

Grundwasserströmung und -beschaffenheit unter dem Einfluss 100-jähriger Rieselfeldwirtschaft

The effects of a century of sewage farm operations on groundwater

Zusammenfassung

Seit ihrer Inbetriebnahme 1894 wurden die Rieselfelder Großbeeren und Sputendorf südlich Berlins mit etwa 1000-3000 mm/a Abwasser beaufschlagt. Ab 1988 wurde die Rieselfeldwirtschaft nach und nach eingestellt und 1994 völlig aufgegeben.

Im Untergrund können vier quartäre Grundwasserleiter abgegrenzt werden, die aufgrund geologischer Fenster und Glazialtektonik lokal in hydraulischem Kontakt stehen. Das Grundwasser strömt, bedingt durch die hydrodynamischen Verhältnisse, aus dem 1. in den 2. Grundwasserleiter. Das Grundwasser des obersten Grundwasserleiters ist unterhalb der Rieselfelder deutlich durch die Rieselfeldwirtschaft beeinflusst. Neben einer erhöhten Salzfracht weisen vor allem die Phosphor- und Stickstoffverbindungen hohe Gehalte auf, ebenso wie der gelöste organische Kohlenstoff. Schwermetalle werden nur untergeordnet nachgewiesen. Im tieferen, 2. Grundwasserleiter treten deutlich weniger Extremwerte auf, und das Grundwasser ist im Wesentlichen durch eine erhöhte Salzfracht gekennzeichnet.

Summary

Sewage irrigation at Grossbeeren and Sputendorf south of Berlin started in 1894. About 90 years later, the area irrigated by sewage effluent decreased gradually, and in 1994 application was stopped completely. During the period of operation, the sewage farms were flooded with 1000 to 3000 mm sewage effluent annually. The subsurface consists of quaternary sediments which can be subdivided into 4 aquifers. The deepest, fifth belongs to the tertiary. The aquifers show a high number of interconnections due to geological windows and glacial tectonics.

Due to the hydrodynamic situation there is an almost vertical flow beneath the sewage farms from the 1st aquifer to the 2nd aquifer. Groundwater of the 1st and 2nd aquifer is influenced by sewage irrigation. In particular, phosphorus and nitrogen compounds exhibit high concentrations as well as salts and dissolved organic carbon. If detected, heavy metals show generally low concentrations. The deeper, 2nd aquifer is characterized by a much more uniform distribution of groundwater constituents with only increased values of salts.

1 Entstehung und Bewirtschaftung der Rieselfelder Großbeeren und Sputendorf

Im Rahmen des Projektes „Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer“ wurden zwischen 1992-1996 intensive Untersuchungen zu den Auswirkungen der Rieselfeldwirtschaft auf den Boden, auf das Grundwasser und auf Oberflächengewässer durchgeführt. In den Folgejahren wurden bei weiteren Untersuchungen die Auswirkungen der Auflassung der Rieselfelder näher bestimmt.

Die Rieselfeldbezirke Großbeeren und Sputendorf liegen nördlich des Berliner Autobahnringes A 10 (Bild 1) am Westrand der Teltow-Platte, einer Grundmoränenplatte, die eine morphologische Hochfläche bildet. Im Bereich der Rieselfelder hat die Teltow-Platte ein relativ ebenes Relief; die durchschnittlichen Geländehöhen liegen bei 40 bis 45 m über NN. Östlich der Rieselfelder fließt der Nuthegraben und im Südwesten die Nuthe.

Der Beginn der Rieselfeldwirtschaft im Raum Großbeeren, Sputendorf und Schenkenhorst liegt um 1894. Die Abwasserbeaufschlagung wird für 1895 mit 17651m³/ha angegeben. Dies entspricht einem Abwassereintrag von 1400-1700 mm/a. Flächen mit günstigen Lagen zu den Standrohren oder günstigen Versickerungseigenschaften wurden mit Mengen bis zu 5000 mm/a beschickt. Die wasserwirtschaftliche Nutzfläche in den Rieselfeldbezirken Groß-

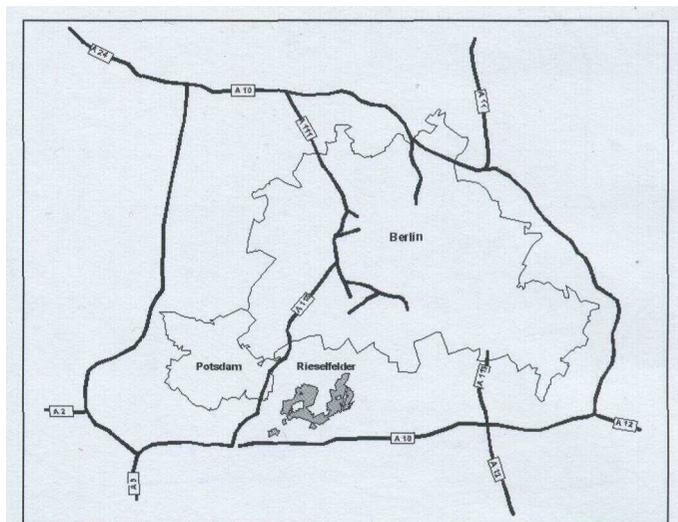


Bild 1 Lage der Rieselfeldbezirke Großbeeren und Sputendorf (aus Asbrand 1997)

Figure 1 Location of sewage farms Großbeeren and Sputendorf (adapted from Asbrand 1997)

Tabelle 1 Zeitliche Veränderungen der Verrieselungsfläche und der Gesamtabwassermenge (Schwarz-, Grau- und Klarwasser) in den Rieselfeldbezirken Sputendorf und Großbeeren (aus Landesumweltamt Brandenburg 1997)
Table 1 Variations of irrigation area and of the total sewage input at the sewage farms Sputendorf and Großbeeren (from Brandenburg Environmental Agency 1997)

Jahr	Rieselfeldbezirk Großbeeren				Rieselfeldbezirk Sputendorf				Summe		Summe	
	Fläche		Abwassermenge (Schwarzwasser)		Fläche		Abwassermenge (Klar-/Grau-/Schwarzwasser)		Fläche		Abwassermenge	
	[ha]	[%]	Mio [m ³]	[%]	[ha]	[%]	Mio [m ³]	[%]	[ha]	[%]	Mio [m ³]	[%]
Anfang der 80er	746	100	ca 20	100	1186	100	ca 21 (-/19/2)	100	1932	100	ca 41	100
1989	190	25	12,5	62,5	612	52	15,7 (-/12,5/3,2)	74,8	802	42	28,2	68,8
1993	28	4	1,98	9,9	33	3	0,51 (0,17/0,347-)	2,4	61	3	2,49	6,1
1994	ca 3	0,4	0,17	0,85	ca 2	0,2	0,26 (-/0,26/-)	1,2	5	0,3	0,43	1,05

Schwarzwasser = ungereinigtes Abwasser, Grauwasser = mechanisch gereinigtes Abwasser, Klarwasser = mechanisch-biologisch gereinigtes Abwasser, die angegebenen Verrieselungsflächen sind Bruttoflächen (inkl. Wegen, Gräben, Absetzbecken und anderen Nutzflächen)

beeren und Sputendorf wurde von 1932 ha (bis Anfang der 80er Jahre) auf ca. 5ha (1994) reduziert (Tabelle 1).

