



Deponie Flotzgrün

Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser

Projekt-Nr.: **91501**

Bericht-Nr.: **02**

Erstellt im Auftrag von:

BASF SE

67056 Ludwigshafen

**Eigentum der BASF SE – urheberrechtlich
geschützt**

Dr.-Ing. B. Starke, Prof. U. Ewers,
Dr.-Ing. J. Weiß, Dipl.-Ing. J. Müller

2013-04-26

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG7
2	UNTERLAGEN8
3	RECHTLICHE GRUNDLAGEN11
4	GRUNDLAGEN UND AUSGANGSSITUATION13
4.1	Standortbeschreibung13
4.1.1	Lage des Standortes und des Untersuchungsgebietes13
4.1.2	Ablagerungshistorie und Deponieaufbau13
4.2	Regionale geologische und hydrogeologische Standortverhältnisse16
5	IDENTIFIZIERUNG DER SCHUTZGÜTER UND GEFÄHRDUNGSWEGE17
5.1	Schutzgüter und Definition der Schutzziele17
5.2	Identifizierung möglicher Wirkungspfade22
6	STANDORTSPEZIFISCHE STOFFBEWERTUNG24
6.1	Stoffscreening und Identifizierung von Leitparametern24
6.2	Stoffeigenschaften von Mecoprop und Bentazon25
6.2.1	Verhalten von Bentazon und Mecoprop im System Boden / Grundwasser26
6.2.2	Human- und Säugetiertoxizität27
6.2.3	Toxizität gegenüber Wasserorganismen28
6.2.4	GHS-Einstufung nach CLP-Verordnung (EG) 1272/200830
6.3	Beurteilungswerte für Bentazon und Mecoprop im Grundwasser und Trinkwasser ...31
6.4	Zusammenfassung der wesentlichen Stoffeigenschaften und Beurteilungswerte:34
7	PRÜFUNG UND BEWERTUNG VORHANDENER DATEN UND MODELLE35
7.1	Überblick vorhandener Daten und Modelle35
7.2	Prüfung der Datengrundlage36
7.3	Prüfung des hydrogeologischen Strukturmodells38
7.4	Prüfung des numerischen Grundwassermodells48
7.4.1	Strömungsmodell48
7.4.2	Transportmodell54
7.5	Stoffbewertung und Ausbreitungsprognose für den direkten Standortabstrom57
7.6	Zusammenfassende Bewertung vorhandener Daten und Modelle62
8	PRÜFUNG DER HYDRAULISCHEN SICHERUNG65
9	VORLÄUFIGE GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG68
9.1	Gefährdungsabschätzung68

9.1.1	Trinkwassergewinnung Speyer Süd.....	68
9.1.2	Grundwasser.....	68
9.2	Gefährdungsbeurteilung für die Schutzgüter Trinkwasser / Mensch	69
9.3	Gefährdungsbeurteilung für die Oberflächengewässer.....	70
9.3.1	Altrhein.....	70
9.3.2	Rhein.....	70
9.3.3	Altrheinaue	71
9.3.4	Grundwassernutzungen im Bereich Speyerer Rheinbogen	71
9.4	Zusammenfassende Bewertung	71
10	VORSCHLÄGE FÜR DAS WEITERE VORGEHEN.....	73
10.1	Wesentliche Fragestellungen und offene Punkte.....	73
10.2	Handlungsempfehlungen	74
10.3	Vorschläge für weiterführende Untersuchungen.....	75

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 4.1: Deponieabschnitte Flotzgrün.....	14
Abbildung 4.2: Mengenentwicklung Deponie Flotzgrün seit 1986.....	14
Abbildung 5.1: Schutzgebiete im Bereich der Insel Flotzgrün, [U3]	21
Abbildung 5.2: Mittlere Grundwasserströmung in den Tiefenbereichen II und III.....	22
Abbildung 7.1: Schematischer Untergroundaufbau entlang eines Nordwest-Südost-Schnittes durch das Untersuchungsgebiet [U6]	39
Abbildung 7.2: Profilschnitt zwischen der Messstelle P017 im Deponiebereich und der Trinkwasserbrunnen Speyer Süd	40
Abbildung 7.3: Geologischen Störung nach [U12] und aktuellem Kenntnisstand [U20].....	41
Abbildung 7.4: Vergleich gemessener und berechneter Grundwasserstandsdifferenzen [U12].....	53
Abbildung 7.5: Modellprognose der Chlorid-Ausbreitung im TB III von 2003 bis 2050 U12].....	56
Abbildung 7.6: Maximale Stoffbefunde 2011 im Deponiebereich und -abstrom für die Parameter Mecoprop und Bentazon in den Tiefenbereichen II/Z/III.....	58
Abbildung 7.7: Entwicklung der Grundwasserstände an P017III und P017II (Jahresmittelwerte aus wöchentlichen Messungen) im Vergleich zum Rheinwasserstand.....	59
Abbildung 7.8: Entwicklung der Grundwasserstandsdifferenzen P017III und P017II im Vergleich zu den Tiefentnahmen Wasserwerk Speyer Süd	59
Abbildung 7.9: Analytische Berechnung der mögliche Stoffabsickerung vom TB II in TB III	60
Abbildung 7.10: Analytische Berechnung des möglichen Stofftransports im TB III.....	61
Abbildung 11.1: Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung geohydraulischer Kenndaten	76
Abbildung 11.2: Durchführung von Pumpversuchen an neuen Messstellen.....	76

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 7.1: k_f -Werte aus Pumpversuchen	43
Tabelle 7.2: k_f -Werte in den Modellschichten.....	50
Tabelle 7.3: Angesetzte Grundwasserentnahmen im instationären Modell, [U12].....	51
Tabelle 7.4: Überschlägige Transportzeit von P017II zu P049III in Abhängigkeit der Durchlässigkeiten	61
Tabelle 8.1: Schadstoffaustrag im Zuge der Sicherungsmaßnahme	66

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 1.1	Übersichtslageplan, M 1 : 25.000, (Kartengrundlage BCE GmbH, [U5])
Anlage 1.2	Lageplan Brunnen, Grundwassermessstellen, M 1 : 5.000, (Kartengrundlage BCE GmbH)
Anlage 1.3	Lageplan Profilschnitte
Anlage 2	Profilschnitte
Anlage 2.1	Schnitt A-A'
Anlage 2.2	Schnitt B-B'
Anlage 2.3	Schnitt C-C'
Anlage 3	Entwicklung der Grundwasserstände und -differenzen
Anlage 3.1	Entwicklung der Grundwasserstände 2011, Datenloggerdaten
Anlage 3.2	Entwicklung der Grundwasserstandsdifferenzen TB III - TB II
Anlage 4	Entwicklung der Konzentrationen
Anlage 4.1	Mecoprop- und Bentazon an Messstellen P017II/Z/III
Anlage 4.2	Mecoprop- und Bentazon-Konzentrationen im Rheinwasser

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADI	Acceptable Daily Intake, <i>engl.</i> für Erlaubte Tagesdosis
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutzverordnung
CLP	Classification, Labelling and Packaging, <i>engl.</i>
EC50	mittlere effektive Konzentration
FFH-RL	Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie
GHS	Globally Harmonized System of Classification, Labelling and Packaging of Chemicals
GrwV	Grundwasserverordnung
IKSR	Internationale Kommission zum Schutze des Rheins
Kd	Verteilungskoeffizient [L^3/M]
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft
LC50	mittlere letale Konzentration
LD50	mittlere letale Dosis
LUWG	Landesamt für Umwelt und Wasserwirtschaft
MCPD	Mecoprop
MGWL	Mittlerer Grundwasserleiter
NOAEL	no-observe adverse effect level, <i>engl.</i>
OGewV	Oberflächenwasserverordnung
OGWL	Oberer Grundwasserleiter
OZH	Oberer Zwischenhorizont
PSM	Pflanzenschutzmittel
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UBA	Umweltbundesamt
UGWL	Unterer Grundwasserleiter
UQN	Umweltqualitätsnorm
UZH	Unterer Zwischenhorizont
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ZH	Zwischenhorizont

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

Aus den älteren Abschnitten der im nordwestlichen Bereich der eingedeichten Insel Flotzgrün betriebenen Deponie Flotzgrün treten Schadstoffe in die wassergesättigte Bodenzone aus, so dass im Deponierandbereich wie bereichsweise auch in deren Abstrom auffällige Grundwasserbelastungen vorliegen. Zur hydraulischen Sicherung werden im nördlichen Deponierandbereich der alten Abschnitte aktuell 7 Sicherungsbrunnen (vgl. [U5]) betrieben.

Als Schadstoffleitparameter wurden die Pflanzenschutzmittel Mecoprop und Bentazon identifiziert. Des Weiteren finden sich im anstehenden Aquifer erhöhte Konzentrationen an Salzen (insb. Chlorid und Ammonium) und organischen Summenparametern (insb. AOX und DOC). Das Schwermetall Nickel liegt in leicht erhöhten Gehalten vor.

Im Bereich der Deponie Flotzgrün ist ein etwa 45 - 50 m mächtiger oberer Grundwasserhorizont ausgebildet, der sich aus dem OGWL und dem MGWLo (Tiefenbereich I + II) zusammensetzt [U4]. Beide Schichten stehen hydraulisch miteinander in Verbindung. Im unbeeinflussten Zustand ist der Grundwasserabstrom der Deponie Flotzgrün im OGWL und MGWLo nach Norden und im weiteren Abstrom nach Nordosten ausgerichtet. Bei laufender Grundwasser-sicherung werden die aus der Deponie austretenden Grundwasserbelastungen in beiden Tiefenbereichen hydraulisch gesichert.

In den darunter liegenden und durch geringdurchlässige Schichten getrennten Grundwasserleitern MGWLu (Tiefenbereich III) und UGWL (Tiefenbereich IV) wird die Grundwasserströmung unmittelbar durch die Wasserentnahmen im Wassergewinnungsgebiet Speyer-Süd beeinflusst (vgl. [U4]), die westlich des Berghäuser Altrheinbereiches von den Stadtwerken Speyer GmbH betrieben werden. Zwischen dem Deponiestandort und dem Wassergewinnungsgebiet ist die Grundwasserströmung auf die im Nordwesten gelegenen Trinkwasserbrunnen ausgerichtet.

Seit 2009 wurden wiederholt geringe Konzentrationen an den Pflanzenschutzmitteln Mecoprop und Bentazon im nördlichen Deponieabstrom im TB III festgestellt, die man mit den vorhandenen Kenntnissen nicht erklären kann und einer vertiefenden Erkundung bedürfen. Aus diesem Anlass heraus wurde von der BASF SE in Abstimmung mit der SGD CDM Smith hinzugezogen, um die Ansätze sowie die weitere Vorgehensweise zu überprüfen und zu bewerten.

Im Hinblick auf die von der Deponie Flotzgrün potenziell ausgehende Gefährdung des Grundwassers und der nahe gelegenen Trinkwassergewinnung wurde die CDM Smith Consult GmbH mit Schreiben vom 16.08.2012 beauftragt, in einer 1. Bearbeitungsphase die vorliegenden Unterlagen und bisherigen Untersuchungsergebnisse zum Standort im Detail zu sichten, prüfen und zu bewerten ([U1] bis [U18]). Darauf aufbauend wurde die hier vorliegende vorläufige verbal-argumentative Gefährdungsbeurteilung ausgearbeitet. Dieser Beauftragung der Gefährdungsbeurteilung liegt eine Anforderung durch die Behörden des Landes Rheinland-Pfalz zu Grunde. Der Umfang der Untersuchungen wurde zwischen der BASF SE und den Behörden abgestimmt.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der vorläufigen Gefährdungsbeurteilung sollen ab 2013 im Standortbereich weiterführende Untersuchungen erfolgen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, möglichst alle Daten und Informationen aufzunehmen, die zu einer abschließenden und fundierten Beurteilung der vom Deponiestandort Flotzgrün ausgehenden Gefährdungen erforderlich sind.

2 UNTERLAGEN

Im Rahmen der Prüfung wurden folgende Unterlagen eingesehen und bei der Bewertung berücksichtigt:

- [U1] CDM Smith (2012): Deponie Flotzgrün - Stellungnahme zur Konzeptplanung „Einrichtung ergänzender Grundwassermessstellen“, Alsbach, Oktober 2012
- [U2] Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (2012): Kurzbericht zum Sondermessprogramm „Bentazon und Mecoprop im Bergäusser Altrhein“, Juni 2006, Oktober 2012
- [U3] Björnson Beratende Ingenieure (2012): Deponie Flotzgrün - Einrichtung ergänzender Grundwassermessstellen - Vermerk zur Ortsbegehung einschließlich Lageplan zur Messnetzerweiterung und Maßnahmen Wegebau, Koblenz, Juli 2012
- [U4] Björnson Beratende Ingenieure (2012): Deponie Flotzgrün - Einrichtung ergänzender Grundwassermessstellen - Konzeptplanung, Koblenz, Mai 2012
- [U5] Björnson Beratende Ingenieure (2012): Deponie Flotzgrün - Grundwassersicherung und -überwachung - Jahresbericht 2011, Koblenz, März 2012
- [U6] Björnson Beratende Ingenieure (2011): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Grundwassersicherung und -überwachung - Jahresbericht 2010, Koblenz, März 2011
- [U7] Björnson Beratende Ingenieure (2010): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Grundwassersicherung und -überwachung - Jahresbericht 2009, Koblenz, April 2010
- [U8] Björnson Beratende Ingenieure (2009): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Grundwassersicherung und -überwachung - Jahresbericht 2008, Koblenz, April 2009
- [U9] Björnson Beratende Ingenieure (2008): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Grundwassersicherung und -überwachung - Jahresbericht 2007, Koblenz, April 2008
- [U10] Björnson Beratende Ingenieure (2007): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Fortschreibung des Grundwasserüberwachungsprogramms, Koblenz, März 2007

- [U11] Björnson Beratende Ingenieure (2006): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Ergänzende Stofftransportmodelluntersuchungen zu den hydraulischen Abwehrmaßnahmen - Erarbeitung einer Förderkonzeption mit Intervallbetrieb der Brunnen, Koblenz, Januar 2006
- [U12] Björnson Beratende Ingenieure (2004): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Stofftransportmodelluntersuchungen zu den hydraulischen Abwehrmaßnahmen, Koblenz, Oktober 2004
- [U13] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt (2003): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Ermittlung und Beurteilung des Sickerwasseranfalls in Abschnitt 1, Koblenz, August 2003
- [U14] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt (2003): Rückstandsdeponie Flotzgrün - Grundwasserverhältnisse und Planung von hydraulischen Abwehrmaßnahmen im Untersuchungsbereich Nordost, Koblenz, August 2003
- [U15] Technologieberatung Grundwasser und Umwelt (1995): Untersuchungen zu Grundwasserschutzmaßnahmen im oberen Grundwasserbereich im Abstrom des älteren Deponieteils, Koblenz, August 1995
- [U16] Dr.-Ing. G. Björnson Beratende Ingenieurgesellschaft GmbH (1985): Geologischer Untergrundaufbau und hydrogeologische Verhältnisse im Bereich der Insel Flotzgrün, Koblenz, November 1985
- [U17] Umweltministerium Baden-Württemberg: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (2007): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer, Fortschreibung 1986 - 2005, Stuttgart, Mainz, 2007
- [U18] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (1999): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung, Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983 - 1998, Stuttgart, Wiesbaden, Mainz, 1999
- [U19] N. Tuxen et. al.(1999): Fate of seven pesticides in an aerobic aquifer studied in column experiments, Oktober 1999
- [U20] I. Gaus and K. Vande Castele (2004): Assessing the contamination risk of five pesticides in a phreatic aquifer based on microcosm experiments and transport modelling at Sint-Jansteen, Zeeland, the Netherlands
- [U21] Konrad Haider, Andreas Schäffer (2000): Umwandlung und Abbau von Pflanzenschutzmitteln in Böden, Enke im Georg Thieme Verlag, 2000

- [U22] Bundesamt für Risikobewertung (BfR, 2012): Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe: ADI-Werte und gesundheitliche Trinkwasser-Leitwerte. Aktualisierte Information Nr. 039/2012 des BfR vom 6. November 2012
Internet: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/pflanzenschutzmittel-wirkstoffe-adi-werte-und-gesundheitliche-trinkwasser-leitwerte.pdf>
- [U23] European Commission, Directorate-General health & consumer protection, Directorate E-public, Animal and Plant Health (2000): Review report for the active substance Bentazone, finalized in the Standing Committee on Plant Health at its meeting on 13 July 2000 in view of the inclusion of Bentazone in Annex I of Directive 91/414/EEC Report 7585/VI/97-Final, 30 November 2000
Internet: http://www.ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1-14_en.pdf
- [U24] Review report for the active substance Mecoprop, finalized in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 15 April 2003 in view of the inclusion of mecoprop in Annex I of Directive 91/414/EEC SANCO/3063/99-Final 14 April 2003
Internet: http://www.ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1-50_en.pdf
- [U25] GESTIS-Stoffdatenbank: Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. <http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/stoffdb/index.jsp>
- [U26] www.wasserblick.net

3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

- [R1] Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG) des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- [R2] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001)
- [R3] Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV), 09.11.2010
- [R4] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV), 20.07.2011
- [R5] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz BBodSchG, 17.03.1998
- [R6] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), 12.07.1999
- [R7] Wasserhaushaltsgesetz (WHG), 31. Juli 2009
- [R8] Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BnatSchG), 29.07.2009
- [R9] Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie 92/43/EWG), 21. Mai 1992
- [R10] EG-Vogelschutzrichtlinie (RL 79/409/EWG), 2. April 1979
- [R11] Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln
- [R12] Verordnung (EG) Nr. 1107/ 2009 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln
- [R13] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Düsseldorf, 2004
Internet: http://www.lawa.de/documents/GFS-Bericht-DE_a8c.pdf
- [R14] Umweltbundesamt (2003): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht, Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt, Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 46: 249 - 251

- [R15] Umweltbundesamt (2003): Maßnahmenwerte (MW) für Stoffe im Trinkwasser während befristeter Grenzwert-Überschreitungen gem. § 9 Abs. 6 - 8 TrinkwV 2001, Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherung beim Umweltbundesamt, Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 46: 707 - 710

- [R16] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking-water quality, Second Edition, Volume 2, Geneva, Switzerland, 1996

- [R17] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking-water quality, Third Edition, Geneva, Switzerland, 2008

- [R18] World Health Organization (WHO): Guidelines for drinking-water quality, Fourth Edition, Geneva, Switzerland, 2011

- [R19] World Health Organization (WHO): Bentazone in drinking-water background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality, 2004
Internet: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/bentazone.pdf

4 GRUNDLAGEN UND AUSGANGSSITUATION

4.1 Standortbeschreibung

4.1.1 Lage des Standortes und des Untersuchungsgebietes

Die Deponie Flotzgrün liegt etwa 2 km südlich von Speyer im nordwestlichen Bereich der bei der Rheinbegradigung künstlich entstandenen Insel Flotzgrün im Oberrheintal. Im Osten wird die Insel Flotzgrün vom Rhein und im Westen, Süden und Norden vom Berghäuser Altrhein begrenzt.

Die Deponie hat eine genehmigte Gesamtfläche von etwa 80 ha, mit einem älteren Deponieteil ohne qualifizierte Basisabdichtung von ca. 31 ha (Abschnitte 1 bis 5) und einem neueren Teil mit Oberflächen- und Basisabdichtung (Abschnitte 6 und 7). Aktuell wird Abschnitt 7 mit Abfällen beschickt (vgl. **Abbildung 4-1** in **Kapitel 4.1.2**).

Die Deponie und die angrenzenden Flächen sind durch einen Ringdeich vor Hochwasser geschützt.

4.1.2 Ablagerungshistorie und Deponieaufbau

Historische Entwicklung und Inventar:

Die Deponie Flotzgrün wird seit 1966 von der BASF betrieben. Im Zuge des Deponiebetriebs wurden überwiegend Bau- bzw. Abbruchabfälle und Bodenaushub vom Standort Ludwigshafen abgelagert sowie Klärschlamm-, Gewerbe- und Betriebsabfälle (**Abbildung 4-2**).

Seit dem Beginn des Deponiebetriebs sind die Abfälle in zwei baulich unterschiedlichen Deponieteilen abgelagert worden (**Abbildung 4-1**):

- 1966 - 70iger Jahre: *Älterer Deponieteil:*
Deponieabschnitt 1 bis 5
ca. 8 Mio. Tonnen abgelagerter Abfall
Oberflächenabdichtung, ohne reparierbare und kontrollierbare Basisabdichtung,
- Seit Ende der 80iger Jahre: *Neuerer Deponieteil:*
Deponieabschnitte 6 und 7
Oberflächen- und reparierbare und kontrollierbare Basisabdichtung



Abbildung 4-1: Deponieabschnitte Flotzgrün

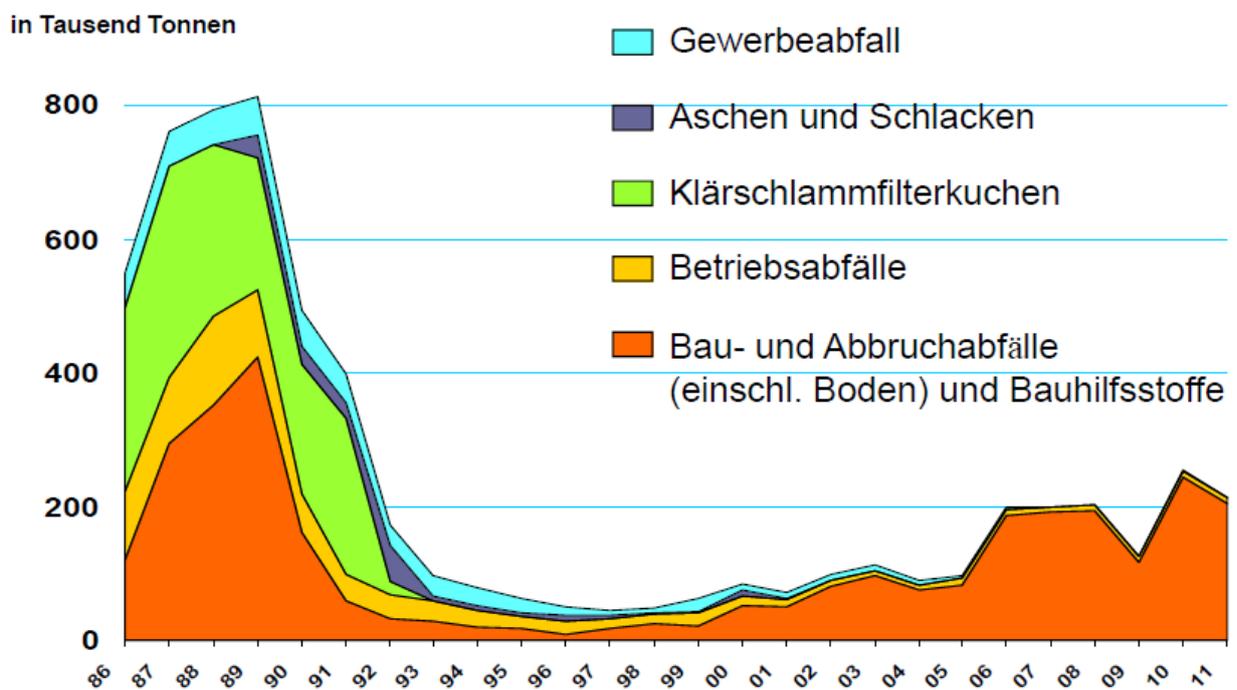


Abbildung 4-2: Mengenentwicklung Deponie Flotzgrün seit 1986

Die jährliche Ablagerungsmenge lag in den 80iger Jahren bei etwa 800.000 t. Seit 1989 sind die Ablagerungsmengen - aufgrund verbesserter Produktionstechnologien und verbesserter Abfallverwertung - stark zurückgegangen. In den 90iger Jahren wurden jährlich nur noch ca. 50.000 t Abfall abgelagert. In den letzten Jahren ist die jährliche Ablagerungsmenge als Folge vermehrter Bau und Abbruchtätigkeiten auf dem Standort Ludwigshafen auf jährlich etwa 200.000 t angestiegen (**Abbildung 4-2**). Die grafische Darstellung zeigt auch die Verteilung der Ablagerungen. Seit 2005 werden fast ausschließlich Bau- und Abbruchabfälle abgelagert.

Abdichtungssysteme:

*Älterer Deponieteil (Abschnitte 1 bis 5, siehe **Abbildung 4-1**):* Der bis 1972 betriebene älteste Deponieabschnitt 1 weist weder an der Basis noch an der Oberfläche eine Dichtungsschicht auf. Die Basis des älteren Deponieteiles besteht aus einer Aufschüttung von mineralischem Auffüllmaterial, die bis zu einer Höhe von 96 m NN - dem mittleren Geländeniveau der Insel Flotzgrün - ausgebildet ist, sowie aus einer darüber liegenden ca. 50 cm mächtigen Kalkschicht. In den Abschnitten 2 bis 5 erhielten Teilbereiche (altes Filterkuchenfeld) zusätzlich eine Basisabdichtung mit Kunststoffolie mit darüber liegender Drainageschicht.

Die Oberflächenabdichtung des Deponieabschnittes 1 besteht aus einem Schichtenaufbau aus Inertmaterial, lehmig-bindigem Boden, kulturfähigem Boden sowie einer Begrünung mit Rasen und Buschwerk [U13]. Die Abschnitte 2 bis 5 weisen im Plateaubereich zusätzlich eine Abdichtung mit einer Kunststoffdichtungsbahn auf.

Der *neuere Deponieteil (Abschnitte 6 und 7)* hat sowohl eine reparierbare und kontrollierbare Basisabdichtung als auch eine Oberflächenabdichtung. Damit sind die dortigen Abfälle sicher gelagert, so dass von Ihnen keine Umweltgefährdung ausgehen kann. Die innovative und patentierte Basisabdichtung ist aus zwei Kunststoffdichtungsbahnen mit einer dazwischen liegenden 30 cm starken Drainageschicht aufgebaut. Das im Deponiekörper entstehende Sickerwasser wird vollständig gefasst, in einen Sammelbehälter geleitet und letztlich in der Kläranlage der BASF am Standort Ludwigshafen aufbereitet.

Schadstoffeintrag über das Sickerwasser:

Die Fa. Björnson Beratende Ingenieure GmbH (BCE GmbH) hat in einer 2003 durchgeführten Untersuchung (vgl. [U13] und [U14]) ermittelt, dass die vorhandene Oberflächenabdichtung aus lehmigem Bodensubstrat im 1. Deponieabschnitt zu einer maßgeblichen Reduzierung des Sickerwasseranfalls beiträgt. So wurde eine mittlere Sickerwassermenge von ca. 75 mm/a für Waldflächen und 90 mm/a für Grasflächen aufgenommen. Dies entspricht etwa 12 bis 16 % des Niederschlags und - bezogen auf die jeweiligen Flächen im Untersuchungsgebiet - einem Sickerwasseranfall von insgesamt etwa 5.300 m³/a.

Eine genaue Aufteilung hinsichtlich der verschiedenen Wasser- und Emissionspfade (Sickerwasser aus Niederschlag und rückströmendes Qualmwasser) war jedoch nicht möglich. Da mit dem Niederschlag der gesamte Deponiekörper ausgelaugt wird, sind über diesen Pfad stärkere Schadstoffemissionen zu erwarten, wohingegen das Qualmwasser nur mit den untersten Depo-nieschichten in Kontakt kommt.

4.2 Regionale geologische und hydrogeologische Standortverhältnisse

Die Insel Flotzgrün liegt im Bereich des Nördlichen Oberrheingrabens, dessen hydrogeolo-gischen Verhältnisse durch die quartären Ablagerungen des Rheins aus einer Wechselfolge fein- und grobklastischer, fluvio-lakustriner Sedimente geprägt sind. In den quartären Ablagerungen sind nach [U17] im nördlichen Oberrheingraben drei Hauptgrundwasserleiter zu unterscheiden:

- Obere kiesig-sandige Abfolge: Oberer Grundwasserleiter
- Mittlere kiesig-sandige Abfolge: Mittlerer Grundwasserleiter; stark durch Ton- und Schlufflinsen gegliedert
- Untere kiesig-sandige Abfolge: Unterer Grundwasserleiter, Wechselfolge sandig und schluffiger Schichten

Die Basis des Mittleren Grundwasserleiters wird im Westen der Deponie von einer von Nordwest nach Südost reichenden Störung durchzogen [U17].

5 IDENTIFIZIERUNG DER SCHUTZGÜTER UND GEFÄHRDUNGSWEGE

Schutzgüter sind durch Gesetze bzw. Rechtsverordnungen geschützte Güter des Einzelnen oder der Allgemeinheit. Der Wirkungspfad ist nach Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) der Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut. Unterschieden werden in der BBodSchV die möglichen Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser

Grundlage für Maßnahmen zur Ermittlung und Sanierung von Boden und Altlasten sind das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) [R3] und die Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [R6]. Das BBodSchG regelt die Sanierung von Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen. Die BBodSchV konkretisiert die Anforderungen an den Bodenschutz und die Altlastenbehandlung, insbesondere mit ihren Maßnahmen und sschadstoffspezifischen Prüf- und Vorsorgewerten.

In der vorliegenden Gefährdungsbeurteilung werden die Wirkungen untersucht, die über den Pfad Boden-Grundwasser auf die einzelnen Schutzgüter ausgehen. Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen ist es dann Ziel, eine möglichst fundierte Abschätzung und Bewertung darüber abzugeben, ob und in welchem Ausmaß ein Schadstoffeintrag vom Abfall (Boden) in das Grundwasser bis hin zu den einzelnen Schutzgütern aktuell vorliegt bzw. zukünftig zu erwarten ist.

5.1 Schutzgüter und Definition der Schutzziele

Von den Veränderungen des chemischen Grundwasserzustandes im Abstrom der Deponie Flotzgrün, sind folgende Schutzgüter - direkt oder indirekt - betroffen:

- Mensch
- Trinkwasser
- Grundwasser
- Oberflächengewässer
- Flora/Fauna

Das „*Schutzgut Mensch*“ als wichtigstes Schutzgut ist indirekt betroffen über das „*Schutzgut Trinkwasser*“ und über die Nahrungskette (über das Schutzgut Flora/Fauna, z.B. Verzehr von Fischen aus dem Rhein/Altrhein).

Schutzgut Trinkwasser:

In etwa 1,4 km Entfernung nordwestlich der Deponie Flotzgrün liegt die Trinkwassergewinnungsanlage Speyer Süd der Stadtwerke Speyer GmbH. Da das Trinkwasser eine existentielle Lebensgrundlage für den Menschen ist, hat dessen Schutz die höchste Priorität.

Der Schutz der menschlichen Gesundheit vor nachteiligen Einflüssen, die sich aus Verunreinigungen von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, wird i. W. über die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sichergestellt. Die TrinkwV ist die Umsetzung der EU-Richtlinie 98/83/EG über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch in nationales Recht. Sie dient dem Schutz des Trinkwassers vor Schadstoffen und Krankheitserregern und enthält folgende Anforderungen zum Erreichen der Schutzziele:

- Einhaltung der mikrobiologischen Anforderungen gemäß Anlage 1 TrinkwV
- Einhaltung der Grenzwerte gemäß Anlage 2 TrinkwV
- Einhaltung toxikologisch begründeter gesundheitlicher Leitwerte bei Parametern, für die es keine Grenzwerte in der TrinkwV gibt
- Einhaltung eines definierten gesundheitlichen Orientierungswertes als Vorsorgewert für toxikologisch nicht oder nur teilweise bewertbare Stoffe
- Einhaltung der Anforderungen für sog. Indikatorparameter gemäß Anlage 3 TrinkwV

Schutzgut Grundwasser:

Über einen Sickerwasseraustrag aus den Altabschnitten der Deponie und die Passage der ungesättigten Bodenzone kommt es zu einem Eintrag in das angrenzende Grundwassersystem.

Der Schutz des Grundwassers ist in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG) sowie auf nationaler Ebene im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und in der Grundwasserverordnung (GrwV) verankert. Die WRRL ist die europäisch einheitliche Richtlinie zum Schutz aller Gewässer. Sie schafft einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der EG im Bereich der Wasserpolitik. Die Umsetzung der WRRL auf Bundesebene erfolgt über das WHG als Hauptteil des deutschen Wasserrechts. Die GrwV [R3] regelt bundeseinheitlich den Schutz des Grundwassers, um den von der WRRL 2000/60/EG und der EU-Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG geforderten guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand zu erhalten oder wiederherzustellen.

