

**R & H Umwelt GmbH**

Zentrale Nürnberg

Schnorrstraße 5a

90471 Nürnberg

Telefon 0911 86 88-10

Telefax 0911 86 88-111

info@rh-umwelt.de

www.rh-umwelt.de

## Ehem. Gelände der Bayernoil Raffinerie GmbH Ingolstadt

Teilflächen 3 und 5

Zusammenfassung und Präzisierung des Sanierungsplans

### Auftraggeber

AUDI AG/IN-Campus GmbH  
Ettinger Straße  
85045 Ingolstadt

### Angebotsdatum

21.08.2015

### Angebotsnummer

150 372

### Projektstandort

Ehem. Bayernoil-Gelände  
Eriagstraße  
85045 Ingolstadt

### Auftragsdatum

14.07.2015

### Auftragsnummer

### Projektleiter

Peter Swoboda  
Dipl.-Geologe

### Ort, Datum

Nürnberg, den 01.04.2016

### Umfang

**28** Berichtsseiten  
**4** Anlagen

### Übergabe

AG (3-fach)  
R & H (1-fach)

Geschäftsführer  
Dr. Walter Hilgert  
Peter Swoboda

Amtsgericht Nürnberg  
HRB 8225  
USt.-IdNr. DE133511000  
Steuer-Nr. 241/136/31003

Sparkasse Nürnberg  
Kto. 1 226 522 | BLZ 760 501 01  
IBAN: DE42 7605 0101 0001 2265 22  
SWIFT-BIC: SSKNDE77XXX

  
DAkKS  
Deutsche  
Akreditierungsstelle  
D 91 18238-01 00  
Untersuchungsstelle  
nach § 18 BBodSchG

  
Management  
System  
ISO 9001:2008  
www.tuv.com  
ID 9108612080

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Veranlassung.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Gebiet des Kurzberichts .....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Literatur und verwendete Unterlagen .....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Darstellung der Ausgangslage.....</b>	<b>6</b>
4.1	Standortverhältnisse.....	6
4.1.1	Lage des Standortes .....	6
4.1.2	Geologie sowie Hydrogeologie und -chemie .....	6
4.1.3	Bestehende und absehbar planungsrechtlich zulässige Nutzung .....	7
4.2	Gefahrenlage .....	7
4.2.1	Schadstoffinventar.....	7
4.2.2	Betroffene Wirkungspfade, Schutzgüter und -bedürfnisse.....	9
4.3	Gefährdung durch Kampfmittel.....	10
<b>5.</b>	<b>Maßnahmenwerte und Sanierungsziele.....</b>	<b>10</b>
5.1	Angestrebte Dekontamination .....	10
5.2	Grundwasser.....	11
5.2.1	Nichtfluorierte organische Verbindungen.....	11
5.2.2	Grundwasserbelastungen mit PFC.....	12
5.3	Maßnahmenwerte für den Boden hinsichtlich der Belastung mit PFC.....	12
5.4	Bodenluft-Grundwasser.....	13
5.5	Boden-Mensch .....	13
5.6	Bodenluft-Mensch .....	14
5.7	Boden-Nutzpflanze.....	15

---

<b>6.</b>	<b>Elemente und Ablauf der Sanierung, Kurzdarstellung der Sanierungsmaßnahmen, Nachweis der Eignung .....</b>	<b>15</b>
6.1	Elemente der Sanierung.....	15
6.2	Bodenaushub .....	16
6.3	Air-/Bio-Sparging .....	16
6.4	Wasserhaltung, hydraulische Abwehr Sanierungsbereiche .....	17
6.5	Grundwasserabstromsicherung.....	17
6.6	Bodenaufbereitung .....	17
6.7	Eignung der geplanten Maßnahmen .....	18
6.8	Erforderliche Schutzmaßnahmen .....	19
6.8.1	Stäube und gasförmige Schadstoffemissionen.....	19
6.8.2	Boden.....	20
6.9	Wiedereinbau .....	21
6.10	Zwischenlagerung von Boden- und sonstigen Materialien .....	21
<b>7.</b>	<b>Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen .....</b>	<b>22</b>
7.1	Schutzmaßnahmen für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch .....	22
7.2	Sonstige Schutz-, Beschränkungs- und Sicherungsmaßnahmen. ....	23
<b>8.</b>	<b>Möglichkeiten der Nachbesserung und ergänzende Maßnahmen .....</b>	<b>23</b>
<b>9.</b>	<b>Behördliche Zulassungserfordernisse .....</b>	<b>24</b>
<b>10.</b>	<b>Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der vorgesehenen Maßnahmen .....</b>	<b>24</b>
10.1	Grundwassermonitoring während der Sanierungsphasen auf dem Gelände .....	24
10.2	Nachweis der Erreichung der Sanierungsziele in Bodenaushub- und Airspargingbereichen.....	25

10.2.1	Grundwasser.....	25
10.2.2	Bodenluft.....	26
10.3	Abstromsicherung .....	26
10.4	Bauwasserhaltungen.....	26
10.5	Emissions-/ Immissionsschutzmessungen .....	26
10.6	Bodenmanagement bei Auskoffnung, Separierung und Wiedereinbau .....	27
<b>11.</b>	<b>Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge.....</b>	<b>27</b>
11.1	Monitoringplan GW.....	27
11.2	Monitoringplan Bodenluft.....	27
11.3	Gasdrainagen.....	28
11.4	Messpunkte unter befestigten Flächen .....	28

## Anlagenverzeichnis

<b>Anlage 1</b>	<b>Aushubbereiche, Anlage 7.1 aus Sanierungsplan</b>
<b>Anlage 2</b>	<b>Air-/Bio-Spargingbereiche, Anlage 8.1 aus Sanierungsplan</b>
<b>Anlage 3</b>	<b>Monitoringmessstellen</b>
<b>Anlage 4</b>	<b>Monitoringplan, Anlage 13.3 aus Sanierungsplan</b>

## 1. Veranlassung

Mit Datum vom 22.1.2016 (unterschrieben an 28.1.2016) legte die R & H Umwelt GmbH (i.d.F. R & H) im Auftrag der IN-Campus GmbH (i.d.F. IN-Campus) für die Teilflächen 3 und 5 des ehemaligen Geländes der Bayernoil Raffinerie GmbH (i.d.F. Bayernoil) in Ingolstadt einen Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG / § 6 BBodSchV (i.d.F. Sanierungsplan) vor.

Aufgrund der Unvollständigkeit der in den vergangenen Jahren durchgeführten Untersuchungen und Sanierungsplanungen bzgl. der Altlastensituation auf dem Gelände mussten in den vorstehend angeführten Bericht der R & H über weite Bereiche auch Ausführungen zur abschließenden Detailuntersuchung und zur ergänzenden Sanierungsuntersuchung aufgenommen werden. Insofern stellt die sehr umfassende und in Teilen abwägende Darstellung des Berichts zwar eine weitreichende Darstellung der Gefahrenlage und der Sanierungsmöglichkeiten dar, wird aber dadurch nicht in allen Belangen den an eine rechtliche Vertragsgrundlage zu stellenden Konkretisierungsanforderungen gerecht.

Daher wurde zwischen den Verfahrensbeteiligten am 15.2.2016 festgelegt, die wesentlichen, die Sanierung der Altlasten betreffenden fachlichen Grundlagen des zu schließenden öffentlich-rechtlichen Sanierungsvertrags und städtebaulichen Vertrags (i.d.F. Sanierungsvertrag) in dem vorliegenden Kurzbericht zur Sanierungsplanung des ehemaligen Geländes der Bayernoil Raffinerie GmbH in Ingolstadt (i.d.F. Kurzbericht) zusammenzufassen. Der Kurzbericht stellt somit die fachliche Basis des Sanierungsvertrags dar.

Der Sanierungsplan der R & H dient weiterhin als fachliche Erläuterung der Altlastensituation und Sanierungsmaßnahme. Auf eine inhaltliche Korrektur der dort getroffenen Ausführungen wird verzichtet. Hieraus kann keine inhaltliche Zustimmung zu allen Ausführungen abgeleitet werden. Auch wenn sich die Stadt Ingolstadt verpflichtet, die von ihr zu erteilenden Zustimmungen, öffentlich-rechtlichen Erlaubnisse, Genehmigungen und sonstige Gestattungen zur Durchführung der Sanierungsmaßnahmen zu erteilen, soweit dem keine rechtlichen Versagungsgründe entgegenstehen, sind diese gesondert zu beantragen. Dabei behält sich die Stadt Ingolstadt ausdrücklich Auflagen und Nebenbestimmungen vor, die von den Ausführungen des Sanierungsplans abweichen.

## 2. Gebiet des Kurzberichts

Gebiet und Geltungsbereich des Kurzberichts sind identisch mit dem im öffentlich-rechtlichen Sanierungsvertrag definiertem Umgriff des dort als „Entwicklungsgelände“ bezeichneten Areals (ist der Anlage 1 zum Sanierungsvertrag zu entnehmen). Das Gebiet des Kurzberichts wird in der Folge als „Entwicklungsgelände“ bezeichnet.

Der Kurzbericht regelt u.a. die zur bodenschutz- und wasserrechtlichen Gefahrenabwehr sowie zur Gewährleistung gesundheitlich unbedenklicher Wohn-, Arbeits- und Aufenthaltsbedingungen gemäß der angestrebten gewerblich-industriellen Nachfolgenutzung einzuhaltenden Sanierungsziele für Boden, Bodenluft und Grundwasser. Diese Ziele beziehen sich ausschließlich auf das Grundwasser und die Nutzungen auf dem Entwicklungsgelände. Die Ausführungen des Kurzberichts und die dort formulierten Ziele betreffen nicht die außerhalb des Entwicklungsgeländes gelegenen Grundstücksflächen und Oberflächengewässer sowie das unter ihnen befindliche Grundwasser (insbesondere Bereich östlich des Entwicklungsgeländes / Grundwasserabstrom) und die auf Ihnen stattfindenden Nutzungen, auch soweit in diesen Bereichen bestehende oder künftig noch eintretende Belastungen des Bodens, des Grundwassers und von Oberflächengewässern ihren Ursprung auf dem Entwicklungsgelände haben. Bezüglich dieser Bereiche trifft der Kurzbericht keine Aussagen und hat somit keinen – insbesondere keinen abschließenden – Regelungscharakter.

### 3. Literatur und verwendete Unterlagen

Nicht verbindliche, fachliche Grundlage der vorliegenden Kurzfassung des Sanierungsplanes bildet der umfassende Sanierungsplan vom 22.01.2016, in dem auch alle verwendeten und weiterführenden Literaturangaben enthalten sind.

## 4. Darstellung der Ausgangslage

### 4.1 Standortverhältnisse

Nachfolgend werden die Standortverhältnisse des Sanierungsgeländes kurz beschrieben, die ausführlichen Darstellungen finden sich im ausführlichen Sanierungsplan vom 22.01.2016.

#### 4.1.1 Lage des Standortes

Das Entwicklungsgebiet, Teil der stillgelegten Bayernoil-Raffinerie Ingolstadt, liegt an der südöstlichen Grenze des Stadtkreises Ingolstadt, nahe der Autobahnanschlussstelle Ingolstadt Süd, ca. 3,5 – 4 km südöstlich des Stadtzentrums von Ingolstadt. Nördlich grenzt das Gelände direkt an den Hochwasserdamm der Donau, die in knapp 300 m Entfernung zum Standort in Richtung Osten vorbeiströmt. Westlich des Geländes liegt der Auwaldsee, von dem die ehemalige Raffinerie durch das von der Eriagstraße erschlossene Gewerbegebiet getrennt ist. Dieses Gewerbegebiet erstreckt sich entlang der westlichen Seite des Entwicklungsgebietes, getrennt durch die Eriagstraße, nach Süden, wo es auf ackerbaulich geprägtes Gebiet trifft. Nördlich des Auwaldsees befindet sich ein Standortübungsplatz der Bundeswehr. Südlich des Entwicklungsgebietes befinden sich der Sportpark Ingolstadt mit dem Fußballstadion des FCI (ehemals Teil des Raffineriegeländes) sowie weitere Gewerbeflächen, erschlossen durch die Stichstraße „Am Sportpark“. Direkt an das Sportgelände grenzt im Süden ein schmaler Streifen Auwald, der in Ackerbauflächen übergeht. Östlich des Entwicklungsgeländes finden sich bewaldete Flächen, die sich bis in das Gelände hinein erstrecken. Südöstlich davon liegen grundwassergespeiste Teiche im direkten Grundwasserabstrom der ehemaligen Raffinerie.

Das gesamte Gelände des ehemaligen Betriebsteils Ingolstadt der Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH umfasste vor der Parzellierung eine Fläche von ca. 108 ha. Das Entwicklungsgebiet, die Teilflächen 3 und 5 des ehemaligen Raffineriegeländes, nehmen mit rund 75 ha mehr als 70 % der Fläche des ehem. Raffineriegeländes ein.

Die Geländehöhen auf den Teilflächen 3 und 5 liegen im Wesentlichen zwischen 361,5 und 364 müNN. Die rechtwinklig angelegten Dämme der ehemaligen Raffineriestraßen liegen auf oder über der Geländehöhe. Die Flächen zwischen den Raffineriestraßen sind weitgehend eingeebnet.

Auf den Teilflächen 3 und 5 wurde im Jahr 2012 der oberirdische Rückbau der stillgelegten Anlagen und Tanks durchgeführt. Der Tankanlagenrückbau wurde im Januar 2014 weitgehend abgeschlossen.