Von den auf den höchsten Stellen der Rieselfelder angeordneten, 5 bis 10m hohen Standrohren gingen mehrere unter Druck stehende Rohrleitungen in die 10 bis 50ha großen Rieselgebiete. Dort wurde das Abwasser aus dem Druckrohrnetz über die Anschlußschieber entnommen. An den hochgelegenen Geländepunkten der Rieselgebiete waren Absatzbecken vorhanden, in denen das Abwasser nach kurzer Absetzzeit über offene, in Dämmen untergebrachte Verteilerrinnen auf die einzelnen, im allgemeinen

50 x 50 m großen Rieseltafeln, geleitet wurde. Die Aufleitung sollte etwa 15000 m³/ha pro Jahr (1500 mm/a) betragen. Das Abwasser versickerte auf den Rieseltafeln. Über Drainagesysteme und offene Entwässerungsgräben kamen in den Hauptvorflutern etwa 60 % der aufgeleiteten Wassermenge zum Abfluß (Bjarsch 1997).

Seit 1988 wurde die Rieselfeldwirtschaft nach und nach aufgegeben und 1994 schließlich völlig eingestellt. Seither wurden die Rieselfelder nur zum Teil zu landwirtschaftlichen Nutzflächen umgestaltet, ein erheblicher Flächenanteil liegt brach.

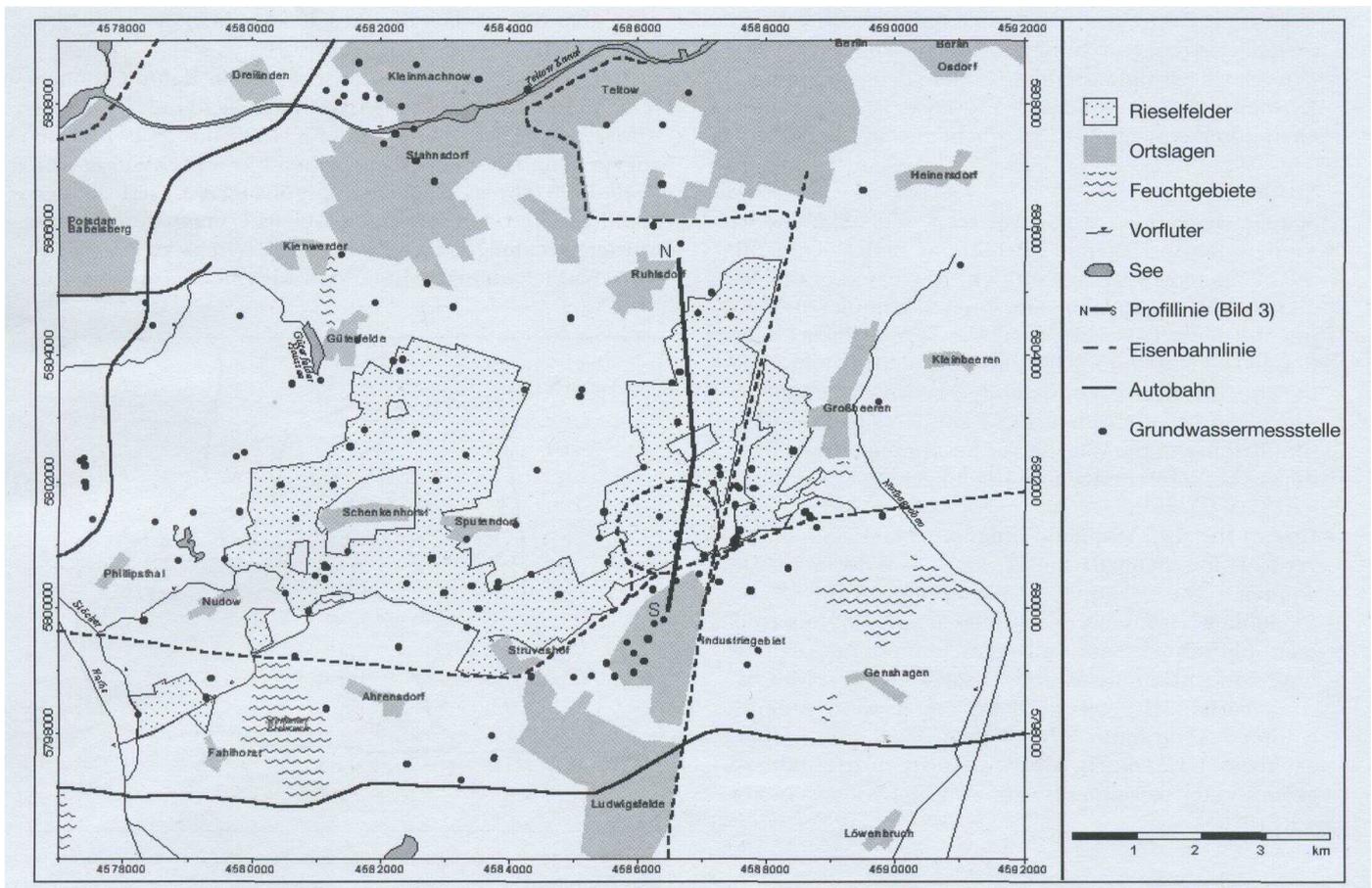


Bild 2 Übersichtskarte der Rieselfeldbezirke Großbeeren und Sputendorf (aus Scheytt et al. 1998, Copyright Springer Verlag)
Figure 2 Map of sewage farms Großbeeren and Sputendorf (adapted from Scheytt et al. 1998, Copyright Springer Verlag)