Für das Schutzgut „Grundwasser“ sollen folgende Schutzziele erreicht werden:

- Reinhaltung des Grundwassers als Trink- und Brauchwasserressource
- Grundwasserbewirtschaftung im Einklang mit dem Wasserhaushalt unter Erhaltung seiner natürlichen Beschaffenheit
- Vermeidung einer Verschlechterung des chemischen und mengenmäßigen Zustands

- Umkehrung aller signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender anthropogen bedingter Schadstoffkonzentrationen
- Erreichen und Einhalten eines guten chemischen und guten mengenmäßigen Zustandes bis zum Jahr 2015 (Art. 4.1 WRRL, § 47 WHG)
- Einhaltung der geltenden Schwellenwerte ([R1])

Das Grundwasser ist nach WHG [R7] so zu bewirtschaften, dass

- eine nachteilige Veränderung seines mengenmäßigen und chemischen Zustands vermieden wird
- alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden
- ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten und erreicht wird

Ein "guter chemischer Zustand" des Grundwassers ist nach [R1] dann gegeben, wenn die Schadstoffkonzentrationen die geltenden Qualitätsnormen (Schwellenwerte) nicht überschreiten und die anthropogene Stoffbelastung nicht zur signifikanten Schädigung von Oberflächengewässern oder Feuchtgebieten führt. Der „gute“ Zustand ist nach [R1] definiert als ein Zustand, der von einem "sehr guten" (d.h. weitgehend anthropogen unbeeinflussten) Zustand nur geringfügig abweicht.

Schutzgut Oberflächengewässer:

Im Norden grenzt die Deponie Flotzgrün direkt an den Altrhein an, der im Unterlauf mit dem Rhein verbunden ist. Durch diese unmittelbare Nähe sind Altrhein und Rhein von den von der Deponie ausgehenden möglichen Veränderungen des Grundwassers direkt betroffen, wenn es zu einem oberflächennahen Schadstoffaustrag aus der Deponie kommt.

Der Schutz des Oberflächenwassers ist in der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und auf nationaler Ebene im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) geregelt. Die OGewV [R4] dient der Umsetzung der europäischen Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und der europäischen Richtlinie 2009/90/EG zur Festlegung von technischen Spezifikationen für die chemische Analyse sowie der WRRL.

Für das Schutzgut „Oberflächengewässer“ sind i. W. folgende Schutzziele definiert:

- Vermeidung einer nachhaltigen Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit und des Wasserabflusses
- Einhaltung der gewässerspezifischen Umweltqualitätsnormen (UQN) gemäß OgewV, Anlage 5
- Einhaltung oder Wiederherstellung eines guten chemischen und guten ökologischen Zustandes) bis zum Jahr 2015 (Art. 4.1 WRRL)

Ein guter chemischer Zustand ist erreicht, wenn die Umweltqualitätsnormen (UQN) nach [R4] eingehalten werden, d.h. die Konzentration eines bestimmten Schadstoffs oder einer bestimmten Schadstoffgruppe, die in Wasser, Sedimenten oder Biota aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden. Die Einstufung des ökologischen Zustands oder des ökologischen Potenzials ergibt sich aus der jeweils schlechtesten Bewertung einer der biologischen Qualitätskomponenten nach [R4].

Das IKSR Programm „Rhein 2020“ setzt u.a. die Forderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der gleichartigen Wasserpolitik der Schweiz im Einzugsgebiet des Rheins um und bindet den Aktionsplan Hochwasser mit ein. Nach IKSR werden Mecoprop und Bentazon als Rhein-relevante Stoffe, d.h. als relevante Stoffe für die Bewertung des ökologischen Zustandes der Flusses Rheins ausgewiesen.

Schutzgut Tiere und Pflanzen (Flora/Fauna):

Ein weiteres wichtiges Schutzgut sind die Tiere und Pflanzen im Untersuchungsgebiet. Im Bereich der Insel Flotzgrün befinden sich das Vogelschutzgebiet Berghäuser und Lingenfelder Altrhein mit Insel Flotzgrün sowie das FFH-Gebiet Rheinniederung (vgl. **Abbildung 5-1**) Gernersheim-Speyer [U3]). Insbesondere können die im Altrhein und Rhein existierenden Wasserorganismen von den aus der Deponie Flotzgrün ausgehenden Grundwasseränderungen betroffen sein. Prinzipiell können über diesen Weg bzw. über die Nahrungskette Schadstoffe an das Schutzgut Mensch gelangen.

Die gesetzliche Regelung zum Schutz der Pflanzen und Tiere ist im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und in der EG-Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) und der EG-Vogelschutz-Richtlinie (RL 79/409/EWG) enthalten [R8], [R9], [R10].

Schutzziel: Nach § 1 Nr. 3 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) ist die Pflanzen- und Tierwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume auf Dauer zu sichern.

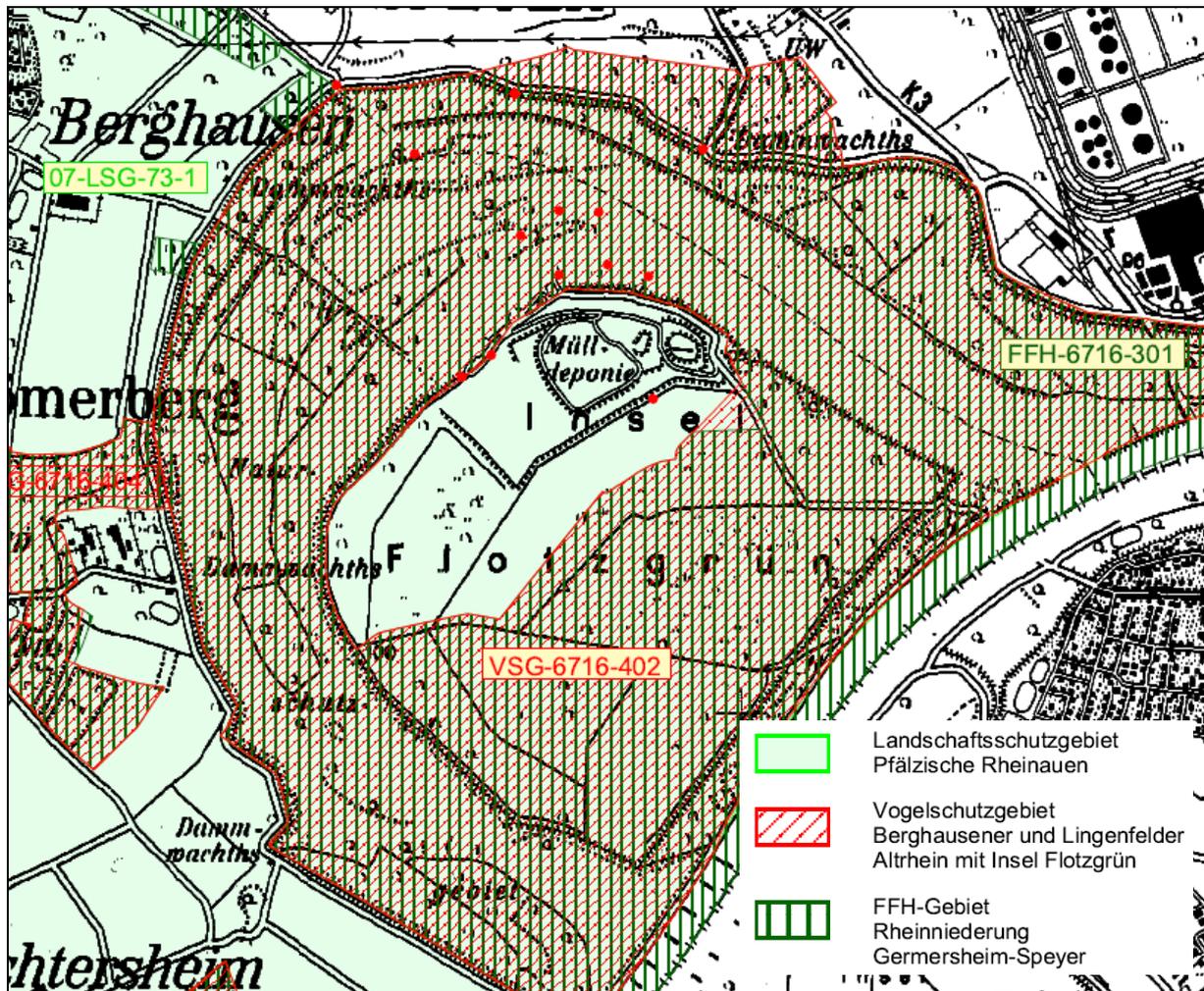


Abbildung 5-1: Schutzgebiete im Bereich der Insel Flotzgrün, [U3]

5.2 Identifizierung möglicher Wirkungspfade

In Bezug auf die Freisetzung von Schadstoffen aus der Deponie Flotzgrün und mögliche Wirkungen auf Schutzgüter sind folgende Wirkungspfade zu betrachten:

- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Trinkwassergewinnung Speyer Süd - Mensch
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrhein
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrheinaue
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrhein - Rhein
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrhein - Wasserorganismen
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrhein - Rhein - Wasserorganismen
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Altrheinaue - Flora/Fauna
- Deponie - (Sickerwasser) - Grundwasser - Brunnen im Bereich Speyerer Rheinbogen

Welche Schutzgüter im Einzelnen betroffen sind, hängt maßgeblich von der Richtung der Grundwasserströmung ab. Die nachfolgende **Abbildung 5-2** zeigt das Strömungsbild in den Tiefenbereichen I/II und III. Während das Grundwasser im OGWL nach Nordosten strömt, ist die Grundwasserströmung im Tiefenbereich III nach Nordwesten zum Wasserwerk gerichtet.

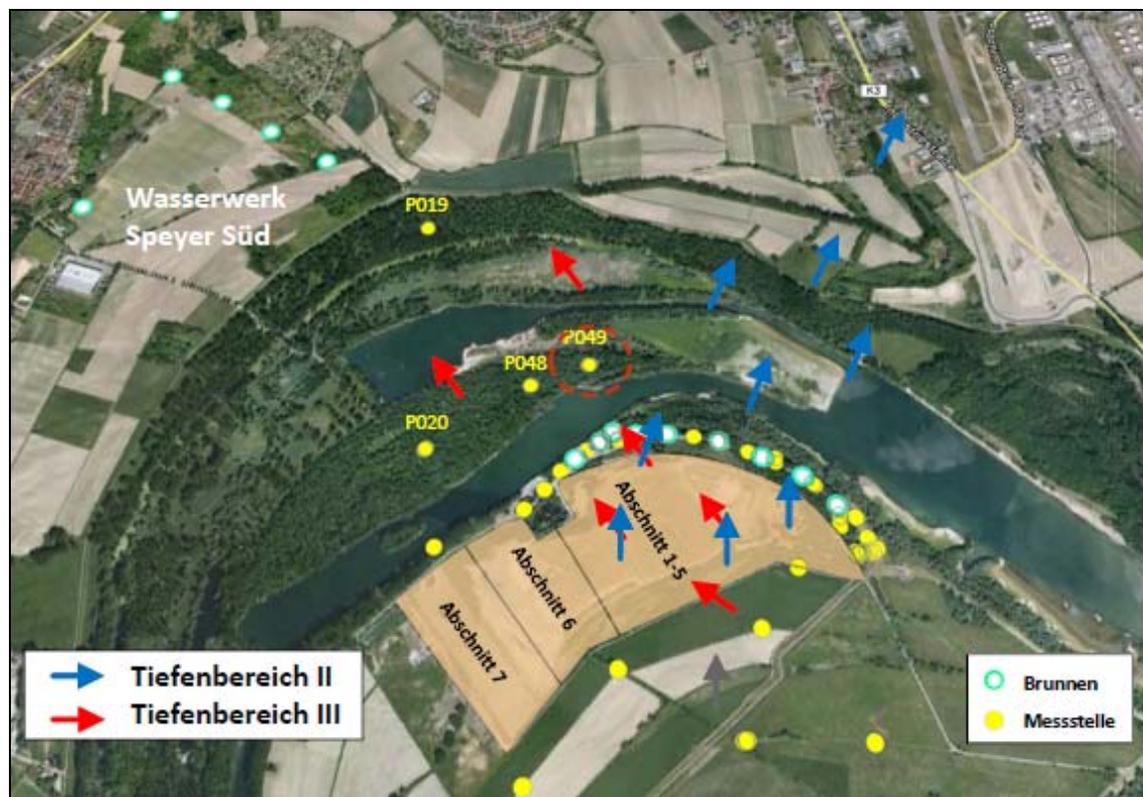


Abbildung 5-2: Mittlere Grundwasserströmung in den Tiefenbereichen II und III

Wirkungspfad Deponie - Grundwasser:

Über das Sickerwasser aus der Deponie können Belastungen in das Grundwasser eingetragen werden. Diese können im oberen Grundwasserbereich mit der Grundwasserströmung transportiert werden und, in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit vorhandener Zwischenschichten, aus oberflächennahen Schichten in tiefere Schichten absickern. Weiterhin können bei Hochwasser die Grundwasserstände im Deponiebereich so stark ansteigen, dass es zu einer Auswaschung von Schadstoffen aus den tiefer gelegenen Ablagerungsbereichen in das Grundwasser kommt.

Wirkungspfad Deponie - Grundwasser - Trinkwassergewinnung Speyer Süd:

Westlich des Berghäuser-Altrheinbereiches befindet sich, etwa 1400 m von der Deponie Flotzgrün entfernt, das Wassergewinnungsgebiet Speyer-Süd der Stadtwerke Speyer GmbH. Ausgehend von der Deponie Flotzgrün können Schadstoffe über das Sickerwasser zunächst in die Tiefenbereiche I und II eingetragen werden. Bei entsprechenden Druckverhältnissen und Durchlässigkeiten von Zwischenschichten ist ein Absickern in die trinkwasserrelevanten Tiefenbereiche Z und TB III und letztlich ein Abströmen zu den Trinkwasserbrunnen Speyer Süd prinzipiell möglich.

Wirkungspfad Deponie - Grundwasser - Altrhein - (Rhein) - Wasserorganismen:

Über den oberen Grundwasserleiter (TB I) können Belastungen aus dem Sickerwassereintrag der Deponie in den Berghäuser Altrhein und in die Sedimente der Gewässersohle gelangen. Über den Altrhein können die Belastungen auch den Rhein erreichen. Im Rhein und Altrhein können die Schadstoffe eine Gefährdung für die darin lebenden Wasserorganismen hervorrufen.

Wirkungspfad Deponie - Grundwasser - Altrheinaue - Flora/Fauna:

Eine potenzielle Gefährdung der Altrheinaue ist über den oberen Grundwasserleiter (TB I) gegeben. Aus dem Sickerwasseraustrag der Deponie können über den oberen Grundwasserleiter Schadstoffe in die Altrheinaue gelangen.

Wirkungspfad Deponie - Grundwasser - Brunnen im Bereich Speyerer Rheinbogen:

Eine mögliche Nutzung des Grundwassers im Bereich des Speyerer Rheinbogens kann im Fall einer lateralen Ausbreitung der Belastung in den oberen Grundwasserleitern TB I und TB II (Abstrom nach Nordosten), aber auch in tieferen Bereichen bei Absenkung des Grundwasserstandes durch die Grundwasserförderung und Umkehr der Strömungsrichtung gefährdet sein.

6 STANDORTSPEZIFISCHE STOFFBEWERTUNG

6.1 Stoffscreening und Identifizierung von Leitparametern

Seit den 1970iger Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit im Umfeld der Deponie Flotzgrün durchgeführt. Aus diesen Untersuchungen wurden folgende Leitparameter identifiziert, über die sich die Grundwasserqualität hinsichtlich der stofflichen Belastungen im Deponiebereich und dessen Abstrom charakterisieren lässt:

- Ammonium
- Chlorid
- Sulfat
- DOC
- Nickel
- AOX
- Bentazon
- Mecoprop
- Naphthalin

Im Hinblick auf die im abstromigen Bereich liegenden Trinkwasserbrunnen der Stadtwerke Speyer wurden die Pflanzenschutzmittel Bentazon und Mecoprop als wesentlichste Schadstoffparameter identifiziert. Diese Stoffe sollen im folgenden in Bezug auf ihr Verhalten im Boden und Grundwasser, ihre Toxizität und ihre Bedeutung als mögliche Trinkwasser-
verunreinigungen charakterisiert und bewertet werden.

Weitere Schadstoffe wurden nicht oder nur in sehr geringfügigen Konzentrationen festgestellt. Da die Metabolisierung (Stoffabbau) von Bentazon und Mecoprop in der gesättigten Bodenzone als gering eingeschätzt wird (siehe **Kapitel 6.2.1**), ist von einer Hauptbelastung durch den Wirkstoff auszugehen und die Mecoprop- und Bentazon-Metabolite sind nur von untergeordneter Bedeutung.

6.2 Stoffeigenschaften von Mecoprop und Bentazon

Bentazon ist ein 1968 von der BASF eingeführtes Kontaktherbizid gegen zweikeimblättrige Unkräuter. Die Substanz wird als wässrige Lösung durch Versprühung ausgebracht, gelangt über Blatt und Spross in die Pflanzen und hemmt die Photosynthese. In der Landwirtschaft ist Bentazon für die Bekämpfung von Unkräutern in Sommerweizen, Sommergerste, Hafer, Kartoffeln, Ackerbohnen, Futtererbse, Sojabohne und Rotklee in Deutschland zugelassen.

Mecoprop oder Methylchlorphenoxypropionsäure (MCP) ist ein 1957 von einer englischen Firma eingeführtes Herbizid, welches im Getreideanbau und auf Grünland eingesetzt wird. Die Hauptanwendung ist gegen breitblättrige Unkräuter gerichtet. Der Wirkstoff ist in Deutschland derzeit zugelassen wird oft in Kombination mit anderen ähnlich wirkenden Herbiziden eingesetzt. Mecoprop ist ein Gemisch aus verschiedenen Stereoisomeren, wobei das (*R*)-(+)-Enantiomer ("Mecoprop-P") die herbizide Aktivität besitzt.

Die Zulassung der Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln erfolgt auf Basis eines sehr strengen Zulassungsverfahrens, bei dem zahlreiche Daten zum Verhalten dieser Stoffe in der Umwelt und zu deren Toxizität gegenüber dem Menschen und anderen Organismen vorgelegt werden müssen. Die Zulassungsverfahren waren in Europa früher nationalstaatlich geregelt. Seit 1991 erfolgt die Zulassung nach einem EU-weit für alle EU-Mitgliedsstaaten geltenden einheitlichen Bewertungs- und Zulassungsverfahren gemäß EU-Richtlinie 91/414/EWG. Die Richtlinie 91/414/EG wurde nachfolgend durch die Verordnung (EG) Nr. 1107/ 2009 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln ersetzt (vgl. [R11] und [R12])

Alle 1991 bereits auf dem Markt befindlichen Wirkstoffe wurden nach Inkrafttreten der Richtlinie 91/414/EG einer erneuten Bewertung und Notifizierung unterzogen. Die hierfür erarbeiteten Stoff- und Wirkungsdossiers [U23], [U24] enthalten alle relevanten Angaben zu den Eigenschaften dieser Stoffe. Daher basiert die nachfolgende Darstellung der Stoffeigenschaften wesentlich auf diesen Quellen. Die Darstellung bezieht sich allerdings nur auf die im Rahmen der anstehenden Fragestellung bedeutsamen Stoffeigenschaften bzgl. des Verhaltens der Wirkstoffe im System Boden / Grundwasser und bzgl. der oralen Toxizität im Hinblick auf das mögliche Vorkommen der Stoffe im Trinkwasser. Die vollständigen Stoffdossiers sind im Internet verfügbar (vgl. [U23] und [U24]).

6.2.1 Verhalten von Bentazon und Mecoprop im System Boden / Grundwasser

Pestizide unterliegen im Boden vielfältigen Verteilungs- und Umwandlungsprozessen (Sorption an Bodenpartikel, Verteilung in die Atmosphäre und in das Grundwasser, physikalischer, chemischer und biologischer Abbau).

Die Begriffe Sorption/Retardation kennzeichnen die Anlagerung (Sorption) und Rückhaltung (Retardation) von Stoffen an bzw. durch Bodenpartikel. Als Maß für die Sorption wird der Verteilungskoeffizient K_d als Verhältnis zwischen dem adsorptiv gebundenen und den in Lösung befindlichen Stoffanteilen verwendet. Die Sorptionskapazität des Bodens hängt i. W. von dessen chemischen und physikalischen Eigenschaften, den organischen und anorganischen Bodenbestandteilen und vom pH-Wert ab. Zu einer stärkeren Anreicherung von PSM (ca. 40 - 50 % der PSM-Gehalte), kommt es z.B. in huminstoff- und tonmineralreichen Horizonten, wie sie in oberflächen-nahen Bereichen häufig vorhanden sind [U21].

Pestizide unterliegen im Boden verschiedenen Abbauprozessen (physikalischen, chemischen und biologischen), bei denen die molekulare Struktur eines PSM umgewandelt und dessen Konzentration im Boden damit verringert wird. Während der Abbauprozesse werden Abbauprodukte (Metabolite) gebildet bis hin zur vollständigen Mineralisierung. Ein Abbau von PSM findet im Wesentlichen in den obersten, belebten Bodenschichten und in der Natur meist unter aeroben Bedingungen statt. Im Grundwasser und unter anaeroben Verhältnissen erfolgt kein nennenswerter Abbau mehr, insbesondere ein mikrobieller Abbau findet im Grundwasserleiter kaum noch statt [U21].

Bentazon:

Bentazon weist in humusreichen Böden mit hohen TOC-Gehalten eine starke Anhaftung an Bodenpartikel und eine entsprechend geringe Mobilität auf. Ob dies auch für sandige/kiesige Sedimentablagerungen zutrifft, ist bisher nicht untersucht worden. Wegen des hydrophilen Charakters der Substanz ist nach unserer Einschätzung eher von einer geringen Anhaftung an Bodenpartikel und entsprechend von einer hohen Mobilität in sandigen und kiesigen Bodenschichten auszugehen. Bentazon zeigt im Grundwasserleiter praktisch keine Sorption.

In oberflächennahen Bodenschichten wird Bentazon durch biotische und abiotische Prozesse relativ schnell abgebaut. Die Angaben zu den Zerfalls-Halbwertszeiten schwanken zwischen 4 und 21 Tagen und liegen im Mittel bei 14 Tagen. Innerhalb von etwa 50 Tagen sind 90% des Wirkstoffs im Boden abgebaut. Im System Sediment / Grundwasser findet dagegen ein nur sehr langsamer Abbau statt. Die Angaben zu den Zerfalls-Halbwertszeiten schwanken zwischen etwa 500 und 900 Tagen.

Unter anaeroben Bedingungen findet bei Bentazon kein merklicher Abbau statt [U19], [U20].

Mecoprop:

Mecoprop weist in humusreichen Böden mit hohen TOC-Gehalten ebenfalls eine starke Anhaftung an Bodenpartikel und eine entsprechend geringe Mobilität auf. In sauren Böden ist die Adsorption an Bodenpartikel noch stärker ausgeprägt. Ob dies auch für sandige/kiesige Sedimentablagerungen zutrifft ist bisher nicht untersucht worden. Aufgrund der guten Wasserlöslichkeit der Substanz bei neutralen und alkalischen pH-Werten ist jedoch von einer hohen Mobilität auszugehen. Im Grundwasser wird Mecoprop mit K_d -Werten von 0 bis 0,08 l/kg nur in geringem Maße an Bodenpartikel sorbiert [U19], [U20].

Ähnlich wie Bentazon wird Mecoprop in oberflächennahen Bodenschichten durch biotische und abiotische Prozesse relativ schnell abgebaut. Die Angaben zu den Zerfalls-Halbwertszeiten schwanken zwischen 6 und 8 Tagen. Innerhalb von 20 - 35 Tagen sind 90% des Wirkstoffs im Boden abgebaut. Innerhalb von 100 Tagen sind je nach Bodenart 25 - 50 % des Wirkstoffs mineralisiert. Unter anaeroben Bedingungen in tieferen Bodenschichten findet dagegen kein merklicher Abbau statt.

Im Grundwasser wird Mecoprop nicht oder nur sehr langsam durch Hydrolyse abgebaut. Die Zerfallshalbwertszeiten in Wasser-/Sediment-Systemen werden mit 23 (river system) bzw. 67 Tagen (stream system) angegeben. Nach 100 Tagen werden etwa 55 - 60 % der Substanz mineralisiert.

Unter anaeroben Bedingungen wird Mecoprop - ähnlich wie Bentazon - kaum abgebaut ([U21] und [U20]).

6.2.2 Human- und Säugetiertoxizität

Bentazon:

Bentazon weist eine eher geringe akute orale Toxizität auf. Die Angaben zur LD50 oral bei der Ratte schwanken zwischen 1100 und 1800 mg/kg Körpergewicht. Die Substanz ist nach der CLP-Verordnung entsprechend nicht als „Sehr giftig“ oder „Giftig“, sondern als „Gesundheitsschädlich beim Verschlucken“ (H 302) einzustufen.

Die chronische Toxizität der Substanz ist nach tierexperimentellen Untersuchungen gekennzeichnet durch eine Verminderung der Gerinnungsfähigkeit des Blutes sowie durch Beeinträchtigungen der Leber- und Nierenfunktion. Als höchste Dosis ohne beobachtbare gesundheitsschädliche Wirkung (no-observe adverse effect level, NOAEL) wurde bei einem Langzeitversuch an Ratten eine Dosis von 10 mg/kg Körpergewicht und Tag ermittelt. Durch Anwendung eines Interspezies-Faktors (Übertragung Ratte - Mensch) von 10 und eines Intraspezies-Faktors von 10 zum Schutz von besonders empfindlichen Personen wurde daraus ein ADI-Wert (acceptable daily intake) von 0,1 mg/kg Körpergewicht und Tag abgeleitet.

Aus in vitro und tierexperimentellen Untersuchungen liegen keine Hinweise vor, dass Bentazon die Erbsubstanz schädigt (Gentoxizität) oder Tumoren induziert. Bei toxischer Belastung von weiblichen Ratten wurden verminderte Geburtsgewichte bei deren Nachkommen festgestellt. Der NOAEL für fruchtschädigende Wirkungen wird mit 100 mg/kg Körpergewicht und Tag angegeben (WHO, 2004).

Mecoprop:

Die akute orale Toxizität von Mecoprop ist etwas stärker ausgeprägt als die von Bentazon. Die Angaben zur LD50 oral bei der Ratte wird mit 1.166 mg/kg Körpergewicht angegeben. Die Substanz ist nach der CLP-Verordnung entsprechend als „Gesundheitsschädlich beim Verschlucken“ (H 302) einzustufen.

Die chronische Toxizität von Mecoprop ist nach tierexperimentellen Untersuchungen gekennzeichnet durch Beeinträchtigungen der Leber- und Nierenfunktion, Zunahme der Leber- und Nierengewichte und die Induktion von Leberenzymen. Als höchste Dosis ohne beobachtbare gesundheitsschädliche Wirkung (NOAEL) wurde bei einem Langzeitversuch an Ratten eine Dosis von 1,1 mg/kg Körpergewicht und Tag ermittelt. Durch Anwendung eines Interspezies-Faktors von 10 (Übertragung Ratte - Mensch) und eines Intraspezies-Faktors von 10 zum Schutz von besonders empfindlichen Personen wurde daraus ein ADI-Wert von 0,01 mg/kg Körpergewicht und Tag abgeleitet.

In vitro und tierexperimentellen Untersuchungen geben keinen Hinweis darauf, dass Mecoprop die Erbsubstanz schädigt (Gentoxizität) oder Tumoren induziert. Bei toxischer Belastung von weiblichen Ratten wurden verminderte Geburtsgewichte bei deren Nachkommen festgestellt. Der NOAEL für fruchtschädigende Wirkungen wird mit 50 mg/kg angegeben.

6.2.3 Toxizität gegenüber Wasserorganismen

Bei der Bearbeitung der vorliegenden Gefährdungsabschätzung und der damit in Zusammenhang stehenden Fragestellungen steht die Toxizität der ortsrelevanten Schadstoffe gegenüber Wasserorganismen im Vordergrund.

Bentazon:

Die LC50 der akuten Fischtoxizität (96 Stunden-Test) wird im EU-Stoffdossier mit einem Wert > 100 mg/l und in der GESTIS-Stoffdatenbank mit 794 mg/l angegeben. Die LC50 im 14-Tage-Fischtest wird mit > 48 mg/l angegeben. Eine Bioakkumulation von Bentazon in Fischen findet nicht statt.

Die EC50 der Daphnien-Toxizität (96 Stunden-Test) beträgt 64 mg/l. in einer 21-Tage-Studie mit Daphnien wurde eine No-observed-effect-concentration (NOEC) von 120 mg/l festgestellt.

Die EC50 der Algen-Toxizität (120 Stunden-Test) wird mit 10,1 mg/l angegeben.

Die LD50 bei Wachteln wird mit 1140 mg/Kg Körpergewicht angegeben. Bei Verabreichung von Bentazon an Enten und Wachteln über das Futter beträgt die LC50 im Futter mehr als 5.000 ppm, entsprechend mehr als 5.000 mg/kg.

Als Umweltqualitätsnorm (UQN) für Binnenoberflächengewässer im Sinne der WRRL wurde vom IKSR für Bentazon für den Jahresdurchschnitt (JD) ein Wert von 73 µg/l festgelegt, als zulässige Höchstkonzentration (ZHK) ein Wert von 450 µg/l. Diese Werte basieren auf einer umfassenden Bewertung der vorliegenden ökotoxikologischen Daten für aquatische Organismen.

(Quelle: International koordinierter Bewirtschaftungsplan für die internationale Flussgebietseinheit Rhein (Teil A = übergeordneter Teil), IKSR, Dezember 2009, **Anlage 3**).

Mecoprop:

Die LC50 der akuten Fischtoxizität (96 Stunden-Test) beträgt 240 mg/l. In einer 21-Tage-Studie mit Fischen wurde eine NOEC von 109 mg/l festgestellt. Eine Anreicherung von Mecoprop in den verzehrbaren Anteilen von Fischen findet nicht statt.

In der GESTIS Stoffdatenbank [U25] wird die LC50 der Fischtoxizität (96 Stunden-Test) mit 125 mg/l angegeben.

Die EC50 der Daphnien-Toxizität (96 Stunden-Test) beträgt mehr als 200 mg/l. Im Rahmen einer 21-Tage-Studie mit Daphnien wurde eine No-observed-effect-concentration (NOEC) von 22 mg/l festgestellt.

Die EC50 der Algen-Toxizität (72 Stunden-Test) wird mit 237 mg/l angegeben. In der GESTIS Stoffdatenbank wird die EC50 der Algen-Toxizität (96 Stunden-Test) mit 103 mg/l angegeben. Die LC50 bei Vögeln wird mit > 500 mg/kg Körpergewicht angegeben.

Bei Verabreichung über die Nahrung beträgt die LC50 im Futter > 5.000 ppm, dies entspricht mehr als 5.000 mg/kg.

Als Umweltqualitätsnorm (UQN) für Binnenoberflächengewässer im Sinne der WRRL wurde vom IKSR für Mecoprop für den Jahresdurchschnitt (JD) ein Wert von 18 µg/l festgelegt, als zulässige Höchstkonzentration (ZHK) ein Wert von 160 µg/l. Diese Werte basieren auf einer umfassenden Bewertung der vorliegenden ökotoxikologischen Daten für aquatische Organismen.

(Quelle: International koordinierter Bewirtschaftungsplan für die internationale Flussgebietseinheit Rhein (Teil A = übergeordneter Teil), IKSR, Dezember 2009, **Anlage 3**).

6.2.4 GHS-Einstufung nach CLP-Verordnung (EG) 1272/2008.

Gemäß CLP-Verordnung (EG) 1272/2008 werden die gefährlichen Stoffeigenschaften von Bentazon und Mecoprop wie folgt eingestuft:

Bentazon:

- Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken *; H302
- Augenreizung, Kategorie 2; H319
- Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1; H317
- Gewässergefährdend, Chronische Wirkung, Kategorie 3; H412

- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
- H319: Verursacht schwere Augenreizung
- H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen
- H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung

Anmerkungen:

Die Zuordnung des Gefahrenmerkmals „Chronisch wassergefährdend, Kategorie 3“ erfolgt auf Basis der Algentoxizität. Die Gefahrenmerkmale „Augenreizend“ und „Sensibilisierend“ treffen nur für konzentrierte Lösungen der Substanz zu und gelten nicht für stark verdünnte wässrige Lösungen.

Mecoprop:

- Akute Toxizität, Kategorie 4, Verschlucken; H302
- Reizwirkung auf die Haut, Kategorie 2; H315
- Schwere Augenschädigung, Kategorie 1; H318
- Gewässergefährdend, Akut Kategorie 1; H400
- Gewässergefährdend, Chronisch Kategorie 1; H410

- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
- H315: Verursacht Hautreizungen
- H318: Verursacht schwere Augenschäden
- H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Anmerkungen:

*Die Zuordnung des Gefahrenmerkmals „Chronisch wassergefährdend, Kategorie 1“ ist nach den in **Abschnitt 6.3** aufgeführten Daten nicht nachvollziehbar. Die Gefahrenmerkmale „Augenreizend“ und „sensibilisierend“ treffen nur für konzentrierte Lösungen der Substanz zu und gelten nicht für stark verdünnte wässrige Lösungen.*

6.3 Beurteilungswerte für Bentazon und Mecoprop im Grundwasser und Trinkwasser

Trinkwasserverordnung:

Gemäß Trinkwasserverordnung, Anlage 2, Teil 1, gilt für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte ein Grenzwert von 0,0001 mg/l, entsprechend 0,1 µg/l. Der Grenzwert gilt jeweils für die einzelnen Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte.

