



## Ревитализация загрязненных территорий в Санкт-Петербурге Flächenrevitalisierung in St. Petersburg



Комитет по природопользованию,  
охране окружающей среды и обеспечению  
экологической безопасности Санкт-Петербурга



Behörde für  
Stadtentwicklung  
und Umwelt



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Umwelt  
Bundes  
Amt   
Für Mensch und Umwelt



Luchterhandt  
stadtbauung • stadtforschung • stadtreisen

Свободный и Ганзейский город Гамбург  
Управление городского развития и защиты окружающей среды  
*Freie und Hansestadt Hamburg*  
*Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.)*

## **Ревитализация загрязненных территорий в Санкт-Петербурге**

### **Flächenrevitalisierung in St. Petersburg**

Научный подход для экономной и социально-приемлемой ревитализации бывших промышленных площадок в Санкт-Петербурге – анализ возможностей для передачи технологии и знаний REVVIN  
Заключительный отчет

*Wissenschaftlicher Vorlauf für die kostengünstige und sozialverträgliche Revitalisierung von Industriebrachen in St. Petersburg - Analyse von Möglichkeiten für den Technologie- und Wissenstransfer REVVIN*  
*Abschlussbericht*

## Ревитализация загрязненных территорий в Санкт-Петербурге

Научный подход для экономной и социально-приемлемой ревитализации бывших промышленных площадок в Санкт-Петербурге – анализ возможностей для передачи технологии и знаний

REVVIN - Заключительный отчет

### Авторы

Д-р Ральф Килгер, Томас Хаупт, Отдел защиты почв/загрязненные участки, Министерство по развитию города и окружающей среды, Свободный и Ганзейский Город Гамбург

Даниэль Лухтерхандт,  
Офис Лухтерхандт + аар, Гамбург

Д-р Ирина Чистовская, Федеральное управление защиты окружающей среды, Дессау

Д-р Нильс-Кристиан Лунд, Д-р Франк Иле, ИГВ ГмбХ, Гамбург

### Редакция русскоязычной версии

Д.А. Голубев, В.Л. Телицын, А.В. Марова, Д.М. Крутой, Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга

Д-р Марина Янкевич, Биоцен, Санкт-Петербург

### Научный совет

Проф. Харальд Бурмайер - Университет Люнебурга,  
Д-р Фабиан Дош - Федеральное агентство по строительству и градостроительству,  
Андреас Бибер - Министерство защиты окружающей среды Германии,  
Уве Виттманн - Исследовательский центр Юлих

### Перевод

Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга  
Д-р Ирина Чистовская, Дессау  
Оформление и компьютерная верстка

### Оформление и компьютерная верстка

Офис Лухтерхандт + аар  
Даниэль Лухтерхандт, Давид Зенгер, Ханне Бандух, Матильде Балбастро, Андреа Вилман

### Печать

a:prico AG, Hamburg

### Издатель

Свободный и Ганзейский Город Гамбург  
Министерство по развитию города и окружающей среды  
Управление по охране окружающей среды  
Отдел по охране почв/загрязненных участков  
Биллштрассе 84, 20539 Гамбург

д-р Ральф Килгер, Томас Хаупт

[www.bsu.hamburg.de](http://www.bsu.hamburg.de)

Ответственный по вопросам печати: Кристина Бюло  
Гамбург, февраль 2008

### Поддержка

Проект REVVIN финансируется Федеральным Министерством образования и науки, а также Свободным и Ганзейским Городом Гамбургом. Срок действия проекта: 01.09.2005 - 28.02.2008 г.

Номер проекта: 0330705  
тираж: 250 экземпляров

### ISBN

978-3-00-024263-2

[www.revvin.hamburg.de](http://www.revvin.hamburg.de)

### Примечания по распространению

Это печатное издание издается в рамках работы с ответственностью сената Свободного и Ганзейского города Гамбурга. Оно не будет использоваться ни артиями, ни кандидатами на выборную должность или их помощниками во время выборной борьбы в целях привлечения голосов. Это касается европейских выборов, выборов в бундестаг, ландтаги и коммунальных выборов. Злоупотреблением в частности считается распространение на выборах мероприятиях, на информационных стендах партий, а также вкладывание, надпечатывание или наклеивание политической информации о партии или рекламных средств. Также запрещается передача третьим лицам в целях привлечения голосов. Независимо от того, когда, каким путем и в каком количестве это издание поступило получателю, его запрещается использовать также и без временного отношения для предстоящих выборов способом, который мог бы быть понят как принятие земельным правительством стороны в пользу отдельных политических групп. Однако, партиям разрешается использовать печатное издание для информирования своих собственных членов.

## Flächenrevitalisierung in St. Petersburg

Wissenschaftlicher Vorlauf für die kostengünstige und sozialverträgliche Revitalisierung von Industriebrachen in St. Petersburg - Analyse von Möglichkeiten für den Technologie- und Wissenstransfer

REVVIN - Abschlussbericht

### Verfasser

Dr. Ralf Kilger, Thomas Haupt,  
Abteilung Bodenschutz/Altlasten,  
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,  
Freie und Hansestadt Hamburg

Daniel Luchterhandt,  
büro luchterhandt +aap, Hamburg

Dr. Irina Tschistowskaja,  
Umweltbundesamt, Dessau

Dr. Nils-Christian Lund, Dr. Frank Ihle,  
IGB Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg

### Redaktion der russischen Version

Dmitry A. Golubev, Vsevolod L. Telitsyn,  
Anastasia V. Marova, Dmitry M. Krutoy,  
Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und  
Ökologische Sicherheit, St. Petersburg

Dr. Marina Yankevich, Biocen, St. Petersburg

### Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Harald Burmeier -  
Universität Lüneburg,  
Dr. Fabian Dosch -  
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung,  
Andreas Bieber -  
Bundesministerium für Umwelt,  
Uwe Wittmann -  
Forschungszentrum Jülich

### Übersetzung

Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und  
Ökologische Sicherheit, St. Petersburg  
Dr. Irina Tschistowskaja, Umweltbundesamt,  
Dessau

### Gestaltung und Layout

büro luchterhandt +aap  
Daniel Luchterhandt, David Senger,  
Hanne Banduch, Matilde Balbastro,  
Andrea Willmann

### Druck

a:prico AG, Hamburg

### Herausgeber

Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
Amt für Umweltschutz  
Abteilung Bodenschutz/Altlasten  
Billstraße 84, 20539 Hamburg  
Dr. Ralf Kilger, Thomas Haupt

[www.bsu.hamburg.de](http://www.bsu.hamburg.de)

V.i.S.d.P: Kristina von Bülow  
Hamburg, im Februar 2008

### Förderung

Das Projekt REVVIN wird vom Bundesminister-  
terium für Bildung und Forschung gefördert.  
Laufzeit des Vorhabens:  
01.09.2005 - 28.02.2008

Förderkennzeichen: 0330705  
Auflage: 250 Exemplare

### ISBN

978-3-00-024263-2

[www.revvin.hamburg.de](http://www.revvin.hamburg.de)

### Anmerkung zur Verteilung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Information oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

# Часть А

## Восстановление территорий

<b>1</b>	<b>Восстановление территорий в Гамбурге</b>	<b>16</b>
1.1	Управление по охране окружающей среды Гамбурга – краткий обзор	16
1.2	Гамбургский комитет по охране окружающей среды	22
<b>2</b>	<b>Действующая нормативная база для восстановления территорий в Гамбурге</b>	<b>28</b>
2.1	Нормативная база - Правовые основы	28
2.2	Получение и обработка информации по ситуации загрязненных участков в Гамбурге	38
2.3	Проектные этапы при обработке загрязненных участков и роль Гамбургского управления по охране окружающей среды	44
2.4	Деятельность Гамбургского ведомства по охране окружающей среды в области восстановления территорий	66
<b>3</b>	<b>Восстановление территорий в Санкт-Петербурге</b>	<b>72</b>
3.1	Общие условия для восстановления территорий в Санкт-Петербурге	72
3.2	Практика восстановления территорий в Санкт-Петербурге	74
3.3	Структура Санкт-Петербургского регионального управления: поле задач и полномочие в вопросах обработки почв, обремененных старой экологической загрязненностью, и восстановления территорий.	76
3.4	Другие государственные инстанции, уполномоченные для санации загрязненных участков; создание сетевых структур с Комитетом по природопользованию	80
3.5	Сотрудничество с „местными предприятиями“ и частными поставщиками услуг	80
3.6	Финансирование мероприятий по санации	82
3.7	Интеграция инвесторов в рециклинг территорий	82
<b>4</b>	<b>Практическая санация загрязненных участков в Санкт-Петербурге</b>	<b>84</b>
4.1	Обработка информации и работа с данными по ситуации с загрязненными участками в Санкт-Петербурге	84
4.2	Мероприятия по обеспечению экологической безопасности	84
4.3	Образ действий при выдаче разрешений на проведение мероприятий по санации	86
4.4	Полномочия Комитета по природопользованию Санкт-Петербурга в общем процессе проектирования (процедура утверждения); полномочия других Комитетов	92
<b>5</b>	<b>Сравнительный анализ общих условий и практики восстановления территорий в Гамбурге и Санкт-Петербурге</b>	<b>94</b>
5.1	Общие условия	94
5.2	Структура администрации	96
5.3	Требования для будущей практики	96

# Teil A

## Flächenrevitalisierung

<b>1</b>	<b>Flächenrevitalisierung in Hamburg</b>	<b>17</b>
1.1	Die Hamburger Umweltverwaltung – ein kurzer Rückblick	17
1.2	Die Hamburger Umweltverwaltung	23
<b>2</b>	<b>Aktuelle Rahmenbedingungen für das Flächenrecycling in Hamburg</b>	<b>29</b>
2.1	Rahmenbedingungen – Rechtliche Grundlagen	29
2.2	Beschaffung und Pflege von Informationen zur Altlastensituation in Hamburg	39
2.3	Projektphasen bei der Altlastenbearbeitung und die Rolle der Hamburger Umweltverwaltung	45
2.4	Handeln der Hamburger Umweltverwaltung im Bereich des Flächenrecyclings	67
<b>3</b>	<b>Flächenrevitalisierung in St. Petersburg</b>	<b>73</b>
3.1	Rahmenbedingungen für das Flächenrecycling in St. Petersburg	73
3.2	Praxis der Flächenrevitalisierung in St. Petersburg	75
3.3	Struktur der St. Petersburger Umweltverwaltung: Aufgabenfelder und Zuständigkeiten in Fragen der Altlastenbearbeitung und des Flächenrecyclings	77
3.4	Andere staatliche Stellen, die mit der Sanierung von kontaminierten Standorten betraut sind; Vernetzung mit der Umweltverwaltung	81
3.5	Kooperationen mit Landesbetrieben und privaten Dienstleistern	81
3.6	Finanzierung von Sanierungsvorhaben	82
3.7	Einbindung von Investoren in das Flächenrecycling	x82
<b>4</b>	<b>Praktizierte Altlastensanierung in St. Petersburg</b>	<b>85</b>
4.1	Informationsaufbereitung und Pflege der Daten zur Altlastensituation in St. Petersburg	85
4.2	Vorgehen im Falle erforderlicher Gefahrenabwehr	85
4.3	Verfahren zur Genehmigung von Sanierungsvorhaben	87
4.4	Kompetenzen der Umweltverwaltung von St. Petersburg im gesamten Planungsprozess (Genehmigungsverfahren); fachliche und zeitliche Einbindung; Kompetenzen anderer Komitees	93
<b>5</b>	<b>Vergleichende Betrachtung der Rahmenbedingungen und Praxis der Flächenrevitalisierung in Hamburg und St. Petersburg</b>	<b>95</b>
5.1	Rahmenbedingungen	95
5.2	Verwaltungsstruktur	95
5.3	Herausforderungen für die künftige Praxis	97

# Часть В

## REVVIN – Руководство по санации загрязненных территорий

<b>6</b>	<b>Основные положения руководства</b>	<b>102</b>
6.1	Определения	104
6.2	Технологии санации: систематический обзор	110
6.3	Контрольный список „Необходимая информация для оценки территорий и их ситуация по загрязненности“	122
<b>7</b>	<b>REVVIN-руководство по ревитализации территорий</b>	<b>124</b>
7.1	„REVVIN-руководство“ Этапы для успешного рециклинга территорий	124
7.2	REVVIN-система поиска технологии Методика выбора пригодных технологий санации	138
7.3	Показательный пример: Химическое производство	160
<b>8</b>	<b>Рекомендации</b>	<b>168</b>

# Часть С

## Технологии санации

<b>Обезвреживание</b>	<b>in situ-Технологии обработки</b>	<b>186</b>
D1-1	Вторичное извлечение фазы продукта	186
D1-2 до D1-4	Физико-химические методы обработки	190 - 202
D1-5 до D1-6	Биологические методы обработки	204 - 214
<b>Обезвреживание</b>	<b>ex situ-Строительные технологии</b>	<b>216</b>
D2-1 до D2-3	Выемка – почвы	216 - 226
D2-4 до D2-5	Активная откачка – грунтовой воды	228 - 236
D2-6 до D2-7	Активная откачка – почвенного воздуха	238 - 244
<b>Обезвреживание</b>	<b>ex situ-Технологии обработки</b>	<b>246</b>
D3-1	Почва – биологические методы обработки	246
D3-2 до D3-3	Почва – физико-химические методы обработки	250 - 256
D3-4 до D3-6	Почва – термические методы обработки	258 - 269
D3-7	Почва – Утилизация отходов	270
D3-8	Грунтовая вода – биологические методы обработки	274
D3-9 до D3-10	Грунтовая вода – физико-химические методы обработки	280 - 290
D3-11 до D3-12	Почвенный воздух – физико-химические методы обработки	292 - 298
<b>Обеспечение безопасности</b>	<b>Строительные технологии</b>	<b>300</b>
S1-1	Вертикальные герметичные стенки	300
S1-2 до S1-3	Поверхностная изоляция	304 - 312
S1-4	Поверхностное покрытие	314
S1-5	Размещение отходов	318

# Teil B

## REVVIN - Leitfaden zur Altlastensanierung

<b>6</b>	<b>Grundlagen des Leitfadens</b>	<b>103</b>
6.1	Definitionen	105
6.2	Sanierungstechnologien: Eine systematische Übersicht	111
6.3	Checkliste „Notwendige Informationen zur Bewertung von Flächen und ihre Altlastensituation“	123
<b>7</b>	<b>REVVIN-Leitfaden zur Flächenrevitalisierung</b>	<b>125</b>
7.1	„REVVIN-Leitfaden“ Schritte zur erfolgreichen Flächenrevitalisierung	125
7.2	REVVIN-Technologie-Finder Methodik für die Auswahl geeigneter Sanierungstechnologien	139
7.3	Fallbeispiel: Chemiestandort	161
<b>8</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>168</b>

# Teil C

## Sanierungstechnologien

<b>Dekontamination</b>	<b>in situ-Behandlungstechnologie</b>	<b>187</b>
D1-1	Rückgewinnung von Produktphase	187
D1-2 bis D1-4	Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren	191 - 203
D1-5 bis D1-6	Biologische Behandlungsverfahren	205 - 215
<b>Dekontamination</b>	<b>ex situ-Bautechnologie</b>	<b>217</b>
D2-1 bis D2-3	Boden – Aushub	217 - 227
D2-4 bis D2-5	Grundwasser – aktive Entnahme	229 - 237
D2-6 bis D2-7	Bodenluft – aktive Entnahme	239 - 245
<b>Dekontamination</b>	<b>ex situ-Behandlungsverfahren</b>	<b>247</b>
D3-1	Boden – biologische Behandlungsverfahren	247
D3-2 bis D3-3	Boden – chemisch physikalische Behandlungsverfahren	251 - 257
D3-4 bis D3-6	Boden – thermische Behandlungsverfahren	259 - 269
D3-7	Boden – Entsorgung	271
D3-8	Grundwasser – biologische Behandlungsverfahren	275
D3-9 bis D3-10	Grundwasser – chemisch-physikalische Behandlungsverfahren	281 - 291
D3-11 bis D3-12	Bodenluft – chemisch-physikalische Behandlungsverfahren	293 - 299
<b>Sicherung</b>	<b>Bautechnologie</b>	<b>301</b>
S1-1	Vertikale Dichtwände	301
S1-2 bis S1-3	Oberflächenabdichtung	305 - 313
S1-4	Oberflächenabdeckung	315
S1-5	Ordnen der Altlast	319

## Предисловие

Сенатор Аксель Гедашко

Председатель Управления городского развития

и охраны окружающей среды

Свободный и Ганзейский город Гамбург

### Ревитализация промышленных площадок - пример успешного сотрудничества городов-побратимов Санкт-Петербург и Гамбург

Гамбург является зеленой метрополией на воде. Мы хотим сохранить для будущего эту особенность обширного озеленения нашего города. Одновременно мы стремимся к дальнейшему развитию Гамбурга во всех областях. Это также означает, что мы стремимся к увеличению числа жителей нашего города.

Чтобы согласовать эти цели, сенат делает ставку на качественный рост. Это означает, что мы должны увеличивать площадь за счет ранее использовавшихся в других целях территорий. Мы хотим использовать эти так называемые «конверсионные территории» и включить их таким образом в новые жилые и рабочие зоны для населения нашего города.

Благодаря своему крупному реализуемому объему строительных работ конверсионные территории представляют один из важнейших ресурсов для городского развития. Поэтому мы будем настойчиво форсировать ввод в эксплуатацию данных ареалов.

К конверсионным территориям относятся бывшие площади порта, на которых получил мощный импульс развития HafenCity (гавань-сити) благодаря выгодному местоположению между центральной частью города и Эльбой. HafenCity (гавань-сити) является крупнейшим и, пожалуй, самым известным в Европе проектом развития города Гамбурга.

Бывшие казарменные территории, путевые сооружения и использовавшиеся почтой участки, предлагают также большой территориальный потенциал. Здесь строятся привлекательные новые городские кварталы или реализуются проекты межрегионального значения. Так в центральной части на месте бывших участков дороги возникла дополнительная часть Гамбургской ярмарки. Этот проект наряду с HafenCity (гавань-сити) является одним из самых крупных внутригородских строительных объектов Гамбурга.

Для своевременной подготовки территории для растущего города часто необходимо предварительное проведение санации загрязненных участков. Успешная санация участка Grasbrook/Грасбрук является наиболее примечательным примером, так как там должен возникнуть морской квартал, сердце HafenCity (гавань-сити).

**Vorwort****Senator Axel Gedaschko****Präses der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
Freie und Hansestadt Hamburg****Industrieflächenrevitalisierung – Beispiel erfolgreicher Zusammenarbeit der Partnerstädte St. Petersburg und Hamburg**

Hamburg ist eine internationale Metropole, die seit Jahrhunderten den regen Austausch mit anderen Städten und Nationen pflegt. Die Städtepartnerschaften sind sichtbarer Ausdruck dieser weltumspannenden Verbundenheit. Im Jahr 2007 feierten St. Petersburg und Hamburg das 50-jährige Bestehen ihrer Städtepartnerschaft. Seit 1957 hat sich eine intensive Zusammenarbeit entwickelt. Aktuelles Beispiel ist die Altlastensanierung, die auf vielen Flächen in unseren beiden Städten notwendig ist, bevor eine hochwertige bauliche Gestaltung erfolgen kann.

Mit seinem Leitbild der Wachsenden Stadt realisiert der Senat ein qualitätvolles Wachstum, das steigende Einwohnerzahlen und wirtschaftliche Prosperität mit dem Erhalt und Ausbau des grünen Charakters unserer Hansestadt in Einklang bringt.

In der Stadtentwicklung setzen wir daher einen Schwerpunkt auf solche Flächen, die für ihren ursprünglichen Zweck nicht mehr benötigt werden. Wir wollen diese sog. „Konversionsflächen“ in neue Nutzungen überführen und wieder als Wohn- und Arbeitsräume für die Menschen unserer Stadt erschließen.

Zu den Konversionsflächen zählen ehemalige Hafenumflächen, auf denen nun in herausgehobener Lage zwischen City und der Elbe die Entwicklung der HafenCity vorangetrieben wird. Die HafenCity mit der Elbphilharmonie ist das europaweit sicherlich bekannteste Stadtentwicklungsvorhaben Hamburgs. Auch ehemalige Kasernengelände, Bahnanlagen und früher von der Post genutzte Flächen bieten große Potenziale.

Hier werden weitere attraktive Stadtquartiere errichtet oder Projekte mit überregionaler Bedeutung realisiert. So entsteht in citynaher Lage auf ehemaligen Bahnflächen eine Erweiterung der Hamburg-Messe. Dieses Projekt ist neben der HafenCity eines der größten innerstädtischen Bauvorhaben Hamburgs.

Insbesondere die Konversionsflächen erfordern häufig als ersten Schritt eine Altlastensanierung, damit sie zeitnah für städtisches Wachstum zur Verfügung stehen. Die erfolgreiche Sanierung des Grasbrooks ist hierfür ein besonders gelungenes Beispiel. Dort entsteht bis 2011 das Überseequartier, das Herz der HafenCity.

Программа поддержки «Исследования для ограничения землепользования и устойчивый менеджмент участков», инициированная Федеральным министерством по образованию и науке до 2010 г., позволила финансовую поддержку нашего проекта, для осуществления которого город Гамбург также внес значительный вклад из средств содружества городов-побратимов.

Результаты исследовательской разработки «Научное обоснование для экономической и социально приемлемой санации бывших промышленных площадок в Санкт-Петербурге – анализ возможностей для трансфера технологий и знаний» ясно подтверждают, что тема восстановления территорий объединяет интересы наших городов-побратимов. С помощью настоящего руководства впервые широко представлена Гамбургская методика и одновременно подготовлена для нашего города-побратима Санкт-Петербурга. Если документация будет способствовать практическому прогрессу восстановления территорий, значит, ее цель будет достигнута.

Мы рады тому, что можем совместно работать с нашим городом-побратимом Санкт-Петербургом над темой устойчивого развития промышленных территорий для растущего города и желаем для будущего сотрудничества интенсивного обмена между администрациями, а также в области хозяйства, исследований и образования.

**Сенатор Аксель Гедашко**

Председатель Управления городского развития и охраны окружающей среды  
Свободный и Ганзейский город Гамбург

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Wissenschaftlicher Vorlauf für die kostengünstige und sozialverträgliche Revitalisierung von Industriebrachen in St. Petersburg – Analyse von Möglichkeiten für den Technologie- und Wissenstransfer“ belegen deutlich, dass das Thema Flächenrevitalisierung die Interessen unserer Partnerstädte verbindet. Mit dem vorliegenden Leitfaden wird erstmalig die Hamburger Methodik umfassend dargestellt und zugleich für unsere Partnerstadt St. Petersburg aufbereitet. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bis 2010 initiierte Förderprogramm „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ ermöglichte eine finanzielle Unterstützung für das Projekt, zu dem die Stadt Hamburg einen erheblichen Beitrag aus den Mitteln der Städtepartnerschaft beisteuerte.

Ich bin zuversichtlich, dass der vorliegende Bericht nicht nur zum praktischen Fortschritt bei der Flächenrevitalisierung und Industrieflächenentwicklung in wachsenden Städten beiträgt, sondern auch unserer Partnerschaft mit St. Petersburg neue und nachhaltige Impulse verleihen wird.



**Senator Axel Gedaschko**

Präsident der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
Freie und Hansestadt Hamburg



#### **Руководство по санации загрязненных территорий в Санкт-Петербурге**

В современных условиях высокого темпа развития все чаще поднимаются вопросы ревитализации загрязненных территорий.

В настоящее время принят новый Генеральный план развития Санкт-Петербурга, предусматривающий интенсивное расширение городской транспортной сети, освоение прибрежных территорий морского фасада города, жилищное строительство в ближайшие сроки – до 2015 года с перспективой до 2025 года. Следует отметить, что формирование новой инфраструктуры должно происходить преимущественно внутри существующих границ города в условиях ограниченности территориальных ресурсов.

Вследствие этого на первый план выдвигаются проблемы возвращения в хозяйственный оборот территорий, загрязненных деятельностью промышленных предприятий и объектами размещения отходов. Решение этих проблем будет способствовать повышению инвестиционной привлекательности территорий.

В настоящее время решение вопросов восстановления загрязненных территорий становится одним из приоритетных направлений деятельности Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической

#### **Предисловие**

**Д.А. Голубев**

**Вступление председателя Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга**

безопасности. При этом необходимо отметить важность использования опыта зарубежных партнеров по разработке технологий ревитализации загрязненных территорий.

На протяжении ряда лет партнером Комитета по природопользованию Санкт-Петербурга является Министерство градостроительства и охраны окружающей среды Мэрии Гамбурга - крупного европейского города, где проблема ревитализации загрязненных земель успешно решается с 1970-х годов. Практика работы Министерства градостроительства и охраны окружающей среды Мэрии Гамбурга демонстрирует эффективную схему работы с территориями, требующими перепрофилирования и новой застройки. Одним из результатов совместной деятельности стала разработка рекомендаций по ревитализации загрязненных территорий, на основе опыта города-побратима Санкт-Петербурга - Гамбурга.

Учитывая установившиеся тесные связи и заботу об экологическом благополучии и процветании наших городов, надеюсь на взаимную плодотворность исследований, дальнейшее совершенствование механизма создания благоприятной среды обитания населения Гамбурга и Санкт-Петербурга.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

**Председатель Комитета  
Д.А. Голубев**

**Vorwort****Dmitry A. Golubev****Vorsitzender des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit in St. Petersburg****Der Leitfaden zur Flächenrevitalisierung in St. Petersburg**

Unter modernen Bedingungen einer schnellen Flächenentwicklung werden immer öfter Fragen der Revitalisierung von kontaminierten Standorten erörtert.

Gegenwärtig ist der neue Masterplan für die Entwicklung von St. Petersburg verabschiedet worden, der eine intensive Erweiterung des städtischen Transportnetzes, die Entwicklung der Wasserlinien der Stadt sowie Wohnungsbau in der nahen Zukunft mit der Perspektive bis 2015 vorsieht. Es muss betont werden, dass die Entwicklung einer neuen Infrastruktur hauptsächlich innerhalb der bestehenden Stadtgrenzen unter den Rahmenbedingungen von begrenzten Flächenressourcen erreicht werden soll.

Deshalb sollen Probleme der Revitalisierung von Flächen, die in Folge der Tätigkeit von Industrieunternehmen bzw. der Unterbringung von Abfällen kontaminiert sind, mit hoher Priorität behandelt werden. Die Lösung dieser Probleme wird Investitionsanreize für Flächen erhöhen.

Gegenwärtig entwickeln sich Fragen der Sanierung von kontaminierten Flächen zu einer der prioritären Tätigkeiten des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit. Dabei soll die Wichtigkeit der Nutzung von Erfahrungen ausländischer Partner in Fragen der Entwicklung von Technologien zur Revitalisierung von kontaminierten Flächen unterstrichen werden.

Seit einigen Jahren agiert als Partner des Komitees für Naturnutzung von St. Petersburg die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Stadt Hamburg, einer der großen europäischen Städte, wo das Problem der Revitalisierung von kontaminierten Flächen seit der 1970er Jahre erfolgreich gelöst wird. Die Erfahrungen der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt in Hamburg demonstrieren einen effektiven Umgang mit Flächen, die revitalisiert, umgenutzt und neu bebaut werden. Ein Ergebnis der Kooperation ist der Leitfaden zur Revitalisierung von kontaminierten Standorten auf der Grundlage der Erfahrungen der Partnerstadt Hamburg.

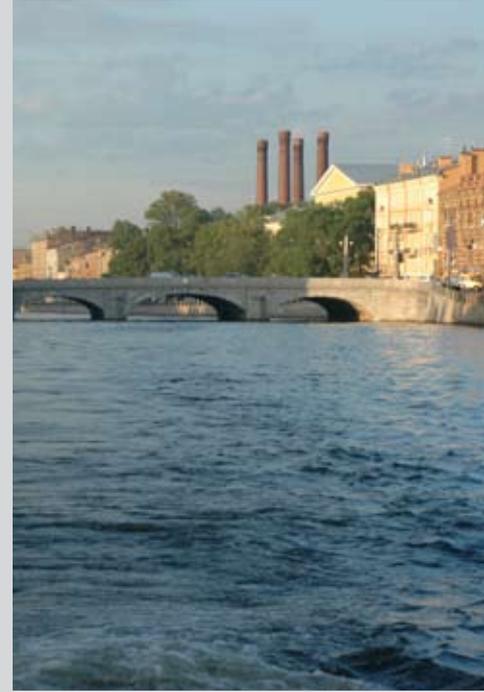
Ausgehend von den bestehenden engen Kontakten und der Sorge über die ökologische Sicherheit und dem Wohlergehen unserer beiden Städte, hoffe ich auf die gegenseitige Fruchtbarkeit der Untersuchungen und die weitere Perfektionierung des Mechanismus zur Schaffung einer lebenswerten Umwelt für die Bevölkerung von Hamburg und St. Petersburg.

Vorsitzender des Komitees  
**Dmitry A. Golubev**

# Часть А

## Восстановление территорий

Предпосылки, опыт, потребности



# Teil A

## Flächenrevitalisierung

Voraussetzungen, Erfahrungen, Herausforderungen

# 1 Восстановление территорий в Гамбурге

## 1.1 Управление по охране окружающей среды Гамбурга – краткий обзор

Изменения общественных и экономических условий и их воздействия на окружающую среду проявляются в зонах плотного заселения, таких как метрополия Гамбург как «под лупой». Здесь жителю отчетливо представляются экологические проблемы; в качестве примера на этом месте следует привести три исторических случая, с которыми тесно связано возникновение ведомства по охране окружающей среды в Гамбурге:

- Stoltzenberg/Штольценберг (1979): химическая фабрика по ликвидации боеприпасов и отравляющих веществ после второй мировой войны – недостаточный контроль уполномоченных органов власти привел к нелегальному складированию отходов на внутригородской территории.
- Voehringer/Бёрингер (1984): химическая фабрика для производства средств защиты растений (например, линдан) – недостаточные стандарты охраны окружающей среды привели к значительным загрязнениям зданий и сооружений, почвы и грунтовых вод,

прежде всего хлорированными органическими соединениями, включая диоксиды и фураны. Производственные отходы размещались во многих хранилищах в Германии, в том числе на полигоне

- Georgswerder/Георгсвердер. Георгсвердер (1983): недостаточные знания при выборе расположения хранилища отходов, а также неправильные концепции и техники складирования привели к неконтролируемым выбросам из одной из крупнейших полигонов для промышленных отходов в Европе.

Общественные протесты и давление к принятию неотложных мер именно в первой половине 1980-х г. форсировали мероприятия по санации в местных, территориальных проблемных пунктах (производственные территории, производственные установки). На базе концептуальных задач по охране окружающей среды, таких, как Политическая концепция по охране окружающей среды 1980 г., Политическая программа действий по охране окружающей среды 1984 г., а также связанное с окружающей

# 1 Flächenrevitalisierung in Hamburg

## 1.1 Die Hamburger Umweltverwaltung – ein kurzer Rückblick

Veränderungen von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Umwelt zeigen sich in Ballungsräumen wie der Metropole Hamburg wie in einem Brennglas. Hier werden ökologische Probleme zugespitzt dem Bürger vor Augen geführt; beispielhaft seien an dieser Stelle drei historische Fälle angeführt, mit denen die Entstehung der Hamburger Umweltbehörde eng verknüpft ist:

- Stoltzenberg (1979): Chemische Fabrik zur Beseitigung von Munition und Kampfstoffen nach dem 2. Weltkrieg – mangelhafte Kontrollen der zuständigen Behörden führten zu illegalen Abfallablagerungen auf dem innerstädtischen Gelände.
- Boehringer (1984): Chemische Fabrik zur Herstellung von Pflanzenbehandlungsmitteln (z.B. Lindan) – mangelhafte Umweltstandards bei der Produktion führten zu erheblichen Kontaminationen in der Bausubstanz, im Boden und Grundwasser, insbesondere mit chlorierten organischen Verbindungen einschließlich Dioxinen und Furanen. Produktionsabfälle wurden auf

mehreren Deponien in Deutschland abgelagert, u.a. auch auf Georgswerder.

- Georgswerder (1983): ungenügende Kenntnis bei der Auswahl des Deponiestandortes sowie falsche Ablagerungskonzepte und -techniken führten zu unkontrollierten Emissionen aus einer der größten Industriemülldeponien in Europa.

Die öffentlichen Proteste und der Druck auf schnelle Maßnahmen gerade in der ersten Hälfte der 1980er Jahre haben Sanierungsmaßnahmen bei den lokalen, standortgebundenen Problempunkten (Betriebsflächen, Produktionsanlagen) vorangetrieben. Auf der Basis medienübergreifender konzeptioneller Vorgaben wie dem Umweltpolitischen Konzept von 1980, dem Umweltpolitischen Aktionsprogramm von 1984 sowie medienbezogenen Fachplanungen (z.B. Luftreinhalteplan) wurden in den vergangenen Jahren wesentliche Verbesserungen in der Umweltsituation Hamburgs erreicht. Dies gilt sowohl in struktureller Hinsicht (Schadstoffemissionen aus Kraftwerken und Industrieanlagen) als auch im Hinblick auf wichtige Einzelfragen.

средой специализированное планирование (например, план обеспечения чистоты воздуха) за прошедшие годы были достигнуты значительные улучшения ситуации по охране окружающей среды в Гамбурге. Это действительно как с точки зрения структуры (выброс вредных веществ электростанций и промышленных сооружений), так и применительно к важным частным вопросам.

Гамбургское управление по охране окружающей среды тем временем имеет тридцатилетнюю историю. За это время оно превратилось, пребывая в различных политических условиях, из реагирующего действующего лица в активное ведомство. При этом оно сменило свой имидж опекуна в вопросах защиты окружающей среды, который служил для устранения общественно значимых проблем, в действенную единицу, которая является важным партнером в вопросах устойчивого развития города и отдельных участков.

С содержательной и программной точки зрения программа санации территорий 1979 г. означает начало интегрированной, политически ориентированной на развитие города обработки загрязненных участков. Поводом стала смерть ребенка, получившего доступ к опасным веществам на территории химической фабрики д-ра Хуго Штольценберга. Когда в связи с этим «случаем Штольценберга» были выявлены другие территории, было принято решение о программе санации, являющейся частью обширной программы охраны земель. В итоге программа была принята в 1981 г. гамбургским парламентом.

Следующей вехой послужило создание в Управлении по охране окружающей среды в 1986 году ведомства, специально уполномоченного для санации загрязненных участков. Оно уполномочено планировать и

проводить санацию на территориях, принадлежащих городу. Тем временем ведомство интегрировалось в Управление по городскому развитию и охране окружающей среды (BSU). В этом управлении соединены все полномочия по обработке загрязненных участков и восстановлению территорий. Далее была создана доступная всем органам власти Гамбурга центральная цифровая информационная система для систематического учета, ведения документации и передачи информации.

Тогда сотрудники BSU получили возможность управления и осуществления всех процессов по загрязненным территориям из одних рук и делают это и в настоящее время. Эта деятельность включает в себя подготовку информации относительно конкретной территории, полномочие на изучение загрязненного участка, оценку, инженерно-техническое проведение санации и юридическое консультирование всех общественных и частных пользователей.

Необходимость охраны окружающей среды в настоящее время и для будущих поколений давно стала широко распространенной общественной позицией. Поэтому естественно и непременно принимаются во внимание экологические цели, представляемые управлением по охране окружающей среды, а позднее BSU на этапе разработки городского развития Гамбурга. BSU гарантирует при точной координации охраны окружающей среды, городского планирования, стимулирования экономической деятельности и использовании земельных участков, необходимую обязанность добросовестности при обращении с загрязненными участками.

Die Hamburger Umweltverwaltung kann auf eine mittlerweile dreißig jährige Geschichte zurückblicken. In dieser Zeit hat sie sich unter unterschiedlichen politischen Rahmenbedingungen von einem reagierenden Akteur zu einer aktiven Verwaltung entwickelt. Sie hat dabei ihr Image von einem Kümmerer in Fragen des Umweltschutzes, der für die Beseitigung öffentlich stark beachteter Problemfälle stand, hin zu einer Handlungseinheit verändert, die ein wichtiger Partner in Fragen einer nachhaltigen Stadt- und Standortentwicklung ist.

Inhaltlich-programmatisch markiert das Flächensanierungsprogramm aus dem Jahre 1979 den Beginn einer integrierten, stadtentwicklungspolitisch orientierten Altlastenbearbeitung. Anlass war der Tod eines Kindes, das auf dem Gelände der Chemischen Fabrik Dr. Hugo Stoltzenberg Zugang zu gefährlichen Stoffen gehabt hatte. Als im Zusammenhang mit diesem „Fall Stoltzenberg“ Hinweise auf weitere Flächen eingingen, wurde das Flächensanierungsprogramm beschlossen, das Teil eines umfassenden Bodenschutzprogramms wurde. Das Programm wurde schließlich 1981 von der Hamburgischen Bürgerschaft gebilligt.

Ein weiterer Meilenstein ist die Einrichtung einer speziell für die Altlastensanierung zuständigen Dienststelle in der Umweltbehörde im Jahre 1986. Sie ist zuständig für die Planung und Durchführung von Sanierungen auf stadteigenen Flächen. Inzwischen ist die Dienststelle in die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) integriert. In dieser Behörde sind sämtliche Kompetenzen der Altlastenbearbeitung und des Flächenrecyclings gebündelt. Ferner wurde zur systematischen Erfassung, zur Dokumentation und Weitergabe von Informationen ein zentrales digitales Informationssystem geschaffen,

auf das alle Behörden Hamburgs Zugriff haben.

Damals wie heute sind die Ämter der BSU in der Lage, alle altlastenrelevanten Prozesse aus einer Hand zu steuern und durchzuführen. Dies reicht von der Bereitstellung standortrelevanter Informationen über die Kompetenz zur Altlastenerkundung, zur Bewertung und ingenieurmäßigen Durchführung von Sanierungen bis zur rechtlichen Beratung aller öffentlichen und privaten Bedarfsträger.

Die Notwendigkeit, die Umwelt für heutige und zukünftige Generationen zu schützen, ist längst zu einer weit verbreiteten gesellschaftlichen Auffassung geworden. Daher ist es selbstverständlich und weithin akzeptiert, die von der Umweltbehörde und später von der BSU vertretenen ökologischen Ziele im Abwägungsprozess für die Hamburger Stadtentwicklung zu berücksichtigen. Die BSU stellt in enger Abstimmung zwischen Umweltschutz, Stadtplanung, Wirtschaftsförderung und Grundstücksverwertung sicher, dass die im Umgang mit Altlasten erforderliche Sorgfaltspflicht gewährleistet ist.

Bis heute sind über 3.000 altlastenverdächtige Flächen und Altlasten untersucht und ggf. saniert worden. 240 städtische Flächen hat die Behörde eigenständig saniert. Dazu gehören u.a. Deponien wie Georgswerder und die Altablagerung Moorfleeter Brack, bewohnte Altlasten wie die Bille-Siedlung, ehemalige Gaswerke wie Bahrenfeld, NoKoCo und Grasbrook in der Hafencity sowie Maßnahmen wie das Goldbekhaus und die Stülcken-Werft. Insgesamt wurden seit 1981 von der Freien und Hansestadt Hamburg ca. 480 Mio. EUR für Altlastensanierung und Flächenrecycling ausgegeben.



**1**  
*Вид на переоборудованные сооружения во внутреннем порту Харбурга*

**2**  
*Из старого делай новое: сооружения во внутреннем порту Харбурга*

**3**  
*Аэроснимок полигона Гамбург-Вильгельмсбург*

**4**  
*Ландшафт в окрестности полигона Георгсвердер*

На сегодняшний день исследовано более 3.000 участков с потенциальным загрязнением и загрязненных участков и при необходимости saniровано. 240 городских территорий городское ведомство saniровало самостоятельно. Помимо прочего, сюда относятся полигон Georgswerder/Георгсвердер и захоронение Moorfleeter Brack/Морфлетер Брак, заселенные загрязненные участки, такие как, например, поселение Bille/Билле, бывшие газовые заводы, как Bahrenfeld/Баренфельд, NoKoCo/НоКоКо и Grasbrook/Грасброк в Хафен Сити, а также такие мероприятия как Goldbekhaus/Гольдбекхаус и Stülcken-Werft/Штюлькен-Верфт. Всего за период с 1981 г. Свободный и Ганзейский город Гамбург потратил около 480 млн Евро на санацию загрязненных земель и восстановление территорий.

## **1.2 Гамбургский комитет по охране окружающей среды**

### **1.2.1 Административное деление Гамбурга – земля, районы, органы власти: круг полномочий**

Свободный и Ганзейский город Гамбург с числом жителей 1,7 миллиона чел. является вторым по величине городом Германии и одной из 16 немецких федеральных земель. В качестве города-государства он имеет также статус муниципального совета. Поэтому парламент Гамбурга является не только парламентом земли, он исполняет также задачи, типичные для муниципального представительства. Он утверждает законы земли и управляет бюджетом Свободного и Ганзейского города Гамбурга. Гамбургский сенат является правительством города-государства. Государственные и муниципальные вопросы не отделены друг от друга. Поэтому сенат является также «муниципальным правительством». Все остальные органы власти подчинены сенату. Задачи правительства выполняют как сам сенат, так и учреждения сената и подведомственные специальные учреждения и окружные учреждения.



## 1.2 Die Hamburger Umweltverwaltung

### 1.2.1 Verwaltungsgliederung Hamburg – Land, Bezirke, Behörden: Zuständigkeiten

Die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) ist mit 1,7 Millionen Einwohnern die zweitgrößte Stadt Deutschlands und eines der 16 deutschen Bundesländer. Als Stadtstaat hat sie zugleich den Status einer Kommune. Deshalb ist die Hamburgische Bürgerschaft nicht nur das Landesparlament, sie nimmt auch die für eine Kommunalvertretung typischen Aufgaben wahr. Sie verabschiedet Landesgesetze und beschließt den Haushalt der Freien und Hansestadt Hamburg. Der Hamburger Senat ist die Regierung des Stadtstaates. Staatliche und gemeindliche Angelegenheiten werden nicht getrennt. Deshalb ist der Senat auch „Gemeinderegierung“. Alle anderen Behörden sind dem Senat untergeordnet. Verwaltungsaufgaben nehmen sowohl der Senat selbst als auch die Senatsämter und die nachgeordneten Fachbehörden und Bezirksämter wahr.

Der Erste Bürgermeister und die Senatoren bilden den Senat. Der Senat bestimmt die Richtlinien der Politik, führt und beaufsichtigt die Verwaltung. Die übrigen Verwaltungsaufgaben werden von den Fachbehörden und den

Bezirksämtern mit den ihnen angeschlossenen Ortsämtern ausgeführt. Die Fachbehörden sind mit den Ministerien anderer Bundesländer vergleichbar. Sie bereiten Gesetze und Verordnungen vor, entwickeln Fachplanungen und stellen Richtlinien auf. Sie werden eigenverantwortlich von Mitgliedern des Senats geleitet. Senatorinnen und Senatoren sind Behördenleiter und zugleich verantwortliche Regierungsmitglieder.

Hamburg ist in sieben Bezirke untergliedert: Mitte, Altona, Eimsbüttel, Nord, Wandsbek, Bergedorf und Harburg. Jeder Bezirk gliedert sich in mehrere Stadtteile, von denen es in ganz Hamburg insgesamt 104 gibt. Die Bezirksämter führen die ortsnahe zu erledigenden Verwaltungsaufgaben durch und nehmen Aufgaben der Verwaltung gegenüber den Bürgerinnen und Bürgern wahr. In jedem Bezirk gibt es eine Bezirksversammlung, die von den wahlberechtigten Einwohnerinnen und Einwohnern des Bezirks gewählt werden.

1

*Blick auf das umgenutzte Silo im Harburger Binnenhafen*

2

*Aus Alt mach Neu: Das Silo im Harburger Binnenhafen*

3

*Luftbild der Deponie Georgswerder in Hamburg-Wilhelmsburg*

4

*Der Landschaftsraum unterhalb der Deponie Georgswerder*

Первый бургомистр и сенаторы образуют сенат. Сенат определяет основные направления политики, осуществляет руководство и контролирует управление. Остальные задачи административных органов осуществляются специальными учреждениями и окружными учреждениями совместно с соответствующими местными инстанциями. Специальные учреждения сравнимы с министерствами других федеральных земель. Они подготавливают законы и распоряжения, разрабатывают специальное планирование и устанавливают директивы. Их возглавляют члены сената, несущие личную ответственность. Сенаторы являются руководителями ведомств и одновременно ответственными членами правительства.

Гамбург разделен на семь округов: Центр, Альтона, Эймсбюттель, Север, Вандсбек, Бергедорф и Харбург. Каждый округ подразделяется на несколько кварталов, общее количество которых в Гамбурге насчитывает 104. Окружные администрации реализуют местные административные задачи и выполняют задачи органов власти по отношению к гражданам. В каждом округе имеется окружное собрание, избираемое жителями округа, имеющими право голоса.

### **1.2.2 Управление городского развития и охраны окружающей среды (BSU) – полномочия для устойчивого развития города объединены под одной крышей**

Задачи BSU в основном ориентируются на лейтмотив растущего города, высшую задачу правительственной программы. Тот факт, что Гамбург является как городом-государством, так и субъектом федеральной системы Федеративной республики Германии и одновременно в качестве муниципального совета подлежит принципу муниципального самоуправления, требует от органов власти выполнения как министерских задач, так и муниципальных обязанностей. В структуре BSU примечателен широко специализированный спектр задач, который является проявлением интегрированного понимания планирования, определяющим требования перед администрацией (председатель (сенатор), государственные советы, директор по строительству) по сведению различных внутриведомственных специальных и политических интересов и представлению широкой общественности в виде согласованной позиции министерства.

BSU управляется сенатором, его заместителями, а также директором по строительству и директором сената. Директор по строительству является руководящим отраслевым должностным лицом BSU. В основном он ответственен за вопросы облика города, архитектурного оформления города и городского строительства. Особая координирующая функция вменяется в обязанности директора по строительству по всем вопросам планирования, строительства, архитектурной планировки и транспорта при проектировании районов центральной части города, ярмарки, Хафен-сити, северной или южной окраины порта. Директор сената является руководящим государственным служащим BSU.

### 1.2.2 Die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) – Kompetenzen für eine nachhaltige Stadtentwicklung unter einem Dach vereint

Die Aufgaben der BSU orientieren sich im Wesentlichen an dem Leitbild der Wachsenden Stadt, dem obersten Ziel des Regierungsprogramms. Die Tatsache, dass Hamburg als ein sogenannter Stadtstaat sowohl ein Subjekt des föderalen Systems der Bundesrepublik Deutschland ist und zugleich als Kommune dem Prinzip der kommunalen Selbstverwaltung unterliegt, verlangt von der Behörde, sowohl ministerielle Aufgaben als auch kommunale Pflichten zu erfüllen. Bemerkenswert bei der Struktur der BSU ist das breit gefächerte Aufgabenspektrum, das Ausdruck eines integrierten Planungsverständnisses ist und das die Leitung der Behörde (Präsident Senator, Staatsräte, Oberbaudirektor) vor die Herausforderung stellt, die unterschiedlichen fachlichen und politischen Belange behördenintern zusammenzuführen und in der Öffentlichkeit als abgestimmte Position eines Ministeriums nach außen zu vertreten.

Die BSU wird vom Senator, den Staatsräten sowie vom Oberbaudirektor und dem Senatsdirektor geleitet. Der Oberbaudirektor ist Leitender Fachbeamter der BSU. Er ist im Wesentlichen zuständig für Angelegenheiten des Stadtbildes, der Stadtgestaltung und Städtebaus. Eine besondere Koordinierungsfunktion obliegt dem Oberbaudirektor in allen planerischen, baulichen, gestalterischen und verkehrlichen Angelegenheiten bei Planungen für die Bereiche Innenstadt, Messe, HafenCity, nördlicher und südlicher Hafenrand. Der Senatsdirektor ist Leitender Verwaltungsbeamter der BSU. Dem Senatsdirektor unterstehen direkt die Zentralverwaltung, das Rechtsamt, die Innenrevision, die Beteiligungsverwaltung sowie die Zentrale Vergabeaufsicht. Der Senatsdirektor nimmt in der Spitze die Befugnisse wahr, die der Zentralverwaltung nach dem Regelwerk des Haushalts-, Personal- und Organisationswesens zustehen.

Die inhaltlichen Zuständigkeiten der Behörde lassen sich gut an der Struktur der Ämter ablesen.

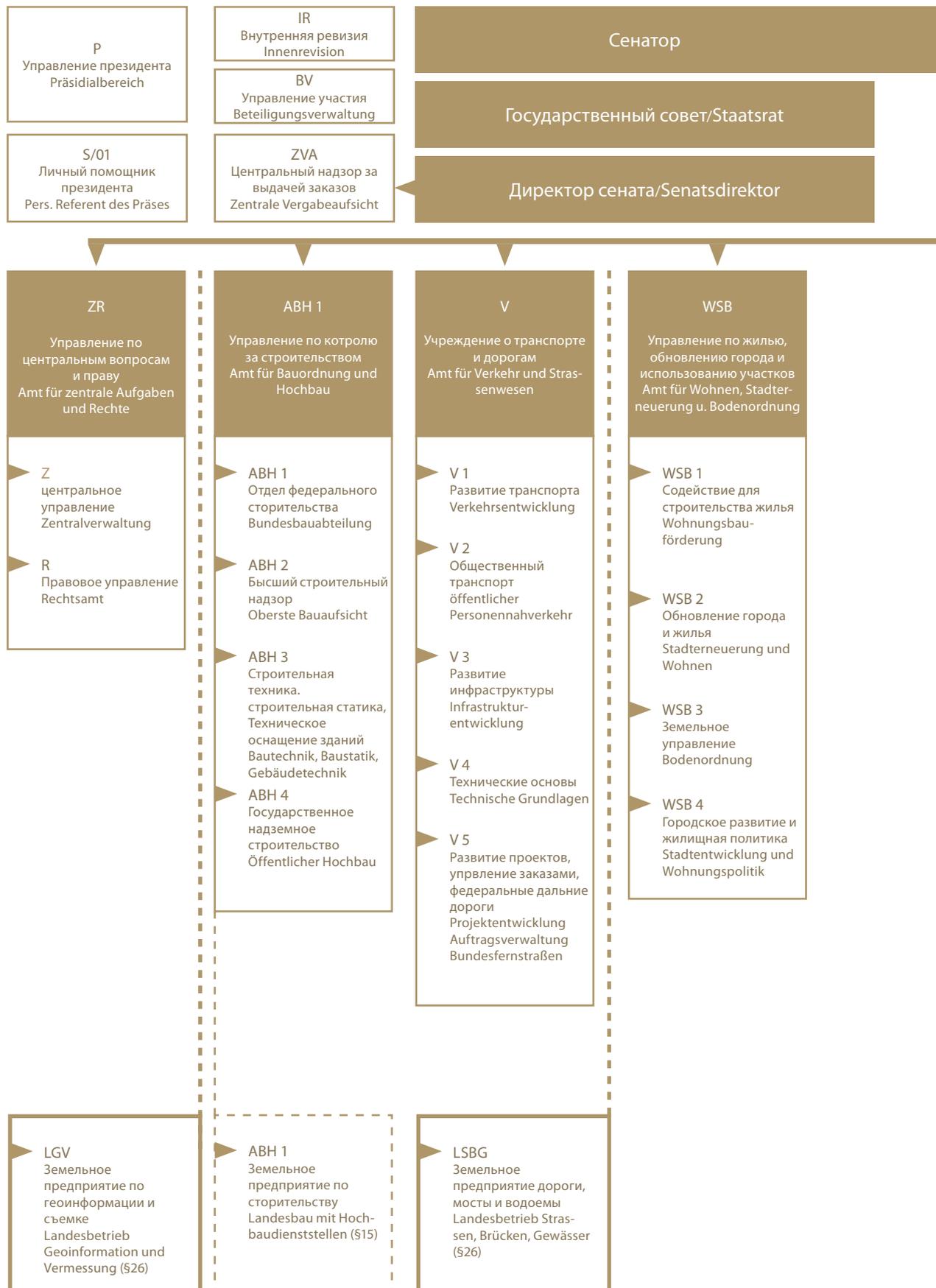
Das Amt für Umweltschutz ist für ministerielle und zentrale kommunale Aufgaben mit den Bereichen Gewässerschutz, Bodenschutz/Altlasten, Abfallwirtschaft und Geologisches Landesamt zuständig. Ferner ist dem Amt die Wassergütestelle Elbe zugeordnet.

Die Abteilung Bodenschutz/Altlasten ist im Amt für Umweltschutz zuständig für vorsorgenden Bodenschutz, nachsorgenden Boden- und Grundwasserschutz und das Flächenrecycling. Folgende Themen werden von der Abteilung bearbeitet:

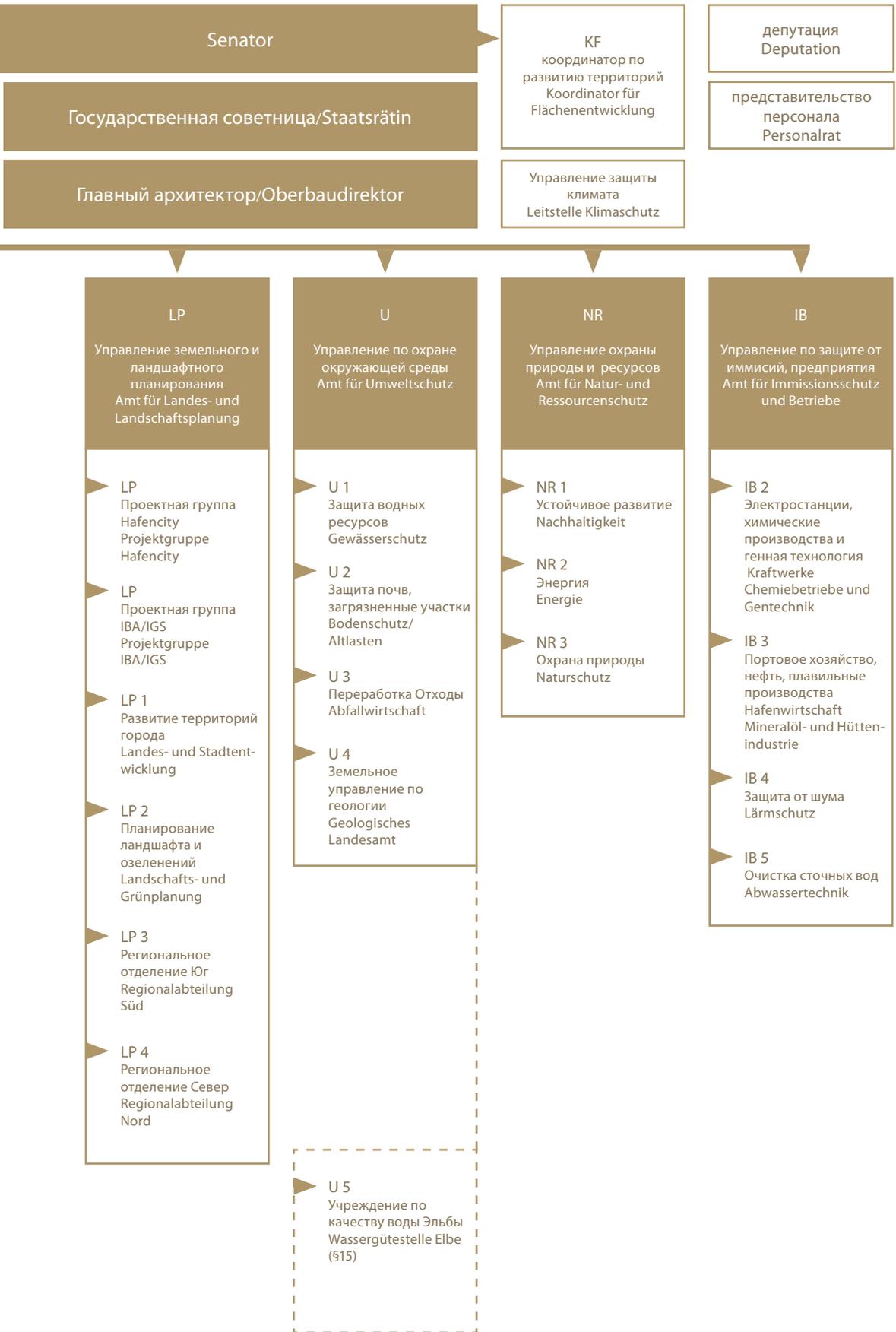
- Schadensbegrenzung und Verhinderung neuer Altlasten: Akut eingetretene und aufgedeckte Schadensfälle sind unverzüglich zu bearbeiten (Gefahrenabwehr)
- Optimierung des Bodenschutzrechts und des untergesetzlichen Regelwerks (Mitwirkung an der bodenrelevanten Rechtsetzung)
- Planung und Durchführung der Sanierung von Altlasten, soweit die FHH pflichtig ist oder übernimmt
- Sicherstellung der dauerhaften Wirksamkeit von baulich gesicherten Altlasten durch Eigenkontrolle und Unterhaltung sowie die Durchführung der Eigenkontrolle bei Grundwassersanierungen
- Untersuchung von Grundwasserunreinigungen im Zuge der regionalen Bearbeitung privater Altlastverdachtsflächen; systematische Untersuchung von Oberflächengewässern, bei denen eine Gefährdung durch diffuse Schadstoffaustritte aus ufernahen Altlasten festgestellt wurde bzw. vermutet wird
- Begleitung von Projekten des Flächenrecyclings

Das Fachpersonal der Abteilung Bodenschutz/Altlasten besteht im Wesentlichen aus Ingenieuren, Geowissenschaftlern, Chemikern und Juristen.

## Органиграмма Министерства городского развития и защиты окружающей среды (BSU)



Organigramm der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU)



1  
*Участки с подозрением на загрязнение и загрязненные участки в Гамбурге, 2007*

2  
*Рекультивированные участки в Гамбурге, 2007*

3  
*Отработанные участки с подозрением на загрязнение в Гамбурге, 2007*

Директору сената напрямую подчинены центральное управление, юридическое ведомство, управление с участием инициативных групп, а также надзорная инстанция по размещению заказов. Директор сената берет на себя полномочия, которые полагаются центральному управлению согласно своду правил по руководству бюджетом, персоналом и организацией. Внутренние полномочия администрации наглядно представлены в структуре учреждений.

Ведомство по охране окружающей среды уполномочено решать министерские и центральные муниципальные задачи, включая область охраны вод, охраны земель/восстановления загрязненных участков, утилизации отходов и государственной геологической службы. Кроме того, к ведомству прикреплено ведомство по контролю качества воды реки Эльбы.

Отдел охраны земель/восстановления загрязненных участков в ведомстве по охране окружающей среды занимается вопросами предупредительных мер по охране земель, последующих мер по охране земель и грунтовых вод и восстановления территорий. Отдел разрабатывает следующие темы:

- Ограничение ущерба и предотвращение образования новых загрязненных участков: незамедлительно следует рассматривать случившиеся или обнаруженные случаи повреждений (предотвращение опасности)
- Оптимизация права охраны земель и подзаконного свода правил (сотрудничество в правотворческой деятельности в сфере землепользования)
- Планирование и реализация мероприятий по санации загрязненных участков, если эта деятельность не входит в круг обязанностей города или передана ему.

- Обеспечение длительной эффективности действия строительных мероприятий на загрязненных участках благодаря собственному контролю и эксплуатации, а также проведению собственного контроля при санации грунтовых вод.
- Исследование загрязнений грунтовых вод в ходе региональной обработки частных потенциально загрязненных территорий; систематическое исследование наземных вод, у которых было установлено наличие или предполагается возникновение опасности по причине диффузного выхода опасных веществ из прибрежных загрязненных участков.
- Сопровождение проектов восстановления территорий.

Специалисты отдела охраны земель/восстановления загрязненных земель в основном являются инженерами, геологами, географами, химиками и юристами.

### Altlastverdächtige Flächen und Altlasten in Hamburg

Stand: Juli 2007



1

*Altlastverdächtige  
Flächen und Altlasten  
in Hamburg, 2007*

2

*Sanierte Altlasten in  
Hamburg, 2007*

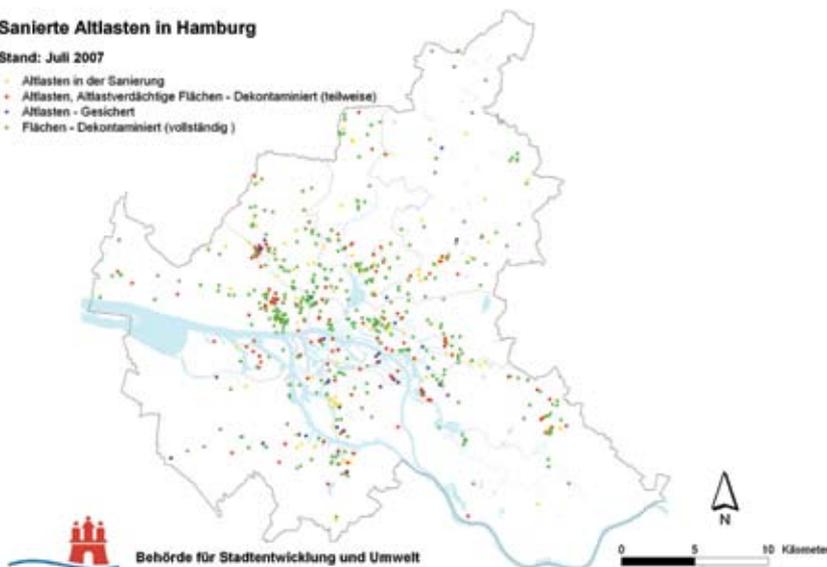
3

*Erledigte altlastverdächtige  
Flächen in Hamburg, 2007*

### Sanierte Altlasten in Hamburg

Stand: Juli 2007

- Altlasten in der Sanierung
- Altlasten, Altlastverdächtige Flächen - Dekontaminiert (teilweise)
- Altlasten - Gesichert
- Flächen - Dekontaminiert (vollständig)



### Erledigte altlastverdächtige Flächen in Hamburg

Stand: Juli 2007



## 2 Действующая нормативная база

### Действующая нормативная база для восстановления территорий в Гамбурге

#### 2.1 Нормативная база

##### Правовые основы - закон охраны земель

Правовыми основами для работы с загрязненными участками (изучение, оценка, санация, последующая эксплуатация) являются:

- Федеральный закон охраны земель (BBodSchG) и Распоряжение по охране земель и восстановлению загрязненных территорий (VBodSchV), а также
- Гамбургский закон охраны земель (HmbBodSchG).

Целью BBodSchG является охрана почвы от вредных воздействий и сохранение функций почвы. Обременение имеется в том случае, когда причиняется ущерб функциям почв и вследствие этого возникает опасность для человека и окружающей среды! Закон служит не только для предотвращения опасности, он предусматривает предупредительные меры. Закон гарантирует порядок действий для предотвращения ущерба. BBodSchG конкурирует с другими законами на федеральном уровне, действует даже особый порядок исполнения! BBodSchG применяется при отсутствии урегулирования другими специальными предписаниями

и законами воздействия на землю.

Примерами этому являются предписания Закона «О замкнутых циклах и отходах» по использованию отходов в качестве удобрения из вторичного сырья в смысле Закона «Об удобрениях» и соответствующих правительственных распоряжений, а также распоряжения о шламмах очистных сооружений.

Федеральные Земли в каждом случае имеют собственные законы Земли, которые ориентируются на BBodSchG в качестве общего закона. Основные обязанности гарантируют, что функции почвы для людей, животных и растений сохранятся на долгое время и будут обеспечены для будущего использования:

- предупредительные меры по предотвращению вещественного или физического воздействия для сохранения экологической продуктивности почвы
- санация почв, которые представляют опасность для человека и окружающей среды
- землевладельцы и землепользователи обязаны избегать существующих для почв рисков.

## 2 Aktuelle Rahmenbedingungen

### Aktuelle Rahmenbedingungen für das Flächenrecycling in Hamburg

#### 2.1 Rahmenbedingungen - Rechtliche Grundlagen:

##### Das Bodenrecht

Die rechtlichen Grundlagen für die Altlastenbearbeitung (Erkundung, Bewertung, Sanierung, Nachsorge) sind:

- das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sowie
- das Hamburgische Bodenschutzgesetz (HmbBodSchG)

Zweck des BBodSchG ist der Schutz des Bodens vor schädlichen Bodenbelastungen und der Erhalt der Bodenfunktionen. Eine Belastung liegt vor, wenn die Bodenfunktionen beeinträchtigt sind und infolgedessen eine Gefahr für den Mensch und die Umwelt besteht! Das Gesetz geht jedoch über die reine Gefahrenabwehr hinaus, indem der Vorsorgegedanke berücksichtigt wird. Dieser gewährleistet einen Handlungsrahmen, um Beeinträchtigungen zu vermeiden. Das BBodSchG konkurriert mit anderen Gesetzen auf Bundesebene, so dass eine besondere Verzahnungsregelung gilt! Das BBodSchG findet Anwendung, soweit nicht andere spezielle Vorschriften und Gesetze die Einwirkungen auf den Boden regeln. Beispiele dafür sind die Vorschriften

des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) über das Aufbringen von Abfällen zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger im Sinne des Düngemittelgesetzes und der entsprechenden Rechtsverordnungen sowie der Klärschlammverordnung.

Die Bundesländer haben jeweils eigene Landesgesetze, die sich am BBodSchG als Rahmengesetz orientieren. Grundpflichten stellen sicher, dass die Bodenfunktionen für Menschen, Tiere und Pflanzen langfristig erhalten bleiben und für künftige Nutzungen gesichert werden:

- Vorsorge gegenüber stofflichen und physikalischen Einwirkungen zur Erhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit des Bodens
- Sanierung von Böden, die eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen
- Grundstückseigentümer und Bodennutzer sind verpflichtet Gefahren, die für den Boden bestehen zu vermeiden

Altlasten und altlastenverdächtige Flächen sind von den Landesbehörden zu erfassen, zu untersuchen und zu bewerten. Regelungen zur Altlastensanierung

Органы власти Земли должны регистрировать, исследовать и оценивать загрязненные участки и территории с потенциальным загрязнением. Порядок санации загрязненных участков образует особую основную задачу закона.

