



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW - 40190 Düsseldorf

Vorsitzender des Ausschusses für Klimaschutz,
Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landtags Nordrhein-Westfalen
Friedhelm Ortgies MdL
Platz des Landtags 1
40221 Düsseldorf



Johannes Rimmel

17.12.2012

Seite 1 von 1

Aktenzeichen IV-4-543-10
bei Antwort bitte angeben

Prof. Dr. König
Telefon 0211 4566-749
Telefax 0211 4566-388
poststelle@mkulnv.nrw.de

60-fach

**Unterirdischer Kerosinsee auf dem Gelände der Shell Rheinland-
Raffinerie in Wesseling**

TOP 7 der 6. Sitzung des AKULNV am 21.11.2012

Sehr geehrter Herr Vorsitzender Ortgies,

in der Beratung zu o.g. TOP hatte ich dem Ausschuss zugesagt, die endgültige Stellungnahme des LANUV zur Ermittlung und Sanierung des Boden- und Grundwasserschadens nach Fertigstellung zuzuleiten.

In Ergänzung zu den Vorlagen Nr. 16/181, 16/271, 16/299 und 16/374 erhalten Sie als Anlage die LANUV-Stellungnahme an die Bezirksregierung Köln vom 10.12.2012.

Mit freundlichen Grüßen

Johannes Rimmel

Dienstgebäude und
Lieferanschrift:
Schwannstr. 3
40476 Düsseldorf
Telefon 0211 4566-0
Telefax 0211 4566-388
Infoservice 0211 4566-666
poststelle@mkulnv.nrw.de
www.umwelt.nrw.de

Öffentliche Verkehrsmittel:
Rheinbahn Linien U78 und U79
Haltestelle Kennedydamm oder
Buslinie 721 (Flughafen) und 722
(Messe) Haltestelle Frankenplatz



LANUV NRW, Postfach 10 10 52, 45610 Recklinghausen

Bezirksregierung Köln

50606 Köln

Auskunft erteilt:

Stefan Schroers

Direktwahl

0201 / 7995-1222

Fax 0201 / 7995-1574

stefan.schroers@LANUV.nrw.de

Aktenzeichen 32

bei Antwort bitte angeben

Ihre Nachricht vom: 22.10.2012

Ihr Aktenzeichen:

52.21.07(3.10)-Shell

Datum: 10.12.2012

Hauptsitz:

Leibnizstraße 10

45659 Recklinghausen

Telefon 02361 305-0

Fax 02361 305-3215

poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de

Dienstgebäude:

Essen (1), Wallneyer Str. 6

Öffentliche Verkehrsmittel:

Ab Hbf Essen mit U 11 bis

"Messe West/Süd, GRUGA",

weiter mit Bus 142 Richtung

Kettwig bis Haltestelle "Wetter-

amt/LANUV"

Rheinland Raffinerie der Fa. Shell in Wesseling Kerosinschaden

Ihre Bitte vom 22.10.2012 um Beurteilung der Grundwassersituation und der Sanierungsvorschläge auf Grundlage der Gutachten vom 03.10. und 10.10.2012 sowie ergänzender Untersuchungen

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit Schreiben vom 22.10.2012 hatten Sie mich gebeten, im o. g. Schadensfall zu den Sanierungskonzepten des Büros Füllung vom 03.10 und 10.10.2012 Stellung zu nehmen.

Ihr Schreiben enthält verschiedene Fragen und Bitten, die ich zur Strukturierung meiner Stellungnahme nachfolgend wiedergebe:

- a) Sind die vorgelegten Gutachten vor allem in Hinblick auf die Sanierungsverfahren plausibel?
- b) Sind die Annahmen im Gutachten vom 03.10.2012 zur Belastung der ungesättigten Bodenzone zutreffend?
- c) Sind die Sanierungsvorschläge im Hinblick auf eine erfolgreiche Bodensanierung in den Gutachten vom 03.10. und vom 10.10.2012 zielführend oder kommen noch andere Verfahren in Betracht?
- d) Ist der Kerosinsee ortsfest?

Zusätzlich bitten Sie in Ihrem o. g. Schreiben um Beprobung einer Auswahl bisher errichteter Grundwassermessstellen und Analyse.

Am 19.11.2012 hat in Ihrem Hause eine Besprechung des Sachverhalts mit Vertretern des LANUV stattgefunden. Grundlage war eine gemeinsame vorläufige Stellungnahme der Fachbereiche 32 und 52 zu Ihren Fragen an den federführenden Fachbereich 74 im LANUV. Zum Zeitpunkt dieser vorläufigen

Bankverbindung:

Landeskasse Düsseldorf

Konto-Nr.: 41 000 12

Helaba

(BLZ 300 500 00)

BIC-Code: WELADED

IBAN-Code: DE 41 3005

0000 0004 1000 12

Stellungnahme lagen lediglich die beiden o. g. Sanierungskonzepte vor. Am 19.11. wurde vereinbart, zur Erarbeitung der abschließenden Stellungnahme zur Beantwortung der o. g. Fragen meinem Hause alle weiteren relevanten Gutachten zur Verfügung zu stellen.

Nachfolgend nehme ich zu den o. g. Fragen, die das Grundwasser und die Sanierungskonzeption betreffen, Stellung. Über die Ergebnisse der Beprobung werde ich zusätzlich Stellung nehmen, sobald die Ergebnisse ausgewertet vorliegen.

Der nachfolgenden Stellungnahme liegen nun insgesamt folgende Unterlagen zugrunde:

- 2. Zwischenbericht des Büros Fülling, 30.09.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012):
 - o Ausbauprofile der Messstellen B 260 - B 263, Ausbauzeichnung der Messstelle B 250 ist gesondert beigefügt
- 3. Zwischenbericht des Büros Fülling, 31.10.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012): Ausbauprofile der Messstellen B 264 - B 285:
 - o GWMS mit freiem Kerosin: B 250, B 260 -263, B 266 – B 271, B 273 – B 275, B 278 – B 280
 - o B 264 weist erstmals freies Kerosin auf. Vermutung des Gutachters: Folge von Verdichtungsarbeiten
 - o Kerosinfreie GWMS (keine freie Phase): B 272, B 277, B 281 – B 286
 - o Gelöste Stoffe (KW und Sonstige) wurden festgestellt in: B 264, B 265, B 267, B 268, B 269, B 270, B 283, B 284, außerdem B 265, B 272, B 286, E 20
 - o Gelöste Stoffe außer KW wurden festgestellt in: B 277, UKBuDi, B 801, B 802
- Konzept für die hydraulische Sanierung der Kerosinverunreinigung, 27.06.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012):
 - o Schnitte und Profilaufnahmen der Sondierungen So1 - So10, Angaben (Schnitte) zum Ausbau des Sanierungsbrunnens E 20 sowie ein Konzept für unterströmig der Schadensstelle noch zu errichtende, halbkreisförmig angeordnete Messstellengruppen, um hier das Grundwasser im oberen, mittleren und unteren Grundwasserleiter separat zu beproben.
- Bericht Grundwasserdaten, Probenahme 30.10.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012):
 - o Auffälligkeiten aller Parameter in B 283 und B 284

- Bericht Grundwasserdaten, Probenahme 31.10.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012):
 - o Auffälligkeiten aller Parameter in B 284 und B 286
- Bericht Grundwasserdaten, Probenahme 07.11.2012 (erhalten per E-Mail 20.11.2012):
 - o Auffälligkeiten Trimethylbenzol (TMB) in B 268, B 269 und B 272
- Messwerte des Sanierungsbrunnens E 20 (Zeitraum 25.07.- 29.10.2012) (erhalten per E-Mail 21.10.2012)
- Ausschnittslegeplan mit Darstellung der Ölschichtdicken an den einzelnen Messstellen, November 2012 (erhalten per E-Mail 23.11.2012)
- Stellungnahme des Büros Fülling zur Art der Phasenermittlung und Grundwasserprobenahme einschließlich einer Darstellung der zurück gewonnenen Kerosinmenge (erhalten per E-Mail 23.11.2012)
- Konzept des Büros Fülling zur Sicherung / Sanierung der Bodenverunreinigung, 03.10.2012 (erhalten per E-Mail 22.10.2012)
- Sanierungskonzept des Büros Fülling, 10.10.2012 (erhalten per E-Mail 22.10.2012)

Meine nachfolgende Stellungnahme habe ich in die folgenden Aspekte gegliedert und meine Antworten auf Ihre Fragen jeweils dieser Systematik zugeordnet:

1. Erkundung des Schadens in der ungesättigten Zone
2. Erkundung des Schadens in der gesättigten Zone
3. Gefahrenbeurteilung
4. Sanierungsziele
5. Maßnahmen in der ungesättigten Zone
6. Maßnahmen in der gesättigten Zone
7. Stellungnahme zu den vom Gutachter vorgeschlagenen bzw. bewerteten In-situ-Verfahren
8. Empfehlungen

1) Erkundung des Schadens in der ungesättigten Zone (Frage a in Kombination mit b)

Das Ausmaß des Schadens in der ungesättigten Zone wurde bislang einmalig mittels Rammkernsondierungen erkundet, deren Lage im Gutachten vom 27.06.12 (Konzept für die hydraulische Sanierung) dargestellt ist. Schnittzeichnungen sind im Sanierungskonzept vom 03.10.2012 enthalten. In den Gutachten vom 03.10.2012 wird ausgeführt, dass einzig der Austritt von Kerosin aus einem ca. 5 mm großen Korrosionsloch ursächlich für den Boden- und Grundwasserschaden ist. Die ausgetretene Kerosinmenge wird mit 1.000 m³ beziffert. Es wird vorausgesetzt, dass andere Leckagen auf dem Betriebsge-

lände als weitere Ursachen ausgeschlossen werden können. Die ungefähre Menge des Kerosins in der ungesättigten Zone wurde anhand der Volumenformel eines Kegelstumpfes berechnet. Daraus folgert der Gutachter ein belastetes Bodenvolumen von ca. 2.500 m³.