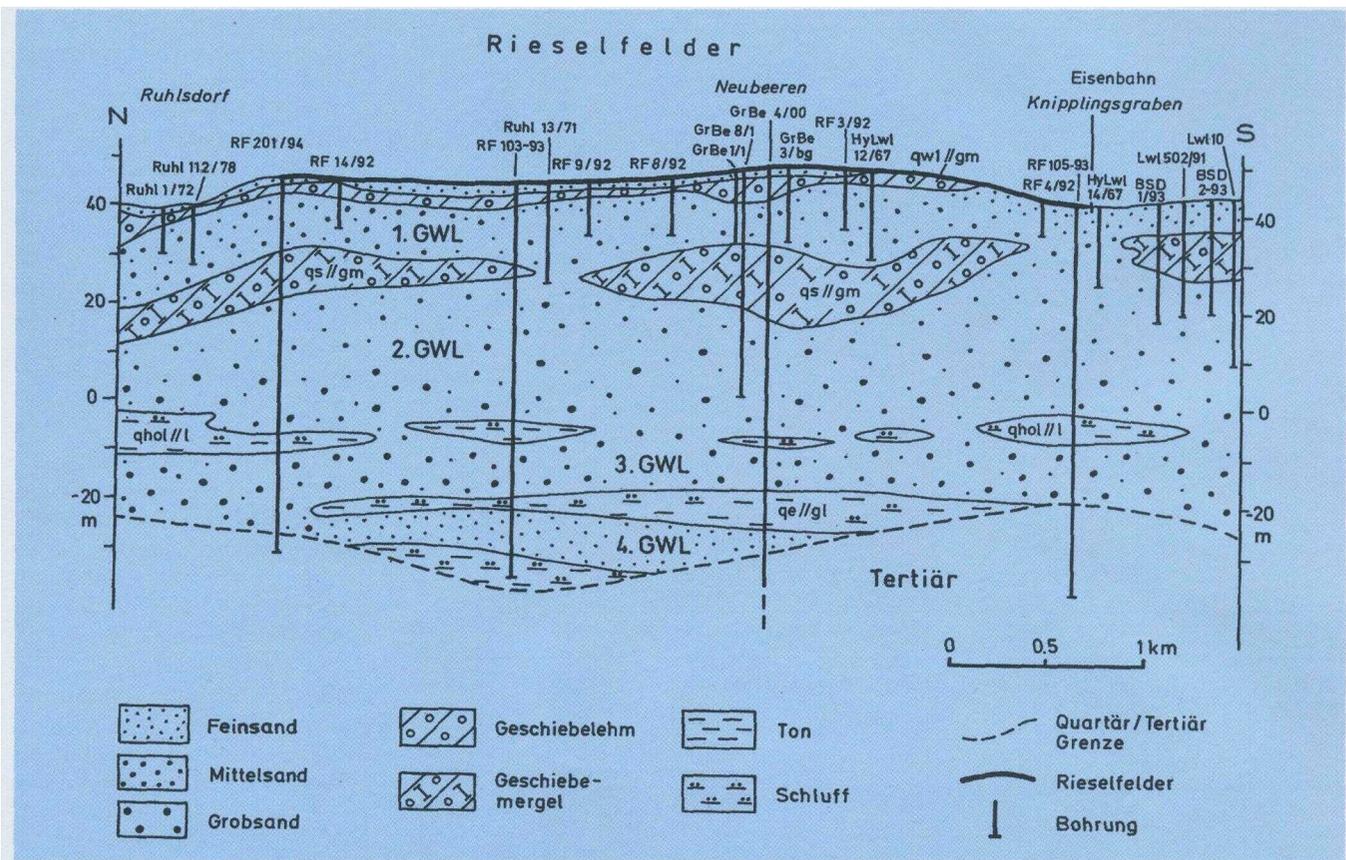


Bild 3 Hydrogeologischer N-S Schnitt durch die Rieselfelder (Lage des Profils in Bild 2) (aus Scheytt et al. 1998, Copyright Springer Verlag)
Figure 3 Hydro-geological N-S profile of sewage farms (see Figure 2 for location of profile) (adapted from Scheytt et al. 1998, Copyright Springer Verlag)

2 Geologie und Hydrogeologie der Rieselfelder

Das Untersuchungsgebiet (Bild 2) wird im Wesentlichen durch die oberflächennah anstehenden quartären Schichten geprägt. Die quartären Schichten werden aus einer Folge von bindigen (Geschiebemergel, glaziolimnische Schluffe und interglaziale limnische Schluffe und Tone) und rolligen Sedimenten (fluviale und glazifluviale Sande und Kiese) aufgebaut. Die Mächtigkeit des Quartärs schwankt zwischen über 300 m in Rinnen und weniger als 50 m auf einer Hochlage im zentralen Untersuchungsgebiet bei Schenkenhorst.

Im Liegenden des Quartärs werden tertiäre Schichten angetroffen. Meistens folgen dem Quartär Braunkohleschluffe oder aber Feinsande mit schluffigen und braunkohlehaltigen Einlagerungen. Diese gehören zum Formsandhorizont des Untermiozäns (Landesumweltamt Brandenburg 1997).

Die quartäre Abfolge lässt sich aufgrund der stratigraphischen und hydrogeologischen Gegebenheiten in vier Grundwasserleiter (1. bis 4. Grundwasserleiter) und vier Grundwassernichtleiter bzw. Grundwasserhemmer unterteilen. An die quartäre Abfolge schließt sich ein tertiärer, 5. Grundwasserleiter an. Die zumeist aus glazifluviatilen Sanden aufgebauten Grundwasserleiter haben Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich von $4 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und sind somit durchlässig bis stark durchlässig. Die eingeschalteten bindigen Schichten von Geschiebemergel und limnischen Schluffen haben Durchlässigkeitsbeiwerte von $9 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s und fungieren somit zumeist als Grundwasserhemmer. Gemäß Einteilung der Grundwasserleiter in Brandenburg entspricht der 1. Grundwasserleiter im Bereich der Rieselfelder dem Grundwasserleiterkomplex 1. Der 2. und 3. Grundwasserleiter sind nach dieser Einteilung dem Grundwasserleiterkomplex 2 zuzuordnen; alle tieferen Grundwasserleiter gehören zum Grundwasserleiterkomplex 3.

Ein wesentliches Merkmal sind die durch Erosion und Glaziotektonik stark gestörten Lagerungsverhältnisse, welche durch Fensterung des Geschiebemergels sowie durch Klüfte und Störungen lokal hydraulische Verbindungen über mehrere Grundwasserstockwerke hinweg ermöglichen (Bild 3).

Das Untersuchungsgebiet ist durch die oberflächennah anstehenden quartären Schichten geprägt. Die quartären Schichten werden aus einer Folge von bindigen (Geschiebemergel, glaziolimnische Schluffe und interglaziale limnische Schluffe und Tone) und rolligen Sedimenten (fluviale und glazifluviale Sande und Kiese) aufgebaut. Die Mächtigkeit des Quartärs schwankt zwischen über 300 m in Rinnen und weniger als 50 m auf einer Hochlage im zentralen Untersuchungsgebiet bei Schenkenhorst.

3 Grundwasserdynamik

Die Grundwassermorphologie des 1. Grundwasserleiters wird durch die Hochlage im Zentrum des Untersuchungsgebietes mit Grundwasserständen zwischen 38 und 43 m über NN dominiert (Bild 4). Diese im Bereich der Rieselfelder liegende Grundwassererhebung wurde durch die Rieselfeldwirtschaft deutlich verstärkt, blieb aber auch nach Stilllegung der Rieselfelder bestehen. Von hier aus fallen die Grundwasserstände fast radialsymmetrisch mit 1 bis 2 ‰ nach Norden, Westen und Süden ab (Asbrand 1997).

