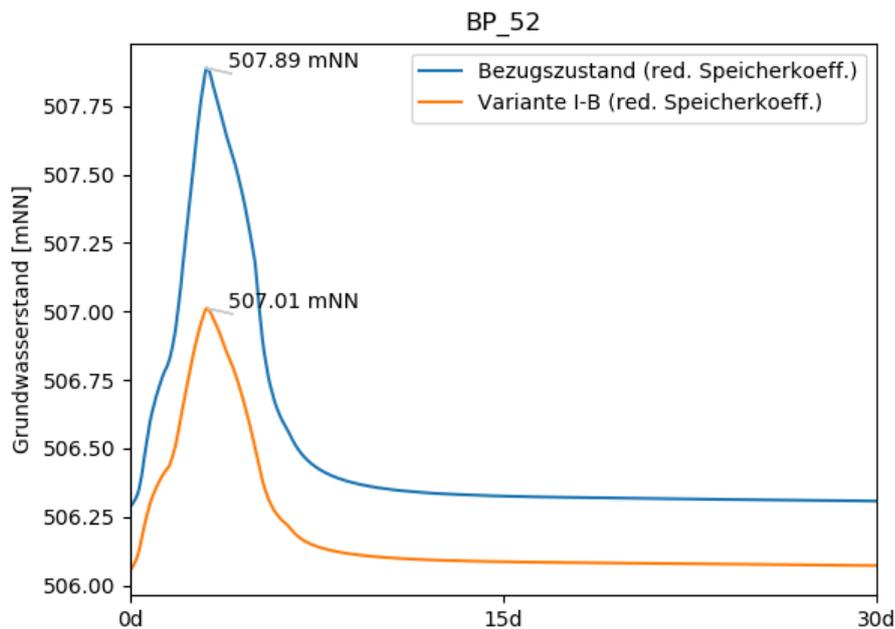


Abbildung 8.32: Vergleich der instationären Grundwasserstände am Beobachtungspunkt 52 bei HW-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B bei einem reduzierten Speicherkoeffizient.

8.2.3 Fazit

Die Auswertungen zeigen, dass es bei Annahme eines reduzierten speichernutzbaren Hohlraumanteils zu Bereichen mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands kommt. Insgesamt sind Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands aber im Vergleich zur Simulation mit unverändertem Speicherkoeffizient kleiner. Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands werden hingegen etwas größer. Damit ist belegt, dass auch ein geringerer Speicherkoeffizient als für die Simulationen angenommen, zu keiner Verschlechterung der Situation in Siedlungsgebieten führen würde.

8.3 Betrachtung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär

8.3.1 Modellaufbau

Gemäß den Ausführungen im Bericht zum Bezugszustand (Anlage 6.3) werden für die Annahme einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Modell Quartärspeisung) Entnahmeanteile, die im oberen Tertiär nicht berücksichtigt sind, auf das Quartär übertragen. Details sind dem Bericht zum Bezugszustand zu entnehmen.

Es werden die folgenden Modellläufe miteinander verglichen:

- Bezugszustand Quartärspeisung
- Variante I-B Quartärspeisung

Sowohl im Bezugs- als auch im Planungszustand I-B wurden die Entnahmeraten an Brunnen im oberen Tertiär gegenüber den unveränderten Modellen des Bezugs- und Planungszustands erhöht. Weitere Eigenschaften der Modelle wurden nicht angepasst. Ziel ist die Wirkung der Planungsvariante I-B bei Annahme einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär darzustellen.

8.3.2 Modellergebnisse

8.3.2.1 Bilanz

Bilanz bei mittleren Grundwasserständen

Tabelle 8.1 zeigt die Bilanz im Planungsbereich I für den Bezugs- und den Planungszustand bei Annahme der Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär im Vergleich zu Bezugs- und Planungszustand ohne Berücksichtigung der Quartärspeisung. Generell zeigt sich, dass der Gesamtumsatz im Planungsbereich I

durch die entnahmebedingt niedrigeren Grundwasserstände absinkt. Durch die geringeren Grundwasserstände sinken auch die vom Wasserspiegel abhängigen Entnahmen aus den Seen bei Planungsvariante I-B.

Die Annahme der Quartärspeisung verändert den Gesamtumsatz im Planungsbereich II nicht (siehe Tabelle 8.2)

Tabelle 8.1: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich I für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW). Vergleich für Bezugszustand und Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung der Quartärspeisung des oberen Tertiärs.

	FKM 56.74 - 53.4				53.4 - 50.4				50.4 - 47.2	Seen				Gesamtumsatz
	Gesamt	Planungsbereich			Gesamt	Planungsbereich			Planungs- bereich I/7	Weitmann- see	Auensee	Kuhsee	Gesamt	
		I/1	I/2	I/3		I/4	I/5	I/6						
Bezugszustand	-0.81	-0.12	-0.24	-0.46	-0.59	-0.27	-0.23	-0.09	-1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.68
Bezugszustand Quartärspeisung	-0.78	-0.12	-0.23	-0.44	-0.51	-0.24	-0.21	-0.05	-1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.50
Variante I-B	0.69	-0.49	0.39	0.80	-0.43	-0.85	-0.01	0.43	-1.22	-1.14	-0.42	-0.04	-1.60	-2.55
Variante I-B Quartärspeisung	0.71	-0.49	0.39	0.81	-0.35	-0.81	0.01	0.46	-1.17	-1.13	-0.41	-0.03	-1.57	-2.37

Tabelle 8.2: Bilanz [m³/s] im Planungsbereich II für mittlere Grundwasser-Verhältnisse (stationäres MW). Vergleich für Bezugszustand und Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung der Quartärspeisung des oberen Tertiärs.

	Bereich II								Sammler/Kanalisation			
	Gesamt	Planungsbereich							Schleifen- straße	Prinzstraße	Reichenb.- straße	Abwasser- kanäle
		II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7				
Bezugszustand	-0.71	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.33
Bezugszustand Quartärspeisung	-0.71	-0.12	-0.14	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.34	-0.24	-0.05	-0.33
Variante I-B	-0.72	-0.13	-0.15	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.35	-0.25	-0.05	-0.34
Variante I-B Quartärspeisung	-0.71	-0.12	-0.14	-0.05	-0.02	-0.11	-0.16	-0.10	-0.34	-0.24	-0.05	-0.33

Bilanz während Hochwasser-Verhältnissen

Abbildung 8.33 bis Abbildung 8.36 zeigen den Austausch des Grundwasserleiters mit dem Lech für den Bezugs- und Planungszustand (jeweils mit reduziertem Speicherkoeffizient).

Der Austausch des Lechs mit dem Grundwasserleiter wird durch die Planungsvariante I-B (Quartärspeisung) deutlich verändert. Die Ganglinien der Bilanzen zeigen qualitativ ein ähnliches Bild wie die Bilanzen der Planungsvariante I-B ohne Berücksichtigung einer Quartärspeisung.

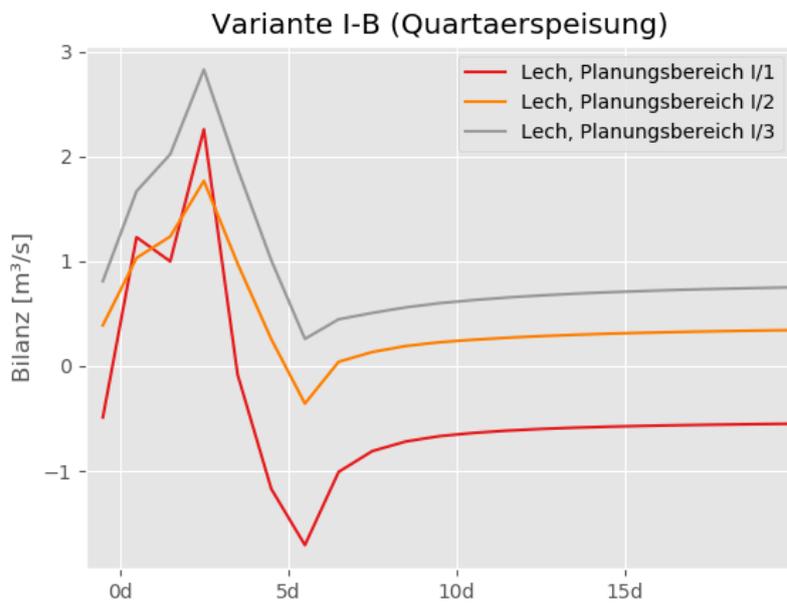
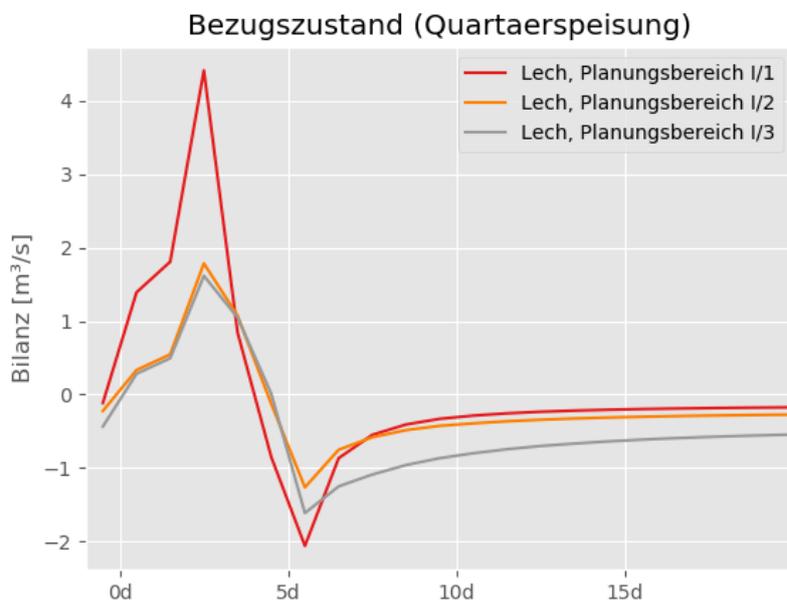