#### 4.1.2 Geologie sowie Hydrogeologie und -chemie

Im Untergrund des gesamten Raffineriegeländes stehen quartäre Sedimente der Donau an, die bis in Tiefen von 6 - 12 Metern unter Gelände reichen. Diese Sedimente bestehen vor allem aus Kiesen, im oberen Bereich treten auch sandigere Partien mit stellenweise schluffigen Lagen auf. Die Durchlässigkeit der quartären Sedimente ist als sehr hoch anzusehen.

Unterlagert werden die quartären Kiese und Sande von Feinsanden, Schluffen und Tonen der unteren Süßwassermolasse des Tertiärs, die als Grundwassergeringleiter, jedoch nicht als Grundwasserhemmer anzusprechen sind. Die Durchlässigkeiten im Tertiär sind wesentlich geringer als im Quartär, allerdings sind auch die tertiären Sedimente wasserführend.

Das quartäre Grundwasser durchströmt mit einer Menge von fast 7.000 m<sup>3</sup> pro Tag das Gelände von Nordwest nach Südost, wobei die Abstandsgeschwindigkeit 2 - 6 Meter pro Tag beträgt. Das quartäre Grundwasser steht in einer Tiefe von ca. 0,5 - 2,5 Meter unter Gelände an, wird im Norden von der Donau gespeist und fließt nach Südosten wieder Richtung Donau ab, wobei es auf diesem Weg Altarme der Donau und diverse Oberflächengewässer durchströmt.

Das das ehemalige Raffineriegelände durchströmende Grundwasser ist weitestgehend sauerstofffrei mit geringen Nitrat-, Phosphat-, Sulfat-, Eisen- und Mangan-Gehalten und führt zu anaeroben Verhältnissen im Untergrund, die nur einen sehr langsamen natürlichen Abbau der Kohlenwasserstoffe ermöglichen, jedoch zu einer deutlichen Methanproduktion durch den Abbau der Kohlenwasserstoffe führen. Allerdings strömt bereits methanhaltiges Grundwasser aus den ufernahen Bereichen der Donau auf das Gelände zu.

#### 4.1.3 Bestehende und absehbar planungsrechtlich zulässige Nutzung

Gemäß rechtskräftigem Bebauungsplan 177P Ä1 vom Juni 2015 sind die Teilflächen 1 und 2 (nach ARCADIS) des ehemaligen Raffineriegeländes als Sondergebiet mit der Zweckbestimmung Sportpark festlegt, an den Rändern dieser Flächen sind Verkehrs-, Grün- und Ausgleichsflächen ausgewiesen.

Die Teilfläche 4 ist im gültigen Bebauungsplan als Gewerbegebiet festgelegt, ergänzt durch Verkehrsflächen für zwei Zufahrtstraßen.

Für das zukünftige IN-Campus Gelände, also für die Teilflächen 3 und 5 der ehemaligen Raffinerie, liegt bis dato noch kein Bebauungsplan vor, ist aber aktuell in Arbeit. Im gültigen Flächennutzungsplan ist diese Fläche überwiegend als gewerbliche Fläche ausgewiesen.

Im sich derzeit in Bearbeitung befindlichen Bebauungsplan soll die Fläche als Gewerbe- und Industriegebiet ausgewiesen werden.

## 4.2 Gefahrenlage

### 4.2.1 Schadstoffinventar

Auf dem Entwicklungsgelände liegen Boden-, Bodenluft- und Grundwasserbelastungen vor, die auf den jahrzehntelangen Betrieb der Raffinerie zurückzuführen sind. Die kontaminierten Bereiche erfassen einen großen Teil des Geländes, konzentrieren sich aber vor allem auf die Produktionsbereiche wie die Prozessfelder 1 und 2, den Blender und verschiedene Tankhöfe.

Während die perfluorierten Kohlenwasserstoffe (PFC) eine eindeutige Verunreinigung des Grundwassers, ausgehend vom ehemaligen Raffineriegelände, mit deutlicher Wirkung über die Grundstücksgrenzen hinaus zeigen, sind die restlichen Kohlenwasserstoff-Belastungen im Boden als relativ ortsfest zu charakterisieren und stellen derzeit ein relativ geringes Gefährdungspotenzial für abstromig liegende Gebiete und Wassernutzungen dar. Allerdings sind sie als Quelle für die deutlichen Methangehalte im Untergrund verantwortlich. Ein weiteres Gefährdungspotenzial für das Grundwasser geht von den flüchtigen aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen aus, die nachweislich der seit Anfang September laufenden Abstromsicherung bereits

auch die Grundstücksgrenze mit dem Grundwasser passiert hatten. Allerdings werden diese Kohlenwasserstoffe durch die Pump&Treat-Maßnahmen im Abstrom mittlerweile zurückgehalten.

Die flüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe stellen jedoch ein nicht unerhebliches Gefährdungspotenzial für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch dar, da durch die Schadstoffmenge und die hydrochemischen Standortbedingungen eine laufende Methanproduktion und eine Ausgasung der leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe C<sub>1</sub> und C<sub>5</sub> bis C<sub>10</sub> zu besorgen ist.

#### Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Die Mineralölkohlenwasserstoffe C<sub>10</sub> bis C<sub>40</sub> sind die auf dem Gelände am weitesten verbreiteten Schadstoffe, die überwiegend bis deutlich unterhalb der Grundwasseroberfläche reichen; allerdings besitzen sie ein relativ geringeres Verunreinigungspotenzial für das Grundwasser. Ihr Verhalten wird in erster Linie von Retention bestimmt, so dass sich keine oder nur sehr kurze Schadstofffahnen ergeben. Die Menge an sanierungsrelevant mit MKW verunreinigten Bodenmassen beträgt ca. 180.000 m<sup>3</sup>, die jedoch zum Großteil im Bereich bzw. unterhalb der Grundwasseroberflächen liegen. Insgesamt ist von einer MKW-Menge von ca. 850 - 900 Tonnen auszugehen, die sich noch im Untergrund des gegenständlichen Areals befindet.

#### Leichtflüchtige aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe

Die Gruppe der leichtflüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe C<sub>1</sub> - C<sub>10</sub> wurden in den vorausgegangenen Untersuchungen, die fast ausschließlich auf die leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) beschränkt waren, nicht bzw. nur sehr untergeordnet hinsichtlich der aliphatischen Verbindungen erfasst. Sie zeigen jedoch ein erhebliches Gefährdungspotenzial für das Grundwasser, aber vor allem auch für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch, der Handlungsbedarf anzeigt. Die überwiegend im Grundwasser gelösten oder als residuale Phase, vor allem im Grundwasserschwankungsbereich am Feststoff adsorbiert vorliegenden Stoffe führen zu deutlichen Ausgasungsvorgängen in die Bodenluft der insgesamt maximal 2 - 3 Meter mächtigen wasserungesättigten Bodenzone und können dort bei späteren baulichen Maßnahmen zu erheblichen Problemen in Bauwerken, vor allem aber in Kellern, Schächten, Kanälen, unter flächigen Versiegelungen etc. führen. Die Bodenluft zeigt großflächig z.T. sauerstofffreie Verhältnisse mit Methan und sonstigen Kohlenwasserstoffverbindungen oberhalb der unteren Explosionsgrenze. Diese flüchtigen Schadstoffe sind z.T. eng mit den MKW-Belastungen verknüpft, treten jedoch auch großflächig außerhalb dieser Belastungszone auf. Die leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) spielen gegenüber den aliphatischen Kohlenwasserstoffen dabei nur eine untergeordnete Rolle.

Als Worst-case-Szenario errechnet sich grob überschlägig eine Menge von ca. 150 - 260 Tonnen an leichtflüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, die sich im Untergrund des Entwicklungsgeländes befinden.

#### Per- und polyfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)

Die nach einem jahrzehntelangen Umgang mit Feuerlöschschäumen auf dem Raffineriegelände entstandenen Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit PFC zeigen zwar insgesamt sehr geringe Mengen dieser Stoffe im Untergrund an (geschätzt bis max. 100 kg), jedoch ist die Wirkung dieser gut wasserlöslichen und persistenten Stoffe erheblich. Nachweislich aller Untersuchungen strömen diese Stoffe bereits seit Jahrzehnten mit dem Grundwasser vom Gelände ab. Neben einem kompakten Auftreten der Schadstoffe an bekannten Übungsplätzen der Feuerwehr treten die PFC auch diffus auf und führen zu einer nachhaltigen Grundwasserverunreinigung.



Die sich überwiegend noch in der wasserungesättigten Bodenzone befindlichen PFC können zwar durch Fahrzeug- und Windbewegungen auf dem Gelände freigesetzt werden, die Gefahr einer relevanten inhalativen Aufnahme der Stoffe durch den Menschen besteht jedoch nicht.

#### Sonstige Schadstoffe

Weitere Schadstoffe, die auf einem Gelände mit vergleichbarer Nutzung auftreten könnten, wurden in allen Untersuchungen nicht bzw. nur untergeordnet nachgewiesen. Dies gilt insbesondere für PAK, PCB, Schwermetalle, LHKW, Pflanzenschutzmittel, aber auch für H<sub>2</sub>S, MTBE und weitere Nebenprodukte einer Raffinerie.

Eine detailliertere Beschreibung der Schadstoffe mit Herleitung der Mengen, der Verbreitung sowie der Auswirkungen finden sich in der Langfassung des Sanierungsplanes vom 22.01.2016.

#### **4.2.2 Betroffene Wirkungspfade, Schutzgüter und -bedürfnisse**

Durch die über 45-jährige Nutzung des Standortes als Raffinerie kam es zu deutlichen Boden-, Bodenluft- und Grundwasserverunreinigungen mit benzinbürtigen Kohlenwasserstoffen und Mineralölkohlenwasserstoffen, die eine Beeinträchtigung des Schutzgutes Grundwasser und des Menschen bewirken und von denen bei Umnutzung des Geländes, insbesondere bei einer sensibleren Nachnutzung Gefährdungen der Schutzgüter Grundwasser und Mensch zu besorgen sind. Ein zusätzlicher, raffinerie-unabhängiger Eintrag altlastenrelevanter Schadstoffe erfolgte durch den Einsatz und das Ausbringen PFC-haltiger Löserschäume.

Weitere Schadstoffe wurden auf dem Gelände bis dato nicht nachgewiesen bzw. sind nicht zu besorgen.

Eine Gefährdung der Schutzgüter durch den direkten Wirkungspfad Boden-Mensch bzw. Boden-Nutzpflanze ist auf dem gegenständlichen Gelände nachweislich der durchgeführten Untersuchungen nicht zu besorgen und aufgrund des geplanten Landlevellings mit der flächenhaften Aufschüttung des Geländes mit geeignetem Material auch in Zukunft auszuschließen.

Bei allen früheren Untersuchungen wurde jedoch das Potential der Methanogenese beim Abbau der Kohlenwasserstoffe unterschätzt. Es konnte in zahlreichen veröffentlichten Studien nachgewiesen werden, dass die Nutzung von Kohlendioxid als Elektronenakzeptor (wird zu Methan reduziert) für den Abbau von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen eine große Bedeutung erlangen kann. Dieser Sachverhalt ist bei den im Untergrund liegenden Kohlenwasserstoffmengen und der geplanten Folgenutzung des Geländes mit weitest gehender Oberflächenversiegelung im Hinblick auf den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch und der anhaltenden Methanproduktion besonders zu beachten. Dies gilt insbesondere auch für die flüchtigen aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffe, die flächendeckend in zum Teil sehr hohen Konzentrationen auf dem Gelände auftreten.

Grundsätzlich begünstigt das flüchtige Verhalten gelöster, kurzkettiger aliphatischer Kohlenwasserstoffe, die hohe Henry-Koeffizienten aufweisen, deren Übergang aus der Lösung in Wasser in die Bodenluft. Allerdings kann unter realen Bedingungen aus gegebenen Grundwasserbelastungen nicht unmittelbar auf sich einstellende Bodenluftkonzentrationen geschlossen werden. Im LfU-Merkblatt Altlasten 2 (Stand: September 2009) wird hierzu ausgeführt: „Ein Gleichgewicht zwischen der Schadstoffkonzentration  $c_w$  im Grundwasser und  $c_{BL}$  in der Bodenluft lässt sich theoretisch durch den Henry-Koeffizienten beschreiben. Die tatsächlich sich in der Bodenluft einstellende Konzentration wird allerdings infolge von Transportvorgängen im ungesättigten Bodenkörper und durch mikrobielle Umwandlung (z.B. bei Benzinkohlenwasserstoffen und alkylierten Benzolen (BTEX und verwandte Verbindungen)) zu niedrigeren Werten verschoben.“

Auch die Untersuchungen auf dem Gelände ließen keine valide Korrelation zwischen Grundwasser- und Bodenluftbelastungen anhand von Henry-Koeffizienten zu. Insofern stellt die Gefährdung der menschlichen Gesundheit primär auf Bodenluftkonzentrationen ab, auch wenn sich ein Wirkungspfad Grundwasser-Bodenluft-Mensch ergeben kann. Umso höhere Bedeutung kommt damit Nachbesserungsmöglichkeiten zu, falls sich bei den festgelegten Sanierungszielwerten für das Grundwasser Ausgasungen aus dem Grundwasser in die Bodenluft ergeben sollten.

### 4.3 Gefährdung durch Kampfmittel

Gemäß einer Luftbildrecherche der HPC AG vom 06.03.2007 auf Basis eines Luftbildes vom 30.07.1945, sind auf dem Entwicklungsgelände sowie nördlich davon mehrere Bombentrichter vorhanden. Die historische Kampfmittelvorerkundung der Luftbilddatenbank Dr. Carls vom 14.12.2015 grenzt die Bereiche der bombardierten Flächen weiter ein. Die Bauarbeiten in diesen Teilbereichen werden von Fachfirmen für die Kampfmittelbeseitigung begleitet werden.