BBodSchG содержит наряду с этим предписания для внесения и распределения материалов в почву. С вовлечением так называемой «хорошей отраслевой практики», кроме того, устанавливаются требования к сельскохозяйственной эксплуатации почвы.

Федеральный закон охраны земель предусматривает предписание свода правил в форме распоряжения. Это распоряжение содержит требования к исследованию и оценке территорий с потенциальной опасностью вредного изменения почвы или с загрязнением. Распоряжение по охране земель и восстановлению загрязненных территорий (BBodSchV) регулирует требования к предохранительным мерам против вредного загрязнения почв и определяет охраняемые и обеззараживающие мероприятия и планирование санации. При санации прежде всего задаются параметры почвы для различных видов эксплуатации, которые должны обеспечивать единое и непрерывное исполнение закона и правовой порядок.

#### **Водное законодательство (WHG)**

Закон о порядке водного режима (Закон о регулировании водного режима - WHG) дает основные определения по эксплуатации водных ресурсов (управление расходом воды и качеством воды). Он предписывает обеспечение гарантии водных ресурсов как составной части природного баланса и как жизненного пространства для животных и растений и эксплуатации таким образом, чтобы водные ресурсы служили на благо общественности и в соответс-

твии с этим также с пользой для отдельного лица без нанесения ущерба своим экологическим функциям (принцип предупреждения).

При этом в целом следует обеспечить высокий уровень охраны окружающей среды (интегрированная охрана окружающей среды). Водные ресурсы (наземные территориальные воды, прибрежные воды и грунтовые воды) используются, как правило, государством. Использование водных ресурсов (например, спуск веществ или забор воды) за исключением некоторых особых случаев требует официального допуска. Тем самым должно предотвращаться нанесение ущерба водному режиму и должна осуществляться предупредительная охрана водных ресурсов. Исполнение водохозяйственных положений является исключительно вопросом Земель и муниципальных советов.

Администрации Земель по водоснабжению и канализации преимущественно интегрированы в общее Земельное управление, в первую очередь в Новых Землях были введены частично специализированные управления по охране окружающей среды. В большинстве Земель администрация по водному хозяйству соответствует трехступенчатой структуре общего управления, причем распределение задач в разных Землях различается. Исключения составляют небольшие Земли, обладающие двухступенчатым правительством без средней инстанции (например, Гамбург).

#### **Право ЕС (например, типовые правила по водным ресурсам, преобразованные в национальное право)**

Типовые правила по использованию водных ресурсов (директива 2000/60/ЕС) вступили в силу 22.12.2000 г. Они открыли новые критерии в европейской политике охраны вод. Не глядя на государст-

bilden einen besonderen Schwerpunkt des Gesetzes.

Das BBodSchG enthält zudem Vorgaben für das Auf- und Einbringen von Materialien auf den Boden. Mit Einbeziehung der sog. „guten fachlichen Praxis“ werden zudem Anforderungen an die landwirtschaftliche Bodennutzung festgelegt.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz sieht den Erlass eines Regelwerkes in Form einer Verordnung vor. Diese Verordnung enthält die Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Flächen mit dem Verdacht auf eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast. Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) regelt Anforderungen an die Vorsorge gegen schädliche Bodenbelastungen und bestimmt Sicherungs- sowie Dekontaminationsmaßnahmen und die Sanierungsplanung. Bei der Sanierung werden vor allem Bodenwerte für verschiedene Nutzungen vorgegeben, die einen einheitlichen und zügigen Vollzug des Gesetzes und Rechtssicherheit gewährleisten sollen.

#### **Das Wasserrecht (WHG)**

Das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) trifft grundlegende Bestimmungen über die Gewässerbewirtschaftung (Wassermengen- und Wassergütwirtschaft). Es schreibt vor, die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern und so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen Einzelner dienen und dass vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben (Vorsorgeprinzip). Dabei ist ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu gewährleisten (integrierter Umweltschutz).

Die Gewässer (oberirdische Binnengewässer, Küstengewässer und das Grundwasser) werden grundsätzlich vom Staat

bewirtschaftet. Gewässerbenutzungen (z.B. das Einleiten von Stoffen oder die Entnahme von Wasser) bedürfen, von weniger bedeutenden Ausnahmefällen abgesehen, einer behördlichen Zulassung. Damit sollen Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts verhindert und ein vorsorgender Gewässerschutz durchgesetzt werden. Der Vollzug wasserwirtschaftlicher Regelungen ist ausschließlich Sache der Länder und Kommunen.

Die Wasserwirtschaftsverwaltungen der Länder sind überwiegend in die allgemeine Landesverwaltung integriert; vor allem in den neuen Ländern hat man zum Teil besondere Umweltverwaltungen eingeführt. In den meisten Ländern folgt die Wasserwirtschaftsverwaltung dem dreistufigen Aufbau der allgemeinen Verwaltung, wobei die Aufgabenzuordnung von Land zu Land Unterschiede aufweist. Eine Ausnahme bilden einige kleinere Länder, die eine zweistufige Verwaltung ohne Mittelinstanz besitzen (z.B. Hamburg).

#### **EU-Recht (z.B. Wasserrahmenrichtlinie, WRRL, umgesetzt in nationales Recht)**

Die Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) ist am 22.12.2000 in Kraft getreten. Sie hat eine neue Dimension in der europäischen Gewässerschutzpolitik eröffnet. Über Staats- und Ländergrenzen hinweg sollen zukünftig die Gewässer durch ein koordiniertes Vorgehen innerhalb der Flusseinzugsgebiete bewirtschaftet werden. Das zentrale Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist der sog. „gute Zustand“ aller Gewässer (Fließgewässer, Seen, Küstengewässer, Grundwasser) in der Gemeinschaft. Der Grundgedanke des „guten Zustandes“ ist, dass Gewässer zwar durch menschliche Nutzung beeinträchtigt sein oder verändert werden dürfen, aber nur so weit, dass die ökologischen Funktionen des Gewässers nicht wesentlich beeinträchtigt sind.

Die Anforderungen an eine gute ökologische Gewässerqualität werden für die verschiedenen Gewässertypen detailliert

венные и земельные границы в будущем водные ресурсы должны использоваться посредством координированного подхода внутри бассейнов рек. Основной задачей типовых правил по использованию водных ресурсов является поддержание так называемого «хорошего состояния» всех водных ресурсов (реки, ручьи, моря, прибрежные воды, грунтовые воды) в сообществе.

Основной мыслью «хорошего состояния» является то, что хотя из-за использования людьми водных ресурсов им может быть нанесено отрицательное влияние или изменения, но лишь в таком объеме, чтобы не были значительно нарушены экологические функции вод. Требования к хорошему экологическому качеству вод детально устанавливаются для различных типов вод.

Дополнительно должны быть разработаны цели качества химических показателей для прим. 30 приоритетных веществ на территории Европейского Союза и вытекающие отсюда мероприятия по снижению выбросов. Дальнейшими основными задачами являются комбинированная концепция, состоящая из мер, связанных с устранением выбросов и вредных воздействий для снижения вредных веществ и обязательство для разработки программ мероприятий и планов использования; оба пункта предусматривают широкое участие общественности. Финансовые положения типовых правил по использованию водных ресурсов приведены в соответствии в общей концепции планирования бассейнов рек, которая ориентирована на географическом делении бассейнов рек и поэтому выходит за границы федеральных земель и государств-участников. Поэтому для перераспределения этих требований должна быть разработана более тесная кооперация между отдельными органами управления и государствами.

Прочие области права:

- законодательство в области ликвидации отходов (Закон о замкнутых циклах и отходах)
- Федеральный закон об охране окружающей среды от воздействия экологически вредных выбросов в атмосферу (BImSchG)
- законодательство по планированию строительных работ и строительным правилам
- экологическое уголовное право и полицейское административное право

#### Исследование и оценка загрязненных участков

На базе BBodSchG вначале регистрируются факты, дающие основание на подозрение наличия загрязнений в кадастре указаний на загрязненные участки. Затем они подвергаются историческому изучению. Если данные факты нельзя опровергнуть, на следующем этапе осуществляется ориентировочное исследование, при котором воздействие на почву определяется посредством контрольных значений.

Исследование следует проводить в зависимости от пути воздействия в каждом конкретном случае. Предусматривается следующая основополагающая последовательность рассмотрения:



#### Контрольные значения, пути воздействия, значения для проведения мероприятий

Хотя многие загрязненные и потенциально загрязненные участки определяются по отношению опасности для объекта защиты «грунтовые воды», нельзя пренебрегать другими путями воздействия и соответствующими объектами защиты.

festgelegt. Zusätzlich sollen für ca. 30 prioritäre Stoffe EU-weite chemische Qualitätsziele und daraus resultierende Maßnahmen zur Emissionsreduzierung entwickelt werden. Weitere Schwerpunkte der Richtlinie sind der kombinierte Ansatz aus emissions- und immissionsbezogenen Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung und die Verpflichtung zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen, beides gekoppelt mit einer breiten Beteiligung der Öffentlichkeit. Die materiellen Regelungen der Wasserrahmenrichtlinie sind eingebettet in ein umfassendes Konzept der Flussgebietsplanung, das an der naturräumlichen Gliederung der Flusseinzugsgebiete orientiert ist und daher über die Grenzen der Bundesländer und der Mitgliedstaaten hinausreicht. Zur Umsetzung dieser Planungserfordernisse werden daher verstärkt Kooperationen zwischen den verschiedenen Verwaltungskörperschaften und Staaten entwickelt werden müssen.

Weitere Rechtsgebiete:

- das Abfallrecht (KrW-/AbfG)
- das Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG)
- das Bauplanungs- und Bauordnungsrecht
- das Umweltstrafrecht und das Polizeirecht

### Altlastenuntersuchung und -bewertung

Auf Basis des BBodSchG werden die Verdachtsmomente zunächst im Altlasthinweiskataster erfasst. Anschließend werden sie einer historischen Erkundung unterzogen. Wenn Verdachtsmomente nicht ausgeräumt werden können, erfolgt im nächsten Schritt eine orientierende Untersuchung, in der die Bodenbelastungen anhand von Prüfwerten beurteilt werden.

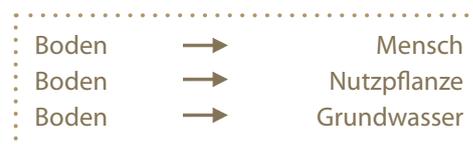
Die Untersuchung ist in Abhängigkeit von den im Einzelfall relevanten Wirkungspfaden durchzuführen. Daraus ergibt sich folgender grundlegender Betrachtungsablauf:



### Prüfwerte, Wirkungspfade, Maßnahmewerte

Obwohl sich viele Altlasten und -verdachtsflächen über Gefahren für das Schutzgut Grundwasser definieren, sind die anderen Wirkungspfade und betroffenen Schutzgüter nicht zu vernachlässigen.

Prüfwerte sind Werte, bei deren Überschreitung in Abhängigkeit von der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen ist. Bei dieser Prüfung wird festgestellt, ob eine schädliche Bodenveränderung oder eine Altlast vorliegt. Die Werte ergeben sich aus dem betroffenen Wirkungspfad, der nach BBodSchV als der Verlagerungsweg eines Schadstoffes von der Quelle bis zu der möglichen Wirkung auf ein Schutzgut ist. Folgende Wirkungspfade werden unterschieden:





*Санация газового завода Грасброк в Хафенсити Гамбург*

**1**  
*Обзорные транспортеры по активной работе с общественностью*

**2**  
*Выемка почвы*

**3**  
*Queen Mary II на месте будущего круизного центра*

Контролируемые величины – это величины, при превышении которых в зависимости от вида использования почвы следует осуществить необходимый контроль. При данном контроле определяют, имеется ли вредное изменение почвы или загрязнение участка. Величины устанавливаются из соответствующего пути воздействия, который согласно BBodSchG определяется в качестве пути перемещения загрязнения от источника до возможного воздействия на объект охраны. Различают следующие пути воздействия:



Путь воздействия почва – человек вытекает из прямого контакта человека с почвой посредством попадания почвы в рот или ингаляции. В первую очередь это касается играющих детей или контакта с загрязненной почвой при работе в саду или на огороде. В зависимости от вида эксплуатации (детские площадки, жилые районы, парки, места отдыха, промышленные земельные участки)

учитываются различные контрольные значения.

Косвенно воздействие возможно через путь почва – растения, если загрязнения из почвы попадают в пищевые и кормовые растения и могут передаваться человеку или животному. Сельскохозяйственное использование бывших полей орошения сточными водами или садоводческое использование бывших промышленных территорий может стать потенциальным источником опасности.

Путь почва – грунтовые воды касается мобилизации в почве связанных веществ, которые попадают в грунтовые воды с просачивающейся водой. Масштаб этого загрязнения зависит от количества вредного вещества, его растворимости в воде и плотности вещества. Если данные грунтовые воды используются как питьевая вода, имеется важное основание для санации.

При наличии результатов исследований возможны два следующих способа действия: если любое из полученных контрольных значений ниже номинального значения, подозрение



Der Wirkungspfad Boden – Mensch resultiert aus dem direkten Kontakt des Menschen mit dem Boden durch Aufnahme des Bodens in den Mund oder durch Inhalation. Dies betrifft in erster Linie spielende Kinder oder den Kontakt mit verunreinigtem Boden bei der Gartenarbeit. Je nach Nutzungstyp (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- bzw. Freizeitanlagen, Industrie-/Gewerbegrundstücke) werden unterschiedliche Prüfwerte berücksichtigt.

Indirekte Wirkungen sind über den Pfad Boden – Pflanze möglich, wenn sich Bodenschadstoffe in Nahrungs- und Futterpflanzen anreichern und von Mensch oder Tier aufgenommen werden. Die landwirtschaftliche Nutzung ehemaliger Rieselfelder oder die gartenbauliche Nutzung ehemaliger Gewerbestandorte können potenzielle Gefahrenquellen sein.

Der Pfad Boden – Grundwasser betrifft die Mobilisierung im Boden gebundener Stoffe, die mit dem Sickerwasser in das Grundwasser gelangen. Das Ausmaß dieser Belastung ist von der Menge des Schadstoffs, von seiner Wasserlöslichkeit und von der Bindungsstärke im Boden abhängig. Wird das betroffene

Grundwasser als Trinkwasser genutzt, besteht ein wesentlicher Sanierungsgrund.

Liegen Untersuchungsergebnisse vor, dann sind folgende beiden Vorgehensweisen möglich: Bei Unterschreitung eines zu ermittelnden Prüfwertes wird der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast wieder fallen gelassen und es sind keine Maßnahmen im Hinblick auf den jeweiligen Wirkungspfad erforderlich. Die Informationen bleiben zur Dokumentation im Altlastenkataster.

Werden dagegen die Prüfwerte im Rahmen der orientierenden Untersuchung überschritten, wird eine Detailuntersuchung durchgeführt. Diese Untersuchung erfolgt für alle Wirkungspfade zur detaillierten Gefährdungsabschätzung.

Die Bewertung der Detailuntersuchung erfolgt anhand der Maßnahmenwerte und anhand von Stellungnahmen der Bodenschutzbehörden. Die Maßnahmenwerte sollen sich nach den für den Menschen resorptionsverfügbaren Anteilen richten, wobei die Methoden zu deren Bestimmung nach und nach

**Sanierung Gaswerk  
Grasbrook in der  
HafenCity Hamburg:**

**1  
Schaufeln als Maßnahme  
aktiver Öffentlichkeitsarbeit**

**2  
Bodenaushub**

**3  
Queen Mary II am Standort  
des künftigen Cruise Centers**

Вещество	Детские площадки	Жилые районы	Парки и места отдыха	Промышленные территории
Stoff [ng I-TEq/kg TR]	Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbeflächen
диоксины/ фураны Dioxine/Furane (PCDD/F)	100	1.000	1.000	10.000

**1**  
**Значения для проведения мероприятий для пути воздействия почва – человек (прямой контакт) в ng I-TEq/kg сухой массы (в соответствии с Законом защиты почв)**

о вредном изменении почвы или наличие загрязнения опровергается; и проведения мероприятий относительно данного пути воздействия не требуется. Информация остается для документального подтверждения в кадастре загрязненных участков.

ведения мероприятий государственные управления по охране земель принимают решение о виде и объеме мероприятий санации. Так как при этом речь идет часто о загрязнении по причине предыдущего использования, говорят о санации загрязненных почв.

**2**  
**Контрольные значения для пути воздействия почва – человек (прямой контакт) в мг/кг сухой массы (в соответствии с Законом защиты почв)**

При превышении контрольных значений в рамках ориентировочного исследования проводится детальное исследование. Это исследование осуществляется для всех путей воздействия для более детальной оценки опасности.

Санация предусматривает планирование, учреждение конкурса, размещение заказов, проведение и контроль мероприятий по устранению ущерба. Допустимы такие защитные и ограничительные мероприятия, как ограждение, охранные мероприятия, такие как засыпка уплотнения поверхности или мероприятия по обеззараживанию для удаления вредных веществ из почвы.

Оценка детального исследования осуществляется на основании значений для проведения мероприятий и на основании заключений государственных управлений по охране земель. Значения для проведения мероприятий по санации должны ориентироваться на ресорбируемые человеком компоненты, причем методы для их определения постоянно разрабатываются. В настоящее время существуют значения для проведения мероприятий для прямого пути почва – человек для группы веществ диоксины и фураны. При превышении значений для про-

После полного устранения вредных веществ в почве или грунтовых водах нет необходимости в дальнейших действиях. Если загрязнения сохраняются впредь, необходим надзор. Если надзор выявляет снижение действия санации, необходимо предпринять меры для дополнительного восстановления действия санации.

Вещество Stoff [mg/kg TR]	Детские площадки Kinderspielflächen	Жилые районы Wohngebiete	Парки и места отдыха Park- und Freizeitanlagen	Промышленные территории Industrie- und Gewerbe­flächen
Свинец Blei	200	400	1.000	2.000
Кадмий Cadmium	10	20	50	60
Хром Chrom	200	400	1.000	1.000
Никель Nickel	70	140	350	900
Ртуть Quecksilber	10	20	50	80
Бензо(а)пирен Benz(a)pyren	2	4	10	12
Пентахлорфенол Pentachlorphenol	50	100	250	250
Полихлорированные дифенилы (PCB6) Polychlorierte Biphenyle (PCB6)	0,4	0,8	2	40

entwickelt werden. Derzeit bestehen Maßnahmenwerte für den Direktpfad Boden – Mensch in der Stoffgruppe der Dioxine und Furane.

Wenn eine Überschreitung der Maßnahmenwerte vorliegt, entscheidet die vor Ort zuständige Bodenschutzbehörde über Art und Ausmaß von Sanierungsmaßnahmen. Da es sich oft um Belastungen aus früheren (Alt-)Nutzungen handelt, spricht man von Altlastensanierung.

Die Sanierung umfasst die Planung, Ausschreibung, Vergabe, Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen zur Beseitigung von Schäden. Denkbar sind Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen wie ein Zaunbau, Sicherungsmaßnahmen wie die Aufbringung einer Oberflächenabdichtung oder Dekontaminationsmaßnahmen zur Entfernung der Schadstoffe aus dem Boden.

Nach einer vollständigen Beseitigung der Schadstoffe im Boden oder im Grundwasser besteht kein weiterer Handlungsbedarf. Bleiben Kontaminationen bei Sicherungen weiterhin bestehen, ist eine Überwachung notwendig. Ergibt die Überwachung eine Verringerung der Sanierungswirkung, sind Maßnahmen zur nachträglichen Wiederherstellung der Sanierungswirkung zu ergreifen.

#### 1

**Maßnahmenwerte gemäß BBodSchG für den Wirkungspfad Boden – Mensch (direkter Kontakt) in ng I-TEq/kg Trockenmasse**

#### 2

**Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch gemäß BBodSchG (direkter Kontakt) in mg/kg Trockenmasse**

## 2.2 Получение и обработка информации по ситуации загрязненных участков в Гамбурге

Гамбургский закон охраны почв (HmbBodSchG) в своей второй части „Информационная система почв и обработка данных“ предусматривает внедрение цифровой информационной системы почв.

С 1981 г. в Гамбурге систематически регистрируются участки с потенциальным загрязнением и загрязненные участки. Вся соответствующая информация собирается в информационной системе почв в виде так называемого кадастра указаний на загрязненные участки и образует основу для Гамбургской программы санации территорий.

Согласно HmbBodSchG предписана регистрация следующих данных в кадастре указаний на загрязненные участки:

1. Нанесение вреда функциям почв, вредные изменения почв, подозрительные участки, загрязненные участки и участки потенциальными загрязнениями
2. Обозначение, размер и расположение участков
3. Вид, качество и запечатывание почвы
4. Нанесение слоя, выем грунта, а также другие изменения почвы
5. Современное, предыдущее и запланированное использование, прежде всего, выведенные из эксплуатации строения и оборудование, а также возможность использования
6. Вид, количество и свойства отходов и веществ, которые возможно хранятся и использовались.
7. Внесение веществ.

Важной основой для информационной системы земель является подготовка единой цифровой базы для всех отраслей, т.е. цифровой информационный архив полной топографической съемки в разных масштабах, который охватывает различные картографические материалы территории города и окрестностей. Этот географический информационный архив дополняют тематические отраслевые карты, например, геологические карты, планы озеленения, карты мест измерений и тематические карты из других ведомств, например, карта застраиваемых кварталов, план использования площади. Так как речь идет об очень обширном, частично ежегодно обновляемом векторном архиве данных, необходимо заблаговременно начать создание сервера геоданных, через который пользователям для служебного использования предоставляется единый базисный информационный геоархив.

Имеющаяся информация об окружающей среде должна вызываться через браузер в интрасети и Интернете (экологическая информационно-поисковая система, UIS)

- с учетом защиты данных и соблюдения производственной тайны
- насколько позволяют технические и финансовые возможности
- для ведомств по охране окружающей среды, администрации и общественности
- с обработкой информации, рассчитанной для целевой группы

## 2.2 Beschaffung und Pflege von Informationen zur Altlastensituation in Hamburg

Das Hamburgische Bodenschutzgesetz (HmbBodSchG) sieht in seinem zweiten Teil „Bodeninformationssystem und Datenverarbeitung“ die Führung eines digitalen Bodeninformationssystems vor.

In Hamburg werden seit 1981 altlastverdächtige Flächen und Altlasten systematisch erfasst. Alle entsprechenden Informationen werden im Bodeninformationssystem als sog. Altlasthinweiskataster gesammelt und bilden eine Grundlage für das Hamburger Flächen-sanierungsprogramm.

Gemäß HmbBodSchG ist die Erfassung folgender Daten im Altlasthinweiskataster vorgeschrieben:

1. Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, schädliche Bodenveränderungen, Verdachtsflächen, Altlasten und altlastverdächtige Flächen
2. Bezeichnung, Größe, und Lage von Flurstücken
3. Art, Beschaffenheit und Versiegelung der Böden
4. Auf- und Abträge sowie sonstige Veränderungen der Böden
5. gegenwärtige, frühere und geplante Nutzungen, insbesondere stillgelegte Anlagen und Einrichtungen sowie die Nutzungsfähigkeit
6. Art, Menge und Beschaffenheit von Abfällen und Stoffen, die abgelagert sein können oder mit denen umgegangen worden sein kann
7. Stoffeinträge

Eine wichtige Grundlage für das Bodeninformationssystem ist die Bereitstellung einer einheitlichen digitalen Kartenbasis für alle Fachbereiche, d.h. ein in verschiedenen Maßstabsbereichen flächendeckender digitaler Datenbestand der Landesvermessung, der verschiedene Kartenwerke umfasst, die das Stadtgebiet abdecken, aber auch darüber hinaus gehen. Ergänzt wird dieser Geodatenbestand durch thematische Karten aus den Fachbereichen, z.B. geologische Karten, Grünplan, Messstellenkarten und durch thematische Karten aus anderen Behörden, z.B. Baublockkarte, Flächennutzungsplan. Da es sich hier um sehr umfangreiche, z.T. jährlich aktualisierte Vektor-Datenbestände handelt, muss frühzeitig mit dem Aufbau eines Geodatenservers begonnen werden, über den ein einheitlicher Geobasisdatenbestand für Fachnutzer und Fachanwendungen zur Verfügung steht.

Vorhandene Informationen über die Umwelt sollen für alle, die sie benötigen, über einen Browser im Intranet und Internet abrufbar sein (Umweltinformationssystem, UIS)

- unter Berücksichtigung von Datenschutz und Betriebsgeheimnis
- soweit technisch und finanziell möglich
- für die Umweltbehörde, für die Verwaltung und für die Öffentlichkeit
- mit einer Zielgruppen gerechten Aufbereitung der Informationen

**Должны предоставляться следующие виды информации:**

**Метаинформация:**

Метаинформация описывает, какая информация по экологии имеется, где она находится и как ее получить. Эта информация должна быть доступна общественности.

**Фоновая информация:**

Фоновая информация – это информация, дополнительно необходимая при обработке экологической информации (например, геобазисные данные, данные статистики, юридическая информация, данные веществ и также административные данные). Как правило, ее не готовят в управлениях по экологии, а она должна быть получена отдельно. По этой причине эту информацию нельзя передавать в другие инстанции или общественности.

**Отчетная информация по экологии:**

Отчетная информация по экологии является подготовленной информацией о состоянии экологического соответствия требованиям безопасности и гигиены в виде карт, диаграмм, таблиц, рисунков и текстов. Данная информация предполагается, прежде всего, для общественности, но она также предоставляется и используется администрацией.

**Специализированная информация:**

Специализированная информация – это фактическая информация об охране окружающей среды. Она предоставляет специальные основные данные для UIS. Специализированные информационные системы самостоятельно развиваются по отраслям.

### **Folgende Arten von Informationen sollen zur Verfügung gestellt werden:**

#### **Metainformationen:**

Metainformationen beschreiben, welche umweltrelevanten Informationen wo und wie verfügbar sind. Diese Informationen sollen der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

#### **Hintergrundinformationen:**

Hintergrundinformationen sind Informationen, die bei der Verarbeitung von Umweltinformationen zusätzlich benötigt werden (z.B. Geobasisdaten, Statistikdaten, juristische Informationen, Stoffdaten und auch Verwaltungsdaten). Sie entstehen in der Regel nicht in der Umweltbehörde, sondern müssen von externen Stellen beschafft werden. Aus diesem Grund können sie auch nicht ohne Weiteres an andere Stellen bzw. die Öffentlichkeit weitergegeben werden.

#### **Umweltberichtsinformationen:**

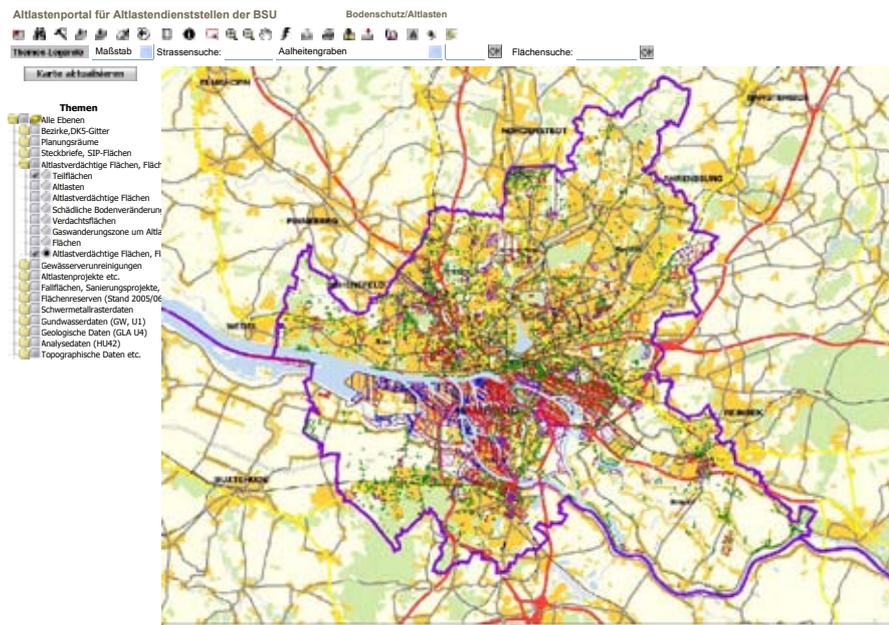
Umweltberichtsinformationen sind aufbereitete Informationen über den Zustand von Umweltschutzgütern in Form von Karten, Diagrammen, Tabellen, Abbildungen und Texten. Diese Informationen sind insbesondere für die Öffentlichkeit gedacht, werden aber auch innerhalb der Verwaltung bereitgestellt und genutzt.

#### **Fachinformationen:**

Die Fachinformationen sind die eigentlichen Umweltinformationen. Sie liefern die fachliche Datengrundlage für das Umweltinformationssystem (UIS). Die Fachinformationssysteme werden in den Fachbereichen eigenständig entwickelt.

#### **Kommunikation:**

Damit alle Nutzer auf diese Informationen zugreifen können, werden im Rahmen des UIS Anwendungen entwickelt. Diese Tools ermöglichen es, Informationen über einen Browser bereitzustellen und abzurufen. Hierunter fallen das Intranet, das Internet-Angebot, der GeoViewer und der Datenbankzugriff über Web-DB. Die Tools werden über ein gemeinsames Konzept aufeinander abgestimmt.



*Портал загрязненных участков государственных учреждений по работе с загрязненными участками*

1

*Участки с подозрением на загрязнения в Гамбурге*

2

*Выписка для площадки бывшего газового завода в Гамбурге-Баренфельд*

#### **Коммуникация:**

Чтобы все пользователи имели доступ к этой информации, в рамках UIS разрабатываются прикладные программы. Эти инструментальные средства позволяют размещать и вызывать информацию через браузер. Сюда относятся интрасеть, предложение Интернета, GeoViewer и доступ к базе данных через Web-DB. Инструментальные средства согласовываются друг с другом благодаря общей концепции.

**Специализированная информационная система загрязненных участков, имеет три первоочередных задачи:**

- Она служит для выдачи справок, запросов граждан и ответов в инстанции.
- Данные специализированной информационной системы предоставляются другим ведомствам (по причине охраны данных частично в виде извлечений) для решения их задач.
- Она служит делопроизводителем в области экологии в качестве рабочего инструмента и является основой для обработки загрязненных участков.

**Предъявляются следующие требования:**

- Быстрый доступ к территориальной и относящейся к ней предметной информации с соответствующими возможностями запроса.
- Интеграция данных, полученных в рамках обработки материалов по отдельному делу.
- По возможности использование программного обеспечения.



#### Das Fachinformationssystem Altlasten hat vor allem drei Aufgaben:

- Es dient der Erteilung von Auskünften, Anfragen von Bürgern und Dienststellen werden beantwortet.
- Daten aus dem Fachinformationssystem werden anderen Dienststellen (aus Datenschutzgründen teilweise in Auszügen) für ihre Aufgaben zur Verfügung gestellt.
- Es dient den Sachbearbeiterinnen und Sachbearbeitern im Altlastenbereich als Arbeitsinstrument und ist Grundlage der Planung für die Altlastenbearbeitung.

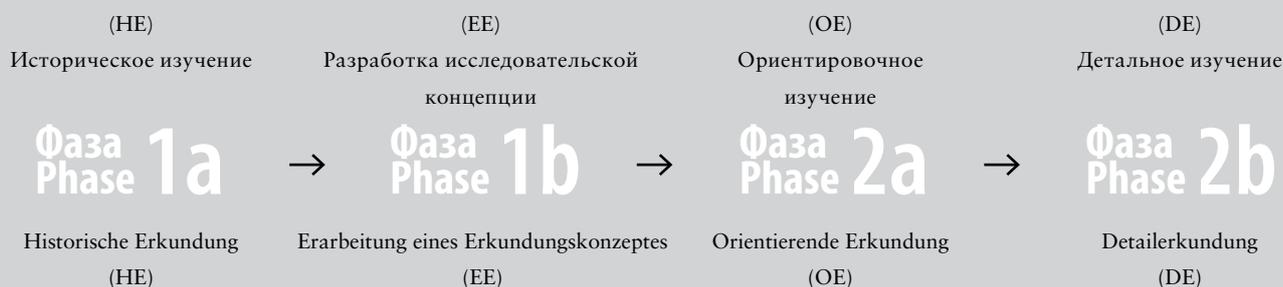
#### Folgende Anforderungen werden gestellt:

- Schneller Zugriff auf räumliche und daran angebundene Sachinformationen mit entsprechenden Abfragemöglichkeiten.
- Einbindung von Daten, die im Rahmen der Fallbearbeitung erzeugt werden.
- Möglichst die Verwendung von Standardsoftware.

#### Das Altlastenportal für Altlastendienststellen der BSU

##### 1 Altlastverdächtige Flächen in Hamburg

##### 2 Auszug für das Gelände des ehemaligen Gaswerks in Hamburg-Bahrenfeld



### 2.3 Проектные этапы при обработке загрязненных участков и роль Гамбургского управления по охране окружающей среды

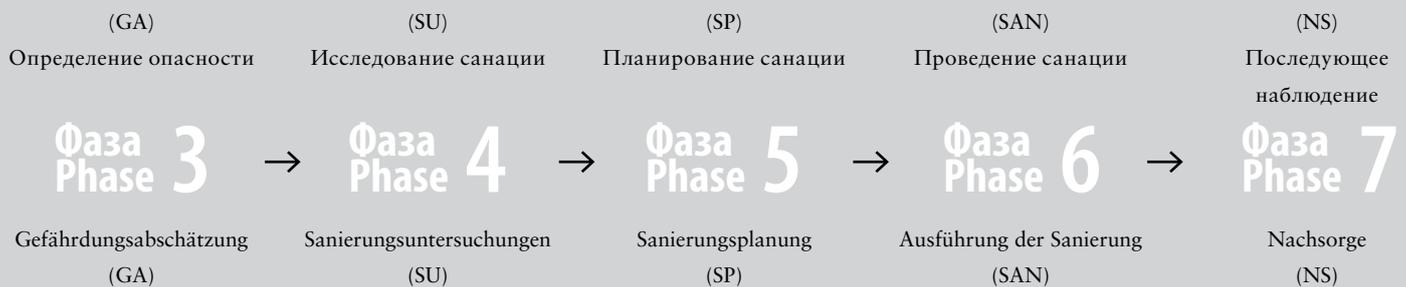
Изучение, оценка и санация загрязненных участков является многоступенчатым процессом, причем отдельные этапы обработки и связанное с этим получение обработанных сведений основываются на связи друг с другом. Оценка ситуации в конце каждого проектного этапа обосновывает продолжение обработки на следующем этапе.

Далее будут описаны проектные этапы, которые рассматривают изучение и оценку загрязненных участков (фаза 1 - 3), а также проведение последующих исследований и планирование мероприятий по санации (фаза 4 и 5). Основная часть описания относится к деятельности участвующих инженеров, действующих в качестве экспертов и проектировщиков при обработке загрязненных участков.

#### Кадастр указаний на загрязненные участки

Ссылки на загрязнения почвы и грунтовых вод систематически собирались в Гамбурге в последние годы (например, анализ отраслевой

книги „Yellow-Pages, Желтые страницы“ и т.д.) или регистрировались при наблюдении в отдельном случае и документировались в кадастре указаний на загрязненные участки. Кадастр доступен для уполномоченного круга лиц и постоянно обновляется. Информацию можно получить на любой фазе обработки загрязненных участков.



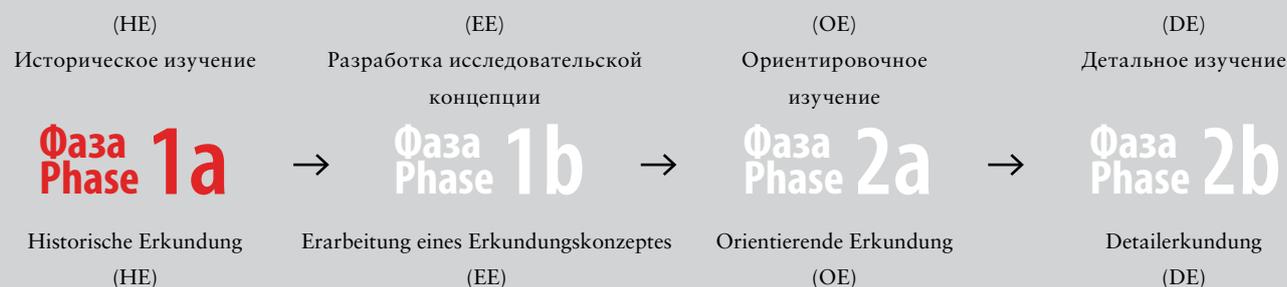
### 2.3 Projektphasen bei der Altlastenbearbeitung und die Rolle der Hamburger Umweltverwaltung

Die Erkundung, Bewertung und Sanierung von Altlasten ist ein mehrstufiger Prozess, wobei die einzelnen Bearbeitungsphasen und der damit verbundene Erkenntniszugewinn aufeinander aufbauen. Die Bewertung der Situation jeweils am Ende einer Projektphase begründet die Fortsetzung der Bearbeitung in der nächsten Phase.

Nachfolgend werden insbesondere die Projektphasen beschrieben, die sich mit der Erkundung und Bewertung von Altlasten (Phase 1 - 3) sowie mit der Vorbereitung der Sanierung i.S. von weiterführenden Untersuchungen und der Planung der Sanierungsmaßnahmen (Phase 4 und 5) auseinander setzen. Der Fokus der Beschreibung liegt dabei auf der Tätigkeit der beteiligten Ingenieure, die als Gutachter und Planer bei der Altlastenbearbeitung agieren.

#### Altlasthinweiskataster

Hinweise auf Boden- und Grundwasserbelastungen wurden in Hamburg in den vergangenen Jahren systematisch recherchiert (z.B. Auswertungen Branchenbuch, „Yellow-Pages“ etc.) oder durch Beobachtung im Einzelfall erfasst und im Altlasthinweiskataster dokumentiert. Das Kataster ist für einen berechtigten Personenkreis zugänglich und wird ständig aktualisiert. Die Informationen sind in jeder Phase der Altlastenbearbeitung abrufbar.

**Фаза 1a**

Целью исторического изучения является получение информации о данном месте, а также регистрация и описание потенциально загрязненных территорий и известных загрязненных территорий в этом месте.

Таблица на странице 122 дает обзор документов, необходимых к началу рассмотрения загрязненных участков при наличии этих документов. Ответственными лицами при получении документов наряду с владельцем земельного участка являются, прежде всего, соответствующие государственные органы.

Основываясь на имеющихся документах, осмотрах места и проведении интервью с очевидцами, исполнитель исторического изучения должен выполнить следующие работы:

- √ Описание места (положение, земельные участки и владельцы, площадь территории, топография, морфология, имеющиеся строительные постройки, современное использование) и окрестностей (ис-

пользование, охранные зоны, предметы охраны, рецепторы, водозаборные сооружения, отводные канавы, климат)

- √ Описание геологии и гидрогеологии на месте, базируясь на обобщении имеющихся разведочных работ (строительные акты, исследования строительного грунта, предыдущие исследования загрязненных участков) и общая доступная информация (например, геологические карты)

- √ Обнаружение экологически значимых исторических дат данного места

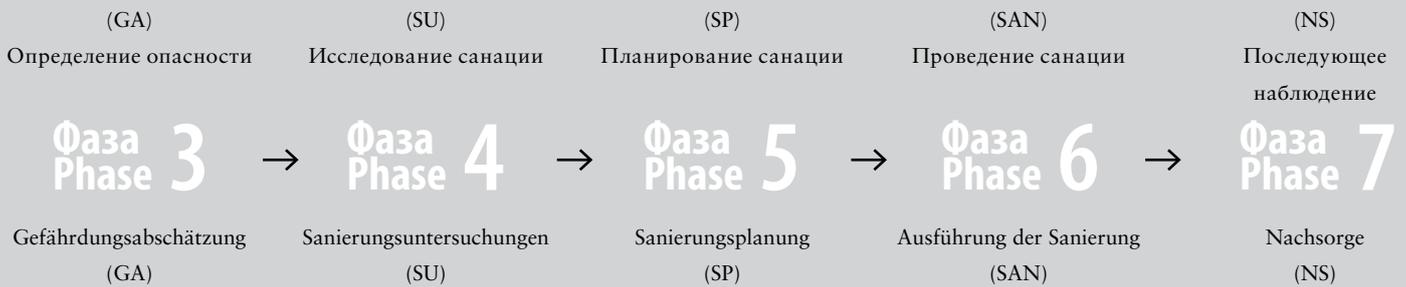
- √ Описание экологически значимых процессов (например, производство, складирование, аварии, несчастные случаи) и строительные материалы (имеющиеся здания)

- √ Описание важных технических сооружений на участке, включая инфраструктуру (инженерные сети и канализационные трубы, дренажные системы)

- √ Составление кадастра (потенциальных) вредных веществ для зданий

- √ Описание известных или предполагаемых загрязненных территорий (загрязненные или потенциально загрязненные участки) и изображение на плане местности, вкл. описание предполагаемых/доказанных загрязнений, а также изображение результатов уже имеющихся исследований загрязненных участков.

- √ В соответствующих случаях: описание проводимых или уже проведенных мероприятий по санации (использованная технология, доказательство результата санации), а также результатов мониторинга

**Phase 1a**

Ziel der Historischen Erkundung (HE) ist es, Informationen über einen Standort zu generieren und Altlastenverdachtsflächen sowie bekannte Altlastenflächen auf dem Standort auszuweisen und zu beschreiben.

Tabelle auf Seite 123 vermittelt einen Überblick über die Unterlagen, die zu Beginn der Altlastenbearbeitung zu beschaffen sind, sofern diese existieren. Ansprechpartner bei der Beschaffung der Unterlagen sind neben dem Grundstückseigentümer insbesondere die jeweiligen Behörden.

Basierend auf den verfügbaren Unterlagen, Ortsbesichtigungen und auf der Durchführung von Interviews mit Zeitzeugen sind folgende Leistungen vom Bearbeiter der HE zu erbringen:

√ Beschreibung des Standortes (Lage, Flurstücke und Eigentümer, Flächengröße, Topographie, Morphologie, aktueller Gebäudebestand, aktuelle Nutzung) und der Umgebung (Nutzung, Schutzzonen, Schutzgüter, Rezeptoren, Trinkwassergewinnungsanlagen, Vorfluter, Klima)

√ Beschreibung der Geologie und Hydrogeologie am Standort, basierend auf der Auswertung von vorhandenen Aufschlussarbeiten (Bauakten, Baugrunderkundungen, früheren Altlastenerkundungen) und allgemein zugänglichen Informationen (z.B. geologische Karten)

√ Erhebung von umweltrelevanten standortspezifischen historischen Standortdaten

√ Beschreibung umweltrelevanter Vorgänge (z.B. Produktion, Lagerung, Havarien, Unfälle) und Baustoffe (Gebäudesubstanz)

√ Beschreibung der wesentlichen technischen Anlagen auf dem Standort, inkl. der Infrastruktur (Ver- und Entsorgungsleitungen, Entwässerungssysteme)

√ Erstellung eines Schadstoff(verdachts)katasters für die Gebäude

√ Beschreibung von bekannten oder vermuteten kontaminierten Flächen (Altlastenflächen,

Altlastenverdachtsflächen) und Darstellung in einem Lageplan, inkl. der Beschreibung des vermuteten/nachgewiesenen Schadstoffinventars sowie der Darstellung der Ergebnisse bereits vorliegender Altlastenuntersuchungen

√ Soweit relevant: Beschreibung von aktuellen oder bereits durchgeführten Sanierungsmaßnahmen (eingesetzte Technologie, Nachweis des Sanierungserfolgs) sowie von Ergebnissen eines Monitorings

**Фаза 1b**

Целью является разработка детальной концепции для исследования загрязненных участков, а также при необходимости исследований вредных веществ сооружений (фаза 2a и фаза 2b), базируясь на результатах исторического исследования; что включает в себя:

- √ Обоснование исследовательской концепции; предписание исследований, которые проводятся в фазе 2a и в фазе 2b, с учетом обоснования согласно проекту
- √ Изображение концепции на планах местности (положение и освоение) и таблицы (сведения, пробы, параметры анализов), а также описание методики при взятии проб (субстанция зданий, почва, грунтовые воды, почвенный воздух) и специализированных опытах (технические методики, целевая установка)
- √ Формулирование предписаний качества для проведения полевых работ

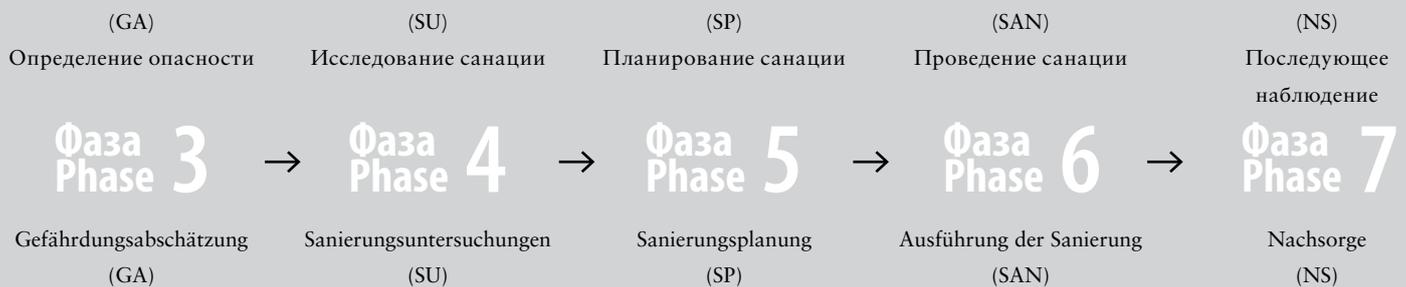
(вид взятия проб почвы и воды в зависимости от анализируемых параметров (например, приборы взятия проб), расфасовка и хранение (описание емкостей), хранение (вид пробы, температура и т.д.), консервирование, транспортировка проб в лабораторию/к обратному месту хранения и т.д. и анализы (например, методы анализов, специфические пределы чувствительности)

- √ Определение мер по охране труда в рамках исследовательских работ

- √ Согласование исследовательской концепции с уполномоченными органами власти и владельцем земельного участка

- √ Получение лицензий и „разрешений на проведение земляных работ“; Запрос информации на отсутствие боевых средств

- √ Калькуляция расходов на исследования

**Phase 1b**

Ziel ist es, ein detailliertes Konzept für die Altlastenerkundung sowie ggf. für schadstoffspezifische Untersuchungen der Gebäudesubstanz (Phase 2a und Phase 2b), basierend auf den Ergebnissen der HE, zu erstellen; dies beinhaltet:

√ Begründung des Untersuchungskonzeptes; Ausweisung der Untersuchungen, die in Phase 2a und in Phase 2b ausgeführt werden, unter Berücksichtigung der projektspezifischen Aufgabenstellung

√ Darstellung des Konzeptes in Lageplänen (Lage der Aufschlüsse) und Tabellen (Aufschlüsse, Proben, Analyseparameter) sowie Beschreibung der Vorgehensweise bei der Probennahme (Gebäudesubstanz, Boden, Grundwasser, Bodenluft) und von Sonderversuchen (technische Vorgehensweise, Zielsetzung)

√ Formulierung von Qualitätsvorgaben für die Durchführung der Feldarbeiten (Art der Boden- und Wasserprobenahme) in Abhängigkeit von den zu

analysierenden Parametern

(z.B. Entnahmegeschäften), Abfüllung und Aufbewahrung (Behälterbeschreibung), Lagerung (Art der Probe, Temperatur usw.), Konservierung, Probentransport zum Labor/ zum Rückstelllager usw. und Analysen (z.B. Analysemethoden, spezifische Nachweisgrenzen)

√ Festlegung von Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen der Erkundungsarbeiten

√ Abstimmung des Erkundungskonzeptes mit den zuständigen Behörden und dem Grundstückseigentümer

√ Einholung von Genehmigungen und „Schachtscheinen“; Einholung von Informationen zur Kampfmittelfreiheit

√ Kostenkalkulation zu den Untersuchungen

**Фаза 2a**

С помощью ориентировочного изучения необходимо проверить подозрение на загрязнение на отдельных участках и необходимо зарегистрировать имеющиеся вредные вещества на загрязненных территориях и постройках; речь идет о первичных технических мероприятиях на месте, до начала мероприятий должно быть получено право входа на земельный участок.

Если в грунте имеются инженерные сети и канализационные трубы, расположение которых точно не известно, рекомендуется незамедлительное осуществление работ по строительству шахт вручную в местах выходов в грунт, чтобы не повредить сети при бурении.

При выполняемых работах ориентировочного обследования различают инженерные работы, полевые работы и химические анализы.

Инженерные работы включают в себя:

- √ Организацию полевых работ согласно исследовательской концепции для фазы 2a, вкл. согласование сроков
- √ Разработку плана охраны труда и техники безопасности (HASP) для полевых работ, вкл. при потребности необходимый план обеспечения безопасности движения
- √ Обеспечение качества
- √ Документацию результатов полевых работ и анализов (протоколы, таблицы с результатами)
- √ Оценка результатов полевых работ и анализов, вкл. сравнение с контрольными и операционными значениями, специфическими для территории, а также оценка специальных опытов (например, получение коэффициента фильтрации водоносного пласта из опытных откачек)
- √ Разработку проекта „Conceptual Site Model“ (CSM) посредством изображения результатов

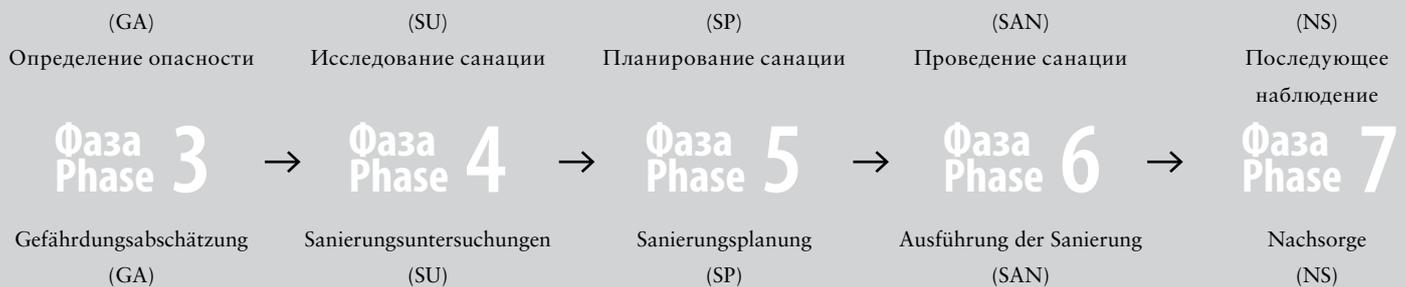
на планах местности и разрезах, минимальная задача:

- план местности с отправными точками выходов на поверхность и изображение направления разрезов
- 2 разреза с изображением слоев почвы, водоносного(ых) пласта(ов), уровня подземных вод (мин./max.), распространения загрязнения (почва, грунтовые воды, почвенный воздух, фаза продукта)

- √ Разработку следующих планов:
  - план местности с изображением загрязненных и потенциально загрязненных территорий, а также результатами химических анализов проб почвы („светофорный план“)
  - план местности с изображением загрязненных и потенциально загрязненных территорий, уровнями грунтовых вод, балансом грунтовых вод, а также результатами химических анализов („светофорный план“)

-план местности с изображением загрязненных и потенциально загрязненных территорий, уровнями грунтовых вод, балансом грунтовых вод, а также результатами измерения мощности слоя фазы продукта (при наличии)  
-план местности с изображением территории с подозрением на наличие неразорвавшихся снарядов или других боевых средств со времен второй Мировой войны (при наличии)

- √ Прием здания и расчет объема земляных работ для строительного фонда, вкл. составление таблицы для зданий, их историческое и современное использование, а также размеры (реконструкция) и масса

**Phase 2a**

Mit der orientierenden Erkundung (OE) soll der Altlastenverdacht bei einzelnen Teilflächen überprüft und das Schadstoffinventar von Altlastenflächen und der Gebäudesubstanz erfasst werden; es handelt sich um erste technische Maßnahmen vor Ort, so dass bis zum Beginn der Maßnahme die Zutrittsberechtigung für das Grundstück geklärt sein muss. Sofern Ver- und Entsorgungsleitungen im Untergrund vorhanden sind, deren Lage nicht exakt bekannt ist, wird die Durchführung von Hand-schachtungen am Ansatzpunkt von Bodenaufschlüssen drin-gend empfohlen, um Leitung-schäden bei den Bohrungen zu vermeiden.

Bei den auszuführenden Leistungen der OE kann zwischen Ingenieurleistungen, Feldarbeiten und chemischen Analysen unterschieden werden.

Die Ingenieurleistungen beinhalten:

- √ Organisation der Feldarbeiten gemäß Erkundungskonzept für Phase 2a, inkl. Abstimmung von Terminen

- √ Erarbeitung eines Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsplans (HASP) für die Feldarbeiten inkl. eines ggf. erforderlichen Verkehrssicherungsplans

- √ Qualitätssicherung

- √ Dokumentation der Ergebnisse der Feldarbeiten und Analysen (Protokolle, Ergebnistabellen)

- √ Auswertung der Ergebnisse der Feldarbeiten und Analysen, inkl. Abgleich mit den länderspezifischen Prüf- und Maßnahmewerten sowie Auswertung der Sonderversuche (z.B. Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes des Grundwasserleiters aus Pumpversuchen)

- √ Erarbeitung des Entwurfs eines „Conceptual Site Model“ (CSM) durch Darstellung der Ergebnisse in Lageplänen und Schnitten, Mindestvorgabe:
  - Lageplan vom Standort mit den Ansatzpunkten der Aufschlüsse und Darstellung der Schnittführung der Schnitte

- 2 Schnitte mit Darstellung der Bodenschichten, des (der) Grundwasserleiter, des Grundwasserstandes (min./max.), der Ausbreitung der Kontamination (Boden, Grundwasser, Bodenluft, Produktphase)

- √ Erarbeitung weiterer Pläne:
  - Lageplan vom Standort mit Darstellung der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen sowie den Ergebnissen der chemischen Analysen von Bodenproben („Ampelplan“)
  - Lageplan vom Standort mit Darstellung der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen sowie den Ergebnissen der chemischen Analysen von Bodenluftproben („Ampelplan“)
  - Lageplan vom Standort mit Darstellung der Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen, den Grundwasserständen, den Grundwassergleichen sowie den Ergebnissen der chemischen Analysen von Wasserproben („Ampelplan“) und der Messung von Schichtmächtigkeiten von Produktphase (soweit vorhanden)

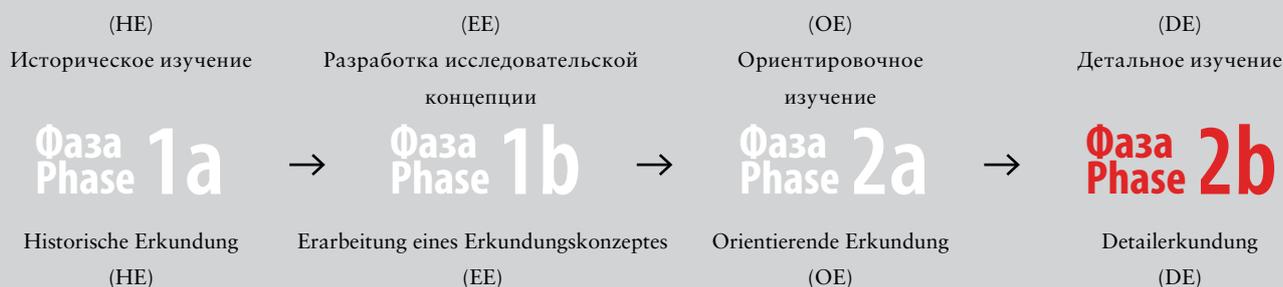
- Lageplan vom Standort mit Darstellung der Verdachtsfläche für Bomben-Blindgänger oder andere Kampfmittel aus dem 2. Weltkrieg (soweit vorhanden)

- √ Gebäudeaufnahme und Massenermittlung zur Bausubstanz, inkl. tabellarische Aufstellung zu den Gebäuden, deren historischer und aktueller Nutzung sowie den Abmessungen (umbauter Raum) und Massen
- √ Erstellung eines Schadstoffkatasters für die Gebäude (Spezifikation und Quantifizierung problematischer Baustoffe und Kontaminationen der Bausubstanz)
- √ Fortschreibung des Konzeptes der Altlastenerkundung im Hinblick auf die Durchführung der Phase 2b zur Beseitigung von Informationsdefiziten/ Datenlücken
- √ Fortschreibung der Kostenkalkulation zu den Untersuchungen

*(Продолжение фаза 2a)*

- |   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>√ Составление кадастра вредных веществ для зданий (спецификация и количественная оценка сомнительных строительных материалов и загрязнения строительного фонда)</li> <li>√ Дополнение концепции изучения загрязненных участков с учетом проведения фазы 2b для устранения недостатка информации/отсутствия данных</li> <li>√ Дополнение калькуляции расходов на исследования</li> </ul> <p>Полевые работы включают в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ Сопровождение исследовательских мероприятий со стороны инженера/геолога</li> <li>√ Оборудование строительной площадки, вкл. при необходимости необходимое оборудование для черно-белых участков</li> <li>√ Проведение мероприятий по охране труда согласно HASP, прежде всего подготовка и ношение индивидуального защит-</li> </ul> | <p>ного снаряжения (каска согласно DIN 4840, кожаные перчатки, защитные перчатки согласно DIN 4843, защита ушей (при необходимости), защитная обувь согласно DIN EN 345 (защитный носок на обувь для высокой нагрузки, обозначение S3), одноразового защитного костюма с капюшоном согласно инструкции по защитной одежде (ZH 1/105), при необходимости полумаска с комбинированным фильтром АВЕК2-Р3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>√ Измерение полевых параметров O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, давление воздуха, UEG концентрации (Ex.-атмосфера), а также органических вредных веществ по отношению к бензолу (полевой-ПВД)</li> <li>√ Проведение мероприятий безопасности движения согласно плану обеспечения безопасности движения (ограждения, установка дорожных знаков, регулирование движения)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>√ Осуществление работ по строительству шахт вручную глубиной прим. до 2 м в области мест заложения выходов на землю, если там предполагается залегание инженерных сетей и канализационных труб</li> <li>√ Проведение измерений для поиска боевых средств (электромагнитные измерения в скважине или на поверхности), при необходимости или если ведомство по ликвидации боевых средств не может удостоверить отсутствие боевых средств на местности</li> <li>√ Проведение работ по созданию разведочных скважин (например, бурение, зондирование, шурфовка, строительство мест замеров грунтовых вод) и измерений на месте (например, измерение в определенный срок уровня грунтовых вод, измерение в определенный срок мощности слоя нефти); ведение номенклатуры слоев/профилей слоев и т.д.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>√ Проведение специальных опытов (например, опытные откачки, опыты механической обработки почвы)</li> <li>√ Взятие проб (строительный фонд, почва, вода, почвенный воздух)</li> <li>√ Обратную укладку и закрытие скважин, зондирования и шурфовку незагрязненной почвой и /или с помощью глинистых гранул согласно действующих технических предписаний (например, DIN 4021, DVWK-рабочий стандарт W135), а также технически правильное восстановление укрепления поверхности</li> <li>√ Надлежащую утилизацию отходов, вкл. загрязненную землю из мест разведки и загрязненные грунтовые воды при промывке мест замера грунтовых вод или излишнюю воду при взятии проб</li> <li>√ Очистку строительного участка</li> </ul> |
|---|--|--|---|





*(Продолжение фаза 2a)*

Осуществление химических анализов включает в себя:

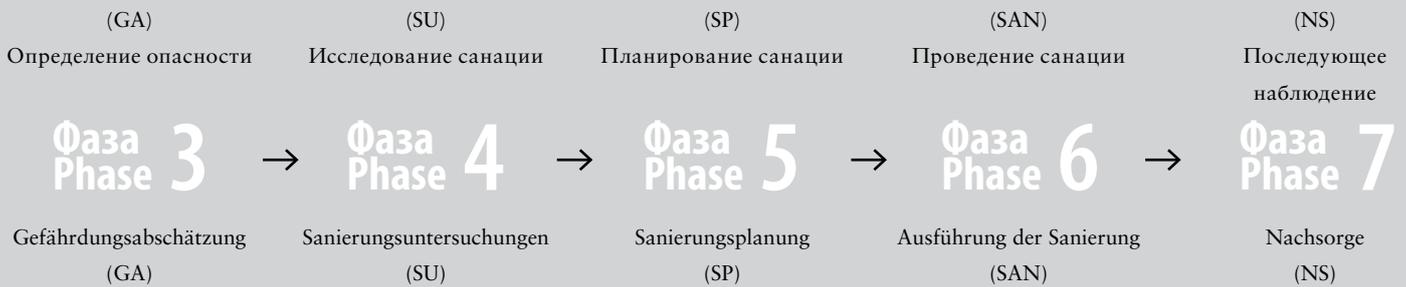
- √ Своевременную транспортировку проб в химическую лабораторию при обеспечении холодильной цепи
- √ Подготовку проб
- √ Проведение анализов проб строений, почвы, воды и почвенного воздуха; список параметров в соответствии с исследовательской концепцией; для обеспечения качества необходимо соблюдать предписания проведения анализов согласно BBodSchV или актуальные предписания DIN
- √ Протоколирование химических анализов, вкл. специфические границы индикации

**Фаза 2b**

Целью детального изучения является вертикальное и горизонтальное обозначение границ загрязнения в грунте, а также полная регистрация вредных веществ в постройках. Это необходимо для расчета загрязненных масс и эмиссий вредных веществ (перенос вредных веществ) и возможности описания всех имеющихся предметов охраны/рецепторов.

Инженерные работы соответствуют инженерным работам при ориентировочном обследовании, однако основываются на исследовательских мероприятиях детального изучения. Следует продолжать запись CSM (Conceptual Site Model). В докладе следует представить результаты исторического изучения (фаза 1).

Выполнение работ при полевых работах и химических анализах соответствуют работам при ориентировочном обследовании, однако основываются на исследовательских мероприятиях детального изучения.

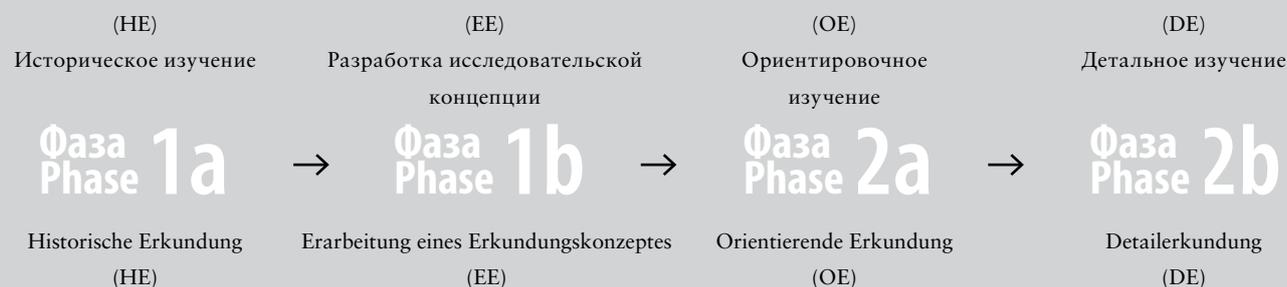


#### Phase 2b

Ziel der Detailerkundung (DE) ist eine vertikale und horizontale Abgrenzung der Kontamination im Untergrund sowie eine vollständige Erfassung der Schadstoffe in der Gebäudesubstanz. Damit sind die kontaminierten Massen und Schadstoffemissionen (Schadstofffrachten) berechenbar, und es ist eine Beschreibung aller betroffenen Schutzgüter/Rezeptoren möglich.

Die Ingenieurleistungen entsprechen denen der OE, jedoch bezogen auf die Erkundungsmaßnahmen der DE. Das CSM (Conceptual Site Model) ist fortzuschreiben. Im Bericht sind die Ergebnisse der HE (Phase 1) mit darzustellen.

Die Leistungen bei den Feldarbeiten und chemischen Analysen entsprechen denen der OE, jedoch bezogen auf die Erkundungsmaßnahmen der DE.

**Фаза 3**

В зависимости от конкретной ситуации по загрязнению следует проверить, несет ли тип, место и концентрация вредных веществ опасность для здоровья человека, а также опасность для предметов охраны – грунтовых вод, наземных вод, почвы, флоры и фауны.

Необходимо проводить оценку опасности для каждой установленной загрязненной территории и для загрязненного сооружения отдельно.

Оценка опасной ситуации в ненасыщенной почвенной зоне осуществляется согласно BBodSchG и его установленному своду правил. Если для вредных веществ, обнаруженных на месте, нет данных испытаний либо опубликовано только несколько данных, альтернативно для характеристики и оценки содержания вредных веществ в почве и с учетом предварительной охраны грунтовых вод привлекаются ориентировочные значения, приведенные в рекомендациях LAWA, или другие местные ориентировочные значения. С учетом загрязнений почвы,

установленных в насыщенной почвенной зоне, а также подтвержденных загрязнений грунтовых вод следует осуществить оценку на основании водного законодательства. Для оценки также целесообразны ориентировочные значения, приведенные в рекомендациях LAWA, или другие местные ориентировочные значения.