Abbildung 8.33: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/1 bis I/3 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung

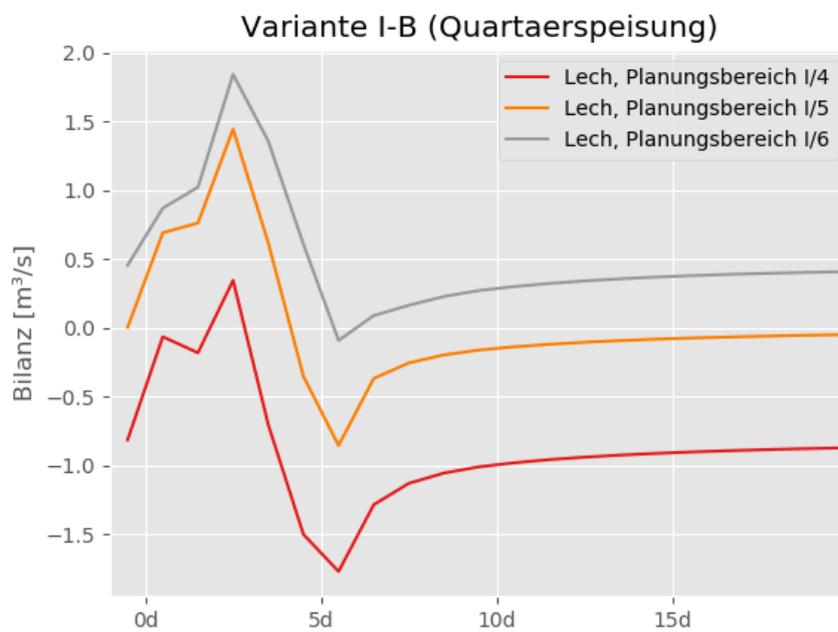
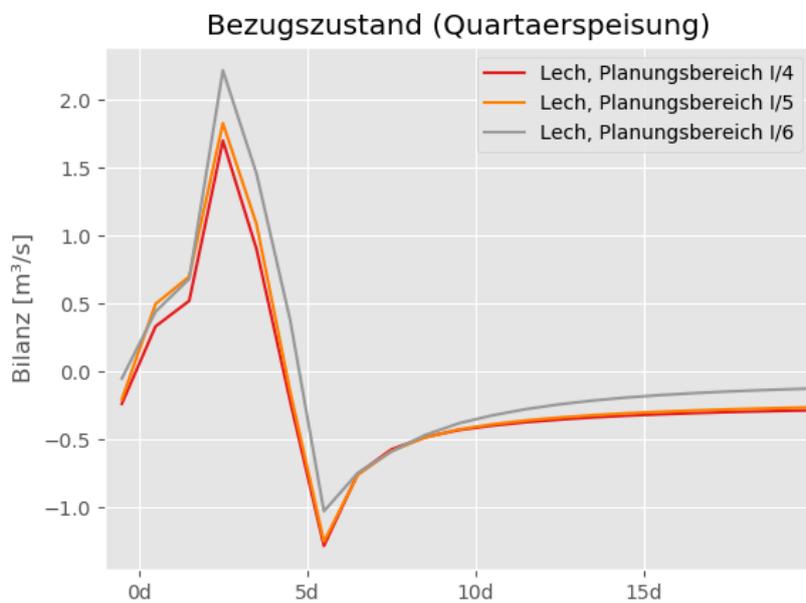


Abbildung 8.34: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/4 bis I/6 zwischen FKM 56.74 und 53.4 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartaerspeisung

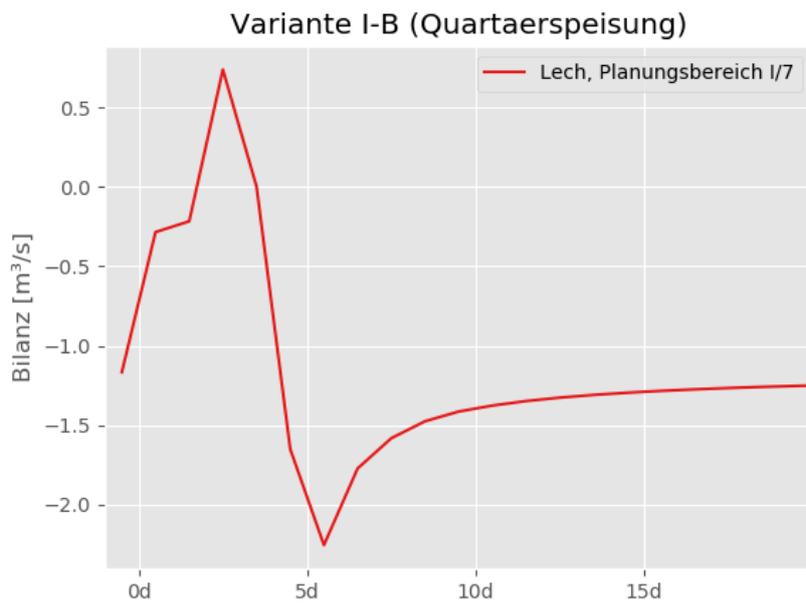
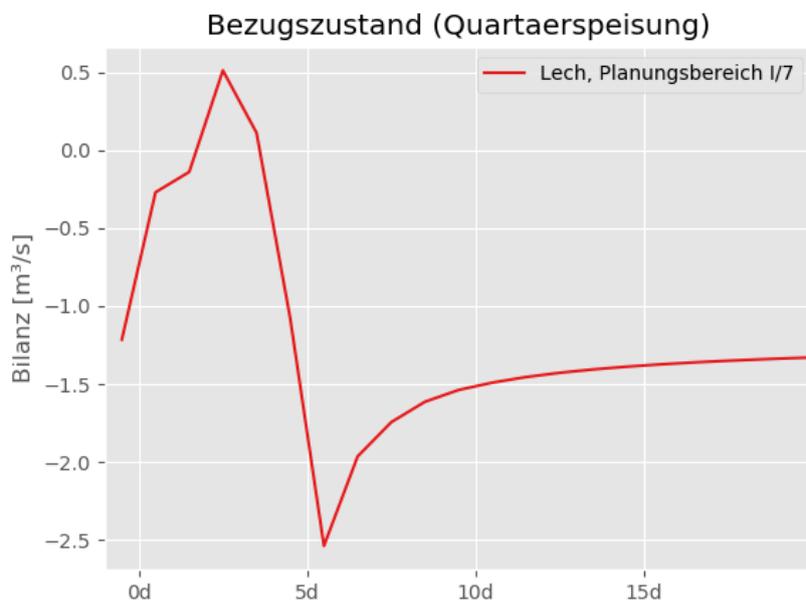


Abbildung 8.35: Bilanz des Lechs im Planungsbereich I/7 zwischen FKM 50.4 und 47.2 bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartärspeisung

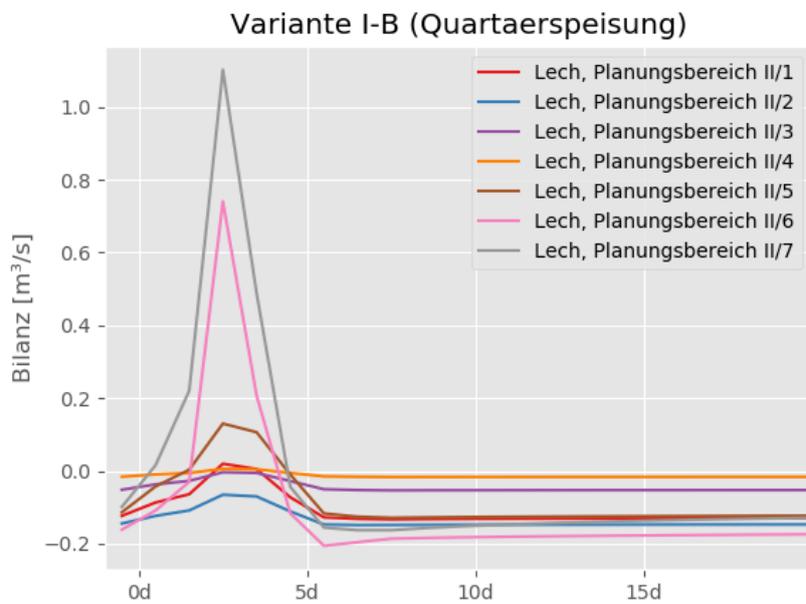
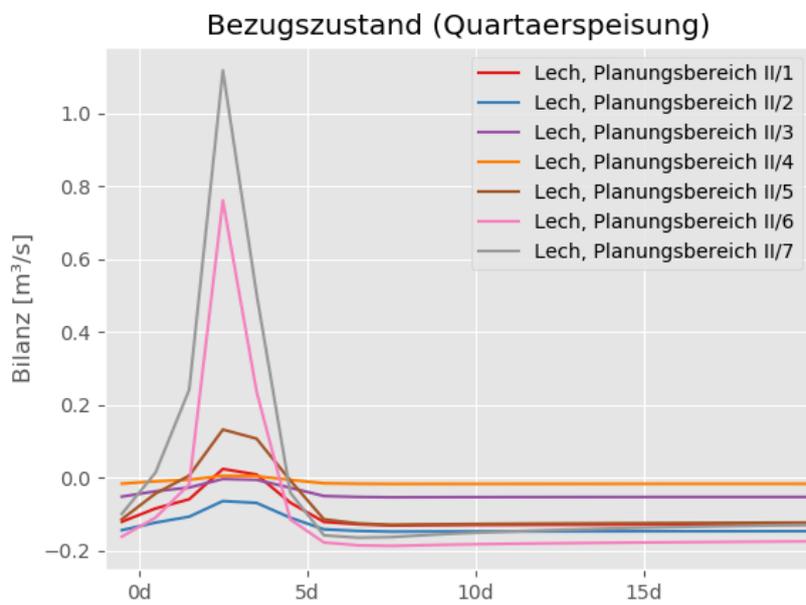


Abbildung 8.36: Bilanz des Lechs im Planungsbereich II bei Hochwasser-Verhältnissen für den Bezugszustand und die Planungsvariante I-B im Modell Quartäerspeisung

8.3.2.2 Veränderung von Grundwasserständen

Abbildung 8.37 zeigt die maßnahmenbedingte Veränderung der Grundwasserstände bei MW. Im südlichen Teil Hochzolls kommt es zu geringen Aufhöhungen des Grundwasserstands. Dies ist auf die im Vergleich zum unveränderten Planungszustand I-B etwas geringeren Entnahmen aus dem Kuhsee zurückzuführen. Die Entnahme aus dem Kuhsee ist abhängig vom ans Grundwasser gebundenen Wasserspiegel im Kuhsee. Ein Vergleich zwischen Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserspiegels durch die Planungsvariante I-B mit bzw. ohne Berücksichtigung der Quartärspeisung wird in Abbildung 8.38 gegeben. Die Veränderungen des Grundwasserspiegels im HW-Fall zeigt Abbildung 8.39.