In dieser Berechnung ist die zugrunde gelegte Höhe h (5,5 - 6 m) plausibel. Bei Zugrundelegung der Modellannahme eines Kegelstumpfes sind auch die Radien r (6 m) und R (17 m) plausibel. Allerdings muss im unteren Randbereich des Kegelstumpfes infolge des erhöhten Widerstandes am Phasenübergang im Grenzbereich zur gesättigten Zone von einem zusätzlichen belasteten Volumen ausgegangen werden, so dass ein größeres belastetes Bodenvolumen als 2.500 m³ wahrscheinlich ist. Zur Ermittlung und Abgrenzung der ausweislich der Schnittdarstellungen des Gutachters noch fraglichen Ränder des mutmaßlichen „Kegelstumpfes“ wären weitere Rammkernsondierungen westlich und nordwestlich von So5 und südöstlich von So7 sowie südwestlich von So8 erforderlich.

Der Gutachter definiert drei Belastungsbereiche:

- Kopf: ca. 100 m²: 15.000 – 30.000 mg/kg
- Zentralbereich (Zylinder mit 5 m Durchmesser): 7.000 – 11.000 mg/kg
- Randbereich: durchschnittlich 2.300 mg/kg

Die in den Poren verbleibende benetzte Fluidphase wird durch die Residualsättigung beschrieben. Bis zur Residualsättigung findet ein Transport nur mit dem Sickerwasser statt, oberhalb der Residualsättigung auch aufgrund der Schwerkraft. Für schluffige Sande wurde die Residualsättigung mit 15.000 - 30.000 mg/kg berechnet, für Sand-Kies mit 5.000 mg/kg. Diese Berechnung ist plausibel. Im Zentralbereich wird die Residualsättigung zum Zeitpunkt der Beprobung (März 2012) überschritten, d. h. es findet eine Verlagerung aufgrund der Schwerkraft statt. Auf Grundlage der Residualsättigung hat der Gutachter die verbliebenen Ölmengen berechnet und so eine in der ungesättigten Bodenzone zu diesem Zeitpunkt noch vorhandene Kerosinmenge von ca. 20.000 l ermittelt.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass der Zentralbereich mit Konzentrationen oberhalb der Residualsättigung für Sande und Kiese ein größeres Volumen aufweist als im Gutachten beschrieben. Dies ergibt sich aus der Schnittdarstellung 1-1' sowie dem Lageplan. Die Schnittdarstellung zeigt Konzentrationen bis 78.000 mg/kg im sandigen Schluff des Zentralbereichs (So10a), bis 11.000 mg/kg im Sand/Kies des Zentralbereichs (So10) und bis 20.000 mg/kg bis zu 1,8 m Tiefe (schluffiger Sand) sowie bis 17.000 bis zu 3,5 m Tiefe (schluffiger Sand) in So9. Daher ist zu beachten, dass sowohl So10a als auch So10 als auch So9 im definierten Zentralbereich mit Überschreitungen der

Residualsättigung liegen. Ggf. muss also der Zentralbereich größer gefasst werden als mit einem Durchmesser von 5 m, da bereits So10a und So9 einen Abstand von 6 m aufweisen. Sachgerecht wäre, die seinerzeit festgestellten Überschreitungen der Residualsättigung auf Aktualität zu überprüfen und ggf. den Zentralbereich größer zu definieren. Maßnahmen mit dem Ziel der Verhinderung einer Schwerkraftverlagerung wären auf diesen Zentralbereich auszurichten. Nähere Angaben enthalten die Punkte 4 und 5 dieser Stellungnahme.

2) Erkundung des Schadens in der gesättigten Zone (Frage a in Kombination mit c und d)

Der Schaden in der gesättigten Zone ist für die beiden Komponenten „aufschwimmende Phase auf dem Grundwasser“ und „gelöste Stoffe im Grundwasser“ differenziert zu erkunden, zu beurteilen und zu beobachten.

Aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen ergeben sich folgende Informationen hinsichtlich der Erkundung des Schadens in der gesättigten Zone:

- Der 3. Zwischenbericht enthält Ausbauprofile der Messstellen B 264 – B 285 sowie Messdaten über Kerosinphasen und gelöste Stoffe.
- Demnach wurde an folgenden GWMS freies Kerosin festgestellt: B 250, B 260 -263, B 266, B 269 – B 271, B 273 – B 275, B 278 – B 280.
- Die Messstelle B 264 weist erstmals Ende Oktober 2012 freies Kerosin auf. Der Gutachter führt dies auf Verdichtungsarbeiten zurück.
- Folgende GWMS werden als kerosinfrei (Phase) aufgeführt: B 267, B 272, B 277, B 287, B 281, B 276, B 282, B 285, B 209, B 283-284, B 286, B 268-270 (Stand: 22.11.2012)
- Gelöste Stoffe (KW und Sonstige) wurden festgestellt in den Messstellen B 264, B 265, B 267, B 268, B 269, B 270, B 283 und B 284, außerdem B 265, B 272, B 286, Tiefrohr E 20
- Gelöste Stoffe außer KW wurden festgestellt in den Messstellen B 277, UKBuDi, B 801 und B 802.

Messstellenausbau:

Die neu gebauten Messstellen sind in einer Teufe von ca. 5-15 m unter Gelände durchgängig verfiltert. Messstellen mit freier Ölphase (insbesondere die Messstellen im Nahbereich der Leckage) können aus technischen Gründen mit der üblichen Probenahmeausrüstung (Abpumpen) nicht beprobt werden. Auch an Messstellen ohne Ölphase ist eine tiefendifferenzierte Beprobung im Ober- und Unterstrom und eine Messung nah am Ort der Beurteilung ohne spezielle Probenahme-Ausrüstung¹ nicht möglich. Bei diesen Messstellen wird

¹ Die aufschwimmende Phase kann abgeschöpft werden. Weiter gibt es die Möglichkeit, durch Abpackern mit einem Doppel- oder Dreifachpacker auch in voll verfilterten Messstellen eine tiefendifferenzierte Probe-

Mischwasser unterschiedlicher Herkunft erfasst. Das Tiefrohr des Sanierungsbrunnens E 20 ist in einer Teufe von 18-24 m verfiltert und ist somit mit den übrigen Messstellen nicht vergleichbar. Das hieraus gewonnene Grundwasser (Tiefrohr) stammt aus einem anderen Einzugsgebiet.

Aufschwimmende Phase:

Per E-Mail vom 23.11.12 hat Shell mitgeteilt, dass die Messstelle B 276 auf dem Gelände der Fa. Ahrens Papierverarbeitung errichtet wurde und hier keine freie Ölphase gemessen wurde. Daraus schließt Shell, dass die Öllinse in allen Richtungen eingegrenzt sei.

Die Auswertung der bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigt, dass sich die Phase weiter ausgebreitet hat (Lageplan 30.10., der sich vom Lageplan 4.1.a des Berichts vom 03.10. unterscheidet). Die Darstellung vom 30.10. zeigt eine größere Ausdehnung des Phasenbereichs bei schwankender, im Nahbereich tendenziell abnehmender Mächtigkeit. Ergänzend übermittelte Messergebnisse (30.10.) zeigen, dass in Messstelle B 264 eine Kerosinphase vorliegt, wogegen die Beprobung am 24.09.2012 (siehe auch Gutachten vom 10.10.2012, Anlage 1.4 Blatt 2) negativ war. Die Feststellung von Phase in B 264 muss nicht zwingend auf Verdichtungsarbeiten zurückzuführen sein, sondern als Ursache kommen auch die schwankenden Grundwasserstände und -fließverhältnisse in Betracht, die zwangsläufig eine Ausbreitung zur Folge haben (siehe Grundwassergleichenpläne im 3. Zwischenbericht).