Для оценки потенциала опасности наряду с уровнем содержания вредных веществ в почве, грунтовых водах и почвенном воздухе следующие условия являются основополагающими:

- √ количество переносимых вредных веществ
- √ подвижность и токсичность
- √ современная и будущая характеристика эксплуатации местности
- √ план предметов охраны

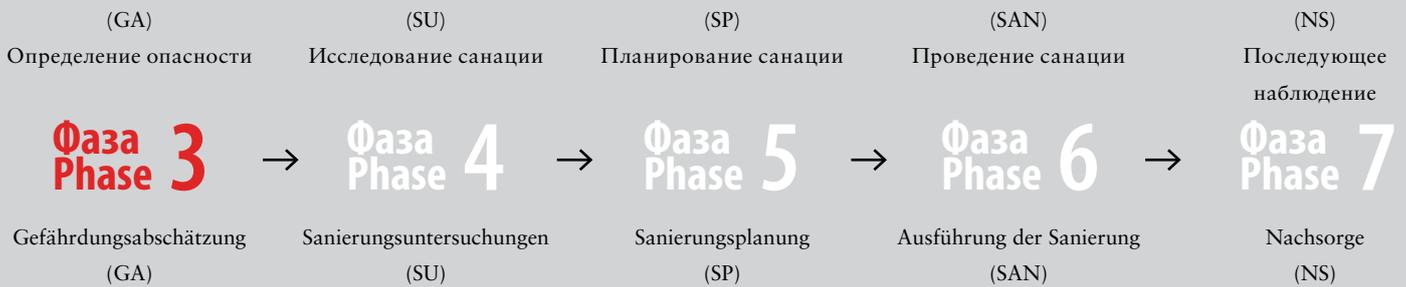
В частности оценка опасности включает следующие экспертные работы:

- √ определение направляющих параметров
- √ регистрация соответствующих предметов охраны и рецепторов
- √ определение критериев для оценки опасной ситуации
- √ проведение расчетов переноса согласно методу «шампанского» (эмиссия вредных веществ через грунтовую воду и почвенный воздух)
- √ оценка опасной ситуации для каждой установленной загрязненной территории для отдельных путей воздействия:
  - путь воздействия почва – человек
  - путь воздействия почва – растение
  - путь воздействия почва – грунтовые воды

√ оценка опасных ситуаций из-за вредных веществ в постройках

√ указание необходимости предпринять неотложные мероприятия

√ указание необходимости предпринять мероприятия по санации для каждой установленной загрязненной территории и для загрязненных строений



**Phase 3**

In Abhängigkeit von der örtlichen Belastungssituation ist zu prüfen, ob Art, Ort und Konzentration der Schadstoffe eine Gesundheitsgefahr für den Menschen sowie eine Gefährdung für die Schutzgüter Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden, Flora und Fauna darstellen.

Die Gefährdungsabschätzung ist für jede festgestellte Altlastenfläche und für die kontaminierte Gebäudesubstanz einzeln durchzuführen.

Die Bewertung der Gefahrenlage in der ungesättigten Bodenzone erfolgt nach dem BBodSchG und seinem untergesetzlichen Regelwerk. Sofern für die am Standort hauptsächlich nachgewiesenen Schadstoffe keine bzw. nur für Einzelparameter Prüfwerte veröffentlicht sind, können alternativ zur Beurteilung und Einschätzung der Schadstoffgehalte im Boden und mit Hinblick auf einen vorsorgenden Grundwasserschutz die in den LAWA-Empfehlungen aufgeführten Richtwerte oder andere länderspezifische Richtwerte herangezogen werden.

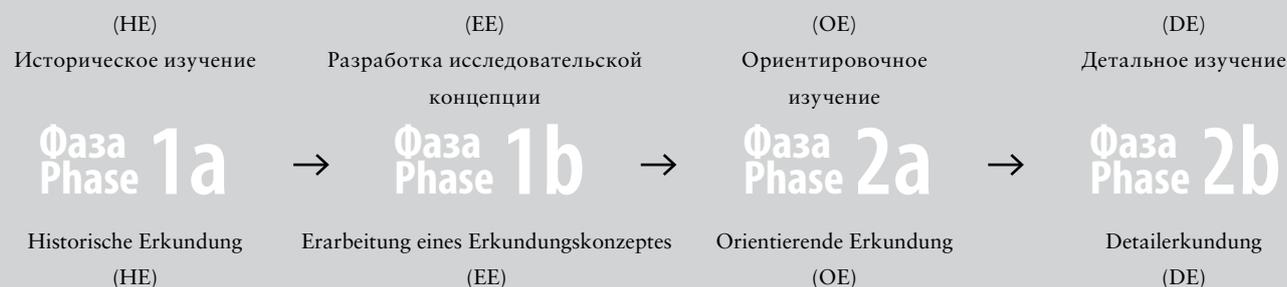
Im Hinblick auf in der gesättigten Bodenzone festgestellten Bodenkontaminationen sowie die nachgewiesenen Grundwasserunreinigungen hat eine Beurteilung auf Grundlage des Wasserrechts zu erfolgen. Auch hier können zur Bewertung die in den LAWA-Empfehlungen aufgeführten Richtwerte oder andere länderspezifische Richtwerte sinnvoll sein.

Für die Beurteilung des Gefährdungspotenzials sind neben der Höhe der Schadstoffgehalte im Boden, Grundwasser und der Bodenluft folgende Randbedingungen maßgebend:

- ✓ Menge der Schadstofffracht
  - ✓ Mobilität und Toxizität
  - ✓ gegenwärtige und zukünftige Nutzungscharakteristik des Geländes
  - ✓ Exposition von Schutzgütern
- Im Einzelnen beinhaltet eine Gefährdungsabschätzung folgende gutachterliche Leistungen:
- ✓ Definition von Leitparametern

- ✓ Erfassung der betroffenen Schutzgüter und Rezeptoren
- ✓ Definition von Kriterien zur Bewertung der Gefahrensituation
- ✓ Durchführung von Frachtberechnungen gemäß Transsektenmethode (Schadstoffemissionen über den Grundwasserpfad und über den Bodenluftpfad)
- ✓ Bewertung der Gefahrensituation für jede festgestellte Altlastenfläche für einzelnen Wirkungspfade:
  - Wirkungspfad  
Boden – Mensch
  - Wirkungspfad  
Boden – Pflanze
  - Wirkungspfad  
Boden – Grundwasser
- ✓ Bewertung von Gefahrensituationen durch Schadstoffe in der Gebäudesubstanz
- ✓ Aufzeigen des Handlungsbedarfs für Sofortmaßnahmen

- ✓ Aufzeigen des Handlungsbedarfs für Sanierungsmaßnahmen für jede festgestellte Altlastenfläche und für die kontaminierte Gebäudesubstanz

**Фаза 4**

Целью исследования санации является (по § 13 BBodSchG и приложению 3 BBodSchV) определение технически и экономически пригодных, допустимых в правовом отношении соответствующих вариантов санации для каждого конкретного случая для защиты от опасностей, значительного ущерба или обременения для отдельного лица или общественности с учетом запланированного юридически допустимого использования территории. Результатом должна стать концепция санации, устанавливающая цели санации, которая учитывает степень участия участников и пострадавших и включает полную реализацию работ по санации включая контроль. Разработанная концепция санации является основой для составления плана санации (фаза 5).

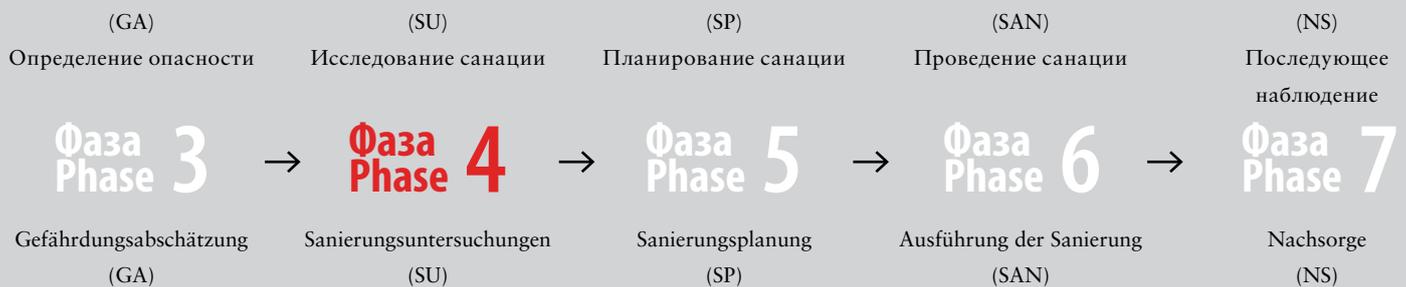
Исследование санации включает в себя

- технико-экономическое обоснование санации
- при необходимости дальнейшее техническое изучение на месте

В технико-экономическом обосновании санации выявляются возможные варианты санации исходя из определения предварительных целей санации и предписанных величин различных опций для будущего использования и подвергаются денежной и немонетарной оценке.

Целью является предложение при заданных граничных условиях и с учетом будущего запланированного использования самого целесообразного варианта санации (предпочтительный вариант). Определение рассматриваемых в технико-экономическом обосновании вариантов использования должно осуществляться по согласованию с возможными инвесторами и санкционирующими органами власти.

При дальнейших технических изысканиях может идти речь об исследованиях, чтобы далее проверять применение способов санации (например, биологические опыты по разложению) или при углубленных размышлениях об определении целей санации и доказательства результата санации (например, прогнозы для регенерации вредных веществ).



#### Phase 4

Ziel der Sanierungsuntersuchung (nach § 13 BBodSchG und Anhang 3 BBodSchV) ist die einzelfallbezogene Ermittlung der technisch und wirtschaftlich geeigneten, rechtlich zulässigen und verhältnismäßigen Sanierungsvariante für die dauerhafte Abwehr von Gefahren, erheblichen Nachteilen oder Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit unter Berücksichtigung der planungsrechtlich zulässigen Nutzung des Standortes. Ergebnis soll ein Sanierungskonzept sein, das die Sanierungsziele festlegt, die Beiträge der Beteiligten und Betroffenen berücksichtigt und die vollständige Umsetzung der Sanierungsarbeiten einschließlich der Überwachung beinhaltet. Das ausgearbeitete Sanierungskonzept ist die Grundlage für die Erstellung des Sanierungsplanes (Phase 5).

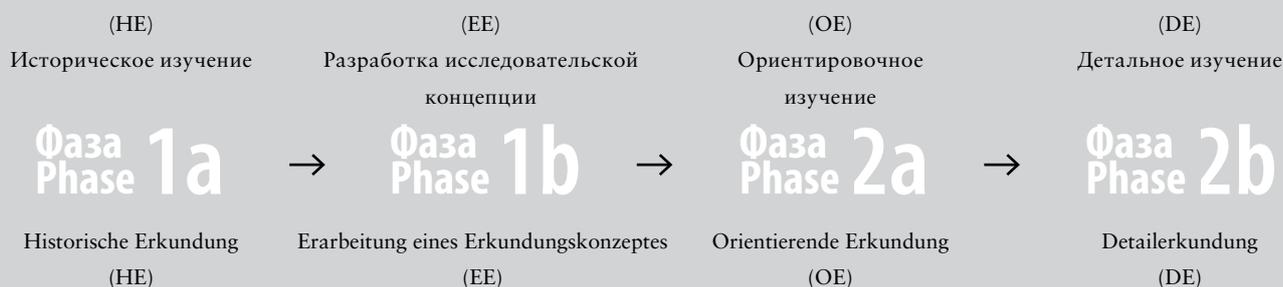
Die Sanierungsuntersuchung (SU) beinhaltet

- eine Machbarkeitsstudie zur Sanierung und
- ggf. weitere technische Erkundungen vor Ort

In der Machbarkeitsstudie zur Sanierung werden ausgehend von der Definition vorläufiger Sanierungsziele und der Vorgabe verschiedener Optionen für eine zukünftige Nutzung mögliche Sanierungsvarianten aufgezeigt und einer monetären und nicht-monetären Bewertung unterzogen.

Ziel ist es, unter den gegebenen Randbedingungen und auch mit Blick auf die zukünftig geplante Nutzung die sinnvollste Sanierungsvariante (Vorzugsvariante) vorzuschlagen. Die Definition der in der Machbarkeitsstudie zu betrachtenden Nutzungsoptionen muss in Abstimmung mit möglichen Investoren und den Genehmigungsbehörden erfolgen.

Bei den weiteren technischen Erkundungen kann es sich um Untersuchungen handeln, um die Anwendung von Sanierungsverfahren weiter zu prüfen (z.B. biologische Abbauprobieren) oder um vertiefende Überlegungen zur Definition von Sanierungszielen und dem Nachweis des Sanierungserfolges (z.B. Prognosen zur Rückgewinnung von Schadstoffen).

**Фаза 5**

В плане санации (по § 13 BBodSchG и приложению 3 BBodSchV) следует подробно представить выполняемый вариант санации; план санации образует основу для выдачи разрешения уполномоченными органами власти.

В соответствии со своим значением в качестве документации, представляемой на утверждение, документ должен содержать всю информацию, которая

- описывает место и ситуацию по загрязнению,
- показывает необходимость принятия мероприятий санации,
- представляет объем мероприятий по санации, действие, расходы и продолжительность и
- показывает контроль результатов деятельности во время санации и в рамках последующего наблюдения.

На практике сохраняется следующее содержание плана санации:

1. Описание исходного состояния, прежде всего, относительно условий места размещения (помимо прочего, геологическая, гидрогеологическая ситуация; нынешнее и запланированное юридически допустимое использование), опасной ситуации (обзор исследований относительно состава вредных веществ по типу, количеству и распределению, соответствующие пути воздействия, объекты охраны и потребности в охране), целей санации, соответствующих административных решений и заключенных публично-правовых договоров, результатов исследований санации.
2. Текстовое и схематическое изображение проводимых мероприятий и подтверждение их пригодности, прежде всего, относительно сферы воздействия старых загрязнений и территорий, необходимых для предусмотренных мероприятий, компетенции плана санации, элементов и последовательности санации применительно к ходу строительства, земляных работ (прежде всего, выемка,

сепарация, повторная укладка, перемещение в области плана санации), работ по сносу, временного хранения земельного материала и других материалов, сбора и утилизации отходов при эксплуатации оборудования, использования почв и складирования отходов на свалках и мероприятий по охране труда и мероприятий по защите от вредных выбросов, специализированных расчетов установок по обработке почвы on site, мероприятий in situ, установок для удержания и обработки газа из органических отходов или почвенного воздуха, установок обработки грунтовых вод, установки и мероприятия для удержания и обработки, в частности, фильтрационной воды, обрабатываемого количества и транспортных путей при обработке почвы в установках off site, технического оформления мер безопасности и сопровождающих мер, особенно уплотнений поверхности, вертикальных и базисных уплотнений, промежуточного или постоянного складирования, сопровождающих пассивных пневматических, гидравлических или иных

мероприятий (например, дренаж выемочного поля, отвод воды из карьерного материала, защитное ограждение, прием и очистка отработанного воздуха) и административных требований о допуске проводимых мероприятий.

3. Описание собственных мер контроля для проверки надлежащего исполнения и эффективности предусмотренных мер, прежде всего, надзорная концепция относительно земельного менеджмента при выемке, сепарации и повторной укладке, очистке почвы и грунтовых вод, деаэрации или откачивании почвенного воздуха, охраны труда и охраны окружающей среды от вредного воздействия, сопровождающего взятия проб, и аналитики и исследовательская концепция для материалов и деталей при выполнении строительных объектов.

4. Описание собственных мер контроля в рамках последующего наблюдения включая контроль, прежде



### Phase 5

Im Sanierungsplan (nach § 13 BBodSchG und Anhang 3 BBodSchV) ist die auszuführende Sanierungsvariante im Einzelnen darzustellen; der Sanierungsplan bildet die Grundlage für die Genehmigung durch die zuständigen Behörden.

Entsprechend seiner Bedeutung als Genehmigungsunterlage muss das Dokument alle Informationen enthalten, die

- den Standort und die Altlastensituation beschreiben,
- den Handlungsbedarf für Sanierungsmaßnahmen aufzeigen,
- den Umfang der Sanierungsmaßnahmen, der Wirkung, Kosten und Zeitdauer darstellen und
- die Erfolgskontrollen während der Sanierung und im Rahmen der Nachsorge aufzeigen.

Folgende Gliederung des Sanierungsplans hat sich in der Praxis bewährt:

1. Darstellung der Ausgangslage, insbesondere hinsichtlich der Standortverhältnisse (u.a. geologische, hydrogeologische Situation; bestehende und

planungsrechtlich zulässige Nutzung), der Gefahrenlage (Zusammenfassung der Untersuchungen im Hinblick auf Schadstoffinventar nach Art, Menge und Verteilung, betroffene Wirkungspfade, Schutzgüter und -bedürfnisse), der Sanierungsziele, der getroffenen behördlichen Entscheidungen und der geschlossenen öffentlich-rechtlichen Verträge, der Ergebnisse der Sanierungsuntersuchungen.

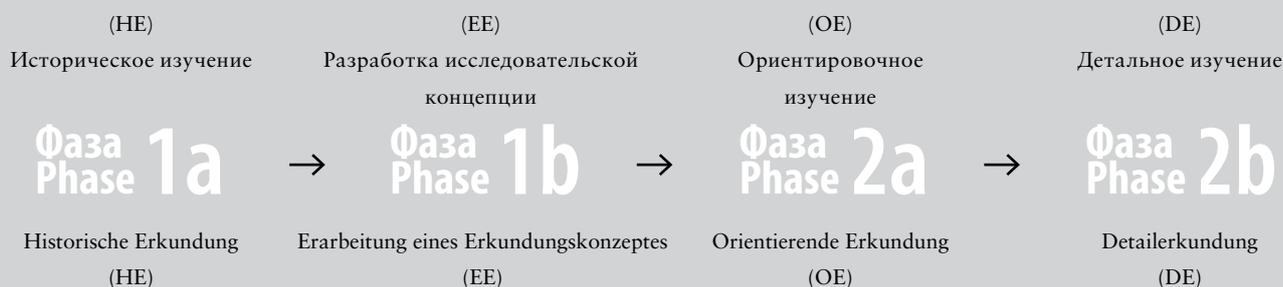
2. Textliche und zeichnerische Darstellung der durchzuführenden Maßnahmen und Nachweis ihrer Eignung, insbesondere hinsichtlich des Einwirkungsbereichs der Altlast und der Flächen, die für die vorgesehenen Maßnahmen benötigt werden, des Gebietes des Sanierungsplans, der Elemente und des Ablaufs der Sanierung im Hinblick auf den Bauablauf, die Erdarbeiten (insbesondere Aushub, Separierung, Wiedereinbau, Umlagerungen im Bereich des Sanierungsplans), die Abbrucharbeiten, die Zwischenlagerung von Bodenmaterial und sonstigen Materialien, die Abfallentsorgung beim Betrieb von Anlagen, die Verwendung von Böden und

die Ablagerung von Abfällen auf Deponien und die Arbeits- und Immissionsschutzmaßnahmen, der fachspezifischen Berechnungen zu on site-Bodenbehandlungsanlagen, in situ-Maßnahmen, Anlagen zur Fassung und Behandlung von Deponiegas oder Bodenluft, Grundwasserbehandlungsanlagen, Anlagen und Maßnahmen zur Fassung und Behandlung insbesondere von Sickerwasser, der zu behandelnden Mengen und der Transportwege bei Bodenbehandlung in off site-Anlagen, der technischen Ausgestaltung von Sicherungsmaßnahmen und begleitenden Maßnahmen, insbesondere von Oberflächen-, Vertikal- und Basisabdichtungen, Oberflächenabdeckungen, Zwischen- bzw. Bereitstellungslagern, begleitenden passiven pneumatischen, hydraulischen oder sonstigen Maßnahmen (z.B. Baufeldentwässerung, Entwässerung des Aushubmaterials, Einhausung, Abluftfassung und -behandlung) und der behördlichen Zulassungserfordernisse für die durchzuführenden Maßnahmen.

3. Darstellung der Kontrollmaßnahmen zur Überprüfung der

sachgerechten Ausführung und Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen, insbesondere das Überwachungskonzept hinsichtlich des Bodenmanagements bei Auskofferung, Separierung und Wiedereinbau, der Boden- und Grundwasserbehandlung, der Entgasung oder der Bodenluftabsaugung, des Arbeits- und Immissionsschutzes, der begleitenden Probennahme und Analytik und das Untersuchungskonzept für Materialien und Bauteile bei der Ausführung von Bauwerken.

4. Darstellung der Kontrollmaßnahmen im Rahmen der Nachsorge einschließlich der Überwachung, insbesondere hinsichtlich des Erfordernisses und der Ausgestaltung von längerfristig zu betreibenden Anlagen oder Einrichtungen zur Fassung oder Behandlung von Grundwasser, Sickerwasser, Oberflächenwasser, Bodenluft oder Deponiegas sowie Anforderungen an deren Überwachung und Instandhaltung, der Maßnahmen zur Überwachung (z.B. Messstellen) und der Funktionskontrolle im Hinblick auf die Einhaltung der Sanierungserfordernisse und

*(Продолжение фаза 5)*

всего, относительно требований и оформления сооружений и оборудования с продолжительным сроком эксплуатации для приема или очистки грунтовых вод, фильтрационной воды, наземных вод, почвенного воздуха или газа из органических отходов, а также требования к их контролю и техническому обслуживанию, мероприятий для контроля (например, точки замеров) и функционального контроля применительно соблюдения требования санации и содержания в исправности защитных строительных объектов и оборудования.

## 5.

Описание календарного плана и затрат.

На основе планирования санации санкционирующий орган власти выдает заключение о санации/формальное одобрение плана санации или заключают публично-правовой договор между лицом, обязанным провести санацию, и санкционирующим органом власти

**Фаза 6**

На основании разрешения лицо, обязанное произвести санацию, осуществляет строительно-технический план, в котором в деталях и в готовом для исполнения виде описаны все мероприятия по санации, мероприятия по охране труда и окружающей среды, мероприятия по обеспечению качества и контроль результатов деятельности.

Строительно-техническое проектирование следует в этом случае отобразить в конкурсных документах, на основании которых специализированные фирмы смогут разработать предложение для проведения мероприятий.

Способ проведения конкурса должен соответствовать директивам размещения конкурсных заказов, которые допускают свободную конкуренцию между участниками открытого конкурса и нейтральную, профессиональную оценку предложений.

Все фирмы-участники открытого конкурса должны получить одинаковые конкурсные документы, которые включают в себя, по крайней мере, следующие документы:

- приглашение для подачи предложения с указанием даты и места подачи
- условия договора
- технические предписанные значения по качеству исполнения
- строительную спецификацию
- перечень работ
- рабочие чертежи
- заключение экспертизы и специальные расчеты

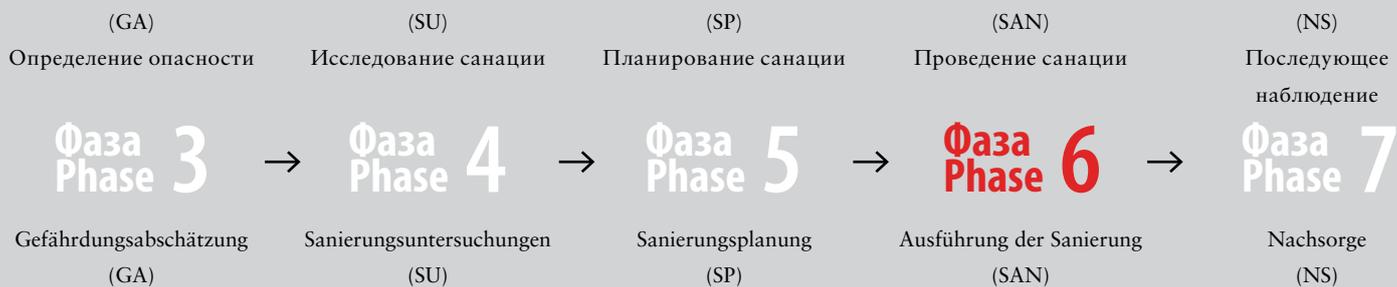
Параллельно с конкурсом строительных работ должен осуществляться контроль строительного мероприятия с помощью независимого третьего лица. Независимый контроль специалистов гарантирует необходимое качество исполнения.

После передачи конкурсных строительных и надзорных услуг самому рентабельному участнику открытого конкурса начинается реализация мероприятия.

Во время реализации регулярно должны проводиться строительные совещания, в которых должны принимать участие также организация-заказчик и при необходимости - санкционирующий орган власти. Со стороны организации-заказчика всегда следует требовать проведения контроля и полной документации по осуществлению мероприятий.

До надстройки участков местности (почва выемки) или строительства подземных сооружений (например, проводов) необходимо каждый раз проверять соблюдение предусмотренных и описанных в строительно-технической документации параметров (обеспечение доказательств).

Исполнение мероприятий по санации считается завершенным при достижении целей санации, указанных в плане санации.

*(Fortsetzung Phase 5)*

Instandhaltung von Sicherungsbauwerken oder -einrichtungen.

5. Darstellung des Zeitplans und der Kosten.

Auf der Grundlage der Sanierungsplanung wird durch die zu genehmigende Behörde eine formale Zustimmung zum Sanierungsplan erstellt oder der Sanierungsplan verbindlich geklärt ist oder ein öffentlich-rechtlicher Vertrag zwischen dem Sanierungspflichtigen und der Genehmigungsbehörde geschlossen.

**Phase 6**

Auf der Grundlage der Genehmigung erfolgt durch den Sanierungspflichtigen eine Ausführungsplanung, in dem alle Sanierungsmaßnahmen, die Maßnahmen zum Arbeits- und Umgebungsschutz, die Maßnahmen zur Qualitätssicherung und die Erfolgskontrollen im Detail und ausführungsreif beschrieben sind.

Die Ausführungsplanung ist dann in Ausschreibungsunterlagen zu überführen, anhand derer Fachfirmen ein Angebot für die Durchführung der Maßnahmen abgeben können.

Die Vorgehensweise bei der Ausschreibung muss Ausschreibungs- und Vergaberichtlinien folgen, die einen unbeeinflussten Wettbewerb zwischen den Bietern und eine neutrale, fachgerechte Auswertung der Angebote zulassen.

Alle Bieterfirmen erhalten die gleichen Ausschreibungsunterlagen, die mindestens folgende Dokumente beinhalten:

- Aufforderung zur Abgabe eines Angebotes mit Benennung des Abgabetermins und des Abgabetermins

- Vertragsbedingungen
- Technische Vorgaben zur Ausführungsqualität
- Baubeschreibung
- Leistungsverzeichnis
- Ausführungspläne
- Gutachten und fachspezifische Berechnungen

Parallel zur Ausschreibung der Bauleistungen muss auch die Überwachung der Baumaßnahme durch unabhängige Dritte vorgenommen werden. Eine unabhängige Überwachung durch Fachleute sichert die geforderte Qualität bei der Ausführung.

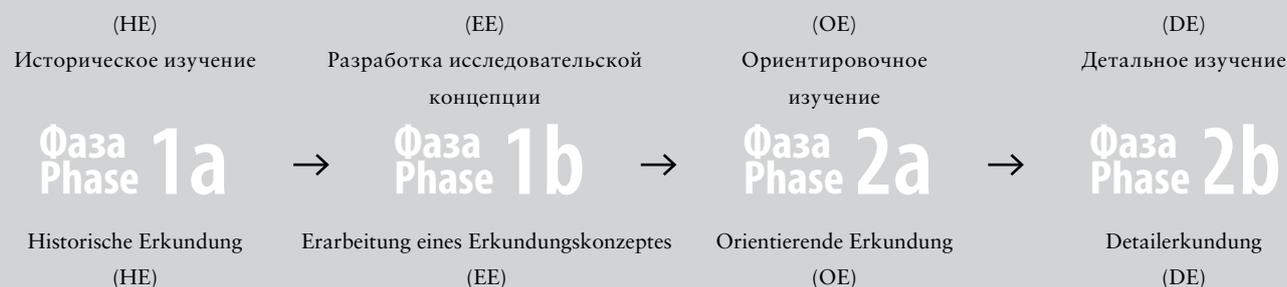
Nach der Vergabe der ausgeschriebenen Bau- und Überwachungsleistungen an die wirtschaftlichsten Bieter beginnt die Umsetzung der Maßnahme.

Während der Umsetzung müssen regelmäßig Baubesprechungen durchgeführt werden, an denen auch der Bauherr und gelegentlich die Genehmigungsbehörde teilnimmt. Seitens des Bauherren ist immer wieder auf die Durchführung von Kontrollen und auf eine vollständige Dokumentation der Umsetzung der Maßnahmen zu drängen.

Vor dem Überbauen von Geländeabschnitten (Aushubsohle)

oder hergestellten Einbauten (z.B. Leitungen) muss die Einhaltung des gewollten und in den Ausführungsunterlagen beschriebenen Zustandes jeweils überprüft werden (Beweissicherung).

Die Ausführung der Sanierungsmaßnahmen ist abgeschlossen, sofern die in der Sanierungsplanung genannten Sanierungsziele erreicht wurden.

**Фаза 7**

После проведения санации необходимо проверить, достигнуты ли устойчивые (долгосрочные) цели санации.

Данная фаза так называемого «Последующего наблюдения» может не приниматься в расчет на сравнительно короткий период при обезвреживании (бывшего) загрязненного участка посредством выемки почвы и ограничиваться тем, что в дополнении к санации вновь бурятся скважины со взятием проб грунта для обнаружения возможных остаточных загрязнений.

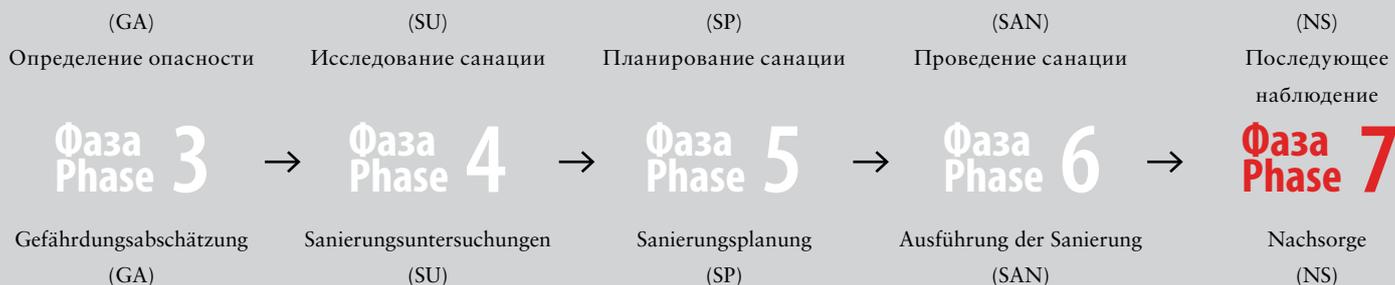
При обезвреживании почвенного воздуха или грунтовых вод необходимо проверить с помощью мониторинга (взятие проб почвенного воздуха или грунтовых вод) в опорных метках высоты в области бывшего загрязнения или также в отходящем потоке (грунтовые воды), нет ли повторного увеличения концентрации вредных веществ из-за обогащения в почвенном воздухе или грунтовых водах. Такое обогащение является следствием незаконченного

удаления вредных веществ из матрицы почвы. мероприятия необходимо документировать.

При осуществлении мер безопасности следует проводить длительное последующее обслуживание, чтобы гарантировать, что эмиссии вредных веществ в будущем будут всегда снижены до приемлемого уровня.

Загрязненные участки, на которых проведены мероприятия защиты, например закапюлированные свалки отходов или строения, должны в дальнейшем долгосрочно контролироваться. Для этого необходима концепция мониторинга, содержащая регулярный контроль и обходы, а также ряд отдельных измерений для наблюдения за строительным защитным сооружением (например оседания), инвентаризацией загрязнений (например измерения подтопления и газовые измерения) и соседних объектов защиты (например грунтовые и поверхностные воды).

Последующее наблюдение принципиально должно проводиться независимым экспертом; исследовательские

**Phase 7**

Nach der Durchführung der Sanierung ist zu prüfen, ob die Sanierungsziele nachhaltig (dauerhaft) erreicht wurden.

Diese Phase der sog. „Nachsorge“ kann bei einer Dekontamination der (ehemaligen) Altlast durch Bodenaushub vergleichsweise kurz ausfallen und sich darauf beschränken, dass im Nachgang zur Sanierung erneut Bohrungen mit der Entnahme von Bodenproben ausgeführt werden, um mögliche Restkontaminationen zu detektieren.

Bei einer Dekontamination der Bodenluft oder des Grundwassers ist durch ein Monitoring (Probenahme Bodenluft oder Grundwasser) an Pegeln im Bereich der ehemaligen Altlast oder auch im Abstrom (Grundwasser) zu prüfen, ob ein erneuter Anstieg der Schadstoffkonzentration durch Anreicherungen in der Bodenluft oder dem Grundwasser erfolgt. Eine solche Anreicherung resultiert aus einer unvollständigen Entfernung von Schadstoffen aus der Bodenmatrix.

**Bei Sicherungsmaßnahmen**

ist eine dauerhafte Nachsorge durchzuführen, um zu gewährleisten, dass die Schadstoffemissionen zukünftig immer auf ein hinnehmbares Maß reduziert bleiben.

Da gesicherte Altlasten, wie z.B. gekapselte Deponien, Bauwerke sind, müssen sie im Rahmen der Nachsorge dauerhaft überwacht werden. Hierzu gehört ein Überwachungskonzept, bestehend aus regelmäßigen Kontrollen und Begehungen sowie einer Reihe von Einzelmessprogrammen zur Beobachtung des Sicherungsbauwerkes (z.B. Setzungen), des Schadstoffinventars (z.B. Stauwasser- und Gasmessungen) und der benachbarten Schutzgüter (z.B. Grundwasser und Oberflächengewässer).

Die Nachsorge sollte grundsätzlich von einem unabhängigen Gutachter durchgeführt werden; die Untersuchungsmaßnahmen sind zu dokumentieren.



1 - 4

Санация участка  
Шлахтхофштрассе  
в Гамбурге

#### 2.4 Деятельность Гамбургского ведомства по охране окружающей среды в области восстановления территорий

Большое количество территорий, необходимых в рамках менеджмента территорий в городе, потенциально загрязнено. Они находятся в удобном месте с точки зрения инфраструктуры и имеют особое значение в городских густонаселенных районах.

Для дальнейшего развития этих территорий для использования в производственных или жилых целях на земельных участках необходимо провести исследования для оценки ситуации с вредными веществами/загрязненными участками, возможного осуществления необходимых мер для устранения опасности или снижения опасности и определения необходимой документации и условий эксплуатации.

Заблаговременная интеграция BSU во всех планах, относящихся к загрязненным территориям, по санкционированию, проектированию и разработке, а также в сделках по поводу земельных участков Свободного и Ганзейского города Гамбур-

га стала конструктивной составной частью менеджмента территорий в Гамбурге.

Правовые рамки для этого в значительной степени определяют Федеральный закон охраны земель, Федеральное распоряжение охраны земель, а также Строительный кодекс.

BSU проверяет ситуацию по наличию вредных веществ/загрязненных участков, оценивает и определяет необходимую документацию и условия эксплуатации по запросу исполнителя (например, другие инстанции специальной службы, частные застройщики) на основе строительного кодекса и Гамбургского строительного устава. В отдельном случае определяются возможно необходимые мероприятия для устранения или снижения опасности и оцениваются затраты по санации/утилизации.

Поводом и целью многих мер является повторное вовлечение земельных участков в хозяйственный кругооборот (восстановление территорий).



#### 2.4 Handeln der Hamburger Umweltverwaltung im Bereich des Flächenrecyclings

Eine große Anzahl der im Rahmen eines Flächenmanagements in der Stadt benötigten Flächen sind mit einem Altlastverdacht behaftet. Sie befinden sich in infrastrukturell gut erschlossenen Lagen und sind speziell im großstädtischen Ballungsraum von besonderer Bedeutung.

Zur weiteren Entwicklung dieser Flächen für eine Gewerbe- oder Wohnnutzung müssen auf den Grundstücken Untersuchungen durchgeführt werden, um die Schadstoff-/Altlastsituation bewerten, evtl. erforderliche Maßnahmen zur Gefahrenbeseitigung bzw. -reduzierung veranlassen und notwendige Auflagen und Bedingungen für die Nutzung festlegen zu können.

Die frühzeitige Einbindung der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) in sämtliche von Altlasten betroffenen Genehmigungs-, Planungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Grundstücksgeschäfte der Freien und Hansestadt Hamburg ist zu einem positiven Bestandteil des Flächenmanagements in Hamburg geworden.

Den rechtlichen Rahmen bilden hierfür im wesentlichen das Bundes-Bodenschutzgesetz, die Bundes-Bodenschutzverordnung sowie das Baugesetzbuch.

Von der BSU werden auf Anfrage der Maßnahmenträger (z.B. andere Fachdienststellen, private Bauherren) auf der Grundlage des Baugesetzbuches und der Hamburgischen Bauordnung die Schadstoff-/Altlastsituation von Grundstücken geprüft, bewertet und notwendige Auflagen und Bedingungen für die Nutzung festgelegt. Eventuell erforderliche Maßnahmen zur Gefahrenbeseitigung bzw. -reduzierung werden im Einzelfall veranlasst und Sanierungs-/Entsorgungskosten abgeschätzt.

Anlass und Ziel vieler Maßnahmen ist die Wiedereingliederung der Grundstücke in den Wirtschaftskreislauf (Flächenrecycling). Die BSU saniert im städtischen Besitz befindliche Flächen, soweit es erforderlich ist.

1 - 4

*Sanierung des Standorts  
Schlachthofstraße  
in Hamburg*



1 - 4

Санация участка  
Плот в Гамбурге

BSU при необходимости производит санацию территорий, являющихся собственностью города.

В частности, критериями являются предписанные значения федерального закона охраны почв, вступившего в силу в 1998 г. и федерального предписания охраны почв. Исключительную роль при санации земельных участков сегодня играют общественно-правовые и гражданско-правовые договоры. BSU все чаще заключает договоры по санации с частными владельцами или с виновниками загрязнений и кроме того выступает при заключении договоров купли-продажи между частными владельцами в качестве гаранта, если речь идет об оценке или высвобождении участков от загрязнений.

Рекомендуется заблаговременная интеграция BSU во всех планах, относящихся к загрязненным участкам по санкционированию, проектированию и разработке, а также в сделках по поводу земельных участков. Частные владельцы на основании исследований почвы могут предпринять меры по выяснению подозрения о загрязненности территории. В таком

случае они получают по льготным тарифам заключение экспертизы BSU о результатах исследования.

Характеристика и оценка территорий осуществляются при общественном и частном строительстве (например, в заявке на строительство, методе согласно Федеральному закону о выбросах в атмосферу (BImSchG), общественном проекте (например, метод проекта застройки, конверсионные территории), обеспечении доказательств при смене арендаторов городских земельных участков, а также при общественной и частной купле и продаже земельных участков.



Eine herausragende Rolle bei der Sanierung von Grundstücken spielen heute öffentlich- und zivilrechtliche Verträge. Die BSU schließt zunehmend Sanierungsverträge mit privaten Eigentümern oder Verursachern von Altlasten und tritt bei Kaufverträgen zwischen privaten Eigentümern außerdem als Garant auf, wenn es um die Bewertung oder Freistellung von Altlasten geht.

Es wird eine frühzeitige Einbindung der BSU in sämtliche von Altlasten betroffenen Genehmigungs-, Planungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Grundstücksgeschäfte empfohlen. Private Eigentümer können von sich aus Bodenuntersuchungen veranlassen, um einen Altlastverdacht aufzuklären. Sie erhalten dann zu ermäßigten Gebühren ein Gutachten der BSU zu den Untersuchungsergebnissen.

Die Beurteilung und Bewertung der Flächen erfolgt bei öffentlichen und privaten Bauvorhaben (z.B. bei Bauanträgen, Verfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), öffentlichen Planungsvorhaben (z.B. Bebauungsplanverfahren, Konversionsflächen), Beweissicherungen bei Mieterwechsel auf stadteigenen Grundstücken

sowie bei öffentlichen und privaten Grundstücksan- und verkäufen.

1 - 4

*Sanierung des Standorts  
Plot in Hamburg*



1 - 4

*Санация участка  
Бергедорферштрассе  
в Гамбурге*

Органы власти осуществляют следующие работы:

- Консультирование и предоставление информации (например, по ситуации загрязненных участков, анализам почвы/воды)
  - Оценка и характеристика загрязненных участков на основе экспертизы
  - Определение общих условий для запланированной эксплуатации
  - Определение возможно необходимых мер санации
  - Определение документации для фундамента глубокого заложения
  - Определение возможных мер безопасности при образовании газов из органических отходов
  - Указания на возможные расходы по утилизации почвы (например, также для типичного городского насыпного грунта) или мероприятий водоотлива
  - Заключение публично-правовых договоров
  - Выдача заявлений об освобождении от ответственности
  - Профессиональное консультирование в рамках менеджмента по утилизации (например, договоры при общественных продажах земельных участков)
- Постановления по отдельным случаям при намерении обработки минеральных отходов



Folgende Leistungen werden von der Behörde erbracht:

- Beratung und Information (z.B. zur Altlastsituation des Grundstücks, Boden-/Wasseruntersuchungen)
- Bewertung und Beurteilung der Altlastsituation anhand von Gutachten
- Festlegen der Rahmenbedingungen für die geplante Nutzung
- Festlegen von evtl. erforderlichen Sanierungsmaßnahmen
- Festlegen von Auflagen für Tiefgründungen
- Festlegen von evtl. Sicherungsmaßnahmen gegen Deponiegase
- Hinweise auf evtl. Kosten für Bodenentsorgung (z.B. auch bei stadttypischen Auffüllungsböden) bzw. Wasserhaltungsmaßnahmen
- Abschluss öffentlich-rechtlicher Verträge
- Ausstellen von Freistellungserklärungen
- Fachtechnische Beratung im Rahmen des Entsorgungsmanagements (z.B. Verträge bei öffentlichen Grundstücksverkäufen)
- Einzelfallentscheidungen bei Verwertungsvorhaben von mineralischen Abfällen

1 - 4

*Sanierung des Standorts  
Bergedorfer Straße in  
Hamburg*

# 3 Восстановление территорий в Санкт-Петербурге

*[1] Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О реформировании, перепрофилировании и перебазировании промышленных предприятий, расположенных в Санкт-Петербурге, и реабилитации высвобождаемых территорий» от 11.07.2002 N37*

*[2] Распоряжение Администрации Санкт-Петербурга от 04.04.2003 № 601 „О создании городской межведомственной комиссии по вопросам реформирования, перепрофилирования и перебазирования промышленных предприятий, расположенных в Санкт-Петербурге, и реабилитации высвобождаемых территорий»*

## 3.1 Общие условия для восстановления территорий в Санкт-Петербурге

В России существует несколько законов, закладывающих правовые основы для охраны почв. Основными из них являются:

- Земельный кодекс Российской Федерации N 137-ФЗ от 25.10.2001 г.
- Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Кроме того, с 1994 года на территории Санкт-Петербурга действует региональный норматив по охране почв, утвержденный Распоряжением Мэра - Председателем правительства Санкт-Петербурга №891-р.

В настоящее время разработан проект Федерального закона по охране почв, а Санкт-Петербург планирует разработать соответствующий городской закон в период 2008-2012 гг. В г. Москве в конце 2006 г уже принят собственный Закон по охране почв.

Вопросы выявления и очистки отдельных особо опасных загрязненных участков в Санкт-Петербурге стали предметом деятельности Комитета по природопользованию с момента

его образования в 2001 году. Вопросы комплексной санации и рекультивации загрязненных территорий получили дополнительное развитие в Санкт-Петербурге в период после 2003 года, когда бурное экономическое развитие городской экономики вызвало быстрый рост цен на недвижимость и спрос на освоение дополнительных территорий.

11.07.2002 года было принято Постановление Правительства Санкт-Петербурга N 37 «О реформировании, перепрофилировании и перебазировании промышленных предприятий, расположенных в Санкт-Петербурге, и реабилитации высвобождаемых территорий» Данное Постановление, принятое по предложению Комитета экономического развития города, преследует цель дальнейшего развития исторического центра Санкт-Петербурга, предусматривающего перебазирование старых промышленных предприятий из исторического центра и перепрофилирование высвобождаемых территорий [1].

В 2003 г. по распоряжению Администрации Санкт-Петербурга [2]

# 3 Flächenrevitalisierung in St. Petersburg

## 3.1 Rahmenbedingungen für das Flächenrecycling in St. Petersburg

In Russland existiert eine Reihe von Gesetzen, die eine rechtliche Grundlage für den Bodenschutz begründen. Die wichtigsten davon sind folgende:

- Bodenkodex der Russischen Föderation Nr. 137-F3 von 25.10.2001
- Föderales Gesetz Nr. 7-F3 „Über den Umweltschutz“

Darüber hinaus gilt seit 1994 in St. Petersburg die Regionalnorm zum Bodenschutz Nr. 891-r, die durch den Vorsitzenden der Stadtregierung in Kraft gesetzt ist. Gegenwärtig wird der Entwurf eines föderalen Gesetzes zum Bodenschutz erarbeitet, St. Petersburg plant ein eigenes entsprechendes Gesetz im Zeitrahmen 2008 - 2012 auszuarbeiten, die Stadt Moskau hat bereits am Ende 2006 ein eigenes Gesetz verabschiedet.

Fragen der Untersuchung und der Sanierung von einigen besonders gefährlichen Flächen stehen im Mittelpunkt der Tätigkeiten des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit seit seiner Gründung im Jahr 2001. Fragen einer komplexen Sanie-

rung und Rekultivierung von kontaminierten Flächen bekamen zusätzliche Impulse in St. Petersburg nach 2003, als eine rasante ökonomische Entwicklung der Stadt einen rapiden Anstieg der Immobilienpreise sowie eine Nachfrage nach neuen Flächen nach sich zog.

Am 11.07.2002 hat die Regierung von St. Petersburg die Verordnung Nr. 37 „Über Reform, Umnutzung und Umsiedlung von Industriebetrieben, die in der Stadt St. Petersburg angesiedelt sind, und Rehabilitation von frei werdenden Territorien“ [1] verabschiedet. Diese Verordnung, auf Vorschlag des Komitees für ökonomische Entwicklung der Stadt verabschiedet, verfolgt das Ziel, das historische Zentrum von St. Petersburg weiter zu entwickeln, indem alte Industriebetriebe aus dem historischen Zentrum umgesiedelt und die frei gewordenen Flächen einer neuen Nutzung zugefügt werden. 2003 wurde per Verordnung des Gouverneurs von St. Petersburg [2] eine interdisziplinäre Kommission eingesetzt, die an der Umsetzung des Erlasses zur Umprofilierung von ehemaligen Industriestandorten mitwirken soll. Als Mitglieder der Kommission (insgesamt 37 Mitglieder) sind Vertreter verschiedener spezialisierter

[1] *Beschluss der Regierung von St. Petersburg „Über Reformierung, Umprofilierung und Umsiedlung von Industriebetrieben, die in der Stadt St. Petersburg angesiedelt sind, und Rehabilitation von frei werdenden Territorien“ vom 11.07.2002 Nr. 37*

[2] *Regierung von St. Petersburg, Verordnung 601 „Zur Bildung einer städtischen interdisziplinären Kommission zu Fragen der Umprofilierung und Umsiedlung von Industriebetrieben und Rehabilitation von frei werdenden Territorien“ vom 04.04.2003*



**1**  
*Вид на Кунсткамеру и  
Петропавловскую крепость  
в Санкт-Петербурге*

**2**  
*Промплощадка на Фонтанке  
в Санкт-Петербурге*

*[3] Правительство С.  
Петербурга, Комитет по  
природопользованию,  
защите окружающей  
среды и экологической  
безопасности.  
Распоряжение 9 р от  
07.02.2006 года «Об  
утверждении методических  
рекомендаций по оценке  
экологического состояния  
бывших промышленных  
площадок в черте города  
С. Петербурга и разработке  
каталога мероприятий по  
их санации (реабилитации)*

была образована специальная межведомственная комиссия, которая должна участвовать в реализации указанного выше Постановления Правительства. Комиссию возглавляет вице-губернатор города, председатель Комитета экономического развития.

Членами комиссии (всего 37 членов) являются представители различных специализированных Комитетов города, а также представители Администрации районов города. В комиссию входит также представитель Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. В рамках программы оказания консультационной помощи Федеральному Министерству окружающей среды, охране природы и безопасности реакторов Германии был реализован проект, позволивший заложить основы для менеджмента загрязненных участков, чтобы исследовать эти участки согласно ступенчатой процедуре и оценить их экологическое состояние, а также разработать необходимые мероприятия по санации. Разработанная методика легла в основу Распоряжения Комитета

по природопользованию от 7 февраля 2006 года N 9-р об утверждении «Методических рекомендаций по оценке экологического состояния высвобождаемых промышленных площадок на территории Санкт-Петербурга и разработке перечня природоохранных мероприятий по их санации (реабилитации)» [3]. В соответствии с генеральным планом городского развития Санкт-Петербурга необходимо рекультивировать до 2010 г. 980 гектаров территории бывших промышленных зон, до 2015 г. 1860 га, а до 2025 г. 2840 га.

### **3.2 Практика восстановления территорий в Санкт-Петербурге**

Город Санкт-Петербург заботится о повышении привлекательности прежде всего центральной части города и новом градостроительном оформлении исторического центра. В качестве потенциала для градостроительного развития рассматриваются еще используемые или уже выведенные из эксплуатации промышленные зоны внутри центра города. Поэтому в соответствии с Постановлением Правительства Санкт-Петербурга [1] экологически опасные промыш-



Komitees der Stadt sowie Vertreter von Bezirksverwaltungen der Stadt benannt. Der Kommission gehört u.a. ein Vertreter des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit an.

Im Rahmen eines Beratungshilfeprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurde in den Jahren 2004 - 2005 begonnen zu arbeiten. Im Rahmen des Vorhabens wurde erhoben, welche Rahmenbedingungen für das Management von kontaminierten Standorten bestehen. Die war notwendig, um diese Standorte nach einer stufenweisen Prozedur zu untersuchen und ihren ökologischen Zustand zu bewerten sowie erforderliche Sanierungsmaßnahmen zu erarbeiten. Die entwickelte Methodik wurde als Basis für einen Erlass der Stadtregierung verwendet. Seit dem 07.02.2006 ist der Erlass „Methodische Empfehlungen zur Bewertung des ökologischen Zustandes von ehemaligen Industriestandorten im Stadtgebiet von St. Petersburg und die Erarbeitung eines Katalogs für Umweltschutzmaßnahmen zu ihrer Sanierung (Rehabilitation)“ [3] in Kraft gesetzt.

Entsprechend dem Generalplan zur Stadtentwicklung von St. Petersburg sollen bis 2010 980 Hektar Flächen von ehemaligen Industriestandorten rekultiviert werden, bis 2015 1860 Hektar und bis 2025 2840 Hektar.

### **3.2 Praxis der Flächenrevitalisierung in St. Petersburg**

Die Stadt St. Petersburg ist bemüht, die Attraktivität vor allem der Innenstadt zu erhöhen und das historische Zentrum städtebaulich neu zu gestalten. Als Potenzial für die städtebaulichen Entwicklungen werden die noch genutzten oder bereits stillgelegten Industriestandorte innerhalb des Stadtzentrums gesehen. Daher werden entsprechend des Beschlusses der Stadtregierung [1] nicht profitable, ökologisch bedenkliche und dem Profil des Stadtzentrums nicht entsprechende Industrieunternehmen aus dem historischen Zentrum in andere Stadtregionen umgesiedelt. An fre werdenden Standorten entstehen neue Entwicklungsprojekte der Stadt. Die Stadt behält sich vor, die Angaben zur zukünftigen Nutzung der ehemaligen Industrieareale zu machen.

1

*Blick auf Kunstammer und Peter-Paul-Festung in St. Petersburg*

2

*Industrieanlage an der Fontanka in St. Petersburg*

*[3] Regierung von St. Petersburg, Komitee für Umweltschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit, Erlass 9-p „Methodische Empfehlungen zur Bewertung des ökologischen Zustandes von ehemaligen Industriestandorten im Stadtgebiet von St. Petersburg und die Erarbeitung eines Katalogs für Umweltschutzmaßnahmen zu ihrer Sanierung (Rehabilitation)“ vom 07.02.2006*

## Направления деятельности комитета по природопользованию охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности

природопользование	охрана окружающей среды	экологическая безопасность
охрана и использование природных ресурсов	экологический контроль	радиационная безопасность
охрана и использование недр	экологический мониторинг	химическая безопасность
	экологическое нормирование	ликвидация нефтеразливов
	экологическое просвещение	очистка оек и каналов
	экологическая паспортизация территории города	строительство завода на полигоне «Красный Бор»
	особо охраняемые природные территории	



### 1 Направления деятельности Комитета по природопользованию, защите окружающей среды и экологической безопасности Санкт-Петербурга

ленные предприятия, находящиеся, по Генеральному плану, на не соответствующей целевому назначению территории города, переводятся из исторического центра в другие районы города. На высвобождаемых территориях возникают новые проекты развития города. Город оставляет за собой право определения будущего использования бывших промышленных зон. Предоставление недвижимости на инвестиционных условиях производится в соответствии с Законом Санкт-Петербурга [4].

#### 3.3 Структура Санкт-Петербургского Регионального управления: поле задач и полномочие в вопросах обработки почв, обремененных старой экологической загрязненностью, и восстановления территорий.

Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экономической безопасности Санкт-Петербурга образован в 2001 г. Важнейшие задачи Комитета сформулированы в Постановлении Правительства Санкт-Петербурга от 06.04.2004 №530 и включают:

1. Осуществление государственного управления в области охраны окружающей среды, а также в сфере использования и охраны природных ресурсов.

2. Осуществление государственного контроля в области охраны окружающей среды (государственный экологический контроль) за объектами хозяйственной и иной деятельности независимо от форм собственности, находящимися на территории Санкт-Петербурга, за исключением объектов хозяйственной и иной деятельности, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю.
3. Координацию деятельности исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга, а также подведомственных Комитету государственных унитарных предприятий и государственных учреждений в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, а также безопасности гидротехнических сооружений.

Комитет возглавляет председатель г-н Дмитрий Голубев. У председателя четыре заместителя, которые отвечают за специальные производственные задания. Комитету подведомственны семь государственных унитарных предприятий (ГУП). Комитет по природопользованию,

[4] Закон Санкт-Петербурга «О порядке предоставления объектов недвижимости, находящихся в собственности Санкт-Петербурга, для строительства и реконструкции» от 17.06.2004 года N 282-43

## Ausrichtung der Tätigkeiten des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit von St. Petersburg

Naturnutzung	Umweltschutz	Ökologische Sicherheit
Schutz und Nutzung der Naturressourcen	Ökologische Kontrolle	Radioaktive Sicherheit
Schutz und Nutzung von Bodenschätzen	Ökologisches Monitoring	Chemische Sicherheit
	Ökologische Normung	Havarienbeseitigung von Erdölaustritten
	Ökologische Bildung	Reinigung von Flüssen und Kanälen
	Ökologische Passerstellung für das Stadtgebiet	Bau des Werkes auf der Deponie „Krasny Bor“
	Besonders geschützte Naturareale	

Der investitionsgebundene Verkauf von Immobilien erfolgt entsprechend dem Gesetz von St. Petersburg [4].

### 3.3 Struktur der St. Petersburger Umweltverwaltung: Aufgabenfelder und Zuständigkeiten in Fragen der Altlastenbearbeitung und des Flächenrecyclings

Das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit von St. Petersburg wurde 2001 gegründet. Die wichtigsten Aufgaben des Komitees wurden im Beschluss der Stadtregierung von St. Petersburg vom 06.04.2004, Nr. 530 formuliert und umfassen

1. die staatliche Verwaltung im Bereich des Umweltschutzes und Nutzung der Naturressourcen
2. die staatliche Kontrolle auf dem Gebiet des Umweltschutzes (staatliche ökologische Kontrolle) für Objekte der wirtschaftlichen oder anderen Tätigkeit unabhängig der Form des Eigentums auf dem Territorium von St. Petersburg mit Ausnahme von Objekten der wirtschaftlichen oder anderen Tätigkeit, die einer föderalen Kontrolle unterliegen

3. die Koordination der Tätigkeiten von Vollzugsorganen sowie von Komiteebetrieben im Bereich der Naturnutzung, des Umweltschutzes und der ökologischen Sicherheit sowie der hydrotechnischen Sicherheit

Das Komitee wird vom Komiteevorsitzenden Herrn Dmitry A. Golubev geleitet. Der Vorsitzende hat vier Stellvertreter, die für spezielle Arbeitsaufgaben verantwortlich sind. Das Komitee verfügt über sieben spezialisierte Eigenbetriebe.

Das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung der Umweltpolitik der Stadt St. Petersburg. Die Grundsätze der Umweltpolitik von St. Petersburg wurden durch die Stadtregierung für den Zeitraum 2003 - 2007 als Regierungsbeschluss vom 26.09.2002 Nr. 50 verabschiedet.

Die Umweltpolitik der Stadt für 2008 - 2012 wurde am Ende 2007 verabschiedet. Es wird dabei der Bodenschutz als staatliche Aufgabe formuliert. „Die Degradation der Bodenschicht führt zur Verschlechterung der Bodenqualität, ist die Verunreinigungsquelle für Grundwasser und

1

*Ausrichtung der Tätigkeiten des Komitees für Naturnutzung und ökologische Sicherheit von St. Petersburg*

[4] Gesetz der Stadt St. Petersburg „Über die Ordnung zur Verfügungstellung von Immobilien, die im Besitz der Stadt sind, für Bau und Rekonstruktion“ vom 17.06.2004, Nr. 282-43



1  
Участки на берегу  
Финского залива

2 - 4  
Внутригородская  
санация квартала 130

охране окружающей среды и обеспечения экологической безопасности играет значительную роль в развитии и осуществлении экологической политики города Санкт-Петербурга. Основные направления политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения

экологической безопасности на период с 2003 по 2007 год были одобрены Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 26.09.2002 года N 50.

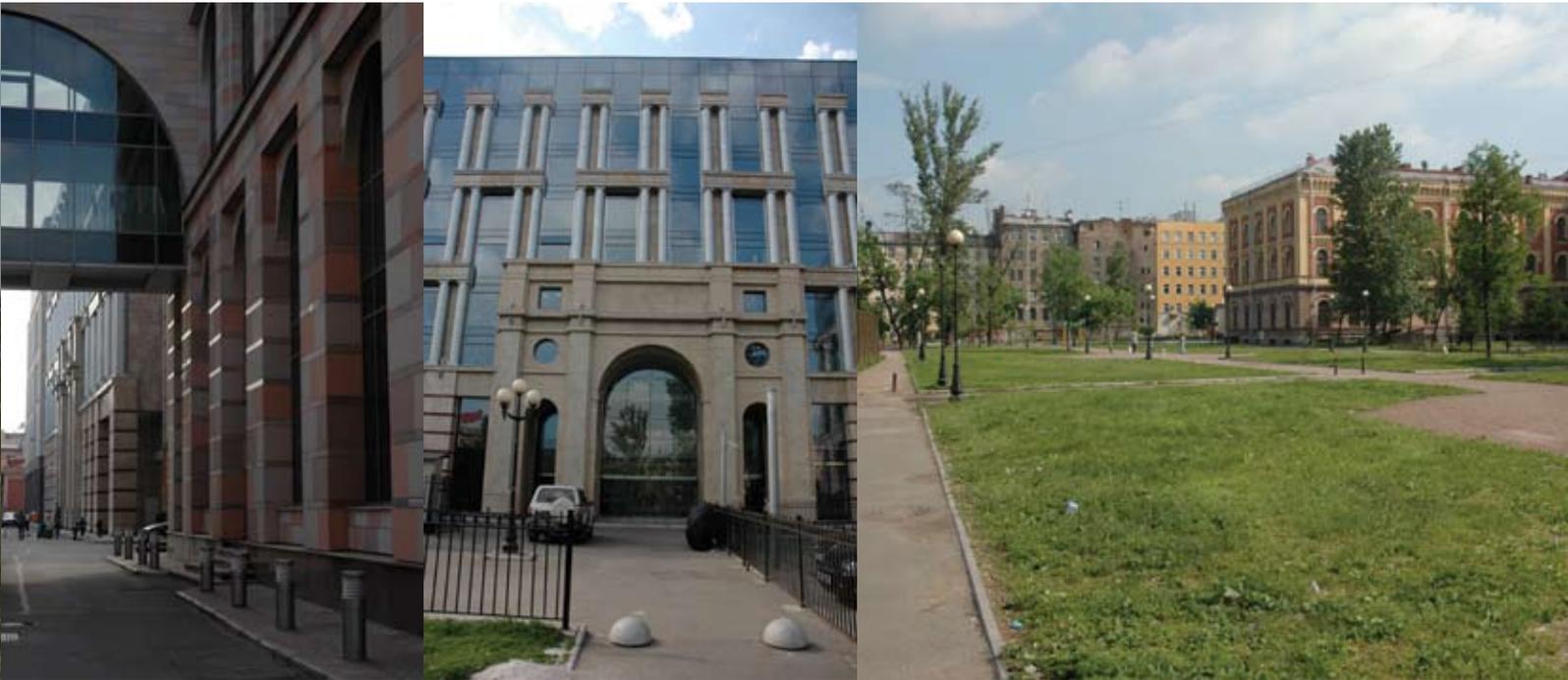
В конце 2007 года принята «Экологическая политика города на период 2008-2012 годы». При этом указываются негативные последствия деградации почвенного покрова:

„Деградация почвенного покрова приводит к ухудшению качеств почв, является источником загрязнения подземных и поверхностных вод, приводит к гибели зеленых насаждений, открытые участки загрязненной почвы являются источником вторичного загрязнения воздуха“ [5].

[5] Проект «Экологической политики Санкт-Петербурга на период с 2008 по 2012 годы», Санкт-Петербург 2006, с.36.

Основными направлениями деятельности по охране почв города должны стать:

- разработка и утверждение нормативно-правовых и нормативно-методических актов города, регулирующих отношения по сохранению, восстановлению и использованию почв, в том числе Закона Санкт-Петербурга «О городских почвах»;
- разработка и реализация программы санации (рекультивации) загрязненных почв города, в том числе на территории промышленных предприятий, предлагаемых к ликвидации и перебазированию;
- продолжение систематического обследования загрязнения почв города;
- создание системы мониторинга загрязнений и деградации почв как одного из элементов городской системы экологического мониторинга;
- установление дифференцированных нормативов качества почв по физическому, химическому и биологическому состоянию на территории города.



Oberflächengewässer und ist häufig die Ursache für das Absterben von Pflanzen an der Oberfläche. Offene Flächen von verunreinigten Böden stellen zudem eine Quelle für Sekundärkontamination der Luft dar“[5].

Wichtigste Tätigkeiten der Stadt beim Bodenschutz sind nach dem Entwurf der Umweltpolitik folgende:

- Entwicklung und Bestätigung von rechtlichen und methodischen Vorschriften der Stadt, die den Erhalt, die Rekultivierung und die Nutzung von Böden regeln, u.a. das Gesetz von St. Petersburg „Über die Stadtböden“
- Entwicklung und Umsetzung eines Programms zur Sanierung (Rekultivierung) von kontaminierten Böden, u.a. auf den Flächen von Betrieben, die geschlossen oder umgesiedelt werden
- Fortführung der systematischen Untersuchung von Bodenkontaminationen der Stadt
- Etablierung eines Monitoringsystems für Kontamination und Degradation von Böden als ein Element des Ökomonitorings der Stadt

- Festlegung von differenzierten Normen für Qualitätskriterien der Böden nach physikalischem, chemischem und biologischem Zustand im Stadtgebiet

1

*Brachflächen am Ufer des Finnischen Meerbusens*

2 - 4

*Innerstädtische Sanierung und Entwicklung des Quartals 130*

*[5] Entwurf der ökologischen Politik von St. Petersburg für 2008 - 2012, St. Petersburg 2006, S.36*

### 3.4 Другие государственные инстанции, уполномоченные для санации загрязненных участков; создание сетевых структур с Комитетом по природопользованию

В составе Правительства Санкт-Петербурга ряд Комитетов задействован в процессе реабилитации старых промышленных участков для участков, находящихся в собственности города:

- Комитет по инвестициям и стратегическим проектам
- Комитет экономического развития, промышленной политики и торговли
- Комитет по градостроительству и архитектуре
- Комитет по строительству
- Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности
- Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры
- Комитет по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга
- Комитет по управлению городским имуществом

Нижеперечисленные организации являются уполномоченными по вопросам, связанным с загрязнениями территорий федерального значения в Санкт-Петербурге:

- Межрегиональное территориальное управление технологического и экологического надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по Северо-Западному федеральному округу.
- Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Санкт-Петербургу.

Последняя из указанных организаций участвует при проведении экспертизы всех строительных мероприятий в городе.

### 3.5 Сотрудничество с „местными предприятиями“ и частными поставщиками услуг

В ведении Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности находится семь государственных унитарных предприятий:

- государственное унитарное природоохранное предприятие “Полигон “Красный Бор”,
- многопрофильное природоохранное государственное унитарное предприятие “Экострой”,
- государственное унитарное предприятие по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти “Пиларн”,
- государственное унитарное предприятие по очистке и благоустройству водоемов “Ленводхоз”,
- государственное геологическое унитарное предприятие “Специализированная фирма “Минерал”,
- государственное унитарное предприятие “Судоремонтно-судостроительный завод “Спецтранс”,
- Государственное учреждение “Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга”

Все работы, выполняемые по заказу Комитета, проходят, в установленном законом порядке, процедуру размещения государственного заказа. Вышеперечисленные государственные унитарные предприятия, наряду с другими предприятиями города участвуют в конкурсных процедурах и по подведению итогов, победитель выполняет заказанные работы.