Die besonders auffallende Aufwölbung der Grundwasseroberfläche bis zu 43 m über NN im Westen der Rieselfelder wird durch deutlich geringere hydraulische Durchlässigkeiten der Grundwasserleiter und das mächtige unterlagernde Geschiebemergelpaket (Bild 3) hervorgerufen.

Im 2. und 3. Grundwasserleiter ist die Situation grundsätzlich ähnlich, wenngleich die Morphologie gegenüber dem 1. Grundwasserleiter ruhiger und ausgeglichener ist, was sich im geringeren Druckgradienten ausdrückt (Bild 5).

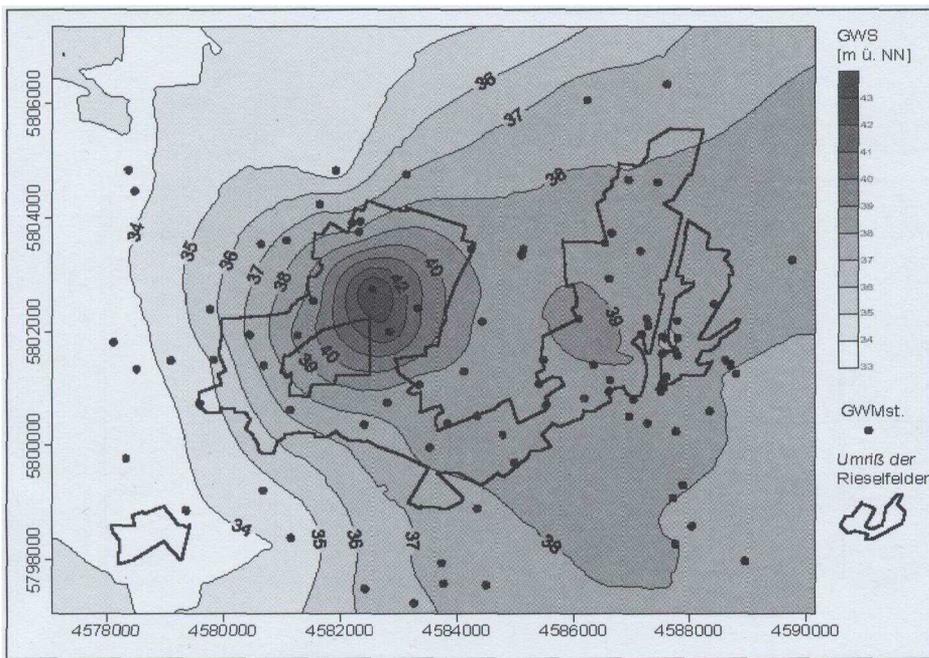


Bild 4 Grundwassergleichenplan des 1. Grundwasserleiters (Stichtagsmessung vom 15.11.1994)
Figure 4 Map of groundwater equipotentials of the 1st aquifer (15. 11. 1994)

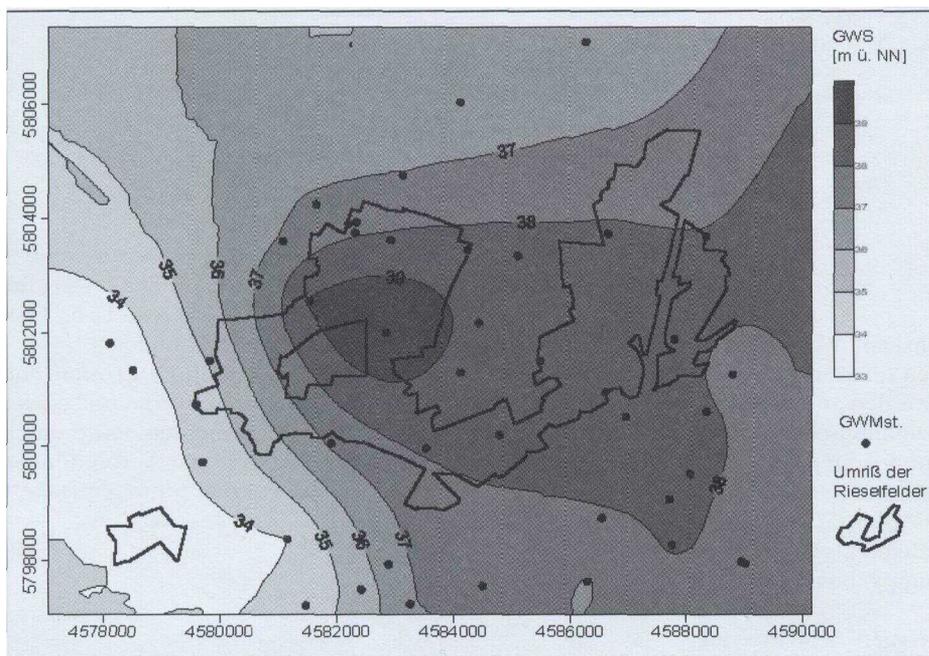


Bild 5 Grundwassergleichenplan des 2. Grundwasserleiters (Stichtagsmessung vom 15.11.1994)
Figure 5 Map of groundwater equipotentials of the 2nd aquifer (15. 11. 1994)

Im zentralen Bereich liegt die Grundwasserdruckfläche des 2. und 3. Grundwasserleiters 0,2 bis 0,5 m niedriger als die des 1. Grundwasserleiters. Im Bereich der westlichen Aufwölbung beträgt diese Grundwasserdruckdifferenz bis zu 3 m. Entsprechend dem hydraulischen Gradienten kann bei unzureichender Ausbildung der stauenden Schichten im zentralen Bereich eine Infiltration vom 1. Grundwasserleiter in den 2. Grundwasserleiter erfolgen. Dieser Umstand ist entscheidend für die Grundwasserbeschaffenheit im 2. Grundwasserleiter.

Niederungsgebiete und Vorfluterbereiche weisen eine positive Druckspiegeldifferenz auf, hier strömt Grundwasser aufwärtsgerichtet vom 2. Grundwasserleiter über in den 1. Grundwasserleiter. Das Grundwasser im 4. und 5. Grund-

wasserleiter unterströmt das Untersuchungsgebiet von Südosten nach Nordwesten.

Während der aktiven Bewirtschaftung der Rieselfelder überstieg die Grundwasserneubildung aus beaufschlagtem Abwasser die natürliche Grundwasserneubildung um ein Vielfaches. Nach Göritz (1995) ist im Untersuchungsgebiet für mittlere klimatische Verhältnisse mit einer natürlichen Grundwasserneubildung von 85 bis 110 mm ($2,7$ bis $3,5$ l / ($s \cdot km^2$)) zu rechnen.

