

5. Szenarien

Der entscheidende Vorteil eines numerischen Grundwasserströmungsmodells liegt in der Möglichkeit, gezielt die Auswirkungen von Schwankungen anthropogener und natürlicher Faktoren auf den Grundwasserleiter durch Variation von Randbedingungen und Parametern zu simulieren. Dies ist mit keiner anderen Methode möglich und macht den Einsatz solcher Modelle für wissenschaftliche und praktische Fragestellungen unverzichtbar.

Die in diesem Kapitel vorgestellten Szenarien berücksichtigen anthropogene und natürliche Einflüsse auf die Grundwasserdynamik. Bei den anthropogenen Einflüssen sind die GW-Entnahmen durch die Wasserwerke die wichtigste Größe. Sie sind kontrollierbar und wirken über variierende Fördermengen bzw. -standorte auf die Grundwasserdynamik. Mit den natürlichen Einflüssen ist das komplexe Zusammenspiel der Klimafaktoren gemeint. Sie wirken auf das Grundwasser hauptsächlich durch unterschiedliche Neubildungsraten und Austauschprozesse zwischen Oberflächen- und Grundwasser. Deren Schwankungsbreite ist nicht vorhersehbar und kann nur aus Beobachtungen (Zeitreihen) vergangener Zustände abgeleitet bzw. mit Klima- und Wasserhaushaltsmodellen abgeschätzt werden. Beide Einflußgruppen wirken zeitgleich und lassen sich im Naturraum nicht getrennt voneinander nachweisen. Die gemessenen Wasserstände widerspiegeln immer die Wirkung aller Einflüsse auf die Grundwasserdynamik. Nur im numerischen Modell lassen sich die Auswirkungen beider Einflußgruppen getrennt voneinander betrachten. Mit den vorliegenden Szenarien wird zum einen gezeigt, wie verschiedene geplante und fiktive Förderzustände der Wasserwerke bei ansonsten fixen Randbedingungen auf die Grundwasserdynamik wirken. Andererseits werden Auswirkungen klimatischer Extreme abgeleitet und deren alleinige Wirkung auf die Grundwasserdynamik gezeigt, wobei das Förderregime der Wasserwerke konstant bleibt.

Den Szenarien lagen stationäre und instationäre Simulationen zugrunde. Die Darstellung und Auswertung erfolgte anhand von Plänen der GW-Isohypsen und deren Differenzen, der GW-Flurabstände und der GW-Stromlinien. Die Isolinienendarstellung der Szenarien sowie Berechnung und Interpolation der Differenzen zweier Zustände erfolgte mit dem Programm SURFER 8 (GOLDEN SOFTWARE) und dem Interpolationsverfahren Standart Kriging. Die Berechnung der GW-Stromlinien erfolgte in FEFLOW. Diese wurden zur Darstellung in GIS ArcView bzw. SURFER exportiert und dort weiter bearbeitet.

5.1 Wasserwirtschaftlich begründete Szenarien

Die Simulation der wasserwirtschaftlichen Szenarien beruht auf der Verwendung von Fördermengen, die von den BWB als „Strategie der Wasserversorgung aus der Sicht des Geschäftsbereiches Wasserwerke bis 2010“ für die WW Kaulsdorf, Johannisthal, Wuhlheide und Friedrichshagen erarbeitet wurden. Dabei wurden einerseits Szenarien vorgegeben, die alle Wasserwerksstandorte (einschließlich der Südgalerien G-M des WW Friedrichshagen) fördern lassen. Andererseits sollte die mögliche Stilllegung der WW Wuhlheide, Johannisthal und der Südgalerien von Friedrichshagen berücksichtigt werden. So konnten praktisch relevante Fragestellungen mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen sinnvoll kombiniert werden.