## 5. Maßnahmenwerte und Sanierungsziele

Der Versuch, aus den vorliegenden Analysenergebnissen der Kohlenwasserstoffe C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub> Korrelationen zwischen den im Feststoff und in den räumlich korrespondierenden Kompartimenten Bodenluft und Grundwasser ermittelten Schadstoffgehalten abzuleiten, ergab keine validen Ergebnisse. Erschwerend kam dabei hinzu, dass eine belastbare Bestimmung der Feststoffgehalte für Kohlenwasserstoffe < C<sub>10</sub> bei den vorliegenden, groben Sedimenten nicht möglich war.

Eine begründete Herleitung standortspezifischer Maßnahmenwerte für Boden und Bodenluft sowie daraus abgeleiteter, zu erwartender Sickerwassergehalte war somit nicht möglich. Die Maßnahmenwerte und Sanierungsziele für das Schutzgut Grundwasser werden daher, mit Ausnahme der Feststoffeluatwerte für PFT, ausschließlich an Schadstoffgehalten im Grundwasser und für die leichtflüchtigen Aromaten und Aliphaten zusätzlich an Schadstoffgehalten in der Bodenluft festgemacht.

Hinsichtlich des Wirkungspfads Bodenluft-Mensch wurden umfangreiche Versuche vorgenommen, sich durch Ausgasung aus dem Grundwasser ergebende Belastungen der Bodenluft mit flüchtigen Schadstoffen über Henry-Koeffizienten zu berechnen. Diese thermodynamisch für Einstofflösungen begründeten physikalischen Zusammenhänge ließen sich nicht mit real festgestellten Schadstoffverteilungen zwischen der flüssigen und gasförmigen Phase in Übereinstimmung bringen. Insofern wurde auf die Ableitung von Gefahrenschwellen im Grundwasser hinsichtlich des Wirkungspfads Grundwasser-Bodenluft-Mensch verzichtet. Vielmehr wurden ausgehend von anzustrebenden Raumluftqualitäten über Transferfaktoren Sanierungsziele für die Bodenluft abgeleitet. Diese Sanierungszielwerte stellen zugleich Maßnahmenwerte dar.

### 5.1 Angestrebte Dekontamination

Angestrebt wird eine ca. 80%-tige Entfrachtung der im Boden und im Grundwasser auf dem Entwicklungsgelände vorhandenen C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>-Kohlenwasserstoffe durch Bodenaushub teilweise bis deutlich unter den Grundwasserspiegel. Bei der Festlegung der Aushubmassen wurde darauf geachtet, dass vor allem

die hochbelasteten Bereiche mit Konzentrationen > 1.000 mg/kg und die Bereiche mit den höchsten Schadstoffmengen erfasst werden. Dabei muss jedoch auch unbelasteter bzw. gering belasteter Boden aus bautechnischen Gründen, vor allem oberhalb des Grundwasserspiegels, mit entfernt werden.

Die angestrebte Dekontamination gilt auch für die flüchtigen aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffe sowie an einer Stelle auf dem Gelände die flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe, die vorrangig mittels Air-/Bio-Sparging aber auch ergänzend oder alternativ mittels Bodenaushub zu ca. 80% aus dem Untergrund entfernt werden. Die Berechnung der sich im Boden und im Grundwasser befindlichen Menge der C<sub>1</sub> sowie der C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> Kohlenwasserstoffe incl. BTEX erwies sich als deutlich schwieriger als bei den C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> Kohlenwasserstoffen. C<sub>5</sub> - C<sub>10</sub>-KW treten auf einer Fläche von ca. 130.000 m<sup>2</sup> mit einer durchschnittlichen Belastungsmächtigkeit von 2 Metern (0,5 Meter über und ca. 1,5 Meter unter Grundwasser) auf. Mit der Entfrachtung von ca. 80% durch aktive Sanierungsmaßnahmen ist eine der Voraussetzungen für ein den aktiven Sanierungsmaßnahmen nachlaufendes MNA, die Quellsanierung gemäß LfU-Merkblatt Nr. 3.8/3, erfüllt.

Bezüglich der PFC im Untergrund wird ebenfalls eine Entfrachtung von ca. 80 % der Stoffe durch Bodenaushub angestrebt, wobei die sich danach überwiegend im wassergesättigten Bereich befindlichen PFC im Laufe der Jahre fast vollständig über die Abstromsicherung ausgetragen werden. Eine exakte Bilanzierung der Mengen an PFC, die sich noch im Untergrund des Geländes befinden, ist jedoch nicht möglich. Hinsichtlich der bis zur Übernahme des Geländes durch die IN-Campus GmbH am 01.01.2016 bereits abgeströmten PFC-Frachten ist von einer Menge von ca. 90 - 120 kg auszugehen, wobei folgende Annahmen als realistisch zu betrachten sind: dauerhaftes Abströmen von ca. 170 m<sup>3</sup>/h mit einer angenommenen durchschnittlichen PFC-Belastung von ca. 2 µg/l über einen Zeitraum von mindestens 30 - 40 Jahren zwischen ca. 1974 und 2014.

## 5.2 Grundwasser

### 5.2.1 Nichtfluorierte organische Verbindungen

Für das Grundwasser sind auf dem gesamten Entwicklungsgelände folgende Maßnahmen- bzw. Sanierungszielwerte zu beachten:

Stoff	Maßnahmenwert [µg/l]	Sanierungszielwert [µg/l]
MKW	1.000	500
BTEX	100	50
Benzol	10	5
Aliphat. Kohlenwasserstoffe C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub>	100	50
LHKW	40	20

Als zusätzliches Kriterium ist an der abstromigen Grundstücksgrenze die dauerhafte Einhaltung der jeweiligen Stufe-1-Werte des LfW-Merkblatts Nr. 3.8/1, Anhang 3, Tab. 4 vom 31.10.2001 zu gewährleisten.

## 5.2.2 Grundwasserbelastungen mit PFC

Soweit im Zusammenhang mit PFC auf Stufenwerte abgestellt wird, sind hierunter die jeweiligen (vorläufigen) Werte gemäß LfU Leitlinien (Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC in Wasser und Boden, Stand Januar 2015) zu verstehen.

Im Hinblick auf die Gefährlichkeit sowie die Stoffeigenschaften der PFC sind bei Stufe-2-Wert-Überschreitungen im Grundwasser Maßnahmen erforderlich. Da sich die PFC im Gegensatz zu den unter 5.2.1 genannten Schadstoffen nicht weiter abbauen, ist für PFC auf dem gesamten Entwicklungsgelände als Sanierungszielwert im Grundwasser der Stufe-1-Wert anzusetzen.

Stoff	Maßnahmenwert [ $\mu\text{g/l}$ ]	Sanierungszielwert [ $\mu\text{g/l}$ ]
Perfluoroktansulfonsäure <b>PFOS</b>	1,0	0,23
$\Sigma$ aus Perfluoroktansulfonsäure, Perfluoroktansäure und Perfluorhexansulfonsäure <b>PFOS+PFOA+PFHxS</b>	1,0	0,3
Perfluorbutansäure <b>PFBA</b>	28,0	7,0
Perfluorbutansulfonsäure <b>PFBS</b>	12,0	3,0
Perfluorpentansäure <b>PFPeA</b>	12,0	3,0
Perfluorhexansäure <b>PFHxA</b>	4,0	1,0
Perfluorheptansäure <b>PFHpA</b>	1,0	0,3
Perfluoronansäure <b>PFNA</b>	1,0	0,3
Perfluordekansäure <b>PFDA</b>	1,0	0,3

Als zusätzliches Kriterium ist an der Grundstücksgrenze die dauerhafte Einhaltung der jeweiligen (vorläufigen) Stufe-1-Werte (siehe vorstehende Tabelle) zu gewährleisten. Hierzu und im Hinblick auf die Verhinderung eines Eintrags von PFC in abstromige Gewässer ist die hydraulische Abwehrmaßnahme an der Grundstücksgrenze unverzüglich soweit zu ertüchtigen, dass eine vollständige Gefahrenabwehr erreicht wird.

## 5.3 Maßnahmenwerte für den Boden hinsichtlich der Belastung mit PFC

Soweit im Zusammenhang mit PFC auf Stufenwerte abgestellt wird, sind hierunter die jeweiligen (vorläufigen) Werte gemäß LfU Leitlinien (Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC in Wasser und Boden, Stand Januar 2015) zu verstehen.

Im Hinblick auf die Gefährlichkeit sowie die Stoffeigenschaften der PFC sind in den vorgesehenen Aushubbereichen zur PFC-Sanierung bei Stufe-2-Wert-Überschreitungen im Eluat von Bodenproben Maßnahmen erforderlich. Eine Sohlbeprobung in der gesättigten Bodenzone ist dabei aufgrund der hohen Löslichkeit der PFC fachlich nicht sinnvoll und muss daher nicht vorgenommen werden.

Da sich die PFC im Gegensatz zu den raffinerietypischen Schadstoffen nicht weiter abbauen, ist für PFC, wie vorstehend beschrieben, als Sanierungszielwert im Grundwasser der Stufe-1-Wert anzusetzen.

Stoff	Maßnahmenwert [ $\mu\text{g/l}$ ]	Sanierungszielwert [ $\mu\text{g/l}$ ]
Perfluoroktansulfonsäure <b>PFOS</b>	1,0	0,23
$\Sigma$ aus Perfluoroktansulfonsäure, Perfluoroktansäure und Perfluorhexansulfonsäure <b>PFOS+PFOA+PFHxS</b>	1,0	0,3
Perfluorbutansäure <b>PFBA</b>	28,0	7,0
Perfluorbutansulfonsäure <b>PFBS</b>	12,0	3,0
Perfluorpentansäure <b>PFPeA</b>	12,0	3,0
Perfluorhexansäure <b>PFHxA</b>	4,0	1,0
Perfluorheptansäure <b>PFHpA</b>	1,0	0,3
Perfluoronansäure <b>PFNA</b>	1,0	0,3
Perfluordekansäure <b>PFDA</b>	1,0	0,3

Durch geeignete Probenahmen und Eluatuntersuchungen ist in den Bereichen, in welchen eine PFC-Sanierung durch Bodenaustausch erfolgt, der Nachweis der Unterschreitung der Maßnahmenwerte an den verbleibenden Böden zu führen.

#### 5.4 Bodenluft-Grundwasser

Hinsichtlich der Gefahrenabwehr für den Wirkungspfad Bodenluft-Grundwasser wird bezüglich der leicht flüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) ein Maßnahmenwert von  $100 \text{ mg/m}^3$ , entsprechend dem Hilfswert-2 gemäß LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 festgelegt. Als Sanierungszielwert sind diesbezüglich  $50 \text{ mg/m}^3$  einzuhalten. Abweichend davon werden für Benzol als Einzelstoff ein Maßnahmenwert von  $10 \text{ mg/m}^3$  und ein Sanierungszielwert von  $5 \text{ mg/m}^3$  festgelegt.

Unter Beachtung der gegenüber aromatischen Kohlenwasserstoffen erheblich höheren Henry-Koeffizienten (mehr als Faktor 300) und der damit gegenüber der Gasphase geringeren Anreicherung im Sickerwasser werden für die aliphatischen Kohlenwasserstoffe  $\text{C}_5\text{-C}_9$  höhere Bodenluftkonzentrationen als tolerabel eingestuft. Für diese Stoffgruppe werden der Maßnahmen- und der Sanierungszielwert auf  $1.000 \text{ mg/m}^3$  festgelegt. Soweit sich für die Wirkungspfade Bodenluft-Grundwasser und Bodenluft-Mensch unterschiedliche Maßnahmen- und Sanierungszielwerte ergeben, ist der jeweils niedrigere Wert auslösend für Maßnahmen bzw. verbindlich als Sanierungszielwert einzuhalten.

#### 5.5 Boden-Mensch

Der Wirkungspfad Boden-Mensch über den Weg des direkten Kontaktes oder die inhalative Aufnahme von belasteten Staubpartikeln wird als nicht relevant angesehen, da einerseits in den Oberböden bzw. entsiegelten Geländeoberflächen keine relevanten Schadstoffe nachgewiesen werden konnten und andererseits durch das vorgesehene „Landlevelling“ durch vorhandene oder angelieferte Böden und bodenähnliche mineralische Materialien eine durchgehende Abdeckung erfolgt. Die einzubauenden Materialien müssen jedoch nachweislich die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch (Park- und Freizeitanlagen) unterschreiten. Das gilt ggf. auch für PFC-belastete Böden.

## 5.6 Bodenluft-Mensch

Hinsichtlich des Wirkungspfades Bodenluft-Mensch sind Sanierungsziele erforderlich, um gesunde Aufenthalts- und Arbeitsbedingungen für die auf dem Gelände zukünftig tätigen Menschen zu gewährleisten.

Die für eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit relevanten gasförmigen Schadstoffe sind die leichtflüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> wie z.B. Methan, Benzinkohlenwasserstoffe und BTEX.

Um für die zukünftige Nutzung des Geländes gesunde Luftverhältnisse in Außen- und Innenbereichen sicherzustellen, sind die sogenannten RW1-Werte der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumlufteinzuhalten. Der RW1-Wert ist als Konzentration eines Stoffes in der Innenraumlufte definiert, die auch bei einer lebenslangen Exposition zu keiner gesundheitlichen Beeinträchtigung eines Menschen führt. Er stellt daher einen Vorsorgewert dar.