Um eine gesicherte Aussage über das Ausbreitungsverhalten der Kerosinphase treffen zu können, ist ein weiteres Monitoring ggf. unter Einsatz geeigneter automatisierter Messeinrichtungen zur exakten Messung der freien Ölschichtdicken erforderlich. Dabei müssen die wasserstandsabhängig unterschiedlichen Fließrichtungen des Grundwassers beachtet werden. Die Sensitivität und Genauigkeit der vom Gutachter eingesetzten Methodik ist nicht mitgeteilt worden.

Der Beleg einer stationären Kerosinphase kann bisher nicht erbracht werden. Der „Kerosinsee“ kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse bisher nicht als „ortsfest“ charakterisiert werden, denn die Grundwasserfließrichtungen lassen eine Dynamik und damit eine weitere Ausbreitung der aufschwimmenden Phase erwarten.

Gelöste Stoffe im Grundwasserleiter:

nahme durchzuführen. Die Untersuchungen sind aber aufwändig und die Verfügbarkeit von geeigneten Packern muss geprüft werden.

Der Gutachter hält tiefere Bereiche des Grundwasserleiters für nicht verunreinigt. Im Gutachten vom 10.10. ist ausgeführt: *„Belastungen des Grundwassers durch gelöste Bestandteile des Kerosins beschränken sich ... auf die Kontaktzone mit der aufschwimmenden Phase.“*

Diese Ausführung steht im Widerspruch zu den Messdaten, die im 3. Zwischenbericht dokumentiert sind. Die Messdaten zeigen, dass Teile des Grundwassers mit gelösten Schadstoffen kontaminiert sind. Demnach muss davon ausgegangen werden, dass sich eine Belastungsfahne ausbildet, die durch den Gutachter abzugrenzen, zu kartieren und ggf. längerfristig zu beobachten ist. Eventuelle Überlagerungen mit Grundwasserbelastungen anderer Herkunft sind zu untersuchen, ggf. sind weitere Fahnen voneinander abzugrenzen und darzustellen. Aufgrund des Ausbaus der Messstellen handelt es sich, wie oben angegeben, bei den bislang ermittelten Konzentrationswerten um Mischwasser aus der jeweiligen Verfilterungstiefe der Messstellen.

Abhängig vom Löslichkeitsverhalten und der relativen Dichte der relevanten Schadstoffe ist zu erwarten, dass die gelösten Schadstoffe im Nahbereich der Leckage zunächst im oberen Bereich des Grundwasserleiters höher konzentriert vorliegen. Der Fließrichtung folgend können mit größerer Entfernung auch tiefere Bereiche belastet werden. Insbesondere die stärker wasserlöslichen Komponenten und schwer abbaubaren Stoffe (z. B. kürzerkettige Alkane, Cycloparaffine) werden aufgrund der dynamischen Strömungsverhältnisse mit der Zeit den Grundwasserkörper durchdringen und können weitreichende Fahnen ausbilden.

Die beprobaren, weiter abstromig gelegenen Messstellen (B 265, B 267, B 268, B 272) zeigen bereits eine Kontamination mit gelösten Schadstoffen. Diese Messstellen liegen bei den vorherrschenden Strömungsverhältnissen genau im Abstrom der bezeichneten Leckage.

Abgrenzung:

Zur weiteren Abgrenzung des Kerosinsees und zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der Schadstofffahne über die vorliegenden Messergebnisse der verfügbaren Grundwassermessstellen hinaus wird empfohlen, das Direct Push-Verfahren anzuwenden. Mit Hilfe der Fluoreszenzmessung (ROST-Messung) können Kohlenwasserstoff-Phasen detektiert werden. Mit Hilfe der BAT-Direktprobenahmesonde können tiefenspezifisch Grundwasserproben entnommen werden, die Aufschluss über die Belastung des oberen Bereichs des Grundwasserleiters geben. Dieses Verfahren liefert halb-quantitative Ergebnisse und dient ergänzend zu den Messdaten aus stationären Grundwassermessstellen zur Abgrenzung und als Entscheidungsgrundlage über die Positionierung eventuell zusätzlicher stationärer Messstellen. Für ein länger-

fristiges Monitoring sind darüber hinaus Messungen aus geeigneten stationären Grundwassermessstellen erforderlich.

Die Messungen des LANUV (siehe Punkt 8) werden sich auf die Beprobung der verfügbaren stationären Messstellen beschränken und bei der Interpretation wird zu berücksichtigen sein, dass es sich um voll verfilterte Messstellen handelt, so dass sich die Untersuchungsergebnisse auf eine k_f -Wertproportionale Mischprobe über die jeweilige Verfilterungstiefe beziehen. Zur exakten Eingrenzung der aufschwimmenden Phase und der gelösten Schadstoffaufnahme im Grundwasserleiter werden daher als Grundlage für die Entscheidung und Konzeption der jeweils erforderlichen Maßnahmen Direct-Push-Untersuchungen durch den Gutachter empfohlen.

Ergänzend zur erforderlichen Abgrenzung wird nachfolgend auf den Umstand eingegangen, dass im Brunnen E 20 die Konzentrationen von BTEX, TMB und PAK seit Mitte Oktober angestiegen sind, während Kohlenwasserstoffe dort weitgehend unverändert geblieben sind. Auch im Juli waren die Werte für BTEX, TMB und PAK erhöht. Aus den Gutachten geht hervor, dass sowohl im Juli als auch in der 2. Oktoberhälfte ein Rheinhochwasser stattgefunden hat. Die Grundwasserstände waren im Juli und im Oktober höher als an den anderen Messterminen. Weiter geht aus den Gutachten hervor, dass bei Hochwasser influente Grundwasserströmungen aus dem Rhein vorliegen. Aus den Gleichenplänen ist ersichtlich, dass sich die Fließrichtungen im Bereich des Sanierungsbrunnens in Abhängigkeit von den im Bereich von 2-3 m Amplitude schwankenden Wasserständen sehr stark ändern können, d. h. das Einzugsgebiet des geförderten Wassers im Sanierungsbrunnen ist variabel. In der Folge dieser unterschiedlichen Grundwasserstände und Fließrichtungen ist eine Mobilisierung von Schadstoffen möglich. Die BTEX und TMB sind aromatische Verbindungen und besser wasserlöslich als die aliphatischen Kerosinkomponenten. Ihr Anteil ist im Vergleich zu den KW-Index-Werten, die dem Kerosin zuzuordnen sind, verhältnismäßig hoch und entspricht nicht dem Mischungsverhältnis von Aliphaten und Aromaten im Kerosin. Dies kann folgende Ursachen haben:

- Aufgrund der höheren Wasserlöslichkeit gehen BTEX und TMB gegenüber den aliphatischen KW bei wechselnden Wasserständen und Fließrichtungen aus der Kerosinphase verstärkt in Lösung.
- Es ist nicht ausgeschlossen, dass den BTEX und TMB-Belastungen andere Ursachen zugrunde liegen.

Der Frage, welche dieser beiden Möglichkeiten zutrifft, d. h. den ggf. unterschiedlichen Eintragsquellen und dem Einfluss der Grundwasser- und Rheinwasserstände auf die Dynamik der Schadstoffausbreitung, muss weiter nachgegangen werden.

Da die genaue Kenntnis über die Veränderung der Grundwasserstände auch für die Fragen der Positionierung von Monitoringmessstellen, Sanierungsbrunnen oder sonstigen Sanierungsmaßnahmen sowie für die Vorhersage möglicher Schadstoffausbreitungen und des Sanierungserfolges und für ggf. erforderliche, dynamische Anpassungsmaßnahmen und für die Interpretation sämtlicher Ergebnisse erforderlich ist, wird empfohlen, alle Grundwassermessstellen mit einem Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Grundwasserstände auszustatten.

Alle Sanierungsvorschläge des Gutachters basieren auf der in den Gutachten beschriebenen Belastungssituation und unter Annahme stationärer Verhältnisse. Als Grundlage für die Sanierungskonzeption und Sanierungsplanung ist die Abgrenzung der Schadstofffahne und der Kerosinphase unter Berücksichtigung der zu erwartenden Grundwasserstände bei Rhein-Hoch- und Niedrigwasser erforderlich.

Erforderliches Monitoring:

Vom Gutachter ist ein Monitoringkonzept unter Angabe der Methodik aufzustellen, das für die Feststellung der Ausgangslage, zur dauerhaften Überprüfung der Wirkung der Sanierungsmaßnahmen und zur Überprüfung des Erreichens der Sanierungsziele geeignet ist. Dabei ist zu differenzieren zwischen der Überprüfung der Entwicklung der Phase auf dem Grundwasser, der Schadstofffahne der gelösten Stoffe im Grundwasser sowie den Bodengehalten. Das Konzept sollte die Überwachung der Wasserstände und Grundwasserströmungen beinhalten und mit der zuständigen Behörde abgestimmt und umgesetzt werden. Die Ergebnisse sollten in einem festgelegten Turnus ausgewertet und dokumentiert werden.