### 3.4 Andere staatliche Stellen, die mit der Sanierung von kontaminierten Standorten betraut sind;

#### Vernetzung mit der Umweltverwaltung

Bei der Stadtregierung von St. Petersburg gibt es eine Reihe von Komitees, die einen Bezug zum Thema „Revitalisierung von Industriebrachen“ zu den stadteigenen Grundstücken haben:

- Komitee für Investitionen und strategische Projekte
- Komitee für ökonomische Entwicklung, Industriepolitik und Handel
- Komitee für Städtebau und Architektur
- Komitee für Bauwesen
- Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit
- Komitee zur staatlichen Kontrolle, Nutzung und Schutz der historischen und Kulturdenkmäler
- Komitee für Bodenressourcen und Flurordnung
- Komitee zur Verwaltung des städtischen Eigentums

Für Grundstücke von föderaler Bedeutung sind in St. Petersburg folgende föderale Einrichtungen zuständig:

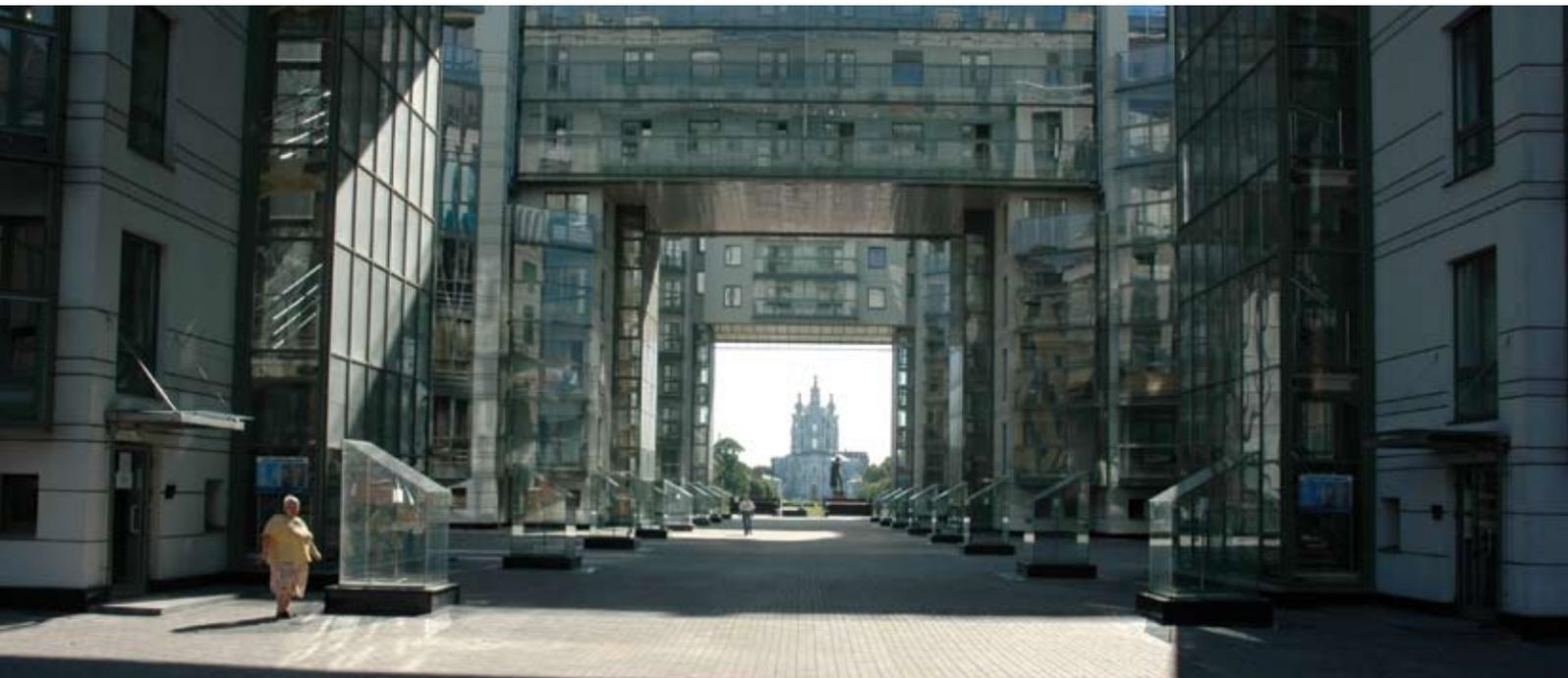
- Überregionale territoriale Verwaltung für technologische und ökologische Überwachung des föderalen Dienstes für ökologische, technologische und Atomüberwachung der Föderalen Nord-Ost-Region
- Die Verwaltung des Föderalen Dienstes für Verbraucherschutz und menschlichen Wohlstand für St. Petersburg. Die letzt genannte Organisation nimmt an der Fachexpertise aller Baumaßnahmen in der Stadt teil.

### 3.5 Kooperationen mit Landesbetrieben und privaten Dienstleistern

Das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit unterhält sieben Eigenbetriebe:

- Staatlicher Umweltschutzbetrieb „Poligon Krasny Bor“
- Staatlicher Umweltschutzbetrieb „Ekostroj“
- Staatlicher Betrieb zur Verhinderung und Beseitigung von Erdölhavarien „Pilarn“
- Staatlicher Betrieb zur Reinigung und Unterhaltung von Gewässern „Lenvodchoz“
- Staatlicher Geologie-Betrieb „Mineral“
- Staatlicher Betrieb „Schiffreparatur- und Schiffbauwerk „Speztrans“
- Direktion besonders geschützter Areale in St. Petersburg

Alle Arbeiten, die im Auftrag des Komitees durchgeführt werden, werden nach einer Vergabeprozedur realisiert. Eigenbetriebe des Komitees können sich um Aufträge bewerben. Der Gewinner solcher Ausschreibungen bekommt einen Auftrag zur Erledigung der Leistungen.



**1**  
*Ревитализация  
внутригородских  
заброшенных участков:  
жилищное строительство  
на Шпалерной улице*

**2**  
*Ревитализация  
внутригородских участков:  
жилищное строительство  
на Шпалерной улице*

*[6] Комитет по  
природопользованию,  
охране окружающей  
среды и обеспечению  
экологической  
безопасности Санкт-  
Петербурга, годовой  
отчет 2005*

**3.6 Финансирование мероприятий по санации**  
Город Санкт-Петербург в 2005 г. впервые провел по заказу губернатора из собственных средств исследование загрязненных участков на территории комплекса „Новая Голландия“, а также частичную санацию территории на подготовительном этапе передачи инвестору [6].

В последние годы все больше средств выделяется из городского бюджета на финансирование мероприятий по санации.

### **3.7 Интеграция инвесторов в рециклинг территорий**

Высвобождаемые прежде всего в историческом центре города Санкт-Петербурга территории используются Правительством города для современного развития города. При этом преследуется цель повышения эффективности использования высвобождаемых и осваиваемых территорий города, а также улучшения экологической обстановки. Как результат, повышается инвестиционная привлекательность указанных территорий и, как следствие, увеличивается стоимость участков земли.

Для достижения указанных целей в процесс восстановления территорий включаются частные инвесторы, в том числе банки и другие финансовые институты. Если инвестиционные объекты предлагаются для продажи Комитетом по управлению городским имуществом, то уже в тендерной документации оговаривается будущее использование территории. Так, например, при предложении города о продаже территории „Новая Голландия“ была названа цель создания на территории острова мультифункционального комплекса с новой постройкой фестивального зала, включающего ансамбль исторического памятника на острове.



### 3.6 Finanzierung von Sanierungsvorhaben

Die Stadt St. Petersburg hat in 2005 erstmalig im Auftrag der Gouverneurin aus eigenen Mitteln eine Altlastenuntersuchung auf dem Gelände des Komplexes „Neuholland“ sowie zum Teil eine Sanierung des Geländes im Vorfeld der Übergabe an den Investor durchgeführt [6].

In den letzten Jahren werden immer mehr Mittel aus dem Stadthaushalt für die Finanzierung von Sanierungsmaßnahmen bereit gestellt.

### 3.7 Einbindung von Investoren in das Flächenrecycling

Die vor allem im historischen Stadtzentrum von St. Petersburg frei werdenden Standorte werden durch die Stadtverwaltung für eine moderne Stadtentwicklung genutzt. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Nutzungseffektivität sowie städtebauliche Wertsteigerung von Arealen ehemaliger und neu erschlossener Industriestandorte als auch die Verbesserung der ökologischen Situation in der Stadt zu forcieren. Als Ergebnis erhöht sich die Anziehungskraft der Flächen für Investoren und als Folge steigt der Grundstückswert.

Um diese Ziele zu erreichen, werden in den Prozess der Flächenrevitalisierung private Investoren, u.a. Banken und andere Finanzinstitute, einbezogen. Werden Investitionsobjekte in der Stadt zum Verkauf durch das Komitee für Verwaltung des städtischen Eigentums angeboten, wird bereits in der Ausschreibung die zukünftige Nutzung des Standortes vorgegeben. So wurde z.B. beim Angebot der Stadt zum Verkauf des Standortes „Neuholland“ als Ziel genannt, auf der Fläche der Insel einen multifunktionalen Komplex mit dem Neubau eines Festivalsaals zu errichten, der das Ensemble des historischen Denkmals auf der Insel einschließt. Somit wird durch die Stadt gezielt die Revitalisierung von ehemaligen Industrieflächen gesteuert.

1

*Revitalisierung von Innenstadtbächen: Wohnungsbau an der Schpalernaja Ul.*

2

*Erneuerung und Umnutzung eines ehemaligen Wasserturms zu einem Museum an der Schpalernaja Ul.*

[6] Regierung von St. Petersburg, Komitee für Umweltschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit, Jahrbuch 2005

# 4 Санация загрязненных участков в Санкт-Петербурге

## Практическая санация загрязненных участков в Санкт-Петербурге

### 4.1 Обработка информации и работа с данными о загрязненных территориях в Санкт-Петербурге

С 1991 г. почва на территории Санкт-Петербурга исследуется на содержание тяжелых металлов и бенз(а)пирена. Берется образец поверхностного почвенного слоя размером 200 м x 200 м с общей площади около 700 км<sup>2</sup>. На основании проведенных исследований Комитетом по природопользованию была разработана карта для городской территории с распределением загрязнений органическими и неорганическими загрязнителями, а также суммарной характеристики загрязнения Zc [7].

Учета данных по ситуации с загрязненными территориями в Санкт-Петербурге, например в виде кадастра для загрязненных земель, не существует.

В 2006-2007 годах Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности разработаны подходы к созданию кадастра загрязненных территорий на примере кадастра автозаправочных станций. Данные загрязнений почвы, а также

перечень территорий, подлежащих изменению функционального назначения в соответствии с новым генеральным планом Санкт-Петербурга могут быть использованы в качестве основы для составления кадастра загрязненных территорий Санкт-Петербурга.

### 4.2 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности

Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности обеспечивает в рамках своих полномочий проведение предупредительных мер по недопущению аварий, а также участвует при ликвидации аварий, возникших, например, в связи с неконтролируемым разливом нефти на акватории или территории в зоне ответственности Администрации города.

Также Комитетом по природопользованию проводятся аварийные и плановые мероприятия по ликвидации ртутных, химических и радиоактивных загрязнений на территории города. При этом особое внимание уделяется социальной сфере.

[7] Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга: *Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2003 г., Санкт-Петербург, 2004, глава 14*

# 4 Altlastensanierung in St. Petersburg

## Praktizierte Altlastensanierung in St. Petersburg

### 4.1 Informationsaufbereitung und Pflege der Daten zur Altlastensituation in St. Petersburg

Seit 1991 wird der Boden auf dem Territorium der Stadt St. Petersburg auf Schwermetalle und Benz(a)pyren untersucht. Es werden Proben der oberen Bodenschicht in einem Raster von 200 m x 200 m von der Gesamtfläche von ca. 700 km<sup>2</sup> genommen. Auf der Grundlage durchgeführter Untersuchungen hat das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit eine Karte für das Stadtgebiet mit der Verteilung der organischen und anorganischen Schadstoffe sowie der Verteilung der summarischen Belastungskennziffer  $Z_c$  erstellt [7]. Eine systematische Datenerfassung zur Altlastensituation in St. Petersburg, z.B. in Form eines Katasters für kontaminierte Standorte, existiert nicht. In den Jahren 2006 - 2007 hat das Komitee für Umweltschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit die Grundlagen für die Erstellung eines Katasters am Beispiel von Tankstellen in der Stadt erarbeitet.

Daten über die verunreinigten Böden sowie die Liste der Flächen, die entsprechend dem neuen Generalplan der Standentwicklung von St. Petersburg

umgenutzt werden sollen, können als Grundlage für das Kataster kontaminierter Standorte verwendet werden.

### 4.2 Vorgehen im Falle erforderlicher Gefahrenabwehr

Das Komitee für Umweltschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit hat im Rahmen seiner Aufgaben Vorsorge vor Havarien zu tragen sowie an der Beseitigung von Havarien mitzuwirken, die im Zusammenhang z.B. mit unkontrollierten Austritten von Erdöl auf Gewässern auf dem Territorium der Verantwortung der Stadt entstehen. Außerdem werden durch das Komitee für Naturschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit planmäßige und Havariemaßnahmen zur Beseitigung von Quecksilber, chemischen und radioaktiven Verunreinigungen im Stadtgebiet durchgeführt. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die Sozialsphäre gelegt. Alle Eingaben und Anmerkungen der Bürger werden registriert und analysiert, anschließend wird eine Entscheidung über die Notwendigkeit einer vertieften Untersuchung und einer Sanierungsmaßnahme getroffen.

[7] *Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit St. Petersburg: Umweltschutz, Naturnutzung und ökologische Sicherheit in St. Petersburg in 2003: St. Petersburg, 2004, Kap. 14*



1  
*Загрязненный участок в центре Санкт-Петербурга*

2  
*Эстетика индустриального района на Васильевском острове*

[8] *Федеральный Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99 №52-ФЗ*

[9] *Распоряжение мэра Санкт-Петербурга „О введении регионального норматива по охране почв в Санкт-Петербурге“ от 30.08.1994 №891-р*

Все жалобы и заявки от населения регистрируются и тщательно анализируются, после чего принимается решение о необходимости проведения дополнительных обследований и рекультивационных работ.

#### **4.3 Образ действий при выдаче разрешений на проведение мероприятий по санации**

Комплексы работ по санации как таковые до последнего времени не практиковались в Санкт-Петербурге. Только в рамках строительных и реконструкционных мероприятий, когда необходимо учитывать загрязнение территорий в результате предыдущего использования, проводятся мероприятия по санации.

Правовую основу для оценки качества почв в России образуют:

Федеральный Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99 №52-ФЗ [8] и Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы - СанПиН 2.1.7.1287-03.

Нормативы, указанные в вышеперечисленных документах действительны, также, при проведении санации для последующих строительных ра-

бот. В этих документах определены предельно допустимые значения для загрязнения почвы вредными веществами.

В Санкт-Петербурге действует распоряжение мэра Санкт-Петербурга „О введении регионального норматива по охране почв в Санкт-Петербурге“ от 30.08.1994, №891-р [9], где зафиксированы допустимые значения для загрязнения почв в верхнем слое земли до 30 см.



#### 4.3 Verfahren zur Genehmigung von Sanierungsvorhaben

Sanierungsvorhaben wurden als solche bisher in St. Petersburg nicht praktiziert. Nur im Rahmen von Bau- und Rekonstruktionsmaßnahmen, wenn auf Grund der Vornutzung mit kontaminiertem Boden zu rechnen ist, werden Sanierungsmaßnahmen eingeleitet.

Die Rechtsgrundlage für die Bewertung der Bodenqualität stellen das Föderale Gesetz „Über sanitär-epidemiologischen Wohlstand der Bevölkerung“ vom 30.03.1999, Nr. 52-F3 [8] und die daraus abgeleiteten sanitär-epidemiologischen Regeln und Normen, Sanpin 2.1.7.1287-03 dar. Die genannten Normen gelten auch bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen im Vorfeld von Baumaßnahmen. In diesen Dokumenten sind die höchst zulässigen Werte für Schadstoffbelastungen im Boden festgelegt.

In St. Petersburg gilt die Verordnung des Gouverneurs „Regeln zum Bodenschutz in St. Petersburg“ vom 30.08.1994 [9], in der zulässige Werte im Oberboden bis 30 cm für Bodenbelastungen festgeschrieben sind.

1

*Altlaststandort im Zentrum St. Petersburgs:  
der Konjushennaja Ploschad'*

2

*Ästhetik des industriell  
geprägten Teils der  
Vassili-Insel*

*[8] Russische Föderation  
„Über sanitär-epidemiologischen Wohlstand  
der Bevölkerung“ vom  
30.03.1999, Nr. 52-F3*

*[9] Regierung von  
St. Petersburg „Regeln zum  
Bodenschutz in St. Petersburg“ vom 30.08.1994*

**1**  
**Предельные значения**  
**загрязнения почв в**  
**Санкт-Петербурге**

В соответствии с Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 27.07.2004 №1322 „О Порядке проектной подготовки капитального строительства в Санкт-Петербурге“ [10] в рамках строительного проектирования должны проводиться инженерно-экологические исследования, целью которых является определение данных по содержанию тяжелых металлов, радона и других токсических веществ в почве.

Если полученная концентрация всех определяемых параметров находится ниже предельно допустимых значений, данная почва считается незагрязненной. Если установлено превышение предельно допустимого значения одного из параметра, почва считается загрязненной. Для оценки категории опасности загрязнения почв тяжелыми металлами используется суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ .

[10] **Постановление**  
**Правительства Санкт-**  
**Петербурга от 27.07.2004**  
**№1322 „О порядке**  
**проектной подготовки**  
**капитального строительства**  
**в Санкт-Петербурге“**

Вещество	Stoff	Допустимая концентрация Zulässige Konzentration
нефтепродукты, почвы в городской зоне	Erdölprodukte, Boden in Stadtgebieten	180 mg/kg
нефтепродукты, автозаправочные станции	Erdölprodukte, Tankstellen	275 mg/kg
нефтепродукты, нефтехранилища и места перегрузки	Erdölprodukte, Erdöllager/ Umschlagsplätze	2.000 mg/kg
Бензол	Benzol	0,3 mg/kg
Толуол	Toluol	0,3 mg/kg
Ксилол	Xylol	0,3 mg/kg
Стирол	Styrol	0,1 mg/kg
Изопропилбензол	Isopropylbenzol	0,5 mg/kg
Бенз(а)пирен	Benz(a)pyren	0,02 mg/kg
Бензин	Benzin	0,1 mg/kg
Свинец, песчаные почвы	Blei, Sandböden	32 mg/kg
Свинец, кислые почвы, pH ≤ 5,5	Blei, Saure Böden, pH =< 5,5	65 mg/kg
Свинец, нейтральные почвы, pH ≥ 5,5	Blei, Neutrale Böden, pH => 5,5	130 mg/kg

Entsprechend der Verordnung der Regierung von St. Petersburg von 27.07.2004 „Über die Ordnung zur Vorbereitung der Bauprojektierung in St. Petersburg“ [10] sollen im Rahmen der Bauprojektierung ingenieur-ökologische Untersuchungen durchgeführt werden, die zum Ziel haben, Daten zum Gehalt von Schwermetallen, Radon und anderer toxischer Substanzen in Böden zu ermitteln.

Wenn die ermittelten Gehalte an allen zu bestimmenden Parametern unter den höchst zulässigen Werten (PDK) liegen, dann gilt dieser Boden als unbelastet. Wenn bei einem der Parameter die Überschreitung des höchst zulässigen Wertes festgestellt wurde, gilt der Boden als kontaminiert. Zur Bewertung der Gefahrenkategorie wird ein Berechnungsfaktor  $Z_c$  einbezogen.

**1**  
**Grenzwerte für**  
**Bodenbelastungen**  
**in St. Petersburg**

[10] Regierung von  
St. Petersburg: Verordnung  
1322 „Über die Ordnung zur  
Vorbereitung der Baupro-  
jektierung in St. Peters-  
burg“ von 27.07.2004

Категории загрязнения почв	Gefahrenkategorie	Величина $Z_c$ / Kennziffer $Z_c$
Допустимая	zulässig	< 16
умеренно опасный	mäßig gefährlich	16 – 32
Опасная	gefährlich	32 – 128
Чрезвычайно опасная	hochgefährlich	> 128

**1**  
*Шкала оценки опасности загрязнения почвы соответствии с суммарным индексом загрязнений  $Z_c$*

**2**  
*Размещение отходов в соответствии с классом опасности*

Изъятый грунт считается согласно Приказу Министерства Природных Ресурсов Российской Федерации от 2 декабря 2002 года N 786 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» отходами.

Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами имеет код 31401100 08 99 5 согласно федерального классификационного каталога отходов, в то время как загрязненный изъятый грунт относится к категории «прочие твердые минеральные отходы» (код 31400000 00 00 0).

Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами относится согласно федерального классификационного каталога отходов к 5 классу опасности. Для загрязненного грунта необходимо провести расчет класса опасности согласно Приказа Министерства Природных Ресурсов Российской Федерации от 15.06.2001 № 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности

для окружающей природной среды». Данный расчет должен осуществить составитель проектной документации (Приказ Министерства Природных Ресурсов Российской Федерации от 02.12.2002 № 785). Проектировщик разрабатывает паспорт опасных отходов. Паспорт является составной частью проектной документации.

Размещение отходов в Санкт-Петербурге осуществляется в зависимости от класса опасности.

Размещение отходов в Санкт-Петербурге осуществляется в зависимости от класса опасности следующим образом: / Die Unterbringung der Abfälle erfolgt in St. Petersburg entsprechend der Gefährdungsklasse wie folgt:	
1 - 2 класс опасности	1 - 2 Gefährdungsklasse
ГУПП «Полигон Красный Бор»	Deponie „Krasny Bor“
3 - 4 класс опасности	3 - 4 Gefährдungsklasse
Полигоны твердых коммунальных отходов города	Deponie für feste Siedlungsabfälle
5 класс опасности	5 Gefährдungsklasse
Использование определяется посредством дополнительных исследований	Verwendung wird durch zusätzliche Untersuchungen festgelegt

Ausgekoffertter Boden ist entsprechend dem Erlass Nr. 786 des Russischen Ministeriums für Naturressourcen vom 02.12.2002 Abfall.

Der nicht kontaminierte Bodenaushub hat den Code 31401100 08 99 5 gemäß russischem Abfallkatalog, während der kontaminierte Bodenaushub den „übrigen festen mineralischen Abfällen“ (Code 31400000 00 00 0) zugeordnet wird.

Der nicht kontaminierte Bodenaushub gehört zur Gefährдungsklasse 5 nach russischem Abfallkatalog. Für kontaminierten Bodenaushub muss eine Berechnung der Gefährдungsklasse entsprechend der Verordnung Nr. 511 „Über die Kriterien zur Einstufung der gefährlichen Abfälle zu Gefährдungsklassen für die Umwelt“ des Russischen Ministeriums für Naturressourcen vom 15.06.2001 durchgeführt werden. Diese Berechnung hat durch den Verfasser der Projektdokumentation zu erfolgen (Verordnung Nr. 785 des Ministeriums für Naturressourcen vom 02.12.2002). Der Projektant entwickelt einen Pass für den gefährlichen Abfall. Der Pass ist der Bestandteil der Projektdokumentation.

Die Unterbringung der Abfälle erfolgt in St. Petersburg entsprechend der Gefährдungsklasse.

**1**

*Richtwertskala der Gefahr der Bodenkontamination entsprechend der summarischen Belastungskennziffer Zc*

**2**

*Unterbringung der Abfälle entsprechend der Gefährдungsklasse*

**4.4 Полномочия Комитета по природопользованию Санкт-Петербурга в общем процессе проектирования (процедура утверждения); полномочия других Комитетов**

Практика восстановления территорий в Санкт-Петербурге в настоящее время осуществляется согласно строительным и проектировочным предписаниям. Если инвестор планирует мероприятие по строительству или реконструкции, он должен подать заявление на строительство, капитальный ремонт или реконструкцию в Комитет по градостроительству и архитектуре (КГА). Этот Комитет дает заключение в течение 10 дней на заявление, учитывая архитектурные и строительные стандарты, определяет архитектурные условия для реализации проекта и готовит проект разрешения председателя Комитета о проведении проектных и исследовательских работ, о строительстве и реконструкции объектов, и в случае необходимости изменения целевого назначения земельного участка.

Проект разрешения председателя КГА подлежит обязательному согласованию с рядом ведомств, в том числе, с:

- Комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры, в случае, если недвижимость является памятником или находится внутри защитной зоны, областей регулируемой застройки и зоне охраны ландшафта;
- районной администрацией Санкт-Петербурга в зависимости от местонахождения объекта;
- Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга;
- Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

После получения заключения экспертизы КГА выдается разрешение на строительство. На основании разрешения на строительство КГА составляет в течение 5 дней разрешительные документы на строительство или реконструкцию. После выдачи разрешения на строительство КГА передает их в Комитет по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга в течение 10 дней вместе с картографическим материалом в масштабе 1 : 2000 для регистрации изменений в государственный земельный кадастр и земельный баланс Санкт-Петербурга.

**4.4 Kompetenzen der Umweltverwaltung von St. Petersburg im gesamten Planungsprozess (Genehmigungsverfahren); fachliche und zeitliche Einbindung; Kompetenzen anderer Komitees**

Die Praxis der Flächenrevitalisierung in St. Petersburg erfolgt gegenwärtig nach Bau- und Projektierungsvorschriften. Plant ein Investor eine Bau- oder Rekonstruktionsmaßnahme, so muss er einen Antrag für den Bau, die Generalüberholung oder Rekonstruktion beim Komitee für Städtebau und Architektur (KGA) stellen. Das KGA begutachtet innerhalb von zehn Tagen den Antrag, bestimmt unter Berücksichtigung von städtebaulichen und Baunormen die städtebaulichen Bedingungen für die Projektrealisierung. Es bereitet den Entwurf der Genehmigung durch den Vorsitzenden des KGA über die Durchführung von Projekt- und Untersuchungsarbeiten, den Bau und die Rekonstruktion von Objekten und, falls erforderlich, die Veränderung der Zweckbestimmung des Grundstücks vor.

Der Entwurf der Genehmigung des Vorsitzenden des KGA unterliegt obligatorisch der Abstimmung mit einigen Institutionen, u.a.

- dem Komitee für die staatliche Kontrolle, Nutzung und Schutz von historischen und kulturellen Denkmälern, falls die Immobilie ein Denkmal ist oder sich innerhalb von Schutzzonen, Gebieten regulierter Bebauung und Landschaftsschutzgebiete befindet
- der Bezirksverwaltung St. Petersburgs je nach Standort des Objektes
- dem Komitee für Bodenressourcen und Flurordnung
- dem Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit

Nach Eingang der notwendigen Gutachten erteilt der Vorsitzende des KGA die Baugenehmigung. Auf der Grundlage der Baugenehmigung fertigt das KGA innerhalb von fünf Tagen Bewilligungsunterlagen für den Bau oder die Rekonstruktion aus. Nach Erteilung der Baugenehmigung übergibt das KGA innerhalb von zehn Tagen, zusammen mit dem kartografischen Material im Maßstab von 1 : 2.000, an das Komitee für Bodenressourcen und Flurordnung St. Petersburgs für die Eintragung der Änderungen in das staatliche Bodenkataster und in die Bodenbilanz von St. Petersburg.

# 5 Сравнительный анализ

## Сравнительный анализ общих условий и практики восстановления территорий в Гамбурге и Санкт-Петербурге

### 5.1 Общие условия

Правовую основу административного действия для Ведомства городского развития и охраны (BSU) в Гамбурге в вопросах санации загрязненных участков и восстановления территорий представляют, прежде всего, Федеральный закон охраны почв, Федеральное предписание охраны почв, а также Гамбургский закон охраны почв, закон о регулировании водного режима и типовые правила водных ресурсов ЕС (ср. гл. 2.1). При заданных общих условиях BSU имеет право осуществлять деятельность в процессах, связанных с санацией загрязненных участков.

Немецкое законодательство в области охраны земель базируется на стратегии, ориентированной на использование: оценка опасности и санация загрязненных почв учитывают возможные варианты использования территорий. А потому определение целей санации в Германии в каждом отдельном случае является решающим фактором.

Это требует квалифицированного процесса оценки, который предусматривает высокую профессиональную компетенцию, как со стороны эксперта, так и со стороны органов власти.

Как уже отмечалось в Главах 3 и 4 данного отчета в России существует многоуровневая правовая основа для охраны почв. На федеральном уровне это Земельный кодекс Российской Федерации N 137-ФЗ от 25.10.2001 года и Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», на региональном - региональный норматив по охране почв. Кроме того, в России, при планировании рекультивации и использовании почв под конкретное целевое назначение действуют СанПиН 2.1.7.1287-03 и Гигиенический норматив 2.1.7.020-94.

Последние данные исследований территории города на наличие загрязнений, проведенных по заказу Комитета по природопользованию, свидетельствуют о превышении во многих местах действующих нормативов, например, по тяжелым металлам и органическим загрязнителям.

# 5 Vergleichende Betrachtung

## Vergleichende Betrachtung der Rahmenbedingungen und Praxis der Flächenrevitalisierung in Hamburg und St. Petersburg

### 5.1 Rahmenbedingungen

Die rechtliche Grundlage für das Verwaltungshandeln der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) in Hamburg in Fragen der Altlastensanierung und der Flächenrevitalisierung stellen insbesondere das Bundes-Bodenschutzgesetz, die Bundes-Bodenschutzverordnung sowie das Hamburgische Bodenschutzgesetz, das Wasserhaushaltsgesetz und die Wasserrahmenrichtlinie der EU dar (vgl. Kap. 2.1). Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist die BSU ermächtigt und in der Lage, bei Prozessen im Zusammenhang mit der Altlastensanierung zu agieren.

Die deutsche Gesetzgebung im Bereich des Bodenschutzes basiert auf der nutzungsorientierten Strategie: sowohl die Gefährdungsabschätzung als auch die Sanierung des kontaminierten Bodens berücksichtigen relevante Nutzungen der Flächen. Daher werden in Deutschland Festlegungen von Sanierungszielen in jedem Einzelfall entschieden. Dies erfordert einen qualifizierten Bewertungsprozess, der sowohl seitens des Gutachters, aber auch seitens der Behörde eine hohe fachliche Kompetenz verlangt.

Wie in Kapiteln 3 und 4 beschrieben, gibt es in Russland eine rechtliche Grundlage für den Bodenschutz auf mehreren Ebenen. Auf der Ebene der Russischen Föderation gilt der Bodenkodex Nr. 137-F3 vom 25.10.2001 sowie das Föderale Gesetz „Über den Umweltschutz“ Nr. 7-F3, auf der regionalen Ebene die Regionalnorm zum Bodenschutz. Außerdem gelten bei der Planung von Sanierungsmaßnahmen bei der Bodennutzung SanPiN 2.1.7.1287 03 und die Hygienenorm 2.1.7.020-94.

Die neuesten Untersuchungen der Stadtböden auf Kontaminationen, die im Auftrag des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit durchgeführt wurden, zeigen eine deutliche Überschreitung der zulässigen Normen, z.B. bezüglich der Gehalte an Schwermetallen und organischen Kontaminationen.

### 5.2 Verwaltungsstruktur

St. Petersburg und Hamburg, große Hafenstädte, haben Ähnlichkeit in Aufgabenbereichen, da die beiden Städte als Stadtstaaten organisiert sind, d.h. als Subjekt des föderalen Systems des jeweiligen Staates und zugleich als



1

*Ревитализация участка квартала 130: Вид на строительство новой гостиницы С.Петербургского архитектора Мамошина*

2

*Ревитализация внутреннего порта: вид с башни Chappel на ревитализированные участки на ратушном канале*

*[12] Основные направления политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на период с 2003 по 2007 г., одобрены Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 26.09.2002 №50*

### 5.2 Структура администрации

Крупные портовые города Санкт-Петербург и Гамбург, как города федерального значения, сталкиваются со схожими проектами и задачами, которые требуют решения.

В отличие от Санкт-Петербурга, управление сферами «развитие города» и «окружающая среда» в Гамбурге объединены, что выражает интегрированное понимание процесса планирования. Министерство городского развития и защиты окружающей среды Гамбурга принимает на себя требование административно объединить в Гамбурге профессиональные и политические интересы и представлять в высших инстанциях совместно согласованную позицию.

Экологическая политика Санкт-Петербурга проводится Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Каждые пять лет утверждается экологическая политика на соответствующий период. При этом формирование проекта экологической политики происходит в тесном взаимодействии со всеми Комитетами города, в том числе Ко-

митетом по градостроительству и архитектуре, в полномочия которого входят вопросы перспективного строительства.

При реализации строительных мероприятий инвестор обращается в Комитет по градостроительству и архитектуре. На более поздних стадиях процесса принятия решений в процесс вовлекается Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Зачастую инвестор сталкивается с проблемой загрязнения территории только тогда, когда он планирует строительные или реконструкционные мероприятия. В настоящее время Администрация Санкт-Петербурга прорабатывает вопрос о недопущении таких ситуаций в дальнейшем, особенно при реализации крупных инвестиционных проектов.

### 5.3 Требования для будущей практики

Планы городского развития Санкт-Петербурга до 2025 г. потребуют от города колоссальных усилий и согласованного, целенаправленного сотрудничества различных отраслевых комитетов.



Kommune. Dies verlangt, sowohl ministerielle Aufgaben als auch kommunale Pflichten zu erfüllen.

Anders als in St. Petersburg vereint die Behörde in Hamburg die Bereiche „Stadtentwicklung“ und „Umwelt“, was als Ausdruck eines integrierten Planungsverständnisses gesehen wird. Orientierend an dem Leitbild der Stadt, stellt sich die BSU in Hamburg der Herausforderung, fachliche und politische Belange behördenintern zusammenzuführen und als abgestimmte Position nach Außen zu vertreten.

Das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit nimmt die Aufgaben bei der Umsetzung der Umweltpolitik der Stadtregierung wahr. Alle fünf Jahre wird die Umweltpolitik neu bestimmt. Dabei wird die Umweltpolitik mit allen Komitees der Stadt abgestimmt, u.a. mit dem Komitee für Städtebau und Architektur, das für Fragen der perspektivischen Entwicklung zuständig ist.

Bei der Realisierung von Baumaßnahmen wendet sich ein Investor an das Komitee für Städtebau und Architektur. Erst in späteren Phasen des

Entscheidungsprozesses wird das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit einbezogen. Im Vorfeld von Baumaßnahmen bleiben oft Fragen des ökologischen Zustandes der Grundstücke unberücksichtigt. Selbst beim Verkauf von Immobilien spielen bisher die Altlastenaspekte keine Rolle. Der Investor wird mit der Altlastenproblematik erstmalig konfrontiert, wenn er eine Bau- oder Rekonstruktionsmaßnahme plant. Gegenwärtig arbeitet die Stadtverwaltung daran, solche Situationen zu verhindern, vor allem bei der Realisierung von größeren Investitionsmaßnahmen.

### 5.3 Herausforderungen für die künftige Praxis

Ambitionierte Ziele der Stadtentwicklung von St. Petersburg bis 2025 verlangen von der Stadt enorme Anstrengungen und erfordern eine abgestimmte, zielorientierte Zusammenarbeit verschiedener Fachressorts. Die Notwendigkeit der integrativen Stadtentwicklungspolitik kommt bereits in den Grundsätzen der Umweltpolitik der Stadtregierung [12] zum Ausdruck. Unter Punkt II.2 „Ökologisch-städtebauliche Entwicklung“ wird betont, dass „Entwicklung, Bau, Rekonstruktion, Betrieb und Abbruch von

1  
*Revitalisierung des Standorts Quartal 130: Blick auf den Hotelneubau des St. Petersburger Architekten Mamoshin*

2  
*Revitalisierung des Harburger Binnenhafens: Blick vom Channel-Tower auf die revitalisierten Flächen am Rathauskanal*

[12] *Hauptrichtungen der Politik von St. Petersburg auf den Gebieten des Umweltschutzes und der ökologischen Sicherheit für den Zeitraum von 2003 bis 2007, Regierungsbeschluss N50 vom 26.09.2002*

Необходимость согласованной политики развития города уже представлена в «Основных направлениях политики Санкт-Петербурга в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на период с 2003 по 2007 г.» [12]. В пункте II.2 „Эколого-градостроительное развитие“ было подчеркнута, что „размещение, проектирование, строительство, реконструкция, эксплуатация и ликвидация зданий, строений и сооружений оказывают прямое или косвенное воздействие на окружающую среду. Поэтому основной целью исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга в области градостроительства является разработка комплексной схемы мероприятий по охране окружающей среды Санкт-Петербурга“.

Поэтому Успех политики развития города будет зависеть от четкой координации и взаимодействия различных Комитетов города, прежде всего Комитета по градостроительству и архитектуре и Комитета по природопользованию, а также федеральных надзорных органов.

Для эффективного решения вопросов рекультивации территорий можно рекомендовать Комитету по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности наладить систематическое получение данных о возможных загрязненных территориях. При этом необходимо будет постоянно осуществлять систематическую обработку данных. Необходимо будет предусмотреть порядок предоставления этой информации заинтересованным организациям. Тем самым можно будет снизить финансовые затраты и сэкономить время при реализации конкретных инвестиционных проектов.

Кроме того, целесообразно рассмотреть возможность расширения полномочий Комитета по природопользованию с целью образования на его базе единого органа городской Администрации, отвечающего как за сбор и обработку информации по загрязненным территориям города, так и за реализацию мероприятий по их рекультивации, а также за проведение необходимых согласований, выдачу разрешений и предоставление необходимой информации заинтересованным структурам.

На федеральном уровне целесообразно пересмотреть действующие нормативы по загрязнению территорий. Действующие в настоящее время нормативы зачастую предъявляют излишне строгие требования и не учитывают специфику некоторых территорий и их целевого назначения. Нередко полная выемка грунта является единственным возможным вариантом приведения территории в соответствие с экологическими нормативами. Как следствие, для рекультивации таких территорий требуются чрезмерные финансовые затраты, которые не приводят к адекватному улучшению экологической ситуации.

Gebäuden und anderen Bauten einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Umwelt haben. Daher soll das Ziel der Exekutivorgane der Stadtverwaltung auf dem Gebiet der Stadtentwicklung sein, ein komplexes Maßnahmenschema für Umweltschutz in St. Petersburg zu etablieren.“ Eine erfolgreiche Stadtentwicklungspolitik verlangt eine viel stärkere Vernetzung und Kooperation beteiligter Ressorts, vor allem der Komitees für Städtebau und Umwelt und der föderalen Aufsichtsorgane.

Um offensiv in Fragen der Flächenrevitalisierung agieren zu können, ist unter der Federführung des Komitees für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit eine systematische Erfassung von Altlastverdachtsflächen unabdingbar. Dabei sollen die Daten kontinuierlich aufbereitet und vervollständigt werden. Eine Prozedur der Datenbereitstellung für interessierte Beteiligte aus den öffentlichen und privaten Bereichen soll ausgearbeitet werden. Somit kann finanziell und zeitlich eine deutliche Verbesserung der Planungssicherheit für Investoren bei geplanten Nutzungen erreicht werden.

Es wäre sinnvoll darüber nachzudenken, dass das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit zukünftig eine Erweiterung der Kompetenzzuordnung innerhalb der Stadtverwaltung bekommt. Das Komitee kann eine zentrale Stelle innerhalb der Stadtverwaltung bilden, die für die Sammlung und Verarbeitung von Informationen über kontaminierte Standorte, für die Realisierung von Sanierungsmaßnahmen sowie für die Durchführung von erforderlichen Abstimmungen und Genehmigungen als auch für die Bereitstellung von notwendigen Informationen zuständig ist.

Auf der föderalen Ebene wäre es notwendig, die geltenden Normen in Bezug auf die kontaminierten Standorte zu überarbeiten. Die geltenden Grenzwerte für Schadstoffe im Boden stellen oft zu hohe Anforderungen und berücksichtigen nicht die Besonderheiten von realen Nutzungen. Die sehr niedrig festgesetzten Grenzwerte lassen oft keine andere Wahl der Sanierung als eine Auskoffierung. Als Konsequenz daraus folgt, dass für die Sanierung von solchen Flächen sehr hohe finanzielle Aufwendungen erforderlich sind, die oft nicht adäquat zur Verbesserung der ökologischen Situation sind.

# **Часть В**

## **REVIN – Руководство по санации загрязненных территорий**

REVIN – Руководство по санации загрязненных участков и ревитализации территорий  
в Санкт-Петербурге



## **Teil B**

# **REVVIN – Leitfaden zur Altlastensanierung**

Der REVVIN – Leitfaden zur Altlastensanierung und Flächenrevitalisierung in St. Petersburg

**1 - 2**

*Потенциал ревитализации:  
бывшее трамвайное депо  
на Васильевском острове*

Руководство восстановления промышленных территорий в Санкт-Петербурге вообрало в себя гамбургский опыт с отличительными чертами и особенностями Санкт-Петербурга, с попыткой интеграции в единую методику.

Методика включает в себя несколько стадий, которые взаимосвязаны между собой. Первой стадией является установление для города и инвестора общих условий для развития территорий.

Сюда относится также мониторинг состояния и обследование загрязненных территорий. В данной методике цели использования и цели санации (устанавливаемые в случае наличия загрязнений) должны объединяться таким образом, чтобы территория могла быть восстановлена экологически рационально, целесообразно с градостроительной точки зрения экономически продуктивно и прибыльно для города. Прежде всего, эта цель требует от всех участников готовности к консенсусу для соединения адекватных вариантов санации с экономическими и временными рамками проекта в качественную концепцию.



Der Leitfaden zur Industrieflächenrevitalisierung in St. Petersburg folgt Hamburger Erfahrungen im Umgang mit den Merkmalen dieses abstim- mungsintensiven Planungsprozesses und versucht, Petersburger Besonderheiten in die Methodik zu integrieren.

Der Prozess durchläuft unterschiedliche Phasen, die inhaltlich aufeinander auf- bauen. Erstes Ziel des Verfahrens ist es, für Stadt und Investor gleichermaßen Rahmenbedingungen für die Entwick- lung von Flächen verlässlich zu erfassen.

Dazu gehört auch die systematische Er- fassung der Altlastensituation. In einem iterativen Verfahren sollen Planungs- ziele und (im Falle einer Kontamination ggf. zu verfolgende) Sanierungsziele so zusammengeführt werden, dass die Fläche ökologisch sinnvoll, ökonomisch ertragreich und strukturell-städte- baulich gewinnbringend für die Stadt revitalisiert werden kann. Insbesondere dieses Ziel verlangt von allen Beteiligten Verhandlungs- und Kooperationsbereit- schaft, damit es gelingt, die für einen Standort adäquat erscheinenden Sa- nierungsvarianten mit den wirtschaft- lichen und zeitlichen Spielräumen des Projektes in einem integrierten Konzept zusammenzuführen.

Dies setzt eine neue Rollenverteilung und Rollenwahrnehmung aller Part- ner voraus: im Mittelpunkt steht das Prinzip der Kooperation mit dem Ziel, gemeinsam etwas für die positive Ent- wicklung der Stadt zu tun und dabei persönlich von dieser Entwicklung zu profitieren.

#### 1 - 2

*Potenzial zur Revitali- sierung: das ehemalige Straßenbahndepot auf der Wassiljevskij Insel*

# 6 Основные положения руководства

## 6.1 Определения

Ниже дается объяснение применяемым терминам. Объяснения соответствуют в значительной мере определениям, используемым в Федеральном Законе охраны почв, а также в особом заключении экспертизы „Altlasten II“ Совета экспертов по экологическим вопросам в Германии.

### Старые захоронения/свалки

Выведенные из эксплуатации установки для утилизации отходов, а также прочие земельные участки, на которых обрабатывались, складировались или хранились отходы.

### Старые загрязненные участки

Старые захоронения или участки бывших производств, которые вызывают вредные изменения почв или другие риски для отдельного лица или общества.

### Участки старых производств

Земельные участки выведенных их эксплуатации производств и прочие земельные участки, на которых производилась работа с веществами, угрожающими окружающей среде.

### Почва

Верхний слой земной коры, обладающий плодородием, включая жидкие составные части, почвенный раствор и газообразные составные части почвенного воздуха без грунтовых вод и русла водоемов.

### Федеральный закон охраны почв с Федеральным распоряжением по охране почв и санации загрязненных участков

Федеральный закон охраны почв является законом по охране почв от вредных изменений и для санации загрязненных участков. Целью этого закона является постоянное обеспечение и восстановление назначения почвы. Федеральное распоряжение охраны почв и санации загрязненных участков

# 6 Grundlagen des Leitfadens

## 6.1 Definitionen

Nachfolgend werden relevante Fachbegriffe erläutert. Die Erläuterungen entsprechen weitgehend den im Bundes-Bodenschutzgesetz sowie im Sondergutachten Altlasten II des Rats von Sachverständigen für Umweltfragen (1995) in Deutschland verwendeten Festlegungen.

### Altlasten

Altablagerungen oder Altstandorte, durch die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden.

### Altablagerungen

Stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen sowie sonstige Deponien und Grundstücke, auf denen Abfall beseitigt wurde sowie sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert wurden.

### Altstandorte

Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde.

### Boden

Obere Schicht der Erdkruste soweit sie Träger der Bodenfunktionen ist einschließlich der flüssigen Bestandteile, der Bodenlösung und der gasförmigen Bestandteile der Bodenluft ohne Grundwasser und Gewässerbetten.

### Bundes-Bodenschutzgesetz mit Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Das Bundes-Bodenschutzgesetz ist ein Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Zweck dieses Gesetzes ist es, die Funktion des Bodens nachhaltig zu sichern und wiederherzustellen. Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung konkretisiert die Vorgaben des Gesetzes mit Angaben zur Probenahme sowie Prüf- und Maßnahmenwerten zur weitergehenden Beurteilung von Schadstoffverunreinigungen im Boden.

конкретизирует предписанные величины закона указанием параметров для отбора проб, а также контрольных значений и значений для проведения мероприятий санации для дальнейшего заключения о загрязнении почвы вредными веществами.

#### **Детальное исследование**

Углубленное последующее исследование для заключительной оценки опасности, которая служит, прежде всего, для определения количества и пространственного распределения вредных веществ, их подвижных или мобилизуемых составных частей, их возможности распространения в почве, водоемах и воздухе, а также возможности их поглощения человеком, животными и растениями.

#### **DNAPL/LNAPL**

В англо-американском языковом употреблении сокращению DNAPL соответствует *dense non aqueous phase liquid*. Оно обозначает водонерастворимую жидкость с плотностью больше, чем у воды. В качестве синонима может также употребляться термин *плотная фаза*. LNAPL соответствует *light non aqueous phase liquid* и обозначает фазы с меньшей плотностью, чем у воды, которые всплывают на грунтовые воды.

#### **Вторичное использование территорий**

реабилитация более не используемых территорий в хозяйственном кругообороте. Для подготовки к новому использованию территория предварительно обрабатывается техническими средствами, разбираются сооружения и здания, и осуществляется санация загрязненных почв. Кроме того, создаются правовые предпосылки по территории для нового права застройки, например, с помощью проекта застройки, экономически взаимно уравнивается потенциал территории и представление об эксплуатации инвестора.

#### **Предотвращение опасности**

Подготовка и проведение мероприятий для предотвращения опасностей, направленных на людей и имущество и для снижения угрозы безопасности. Предотвращение опасности должно способствовать безопасности и стабилизации неустойчивых состояний. В Германии это обеспечивает полиция и органы общественного правопорядка

#### **Оценка степени опасности**

Оценка потенциала опасности в каждом отдельном случае, относительно рассматриваемого способа распространения и возможном нарушении соответствий требованиям безопасности и гигиены. Цель оценки заключается в том, чтобы либо освободить от подозрений на загрязнение территорию, либо установить факт загрязнения и дать характеристику, а также подготовить решение по необходимым мероприятиям.

#### **Фоновое содержание**

Содержание вредных веществ почвы, которое составляется из первичного природного содержания почвы и повсеместно распространенного распределения вредных веществ как следствие диффузных внесений в почву.

**Detailerkundung**

Vertiefte weitere Untersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung, die insbesondere der Feststellung von Menge und räumlicher Verteilung von Schadstoffen, ihrer mobilen oder mobilisierbaren Anteile, ihrer Ausbreitungsmöglichkeiten in Boden, Gewässern und Luft sowie der Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Mensch, Tiere und Pflanzen dient.

**DNAPL/LNAPL**

Im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch steht die Abkürzung DNAPL für „dense non aqueous phase liquid“. Sie bezeichnet eine wasserunlösliche Flüssigkeit mit einer größeren Dichte als Wasser. Synonym kann auch der Begriff Schwerphase gebraucht werden. LNAPL steht für „light non aqueous phase liquid“ und bezeichnet Phasen mit einer geringeren Dichte als Wasser, die auf dem Grundwasser aufschwimmen.

**Flächenrecycling**

ist die Wiedereingliederung nicht mehr genutzter Flächen in den Wirtschaftskreislauf. Zur Vorbereitung auf die neue Nutzung wird hierbei die Fläche technisch aufbereitet, indem Anlagen und Gebäude rückgebaut werden und eine Sanierung von Altlasten erfolgt. Außerdem werden die rechtlichen Voraussetzungen für die Fläche für ein neues Baurecht geschaffen, z.B. durch einen Bebauungsplan und es werden wirtschaftlich das Potenzial der Fläche und die Nutzungsvorstellung des Investors aneinander angeglichen.

**Gefahrenabwehr**

Vorbereitung und Durchführung von Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren, die durch Personen oder Sachen ausgehen und zur Reduzierung einer Gefährdung. Gefahrenabwehr soll mit Abwehrmaßnahmen Sicherheit erzeugen und labile Lagen stabilisieren. Diese wird in Deutschland von der Polizei und der Ordnungsbehörde gewährleistet.

**Gefährdungsabschätzung**

Abschätzung des Gefährdungspotenzials im Einzelfall, bezogen auf die in Betracht kommenden Ausbreitungspfade und möglicherweise betroffenen Schutzgüter. Das Ziel der Bewertung besteht darin, eine Verdachtsfläche entweder aus dem Verdacht zu entlasten oder als Altlast festzustellen und zu charakterisieren sowie die Entscheidung über zu ergreifende Maßnahmen vorzubereiten.

**Hintergrundgehalt**

Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen, natürlichen Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Schadstoffverteilung als Folge diffusiver Einträge in den Boden zusammensetzt.

**Natural Attenuation**

Natürliche Prozesse im Untergrund, wie biologischer Abbau, Dispersion, Verdünnung, Sorption, Verflüchtigung und/oder chemische bzw. biochemische Stabilisierung von Schadstoffen, welche die Toxizität, Mobilität oder Konzentration der Schadstoffe reduzieren.

**Natural Attenuation – естественное затухание**

Такие процессы, как биологическое разложение, дисперсия, разбавление, поглощение, улетучивание и/или химическая или биохимическая стабилизация вредных веществ, которые снижают токсичность, подвижность и концентрацию вредных веществ.

**Ориентировочное исследование**

Исследования на месте, прежде всего оценка результатов предварительного выявления загрязнения для подтверждения, либо снятия подозрения о вредном изменении почвы.

**Санация**

либо посредством мероприятий по обезвреживанию, т.е. устранение или уменьшение содержания вредных веществ

**либо посредством**

охранных мероприятий, т.е. предотвращается или уменьшается на долгий срок распространение вредных веществ, без устранения самих вредных веществ.

**«Шлейф» вредных веществ**

После попадания вредных веществ в грунтовые воды загрязнения распространяются в водоносном пласте посредством адсорбции, взаимного проникновения, поглощения и разложения, а также особенно посредством движения подземных вод. Передвижение вредных веществ может при этом описываться при помощи закона Дарси и Фика. Происходит образование «шлейфа» вредных веществ, зависящее от соответствующей гидрохимической и текучей среды, с ограничением реакций и в зависимости от условий с более и менее стационарным положением.

**Предмет защиты**

Вследствие попадания вредных веществ из загрязненной территории могут пострадать почва, грунтовые воды и почвенный воздух с атмосферой, а также флора и фауна, включая человека. Для этого в федеральном законе охраны почв определены пути воздействия

почва – человек, почва – растение, почва – грунтовые воды.

Оценка часто осуществляется по принципу выброса, последующей трансмиссии и вредного воздействия на предмет охраны.

**Защитные и ограничительные мероприятия**

Это остальные мероприятия, которые предотвращают или уменьшают опасности, значительный вред или значительные нарушения по отношению к одному лицу или обществу, прежде всего ограничения права пользования.

**Территории с потенциальным загрязнением**

Земельный участок, по поводу которого имеется подозрение об опасных изменениях почвы, а также опасные изменения почвы, нанесение ущерба функции почвы, способные вызвать опасности, значительный вред или значительные нарушения по отношению к одному лицу или обществу.

**Путь воздействия**

Путь вредного вещества от источника вредного вещества до места возможного воздействия на предмет охраны. Различают пути воздействия почва – человек, почва – растение и, почва – грунтовые воды.

**Orientierende Erkundung**

Örtliche Untersuchungen, insbesondere Messungen auf der Grundlage der Ergebnisse der Vorerfassung zum Zweck der Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen oder Altlast besteht.

**Sanierung**

entweder durch Dekontaminationsmaßnahmen, d.h. Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe oder durch Sicherungsmaßnahmen, d.h. eine Ausbreitung der Schadstoffe wird langfristig verhindert oder vermindert, ohne die Schadstoffe selbst zu beseitigen.

**Schadstofffahne**

Nach Zutritt von Schadstoffen in das Grundwasser werden durch Advektion, Diffusion, Sorption und Abbau sowie insbesondere die Grundwasserströmung Schadstoffe im Grundwasserleiter verteilt. Der Schadstofftransport kann dabei mit Hilfe des Darcy- und des Fick'schen Gesetzes beschrieben werden. Es findet eine vom jeweiligen hydrochemischen- und Fließmilieu abhängige Bildung der Schadstofffahne statt, mit Reaktionssäumen und je nach Bedingungen mehr oder weniger ortsfester Lage.

**Schutzgüter**

Durch Schadstoffausträge aus einer Altlast betroffen sein können Boden, Grundwasser und Bodenluft mit Atmosphäre sowie Flora und Fauna einschließlich Mensch. Hierfür sind im Bundes-Bodenschutzgesetz die Wirkungspfade Boden – Mensch, Boden – Pflanze und Boden – Grundwasser definiert. Eine Bewertung erfolgt häufig nach dem Prinzip der Emission, nachfolgender Transmission und Immission in das Schutzgut, das so genannte ETI-Prinzip.

**Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen**

Dies sind sonstige Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern, insbesondere Nutzungsbeschränkungen.

**Verdachtsflächen**

sind Grundstücke, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen besteht, sowie schädliche Bodenveränderungen, Beeinträchtigungen der Bodenfunktion, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

**Wirkungspfad**

Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut. Es wird unterschieden zwischen den Wirkungspfaden Boden – Mensch, Boden – Pflanze und Boden – Grundwasser.

*загрязненных участков:  
Следующая разворотная  
страница*

#### **6.2 Технологии санации: систематический обзор**

Согласно техническому изучению участка в рамках оценки степени опасности следует проверить, имеется ли опасность для отдельных объектов охраны и возможно ли неограниченное использование участка.

Если опасность, рассматриваемая в пространственном отношении, угрожает участку, вначале могут быть целесообразны административные мероприятия, путем ограничения права использования, например, при запрете доступа на территорию, можно избежать постоянного воздействия вредных веществ на предметы охраны – здоровье людей, животных и растений.

Такие ограничения, однако, нельзя рассматривать как санацию и они должны использоваться в аспекте охраны окружающей среды только как временная мера.

В случае необходимости проведения санации на основании оценки опасности следует различать обезвреживание и защиту.

При обезвреживании вредные вещества на участке устраняются или снижаются в значительной степени. При защите распространение вредных веществ на долгое время предотвращается или значительно снижается.

При обезвреживании можно различать использование технологий санации прямо в грунте („in situ“) и использование технологий, при которых загрязненная среда (почва, грунтовые воды, почвенный воздух) вначале вынимается из грунта (выемка, откачка, вытяжка) для последующего проведения обработки или утилизации („ex situ“). Обработка может проводиться на участке („on site“) или вне участка („off site“).

Защита является важным мероприятием на участке и требует использования строительных технологий в грунте и/или на поверхности территории.

На рисунке 6.1 перечислены в виде таблицы все технологии санации, известные из практики санации загрязненных участков, а также из исследований и разработок.

## 6.2 Sanierungstechnologien:

### Eine systematische Übersicht

Nach der technischen Erkundung des Standortes ist im Rahmen einer Gefährdungsabschätzung zu prüfen, ob eine Gefährdung für einzelne Schutzgüter vorliegt und ob eine uneingeschränkte Nutzung des Standortes möglich ist.

Sofern sich die Gefährdung, räumlich gesehen, im Wesentlichen auf den Standort bezieht, können zunächst administrative Maßnahmen sinnvoll sein und durch Nutzungsbeschränkungen, z.B. Zutrittsverbot auf das Gelände, eine nachhaltige Wirkung der Schadstoffe auf die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Tiere und Pflanzen vermieden werden.

Solche Beschränkungen sind aber nicht als Sanierung anzusehen und sollten unter dem Aspekt des Umweltschutzes auch nur zeitlich befristet angewendet werden.

Ist aufgrund der Gefährdungsabschätzung ein Handlungsbedarf für eine Sanierung anzuzeigen, ist zwischen Dekontamination und Sicherung zu unterscheiden.

Bei der Dekontamination werden die Schadstoffe am Standort beseitigt oder nachhaltig reduziert. Bei einer Sicherung wird die Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindert oder langfristig nachhaltig reduziert.

Bei der Dekontamination kann dabei unterschieden werden zwischen der Anwendung von Behandlungstechnologien direkt im Untergrund („in situ“) und der Anwendung von Bautechnologien, bei denen zunächst das kontaminierte Medium (Boden, Grundwasser, Bodenluft) aus dem Untergrund entnommen wird (Aushub, Abpumpen, Absaugen), um es anschließend einer Behandlung oder Entsorgung zuzuführen („ex situ“). Die Behandlung kann auf dem Standort („on site“) oder außerhalb des Standortes („off site“) erfolgen.

Die Sicherung ist grundsätzlich eine Maßnahme am Standort und führt zur Anwendung einer Bautechnologie im Untergrund und / oder auf der Geländeoberfläche.

*folgende Klappseite:*

*Grafik zur Übersicht der Praxis in der Altlastensanierung*



**Санация**

**Обезвреживание (Устранение или устойчивое снижение уровня загрязнений на участке)**

**Защита (Долгосрочное предотвращение или устойчивое снижение распространения загрязнений)**

**in situ**

**ex situ**

**Технологии обработки**

**Строительные технологии**

**Строительные технологии**

**Извлечение фазы продукта**

**Почва**

**Вертикальные герметичные стенки**

- Скиммер LNAPL (D1-1)
- Насосы DNAPL (D1-1)

**Выемка**

- Узкие стенки
- Шпундовые стенки
- Свайные стенки
- Разрезные стенки (S1-1)
  - Однофазовые стенки
  - Двухфазовые стенки
  - Комбинированные стенки

**Химико-физические методы**

**Активные методы**

**Поверхностное покрытие**

- Реактивные стенки (D1-2)
- Funnel & Gate (Воронка и ворота) (D1-2)
- Окисление (Перманганат, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (D1-3)
- Восстановление (Нано-железо, Зеленая соль)
- Санация In-situ с термической, Биол. поддержкой
- Электрокинез/Elektrokinese (D1-4)
- Метод с поверхностно-активными веществами
- Промывка спиртом
- In situ-промывка почвы
- In situ-промывка почвы под давлением

- Выемка экскаватором (D2-1)
- Бурение большим диаметром (D2-2)
- Обстраиваемый ящик (D2-3)
- Метод литья из форсунки (Soilcrete)

- Асфальт (S1-2)
- Бетон
- Капиллярное перекрытие
- Минеральное уплотнение с рекультивационным слоем
- Уплотнительное покрытие из пластмассы с рекультивационным слоем (S1-3)

**Биологические методы**

**Пассивные методы**

**Покрытие поверхности**

- Усиленное биоразложение/Enhanced Biodegradation (включая ENA, аэробное/анаэробное) (D1-5)
  - Bioscreen
  - Bioventing
  - Biosparging
  - Bioslurping
- Фиторемедиация (D1-6)

- Дренажи и обезвоживающие каналы

- Квалифицированное покрытие почвой (S1-4)

**Биологические методы**

**Биологические методы**

**Уплотнение подложки**

- Биологические грядки (D3-1)
- Landfarming (D3-1)
- Реакторы

- Биологическая очистка (D3-8)
  - аэробная
  - анаэробная
  - метанотрофная

- Литье из форсунки/Jet-Grouting

**Химико-физические методы**

**Химико-физические методы**

**Иммобилизация**

- Методы промывки (D3-2) (Промывка почв)
- Методы экстракции
- Иммобилизация (D3-3)
  - Укрепление
  - Остекление
  - Фиксация
  - Сдвиг растворимости

- Стандартные методы (D3-9)
  - Фильтрация
  - Осаждение / Флокуляция
  - Выдувание
  - Адсорбция (Активированный уголь)
- Окисление O<sub>3</sub>(UV), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(UV)
- Ионный обмен
- Экстракция (MPPE) (D3-10)
- Обратный осмос/ Мембранные методы

- In situ-Иммобилизация
  - Растворы реагентов
  - Смешение на месте/ Mixed-in-place

**Термические методы**

**Химико-физические методы**

**Регулирование загрязненной площадки**

- Пиролиз (D3-4)
- Сжигание (D3-5)
- Десорпция с очисткой отходящих газов (D3-6)

- Адсорбция (Активированный уголь) (D3-11)
- Каталитическое окисление (D3-12)
- Абсорбция

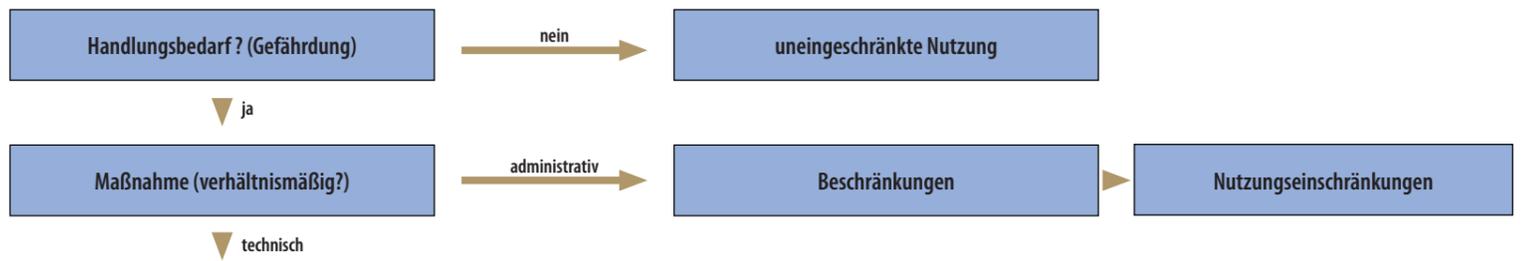
- Надежное захоронение (S1-5)

**Утилизация**

**Утилизация**

- Складирование
- Использование (D3-7)

**Мониторинг / Наблюдение (Контроль эффективности мероприятия либо прерывания путей воздействия)**



**Sanierung**

**Dekontamination**  
(Beseitigung oder nachhaltige Reduzierung der Schadstoffe vom Standort)

**Sicherung**  
(Langfristige Verhinderung oder nachhaltige Reduzierung der Ausbreitung der Schadstoffe)

**in situ**

**ex situ**

**Behandlungstechnologie**

**Bautechnologien**

**Bautechnologie**

**Rückgewinnung von Produktphase**

**Boden**      **Grundwasser**      **Bodenluft**

**Vertikale Dichtwände**

- Skimmer LNAPL (D1-1)
- Pumpen DNAPL (D1-1)

**Aushub**

**Aktive Entnahme**

**Aktive Entnahme**

- Schmalwände
- Spundwände
- Bohrpfehlwand
- Schlitzwände (S1-1)
  - Einphasenwände
  - Zweiphasenwände
  - Kombinationswände

**Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren**

- Baggeraushub (D2-1)
- Großbohrpfähle (D2-2)
- Verbaukästen (D2-3)
- Jetförderung (z.B. Soilcrete)

- Brunnenförderung (D2-4)
- Sipp Ex (Sauglanzen)
- Tiefendrainage
- Unterdruckverdampferbrunnen
- Grundwasserzirkulationsbrunnen (D2-5)

- Bodenluftabsaugung (D2-6)
- Thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung (D2-7)
  - Dampf-Luft-Injektion (TUBA)
  - Feste Wärmequelle (THERIS)
- Airsparging

**Oberflächenabdichtung**

- Reaktive Wände (D1-2)
- Funnel & Gate (D1-2)
- Oxidation (Permanganat, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (D1-3)
- Reduktion (Nanoeisen, Grünsalz)
- Thermisch unterstützte biolog. in situ-Sanierung
- Elektrokinese (D1-4)
- Tensidverfahren
- Alkoholspülung
- in situ-Bodenspülung
- in situ-Hochdruck-Bodenwäsche

**Passive Entnahme**

**Passive Entnahme**

- Asphalt (S1-2)
- Beton
- Kapillarsperre
- Mineralische Dichtung mit Rekultivierungsschicht
- Kunststoffdichtungsbahn mit Rekultivierungsschicht (S1-3)

- Drainage- und Entwässerungskanäle

- Entgasungsgräben, -schächte, Flächenfilter

**Behandlungsverfahren**

**Biologische Behandlungsverfahren**

**Boden**

**Grundwasser**

**Bodenluft**

**Oberflächenabdeckung**

- Enhanced Biodegradation (inkl. ENA, aerobe/anaerobe) (D1-5)
  - Bioscreen
  - Bioventing
  - Biosparging
  - Bioslurping
- Phytoremediation (D1-6)

- Biologische Behandlungsverfahren**
- Mieten (D3-1)
  - Landfarming (D3-1)
  - Reaktoren

- Biologische Behandlungsverfahren**
- Biologische Reinigung (D3-8)
    - aerob
    - anaerob
    - methanotroph

- Biologische Behandlungsverfahren**
- Biofilter

- Oberflächenabdeckung (S1-4)

**Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren**

**Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren**

**Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren**

**Basisabdichtung**

- Spülverfahren (D3-2) (Bodenwäsche)
- Extraktionsverfahren
- Immobilisierung (D3-3)
  - Verfestigung
  - Verglasung
  - Fixierung
  - Löslichkeitsverschiebung

- Standard-Verfahren (D3-9)
  - Filtration
  - Fällung / Flockung
  - Strippen
  - Adsorption (Aktivkohle)
- Oxidation O<sub>3</sub> (UV), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (UV)
- Ionenaustauscher
- Extraktion (MPPE) (D3-10)
- Umkehrosmose/ Membranverfahren

- Adsorption (Aktivkohle) (D3-11)
- Katalytische Oxidation (D3-12)
- Absorption

- Jet-Grouting

**Immobilisierung**

**Thermische Behandlungsverfahren**

- Pyrolyse (Verschmelzung) (D3-4)
- Verbrennung (D3-5)
- Desorption mit Abluftreinigung (D3-6)

**Entsorgung**

- Deponierung

**Ordnen der Altlast**

- Gesicherte Endlagerung (S1-5)

**Monitoring / Nachsorge**  
(Überwachung der Wirksamkeit der Maßnahme bzw. der Unterbrechung der Wirkungspfade)

В случае in-situ для обезвреживания применяются

- Механические
- Физико-химические и
- Биологические методы

С помощью этих методов из экосистемы удаляются вредные вещества и одновременно структура почвы на участке практически не изменяется. (Исключения: в районе скважины или других строительных вспомогательных сооружений).