Eine Auswertung dieser Szenarien hinsichtlich der Einhaltung der Wasserstände im Vergleich mit der Grundwassergleichenkarte „Anzustrebende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserleiters“ (GruWaSteuV, SENSTADT 2001a) erfolgte bereits im Rahmen eines

Gutachtens für die BWB (ZIPPEL 2003). Die Grundwassergleichenkarte (SENSTADT 2001A) wurde nur für die Fläche des Landes Berlin und die Förderszenarien auch nur für Berliner Wasserwerke erarbeitet. Die Darstellungen beschränken sich daher auf den entsprechenden Ausschnitt im Modellgebiet (Abb. 5.0-02). Um die Gesamtmodellbilanz zu erhalten wurden die Fördermengen der Wasserwerke Eichwalde und Erkner in allen Szenarien mit der Förderleistung Mai 1999 mitgerechnet.

Die wasserwirtschaftlichen Szenarien wurden als stationärer und instationärer Fall gerechnet. Als stationäre Fälle waren insbesondere drei Förderzustände („Basisvarianten“) von Interesse:

- Szenario 1.** („*GW-Dargebot*“) Gewinnung des gesamten am jeweiligen Standort wasserhaus- haltlich verfügbaren Grundwasserdargebots;
- Szenario 2.** („*Nutzbar*“) Gewinnung der unter Berücksichtigung einschränkender Wirkungen der Grundwassersteuerungsverordnung von SenStadt (2001b) verbleibenden standortbezogenen Grundwassermengen auf der Basis bisheriger überschlägiger Auswertungen der BWB;
- Szenario 3.** („*Soll 2010*“) Gewinnung der aus strategischen Überlegungen der Berliner Wasserbetriebe im Jahre 2010 benötigten standortbezogenen Grundwassermengen.

Die entsprechenden Fördermengen der Wasserwerke Friedrichshagen, Wuhlheide, Johannisthal und Kaulsdorf wurden von den BWB erarbeitet und sind in Tabelle 5.0-01 für die im Modell verwendeten Brunnengalerien aufgeschlüsselt. Für das Szenario 3 (Soll 2010) lagen nur die Daten für die Gesamtwerksabgabe vor. Die Leistungen der einzelnen Brunnengalerien wurden nach Absprache mit den BWB im gleichen Verhältnis wie die Verteilung im Szenario 2 (Nutzbar) berechnet. Von diesen drei „Basisvarianten“ wurden alle weiteren Szenarien abgeleitet.

Bei den **Szenarien 1 bis 3** wird von einer gleichmäßigen Verteilung der Grundwasserförderung über alle Wasserwerksstandorte - und speziell in Friedrichshagen auch über alle Brunnengalerien - ausgegangen. Dies kommt zwar möglicherweise einer gleichmäßigen Belastung des Grundwasserleiters im Sinne der GruWaSteuV (SENSTADT 2001B) entgegen, entspricht aber noch nicht einmal der derzeitigen Strategie der BWB. So werden beispielsweise zum Zeitpunkt der Bearbeitung die Galerien G-M des WW Friedrichshagen nicht genutzt. Für die Simulation strategisch möglicher Umverteilungen der Förderkapazitäten innerhalb der Galerien und möglicher Werksschließungen wurden daher die **Szenarien 4 und 5** festgelegt. Sie berücksichtigen die Stilllegung der WW Wuhlheide und/oder Johannisthal sowie der Galerien G-M des WW Friedrichshagen im Vergleich zur Nutzung aller Brunnengalerien (Tab. 5.0-02). Dabei ähnelt das Szenario 4 dem Szenario 2 hinsichtlich der Gesamtbilanz. Im Szenario 5 wird ebenfalls von einer geringeren Gesamtentnahme, ähnlich der im Szenario 3, ausgegangen. Allerdings wird dies teilweise durch Stilllegung der o.g. Brunnengalerien und gleichzeitiger Konzentration auf die Galerien A-F (WW FDH) erreicht.

Als ein extremes Ereignis hinsichtlich der GW-Entnahme wurde der fiktive Zustand ohne Förderung (**Szenario 6**) gerechnet. Mit dieser Simulation wurde versucht, das natürliche Fließsystem vor Aufnahme der Wasserwerks-Förderung (1905) nachzubilden.