Für die am Standort relevanten leichtflüchtigen organischen Schadstoffe sind folgende RW1-Werte für die Innenraumlufte festzulegen:

• Toluol (Einzelstoff):	0,3	mg/m <sup>3</sup>
• Styrol (Einzelstoff):	0,03	mg/m <sup>3</sup>
• Index aromatenarme KW-gemische C <sub>9</sub> -C <sub>14</sub> :	0,2	mg/m <sup>3</sup>
• Index aromatische KW C <sub>9</sub> -C <sub>16</sub> :	0,5	mg/m <sup>3</sup>
• Index aromatische KW C <sub>7</sub> -C <sub>8</sub> :	0,4	mg/m <sup>3</sup>
• Index aromatische KW C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub> :	0,2	mg/m <sup>3</sup>
• Index Alkane C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub> :	0,2	mg/m <sup>3</sup>
• Index Alkane C <sub>9</sub> -C <sub>18</sub> :	0,2	mg/m <sup>3</sup>
• Summe BTEX (ohne Benzol) und Aliphate C <sub>5</sub> -C <sub>n</sub> :	0,2	mg/m <sup>3</sup>
• VOC:	0,2	mg/m <sup>3</sup>

Zur Bewertung der Ausgasung aus der ungesättigten Zone und dem Übergang von der Boden- in die Atem-/Raumlufte sind folgende Transferfaktoren anzusetzen.

- 1 : 1.000 für Gebäude
- 1 : 5.000 für Parkhäuser (diese sind mit durchgehenden und dichten Bodenplatten auszuführen)
- 1 : 10.000 für Freiflächen, Straßen

Als Kappungsgrenze für die Summe aller VOC werden 1.000 mg/m<sup>3</sup> gemäß LfU-Merkblatt Altlasten 2 angesetzt.

Es ergeben sich aus den o. g. Voraussetzungen abgeleitet folgende Maßnahmenwerte für die Bodenluft, die gleichzeitig auch Sanierungszielwerte darstellen:

• Summe aromatische und aliphatische KW (VOC):	200 mg/m <sup>3</sup>	unter von Personen genutzten Gebäuden
• Summe aromatische und aliphatische KW (VOC):	1.000 mg/m <sup>3</sup>	unter Parkhäusern und dichten Bodenplatten
• Summe aromatische und aliphatische KW (VOC):	1.000 mg/m <sup>3</sup>	unter Freiflächen
• Benzol (Einzelstoff):	10 mg/m <sup>3</sup>	
• Styrol (Einzelstoff):	30 mg/m <sup>3</sup>	
• Schwefelwasserstoff:	20 ppm	

- Zur Erreichung einer höchstmöglichen Sicherheit für spätere Bauwerke sowie unterirdische Schächte und Leitungstrassen wird ein standortbezogener Maßnahmenwert für Methan für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch von 0,5 Vol.% (entspricht 5.000 ppm) definiert, als Sanierungsziel gelten hier 50 % des Maßnahmenwertes, also 2.500 ppm.

## 5.7 Boden-Nutzpflanze

Da der Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze bei Beachtung aller Untersuchungsergebnisse, bei der geplanten Nutzung sowie der Aufhöhung und weitest gehenden Versiegelung des Entwicklungsgebietes nicht relevant ist, ist auch die Festlegung von Sanierungszielen nicht erforderlich.

## 6. Elemente und Ablauf der Sanierung, Kurzdarstellung der Sanierungsmaßnahmen, Nachweis der Eignung

### 6.1 Elemente der Sanierung

Für die betroffenen Wirkungspfade Boden-Grundwasser sowie Boden-Mensch bzw. (Boden/Grundwasser)-Bodenluft-Mensch werden nachfolgend genannte Sanierungsmaßnahmen umgesetzt. Ziel aller Maßnahmen ist die Erwirkung einer Altlastenfreistellung des gesamten Geländes sowie die Schaffung gesunder Aufenthalts- und Arbeitsverhältnisse auf dem neuen IN-Campus Gelände.

Die Bereiche, in welchen auf dem Entwicklungsgelände Dekontaminationsmaßnahmen vorgesehen sind (nachfolgend „Maßnahmenbereiche“ genannt), sind in den Anlagen 1 und 2 als Plandarstellung („Aushubbereiche“ und „Air-Sparging-Bereiche“) beigefügt.

Die konkrete Ausgestaltung der Sanierungsmaßnahmen, insbesondere hinsichtlich der Fragestellung welches Verfahren wo eingesetzt wird, obliegt der IN-Campus GmbH und muss so gestaltet werden, dass alle vorstehenden Sanierungsziele erreicht werden.

Inwieweit bei einzelnen Sanierungsmaßnahmen begleitende Pump & Treat-Maßnahmen zur Erfassung ggf. durch die Maßnahme mobilisierter Schadstoffe erforderlich sind, ist im Rahmen der jeweiligen Wasserrechtsverfahren zu entscheiden.

#### Dekontaminationsmaßnahmen durch Aushub

- Dekontaminationsmaßnahmen durch frei geböschten Bodenaushub bis zum Grundwasserspiegel
- Dekontaminationsmaßnahmen durch frei geböschten Bodenaushub und Naßbaggern bis max. 0,3 Meter unter Grundwasserspiegel (v.a. bei PFC-Bodenbelastungen)
- Dekontaminationsmaßnahmen durch Bodenaushub im Naßbaggerverfahren bis maximal 3 Meter unter Grundwasserspiegel
- Dekontaminationsmaßnahmen durch „trockenen“ Bodenaushub innerhalb eines statisch und hydraulisch wirksamen Verbaus mit Wasserhaltung bis ca. 4 Meter unter Grundwasserspiegel
- Dekontaminationsmaßnahmen von tieferreichenden Bodenverunreinigungen mit C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> KW mittels überschnittener Großlochbohrungen oder Wabenaushub
- Pump & Treat-Maßnahmen zur Unterstützung bzw. Sicherung der Dekontaminationsmaßnahmen



### Ölphasenabschöpfung

- vorauseilende Abschöpfung von aufschwimmender Ölphase

### Air-/Bio-Sparging bzw. Bodenluftabsaugung

- Air-/Bio-Sparging bzw. Bodenluftabsaugung zum Austrag von flüchtigen Kohlenwasserstoffen und zum aeroben Abbau auch von längerkettigen Kohlenwasserstoffen (ENA), begleitet von Pump & Treat-Maßnahmen zur Erfassung der ggf. durch das Air-Sparging mobilisierten Kohlenwasserstoffe
- Pump & Treat-Maßnahmen zur Unterstützung bzw. Sicherung der Dekontaminationsmaßnahmen

### Enhanced Natural Attenuation (ENA)

- Einbringen sauerstofffreisetzender Substanzen (z.B. ORC® und/oder Zugabe von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in das reiniifiltrierte Grundwasser) in die ausgehobenen Bodenbereiche zur Aktivierung des aeroben Abbaus der restlichen Kohlenwasserstoffe (ENA)
- gezielte Versickerung sauerstoffhaltigen Niederschlags- bzw. Grundwassers (ENA)

### Pump & Treat-Maßnahmen

- lokale Pump & Treat-Maßnahmen zur Sanierung des Grundwassers

### Abstromsicherung an der Grenze des Entwicklungsgeländes

- Pump & Treat-Maßnahmen zur Unterbindung des Abstroms PFC- und Kohlenwasserstoff-belasteten Grundwassers vom Entwicklungsgelände (Abstromsicherung)

## **6.2 Bodenaushub**

Die Sanierung des Standortes im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser erfolgt primär durch Dekontamination in Form eines Bodenaushubs für die C<sub>10</sub> - C<sub>40</sub>-Kohlenwasserstoffe und die PFC. Für die flüchtigen Kohlenwasserstoffe (C<sub>1</sub> - C<sub>10</sub>-KW) wird - neben einem Bodenaushub bei Vergesellschaftung mit den C<sub>10</sub> - C<sub>40</sub>-KW - vorrangig ein Air-/Bio-Sparging eingesetzt.

Das aus den Sanierungsbaugruben im Bedarfsfall abzupumpende Wasser wird unterschiedlich stark mit C<sub>1</sub>-C<sub>40</sub> Kohlenwasserstoffen und in Teilbereichen auch mit PFC belastet sein und muss in jedem Fall vor der Wiedereinleitung in das Grundwasser oder der Ableitung in die Donau einer Reinigung unterzogen werden.

Je nach Art des gewählten Aushubverfahren, der Lage der Aushubbereiche und der Umgebungsnutzung ist aufgrund der flüchtigen Schadstoffe mit Emissionen (auch geruchlicher Art) zu rechnen, denen zum einen durch organisatorische Maßnahmen (Bauablauf, Jahreszeit, Aushubgröße etc.), zum anderen aber auch durch technische Schutzmaßnahmen (Erdbaugeräte mit Filterkabinen, Absaugung, Bewetterung, Abplanen) oder durch Einhausungen mit geregelter Ablufführung und -reinigung begegnet wird.

## **6.3 Air-/Bio-Sparging**

Als wesentliches Element zur Entfrachtung der leichtflüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe und der lokal im Bereich des Prozessfeldes II auftretenden LHKW und zur Erreichung der Sanierungsziele wird ein Air-/Bio-Sparging auf dem Gelände in unterschiedlichen Belastungsbereichen umgesetzt.



Die in das Grundwasser über Lanzen oder Brunnen zur In-situ-Strippung bzw. Mobilisierung der im Grundwasser gelösten oder noch in residualer Phase vorliegenden Schadstoffe eingepresste Luft hat einen Nebeneffekt, der auch eher schwerflüchtige Schadstoffe maßgeblich beeinflusst. Dadurch werden in der gesättigten aber auch ungesättigten Zone aerobe Verhältnisse für den Abbau von z.B. C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>-Kohlenwasserstoffen geschaffen.

Aufgrund des im Untergrund vorhandenen sandigen Kieses (Fein- und Mittelkies), werden für eine effektive Verbreitung der Luft in der gesättigten Zone die jeweiligen Injektionslanzen in einem geeigneten Raster und einer geeigneten Tiefe errichtet. Nach Mobilisierung und Ausgasung der flüchtigen Schadstoffe aus der gesättigten Zone werden diese mittels einer Bodenluftabsaugung aus der ungesättigten Zone entfernt. Dabei werden immer die 1,2- bis 1,5-fache Menge des eingepressten Luftvolumens abgesaugt. Die Abreinigung erfolgt grundsätzlich über eine katalytische Oxidation, bei geringeren Gehalten über Aktivkohle.

#### **6.4 Wasserhaltung, hydraulische Abwehr Sanierungsbereiche**

Aus fachlicher Sicht werden flache Brunnen und Pumpschächte mit einer Einbindetiefe von maximal 1,5 - 2 Meter in das Grundwasser oder eine Wasserhaltung über Vakuumlanzen bevorzugt.

Ergänzt wird das Verfahren „Vakuumlanzen“ bzw. die Förderung aus flachen Brunnen je nach Art der Baumaßnahme jederzeit bzw. bei Bedarf mit einer offenen Wasserhaltung über Schachtbrunnen oder über konventionelle Brunnen sowie über Entspannungsbrunnen im Tertiär. Hierbei ist jedoch im Detail zu planen und zu überwachen, dass keine Verschleppungen belasteten quartären Grundwassers in das Tertiär erfolgt.

Da das aus der Wasserhaltung in den Sanierungsbereichen abgepumpte Grundwasser i.d.R. erhöhte bis deutlich erhöhte Schadstoffgehalte (lokal auch Ölphasen) aufweisen wird, ist grundsätzlich eine Abreinigung des geförderten Grundwassers vorgesehen.

#### **6.5 Grundwasserabstromsicherung**

Zusätzlich zu lokalen hydraulischen Sicherungsmaßnahmen wird der Grundwasserabstrom am südöstlichen Rand des Geländes gesichert. Aktuell wird die aufgrund der mit dem Grundwasser nach Osten bis Südosten vom Gelände abströmenden PFC-Schadstofffahne notwendige Grundwasserförderung (und -reinigung) mit ca. 100 m<sup>3</sup>/h betrieben. Diese hydraulische Abwehrmaßnahme ist unverzüglich dahingehend zu ertüchtigen, dass hierdurch das Abströmen von mit PFC und sonstigen Schadstoffen belasteten Grundwassers über die Grundstücksgrenze im zur vollständigen Gefahrenabwehr erforderlichen Umfang verhindert wird. Ein diesbezüglicher Nachweis ist durch den Pflichtigen zu erbringen.

#### **6.6 Bodenaufbereitung**

Die geologischen Verhältnisse sowie die angetroffenen Schadstoffe eignen sich gut für eine Aufbereitung und/oder Sanierung der belasteten Böden vor Ort.

### Kohlenwasserstoff C<sub>10</sub> - C<sub>40</sub>-verunreinigte Böden

Nach Trennung von Fein- und Grobkorn werden beide Fraktionen einer Deklaration unterzogen, wobei das höher belastete Feinkorn bis zur Entsorgung auf der angrenzenden Bereitstellungsfläche abgeplant zwischengelagert, das Grobkorn je nach Belastungsgrad in das Bereitstellungslager für vor Ort einzubauende Materialien oder auf die Flächen für eine biologische On-Site-Sanierung quertransportiert wird.

In der verbleibenden Feinkornfraktion (Sande und Schluffe) liegen erfahrungsgemäß und auch im Rahmen der SU/DU nachgewiesen, die höchsten C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>-Belastungen vor. Deshalb wird das Feinkorn < 5-8 mm nach erfolgter Siebung und Deklaration einer Off-Site-Bodenbehandlungsanlage zugeführt.