3) Gefahrenbeurteilung (Frage a in Kombination mit b und c)

Die Bewertung der Grundwasserbelastung ist in den Gutachten insgesamt unzutreffend dargestellt. Es liegen diverse Überschreitungen von GFS-Werten im Grundwasser vor (KW, BTEX, TMB). Es wird empfohlen, als Grundlage für Sanierungsentscheidungen und Überwachungsmaßnahmen die Belastungen getrennt darzustellen, und zwar:

- Bodengehalte ungesättigte Zone,
- Bodenluftgehalte,
- aufschwimmende Ölschicht,
- gelöste Schadstoffe im Grundwasser.

Die Messstellen im Nahbereich sind für eine Überwachung am Ort der Beurteilung und ggf. vertikale Eingrenzung des Schadens ungünstig ausgebaut, da

die Oberkante des Filters zu hoch und die Unterkante möglicherweise zu tief liegt. Sobald die Ölschicht innerhalb der Verfilterung liegt, kommt es zur Vermischung, wenn die Probe durch Pumpen gewonnen wird. Von der Möglichkeit, Schöpfproben zu gewinnen, wurde seitens des Gutachters kein Gebrauch gemacht. Daher war eine Untersuchung des oberflächennahen Grundwassers ohne Phase bei den nahe gelegenen Messstellen und somit am Ort der Beurteilung und im unmittelbaren Abstrom bisher nicht möglich. Auch eine Abgrenzung der Schadstofffahne bei weiter entfernten Messstellen ist bisher nicht durchgeführt worden. Daher wird, wie unter (2) ausgeführt, für die ersten Abgrenzungsuntersuchungen eine tiefendifferenzierte Beprobung mittels Direct-Push und ein darauf aufbauender Plan für das künftige Monitoring (Errichtung geeigneter Messstellen) empfohlen.

Der Wirkungspfad Boden-Grundwasser wird im Gutachten vom 10.10.2012 als relevant dargestellt. Allerdings führt der Gutachter aus, dass kein weiterer Nachschub aus der ungesättigten Zone stattfindet (Kap. 4.3).

Da die Residualsättigung im Zentralbereich zum Zeitpunkt der bisherigen Untersuchungen in der ungesättigten Zone überschritten ist, kann Kerosin hier aufgrund der Schwerkraft weiter vertikal Richtung Grundwasser verlagert werden. Ein Nachschub aufgrund des Schwerkrafteinflusses findet somit statt. Solange keine Versiegelung erfolgt, findet mit dem Sickerwasser auch bei KW-Gehalten unterhalb der Residualsättigung eine Verfrachtung in das Grundwasser statt (vgl. Abschnitt 4 „Sanierungsziele“ und Abschnitt 5 „Maßnahmen in der ungesättigten Zone“).

Der Gutachter führt aus, dass eine zusätzliche Gefährdung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser nicht vorliegt, da eine Verunreinigung des Grundwassers bereits eingetreten ist. Wie oben ausgeführt, wird durch die Überschreitung der Residualsättigung im Zentralbereich sowie in den verunreinigten Flächen ohne Versiegelung das Grundwasser weiter verunreinigt. Außerdem sind Schadstoffeinträge in das Grundwasser grundsätzlich zu unterbinden, unabhängig davon, ob bereits eine Kontamination vorliegt oder nicht.

Die Aussage im Gutachten vom 10.10.2012 (Kap. 4.3), dass „(...) eine weitere Ausbreitung (laterale Verfrachtung) des freien Kerosins auf dem Grundwasser nicht möglich“ ist, erscheint aus meiner Sicht fraglich (Ausführungen unter (2)). Durch die gegebenen natürlichen Grundwasserschwankungen (Fließrichtung und Grundwasserstände) und überlagert durch die Sanierungsmaßnahmen ergibt sich, zusätzlich zu der zu erwartenden weiteren Ausbreitung aufgrund der noch anhaltenden Eintragsquelle aus der ungesättigten Zone, zwangsläufig eine laterale und vertikale Verfrachtung der Phase („Verschmieren“).

Neben dem freien Kerosin (Phase) sind auch der Eintrag und die Ausbreitung von gelösten Stoffen relevant. Die Ausbreitung der gelösten Anteile erfolgt mit der jeweiligen, natürlichen Grundwasserfließrichtung, was im vorliegenden Fall aufgrund der instationären Verhältnisse und hohen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters einen umfangreichen Kontaminationsbereich erwarten lässt.

4) Sanierungsziele

Der Gutachter formuliert im Gutachten vom 10.10.2012 in Kapitel 5 Sanierungsziele als Grundlage zur Auswahl von Sanierungsverfahren. Vorrangige Ziele sind demnach die Minderung des Quellpotenzials und die Sicherung des Abstroms.

Bei der Zielsetzung zur Sicherung des Abstroms sollte zwischen Ölphase und gelösten Stoffen unterschieden werden. Gelöste Kohlenwasserstoffe und flüchtige Stoffe sind im Grundwasser der im weiteren Abstrom positionierten Messstellen festgestellt worden und müssen daher ebenfalls kontrolliert werden.

Als weiteres Ziel sollte die vollständige Unterbindung des Eintrags von Schadstoffen aus der Quelle in der ungesättigten Zone in das Grundwasser formuliert werden, um eine fortschreitende Kontamination des Aquifers zu vermeiden.

Maßnahmen sind auf die Ziele gerichtet auszuwählen und auszulegen. Somit sind Maßnahmen in der ungesättigten Zone sowie in der gesättigten Zone getrennt in Maßnahmen zum Schließen der Eintragsquelle, zur Vermeidung der weiteren Ausbreitung, zur Fassung / Entfernung der Phase und zur Sicherung / Entfernung der gelösten Stoffe zu formulieren. Bislang werden, abgesehen von dem Entfernen der Leckage und einer Teilauskoffierung, die bereits erfolgt sind, nur aktive Maßnahmen zur Fassung der aufschwimmenden Phase betrieben bzw. weiter vorgesehen.

5) Maßnahmen in der ungesättigten Zone

(Frage a in Kombination mit c)

Der Gutachter hält Maßnahmen zur Sanierung oder Behandlung der ungesättigten Bodenzone zurzeit nicht für zwingend erforderlich (S. 9 des Gutachtens vom 03.10.). Lediglich die Wiederversiegelung der Baustelle (unmittelbarer Leckagebereich) wurde für erforderlich angesehen.

Wie unter (4) ausgeführt, ist für die Aufstellung und Festlegung des Maßnahmenkonzeptes die Definition von Sanierungszielen erforderlich. Ein Ziel für Maßnahmen in der ungesättigten Zone ist die dauerhafte Unterbindung des Eintrags von Schadstoffen aus der ungesättigten Zone in das Grundwasser. Durch entsprechende Maßnahmen an der Quelle in der ungesättigten Zone wird auch der Aufwand von Maßnahmen im Grundwasser reduziert. Sofern die Voraussetzungen des Vorliegens residualer Phase aufgrund der Messungen von März 2012 nach wie vor gegeben sind, eignet sich unter fachlichen Gesichtspunkten zur Erfüllung des o. g. Ziels in der ungesättigten Zone eine Teilauskoffierung in Bereichen oberhalb der Residualsättigung (z. B. durch Großbohrungen) in Kombination mit einer Oberflächenabdichtung in Bereichen unterhalb der Residualsättigung. Unterstützend wäre eine Bodenluftabsaugung oder eine Gasdrainage zu prüfen, um die weitere Ausbreitung leichtflüchtiger Komponenten zu unterbinden. Allerdings würde eine Bodenluftabsaugung als alleinige Maßnahme sehr lange Zeiträume in Anspruch nehmen und würde sich nicht eignen, einen vertikalen Transport von Phase aufgrund der Schwerkraft zu verhindern. Eine Bodenluftabsaugung würde sich unterstützend für die kapillar und adhäsiv im Bodenkörper gebundenen Kerosinmengen eignen, die der bisherigen Sanierungsmaßnahme (Entfernung der Phase) kaum zugänglich sind.

Als Grundlage für eine Entscheidung, ob z. B. eine Auskoffierung im Kernschadensbereich fachlich erforderlich ist, eine weitere Untersuchung durchzuführen, um festzustellen, ob die im März ermittelte Überschreitung der Residualsättigung nach wie vor zutrifft oder ob die schwerkraftbedingte Nachsickerung bereits abgeschlossen ist.