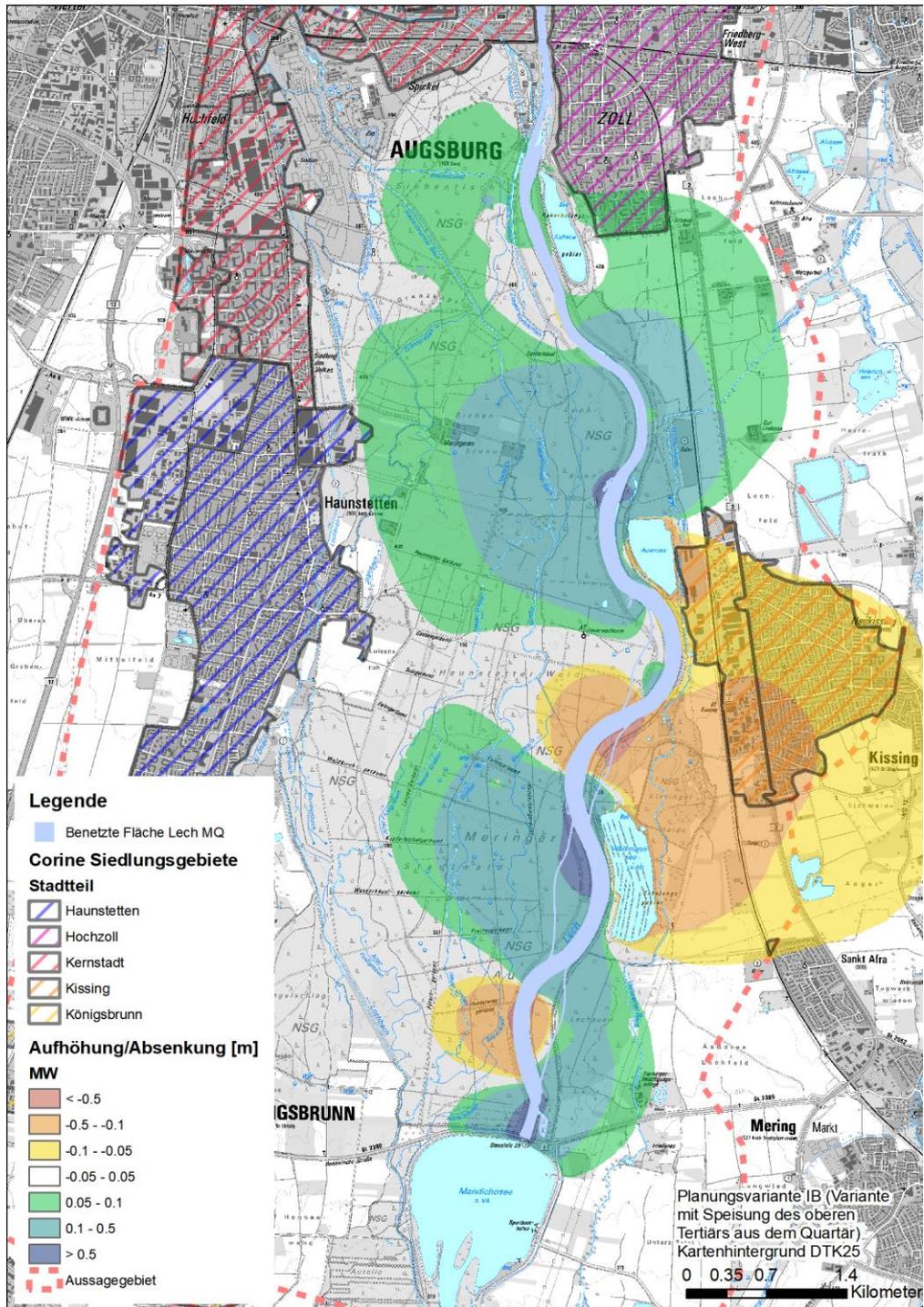


Abbildung 8.37: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen

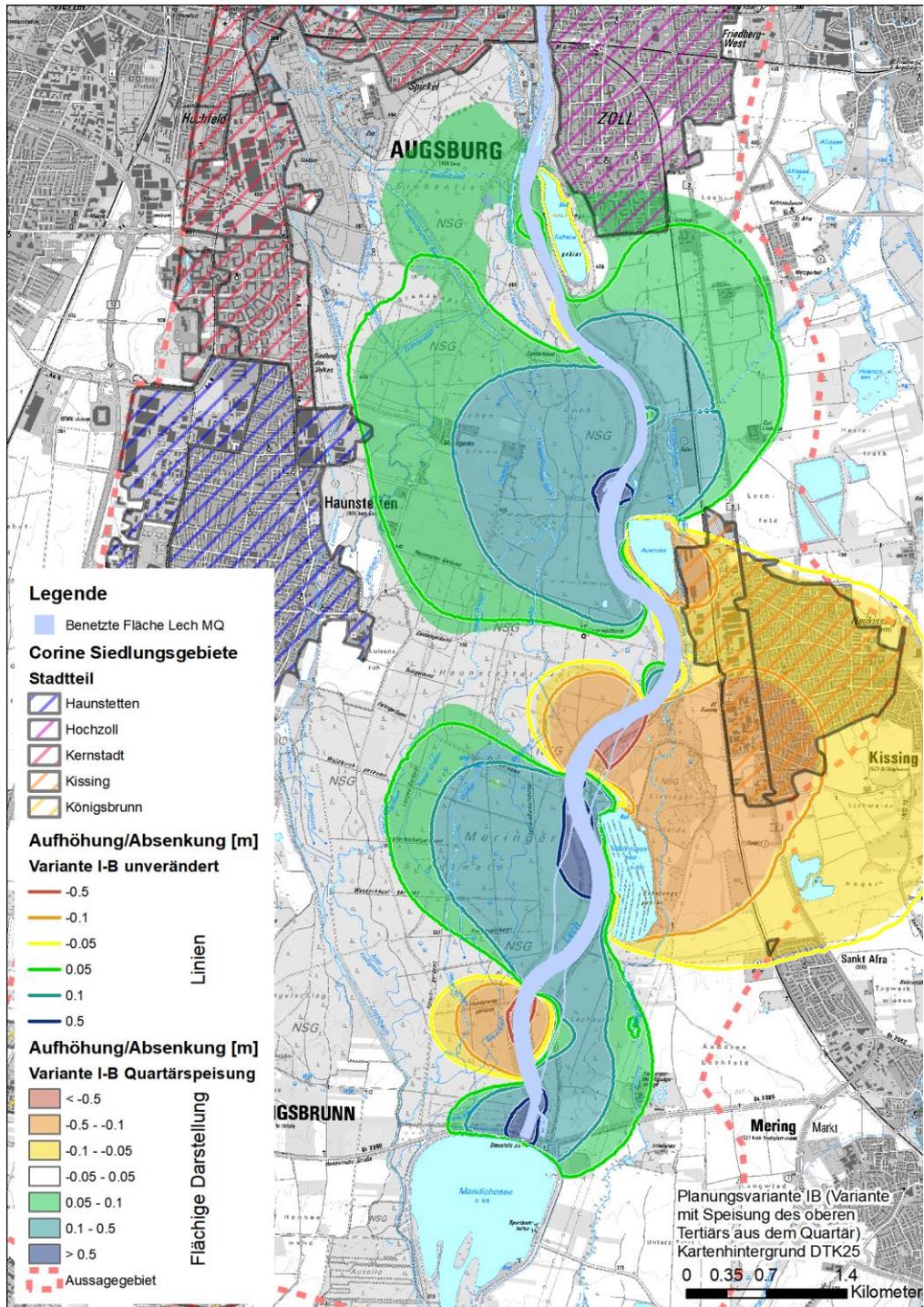


Abbildung 8.38: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B mit (flächige Darstellung) und ohne (Linienförmige Darstellung) Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen

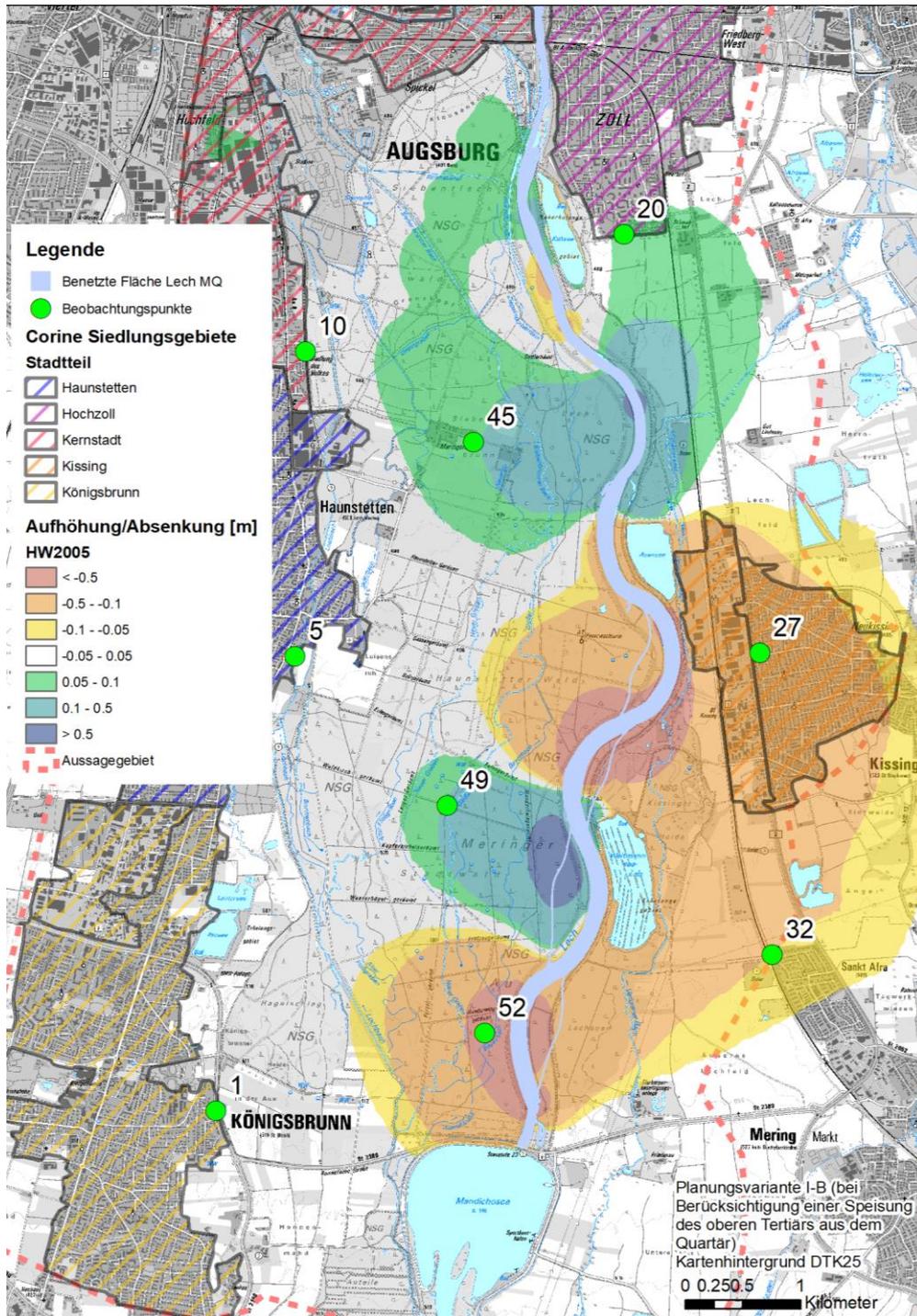


Abbildung 8.39: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-B bei Berücksichtigung einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen

8.3.3 Fazit

Die Annahme einer Speisung der Brunnen im oberen Tertiär aus dem Quartär in den Modellen führt durch die Erhöhung der Entnahmen zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels. Entsprechend sinken die im Planungszustand bei Mittelwasser berücksichtigten Wasserspiegel-abhängigen Entnahmen aus den Seen (insbesondere Kuhsee). Hierdurch kommt es zu einer größeren Ausdehnung des Bereichs mit Aufhöhungen der Grundwasserstände nach Norden.