Для методов ex-situ путем обезвреживания на рисунке 6.1 представлены отдельно для сред почва, грунтовая вода и почвенный воздух решения, которые служат для извлечения этих сред из грунта: выемка, откачка, вытяжка.

Выемка среды может осуществляться также при использовании мероприятий по воздействию на пласт, например, при термически поддерживаемом отсасывании почвенного воздуха, при котором почва нагревается паром, чтобы тем самым улучшить мобилизацию вредных веществ.

После выемки загрязненной среды осуществляется очистка. В трех названных средах для этого в наличии имеются:

- Биологические методы
- Физико-химические методы

Дополнительно для почвы и почвенного воздуха возможно использовать

- Тепловые способы

Целью данного метода очистки является устранение вредных веществ из среды либо их значительное снижение их концентрации.

После очистки почву можно вернуть на место, причем остаточное содержание в почве вредных веществ не должно превышать установленных, соответствующих нормативов, связанных с эксплуатацией, а также запланированных параметров целей санации. Очищенные грунтовые воды можно также сбросить в грунт или канализацию при соответствии их нормативным показателям. Очищенный почвенный воздух обычно выбрасывается в атмосферу.

In Abbildung 6.1 sind in einer Übersicht alle aus der Praxis der Altlastensanierung sowie aus der Forschung und Entwicklung bekannten Sanierungstechnologien aufgelistet.

Bei den in situ-Verfahren zur Dekontamination sind

- Verfahren zur Rückgewinnung von Produktphase,
- Chemisch-physikalische Verfahren und
- Biologische Verfahren

aufgeführt. Mit diesen Verfahren werden die Schadstoffe aus dem Ökosystem entfernt und gleichzeitig die Struktur des Bodens am Standort kaum verändert (Ausnahmen: im Bereich von Brunnen oder anderen Bauhilfsmaßnahmen).

Bei den ex situ-Verfahren zur Dekontamination sind, getrennt nach den Medien Boden, Grundwasser und Bodenluft, zunächst Bauverfahren aufgeführt, die der Entnahme dieser Medien aus dem Untergrund dienen: Aushub, Abpumpen, Absaugen.

Die Entnahme des Mediums kann auch unter Anwendung von Sekundärmaßnahmen erfolgen, wie z.B. bei der thermisch unterstützten Bodenluftabsaugung, bei der der Boden erwärmt wird, um damit die Mobilisierung der Schadstoffe zu verbessern.

Nach der Entnahme des kontaminierten Mediums erfolgt die Behandlung. Bei allen drei genannten Medien stehen hierfür

- Biologische Verfahren und
- Chemisch-physikalische Verfahren

zur Verfügung. Zusätzlich sind beim Boden und der Bodenluft

- Thermische Verfahren

anzuführen. Ziel dieser Behandlungsverfahren ist es, die Schadstoffe aus dem Medium zu beseitigen oder nachhaltig zu reduzieren.

Только вывоз загрязненной почвы на полигоны ведет к устранению загрязненной почвы с территории; при этом вредные вещества остаются в окружающей среде. Изъятый объем почвы должен вновь заполняться в зависимости от будущего использования территории, соответственно уровню высоты запланированной поверхности территории.

При защите различают вертикальные уплотняющие стены, уплотнение поверхности и покрытие поверхности, а также базисное уплотнение и иммобилизацию.

С помощью герметичных стен должно быть минимизировано просачивание грунтовых вод через загрязненную почву. При герметизации уплотняющие стены располагаются вокруг загрязненной области в виде прямоугольника или овала.

Если герметичные стены помещаются в водоупорный слой, необходимые расходы по забору грунтовых вод сокращаются при использовании герметизации согласно (ограниченному) притоку сквозь герметичную стену и просачивающимся

дождевым водам. Указанные различные виды герметичных стен различаются по толщине стен, материалу и способу строительства. Критерием отбора для вида уплотняющей стены является устойчивость против вредных веществ в грунте, необходимая глубина стены и желаемая долговременная непроницаемость.

С помощью герметизации поверхности устраняется просачивание дождевых вод в загрязненную почву, а также неконтролируемое газоудаление из загрязненного участка. Герметизация поверхности особенно подходит, когда загрязненный участок не находится в грунтовых водах и герметизация на поверхности предотвращает новообразование фильтрационной воды. Указанные различные виды герметизации поверхности различаются по монтажной высоте, уплотняющему элементу и в зависимости от будущего использования поверхности.

После герметизации поверхности на загрязненное место наносится слой незагрязненной почвы. Таким образом, в значительной степени предотвращается контакт человека с

Nach der Reinigung der Böden können diese wieder am Standort rückverfüllt werden, wobei der Restgehalt der Schadstoffe im Boden die festgelegten nutzungsspezifischen Sanierungsziele unterschreiten muss. Das gereinigte Grundwasser kann ebenfalls im Untergrund wieder versickert oder in die Kanalisation abgegeben werden; die gereinigte Bodenluft wird im Regelfall in die Atmosphäre abgegeben.

Dagegen führt die ebenfalls aufgeführte Entsorgung des Bodens (Deponierung oder Verwertung) nur zu einer Beseitigung des kontaminierten Bodens vom Standort; die Schadstoffe verbleiben in der Umwelt. Das ausgekofferte Bodenvolumen muss entsprechend der zukünftigen Nutzung des Geländes bzw. dem Höhengniveau der zukünftig geplanten Geländeoberfläche wieder aufgefüllt werden.

Bei der Sicherung wird differenziert zwischen vertikalen Dichtwänden, Oberflächenabdichtung und Oberflächenabdeckung sowie Basisabdichtung und Immobilisierung.

Mit den vertikalen Dichtwänden soll ein Durchströmen des kontaminierten Bodens mit Grundwasser minimiert werden. Bei einer Umschließung werden die Dichtwände um den kontaminierten Bereich herum im Rechteck oder als Oval angeordnet.

Sofern die Dichtwände in einen Grundwasserstauer einbinden, beschränkt sich der erforderliche Aufwand bei der Bewirtschaftung der Umschließung auf eine Grundwasserentnahme, entsprechend dem (geringen) Zufluss durch die Dichtwand und dem versickernden Niederschlagswasser. Die aufgeführten unterschiedlichen Dichtwandarten unterscheiden sich in der Wandstärke, im Material und im Bauverfahren. Auswahlkriterien für die Dichtwandart sind die Resistenz gegenüber den Schadstoffen im Untergrund, die erforderliche Tiefe der Wand und die gewünschte dauerhafte Dichtigkeit.

загрязненным материалом. Посредством профилирования нанесенных слоев почвы и дренажных систем можно снизить доступ дождевых вод, однако нельзя полностью воспрепятствовать их поступлению. Результат пропускной способности покрытия зависит от вида почвы и методики при укладке.

При строительстве основного уплотнения в сочетании с санацией загрязненного участка, ниже участка загрязнения должен устанавливаться уплотняющий слой. Это осуществляется – чаще всего со значительными техническими затратами – с поверхности земли, например, с помощью нагнетательных скважин (Jet-Grouting).

Иммобилизация преследует цель посредством инъекции вяжущего материала в почву заключить в капсулу вредные вещества и/или прочно скрепить их в матрице почвы. При неоднородной структуре слоев почвы в грунте, принимая во внимание долговременные характеристики зафиксированных в неподвижном состоянии вредных веществ, часто наблюдаются технические трудно-

сти, и поэтому этот способ, в последнее время, практически не применяется в Германии.

В части С представлены избранные технологии из рисунка 6.1 в виде досье.

Досье включают описание технологии в совокупности со следующими показателями:

Mit einer Oberflächenabdichtung werden die Versickerung von Niederschlagswasser in die Altlast sowie unkontrollierte Entgasungen aus der Altlast verhindert. Eine Oberflächenabdichtung ist besonders geeignet, sofern die Altlast nicht im Grundwasser liegt und die Abdichtung auf der Oberfläche eine Sickerwasserneubildung verhindert. Die aufgeführten unterschiedlichen Oberflächenabdichtungen unterscheiden sich in der Bauhöhe, im Dichtungselement und im Hinblick auf eine zukünftige Nutzung der Oberfläche.

Bei einer Oberflächenabdeckung wird auf den kontaminierten Standort eine Schicht mit unbelastetem Boden aufgetragen. Damit soll im Wesentlichen ein Kontakt des Menschen mit kontaminiertem Material verhindert werden. Mit einer Profilierung der aufgetragenen Bodenschichten und Entwässerungssystemen kann ein Zutritt von Niederschlagswasser reduziert, aber nicht gänzlich unterbunden werden. Die resultierende Durchlässigkeit der Abdeckung ist abhängig von der Bodenart und der Vorgehensweise beim Einbau.

Mit dem Bau einer Basisabdichtung in Verbindung mit einer Altlastensanierung soll unterhalb der Kontamination eine abdichtende Schicht (z.B. als Ersatz für einen fehlenden Grundwasserstauer) eingebaut werden. Dies erfolgt – meist mit erheblichem technischen Aufwand – von der Geländeoberfläche aus, z.B. mit Injektionsbohrungen (Jet-Grouting).

Die Immobilisierung verfolgt das Ziel durch Injektion eines Bindemittels im Boden die Schadstoffe zu kapseln und/oder an die Bodenmatrix dauerhaft zu binden. Technische Schwierigkeiten ergeben sich häufig bei einem heterogenen Aufbau der Bodenschichten im Untergrund und im Hinblick auf das Langzeitverhalten der immobilisierten Schadstoffe, so dass dieses Verfahren in Deutschland in den letzten Jahren kaum mehr zur Anwendung gekommen ist.

In Teil C sind für ausgewählte Sanierungstechnologien aus Abbildung 6.1 Steckbriefe aufgeführt.

**Досье (см. Часть С) включают описание технологии в совокупности со следующими показателями:**

1. Вид метода
2. Предпосылки загрязнений, цели санации
3. Области применения технологии
4. Предпосылки для использования технологии
5. Детали метода
  - стадии процесса
  - приборы и использование Know-How
  - продолжительность
  - затраты
6. Мониторинг
7. Преимущества и недостатки технологии
8. Best Practice: Примеры проектов из Германии
9. Источники/литература/ссылки
10. Статус

## Die Steckbriefe (siehe Teil C) beinhalten eine Beschreibung der Technologie in Verbindung mit folgenden Merkmalen:

1. Art des Verfahrens
2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele
3. Einsatzgebiete der Technologie
4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie
5. Einzelheiten zum Verfahren
  - Verfahrensstufen
  - Geräte- und Know-How-Einsatz
  - Dauer
  - Kosten
6. Monitoring
7. Vor- und Nachteile der Technologie
8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland
9. Quellen/Literatur/Links
10. Status

## 6.3 Контрольный список „Необходимая информация для оценки территорий и их ситуация по загрязненности“

Карты	Уполномоченные органы власти Гамбурга
Общие планы 1:25.000 или 1:50.000	Ведомство городского развития и охраны окружающей среды (BSU) – краевое предприятие по геоинформации и топографической съемке (LGV)
Топографические карты	BSU – LGV
Крупномасштабные карты 1:5.000	BSU – LGV
Геологические карты	BSU – Геологическое ведомство земли
Геологические профили	BSU – Геологическое ведомство земли
Гидрогеологические карты	BSU – Геологическое ведомство земли
Информация по охраняемым зонам, соответствию требованиям безопасности и гигиены, рецепторам	BSU – управление по охране окружающей среды/управление по охране природы и природообустройству/ управление по охране от вредных выбросов и работе с предприятиями
Информация по водоемам, водозаборным сооружениям, очистным установкам, скважинам, точкам замера	BSU – управление по охране окружающей среды
Изучение грунта (в окрестностях)	
Номенклатура пластов имеющихся буровых скважин, зондирований, скважин, точек замеров	BSU – Геологическое ведомство земли
Исторические документы	
Городские планы разных лет	BSU – LGV
Географические карты разных лет	BSU – LGV
Градостроительство	
План использования площади	BSU – управление территориального планирования
План организации строительных работ	BSU – управление территориального планирования
Информация, относящаяся к месту размещения	
Общие планы	
Кадастровые карты 1:1.000 или 1:500	LGV – кадастровое управление
Актуальный план места расположения с изображением наземных и подземных зданий, сооружений, подземных коммуникаций (при необходимости тематически различные планы с разным масштабом)	LGV – кадастровое управление, отдел строительной экспертизы уполномоченных окружных ведомств
Аэрофотоснимки	
Актуальный аэрофотоснимок	BSU – LGV
Исторические аэрофотоснимки (различные временные периоды) для изображения развития участка и вероятных последствий войны.	BSU – LGV
Изучение грунта и загрязненного участка (при необходимости имеющиеся заключения экспертизы и данные)	
План местности с известными буровыми скважинами, зондированиями и источниками воды	Собственники/BSU – Геологическое ведомство земли
Номенклатура пластов известных буровых скважин, зондирований и источников воды	Собственники/BSU – Геологическое ведомство земли
Результаты проведенных исследований (почва, почвенный воздух, грунтовые воды, материал построек)	Собственники /BSU
Кадастр вредных веществ, потенциально загрязненные территории, материал построек	Собственники /BSU
Прочие документы	
Заявки на строительство, лицензирование, производственные планы, документация прочих органов власти	Собственники /отдел экспертизы по строительству
Документация бывших и нынешних эксплуатационных служб или владельцев о чрезвычайных происшествиях (пожар, убытки, причиненные войной, аварии, несчастные случаи)	Собственники /государственный архив
Документация известных случаев вреда, причиненного окружающей природе также окружающей местности (пресса, полиция, органы власти и т.д.)	Собственники /государственный архив
Документы по бывшему и современному использованию, производственные и технологические процессы	Собственники
Документы, включая планы бывших и имеющихся построек и сооружений, наземных и подземных	Собственники /отдел экспертизы по строительству
Документы, включая планы по перестройке и реконструкции, а также проведенные мероприятия по санации	Собственники /отдел экспертизы по строительству /BSU
Документы по возможным боевым средствам поражения и возможно проведенной ликвидации боевых средств поражения	Служба по ликвидации боевых средств поражения
Право собственности /участок	
Выписки из земельно-кадастровой книги (вместе с кадастровой картой)	Ведомство земельного кадастра
Данные земельного участка (размер, местоположение, адрес, связь и т.д.)	Собственники
Данные периода владения бывших и нынешних собственников /пользователей вкл. ответственных сотрудников	Собственники
Данные по эксплуатации и возможных ответственных сотрудников соседних земельных участков	Собственники
Данные по планируемой эксплуатации с указанием возможных ответственных сотрудников	Собственники
Данные ответственных сотрудников в уполномоченных органах власти, горном ведомстве, соседей и тд	Собственники

### 6.3 Checkliste „Notwendige Informationen zur Bewertung von Flächen und ihre Altlastensituation“

Karten	zuständige Hamburger Behörde
Übersichtspläne 1:25.000 oder 1:50.000	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) – Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung (LGV)
Topographische Karten	BSU – LGV
Grundkarten 1:5.000	BSU – LGV
Geologische Karten	BSU – Geologisches Landesamt
Geologische Schnitte	BSU – Geologisches Landesamt
Hydrogeologische Karten	BSU – Geologisches Landesamt
Informationen zu Schutzzonen, Schutzgütern, Rezeptoren	BSU – Amt für Umweltschutz/Amt für Naturschutz und Landschaftspflege / Amt für Emissionsschutz und Betriebe
Informationen zu Vorflutern, Trinkwassergewinnungsanlagen, Kläranlagen, Brunnen, Messstellen	BSU – Amt für Umweltschutz
<b>Untergründerkundungen (in der Umgebung)</b>	
Schichtenverzeichnisse vorhandener Bohrungen, Sondierungen, Brunnen, Messstellen	BSU – Geologisches Landesamt
<b>Historische Unterlagen</b>	
Stadtpläne aus verschiedenen Jahren	BSU – LGV
Landkarten aus verschiedenen Jahren	BSU – LGV
<b>Stadtplanung</b>	
Flächennutzungsplan	BSU - Amt für Landesplanung
Bauleitplan	BSU - Amt für Landesplanung
<b>Standortspezifische Informationen</b>	
<b>Lagepläne</b>	
Flurkarten 1:1.000 oder 1:500	LGV – Katasteramt
Aktueller Standortplan mit Darstellung der ober- und unterirdischen Gebäude, Anlagen, Ver- und Entsorgungsleitungen (ggf. thematisch verschiedene Pläne mit unterschiedlichem Maßstab)	LGV – Katasteramt, Bauprüfteilung der zuständigen Bezirksämter
<b>Luftbilder</b>	
Aktuelles Luftbild	BSU – LGV
Historische Luftbilder (verschiedene Zeitschnitte) zur Darstellung der Entwicklung des Standortes und evtl. Kriegseinwirkungen	BSU – LGV
<b>Untergrund- und Altlastenerkundungen (ggf. vorhandene Gutachten und Daten)</b>	
Lageplan mit bekannten Bohrungen, Sondierungen und Brunnen	Eigentümer/BSU – Geologisches Landesamt
Schichtenverzeichnisse bekannter Bohrungen, Sondierungen und Brunnen	Eigentümer/BSU – Geologisches Landesamt
Ergebnisse vorh. Untersuchungen (Boden, Bodenluft, Grundwasser, Gebäudesubstanz)	Eigentümer/BSU
Schadstoffkataster, Verdachtsflächen, Gebäudesubstanz	Eigentümer/BSU
<b>Weitere Unterlagen</b>	
Bauanträge, Genehmigungen, Betriebspläne, Akten sonstiger Behörden	Eigentümer/Bauprüfteilung
Aufzeichnungen ehemaliger und aktueller Betreiber oder Besitzer über besondere Vorkommnisse (Brand, Kriegsschäden, Havarien, Unfälle)	Eigentümer/Staatsarchiv
Aufzeichnungen bekannter Umweltschäden auch in der Umgebung (Presse, Polizei, Behörden etc.)	Eigentümer/Staatsarchiv
Unterlagen über ehemalige und aktuelle Nutzungen, Produktions- und Verfahrensabläufe	Eigentümer
Unterlagen inkl. Pläne über ehemalige und vorhandene Bauten und Anlagen, ober- und unterirdisch	Eigentümer/Bauprüfteilung
Unterlagen inkl. Pläne über Um- und Ausbau sowie durchgeführte Sanierungsmaßnahmen	Eigentümer/Bauprüfteilung/BSU
Unterlagen zu möglichen Kampfmitteln und evtl. durchgeführter Kampfmittelbeseitigung	Kampfmittelräumdienst
<b>Eigentümerverhältnisse/Standort</b>	
Auszüge aus Grundbuch (in Verbindung mit Flurkarte)	Grundbuchamt
Angaben zum Grundstück (Größe, Lage, Adresse, Anbindung etc.)	Eigentümer
Angaben zum Zeitraum ehemaliger und aktueller Eigentümer/Nutzer inkl. Ansprechpartner	Eigentümer
Angaben zur Nutzung und möglichen Ansprechpartnern der benachbarten Grundstücke	Eigentümer
Angaben zur zukünftigen Nutzung mit möglichen Ansprechpartnern	Eigentümer
Angaben zu Ansprechpartnern bei zuständigen Behörden, Bergämtern, Nachbarn etc.	Eigentümer

# 7 REVVIN-руководство

## по ревитализации территорий

Общие указания по использованию

### 7.1 „REVVIN-руководство“

#### Этапы для успешного рециклинга территорий

Различные территории требуют различных подходов к ревитализации – в зависимости от территориальных особенностей, статуса и принадлежности территории и имеющихся загрязненных участков. Каждый случай загрязнения является частным случаем, и это затрудняет выработку общепринятого руководства по ревитализации бывших промышленных территорий.

Гамбургский опыт, однако, показывает, что процесс ревитализации состоит из определенных фаз, в которых должны рассматриваться конкретные вопросы. Данный опыт собран в „REVVIN-руководстве“ по ревитализации территорий.

#### Цели

REVVIN-руководство описывает образ действий, с помощью которых можно поэтапно определить,

- наличие и объем загрязнения территории, на которой предполагается наличие загрязнений
- возможность и способы ревитализации.

REVVIN-руководство обеспечивает при этом согласование возможных требований по санации существующих загрязнений с конкретным планированием по перепрофилированию назначения территорий (с указанием вида и степени (конструктивной) эксплуатации, будущих групп пользователей, освоения, охраны окружающей среды, охраны исторических памятников и т.д.) и успешную подготовку разработки восстановления.

REVVIN-руководство должно помогать:

- заблаговременно выяснять требования к работе на данном участке и способствовать выполнению этих требований в соответствии с законодательством,
- заблаговременно интегрировать круг вопросов обработки загрязненных участков в процесс планирования, комплексно контролировать концепции проектирования и санации на предмет их осуществимости,
- делать ясной и унифицированной связь будущего использования, потребности в охране будущих пользователей, охраны окру-

# 7 REVVIN-Leitfaden

## zur Flächenrevitalisierung

### Allgemeine Benutzungshinweise

#### 7.1 „REVVIN-Leitfaden“

##### Schritte zur erfolgreichen Flächenrevitalisierung

Jede Fläche bietet unterschiedliche Rahmenbedingungen für eine Revitalisierung – seien es räumliche Besonderheiten, die Konstellation der Akteure oder die vorliegende Altlastensituation. Jeder Altlastenfall ist damit ein Einzelfall und dies erschwert die Aufstellung eines allgemeingültigen Leitfadens für die Revitalisierung von ehemaligen Industrieflächen.

Die Hamburger Erfahrungen haben jedoch auch gezeigt, dass der Revitalisierungsprozess bestimmte Phasen durchläuft, in denen konkrete Fragen erörtert werden müssen. Diese Erfahrungen sind in den „REVVIN-Leitfaden“ zur Flächenrevitalisierung eingeflossen.

##### Ziele

Der REVVIN-Leitfaden beschreibt eine Vorgehensweise, mit deren Hilfe schrittweise festgestellt werden kann,

- in welchem Umfang eine Altlastenverdachtsfläche tatsächlich kontaminiert ist und
- ob und in welcher Weise sie sich für eine Revitalisierung eignet.

Der REVVIN-Leitfaden leistet Hilfestellung dabei, mögliche Sanierungserfordernisse für bestehende Altlasten mit konkreten Planungen für die Umnutzung von Flächen (mit Aussagen zu Art und Maß der (baulichen) Nutzung, künftigen Nutzergruppen, Erschließung, Umweltschutz, Denkmalschutz etc.) in Einklang zu bringen und erfolgreich Revitalisierungsvorhaben vorzubereiten.

жающей среды и возможных мероприятий по безопасности и обезвреживанию (цели санации, ориентированные на использование)

- соединять разные интересы задействованных лиц и способствовать принятию приемлемых решений и
- структурировать административное действие для комплексных процессов восстановления и создавать ясность для частных задействованных лиц в процессе планирования и согласования.

#### Принципы руководства

Руководство должно при этом поддерживать всех участников проекта для достижения следующих целей:

- оптимизация расходов на исследование
- создание ясного порядка взаимодействия органов власти и частных лиц (организаций, инвесторов)
- изучение рисков и проблемных вопросов
- Освещение областей ответственности
- стимулирование сотрудничества и ведения переговоров

#### Целевые группы

REVVIN-руководство адресовано как органам государственной власти, так и частным инвесторам и разработчикам, которые активно занимаются восстановлением территорий и при этом должны решать задачу устранения загрязнения территории. В целом действующие лица представляют различные интересы и имеют различные цели. Органы государственной власти проводят мероприятия с целью устойчивого развития города, общего блага и создания здоровых бытовых условий. В свою очередь, частные действующие лица зачастую преследуют сугубо личные интересы. Поэтому необходимо содействовать процессу согласования и поиска компромисса.

REVVIN-руководство соединяет город и инвестора в качестве действующих лиц и предлагает кооперацию государственного и частного действующего лица. Важным для этой модели является взаимодействие различных интересов, государственных, и частных. Реально возможно, что государственное учреждение выступает здесь в роли инвестора. Тот факт, что большинство участков в Санкт Петербурге находится в государственной собственности, наводит на мысль, что общественная сторона является владельцем участка. В действительности возможно, что арендатор/инвестор может быть еще одним актером в процессе. Важным в этой модели является взаимодействие различных интересов, государственных и частных. Соотношение будет в обычном случае комплексным, одна ко это ничего не изменит в принципах модели.

#### Стадия действий

Всего существует пять стадий. Цель заключается в получении необходимой информации в конце каждой стадии, которая способствует принятию соответствующего решения о виде и объеме продолжения процесса планирования. Ниже дано краткое описание пяти стадий.

Задачи и суть действий представлены, с одной стороны, для органов государственной власти, с другой стороны, для частных инвесторов/разработчиков. Контролируемое содержание каждой стадий представлено на схемах в виде контрольного листа.

Der REVVIN-Leitfaden soll helfen,

- Rahmenbedingungen von Standortentscheidungen frühzeitig zu klären und produktiv zu beeinflussen,
- frühzeitig die Altlastenproblematik in den Planungsprozess zu integrieren, Planungs- und Sanierungskonzepte integriert auf ihre Machbarkeit hin zu überprüfen,
- den Zusammenhang von künftiger Nutzung, dem Schutzbedürfnis künftiger Nutzer, dem Umweltschutz und möglichen Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen transparent und operationalisierbar zu machen (nutzungsbezogene Sanierungsziele)
- die unterschiedlichen Interessen der Akteure zu bündeln und zu einvernehmlichen Lösungen zu führen und
- das Verwaltungshandeln für die komplexen Revitalisierungsprozesse zu strukturieren und für private Akteure Transparenz im Planungs- und Abstimmungsprozess herzustellen.

#### Prinzipien des Leitfadens

Der Leitfaden soll alle Projektbeteiligten dabei unterstützen, die folgenden Ziele zu erreichen:

- Untersuchungsaufwand optimieren
- Transparenz herstellen
- Chancen, Risiken und Restriktionen Schritt für Schritt ausloten
- Zuständigkeiten offen legen
- Kooperations- und Verhandlungsbereitschaft fördern

#### Zielgruppen

Der REVVIN-Leitfaden richtet sich sowohl an Bedienstete der Umweltverwaltung als auch an private Investoren und Entwickler, die aktiv Flächenrevitalisierung betreiben und dabei das Problem eines Altlastenverdachts lösen müssen. Insgesamt müssen sich die Akteure die unterschiedlichen Interessen und Ziele aller Beteiligten vergegenwärtigen. Denn während die öffentliche Verwaltung alle Maßnahmen auf eine nachhaltige Stadtentwicklung auf das Gemeinwohl und die gesunden Lebensverhältnisse ausrichtet, verfolgen private

Akteure schwerpunktmäßig individuelle Interessen. Hier gilt es, einen Abstimmungs- und Einigungsprozess zu Gunsten Aller zu fördern.

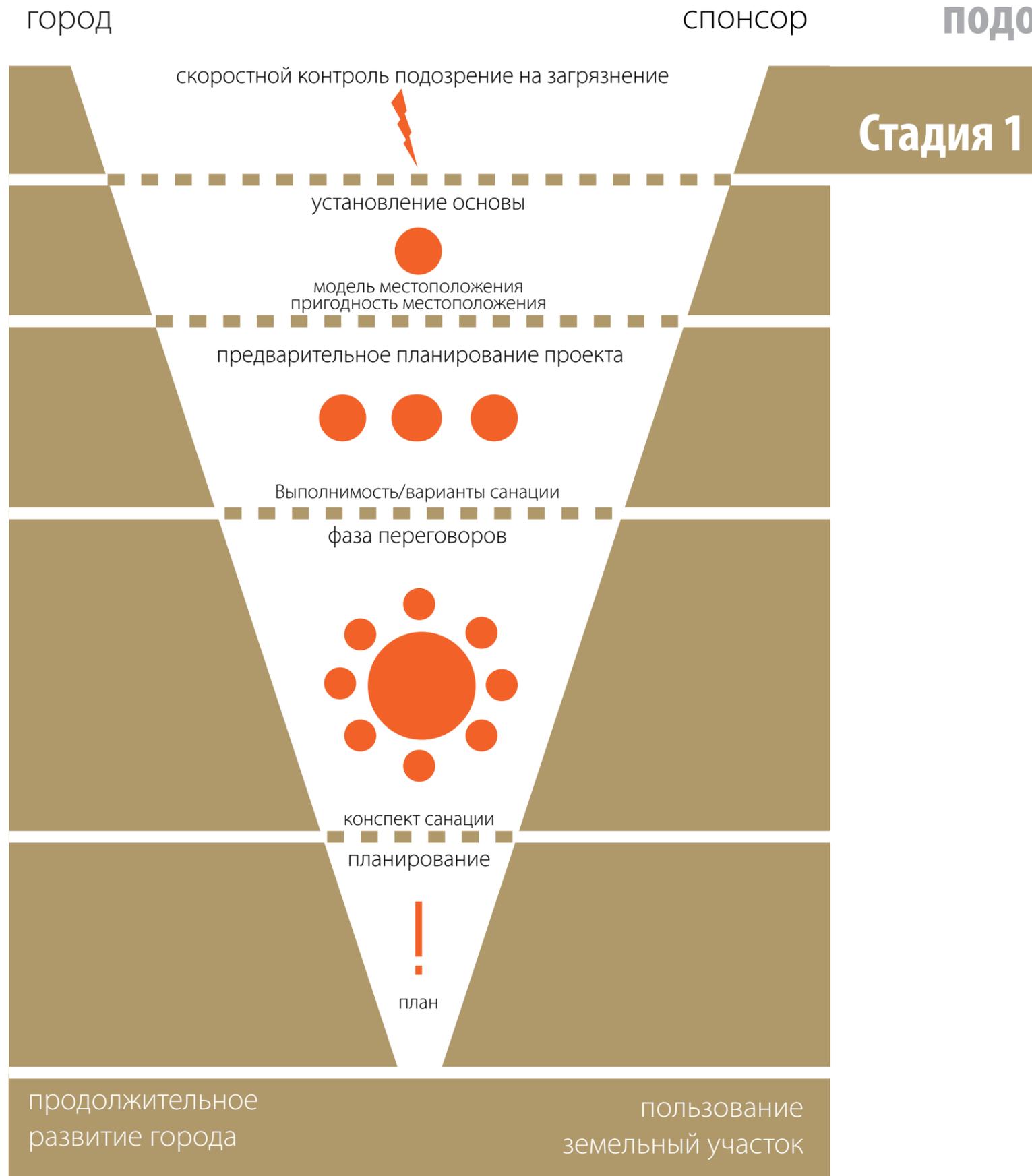
Der REVVIN-Leitfaden stellt vereinfachend Stadt und Investor als Akteure einander gegenüber und suggeriert damit eine Kooperation von öffentlichem und privatem Akteur. Tatsächlich kann es sein, dass auch eine öffentliche Stelle als Investor hier auftritt. Der Umstand, dass die meisten Flächen in St. Petersburg sich in öffentlichem Besitz befinden, legt den Schluss nahe, dass die öffentliche Seite zugleich Grundstückseigentümer ist. Tatsächlich ist es möglich, dass der Pächter/Interessent des Grundstücks als weiterer Akteur auftritt. Wesentlich für dieses Modell ist das Zusammenwirken unterschiedlicher Interessen, öffentlich und privat. Die Konstellation wird im Regelfall also komplexer ausfallen, an den Prinzipien des Modells wird sich dadurch aber nichts ändern.

#### Fünf Stufen

Insgesamt lassen sich fünf Stufen identifizieren. Ziel ist es, am Ende jeder Stufe notwendige Informationen zu erhalten, die Entscheidungen über Art und Umfang der Fortsetzung des Planungsprozesses erleichtern. Nachfolgend werden die fünf Stufen kurz beschrieben.

Dargestellt werden die Aufgaben und Handlungsschwerpunkte einerseits für die öffentliche Verwaltung und andererseits für private Investoren/Entwickler. Die zu prüfenden Inhalte jeder Stufe sind als Checkliste den Abbildungen zu entnehmen.

# скоростной контроль подозрение на загрязнение



„Оперативному контролю“ отводится важная роль. При этом необходимо систематическое исследование городской зоны на потенциальные загрязнения. «Оперативный контроль подозрения на загрязнение» поддерживает создание и обновление кадастра загрязнений, определяет территории с потенциальным загрязнением и в его рамках осуществляется быстрая оценка загрязнения (подозрения на загрязнение) в экстренных случаях.

В каждом конкретном случае до начала проектирования необходимо изучить в сжатые сроки наличие серьезных обременений и действующие рамочные условия. «Оперативный контроль подозрения на загрязнение» должен проводиться государственными структурами, в отдельном случае его могут проводить сами инвесторы при планировании использования соответствующих территорий под застройку и другие цели.

Для первой оценки степени опасности необходимо собрать и проанализировать общую информацию и сведения по данному земельному участку. В любом случае следует провести освидетельствование на месте. Для определения подозрения на загрязнение вначале достаточно исторического изучения, которое включает сведения о предыдущем использовании земли и построек. Для целенаправленного и эффективного «оперативного контроля» необходимая информация должна систематически подтверждаться документами согласно контрольному листу. (Таблица на странице 122)

Краткосрочный или среднесрочный «оперативный контроль подозрения на загрязнение» служит для оценки общей экологической ситуации в городе, и определению будущих задач по охране окружающей среды.

#### Принятие решений

Результаты «оперативного контроля подозрения на загрязнение» следует оценить и

- внести в кадастр загрязненных территорий (это действует как для подтвержденных, так и неподтвержденных сведений о загрязнениях)
- при необходимости предпринять предварительную оценку опасности
- при необходимости инициировать дальнейшее изучение
- в случае острой угрозы предпринять меры по предотвращению опасности

# SchnellCheck Altlastenverdacht

Dem „SchnellCheck“ Altlastenverdacht kommt eine bedeutende Rolle zu. Gerade dann, wenn für die Stadt (noch) keine flächendeckenden Informationen zur Altlastensituation vorliegen, ist die systematische Untersuchung des Stadtgebietes im Hinblick auf potenzielle Altlasten zwingend erforderlich. Der „SchnellCheck“ Altlastenverdacht unterstützt den Aufbau und die Pflege eines Altlasthinweiskatasters, die Ermittlung von Altlastenverdachtsflächen und eine schnelle Abschätzung eines Altlastenverdachts in dringenden Fällen.

Sofern kein flächendeckendes Altlastenkataster vorliegt oder sich dieses noch im Aufbau befindet, muss der „SchnellCheck“ Altlastenverdacht dann durchgeführt werden, wenn Entwicklungs- und Investitionsdruck auf eine ehemals industriell genutzten Fläche bestehen. In diesem Fall besteht die Notwendigkeit, vor Planungsbeginn kurzfristig „auszuloten“, ob gravierende Belastungen und damit besonders zu berücksichtigende Rahmenbedingungen bestehen. Der „SchnellCheck“ Altlastenverdacht ist von der öffentlichen Verwaltung durchzuführen, kann im Einzelfall aber auch von Investoren bei der Sondierung geeigneter Bauflächen eigenmächtig durchgeführt werden.

Um zu einer ersten Gefahreinschätzung zu gelangen, sind allgemeine und grundstücksbezogene Informationen zu sammeln und auszuwerten. In jedem Fall ist eine Ortsbegehung durchzuführen. Für die Feststellung eines Altlastenverdachts genügt zunächst eine historische Recherche, die Aussagen zu früheren Nutzungen von Boden und baulichen Anlagen trifft. Für einen gezielten und effizienten „SchnellCheck“ sollten die notwendigen Informationen entlang der Checkliste (siehe Seite 123) systematisch dokumentiert werden.

Der „SchnellCheck“ Altlastenverdacht ist grundsätzlich kurz- bis mittelfristig auch dann durchzuführen, wenn kein Entwicklungsdruck auf den Flächen besteht. Denn er dient auch dazu, die allgemeine Umweltsituation in der gesamten Stadt zu erfassen und künftige Aufgaben des Umweltschutzes aufzuzeigen.

## Entscheidungen

Die Ergebnisse des „SchnellChecks“ Altlastenverdacht sind auszuwerten und

- in das Altlasthinweiskataster einzutragen (das gilt sowohl für Aussagen, die einen Altlastenverdacht erhärten, als auch für Fehlanzeigen),
- ggf. eine vorläufige Gefährdungsabschätzung vorzunehmen,
- ggf. weitere Erkundungen einzuleiten,
- im Falle akuter Gefährdungen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr vorzunehmen.

## Stufe 1

# Разработка общих технических решений

## Стадия 2

Предметом фазы является систематическая разработка нормативной базы, характерной для данного участка. Ее результатом является базы данных и материалов по участку, модель участка в качестве основы для дальнейшей обработки загрязненных участков, а также проверка инвестором пригодности места на основе муниципального и собственного поиска и анализа.

### Город и инвестор

Муниципалитет должен разъяснить существующие или желательные перспективы развития места в контексте с окрестностями. В этой связи следует сформулировать (обязательные) требования к развитию конкретных участков.

Цель изысканий (историческое изучение, ориентировочное изучение и детальное изучение, см. гл.2.3.1) относительно загрязнений в этой фазе заключается в разработке модели участка и обоснованной оценке ущерба.

### Вычисление объема земляных работ

На этой основе можно

- приблизительно оценить затраты на санацию
- сформулировать цели санации, обусловленные эксплуатацией
- дополнить базу данных и материалов о состоянии территории
- оценить и подготовить мероприятия по предотвращению опасности
- передать потенциальным инвесторам надежную информацию о загрязненных участках.

Таким образом, с точки зрения города можно четко определить, какие ограничения следует преодолеть, насколько достижимы цели планирования, сформулированные для

территории и каких затрат они требуют. Возможно, потребуется изменение целей по согласованию всех заинтересованных ведомств (городское строительство, архитектура, инфраструктура, инвестиции).

Для собственного планирования инвестора наряду с определением нормативной базы (предписанные значения и ограничения) следует дополнительно определить предписанные значения и установки относительно объекта (идея использования и деловое предложение, срок реализации, ожидание доходов). Для этого инвестору на этой фазе необходимы самостоятельные, независимые данные инвентаризации для собственной оценки ситуации и реализуемости идеи. К ним относится также «оперативный контроль подозрения на загрязнение», который заблаговременно служит доказательством приобретения инвестором земельного участка с загрязнением.

### Принятие решений

На основе этих разработок общих технических решений необходимо содержательно определить требования к дальнейшему планированию. Это может также обозначать, что участок для запланированного объекта более не представляет интереса и нужно искать новый участок.

Если проект классифицируется обеими сторонами с заданной нормативной базой как принципиально осуществимый, необходимо согласовать для дальнейшей процедуры круг полномочий, а также финансирование и распределение обязательств по проводимым мероприятиям санации еще до начала фазы предварительного планирования.

# Grundlagenermittlung

Gegenstand der Stufe ist die systematische Ermittlung der für den Standort charakteristischen Rahmenbedingungen. Sie mündet in einem Flächenpass für den Standort, in einem Standortmodell als Grundlage für die weitere Altlastenbearbeitung sowie in einer Prüfung der Standorteignung durch den Investor auf der Basis von städtischen und eigenen Recherchen und Analysen.

## Stadt und Investor

Auf städtischer Seite ist zu klären, welche Entwicklungsperspektiven für den Standort bestehen oder im Kontext der Umgebung als wünschenswert erachtet werden. In dem Zusammenhang sind (verbindliche) Anforderungen an die Standortentwicklung zu formulieren.

Aus Altlastensicht stehen in dieser Stufe die Erkundungen an (Historische Erkundung, Orientierende Erkundung und Detailerkundung, vgl. Kap. 2.3) mit dem Ziel, ein Standortmodell auszuarbeiten und zu einer fundierten Gefährdungsabschätzung zu kommen.

## Massenermittlung

Auf dieser Basis lassen sich

- grob der Sanierungsaufwand einschätzen,
- nutzungsbezogene Sanierungsziele formulieren,
- der „ökologische Pass“ fortschreiben,
- Maßnahmen zur Gefahrenabwehr abschätzen und vorbereiten,
- potenziellen Investoren verlässliche Informationen über die Altlastensituation vermitteln.

Damit lässt sich aus städtischer Sicht klar absehen, welche Restriktionen zu überwinden sind und ob und ggf. mit welchem Aufwand die für ein Gebiet formulierten Planungsziele erreichbar sind.

Eventuell sind die Ziele in Abstimmung aller betroffenen Ressorts (Städtebau, Architektur, Infrastruktur, Investitionen) zu modifizieren.

Für die eigene Planung des Investors sind neben der Feststellung der Rahmenbedingungen (Vorgaben und Restriktionen) zusätzlich die vorhabensbezogenen Vorgaben und Zielsetzungen zu definieren. (Nutzungs- und Geschäftsidee, Realisierungszeitraum, Renditeerwartung). Hierfür ist für den Investor in dieser Stufe eine eigenständige, unabhängige Bestandserhebung erforderlich, um zu einer eigenen Einschätzung der Situation und der Realisierbarkeit der Idee zu gelangen. Dazu gehört auch der „SchnellCheck“ Altlastenverdacht, der im Sinne einer Beweissicherung frühzeitig sicherstellt, welche Kontamination der Investor mit dem Grundstück erwirbt (und für die er nicht verantwortlich ist).

## Entscheidungen

Auf Basis dieser Grundlagenermittlung müssen inhaltlich die Anforderungen an die weitere Planung bestimmt werden. Dies kann auch bedeuten, dass der Standort für das geplante Vorhaben nicht weiter interessant ist und ein neuer Standort gesucht werden muss.

Sofern das Projekt von beiden Seiten unter den gegebenen Rahmenbedingungen für grundsätzlich realisierbar eingestuft wird, sind für das weitere Vorgehen Zuständigkeit sowie die Trägerschaft und Lastenverteilung für die durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen abzustimmen, bevor die Vorplanungsphase gestartet werden kann.

## Stufe 2

# Стадия предварительного планирования

## Стадия 3

### Город и инвестор

Целью фазы предварительного планирования является обоснованная дополнительная проверка осуществимости намерения на предусмотренном участке. Принимая во внимание проблематику загрязненных участков целью этой фазы является оценка затрат на санацию.

Расходы на санацию определяют для инвестора в значительной степени реализуемость проекта. Для муниципальной стороны собственный контроль затрат на санацию на фоне утвержденных, обусловленных использованием целей санации также представляет интерес, хотя мероприятие проводится не городом. С одной стороны, город должен иметь возможность оценки осуществимости вариантов санации и, с другой стороны, затраты на санацию должны учитываться также в стоимости земельного участка. Поэтому для сильной и, одновременно, реалистичной аргументации во время переговоров эти знания необходимы. Кроме того, с различными вариантами санации могут быть также связаны изменения плановой концепции. На этой фазе предварительного планирования нельзя недооценить возможности управления необходимыми затратами на санацию посредством умелой разметки зон использования.

### REVVIN-система поиска технологии

Для оценки затрат на санацию используется Часть 1 „REVVIN-система поиска технологии“. На основе рассчитанной и согласованной администрацией и инвестором модели участка можно ограничить количество используемых технологий.

Решающими на этой фазе являются критерии грунта, геологические условия и загрязнения, а также планируемое целевое назначение территории.

### Принятие решений

Если государственные и частные цели планирования, а также цели санации, связанные с будущим использованием, технически достижимы, и если проект для инвестора экономически приемлем, а для города экономически и экологически рационален, то для обеих сторон имеются хорошие предпосылки совместного уточнения проекта на фазе проведения переговоров.

# Vorplanungsstufe

## Stadt und Investor

Ziel der Vorplanungsphase ist die fundierte Überprüfung der Machbarkeit des Vorhabens an dem vorgesehenen Standort. In Hinblick auf die Altlastenproblematik ist es Ziel dieser Stufe, den Sanierungsaufwand abzuschätzen.

An dem Sanierungsaufwand bemisst sich für den Investor in erheblichem Maße die Realisierbarkeit des Projektes. Für die städtische Seite ist eine eigene Prüfung des Sanierungsaufwandes vor dem Hintergrund definierter, nutzungsbezogener Sanierungsziele auch dann von Interesse, wenn die Maßnahme nicht von der Stadt durchgeführt wird. Einerseits muss sie abschätzen können, welche Sanierungsvarianten zielführend sind und andererseits wird sich der Sanierungsaufwand auch im Grundstückspreis niederschlagen. Für eine starke und zugleich realistische Verhandlungsposition ist dieses Wissen daher unerlässlich. Darüber hinaus können mit unterschiedlichen Sanierungsvarianten auch Änderungen der planerischen Konzeption verbunden sein. Die Möglichkeiten, durch geschickte Nutzungszonierungen den erforderlichen Sanierungsaufwand zu steuern, ohne dabei die Projektziele in Frage zu stellen, dürfen in dieser Vorplanungsphase nicht unterschätzt werden.

## REVVIN-Technologie-Finder

Für die Abschätzung des Sanierungsaufwands kommt Schritt 1 des „REVVIN-Technologie-Finders“ zum Einsatz (siehe Seite 153). Auf Grundlage des ermittelten und zwischen Verwaltung und dem Investor abgestimmten Standortmodells kann die Zahl anwendbarer Technologien eingegrenzt werden.

Maßgeblich in dieser Stufe sind die Kriterien Untergrund, Bodenverhältnisse und Schadstoffe sowie Schutzgüter und Wirkungspfade.

## Entscheidungen

Wenn öffentliche und private Planungsziele sowie nutzungsbezogene Sanierungsziele technisch erreichbar sind und wenn das Projekt für den Investor wirtschaftlich tragbar und es für die Stadt volkswirtschaftlich (ggf. auch mit Förderung des Vorhabens) sinnvoll ist, dann bestehen für beide Seiten gute Voraussetzungen, das Projekt in der Verhandlungsphase gemeinsam zu konkretisieren.

Stufe 3

# Стадия проведения переговоров

## Фаза 4: фаза проведения переговоров

В отличие от предыдущих фаз планирования, эта фаза является определяющей благодаря взаимодействию всех действующих лиц, так как муниципальные учреждения и частные заинтересованные лица подробно ознакомились с нормативной базой и могут достаточно точно оценить, какие именно условия они должны выполнить для содействия успешному завершению проекта. Если во время предыдущих фаз имеется сильная направленность на критерии исключения, то на этой фазе используются „мягкие“ критерии оценки. Следовательно, фаза проведения переговоров предполагает также возможность достижения компромиссных решений, устраивающих все участвующие стороны.

Целью этой фазы является разработка концепции для восстановления загрязненного участка и связанная с этим разработка и согласование надежной стратегии санации. С помощью „REVVIN-системы поиска технологий“ (часть 1 и 2) должны быть исследованы адекватные технологии. Для этого все рассматриваемые варианты санации должны быть подвергнуты качественной сравнительной проверке, которая использует следующие критерии:

- продолжительность санации
- затраты на санацию
- эффективность
- последствия для окружающей среды
- охрана окружающей среды
- продолжительность мероприятия /затраты на мониторинг
- одобрение общественностью

Все действующие лица должны договориться об определении критериев.

При разработке вариантов санации и далее при оформлении концепции

санации следует использовать в значительной степени также территориальные стратегии. Следует изучить и дать оценку для целесообразного, экологичного и одновременно экономически осуществимого общего решения имеющиеся возможности, при необходимости посредством

- вида мероприятия (in situ и/или ex situ; on/off site)
- комбинации различных технологий
- образования зон санации
- адаптации создания зон использования земельного участка
- поэтапной реализации концепции планирования.

## Конкурсы

Путь достижения адекватных и инновационных подходов к решению может осуществляться по-разному. Возможно, и часто целесообразно проведение конкурса на основе результатов фазы предварительного планирования, предметом которого является предложения по решению проблемы соответствующего участка. Конкурс предлагает возможность нахождения подходящего партнера для фазы проведения переговоров. Фаза проведения переговоров для уточнения разработки является обязательной, однако ее можно перевести на более высокий уровень благодаря предварительно проведенному конкурсу, а при определенных обстоятельствах даже сократить.

## Принятие решений

Результатом фазы проведения переговоров является договоренность, как по концепции планирования, так и по концепции санации и их фиксация в договоре. С помощью концепций предопределены также решения о спонсорстве и финансировании мероприятия.

# Verhandlungsstufe

Anders als die Planungsstufe zuvor, ist die Verhandlungsstufe durch ein kooperatives Zusammenwirken aller Akteure bestimmt. Denn sowohl städtische Institutionen als auch private Akteure haben sich intensiv mit den Rahmenbedingungen vertraut gemacht und können sehr genau abschätzen, welche Bedingungen aus ihrer jeweiligen Perspektive erfüllt sein müssen, um das Projekt zu einem erfolgreichen Abschluss zu verhelfen. Und während die vorherigen Stufen stark auf Ausschlusskriterien für die Machbarkeit ausgerichtet sind, kommen in dieser Stufe „weiche“ Bewertungskriterien zum Einsatz. Die Verhandlungsstufe setzt daher auch eine Verhandlungs- und Kompromissbereitschaft aller beteiligten Akteure voraus.

Ziel dieser Stufe ist die Erarbeitung eines Konzeptes für die Revitalisierung eines kontaminierten Standorts und die Ausarbeitung und Abstimmung einer tragfähigen Sanierungsstrategie. Mit Hilfe des „REVVIN-Technologie-Finders“ (Schritte 1 und 2) sollen adäquate Technologien sondiert werden. Hierzu müssen alle in Betracht kommenden Sanierungsvarianten einer qualitativen vergleichenden Prüfung unterzogen werden, die sich an folgenden Kriterien orientiert:

- Sanierungsdauer
- Sanierungskosten
- Wirksamkeit
- Konsequenzen für die Umwelt
- Umgebungsschutz
- Nachhaltigkeit der Maßnahme/Aufwand Monitoring
- Akzeptanz Öffentlichkeit

Alle Akteure haben sich auf eine Gewichtung der Kriterien zu verständigen. Beim Entwurf der Sanierungsvarianten und anschließend bei der Ausgestaltung des Sanierungskonzeptes sind in besonderem Maße auch räumliche Strategien anzuwenden.

Es ist auszuloten und zu entscheiden, ob und ggf. wie durch

- Art der Maßnahme (in situ und/oder ex situ; on site und/oder off site),
- Kombination unterschiedlicher Technologien,
- Bildung von Sanierungszonen,
- Anpassung Zonierung Grundstück,
- stufenweise Realisierung des Planungskonzeptes

sich Spielräume für eine zielführende und zugleich finanzierbare Gesamtlösung ergeben.

## Wettbewerbe

Der Weg, zu adäquaten und innovativen Lösungsansätze zu kommen, kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen. So ist es möglich und oft auch sinnvoll, auf Basis der Ergebnisse der Vorplanungsstufe einen Wettbewerb zwischen zu schalten, der die Lösung der Konversionsproblematik an dem betreffenden Standort zum Gegenstand hat. Der Wettbewerb bietet die Möglichkeit, einen geeigneten Partner für die Verhandlungsphase zu gewinnen. Die Verhandlungsstufe zur Konkretisierung des Vorhabens ist indes unumgänglich, kann allerdings durch einen vorgeschalteten Wettbewerb qualifiziert, unter Umständen sogar verkürzt werden.

## Entscheidungen

Ergebnis der Verhandlungsstufe ist die Verständigung sowohl auf ein Planungs- als auch auf ein Sanierungskonzept und deren vertragliche Fixierung. Mit den Konzepten sind auch Entscheidungen zur Trägerschaft und Finanzierung der Maßnahme vorbestimmt. Wenn keine Einigung erzielt werden kann, muss ggf. in die Vorplanungsstufe erneut eingestiegen werden und die planerischen Zielsetzungen überdacht werden.

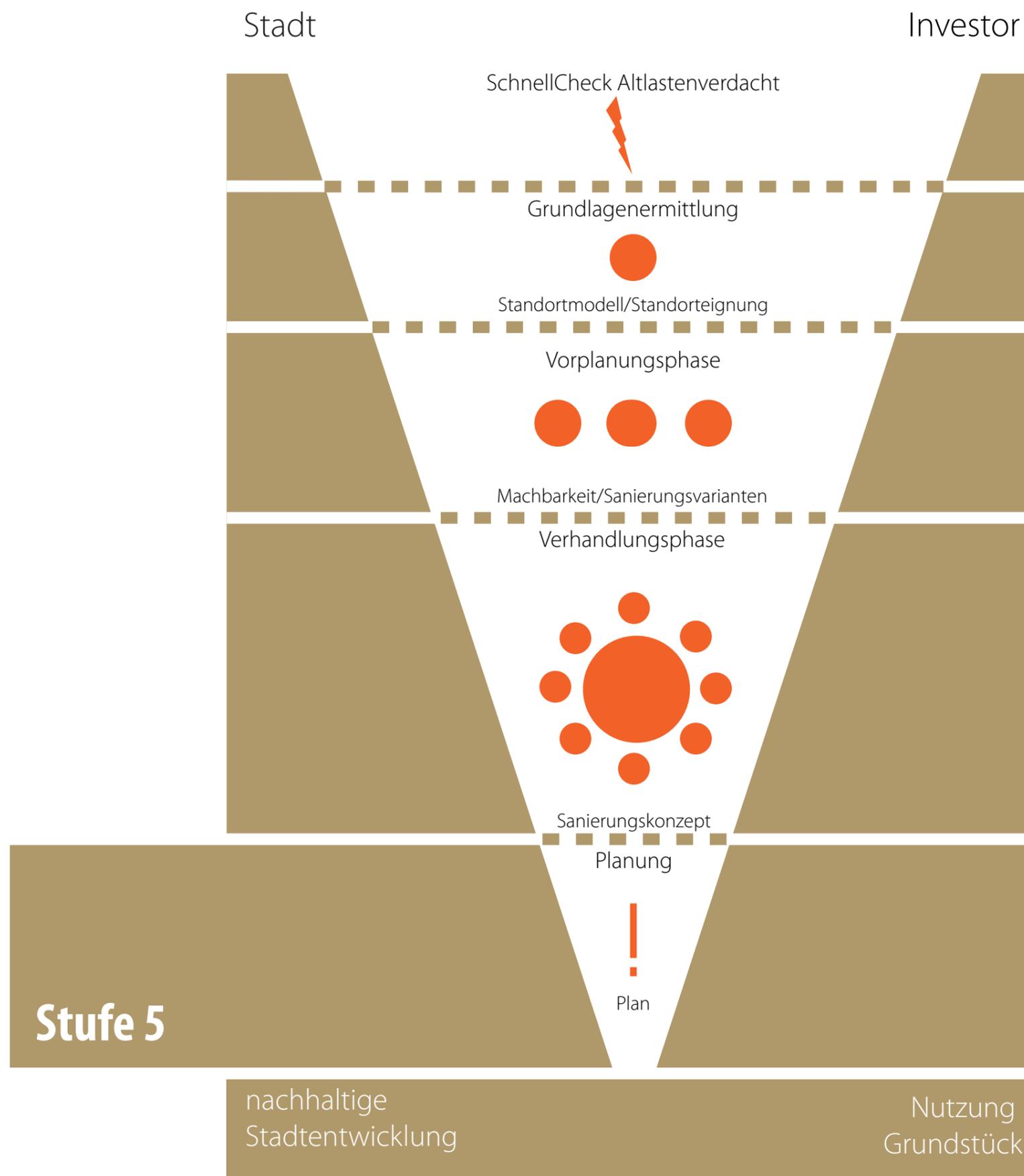
# Stufe 4

# Стадия планирования

На основе договорного соглашения проект может быть рассмотрен во всех деталях, могут проводиться необходимые разрешительные акции, а также использоваться для подготовки строительного осуществления мероприятия. Для санации загрязненных земель в качестве неотъемлемой составной части планирования необходимо осуществить обязательный план санации, инженерно-строительное проектирование и оформление разрешительной документации, а также расчет затрат. При необходимости следует провести первые технические опыты для подготовки мероприятия по санации до начала реализации проекта.

# Planungsstufe

Auf Basis der vertraglichen Vereinbarung kann das Projekt in allen Details durchgeplant und die nötigen genehmigungsrechtlichen Schritte eingeleitet sowie als Vorbereitungen zur baulichen Umsetzung der Maßnahme getroffen werden. Für den Bereich der Altlastensanierung ist als integraler Bestandteil der Planung nunmehr ein verbindlicher Sanierungsplan, eine Ausführungs- und Genehmigungsplanung sowie eine Kostenberechnung durchzuführen. Gegebenenfalls sind erste technische Versuche zur Vorbereitung der Sanierungsmaßnahme durchzuführen, bevor das Vorhaben in die Realisierung geht.



### 7.2 REVVIN-система поиска технологии

#### Методика выбора пригодных технологий санации

Система поиска технологии является инструментарием, с помощью которого можно определить для имеющегося случая загрязненного участка подходящие технологии обработки. При этом на основе установленных критериев выбора из фонда технологий санации определяются наиболее подходящие технологии. Цель заключается в отборе таких технологий, которые оптимально (экологически и экономически) достигают целей санации. Неподходящие технологии должны распознаваться и исключаться из дальнейшего рассмотрения.

#### 1-3-ая ступень выбора по REVVIN-системе поиска технологии

На первой ступени из имеющихся технологий санации следует выбрать все принципиально осуществимые технологии.

Предпосылкой успешного поиска или ограничения технологий, относящихся к конкретному случаю загрязненных участков, является знание определенных общих условий (модель участка). Необходимо провести целый ряд изысканий, чтобы прийти к обоснованному результату. Конечно, REVVIN-система поиска технологии может использоваться также предположительно, в известной степени как игра мысли, когда исполнители могут получить определенные предположения без предварительного поиска.

Для облегчения поиска подходящих технологий санации на первой ступени выбора на трех этапах согласно стандартному опросу критериев исключаются или отбираются возможные технологии (см. страницы 152 - 158:

## 7.2 REVVIN-Technologie-Finder

### Methodik für die Auswahl geeigneter

#### Sanierungstechnologien

Der Technologie-Finder (siehe Seiten 153 - 159) ist ein Instrumentarium, mit dessen Hilfe für einen vorliegenden Altlastenfall geeignete Technologien zu dessen Bearbeitung bestimmt werden können. Dabei werden anhand festgelegter Auswahlkriterien aus einem Fundus von Sanierungstechnologien grundsätzlich geeignete Technologien sondiert. Ziel ist die Selektion solcher Technologien, die die Sanierungsziele optimal (ökologisch und ökonomisch) erreichen. Ungeeignete Technologien müssen erkannt und aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden.

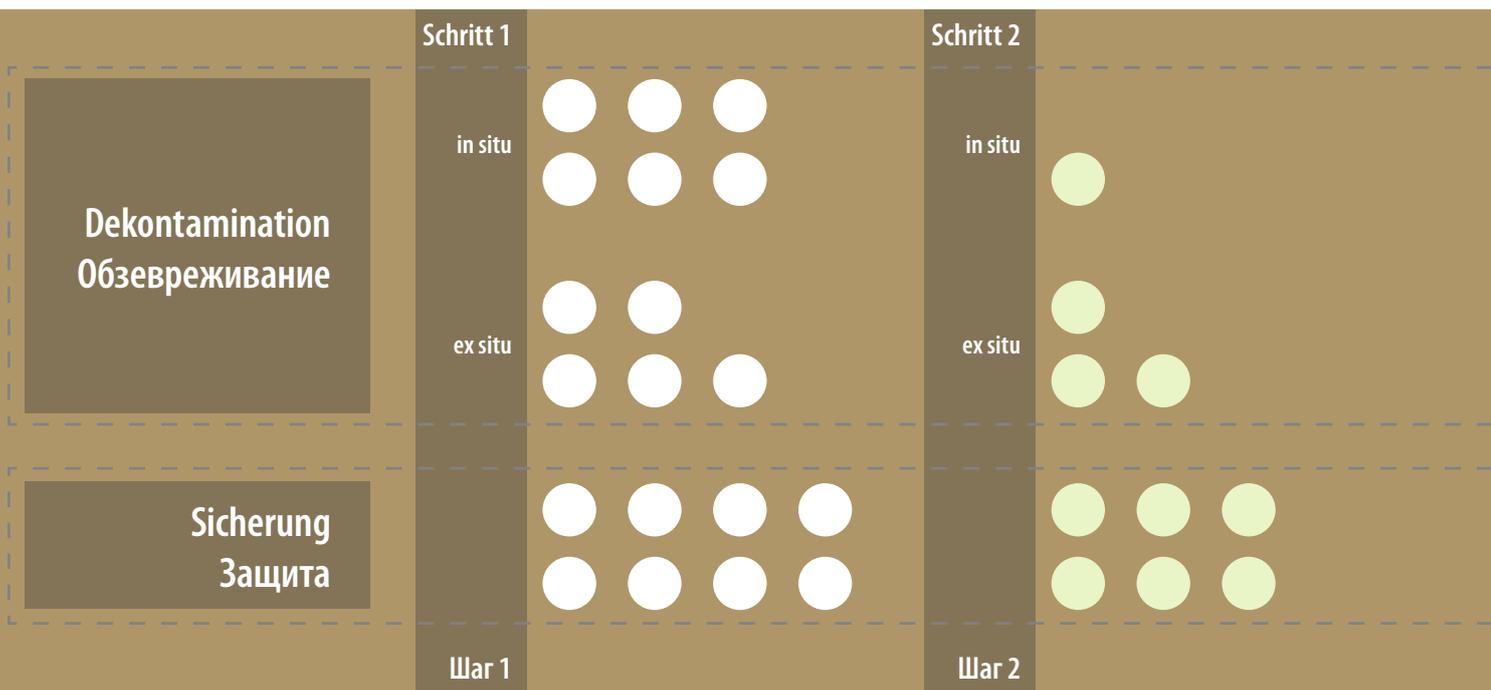
### Auswahlschritte 1 - 3 des REVVIN-Technologie-Finders

Im ersten Auswahlschritt sind von den verfügbaren Sanierungstechnologien sämtliche grundsätzlich machbaren Technologien auszuwählen.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Suche bzw. Eingrenzung der für einen Altlastenfall relevanten Technologien ist die Kenntnis bestimmter Rahmenbedingungen (Standortmodell). Es müssen eine Reihe von Erkundungen durchgeführt worden sein, um zu einem fundierten Ergebnis zu kommen. Natürlich kann der REVVIN-Technologie-Finder auch hypothetisch, gewissermaßen als Gedankenspiel, verwendet werden, in dem von den Bearbeitern bestimmte Annahmen ohne vorherige Recherche getroffen werden können.

Um die Suche nach geeigneten Sanierungstechnologien zu erleichtern, werden in der ersten Auswahlstufe in drei Schritten über eine standardisierte Abfrage von Kriterien mögliche Technologien ausgeschlossen bzw. in die engere Wahl genommen (siehe Seiten 153 - 159):

## Схематический выбор технологий санации



### 1-й шаг выбора

Размер загрязнения относительно окружающей среды - почвы, грунтовых вод и почвенного воздуха,- а также положение источника вредных веществ относительно участка и окружающей среды

### 2-й шаг выбора

Свойства грунта согласно DIN 18196 (различие по категориям: крупнозернистый (коэффициент проницаемости  $k_f = 10^{-4} - 10^{-2}$  м/с); разнотернистый ( $k_f = 10^{-6} - 10^{-4}$  м/с); мелкозернистый ( $k_f = 10^{-8} - 10^{-6}$  м/с); биогенный/органический; изменчивая полутвердая порода; твердая каменная порода (с трещинами))

### 3-й шаг выбора

Вид вредных веществ (биогенные/органические)

Ко всем технологиям санации, приведенным в таблице, используются определения по применению технологии исключительно применительно к данному критерию как «возможное» (+), «условно возможное» (o)\*, «невозможное» (-) или при определенных предпосылках вообще «неактуальное» (NR).