Nach dem von Asbrand (1997) erstellten numerischen Grundwassermodell lag die zusätzliche Grundwasserneubildung aus Abwasser bei 200 mm/a auf Standorten mit dominierendem effluenten Abflußregime und 600-800 mm/a im Bereich mit dominierenden influenten Abflußbedingungen. Während der 80er Jahre stieg die Grundwasserneubildung in diesem Bereich bedingt durch steigende Grundwasserentnahmen auf 800-1000 mm/a an. Die erhöhte Grundwasserneubildungsrate führte zu einem künstlich erhöhten Grundwasserstand.

4 Beschaffenheit des Beaufschlagungswassers

Die Angaben zur Beschaffenheit des Beaufschlagungswassers sind gering. Insgesamt liegen neun Analysen von Schwarzwasser (ungeklärtes Abwasser) aus der Zeit von September 1992 bis Juli 1993 vor (Tabelle 2). Die Wasserproben entstammen dem Standrohr Großbeeren bzw. dem Zuleiter zum Rieselfeld Großbeeren.

Als Merkmale der Schwarzwasserbeschaffenheit können festgehalten werden:

- Die Temperatur des Schwarzwassers liegt sowohl im Sommer als auch im Winter mit durchschnittlich $16,1$ °C deutlich über den Temperaturen von natürlicher Grundwässern in Neubildungsgebieten.
- Das Redoxpotential und der Sauerstoff-Gehalt sind niedrig. Vermutlich kommt es durch den Abbau organischer Substanz zur Sauerstoffzehrung. Gleichfalls findet wahrscheinlich eine Denitrifikation von Nitrat statt, wofür das Vorkommen von Nitrit als Zwischenprodukt spricht. Das Schwarzwasser führt eine relativ hohe Nährstofffracht mit sich. Außer den Stickstoffverbindungen wurde Phosphat in erheblichen Konzentrationen gemessen.
- Das Schwarzwasser ist reich an organischer Substanz.

Tabelle 2 Mittlere Beschaffenheit des Beaufschlagungswassers
Table 2 Chemical parameters of sewage (mean values)

- Die Salzfracht ist insgesamt sehr hoch, die mittlere elektrische Leitfähigkeit hegt bei 1650 pS/cm Vor allem die Konzentrationen von Natrium, Kalium, Calcium, Chlorid und Hydrogenkarbonat sind deutlich hoher, als sie in einem unbeeinflussten Grundwasser dieser Region zu erwarten waren

Die chemische Zusammensetzung des Beaufschlagungswassers wird durch die Abhängigkeit vom Niederschlag, der durch die Mischkanalisation zur Verdünnung des haushalten Abwassers fuhr, immer stark variiert haben Hinzu kommen mittel- bis langfristige Änderungen durch den Eingang neuer chemischer Substanzen in die privaten Haushalte und die fortschreitende Industrialisierung im Laufe der 100-jährigen Geschichte der Rieselfelder

5 Auswirkungen der Rieselfeldwirtschaft auf die Grundwasserbeschaffenheit

Die Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit im Bereich der Rieselfelder Großbeeren und Sputendorf zeigen, dass eine Belastung des Grundwassers vor allem durch erhöhte Salz- und Nährstofffrachten besteht (PO₄³⁻ häufig 20 mg/l, bis zu 55 mg/l, NO₃ häufig 150 mg/l, bis zu 500 mg/l) Organische Schadstoffe wurden vereinzelt gefunden, ließen sich aber nicht eindeutig auf die Rieselfeldwirtschaft zurückfuhren Die Schwermetalle sind weitgehend im Oberboden gebunden und überschreiten bisher nur in wenigen Proben die Grenz- und Prüfwerte der Brandenburger Liste

Die Beschaffenheit des Grundwassers im Untersuchungsgebiet wird außer durch die Rieselfeldwirtschaft auch durch die landwirtschaftliche Nutzung beeinflusst Daneben treten eine Reihe weiterer anthropogener Einflüsse u a durch ein südlich des Eisenbahnringes bei Ludwigsfelde befindliches Industriegebiet und eine Hausmulideponie bei Großbeeren auf Außerdem ist in den tieferen quartären Grundwasserleitern eine Beeinflussung durch natürlich auftretendes salinares, tertiäres Grundwasser möglich

Grutzmacher (1994) stellte Untersuchungen zur Differenzierung der verschiedenen Einflüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit an Eine erste Einteilung in unbeeinflusstes Grundwasser, sonstig anthropogen beeinflusstes Grundwasser und abwasser- bzw rieselfeldbeeinflusstes Grundwasser erfolgte für den 1 Grundwasserleiter über die Zuordnung der Flächennutzung in der Umgebung der Grundwassermessstellen

Das Verhältnis von Natrium und Calcium ist geeignet, auf einfache Weise die Beeinflussungen des Grundwassers entweder durch die Rieselfeldbewirtschaftung oder durch sonstige Ursachen zu unterscheiden Die Ergebnisse von Clusteranalysen zeigen, dass die gute Differenzierung der Beeinflussungsart durch das Na/Ca-Verhältnis aufgrund der charakteristischen Erhöhung der Natrium-Konzentration bei Abwassereinfluss bzw der Calcium-Konzentration bei landwirtschaftlicher Nutzung möglich ist Dabei weist

rieselfeldbeeinflusstes Grundwasser höhere Na/Ca-Verhältnisse auf, landwirtschaftlich beeinflusstes Grundwasser niedrigere (Bild 6)

Bei Na/Ca-Verhältnissen von mehr als 0,4 ist eine Abwasserbeeinflussung wahrscheinlich Allerdings ist die Unterscheidung zu anthropogen unbeeinflussten Wassern nicht ganz eindeutig, da zu dieser Gruppe auch geogen geprägte Wasser gezahlt werden Diese können wesentlich höhere Na/Ca-Verhältnisse aufweisen, sodass bei Mischungssystemen Werte auftreten, die denen des rieselfeldgeprägten Grundwassers entsprechen In der Regel weisen letztere jedoch wesentlich höhere absolute Natriumgehalte auf

Durch den Eintrag der vorher klassifizierten Proben in Piper-Diagramme konnte Grutzmacher (1994) den verschiedenen Beeinflussungen Grundwassertypen zuordnen Abwasserbeeinflusstes Grundwasser ist ein Calcium-Hydrogenkarbonatwasser mit erhöhten Alkali-, Sulfat- und Nitratanteilen Dagegen zeigt Grundwasser, das durch sonstige anthropogene Einflüsse gekennzeichnet ist, einen höheren Erdalkalianteil und einen geringeren Chloridanteil auf Zusätzlich tritt der Hydrogenkarbonatanteil m den Hintergrund, sodass diese Wasser als Calcium-Sulfat-Wasser bezeichnet werden können Anhand der Mehrstoffdiagramme können rieselfeldunbeeinflusste Grundwasser als Calcium-Hydrogenkarbonatwasser mit z T erhöhten Sulfatanteilen klassifiziert werden