### PFC-belastete Böden

Die Bereiche, in denen großflächige PFC-Verunreinigungen in der ungesättigten und gesättigten Zone vorliegen, werden bevorzugt vor Ort vorbehandelt. Auch hier wird aus folgenden Gründen eine Siebung des ausgehobenen PFC-haltigen Bodenmaterials durchgeführt. Hierdurch wird eine kostengünstige und schnelle Abtrennung des minderbelasteten Grobkorns vom höher belasteten Feinkorn vor Ort erreicht. Soweit das Grobkorn die jeweiligen Wiedereinbaukriterien erfüllt, ist ein direkter Wiedereinbau des Grobkorns möglich, allenfalls ist eine nachgeschaltete vereinfachte Bodenwäsche erforderlich.

Das bei der Siebung gewonnene und höher mit PFC belastete feinkörnigem Material wird nach den abfallrechtlichen Vorgaben entsorgt.

## **6.7 Eignung der geplanten Maßnahmen**

Mit den geplanten Sanierungsmaßnahmen wird der Standort soweit saniert, dass für die betroffenen Schutzgüter Mensch und Grundwasser von den Restschadstoffen keine weitere Gefährdung mehr ausgeht, zumal folgende Zusatzkriterien erfüllt sind:

- biologischer Abbau der im Boden und Grundwasser nach der Entfrachtung verbleibenden Kohlenwasserstoffe, vorwiegend C<sub>1</sub>, C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> und C<sub>10</sub>-C<sub>22</sub>
- Entfernung sämtlicher Schadstoffphasen durch o.g. Maßnahmen
- hoher Grundwasserdurchsatz und damit starke natürliche Verdünnung der Restschadstoffe
- vollständige Sicherung des Abstroms des PFC-belasteten Grundwassers nach Osten bis Südosten durch die dauerhafte Förderung und Reinigung des am Südostrand des Geländes abgepumpten Grundwassers über einen Zeitraum von ca. 20 Jahren, in jedem Fall bis nach Abschluss aller aktiven Sanierungsmaßnahmen
- Änderung des hydrochemischen Milieus von anaerob auf aerob durch mehrjährige gezielte Einbringung von Luftsauerstoff während der Air-Sparging-Maßnahmen sowie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und/oder ORC-Materialien in das Grundwasser sowie gezielte Einleitung von gereinigtem und sauerstoffhaltigem Grundwasser und von sauerstoffhaltigen Oberflächenwässern der Neubebauung im Zustrom von Restbelastungsbereichen.

Da bereits jetzt kaum mehr Ölphasen auf dem Grundwasser aufschwimmen, die flüchtigen Kohlenwasserstoffe nur kurze Schadstofffahnen ausbilden und die Grundwasserbelastungen an C<sub>10</sub> – C<sub>40</sub> Kohlenwasserstoffen als noch weniger mobil zu betrachten sind, wird davon ausgegangen, dass nach der Entfernung von ca. 80 % der Schadstoffe vor allem aus dem grundwassergesättigten Bereich und der seit 2008 fehlenden Nachlieferung von Schadstoffen die Maßnahmen geeignet sind, die Sanierungsziele zu erreichen.

Dies gilt auch für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch. Als zusätzliche Schutzmaßnahme zur dauerhaften Sicherstellung gesunder Aufenthalts- und Arbeitsbedingungen ist diesbezüglich der Einbau von Gasdrainagen unter Gebäuden vorgesehen.

Detailliertere Ausführungen zum Nachweis der Eignung der Maßnahmen finden sich in der Langfassung des Sanierungsplanes.

## 6.8 Erforderliche Schutzmaßnahmen

### 6.8.1 Stäube und gasförmige Schadstoffemissionen

Durch die geplanten Aushub- und Rückbaumaßnahmen kann es zur Entstehung von Stäuben kommen. Gasförmige Schadstoffe, vor allem leichtflüchtige aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, werden jedoch verstärkt auftreten und können zu Schadstoff- und Geruchsbelästigungen in der Umgebungsluft führen.

Es ist daher grundsätzlich darauf zu achten, eine Staub- und Gasentwicklung so weit wie möglich zu vermeiden. Das verlangt folgende Maßnahmen:

#### Organisatorische Maßnahmen

- Detailplanung der zu ergreifenden Schutzmaßnahmen im Rahmen der Ausführungsplanung mit positionsweiser Ausschreibung
- ausschließlich Zulassung von nachweislich in der Abwicklung vergleichbarer Schadensfälle erfahrener Fachfirmen mit den entsprechenden Zulassungen
- Erstellung und laufende Anpassung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes nach Baustellenverordnung (Bauherrenpflicht)
- Ernennung eines SIGE-Koordinators für sämtliche Sanierungsmaßnahmen durch den Bauherrn
- Erstellen von Arbeits- und Sicherheitsplänen nach BGR 128 im Rahmen der Ausführungsplanung der Maßnahmen
- Erstellen von tätigkeitsbezogenen Betriebsanweisungen (AN-Pflicht)
- Einrichtung von Bereitstellungsf lächen möglichst weit von der Umgebungsbebauung entfernt
- zügiges Arbeiten im kontaminierten Bereich
- möglichst wenig Umlagerungsvorgänge im Aushubbereich
- kleinzügiges Arbeiten, keine großen Baugruben
- geringe Standzeiten von frisch hergestellten Aufschlüssen
- separierter Rückbau von versiegelten Flächen und Einbauten

#### Technische Maßnahmen

- Abdecken von Aufschlüssen und Haufwerken bei längeren Standzeiten (z. B. mit Planen)
- Einsatz von Zelteinhausungen (mit Absauganlagen und Abluftreinigung) von Aushubbereichen vor allem entlang der Erschließungsstraßen und in unmittelbare Nähe von Neubaumaßnahmen
- Zelt- bzw. Halleneinhausung mit Absauganlagen und Abluftreinigung oder sonstige Emissionsschutzmaßnahmen, soweit erforderlich, an den Siebanlagen
- Einsatz von Befeuchtungsanlagen zum Staubbiederschlag; dosiertes Befeuchten der Abbruchmaterialien und ggf. des Bodens unter Beachtung der Eluierbarkeit der Schadstoffe

- Reinigung von Arbeitsgerät grundsätzlich nach der Arbeit aber auch bei längeren Arbeitsunterbrechungen. Zur Reinigung des Arbeitsgerätes gehört auch die Reinigung der Transportmittel beim Verlassen des Geländes (Reifenwaschanlage)
- Einsatz von Reifenwaschanlagen und Waschplätzen für Transportfahrzeuge.
- regelmäßiger Einsatz von Kehrmaschinen auf den öffentlichen Straßen und im Bereich der befestigten Verladeplätze
- Aufbau von Sichtschutzwänden, auch zur Staubminimierung (vor allem bei den Sanierungsmaßnahmen entlang der Straße „Am Sportpark“)

### Überwachungsmaßnahmen

- lückenlose fachgutachterliche Überwachung der Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen durch erfahrene Sachverständige mit Zulassung nach §18 BBodSchG, Sachgebiet 5 sowie Sachkundige für Arbeiten in kontaminierten Bereichen BGR 128
- Bestellung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinators durch den Bauherrn
- Durchführung von aktiven und passiven Gas- und Staubmessungen (incl. Ex-Schutz-Überwachung) gemäß einem im Rahmen der Ausführungsplanung zu erstellenden Überwachungsprogramm. Die Messungen müssen rechtzeitig vor Beginn der Baumaßnahme begonnen werden, um die von der Baumaßnahme unbeeinflusste Situation zu erfassen.
- lückenlose Dokumentation aller Maßnahmen durch erfahrene Sachverständige

### **6.8.2 Boden**

Eine Kontaktmöglichkeit von Mensch, Tier und Pflanze zu belastetem Boden ist außerhalb des Arbeitsbereiches in der Regel nur durch aktives Verlagern des Materials möglich. Es ist also hauptsächlich darauf zu achten, dass jedes Verlassen des Arbeitsbereiches von Mensch und Maschine mit der entsprechenden Sorgfalt, Kontrolle und erst nach der zuvor durchgeführten Reinigung geschieht.

Folgende Maßnahmen sind zu beachten:

- LKW verlassen den Standort grundsätzlich nur nach Passage der LKW-Reifenwaschanlagen bzw. der temporären Waschplätze.
- LKW werden nach Beladung grundsätzlich auf an Bordwänden, Radkästen und anderen äußeren Fahrzeugteilen klebenden Bodenbestandteilen kontrolliert und entsprechend gesäubert.
- Arbeitsgeräte müssen bei Verlassen des Arbeitsbereiches grundsätzlich gereinigt sein.
- Personen aus dem Arbeitsbereich (Schwarzbereich) müssen die Kleidung wechseln und sich gründlich reinigen.
- Transportwege der LKW müssen regelmäßig kontrolliert und bei Bedarf nass gereinigt werden.

Die Schutzmaßnahmen, insbesondere die Maßnahmen zur Vermeidung von staub- und gasförmigen Emissionen beim Aushub und der Siebung der kontaminierten Böden unterliegen gesonderten BImSch-rechtlichen Verfahren, die im Zuge der Ausführungsplanung umgesetzt werden.

## 6.9 Wiedereinbau

Im Zuge der Bodensanierung der Kohlenwasserstoff- und PFC-Schäden auf dem ehemaligen Gelände der Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH werden große Mengen an schadstoffbelastetem Boden ausgehoben und entweder vor Ort gereinigt oder einer externen Entsorgung zugeführt. Die ausgehobenen Baugruben werden anschließend mit analytisch und bautechnisch geeignetem Material wiederverfüllt. Da das gesamte Gelände für die spätere Nutzung zusätzlich angehoben werden soll („Landlevelling“) sind für die Rückverfüllung und für die Geländeprofilierung voraussichtlich deutlich mehr als 1 Mio. m<sup>3</sup> Rückfüllmaterial erforderlich, das zu großen Teilen aus Liefermaterial bestehen wird. Vor Ort gereinigter Boden sowie der gebrochene Bauschutt aus dem Rückbau der noch bestehenden Oberflächenbefestigungen, Fundamenten etc. können - die baugrundtechnische Eignung (Verdichtbarkeit, Frostbeständigkeit) vorausgesetzt – grundsätzlich vor Ort wieder eingebaut werden.

Zur Rückverfüllung von Aushubbereichen für die Bodensanierung, die allesamt im Schwankungsbereich des Grundwassers bis ca. 1 Meter über sowie unter der Grundwasseroberfläche liegen, werden nur unbelastete Böden der Einbauklasse 0 (Zuordnungswerte nach LAGA Z0, M20 von 1997) verwendet, die bautechnisch geeignet und verdichtungsfähig sind, wobei Materialien aus Altlastenverdachtsflächen außerhalb des Entwicklungsgeländes nicht zugelassen werden.

Oberhalb eines Meters über der MHGW und unter nicht versiegelten Flächen werden neben den vor Ort anfallenden Materialien vor allem natürliche Böden von bekannten Anfallstellen eingebaut, die mindestens die Anforderungen der Zuordnungswerte LAGA Z1.1 einhalten und verdichtet eingebaut werden können. Unterhalb dauerhafter Versiegelungen (z.B. Bauwerke) ist auch ein kontrollierter und dokumentierter Einbau von Böden zulässig, die die Zuordnungswerte LAGA Z1.2 (Gesamtgehalt) sicher einhalten und ebenfalls mindestens 1 Meter über MHGW eingebaut werden. Dies gilt auch für on- bzw. off-site gereinigte Böden aus dem Entwicklungsgelände. Der Grad der mechanischen Verdichtung wird dabei bestimmt von der geplanten Folgenutzung und ist im Rahmen der Ausführungsplanung festzulegen und im Detail zu planen.

Als Zuordnungswerte für die aliphatischen Kohlenwasserstoffe C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub> werden festgelegt:

- Z0: Feststoff < 1mg/kg
- Z1.1: Feststoff 1 mg/kg
- Z1.2: Feststoff 3 mg/kg

Bei der Rückverfüllung der Aushubbereiche (Grundwasser- und Grundwasserschwankungsbereich) werden nur Materialien verwendet, die die natürlichen Durchlässigkeiten des anstehenden Bodens (vor allem Kiese) nicht verschlechtern.

Der Wiedereinbau wird aufgrund der großen Bodenmengen in einem gesonderten Verfahren beantragt.

## 6.10 Zwischenlagerung von Boden- und sonstigen Materialien

Aufgrund der großen Bodenmengen, die beim geplanten Aushub anfallen sowie der potentiellen Schadstoff- und Geruchsemissionen wird versucht, so wenig als möglich mit Kohlenwasserstoffen belasteten Boden auf dem Gelände umzuschlagen, quer zu transportieren und bereit zu stellen, es sei denn, die Reinigung des Bodens erfolgt on-site. So erfolgt eine notwendige und kurzzeitige Bereitstellung der im Nassbaggerverfahren ausgehobenen Böden zur statischen Entwässerung und zur Deklaration direkt am Entstehungsort auf vorbelasteten Flächen, die noch zur Sanierung anstehen. Diese Maßnahme wird so gestaltet, dass die Entwässerung im Oberstrom der ohnehin vorhandenen lokalen hydraulischen Sicherung erfolgt.

Nach aktuellem Kenntnisstand der zeitlichen Abwicklung der Sanierungsmaßnahmen wird eine Bereitstellungsfläche mit einer Größe von mind. ca. 12.000 m<sup>2</sup> bis 26.000 m<sup>2</sup> errichtet.

Auf der Bereitstellungsfläche soll die Siebanlage mit geeigneten Emissionsschutzeinrichtungen (Einhausung oder gleichwertig) installiert werden. Details über die Ausführung der Bereitstellungsfläche werden im Zuge der Ausführungsplanung erarbeitet.