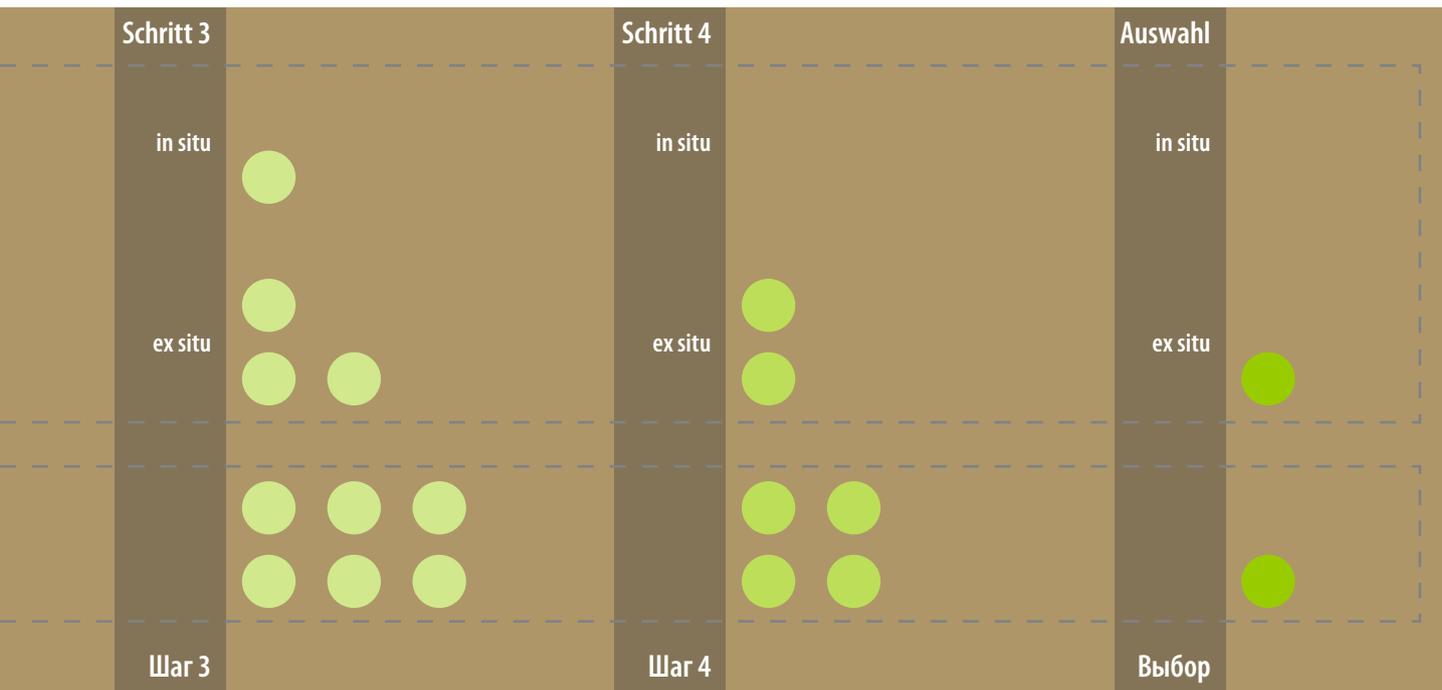
*\*При этом критерий «условно возможно» (o) избран в особенности тогда, например если в литературе найдены различные указания о пригодности технологии.*

При помощи ограничения возможных технологий решение об использовании конкретных технологий еще не принимается. Но здесь можно получить представление об ожидаемых технических, финансовых и временных затратах. Эти сведения особенно важны на фазе предварительного планирования REVVIN-руководства, когда эти расходы рассматриваются и оцениваются относительно общих затрат проекта.

Финансовые и экономические критерии при предварительном выборе не являются критерием оценки. Следует учитывать следующие аспекты:

- пригодность относительно вредных веществ, почвы, материала и места,
- пригодность по отношению к путям воздействия,
- выполнение предварительных целей санации,
- техническая осуществимость,
- пригодность в качестве комбинации техника/метод
- возможность получения разрешения
- согласование использования участка.

## Schematische Auswahl von Sanierungstechnologien



### 1. Auswahlsschritt

Ausmaß der Kontamination, bezogen auf die Medien Boden, Grundwasser und Bodenluft sowie Lage der Schadstoffquelle, bezogen auf den Standort und die Umgebung

### 2. Auswahlsschritt

Untergrundbeschaffenheit nach DIN 18196 (Unterscheidung in die Kategorien: grobkörnig ( $k_f = 10^{-4} - 10^{-2}$  m/s); gemischtkörnig ( $k_f = 10^{-6} - 10^{-4}$  m/s); feinkörnig ( $k_f = 10^{-8} - 10^{-6}$  m/s); organogen/organisch; veränderliches Halbfestgestein; Festgestein (geklüftet))

### 3. Auswahlsschritt

Art des Schadstoffe (anorganisch/organisch)

Zu sämtlichen in der Tabelle aufgeführten Sanierungstechnologien sind Festlegungen getroffen worden, ob der Einsatz der Technologie ausschließlich im Hinblick das jeweilige Kriterium „möglich“ (+), „bedingt möglich“ (o)\*, „nicht möglich“ (-) oder unter bestimmten Voraussetzungen überhaupt „nicht relevant“ (NR) ist.

Mit der Eingrenzung der möglichen Technologien ist noch keine Entschei-

dung darüber getroffen, welche für einen Einsatz in Betracht kommen. Wohl aber kann hiermit ein Eindruck davon gewonnen werden, welcher Aufwand technisch, finanziell, zeitlich zu erwarten ist. Diese Aussagen sind besonders in der Vorplanungsstufe des REVVIN-Leitfadens (siehe Seite 133) relevant, wenn dieser Aufwand in Relation zum Gesamtaufwand des Vorhabens betrachtet und abgeschätzt wird.

Finanzielle und wirtschaftliche Kriterien stellen bei der Vorauswahl kein Beurteilungskriterium dar. Zu bedenken sind insgesamt folgende Aspekte:

- schadstoff-, boden-, material- und standortspezifische Eignung
- wirkungspfadspezifische Eignung
- Erfüllung der vorläufigen Sanierungsziele
- technische Durchführbarkeit
- Eignung als Technik-/Verfahrenskombination
- Genehmigungsfähigkeit
- Abstimmung mit der Standortnutzung

Die Vorauswahl grundsätzlich geeigneter Sanierungstechnologien ist auf die künftige planungsrechtlich zulässige Standortnutzung auszurichten.

*\*dabei ist das Kriterium „bedingt möglich“ (o) insbesondere dann gewählt worden, wenn z.B. in der Literatur unterschiedliche Aussagen zur Eignung der Technologie gefunden wurden.*

Предварительный выбор принципиально подходящих технологий санации следует связывать с будущим запланированным правовым использованием участка. Вероятно, следует комбинировать несколько технологий для различных вариантов.

Влияние строительных мероприятий, необходимых для последующего использования, учитывается при разработке вариантов санации. На данном рабочем этапе проверяется, возможна ли санация с помощью выбранной технологии, например, посредством инженерно-строительных изменений или дополнительных мероприятий. Также самое действительно для совместимости вариантов санации с запланированной концепцией застройки.

#### 4-й шаг выбора

На второй ступени осуществляется оценка только тех технологий санации, которые выполняют предварительные цели санации. Только теперь включаются «мягкие» критерии в процессе выбора: продолжительность, затраты, эффективность, последствия для окружающей среды, охрана окружающей среды, длительность мероприятия/затраты на мониторинг, одобрение общественности.

Этот этап выбора требует «креативного» обращения с технологиями. Цель заключается в разработке вариантов санации из фонда «возможных» и «условно возможных» технологий в комбинации из различных технологий обеззараживания и обеспечения безопасности, которые целесообразны для конкретного случая нанесения ущерба и согласованы с другими целями планирования (использование, городское строительство, свободное пространство и т.д.). Поэтому данные варианты санации могут обсуждаться только в общей связи с проектом (фаза проведения переговоров в REVVIN-руководстве).

Ggf. sind mehrere Technologien zu verschiedenen Varianten zu kombinieren.

Der Einfluss der für die Folgenutzung erforderlichen Baumaßnahmen wird bei der Entwicklung der Sanierungsvarianten berücksichtigt. In diesem Arbeitsschritt wird geprüft, ob z.B. durch bautechnische Änderungen bzw. Zusatzmaßnahmen eine Sanierung mit der ausgewählten Technologie möglich ist. Gleiches gilt für die Kompatibilität der Sanierungsvariante mit einem geplanten Bebauungskonzept.

#### **4. Auswahlschritt**

Hier erfolgt eine Bewertung nur für die Sanierungstechnologien, die die vorläufigen Sanierungsziele erfüllen. Jetzt erst werden „weiche“ Auswahlkriterien in den Auswahlprozess mit eingeschlossen: Dauer, Kosten, Wirkungsgrad, Konsequenzen für die Umwelt, Umgebungsschutz, Aufwand Monitoring, Akzeptanz Öffentlichkeit.

Dieser Auswahlschritt verlangt einen „kreativen“ Umgang mit den Technologien. Ziel ist es, aus dem Fundus „möglicher“ und „bedingt möglicher“ Technologien Sanierungsvarianten in der Kombination aus unterschiedlichen Dekontaminations- und Sicherungstechnologien zu entwerfen, die für den konkreten Schadensfall, und abgestimmt auf die anderen Planungsziele (Nutzung, Städtebau, Freiraum etc.), einen sinnvollen Beitrag leisten. Diese Sanierungsvarianten können daher nur im Gesamtzusammenhang des Projektes verhandelt werden (Verhandlungsstufe im REVVIN-Leitfaden).

Es empfiehlt sich der Einsatz einer Matrix, in der die unterschiedlichen Sanierungsvarianten, bezogen auf die genannten, von den Akteuren einver-



## 1 - 2

*Примеры типичных промплощадок с подозрением на загрязнение и с потенциалом для ревитализации на севере С.Петербурга*

Рекомендуется использование матрицы, в которой противопоставляются различные варианты санации относительно названных, согласованных действующими лицами критериев. В частности, следует учитывать следующие критерии:

- Надежность предусмотренной технологии санации должна обеспечиваться на возможно высоком уровне и с возможно меньшими техническими затратами во время мероприятия санации.
- Так как могут появиться непредусмотренные изменения профиля вредных веществ и условий грунта, следует дать оценку гибкости метода санации при адаптации к изменившимся предельным условиям, относительно вредных веществ, свойств почвы и материала.
- С помощью критерия оценки уровня развития следует оценить соответствующий технический уровень (лабораторный уровень, пилотная установка, состояние техники, количество имеющих отношение к объекту характеристик) технологии санации. Использование инновационных технологий возможно, но все-таки

необходимы данные по поводу технической реализуемости.

- Продолжительность общей санации участка может быть значительной при наличии споров относительно предписанных значений по времени для последующей эксплуатации.
- Критерий потребности инфраструктуры и площади важен, прежде всего, при мероприятиях on site, если в одном из рассматриваемых сценариев недостаточный уровень инфраструктуры на участке и не хватает площадей для использования отдельных технологий санации, это привело бы к значительным ограничениям хода строительства.
- В зависимости от сценария санации во время и после санации могут появляться ограничения по использованию для владельцев земельных участков, арендаторов, жителей или будущего инвестора, причем следует оценить ограничения на использование, предусмотренные в сценарии санации относительно объема ограничения.
- Необходимо оценить потребность в координации для безупречного



nehmlich zu gewichtenden Kriterien, gegenüber gestellt werden. Im Einzelnen sind folgende allgemeine Punkte zu beachten:

- Die Zuverlässigkeit der vorgesehenen Sanierungstechnologie soll möglichst hoch sein und mit einem möglichst geringen technischen Aufwand während der Sanierungsmaßnahme gewährleistet werden.
- Da unvorhersehbare Veränderungen des Schadstoffprofils und der Untergrundverhältnisse auftreten können, ist die Flexibilität der Sanierungstechnologien in der Anpassung an veränderte Randbedingungen, bezogen auf Schadstoffe, Boden- und Materialeigenschaften, zu bewerten.
- Der jeweilige technische Entwicklungsstand der Sanierungstechnologie (Technikumsmaßstab, Pilotanlage, Stand der Technik, Anzahl objektrelevanter Referenzen) ist zu berücksichtigen. Der Einsatz innovativer Techniken ist möglich, jedoch sind Aussagen zur technischen Umsetzbarkeit zu machen.
- Die zeitliche Umsetzung der Gesamtsanierung, bezogen auf den Standort, kann relevant sein, wenn Konflikte bezüglich zeitlicher Vorgaben für die Nachnutzung auftreten.
- Die benötigte Infrastruktur bzw. der Flächenbedarf ist vor allem bei on-site-Maßnahmen relevant, wenn bei einem zu bewertenden Szenario die am Standort verfügbaren Infrastruktureinrichtungen und Flächen zur Umsetzung der einzelnen Sanierungsverfahren nicht ausreichen und es zu erheblichen Einschränkungen im Bauablauf kommen würde.
- In Abhängigkeit vom Sanierungsszenario können sich während und nach der Sanierung Nutzungseinschränkungen für den Grundstückseigentümer, den Pächter, Bewohner oder zukünftigen Investor ergeben, wobei die im Sanierungsszenario vorgesehenen Nutzungseinschränkungen, bezogen auf das Ausmaß der Einschränkung, zu bewerten sind.
- Der Koordinierungsbedarf für einen reibungsfreien Sanierungsablauf ist nach dem notwendigen Aufwand zu bewerten.
- Generell sind die Anforderungen des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich der Aufwand für notwendige Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Beschäftigten und Anwohner.

#### 1 - 2

*Beispiele für typische Industriebrachen mit Altlastenverdacht und Revitalisierungspotenzial im Norden von St. Petersburg*



## 1 -2

*Площадки для развития  
с подозрением на  
загрязнение*

процесса санации с учетом необходимых затрат.

- Принципиально следует учитывать требования по охране труда. Сюда также относятся расходы по принятию необходимых охранных мер для обеспечения безопасности работников и местных жителей.
- Следует оценить возможность получения разрешений для вариантов уполномоченным органом власти прежде всего относительно плана санации согласно § 13 абз. 6 BBodSchG. Сюда включаются все сопроводительные лицензии.

Оценку вариантов санации относительно воздействия на окружающую среду следует предпринимать согласно следующим критериям:

- Оценку возникновения подлежащих утилизации сточных вод и отходов можно предпринимать, например, с учетом имеющегося количества, качества отходов (инертные отходы, бытовой мусор, спецотходы) и/или возможностей утилизации.
- В случае устранения вредного вещества с территории следует учитывать § 5 (2) KrW-/AbfG (приоритетность использования перед складированием). Согласно § 5 (4) KrW-/AbfG следует выполнять обязанность оценки отходов, если это технически возможно и экономически приемлемо. В рамках профессиональной оценки вариантов санации следует, как правило, оценивать выше обезвреживание загрязненных материалов с последующей переработкой по сравнению с размещением в хранилище (складирование).
- Для критерия оценки эмиссий следует проверить, в какой мере посредством метода следует считаться с эмиссиями (отрабо-



- Die Genehmigungsfähigkeit der Variante durch die zuständige Behörde ist insbesondere, bezogen auf einen Sanierungsplan nach § 13 Abs. 6 BBodSchG, zu bewerten. Dies schließt alle begleitenden Genehmigungen mit ein.

Die Bewertung der Sanierungsvarianten bezüglich der Konsequenzen für die Umwelt und den Umgebungsschutz ist nach folgenden Punkten vorzunehmen:

- Die Beurteilung der Entstehung von entsorgungsbedürftigen Abwässern und Abfällen kann z.B. nach anfallenden Mengen, Qualität der Abfälle (Inert-Abfälle, Hausmüll, Sondermüll) und/oder Entsorgungsmöglichkeiten vorgenommen werden.
- Im Fall einer Beseitigung des Schadstoffes vom Standort ist § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG (Vorrang der Verwertung vor der Beseitigung) zu beachten. Gemäß § 5 Abs. 4 KrW-/AbfG ist die Pflicht zur Verwertung von Abfällen einzuhalten, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Im Rahmen der fachlichen Bewertung der Sanierungsvarianten ist i.d.R. die Dekontamination der belasteten Materialien mit anschließender Verwertung gegenüber der Deponierung (Beseitigung) höher zu bewerten.
- Bezogen auf die Emissionen ist zu prüfen, inwieweit durch die Verfahren mit Emissionen (Abgas, Dampf, Staub, Abwasser, Geruch, Lärm, Erschütterungen) zu rechnen ist. Dabei sind Menge bzw. Intensität

1 - 2

*Entwicklungsflächen  
mit Altlastenverdacht*



## 1 - 2

*Площадки для развития  
с подозрением на  
загрязнение*

таные газы, пар, пыль, сточные воды, запах, шум, вибрации). При этом следует оценить количество или интенсивность, а также продолжительность. Если, к примеру, в рамках вариантов санации используются мероприятия по санации грунтовых вод, понижение уровня грунтовых вод для водоотлива при выемке почвы, метод промывки *in situ* или термический метод, то следует оценить ожидаемые последствия для почвы и водных ресурсов.

По группе критериев длительности оценивается продолжительная эффективность вариантов. Далее приведены критерии оценки и возможные средства оценки:

- По предъявляемым требованиям к вариантам санации можно проверить успех санации. Прежде всего, при проведении мероприятий безопасности является значимым контроль эффективности. В связи с тем, что должна принципиально предоставляться возможность проверки/контроля, у этого критерия оцениваются издержки (низкие, умеренные, высокие).
- Решающим моментом для пригод-

ности меры безопасности является долговременное прерывание пути воздействия на предметы охраны, т.е. длительная блокировка распространения вредных веществ. Долговечность относится вследствие этого к прерыванию распространения вредных веществ и включает фазу контроля и последующую восстанавливаемость. Оценка осуществляется в единицах времени.

- Защитные сооружения подлежат обусловленным временем процессам изменений, которые могут быть связаны с ослаблением защитного действия в смысле предотвращения распространения вредных веществ. Поэтому выдвигается требование необходимости возможной восстанавливаемости защитного действия и в последующем периоде. Можно оценивать, например, издержки.
- Для оценки потенциала опасности оставшихся вредных веществ следует образовать категории по количеству и виду оставшихся загрязнений.



sowie die Dauer zu beurteilen. Kommen beispielsweise im Rahmen der Sanierungsvariante Grundwassersanierungsmaßnahmen, Grundwasserabsenkungen zur Wasserhaltung beim Bodenaushub, in situ-Spülverfahren oder thermische Verfahren zum Einsatz, so sind zu erwartende Folgen für Boden und Gewässer zu beurteilen.

Über die Kriteriengruppen Wirkungsgrad sowie Aufwand Monitoring wird die dauerhafte Wirksamkeit der Varianten bewertet:

- Eine Anforderung an Sanierungsvarianten ist die Überprüfbarkeit des Sanierungserfolges. Vor allem bei Sicherungsmaßnahmen ist die Überwachung der Wirksamkeit bedeutsam. Da die Möglichkeit der Überprüfbarkeit/Überwachung grundsätzlich gegeben sein muss, wird hier der Aufwand bewertet (niedrig, mittel, hoch).
- Maßgebend für die Eignung einer Sicherungsmaßnahme ist die langfristige Unterbrechung der Wirkungspfade zu den Schutzgütern, d.h. die dauerhafte Unterbindung der Schadstoffausbreitung. Die Dauerhaftigkeit bezieht sich demzufolge auf die Unterbindung der Schadstoffausbreitung und schließt die Überwachungsphase und nachträgliche Wiederherstellbarkeit ein. Die Bewertung erfolgt in Zeiteinheiten.
- Sicherungsbauwerke unterliegen grundsätzlich zeitlich bedingten Veränderungsprozessen, die mit einem Nachlassen der Sicherungswirkung im Sinne der Verhinderung der Schadstoffausbreitung verbunden sein können. Deshalb wird gefordert, dass die Wiederherstellbarkeit der Sicherungswirkung auch nachträglich möglich sein muss. Bewertet werden kann z.B. der Aufwand.
- Zur Bewertung des Gefahrenpotenzials der verbleibenden Schadstoffe sind Kategorien nach Menge und Art der verbleibenden Kontaminationen zu bilden.

1 - 2

*Entwicklungsflächen  
mit Altlastenverdacht*

**1*****Площадки для развития с подозрением на загрязнение***

Необходимо провести оценку расходов для всех вариантов санации. На основе профессиональной оценки, а также оценки расходов необходимо провести анализ пользы и затрат для вариантов санации. Цель заключается в определении технически и экологически пригодных технологий санации при одновременно экономичном и целесообразном использовании финансовых средств.

В частном случае для оценки можно привлекать дополнительные критерии. Их, однако, следует применять, если они актуальны. При оценке общественной и политической приемлемости следует учитывать позицию заинтересованных лиц, собственников, а также представителей общественных требований, например, по охране состояния зданий и сооружений, нарушение интересов третьих лиц из-за увеличившегося объема транспорта, обязанности возмещения убытков, попустительство действия собственников земельных участков, арендаторов или наследственных застройщиков, а также возможность осуществления действия по отношению к ответственному лицу.

Из результатов объединения монетарной и немонетарной оценки следует вывести очередность вариантов.

Eine Kostenschätzung ist für alle Sanierungsvarianten durchzuführen. Auf der Grundlage der fachlichen Bewertung sowie der Kostenschätzung sind für die Sanierungsvarianten Nutzen-Kosten-Betrachtungen durchzuführen. Ziel ist die Ermittlung der technisch und ökologisch geeigneten Sanierungstechnologien bei gleichzeitig sparsamem und zielgerichtetem Einsatz finanzieller Mittel.

Im Einzelfall können zusätzlich weitere Kriterien zur Bewertung herangezogen werden. Diese sind jedoch nur bei Relevanz anzuwenden. Bei der Bewertung der öffentlichen und politischen Akzeptanz sind die Belange und die Verpflichtungen der Betroffenen, Eigentümer sowie Träger öffentlicher Belange zu berücksichtigen. Dies können z.B. Bestandsschutz von Gebäuden und Anlagen, die Beeinträchtigung Dritter durch ein verstärktes Verkehrsaufkommen, Entschädigungspflichten, die Duldung der Maßnahme von Grundstückseigentümern, Pächtern oder Erbbauberechtigten sowie die Durchsetzbarkeit der Maßnahme gegenüber dem Verpflichteten sein.

Aus den Ergebnissen der Verknüpfung der monetären mit der nicht-monetären Bewertung ist eine Rangordnung der Varianten abzuleiten.

1

*Entwicklungsfläche mit  
Altlastenverdacht*

**Шаг 1**

- + Метод санации подходящий, использовать матрицы 2, 3 и при необходимости 4!
- o возможно с ограничениями
- Метод санации не подходит
- NR неактуальное

**Шаг 2**

- + возможно
- o возможно с ограничениями
- Метод санации не подходит
- NR<sup>1</sup> тип почвы имеет влияние только при изъятии
- NR<sup>2</sup> почва не затрагивается
- NR<sup>3</sup> в общем применения нет

**Шаг 3**

- + возможно
- Метод санации не подходит
- o возможно с ограничениями
- NR неактуальное
- NR<sup>1</sup> Выбор метода выемки в общем независим от загрязнений, однако должны учитываться последствия, связанные с охраной труда и охраной окружения.
- NR<sup>2</sup> Выбор уплотняющих элементов в целом независим от загрязнений, однако при выборе должна учитываться устойчивость материала уплотняющего элемента (напр. бетона) по отношению к загрязнениям.

**Шаг 4**

- Сроки санации:
- + короткие
  - o средние
  - долгие
- Затраты на санацию:
- + низкие
  - o средние
  - высокие
- Степень действенности:
- + высокая
  - o средние
  - низкая
- Последствия для окружающей среды:
- + положительные
  - o средние
  - отрицательные
- Защита окружения:
- + высокая
  - o средние
  - низкая
- Затраты на мониторинг:
- + низкие
  - o средние
  - высокие
- Одобрение общественностью:
- + высокое
  - o средние
  - низкое

	Описание	Технологии санации Технологии обработки Строительные технологии	Почвенный воздух		Грунтовая вода		Грунт (>30 см глубины)		Поверхностная почва			
			Источник на соседнем участке	Источник на участке	Источник на соседнем участке	Источник на участке	насыщенный	ненасыщенный				
							на собственном участке					
Деконтаминация  in situ- Технологии обработки	Извлечение фазы продукт	D1-1	Скиммер LNAPL	-	-	+	+	-	-	NR		
		D1-1	Насосы DNAPL	-	-	+	+	-	-	NR		
		D1-2	Реактивные стенки	-	-	+	+	-	-	NR		
		D1-2	Funnel & Gate (Воронка и ворота)	-	-	+	+	-	-	NR		
	Химико-физические методы	D1-3	Окисление (Перманганат, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	-	-	+	+	+	+	+		
		D1-4	Электрокинез/Elektrokinese	-	-	-	-	-	+	+		
			Восстановление	-	-	+	+	+	+	+		
			Санация in situ с термической, Биол. поддержкой	-	-	-	-	+	+	+		
			Метод с поверхностно-активными веществами	-	-	-	+	+	+	+		
			Промывка спиртом	-	-	-	+	+	+	+		
			in-situ промывка почвы	-	-	-	-	+	+	+		
			In-situ промывка почвы под давлением	-	-	-	-	+	+	-		
		Биол. методы	D1-5	Стимулированное биоразложение	+	+	+	+	+	+	-	
			D1-6	Фиторемедиация	-	-	-	-	o	o	+	
Деконтаминация  ex situ- Строительные технологии	Почва	Выемка	D2-1	Выемка экскаватором	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
			D2-2	Бурение большим диаметром	NR	NR	NR	NR	+	+	-	
			D2-3	Обстраивающий ящик	NR	NR	NR	NR	+	+	-	
	Грунтовая вода	Активные методы		Метод литья из форсунки (Soilcrete)	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
			D2-4	Откачка через скважины	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
				Sipp Ex (Отсасывающие скважины)	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
				Глубокие дренажи	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
				Скважины для испарения под пониженным давлением	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
			D2-5	Скважины для циркуляции грунтовых вод	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
	Почвенный воздух	Пассивн.		Дренажи и обезвоживающие каналы	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
			D2-6	Откачка почвенного воздуха	+	+	NR	NR	NR	NR	NR	
	Деконтаминация  ex situ- Методы обработки	Почва	Биол. методы	D3-1	Биологические грядки	NR	NR	NR	NR	+	+	+
				D3-1	Landfarming	NR	NR	NR	NR	-	+	+
					Реакторы	NR	NR	NR	NR	+	+	+
D3-2				Методы промывки (Промывка почв)	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
				Методы экстракции	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
D3-3				Иммобилизация	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
Термические методы		D3-4	Пиролиз	NR	NR	NR	NR	+	+	+		
		D3-5	Сжигание	NR	NR	NR	NR	+	+	+		
		D3-6	Десорбция	NR	NR	NR	NR	+	+	+		
Грунтовая вода		Химико- физические методы		Складирование	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
			D3-7	Использование	NR	NR	NR	NR	+	+	+	
			D3-8	Биологическая очистка	NR	NR	+	+	NR	NR	NR	
	D3-9		Стандартные методы	NR	NR	+	+	NR	NR	NR		
			Окисление O <sub>3</sub> (UV), H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	NR	NR	+	+	NR	NR	NR		
			Ионный обмен	NR	NR	+	+	NR	NR	NR		
Почвенный воздух	Химико- физические методы	D3-10	Экстракция (MPPE)	NR	NR	+	+	NR	NR	NR		
			Обратный осмос/Мембранные методы	NR	NR	+	+	NR	NR	NR		
			Биофильтр	+	+	NR	NR	NR	NR	NR		
		D3-11	Адсорбция (Активированный уголь)	+	+	NR	NR	NR	NR	NR		
			Абсорбция	+	+	NR	NR	NR	NR	NR		
		D3-12	Каталитическое окисление	+	+	NR	NR	NR	NR	NR		
Защита  Строительные технологии	Вертикальные герметичные стенки	S1-1	Разрезные стенки	+	-	+	+	+	+	NR		
			Узкие стенки	+	-	+	+	+	+	NR		
			Шпунтовые стенки	+	-	+	+	+	+	NR		
			Сваевые стенки	+	-	+	+	+	+	NR		
	Поверхностное покрытие	S1-2	Асфальт	-	+	-	-	-	+	+		
			Бетон	-	+	-	-	-	+	+		
			Капиллярное перекрытие	-	-	-	-	-	+	+		
			Минеральное уплотнение с рекультивационным слоем	-	+	-	-	-	+	+		
		S1-3	Уплотнительное покрытие из пластмассы с рекультив. слоем	-	+	-	-	-	+	+		
		S1-4	Квалифицированное покрытие почвой	-	-	-	-	-	+	+		
Покрытие поверх-ности	Уплотне-ние подложки	Иммоби-лизация	NR	NR	NR	NR	+	+	+			
Иммоби-лизация	in situ-Иммобилизация	NR	NR	NR	NR	+	+	+				
Литье из форсунки/Jet-Grouting	NR	NR	NR	NR	-	+	+	+				
Регулиро-вание загр.участка	Надежное захоронение	NR	NR	NR	NR	+	+	+				

Oberboden	Boden (>30 cm Tiefe)		Grundwasser		Bodenluft	
	ungesättigt	gesättigt				
auf eigenem Grundstück			S-Quelle auf Grundstück	S-Quelle in Nachbarschaft	S-Quelle auf Grundstück	S-Quelle in Nachbarschaft
NR	-	-	+	+	-	-
NR	-	-	+	+	-	-
NR	-	-	+	+	-	-
NR	-	-	+	+	-	-
+	+	+	+	+	-	-
+	+	-	-	-	-	-
+	+	+	+	+	-	-
+	+	+	-	-	-	-
+	+	+	+	-	-	-
+	+	+	+	-	-	-
+	+	+	-	-	-	-
-	+	+	-	-	-	-
-	+	+	+	+	+	+
+	o	o	-	-	-	-
+	+	+	NR	NR	NR	NR
-	+	+	NR	NR	NR	NR
-	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	+	+	o	NR	+	+
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	-	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	+	+	NR	NR
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	NR	NR	NR	NR	+	+
NR	+	+	+	+	-	+
NR	+	+	+	+	-	+
NR	+	+	+	+	-	+
NR	+	+	+	+	-	+
+	+	-	-	-	+	-
+	+	-	-	-	+	-
+	+	-	-	-	-	-
+	+	-	-	-	+	-
+	+	-	-	-	+	-
+	+	-	-	-	-	-
+	+	-	-	-	-	-
+	+	+	NR	NR	NR	NR
+	+	+	NR	NR	NR	NR

Грунт (DIN 18196)					
Плотная каменная порода (стрещинами)	изменчивая полуплотная порода	биогенный/ органический	насыщенный ( $k_f = 10^{-8}$ bis $10^{-6}$ M/c)	ненасыщенный ( $k_f = 10^{-6}$ bis $10^{-4}$ M/c)	почва ( $k_f = 10^{-4}$ bis $10^{-2}$ M/c)
o	o	o	o	+	+
o	o	o	o	+	+
+	+	o	+	+	+
+	+	o	+	+	+
o	-	-	o	+	+
-	-	-	+	o	-
o	-	-	o	+	o
o	o	o	+	+	+
o	-	-	o	+	o
o	-	-	o	+	o
o	-	-	o	+	+
o	-	-	o	+	+
o	-	-	o	+	+
o	-	-	o	+	+
-	-	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	o	+	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
o	o	-	-	+	+
+	o	o	+	+	+
o	-	-	-	+	+
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	o	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	o	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	o	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	o	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	o	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	o	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	o	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	o	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	+	+	+	+
NR <sup>3</sup>	NR <sup>3</sup>	o	+	+	+
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>	NR <sup>1</sup>
o	o	+	+	+	+
-	-	+	+	+	o
-	-	+	+	+	+
-	o	+	+	+	+
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>	NR <sup>2</sup>
-	-	-	o	+	+
-	-	-	-	-	o
-	+	+	+	+	+







Шаг 1

Шаг 2

Шаг 3

Шаг 4

Одобрение общественностью	Затраты на мониторинг	Охрана окружающей среды	Последствия для окружающей среды	Эффективность	Санации-	
					затраты	продолжительность
+	0	+	+	+	+	0
+	0	+	+	+	+	0
0	0	+	0	0	-	-
0	0	+	0	0	0	0
0	0	+	+	+	0	0
0	0	+	+	0	0	-
0	0	+	+	0	0	-
+	0	+	+	0	0	-
0	0	+	+	0	0	-
+	0	+	0	0	0	-
+	0	+	0	+	0	+
+	0	+	0	+	0	+
0	0	+	+	0	+	0
0	0	+	+	-	+	-
+	+	0	0	+	0	+
0	+	0	0	+	-	+
+	+	0	0	+	0	+
0	+	0	0	+	-	+
+	+	+	+	0	0	0
+	+	+	+	0	+	0
+	+	+	+	0	0	0
+	+	+	+	0	0	0
+	+	+	+	+	0	0
+	+	+	+	0	0	0
+	+	+	+	0	+	0
+	0	+	0	0	0	-
+	0	+	0	+	0	0
+	0	+	0	0	0	0
0	0	0	0	0	+	0
+	+	0	0	+	+	0
+	+	0	0	+	+	0
+	+	+	+	+	+	0
+	+	+	+	0	0	+
+	+	+	+	+	0	+
0	+	0	0	0	0	0
+	+	+	+	+	-	+
+	+	+	+	+	-	+
+	+	+	+	0	0	+
+	+	0	0	0	-	+
+	+	0	0	+	+	+
+	+	+	+	+	+	-
+	+	+	+	+	0	+
+	+	+	+	+	0	+
+	+	+	+	0	0	+
+	+	+	+	0	0	+
+	+	+	+	0	0	+
+	+	+	+	0	0	+
+	0	+	0	0	0	0
+	0	+	+	+	0	0
+	0	+	+	0	0	0
+	0	+	+	+	0	0
0	-	+	0	+	0	+
0	-	+	0	+	0	+
0	-	+	0	+	+	+
0	-	+	0	0	-	+
0	-	+	0	0	+	+
0	-	+	0	+	+	+
0	-	+	+	0	0	+
0	-	+	+	0	+	+
0	-	+	+	+	0	+
0	-	+	+	+	+	+
0	-	+	0	0	0	0
0	-	+	0	0	0	0
0	-	0	0	0	+	+

Sanierungs-		Wirkungsgrad	Konsequenzen für die Umwelt	Umgebungs-schutz	Aufwand Monitoring	Akzeptanz Öffentlichkeit	Sanierungstechnologie Behandlungstechnologie Bauverfahren	Steck-brief		
dauer	kosten									
o	+	+	+	+	o	+	Skimmer LNAPL	D1-1	Rückgewinnung von Produktphase	Dekontamination
o	+	+	+	+	o	+	Pumpen DNAPL	D1-1		
-	-	o	o	+	o	o	Reaktive Wände	D1-2		
o	o	o	o	+	o	o	Funnel & Gate	D1-2		
o	o	+	+	+	o	o	Oxidation (Permanganat, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	D1-3		
-	o	o	+	+	o	o	Elektrokinese	D1-4		
-	o	o	+	+	o	o	Reduktion (Nanoeisen, Grünsalz)			
-	o	o	+	+	o	+	Thermisch unterstützte biolog. in situ-San.			
-	o	o	+	+	o	o	Tensidverfahren			
-	o	o	o	+	o	+	Alkoholspülung			
+	o	+	o	+	o	+	in situ-Bodenspülung			
+	o	+	o	+	o	+	in situ-Hochdruck-Bodenwäsche			
o	+	o	+	+	o	o	Enhanced Biodegradation	D1-5		
-	+	-	+	+	o	o	Phytoremediation	D1-6		
+	o	+	o	o	+	+	Baggeraushub	D2-1		
+	-	+	o	o	+	o	Großbohrpfähle	D2-2		
+	o	+	o	o	+	+	Senkkästen	D2-3		
+	-	+	o	o	+	o	Jetförderung (z. B. Soilcrete)			
o	o	o	+	+	+	+	Brunnenförderung	D2-4		
o	+	o	+	+	+	+	Slipp Ex (Sauglanzen)			
o	o	o	+	+	+	+	Tiefendrainage			
o	o	+	+	+	+	+	Unterdruckverdampferbrunnen			
o	o	o	+	+	+	+	Grundwasserzirkulationsbrunnen	D2-5		
o	+	o	o	+	+	+	Drainage- und Entwässerungskanäle	pass. Entnahme		
-	o	o	o	+	o	+	Bodenluftabsaugung	D2-6		
o	o	+	o	+	o	+	thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung	D2-7		
o	o	o	o	+	o	+	Airsparging			
o	+	o	o	o	o	o	Entgasungsgräben, -schächte, Flächenfilter	pass. Entnahme		
o	+	+	o	o	+	+	Mieten (statisch, dynamisch)	D3-1		
o	+	+	o	o	+	+	Landfarming	D3-1		
o	+	+	+	+	+	+	Reaktoren			
+	o	o	+	+	+	+	Spülverfahren (Bodenwäsche)	D3-2		
+	o	+	+	+	+	+	Extraktionsverfahren			
o	o	o	o	o	+	o	Immobilisierung	D3-3		
+	-	+	+	+	+	+	Pyrolyse (Verschmelzung)	D3-4		
+	-	+	+	+	+	+	Verbrennung	D3-5		
+	o	o	+	+	+	+	Desorption	D3-6		
+	-	o	o	o	+	+	Deponierung			
+	+	+	o	o	+	+	Verwertung	D3-7		
-	+	+	+	+	+	+	Biologische Reinigung	D3-8		
+	o	+	+	+	+	+	Standard-Verfahren	D3-9		
+	o	+	+	+	+	+	Oxidation O <sub>3</sub> (UV), H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			
+	o	o	+	+	+	+	Ionentauscher			
+	o	o	+	+	+	+	Extraktion (MPPE)	D3-10		
+	o	o	+	+	+	+	Umkehrosmose/Membranverfahren			
o	o	o	o	+	o	+	Biofilter	biol. Verfahren		
o	o	+	+	+	o	+	Adsorption (Aktivkohle)	D3-11		
o	o	o	+	+	o	+	Absorption			
o	o	+	+	+	o	+	katalytische Oxidation	D3-12		
+	o	+	o	+	-	o	Schlitzwände	S1-1		
+	o	+	o	+	-	o	Schmalwände			
+	+	+	o	+	-	o	Spundwände			
+	-	o	o	+	-	o	Bohrpfahlwände			
+	+	o	o	+	-	o	Asphalt	S1-2		
+	+	+	o	+	-	o	Beton			
+	o	o	+	+	-	o	Kapillarsperre			
+	+	o	+	+	-	o	mineral. Dichtung mit Rekultivierungsschicht			
+	o	+	+	+	-	o	Kunststoffdichtungsbahn mit Rekult.-schicht	S1-3		
+	+	+	+	+	-	o	qualifizierte Erdabdeckung	S1-4		
o	o	o	o	+	-	o	Jet-Grouting			
o	o	o	o	+	-	o	in situ-Immobilisierung			
+	+	o	o	o	-	o	Gesicherte Endlagerung	S1-5		

Schritt 1

- + Sanierungsverfahren geeignet, Matrizes 2, 3 und ggf. 4 anwenden!
- o bedingt möglich
- Sanierungsverfahren nicht geeignet
- NR nicht relevant, nicht zutreffend

Schritt 2

- + möglich
- o bedingt möglich
- Sanierungsverfahren nicht geeignet
- NR<sup>1</sup> die Bodenart hat nur bei der Entnahme Einfluss.
- NR<sup>2</sup> kein Eingriff in den Boden
- NR<sup>3</sup> im Allgemeinen keine Anwendung

Schritt 3

- + möglich
- o bedingt möglich
- nicht möglich
- NR nicht relevant
- NR<sup>1</sup> Die Wahl des Entnahmeverfahrens ist im Allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es sind jedoch Konsequenzen hinsichtlich Arbeitsschutz und Umgebungsschutz zu beachten.
- NR<sup>2</sup> Die Wahl des Dichtungselements ist im Allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es ist jedoch bei der Auswahl des Werkstoffs des Dichtungselements (z.B. Beton) auf die Resistenz/Langzeitstabilität bei den angetroffenen Schadstoffen zu achten.

Schritt 4

Sanierungsdauer:

- + kurz
- o mittel
- lang

Sanierungskosten:

- + niedrig
- o mittel
- hoch

Wirkungsgrad:

- + hoch
- o mittel
- gering

Konsequenzen für Umwelt:

- + positiv
- o mittel
- negativ

Umgebungsschutz:

- + hoch
- o mittel
- gering

Aufwand Monitoring:

- + niedrig
- o mittel
- hoch

Akzeptanz Öffentlichkeit:

- + groß
- o mittel
- gering

### 7.3 Показательный пример:

#### Химическое производство

#### Историческое развитие

Данный пример описывает объект в Гамбурге-Морфлит, на котором с 1923 года производились химические вещества.

Сначала производились опиумные алкалоиды в качестве основы лекарственных средств, после второй мировой войны началось производство химического средства защиты растений линдан (Гексахлороциклогексан. Из отходов производства синтезировался трихлорфенол, который служил основой для производства гербицида Т-кислоты.

В 1955 г. производство Т-кислоты прекратилось, после чего стало известно, что здесь в качестве побочного продукта скапливался 2,3,7,8-TCDD - самый ядовитый из всех диоксидов - и вызывал заболевания рабочих. В 1957 г. производство Т-кислоты снова было начато по новой, не вызывающей сомнений технологии.

В 1984 году производство на территории было остановлено.

#### Ситуация с загрязнениями

В 1985 и 1986 гг. на территории завода, а также в ближайших окрестностях были проведены обширные исследования почвы и грунтовых вод. Исследования показали, что наряду с производственным оборудованием также и почва местами сильно загрязнена хлорорганическими соединениями, такими как хлорбензол, хлорфенол, гексахлоран, а также хлорированные дибензодиоксины и дибензофураны. В некоторых точках в глубине грунта были обнаружены вредные вещества в виде фазы. Были также обнаружены загрязнения почвы в незначительном объеме за пределами территории завода.

Большая часть вредных веществ распространилась с грунтовыми водами. Установленный шлейф вредных веществ выходит до 1.000 м за границы завода. Кроме того, вредные вещества были обнаружены в осадке прилегающего канала Морфлит.

### 7.3 Fallbeispiel: Chemiestandort

#### Historische Entwicklung

Bei dem Fallbeispiel handelt es sich um einen Standort in Hamburg-Moorfleet, auf dem ab 1923 Chemikalien produziert wurden.

Anfänglich wurden Opiumalkaloide als Arzneimittelgrundlage hergestellt, nach dem 2. Weltkrieg begann die Produktion die Produktion des Insektizids Lindan (Hexachlorcyclohexan). Aus den Abfallprodukten dieser Produktion wurde Trichlorphenol hergestellt, das als Ausgangsstoff für die Produktion des Herbizides T-Säure diente.

1955 stoppte die Firma die T-Säure-Produktion, nachdem bekannt wurde, dass hierbei mit 2,3,7,8-TCDD das giftigste aller Dioxine als Nebenprodukt anfällt und bei einer Explosion zu Erkrankungen bei den Arbeitern geführt hatte. 1957 wurde die T-Säure-Produktion mit einem neuen, als unbedenklich geltenden Verfahren wieder aufgenommen.

1984 wurde der Betrieb auf dem Werksgelände eingestellt.

#### Altlastensituation

In den Jahren 1985 und 1986 wurden auf dem Werksgelände sowie in dessen näheren Umfeld umfassende Untersuchungen des Bodens und des Grundwasser durchgeführt. Die Untersuchungen ergaben, dass neben den Betriebsanlagen auch der Boden stellenweise massiv durch chlororganische Verbindungen wie Chlorbenzole, Chlorphenole, HCH sowie chlorierte Dibenzodioxine und -furane belastet war. An mehreren Punkten wurden im tieferen Erdreich Schadstoffe „in Phase“ festgestellt. In geringem Umfang waren Bodenverunreinigungen auch außerhalb des Werksgeländes nachgewiesen worden.

Eine größere Ausbreitung von Schadstoffen hatte mit dem Grundwasser stattgefunden. Die ermittelte Schadstofffahne reichte bis etwa 1.000 m über die Werks Grenzen hinaus. Außerdem waren Schadstoffe im Sediment des angrenzenden Moorfleeter Kanals festgestellt worden.



*Рисунки к показательному примеру*

**1**

*Участок перед началом мероприятий санации*

**2**

*Начало подготовки санации*

#### **Выбор концепции санации**

Отличительной чертой имеющегося случая санации являются комплексность относительно соответствующих гомогенных сфер окружающей среды и инвентаря вредных веществ. Верхний слой почвы, почва ненасыщенной и насыщенной зоны, грунтовые воды и почвенный воздух были загрязнены вредными веществами. В качестве основных загрязнений в грунт во время производственных процессов попали, прежде всего, органические вредные вещества. Следовательно, в качестве метода санации вначале рассматривалось *in situ*- и *ex situ*-обезвреживание, а также способ защиты или их комбинации, см. матрицу 1 системы поиска технологии.

Из-за расположения внутри древней долины Эльбы вредные вещества попали в гетерогенный слоистый грунт, состоящий из насыпного грунта, вязких отложений и находящихся под ними разнородных и крупнозернистых рыхлых отложений. Использование матриц 2 и 3 показывает здесь принципиальную пригодность метода *in situ*- и *ex situ*-обезвреживания. Однако следует осознать, что

для отдельных пострадавших сфер окружающей среды могут рассматриваться только отдельные методы, т.е. с помощью одного метода санации невозможно провести комплексную санацию территории завода. С учетом продолжительности и затрат на санацию, эффективности и последствий для окружающей среды, а также затрат на мониторинг и одобрения общественностью была выбрана комбинация из различных охранных мероприятий, состоящих из герметизации поверхности и вертикальных герметичных стен с комбинированным забором и обработкой грунтовых вод.

#### **Санация**

Уже в ноябре 1984 г. владелец производства принял на себя ответственность и начал разработку подходящего метода санации бывшей территории завода.

После обширных исследований грунта началось планирование санации. Особенно сильно загрязненную часть почвы вынули на глубину 4 м и временно складировали на территории в упаковке “big bags“. Параллельно с этим на существующих



### Auswahl des Sanierungskonzepts

Charakteristisch für den vorliegenden Sanierungsfall ist die Komplexität hinsichtlich betroffener Umweltkompartimente und des Schadstoffinventars. Sowohl der Oberboden als auch der Boden in der ungesättigten und gesättigten Zone, das Grundwasser und die Bodenluft waren durch Schadstoffe sanierungsrelevant verunreinigt. Aufgrund der Produktionsprozesse waren vor allem organische Schadstoffe als Hauptkontaminanten in den Untergrund eingetragen worden. Als Sanierungsverfahren kamen daher zunächst in situ- und ex situ-Dekontaminationen sowie Sicherungsverfahren bzw. Kombinationen davon in Frage.

Aufgrund der Lage innerhalb des Elbeurstromtals war ein heterogen geschichteter Untergrund aus Auffüllungen, bindigen Sedimenten und darunter lagernden gemischtkörnigen bis grobkörnigen Lockersedimenten von Schadstoffeinträgen betroffen. Eine Anwendung des Technologie-Finders zeigt auch hier eine grundsätzliche Eignung von Verfahren der in situ- und der ex situ-Dekontamination. Es ist jedoch bereits zu erkennen, dass für einzelne betroffene Umweltkompartimente

auch nur einzelne Verfahren in Frage kommen, d.h. mit einem Sanierungsverfahren eine komplette Sanierung des Werksgeländes nicht möglich gewesen wäre. Unter Berücksichtigung von Sanierungsdauer und -kosten, dem Wirkungsgrad und den Konsequenzen für die Umwelt und dem Umgebungsschutz sowie des Aufwands des Monitorings und der Akzeptanz in der Öffentlichkeit war daher eine Kombination aus verschiedenen Sicherungsmaßnahmen, bestehend aus Oberflächenabdichtung und vertikalen Dichtwänden mit einer kombinierten Grundwasserentnahme und -behandlung, das Verfahren der Wahl.

### Sanierung

Bereits im November 1984 stellte sich der Eigentümer des Grundstücks seiner Verantwortung und begann für das ehemalige Werksgelände geeignete Sanierungsverfahren zu entwickeln.

Nach umfangreichen Untersuchungen des Untergrundes begannen die Planungen für die Sanierung. Ein besonders stark verunreinigter Bodenbereich wurde bis zu 4 m tief ausgehoben und in „big bags“ verpackt auf dem Gelände zwischengelagert.

### Abbildungen zum Fallbeispiel

- 1 Standort vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen
- 2 Beginn der Vorbereitung zur Sanierung



**1**  
*Покрытие арела*

**2**  
*Изменение использования запечатанной поверхности для загрузочной площади вблизи порта*

скважинах была начата прерывистая откачка фазы вредных веществ. После обширного ряда опытов, строительства и успешного проведения испытаний высокотемпературной камеры сгорания в 1989 г. органам власти была представлена амбициозная концепция санации. Она предусматривала полную санацию территории и загрязненных окрестностей, т.е. термическое обеззараживание разобранных конструкций зданий и сильно загрязненной почвы. Очистка глубоко залегающих загрязнений должна была осуществляться посредством микробиологической очистки почвы и воды. В сентябре 1990 г. владелец участка и Свободный и Ганзейский город Гамбург (ГНН) подписали установочное соглашение об общей санации.

В октябре 1991 г. установка термической очистки почвы вступила в эксплуатацию. Технические проблемы при непрерывной эксплуатации и, прежде всего, неудача микробиологических *in situ*-опытов привели в 1994 г. к изменению прежних целей санации с учетом технической выполнимости. В 1995 г. была разра-

ботана новая, технически высококачественная концепция обеспечения безопасности загрязнений посредством капсуляции, а также обеспечения безопасности и санации шлейфа загрязнений грунтовых вод. На основании противодействия населения против ранее открыто не обсуждавшегося способа защиты в качестве посредника был вовлечен независимый консультант в качестве посредника. Дальнейшие шаги последовали на более объективном уровне с активным участием общественности на всех этапах планирования и принятия решений.

**Капсуляция**

Для капсуляции загрязнений были предусмотрены ограждающая герметичная стенка, заключенная в слюдяную глину, герметизация поверхности в качестве “крышки”, а также сама слюдяная глина в качестве “земли”. Для препятствия вывода загрязненных грунтовых вод сквозь герметичную стену из-за движений прилива и отлива было необходимо понижение уровня грунтовых вод внутри корпуса герметичных стен.



Parallel hierzu wurde an bestehenden Brunnen mit dem diskontinuierlichen Abpumpen der in Phase vorliegenden Schadstoffe begonnen.

Nach umfangreichen Versuchsreihen, dem Aufbau und erfolgreichen Test einer Hochtemperaturverbrennungsanlage wurde 1989 der Behörde ein ehrgeiziges Sanierungskonzept vorgelegt. Dieses sah die vollständige Sanierung des Geländes und des verunreinigten Umfeldes vor, d.h. den Gebäudeabbruch sowie das hoch belastete Bodenmaterial thermisch zu dekontaminieren. Die Reinigung der tiefer gelegenen Kontaminationen sollte durch eine mikrobiologische Boden- und Wasserreinigung erfolgen. Im September 1990 unterzeichneten der Eigentümer des Grundstücks und die Stadt Hamburg eine richtungsweisende Gesamt-sanierungsvereinbarung.

Im Oktober 1991 nahm die thermische Bodenreinigungsanlage ihren Betrieb auf. Technische Probleme beim Dauerbetrieb und insbesondere das Scheitern der mikrobiologischen in situ-Versuche führten 1994 zur Änderung der bisherigen Sanierungsziele auf das technische Machbare. 1995 wurde ein neues, tech-

nisch hochwertiges Konzept zur Sicherung der Altlast durch Einkapselung sowie zur Sanierung der Grundwasserfahne erstellt. Aufgrund von Widerständen aus der Bevölkerung gegen das bisher nicht öffentlich diskutierte Sicherungsverfahren wurde als Mediator ein unabhängiger Berater eingeschaltet. Die weiteren Schritte erfolgten auf einer versachlichten Ebene unter aktiver Beteiligung der Öffentlichkeit an allen Planungen und Entscheidungen.

#### **Einkapselung**

Für die Einkapselung der Altlast waren eine umlaufende, bis in den Glimmertoneinbindende Dichtwand, eine Oberflächenabdichtung als „Deckel“ sowie der Glimmertone selbst als „Boden“ vorgesehen. Um einen Austrag kontaminierten Grundwassers durch die Dichtwand aufgrund der Tidebewegungen zu unterbinden, war eine dauerhafte Absenkung des Grundwassers innerhalb des Dichtwandtopfes erforderlich.

Nach dem Rückbau der Produktionsanlagen und Betriebsgebäude begannen im Dezember 1996 zunächst der Bau und die Erprobung einer Testdichtwand. Die umfangreichen Messungen

**1**  
*Abdeckung des Areals*

**2**  
*Umnutzung der versiegelten Fläche für eine hafennahe Verladefläche*

После демонтажа производственного оборудования и фабричных зданий в декабре 1996 г. началось строительство и проверка экспериментальной герметичной стены. Многочисленные измерения подтвердили ее надежность в эксплуатации, и летом 1997 г. стало возможно проведение капсуляции. Конструктивно герметичная стена была выполнена из суспензии, которая была внесена в виде сегментов в шлиц, выполненный методом фрезерования глубиной 0,8 м, шириной 2,8 м и простирающийся до 50 м в грунте. Необходимо было включить часть прилегающей улицы в капсуляцию. На прилегающем канале была установлена дополнительная шпунтовая стена для упорной призмы уплотняющей стены. Одновременно со строительством герметичной стены производилось строительство установки по очистке воды, а также уплотнение поверхности посредством асфальтового покрытия.

Капсуляция была закончена осенью 1998 г. После 2-летнего сопровождения и контроля процесса санации удалось подтвердить успех мероприятия, и работы были приняты городом. С тех пор четыре водозаборных колодца перекачивают грунтовые воды из “герметичного горшка”, которые очищаются в установке по очистке воды. Из параллельно эксплуатируемых фазовых скважин до сих пор было откачено около 40.000 кг вредных веществ.

**Санация «шлейфа» загрязнений грунтовых вод**  
Целью защиты “шлейфа” загрязнений является предотвращение дальнейшего распространения вредных веществ, а также возврат вредных веществ. Для контроля “шлейфа” была создана сеть точек наблюдения грунтовых вод. Для забора загрязненных грунтовых вод сооружено четыре “шлейфовых” скважины. Очистка загрязненной воды из “шлейфа” осуществляется в установ-

ке по очистке воды на бывшей территории завода вместе с грунтовыми водами из “чаши”.

Производительность “шлейфовых” скважин с начала эксплуатации установки в 1998 г. несколько раз приводилась в соответствие с потребностями безопасности “шлейфа”. Она составляет в “шлейфе” около 12 м<sup>3</sup>/h, в чаше около 7,5 м<sup>3</sup>/h. В течение первых 7 лет до конца 2005 г. из “шлейфа” было возвращено около 1.000 кг вредных веществ. Количество вредных веществ, удаленных из “шлейфа”, разумеется выше, так как значительная часть “шлейфа” находится в области действия перекачивания грунтовых вод из уплотнительного корпуса. Успех регулирования в корпусе, а также мер безопасности и санации “шлейфа” с 1998 г. документально подтвержден проектно-конструкторским бюро в ежегодных отчетах. Результаты показывают

- отсутствие дальнейшего распространения “шлейфа”
- уменьшение загрязнения в “шлейфе” и
- отсутствие выноса вредных веществ из корпуса.

#### **Последующее использование**

По завершению сооружения капсулы защищенная территория используется в промышленных целях несколькими владельцами торговых предприятий по продаже грузовых автомобилей. Помимо этого на территории находятся очистные сооружения для хозяйственного использования чаши, а также для очистки воды “шлейфа”.

bestätigten deren Funktionstüchtigkeit, so dass im Sommer 1997 mit dem Bau der Einkapselung begonnen werden konnte. Konstruktiv wurde die Dichtwand aus einer Suspension ausgeführt, welche segmentweise in einen gefrästen 0,8 m tiefen, 2,8 m breiten und bis zu 50 m in den Untergrund reichenden Schlitz eingebracht wurde. Ein Stück der angrenzenden Straße musste in die Einkapselung einbezogen werden. Im angrenzenden Kanal wurde eine ergänzende Spundwand für einen Dichtwandstützkörper gerammt. Zeitgleich mit dem Bau der Dichtwand erfolgten der Bau der Wasserbehandlungsanlage sowie die Abdichtung der Oberfläche durch eine Asphaltdecke.

Die Einkapselung wurde im Herbst 1998 abgeschlossen. Nach zweijähriger Begleitung und Überwachung des Sanierungsbetriebes konnte der Erfolg der Maßnahme nachgewiesen und von der Stadt Hamburg abgenommen werden. Seither fördern vier Entnahmefrühen das Grundwasser aus dem „Dichtungstopf“, das in der Wasserbehandlungsanlage gereinigt wird. Aus den parallel betriebenen Phasebrühen konnten bislang rund 40.000 kg Schadstoffe zurück gewonnen werden.

#### **Sanierung der Grundwasserfahne**

Ziel der Fahnensicherung ist es, die weitere Ausbreitung der Schadstofffahne zu verhindern sowie Schadstoffe rückzugewinnen. Für die Überwachung der Fahne wurde ein Netz an Grundwassermessstellen errichtet. Für die Entnahme des belasteten Grundwassers wurden vier Fahnenbrühen installiert. Die Reinigung des belasteten Fahnenwassers erfolgt gemeinsam mit dem Grundwasser aus der Topfbewirtschaftung in der Wasserbehandlungsanlage auf dem ehemaligen Werksgelände.

Die Förderleistung der Fahnenbrühen wurden seit dem Betrieb der Anlage in 1998 mehrfach den Bedürfnissen der Fahnensicherung angepasst.

Sie beträgt in der Fahne rund 12 m<sup>3</sup>/h, im Topf rund 7,5 m<sup>3</sup>/h. Innerhalb der ersten sieben Jahre bis Ende 2005 konnten aus der Fahne rund 1.000 kg Schadstoffe zurück gewonnen werden. Die insgesamt aus der Schadstofffahne entfernte Schadstoffmenge ist allerdings höher, da sich ein relevanter Teil der Fahne im Einflussbereich der Grundwasserförderung aus dem Dichtungstopf befindet. Der Erfolg der Topfbewirtschaftung sowie der Fahnensanierung wird seit 1998 durch ein Ingenieurbüro in jährlichen Berichten dokumentiert. Die Ergebnisse zeigen:

- keine weitere Ausbreitung der Fahne
- einen Rückgang der Belastung in der Fahne
- keinen Schadstoffaustrag aus dem Topf

#### **Folgenutzung**

Seit Fertigstellung der Kapsel wird das gesicherte Gelände durch mehrere Nutzfahrzeughändler gewerblich genutzt. Darüber hinaus befindet sich auf dem Gelände die Wasseraufbereitungsanlage für die Bewirtschaftung des Topfes sowie für die Reinigung des Fahnenwassers.

## 8 Рекомендации

Ревитализация бывших промышленных территорий – комплексная задача. Оно является в таком городе как Санкт-Петербург, в котором идут массивные процессы трансформации, одновременно и препятствием и шансом. С одной стороны, городское правительство должно в короткий срок организовать функционирующую практику рециклинга территорий, которая в других городах имела возможность формирования в более продолжительные сроки.

С другой стороны, здесь имеется шанс, используя опыт других, идти иным, инновационным путем по привлечению неиспользуемых территорий, которые в перспективе, к примеру, управляются совместно частными лицами и органами государственной власти. Разумеется, это касается также обращения с загрязненными участками. Ниже сформулированы восемь рекомендаций, указывающих на моменты, которые в значительной степени могут способствовать функциональному восстановлению территорий – не только в Санкт-Петербурге.

### 1. Создать кадастр указаний на загрязненные участки/доработать паспорт территорий!

Важнейшей основой профессиональной работы с темой загрязненных территорий является наличие кадастра указаний на загрязненные участки. Знания об имеющихся проблемах и возможных опасностях заставляют всех участников, в первую очередь городскую администрацию, ответственно подойти к решению вопроса загрязненных участков. Чтобы это гарантировать, необходимо обеспечить качество данных с самого начала исполнения. Представляется целесообразным составить обязательный список параметров, который, помимо прочего, содержит следующую информацию:

- обозначение, размер и местоположение территорий;
- современное, бывшее и запланированное использование особенно выведенных из эксплуатации сооружений, а также возможность последующего использования;
- информация по загрязнениям вредными веществами.

# 8 Empfehlungen

Die Revitalisierung ehemaliger Industrieflächen ist eine komplexe Aufgabe. Sie ist in einer Stadt wie St. Petersburg, die massiv einem Transformationsprozess ausgesetzt ist, Hindernis und Chance zugleich. Denn einerseits muss die städtische Verwaltung in nur wenigen Jahren eine funktionierende Praxis des Flächenrecyclings aufbauen, die in anderen Städten in einem deutlich längeren Zeitraum hat wachsen können.

Andererseits liegt hierin auch die Chance, mit den Erfahrungen anderer im Rücken, andersartige, innovative Wege bei der Mobilisierung von Brachflächen zu gehen, die zukunftsweisend beispielsweise für die Partnerschaften von Privaten und öffentlicher Hand sind. Dies betrifft selbstverständlich auch den Umgang mit kontaminierten Standorten. Abschließend werden sieben Empfehlungen formuliert, die auf Punkte hinweisen, die wesentlich ein funktionierendes Flächenrecycling – nicht nur in St. Petersburg – befördern können.

## 1. Altlasthinweiskataster anlegen

### Flächenpass ausbauen!

Wichtigste Grundlage für einen professionellen Umgang mit dem Thema Altlasten ist die Existenz eines Altlasthinweiskatasters. Das Wissen um die bestehenden Probleme und möglichen Gefahren versetzt alle Beteiligten, insbesondere die Stadtverwaltung, in die Lage, verantwortungsvoll mit kontaminierten Standorten umzugehen. Um dies gewährleisten zu können, muss mit dem Beginn des Aufbaus die Qualität der Daten gesichert sein. Es erscheint sinnvoll, eine verbindliche Parameterliste zu erstellen, die u.a. Informationen bereithält über

- Bezeichnung, Größe, und Lage von Flächen
- gegenwärtige, frühere und geplante Nutzungen, insbesondere stillgelegte Anlagen sowie die Nutzungsfähigkeit
- Informationen zu den Schadstoffbelastungen

Diese Liste sollte für die flächendeckende Grundlagenermittlung Gültigkeit haben. Ziel sollte ein Altlasthinweiskataster sein, das alle Flächen umfasst, also sowohl die im öffentlichen (städtisch, staatlich) Besitz befindlichen

Этот список должен иметь повсеместную законную силу для разработки общих технических решений.

Целью должен стать кадастр указанных на загрязненные участки, который включает все территории, независимо от того, находятся ли они в общественной (городской, государственной) собственности или частной. За подготовку информации согласно новому списку параметров отвечают все Комитеты городской администрации, используя свои имеющиеся данные. Круг функциональных обязанностей должен быть предоставлен Комитету по охране окружающей среды. При этом нужно опираться на уже имеющиеся сегодня системы «информации инвестора» (с точными сведениями о территориях и зданиях) и паспорт территории.

Методически рекомендуется, независимо от конкретных территориальных запросов отдельных инвесторов, создать группу „Task-Force для выявления основ“, которая проводит «скоростную оценку» на наличие загрязненных участков во всем городе, чтобы быстро идентифицировать возможные случаи предотвраще-

ния опасности и предпринять меры. Члены Task-Force должны пройти специальную подготовку для этой деятельности и иметь первоначальный опыт в области охраны почв и работы с загрязненными территориями. Конечно, Ведомство городского развития и охраны окружающей среды Свободного и Ганзейского города Гамбург может оказать консультационные услуги.



als auch die privaten Flächen. Für die Aufbereitung der Informationen nach der neuen Parameterliste sind alle Komitees der Stadtverwaltung mit den ihnen vorliegenden Informationen verantwortlich. Die Federführung bei der Grundlagenermittlung sollte beim Umweltschutz-Komitee liegen. Dabei sollten auf die bereits heute bestehenden Systeme von „Investment-Info“ (mit genauen Aussagen zu Flächen und Gebäuden) und den Flächenpass aufgebaut werden. Methodisch wird empfohlen, unabhängig von konkreten Flächenanfragen einzelner Investoren eine „Task-Force Grundlagenermittlung“ einzuberufen, die flächendeckend einen „Schnell-Check“ Altlasten durchführt, auch um schnell mögliche Fälle von Gefahrenabwehr identifizieren und Maßnahmen beginnen zu können. Die Mitglieder der Task-Force sollten speziell für diese Tätigkeit geschult werden und bereits über erste Erfahrungen im Bereich von Bodenschutz und Altlasten verfügen. Selbstverständlich steht auch die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) der Freien und Hansestadt Hamburg beratend zur Verfügung.

## **2. Transparente Informationslage schaffen!**

Alle, die bei der Revitalisierung von Industriebrachen Verantwortung übernehmen und Geld investieren, brauchen eine verlässliche Informationslage. Dies betrifft insbesondere jene Informationen über mögliche Entwicklungshemmnisse – etwa den Denkmalschutz, angrenzende Nutzungen, Lärmeinträge auf das Grundstück und nicht zuletzt Altlasten. Für Investoren und für die beteiligten Komitees müssen die erforderlichen Informationen soweit transparent gemacht werden, wie sie für die Entscheidungsprozesse erforderlich sind. Dabei sind natürlich die Anforderungen an den Datenschutz zu berücksichtigen.

Es wird daher empfohlen, die Zugänglichkeit der Daten mehrstufig zu organisieren und genau festzulegen, wem welcher Umfang an Informationen grundsätzlich zur Verfügung stehen soll. Die Empfehlung eines mehrstufigen Zugangs impliziert zugleich, dass zumindest an einer Stelle in der Stadtverwaltung die Informationen umfassend vorliegen müssen. Es wird empfohlen, diese Position dem Umweltschutz-Komitee einzuräumen.



### **2. Создать прозрачную информацию!**

Всем, кто при рециклинге промышленных территорий принимает на себя ответственность и инвестирует деньги, необходима надежная информация. Прежде всего, это касается любой информации о возможных препятствиях развития, например, охране исторических памятников, использовании соседних территорий, шумового воздействия на земельный участок и, не в последнюю очередь, о загрязнениях. Для инвесторов и участвующих Комитетов необходимая информация должна быть по возможности прозрачна, в той степени, насколько она необходима для процессов принятия решений. При этом, конечно, необходимо учитывать требования по защите данных.