5.1 Vergleich der Grundwasserbeschaffenheit im 1. und 2. Grundwasserleiter

Im Bereich der Rieselfeldbezirke Großbeeren und Sputendorf ist die Beschaffenheit des Grundwassers m den oberen drei Grundwasserleitern durch die Rieselfeldwirtschaft ge-

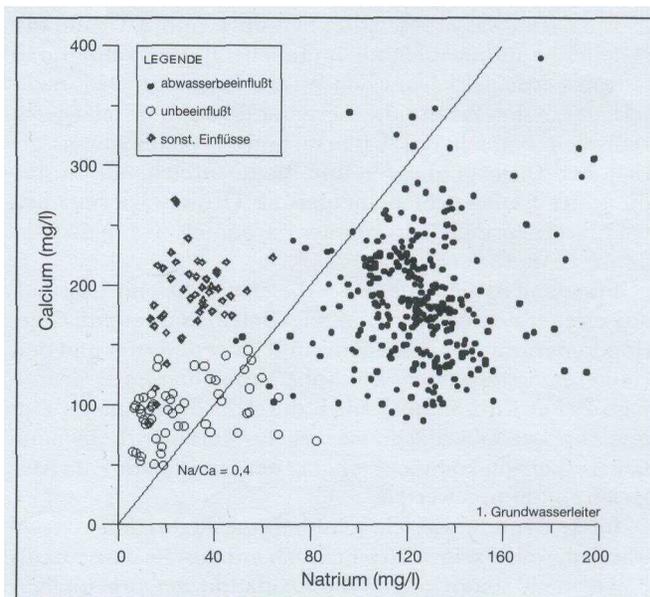


Bild 6 Natrium/ Calcium Verhältnis im 1 Grundwasserleiter
 (aus Grutzmacher 1994)

Figure 6 Sodium/ calcium ratio in the 1st Aquifer (from Grutzmacher 1994)

Tabelle 3 Physiko-chemische Parameter und Wasserinhaltsstoffe im 1. und 2. Grundwasserleiter (n = Anzahl, m = Mittelwert)
Table 3 Physico-chemical parameters and water constituents in the 1st and 2nd aquifer (n = number, m = mean value)

	1. Grundwasserleiter				2. Grundwasserleiter			
	n	min	max	m	n	min	max	m
T[°C]	346	6,9	16,8	10,2	204	9,1	14,6	10,2
pH	347	5,6	9,0	6,9	202	5,5	9,7	7,1
Eh [mV]	334	1	465	252	199	-373	402	219
O ₂ [mg/l]	262	0,0	10,4	1,5	157	0,0	4,5	0,5
Lf [µS/cm]	348	375	2840	1352	203	394	2400	1265
CSB [mg/l]	279	1,0	132	15,7	163	1,0	152	12,0
DOC [mg/l]	270	2,0	53,0	7,8	160	2,0	57,0	7,2
Na ⁺ [mg/l]	348	7	313	95	203	6	312	91
K ⁺ [mg/l]	348	0,1	172	14,6	203	0,1	32,6	7,9
Ca ²⁺ [mg/l]	348	10,1	429	173	203	15	251	169
Mg ²⁺ [mg/l]	348	0,1	33,6	12,8	203	1,4	29,0	12,1
Cl ⁻ [mg/l]	348	6,7	291	111	203	8	430	111
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	348	25	936	205	203	1	456	194
HCO ₃ ⁻ [mg/l]	348	25	1176	334	203	114	625	377
NO ₃ [mg/l]	342	1,0	500	83,5	199	1,0	276	19,0
NO ₂ [mg/l]	337	0,05	6,93	0,26	198	0,05	0,76	0,1
NH ₄ ⁺ [mg/l]	338	0,02	88,9	1,99	200	0,02	14,55	0,89
PO ₄ ³⁻ [mg/l]	341	0,15	54,5	5,48	199	0,15	29,75	1,38
Fe ²⁺ [mg/l]	268	0,1	42,5	2,61	162	0,1	36,0	3,9
Mn ²⁺ [mg/l]	268	0,05	5,24	0,55	162	0,05	1,7	0,4

kennzeichnet. Insbesondere bedingt durch die hydrodynamischen Gegebenheiten werden die tieferen Grundwässer in ihrer Beschaffenheit durch die Rieselfeldwirtschaft praktisch nicht beeinflusst.

Die Beschaffenheit des Grundwassers unterhalb der Rieselfelder Großbeeren und Sputendorf wird vor allem durch ihre große Variabilität gekennzeichnet. So haben die im ca. 90km² großen Untersuchungsgebiet gefundenen Spannweiten der Wasserinhaltsstoffe eine vergleichbare Größenordnung wie die von Hannappel (1996) für das Monitoring-Messnetz des Landes Brandenburg vorgestellten Werte. Entsprechend hoch sind die Variationskoeffizienten mit Werten von 0,33 bis 3,89.

Die Grundwasserbeschaffenheit im 1. und 2. Grundwasserleiter ist auffallend ähnlich (Tabelle 3). Dies kann durch eine massive Zusickerung von Wasser aus dem 1. Grundwasserleiter in den 2. Grundwasserleiter erklärt werden. Die im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes abwärtsgerichteten Druckgradienten und die unzureichende Ausbildung des Saalegeschiebemergels als Grundwassernichtleiter führen zu einer Grundwasserströmung aus dem 1. in den 2. Grundwasserleiter.

Insgesamt ist die Grundwasserbeschaffenheit im 2. Grundwasserleiter homogener. Dies zeigt sich in der wesentlich geringeren Anzahl an Ausreißern und Extremwerten und den kleineren Spannweiten. Die hohe Variabilität im 1. Grundwasserleiter wird hauptsächlich durch anthropogenen Eintrag von der Oberfläche verursacht, durch hydrodynamische Dispersion kommt es entlang der Strompfade zum Ausgleich von Extremwerten.

Im 1. Grundwasserleiter findet eine Reduktion von Nitrat statt, wobei sehr wahrscheinlich organische Substanz als Elektronendonator dient. Die Oxidation der organischen Substanz wird begleitet von einer Zunahme an Hydrogenkarbonat und einem Anstieg des pH-Wertes. Im 2. Grundwasserleiter findet dieser Prozess aufgrund der weitgehend im 1. Grundwasserleiter abgeschlossenen Denitrifikation

nur noch untergeordnet statt. Dafür wird im 2. Grundwasserleiter Sulfat reduziert. In beiden Grundwasserleitern verringert sich die Konzentration von Kalium und Phosphat, insbesondere aufgrund von Sorptionsvorgängen.

Die Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit entstehen durch den Abbau von organischer Substanz, wodurch der Sauerstoff-Gehalt und das Redoxpotential absinken und die Hydrogenkarbonat- und Sulfat-Konzentrationen ansteigen. Nitrat wird denitrifiziert, wobei als Zwischenprodukte Nitrit und Ammonium entstehen können.