## 7. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

### 7.1 Schutzmaßnahmen für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch

Im Zuge der Erstbebauung werden Schutzmaßnahmen in Form von flächigen, aktiv betriebsbaren Gasdrainagen unter allen Gebäuden umgesetzt. Abhängig von der langfristigen Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen sowie nach ausreichender und positiver Prüfung der Bodenluftverhältnisse können Gebäude, welche nach der Erstbebauung an gleicher Stelle errichtet werden, ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen/Gasdrainagen erbaut werden.

Soweit der Bau von Kellerräumen vorgesehen ist, ist auf Fenster unterhalb der Erdgleiche zu verzichten.

Die Einführungen von unterirdischen Leitungen in Gebäude sind gasdicht auszuführen.

Unter versiegelten, nicht gaswegsamem Flächen wie Parkplätzen, Parkhäusern und Straßen, für die nur eine kurzzeitige Aufenthaltsdauer und Exposition zu erwarten ist, sind Bodenluftmesspunkte zu errichten. Es ist sicherzustellen, dass ein einzelner Messpunkt eine ausreichend große Fläche (max. 2.000 m<sup>2</sup>) und Tiefe (ca. 1 m) repräsentativ erfassen kann. Um einer möglichen Gefährdung frühzeitig vorbeugen zu können, werden die Messpunkte bevorzugt in Hot-Spot-Bereichen wie Hoch- und Dompunkten errichtet, da hier die höchstmöglichen Bodenluftbelastungen zu erwarten sind.

Auf die Bodenluftmesspunkte kann verzichtet werden, wenn auch unter den o.g. versiegelten, nicht gaswegsamem Flächen aktiv betriebsbare Gasdrainagen verlegt werden.

Im Bereich unversiegelter Flächen (Wiesen, Beete etc.) sind keine Sicherungsmaßnahmen zu besorgen, sofern keine direkte und offene Verbindung mit der gesättigten Zone besteht.

Neben den vorstehend beschriebenen Schutzmaßnahmen für den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch sind zusätzliche Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen beim Bau, Betrieb und Unterhalt von Erschließungseinrichtungen zu ergreifen.

- Generelles Verbot, in tieferreichende Schächte (Kanalschächte, Revisionsschächte, Kabelkanäle etc.) und Bauwerke ohne Sicherungsmaßnahmen und entsprechende Warn- und Messgeräte einzusteigen, Verbot der Alleinarbeit in diesen Bereichen. Erstellung und Ausgabe entsprechender Betriebsanweisungen.
- Generelle Information und Einweisung aller externen Firmen, die auf dem Gelände tätig werden und Tiefbauarbeiten und/oder Arbeiten an unterirdisch verlegten Schächten, Kanälen etc. ausführen, dass im Untergrund flüchtige Kohlenwasserstoffe sowie erhöhte Kohlendioxid- und ggf. Schwefelwasserstoffbelastungen auftreten können. Generelles Rauchverbot bei entsprechenden Tiefbauarbeiten.
- Regelmäßige (4 x jährlich bei unterschiedlichen Wetter- und Luftdrucklagen) Untersuchung der Atmosphäre unterirdischer Einbauten an im Zuge der Ausführungsplanung der Gebäude und Bauwerke



festzulegenden Überwachungspunkten auf C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> Kohlenwasserstoffe, sowie auf die Gehalte an Sauerstoff, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff in den Bereichen, in denen auch nach den Sanierungsmaßnahmen noch erhöhte Schadstoffgehalte zu besorgen sind. Diese Maßnahmen können nach einer über einen Zeitraum von 1 Jahr vorliegenden Bestätigung unkritischer Gasgemische (mind. 4 Messungen bei unterschiedlichen Wetterlagen und Luftdrücken) eingestellt werden.

Bei den Sanierungsarbeiten in den kontaminierten Bereichen ist durch die Ergreifung geeigneter Schutzmaßnahmen eine Gefährdung für die Beschäftigten abzuwenden. Dabei werden die nachfolgenden Kategorien von Schutzmaßnahmen unterschieden:

- organisatorische Schutzmaßnahmen,
- technische Schutzmaßnahmen und
- persönliche Schutzmaßnahmen

Die Maßnahmen sind grundsätzlich in der oben aufgeführten Reihenfolge zu ergreifen, was bedeutet, dass zunächst Gefährdungen durch organisatorische Maßnahmen des Bauablaufs abzuwenden sind. Ist dies nicht ausreichend, sind geeignete technische Maßnahmen zu ergreifen. Ist damit immer noch eine Gefährdung von Menschen gegeben, so haben die Betroffenen persönliche Schutzmaßnahmen, die weitgehend nur die eigene Person betreffen, zu ergreifen.

Eine detaillierte Auflistung und Aufführung der zu beachteten Arbeitsschutz- und sonstigen Schutzmaßnahmen ist den Kapiteln 13.8 und 20.1. - 20.4. des Sanierungsplans zu entnehmen. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## 7.2 Sonstige Schutz-, Beschränkungs- und Sicherungsmaßnahmen.

Werden bei der Bebauung sensitive Einrichtungen wie z.B. Kinderbetreuungsstätten oder Spielplätze errichtet, sind in den jeweiligen Bereichen Einzelfallprüfungen, insbesondere hinsichtlich der Wirkungspfade Boden-Mensch und Bodenluft-Mensch, durchzuführen.

## 8. Möglichkeiten der Nachbesserung und ergänzende Maßnahmen

Bodenluft: Die in der Bodenluft vorhandenen Schadstoffbelastungen durch C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Kohlenwasserstoffe werden durch Aushub (Dekontaminationsmaßnahme) und einem Air-/Bio-Sparging deutlich dezimiert. Sollten die im Sanierungsplan/-konzept vom 22.01.2016 festgelegten Sanierungsmaßnahmen nicht ausreichen und sich während der Sanierung oder im Rahmen der Eigenkontrollmaßnahmen zeigen, dass die Sanierungszielwerte für die Bodenluft nicht erreicht werden können oder es wider Erwarten zu Rücksättigungen in der Bodenluft kommt und dadurch die dauerhafte Einhaltung der festgelegten Sanierungszielwerte für die Bodenluft nicht gegeben ist, sind zusätzliche oder längere Air-/Bio-Sparging-Maßnahmen sowie ein ergänzender Bodenaushub anzusetzen, die solange betrieben werden, bis der Sanierungszielwert erreicht und dessen Einhaltung (siehe Kapitel 11) dauerhaft nachgewiesen werden konnte. Mit ausdrücklicher vorheriger schriftlicher Zustimmung des Umweltamtes der Stadt Ingolstadt können auch andere geeignete, aktive Sanierungsmaßnahmen an Stelle der vorgenannten Maßnahmen ergriffen werden. Für den Fall, dass die Methangehalte nach Beendigung der Maßnahmen steigen, was aufgrund der in der gesättigten Bodenzone verbleibenden C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>-Belastungen möglich ist, sind in diesen Bereichen zusätzliche Maßnahmen wie z.B. eine Zufuhr von Sauerstoff

(Einsatz von ORC<sup>®</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> etc.) zu treffen, die eine ablaufende Methanogenese während des biologischen Schadstoffabbaus unterbinden.

Wenn sich Überschreitungen der Sanierungszielwerte nach erfolgter Bebauung wider Erwarten wieder einstellen sollten, sind die unter den Gebäuden verbauten Gasdrainagen als aktive Bodenluftabsaugeinrichtung mit entsprechender Abreinigung zu betreiben. Zudem sind lokal wirksame ENA-Maßnahmen vorzunehmen, die eine Methanogenese unterbinden oder den Abbau der im Grundwasser verbliebenen C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>-Kohlenwasserstoffe stimulieren und somit den Transfer der flüchtigen Kohlenwasserstoffe mittels Diffusion, Advektion und Konvektion unterbinden.

Grundwasser: Die im Grundwasser vorhandenen Schadstoffbelastungen werden im Wesentlichen durch Bodenaushub (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, PFC), Air-/Bio-Sparging (C<sub>1</sub>, C<sub>5</sub>-C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) sowie einer Abstromsicherung (PFC) entfernt. Sollte sich während oder nach diesen Sanierungsmaßnahmen zeigen, dass die jeweiligen Sanierungszielwerte für die relevanten Schadstoffparameter unter Beachtung der Ausführungen gem. Kapitel 10.1 nicht erreicht oder dauerhaft eingehalten werden können, sind Dekontamination durch Aushub, Air-/Bio-Sparging bzw. Bodenluftabsaugung, ENA oder Pump & Treat-Maßnahmen zur Nachbesserung geeignet. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Nachbesserungen nur in Bereichen ohne vorausgegangene aktive Maßnahmen (Aushub, Air-/Bio-Sparging) nötig werden, da in den Schadensbereichen die Belastungen weitestgehend entfernt werden.

Mit Ausnahme der PFC, welche nach erfolgtem Aushub durch die mehrjährige Abstromsicherung aus dem Grundwasser entfernt werden, ist für alle im Untergrund verbliebenen org. Schadstoffe eine Erweiterung/Stimulierung des biologischen Schadstoffabbaus (ENA) z.B. durch verstärkte Eingabe von Nährstoffen und Sauerstoff in den quartären Grundwasserleiter (beispielsweise über die Sickerrigolen oder Sickerbrunnen) durchzuführen. Der weitere biologische Abbau ist ein wichtiger Teil des Sanierungsplans, da nicht sichergestellt werden kann, dass die für das Grundwasser festgelegten Sanierungszielwerte unmittelbar mit Abschluss des Aushubs und des Air-/Bio-Sparging eingehalten werden.

## 9. Behördliche Zulassungserfordernisse

Entgegen den Ausführungen des Sanierungsplans sind mit dessen Vorlage keine Anträge auf die Erteilung von Genehmigungen, Erlaubnissen, Zustimmungen oder sonstigen Gestattungen verbunden. Der Sanierungsplan wird nicht durch Bescheid für verbindlich erklärt, weshalb keine Konzentrationswirkung nach § 13 Abs. 6 Satz 2 BBodSchG eintritt. Auch durch den Sanierungsvertrag und städtebaulichen Vertrag werden keine Genehmigungen, Erlaubnisse, Zustimmungen oder sonstigen Gestattungen erteilt. Vielmehr sind alle im Zusammenhang mit der Durchführung des Sanierungsplans erforderlichen Gestattungen in den gesetzlich vorgesehenen gesonderten Verfahren einzuholen.

## 10. Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der vorgesehenen Maßnahmen

### 10.1 Grundwassermonitoring während der Sanierungsphasen auf dem Gelände

Der Monitoringplan gem. Anlagen 3 und 4 für das Grundwasser wird vorläufig in Kraft gesetzt. Bei Erfordernis ist er auf Anordnung der Stadt Ingolstadt anzupassen.



## 10.2 Nachweis der Erreichung der Sanierungsziele in Bodenaushub- und Airspargingbereichen

### 10.2.1 Grundwasser

Der Nachweis des Sanierungserfolges ist indirekt durch begleitende und nachlaufende Grundwasseruntersuchungen zu führen. Dabei gilt die Erreichung der Sanierungszielwerte gemäß Kapitel 5 in den Überwachungsmessstellen gem. den im Kapitel 11.1 definierten langfristig zu erhaltenden Messstellen und ggf. erforderlichen ergänzenden Messstellen, die durch die jeweiligen Genehmigungs- bzw. Erlaubnisbescheide für die einzelnen Sanierungsbereiche vom Umweltamt der Stadt Ingolstadt festgelegt werden.

- Der Nachweis der dauerhaften Erreichung der Sanierungsziele wird an einem für den jeweiligen Abschnitt definierten Messstellennetz geführt. Ein geeignetes Messstellennetz wird mit der Beantragung der jeweils erforderlichen öffentlich-rechtlichen Genehmigung, Erlaubnis, Gestattung oder Zustimmung vom Pflichtigen begründet vorgeschlagen. Die Entscheidung über das erforderliche Messstellennetz trifft die zuständige Behörde. Soweit für die Sanierung eines Abschnitts keine öffentlich-rechtliche Genehmigung, Erlaubnis, Gestattung oder Zustimmung erforderlich ist, wird über das Erfordernis einer Grundwasserüberwachung und ggf. den Vorschlag für ein Messstellennetz im Zuge der Ausführungsplanung entschieden. Vor der Aufnahme der Arbeiten wird bei der Stadt Ingolstadt die Zustimmung eingeholt. Auch in diesem Fall trifft die Behörde ggf. die Entscheidung über das Messstellennetz.
- Gleiches gilt für das Monitoring während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen.
- Der Pflichtige entscheidet unter Einbindung Sachverständiger nach § 18 BBodSchG, die für die Sachgebiete gemäß § 6 Nr. 2 und Nr. 5 der Verordnung über Sachverständige und Untersuchungsstellen für den Bodenschutz in Bayern (VSU Boden und Altlasten) zugelassen sind, in eigener Verantwortung anhand der Prozessdaten der laufenden Sanierung, ob in einem zu definierenden Sanierungsabschnitt die Sanierungsziele dauerhaft erreicht sind.
- Am festgelegten Messstellennetz wird in eigener Verantwortung des Pflichtigen unter Einbindung eines Sachverständigen nach § 18 BBodSchG i. V. m. § 6 Nr. 2 und Nr. 5 der VSU Boden und Altlasten, durch geeignete Messungen nachgewiesen, dass sich nach Beendigung der Sanierungsarbeiten wieder stationäre Verhältnisse hinsichtlich der Grundwasserhydraulik und des –chemismus eingestellt haben.
- Nach Nachweis stationärer Verhältnisse wird in mindestens drei Kontrollmessungen (aktuell vorgesehen nach einem Monat, sechs Monaten und einem Jahr) der Nachweis der Einhaltung der Sanierungsziele geführt.
- Der Nachweis der Erreichung der Sanierungsziele im Grundwasser ist nicht Voraussetzung für die Aufnahme der planungsrechtlich zulässigen baulichen Nutzung des Entwicklungsgeländes.
- Das Messstellennetz wird soweit wie möglich auch nach Durchführung dieser Untersuchungen erhalten, so dass weitere Messungen grundsätzlich möglich sind. Soweit Messstellen zurückgebaut werden müssen, bedarf dies eines wasserrechtlichen Erlaubnisanspruchs.