Anhang A Veränderung von Grundwasserständen durch die vorläufige Planungsvariante I-A1v4

In den finalen Planungsvarianten wurden niedrige, mittlere und hohe Grundwasserverhältnisse untersucht. Ein weiterer interessanter Zustand sind Grundwasserverhältnisse während eines Hochwassers mit geringerer Jährlichkeit als einem 100-jährigem Hochwasser. Hierfür wird ein Hochwasser mit einer Jährlichkeit von etwa 15 Jahren herangezogen, im Folgenden $HQ_{\text{häufig}}$ genannt. Der Abfluss dieses Hochwassers beträgt in der Spitze etwa $631 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei diesem Abfluss kommt es in der Planungsvariante zu weiträumigen Ausuferungen, während die Wasserspiegel des Lechs im Vergleich zum HQ_{100} aber deutlich geringer ausfallen. Ein $HQ_{\text{häufig}}$ wurde für die Planungsvariante I-A1v4 berechnet (diese Variante wurde verwendet, um die Wasserspiegel am Lech zu optimieren, vgl. Kapitel 2.4), daher werden im Folgenden die Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands im Vergleich zum Bezugszustand durch diese Variante dargestellt.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei MW-Verhältnissen (Abbildung A.1), $HQ_{\text{häufig}}$ (Abbildung A.) und HW-Verhältnissen (Abbildung A.3). Die Abbildungen zeigen, dass sich die Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen der Grundwasserstände bei einem $HQ_{\text{häufig}}$ erwartungsgemäß zwischen den Berechnungen für MW- und HW-Verhältnisse einordnen. Im Vergleich zu MW-Verhältnissen werden die Bereiche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands kleiner, während Bereiche mit Absenkungen des Grundwasserstands (vor allem im Bereich Kissing) größer werden. Bereiche mit Aufhöhungen/Absenkungen des Grundwasserstands bei $HQ_{\text{häufig}}$ liegen ausschließlich innerhalb der bei MW-/HW-Verhältnissen berechneten Bereiche. Damit ist der Nachweis erbracht, dass eine Betrachtung eines $HQ_{\text{häufig}}$ keine neuen Erkenntnisse oder veränderten Sachverhalt erbringt, die nicht auch aus dem Vergleich von Bezugs- und Planungszustand bei MW- und HW-Verhältnissen abgeleitet werden können (z.B. maximale Ausdehnung der Fläche mit Aufhöhungen des Grundwasserstands). Daher kann auf eine Betrachtung eines $HQ_{\text{häufig}}$ in den finalen Planungsvarianten verzichtet werden.

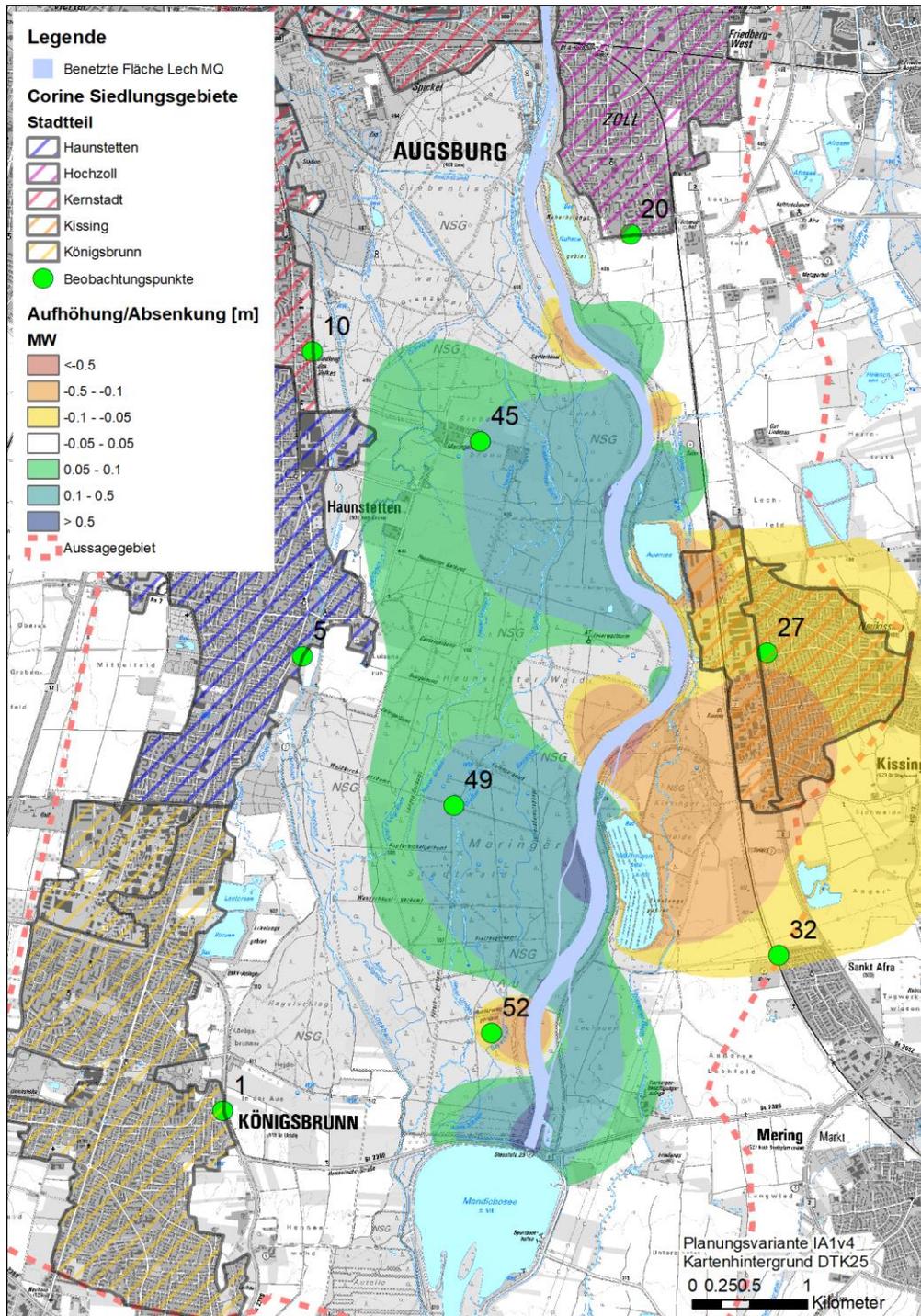


Abbildung A.1: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1v4 (Planungsbereich I) bei MW-Verhältnissen

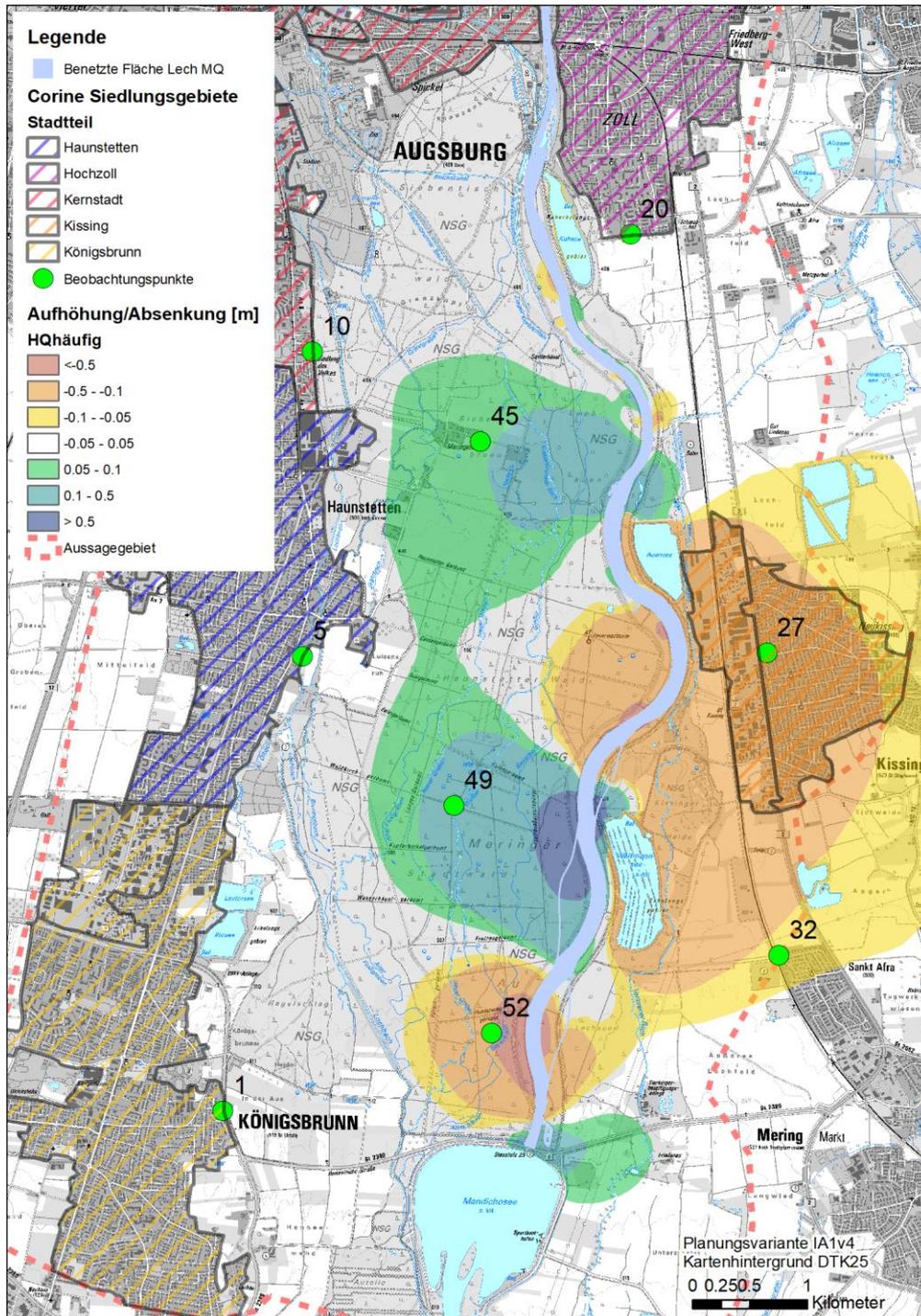


Abbildung A.2: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1v4 (Planungsbereich I) bei HQhäufig