5.2 Clofibrinsäure

Ein besonderer Fall organischer Stoffe sind Arzneimittelwirkstoffe. Bei Untersuchungen von Grundwasser im Bereich der Rieselfelder auf Pflanzenschutz- und -behandlungsmittel wurde eine chemisch ähnliche Substanz identifiziert, die sich nach weiteren Untersuchungen als der Arzneimittelwirkstoff Clofibrinsäure herausstellte (Heberer 1995). Clofibrinsäure ist der aktive Metabolit von blutfettsenkenden Arzneimitteln wie z. B. Clofibrat und Etofibrat.

In der Folgezeit wurde der Clofibrinsäure als möglichem Indikator für Grundwasserverunreinigungen durch Abwasser besondere Aufmerksamkeit gezollt. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die in den Rieselfeldern vorhandenen Grundwassernichtleiter (Geschiebemergel) für Clofibrinsäure keine unüberwindbaren Barrieren darstellen (Asbrand 1995).

Im Rahmen des Projektes „Rieselfelder südlich Berlins - Alltlast, Grundwasser, Oberflächengewässer“ wurden insgesamt 691 Wasserproben auf Clofibrinsäure untersucht. Beprobt wurde das Beaufschlagungswasser, Oberflächenwasser aus Drainagegräben im Bereich der Rieselfelder und aus diversen Vorflutern in der näheren Umgebung sowie Grundwasser aus den vier quartären und dem fünften, dem Tertiär zuzuordnenden Grundwasserleiter.

Zur Darstellung der Clofibrinsäureverteilung in den verschiedenen Wassergruppen wurden Boxplots gewählt (Bild 7). Die Länge der Box wird durch das 25 % bzw. 75 % Perzentil gebildet. Der Balken innerhalb der Box zeigt die Lage

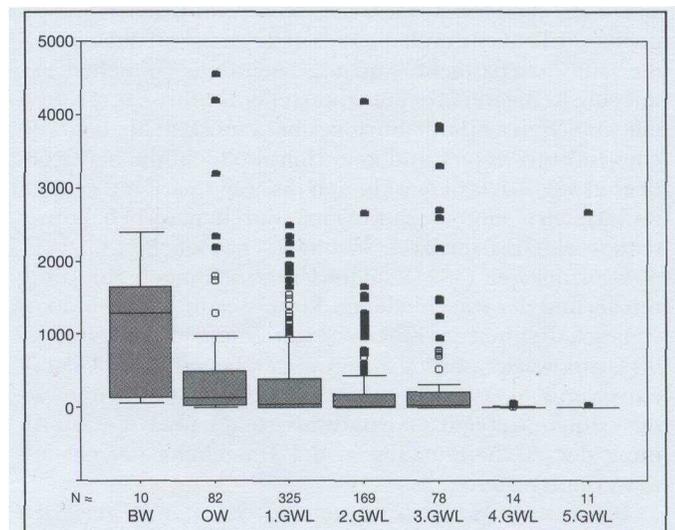


Bild 7 Boxplots der Clofibrinsäure-Konzentrationen im Beaufschlagungswasser (BW), Oberflächenwasser (OW) und im 1 bis 5 Grundwasserleiter (GWL) (aus Scheytt et al 1998, Copyright Springer Verlag)

Figure 7 Boxplots of the distribution of clofibric acid concentration in sewage water (BW), surface water (OW) and in the 1st to 5th aquifer (GWL) (adapted from Scheytt et al 1998, Copyright Springer Verlag)

des Medians. Ausreißer (durch offene Kreise markiert) liegen im Bereich zwischen der anderthalb bis dreifachen Boxlänge oberhalb des 75 % Perzentiles. Extremwerte (durch geschlossene Kreise markiert) liegen mehr als drei Boxlängen oberhalb des 75 % Perzentiles. Die Enden der Haken markieren den größten Wert, der noch nicht zu den Ausreißern zählt.

Auffällig ist der große Konzentrationsbereich, von Werten unterhalb der Nachweisgrenze (1 ng/l) bis 4500 ng/l. In allen Beprobungsgruppen wurden Werte bis zu mehreren 1000 ng/l Clofibrinsäure gemessen; eine Ausnahme bildet der 4. Grundwasserleiter, wobei dort die geringe Beprobungsdichte berücksichtigt werden muss.

Tendenziell nehmen die Clofibrinsäurekonzentrationen vom Beaufschlagungswasser über das Oberflächenwasser zum Grundwasser und dort von Stockwerk zu Stockwerk ab. So sinkt der Medianwert von 1300 ng/l im Beaufschlagungswasser über 138 ng/l im Oberflächenwasser auf 50 ng/l im 1. Grundwasserleiter ab. Im Grundwasser liegt der Medianwert des 3. Grundwasserleiters mit 35 ng/l zwar geringfügig über den des 2. Grundwasserleiters (10 ng/l), doch liegen - der abnehmenden Tendenz folgend - mehr als 50 % aller Proben des 4. und 5. Grundwasserleiters unterhalb der Nachweisgrenze. Das klare Bild, der sich mit der Tiefe verringernden Konzentrationen wiederholt sich mit der Lage des 75 % Perzentiles.

Alle Grundwasserproben mit Clofibrinsäurekonzentrationen über 1000 ng/l stammen aus Grundwassermessstellen, die als abwassergeprägt klassifiziert wurden. Eine Ausnahme ist der Wert von 2675 ng/l im tertiären 5. Grundwasserleiter, welcher als von der Rieselfeldwirtschaft unbeeinflusst gilt. Allerdings haben 21 % der Proben aus abwassergeprägten Messstellen eine Clofibrinsäurekonzentration unterhalb der Nachweisgrenze. Hohe Clofibrinsäurekonzentrationen in tieferen Grundwasserstockwerken sprechen für eine hohe Persistenz dieser Substanz. Für Clofibrinsäure ist ein Eintrag über das Abwasser eindeutig nachgewiesen; damit kann das Vorkommen dieses Stoffes als Indikator für einen Abwassereinfluss dienen (Scheytt et al. 1998).

6 Auswirkungen der Einstellung der Rieselfeldwirtschaft

6.1 Grundwasserströmung

Die Grundwassermorphologie hat sich in den drei Jahren vom Herbst 1994 bis zum

Herbst 1997 vor allem dahingehend verändert, dass die Grundwasserstände großflächig abgesunken und die absoluten Höhendifferenzen geringer geworden sind. Im 1. Grundwasserleiter sind die Grundwasserstände im Bereich der ehemaligen Rieselfelder lokal um bis zu 2,5 m abgesunken, großflächig verringerten sich die Standrohrspiegelhöhen um ca. 0,5 m. Im 2. Grundwasserleiter sind die lokalen Absenkungsbeträge nicht so markant, im zentralen Teil des Gebietes sind die Grundwasserstände um 0,5 bis 1,0 m abgesunken.