Sollte eine Überschreitung der Residualsättigung weiterhin vorliegen, wären durch den Gutachter zur Zielerfüllung geeignete Maßnahmen zu formulieren und fachlich zu bewerten.

Die anschließende Verhältnismäßigkeitsprüfung ist Sache der zuständigen Behörde. Dabei wäre zu berücksichtigen, dass in diesem Bereich Leitungen und der Brunnen E 20 mit Nebeneinrichtungen vorliegen, so dass bei einer Auskoffierung ein besonders hoher Aufwand zu betreiben wäre. Ein Aushub (Teilaushub von Hotspots) ist jedoch eine grundsätzlich geeignete Maßnahme, das Ziel zu erreichen und erscheint aus fachlicher Sicht hier (unter der Voraussetzung einer fortwährenden residualen Phase) erforderlich, weil es kein anderes Mittel gibt, den Eintrag von Phase oberhalb der Residualsättigung zu unterbinden. Sollte ein Teilaushub als nicht angemessen bewertet werden, könnte als milderer Mittel eine intensivere Phasenabschöpfung als derzeit praktiziert im Bereich der Schadensstelle (und evtl. Bodenluftabsaugung) ggf. als milderer Mittel gelten.

Für die Bereiche außerhalb der Residualsättigung, bzw. sofern keine Überschreitung der Residualsättigung mehr vorliegt, wäre eine Oberflächenversiegelung geeignet, die notwendige Unterbindung des weiteren Eintrages in das Grundwasser zu realisieren.

Der Bodenaushub wird bereits durch den Gutachter als unverhältnismäßig bezeichnet (Kap. 6.1, Gutachten vom 10.10.). Die Beurteilung der Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen ist jedoch nicht Aufgabe des Gutachters, sondern der Gutachter formuliert und bewertet Sanierungsmaßnahmen, die geeignet sind, die aus bodenschutz- und wasserrechtlicher Sicht zu formulierenden Ziele zu erfüllen.

6) Maßnahmen in der gesättigten Zone (Frage a in Kombination mit c)

Maßnahmen zur Entfernung der Phase:

Als Sofortmaßnahme wurde der Brunnen E 20 in Betrieb genommen. Das aus der Eintragsquelle zusätzlich eingetragene Kerosin wird durch den Brunnen E 20 in 15 m Entfernung erfasst. Seit dem 25.07. wurden ca. 100 m³ Kerosin zurück gewonnen, wobei seit Anfang Oktober kaum noch Kerosin über den Brunnen gefördert wird (s. u.).

Der Ausbau und die Verfilterung sind in den Anlagen 3.2a und 3.3a des Gutachtens vom 10.10. dargestellt. Im Brunnen E 20 sind zwei getrennte Rohre mit einer jeweiligen Pumpe installiert. Das Tiefrohr dient zur Erzeugung eines Absenktrichters, hier wird Grundwasser aus ca. 18-24 m Tiefe gewonnen. Die Fördermenge der tieferen Pumpe beträgt 90 m³/h, die vom Gutachter im Rahmen der Planung angenommene, theoretische Reichweite ca. 90 m (Gutachten 10.10.12). Das entnommene Grundwasser aus dem Tiefrohr wird derzeit dem Lösch- und Kühlwasserkreislauf der Raffinerie zugeführt. Das flache Rohr (Verfilterung 5-15 m unter GOK) dient zum Abschöpfen des Kerosins (freie Phase) innerhalb des erzeugten Absenkungstrichters. Das abgeschöpfte Kerosin wird in einem Tank zwischengelagert und anschließend dem Produktionskreislauf der Raffinerie zugeführt. Wie der Gutachter selbst feststellt (Sanierungskonzept vom 10.10.2012), wird mit dem Brunnen zu viel Wasser und zu wenig Phase erfasst. Daher ist die eingesetzte Technik kritisch zu hinterfragen. Grundsätzlich werden, um die gesamten Ausdehnung der Kerosinphase zu erfassen, weitere Entnahmestellen (mindestens drei weitere, wie von der Bezirksregierung Köln bereits angeordnet) für notwendig erachtet. Näher durch den Gutachter zu prüfen sind z. B. Skimmer-/Packertechniken, umgelenkte Schräg-/Horizontalbohrungen, Vliese sowie Einspunden der aufschwimmenden Phase.

Da sich der Sanierungsbrunnen E20 sehr nah an der Leckage befindet, und die bereits vorhandene Kerosinphase weit über den kleinen erfassten Bereich hinaus reicht, müssen weitere Sanierungsbrunnen oder sonstige Entnahmeeinrichtungen mit geeigneter Technik errichtet werden, die so lokalisiert sein müssen, dass sie die Ausdehnung der aufschwimmenden Phase vollständig erfassen. Eine Anordnung für die Errichtung weiterer Sanierungsbrunnen (Ziel: Entfernung der aufschwimmenden Phase) seitens der Bezirksregierung ist bereits ergangen. Per E-Mail vom 23.11.12 wurde mitgeteilt, dass der Brunnen E 21 fertig gestellt ist und dort eine 10 cm mächtige Ölphase detektiert wurde.

Allerdings ist bei der Konzeption und Planung der drei weiteren erforderlichen Brunnen der Einfluss der Grundwasserdynamik zu berücksichtigen. Dazu sind die Grundwassergleichenpläne und langjährige Grundwasserstandsdaten auszuwerten. Es ist sicherzustellen, dass auch bei Hoch-/Niedrigwasser eine flexible Erfassung der Ölschicht gewährleistet ist. Insbesondere sind auch die Ergebnisse der bisherigen Sanierungsmaßnahme (E20) hinsichtlich des Erfolges (Kerosin-Fördermenge) und der Reichweite (Entwicklung der Kerosin-Schichtdicke bei den umliegenden Messstellen) kritisch zu prüfen und bei der Konzeption zu berücksichtigen. Entsprechend müssen die Positionierung der Brunnen und die Pumpraten festgelegt werden. Bei den unterschiedlichen Grundwasserständen und Fließrichtungen ist es sehr wahrscheinlich, dass die Kerosinphase sich bewegt. Daher ist ein regelmäßiges Monitoring mit der Folge angepasster Pumpaktivitäten und angepasster Fassungsbereiche erforderlich. Auch die inzwischen festgestellte, etwas abweichende Ausbreitungsrichtung (s. o.) ist bei der Konzeption und Planung zu berücksichtigen.

Maßnahmen zur Sicherung der Fahne (gelösten Stoffe):

Da auch im weiteren Abstrom gelöste Stoffe (KW und Sonstige) festgestellt wurden, sind zusätzlich zum Abpumpen der Phase auch Maßnahmen zur Sicherung der Fahne erforderlich. Dies betrifft die Messstellen B 264, B 265, B 267, B 268, B 269, B 270, B 283 und B 284 (KW und sonstige gelöste Stoffe) sowie die Messstellen B 277, UKBuDi, B 801, B 802 (gelöste Stoffe außer KW).

Es wird empfohlen, ein 3D-Strömungsmodell als Grundlage für ein Stofftransportmodell für die langfristig erforderliche Kontrolle der Schadstofffahne der gelösten Stoffe im Grundwasser aufzubauen. Die Einzugsgebiete der Sanierungsbrunnen sind für verschiedene hydraulische Zustände (Niedrig-, Mittel-, Hochwasser) sowohl für die Flach- als auch für die Tiefrohre jeweils zu berechnen und herzuleiten und nach Errichtung zu prüfen.

Schlussfolgerungen aus den bisherigen Ergebnissen:

Insbesondere während der hydraulischen Maßnahmen ist eine intensive Überwachung der Grundwasserstände, Überwachung der Absenkungstrichter und Fließrichtungen erforderlich. Die Ergebnisse sind fortlaufend darzustellen. Insbesondere ist ein zu starkes Absinken der Absenkungstrichter zu vermeiden, weil dies zur Folge hätte, dass Phase in den tiefen Brunnen gelangt und somit den Grundwasserleiter zusätzlich verunreinigt. Entsprechend sind die Förderraten anzupassen. Bisher sind keine Ergebnisse zu dem erzielten Absenkungstrichter (Mächtigkeit, Radius, zeitliche Entwicklung) vorgelegt worden. Es ist nicht dargelegt, ob die erwartete Reichweite überprüft worden ist, bzw. mit welcher Methode dies beabsichtigt ist.