Werden auf dem Entwicklungsgelände nach Sanierungsmaßnahmen lokal begrenzt noch Grundwasserbelastungen oberhalb des Sanierungszielwertes, jedoch unterhalb des Maßnahmenwertes festgestellt, so ist bei der Entscheidung über die Notwendigkeit weitergehender Sanierungsmaßnahmen die Ausbreitung dieser lokalen Verunreinigung zu berücksichtigen. Voraussetzung hierfür ist, dass von der Grundwasserbelastung

keine unzulässige Schadstoffbelastung hinsichtlich des Wirkungspfads Bodenluft-Mensch ausgeht. Die Entscheidung über die Notwendigkeit weitergehender Sanierungsmaßnahmen wird unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit durch die Stadt Ingolstadt im Benehmen mit der IN-Campus GmbH getroffen. Soweit weitergehende Sanierungsmaßnahmen notwendig sind, kann die IN-Campus GmbH zwischen Dekontamination durch Aushub, Air-/Bio-Sparging bzw. Bodenluftabsaugung, ENA oder Pump & Treat-Maßnahmen frei wählen.

### 10.2.2 Bodenluft

Für die Bodenluft gilt: Die in Kapitel 5.4 und 5.6 festgelegten Zielwerte für die Bodenluft bei den Bodenluftnachmessungen (Entnahmedichte: 1 Bodenluftmessung pro 500 m<sup>2</sup> Rückfüll- bzw. Airspargingfläche, mindestens 5 Messpunkte pro Sanierungsfläche) müssen in einem Abstand von ca. 2 Wochen, 1 Monat und 3 Monaten nach Rückverfüllung der Baugruben bzw. Beendigung der Airspargingmaßnahme eingehalten werden. Die Zielwerte gelten als eingehalten, wenn

- alle Bodenluftwerte unter den Zielwerten liegen oder
- der Mittelwert kleiner den Zielwerten ist, wobei 4 von 5 Messungen unter dem Zielwert liegen müssen und der Maximalwert den 2-fachen Zielwert nicht überschreiten darf.
- Zudem muss der Bodenluftwert unter der Kappungsgrenze von 1.000 mg/m<sup>3</sup> für die flüchtigen aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffe bzw.
- unter 0,5 Vol.% für Methan liegen.

Der Nachweis der Erreichung der Sanierungsziele für die Bodenluft ist Voraussetzung für die planungsrechtlich vorgesehene Bebauung und Nutzung des Areals.

### 10.3 Abstomsicherung

Der Analysenumfang der Überwachung der Abstomsicherung an KB12, KB13, GWM40, GWM41 und ggf. weiterer in die Abstomsicherung an der Grenze des Entwicklungsgeländes eingebundener Brunnen richtet sich nach dem jeweiligen wasserrechtlichen Erlaubnisbescheid (aktuell vom 23.11.2015).

### 10.4 Bauwasserhaltungen

Das Monitoringprogramm wird jeweils im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren festgelegt.

### 10.5 Emissions-/ Immissionsschutzmessungen

Der Umfang von Emissions- und Immissionsschutzmessungen sowie diesbezüglich einzuhaltender Werte wird für genehmigungsbedürftige Maßnahmen im Rahmen der jeweiligen Genehmigungsanträge geprüft und festgesetzt. Soweit von Maßnahmen, für die keine immissionsschutzrechtlichen oder sonstigen Genehmigungen erforderlich sind, relevante Emissionen zu erwarten sind, gelten die gesetzlichen Mindestanforderungen.

## 10.6 Bodenmanagement bei Auskoffnung, Separierung und Wiedereinbau

Sämtliche Aushubmassen werden von der fachgutachterlichen Begleitung anhand der Kenntnisse der Schadstoffverteilung aus allen vorliegenden Untersuchungen sowie nach visuellen Kriterien entsprechend des zu erwartenden Schadstoffgehaltes eingestuft und entweder durch eine mit allen zuständigen Behörden und den Entsorgern abgestimmten In-situ-Beprobung durch Baggerschurfe oder über Haufwerksbeprobung gemäß den gängigen Vorschriften vor Abtransport deklariert.

Bei einer On-site-Bodensanierung ist dieses Verfahren nicht erforderlich, in diesem Fall werden die kontaminierten Böden direkt bzw. nach statischer Entwässerung in den Bodenbehandlungsbereichen abgelagert und erst nach Siebung und on-site-Reinigung beprobt und deklariert. Eine unzulässige Vermischung unterschiedlich belasteter Materialien darf dabei nicht auftreten.

Sämtliche Bodenbewegungen mit der zugehörigen Probenahmen und Analytik werden GIS-basiert dokumentiert, so dass zu jeder Zeit nachvollziehbar ist, wo welcher Boden ausgehoben, zwischengelagert, gereinigt, abtransportiert oder wiedereingebaut wurde.

## 11. Eigenkontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge

### 11.1 Monitoringplan GW

Für das langfristige Grundwassermonitoring werden auf dem Gelände die bestehenden Grundwassermessstellen gem. Anlage 3 dauerhaft erhalten. Diese Messstellen sind vor und nach Abschluss der aktiven Sanierungsmaßnahmen gem. Monitoringplan in Anlage 4 zu beproben. Bei Erfordernis ist dieser auf Anordnung der Stadt Ingolstadt anzupassen.

### 11.2 Monitoringplan Bodenluft

Bei den Kontrollmessungen der Bodenluft sind die Gehalte an VOC, BTEX und H<sub>2</sub>S in den Bodenluftproben laboranalytisch zu quantifizieren. Die Bestimmung der Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalte kann mittels Vor-Ort-Messgerät erfolgen. Vor Durchführung der Messung ist den Behörden ein Konzept vorzulegen, in welchem in Abhängigkeit von der konkreten baulichen Ausführung der Gasdrainage oder des Messpunkts schlüssig die Repräsentativität der vorgesehenen Probenahme dargelegt wird.

Die Ergebnisse der Messungen sind dem Umweltamt der Stadt Ingolstadt zusammen mit einer gutachterlichen Bewertung innerhalb von 4 Wochen nach der Probenahme vorzulegen. Soweit bei den Messungen eine Überschreitung von Sanierungszielwerten festgestellt wird, ist das Umweltamt der Stadt Ingolstadt unverzüglich zu informieren. Die Einleitung ggf. erforderlicher Sofortmaßnahmen obliegt der IN-Campus GmbH.

Soweit die Messungen Auffälligkeiten zeigen, auf einen ansteigenden Trend der Schadstoffgehalte hinweisen oder sich sonstige begründete Veranlassungen für weitere Messungen (z.B. auffällige Werte unter anderen Gebäuden) ergeben, bleibt die Anordnung weitergehender Messungen vorbehalten.

### 11.3 Gasdrainagen

Die Gasdrainagen sind wie folgt zu beproben:

- Vor Inbetriebnahme des Gebäudes.
- Einmalig nach einem Jahr.
- Vor Rückbau der baulichen Anlage über der Gasdrainage hinsichtlich des möglichen Entfalls von Drainagen unter Nachfolgebauten.
- Fallweise vor Eingriffen in den Untergrund.

### 11.4 Messpunkte unter befestigten Flächen

Die Messpunkte sind wie folgt zu beproben:

- 1 Jahr nach dem Anlegen der Versiegelung.
- Fallweise vor Eingriffen in den Untergrund.

Der vorliegende Kurzbericht ist in Abstimmung mit allen fachlich beteiligten Behörden entstanden.

R & H Umwelt GmbH

Peter Swoboda

Sachverständiger

gem. §18 BBodSchG SG 1+5

i.V. Jörg Hussnätter

Sachverständiger

gem. §18 BBodSchG SG 2

i.A. Dr. A. Poser

Dipl.-Geoökologe

ppa. H. Reiser

Dipl.-Geol., M.Eng

# Anlage 1

---

Aushubbereiche  
Anlage 7.1 aus Sanierungsplan





### Legende

#### Sanierungsplan

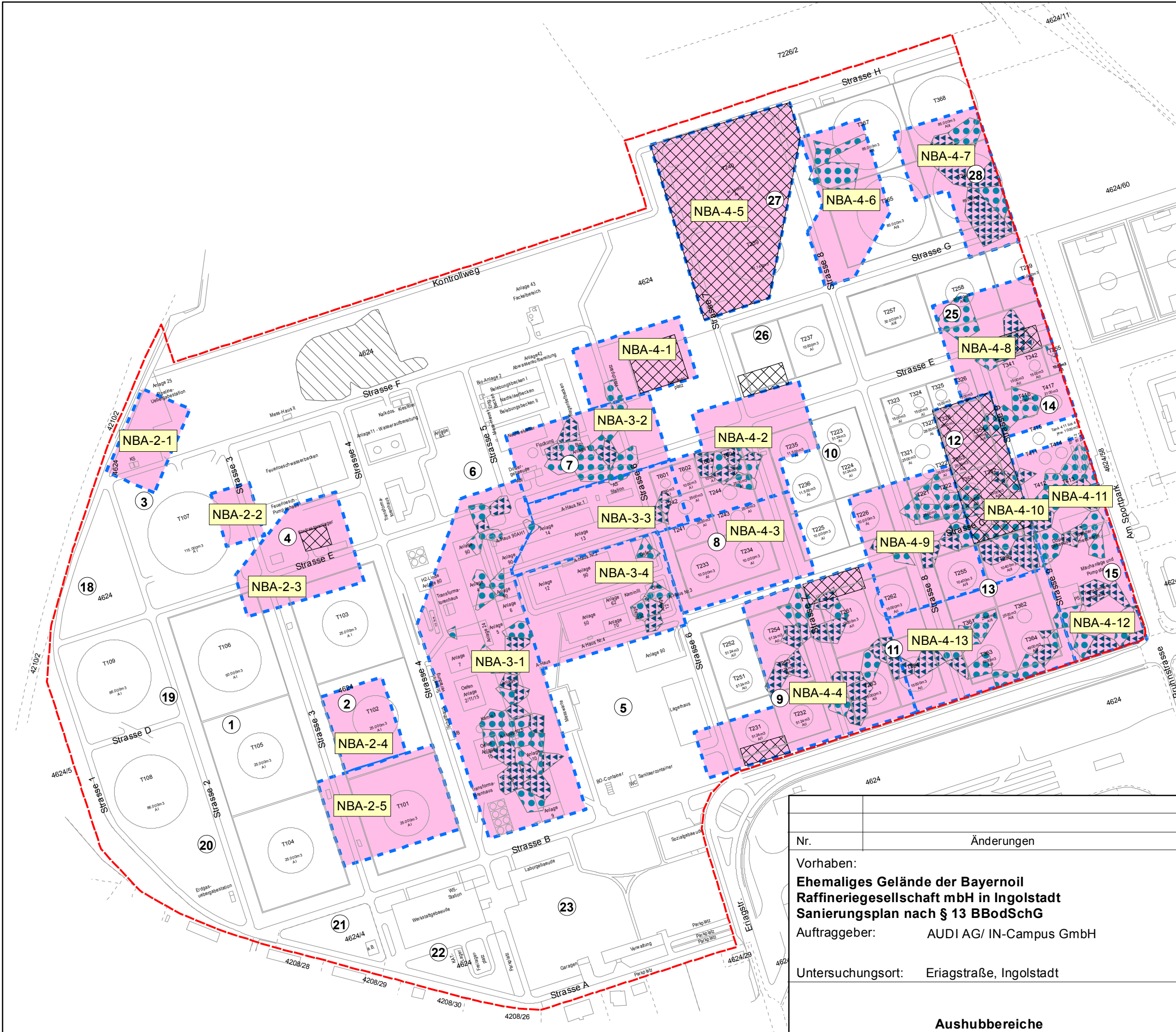
- Umgriff
- Maßnahmenbereiche

#### Aushubbereiche

- PFC
- KW-Index, bis 2 m unter Grundwasserspiegel
- KW-Index, bis ca. 4 m unter Grundwasserspiegel

#### ehem. Karbonatschlammbecken

- Restmengen unterhalb Grundwasserspiegel

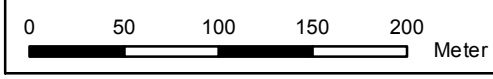


Nr.	Änderungen	geänd. am	Bearbeiter	gepr. am	Projektleiter
Vorhaben: <b>Ehemaliges Gelände der Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH in Ingolstadt</b> <b>Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG</b>		Anlage:	7.1	Maßstab:	1:4.000
Auftraggeber: AUDI AG/ IN-Campus GmbH			Datum	Name	Unterschrift
		entwickelt	17.11.2015	Hußnätter	
		gezeichnet	14.01.2016	Dunst	
		geprüft	14.01.2016	Swoboda	
Untersuchungsort: Eriagstraße, Ingolstadt					