Bei der Trinkwasserüberwachung brauchen die Wasserproben nur auf solche Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte untersucht zu werden, deren Vorhandensein in einer bestimmten Wasserversorgung wahrscheinlich ist. Der Grenzwert bezieht sich auch auf die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte. Hierbei darf die Summe der bei einer Kontrollanalyse nachgewiesenen und mengenmäßig bestimmten einzelnen Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte einen Wert von 0,5 µg/l nicht übersteigen.

Die vorgenannten Grenzwerte beruhen nicht auf toxikologischen Untersuchungen, sondern sind Vorsorgewerte, die sich an der analytischen Nachweisgrenze für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte im Trinkwasser orientieren. Der Festlegung dieser Grenzwerte lag die Zielvorstellung zugrunde, dass Trinkwasser frei von Pflanzenschutzmittelrückständen und Biozidprodukte sein sollte. Die Konzentrationen dieser Stoffe im Trinkwasser sollten daher unter der analytischen Nachweisgrenze liegen.

Da die toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswerte für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte im Trinkwasser zumeist deutlich höher liegen als die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, kann davon ausgegangen werden, dass Überschreitungen dieser Grenzwerte per se keine Gesundheitsgefahr darstellen, solange die toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswerte unterschritten werden.

WHO Guidelines for Drinking Water Quality:

Die in den WHO Guidelines for Drinking Water Quality ([R16] bis [R18]) aufgeführten Richtwerte kennzeichnen Konzentrationen gesundheitsschädlicher Stoffe im Trinkwasser, bei denen auch bei lebenslanger Exposition über das Trinkwasser keine Gesundheitsschädigungen oder -beeinträchtigungen zu erwarten sind. Die Ableitung basiert auf sog. ADI-Werten sowie auf der Annahme einer lebenslangen Trinkwasseraufnahme von 2 Litern pro Tag und einer 10 %igen Ausschöpfung des ADI-Wertes über den Wirkungspfad Trinkwasser.

Überschreitungen der Richtwerte für eine begrenzte Zeit sind nicht mit Gesundheitsgefahren verbunden, da bei der Ableitung der ADI-Werte verschiedene Sicherheitsfaktoren berücksichtigt wurden und nur 1/10 des ADI-Wertes in die Richtwertableitung eingehen. Aus Gründen der Vorsorge sollten gleichwohl Überschreitungen der Richtwerte vermieden und möglichst rasch abgestellt werden.

Bentazon:

In der 2. Ausgabe der WHO Guidelines for Drinking Water Quality aus dem Jahre 1996 [R16] wird für Bentazon ein Richtwert („guideline value“) von 30 µg/l genannt. Die Ableitung dieses Richtwertes basiert auf einem auf Basis von toxikologischen Untersuchungen abgeleiteten ADI-Wert von 0,1 mg/kg Körpergewicht und Tag (vgl. **Kapitel 6.2.2**). Im Hinblick darauf, dass Bentazon auch aus anderen Quellen aufgenommen werden kann, wurde davon ausgegangen, dass der ADI-Wert über den Expositionspfad Trinkwasser nur zu 1 % ausgeschöpft werden sollte. Unter Berücksichtigung eines Körpergewichts von 70 kg und einer Trinkwasseraufnahme von 2 Litern pro Tag wurde daraus ein Richtwert von 30 µg/l abgeleitet.

In einem „Background Document“ für die Ableitung von Trinkwasser-Richtwerten für die 3. Ausgabe der WHO Guidelines for Drinking Water Quality wird für Bentazon ein „health-based value“ von 300 µg/l abgeleitet. Dieser Wert kommt dadurch zustande, dass anstelle einer 1%igen Ausschöpfung eine 10 %ige Ausschöpfung des TDI-Wertes über den Expositionspfad Trinkwasser angenommen wurde. Auf die Festlegung eines Richtwertes für Bentazon in der 3. und 4. Ausgabe der WHO Guidelines for Drinking Water Quality (vgl. [R17] und [R18]) wurde verzichtet, da die im Trinkwasser und Grundwasser vorkommenden Konzentrationen zumeist weit unterhalb dieses Wertes liegen

Mecoprop:

Für Mecoprop wird in der 3. und 4. Ausgabe der WHO Guidelines for Drinking Water Quality ein Richtwert für Trinkwasser von 0,01 mg/l entsprechend 10 µg/l genannt.

Trinkwasser-Leitwerte für Pflanzenschutzmittel des Bundesamtes für Risikobewertung:

Der Trinkwasser-Leitwert (LWTW) des Bundesamtes für Risikobewertung (BfR) ist die lebenslang gesundheitlich duldbare Höchstkonzentration eines Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffes im Trinkwasser und wird aus einem ADI-Wert abgeleitet (vgl. [U22]). Die Ableitung dieser Werte erfolgt nach dem gleichen Schema wie die Ableitung der WHO-Richtwerte.

- Der LWTW für Bentazon beträgt 350 µg/l
- Der LWTW für Mecoprop-P beträgt 35 µg/l

Anmerkung:

Mecoprop-P ist das (R)-(+)-Enantiomer, das die herbizide Aktivität des Wirkstoffs ausmacht.

Trinkwasser-Maßnahmenwerte des Umweltbundesamtes:

Der Trinkwasser-Maßnahmewert des Umweltbundesamtes (MWTW des UBA) ist definiert als die trinkwasserhygienisch vorübergehend duldbare Höchstkonzentration eines gesundheitsschädlichen Stoffes im Trinkwasser bei Überschreitung des für diesen Stoff geltenden Trinkwassergrenzwertes (vgl. [U22]).

Falls in einem Trinkwasser einer der Grenzwerte für Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukte gemäß Anlage 2 Teil I der Trinkwasserverordnung überschritten sein sollte, kann das Wasser für eine begrenzte Zeit weiterhin als Trinkwasser genutzt werden, vorausgesetzt die Konzentrationen liegen unterhalb des vom Umweltbundesamt empfohlenen Trinkwasser-Maßnahmenwertes. Nach Auffassung des Umweltbundesamtes stellen Gehalte an Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten bis in Höhe des Trinkwasser-Maßnahmenwertes keine Gesundheitsgefahr dar und sind daher vorübergehend auch trinkwasserhygienisch duldbar. Die Dauer der Überschreitung eines oder beider Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte ist gemäß § 10 der Trinkwasserverordnung grundsätzlich auf 3 Jahre begrenzt.

Für Bentazon und Mecoprop beträgt der Trinkwasser-Maßnahmenwert des Umweltbundesamtes 10 µg/l (vgl. [U22]).

Schwellenwerte gemäß Anlage 2 der Grundwasserverordnung:

Der Schwellenwert gemäß Anlage 2 der Grundwasserverordnung ist definiert als die Konzentration eines Schadstoffes, einer Schadstoffgruppe oder der Wert eines Verschmutzungsindikators im Grundwasser, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt festgelegt wurden. Die Schwellenwerte dienen als Kriterien für die Beurteilung des chemischen Grundwasserzustands. Der chemische Grundwasserzustand ist gut, wenn die in **Anlage 2** der Grundwasserverordnung aufgeführten Schwellenwerte an keiner Messstelle überschritten werden.

Für Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte beträgt der Schwellenwert analog zu den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung 0,1 µg/l bzw. 0,5 µg/l als Summenwert.

Geringfügigkeitsschwellenwerte:

Die in [R13], Anhang 2, Teil 3, für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte genannten Geringfügigkeitsschwellenwerte zur Beurteilung von lokal begrenzten Grundwasserverunreinigungen betragen ebenfalls 0,1 µg/l bzw. 0,5 µg/l als Summenwert.

UQN oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer:

Gemäß der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OgewV, 2011) gilt für Bentazon und Mecoprop ein UQN (JD) von 0,1 µg/l für Binnengewässer. Im Gegensatz zum UQN-JD der IKSR für die beiden Stoffe sind die Werte in der Oberflächengewässerverordnung offensichtlich am Wert der Trinkwasserverordnung angelehnt.

6.4 Zusammenfassung der wesentlichen Stoffeigenschaften und Beurteilungswerte:

Im Folgenden sind die wesentlichsten Stoffeigenschaften und Beurteilungswerte für Mecoprop und Bentazon tabellarisch zusammengestellt:

Stoffparameter	Einheit	Mecoprop	Bentazon
Stoffeigenschaften:			
<i>Verhalten im Boden/Grundwasser:</i>			
<i>kd-Wert</i>	l/kg	0 - 0,08	0
<i>Human-/Säugetiertoxizität:</i>			
LD50 - Ratte	mg/kg	1166	1100 - 1800
NOAEL - Ratte	mg/kg/Tag	1,1	10
ADI-Wert	mg/kg/Tag	0,01	0,1
<i>Toxizität gegenüber Wasserorganismen:</i>			
EC50 - Daphnien (96 Std.)	mg/l	>200	64
LC50 - Fisch (96 Std.)	mg/l	125 - 240	100 - 794
NOEC - Daphnien (21 Tage)	mg/l	22	120
Beurteilungswerte:			
Umweltqualitätsnorm ZHK (IKSR)	µg/l	450	160
Umweltqualitätsnorm JD (IKSR)	µg/l	73	18
Umweltqualitätsnorm JD (OgewV)	µg/l	0,1	0,1
Grenzwerte der TrinkwV	µg/l	0,1	0,1
ADI-Wert, WHO Guidelines for Drinking Water Quality	µg/l	10	-
Trinkwasser-Leitwert des BfR	µg/l	35	350
Trinkwasser-Maßnahmenwert des UBA	µg/l	10	10
Geringfügigkeitsschwellenwerte, [R13]	µg/l	0,1	0,1

7 PRÜFUNG UND BEWERTUNG VORHANDENER DATEN UND MODELLE

Im ersten Bearbeitungsschritt wurden die zum Standort vorhandenen Daten, Unterlagen und Modelle zusammengestellt und gesichtet (Bestandsanalyse). Im anschließenden zweiten Schritt wurde überprüft, ob die Datenbasis und deren Umsetzung in das hydrogeologische Strukturmodell sowie das darauf aufbauende numerische Grundwassermodell das komplexe System am Untersuchungsstandort adäquat und genau genug beschreibt.

Die Prüfung der vorhandenen Datengrundlage erfolgte unter folgenden Aspekten:

- Prüfung, ob der Umfang der Daten für die Fragestellung ausreichend ist
- Prüfung, ob die Daten plausibel sind
- Prüfung, welche Bandbreite (Unschärfe) die Ausgangsdaten haben
- Feststellung, welche Datendefizite verbleiben

7.1 Überblick vorhandener Daten und Modelle

Folgende Daten, Unterlagen und Modelle liegen der Überprüfung vor:

- Daten zur Deponie Flotzgrün (Ablagerungsmenge und -historie, Inventar, Aufbau, etc.)
- Schichtenverzeichnisse und Ausbauprofile von Grundwassermessstellen und Brunnen
- hydraulische und hydrologische Messdaten (Grundwasserstände, Rheinwasserstände, etc.)
- Daten zur laufenden Grundwassersicherung (Fördermengen, Förderregime, etc.)
- Daten zur Trinkwassergewinnung im Wasserwerk Speyer Süd (Fördermengen, Förderregime, etc.)
- Pumpversuchsdaten sowie Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen
- Daten zur Grundwasserqualität (Leitparameter, Feldparameter und sonstige Beschaffenheitsdaten)
- hydrogeologisches Strukturmodell sowie numerisches Strömungs- und Transportmodell, die von der BCE GmbH entwickelt wurden

Der Bearbeitung liegen die hydrogeologischen Kartenwerke [U17] und [U18] zugrunde.

7.2 Prüfung der Datengrundlage

Bestandsanalyse:

Im Zuge der Bestandsanalyse wurde zunächst die umfassende Datengrundlage zum Standort Flotzgrün gesichtet und geprüft. Die Datenbasis umfasste im Einzelnen die nachfolgend aufgeführten hydrogeologischen und geologischen Grunddaten wie auch Mess- und Analyse-daten und sonstigen Unterlagen und Modelle:

Hydrogeologische und geologische Grunddaten und Messwerte:

- Kenndaten zu den Brunnen (7 Sanierungsbrunnen, Brunnen WW Speyer Süd) und ca. 60 Messstellen (Lagedaten, Schichtenverzeichnisse, Ausbauprofile, Daten zu Untersuchungen, etc.), [Datenquelle: BASF SE und BCE GmbH]
- 6 Schichtenprofile, Lagedaten zu Bohrungen im Umfeld der Deponie, [Datenquelle: LGB]
- wöchentliche Grundwasserstandsdaten [Datenquelle: BASF SE] seit 1985 an:
 - 21 Messstellen im Tiefenbereich I
 - 22 Messstellen im Tiefenbereich II (seit 1997)
 - 5 Messstellen im Tiefenbereich Z (seit 2007/2009)
 - 9 Messstellen im Tiefenbereich III (an 5 Messstellen seit 2007)
 - 2 Messstellen im Tiefenbereich IV
- Grundwasserstands-Datenlogger-Daten an 34 Messstellen seit 2011, [Datenquelle: BASF SE]
- Rheinwasserstandsdaten am Pegel Speyer, Tageswerte , 2000 - 2012, [Datenquelle: BCE GmbH]
- wöchentliche Wasserstandsdaten im Altrhein, 1987 - 2010, [Datenquelle: BASF SE]
- Fördermengen an:
 - Förderdaten an Sicherungsbrunnen B1 bis B7, 2007 - 2012, Tageswerte, [Datenquelle: BASF SE]
 - Förderdaten an Brunnen Wasserwerk Speyer Süd, Jahressummen für Tiefenbereiche, 1982 -2011, [Datenquelle: BCE GmbH]
 - Förderdaten an Sicherungsbrunnen 1998 bis 2006, Monatssummen, [Datenquelle: BASF SE]

Beschaffenheitsdaten:

- halbjährliche Analysedaten (ca. 125.000 Einzeldaten) seit 1985 an ca. 60 Messstellen und 7 Sicherungsbrunnen (seit 2007):
 - Milieuparameter (Gelände und/oder Labor): Sauerstoffgehalt, pH-Wert, etc.
 - Deponiespezifische Parameter (Chlorid, Sulfat, Ammonium, AOX, Kalium, etc.)
 - Schwermetalle (Nickel, Arsen, Blei, etc.)
 - Daten zu Mecoprop und Bentazon seit den 90iger Jahren

Sonstige Daten und Unterlagen:

- jährliche Gutachten der BCE GmbH zum Grundwassermonitoring sowie zur modelltechnischen Überprüfung der Sicherungsmaßnahme ([U5] bis [U9])
- Sonstige Untersuchungsberichte (Sickerwasseraustrag, Messstellensanierung, geologischer Aufbau) ([U13], [U16])
- Modellberichte zum numerischen Grundwassermodell der BCE GmbH, Bericht zur Überprüfung des Sicherungskonzeptes mit Intervallbetrieb ([U12], [U11], [U14])

Bewertung und Defizitanalyse:

Für die Tiefenbereiche I/II liegt insbesondere im Nahbereich der Deponie Flotzgrün eine umfangreiche Datenbasis an Mess- und Analysedaten vor. Die vorhandenen Daten liefern eine gute Grundlage zur Beschreibung und Bewertung der Grundwasserverhältnisse und Stoffstoffverteilung am Standort. In den im weiteren Abstrom gelegenen Bereichen des Untersuchungsgebietes liegen zum Teil erhebliche Kenntnisdefizite vor, die in erster Linie mit der geplanten Erweiterung des Messstellennetzes geschlossen werden sollen (vgl. [U1], [U3] und [U4]).

Nach der Prüfung der vorhandenen Datengrundlage bleiben folgende Kenntnisdefizite und offene Fragen:

- *Im nördlichen Grundwasserabstrom jenseits des Altrheinkanals wurden in der Grundwassermessstelle P049III wiederholt Mecoprop und Bentazon (in niedrigen Konzentrationen) festgestellt. Bislang ist nicht klar, auf welchem Weg die Schadstoffe in TB III gelangt sind. Auch gibt es in den dbzgl. relevanten Bereichen wenig Kenntnisse über die exakte laterale Ausbreitung der Belastungen.*
- *Entlang der Fließachse zwischen der Deponie Flotzgrün und Wassergewinnungsanlage Speyer Süd sind nur sehr wenige Daten vorhanden, die die Verhältnisse v.a. in den tiefer liegenden Grundwasserleitern Z und III beschreiben. Entsprechend liegen auch nur wenige Kenntnisse zur hydrogeologischen und wasserchemischen Situation im Bereich der Fließstrecke zwischen Deponie und Wasserwerksbrunnen vor.*
- *Am nördlichen Westrand des Deponiegeländes wurden im Tiefenbereich II erhöhte Mecoprop- und Bentazongehalte festgestellt. Dies berücksichtigend kann die seitliche Ausbreitung der Schadstoffe in Richtung Westen mit den vorhandenen Messstellen nicht abgegrenzt werden. Dies bedingt auch, dass die Wirksamkeit der hydraulischen Grundwassersicherung am Nordwestrand der Deponie überprüft werden muss.*
- *In den deponienahen Randbereichen liegen keine Daten vor, um die Schadstoffausbreitung in den einzelnen Tiefenstufen sicher abgrenzen und überwachen zu können. Gleiches gilt für die im weiteren Abstrom gelegenen Bereiche auf Höhe der belasteten Messstelle P049III.*
- *Für den weiteren Abstrom in Richtung Norden und Nordosten (Hauptfließrichtung in den oberen Grundwasserleitern) sind keine Daten vorhanden, welche die hydrogeologischen und wasserchemischen Verhältnisse in diesem Bereich beschreiben.*

- *Im nördlichen Bereich der Insel Flotzgrün wie auch im Bereich des Altrheins ist keine ausreichende Datenbasis vorhanden, um die instationären Grundwasser-Oberflächenwasser-Zusammenhänge eindeutig zu erklären. Dadurch ist es auch nicht möglich, einen eventuellen Schadstoffeintrag in den Altrhein und die Altrheinauen zu bewerten.*
- *Es fehlen Daten zur Belastung der Böden in den einzelnen Tiefenbereichen, um eine mögliche Ablagerung bzw. Akkumulation zu untersuchen.*

7.3 Prüfung des hydrogeologischen Strukturmodells

Auf der Basis von hydrogeologischen und geologischen Daten im Untersuchungsgebiet wurde von BCE GmbH ein hydrogeologisches Modell (HGM) entwickelt, das die komplexen hydrogeologischen Verhältnisse in ihrer räumlichen Verteilung widerspiegelt.

Die Prüfung des vorliegenden hydrogeologischen Strukturmodells erfolgte hinsichtlich:

- räumlicher Untergrund- und Schichtenaufbau
- Vorhandensein und Wirksamkeit von Zwischenschichten (OZH, ZH3, UZH)
- Lage und Mächtigkeiten der Grundwasserleiter und Zwischenschichten
- geologische Störungen
- Verteilung der Durchlässigkeiten in den einzelnen Schichten
- Verteilung der sonstigen Untergrundparameter (Speicherkoeffizient, effektive Porosität)
- Grundwasserströmung
- Grundwasserbeschaffenheit

Räumlicher Untergrund- und Schichtenaufbau:

Im Modellgebiet ist der Untergrund in 5 grundwasserleitende (OGWL, MGWLo, MGWLm, MGWLu, UGWL) und 4 grundwasserstauende Schichten (OZH, ZH2, ZH3, UZH) unterteilt.

Vertikal von der Geländeoberfläche aus gesehen gliedert sich das hydrogeologische Strukturmodell für den Standort Flotzgrün in die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten 9 Schichten auf (die grundwasserleitenden Schichten sind zusätzlich mit den im weiteren benutzten Tiefenbereichsbezeichnungen versehen).

Struktureinheit		Tiefenbereich
Oberer Grundwasserleiter	OGWL	I
Oberer Zwischenhorizont	OZH	
Mittlerer Grundwasserleiter, oben	MGWLo	II
Zwischenhorizont 2	ZH2	
Mittlerer Grundwasserleiter, oben	MGWLm	Z
Zwischenhorizont 3	ZH3	
Mittlerer Grundwasserleiter, unten	MGWLu	III
Unterer Zwischenhorizont	UZH	
Unterer Grundwasserleiter	UGWL	IV

In der nachfolgenden **Abbildung 7-1** ist der schematische Untergrundaufbau entlang eines Nordwest-Südost-Schnittes durch das Untersuchungsgebiet dargestellt, wie er dem letzten Jahresbericht (2011) der Fa. BCE GmbH zu entnehmen war (vgl. [U6]).

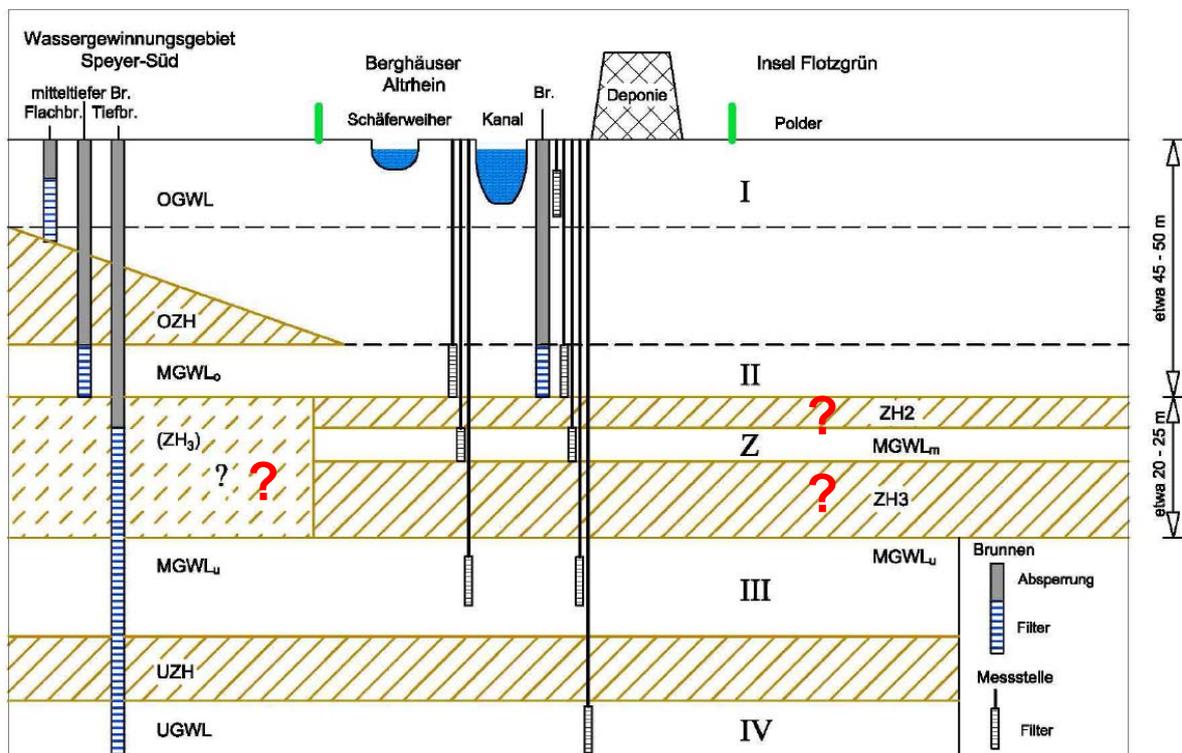


Abbildung 7-1: Schematischer Untergrundaufbau entlang eines Nordwest-Südost-Schnittes durch das Untersuchungsgebiet [U6]

Der in **Abbildung 7-1** dargestellte Schichtenaufbau entspricht i. W. den Interpretationen, wie sie aus den Profilschnitten A-A' bis C-C' in **Anlage 2** abzuleiten sind. Die Kenntnisse zur Geologie (Schichtenverzeichnisse, HGK Speyer 2005 [U17]) wurden von der Fa. BCE GmbH weitestgehend nachvollziehbar umgesetzt.

Einzig die Schichtenansprachen an der Messstelle P017IV und der früheren P017III sowie die geophysikalischen Untersuchungen an P017Z deuten darauf hin, dass die Zwischenschichten ZH2 und ZH3 bereichsweise aus sandigem Schluff bestehen und deshalb durchlässiger sind als dies bisher angenommen wurde (vgl. **Abbildung 7-2** und Profilschnitt in **Anlage 2.1**).

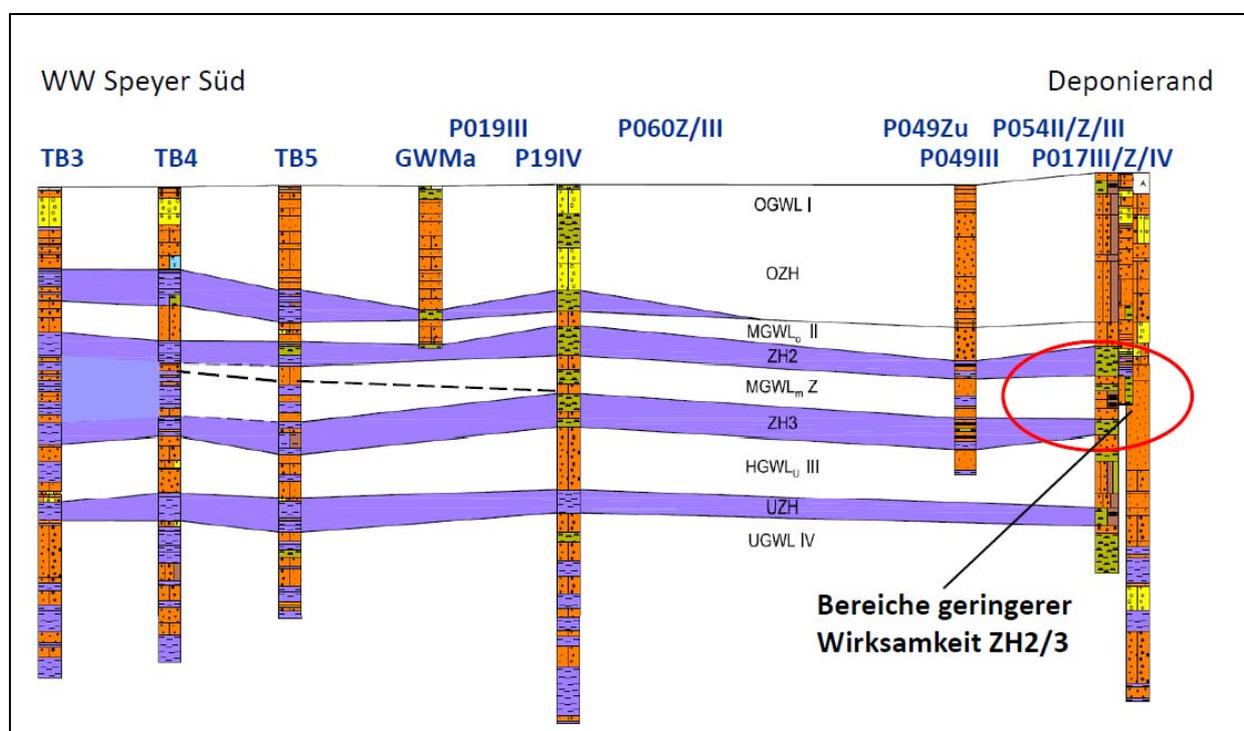


Abbildung 7-2: Profilschnitt zwischen der Messstelle P017 im Deponiebereich und der Trinkwasserbrunnen Speyer Süd

Im Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des UZH und UGWL eine geologische Störung in Nord-Süd-Richtung vor, die zum Zeitpunkt der Modellerstellung bis 2004 [U12] westlich der Insel Flotzgrün vermutet wurde. Inzwischen wird nach neueren Kenntnissen des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz die geologische Störung ca. 1,5 km östlicher dokumentiert (vgl. **Abbildung 7-3**).

Die generelle Grundwasserströmung in den Tiefenbereichen I und II unterhalb und im direkten Abstrom der Deponie in Richtung der Brunnen des Wasserwerkes Speyer Süd wird auch durch die neu festgestellte Lage der Störung nicht verändert. Im Tiefenbereich III könnte dies zu einer Änderung der Strömungsgeschwindigkeiten führen, Eine exakte Abbildung der Störung im Grundwassermodell ist daher notwendig.

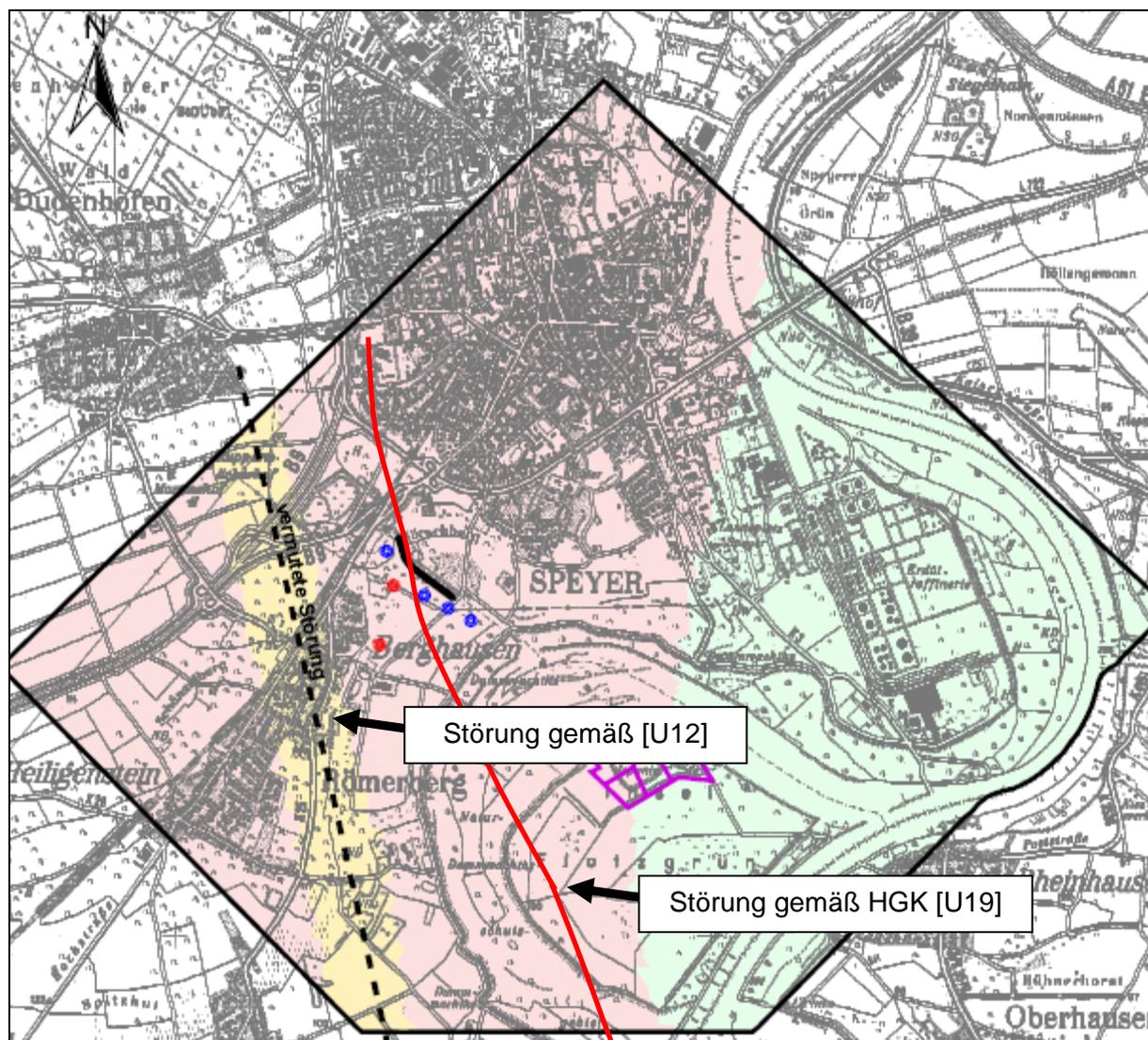


Abbildung 7-3: Geologischen Störung nach [U12] und aktuellem Kenntnisstand [U17]

Untergrundparameter:

Das vorliegende kleinräumige numerische Modell für den Standortbereich Flotzgrün ist ein Ausschnitt aus einem Großraummodell, das die BCE GmbH für die Südpfalz als Gebiet Speyer aufgestellt hat und betreibt. Bei der Modellerstellung für das kleinräumige Modell wurde die Verteilung der k_f -Werte entsprechend aus dem Großraummodell übernommen. Darüber hinaus flossen die Ergebnisse aus Pumpversuchen in die Verteilung der k_f -Werte mit ein, die im Standortbereich durchgeführt wurden.