Wie oben dargelegt, ist auch für die gesättigte Zone das jeweilige Sanierungsziel zu definieren. Die Zielerreichung ist anhand der erzielten Ergebnisse fortwährend zu prüfen. Ziel der bisherigen Sanierung ist das Abpumpen der freigesetzten Kerosinphase. Insgesamt sind laut Gutachten ca. 1.000 m³ Kerosin aus der Leckage ausgelaufen, ca. 20 m³ befinden sich laut Gutachter in der ungesättigten Zone, ca. 100 m³ wurden zurück gewonnen. D. h. ca. 900 m³ befinden sich noch im Grundwasser, die durch geeignete Maßnahmen noch zu fassen sind. Zwar ist seit Anfang Oktober die Schichtdicke im Sanierungsbrunnen (flaches Rohr) und parallel dazu die Rate des geförderten Kerosins signifikant zurückgegangen. Die Fa. Shell bzw. der Gutachter begründen dies mit den letzten Hochwasserereignissen und mit dem Umstand, dass inzwischen nur noch Restmengen an Kerosin vorhanden seien, die hauptsächlich in den Porenräumen zurückgehalten würden (Stellungnahme vom 22.11.2012).

Jedoch weisen die umliegenden Messstellen innerhalb der prognostizierten Reichweite sowie im Sanierungsbrunnen (flaches Rohr) weiterhin eine freie Kerosinphase auf. Eine schlüssige Erklärung für die festgestellte, drastische Abnahme der Förderrate läge vor - auch aus der Erfahrung anderer Fälle -, wenn im Bereich E 20 bereits die gesamte Phase entfernt worden wäre und nun dort überwiegend Kerosin in den Porenräumen vorläge, bis Phase aus dem Umfeld diesen Bereich zeitversetzt erreicht. Dagegen spricht, dass im flachen Rohr von E 20 noch Phasenmächtigkeiten von 8 cm und in der nächstgelegenen Messstelle B 250 noch 6 cm Phase vorliegen. Somit ist auch diese These nicht schlüssig, sofern es sich bei den angegebenen Mächtigkeiten wirklich um freie Phase und nicht um in Poren befindliches Kerosin handelt.

Seitens des Gutachters bzw. der Fa. Shell ist zu prüfen, ob die Ursache für die Abnahme der Förderrate in der Grundwasserhydraulik, in der Planung des Brunnens oder ggf. in technischen Problemen bei der Förderung liegt. Im

Rahmen dieser Prüfung wäre es auch hilfreich, wenn der Gutachter anhand der noch vorhandenen Ölschichtdicke und der Differenz der Mächtigkeit gegenüber der ersten Messung bilanzieren würde, ob das noch vorhandene Ölvolumen den rechnerisch noch ca. 900 m³ im GW befindlichem Volumen entspricht bzw. ob die Abnahme den bereits geförderten 100 m³ entspricht. Abweichungen würden für ein verstärktes In-Lösung-Gehen oder eine weitere Ausbreitung sprechen.

Ebenfalls fehlen bislang die für eine Beurteilung notwendigen Beschreibungen zum Verfahren der Kerosin-Entnahme aus dem Flachrohr (Equipment, Pumpdaten), so dass eine Beurteilung und Ursachensuche von hier aus nicht möglich ist. Die Ausführungen im Konzept zur hydraulischen Sanierung bezüglich der Vorgehensweise zur Kerosinförderung aus dem flachen Rohr sind nicht schlüssig dargelegt².

7. Stellungnahme zu den vom Gutachter vorgeschlagenen bzw. bewerteten In-situ-Sanierungsverfahren (Frage a in Kombination mit c)

Zur Unterstützung der hydraulischen Maßnahmen schlägt der Gutachter die Prüfung bestimmter In-situ-Verfahren vor. Aus unserer Sicht muss primär die Quelle (ungesättigt/gesättigt) so gut wie möglich mechanisch/hydraulisch entfernt werden. Zur Sanierung von Restbelastungen sollte die Anwendung von In-situ-Verfahren geprüft werden.

Bestimmte In-situ-Verfahren eignen sich zur Anwendung in der Quelle, andere In-situ-Verfahren zur Anwendung in der Fahne. Dabei ist weiter zu unterscheiden zwischen Verfahren, die sich auf die kontaminierte ungesättigte Zone (als „Quelle“) und solchen, die sich auf die aufschwimmende Phase (als „Quelle“) beziehen. Mittels In-situ-Verfahren in der Quelle wird das Schadstoffpotenzial chemisch umgebaut oder die Quelle in der gesättigten Zone mobilisiert. Ziel von In-situ-Verfahren in der Fahne ist es, gelöste Stoffe zu stripfen oder mikrobiell abzubauen. Die beiden Einsatzbereiche bedingen unterschiedliche Verfahren, die unterschiedliche Ziele (Dekontamination, Sicherung) erfüllen. Die Verfahren werden in den vorliegenden Gutachten nicht diesen Zielen zugeordnet, sondern hinsichtlich ihrer Einsatzbereiche und Ziele vermischt. Die Darstellung in den Gutachten ist unsystematisch. Die Verfahren sind getrennt für Quelle und Fahne und hinsichtlich der beiden Zielsetzungen auszuwählen und zu beurteilen.

² Im Konzept der Füllung GmbH für die hydraulische Sanierung vom 27.6.2012 sind die unterschiedlichen Vorgehensweisen zur Förderung des Grundwassers im tiefen Rohr und zur Rückgewinnung des Kerosins aus dem flachen Rohr nicht einzeln erläutert. Für die Entnahme des Kerosins finden sich nur Hinweise (geregelt Niveausteuern, Ansaugkorb). Die übrigen Angaben (Leichtphasenabscheider, Durchsatz von 100 m³/h, geplante Einrichtung einer Öl-Sonde) beziehen sich vermutlich auf das tiefe Rohr. Es ist unklar, wie die Steuerung und Überwachung der Fördermenge (Öl/Wasser) im flachen Rohr erfolgt.

Nachfolgend gehe ich auf die seitens des Gutachters angesprochenen Verfahren ein.

Seite 17 / 10.12.2012

Das Hydroschock-Verfahren sieht der Gutachter hier für nicht einsetzbar an. Diese Einschätzung wird geteilt.

Tensid- und Alkoholspülung sieht der Gutachter in diesem Fall für nicht einsetzbar an. Tenside können zur Quellensanierung in der gesättigten Zone eingesetzt werden. Dabei können sich in Abhängigkeit der Konzentration des eingesetzten Tensids Effekte ergeben, die zu einer Erhöhung der Löslichkeit der Schadstoffe (Solubilisation) oder zu einer Mobilisierung von Schadstoffen führen. Die gelösten bzw. mobilisierten Schadstoffe wären hydraulisch zu fördern, um eine unkontrollierte Ausbreitung zu verhindern. Die Einschätzung des Gutachters, dass dieses Verfahren hier nicht anwendbar ist, ist nicht hinreichend begründet. Dazu wären Vorversuche unter Berücksichtigung der o. g. Wirkweise durchzuführen. Aufgrund von Erfahrungen in anderen Fällen wird dennoch die Schlussfolgerung des Gutachters geteilt und von einer Weiterverfolgung dieses Verfahrens in diesem Fall abgeraten.

Thermische Verfahren beschreibt der Gutachter als nicht empfehlenswert in diesem Fall. Grundsätzlich können thermische Verfahren (Luft-Dampf-Injektionen) zur Mobilisierung von Phasen in diesem Fall zielführend sein, insbesondere um Kerosin aus den Porenräumen freizusetzen, jedoch ist zur abschließenden Beurteilung eine intensive Erkundung erforderlich.

Das Verfahren Airsparging / Biosparging ist prinzipiell möglich, aber von einem Einsatz rät der Gutachter ab. Das Verfahren eignet sich ausschließlich zur Behandlung gelöster Schadstoffe im Grundwasserleiter (gesättigte Zone) und verfolgt das Ziel der Teildekontamination der Fahne und der Sicherung der Fahne. Das Quellpotenzial wird dadurch nicht vermindert. Das Verfahren ist nur in Kombination mit Verfahren zur Quellensanierung bzw. unterstützend zur Entfernung der Phase sinnvoll. Um das Verfahren beurteilen zu können, ist eine genaue Abgrenzung der Fahne erforderlich. Dies ist noch nicht abschließend erfolgt, so dass eine Beurteilung nicht hinreichend erfolgen kann. Zusätzlich wären eine Bodenluftabsaugung (Strippeffekt) und eine Abstromsicherung erforderlich.

Biologische Verfahren mittels Sauerstoffzugabe sollten nach Ansicht des Gutachters geprüft werden. Das Verfahren eignet sich primär zur Behandlung gelöster Schadstoffe im Grundwasserleiter und verfolgt ebenso wie Airsparging das Ziel der Teildekontamination der Fahne und der Sicherung der Fah-

ne. Auch durch dieses Verfahren wird das Quellpotenzial nicht vermindert, so dass auch bei einer Stimulation des biologischen Abbaus von gelösten Schadstoffen im Bereich der Fahne eine Kombination mit Verfahren zur Quellsanierung und zur Entfernung der Phase erforderlich ist. Um das Verfahren beurteilen zu können, ist eine genaue Abgrenzung der Fahne erforderlich. Zusätzlich ist die Ermittlung abbaurelevanter Parameter erforderlich. Dies ist nicht erfolgt, so dass eine Beurteilung nicht erfolgen kann. Zusätzlich sind die Milieubedingungen im Grundwasser zu untersuchen und es sind Vorversuche erforderlich.