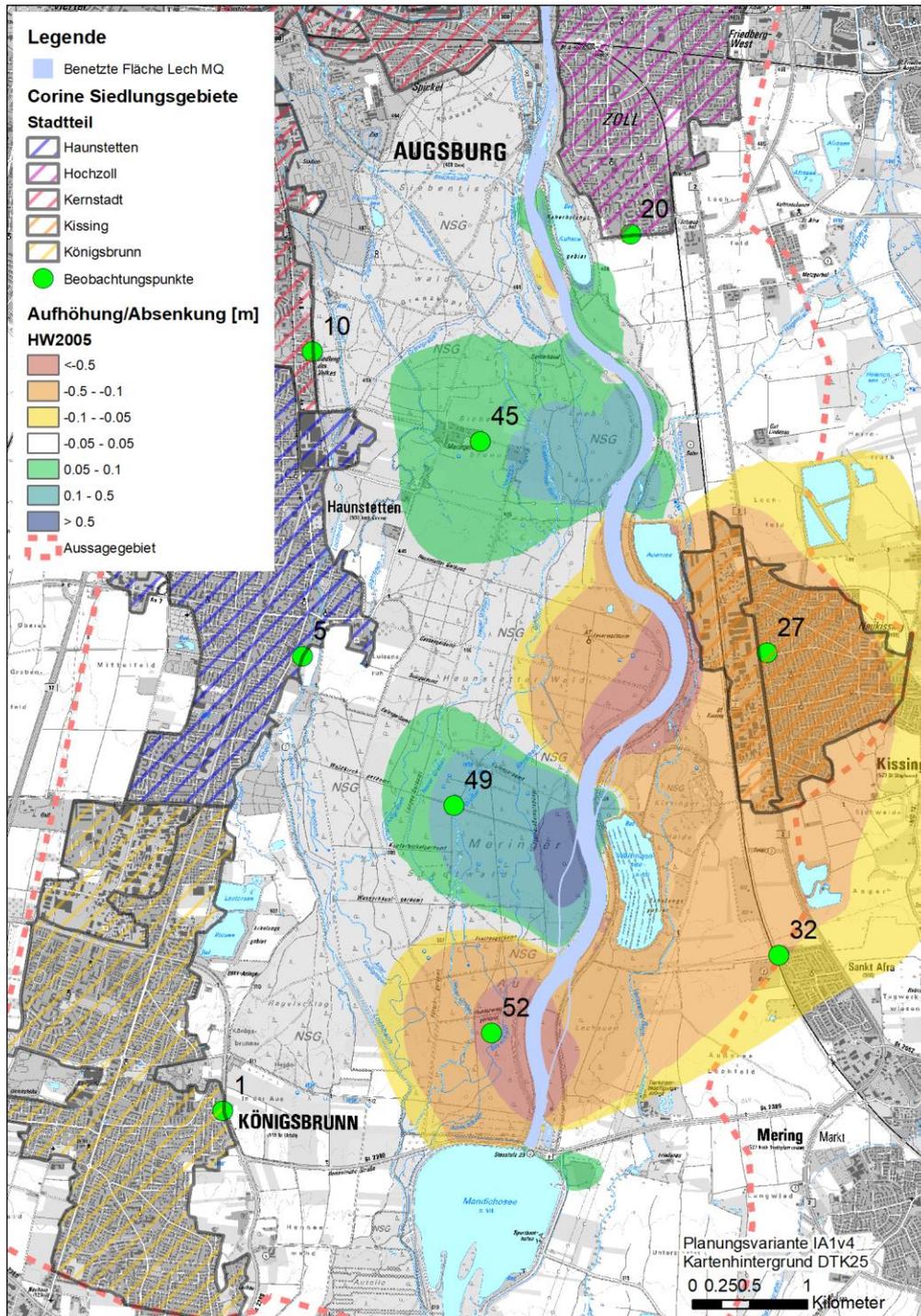


Abbildung A.3: Aufhöhung/Absenkung der Grundwasserstände in Bebauung durch die Planungsvariante I-A1v4 (Planungsbereich I) bei HW-Verhältnissen

Anhang B: Detaillierte Betrachtung der Sensitivität der Lech-WSP basierend auf einer vorläufigen Lech-WSP Berechnung zur Planungsvariante A1

Zur Ermittlung einer Variante mit verträglichen Änderungen des Grundwasserspiegels insbesondere innerhalb von Siedlungsgebieten wurde ausgehend von einem Vorläufer der Variante A1 der Lech-Wasserspiegel im Stadtwald in mehreren Stufen abgesenkt. Im Vergleich zur finalen Planungsvariante A1 weist dieser Vorläufer deutlich höhere Lech-Wasserspiegel auf, da die Erkenntnisse dieser Sensitivität in die finale Planungsvariante A1 eingingen. Es wurden Absenkungen des Lech-WSP in den folgenden Bereichen untersucht:

- Betrachtung einer Absenkung des Lech-WSP im Bereich 1 (Abschnitt I-1 bis I-3, zwischen Fkm 56,4 und 53,4) um 10, 20, 30, 40 und 50 cm
- Betrachtung einer Absenkung des Lech-WSP im Bereich 2 (Abschnitt I-4 bis I-6, zwischen Fkm 53,4 und 50,4) um 10, 20, 30, 40 und 50 cm
- Betrachtung eines abgesenkten Lech-WSP im Bereich 3 (Abschnitt I-7, zwischen Fkm 50,4 und Hochablass): Die Wasserspiegel werden aus dem Lech-WSP des Bezugs- und Planungszustands berechnet. Im berechneten Wasserspiegel gehen die Lech-WSP des Bezugs- und Planungszustands zu unterschiedlichen Anteilen ein (Bezugs-/Planungszustand: B20%/P80%, B40%/P60%, B50%/P50%, B60%/P40% und B80%/P20%). Hierdurch wird sichergestellt, dass der Wasserspiegel niemals unter den Wasserspiegel des Bezugszustands am Hochablass fällt).

Die Auswertung der Grundwasserspiegel erfolgt für die in Abbildung B.1 dargestellten Beobachtungspunkte. Abbildung B.2 bis Abbildung B.9 zeigen je Beobachtungspunkt die Veränderung des Grundwasserspiegels gegenüber dem Bezugszustand für die Variante A1v3, die finale Planungsvariante I-A1 (s. Kapitel 4) sowie für die Variante A1v3 mit abgesenkten Wasserspiegeln am Lech (s.o.).

Die Berechnungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Veränderungen am Lech führen zu keinen relevanten Grundwasserspiegeländerungen in Königsbrunn und im südlichen Haunstetten
- Der Bereich Kernstadt reagiert gering auf Wasserspiegel-Änderungen im Bereich 1, während Wasserspiegel-Änderungen in den Bereichen 2 und 3 zu deutlicheren Veränderungen der Grundwasserstände führen
- Hochzoll ist im Wesentlichen sensitiv gegenüber Änderungen des Lech-Wasserspiegels im Bereich 3
- Kissing zeigt sich hoch-sensitiv auf Wasserspiegel-Änderungen im Bereich 2, während St.-Afra eher moderat auf Wasserspiegel-Änderungen im Bereich 1 reagiert.