Tabelle 5.0-01: Bilanzen der Förder(Basis)szenarien 1 bis 3 im Vergleich - basierend auf der Änderung der Fördermengen bei gleichzeitigen Betrieb aller Brunnengalerien. Die Bilanzanteile Fördermenge (FM) und Uferfiltrat (UF) der Galerien werden in Abbildung 5.0-01 als Übersicht in einem Balkendiagramm dargestellt.

	Förderszenario	(1) GW-Dargebot		(2) Nutzbar		(3) Soll 2010	
	Modellauf Nr.	806		807		808	
Gesamtbilanz	Förderung [m ³ /d]	458.238		265.007		196.962	
	Uferfiltrat [m ³ /d]	293.949		138.425		86.897	
	GWNB [m ³ /d]	76.800		68.750		59.880	
	Rand-Zustrom [m ³ /d]	86.350		62.350		49.700	
<i>Anteil an Förderung</i>	Uferfiltrat [%]	64		52		44	
	GWNB [%]	17		25		30	
	Rand-Zustrom [%]	19		23		26	
Wasserwerk	Galerie	FM [m ³ /d]	UF [%]	FM [m ³ /d]	UF [%]	FM [m ³ /d]	UF [%]
Johannisthal	gesamt	65.000	52,5	23.000	29,5	23.000	28,5
Wuhlheide	Heber	60.000	53,9	37.390	33,6	20.940	15,4
	UWM	10.000		7.670		4.290	
Kaulsdorf	gesamt	25.000	ohne	16.430	ohne	16.430	ohne
Friedrichshagen	gesamt	284.000		166.000		118.000	
	A - D	126.410	58,1	80.640	50,1	57.250	42,8
	A	15.510	ohne	5.500	ohne	3.910	ohne
	B - D		66,3		53,8		45,9
	E	32.000	89,1	13.700	82,1	9.730	70,4
	F	50.000	95,0	27.400	93,8	19.450	79,7
	G/H	14.510	100	8.890	90,0	6.320	79,1
	I	19.010	57,9	9.590	44,8	6.810	34,5
	K	16.990	92	8.220	89,4	5.840	79,6
	L	11.010	95,4	6.850	80,3	4.860	70,0
	M	14.000	82,1	10.960	79,8	7.780	72,6
Einzugsgebiete	Bereich	[km²]		[km²]		[km²]	
Fläche West	WUH, JOH, KAU	111,0		93,1		86,8	
Fläche Nord	FDH A - D	32,0		30,1		26,9	
Fläche Süd	FDH E - M	64,4		58,7		50,2	
<i>Fläche gesamt</i>	<i>Ohne ERK, EW</i>	<i>207,4</i>		<i>181,9</i>		<i>163,9</i>	
		[%]		[%]		[%]	
<i>Anteil gesamt (von 308 km²)</i>	<i>Ohne ERK, EW</i>	<i>67,3</i>		<i>59,1</i>		<i>53,2</i>	
Änderung West	WUH, JOH, KAU	100,0		83,9		78,2	
Änderung Nord	FDH A - D	100,0		94,1		84,1	
Änderung Süd	FDH E - M	100,0		91,1		78,0	
<i>Änderung gesamt</i>	<i>Ohne ERK, EW</i>	<i>100,0</i>		<i>87,7</i>		<i>79,0</i>	
Förderung West	WUH, JOH, KAU	100,0		52,8		40,4	
Förderung Nord	FDH A - D	100,0		63,8		45,3	
Förderung Süd	FDH E - M	100,0		54,3		38,6	
<i>Förderung gesamt</i>	<i>mit ERK, EW</i>	<i>100,0</i>		<i>57,8</i>		<i>42,9</i>	
<i>GWNB gesamt</i>	<i>Ohne ERK, EW</i>	<i>100,0</i>		<i>89</i>		<i>78</i>	
<i>Rand-Zu gesamt</i>	<i>Ohne ERK, EW</i>	<i>100,0</i>		<i>72</i>		<i>58</i>	
<i>UF gesamt</i>	<i>mit ERK, EW</i>	<i>100,0</i>		<i>47</i>		<i>30</i>	