Gemäß der geologischen Beschreibung der BCE GmbH aus dem Jahr 1985 [U16] liegen die k_f -Werte in den einzelnen Tiefenbereichen (TB) am Standort Flotzgrün bei folgenden Größenordnungen:

- TB I: ca. $1,0 \times 10^{-3}$ m/s (sehr durchlässig)
- TB II: ca. $1,0$ bis $3,0 \times 10^{-4}$ m/s (deutlich geringer durchlässig als TB I)
- TB III: ca. $1,0$ bis $4,0 \times 10^{-4}$ m/s (ähnlich durchlässig wie TB II)
- TB IV: ca. $0,5 \times 10^{-4}$ m/s (deutlich geringer durchlässig als TB III)

Die Ergebnisse aus Pumpversuchen (vgl. **Tabelle 7.1**), die in den letzten Jahren an verschiedenen Grundwassermessstellen im Standortbereich durchgeführt wurden, zeigen sowohl für den MGWLM (Z) als auch den MGWLu (TB III) homogene hydraulische Verhältnisse mit recht geringen Bandbreiten im Hinblick auf die k_f -Wert-Verteilung:

- Z: $1,0$ bis $2,0 \times 10^{-4}$ m/s
- TB III: $2,4$ bis $4,0 \times 10^{-4}$ m/s

Die neueren Ergebnisse für den TB III entsprechen damit den Untersuchungsergebnissen aus 1985. In den oberen Tiefenbereichen (TB I und TB II) ist im Bereich der Deponie eine separate Auswertung von Pumpversuchen in einzelnen Tiefenbereichen angesichts des zusammenhängenden oberen Grundwasser-Leitersystems TB I, OZH und TB II nicht möglich.

Tabelle 7.1: k_f -Werte aus Pumpversuchen

Messstelle	Tiefenbereich	k_f -Wert aus Pumpversuch
		[m/s]
P017Z	Z	1,5E-04
P020Z	Z	1,7E-04
P047Z	Z	1,3E-04
P048Z	Z	1,9E-04
P049Z	Z	1,2E-05
P039III	III	2,7E-04
P047III	III	4,1E-04
P048III	III	2,4E-04
P049III	III	1,3E-04

Für die **Durchlässigkeiten der Zwischenhorizonte** wurden Werte aus früheren großräumigen Modelluntersuchungen zu Grunde gelegt. Demnach ist der OZH mit ca. $1,0 \times 10^{-4}$ m/s nicht als voll hydraulisch wirksame Trennschicht anzusehen. Der ZH2/ZH3 ist mit $1,0 \times 10^{-9}$ bis $1,0 \times 10^{-8}$ m/s und Leakagefaktoren von 1×10^{-10} bis 5×10^{-10} 1/s als stark wirksame Trennschicht im Modell angesetzt. *Die k_f -Werte der ZH sind aus unserer Sicht zu niedrig angesetzt, weil*

- *die Leakagefaktoren des ZH3 im nördlich angrenzenden Rhein-Neckar-Raum mit $1,0 \times 10^{-9}$ bis $1,0 \times 10^{-8}$ 1/s um etwa eine Größenordnung höher liegen [U18],*
- *die für den Bereich der Deponie vorhandenen geophysikalische Untersuchungen auf Bereiche mit sandigen Schluff in den Zwischenhorizonten hindeuten (an der Messstelle P017Z). Übliche k_f -Werte für sandigen Schluff liegen mit 1×10^{-7} bis 1×10^{-5} m/s deutlich über den angesetzten Werten.*

Die sonstigen hydrogeologischen Parameter wurden wie folgt angesetzt:

- Speicherkoeffizienten: ungespannt 15 %
gespannt (spezifischer Speicherkoeffizient) 10^{-5}
- Effektive Porosität: OGWL 15 %
darunter liegende Schichten 10 %

Die Werte sind grundsätzlich plausibel: In [U17] werden für den ungespannten OGWL im Rhein-Neckar-Raum mittlere Speicherkoeffizienten von ca. 13 % bis 16 % und für gespanntes Grundwasser in tieferen Schichten Speicherkoeffizienten von ca. 10^{-5} bis 10^{-6} pro Meter Aquifermächtigkeit angegeben. In der zugehörigen Modelldokumentation fehlen entsprechende Angaben, auf welchen Grundlagen die Annahmen basieren.

Grundwasserhydraulik:

Zur Beschreibung der Grundwasserströmung werden von der BCE GmbH seit 2007 jährlich die Grundwassergleichen für einen Stichtag, jeweils für den Tiefenbereich II und III, dargestellt und ausgewertet (vgl. [U5] bis [U9]). Da für die Tiefenbereiche I und II nahezu identische Wasserstände vorliegen, können diese Tiefenbereiche als zusammenhängendes Grundwassersystem betrachtet werden. Die Auswertungen der BCE GmbH zeigen, dass die generelle Grundwasserströmung im oberflächennahen Grundwassersystem nach Nordost gerichtet ist. Im TB III strömt das Grundwasser im Standortbereich bedingt durch die Trinkwassergewinnung Speyer Süd in Richtung Nordwesten. Für den TB IV sind aufgrund der geringen Datendichte keine diesbezüglichen Auswertungen gemacht worden, generell ist die Strömung auch hier durch den Entnahmeeinfluss der Wassergewinnung Speyer Süd nach Nordwesten gerichtet.

Grundsätzlich lässt sich im Hinblick auf die Grundwasserhydraulik feststellen, dass es aufgrund der geringen Datendichte bislang nicht möglich ist, eine flächenhafte Auswertung der Grundwasserhydraulik (z.B. in Form von großflächigen Grundwassergleichenplänen) im Standortbereich vorzunehmen. Gleiches gilt für die Interaktion zwischen den Oberflächengewässern des Berghäuser Altrheins und dem Grundwasser. Aus dem Verlauf der Wasserstände, die in den Messstellen im Nahbereich der Oberflächengewässer wie auch in den Sicherungsbrunnen aufgenommen wurden, gehen v.a. in den Tiefenbereichen I und II über das hydrologische Jahr gesehen sehr starke Schwankungen hervor (Schwankungsbreiten: bis zu 4,5 m/Jahr). Die Grundwasserhydraulik stellt sich hier derart instationär dar, dass es zu relevanten Unschärfen kommen kann, wenn man die Fließverhältnisse nur zu einem Zeitpunkt oder integrierend über Mittelwerte betrachtet. Dies berücksichtigend sollte unter Einbeziehung der Informationen an den geplanten Messstellen eine detaillierte Betrachtung der Interaktionen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer erfolgen.

Von der BCE GmbH wurden die Ganglinien an 14 Messstellen und die Druckdifferenzen an ausgewählten Mehrfachmessstellen (P017, P018, P039, P047, P048) im Vergleich zur Rheinwasserstandsentwicklung dargestellt und analysiert. Aus den Jahresmittelwerten der Druckgradienten zwischen den Tiefenbereichen II und III sowie II und Z wird für das Umfeld der Deponie eine Prognose für die Schadstoffabsickerung abgegeben. Demnach lag in den letzten Jahren am Nordrand der Deponie ein von unten nach oben gerichteter Gradient vor, wodurch sich ein Absickern von Schadstoffen in tiefer liegende Tiefenbereiche weitestgehend ausschließt. Im nordwestlichen Deponiebereich lag jedoch phasenweise ein nach unten gerichteter Gradient zwischen den Tiefenbereichen II und III vor. Seit Einrichtung der Messstellen im Tiefenbereich Z in 2007 wird zwischen den Tiefenbereichen Z und II aber ein nach oben gerichteter Gradient festgestellt, der einer Schadstoffabsickerung entgegenwirkt. *Dies berücksichtigend kann eine Absickerung aus dem TB II in den TBZ und von dort aus in den TB III zu einem früheren Zeitpunkt, d.h. vor der Einrichtung der Messstellen im TBZ, nicht ausgeschlossen werden.*

Im Zeitraum der anhaltend hohen vom TB II in den TB III gerichteten Gradienten in den 80iger und 90iger Jahren ist eine Absickerung aus dem TB II über den ZH und den TB Z und von dort aus in den TB III prinzipiell möglich gewesen. Die aktuellen Mecoprop- und Bentazon-Befunde an P049III deuten darauf hin, dass Mecoprop und Bentazon-Gehalte in diesem Zeitraum aus dem TB II abgesickert sind und seither mit der Grundwasserströmung im TB III in Nord-/Nordwestliche Richtung transportiert werden.

Ferner zeigt die Auswertung von aktuellen Datenloggerdaten an P017II/Z/III/IV für 2011 (vgl. **Anlage 3.1**, Bild 1), dass es im Jahresgang auch heute noch (Mai bis September 2011) zu einem nach unten gerichteten Druckgradienten (von TB II nach Z und TB III) kommen kann. So lagen die Grundwasserstände im Juli 2011 an P017II bei ca. 94,4 m, an P017Z bei ca. 94,2 m, und an P017III bei ca. 93,0 m. Aufgrund der kurzen Zeiträume sollte es allerdings nicht zu einem Absickern von Stoffen aus dem TB II in den TB III kommen. Gemäß **Kapitel 7.5** bedarf es dafür längerer Zeiträume mit nach unten gerichteten Druckgradienten, was primär durch hohe Tiefentnahmen des WW Speyer Süd hervorgerufen wird.

Die Analyse der Grundwasserstandsdaten der BCE GmbH beschreibt die wesentlichen Zusammenhänge der Grundwasserströmung und Grundwasserstandsentwicklung im Untersuchungsbereich. Unter Einbeziehung der neuen Mess- und Analysedaten an den geplanten Messstellen soll in der anstehenden zweiten Phase (Untersuchungsphase) eine detaillierte Auswertung der dann vorliegenden Datenbasis erfolgen:

- *flächenhafte Auswertung der Grundwasserhydraulik in Form von Grundwassergleichplänen für alle Tiefenbereiche (kann mit eindeutigen Aussagen erst nach der Erweiterung des Grundwassermessstellennetzes erstellt werden)*
- *Darstellung und Analyse der Entwicklung der Grundwasserstände und Druckdifferenzen in Abhängigkeit der Entnahmen (insbesondere Tiefenentnahmen) des Wasserwerks Speyer Süd und der Sicherungsbrunnen im Deponiebereich (anhand von Datenloggerdaten im hydrologischen Jahresgang)*
- *Darstellung und Analyse von Datenloggerdaten im TB I/II im Vergleich zu den täglichen Wasserstandsdaten im Rhein und Altrhein, um das instationäre Zusammenwirken zwischen Oberflächen- und Grundwasser zu analysieren (im Jahresverlauf)*
- *Darstellung und Analyse der Entwicklung der Grundwasserstände im TB I/II in Abhängigkeit der Entfernung zum Rhein (anhand von Datenloggerdaten im hydrologischen Jahresgang)*

Grundwasserbeschaffenheit:

Zur Prüfung und Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit werden von der BCE GmbH jährlich die Monitoring-Ergebnisse (Leitparameter, Feldparameter, etc.) aus den laufenden Mess- und Analyseprogrammen in Form von Tabellen und Konzentrationsganglinien für ausgewählte Parameter (Leitparameter) anschaulich dokumentiert und ausgewertet. Die Leitparameter wurden aus unserer Sicht sinnvoll und richtig ausgewählt. Die Auswertungen zeigen die höchsten Schadstoffbefunde an der Basis des zusammenhängenden Grundwassersystems der Tiefenbereiche I und II. Das deutet - wie von BCE richtig bewertet - auf eine durch Dichteströmung bedingte verstärkte vertikale Strömung und Absickerung der Belastungen aus dem Deponiebereich hin.

Die vorliegenden Dokumentationen zur Grundwasserbeschaffenheit liefern einen guten Überblick über die Grundwasserbeschaffenheit, was v.a. für die deponienahen Bereiche gilt. Gemäß **Kapitel 7.2** liegen im weiteren Abstrom des Untersuchungsgebietes zum Teil erhebliche Kenntnisdefizite vor, die mit der geplanten Erweiterung des Messstellennetzes verbessert werden sollen (vgl. [U1], [U3] und [U4]).

Im Hinblick auf die Grundwasserbeschaffenheit verbleiben Unsicherheiten bezüglich:

- *des Emissionsverhaltens der Schadstoffquelle und der Schadstoffverteilung in der Deponie*
- *der bevorzugten Transportwege*
- *des möglichen Schadstoffaustrages in Rhein und Rheinaue*
- *der aktuellen Lage der Mecoprop- und Bentazon-Belastungen im Bereich P049III*

Zur Überprüfung und Bewertung der wasserchemischen Verhältnisse (Grundwasserbeschaffenheit und Schadstoffverteilung) sollten für die relevanten Parameter (Mecoprop, Bentazon, Chlorid, Ammonium, etc.) flächige Darstellungen in Form von Isokonzentrationsplänen oder Stoffkarten (z.B. als Kuchendiagramme) angefertigt werden.

Beschaffenheit der Oberflächengewässer einschließlich Altrheinaue:

Altrhein:

Im März 2012 wurden vom Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) an 3 Messstellen im Berghäuser Altrhein jeweils Sedimentproben und die Wassersäule auf Mecoprop und Bentazon analysiert [U2]. Im Sediment wurden keine nachweisbaren Belastungen gefunden. In den Wasserproben lagen jedoch geringe Befunde von 0,08 bis 0,28 µg/l Bentazon und bis zu 0,11 µg/l Mecoprop vor. Bei einer 2. Untersuchung der Wassersäule am 13.08.2012 wurde kein Mecoprop mehr oberhalb der Nachweisgrenze von 0,03 µg/l in allen Tiefenbereichen gefunden, die Befunde für Bentazon sind gegenüber der ersten Messung mit max. 0,088 µg/l stark zurück gegangen.

Rhein:

An den Probenahmestellen im Rheinunterlauf (Stationen Mainz, Worms) [U26] lagen die Gehalte an Mecoprop und Bentazon von 2004 bis 2010 stets niedriger als 0,08 µg/l (siehe **Anlage 4.4**). Bis 2003 wurden vereinzelt Bentazon-Konzentrationen von 0,1 bis 0,14 µg/l sowie Mecoprop-Gehalten von 0,08 bis 0,12 µg/l analysiert. Tendenziell sind die Befunde seit etwa 1998 zurückgegangen.

Im Rheinoberlauf (Station Karlsruhe) [U26] lagen die Gehalte für Bentazon von 2002 bis 2010 stets unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l, für Mecoprop wurden im Zeitraum 2002 bis 2007 vereinzelt erhöhte Werte bis max. 0,1 mg/l (Juni 2006) analysiert. Seit 2008 bis 2010 lagen die Mecoprop-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze (0,05 µg/l). Unmittelbar im Rheinunterlauf des Berghäuser Altrheins liegen keine Messwerte bezüglich der Wassergüte vor.

Altrheinaue:

In den Sedimenten der Altrheinaue wurden bislang keinerlei Befunde an Mecoprop- und Bentazon-Konzentrationen gemessen. Da eine Gefährdung der Altrheinaue über den oberen Grundwasserleiter (TB I) im Hochwasserfall (Auf- und Rückstau) grundsätzlich möglich ist, wurden die Belastungen an den im Anstrom der Deponie gelegenen und im TB I verfilterten Messstellen P006 bis P016 betrachtet. Hier wurden seit 1985 keine erhöhten Belastungen an deponiebürtigen Parametern (Sulfat, Ammonium) festgestellt. Ammonium zeigt einige Spitzenwerte bis 2,5 mg/l östlich der Deponie, im Mittel liegen die Werte jedoch unter dem Schwellenwert der GQN von 0,5 mg/l. Auf die Leitparameter Mecoprop und Bentazon wurden die Messstellen im Bereich der Altrheinaue nicht beprobt.

In den in Richtung Abstrom (Nordosten) der Deponie gelegenen Bereichen der Altrheinaue wurden bislang keine Messdaten erhoben. Erst mit der Errichtung der neuen Messstellen wird eine Bewertung möglich.

7.4 Prüfung des numerischen Grundwassermodells

7.4.1 Strömungsmodell

Grundlagen und Historie:

Das 3-dimensionale-Grundwassermodell wurde von der BCE GmbH im Jahr 2004 auf der Grundlage folgender früherer Modelle aufgestellt [U12]:

- Großraummodell für den Bereich Speyer
- Teilbereichsmodell für den Bereich der Insel Flotzgrün

Das vorliegende Grundwassermodell basiert auf den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Informationen über den geologischen Untergundaufbau und den hydrogeologischen Verhältnissen im Untersuchungsgebiet (vgl. Hydrogeologisches Modell in **Kapitel 7.3**). Für die numerische Lösung wurde das Modellsystem FEFLOW verwendet, das auf der Methode der Finiten Elemente beruht.

Abgrenzung des Modellraumes:

Der Modellraum erstreckt sich über eine Fläche von etwa 34 km² und reicht vom Rhein im Südosten bis Speyer im Norden, Mechttersheim im Süden sowie Heiligenstein im Westen [U12]. Das Gelände des älteren Deponieteiles liegt mit ca. 0,31 km² Fläche im Zentrum des Modellraumes. Als untere Abgrenzung des Modells wurde eine konstante Höhe von - 100 m NN festgesetzt. Die Geländeoberfläche liegt im Modell bei etwa 125 m NN im Bereich der Deponie und bei ca. 100 m NN im umgrenzenden Bereich.

Modellnetz und vertikale Modellstruktur:

Das vorliegende Grundwassermodell besteht aus einem Modellnetz, das sich aus insgesamt 14 horizontalen Schichten zusammensetzt. Die Aufteilung des Modellraums in Berechnungsknoten erfolgt anhand eines Dreiecksnetzes mit Netzweiten von etwa 100 m und einer feineren Diskretisierung im Nahbereich der Deponieabschnitte 1 - 5 [U12].

Die in der nachfolgenden Tabelle dargestellte Schichtung des Grundwassermodells wurde aus den hydrogeologischen Informationen (Aufschlüsse, Schnitte sowie geologische Gliederung) abgeleitet, die zum Zeitpunkt der Modellerstellung und -aktualisierung vorlagen. *Die grundwasserleitende Schicht Z wurde aus dem hydrogeologischen Modell nicht in das numerische Modell umgesetzt.*

Von der Geländeoberfläche aus gesehen ist das Modell in folgende 14 Schichten untergliedert:

Hydrogeologische Struktureinheit	Basis-Höhe	Schicht-Dicke	Modell schicht		Tiefenbereich
			Nr.	Bez.	
	[m NN]	[m]			
OGWL	80	ca. 13 - 50	1	OGWL 1	TB I
			2	OGWL 2	TB I
			3	OGWL 3	TB I
			4	OGWL 4	TB I
OZH	60	20	5	OZH 1	
			6	OZH 2	
MGWLo/m	53	7	7	MGWLo/m 1	TB II
			8	MGWLo/m 2	TB II
ZH2	48	5	9	ZH3 / 1	
			10	ZH3 / 2	
			?		Z
ZH3	25	23	11	ZH3 / 3	
MGWLu	8	17	12	MGWLu	TB III
UZH	0	8	13	UZH	
UGWL	- 100	100	14	UGWL	TB IV

Die geologische Störung ist im TB III als ein Band mit einem um zwei Größenordnungen niedrigerem k_f -Wert (5×10^{-7} m/s) gegenüber den umgebenden Bereichen ($k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s) abgebildet und liegt - wie bereits in **Kapitel 7.3** erläutert - ca. 1,5 km östlicher als in der aktuellen Hydrogeologischen Kartierung für den Raum Speyer [U17].

Untergrundkennwerte:

Die Verteilung der Durchlässigkeiten wurde großräumig aus dem Großraummodell und im Bereich der Insel Flotzgrün aus dem früheren Teilbereichsmodell entnommen. Grundlage hierfür waren Pumpversuche und die geologische Strukturierung. Im Verlauf der Modellanpassung wurden die k_f -Werte innerhalb einer plausiblen Bandbreite verändert, um eine gute Übereinstimmung der berechneten und gemessenen Grundwasserstände zu erreichen. In der nachfolgenden **Tabelle 7.2** sind die im Modell angesetzten k_f -Werte zusammengestellt.

Tabelle 7.2 kf-Werte in den Modellschichten

Hydrogeologische Struktur-	Mächtigkeit	k_f -Wert horizontal	k_f -Wert vertikal	Anisotropie-Faktor	Leakage
	[m]	[m/s]	[m/s]	[-]	[1/s]
OGWL	ca. 13 – 50	1,4E-3	1,4E-3	1	
OZH	20	1,0E-4	0,5E-4	2	2,5E-6
MGWLo/m	7	6,0E-4	6,0E-4	1	
ZH2	5	1,0E-9	1,0E-9	1	1,4E-10
ZH3	23	1,0E-6	1,0E-8	100	4,8E-10
MGWLu	17	1,5E-4	1,5E-4	1	
UZH	8	1,0E-8	1,0E-8	1	1,3E-9
UGWL	100	7,5E-5	7,5E-5	1	

Aus der Überprüfung der Durchlässigkeiten (k_f -Werte), die in der numerischen Modellierung der BCE GmbH umgesetzt wurden, gehen folgende Ergebnisse hervor:

- Wie in **Kapitel 7.3** bereits erläutert, wurden die k_f -Werte für die Schichten ZH2/3 - zumindest bereichsweise - zu niedrig angesetzt.
- Der Ansatz von unterschiedlichen Anisotropie-Faktoren zwischen 1 in den Grundwasserleitern und bis zu 100 in den Zwischenschichten ist nicht begründet (vgl. **Tabelle 7.2**).
- Der Grundwasserleiter Z wurde im vorhandenen numerischen Grundwassermodell nicht umgesetzt. Dies führt im Modell insgesamt zu einer Überschätzung der Wirksamkeit der Zwischenschicht ZH als grundwasserstauendes Element in diesem Bereich.

Randbedingungen:

Folgende Randbedingungen sind im Modell definiert:

- OGWL (TB I): Gewässerrandbedingung (Rhein) im Osten
Randzustrom aus Westen von 95 l/s
Noflow-Randbedingung in den restlichen Bereichen
- MGWL und UGWL (TB II/III/IV): Festpotentiale am gesamten Modellrand

Die Höhen der Festpotentiale in den tieferen Grundwasserleitern wurden jeweils mit dem Großraummodell für die verschiedenen Entnahmephasen des Wasserwerks Speyer Süd (siehe **Tabelle 7.3**) ermittelt. Die Randbedingungen im OGWL wurden aus dem früheren Teilbereichsmodell übernommen.

Oberflächengewässer:

Die im Modellgebiet vorhandenen Gewässer Rhein und Altrhein wurden als Leakage-Randbedingung mit vorgegebenem Wasserspiegel abgebildet:

- Rhein: $L = 5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
- Altrhein: $L = 1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

Die Wasserstände wurden stationär entsprechend dem langjährigen Mittel angesetzt. *Dieser Ansatz ist angesichts des stark instationären Verlaufes der Wasserstände nicht ausreichend, die Grundwasserhydraulik zu beschreiben.*

Grundwasserneubildung:

Die Grundwasserneubildung ist für das Modellgebiet einheitlich mit 3 l/s/km² angesetzt. Bei den Planungsberechnungen wurden die an der Oberfläche abgedichteten Deponieabschnitte 2 bis 7 mit einer Grundwasserneubildung von 0 l/s/km² berücksichtigt.

Grundwasserentnahmen:

Bei der Modellanpassung wurden die Grundwasserentnahmen entsprechend ihrer zeitlichen Entwicklung in 5 Phasen abgebildet, die eine in sich vergleichbare Entnahmekonstellation aufweisen (vgl. nachfolgende **Tabelle 7.3**).

Tabelle 7.3: Angesetzte Grundwasserentnahmen im instationären Modell, [U12]

Phase	bis	Speyer-Süd			Sicherung Deponie	Speyer- Nord	Hauptkennzeichen
		OGWL <i>Mio m³/a</i>	MGWLo/m <i>Mio m³/a</i>	MGWLu/ UGWL <i>Mio m³/a</i>			
1	1986	3,48	0,00	0,30	0,00	0,00	Speyer Süd Flachentn.
2	1992	1,23	0,00	2,42	0,00	0,08	+ Speyer Süd Tiefentn.
3	1995	1,33	0,00	1,58	0,00	1,03	Reduzierung Tiefentn.
4	1997	1,59	0,27	1,34	0,00	0,99	+ Entnahmen im MGWLo/m
5	2003	1,97	0,29	1,07	0,04	0,86	Beginn Sicherung Deponie

Modellanpassung:

Die stationäre Anpassung des kleinräumigen Strömungsmodells für den Deponiestandort Flotzgrün erfolgte durch einen Vergleich mit dem früheren angepassten Modellsystem aus dem Großraummodell. Weiterhin wurde eine instationäre Anpassung für den Zeitraum 1967 bis 2003 mit einem instationären Entnahmeansatz, jedoch unter stationären Gewässerrandbedingungen durchgeführt.

Ein Vergleich der gemessenen und gerechneten Grundwasserstandsdifferenzen in den Tiefenbereichen TB II und TB III an den Messstellen P017 und P018 zeigt im Modellbericht der BCE GmbH [U12] einen stufenweisen Verlauf der Differenzen in Abhängigkeit der Entnahmekonstellation am Wasserwerk. Die "gemessenen" Differenzen konnten zwar nachgebildet werden, an der Messstelle P017 liegen die Differenzen aus den berechneten Grundwasserständen im Zeitraum hoher Tiefenentnahmen des WW Speyer Süd (1985 bis 1992) allerdings um bis zu 1 m niedriger (vgl. **Abbildung 7-4**).

Der Ansatz der Firma BCE zur instationären Anpassung des Strömungsmodells wird als nicht differenziert genug erachtet. Die hydrologischen Randbedingungen sind aufgrund der Rheinnahen Lage stark instationär und können daher aus unserer Sicht mit hinreichender Genauigkeit nicht stationär modelliert werden.

Wasserbilanz und Modellgüte:

Die Modellbilanz für den instationären Rechenlauf, der Ende 2003 durchgeführt wurde, stellt sich wie folgt dar:

Bilanzgröße	Zustrom [l/s]	Abstrom [l/s]
Grundwasserneubildung	108	0
Randzustrom	150	0
Gewässer	51	-202
Entnahmen	0	-107
Gesamt	309	-309

Die Massenbilanz zeigt, dass etwa die gleiche Wassermenge dem Modellgebiet über den westlichen Modellrand zufließt (ca. 49%) wie im Modellgebiet durch Grundwasserneubildung und Austausch mit den Oberflächengewässern anfällt. Das meiste Grundwasser fließt nach Osten über den Rhein aus dem Modell ab (65% des Abflusses). Der Austrag über die Grundwasserentnahmen liegt bei ca. 35%.

Die Güte der Modellanpassung wird anhand eines Vergleiches der berechneten und gemessenen Grundwasserstände bewertet. In [U12] sind die berechneten und gemessenen Grundwasserstandsdifferenzen zwischen TB II und TB III an den Messstellen P017 und P018 dargestellt (siehe **Abbildung 7-4**) und beschrieben.

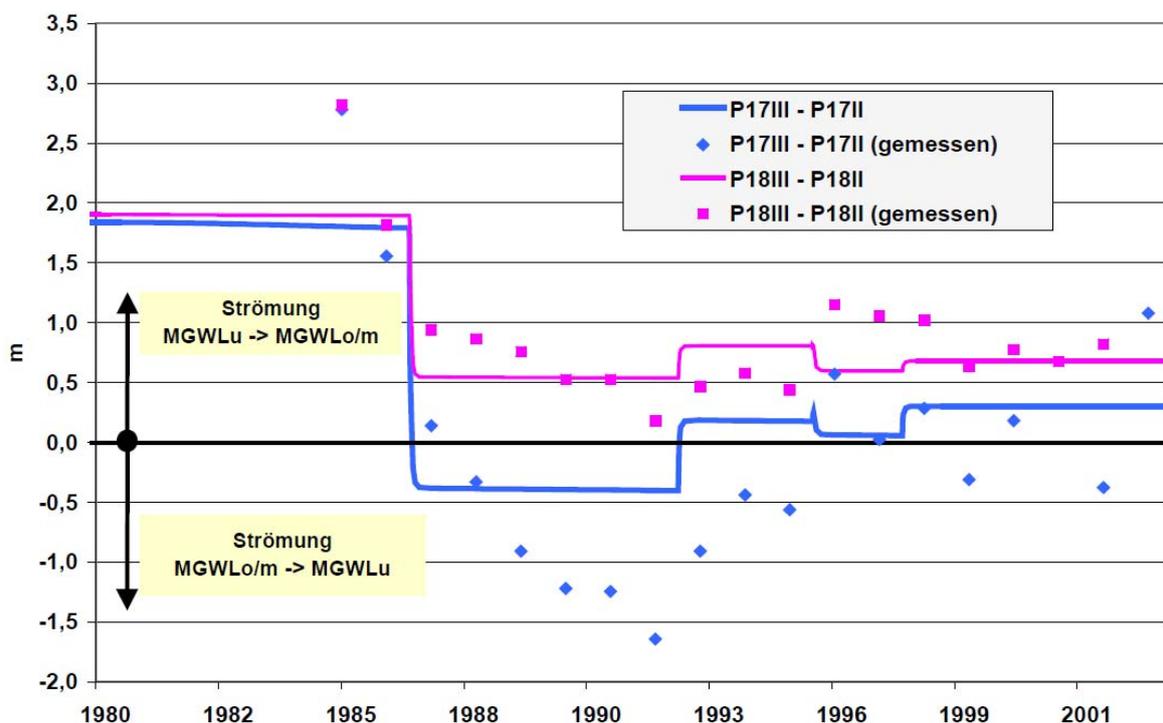


Abbildung 7-4: Vergleich gemessener und berechneter Grundwasserstandsdifferenzen [U12]

*Insgesamt zeigt sich anhand der in **Abbildung 7-4** dargestellten Differenzen zwischen gemessenen und gerechneten Wasserständen die hohe Relevanz v.a. der Instationarität der Rheinwasserstände und der Grundwasserentnahmen. Aus diesem Grund kann der tatsächliche Verlauf der Wasserstände im Jahresgang mit dem vorhandenen Modell nur ungenau abgebildet werden. Angaben über Fehler- und Standardabweichungen bzgl. der Anpassungsgenauigkeit sowie Darstellungen an weiteren Stützstellen (Messstellen) zur Überprüfung der Modellgüte fehlen*

7.4.2 Transportmodell

Auf der Grundlage des Strömungsmodells für den Zeitraum 1967 bis 2003 wurde von der BCE GmbH ein Transportmodell aufgebaut. Als Transportparameter wurde der Parameter Chlorid gewählt.

Randbedingungen:

Der Chlorid-Eintrag erfolgt über eine konstante Stoffquelle von 400 kg/d im Layer 2 (Höhenlage 88 - 91 m NN), nach der historischen Entwicklung zeitversetzt verteilt auf die Abschnitte 1 bis 5 des älteren Deponieteils. Die Stoffquelle (400 kg/d) wurde auf der Grundlage des Verlaufs der Chlorid-Gehalte in ausgewählten Brunnen und Messstellen geeicht. Die Entnahmen wurden analog dem Strömungsmodell entsprechend der zeitlichen Entwicklung in 5 Phasen ähnlicher Entnahmen abgebildet. *Dieser Ansatz ist angesichts des starken Einflusses der Tiefentnahmen Speyer Süd auf die Druckdifferenzen und damit die Stoffabsickerung aus unserer Sicht nicht ausreichend, die instationäre Stoffausbreitung hinreichend genau abzubilden. Die Entnahmen des WW Speyer Süd sollten jährlich differenziert angesetzt werden. Ferner ist der Einfluss der Instationarität der Wasserspiegel der Oberflächengewässer, wie bereits bei der Bewertung des Strömungsmodells dargelegt, auf die Modellanpassung zu überprüfen und ggf. in der Berechnung zu berücksichtigen.*

Transportparameter:

Die Transportmodellierung erfolgte konservativ, d.h. ohne Abbau und Retardation. Es wurde eine longitudinale Dispersion von 10 m und eine transversale Dispersion von 1 m angesetzt.

Modellanpassung Stofftransport:

Bei der Anpassung des Transportmodells wurde die Belastungsausbreitung seit dem Beginn der Ablagerungen im Jahr 1967 bis 2003 nachgebildet. Da mit einem rein konvektiven Stofftransport die verstärkte Absickerung im Oberen Grundwasserbereich (TB I und TB II) nicht nachgebildet werden konnte, wurde der Transport dichteabhängig berechnet.

Die gemessenen und berechneten Chlorid-Entwicklungen zeigen an der Messstelle P002 eine gute Übereinstimmung, an zwei weiteren Messstellen (P17II und P42II) weichen die Werte jedoch zum Teil erheblich voneinander ab. Die Chlorid-Entwicklung an weiteren Messstellen ist nicht dargestellt.

Modellbilanz:

Die Ende 2003 berechnete Stoffbilanz für den Modelllauf zur Anpassung der Transportmodellierung stellt sich wie folgt dar:

- Stoffeintrag: 400 kg/d
- Stoffaustrag Brunnen 100 kg/d (25 %)
- Stoffaustrag Gewässer 9 kg/d (2 %)
- Abstrom 291 kg/d (73 %)

Damit wurden Ende 2003 beim Betrieb der Teilsicherungsmaßnahme mit 3 Sicherungsbrunnen nur 25 % der angesetzten Stoffquelle ausgetragen. Etwa 75% der Stoffquelle wurden gemäß Modell von der Sicherungsmaßnahme nicht erfasst und in den Aquifer (73%) sowie in die Gewässer (2 %) ausgetragen.