Monitored Natural Attenuation (MNA) ist nur anwendbar, wenn die Voraussetzungen gemäß LABO-Positionspapier³ erfüllt sind. Diese Voraussetzungen für MNA liegen im vorliegenden Fall (noch) nicht vor bzw. sind nicht nachgewiesen. Auch setzt MNA ein geeignetes langfristiges Monitoringkonzept voraus. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Datenlage noch nicht ausreichend, um den Ist-Zustand hinreichend zu beschreiben und um Prognosen abzuleiten. NA-spezifische Parameter sind nicht untersucht und beurteilt worden (Fe, Mn, Nährstoffe ...). Sofern NA-Prozesse in die Ausgestaltung der Sanierung (unterstützend) einbezogen werden sollen, ist zu berücksichtigen, dass eine ausgleichende O₂-Zufuhr und Nährstoffzufuhr für den biologischen Abbau erfolgen. Die Fe- und Mn-Gehalte sind wegen möglicher Verockerung vor einer solchen Maßnahme zu prüfen.

Der Einsatz von ISCO (In-situ-chemische-Oxidation) sollte nach Ansicht des Gutachters geprüft werden. Ziel von ISCO ist der vollständige chemische Abbau der Kontaminanten durch Kontakt mit dem Oxidationsmittel in der gesättigten Zone. Jedoch eignet sich das Verfahren nur zur Quellsanierung in der gesättigten Zone und ist mit erheblichen Risiken für das Grundwasser verbunden. Um das Verfahren einzusetzen, wäre zunächst die Quelle in der gesättigten Zone einzugrenzen und es wären Vorversuche mit verschiedenen Oxidationsmitteln erforderlich. Jedes Oxidationsmittel (z. B. Permanganat, Persulfat, Fentons-Reagenz) hat Vor- und Nachteile und spezifische Risiken und muss hinsichtlich der Standortbedingungen beurteilt werden. Dazu macht der Gutachter keine Ausführungen. Die eingesetzten Oxidationsmittel können sich im Grundwasser ausbreiten und verursachen an anderer Stelle durch Reaktion mit geogenen Stoffen sekundäre Oxidationsprodukte (z. B. Schwermetalle aus der Pyritoxidation, u. U. Arsen-Freisetzung) sowie organische Transformationsprodukte aus den anthropogenen Verunreinigungen, die im Einzelfall toxi-

³ Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung. Positionspapier vom 10.12.2009. http://www.labo-deutschland.de/documents/MNA-Positionspapier_Stand_10-12-2009_e51.pdf

scher und vor allem polarer und mobiler im Grundwasser / Gewässer sein können als die Ausgangsstoffe. Aus vergleichbaren Fällen und aus einer Literaturlauswertung, die durch den FB 32 des LANUV im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms durchgeführt wurde, können Risiken beispielsweise hinsichtlich des Entstehens toxischer Zwischenprodukte oder der Mobilisierung redoxsensibler Metalle benannt werden.

Generell ersetzt das ISCO-Verfahren nicht die Sanierung gelöster Stoffe im Grundwasserleiter mit dem Ziel der Verhinderung der weiteren Ausbreitung, ebenso wenig die Sanierung der ungesättigten Zone (Ziel: Unterbindung eines weiteren Eintrags) und auch nicht die erforderliche Entfernung der Phase.

Sollte sich herausstellen, dass nach einem Abpumpen der aufschwimmenden Phase in den Porenräumen bedeutende Anteile von Schadstoffen in der gesättigten Zone verbleiben (Sekundärquellen), die für hydraulische Maßnahmen nicht mehr zugänglich sind, müssen geeignete In-situ-Verfahren geprüft und umgesetzt werden. Dabei kann eine nähere Prüfung des ISCO-Verfahrens erwogen werden. Dazu sind eingehende Erkundungsmaßnahmen und Vorversuche erforderlich und es ist zu beachten, dass der Einsatz des Verfahrens mit Risiken verbunden ist und nur in Kombination mit bzw. nach Abschluss von anderen Verfahren sinnvoll ist.

8) Empfehlungen und weiteres Vorgehen

Aus der Stellungnahme ergibt sich folgender weiterer Handlungsbedarf:

- Es wird empfohlen, dass der Gutachter zunächst eine abschließende exakte Eingrenzung des Schadens vornimmt. Dazu sind die oben genannten ergänzende Untersuchungen in der ungesättigten Zone (einzelne weitere RKS, Untersuchung hinsichtlich Fortbestand einer Überschreitung der Residualsättigung), im Bereich der Phase (Direct Push) sowie im Bereich des weiteren Abstroms (Direct Push, konventionelle Grundwasserprobenahme an geeigneten ggf. noch zu errichtenden Messstellen) erforderlich:
 - o Um eine gesicherte Aussage über das Ausbreitungsverhalten der Kerosinphase treffen zu können, ist ein weiteres Monitoring erforderlich. Dabei müssen auch die wasserstandsabhängig unterschiedlichen Fließrichtungen des Grundwassers beachtet werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, mittels Direct-Push Kohlenwasserstoff-Phasen zu detektieren.
 - o Zur exakten Eingrenzung der Fahne (gelöste Stoffe) als Grundlage über die Entscheidung und Konzeption von Maßnahmen sind ein weiteres Monitoring sowie ergänzend tiefenspezifische Direct-Push-Untersuchungen erforderlich. Die Grundwasserstände müssen bei je-

- der Beprobung mit erfasst und zur Ermittlung der aktuellen Strömungsverhältnisse ausgewertet werden.
- Aufgrund der ungünstigen Verfilterung der Messstellen ist eine tiefendifferenzierte Beprobung bisher nicht durchgeführt worden. Möglicherweise sind seitens des Gutachters bisher nicht alle Möglichkeiten (z. B. Abschöpfen, Abpackern) geprüft und umgesetzt worden. Wie unter (2) ausgeführt, wird eine tiefenspezifische Abgrenzung z. B. mittel Direct-Push empfohlen. Mit Hilfe der BAT-Direktprobennahmesonde können tiefenspezifisch Grundwasserproben entnommen werden, die Aufschluss über die Belastung des oberen Bereichs des Grundwasserleiters geben. Für eine dauerhafte getrennte Überwachung des Grundwassers im oberen, mittleren und unteren Grundwasserleiter sind Multilevelmessstellen oder Messstellengruppen mit unterschiedlichen Filterstrecken notwendig. Die vom Gutachter (Konzept für die hydraulische Sanierung v. 27.6.2012) vorgeschlagenen Messstellengruppen sind mindestens und unbedingt erforderlich.
 - Die genaue Kenntnis über die Veränderung der Grundwasserstände ist für die Überwachung der Grundwasserfließrichtung, als Planungsgrundlage sowie für die Überwachung der erzielten Grundwasserabsenkung dauerhaft notwendig. Daher sollten alle Messstellen mit einem Datenlogger ausgestattet und die Ergebnisse regelmäßig ausgewertet und vorgelegt werden.
 - Wie vom Gutachter angegeben (Konzept für die hydraulische Sanierung vom 27.6.2012), ist es möglich, das Antreffen von Kohlenwasserstoff-Phasen mittels einer „Öl-Sonde“ automatisch zu detektieren. Eine Ausstattung der Messstellen (insbesondere im Randbereich der bisher detektierten Kerosinphase) mit einer solchen Ölsonde könnte daher zur sofortigen Erkennung einer weiteren Ausbreitung geeignet sein.
- Es erscheint notwendig, als Grundlage für verschiedene separate Sanierungsentscheidungen und Überwachungsmaßnahmen die Belastungen systematisch und getrennt darzustellen und zu bewerten, und zwar:
 - Bodengehalte ungesättigte Zone,
 - Bodenluftgehalte,
 - aufschwimmende Ölschicht,
 - gelöste Schadstoffe im Grundwasser.
 - Auf Grundlage der Sanierungsziele sind im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung geeignete Sanierungsmaßnahmen zu formulieren und fachlich zu bewerten.
 - Als weiteres Sanierungsziel sollte die vollständige Unterbindung des Eintrags von Schadstoffen aus der Quelle in der ungesättigten Zone in das

Grundwasser formuliert werden, um eine fortschreitende Kontamination des Aquifers zu vermeiden.