Ergebnisse

Mit den drei Basis-Szenarien wurde die GW-Entnahme an allen Brunnengalerien simuliert, welche die BWB noch für den Betrieb vorhalten (s. Tab. 5.0-01). Im Gegensatz zum Zeitpunkt der Bearbeitung gehören dazu die Südgalerien (G-M) des WW Friedrichshagen, aber nicht mehr die Teltowgalerie (WW JOH) sowie die WW Altglienicke und Friedrichsfelde. Somit entstanden Förderszenarien mit abnehmender Gesamtfördermenge bei ansonsten gleichen Randbedingungen. Die Gesamtbilanz, die Bilanzen der Teileinzugsgebiete und die Flächenanteile der Einzugsgebiete sind in Tabelle 5.0-01 zusammengefaßt. Die Bilanzanteile Fördermenge und Uferfiltrat werden zusätzlich in Abbildung 5.0-01 gegenübergestellt. Dadurch wird ein Vergleich der Szenarien vereinfacht und die Förderschwerpunkte verdeutlicht. Die Auswirkungen auf die GW-Isohypsen und die beeinflussten Bereiche des HGWL (Einzugsgebiete) werden in Abbildung 5.0-02 gegenübergestellt. Die Differenzenpläne in Abbildung 5.0-03 veranschaulichen den Anstieg des Grundwasserspiegels durch die schrittweise Verringerung der Förderung.