Transportberechnungen zur Auslegung der Grundwassersicherung:

In den Jahren 2006 und 2007 (vgl. [U10] und [U11]) wurde das numerische Transportmodell zur Planung und Auslegung einer hydraulischen Grundwassersicherung eingesetzt (vgl. **Kapitel 8**). Hierbei wurden folgende Randbedingungen in Ansatz gebracht:

- kontinuierliche Grundwasserentnahmen an 7 Sicherungsbrunnen 14,4 m³/h aus dem TB II
- mittlere hydrologische Randbedingungen (Grundwasserneubildung, Rheinwasserstand)
- stationäre Entnahmen WW Speyer Süd Phase 5 (Mittel 1997 bis 2003)
- Stoffquelle durch konstanten Chlorid-Eintrag von 400 kg/d auf Deponieabschnitte 1 bis 5, dichteabhängig, Quelle im OGWL (Layer 2)

Ausgehend von der Stoffverteilung im Jahr 2003 wurde die künftige Stoffausbreitung bis 2050 berechnet. Die berechnete Grundwasserbilanz stellte sich für den Planungsfall wie folgt dar:

Bilanzgröße	Zustrom [l/s]	Abstrom [l/s]
Grundwasserneubildung	108	0
Randzustrom	150	0
Gewässer	53	-201
Entnahmen	0	-110
Gesamt	311	-311

Wie die vorstehende Grundwasserbilanz zeigt, übt die Erhöhung der Grundwasserentnahmen von 40.000 auf 130.000 m³/a (entspricht einer Erhöhung von ca. 3 l/s) einen nur geringen Einfluss auf die Gesamtbilanzmenge von ca. 310 l/s aus. Die berechnete Stoffbilanz stellt sich für den Planungsfall wie folgt dar:

- Stoffeintrag: 400 kg/d
- Stoffaustrag Brunnen 340 kg/d (85 %)
- Stoffaustrag Gewässer 55 kg/d (14 %)
- Abstrom 5 kg/d (1 %)

Wie die Stoffbilanz zeigt, wird unter den vorgegebenen Randbedingungen mit dem Modell beim kontinuierlichen Betrieb der Sicherungsmaßnahme mit einer jährlichen Fördermenge von 130.000 m³/a eine Fassung von ca. 85 % der Schadstoffe aus dem Belastungsbereich berechnet. Bei einem Schadstoffeintrag von 400 kg/d gelangen somit Restfrachten von ca. 55 kg/d Chlorid in den Altrhein und ca. 5 kg/d in die abstromigen Grundwasserbereiche.

Die Chlorid-Ausbreitung wurde von der BCE GmbH für die Jahre 2003 und 2050 jeweils für die einzelnen Grundwasserleiter berechnet und in [U12] dargestellt. Hiernach sind im Bereich der Messstelle P049, in der zuletzt Schadstoffgehalte im Tiefenbereich III festgestellt wurden, eigentlich keine erhöhten Befunde zu erwarten (vgl. **Abbildung 7-5**). Geringfügige Chlorid-Konzentrationen werden in 2050 östlich der Messstelle P049III prognostiziert.

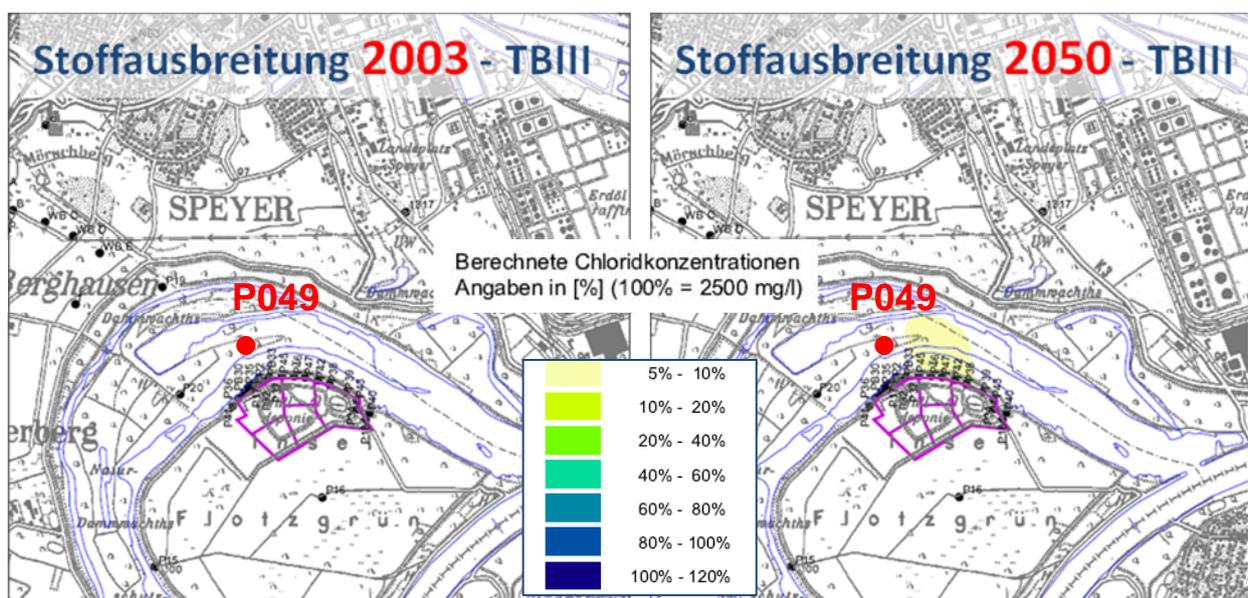


Abbildung 7-5: Modellprognose der Chlorid-Ausbreitung im TB III von 2003 bis 2050 [U12].

Aufbauend auf den vorher dargelegten Auswertungen und Ergebnissen ist das aktuelle Transportmodell nicht hinreichend geeignet, die Stoffausbreitung zu beschreiben. Das Modell enthält Unsicherheiten in Bezug auf:

- die Hauptrichtung der Stoffausbreitung, die im aktuellen Modell im TB III - aufgrund der vergleichsweise stärkeren Durchlässigkeit in diesem Bereich - etwas mehr nach Nordosten zeigt und nicht in die Richtung der Trinkwasserbrunnen Speyer Süd
- den Einfluss instationärer hydrologischer Randbedingungen (v.a. im Nahbereich der Oberflächengewässer - vgl. Abschnitt Grundwasserhydraulik in **Kapitel 7.3**)
- die Stoffausbreitung der relevanten Leitparameter Mecoprop und Bentazon, da im aktuellen Modell die Chlorid-Ausbreitung berechnet wird (angesichts der vergleichbaren Stoff- oder Transporteigenschaften der PSM im Grundwasser mit Chlorid werden die Unsicherheiten, was die Aussagekraft der Transportberechnungen anbetrifft, als eher gering eingeschätzt)

7.5 Stoffbewertung und Ausbreitungsprognose für den direkten Standortabstrom

Stoffliche Bewertung des direkten Standortabstroms:

Im Deponienahbereich liegen deutliche Grundwasserbelastungen im Tiefenbereich II vor, während im Abstrom bisher keine signifikanten Befunde analysiert wurden. Als Leitparameter werden dabei die beiden Pflanzenschutzmittel Bentazon und Mecoprop identifiziert (vgl. **Kapitel 7.2**). Weitere standortspezifische Parameter sind Chlorid, Ammonium, AOX, DOC, Nickel und Naphthalin.

Bis auf zeitweilig erhöhte Befunde im Tiefenbereich Z als Folge von Messstellendefekten wurden in den tieferen Grundwasserschichten im näheren Abstrom und im unmittelbaren Deponiebereich bislang keine relevanten Schadstoffbelastungen dokumentiert. Im Zeitraum 2006 bis 2008 wurden an den Messstellen P017Z, P017III und P047Z erhöhte PSM-Gehalte aufgenommen. Zur Ursachenforschung wurden daraufhin Kamerabefahrungen durchgeführt, bei denen Defekte an den betreffenden Messstellen festgestellt wurden. Nach der Sanierung der Messstellen sind die Befunde inzwischen stark zurückgegangen und lagen 2011 bei etwa 0,5 µg/l für Mecoprop und Bentazon (vgl. **Anlage 4.1**, [U6]).

Im weiteren Abstrom zeigen sich an der 2008/2009 eingerichteten Messstelle P049 nördlich des Altrheins im Tiefenbereich III wiederholt leichte Befunde an Mecoprop und Bentazon bis 4 µg/l, die mit den derzeitigen Modellen nicht erklärt werden können. Ob es sich um einen lokalen Befund handelt oder eine zusammenhängende „Stofffahne“, wie dies in der folgenden **Abbildung 7-6** angedeutet ist, kann nach derzeitiger Kenntnislage nicht eindeutig bewertet werden.

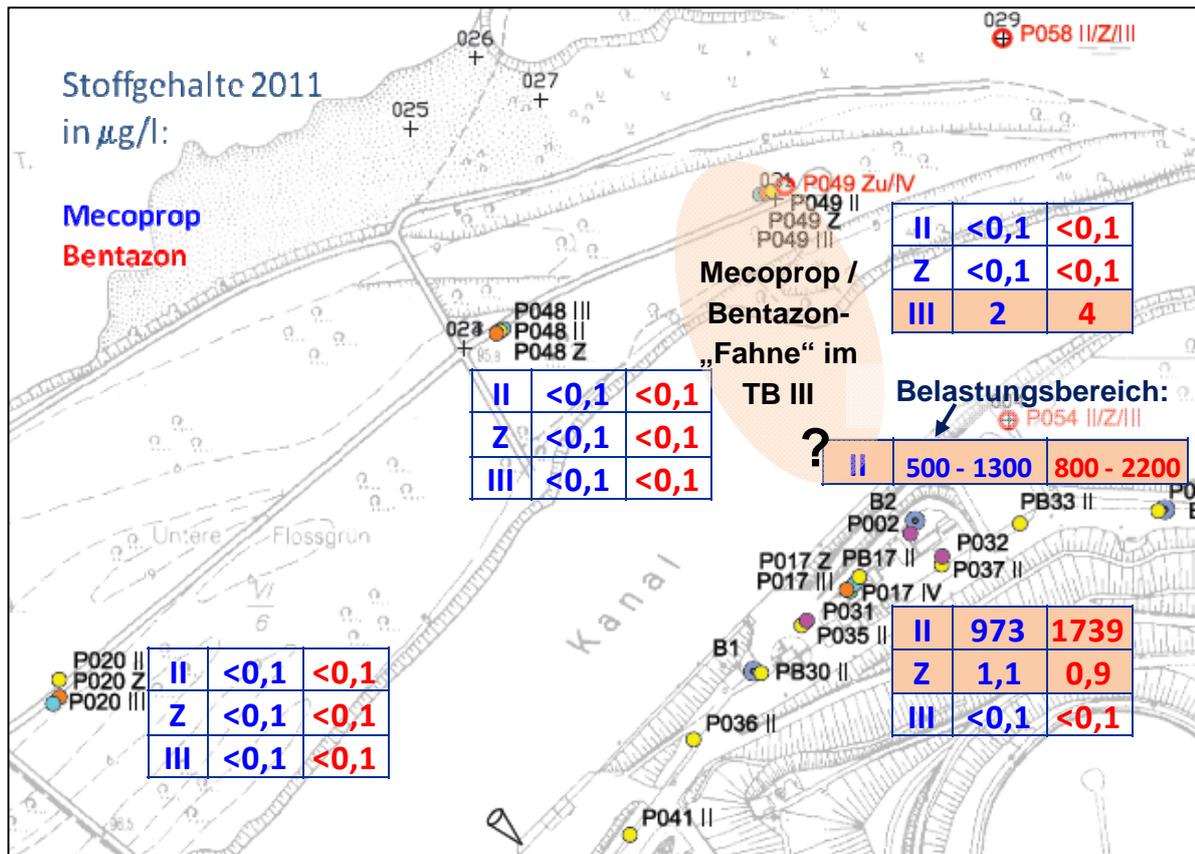


Abbildung 7-6: Maximale Stoffbefunde 2011 im Deponiebereich und -abstrom für die Parameter Mecoprop und Bentazon in den Tiefenbereichen II/Z/III

Hydraulische Bewertung des direkten Standortabstroms:

Wie die nachfolgenden **Abbildungen 7.7** und **7.8** zeigen, lag von 1988 bis 1996 aufgrund der großen Tiefentnahmen der Wassergewinnung Speyer Süd ein anhaltender Druckgradient vom TB II in den TB III vor. Dies berücksichtigend kann es in dieser Zeit zu einer Durchsickerung des Zwischenhorizontes gekommen sein.

Generell werden die Grundwasserstände und Druckdifferenzen zwischen den einzelnen Tiefenbereichen i. W. durch folgende Einflüsse bestimmt:

- In den Tiefenbereichen I und II ist die Grundwasserstandsentwicklung primär durch die Hydrologie und die Rheinwasserstandsentwicklung geprägt, während die Grundwasserentnahmen zur Standortsicherung einen relativ geringen Einfluss haben (vgl. **Anlage 3**).
- Die Entwicklung der Druckgradienten zwischen TB III und TB II zeigt eine starke Beeinflussung durch die Tiefentnahmen des Wasserwerks Speyer Süd. Dahingegen gering wirken sich hydrologische Einflüsse aus.

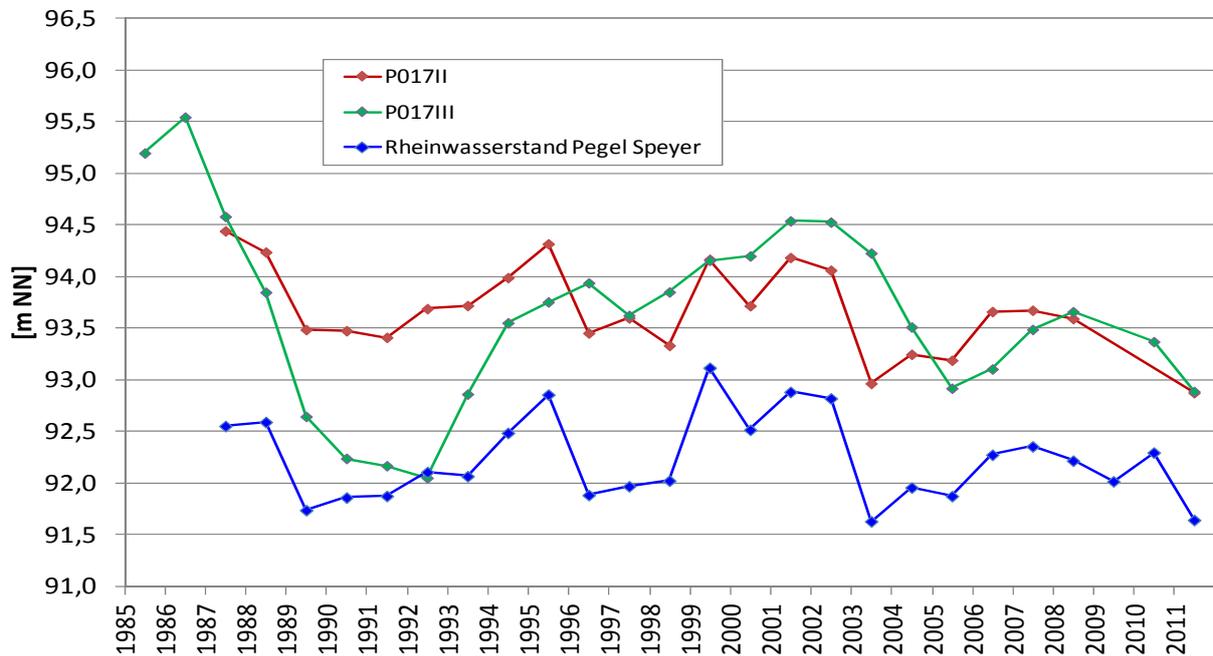


Abbildung 7-7: Entwicklung der Grundwasserstände an P017III und P017II (Jahresmittelwerte aus wöchentl. Messungen) im Vergleich zu den Rheinwasserständen

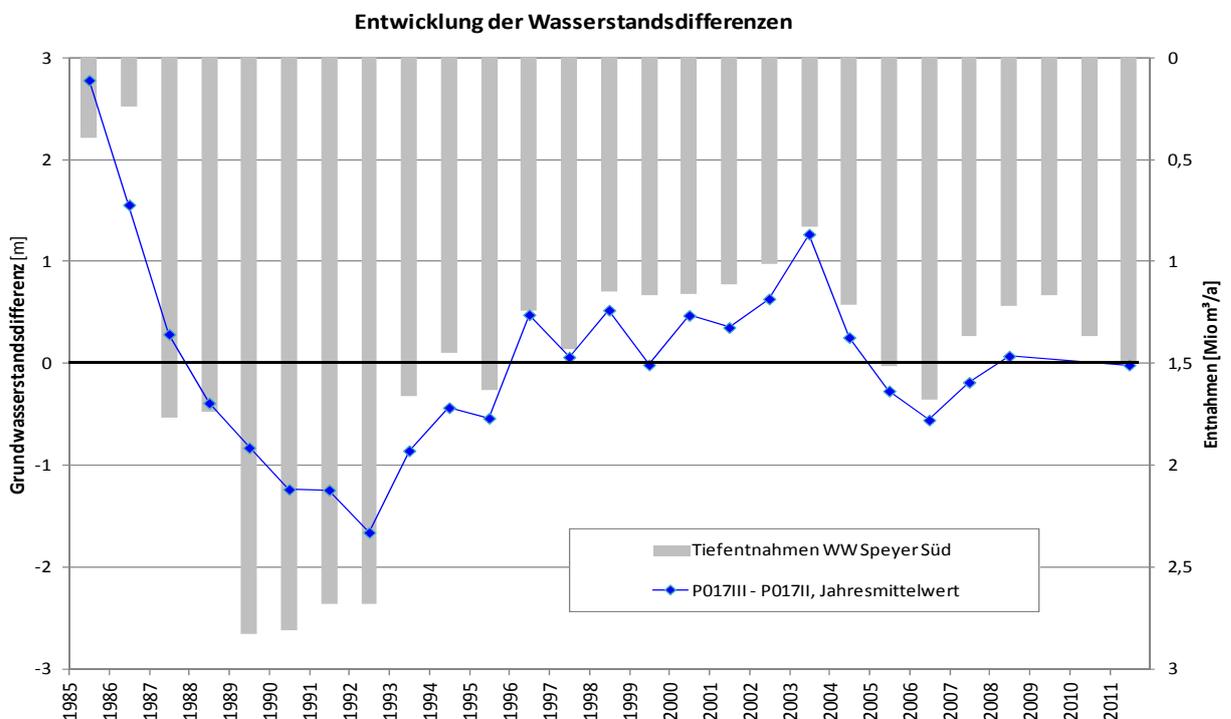


Abbildung 7-8: Entwicklung der Grundwasserstandsdifferenzen P017III und P017II im Vergleich zu den Tiefentnahmen Wasserwerk Speyer Süd

Bei einer jährlichen Fördermenge über die Tiefbrunnen des Wasserwerks Speyer Süd > 1,5 Mio. m³/a ergibt sich im Bereich des nordwestlichen Bereichs der Deponie (P017) ein negativer Druckgradient, so dass eine Stoffabsickerung aus dem TB II in den TB III möglich ist. In diesem Zusammenhang ist außerdem zu berücksichtigen, dass sich dieser Einfluss in Nasszeiten (Zeiten hoher Rheinwasserstände) stärker auswirkt als dies in Trockenzeiten der Fall ist.

Bewertung eines möglichen Stofftransports vom Deponienahbereich zur belasteten Messstelle P049III:

Zur Bewertung eines möglichen Stofftransport von der Messstelle P017II (im Deponiebereich) zur Messstelle P049III (im direkten Abstrom) wurde überschlägig berechnet, wie lange das Grundwasser benötigt, um den Fließweg zwischen P017II und P049III zu überwinden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich die PSM aufgrund ihrer Stoffeigenschaften (vgl. **Kapitel 6.2.1**) nahezu als ideale Tracer verhalten und damit die Fließ- und Transportgeschwindigkeiten gleich sind. Berechnungsgrundlagen bilden hierbei die regionalen Untergrundparameter (k_f -Wert, Porosität) sowie die mittleren Strömungsgradienten I , die aus den vorhandenen Grundwassergleichenplänen entnommen wurden. Bei k_f -Werten der Zwischenschichten von 1×10^{-6} bis 1×10^{-7} m/s kommt es nach etwa 1 bis 9 Jahren im Bereich der Messstelle P017II zu einer Stoffabsickerung von TB II in TB III (vgl. **Abbildung 7-9**) und nach weiteren 11 bis 16 Jahren zu einem Stofftransport von P017III zu P049III (vgl. **Abbildung 7-10**).

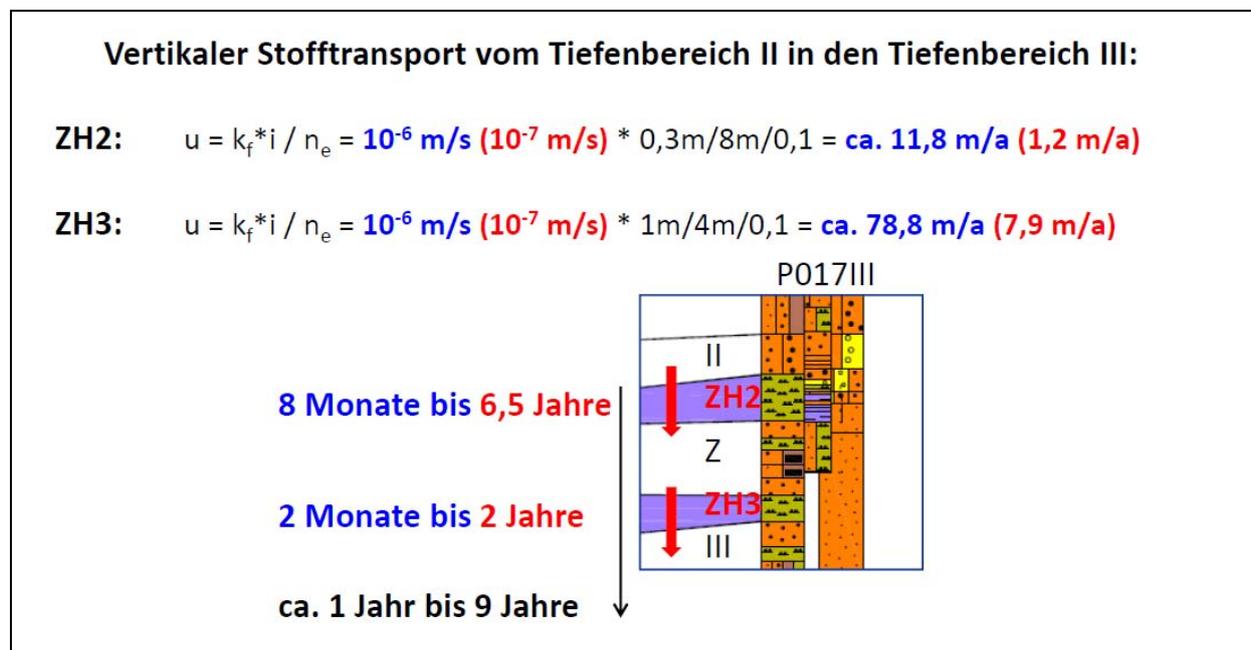


Abbildung 7-9: Analytische Berechnung der mögliche Stoffabsickerung vom TB II in TB III

Horizontaler Stofftransport im TBIII von P017III bis P049III:

TBIII: $u = k_f \cdot i / n_e = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} (1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}) \cdot 0,25\text{m}/500\text{m}/0,1 = \text{ca. } 32 \text{ m/a} (16 \text{ m/a})$

8 Jahre bis 16 Jahre



Abbildung 7-10: Analytische Berechnung des möglichen Stofftransports im TB III

In **Tabelle 7.4** sind die Transportzeiten von P017II zu P049III zusammengestellt, die sich in Abhängigkeit verschiedener Durchlässigkeiten überschlägig ermitteln. Die sehr große Bandbreite der Transportzeiten zeigt, wie entscheidend die hydraulischen Durchlässigkeiten (k_f -Werte) der Zwischenschichten für die Absickerung sind. So kann bei Durchlässigkeiten in den Zwischenschichten bis $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ nur dann eine Stoffabsickerung stattfinden, wenn der Druckgradient über einen relativ langen Zeitraum (> 9 Jahre) nach unten, d.h. in den TB III, gerichtet ist. In hydraulischen Fenstern mit höheren k_f -Werten ist eine deutlich schnellere Absickerung möglich.

Tabelle 7.4: Überschlägige Transportzeit von P017II zu P049III in Abhängigkeit der Durchlässigkeiten

	k_f -Wert [m/s] (TB III)	k_f -Wert [m/s] (ZH2/3)			
		1×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-7}	1×10^{-8}
ZH2		< 1 Monat	8 Monate	7 Jahre	67 Jahre
ZH3		2 Tage	2 Monate	2 Jahre	5 Jahre
P017II → P017III		1 Monat	10 Monate	9 Jahre	72 Jahre
P017II → P049III	2×10^{-4}	8 Jahre	9 Jahre	17 Jahre	80 Jahre
P017II → P049III	1×10^{-4}	16 Jahre	17 Jahre	25 Jahre	88 Jahre

Bei k_f -Werten von $1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ in ZH2 und ZH3 würden Schadstoffteilchen seit dem Beginn der hohen Tiefenentnahmen im Wasserwerk West (1989) etwa 17 Jahre benötigen, um im Bereich von P017II abzusickern und in 2006 bei der Messstelle P049III anzukommen.

Im Hinblick auf den Schadstofftransport fehlen aktuell noch wichtige Informationen und Kenntnisse, um fundierte und abschließende Aussagen und Berechnungen zum Schadstofftransport und zu den Fließzeiten anstellen zu können. Dies betrifft insbesondere Informationen zum Untergrundaufbau in den abstromigen Bereichen, zu den k_f -Werten in den Zwischenhorizonten, zur Ausbreitung der aktuellen Mecoprop- und Bentazon-Befunde im TB III und zur Retardation wie auch zum Abbauverhalten der standortspezifischen PSM.

7.6 Zusammenfassende Bewertung vorhandener Daten und Modelle

Defizite in der Datengrundlage:

Grundsätzlich liegt für den Standort Flotzgrün eine umfangreiche Datenbasis vor (geologische und hydrogeologische Daten, Messdaten zu Konzentrationen und Grundwasserständen, Schichtenverzeichnisse, Pumpversuche). Die vorhandenen Mess- und Analysedaten konzentrieren sich allerdings zumeist auf den direkten Nahbereich der Deponie Flotzgrün und hierbei v.a. auf die Tiefenbereiche I/II. Die Daten sind plausibel und liefern eine gute Grundlage zur Beschreibung der Schadstoffverteilung wie auch der Grundwasserverhältnisse in diesen Bereichen. In den weiter im Abstrom gelegenen Bereichen des Untersuchungsgebietes liegen zum Teil erhebliche Kenntnisdefizite vor, die im Rahmen der 2013 geplanten Untersuchungen verbessert werden sollen (vgl. [U1], [U3] und [U4]).

Im Hinblick auf die Datenbasis verbleiben folgende Kenntnisdefizite und offene Fragen:

- *Die Kenntnisdichte über den Untergrundaufbau, insbesondere im relevanten Bereich zwischen Deponie und Trinkwassergewinnung ist derzeit zu gering, um den Schadstoffabstrom aus der Deponie eindeutig zu beschreiben und die aktuellen Befunde an P049III eindeutig zu erklären.*
- *Die räumliche Datendichte an Grundwasserbeschaffenheitsdaten, insbesondere im weiteren Abstrom, ist zu gering, um die Lage und die seitliche Begrenzung einer möglichen Stofffahne eindeutig zu identifizieren. Insbesondere fehlen Daten:*
 - *entlang der Fließachse zwischen der Deponie Flotzgrün und Wasserwerk Speyer Süd*
 - *in den deponienahen Randbereichen in den einzelnen Tiefenstufen*
 - *am nördlichen Westrand des Deponiegeländes im TB II*
 - *im weiteren Abstrom nach Norden im Tiefenbereich I/II*
- *Die vorhandenen Wasserstandsdaten wurden noch nicht in der Hinsicht überprüft und ausgewertet, um die instationären Grundwasser-Oberflächenwasser-Zusammenhänge eindeutig zu erklären.*
- *Es fehlen Daten zur Belastung der Böden in den einzelnen Tiefenbereichen, um eine mögliche Ablagerung bzw. Akkumulation zu untersuchen.*

Hydrogeologisches Strukturmodell:

Auf der Grundlage der vorliegenden Daten und Informationen zum Standort wurde ein hydrogeologisches Strukturmodell entwickelt und aufgestellt, das die standortspezifischen hydrogeologischen Prozesse im Wesentlichen gut beschreibt.

Im Zusammenhang mit dem vorhandenen Strukturmodell stellen sich jedoch folgende Fragen:

- *Stellt die grundwasserleitende Schicht Z einen zusammenhängenden Horizont dar, der von der Deponie Flotzgrün bis zu den Förderbrunnen des Wasserwerks Speyer Süd reicht?*
- *Gibt es Bereiche, die in den Zwischenschichten ZH2 und ZH3 geringere hydraulische Trennwirkung aufweisen und wenn ja, wie sind diese verteilt?*
- *Unter welchen Bedingungen ist eine Absickerung aus dem TB II in den TBZ und von dort aus in den TB III möglich?*
- *Wie ist die Interaktion zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser unter Berücksichtigung instationärer hydrologischer Verhältnisse?*

Die derzeitige Datendichte (insbesondere im Wirkungspfad Deponie - Wasserwerk Speyer Süd) ist zu gering, um detailliertere Auswertungen über die instationären Zusammenhänge zwischen Grundwasserstand, Altrheinwasserstand und den Entnahmen sowie flächige Darstellungen der aktuellen Stoffverteilungen vorzunehmen. Die zur abschließenden Bewertung erforderlichen Daten sollen in der anstehenden zweiten Phase (Untersuchungsphase) unter Einbeziehung der dann vorhandenen neuen Messstellen aufgenommen werden.

Numerisches Strömungsmodell:

Das vorliegende numerische Strömungsmodell wird hinsichtlich seiner Begrenzung und räumlicher Auflösung als grundsätzlich geeignet bewertet, um die Grundwasserströmungsverhältnisse im Standortbereich richtig zu beschreiben und zu simulieren. Die vorhandenen Kenntnisse zur Geologie und Hydrogeologie wurden nachvollziehbar in das numerische Modell umgesetzt. Nichtsdestotrotz weist das vorhandene Strömungsmodell gewisse Unschärfen auf, die im Sinne einer höheren Prognosegenauigkeit beseitigt werden sollten. In diesem Zusammenhang sollten insbesondere folgende Punkte Berücksichtigung finden:

- *Der Tiefenbereich Z sollte im numerischen Modell umgesetzt werden.*
- *Der stationäre Ansatz der Gewässerrandbedingung ist nicht ausreichend, da der Einfluss der Rheinwasserstandsentwicklung aufgrund der Nähe zum Rhein nicht vernachlässigt werden kann. Dementsprechend sollten die Oberflächengewässer im Modell instationär umgesetzt werden.*
- *Es sind Modellunsicherheiten hinsichtlich der k_f -Werte und Wirksamkeiten der Zwischenschichten vorhanden, die es zu überprüfen und zu minimieren gilt.*

Numerisches Transportmodell:

Das vorliegende numerische Transportmodell basiert auf dem numerischen Strömungsmodell und berechnet die Stoffausbreitung des Parameters Chlorid unter Berücksichtigung von Dichteeffekten.

Das Modell ist in der vorliegenden Form nicht hinreichend in der Lage, die Stoffausbreitung insbesondere der Leitparameter Mecoprop und Bentazon abzubilden. Folgender Anpassungsbedarf wird gesehen:

- *Das Modell sollte auf der deutlich verbesserten Datenbasis nach Verdichtung des abstromigen Messstellennetzes neu kalibriert und angepasst werden.*
- *Der Einfluss instationärer hydrologischer Randbedingungen (z.B. Hochwasser, Niedrigwasser) sollte Berücksichtigung finden (v.a. im abstromigen Nahbereich der Deponie - vgl. Abschnitt Grundwasserhydraulik in **Kapitel 7.3**).*
- *Die Leitparameter Mecoprop und Bentazon sollten - ergänzend zum Tracer Chlorid - bei der Transportmodellierung Berücksichtigung finden. Der konservative Transport des Tracers Chlorid bildet hierbei ein Worst-Case-Szenario ab.*
- *Hierbei sollten Ergebnisse der Laborversuche (zur Retardation von Mecoprop und Bentazon) mit einbezogen werden, die in der Untersuchungsphase durchgeführt werden sollen.*

8 PRÜFUNG DER HYDRAULISCHEN SICHERUNG

Ziele und Kriterien der hydraulischen Sicherung:

Seit 1998 werden am nordwestlichen Rand des älteren Deponieteiles Flotzgrün Sicherungsbrunnen im Tiefenbereich II mit folgenden Zielen und Kriterien betrieben:

- Erfassung und hydraulische Sicherung der Grundwasserbelastungen, die von der Deponie Flotzgrün ausgehen
- Minimierung der Fördermenge und Anzahl der Sicherungsbrunnen
- Minimierung des Förderanteils aus dem unbelasteten Altrhein

Historische Entwicklung des Sicherungskonzeptes

Zwischen 1998 und 2006 wurden am Nordwestrand des älteren Deponieteiles Flotzgrün 3 Sicherungsbrunnen mit einer Fördermenge von insgesamt etwa 40.000 m³/a aus dem Tiefenbereich II betrieben. Im Jahr 2007 wurde die hydraulische Sicherungsmaßnahme auf 7 neu eingerichtete Sicherungsbrunnen umgestellt. Gleichzeitig wurde die Fördermenge auf 130.000 m³/a erhöht.