Die Absenkungen der Grundwasserdruckflächen sind höher als sie von Asbrand (1997) erwartet wurden. Dieser hatte Grundwasserganglinien über einen Zeitraum von ca. 20 Jahren aus dem zentralen Bereich der Rieselfelder ausgewertet und war zu dem Schluss gekommen, dass die seit 1988 stark sinkenden Grundwasserstände seit 1993 wieder nahezu stationäre Verhältnisse erreicht haben, die nur den jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Dass noch keine stationären Verhältnisse erreicht worden sind, zeigen jedoch die Messwerte vom Herbst 1997 und auch die Messungen vom Sommer 1999, bei denen die Grundwasserstände gegenüber 1997 erneut abgesunken sind. Dabei sind aber auch die klimatischen Verhältnisse zu berücksichtigen: Seit 1996 ist die Grundwasserneubildung insgesamt deutlich niedriger als in den Vorjahren.

6.2 Grundwasserbeschaffenheit

Über das Gebiet verteilt sinken die mittleren Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe im 1. Grundwasserleiter geringfügig bzw. Hydrogenkarbonat deutlich ab, während im 2. Grundwasserleiter die Konzentrationen weitgehend, mit Ausnahme des Hydrogenkarbonats, gleich bleiben.

Gleichwohl zeigen sich Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit bei der Betrachtung der einzelnen Grundwassermessstellen. Ob diese Veränderungen eine räumliche Verteilung aufweisen, wurde durch die lagetreuen Darstellungen der Differenzen ermittelt. Es stellte sich heraus, dass keine Bereiche mit zu- bzw. abnehmenden Tendenzen ausgemacht werden konnten, es besteht kein räumlicher Zusammenhang zwischen den Differenzen-Werten. Es wurde auch kein Zusammenhang mit der Flächennutzung oder den geologischen Gegebenheiten festgestellt.

Mit Ausnahme von drei flachen Messstellen im 1. Grundwasserleiter im Südwesten der Rieselfelder, in denen eine deutliche Abnahme der Konzentrationen der Wasserinhaltsstoffe zu verzeichnen war, konnte kein einheitlicher Zusammenhang zwischen der Teufe der Messstellen und der Höhe der Differenzen im 1. und 2. Grundwasserleiter gefunden werden. Auch Untersuchungen von Mehrfachmessstellen zeigen keinen einheitlichen Trend der Zu- oder Abnahme mit der Teufe.

Interessant ist, dass im 2. Grundwasserleiter bei einer ganzen Reihe von physiko-chemischen Parametern und Wasserinhaltsstoffen eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Werte im Herbst 1994 und der Höhe der Differenz gefunden wurde. Beim pH-Wert, der elektrischen Leitfähigkeit, dem Sauerstoff-Gehalt, dem Redoxpotential, Natrium, Kalium, Hydrogenkarbonat, Nitrit und Ammonium sind vorwiegend positive Differenzen (Erhöhung der Gehalte) bei niedrigen Werten und negative Differenzen (Verminderung der Gehalte) bei hohen Werten zu beobachten; und die Differenzen sind um so größer je größer die absoluten Werte im Herbst 1994 waren. Die Abhängigkeit der Differenzen von den absoluten Werten im Herbst 1994 ist ein Hinweis darauf, dass die Beschaffenheit im 2. Grundwasserleiter einen Gleichgewichtszustand anstrebt.

Asbrand (1997) hat mit einem numerischen Transportmodell, beruhend auf den Messungen vom Herbst 1994, die Chlorid-Konzentrationen für das Jahr 2010 prognostiziert. Nach seinen Berechnungen würde bis 2010 die Chlorid-Konzentration im 1. Grundwasserleiter um ca. 30 mg/l absinken, während im 2. Grundwasserleiter bis 2010 keine Änderungen auftreten würden. Diese Berechnungen werden von den bisherigen Ergebnissen weitgehend gestützt. Möglicherweise wird der Rückgang im 1. Grundwasserleiter aber stärker ausfallen, denn die Chlorid-Konzentration ist bis 1997 bereits im Mittel um 12 mg/l abgesunken.

Literatur

- Asbrand, M (1995) Hydrogeologische Situation der Rieselfelder südlich Berlins. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft, 131, Technische Universität Berlin
- Asbrand, M (1997) Dreidimensional-regionalhydrodynamisches Verfahren zur Bewertung einer großräumigen Grundwasserbelastung - Rieselfeldbezirke Sputendorf und Großbeeren südlich Berlins. Dissertation, Technische Universität Berlin
- Bjarsch, B (1997) 125 Jahre Berliner Rieselfeld-Geschichte. WASSER & BODEN, 49 (3), 45-48
- Goritz, S (1995) Wasserhaushalt (Kap 6 2, Bd II). In Troger, U, Aderhold, G, Asbrand, M, Goritz, S, Grutzmacher, G, Hansen, P-D, Heberer, T, Herbert, A, Klingelhofer, D, Kroll, A, Matheis, G, Pasteka, O, Rejman-Rasmski, E, Rosenfeld, M, Siad, A, Stey, W, Winkler, K und Wittekmdt, E. Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewasser Teilprojekt II Hydrogeologie. Abschlußbericht, Bd I bis V, Technische Universität Berlin, unveröffentlicht
- Grutzmacher, G (1994) Untersuchungen zur Grundwasserqualität im Bereich der Rieselfelder südlich Berlins mit einer statistischen Betrachtung der Ergebnisse. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, unveröffentlicht
- Hannappel, S (1996) Die Beschaffenheit des Grundwassers in den hydrogeologischen Strukturen der neuen Bundesländer. Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, Bd 182
- Heberer, Th (1995) Identifizierung und Quantifizierung von Pestizidrückständen und Umweltkontaminanten in Grund- und Oberflächenwassern mittels Kapillarchromatographie - Massenspektrometrie. Dissertation, TU Berlin, W & T Verlag
- Landesumweltamt Brandenburg (1997) Rieselfelder südlich Berlins - Altlast, Grundwasser, Oberflächengewasser - Gemeinsamer Abschlußbericht 1996. Studien und Tagungsberichte Band 13/14
- Scheytt, T, Grams, S, Fell, H (1998) Vorkommen und Verhalten eines Arzneimittels (Clobirinsäure) im Grundwasser. Grundwasser Bd 2/98, S 67-79, Springer Verlag Berlin Heidelberg

Anschriften der Verfasser

Dr Traugott Scheytt (E-Mail traugott.scheytt@TU-Berlin.de), Technische Universität Berlin, Fachgebiet Hydrogeologie, Ackerstr 71-76, 13355 Berlin, Dipl.-Geol. Susanne Grams (E-Mail S.Grams@Fugro.de) und Dr Martin Asbrand (E-Mail M.Asbrand@Fugro.de), FUGRO CONSULT GmbH, Wolfener Str 36K, 12681 Berlin

Abonnieren Sie



Informieren Sie sich auf unserer Web-Seite

<http://www.parey.de>