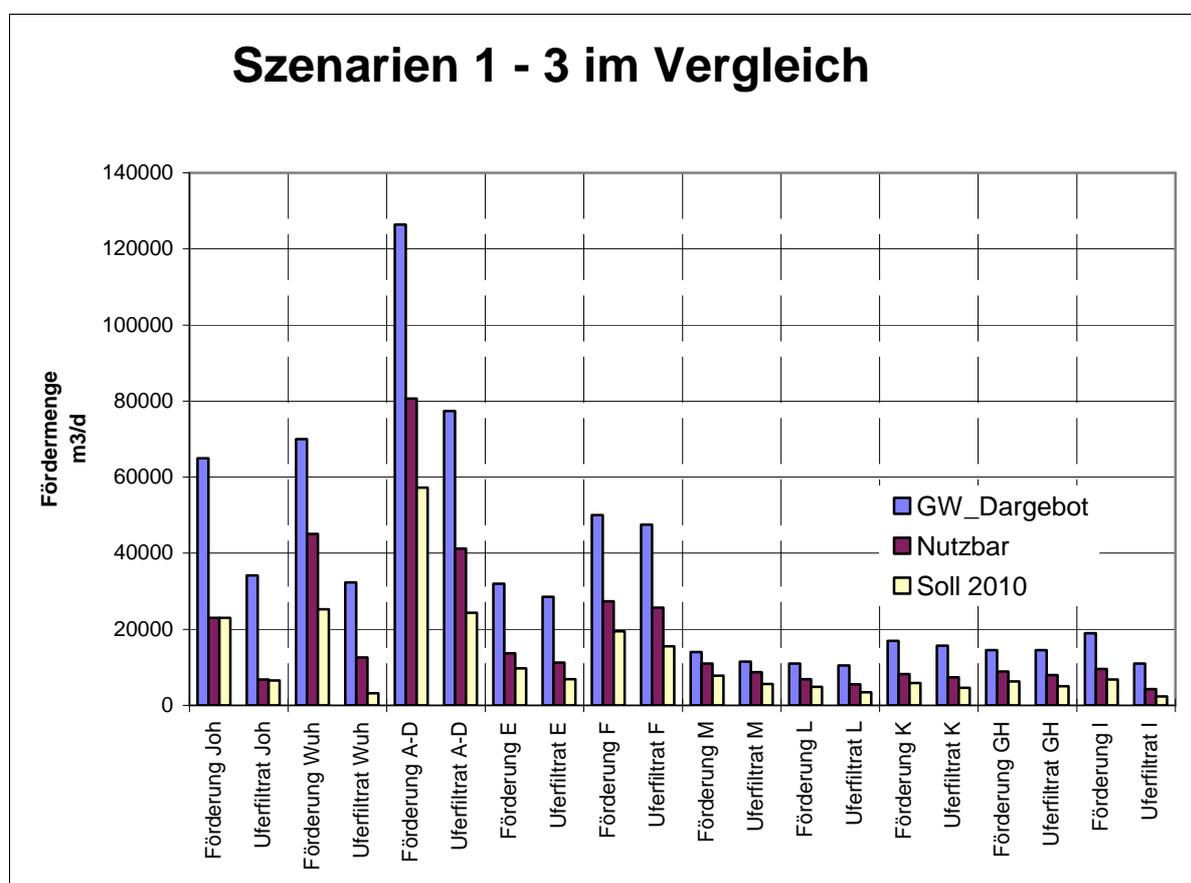


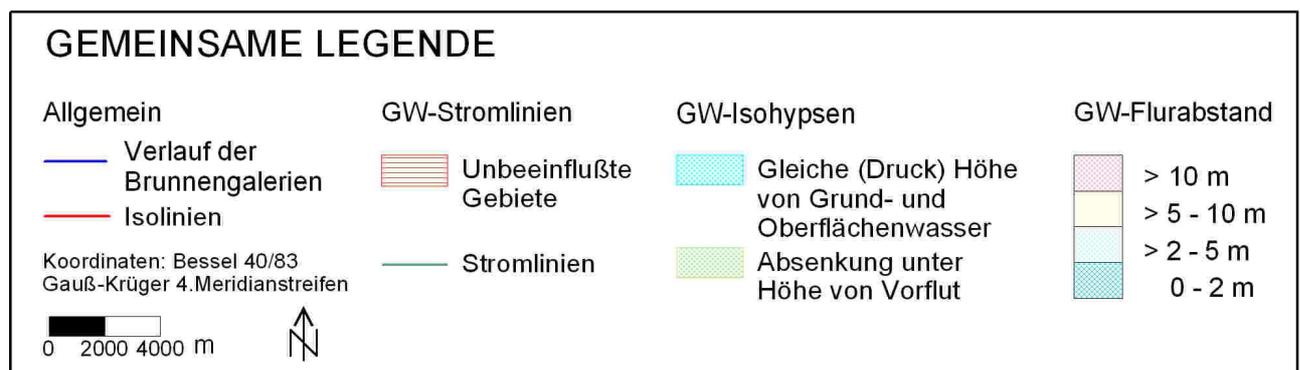
Abbildung 5.0-01: **Basis-Szenarien 1-3**: Vergleich der Bilanzanteile Fördermenge und Uferfiltrat nach Tab. 5.0-01. In der Simulation wurde die Fördermenge verändert (Verringerung von Szenario 1 nach 3) und die übrigen Randbedingungen konstant gehalten. Die Galerien E bis H des WW Friedrichshagen fördern zum überwiegenden Teil Uferfiltrate. Bei den übrigen betrachteten Bereichen beträgt dieser Anteil nur ca. 50%. Begründet ist dieser Unterschied in der Entfernung zum Oberflächengewässer sowie der Lage des Einzugsgebietes im Urstromtal und wird im Text erläutert.