Da das abgepumpte Grundwasser per Tankschiff zur Aufbereitung in der BASF-Kläranlage nach Ludwigshafen gebracht werden muss und keine ausreichenden Pufferkapazitäten auf der Deponie existieren, werden die Sicherungsbrunnen seit 2007 im Intervallbetrieb betrieben. Das in diesem Zusammenhang aufgestellte Förderkonzept [U11] wird seither wie folgt betrieben:

- differenziertes Förderregimes unter Berücksichtigung der unterschiedlichen hydraulischen Ergiebigkeit der einzelnen Brunnen
- Durchführung von jährlich etwa 100 bis 110 Schiffstransporten
- Verladeleistung: ca. 260 m³/h (Summe aller Brunnen)
- Gesamtfördermenge: ca. 130.000 m³ im Jahr (entspricht einer mittleren Förderrate von 14,8 m³/h)
- Variation der Belademenge: 1.000 m³ bis 1.350 m³ pro Schiff
- Zeitintervall zwischen den einzelnen Betriebsphasen der Brunnen: 3 bis 5 Tage, in Ausnahmefällen max. 14 Tage (Weihnachten/Jahreswechsel)

Überprüfung des Sicherungskonzeptes:

Das Sicherungskonzept mit Intervallbetrieb wurde mit dem vorliegenden Transportmodell ermittelt und optimiert [U11]. Hierbei wurden im Modell folgende Randbedingungen angenommen:

- stationäre hydrologische Randbedingungen (mittlere Grundwasserneubildung, mittlerer Rheinwasserstand, etc.)
- stationäre Trinkwasserentnahme beim Wasserwerk Speyer Süd

- Förderraten im Intervallbetrieb
- Simulation der Schadstoffquelle durch konstanten Chlorid-Eintrag (400 kg/d) aus den Deponieabschnitten 1 bis 5, Eintrag im Oberen Grundwasserleiter (Layer 2)
- dichteabhängiger Schadstofftransport von Chlorid

Zur Konzeptionierung und Auslegung der Sicherungsmaßnahmen im Intervallbetrieb wurde die Stoffausbreitung mit dem angepassten Transportmodell für 2 aufeinanderfolgende Modellhalbjahre gerechnet. Dies führte zu folgenden Stoffbilanzen:

- Stoffeintrag: 400 kg/d
- Stoffaustrag Brunnen: 367 kg/d (92 %)

Gemäß der vorstehenden Stoffbilanz gelangen im derzeit praktizierten Intervallbetrieb ca. 8 % der aus der Deponie Flotzgrün emittierten Schadstoffmenge in den Altrhein und den ungesicherten Abstrom. *Der Schadstoff-Austritt in das nahe gelegene Oberflächengewässer (Altrhein) wurde von der BCE GmbH bei ihren Berechnungen und Dokumentationen zum instationären Pumpbetrieb bisher nicht als getrennte Bilanzgröße ausgewiesen.*

Seit dem Jahr 2008 wird die Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahme einmal im Jahr von der BCE GmbH überprüft. Hierzu wird der tatsächliche Pumpbetrieb mit dem Transportmodell simuliert und die Ergebnisse (Stoffbilanzen, Frachten) mit dem Planungskonzept verglichen. Der tatsächliche Stoffaustrag lag bis 2011 mit ca. 88% bis 90% etwas unter dem geplanten Austrag in Höhe von 92 % (vgl. nachfolgende **Tabelle 8.1**).

Tabelle 8.1: Schadstoffaustrag im Zuge der Sicherungsmaßnahme

	2008	2009	2010	2011	Planung
1. Halbjahr	85	85	89	93	92
2. Halbjahr	93	92	90	88	92
Jahresmittel	89	88	90	90	92

Schadstoffaustrag in % der Gesamtmenge

Diese vorstehende Betrachtung liefert keine Aussage über den tatsächlichen Austrag an Mecoprop und Bentazon. Der angesetzte Stoffeintrag von 400 kg/d ist ein Ergebnis der Anpassung des Transportmodells, der in Wirklichkeit auch durchaus höher oder auch geringer sein kann. Die Austräge aus den Brunnen und in das Gewässer bzw. den Abstrom wären dann entsprechend höher bzw. geringer.

Die Überprüfung der aktuell praktizierten Grundwassersicherung lässt folgende Fragen offen:

- *Welchen Einfluss haben die hydrologischen Randbedingungen auf die Grundwassersicherung sowie den nicht erfassten Schadstoffabstrom? Wie wirken sich Extremereignisse (Hochwasser, Niedrigwasser) aus?*
- *Wo findet der von der Grundwassersicherung gemäß Modellbetrachtung nicht erfasste Schadstoffabstrom statt?*
- *Was passiert in längeren Intervallpausen und inwieweit kommt es in diesen Pausen zu einem relevanten Abströmen von Schadstoffen (Abhängigkeit vom jeweiligen Grundwassergefälle)?*

Zudem fehlt eine instationäre Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer in Abhängigkeit der hydrologischen Verhältnisse (Rheinwasserstände).

Möglichkeiten zur Optimierung der laufenden Grundwassersicherung:

Zur Optimierung der aktuell betriebenen hydraulischen Grundwassersicherung können prinzipiell folgende Varianten überprüft und ggf. umgesetzt werden:

1. kontinuierlicher Betrieb der Sicherungsbrunnen mit der vorhandenen Brunnenperipherie
2. Erhöhung der Brunnenanzahl
3. Änderung der Förderraten und/oder der Verteilung auf die vorhandenen Sicherungsbrunnen
4. Erhöhung der Entnahmemenge
5. Verringerung der Ruhe-Intervalle im diskontinuierlichen Sicherungsbetrieb

Eine mögliche Optimierung des hydraulischen Sicherungskonzeptes sollte in jedem Fall mit Hilfe der numerischen Transportmodellierung geprüft werden. Voraussetzung ist die Anpassung des instationären Strömungs- und Transportmodells nach den in den vorangehenden Kapiteln vorgeschlagenen Änderungen. Die Modellrechnungen sollten hierbei im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung zusätzlich jeweils für Extremzustände (Hoch- und Niedrigwasser) und mit den Maximalentnahmen für die Tiefbrunnen des Wasserwerks Speyer Süd (Wasserrecht) durchgeführt werden.

Ein konkretes Konzept zur Überprüfung der verschiedenen Optimierungsmöglichkeiten bei der hydraulischen Sicherungsmaßnahme sollte in Abhängigkeit der in der Untersuchungsphase gewonnenen neuen Erkenntnisse ausgearbeitet werden.

9 VORLÄUFIGE GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG

9.1 Gefährdungsabschätzung

9.1.1 Trinkwassergewinnung Speyer Süd

Die Trinkwassergewinnung Speyer Süd ist aktuell nicht gefährdet. An den Vorfeldmessstellen P019I und P019IV sowie an den Wasserwerksbrunnen liegen bisher keine Belastungen vor. Künftig kann eine Gefährdung der Trinkwassergewinnung allerdings nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Ob und in welcher Zeit sich Spuren von Mecoprop und Bentazon im TB III bis zu den Wasserwerksbrunnen ausbreiten können, ist derzeit nicht absehbar. Im Hinblick auf den Schadstofftransport fehlen noch wesentliche Daten und Informationen, um abschließende Aussagen zum vertikalen und lateralen Schadstofftransport und zu möglichen Fließzeiten treffen zu können. Dies betrifft insbesondere Informationen zum Untergrundaufbau in den abstromigen Bereichen, zu den k_f -Werten in den Zwischenhorizonten, zur Ausbreitung der aktuellen Mecoprop- und Bentazon-Befunde im TB III wie auch zur Retardation der standortspezifischen Pflanzenschutzmittel.

9.1.2 Grundwasser

Oberer Grundwasserleiter (TB I) und Mittlerer Grundwasserleiter, oben (TB II):

Im Deponienahbereich ist das Grundwasser sowohl im TB I als auch im TB II mit Bentazon und Mecoprop mit Gehalten oberhalb der in der Grundwasserverordnung (GrwV) festgelegten Schwellenwerte ($0,1 \mu\text{g/l}$ für Einzelstoffe von Pflanzenschutzmitteln) belastet. Durch die laufende hydraulische Sicherungsmaßnahme wird die Ausdehnung der PSM-Belastungen im TB I und TB II über die Grenzen des Deponiegeländes hinaus weitgehend unterbunden. Ein geringer Teil der Belastungen strömt jedoch ab, so dass für den gesamten Belastungsbereich davon auszugehen ist, dass im Falle der Grundwasserspeisung der Oberflächengewässer in einem gewissen Umfang belastetes Grundwasser aus dem TB I in den Berghäuser Altrhein eintritt.

Mittlerer Grundwasserleiter (Z):

Im Tiefenbereich Z wurden seit der Einrichtung von Messstellen im näheren Abstrom keine erhöhten Belastungen an Mecoprop und Bentazon vorgefunden. Im Deponiebereich werden die Schwellenwerte aktuell an 2 Messstellen (bedingt durch frühere Messstellendefekte) leicht überschritten.

Mittlerer Grundwasserleiter, unten (TB III):

Im Tiefenbereich III wurden im Deponiebereich und im näheren Abstrom bislang keine erhöhten Belastungen an Mecoprop und Bentazon festgestellt. In einer im direkten Standortabstrom gelegenen Grundwassermessstelle liegen seit der Erstbeprobung im Jahr 2008 wiederholt Mecoprop- und Bentazon-Befunde bis maximal 4,5 µg/l vor, so dass der Schwellenwert von 0,1 µg/l in dieser Messstellen überschritten wird. Von den Grundwasserbelastungen in TB III geht die Gefahr aus, dass es zu mit der Grundwasserströmung in Richtung Wasserwerk zu einer Ausbreitung des belasteten Bereiches in bisher unbelastete Bereiche und damit zu einer sukzessiven Schadstoffverlagerung kommt.

Unterer Grundwasserleiter (TB IV):

Im Tiefenbereich IV wurden bisher keine Belastungen an Mecoprop und Bentazon gefunden. Aufgrund der nur geringen PSM-Befunde an einer Messstelle im TB III und einer wirksamen Zwischenschicht von ca. 8 m zwischen TB III und TB IV liegt aktuell keine Gefährdung des Unteren Grundwasserleiters vor. Dies berücksichtigend ist auch zukünftig nicht mit einer Gefährdung des TB IV zu rechnen.

9.2 Gefährdungsbeurteilung für die Schutzgüter Trinkwasser / Mensch

Wie in **Abschnitt 6.3** dargestellt sind die in der Trinkwasserverordnung festgelegten Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel und Biozidwirkstoffe im Trinkwasser nicht toxikologisch begründet, sondern entsprechen Vorsorgewerten im Bereich der analytischen Nachweisgrenze. Da die toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswerte für die meisten Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte im Trinkwasser deutlich höher liegen als die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, ist davon auszugehen, dass Überschreitungen der in der Trinkwasserverordnung festgelegten Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel und Biozidwirkstoffe per se keine Gesundheitsgefahr darstellen, solange die toxikologisch begründeten Beurteilungswerte nicht überschritten werden.

Da bei einer Überschreitung der für Bentazon und Mecoprop geltenden Grenzwerte nicht mit einer Gesundheitsgefahr zu rechnen ist, kann das zuständige Gesundheitsamt nach § 10 der Trinkwasserverordnung unter bestimmten Voraussetzungen Grenzwertüberschreitungen für einen Zeitraum von höchstens 3 Jahren zulassen.

Als zulässige obere Konzentration ist der Trinkwasser-Maßnahmenwert des Umweltbundesamtes anzuwenden, der für Bentazon und Mecoprop jeweils 10 µg/l beträgt (vgl. **Abschnitt 6.3**).

Eine Überschreitung des Trinkwasser-Maßnahmenwertes oder der toxikologisch begründeten Beurteilungswerte für Bentazon und Mecoprop im Trinkwasser ist derzeit und auf absehbare Zeit auszuschließen. Für die Bevölkerung im Versorgungsgebiet des Wasserwerkes besteht daher keine Gesundheitsgefahr durch Bentazon und Mecoprop im Trinkwasser.

Eine Gesundheitsgefahr kann auch vor dem Hintergrund ausgeschlossen werden, dass das zuständige Gesundheitsamt bei Nachweis von Spuren an Bentazon oder Mecoprop im Trinkwasser eine verstärkte Überwachung des Trinkwassers anordnen wird. Hierdurch wird sichergestellt, dass ein Auftreten kritischer Konzentrationen rechtzeitig erkannt wird und frühzeitig geeignete Maßnahmen zur Abwendung von Gesundheitsgefahren für die Bevölkerung im Versorgungsgebiet eingeleitet werden können.

9.3 Gefährdungsbeurteilung für die Oberflächengewässer

9.3.1 Altrhein

Eine Untersuchung des Berghäuser Altrheins im März 2012 ergab geringe Befunde an Mecoprop und Bentazon im Wasserkörper. Dies deutet darauf hin, dass ausgehend vom Deponiegelände ein Übertritt dieser Stoffe in den Berghäuser Altrhein erfolgt. Die Konzentrationen von bis zu 0,28 µg/l überschreiten die Umweltqualitätsnorm von 0,1 µg/l. Eine zweite Untersuchung im August zeigte keine Überschreitungen mehr. Die gemessenen Konzentrationen von Bentazon und Mecoprop liegen deutlich unterhalb der Konzentrationen, bei denen schädliche Wirkungen auf Wasserorganismen auftreten können. Eine Gefährdung dieses Gewässers besteht derzeit daher nicht, ist aber nicht auszuschließen, wenn die Konzentrationen der PSM im Wasser in den Bereich von Wirkkonzentrationen ansteigen.

9.3.2 Rhein

Im Rhein lagen an den beobachteten Stationen in Mainz und Worms die Gehalte an Mecoprop und Bentazon von 2004 bis 2010 stets niedriger als die Umweltqualitätsnorm (UQN) für Oberflächengewässer [R4] von 0,1 µg/l. Auch im Rheinoberlauf (Station Karlsruhe) lagen seit 2007 bis 2010 keine Mecoprop- und Bentazon-Gehalte über der UQN vor. Aus diesem Ergebnis leitet sich zunächst einmal ab, dass eine Gefährdung des Rheins nicht vorliegt. Da jedoch keine Daten im unmittelbaren Unterlauf der Deponie Flotzgrün vorliegen, kann derzeit keine abschließende Bewertung erfolgen.

9.3.3 Altrheinaue

Die vorliegenden Informationen liefern keine Hinweise auf eine Gefährdung der Altrheinaue durch Belastungen, die aus der Deponie Flotzgrün stammen. Relevante Einträge und Akkumulationen von Schadstoffen in die Altrheinaue werden als sehr unwahrscheinlich erachtet, da ein Eintrag in die oberen Bodenschichten nur bei Hochwasser möglich ist, was mit einer starken Verdünnung und entsprechend niedrigen PSM-Konzentrationen verbunden ist. Darüber hinaus sind beide PSM in den oberen Bodenschichten unter den dort vorliegenden aeroben Milieu-bedingungen sehr gut abbaubar, so dass es nicht zu einer Akkumulation von Mecoprop und Bentazon kommen kann. Vor diesen Hintergründen ist eine Gefährdung der Altrheinaue auszuschließen.

9.3.4 Grundwassernutzungen im Bereich Speyerer Rheinbogen

Eine Gefährdung der Grundwassernutzungen aus den Tiefenbereichen I/II/Z/III im Bereich des Speyerer Rheinbogens kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der aktuellen Kenntnisdefizite ist eine Bewertung derzeit nicht möglich.

9.4 Zusammenfassende Bewertung

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand lässt sich für die von der Deponie Flotzgrün ausgehenden Grundwasserbelastungen folgende vorläufige verbal-argumentative Gefährdungsbeurteilung ableiten:

- Eine Gefährdung der Trinkwassergewinnung Speyer Süd ist aktuell nicht vorhanden, kann jedoch auf Grund der begrenzten Datengrundlage künftig nicht vollständig ausgeschlossen werden.
- Für die Bevölkerung im Versorgungsgebiet des Wasserwerkes Speyer Süd besteht derzeit und auf absehbare Zeit keine Gesundheitsgefahr durch Bentazon und Mecoprop im Trinkwasser. Eine mögliche Überschreitung des Trinkwasser-Maßnahmenwertes oder toxikologisch begründeter Beurteilungswerte für Bentazon und Mecoprop im Trinkwasser ist derzeit und auf absehbare Zeit auszuschließen.

- Durch die Deponie Flotzgrün sind die Grundwasserleiter I, II und III gefährdet. Insbesondere in den Tiefenbereichen I und II liegen deutlich erhöhte Belastungen vor, die aus dem älteren Deponieteil ohne Basisabdichtung stammen. Eine hydraulische Sicherungsmaßnahme erfasst derzeit den größten Anteil der deponiebürtigen Belastungen im Tiefenbereich I und II. Ein kleinerer Anteil der Belastungen - bislang noch nicht näher quantifiziert - wird jedoch nicht gefasst und strömt ab. Im Grundwasserleiter III unterhalb der Deponie wurden seit Beginn der PSM-Analysen keine erhöhten Belastungen vorgefunden, im Standortabstrom liegen seit Jahr 2008 wiederholt geringfügige Mecoprop- und Bentazon-Befunde im Bereich der Schwellenwerte vor, die mit den bestehenden Modellen bisher nicht erklärbar sind und näher erkundet werden müssen.
- Erste Hinweise deuten darauf hin, dass Bentazon und Mecoprop aus der Deponie über den Wirkungspfad Deponie-Sickerwasser-Grundwasser in den Altrhein gelangen. Hier wurden die Umweltqualitätsnormen für Mecoprop- und Bentazon in 2012 im Rahmen zweier Untersuchungskampagnen teilweise leicht überschritten. Die gemessenen Konzentrationen von Bentazon und Mecoprop liegen deutlich unterhalb der Konzentrationen, bei denen schädliche Wirkungen auf Wasserorganismen auftreten können. Eine Gefährdung des Gewässers besteht derzeit daher nicht, ist aber nicht vollständig auszuschließen, wenn die Konzentrationen von Bentazon oder Mecoprop im Wasser in den Bereich der Wirkkonzentrationen ansteigen.
- Eine Gefährdung der Altrheinaue und der darin lebenden Flora und Fauna kann aufgrund der starken Verdünnungseffekte bei Hochwasser sowie des schnellen Stoffabbaus in den oberen Bodenschichten ausgeschlossen werden.

10 VORSCHLÄGE FÜR DAS WEITERE VORGEHEN

10.1 Wesentliche Fragestellungen und offene Punkte

Aus der Prüfung und Bewertung der zum Deponiestandort Flotzgrün vorliegenden Daten und Modelle (vgl. **Kapitel 7**) ergeben sich die nachfolgend aufgeführten wesentlichen Fragestellungen und offenen Punkte:

Wesentliche Fragestellungen und offene Punkte zur Hydrogeologie:

- Die Kenntnisdichte über den Untergrundaufbau insbesondere im Bereich zwischen Deponie und Trinkwassergewinnung Speyer Süd ist aktuell zu gering, um den Schadstoffabstrom aus der Deponie eindeutig zu beschreiben und die aktuellen Befunde an P049III zu erklären.
- Es ist nicht bekannt, ob der Tiefenbereich Z in seinen lithologischen Eigenschaften ein zusammenhängender Horizont mit grundwasserführenden Sedimenten ist, der vom Deponiebereich bis zu den Brunnen der Wassergewinnung Speyer Süd reicht.
- Aufgrund der lückenhaften Positionierung der Grundwassermessstellen ist es bislang nicht möglich ist, eine flächenhafte Auswertung der Grundwasserhydraulik (z.B. in Form von Grundwassergleichenplänen) im Untersuchungsgebiet vorzunehmen. Gleiches gilt für die Interaktion zwischen den Oberflächengewässern des Berghäuser Altrheins und dem Grundwasser.
- Über das hydrologische Jahr gesehen ist die Grundwasserhydraulik so instationär, dass es v.a. im Nahbereich der Oberflächengewässer und der Sicherungsbrunnen (insbesondere in den Tiefenbereichen I und II) zu unterschiedlichen Fließzuständen im Jahresverlauf kommt. Eine wesentliche Fragestellung liegt deshalb darin, diese interstationären Fließzustände im Deponiebereich und im Bereich des Altrheins zu untersuchen und zu bewerten.
- Es liegen bislang unzureichende Kenntnisse zur flächigen Wirksamkeit der Zwischenschichten ZH2 und ZH3 vor. So ist nicht bekannt, ob es im Deponiebereich oder in dessen Abstrom Bereiche mit geringer hydraulischer Trennung (hydraulische Fenster) gibt, an denen es zu einem Absickern von PSM kommen kann.

Wesentliche Fragestellungen und offene Punkte zur Schadstoffverteilung:

- Die räumliche Datendichte (insbesondere zur Beschaffenheit) ist zu gering, um die Lage der aktuellen „Stofffahne“ in TB III einschließlich des Schadstoffnachlieferungspotenzials fundiert zu bestimmen.
- Die Lage und Ausdehnung der Schadstoffquelle (Stoffverteilung) in der Deponie ist weitestgehend unbekannt. Dementsprechend liegen relativ wenige Kenntnisse zu den Transportwegen von der Deponie in das Grundwasser vor (vgl. **in Kapitel 4.1.2**). Nicht näher bekannt ist auch der Anteil des Schadstoffaustrags, der durch einen temporären Einstau des Deponiefußes im Hochwasserfall verursacht wird.

- Die vorliegende Datenbasis zu Belastungen im Altrhein ist zu gering, um eine Beurteilung der daraus resultierenden Gefährdungen abzuleiten.
- Über die Retardation und den Abbau von Mecoprop- und Bentazon im Grundwasser (unter anaeroben und aeroben Bedingungen) liegen nur wenige allgemeine Kenntnisse vor. Gleiches gilt für das Auftreten und Verhalten von Metaboliten im Zuge von Abbauprozessen in Boden und Grundwasser.

Wesentliche Fragestellungen und offene Punkte zu den numerischen Modellen:

- Der Tiefenbereich Z wurde im numerischen Modell nicht umgesetzt.
- Die Gewässerrandbedingung wurde im Modell stationär umgesetzt. Da der Einfluss der Rheinwasserstände einen wesentlichen Einfluss auf die Fließbedingungen haben, sollten die Oberflächengewässer im Modell instationär umgesetzt werden.
- Es sind Modellunsicherheiten hinsichtlich der k_f -Werte und Wirksamkeiten der Zwischenschichten vorhanden, die es zu überprüfen und ggf. anzupassen gilt.
- Die Leitparameter Mecoprop und Bentazon finden in der Transportmodellierung keine Berücksichtigung (einschließlich der schadstoffspezifischen Transporteigenschaften im Grundwasser).
- Die festgestellten PSM-Befunde an P049III werden mit dem vorliegenden Modell nicht wiedergegeben. Zudem zeigt die Hauptrichtung der Stoffausbreitung im TB III etwas mehr nach Nordosten und nicht direkt in Richtung der Trinkwasserbrunnen Speyer Süd.

10.2 Handlungsempfehlungen

Mit dem Ziel die vorgenannten Kenntnislücken zu schließen und eine abschließende und hinreichend genaue Gefährdungsbeurteilung für die Deponie Flotzgrün durchführen zu können, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Durchführung von weiterführenden Untersuchungen (Untersuchungsphase)
- Prognose der langfristig zu erwartenden Sickerwassermengen in den Altabschnitten der Deponie nach der jüngst durchgeführten Ertüchtigung der Oberflächen
- Prüfung und ggf. Optimierung der hydraulischen Sicherungsmaßnahme
- Aktualisierung und Erweiterung der numerischen Modelle anhand der neuen Kenntnisse aus der Untersuchungsphase und Neukalibrierung
- Implementierung der grundwasserleitenden Schicht TB Z in das Modell
- instationäre Berechnung der Grundwasserströmung mit instationären Rheinwasserständen, z.B. eines hydrologischen Jahres
- numerische Sensitivitätsuntersuchungen zur Ermittlung der Modellunschärfe und Berechnung eines Worst-Case- und eines Real-Case-Szenarios

10.3 Vorschläge für weiterführende Untersuchungen

Die hier vorliegende vorläufige Gefährdungsbeurteilung weist eine Reihe von Kenntnislücken und offenen Fragen auf, die in einer anschließenden Untersuchungsphase zu klären sind. In der Untersuchungsphase sollen weitere Daten und Informationen zur Beurteilung der vom Deponiestandort Flotzgrün ausgehenden Gefährdungen aufgenommen werden, um auf dieser Basis eine abschließende Gefährdungsbeurteilung (Risk Assessment) durchführen zu können.

Weiterführende Untersuchungen im Zuge der Erweiterung des Messstellennetzes:

Zur Erweiterung der Untergrundkenntnisse und zur Verdichtung des Grundwasserüberwachungsnetzes ist die Einrichtung von 32 zusätzlichen Messstellen in allen Teilen des Untersuchungsgebiets und unterschiedlichen Tiefenbereichen geplant [U3]:

- Einrichtung von 10 neuen Messstellen im TB II
- Einrichtung von 11 neuen Messstellen im TBZ/Zu
- Einrichtung von 10 neuen Messstellen im TB III
- Einrichtung von 1 neuen Messstelle im TB IV

Die erforderliche Ergänzung des Grundwassermessstellennetzes soll im Jahr 2013 beginnen und so schnell es die äußeren Rahmenbedingungen zulassen abgeschlossen werden. Im Zusammenhang mit dem bevorstehenden Messstellenbau wird vorgeschlagen, die im Folgenden genannten weiterführenden Untersuchungen durchzuführen:

- Aufnahme von Schichtenverzeichnissen an allen Messstellen (bei Messstellengruppen Schichtenaufnahme mindestens an der tiefsten Bohrung)
- Entnahme von Bodenproben und Bestimmung von geohydraulischen Kenndaten (vgl. Untersuchungsschema in **Abbildung 10-1**):
 - in Zwischenhorizonten (ZH2, ZH3, UZH):
Bestimmung von k_f -Werten und Porenvolumina an ungestörten Bodenproben
 - in den grundwasserleitenden Schichten (TB II, TBZ/Zu, TB III, TB IV):
Bestimmung von k_f -Werten an gestörten Bodenproben mittels Sieb- und Schlämmanalyse
- tiefengestaffelte Bodenprobenahme aus den grundwasserleitenden und -stauenden Schichten und Lagerung bis zur Bestimmung der Schadstoffgehalte im Grundwasser (werden im Grundwasser erhöhte Schadstoffgehalte aufgenommen, dann sollten an den Bodenproben Schadstoffbestimmungen erfolgen)
- Durchführung von Pumpversuchen zur k_f -Wert-Bestimmung an ausgewählten Messstellen (vgl. Untersuchungsschema in **Abbildung 10-2**)
 - Pumpversuch im oberen zusammenhängenden Grundwasserleiter (OGWL, OZH)
 - Pumpversuch im Tiefenbereich II
 - Pumpversuch im Tiefenbereich III

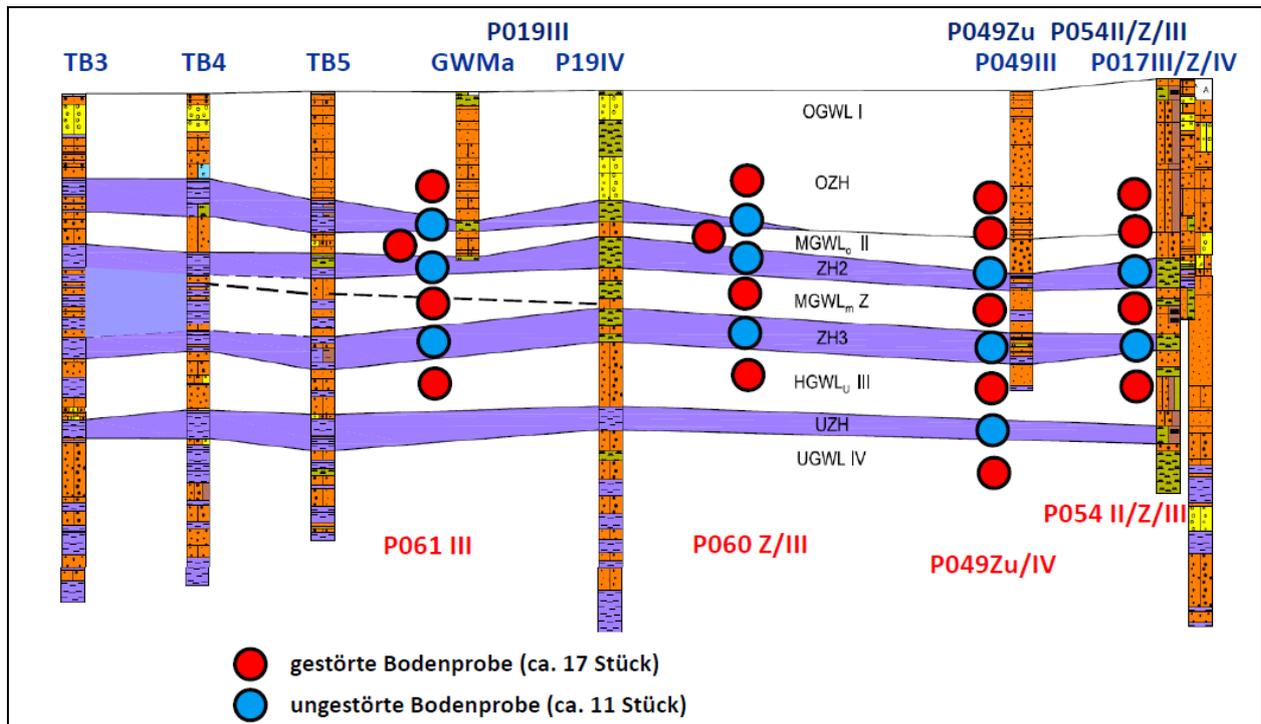


Abbildung 10-1: Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung geohydraulischer Kenndaten

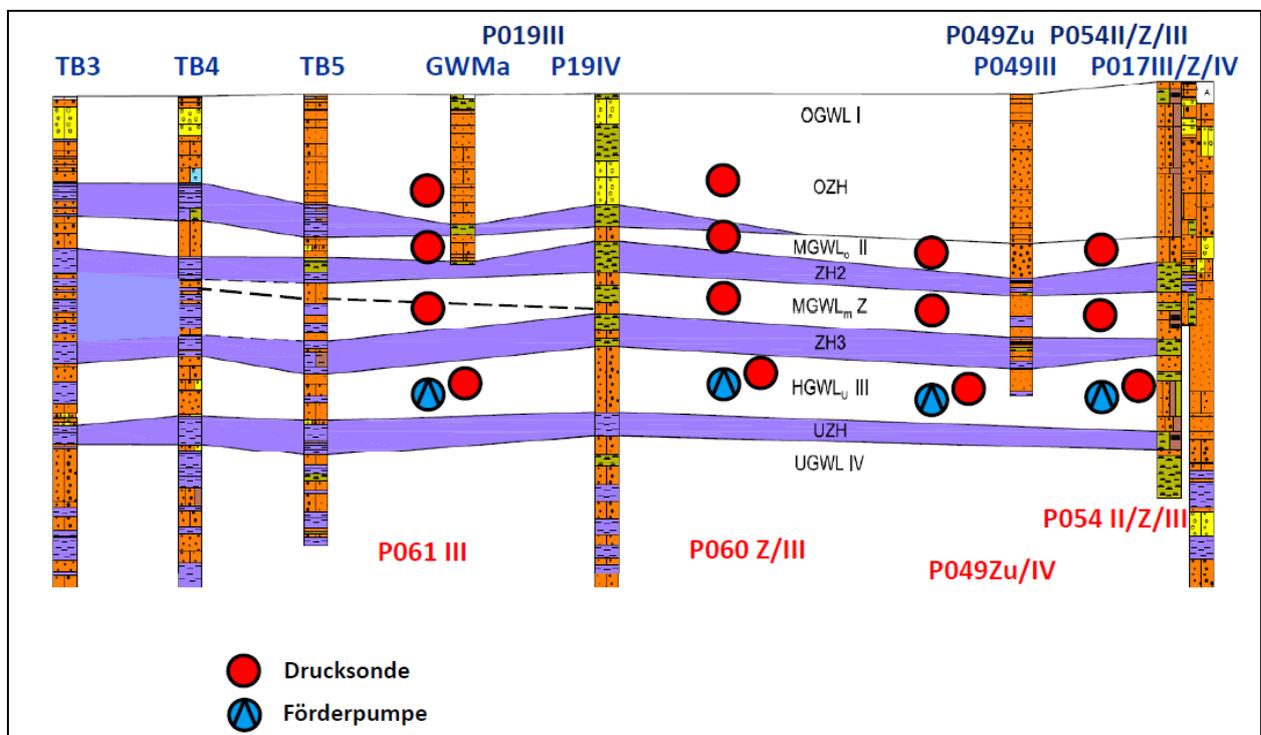


Abbildung 10-2: Durchführung von Pumpversuchen an neuen Messstellen

Wasserstandsmessungen:

Für die Erweiterung der Kenntnisse zur Grundwasserhydraulik, insbesondere auch zur instationären Betrachtung sind folgende Untersuchungen vorgesehen (vgl. Abschnitt Grundwasserhydraulik in **Kapitel 7.3**):

- monatliche Aufnahme der Wasserstände mittels Lichtlot an allen Messstellen (Grundwassermessstellen, Rhein, Altrhein) im Rahmen flächendeckender Stichtagsmessungen bei unterschiedlichen Fließzuständen (Hochwasser, Mittelwasser, Niedrigwasser)
- Erstellung von Grundwassergleichenplänen für alle Tiefenbereiche bzw. Grundwasserleiter (unter Einbeziehung der Wasserstände der Oberflächengewässer)
- Aufnahme täglicher Wasserstandsdaten im Altrhein und Übertragung der Werte auf die Rheinwasserstände im Bereich der Deponie einschließlich Bewertung einer möglichen Interaktion zwischen Berghäuser Altrhein und Rhein im Oberstrom
- Installation von Datenloggern in ausgewählten Messstellen mit täglichen Wasserstands-aufzeichnungen - mit Schwerpunkt im Deponieabstrom - zur zeitlich fein aufgelösten Aufzeichnung und Dokumentation der Wasserstände (zur Untersuchung jahreszeitlicher, kurzfristiger Schwankungen in den betrachteten Bereichen)

Monitoring-Untersuchungen (Qualitätsmessungen):

Nach der Erweiterung des Messstellennetzes sollten in allen im Untersuchungsgebiet vorhandenen Messstellen und Brunnen flächendeckende Monitoring-Untersuchungen zur detaillierten Erfassung und Bewertung der Fließverhältnisse in den einzelnen Grundwasserleitern durchgeführt werden:

- flächendeckende Monitoring-Untersuchung mittels Pumpprobenahme an allen im Untersuchungsgebiet vorhandenen Grundwassermessstellen
- Grundwasser-Probenahme in allen Tiefenbereichen
- Vorort-Bestimmung der Feldparameter (Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung) im Zuge der Probenahme in einer Durchflussmesszelle
- organoleptische Prüfung der Grundwasserproben auf Färbung, Trübung und Geruch
- Durchführung von Analyseleistungen im Labor zur Bestimmung der standortrelevanten Schad- und Wasserinhaltsstoffe:
 - Schadstoff-Leitparameter (Mecoprop und Bentazon) sowie deren Metaboliten und sonstige (auffällige) Parameter:
 - Salzen (insb. Chlorid und Ammonium) und organischen Summenparametern (insb. AOX und DOC) sowie Schwermetalle (insb. Nickel)
 - Schadstoffscreening
 - wesentliche Wasserinhaltsstoffe (An- und Kationen) zur Bewertung und Einstufung der allgemeinen Grundwasserqualität („Vollanalytik“)
 - sonstige Parameter zur Bewertung der Grundwasserqualität (z.B. DOC)

- Erstellung von Verteilungsplänen (z.B. für die Feldparameter) und Isokonzentrationsplänen für relevante Parameter zur Bewertung der Milieubedingungen und der flächigen Schadstoffverteilung in den einzelnen Tiefenbereichen

Stufenweises Vorgehen bei der Durchführung der Stichtagsmessungen und Monitoring-Untersuchungen:

Um ein möglichst zielgerichtetes Vorgehen zur Beantwortung der offenen Fragestellungen zu gewährleisten (vgl. **Kapitel 10.1**), sollten die Monitoring-Untersuchungen stufenweise durchgeführt werden.