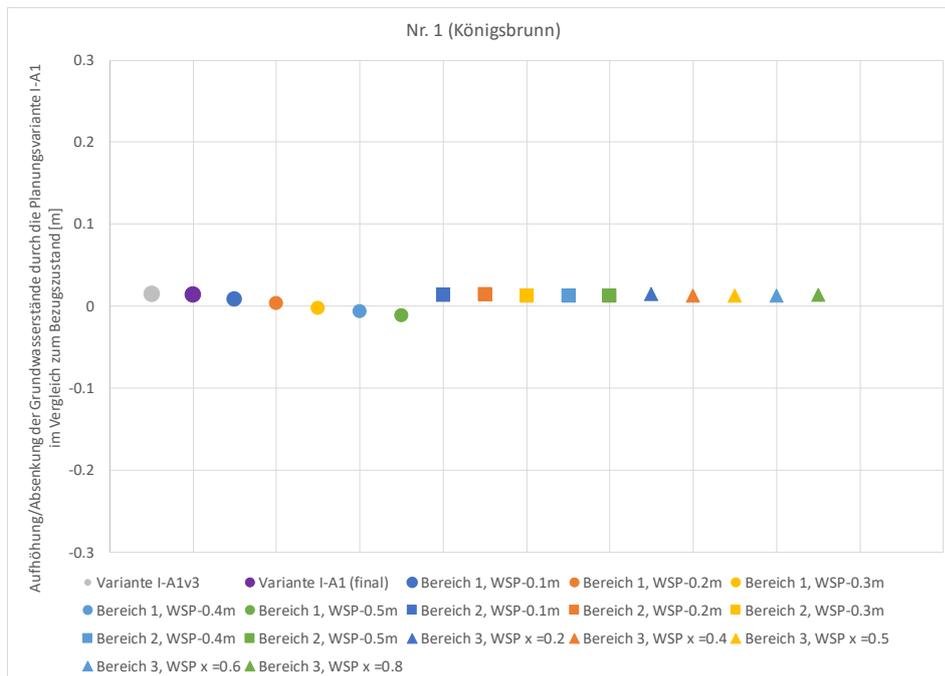


Abbildung B.2: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 1 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

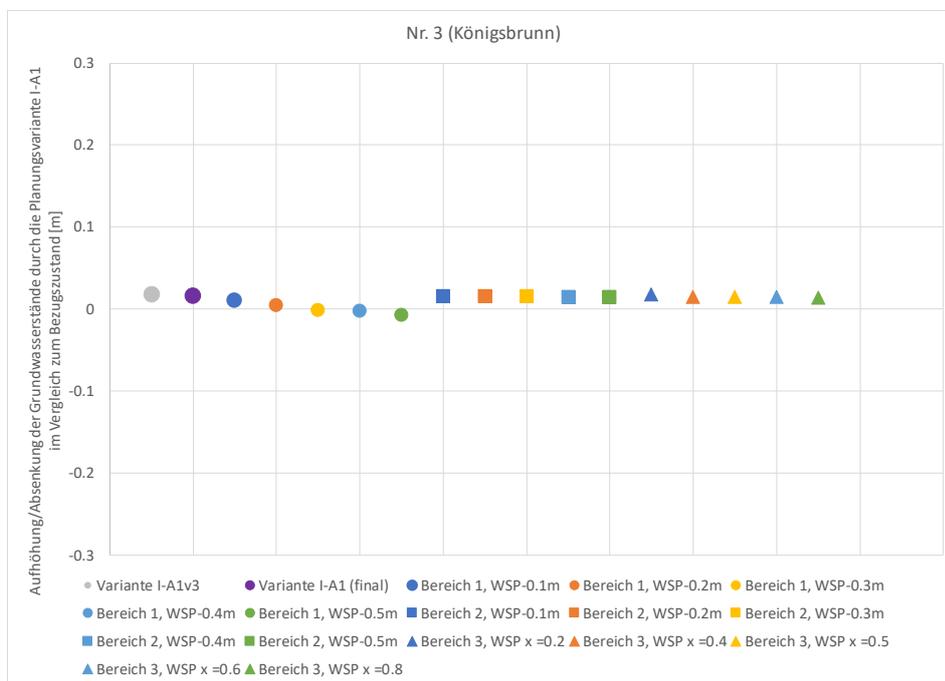


Abbildung B.3: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 3 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

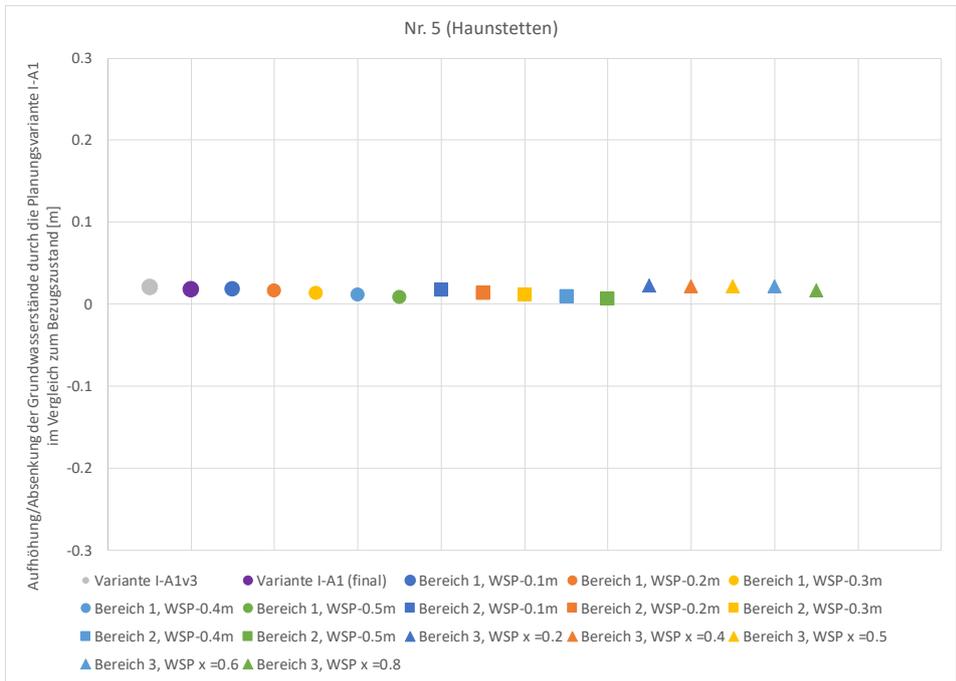


Abbildung B.4: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 5 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

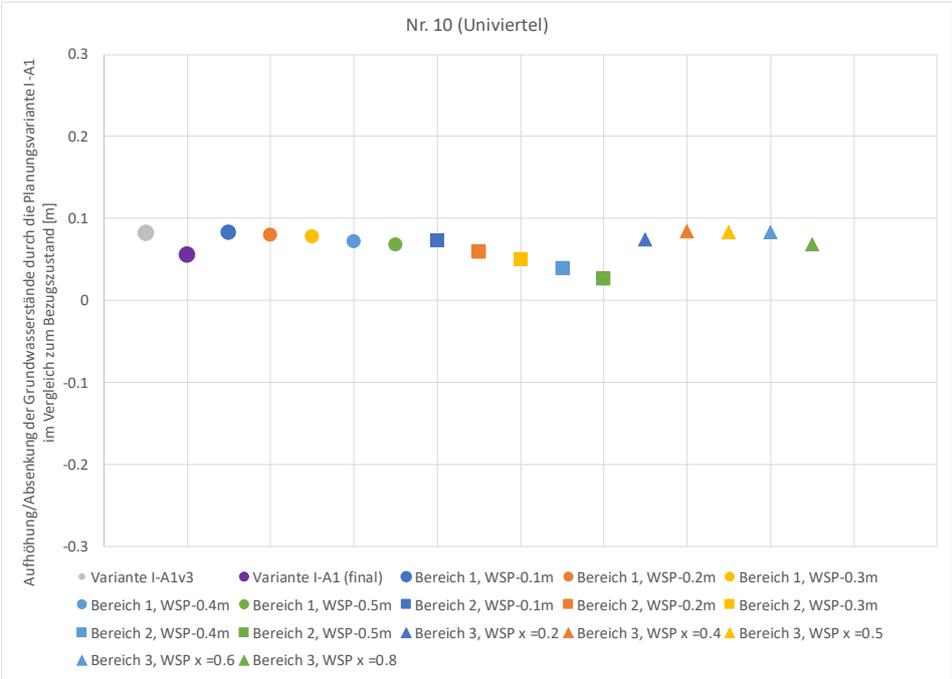


Abbildung B.5: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 10 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