In der Gesamtbilanz führt die Verringerung der Fördermenge erwartungsgemäß zu einer Reduzierung der Volumenanteile an Uferfiltrat, der Fläche der Einzugsgebiete und damit zusammenhängend auch der Anteile von GW-Neubildung und Rand-Zustrom (grundwasserseitiges Dargebot). Dabei wurden folgende Zusammenhänge durch die Simulation deutlich:

- Der Anteil der Uferfiltrate verringert sich prozentual stärker als die abnehmende Fördermenge;
- Dadurch erhöht sich der relative Anteil an GW-Neubildung und Rand-Zustrom, obwohl auch deren Volumenanteile abnehmen;
- Die Höhe von GW-Neubildung und Rand-Zustrom werden durch die Flächenanteile der Einzugsgebiete kontrolliert;
- Der Rand-Zustrom verringert sich zusätzlich noch geringfügig durch die Reduzierung der Gradienten zwischen Brunnengalerien und Modellrand.

Dies ist in der flächenmäßigen Beschränkung der dicht beieinander liegenden Einzugsgebiete begründet. Durch die hohe Fördermenge in Szenario 1 wird eine nahezu vollständige Auslastung des GWL erreicht. Die Einzugsgebiete „konkurrieren“ um Flächen- und Volumenanteile des GW-Dargebotes (Abb. 5.0-02B). Das grundwasserseitige Dargebot (GW-Neubildung und Rand-Zustrom) ist nahezu ausgeschöpft, so daß hohe Absenkungen entstehen (Abb. 5.0-02A) und verstärkt Uferfiltrat (64%) genutzt werden muß. Durch Reduzieren der Fördermenge um 42% (Szenario 2) vermindert sich die Belastung des Grundwasserleiters. Die Fläche der Einzugsgebiete reduziert sich um 12%, wobei eine Entkopplung der Einzugsgebiete von Wuhlheide (Kaulsdorf) und Friedrichshagen erfolgt (Abb. 5.0-02D). Der Anteil des grundwasserseitigen Dargebotes erhöht sich auf 48% und die Absenkungen entlang der Brunnengalerien verringern sich um bis zu 400 cm (Abb. 5.0-03A). Aus dem reduzierten Gradienten zwischen Gewässern und Brunnengalerien resultiert der geringere Anteil an Uferfiltrat (52%).

Der Unterschied zwischen Szenario 2 und 3 ist nicht so gravierend, da die Förderung nur um weitere 15% verringert wird. Alle anderen Zusammenhänge folgen den o.g. Tendenzen. Trotz weiterer Verkleinerung der Einzugsgebiete (Abb. 5.0-02F) erhöht sich der Anteil der GW-Neubildung auf 30% in der Gesamtbilanz. Besonders im Bereich des WW Wuhlheide verringert sich die Absenkung um weitere maximal 200 cm (Abb. 5.0-03B), was sich dann auch im verminderten Anteil der Uferfiltrat von 44% widerspiegelt.