**Aushubbereiche**

**R & H Umwelt GmbH**  
 Zentrale  
 Schnorrstraße 5a  
 90471 Nürnberg  
 Telefon 0911 86 88-10  
 info@rh-umwelt.de

T:\DU\VAUBAY\GIS\PROJEKTE\2015\_Sanierungsplan\Uebersichtsplan-A3.mxd



## Anlage 2

---

Air-/Bio-Spargingbereiche  
Anlage 8.1 aus Sanierungsplan





### Legende

#### Sanierungsplan

- Umgriff
- Maßnahmenbereiche

#### ehem. Karbonatschlammbecken

- Restmengen unterhalb Grundwasserspiegel

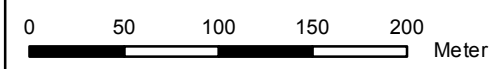
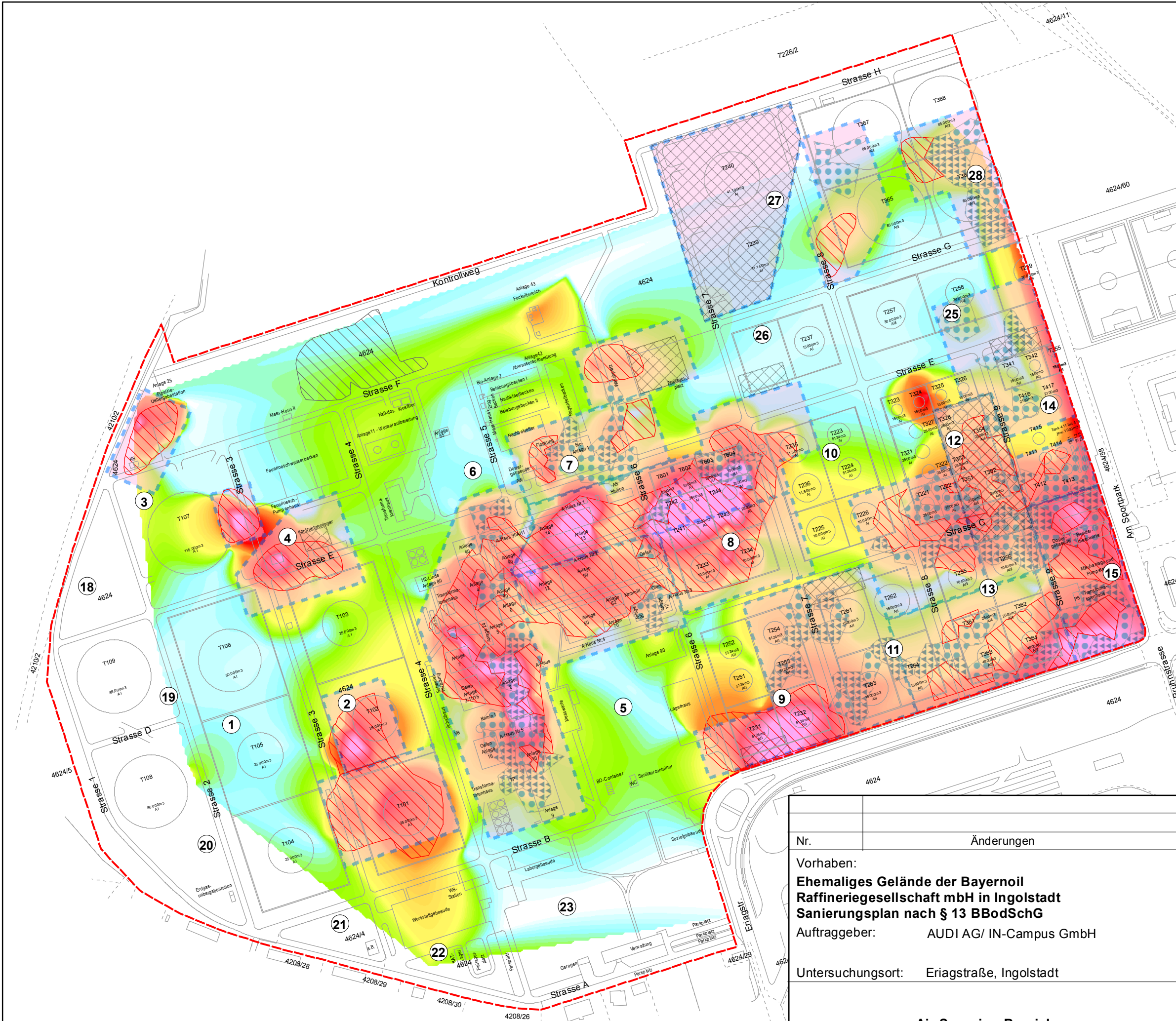
#### Air-Sparging

- Air-Sparging-Bereiche

#### Aushubbereiche

- PFC
- KW, Aushub, bis 2m unter Grundwasserspiegel
- KW, Aushub, bis 4m unter Grundwasserspiegel

T:\DU\VAUBAY\GIS\PROJEKTE\2015\_Sanierungsplan\Uebersichtsplan-A3.mxd



Nr.	Änderungen	geänd. am	Bearbeiter	gepr. am	Projektleiter
Vorhaben: <b>Ehemaliges Gelände der Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH in Ingolstadt</b> <b>Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG</b>		Anlage:	8.1	Maßstab:	1:4.000
Auftraggeber: AUDI AG/ IN-Campus GmbH			Datum	Name	Unterschrift
Untersuchungsort: Eriagstraße, Ingolstadt		entwickelt	17.11.2015	Hußnätter	
		gezeichnet	14.01.2016	Dunst	
		geprüft	14.01.2016	Swoboda	

**Air-Sparging-Bereiche**

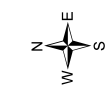
**R & H Umwelt GmbH**  
 Zentrale  
 Schnorrstraße 5a  
 90471 Nürnberg  
 Telefon 0911 86 88-10  
 info@rh-umwelt.de



## Anlage 3

---

### Monitoringmessstellen



### Legende

#### Folgenutzung

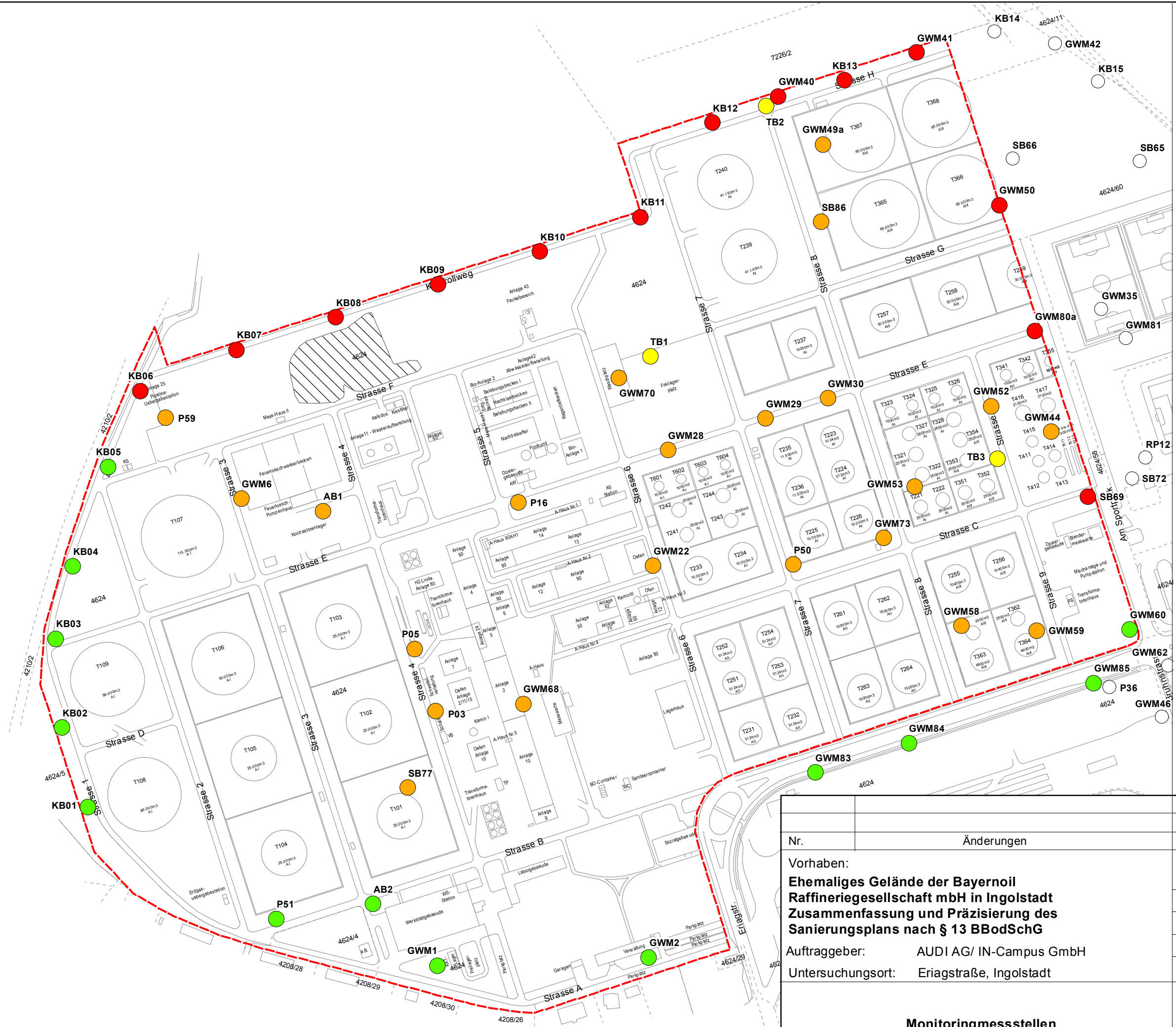
- Abstrommessstelle, Weitererhaltung, Kontrollbrunnen Grundstücksgrenze (13)
- Abstrommessstelle, Weitererhaltung, Kontrollbrunnen Sanierungserfolg (22)
- Tertiärbrunnen, Erhalten bis Ende Sanierung (3)
- Zustrommessstelle, Weitererhaltung (13)
- Außerhalb Sanierungsplan (12)

#### Umfriß des Sanierungsplans

- Umfriß des Sanierungsplans

#### Karbonatschlammbecken

- Restmengen unterhalb Grundwasserspiegel



Nr.	Änderungen	geänd. am	Bearbeiter	gepr. am	Projektleiter
Vorhaben:	<b>Ehemaliges Gelände der Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH in Ingolstadt Zusammenfassung und Präzisierung des Sanierungsplans nach § 13 BBodSchG</b>	Anlage:	3	Maßstab:	1:4.000
			Datum	Name	Unterschrift
Auftraggeber:	AUDI AG/ IN-Campus GmbH	entwickelt	02.12.2015	Hußnätter	
Untersuchungsort:	Eriagstraße, Ingolstadt	gezeichnet	11.01.2016	Dunst	
		geprüft	29.03.2016	Swoboda	



#### Monitoringmessstellen

**R & H Umwelt GmbH**  
 Zentrale  
 Schnorrstraße 5a  
 90471 Nürnberg  
 Telefon 0911 86 88-10  
 info@rh-umwelt.de



## Anlage 4

---

Monitoringplan  
Anlage 13.3 aus Sanierungsplan

**Matrix Eigen- und Fremdüberwachung**

Untersuchungsbereich	Parameter	vor Beginn Bodensanierung/Air- Sparging	während Bodensanierung/ Air- Sparging	nach Sanierung
Abstromsicherung KB12, KB13, GWM40, GWM41, ggf. GWM30, P50, GWM47 (Rohwasser)	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid
Ablauf Abstromsicherung Reinwasser	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid	gemäß Bescheid
Bauwasserhaltung Rohwasser und Reinwasser	gemäß Bescheid	-	gemäß Bescheid	-
Abstrommessstellen Schadensbereiche GWM6, GWM22, GWM28, GWM29, GWM30, GWM44, GWM49a, GWM52, GWM53, GWM58, GWM59, GWM68, GWM70, GWM73 P03, P05, P16, P50, P59, AB1, SB77, SB96	PFC, T, pH-Wert, LF, O <sub>2</sub> , Redox, Trübstoffe, Fe, Mn, BTEX, C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> , (+ LHKW an P16)	halbjährlich	halbjährlich, im jeweiligen Abstrom der Sanierungsbereiche monatlich	halbjährlich, ggf. kürzere Intervalle



**Matrix Eigen- und Fremdüberwachung**

Untersuchungsbereich	Parameter	vor Beginn Bodensanierung/Air-Sparging	während Bodensanierung/ Air-Sparging	Untersuchungsintervalle	nach Sanierung
Abstrommessstellen_Gesamtgelände KB06-KB11, GWM50, GWM80a, SB69	PFC, T, pH-Wert, Lf, O <sub>2</sub> , Redox, Trübstoffe, BTEX, C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	vierteljährlich	monatlich		vierteljährlich
Zustrommessstellen KB01-KB05	Redoxparameter (Sauerstoff nach Winkler, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat, Sulfid, Fe)  PFC, T, pH-Wert, Lf, O <sub>2</sub> , Redox, Trübstoffe, BTEX, C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> , Redoxparameter (Sauerstoff nach Winkler, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat, Sulfid, Fe)	halbjährlich	halbjährlich		halbjährlich
Zustrommessstellen P59, AB2, GWM01, GWM02, GWM60, GWM83, GWM84	PFC, T, pH-Wert, Lf, O <sub>2</sub> , Redox, Trübstoffe, BTEX, C <sub>1</sub> , C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> , C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> , Redoxparameter (Sauerstoff nach Winkler, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat, Sulfid, Fe)	jährlich	jährlich		jährlich