- Unter fachlichen Gesichtspunkten eignet sich zur Erfüllung dieses Ziels in der ungesättigten Zone eine Teilauskoffierung in Bereichen oberhalb der Residualsättigung (z. B. durch Großbohrungen) in Kombination mit einer Oberflächenabdichtung in Bereichen unterhalb der Residualsättigung. Unterstützend wäre eine Bodenluftabsaugung oder Realisierung einer Gasdrainage zu prüfen. Es wird empfohlen, dass als Grundlage für eine Entscheidung über das fachliche Erfordernis einer Auskoffierung im Kernschadensbereich eine weitere Probe entnommen wird, um festzustellen, ob die im März ermittelte Überschreitung der Residualsättigung nach wie vor zutrifft oder die schwerkraftbedingte Nachsickerung bereits abgeschlossen ist.
- Die Verhältnismäßigkeitsprüfung insbesondere von Maßnahmen in der ungesättigten Zone ist anschließend von der zuständigen Behörde vorzunehmen.
- Bei der Sicherung des Abstroms sollte zwischen Ölphase und gelösten Stoffen unterschieden werden. Maßnahmen hinsichtlich dieser Ziele sind getrennt voneinander zu planen.
- Zur Entfernung der Phase müssen weitere Sanierungsbrunnen oder anderweitige Entnahmestellen errichtet werden, die so lokalisiert sein müssen, dass sie die Ausdehnung der aufschwimmenden Phase vollständig erfassen. Die Herleitung der Lage der drei geplanten Brunnen (E21-E23) ist darzulegen. Dabei müssen auch die zwischenzeitlich vorliegenden Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem in Betrieb befindlichen Brunnen E20 berücksichtigt werden, um zu ermitteln, ob die angenommene Reichweite (90 m, s. Planung der Füllung GmbH, Stand Oktober 2012) tatsächlich erfüllt bzw. auf Dauer aufrecht erhalten wird. Die Einzugsgebiete der Sanierungsbrunnen sind für verschiedene hydraulische Zustände (Niedrig-, Mittel-, Hochwasser) zu berechnen und herzuleiten.
- Zur Ermittlung der Brunnenstandorte und Pumpraten zum Abpumpen der Phase in Anbetracht der vorliegenden Grundwasserdynamik wäre ein 3D-Strömungsmodell unter Berücksichtigung instationärer Verhältnisse optimal. Da die Erstellung eines solchen Strömungsmodells ein längerfristiges Monitoring voraussetzt, wird für die optimierte Entfernung der aufschwimmenden Phase empfohlen, die Brunnenstandorte, die Verfilterung sowie die Pumpraten zur Entfernung der aufschwimmenden Phase aufgrund der zwischenzeitlich vorliegenden Grundwasserstands- und Pumpdaten zu ermitteln. Möglicherweise ist für die vollständige Erfassung der Phase eine höhere räumliche Dynamik erforderlich als zum Zeitpunkt der ersten Planungsphase angenommen.

- Parallel dazu sollte ein 3D-Strömungsmodell als Grundlage für ein Stofftransportmodell für die langfristig erforderliche Kontrolle der Schadstofffahne der gelösten Stoffe im Grundwasser aufgebaut werden.
- Die Ursache des abnehmenden Volumens von zurück gewonnenem Kerosin sollte nachvollziehbar dargestellt werden. Dabei sollten eventuelle technische Probleme ausgeschlossen werden. Grundsätzlich ist eine reduzierte Fördermenge bei abnehmender Schichtdicke im Förderbrunnen plausibel. Jedoch ist zu beachten, dass nahe gelegene Messstellen weiterhin eine beträchtliche freie Ölschicht aufweisen. Die Annahme, dass der Sanierungsbrunnen (sowie die geplanten Brunnen) eine Reichweite von 90 m haben, ist anhand der Messdaten zu prüfen. Dabei wäre es auch hilfreich, wenn der Gutachter anhand der noch vorhandenen Ölschichtdicke und der Differenz der Mächtigkeit gegenüber der ersten Messung einmal bilanzieren würde, ob das noch vorhandene Ölvolumen der ausgetretenen Menge abzüglich der zurück gewonnenen Menge den Annahmen entspricht.
- Eine Beschreibung des eingesetzten Verfahrens zur Rückgewinnung der Kerosinphase ist erforderlich.
- Bezüglich der festgestellten GFS-Überschreitungen gelöster Stoffe im Grundwasser (3. Zwischenbericht) sollten Vorgehensweise und Ergebnisse zur Herkunftsermittlung, Eingrenzung der Fahne(n) und Maßnahmen dargelegt werden. Außerdem wird empfohlen, die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen ggf. tiefendifferenziert analog zu den Ergebnissen der Wasser- und Ölstandsuntersuchungen in entsprechende Übersichtskarten aufzunehmen und fortzuschreiben.
- Ggf. sind zusätzlich zum Abpumpen der Phase auch Maßnahmen zur Sicherung oder Sanierung der unterstromigen Fahne erforderlich. Die Tatsache, dass im Nahbereich der Leckage bisher aufgrund der ungünstigen Verfilterung der Messstellen und wegen der aufschwimmenden Phase keine Beprobung des unterstromigen Grundwassers möglich ist, sollte kein haltbarer Zustand sein. Eine Kontrolle und frühzeitige Erkennung der in Lösung gehenden Stoffe in das Grundwassers sowie die Eingrenzung der resultierenden Fahne ist dringend erforderlich.
- Es ist ein Monitoringkonzept für die Verunreinigungen im Boden, für die aufschwimmende Phase auf dem Grundwasser und für die Schadstofffahne im Grundwasser aufzustellen und umzusetzen. Für Vorhersagen zur Entwicklung der Fahnausbreitung und zur Wirkung von diesbezüglichen Maßnahmen wird die Entwicklung eines Stoffstrommodells empfohlen.
- Für die Feststellung des „Fingerprints“ der in Lösung gehenden nichtflüchtigen Stoffe und zum Freisetzungsverhalten (Prognosen) in das Grundwasser aus der ungesättigten Zone im Umfeld der Leckagesstelle (oder

anderer Schadensherde) könnten Säulenperkolationsversuche hilfreich sein. Diese könnten ergänzend zu den notwendigen Abgrenzungsuntersuchungen der Fahne(n) im Grundwasser auch dazu beitragen, ggf. unterschiedliche Schadstoffquellen hinsichtlich der potenziell resultierenden Grundwasserkontaminationen qualitativ voneinander zu unterscheiden.

- Verfahren sind generell getrennt für Quelle und Fahne und hinsichtlich ihrer Zielsetzungen auszuwählen und zu beurteilen. Auch biologische und chemische In-situ-Verfahren sind hinsichtlich ihrer Zielsetzung und Einsatzbereiche zu unterscheiden. Diese Verfahren eignen sich allenfalls unterstützend. Zur Sanierung von Restbelastungen sollte die Anwendung von In-situ-Verfahren geprüft werden. Die Grundlagen zur Beurteilung des Einsatzes von In-situ-Verfahren oder MNA am Standort liegen noch nicht vollständig vor. Umfangreiche Vorerkundungen (genaue Eingrenzung) und Vorversuche sind erforderlich. Zur Beurteilung von MNA und zur Konzeption von In-situ-Verfahren wird empfohlen, einen erfahrenen Fachgutachter mit einer Zulassung für das Sachgebiet 5 der SU-BodAV NRW hinzuzuziehen.

Untersuchungen des LANUV

Die ergänzenden Grundwasseruntersuchungen des LANUV haben das Ziel, die vorliegenden Messwerte gelöster Stoffe in den beprobaren Messstellen zu bestätigen. Die Eingrenzung der Fahne(n) setzt die Möglichkeit der tiefendifferenzierten Beprobung des Grundwassers unter Berücksichtigung der Strömungsverhältnisse voraus und ist durch den Gutachter vorzunehmen.

Die Messungen des LANUV werden sich auf die Beprobung der verfügbaren Messstellen beschränken und bei der Interpretation wird zu berücksichtigen sein, dass es sich um voll verfilterte Messstellen handelt, so dass eine Mischwert über die gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters erhalten wird. Zur exakten Eingrenzung als Grundlage über die Entscheidung und Konzeption von Maßnahmen werden daher Direct-Push-Untersuchungen zur Vorerkundung (erste Abgrenzungsuntersuchung) sowie für die dauerhafte Überwachung Multilevelmessstellen oder Messstellengruppen mit unterschiedlicher Verfilterung für erforderlich angesehen.

Über die Ergebnisse der Messungen des LANUV wird gesondert berichtet.

Abschließend nenne ich Ihnen die Ansprechpartner im LANUV für Detailfragen zum vorliegenden Sachverhalt:

- Bodenschutz/Altlasten; Sanierungsverfahren: Stefan Schroers, FB 32
- Grundwasser: Sabine Bergmann, FB 52
- Probenahme, Analytik: Joachim Hähnle, Horst Buch, FB 63

Das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW erhält eine Durchschrift dieser Stellungnahme. Seite 24 / 10.12.2012

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag

Dr. Thomas Delschen