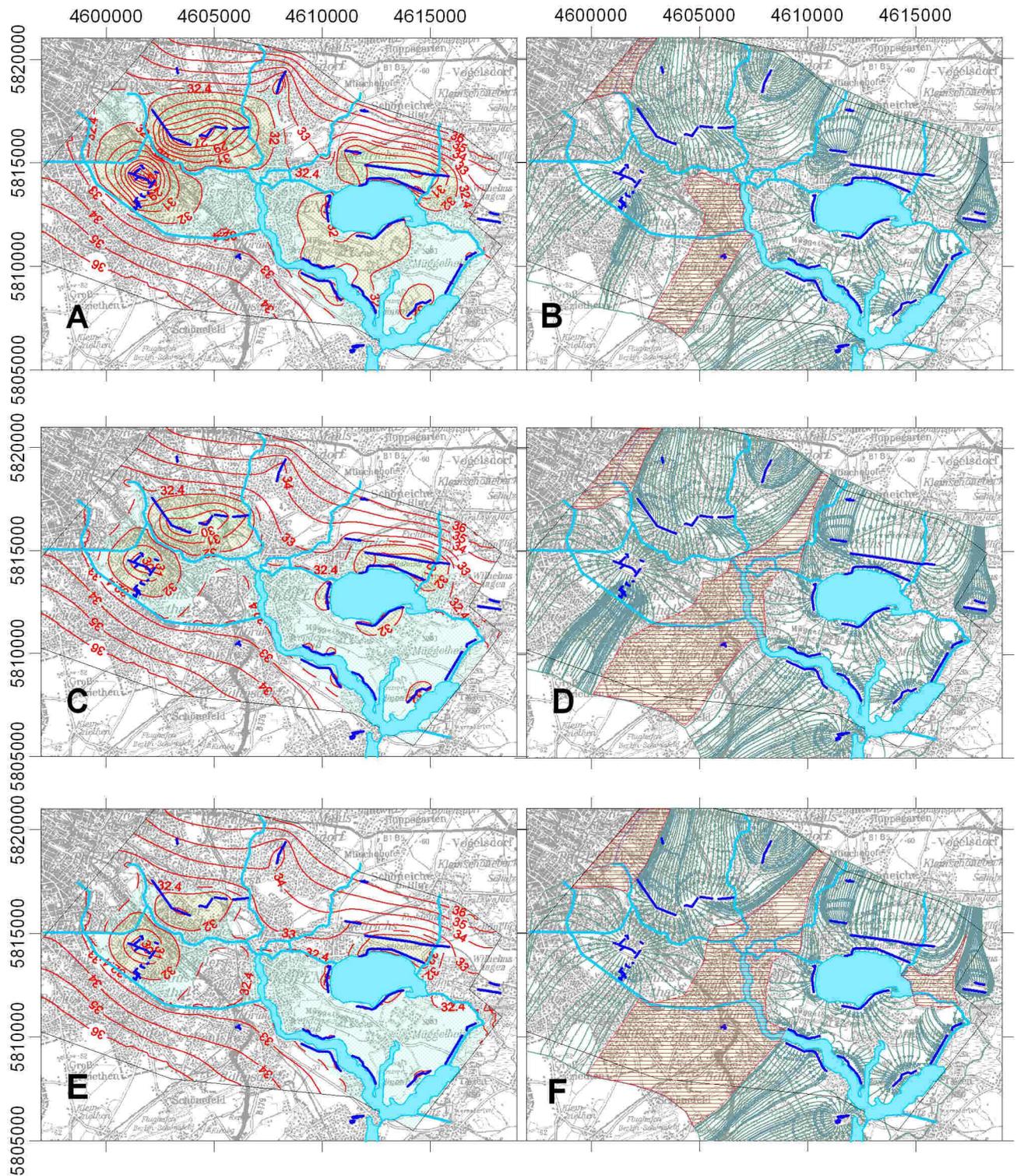


Abbildung 5.0-02: **Basis-Szenarien 1-3:** Auswirkungen von veränderter Fördermenge (s. Tab. 5.0-01) bei konstanten Randbedingungen auf die GW-Isohypsen (linke Spalte) und die GW-Stromlinien (rechte Spalte). Die Veränderungen der Absenkung durch veränderte Fördermenge wird in Abbildung 5.0-03 durch Differenzenbildung verdeutlicht.

A/B: Fördermenge nach Szenario 1 „GW-Dargebot“ (Modellauf Nr.: 806)

C/D: Fördermenge nach Szenario 2 „Nutzbar“ (Modellauf Nr.: 807)

E/F: Fördermenge nach Szenario 3 „Soll 2010“ (Modellauf Nr.: 808)

Die Bilder B, D, F zeigen den Zusammenhang zwischen Fördermenge und berechnetem Flächenanteil der Einzugsgebiete. Ausgehend von Szenario 1 (B) wird die Förderung auf ca. 40% im Szenario 3 (F) reduziert, wogegen sich der Flächenanteil der Einzugsgebiete nur auf 80% (F) verkleinert. Allerdings bewirkt dies eine deutliche Trennung der Einzugsgebiete des WW Friedrichshagen im Osten und der WW Johannisthal und Wuhlheide im Westen.