- „Schadstoffscreening“ und „Vollanalytik“ im Rahmen von 2 Monitoring-Kampagnen (Durchführung unmittelbar nach dem Messstellenbau)
- gesamtheitliche Bewertung („Erst- und Zweitbewertung“)
- anschließende Anpassung (Reduzierung) des Mess- und Analyseprogramms

In gleicher Weise sollten auch die Wasserstandsmessungen an die jeweiligen Fragestellungen sukzessive angepasst werden.

Laboruntersuchungen:

Zur Untersuchung des Mobilitätsverhaltens der Leitparameter Mecoprop und Bentazon ist vorgesehen Laborversuche (Säulenversuche) durchzuführen. Die Säulenversuche dienen dazu, das Sorptionsverhalten der Schadstoffe am Feststoff wie auch deren Retardation, d.h. die Verzögerung der Schadstoffe im Vergleich zur Grundwasserströmung, unter standortnahen Gegebenheiten zu untersuchen.

Bei den Laboruntersuchungen ist folgender Untersuchungsablauf vorgesehen:

- Entnahme von ungestörten Bodenproben (in Linern) bei der Bohrung von P049 IV in den Grundwasserleitern I, II, Z, Zu und III (5 Versuche)
- Einbau des Linermaterials in Versuchssäulen
- Verwendung von unbelastetem Standortwasser aus dem TB III als Versuchswasser
- Zugabe von Mecoprop, Bentazon und Chlorid (mit relativ hohen Stoffkonzentrationen analog der Gehalte im TB II im Hauptbelastungsbereich)
- Durchführung der Säulenversuche unter definierten, standortnahen Milieubedingungen
- Entnahme von Proben aus dem Zu- und Ablauf der Säule inkl. Konservierung und Kühlung bis zur Laboranalytik
- Berechnung der k_d -Werte aus den Durchbruchkurven des Tracers und der Schadstoffe
- Entnahme von Feststoffproben nach Beendigung der Säulenversuche zur Bestimmung des Sorptionsverhaltens und Verifizierung der Ergebnisse anhand der aus der Literatur bekannten Werten
- Übermittlung der Ergebnisse an die BCE GmbH zur Einbeziehung in das Transportmodell

CDM Smith Consult GmbH

2013-04-26



Dr.-Ing. Joh. Weiß

i.A.

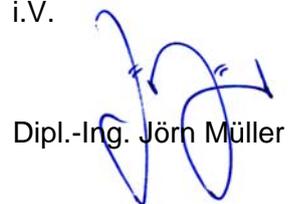


Dr.-Ing. Bettina Starke

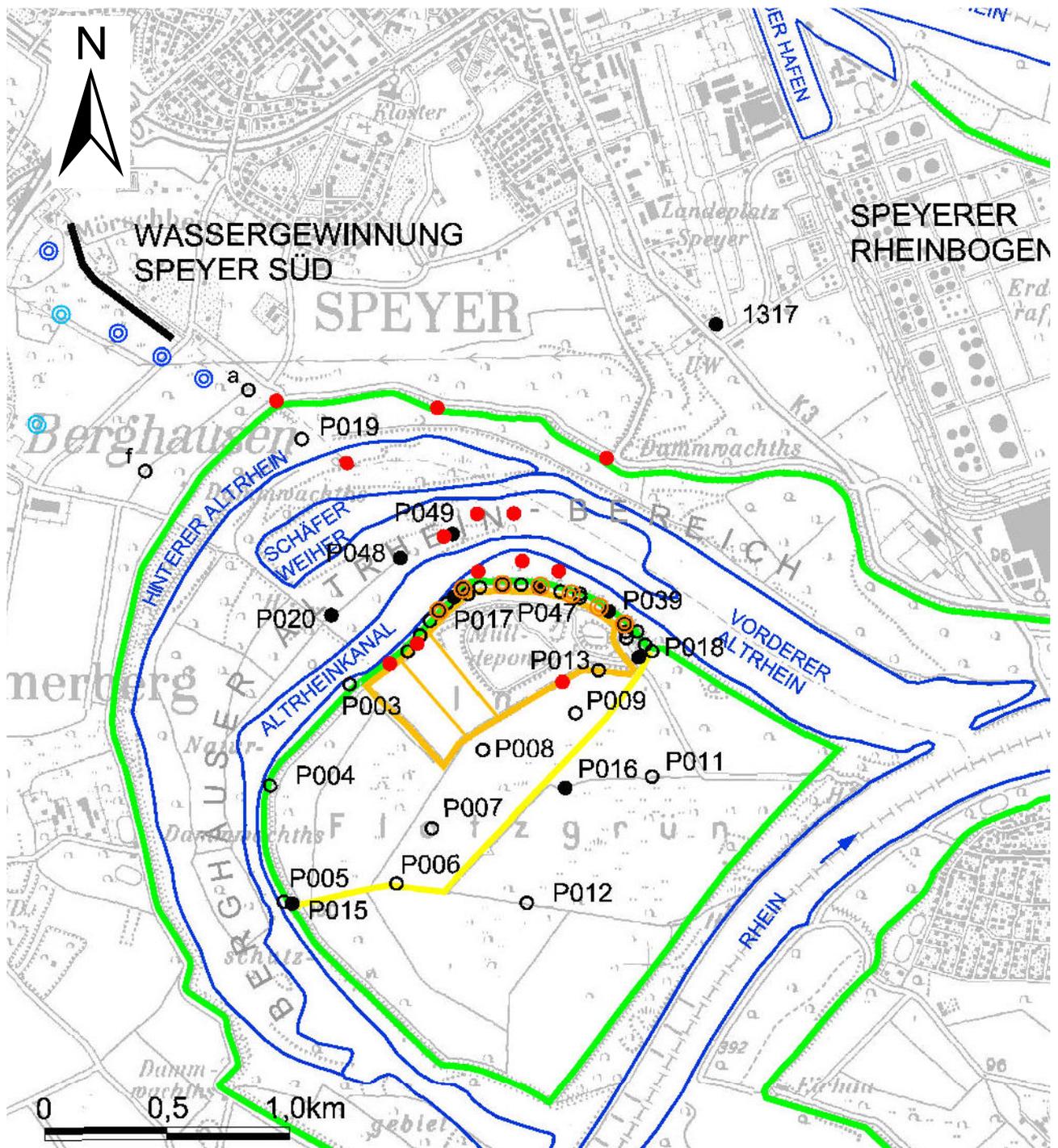


Prof. Dr. Ulrich Ewers

i.V.



Dipl.-Ing. Jörn Müller



Legende

Wassergewinnungsgebiet Speyer-Süd:

- Flachbrunnengalerie
- Mitteltiefer Brunnen
- Tiefbrunnen
- Grundwassermessstellen Oberer Grundwasserbereich
- Grundwassermessstellen tiefendifferenziert

- Deponie Flotzgrün
- Rheinhauptdeich
- Polderdeich
- Sanierungsbrunnen
- vorgeschlagene ergänzende Grundwassermessstellen

Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser



Consult GmbH
Neue Bergstraße 13
64665 Alsbach

Übersichtslageplan
(Kartengrundlage BCE GmbH, [U5])

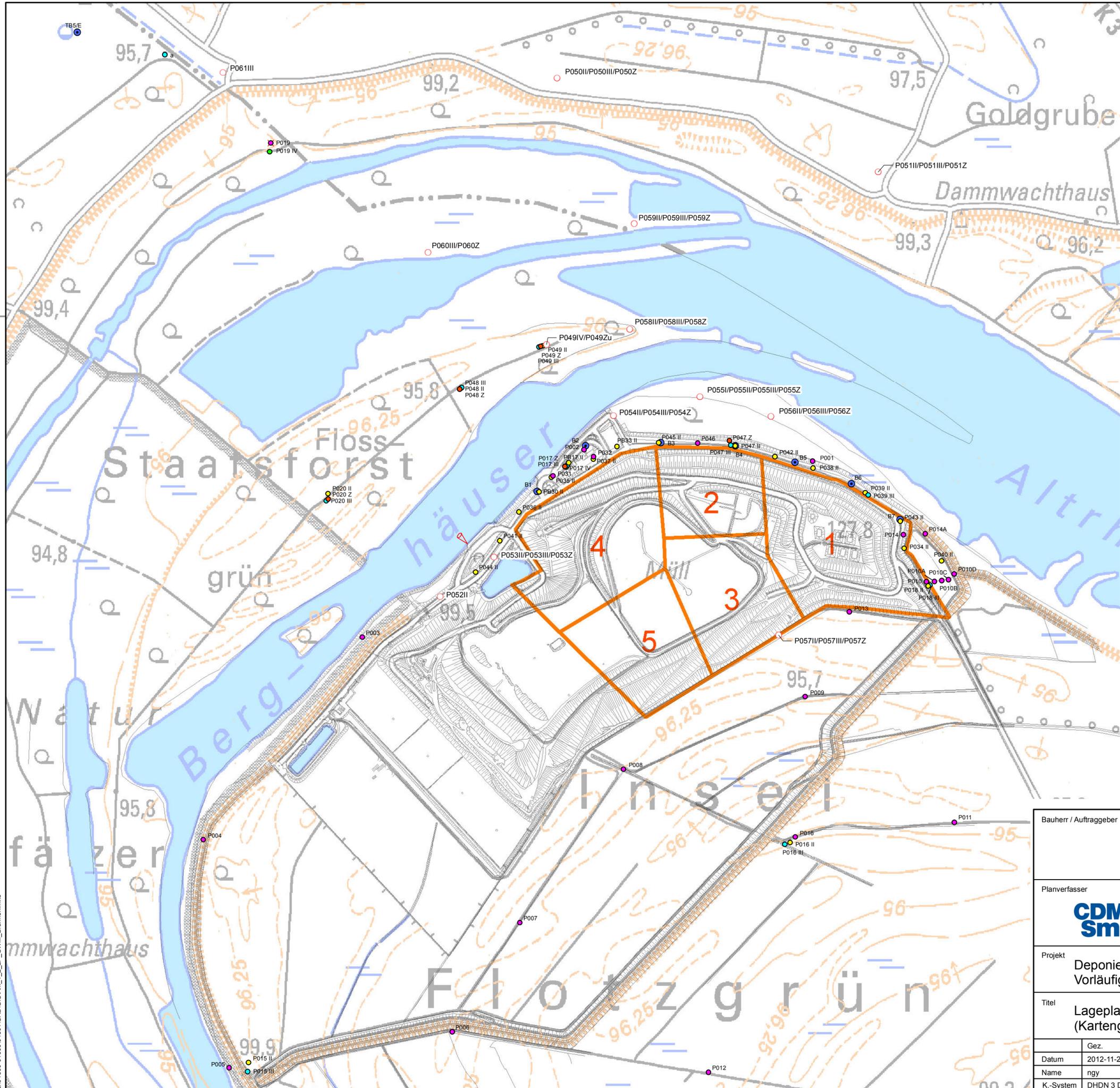
Maßstab
1:25.000

Datum
01.11.12

Projekt-Nr.
91501

Bericht-Nr.
02

Anlage-Nr.
1.1



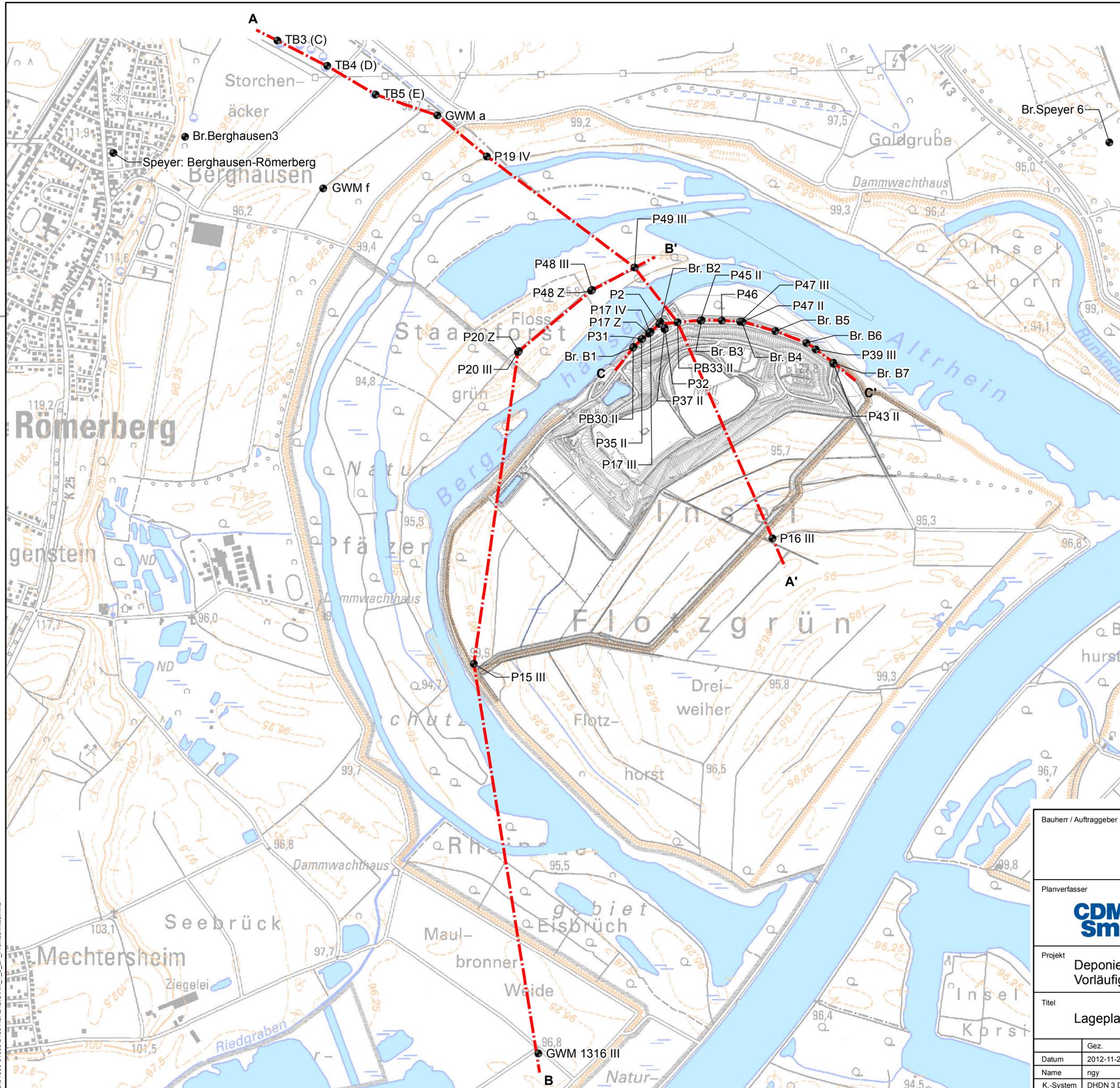
- Legende**
- Brunnen
 - Grundwassermessstellen**
 - Tiefenbereich I
 - Tiefenbereich II
 - Tiefenbereich III
 - Tiefenbereich IV
 - Tiefenbereich Z
 - geplante Grundwassermessstellen
 - Deponie Flotzgrün



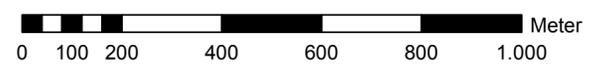
C:\91500-91999\91501\CAD\GIS\Anl_1_2_LP_GWM_Brunnen.mxd

Bauherr / Auftraggeber		BASF SE 67056 Ludwigshafen	
Planverfasser		Consult GmbH Neue Berg Straße 13 64665 Alsbach	
Projekt		Deponie Flotzgrün Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser	
Titel		Lageplan Brunnen, Grundwassermessstellen (Kartengrundlage BCE GmbH)	
Gez.	Bearb.	Phase	Projekt-Nr.
Datum	2012-11-26	2012-11-26	91501
Name	ngy	ske	Bericht-Nr.
K.-System	DHDN 3 Degree Gauss Zone 3		02
Maßstab		Anlage	
1:5.500		1.2	

tel: 06257 504-0
 fax: 06257 504-100
 rhein-main@cdmsmith.com
 cdmsmith.com



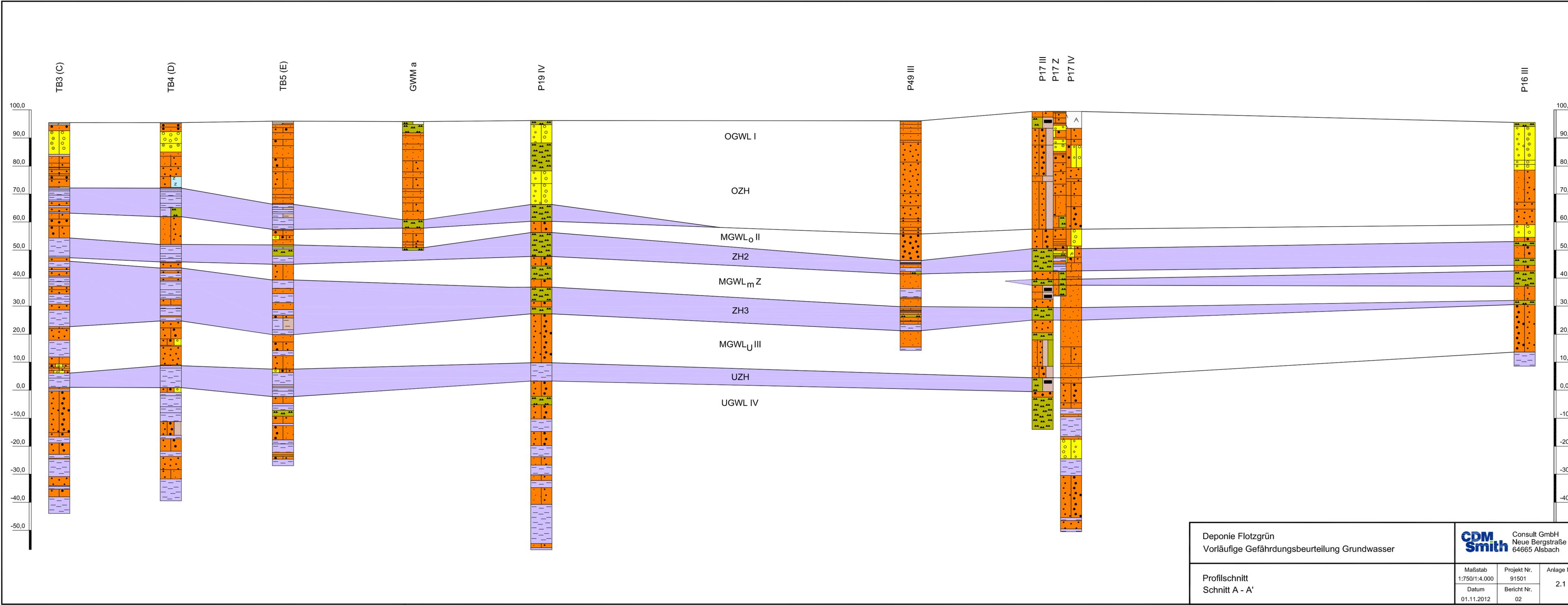
- Legende**
- Messstellen
 - - - - - Schnittführung



Bauherr / Auftraggeber		 BASF SE 67056 Ludwigshafen	
Planverfasser		 Consult GmbH Neue Berg Straße 13 64665 Alsbach tel: 06257 504-0 fax: 06257 504-100 rhein-main@cdmsmith.com cdmsmith.com	
Projekt Deponie Flotzgrün Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser			
Titel Lageplan Profilschnitte			
Gez.	Bearb.	Phase	Projekt-Nr.
Datum	2012-11-26	2012-11-26	91501
Name	ngy	ske	Bericht-Nr.
K.-System	DHDN 3 Degree Gauss Zone 3		02
Maßstab			Anlage
1:10.000			1.3

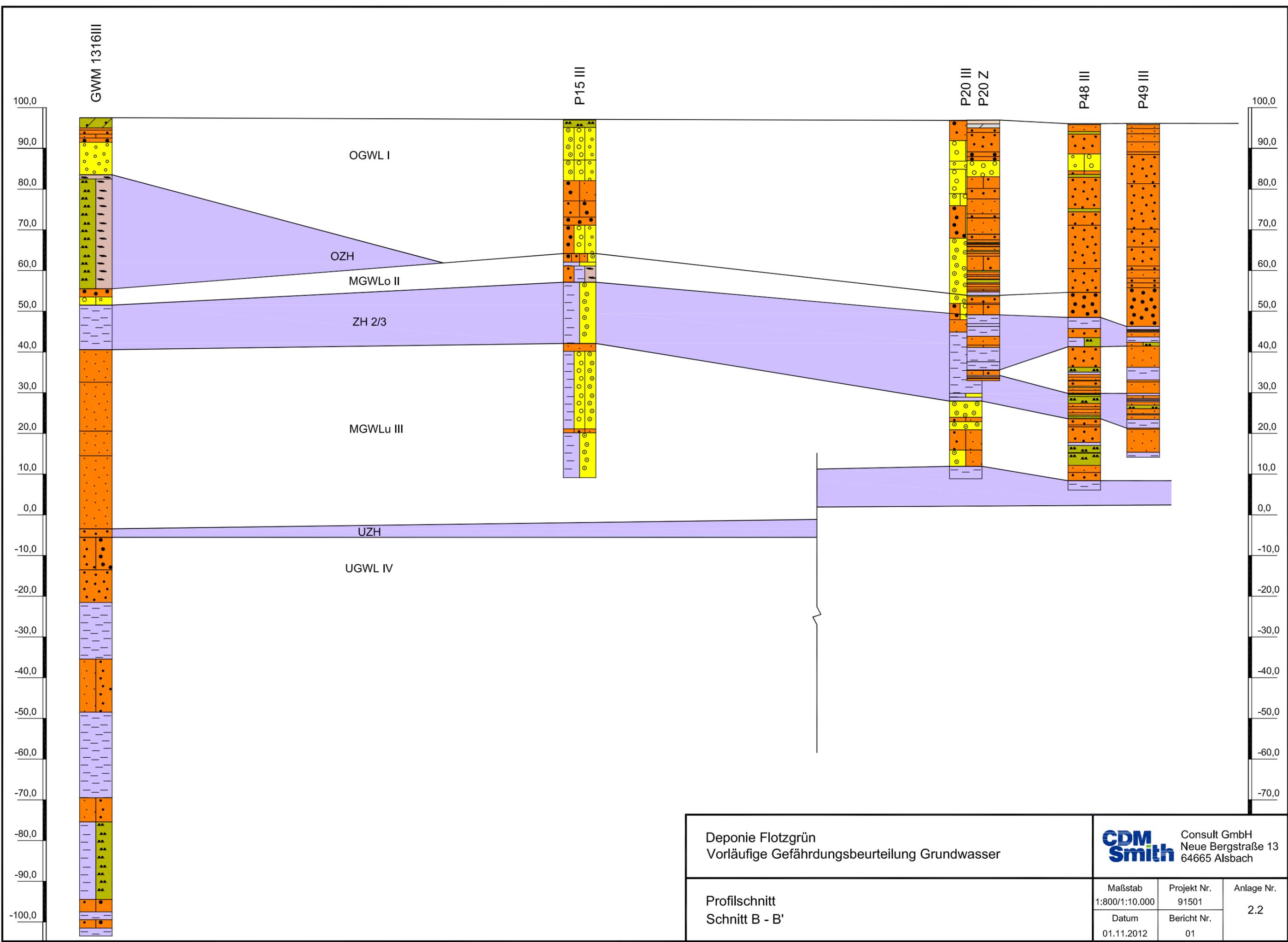
C:\91500-91999\91501\CAD\GIS\Anl_1_3_LP_Profilschnitte.mxd

C:\191500-9\999\91501\DATENSCHICHTENVERZEICHNISSE\GEODINNSCHNITTA-A.nwg 28. Jan. 2013 12:11:13



Deponie Flotzgrün Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser		 Consult GmbH Neue Bergstraße 13 64665 Alsbach	
Profilschnitt Schnitt A - A'	Maßstab 1:750/1:4.000	Projekt Nr. 91501	Anlage Nr. 2.1
	Datum 01.11.2012	Bericht Nr. 02	

Q:\91500-91999\91501\DATEN\SCHICHTENVERZEICHNIS\GEO\INISCHNITT\B-, ngjuy 28. Jan. 2013 12:11:2

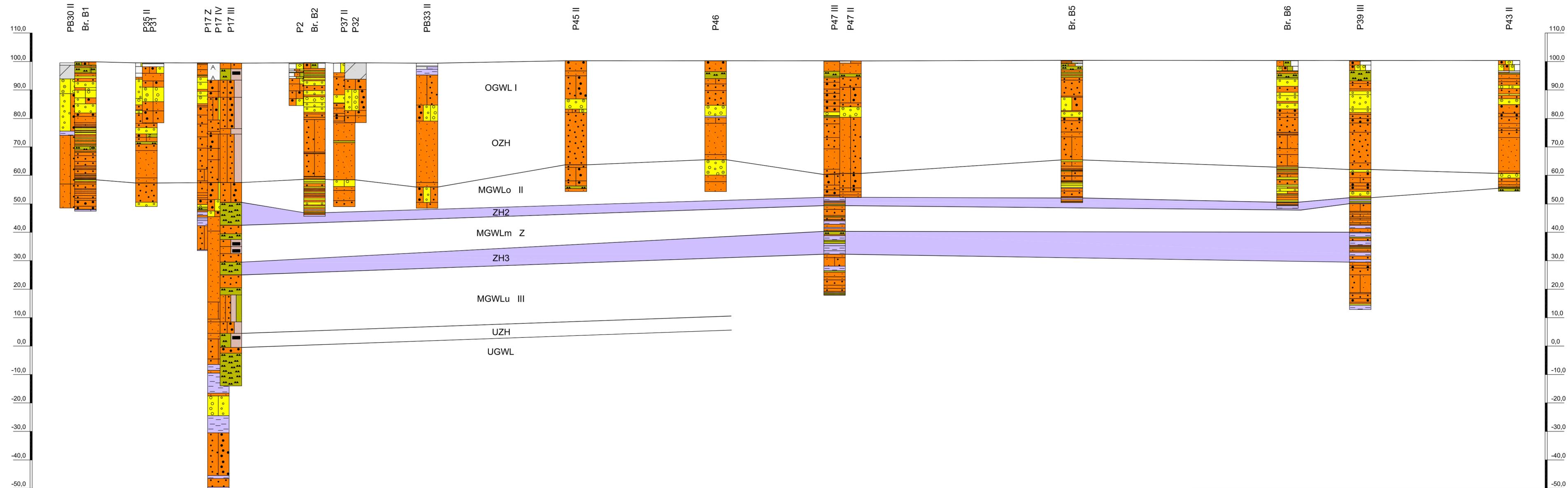


Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser

CDM Smith Consult GmbH
Neue Bergstraße 13
64665 Alsbach

Profilschnitt
Schnitt B - B'

Maßstab 1:800/1:10.000	Projekt Nr. 91501	Anlage Nr. 2.2
Datum 01.11.2012	Bericht Nr. 01	



Deponie Flotzgrün Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser		 Consult GmbH Neue Bergstraße 13 64665 Alsbach	
Profilschnitt Schnitt C - C'	Maßstab 1:750/1:1.250	Projekt Nr. 91501	Anlage Nr. 2.3
	Datum 01.11.2012	Bericht Nr. 03	

BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser

ENTWICKLUNG DER GRUNDWASSERSTÄNDE 2011– Datenloggerdaten

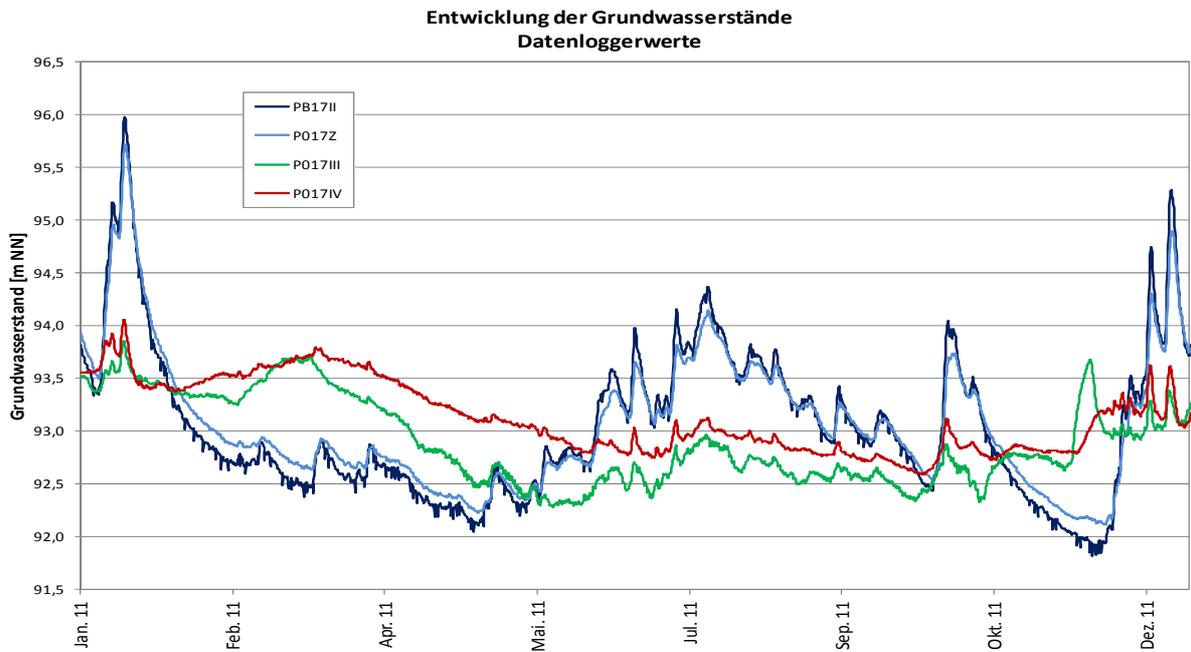


Bild 1: Entwicklung der Grundwasserstände an den Messstellen P017II/Z/III/IV

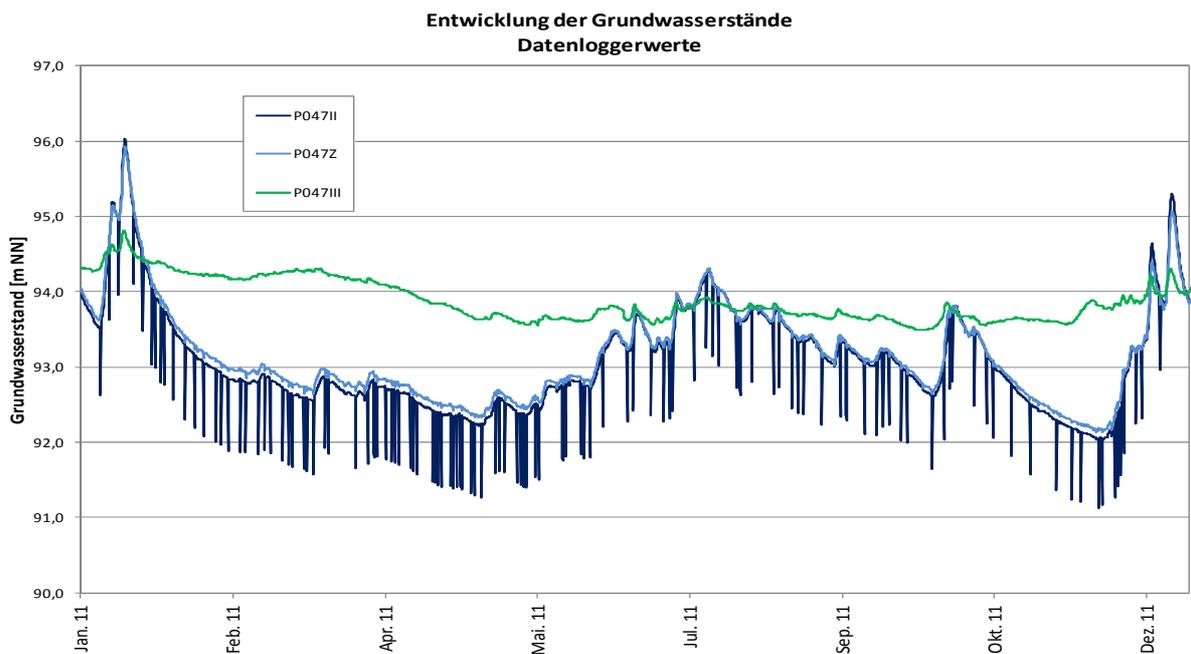


Bild 2: Entwicklung der Grundwasserstände an den Messstellen P047II/Z/III

BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser

ENTWICKLUNG DER GRUNDWASSERSTANDSDIFFERENZEN Tiefbereich III – Tiefbereich II

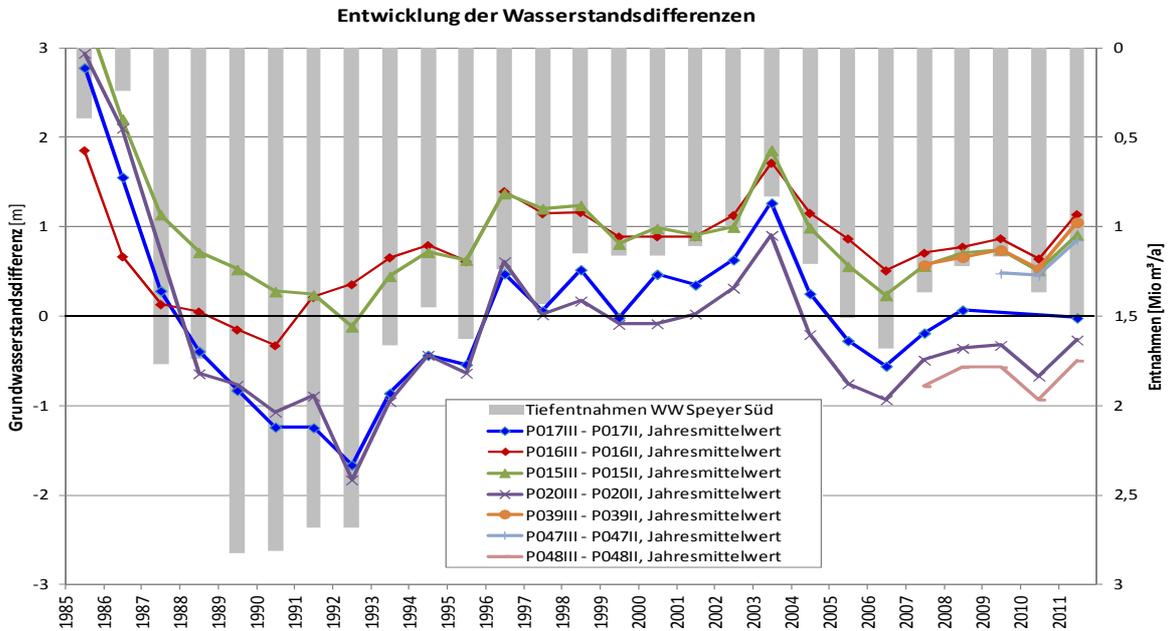


Bild 1: Entwicklung der Grundwasserstandsdifferenzen TBIII - TBII im Vergleich zu den Tiefentnahmen WW Speyer Süd

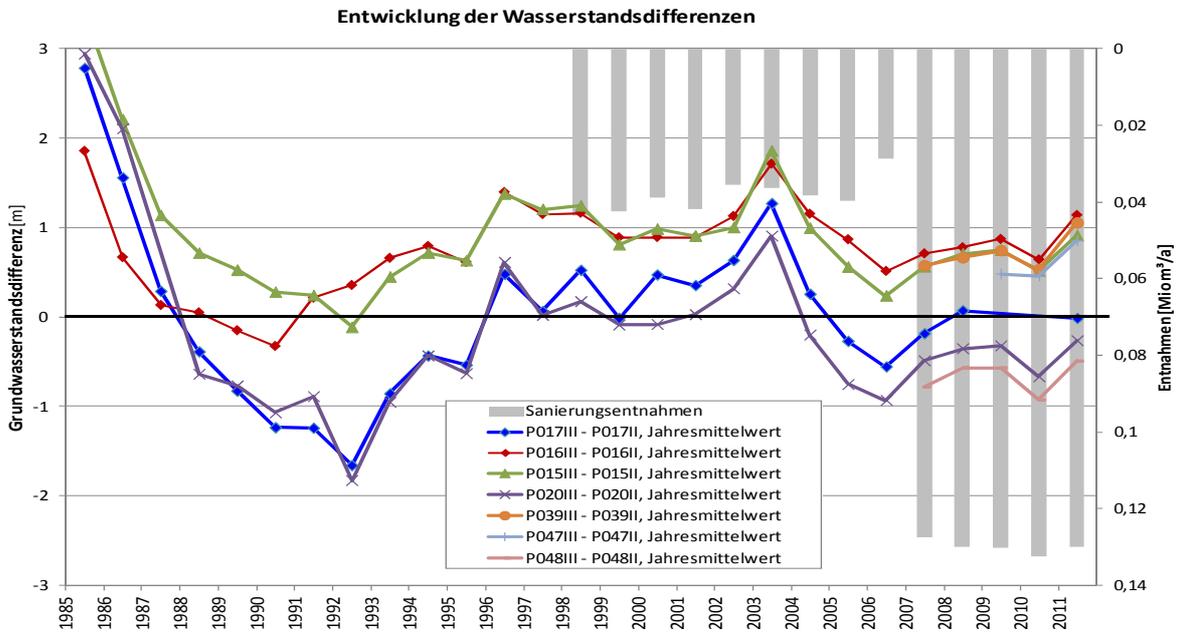


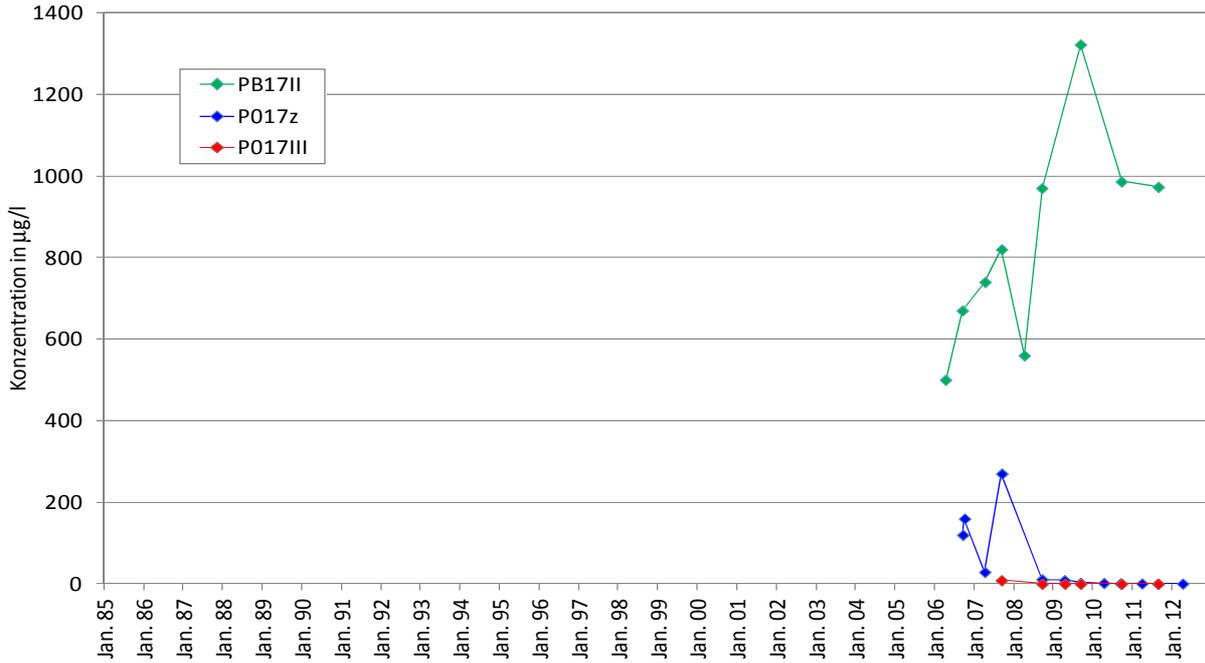
Bild 2: Entwicklung der Grundwasserstandsdifferenzen TBIII - TBII im Vergleich zu den Sanierungsentnahmen

BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser

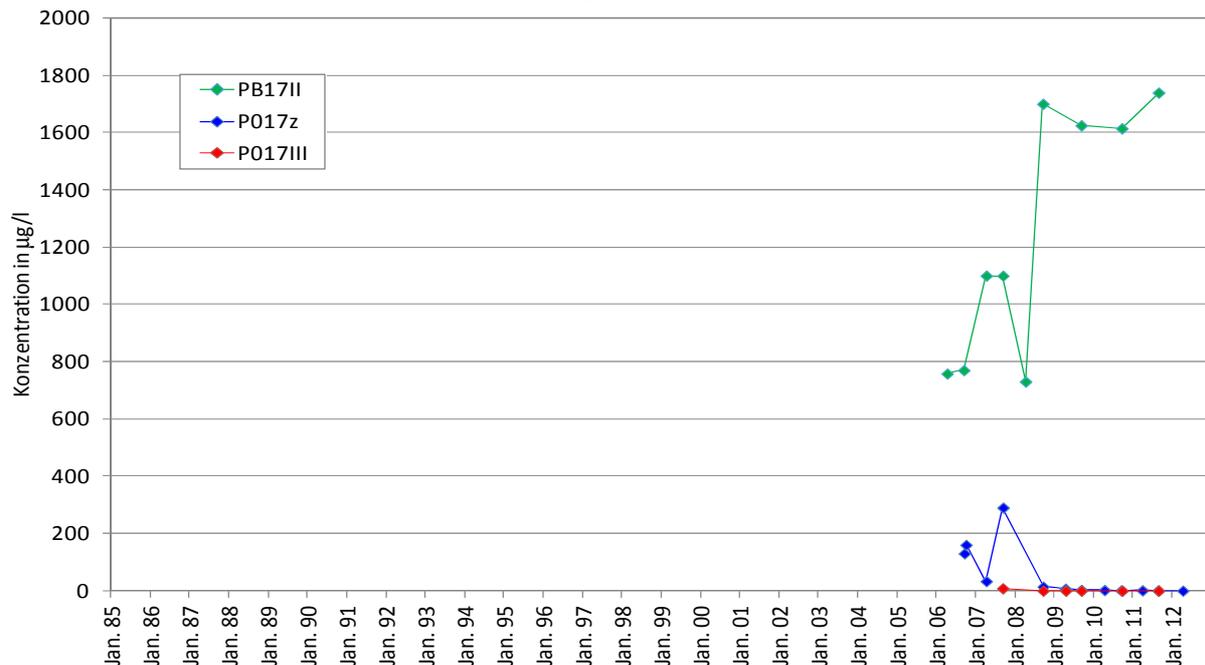
ENTWICKLUNG DER KONZENTRATIONEN

Messstellen P017II/Z/III

Entwicklung der Mecoprop-Gehalte



Entwicklung der Bentazon-Gehalte

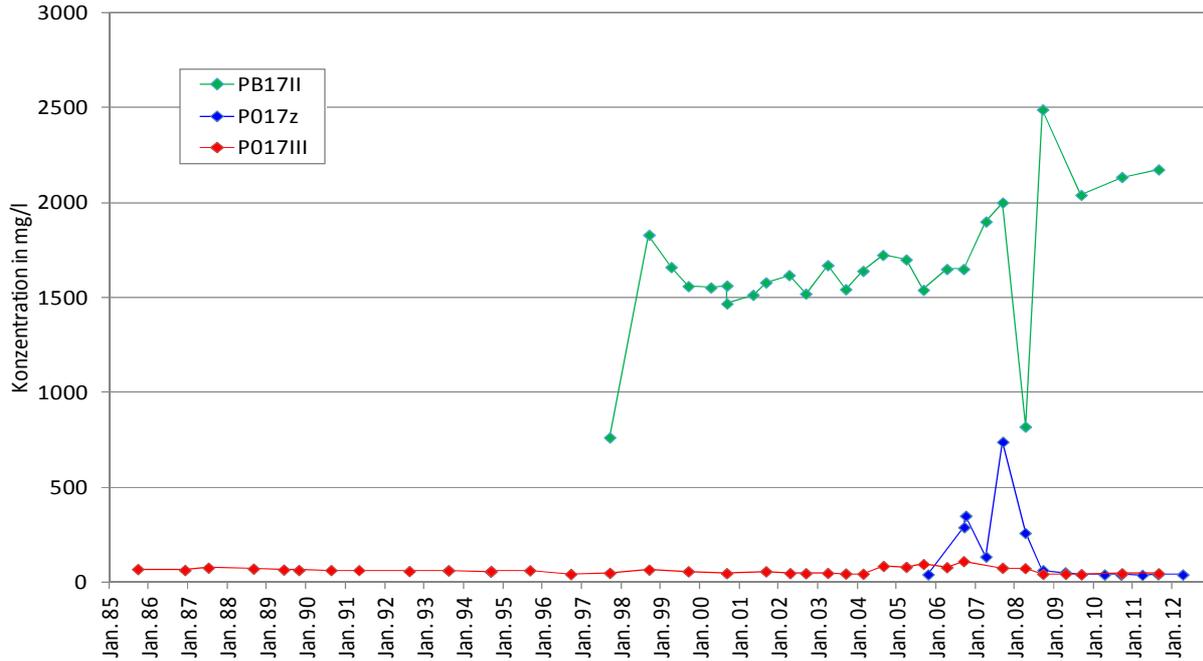


BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Erste Gefährdungsbeurteilung

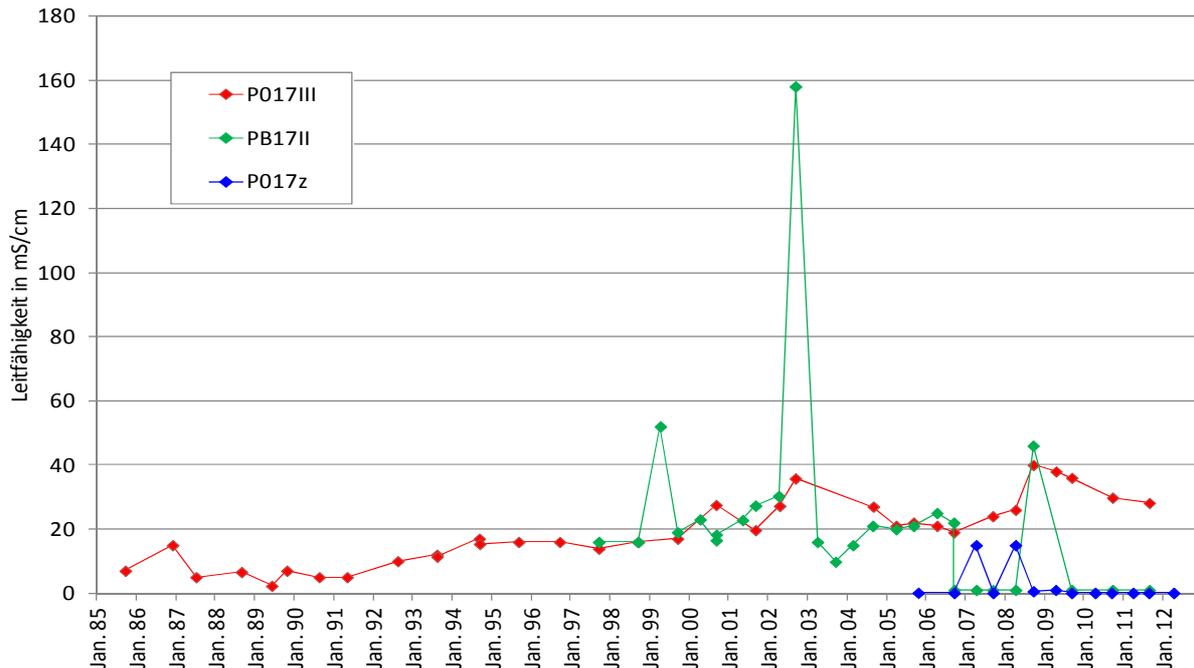
ENTWICKLUNG DER KONZENTRATIONEN

Messstellen P017II/Z/III

Entwicklung der Chlorid-Gehalte



Entwicklung der Sulfat-Gehalte

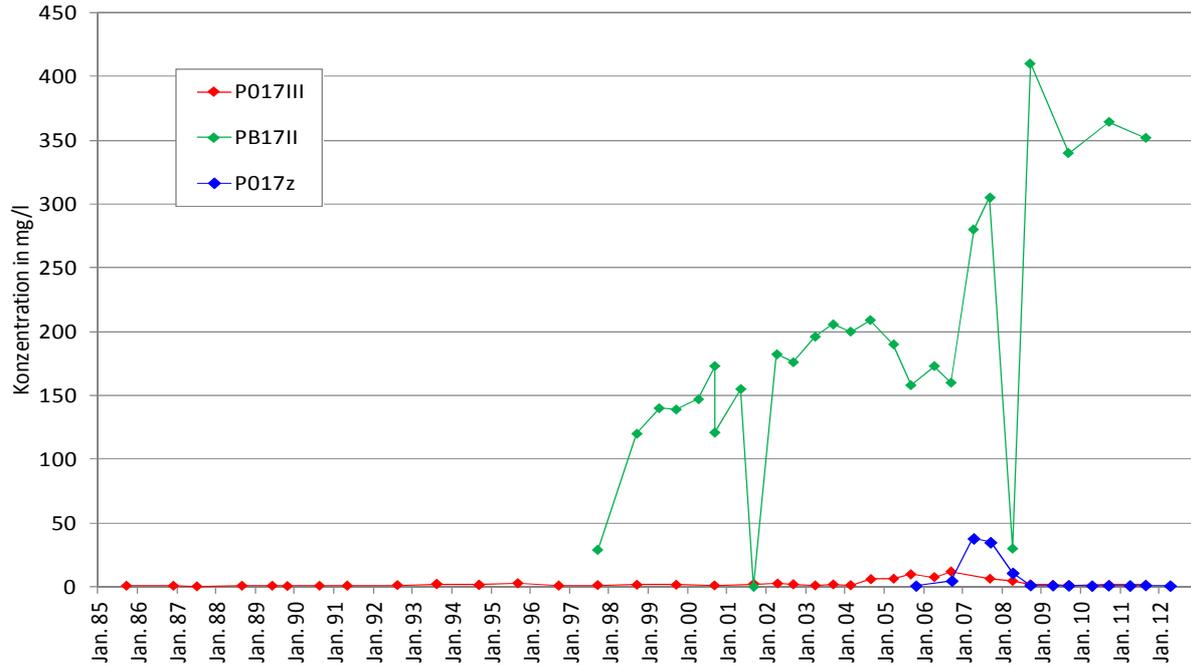


BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Erste Gefährdungsbeurteilung

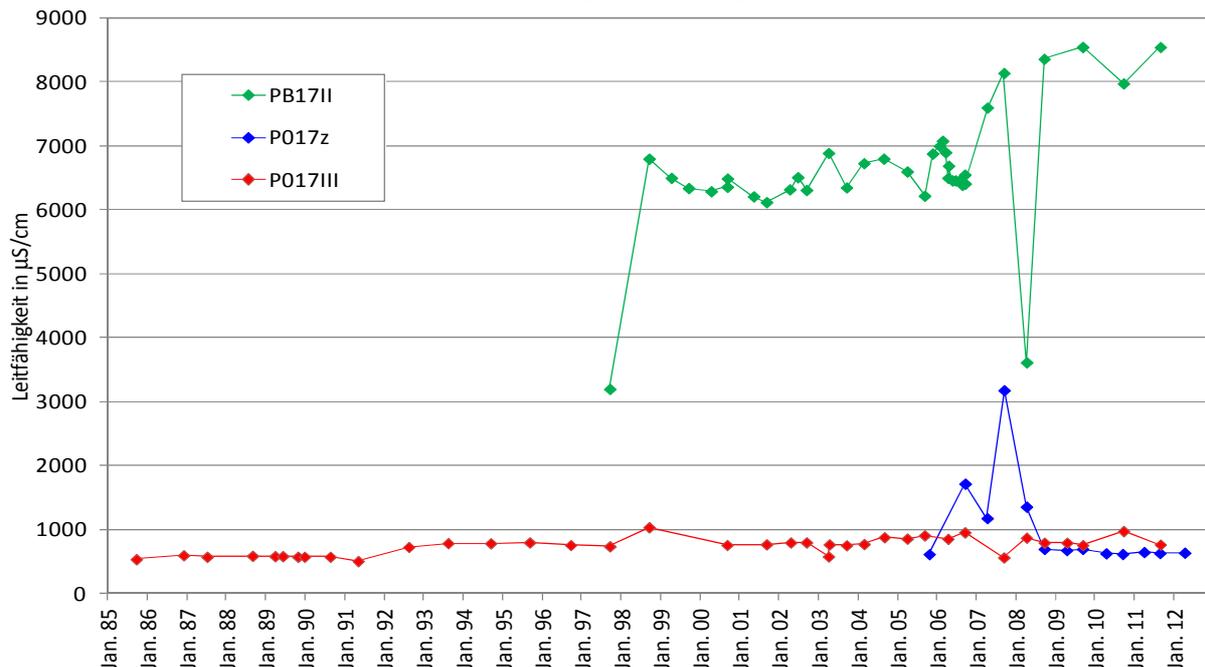
ENTWICKLUNG DER KONZENTRATIONEN

Messstellen P017II/Z/III

Entwicklung der Ammonium-Gehalte



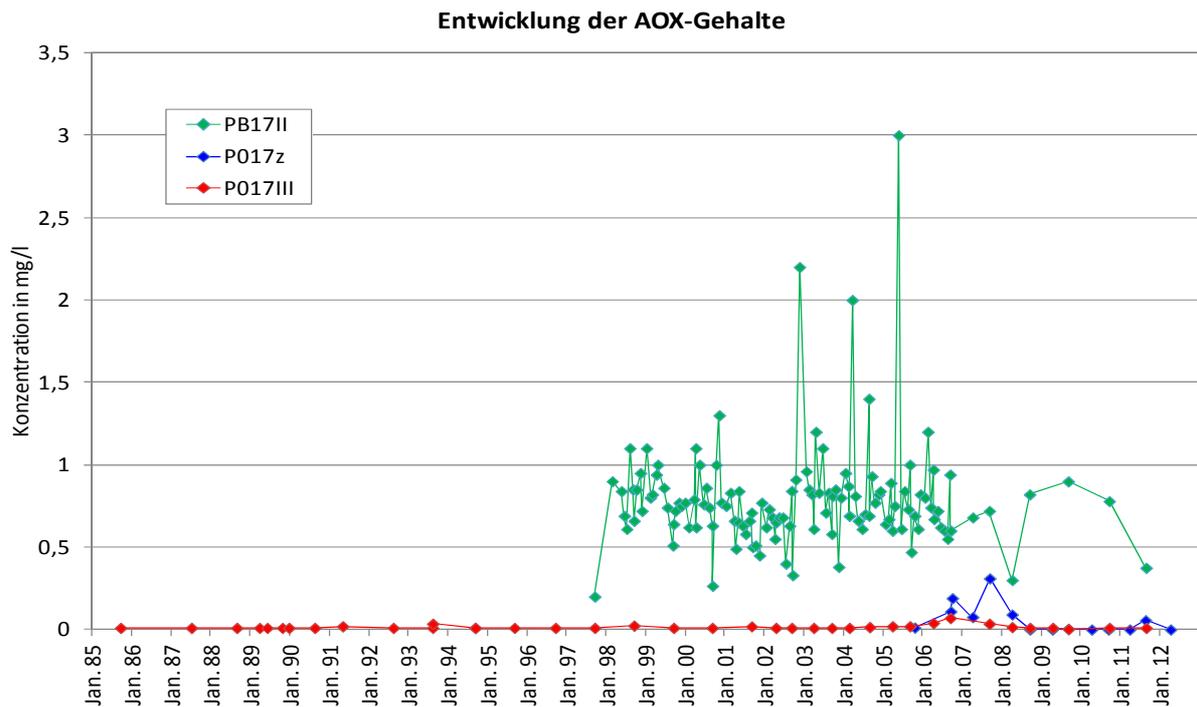
Entwicklung der Leitfähigkeiten



BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Erste Gefährdungsbeurteilung

ENTWICKLUNG DER KONZENTRATIONEN

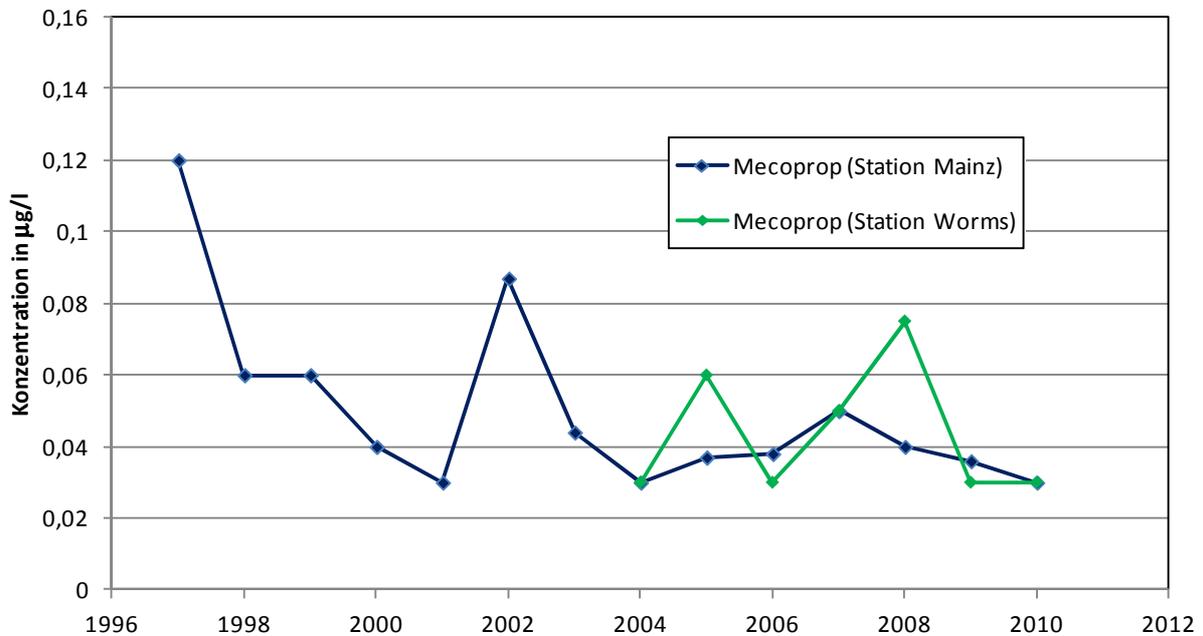
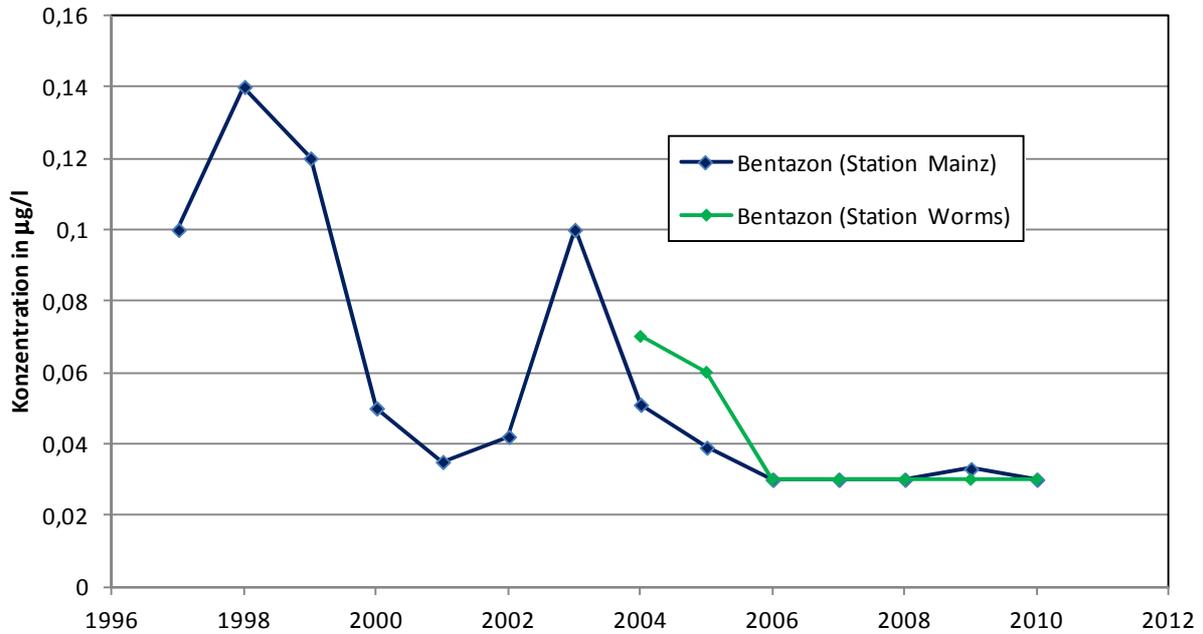
Messstellen P017II/Z/III



**BASF SE Ludwigshafen, Deponie Flotzgrün
Vorläufige Gefährdungsbeurteilung Grundwasser**

ENTWICKLUNG DER MECOPROP- UND BENTAZONKONZENTRATIONEN IM RHEINWASSER

Station Mainz und Station Worms ¹⁾



1) Die Untersuchungsstation Mainz ist Bestandteil des „Internationalen Rheinmessprogramms Chemie“, die Rheingütestation Worms wird auf der Grundlage einer Ländervereinbarung als Gemeinschaftsprojekt der Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen und Baden-Württemberg betrieben.