Поэтому рекомендуется организовать многоступенчатую доступность данных и точно определить, кому какой объем информации принципиально должен предоставляться. Рекомендация многоступенчатого доступа одновременно предполагает, что, по меньшей мере, одна инстанция в городской администрации будет обладать всей информацией.

Рекомендуется предоставить эту позицию Комитету по охране окружающей среды.

### **3. Заблаговременно интегрировать инвесторов!**

Восстановление территорий должно всегда ориентироваться на условия рынка и поэтому заинтересованные инвесторы должны своевременно получать информацию. Это повышает надежность планирования и правовые гарантии, как города, так и частной стороны. Также целесообразно обеспечить инвесторам возможность проводить собственные исследования на земельных участках, также с целью обеспечения доказательств того, что новый владелец не является виновником имеющихся загрязнений.

Итак, заблаговременная кооперация между городом и инвесторами является важной с точки зрения санации загрязненных участков для доверительного и перспективного сотрудничества, которое в совокупности способствует также позитивному экономическому климату в городе.

### 3. Investoren frühzeitig einbinden!

Flächenrevitalisierung muss sich stets an den Bedingungen des Marktes orientieren und daher müssen interessierten Investoren frühzeitig Informationen zugänglich gemacht werden. Dies erhöht die Planungs- und Rechtssicherheit auf städtischer wie auf privater Seite. Ebenfalls ist es sinnvoll, Investoren die Möglichkeit zu gewähren, eigene Erkundungen auf den Grundstücken durchzuführen, auch mit dem Ziel der Beweissicherung, dass der neue Eigentümer nicht Verursacher bestehender Kontaminationen ist.

Eine frühzeitige Kooperation zwischen Stadt und Investoren ist also aus Sicht der Altlastensanierung wesentlich für eine vertrauensvolle und zukunftsorientierte Zusammenarbeit, die insgesamt auch zu einem positiven Wirtschaftsklima in der Stadt beiträgt.

### 4. Verantwortung übernehmen und tragen!

Hamburg hat in der Vergangenheit die Erfahrung gemacht, dass die Entwicklungshemmnisse durch Altlasten nicht durch Verschweigen aus der Welt geschafft werden können. Vielmehr hat sich die Strategie bewährt, der „Wahrheit ins Gesicht zu schauen“.

Das Erkennen von Altlasten, die Abschätzung der von ihnen ausgehenden Gefahren und dafür Sorge zu tragen, dass die Gefahren abgewehrt werden, sind wichtige städtische Aufgaben, die verantwortungsvoll und engagiert von der Verwaltung erfüllt werden müssen. Die Gründung der neuen Abteilung „Sanierungstechnologien“ im Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit ist hierbei ein richtiger und wichtiger Schritt.

Im Einzelfall muss die Stadt – auch wenn sie für die Gefahren nicht verantwortlich ist – selbst aktiv werden und auf eigene Kosten Gefahrenabwehr und Sanierungen betreiben, um Entwicklungshemmnisse aus der Welt zu räumen.

In Hamburg herrscht die Position vor, dass an der Beseitigung von Altlasten kein Unternehmen pleitegehen darf. Für St. Petersburg ist zu überlegen, ob eine solche Position ebenfalls tragbar ist. Sie könnte helfen, Ängste und Vorbehalte auf der Seite der Investoren zu nehmen.

**4. Принимать на себя и нести ответственность!**

Гамбург за прошедшие годы убедился на собственном опыте, что нельзя умалчивать о препятствиях развития по причине загрязнений. Напротив, стратегия сохраняется, если «смотреть правде в глаза». Обнаружение загрязнений, оценка исходящей от них опасности и предотвращение опасности являются важными муниципальными задачами, которые должны выполняться ответственно и с участием органов власти. Создание нового отдела технологий санации окружающей среды в Комитете по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности является при этом правильным и важным шагом.

В отдельных случаях город должен – даже если он не несет ответственность за опасность – проявить активность и за свой счет предотвратить опасность и произвести санацию, чтобы устранить препятствия развитию.

В Гамбурге преобладает точка зрения, что при устранении загрязнений ни одно из предприятий не должно разориться. Следует подумать,

приемлема ли такая позиция для Санкт-Петербурга. Она могла бы помочь понять страхи и предубеждения со стороны инвесторов.

**5. Усилить создание кооперационных связей и совершенствовать полномочия!**

Административные структуры должны идти в ногу с меняющимися задачами. Создание отдела «Технологии санации» в Комитете по охране окружающей среды является важным шагом по признанию значимости требований к устранению загрязнений. Комплексность задачи и объем требований требуют создания более компетентных и лучше оснащенных участков и подразделов, которые смогли бы ответственно и сообща справляться с ежедневной работой. Например, в Гамбурге в отделе охраны почв/обработки загрязненных участков работает свыше 70 сотрудников.

Поэтому представляется целесообразным создать для важных объектов рабочие группы по проекту, которые занимаются исключительно обработкой соответствующих отдельных случаев. Именно эти рабочие группы могут взять на себя функцию



### 5. Vernetzungen intensivieren und Kompetenzen weiterentwickeln!

Die Verwaltungsstrukturen müssen mit den sich ändernden Aufgaben Schritt halten. Die Einrichtung der Abteilung „Sanierungstechnologien“ im Umweltschutz-Komitee ist ein wichtiger Schritt, den Herausforderungen an die Altlastenbeseitigung einen größeren Stellenwert einzuräumen. Die Komplexität der Aufgabe und die Größe der Herausforderung machen aber die Einrichtung kompetenter und personell stark ausgestatteter Abschnitte und Referate erforderlich, die das Alltagsgeschäft verantwortungsvoll und kooperativ bewältigen können. In Hamburg hat z.B. die Abteilung Bodenschutz/Altlasten über 70 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, für wichtige Einzelvorhaben projektbezogene Arbeitsgruppen einzurichten, die sich ausschließlich der Bearbeitung der jeweiligen Sonderfälle widmen. Gerade diese Arbeitsgruppen können für das Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit die Funktion „strategischer Pilotprojekte“ übernehmen, weil an ihnen die stets neue Zusammenarbeit mit Investoren und anderen Komitees erprobt werden

kann und muss. Im Rahmen dieser Arbeitsgruppen können die Kompetenzen signifikant ausgebaut werden und die „fachlich versierte, schnell arbeitende, flexible und kooperative Verwaltung“ sich bewähren. Obwohl jeder Altlastenfall individuell als Einzelfall zu behandeln ist, müssen in der Verwaltung klare Zuständigkeiten bestehen. Dies verlangt die Bündelung der Zuständigkeiten und die Benennung eindeutiger Ansprechpartner – komiteeübergreifend – für die interne Kommunikation und den Dialog mit der Öffentlichkeit.

«стратегических пилотных проектов» для Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности, так как на них всегда можно и нужно проверять новое сотрудничество с инвесторами и другими Комитетами. В рамках этих рабочих групп может быть существенно расширена авторитетность и представлена «профессиональная, быстро реагирующая, гибкая и основанная на сотрудничестве администрация». Хотя каждый случай загрязнений разрабатывается индивидуально как отдельный случай, в администрации должна быть в наличии ясная подведомственность. Это требует объединения круга полномочий и назначения однозначных ответственных сотрудников – межведомственных – для внутренней коммуникации и диалога с общественностью.

#### **6. Создать новую кооперацию!**

Контакт с Политехническим университетом в рамках данного проекта показал необходимость продолжить это сотрудничество и в будущем.

И не только с позиции Высшей школы, которая стремится организовать учебный курс

«Санация загрязненных территорий». Прежде всего, эта кооперация безотлагательно необходима с позиции администрации, так как здесь имеется наличие полезных ноу-хау и заинтересованные профессора и сотрудники готовы участвовать в решении проблемы загрязненных территорий. Таким образом, непрерывное соединение науки и исследований и контакт с «уровнем техники» и инновациями выходит далеко за пределы Санкт-Петербурга.

Для проблематики загрязненных территорий также имеет значение то, что высшие учебные заведения готовят будущих экспертов для этой области, и эти кадры приходят на работу в городскую администрацию Санкт-Петербурга или частные проектно-конструкторские бюро.



#### 6. Neue Kooperationen aufbauen!

Der Kontakt mit der Polytechnischen Universität im Rahmen dieses Projektes hat die Notwendigkeit offenbart, diese Zusammenarbeit auch in Zukunft fortzusetzen. Nicht nur aus Sicht der Hochschule, die bemüht ist, einen eigenen Studienschwerpunkt „Altlastensanierung“ einzurichten. Vor allem aus Sicht der Verwaltung erscheint diese Kooperation dringend geboten, da hier nützliches Know-How vorliegt und engagierte Professoren und Mitarbeiter bereit sind, sich an der Lösung des Altlastenproblems zu beteiligen. Auf diese Weise ist die kontinuierliche Verbindung mit Wissenschaft und Forschung und der Kontakt zum „Stand der Technik“ und zu Innovation weit über die Grenzen St. Petersburgs hinaus gegeben.

Dauerhaft ist für die Altlastenproblematik von Bedeutung, dass die Hochschulen künftig Experten in dem Bereich ausbilden und diese Arbeitskräfte – auch der St. Petersburger Stadtverwaltung oder privaten Ingenieurbüros – zur Verfügung stehen.



### **7. Аниматься активной общественной работой!**

Заниматься информировать общественность о загрязнениях имеет одновременно прагматические и стратегические основания:

Открытое обсуждение проблематики загрязненных территорий города и связанные с этим препятствия развития, а также возможно имеющиеся опасности способствуют доверию. Цель не заключается в закреплении признания обществом существования загрязненных территорий. Напротив, целью является получение поддержки в обществе при устранении проблемы. Жители воспринимаются в этом случае как партнеры, которые очень чувствительно реагируют на опасности и могут дать полезные указания на имеющиеся загрязнения и ограничения качества жизни. Равным образом необходимо участие жителей применительно к необходимой охране окружающей среды в рамках мероприятия санации.

Таким образом, на общественную администрацию, прежде всего, на Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности, возлагается своего рода образовательная и разведывательная задача. Хорошо зарекомендовала себя практика информирования с помощью различных средств массовой информации о различных воздействиях загрязненных участков на экосистемы и обращение к населению.

Хорошо осознавая, что активная общественная работа повышает усилия по обработке загрязненных мест, в ближайшем будущем это будет относиться к важным задачам администрации. При этом недостаточно просто указывать на проблему. Напротив, следует продемонстрировать на примере уже успешно осуществленных санаций прогресс при обработке загрязненных участков в Санкт-Петербурге. В качестве примеров следует указывать санацию Новой Голландии, Конюшенной площади и других зон.



### 7. Aktive Öffentlichkeitsarbeit betreiben!

Die Notwendigkeit, die Öffentlichkeit über Kontaminationen zu informieren, hat pragmatische und strategische Gründe zugleich:

Es wird vertrauensbildend sein, die Altlastenproblematik der Stadt und die damit verbundenen Entwicklungshemmnisse sowie ggf. bestehende Gefahren offen zu thematisieren. Ziel ist nicht, die Akzeptanz in der Öffentlichkeit für die Existenz von Altlastenflächen zu erhöhen. Das Ziel ist vielmehr, Rückhalt für die Behebung des Problems in der Öffentlichkeit zu erhalten. Die Bürger sind hier als Partner zu begreifen, die sehr sensibel auf Gefahren reagieren und nützliche Hinweise auf bestehende Belastungen und Einschränkungen der Lebensqualität geben können. Ebenso ist die Beteiligung von Bürgern im Hinblick auf den ggf. erforderlichen Umgebungsschutz im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme erforderlich.

Insofern kommt der öffentlichen Verwaltung, insbesondere dem Komitee für Naturnutzung, Umweltschutz und ökologische Sicherheit, eine Art Bildungs- und Aufklärungsauftrag zu. Es hat sich bewährt, mit unterschiedlichen Informationsmedien über die unterschiedlichen Wirkungen von Altlasten auf die Ökosysteme zu informieren und die Bevölkerung zu sensibilisieren.

Wohl wissend, dass aktive Öffentlichkeitsarbeit den Druck der Altlastenbearbeitung erhöht, erscheint dies in naher Zukunft zu den wichtigen Aufgaben der Verwaltung zu gehören. Hierbei würde es jedoch nicht reichen, nur auf die bestehenden Probleme hinzuweisen. Vielmehr sollte mit den schon erfolgreich bearbeiteten Sanierungsfällen der Fortschritt der Altlastenbearbeitung in St. Petersburg dokumentiert werden. Beispiele wie die Sanierung in Neu-Holland, des Konjushenaja Ploshad' oder anderer Gebiete sollten hierfür herangezogen werden.

**Часть С**

**Технологии санации**



# Teil C

## Sanierungstechnologien

# Основные группы загрязнений

## Тяжелые металлы/Мышьяк

Особенную релевантность имеют следующие металлы: свинец, кадмий, хром, медь, никель, ртуть, цинк и мышьяк.

## Нефтепродукты

Нефтепродукты представляют собой продукты переработки сырой нефти, например, бензин, керосин, мазуты, моторные масла и тяжелые масла. Нефтепродукты охватывают множество групп веществ, которые в свою очередь состоят из множества отдельных веществ.

## Ароматические углеводороды

К классическим моноароматическим углеводородам относятся бензол, а также его алкилированные производные толуол, этилбензол и о-, m-, p-ксилол. Кроме того к группе ароматических углеводородов относятся другие алкилированные производные бензола как триметилбензолы, этилметилбензолы, изопропилбензол и много других.

## Полициклические ароматические углеводороды, ПАУ

ПАУ содержатся кроме прочего в смоле, сырой нефти и нефтепродуктах. Анализируются 16 соединений в соответствии со списком американского ведомства по защите окружающей среды EPA: нафталин, ацетонафталин, аценафтен, флюорен, фенантрен, антрацен, флюорантен, пирен, бенз(а)антрацен, кризен, бенз(б)флирантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,h)антрацен, индено(1,2,3-cd)пирен, бенз(g,h,i)перилен.

## Полихлорированные бифенилы, ПХБ

ПХБ состоят из гантелеобразной основы, в которой два бензольных кольца соединены между собой через атом углерода (бифенил). Она может быть замещена от одного до десяти атомов хлора. Теоретически возможны всего 209 отдельных соединений, называемых конгенерами. Анализируются как правило 6 конгенов по Бальшмитеру:

№г. 28:	2,4,4'-Трихлорбифенил
№г. 52:	2,2',5,5'-Тетрахлорбифенил
№г. 101:	2,2',4,5,5'-Пентахлорбифенил
№г. 138:	2,2',3,4,4,5'-Гексахлорбифенил
№г. 153:	2,2',4,4',5,5'-Гексахлорбифенил
№г. 180:	2,2',3,4,4',5,5'-Гептахлорбифенил

## Фенолы

Фенолом называют бензольное кольцо, замещенное одной ОН-группой. Кроме того к группе фенолов относят многочисленные соединения фенольной структуры например с алкилированными заместителями.

## Легкие (летучие) галогенированные углеводороды

Легкие галогенированные углеводороды (ЛГУ) состоят в особенности из хлорированных соединений  $C_2$ , в которых от одного до шести атомов водорода замещены на хлор. ЛГУ используются и использовались в прошлом в различных отраслях в качестве растворителей, средств обезжиривания и экстракции. В соответствии с интенсивностью использования основными загрязнителями являются перхлорэтилен PCE (PER), трихлоэтилен TCE (TRI) и 1,1,1-трихлорэтан 1,1,1-ТСА и винилхлорид (VC).

## Тяжело летучие (нелетучие) хлорированные углеводороды

Группа нелетучих хлорированных углеводородов очень многообразна. В качестве примеров приводятся Гексахлорциклогексан, высоко хлорированные ароматические углеводороды (напр. хлороароматические углеводороды), хлорированные пестициды, а также диоксины/фураны.

# Wichtige Schadstoffgruppen

## Schwermetalle/Arsen

Besondere Umweltrelevanz weisen folgende Metalle auf: Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink und Arsen als Halbmetall.

## Mineralölkohlenwasserstoffe, MKW

Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) sind Verarbeitungsprodukte von Rohölen, z.B. Ottokraftstoffe, Diesel, Heizöle, Motoröle oder Schweröle. Die MKW fassen daher eine Vielzahl von Substanzgruppen zusammen, die wiederum aus zahlreichen Einzelsubstanzen bestehen.

## Aromatische Kohlenwasserstoffe

Zu den klassischen monoaromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX-Aromaten) gehören Benzol sowie dessen alkylierte Derivate Toluol, Ethylbenzol sowie ortho-, meta-, und para-Xylol. Darüber hinaus gehören zur Gruppe der aromatischen Kohlenwasserstoffe weitere alkylierte Benzolderivate wie Trimethylbenzole, Ethylmethylbenzole, Isopropylbenzole und viele mehr.

## Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAK

PAK sind u.a. in Teer, Rohöl und in Mineralölprodukten enthalten. Analysiert werden 16 Verbindungen, die durch die US-amerikanische Umweltbehörde EPA aufgestellt sind: Naphthalin, Acenaphthalin, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benz(b)fluoranthen, Benz(a)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Benz(g,h,i)perylen.

## Polychlorierte Biphenyle, PCB

PCBs bestehen aus einem „hantelförmigen“ Grundgerüst, in dem zwei Benzolringe über je ein Kohlenstoffatom miteinander verknüpft sind (Biphenyl). Es kann mit 1 - 10 Chloratomen substituiert sein. Theoretisch ergeben sich insgesamt 209 als Kongenere bezeichnete Einzelverbindungen. Analytisch werden in der Regel sechs PCB-Kongenere nach Ballschmiter bestimmt:

Nr. 28:	2,4,4'-Trichlorbiphenyl
Nr. 52:	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl
Nr. 101:	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl
Nr. 138:	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl
Nr. 153:	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl
Nr. 180:	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl

## Phenole

Als Phenol wird ein mit einer OH-Gruppe substituierter Benzolring bezeichnet. Daneben werden in der Gruppe der „Phenole“ zahlreiche Verbindungen mit Phenol als Grundkörper und weiteren Substituenten subsummiert, z.B. mit Alkylresten.

## Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, LHKW

Die leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) bestehen insbesondere aus chlorierten  $C_2$ -Verbindungen, bei denen ein bis alle Wasserstoffatome durch Chlor ersetzt sind. LHKW werden bzw. wurden in den verschiedensten Industriezweigen als Löse-, Entfettungs- und Extraktionsmittel verwendet. Entsprechend der Häufigkeit ihres Einsatzes sind Perchlorethen PCE (PER), Trichlorethen TCE (TRI), cis-1,2-Dichlorethen (CIS), 1,1,1-Trichlorethan 1,1,1-TCA und Vinylchlorid (VC) die wichtigsten Kontaminanten.

## Schwerflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, SHKW

Die Gruppe der schwerflüchtigen chlorierten Verbindungen ist sehr umfangreich. An dieser Stelle werden exemplarisch Hexachlorcyclohexan (HCH), chlorierte Aromaten (z.B. Chlorbenzole), chlorierte Pestizide sowie Dioxine/Furane genannt.

# Регистр

## Обезвреживание - in situ – Технологии обработки

D1-1	Вторичное извлечение фазы продукта
D1-2 до D1-4	Физико-химические методы обработки
D1-5 до D1-6	Биологические методы обработки

## Обезвреживание - ex situ - строительные технологии

D2-1 до D2-3	Выемка почвы
D2-4 до D2-5	Активная откачка грунтовой воды
D2-6 до D2-7	Активная откачка почвенного воздуха

## Обезвреживание - ex situ- технологии обработки

D3-1	Почва – биологические методы обработки
D3-2 до D3-3	Почва – физико-химические методы обработки
D3-4 до D3-6	Почва – термические методы обработки
D3-7	Почва – Утилизация отходов
D3-8	Грунтовая вода – биологические методы обработки
D3-9 до D3-10	Грунтовая вода – физико-химические методы обработки
D3-11 до D3-12	Почвенный воздух – физико-химические методы обработки

## Обеспечение безопасности - Строительные технологии

S1-1	Вертикальные герметичные стенки
S1-2 до S1-3	Поверхностная изоляция
S1-4	Поверхностное покрытие
S1-5	Размещение отходов

*Последующие досье представляют собой подборку возможных технологий санации.*

*Отдельные технологии сильно различаются по их статусу применения (пилотный статус, несколько случаев применения, состояние техники).*

*Данные о возможном применении ни в коем случае не заменяют всеобъемлющую фазу предварительных исследований и фазу планирования. В каждом случае должны быть проведены обследования, описанные в главе 2.3, дополнительно для инновационных технологий необходимы предварительные опыты в лабораторном и техническом масштабе.*

# Register

*Die nachfolgenden Steckbriefe stellen eine Auswahl möglicher Sanierungsverfahren dar. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich stark in ihrem Anwendungsstatus (Pilotstatus, wenige Referenzfälle, Stand der Technik).*

*Die Angaben zu möglichen Anwendungen ersetzen in keinem Fall eine eingehende Voruntersuchungs- und Planungsphase. In jedem Fall sind die in Kap. 2.3 beschriebenen Erkundungen durchzuführen, zusätzlich bei innovativen Verfahren noch Vorversuche im Labor- und Technikumsmaßstab.*

## Dekontamination • in situ-Behandlungstechnologie

D1-1	Rückgewinnung von Produktphase
D1-2 bis D1-4	Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren
D1-5 bis D1-6	Biologische Behandlungsverfahren

## Dekontamination • ex situ-Bautechnologie

D2-1 bis D2-3	Boden – Aushub
D2-4 bis D2-5	Grundwasser – aktive Entnahme
D2-6 bis D2-7	Bodenluft – aktive Entnahme

## Dekontamination • ex situ-Behandlungsverfahren

D3-1	Boden – biologische Behandlungsverfahren
D3-2 bis D3-3	Boden – chemisch-physikalische Behandlungsverfahren
D3-4 bis D3-6	Boden – thermische Behandlungsverfahren
D3-7	Boden – Entsorgung
D3-8	Grundwasser – biologische Behandlungsverfahren
D3-9 bis D3-10	Grundwasser – chemisch-physikalische Behandlungsverfahren
D3-11 bis D3-12	Bodenluft – chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## Sicherung • Bautechnologie

S1-1	Vertikale Dichtwände
S1-2 bis S1-3	Oberflächenabdichtung
S1-4	Oberflächenabdeckung
S1-5	Ordnen der Altlast

Обезвреживание → in situ-Технология обработки → Вторичное извлечение фазы продукта

## D1-1

# Скиммер и насосы

Скиммер (LNAPL, легкая не смешивающаяся с водой фаза продукта)

насосы (DNAPL, тяжелая не смешивающаяся с водой фаза продукта)

### 1. Особенности метода

- Активное извлечение фазы продукта, например, минеральное топливо, смазочные масла и фаза растворителя
- децентрализованное вторичное извлечение свободной, нерастворимой фазы продукта в очаге загрязнения
- Извлечение из скважин грунтовых вод (или из дренажных канав)

#### 1.1 Извлечение LNAPL с помощью скиммера

- Установка скиммера у оголовка колодца
- откачка всплывающей фазы (легкая фаза), «очистка» и сбор фазы из скважин; альтернативно: «отсасывание» или откачка
- Регулярный вывоз и переработка фазы продукта
- в случае необходимости поддержка понижением уровня грунтовых вод, связанная с ex-situ очисткой грунтовых вод (pump & treat)

#### 1.2 Извлечение DNAPL с помощью насосов

- Установка системы забора тяжелых фаз в скважине
- Откачивание тяжелой фазы на площадке водоносного пласта, перекачка и коллекция фазы централизованно и децентрализованно
- в остальном как LNAPL

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- непрерывная фаза продукта
- ликвидация или постоянное уменьшение мощности и распространения фазы продукта

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, по обстоятельствам – мелкозернистый, биогенный/органический, изменчивая полутвердая скальная порода, скальная порода (трещиноватая)
- LNAPL: Нефтепродукты, ароматические углеводороды
- DNAPL: ПАУ, летучие хлорированные углеводороды, ПХБ, нелетучие хлорированные углеводороды

### 4. Предпосылки применения технологии

- достаточная пропускная способность грунта
- фаза должна иметь минимальную мощность > 1 см

### 5. Детали технологии

- постройка и установка 4" по 6" скважин
- установка скиммера или насоса и контейнера-сборника
- в случае необходимости установка системы забора грунтовых вод с отделителем продукта и обработкой

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Rückgewinnung von Produktphase

# D1-1

## Skimmer und Pumpen

Skimmer (LNAPL, Light Non-Aqueous Phase Liquids)

Pumpen (DNAPL, Dense Non-Aqueous Phase Liquids)

### 1. Art des Verfahrens

- aktive Förderung von Produktphase, z.B. Mineralölen, Schmierstoffen und Lösungsmittelphasen
- dezentrale Rückgewinnung freier nicht gelöster Produktphase im Schadensherd
- Entnahme in Grundwasserbrunnen (auch Drainagegräben)

#### 1.1 Gewinnung von LNAPL mittels Skimmer

- Installation von Skimmern am Brunnenkopf
- Entnahme der aufschwimmenden Phase (Leichtphase), „Abstreifen“ und Sammlung der Phase an Brunnenstandorten; alternativ: „Abschlürfen“ oder Abpumpen
- regelmäßige Abfuhr und Entsorgung der Produktphase
- ggf. Unterstützung durch Grundwasserabsenkung, verbunden mit ex situ-Grundwasser-Reinigung (pump & treat)

#### 1.2 Gewinnung von DNAPL mittels Pumpen

- Installation von Schwerphaseentnahmesystemen im Brunnen
- Abpumpen der Schwerphase an der Grundwassersohle, Förderung und Sammlung der Phase zentral oder dezentral
- sonst wie LNAPL

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- zusammenhängende Produktphase
- Beseitigung bzw. nachhaltige Reduzierung der Mächtigkeit und Ausbreitung von Produktphasen

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

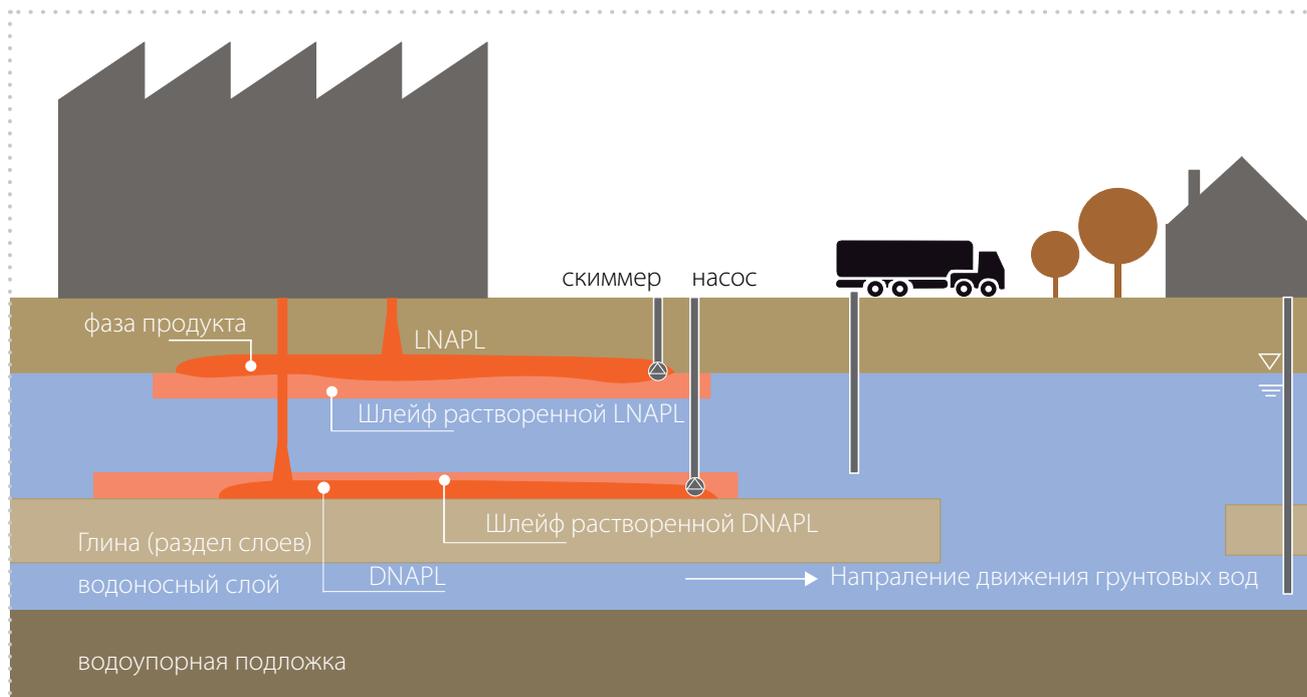
- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, bedingt: feinkörnig, organogen/organisch, veränderliches Halbfestgestein, Festgestein (geklüftet)
- LNAPL: MKW, BTEX
- DNAPL: PAK, LHKW, PCB, SHKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- genügende Durchlässigkeit des Untergrunds
- Phase muss Mindeststärke von > 1 cm aufweisen

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Herstellung und Ausbau von 4“- bis 6“-Brunnen
- Installation Skimmer bzw. Pumpen und Produktsammelbehälter
- ggf. Installation eines Grundwasserentnahmesystems mit Produktabscheider und Aufbereitung



## 1

### Схема обратной откачки фазы продукта

#### 6. Мониторинг

- Мониторинг для текущего контроля процесса санации (уменьшение области очага загрязнения)
- долгосрочный мониторинг для контроля возможных растворенных остатков загрязнений в грунтовой воде

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + очистка путем изъятия загрязнений из очага заражения; остаточная концентрация, однако, остается
- + небольшое ограничение использования площадок, в случае необходимости применимо в зданиях
- + полное отсутствие или очень небольшое (при понижении уровня грунтовых вод) вмешательство в режим грунтовых вод
- +/- невысокие капитальные затраты; низкие или умеренные эксплуатационные расходы, малый расход электроэнергии
- при понижении уровня грунтовых вод: высокие эксплуатационные расходы
- повышение загрязнения грунтовых вод из-за увеличения контактной поверхности остаточного загрязнения

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

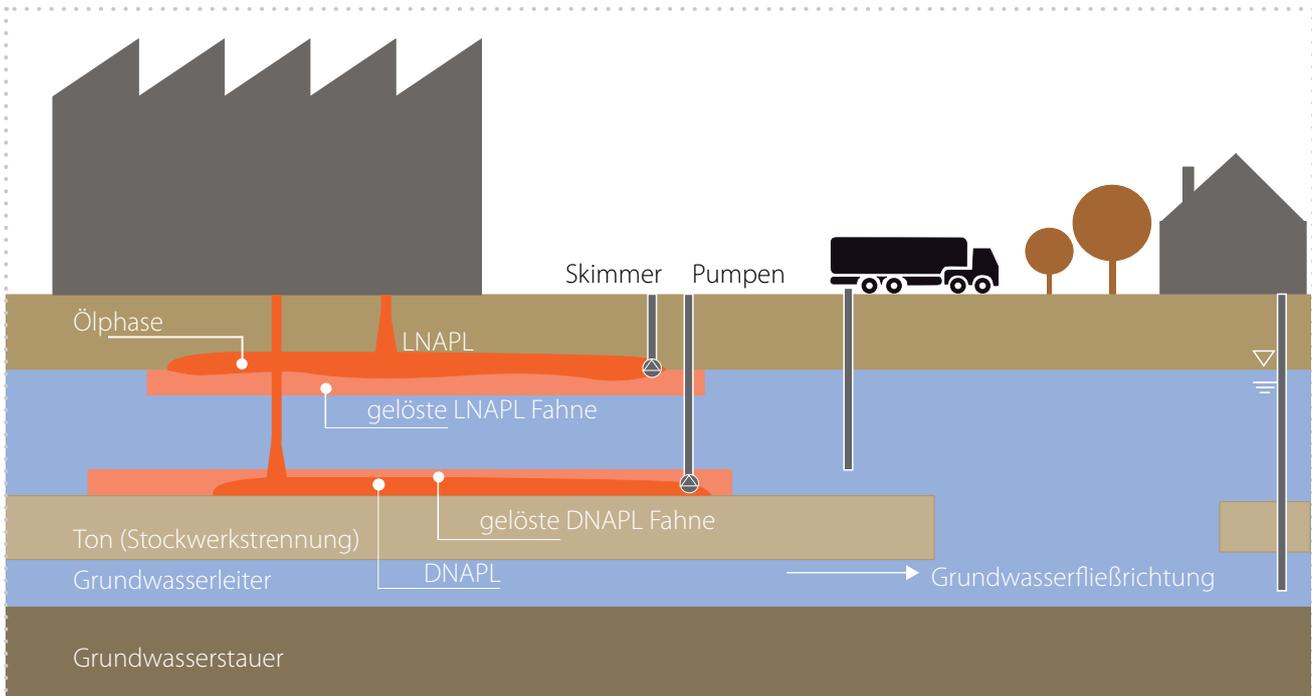
- Нижняя Саксония, Пайне: завод смазочных масел
- Бранденбург: военный аэродром
- Гамбург: забор нефти в селении Билле, топливный путь, Хальтерманн

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.bauerumweltgruppe.com](http://www.bauerumweltgruppe.com)

#### 10. Статус

- Состояние техники



## 6. Monitoring

- Monitoring zur Überwachung des Sanierungserfolgs (Reduzierung des Schadensherds)
- langfristiges Monitoring zur Kontrolle möglicher gelöster Schadstofffahnen

## 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Dekontamination durch Entnahme von Schadstoffen im Schadenszentrum; Residualsättigung verbleibt jedoch
- + mäßige Einschränkung bei der Flächenutzung, ggf. einsetzbar in Gebäuden
- + kein bzw. geringer (bei Grundwasserabsenkung) Eingriff in das Grundwasserregime
- +/- geringe Investitionskosten; geringe bis mäßige Betriebskosten, wenig Energiebedarf
- bei Grundwasserabsenkung: hohe Betriebskosten
- Anstieg der Grundwasserbelastung durch erhöhte Kontaktfläche der Residualsättigung

## 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Niedersachsen, Peine: Schmierstoffwerk
- Brandenburg: Militärflugplatz
- Hamburg: Ölentnahme Bille-Siedlung, Tankweg, Haltermann

## 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.bauerumweltgruppe.com](http://www.bauerumweltgruppe.com)

## 10. Status

- Stand der Technik

## 1

*Schematische Darstellung der Rückgewinnung von Produktphase*

Обезвреживание → in situ-Технологии обработки → Физико-химические методы обработки

## D1-2

# Реактивные стенки и Funnel & Gate

### 1. Особенности метода

- санация грунтовых вод путем помещения реакторов в потоке грунтовых вод в местах после прохождения грунтовыми водами очага загрязнения
- использование железа нулевого значения Fe<sup>0</sup>; действие – дегалогенирование хлорированных углеводородов
- использование активированного угля или других сорбентов; действие - адсорбция загрязнений, альтернативный вариант – разложение микроорганизмами
- очистка путем химических реакций, например, окисление/ восстановление (например, Cr<sup>6+</sup> → Cr<sup>3+</sup>) и дегалогенирование, осаждение, сорбция и биологическое разложение

#### 1.1 Реактивные стенки (permeable reactive wall systems)

- Ограничение или защита отходящего потока грунтовых вод с помощью установки вертикальной пропускающей стены в водоносном пласте грунтовых вод
- горизонтальное прохождение, перпендикулярно относительно направления течения грунтовых вод

#### 1.2 Funnel & Gate

- глухая стена (Funnel) + реактивные окна (Gates): целенаправленное управление движения грунтовых вод с помощью глухих стен к одному или нескольким реактивным окнам (Gates)
- установка глухих стен в форме воронок (funnel) и вертикальных пропускающих окон/ ворот (gates) в качестве реакторов в случае обширного распространения загрязнений в грунтовых водах
- горизонтальное прохождение ворот
- Многоступенчатая очистка с помощью различных реакторов для различных видов загрязнений

#### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- случаи загрязнения грунтовых вод со значительным распространением
- четко разделенные водоносные пласты грунтовых вод
- предотвращение опасности путем разложения или извлечения растворенных загрязнений в реактивных стенах
- концепция: длительность действия = время проведения санации, то есть по возможности воздержание от обмена реактивного материала; исключение - тип реактора

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

# D1-2

## Reaktive Wände und Funnel & Gate

### 1. Art des Verfahrens

- Grundwassersanierung durch Einbau von Reaktoren im Abstrom einer Grundwasserschadensquelle
- Einbau von Null-wertigem Eisen Fe<sub>0</sub>; Wirkung: Dehalogenierung von LHKW
- Einbau von Aktivkohle oder anderen Sorptionsmedien: Wirkung: Adsorption der Schadstoffe, untergeordnet: mikrobieller Abbau
- Reinigung durch chemische Reaktion, z.B. Oxidation/Reduktion (z.B. Cr(VI) Cr(III)) und Dehalogenierung, Fällung, Sorption und mikrobiellen Abbau

#### 1.1 Reaktive Wände (permeable reactive wall systems)

- Umschließung bzw. Sicherung im Abstrombereich durch Einbau einer vertikalen, durchlässigen Wand in den Grundwasserleiter
- horizontale Durchströmung, senkrecht zur Grundwasserfließrichtung

### 1.2 Funnel & Gate

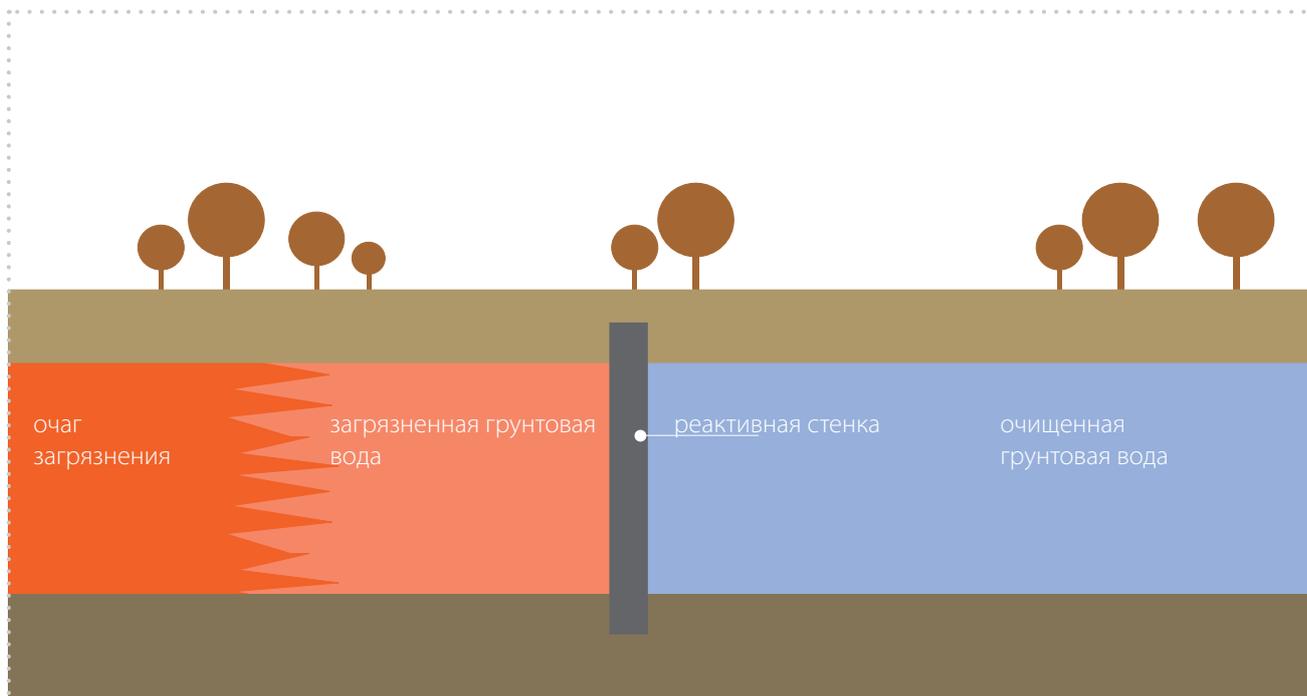
- Dichtwand (Funnel) + Reaktive Fenster (Gates): gezielte Grundwasser-„lenkung“ durch Dichtwände zu einer oder mehreren reaktiven Fenstern (Gates)
- Einbau von Dichtwänden als Trichter (Funnel) und vertikalen, durchlässigen Fenstern/Tore (Gates) als Reaktoren bei stark ausgedehnten Fahnen
- horizontale Durchströmung der Gates
- mehrstufige Reinigung durch verschiedene Reaktoren für verschiedene Schadstoffe

#### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Grundwasserschadensfälle mit ausgeprägter Schadstofffahne
- klar getrennte Grundwasserleiter
- Gefahrenabwehr durch Abbau oder Rückhalt der im abströmenden Grundwasser gelösten Schadstoffe in der Reaktiven Wand
- Konzeption: Wirkungsdauer = Sicherungsdauer, d.h. möglichst kein Austausch des Reaktormaterials; Ausnahme: Reaktortyp

#### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, feinkörnig, veränderliches Halfestgestein, Festgestein (geklüftet), bedingt: organogen/organisch
- Schadstoffe: Schwermetalle, Arsen, MKW, BTEX, PAK, Phenole, LHKW, SHKW, PCB und Nitroaromaten



## 1

### Системный разрез реактивная стенка (permeable reactive wall systems)

#### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнородный, мелкозернистый, изменчивая полутвердая скальная порода, скальная порода (трещиноватая), по обстоятельствам – биогенный/органический
- загрязнения: тяжелые металлы + мышьяк, нефтепродукты, ароматические углеводороды, ПАУ, фенолы, летучие хлорированные углеводороды; нелетучие хлорированные углеводороды. ПХБ в Нитро-ароматика

#### 4. Предпосылки применения технологии

- достаточно высокая скорость потока грунтовых вод
- достаточная пропускаемость грунта
- отсутствие ограничений во времени

#### 5. Детали процедуры

##### 5.1 Реактивные стенки

- создание рва или протяженного котлована, в случае необходимости – с применением специальных технологий подземного строительства или с фиксацией креплениями
- внесение реактивного материала

##### 5.2 Funnel & Gate

- установка классической вертикальной глухой стены, как, например, шпунтовая стенка, однофазовая глухая стена и т. п. (см. Защита S) так, что ведущие стенки образуют воронку

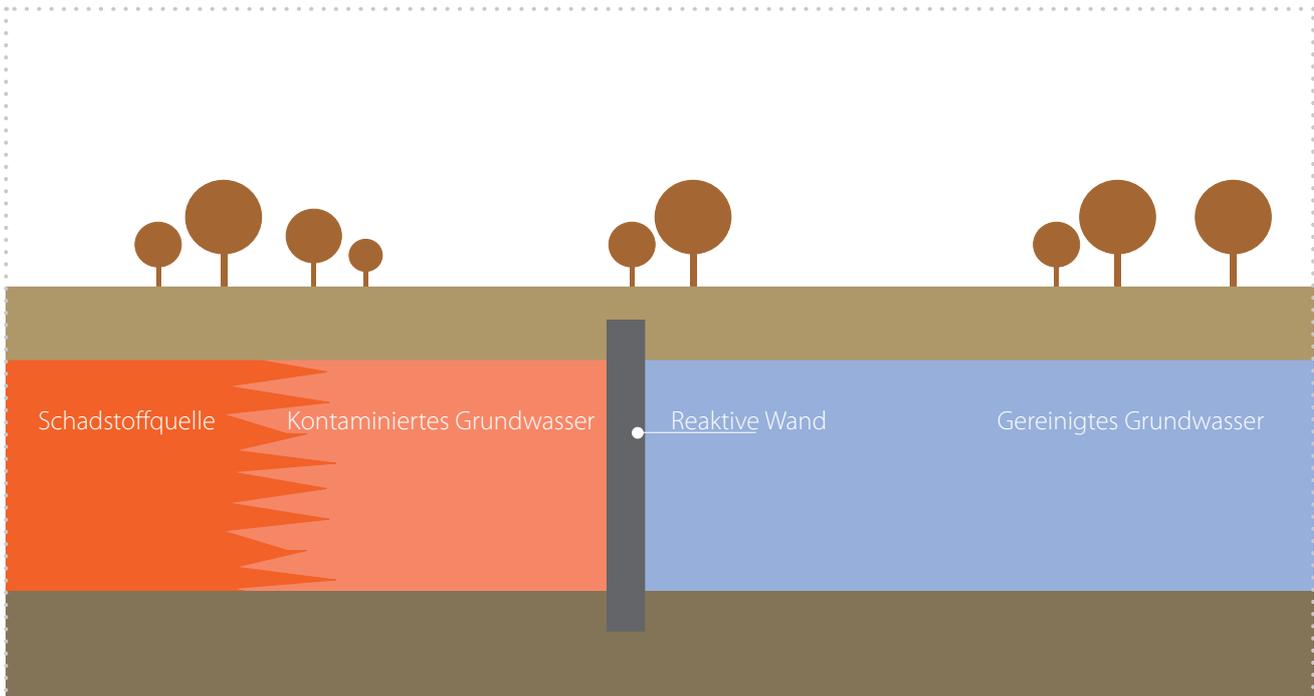
- внесение реактивного материала, как в случае с реактивной стеной в области одного или нескольких окон

#### 6. Мониторинг

- необходим обширный мониторинг процесса санации и его устойчивости, контроль за появлением из реакторов возможных продуктов разложения, загрязняющих грунтовые воды
- долгосрочный мониторинг

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + очистка потока от загрязнений с области после прохождения очага загрязнения
- + небольшое ограничение в использовании площадок
- + отсутствие необходимости применения промышленного оборудования
- + полное отсутствие (реактивные стенки) или очень небольшое (Funnel & Gate) вмешательство в режим грунтовых вод
- +/- низкие или умеренные капитальные затраты; невысокие расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, малый расход электроэнергии
- долгосрочные последствия неизвестны
- требуется длительное время (десятилетия)
- долгосрочное действие не доказано
- возможно появление вредных веществ как продуктов разложения в потоке после очага загрязнения



#### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- hinreichend große Grundwasserfließgeschwindigkeit
- ausreichende Durchlässigkeit
- keine zeitliche Beschränkung

#### 5. Einzelheiten zum Verfahren

##### 5.1 Reaktive Wände

- Aushub eines Grabens oder einer Streckenbaugrube ggf. mit Spezialtiefbauverfahren oder im Schutz eines Verbaus
- Einbau des Reaktormaterials

##### 5.2 Funnel & Gate

- Herstellung einer klassischen, vertikalen Dichtwand, wie z.B. Spundwand, Einphasendichtwand etc. (siehe Sicherung S1-1) als Leitwände trichterförmig angeordnet
- Einbau des Reaktormaterials, wie bei reaktiver Wand im Bereich einer oder mehrerer Öffnungen

#### 6. Monitoring

- umfangreiches Monitoring zum Nachweis der Nachhaltigkeit und des Sanierungserfolgs erforderlich, Kontrolle eventueller grundwassergefährdender Abbauprodukte aus den Reaktoren
- langfristiges Monitoring

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Abreinigung der Schadstoffe im Abstrom
- + geringe Einschränkung bei der Flächennutzung
- + keine Anlagentechnik
- + kein (Reaktive Wand) bzw. geringer (Funnel & Gate) Eingriff in das Grundwasserregime
- +/- mäßige bis hohe Investitionskosten; geringe Wartungs-/Betriebskosten; wenig Energiebedarf
- Langzeitwirksamkeit unbekannt
- großer Zeitbedarf (Dekaden)
- Wirksamkeit auf Dauer nicht belegt
- gefährliche Stoffe als Abbauprodukte im Abstrom möglich

#### 1

#### **Systemschnitt Reaktive Wände (permeable reactive wall system)**

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Демонстрационные объекты в рамках исследовательского проекта «RUBIN»
- Биттерфельд: большая опытная установка SAFIRA
- газовый завод в Мюнхене

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.rubin-online.de](http://www.rubin-online.de)
- Отчет «Использование проточных очистных стенок для санации загрязнений – RUBIN», Проект BMBF, Nr. 0271241
- U.S. Environmental Protection Agency (1999) "Field Applications of in situ-Remediation Technologies, Permeable Reactive Barriers", EPA-542-R-99-002
- Высшая школа северо-востока Нижней Саксонии, строительная инженерия (водоснабжение и канализация и техника защиты окружающей среды), Зудербург

#### 10. Статус

- небольшое количество случаев применения в Германии (Райне, Тюбинген, Карлсруэ)
- завершенный исследовательский проект «RUBIN»

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Modellstandorte in Deutschland u.a. im Rahmen des Verbundvorhabens „RUBIN“
- Bitterfeld: Großversuchseinrichtung SAFIRA
- Gaswerk München

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.rubin-online.de](http://www.rubin-online.de)
- Bericht „Anwendung von durchströmten Reinigungswänden zur Sanierung von Altlasten – RUBIN“, BMBF-Vorhaben Nr. 0271241
- U.S. Environmental Protection Agency (1999) „Field Applications of in situ-Remediation Technologies, Permeable Reactive Barriers“, EPA-542-R-99-002
- Leuphana Universität Lüneburg, Campus Suderburg

#### 10. Status

- wenig Referenzfälle in Deutschland (Rheine, Tübingen, Karlsruhe)
- abgeschlossenes Verbundvorhaben „RUBIN“

Обезвреживание → in situ-Технологии обработки → Физико-химические методы обработки

# D1-3

## Окисление

### 1. Особенности метода

- введение сильных окислителей в определенных точках в области санации
- окислители:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , озон, персульфат или пероксодисульфат натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$
- действие: химическое окисление загрязнений с помощью введенных окислителей, например, винил хлорид  
 $\text{+ KMnO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{KCl} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
или:  
нефтепродукты +  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- Загрязнения должны быть окисляемы
- большей частью насыщенные зоны почв; возможно и для ненасыщенной зоны почв
- предотвращение опасности и ремедиация путем окислительного разложения загрязнений

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, по обстоятельствам – мелкозернистый и трещиноватая скальная порода
- загрязнения: Нефтепродукты, ароматические углеводороды, ПАУ, фенолы, летучие хлорированные углеводороды, по обстоятельствам

### 4. Предпосылки применения технологии

- достаточная пропускная способность (как правило,  $k_f > 10^{-5}$  м/с)
- содержание Fe < 5 мг/л (расход окислителя)
- возможен ввод окислителя по всей площадке
- неприменима в случае органических отложений и/или высокого содержания органики (расход окислителя, осадка)
- наличие деревянных свай в области санации не допускается (опасность разрушения)

### 5. Детали технологии

- насыщенная зона почв: ввод растворенного окислителя через трубы закачки; подача окислителя с грунтовыми водами, непрерывно или сериями; контролируемая гидравлическая подача окислителя через колодцы инфильтрации и экстракции, непрерывно
- ненасыщенная зона почв: прямой ввод окислителя через дренажную систему или через прямую инфильтрацию, в случае необходимости – повтор процедуры

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

# D1-3

## Oxidation

### 1. Art des Verfahrens

- Zugabe von starken Oxidationsmitteln an definierten Punkten im Sanierungsfeld
- Oxidationsmittel:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , Ozon, Natriumpersulfat bzw. Natriumperoxodisulfat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$
- Wirkung: chemische Oxidation von Schadstoffen durch die zugeführten Oxidationsmittel, z.B.:  
 $\text{VC} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{KCl} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 oder:  $\text{MKW} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Schadstoffe müssen oxidierbar sein
- überwiegend gesättigte Bodenzone; ungesättigte Bodenzone möglich
- Gefahrenabwehr und Flächenrevitalisierung durch oxidative Zerstörung der Schadstoffe

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

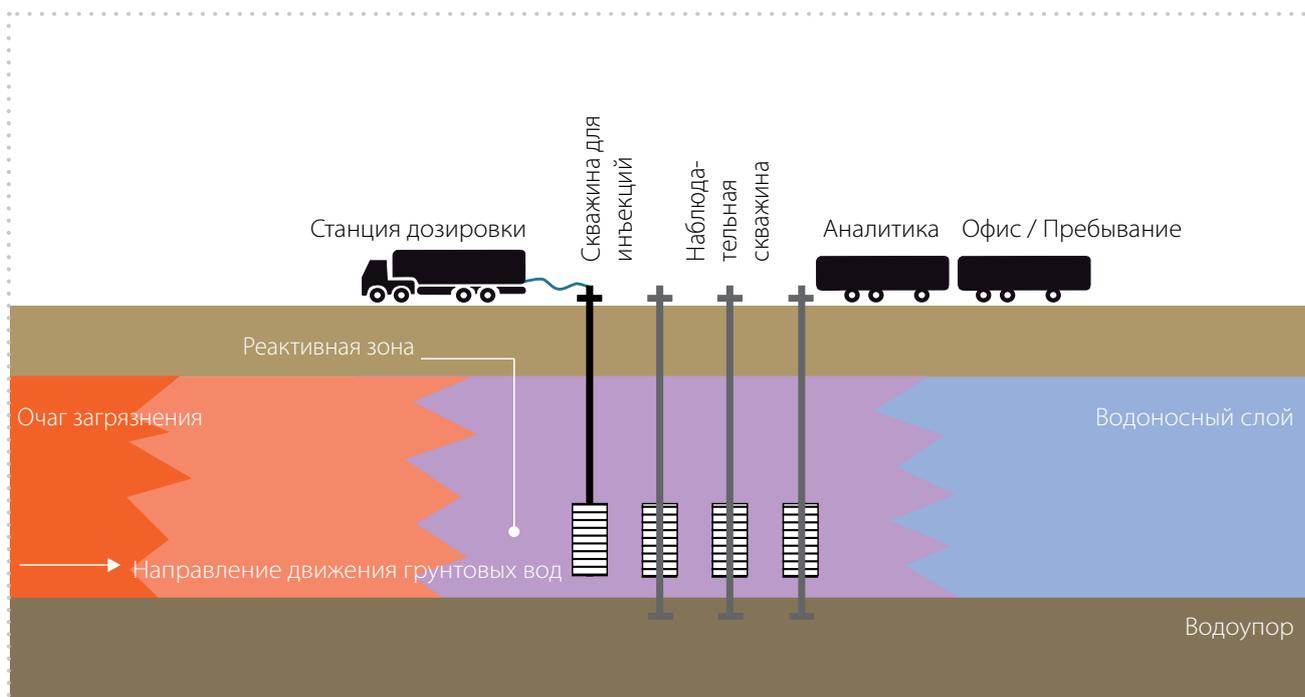
- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, bedingt feinkörnig und geklüftetes Festgestein
- Schadstoffe: MKW, BTEX, PAK, Phenole, LHKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- ausreichende Durchlässigkeit (in der Regel  $k_f > 10^{-5}$  m/s)
- Fe-Gehalte  $< 5$  mg/l (Oxidationsmittelverbrauch)
- flächenmäßiger Eintrag des Oxidationsmittels möglich
- nicht anwendbar bei organischen Sedimenten bzw. hohem Organikanteil (Oxidationsmittelverbrauch, Setzung)
- keine Holzpfahlgründung im Sanierungsbereich (Zerstörungsgefahr)

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- gesättigte Bodenzone: Eintrag des gelösten Oxidationsmittels über Injektionslanzen; Transport des Oxidationsmittels mit dem Grundwasser, kontinuierlich oder in wiederholten Kampagnen; kontrollierter hydraulischer Transport des Oxidationsmittels über Infiltrations- und Extraktionsbrunnen, kontinuierlich
- ungesättigte Zone: direkter Eintrag des Oxidationsmittels über Drainagesystem oder durch direkte Injektion, ggf. wiederholte Behandlung



## 1

**Схема химического окисления *in situ***

## 6. Мониторинг

- необходим очень точный контроль (загрязнений и параметров среды, как pH, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, окислительно-восстановительный потенциал и проч.)
- требуется мониторинг по окончании санации

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + обезвреживание путем разложения загрязнений
- + не требует длительного времени (при определенных обстоятельствах меньше одного года)
- + небольшое ограничение в использовании площадей, в случае необходимости применимо в зданиях
- + небольшие капитальные вложения; средний уровень эксплуатационных затрат
- в случае неоднородности почвы применение осложнено

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

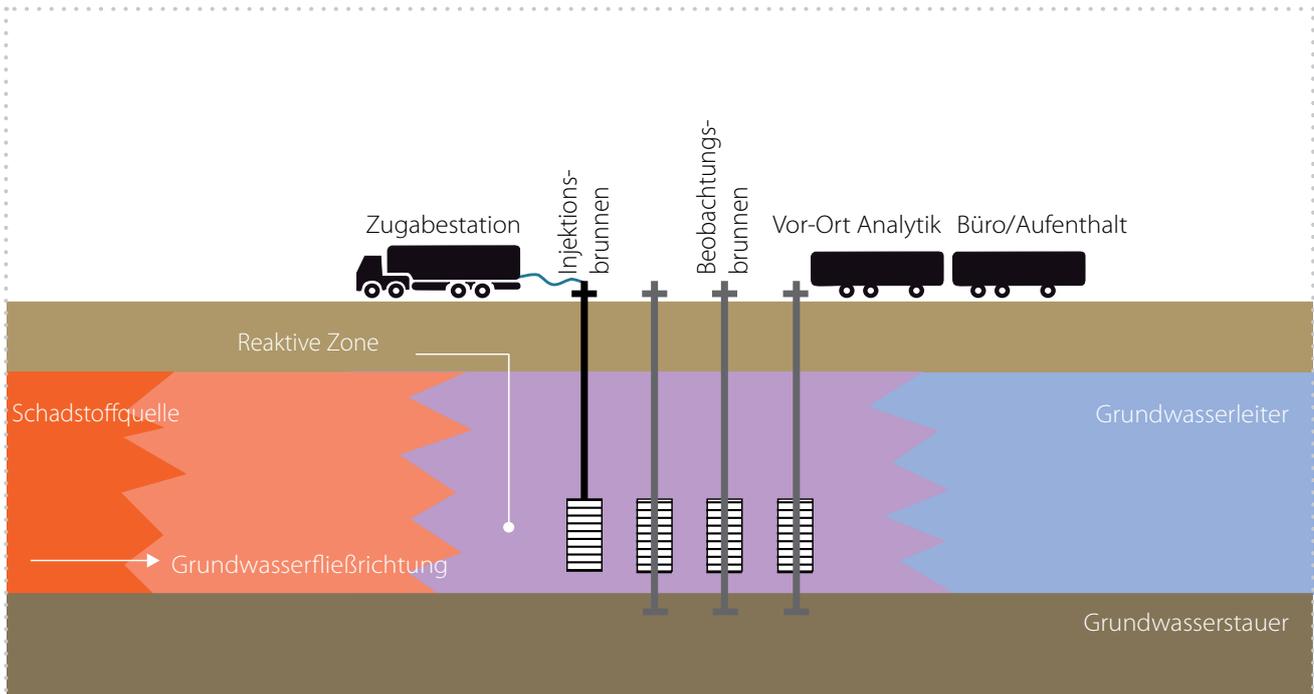
- Штутгарт, Daimler-Chrysler, исполнение: Zueblin Umwelttechnik

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.zueblin.de](http://www.zueblin.de)
- Sensatec

## 10. Статус

- статус пилотного проекта, небольшое количество мероприятий



## 6. Monitoring

- sehr genaue Kontrolle erforderlich (Schadstoffe und Milieuparameter, wie pH, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Redox etc.)
- Monitoring nach Abschluss der Sanierung erforderlich

## 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Dekontamination durch Zerstörung der Schadstoffe
- + geringer Zeitbedarf (u.U. < 1 Jahr)
- + geringe Einschränkung bei der Flächenutzung, ggf. einsetzbar unter Bauten
- + geringe Investitionskosten; mäßige Betriebskosten
- Unwägbarkeit in Folge von Bodeninhomogenitäten

## 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Stuttgart, Daimler-Chrysler, Ausführung: Züblin Umwelttechnik

## 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.zueblin.de](http://www.zueblin.de)
- Sensatec

## 10. Status

- Pilotstatus, wenig Referenzfälle

## 1

### Schematische Darstellung in situ-chemische Oxidation

Обезвреживание → in situ-Технологии обработки → Физико-химические методы обработки

## D1-4

# Электрокинез

### 1. Особенности метода

- ввод электродов в подпочву и подсединение источника постоянного тока
- индуктирование электрического поля, способствующего целенаправленному движению воды из пор почвы и растворенных в ней подвижных загрязнений параллельно с линиями поля
- таким образом стимулируются процессы электроосмоса, электромиграции и электрофореза

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- загрязнение почв близко к поверхности
- Среднесрочное уменьшение уровня загрязнений почвы

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: мелкозернистый, по обстоятельствам – разнозернистый
- вредные вещества: по обстоятельствам – тяжелые металлы/ мышьяк, цианиды

### 4. Предпосылки применения технологии

- низкая пропускаемость почвогрунта (как правило,  $k_f < 10^{-8}$  м/с)
- применима только в том случае, когда исключено наличие в почвогрунте металлических предметов (при создании электрического поля бочки, трубопроводы, бетонные арматуры могут пострадать от коррозии, металлические предметы разрушаются)

### 5. Детали технологии

- в мелкозернистом почвогрунте образуется через поверхностно-активные минералы рассеянный ионный слой, в котором катионы накапливаются в противовес анионам
- в случае отрицательно заряженной поверхности глинистого материала после подачи постоянного тока из-за избытка катионов в рассеянном ионном слое в направлении отрицательно заряженных катодов двигаются больше катионов, чем анионов в направлении положительно заряженных анодов
- через гидратные оболочки катионов индуктируется движение воды в направлении катодов (электроосмос)
- электроосмотическая скорость движения в размере нескольких сантиметров в день достигается при электрических градиентах 100 В/м
- скорость движущихся в электрическом поле ионов зависит от продукта силы электрического поля, валентности ионов и их подвижности
- степень действия электрически индуктированного и прямо действующего на ионы переноса веществ намного выше, чем осмотический перенос массы
- в этой связи при одновременном появлении этих двух явлений миграция ионов доминирует

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

# D1-4

## Elektrokinese

### 1. Art des Verfahrens

- Einbringen von Elektroden in den Untergrund und Anschluss an eine Gleichstromquelle
- Induzierung eines elektrischen Feldes, das einen gezielten Transport des Porenwassers und der darin gelösten mobilen Schadstoffe parallel zu den Feldlinien bewirkt
- es werden Vorgänge der Elektroosmose, Elektromigration und Elektrophorese bewirkt

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- oberflächennahe Verunreinigung im Boden
- mittelfristige Reduzierung von Schadstoffen im Boden

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: feinkörnig, bedingt: gemischt-körnig
- Schadstoffe: bedingt: Schwermetalle/Arsen, Cyanide

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

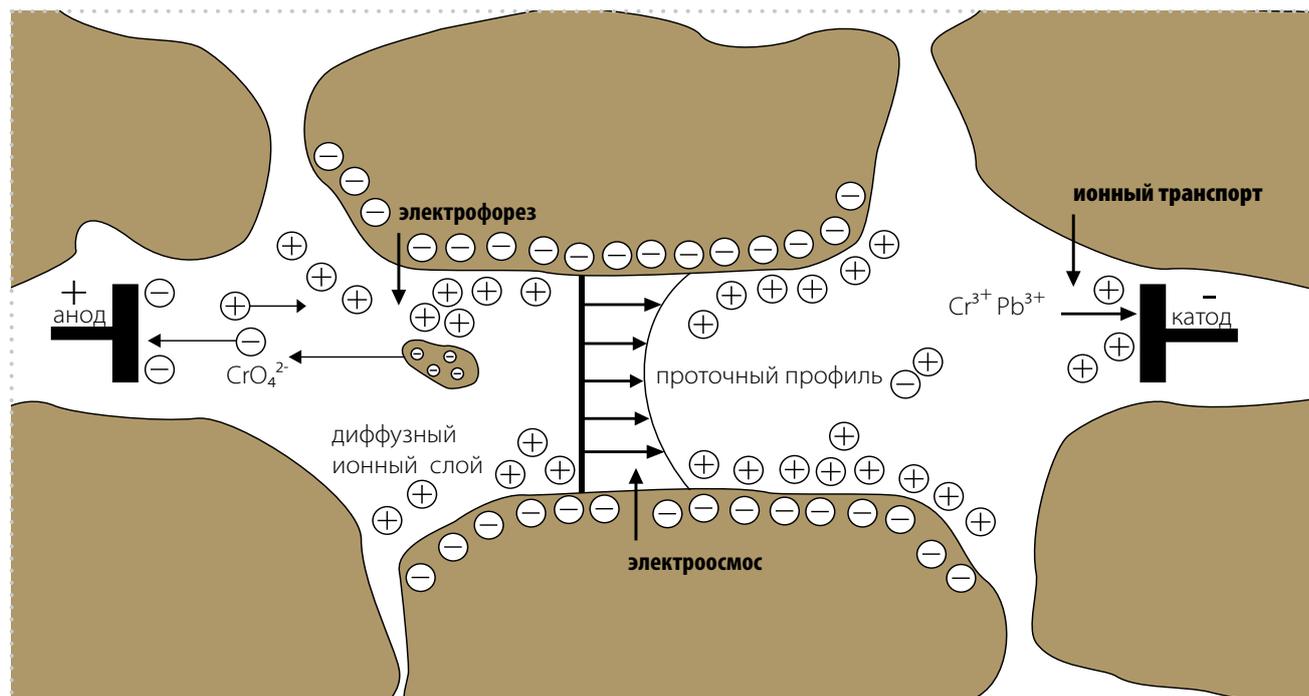
- geringe Durchlässigkeit des Untergrunds (in der Regel  $k_f < 10^{-8}$  m/s)
- Einsatz nur, wenn im Untergrund nicht mit metallischen Gegenständen zu rechnen ist (Fässer, Versorgungsleitungen, bewehrter Beton können beim Anlegen eines elektrischen Felds Korrosion erleiden, die metallischen Gegenstände lösen sich auf)