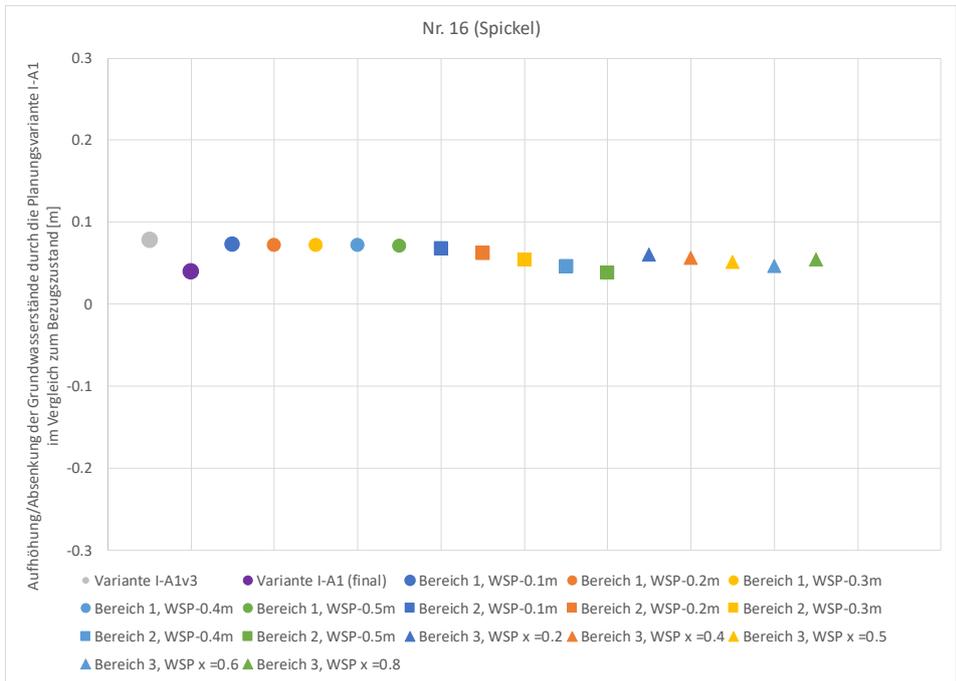


Abbildung B.6: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 16 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

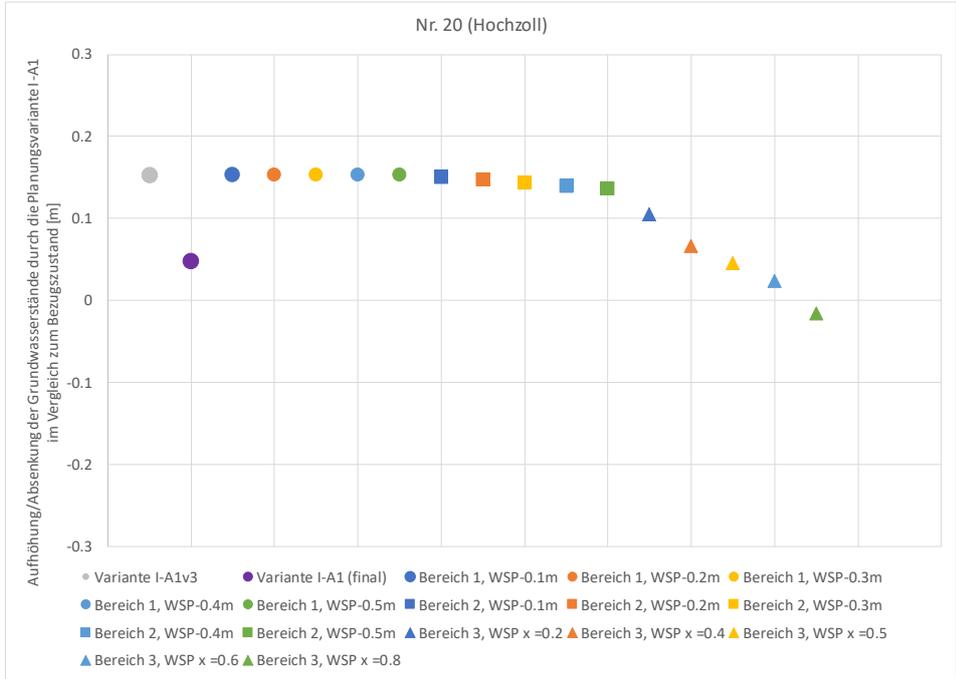


Abbildung B.7: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 20 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

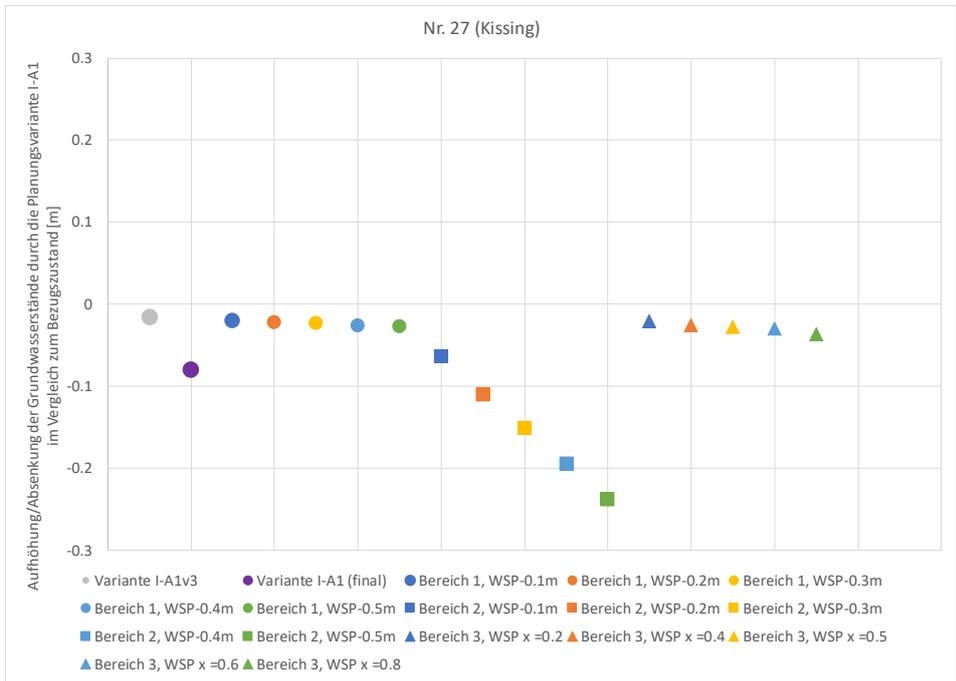


Abbildung B.8: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 27 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen

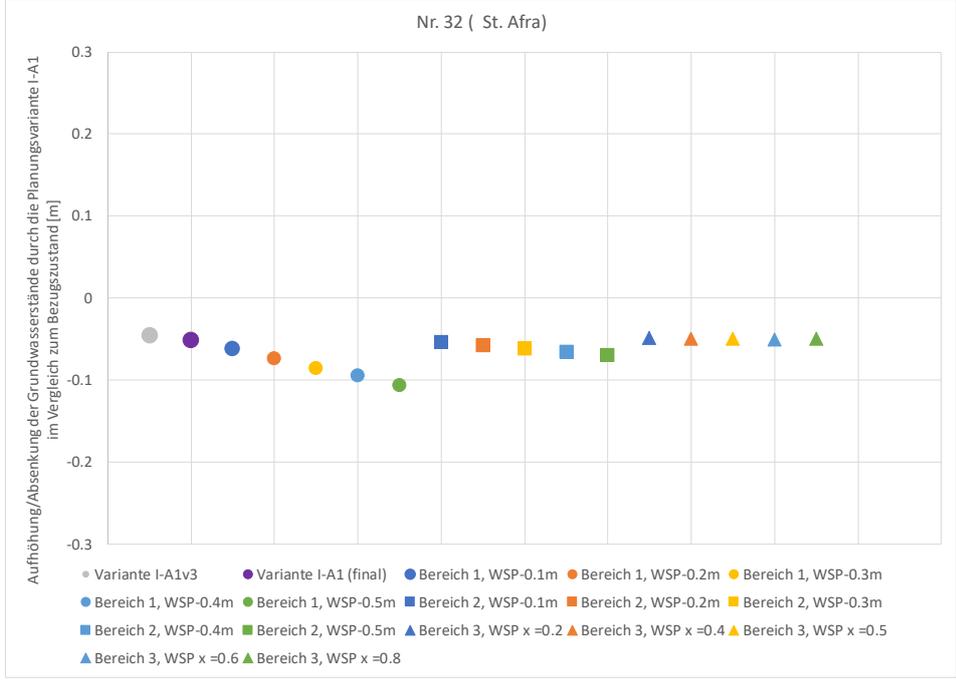


Abbildung B.9: Sensitivität des Grundwasserstands am Beobachtungspunkt 32 auf die Absenkung des Lechwasserspiegels in unterschiedlichen Bereichen