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- im feinkörnigen Untergrund bildet sich über oberflächenaktiven Mineralen eine

diffuse Ionenschicht aus, in der die Kationen gegenüber den Anionen angereichert sind

- im Falle negativ geladener Tonmineraloberflächen wandern nach Einschalten eines Gleichstroms aufgrund des Kationenüberschusses in der diffusiven Ionenschicht mehr Kationen in Richtung der negativ geladenen Kathode als Anionen in Richtung der positiv geladenen Anode
- über die Hydrathüllen der Kationen wird ein Wasserfluss in Richtung Kathode induziert (Elektroosmose)
- elektroosmotische Transportgeschwindigkeit von mehreren Zentimetern pro Tag erreichbar bei elektrischen Gradienten von 100 V/m
- die Geschwindigkeit der im elektrischen Feld bewegten Ionen hängt vom Produkt der elektrischen Feldstärke, der Valenz des Ions sowie der Ionenmobilität ab
- Wirkungsgrad des elektrisch induzierten und direkt auf das Ion wirkenden Stofftransports ist deutlich höher als osmotischer Massentransport
- daher dominiert Ionenmigration bei gleichzeitigem Auftreten beider Phänomene
- Elektrophorese bezeichnet die Wanderung elektrisch geladener Teilchen durch einen als Trägermaterial dienenden Stoff in einem elektrischen Feld



1

### Схема электрокинетические методы

- электрофорез обозначает перемещение электрически заряженных частиц в электрическом поле через служащее подложкой вещество

#### 6. Мониторинг

- требуется очень точный контроль
- требуется мониторинг по окончании санации

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + возможности комбинации с традиционными технологиями санации, например, биологическими методами
- + применяется в случае труднодоступности очагов загрязнения, например, застроенные места с загрязнениями почвы
- ограниченное применение ввиду условий почв и вида загрязнений
- помехи в виде металлических предметов в почвогрунте

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

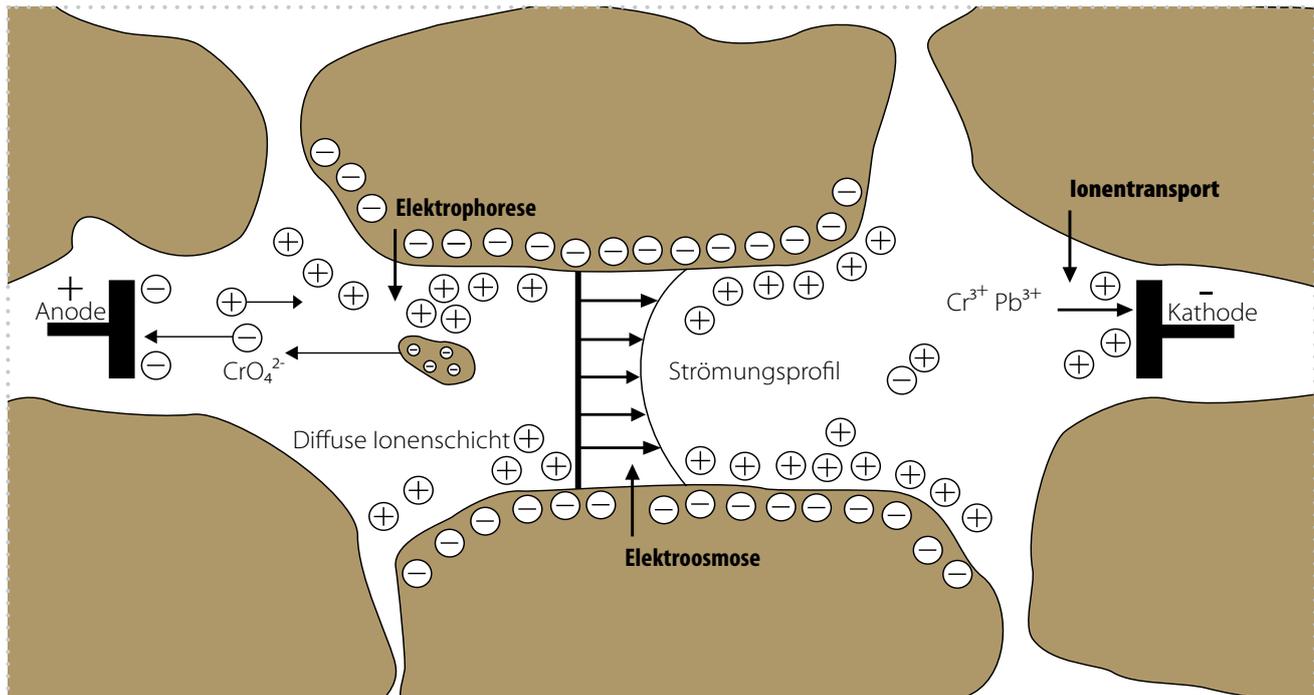
- Баден-Вюртемберг: электрокинетическая санация почвы, загрязненной тетраоксохроматом, пилотный объект – кузнечный цех Золинген

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.hakmilieu.nl](http://www.hakmilieu.nl)
- Баварская земельная служба по защите окружающей среды, Конференция по электрокинетическим процедурам – Методы санации неутрализованных отходов, конференция 22 ноября 2000 года

#### 10. Статус

- статус пилотного проекта, небольшое количество мероприятий



#### 6. Monitoring

- sehr genaue Kontrolle erforderlich
- Monitoring nach Abschluss der Sanierung erforderlich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Kombinationsmöglichkeiten mit konventionellen Sanierungstechniken, z.B. biologische Verfahren
- + anwendbar bei schlecht erreichbaren Schadensherden, z.B. bebauten Altlasten
- eingeschränkter Einsatz hinsichtlich Bodenverhältnissen und Schadstoffen
- Störung durch metallische Gegenstände im Untergrund

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Baden-Württemberg: elektrokinetische Bodensanierung chromatkontaminierter Böden – Testfeld Hammerwerk Söllingen

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.hakmilieu.nl](http://www.hakmilieu.nl)
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Fachtagung elektrokinetische Verfahren – Methoden zur Altlastensanierung, Fachtagung am 22.11.2000

#### 10. Status

- Pilotstatus, wenig Referenzfälle

1

*Schematische Darstellung  
elektrokinetisches Verfahren*

Обезвреживание → in situ-Технологии обработки → Биологические методы обработки

## D1-5

# Стимулированное биоразложение

### 1. Особенности метода

#### 1.1 Стимулированное биоразложение/Enhanced Biodegradation

- стимуляция биологического разложения органических загрязнений с помощью создания подходящих условий среды для аэробного, анаэробного или кометаболического (например, в случае метанотрофного разложения) разложения
- подача питательных веществ (нитрат, аммоний, фосфор), кислорода, доноров кислорода (нитрат, озон, перекись водорода) и при необходимости микроэлементов в грунтовые воды
- подача патентованных доноров кислорода, например, ORC (Oxygen Release Compound) для стимуляции аэробных процессов разложения, а также патентованных доноров водорода, например, HRC (Hydrogen Release Compound) для стимуляции анаэробного разложения загрязнений грунтовых вод

#### 1.2 Bioscreen/Биологический барьер

- Bioscreen (биобарьер) для создания определенных условий среды
- включает различные пассивные процедуры микробиологической санации in situ, в первую очередь для обработки загрязнений грунтовых вод после прохождения очага загрязнения для прекращения дальнейшего распространения загрязнений с грунтовой водой
- оптимизация микробиологических процессов разложения с помощью создания одной или нескольких галерей скважин в оттекающем потоке загрязненных грунтовых вод

#### 1.3 Bioventing/Биоудаление

- обработка ненасыщенных зон почвы биотехнологическими методами согласно принципу отсасывания почвенного воздуха

#### 1.4 Biosparging/Биораспыление

- впрыскивание атмосферного воздуха без примесей масла в водоносный пласт для стимуляции in situ отдувки летучих загрязнений, десорбции и микробиологического разложения

#### 1.5 Bioslurping/Биооткачка

- создание отсасывающего колодца для удаления LNAPL
- параллельно с удалением LNAPL стимулируется аэробное разложение загрязнений в ненасыщенной зоне

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

# D1-5

## Enhanced Biodegradation

### 1. Art des Verfahrens

#### 1.1 Enhanced Biodegradation

- Stimulation des biologischen Abbaus von organischen Schadstoffen im Grundwasser durch Schaffung von geeigneten Milieubedingungen für den aeroben, anaeroben oder cometabolischen (z.B. bei methanotrophem Abbau) Schadstoffabbau
- Zufuhr von Nährstoffen (Nitrat, Ammonium, Phosphor), Sauerstoff, Sauerstoffdonatoren (Nitrat, Ozon, Wasserstoffperoxid) und gegebenenfalls Spurenelementen ins Grundwasser
- Zufuhr von patentierten Sauerstoffdonatoren, z.B. ORC (Oxygen Release Compound) zur Förderung aerober Abbauprozesse sowie patentierten Wasserstoffdonatoren, z.B. HRC (Hydrogen Release Compound) zur Förderung des anaeroben Abbaus von Grundwasserverunreinigungen

#### 1.2 Bioscreen

- Bioscreen (Biobarriere) zur Schaffung von bestimmten Milieubedingungen
- umfasst unterschiedliche passive Verfahren der mikrobiologischen in situ-Sanierung, in erster Linie für die Behandlung von Schadstofffahnen zur Unterbrechung der weiteren Ausbildung
- Optimierung der mikrobiellen Abbauprozesse durch Errichtung einer oder mehrerer Brunnengalerien in der abströmenden Schadstofffahne

#### 1.3 Bioventing

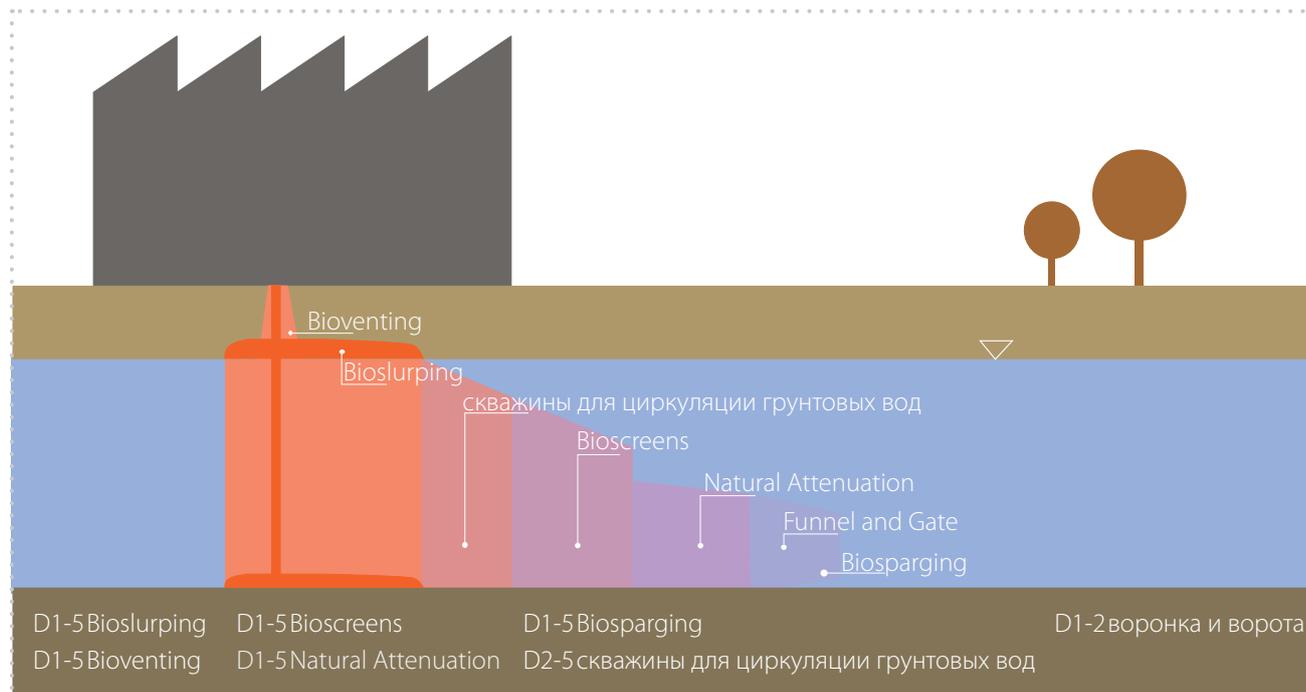
- Behandlung der ungesättigten Bodenzone mit biotechnologischen Methoden in Anlehnung an das Prinzip der Bodenluftabsaugung

#### 1.4 Biosparging

- Injektionen ölfreier atmosphärischer Luft in den Grundwasserleiter zur Förderung der in situ-Strippung flüchtiger Schadstoffe, der Desorption und des mikrobiellen Abbaus

#### 1.5 Bioslurping

- Einrichtung von Absaugbrunnen zur Entfernung von LNAPL
- parallel zur Entfernung LNAPL wird der aerobe Schadstoffabbau in der ungesättigten Zone angeregt



## 1

### Обзор биологических методов *in situ*

#### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязнение поддающимися разложению органическими и/или отдуваемыми загрязнениями
- Загрязненные участки, на которых большая часть загрязнений находится в грунтовых водах или в почвенном воздухе (см. 1.3)
- по возможности неизменное, по площади ограниченная область распространения загрязнений
- биологическая доступность загрязнений
- удаление «горячих пятен» hot spots (очаг загрязнения почвы)
- отсутствие высоко качественного использования грунтовых вод в нисходящем потоке
- благоприятные гидрогеологические условия местоположения
- ускоренное, по возможности полное микробиологическое разложение загрязнений в грунтовых водах

#### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, по обстоятельствам – мелкозернистый и трещиноватая скальная порода
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды; летучие хлорированные углеводороды

#### 4. Предпосылки применения технологии

- гомогенный водоносный пласт
- достаточная пропускаемость (как правило,  $k_f > 10^{-5}$  м/с)

#### 5. Детали технологии

##### 5.1 Стимулированное биоразложение/Enhanced Biodegradation

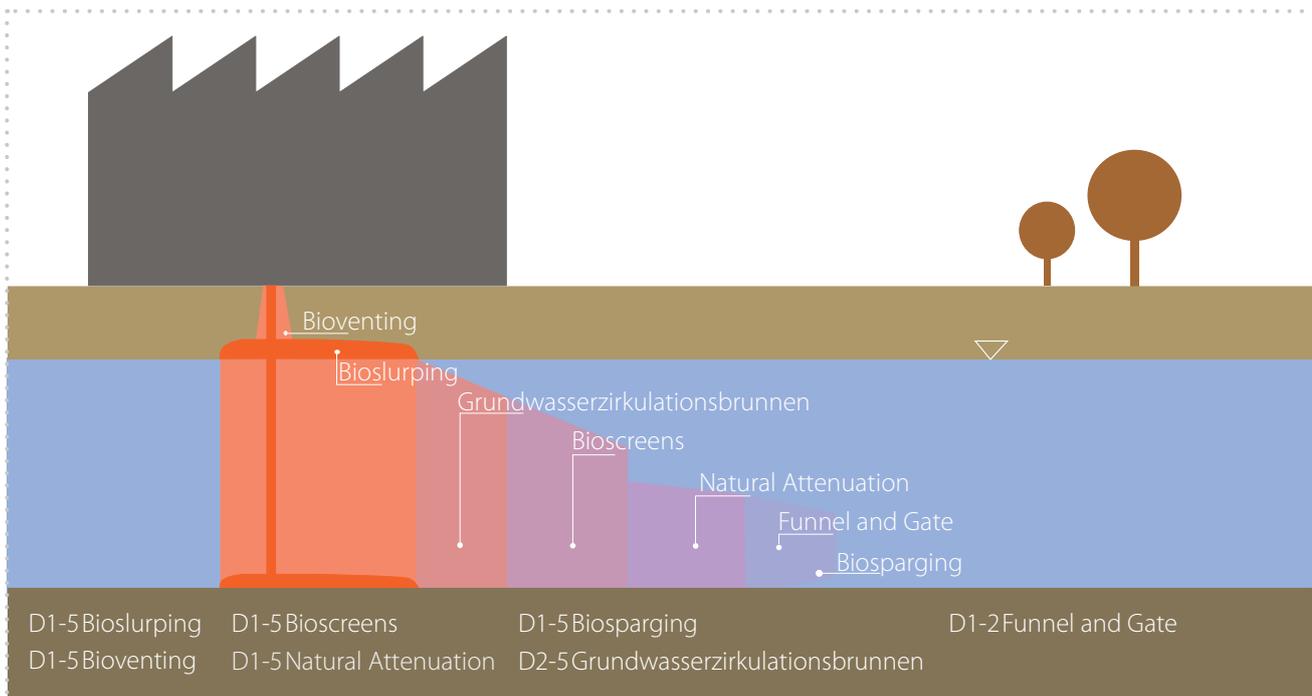
- подача кислорода и питательных веществ в водоносный поток для поддержки и ускорения аэробного разложения органических загрязнений
- подача воздуха/ кислорода через трубы
- в связи с более высокой растворимостью кислорода в грунтовые воды в качестве окислителя часто вводится перекись водорода, для этого имеется ряд специальных процедур
- стимуляция анаэробного разложения, например, с помощью подачи доноров водорода

##### 5.2 Bioscreen/Биологический барьер

- подача питательных веществ и питательных солей в водоносный поток через галереи скважин/ инъекционные трубки для стимуляции микробиологического разложения с целью предотвращения распространения загрязнений после прохода через биологический барьер

##### 5.3 Bioventing/Биоудаление

- в результате отсасывания почвенного воздуха получаемая разница давления



## 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Kontamination mit abbaubaren organischen bzw. strippbaren (1.4) Schadstoffen
- Altlasten, bei denen ein Großteil der Schadstoffe im Grundwasser bzw. der Bodenluft gelöst ist (s. 1.3)
- möglichst stationäre, flächenmäßig eng begrenzte Schadstofffahne
- biologische Verfügbarkeit der Schadstoffe
- Entfernung des hot spots (Schadstoffherd im Boden)
- keine höherwertige Nutzung des Grundwassers im Abstrom
- hydrogeologische günstige Standortverhältnisse
- beschleunigter, möglichst vollständiger mikrobiologischer Abbau der Schadstoffe im Grundwasser

## 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob und gemischtkörnig; bedingt: feinkörnig und Festgestein (geklüftet)
- Schadstoffe: MKW, BTEX, LHKW

## 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- homogen aufgebauter Grundwasserleiter
- ausreichende Durchlässigkeit (i.d.R.  $k_f > 10^{-5}$  m/s)

## 5. Einzelheiten zum Verfahren

### 5.1 Enhanced Biodegradation

- Zugabe von Sauerstoff und Nährstoffen in den Grundwasserleiter, um den aeroben Abbau organischer Schadstoffe zu unterstützen und zu beschleunigen
- Zuführung von Luft bzw. Sauerstoff über Lanzen
- Aufgrund der höheren Löslichkeit von Sauerstoff wird häufig Wasserstoffperoxid als Sauerstoffträger in den Grundwasserleiter eingebracht, es stehen einige Spezialverfahren zur Verfügung
- Förderung des anaeroben Abbaus, z.B. durch die Zugabe von Wasserstoffdonatoren

### 5.2 Bioscreen

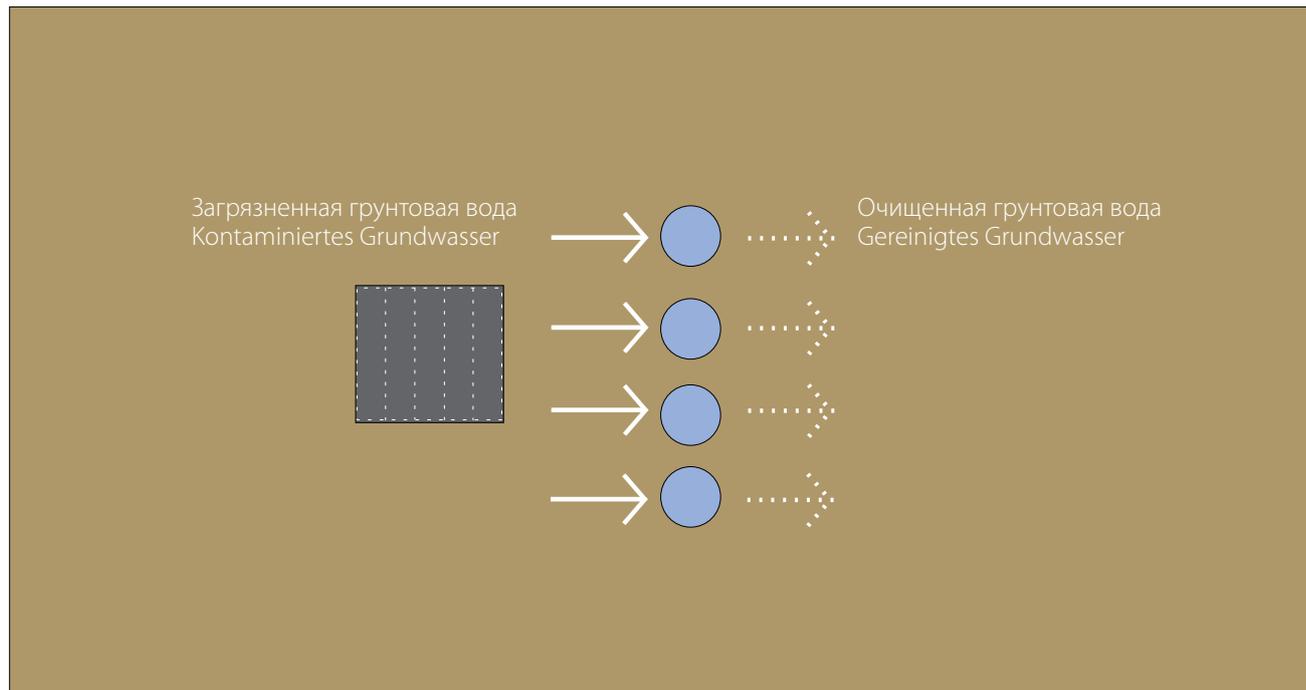
- Zugabe von Nährstoffen und Nährsalzen in den Grundwasserleiter über Brunnen galerien/Injektionslanzen zur Stimulierung des mikrobiologischen Abbaus, um den Schadstoffaustrag nach der Bioscreenpassage zu unterbrechen

### 5.3 Bioventing

- durch Absaugen der Bodenluft erzeugte Druckdifferenz verursacht ein Eintreten atmosphärischer Luft in den Untergrund und führt damit zu einer für den aeroben Schadstoffabbau notwendigen Versorgung mit Sauerstoff
- alternativ Injizierung atmosphärischer Luft und ggf. Zufuhr von Nährsalz über eine

## 1

### Schematische Übersicht in situ-Verfahren



1

**Схематичный  
разрез Bioscreen/  
биологический барьер**

2

**Схема Bioscreen/  
биологический барьер**

способствует проникновению атмосферного воздуха в почвогрунт, таким образом достигается необходимое обеспечение кислородом для аэробного разложения загрязнений

- в качестве альтернативы возможно впрыскивание атмосферного воздуха и возможное добавление питательных солей с помощью орошения соляными растворами или инфильтрации через горизонтальные дренажи
- откачанный воздух впоследствии очищается от загрязнений (активированный уголь)

#### 5.4 Biosparging/ Биораспыление

- обогащение грунтовых вод кислородом через колодцы биораспыления
- дополнительно для форсирования микробиологического разложения возможно добавление питательных солей

#### 5.5 Bioslurping/Биооткачка

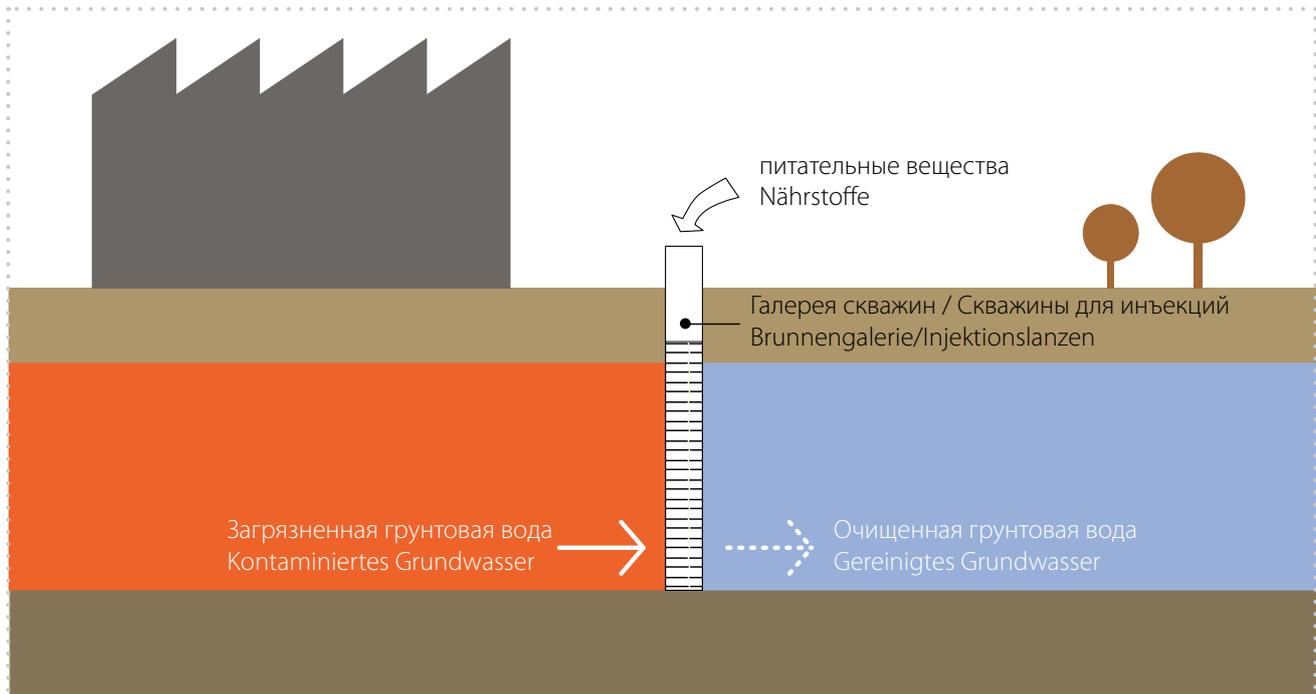
- вследствие понижения давления LNAPL откачиваются как всплывающая фаза прежде всего
- если уровень жидкости лежит ниже точки откачки, откачивается почвенный воздух
- поступление богатого кислородом воздуха в ненасыщенные зоны почвы
- обеспечение кислородом как в случае с биоудалением
- возможна комбинация инфильтрации питательных солей

#### 6. Мониторинг

- требуется мониторинг областей стока с помощью стационарных наблюдательных скважин параметров грунтовых вод в течение длительного времени
- по прошествии времени возможно проникновение загрязнений из еще загрязненных областей почвы в водоносный поток

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + относительно легко управляемая, простая процедура
- + небольшое вмешательство в соседние зоны окружающей среды, например, воздушные выбросы в соседние зоны жилой застройки
- + возможность реализации на относительно ограниченном пространстве и в сложно доступных зонах, например, в районах застройки
- остаточные риски в связи с неконтролируемым распространением загрязнений в водоносном потоке, особенно в случае более значимого использования зоны вытекающего потока
- добавление веществ в высоких концентрациях в водоносный слой вызывает сомнения с точки зрения гидрохимии
- возможно образование метаболитов



Verrieselung von Salzlösungen oder eine Infiltration über horizontale Drainagen

- abgesaugte Luft wird ex situ von Schadstoffen gereinigt (s. D3-11 Luftaktivkohle)

#### 5.4 Biosparging

- Anreicherung des Grundwassers mit Sauerstoff durch Biosparging-Brunnen
- zusätzlich können Nährsalze zur Forcierung des mikrobiellen Abbaus zugegeben werden

#### 5.5 Bioslurping

- durch Anlegen von Unterdruck werden zunächst LNAPL als aufschwimmende Phase abgesaugt
- fällt Flüssigkeitsspiegel unter Saugpunkt, wird Bodenluft abgesaugt (s. D2-6), Nachströmen sauerstoffreicher Luft in ungesättigte Bodenzone, Sauerstoffversorgung entsprechend Bioventing
- Kombination mit der Infiltration von Nährsalzen möglich

#### 6. Monitoring

- Monitoring im Abstrombereich mittels stationärer Grundwassermessstellen über einen längeren Zeitraum erforderlich
- Rücklösung von Schadstoffen aus ggf. noch vorhandenem verunreinigten Boden in den Grundwasserleiter über einen langen Zeitraum möglich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

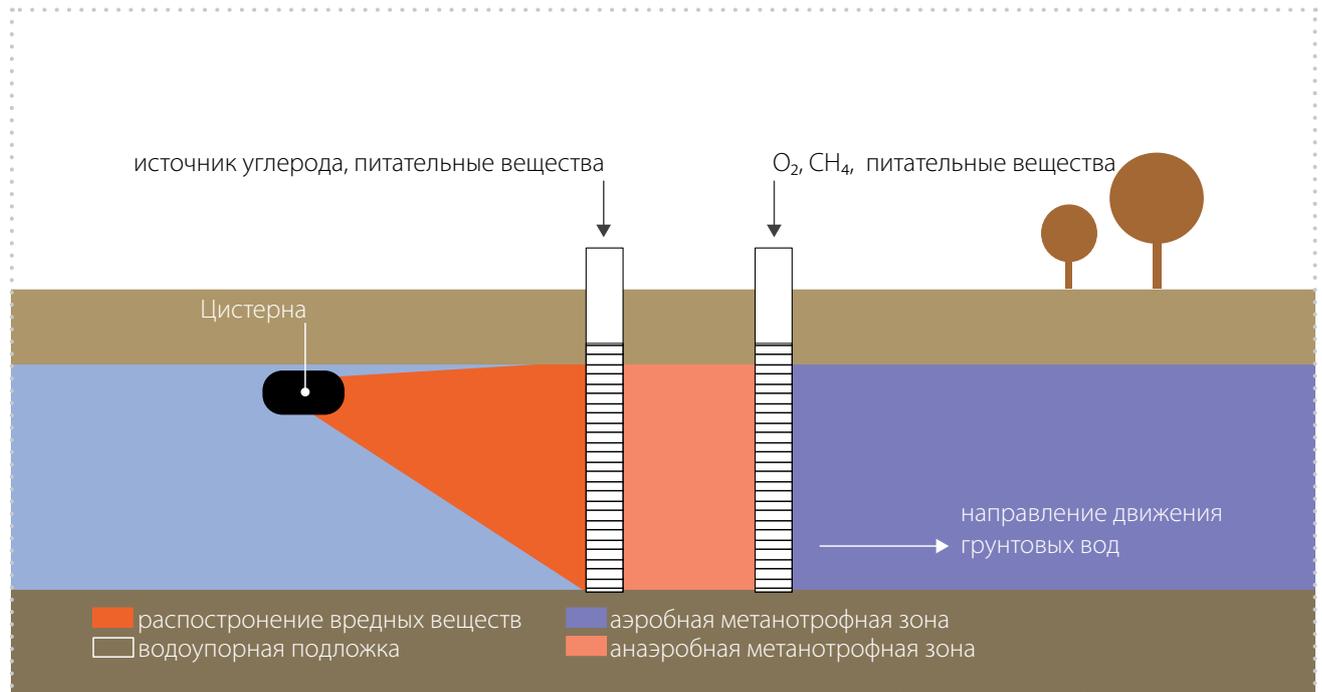
- + relativ gut beherrschbare, einfache Verfahren
- + Eingriff in benachbarte Umweltkompartimente, z.B. Emission in die Nachbarschaft bei Wohnbebauung gering
- + Durchführbarkeit auch bei relativ beengten Platzverhältnissen und schwerer Zugänglichkeit, z.B. unter bebauten Flächen gegeben

#### 1

**Schematische Draufsicht**  
**Biologische Barriere**

#### 2

**Schematischer Schnitt**  
**Biologische Barriere**



## 1

**Схема разложение загрязнений изменением окружающей среды**

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

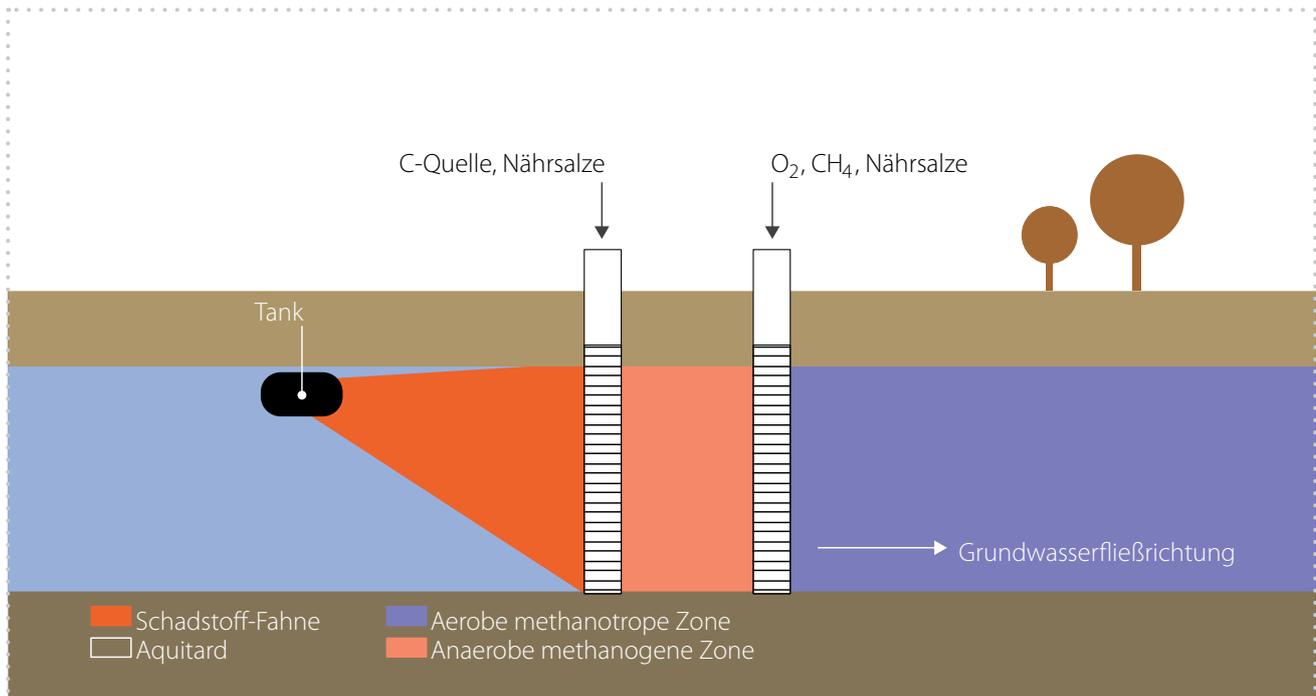
- Гамбург  
полуостров Хальтерманн
- Северный Рейн-Вестфалия:  
бывшие текстильные фабрики
- Баден-Вюртемберг:  
Биологическая санация модельной площадки Эппельхайм (ароматические углеводороды, летучие хлорированные углеводороды)

## 9. Источники/ литература

- Schroers, S; Odensaß, M. (2007): In situ-Verfahren für die gesättigte Zone: Einsatzmöglichkeiten und erste Beispiele aus Nordrhein-Westfalen; Altlasten Spektrum 01/2007; ESV
- Dechema/Kora (2006): Mikrobiologische NA-Untersuchungsmethoden. Fachliche Grundlagen für die Anwendung von Methoden zur Erfassung des natürlichen mikrobiologischen Schadstoffabbaus im Aquifer. Stand 04.10.2006 (Veröffentlichung in Kürze vorgesehen)
- [www.enviro.de](http://www.enviro.de)
- [www.isocinfo.com](http://www.isocinfo.com)
- Manual for biol. Remediation Techniques, UBA 2006

## 10. Статус

- в зависимости от процедуры: gbkjnzsq  
статус до состояния техники



- Restrisiken hinsichtlich nicht kontrollierbarer Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasserleiter, insbesondere bei hochwertiger Nutzung im Abstrombereich
- Stoffzugabe in hohen Konzentrationen in den Grundwasserleiter hydrochemisch bedenklich
- Metabolitenbildung möglich

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Haltermann-Halbinsel
- Nordrhein-Westfalen: ehemalige Textilbetriebe
- Baden-Württemberg: Biologische Sanierung am Modellstandort Eppelheim (BTEX, LHKW)

#### 9. Quellen/Literatur

- Schroers, S; Odenaß, M. (2007): In situ-Verfahren für die gesättigte Zone: Einsatzmöglichkeiten und erste Beispiele aus Nordrhein-Westfalen; Altlasten Spektrum 01/2007; ESV
- Dechema/Kora (2006): Mikrobiologische NA-Untersuchungsmethoden. Fachliche Grundlagen für die Anwendung von Methoden zur Erfassung des natürlichen mikrobiologischen Schadstoffabbaus im Aquifer. Stand 04.10.2006 (Veröffentlichung in Kürze vorgesehen)
- [www.enviro.de](http://www.enviro.de)
- [www.isocinfo.com](http://www.isocinfo.com)
- Manual für biol. Remediation, UBA 2006

#### 10. Status

- je nach Verfahren: Pilotstatus bis Stand der Technik

#### 1

#### Schematische Darstellung Schadstoffabbau mit Milieuumkehr

Обезвреживание → in situ-Технологии обработки → Биологические методы обработки

## D1-6

# Фиторемедиация

### 1. Особенности метода

- целенаправленное высаживание растений для экстракции, разложения или стабилизации вредных веществ в почве и воде
- в зависимости от типа загрязнения и его расположения действуют различные механизмы, как фитоэкстракция, фитостабилизация, фитодеградация, гидроконтроль и покровная система вегетации, см. 5

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- обработка обширных площадей преимущественно в ненасыщенных зонах почв, особенно тогда, когда другие мероприятия санации не подходят
- „Polishing Step“ после применения традиционных методов санации
- стабилизация загрязнений в среде и предотвращение миграции загрязнений

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: биогенный/ органический и в зависимости от содержания гумуса крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый
- загрязнения: Нефтепродукты, ароматические углеводороды, ПХБ, летучие хлорированные углеводороды; нелетучие хлорированные углеводороды, нитроароматы, тяжелые металлы/ мышьяк

### 4. Предпосылки применения технологии

- загрязнения доступны для растений
- загрязнения в почве не представляют для растений токсичной угрозы
- достаточно времени
- отсутствие риска образования недопустимых метаболитов в области корней из-за бактерий, грибов или растительных энзимов

### 5. Детали технологии

- фитоэкстракция: прием растениями тяжелых металлов, например, индийская горчица, подсолнечник
- фитостабилизация: стабилизация в почве тяжелых металлов, например, гибридным просвирником, травами
- Фитодеградация и корневая деградация: разложение органических загрязнений в почве, как и в грунтовых и поверхностных водах, например, с помощью шелковицы красной, харьковской, черной ивы
- гидроконтроль: изменение потоков грунтовых и поверхностных вод, например, с помощью тополя и ивы
- покровная система вегетации: повышение эвапотранспирации с помощью насаждения растительного покрова, например, тополей и трав

Dekontamination → in situ-Behandlungstechnologie → Biologische Behandlungsverfahren

# D1-6

## Phytoremediation

### 1. Art des Verfahrens

- gezielter Einsatz von Pflanzen zur Extraktion, zum Abbau oder zur Stabilisierung von Schadstoffen in Boden und Wasser
- je nach Schadstofftyp und Lage greifen unterschiedliche Mechanismen wie Phytoextraktion, -stabilisierung, -degradation, Hydraulic Control und Vegetativ-Cover-System, siehe 5

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Behandlung extensiver Flächen überwiegend in der ungesättigten Bodenzone, insbesondere, wenn andere Sanierungsmaßnahmen nicht verhältnismäßig sind
- „Polishing Step“ nach der Anwendung von herkömmlichen Sanierungsmethoden
- Stabilisierung von Schadstoffen im Medium und Vermeidung einer Schadstoffmigration

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: organogen/organisch und je nach Humusgehalt grobkörnig, gemischt-körnig, feinkörnig
- Schadstoffe: MKW, BTEX, PAK, LHKW, PCB, SHKW, Nitroaromaten, Schwermetalle/Arsen

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Schadstoffe für Pflanzen erreichbar
- Schadstoffe im Boden für Pflanzen nicht toxisch
- ausreichend Zeit vorhanden

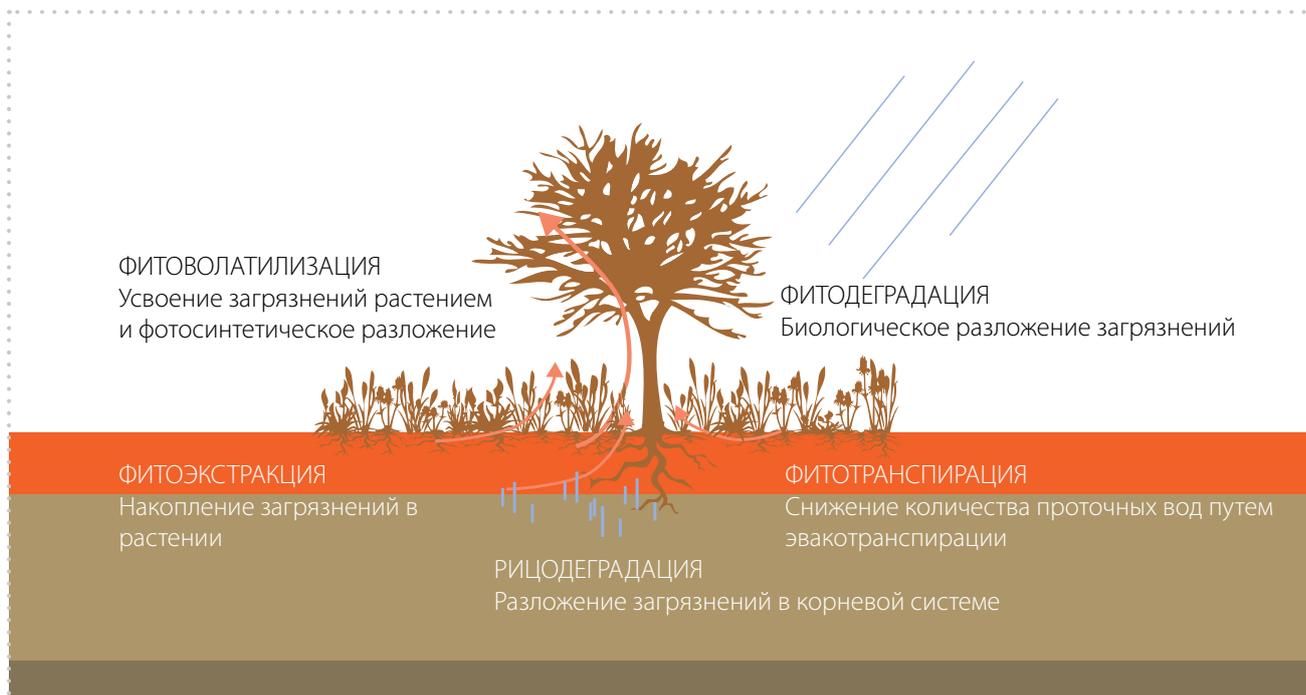
- keine Bildung inakzeptabler Metabolite im Wurzelraum durch Bakterien, Pilze oder pflanzliche Enzyme

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Phytoextraktion: Aufnahme von Schwermetallen durch Pflanzen, z.B. Indischer Senf, Sonnenblume
- Phytostabilisierung: Stabilisierung von Schwermetallen im Boden, z.B. durch Hybrid-Pappel, Gräser
- Phyto-/Rhizodegradation: Abbau organischer Schadstoffe im Boden sowie Grund- und Oberflächenwasser, z.B. durch roten Maulbeerbaum, Armluchteralge, Schwarzweide
- Hydraulic Control: Veränderung des Fließgeschehens von Grund- und Oberflächenwasser durch z.B. Pappel, Weide
- Vegetativ-Cover-System: Erhöhung der Evapotranspiration durch Bepflanzung, z.B. Pappel, Gräser

### 6. Monitoring

- sehr genaue Kontrolle erforderlich
- Monitoring nach Abschluss der Sanierung



## 1

**Санация с помощью растений****6. Мониторинг**

- требуется очень точный контроль
- требуется мониторинг по окончании санации

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + низкие затраты по сравнению с традиционными методами санации
- + повышение физического, химического и экологического качества почвы
- + включение в картину ландшафта, высокий уровень общественного признания
- мероприятие, не влекущее за собой моментального действия; не предполагает краткосрочного существенного уменьшения содержания загрязнений и их распространения
- в зависимости от типа загрязнения происходит лишь его перенос в растение (например, тяжелые металлы)

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

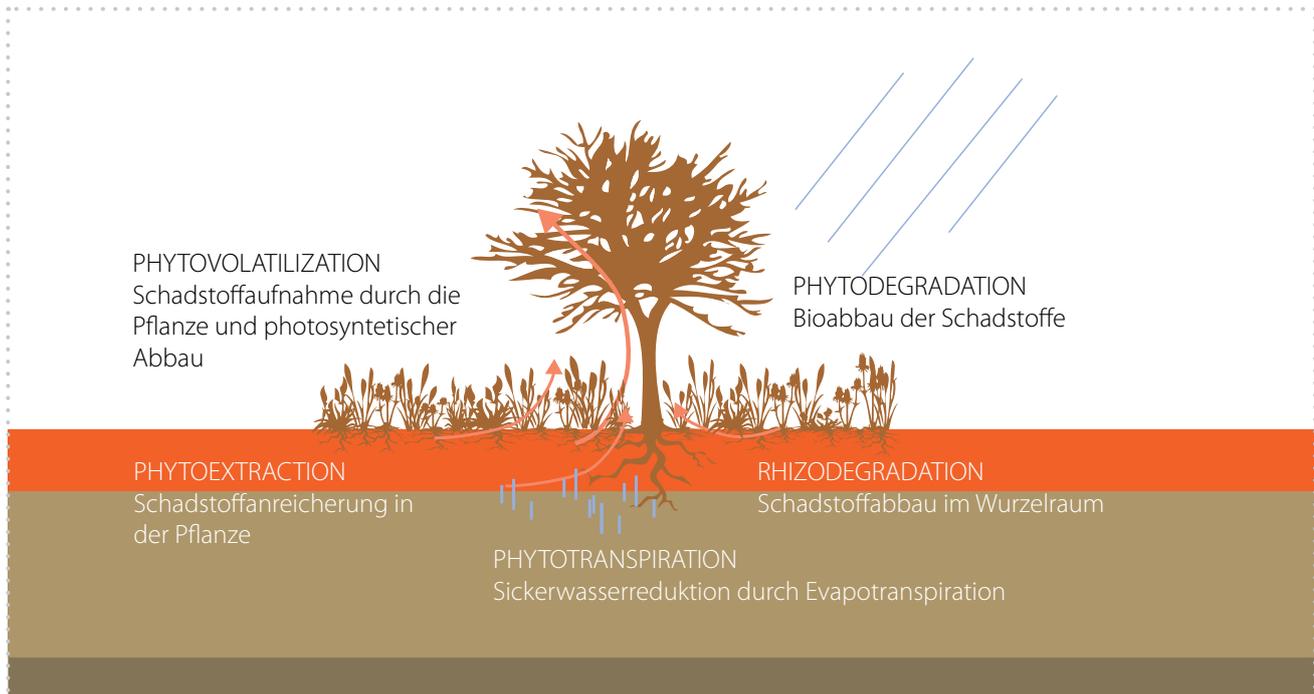
- Нижняя Саксония: основанная на применении растений санация участка, загрязненного ТНТ, Клаусталь-Целлерфельд (ВМФВ)

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- [www.mobot.org/jwccross/phytoremediation](http://www.mobot.org/jwccross/phytoremediation)
- [www.hoogen.de](http://www.hoogen.de)
- [www.itrcweb.org/documents/Phyto-2.pdf](http://www.itrcweb.org/documents/Phyto-2.pdf)
- [www.uft.uni-bremen.de/pflanzenanatomie/forschung/seebeck.htm](http://www.uft.uni-bremen.de/pflanzenanatomie/forschung/seebeck.htm)
- Trapp, S. (2000): Aspekte der Phytoremediation organischer Schadstoffe. UWSF-z. Umwelttechn. Цkotox 12, 246-255

**10. Статус**

- в Германии – статус пилотного проекта, в США отчасти уровень техники



### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + geringe Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Sanierungsmethoden
- + Verbesserung der physikalischen, chemischen und ökologischen Bodenqualität
- + Integration in das Landschaftsbild mit hoher öffentlicher Akzeptanz
- keine Ad hoc Maßnahme, kurzfristig keine wesentliche Reduzierung von Schadstofffrachten bzw. deren Ausbreitung
- je nach Schadstoff findet lediglich eine Verlagerung in die Pflanze statt (z.B. Schwermetalle)

### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Niedersachsen: auf Pflanzen basierende in situ-Sanierung eines TNT-kontaminierten Standorts bei Clausthal-Zellerfeld (BMFB, Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung)

### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.mobot.org/jwccross/phytoremediation](http://www.mobot.org/jwccross/phytoremediation)
- [www.hoogen.de](http://www.hoogen.de)
- [www.itrcweb.org/documents/Phyto-2.pdf](http://www.itrcweb.org/documents/Phyto-2.pdf)
- [www.uft.uni-bremen.de/pflanzenanatomie/forschung/seebeck.htm](http://www.uft.uni-bremen.de/pflanzenanatomie/forschung/seebeck.htm)
- Trapp, S. (2000): Aspekte der Phytoremediation organischer Schadstoffe. UWSF-z. Umwelttechn. Ökotox 12, 246-255

### 10. Status

- in Deutschland Pilotstatus, in USA teilweise Stand der Technik

### 1

### Sanierung durch höhere Pflanzen

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Почва → Выемка грунта

## D2-1

# Выемка с помощью экскаватора

Указание: Обработка почвы : D3-1 до D3-7

### 1. Особенности метода

- санация загрязненных участков с помощью выемки грунта в ненасыщенных и насыщенных зонах почв
- после выемки – обработка грунта (on site или off site; см. детали технологии) или отвоз изъятых грунта в хранилище (защищенное захоронение)

### 2. Предпосылки и цели санации

- не диффузное, а точечное загрязнение токсикантами в почве с высокой концентрацией загрязнений при одновременно низком распространении или
- загрязнение средней мощности на площади среднего или большого размера близко к поверхности
- целью санации, как правило, является полное удаление источника загрязнения

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый, биогенный/ органический
- загрязнения: выбор процедуры изъятия грунта в целом зависит от загрязнения, однако, здесь следует учитывать мероприятия по технике безопасности и защиту окружения

### 4. Предпосылки применения технологии

- в области санации не должно быть построек, должно быть достаточно места
- в ином случае – применение специальных процедур, например, изъятие почвы с помощью бурения большим диаметром (см. D 2-2)
- требуются технологии с низким уровнем эмиссии, в случае необходимости – защитные ограждения, особенно в области с соседствующей жилой застройкой, а также аккуратное обращение с окружением, особенно в случае появления загрязнений с высоким уровнем давления паров
- по необходимости поддержание уровня грунтовой воды

### 5. Детали технологии

- применение гидравлических экскаваторов
- как правило, с использованием традиционных машин глубина выемки от уровня земли доходит до 4,5 метров
- возможен более глубокий забор с сооружением котлована, в случае необходимости – с установкой крепи
- в случае летучих вредных веществ требуются мероприятия по технике безопасности, от герметичных кабин до дистанционно управляемых экскаваторов

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Boden → Aushub

# D2-1

## Baggeraushub

**Hinweis:** Bodenbehandlung s. D3-1 bis D3-7

### 1. Art des Verfahrens

- Sanierung von kontaminierten Standorten durch Bodenaushub in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone
- im Nachgang Bodenbehandlung (on site oder off site; siehe Behandlungsverfahren) oder Verbringung des Aushubs auf Deponien (gesicherte Endlagerung)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- kein diffuser, sondern punktförmiger Schadstoffeintrag in den Boden mit hohen Schadstoffkonzentrationen bei gleichzeitig geringer Ausbreitung oder
- mittel- bis großflächige mittelstarke Verunreinigung im oberflächennahen Bereich
- Sanierungsziel ist im Regelfall die vollständige Entfernung der Schadstoffquelle

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, feinkörnig, organogen/organisch
- Schadstoffe: Die Wahl des Aushubverfahrens ist im Allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es sind jedoch Konsequenzen hinsichtlich Arbeitsschutz und Umgebungsschutz zu beachten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Sanierungsbereiche dürfen nicht überbaut sein, ausreichende Platzverhältnisse
- sonst Einsatz von Spezialverfahren, z.B. Bodenentnahme mittels Großbohrpfählen (s. D2-2)
- emissionsarme Technologien erforderlich, unter Umständen auch Einhausungen, insbesondere im Bereich angrenzender Wohnbebauung und sensibler Nutzung im Umfeld, vor allem beim Antreffen von Schadstoffen mit hohem Dampfdruck

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Einsatz von Hydraulikbaggern
- Aushubtiefe von Geländeoberkante im Regelfall bis 4,5 m bei herkömmlichen Geräten
- größere Entnahmetiefe bei Anlage von Baugruben, ggf. mit Verbau möglich
- bei Vorliegen flüchtiger Schadstoffe sind Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich, z.B. gekapselte Fahrerkabinen bis hin zu ferngesteuerten Baggern
- ggf. Wasserhaltung erforderlich

### 6. Monitoring

- erforderlich bei nicht vollständiger Entnahme der Schadstoffquelle oder im Grundwasser verbleibenden Restkontaminationen



## 1

*Санация полигона  
Шлахтхофштрассе  
в Гамбурге*

## 2 - 3

*Санация Гразброк, Гамбург*

## 6. Мониторинг

- мониторинг требуется в случае, если производилось неполное изъятие источника загрязнения, или в грунтовых водах остаются остаточные загрязнения

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + безопасные строительные технологии с обозримыми затратами, с помощью которых вредные вещества окончательно удаляются из области загрязнения
- + последующий контроль и мониторинг требуются только для остаточных загрязнений
- + в комбинации с процессами строительства возможно появление синергетических эффектов
- в случае вредных веществ с высоким паровым давлением возможны эмиссионные выбросы в атмосферу и причинение вреда окружающей среде в ближайшем окружении
- возможно повторное заражение изъятых грунтов почвы в области насыщенной зоны

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Гамбург: Hafencity, товарная станция Харбург, газовый завод Grasbrook
- Бремен: Мероприятия по строительству тоннеля Хемелинген

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- Smolczyk, U. (2001): Grundbau-Taschenbuch, Band 2, 6. Auflage; Ernst & Sohn
- [www.bauer.de](http://www.bauer.de)
- [www.zueblin.de](http://www.zueblin.de)

## 10. Статус

- состояние техники



#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + sichere und mit überschaubarem Aufwand durchführbare Bautechnologie, mit der die Schadstoffe im Schadensbereich endgültig entfernt werden
- + Nachsorge und Monitoring sind nur für verbleibende Restkontaminationen erforderlich
- + in Kombination mit Bauverfahren sind Synergieeffekte möglich
- bei Schadstoffen mit hohem Dampfdruck Emissionen in die Atmosphäre und Beeinträchtigung der Umweltkompartimente in der näheren Umgebung möglich
- Rekontaminationen des rückverfüllten Bodens im Bereich der gesättigten Zone möglich

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Hafencity, Güterbahnhof Harburg, Gaswerk Grasbrook
- Bremen: Tunnelbaumaßnahme Hemelingen

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Smolczyk, U. (2001): Grundbau-Taschenbuch, Band 2, 6. Auflage; Ernst & Sohn
- [www.bauer.de](http://www.bauer.de)
- [www.zueblin.de](http://www.zueblin.de)

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1

*Sanierung Deponie Schlachthofstraße, Hamburg*

#### 2 - 3

*Sanierung Grasbrook, Hamburg*

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Почва → Выемка грунта

## D2-2

# Бурение большим диаметром

Указание: Обработка почвы см. D3-1 до D3-7

### 1. Особенности метода

- санация загрязненных участков с помощью выемки/ замены грунта в ненасыщенных и насыщенных зонах почв
- после выемки – обработка грунта (on site или off site; см. Технологии обработки) или отвоз изъятых грунта в хранилище (защищенное захоронение)

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- не диффузное, а точечное загрязнение вредными веществами в почве с высокой концентрацией вредных веществ при одновременно низком распространении
- отсутствие загрязнения или загрязнение средней мощности на средней и большой глубине
- предпочтительно ниже уровня грунтовых вод
- область загрязнения может находиться в области статически важных пунктов
- целью санации, как правило, является полное удаление источника загрязнения
- специальный метод строительства, например, в области статически важных пунктов

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый, биогенный/ органический

- загрязнения: выбор процедуры изъятия грунта в целом зависит от загрязнения, однако, здесь следует учитывать последствия для техники безопасности и окружения

### 4. Предпосылки применения технологии

- применение возможно в пределах города, в непосредственной близости от зданий
- ограниченное пространство

### 5. Детали технологии

- классическое применение больших буровых скважин с использованием больших буровых станков диаметром до двух метров
- закрепление скважин с помощью обсадных труб или суспензий
- изъятие грунта с помощью бурового винта, бурового черпака или канатных ковшей
- с традиционными машинами глубина выемки составляет до 30 метров
- в случае наличия летучих веществ требуется принятие мер по обеспечению техники безопасности, например, герметичные кабины для водителей
- пересечение отдельных буровых скважин
- замена грунта

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Boden → Aushub

## D2-2

# Großbohrpfähle

**Hinweis:** Bodenbehandlung s. D3-1 bis D3-7

### 1. Art des Verfahrens

- Sanierung von kontaminierten Standorten durch Bodenaushub/-austausch in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone
- im Nachgang Bodenbehandlung (on site oder off site; siehe Behandlungsverfahren) oder Verbringung des Aushubs auf Deponien (gesicherte Endlagerung)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- kein diffuser, sondern punktförmiger Schadstoffeintrag in den Boden mit hohen Schadstoffkonzentrationen bei gleichzeitig geringer Ausbreitung bzw.
- klein- bis mittelflächige Verunreinigung in mittleren bis großen Tiefen
- vorzugsweise unterhalb Grundwasserhorizont
- Schadbereich kann im Bereich statisch relevanter Punkte liegen
- Sanierungsziel ist im Regelfall die vollständige Entfernung der Schadstoffquelle
- Sonderbauverfahren, z.B. im Bereich statisch relevanter Punkte

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, feinkörnig, organogen/organisch
- Schadstoffe: Die Wahl des Aushubverfahrens ist im allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es sind jedoch Konsequenzen hinsichtlich Arbeitsschutz und Umgebungsschutz zu beachten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- im innerstädtischen Bereich, unmittelbar neben bestehenden Gebäuden möglich
- beengte Platzverhältnisse

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- klassische Herstellung von Großbohrpfählen unter Einsatz von Großbohrgerät, Durchmesser bis 2 m
- Bohrlochstützung mittels einer Verrohrung oder Suspension
- Bodenaushub mittels Bohrschnecke, Bohreimer oder seilgeführtem Bohrlochgreifer
- Aushubtiefe bis auf über 30 m Tiefe bei herkömmlichen Geräten
- bei Vorliegen flüchtiger Schadstoffe sind Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich, z.B. gekapselte Fahrerkabinen
- Überschneidung der einzelnen Bohrpfähle
- Einbau von Austauschboden

### 6. Monitoring

- erforderlich bei nicht vollständiger Entnahme der Schadstoffquelle oder im Grundwasser verbleibender Restkontaminationen



## 1 - 3

**Санация Chrysanderstr., Гамбург**

## 6. Мониторинг

- мониторинг требуется в случае, если производилось неполное изъятие источника загрязнения, или в грунтовых водах остаются остаточные загрязнения

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + возможно целенаправленное изъятие грунта, в том числе в ограниченном пространстве, с помощью которого токсиканты из загрязненных областей удаляются окончательно
- + без укрепления грунта, без откачки грунтовых вод
- + ограничение объема (выемка и утилизации), отсутствие склонов
- + возможно применение в грунтовых водах и на большой глубине
- + не требуется или требуется лишь ограниченное понижение уровня грунтовых вод
- + последующий контроль и мониторинг требуются лишь в течение короткого времени после проведения выемки
- большие затраты строительных технологий (оборудование строительной площадки)
- большие денежные расходы, продолжительные строительные работы
- возможно повторное заражение изъятых грунтов почвы в области насыщенной зоны

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Гамбург: Chrysanderstrasse
- Фрейбург: санация газового завода

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.bauer.de](http://www.bauer.de)
- [www.spezialtiefbau.bilfingerberger.de](http://www.spezialtiefbau.bilfingerberger.de)

## 10. Статус

- Состояние техники



#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + gezielter Aushub auch bei beengten Verhältnissen, mit dem die Schadstoffe im Schadensbereich endgültig entfernt werden möglich
- + kein Baugrubenverbau, keine Wasserhaltung erforderlich
- + Begrenzung des Volumens (Aushub und Verwertung), keine Böschungen
- + Ausführung im Grundwasser und in großen Tiefen möglich
- + keine oder nur begrenzte Grundwasserhaltung erforderlich
- + Nachsorge und Monitoring sind nur für überschaubare Zeiträume erforderlich
- großer Aufwand für Bautechnologie (Baustelleneinrichtung)
- kostenintensiv, lange Bauzeiten
- Rekontaminationen des rückverfüllten Bodens im Bereich der gesättigten Zone möglich
- vermehrter Bodenaushub durch überschrittene Aushubbereiche

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Chrysanderstraße
- Freiburg: Sanierung Gaswerk

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.bauer.de](http://www.bauer.de)
- [www.spezieltiefbau.bilfingerberger.de](http://www.spezieltiefbau.bilfingerberger.de)

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1 - 3

*Sanierung Chrysanderstraße, Hamburg*

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Почва → Выемка грунта

## D2-3

# Опускной колодец

Указание: Обработка почвы см. D3-1 до D3-7

### 1. Особенности метода

- санация загрязненных площадок с помощью выемки/ замены грунта в ненасыщенных и насыщенных зонах почвы
- после выемки – обработка грунта (on site или off site; см. Технологии обработки) или отвоз изъятых грунта в хранилище (защищенное захоронение)

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- отсутствие загрязнения или загрязнение средней мощности на небольшой и средней глубине
- предпочтительно в насыщенной зоне почв
- уменьшение строительной площади с помощью четкого отграничения очищенной области от еще неочищенной
- отсутствие смешивания грунта; возможна ступенчатая выемка грунта
- ограничение бокового притока воды в результате разработки, таким образом ограничение обрабатываемого объема воды в котловане; возможна дальнейшая минимизация объема воды в котловане с помощью установки водоудерживающих слоев
- целью санации, как правило, является полное удаление источника загрязнения

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый, биогенный/ органический
- загрязнения: выбор процедуры изъятия грунта в целом зависит от загрязнения, однако, здесь следует учитывать последствия для техники безопасности и защиты окружения

### 4. Предпосылки применения технологии

- возможно применение в городах
- грунт, поддающийся отделению и «вбиваемый»

### 5. Детали технологии

- выемка грунта с помощью классических строительных элементов (например, направляющий рельс)
- установка строительных элементов с помощью традиционных строительных машин (продавка с использованием экскаватора) до плановой глубины,
- с использованием традиционных машин возможна глубина выема от 6 до 9 м
- створки от 2,5 м x 2,5 м до 6 м x 6 м
- при глубине с 6 до примерно 18 метров используются крепежные ящики из профилей шпунтовой стенки со стальными рамами

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Boden → Aushub

## D2-3

# Senkkästen

**Hinweis:** Bodenbehandlung s. D3-1 bis D3-7

### 1. Art des Verfahrens

- Sanierung von kontaminierten Standorten durch Bodenaushub/-austausch in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone
- im Nachgang Bodenbehandlung (on site oder off site; siehe Behandlungsverfahren) oder Verbringung des Aushubs auf Deponien (gesicherte Endlagerung)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- klein- bis mittelflächige Verunreinigung in geringen bis mittleren Tiefen
- vorzugsweise in der gesättigten Bodenzone
- Bauflächenverkleinerung durch scharfe Trennung zwischen sanierten bzw. sauberen und noch zu sanierenden Bereichen
- keine Vermischung von Böden; höhenstaffelter Aushub möglich
- Begrenzung des seitlichen Zustroms von Wasser infolge Verbau, dadurch Begrenzung des zu behandelnden Baugrubenwasservolumens; durch Einbindung in wasserstauende Schichten weitere Minimierung des Baugrubenwasservolumens möglich
- Sanierungsziel ist im Regelfall die vollständige Entfernung der Schadstoffquelle

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, feinkörnig, organogen/organisch

- Schadstoffe: Die Wahl des Aushubverfahrens ist im Allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es sind jedoch Konsequenzen hinsichtlich Arbeitsschutz und Umgebungsschutz zu beachten.

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- im innerstädtischen Bereich möglich
- lösbarer bzw. „rammbarer“ Boden

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Bodenaushub im Schutz von klassischen Verbauelementen (z.B. Gleitschientafel)
- Einbringen der Verbauelemente mit herkömmlichen Baugeräten (Nachdrücken mit Bagger) bis Solltiefe,
- Aushubtiefe 6 - 9 m Tiefe bei herkömmlichen Geräten möglich
- Verkästen 2,5 m x 2,5 m bis 6 m x 6 m
- ab 6 - ca. 18 m Tiefe Verbaukästen aus Spundwandprofilen mit Stahlrahmen zur Aussteifung
- Bodenaushub mittels Bagger
- bei Vorliegen flüchtiger Schadstoffe oder freier Produktphase sind Arbeits- und Emissionsschutzmaßnahmen erforderlich
- Wasserbehandlung, vorzugsweise mit Wasserrückführung (Wasseraustausch)
- Einbau von Austauschboden
- Aushub/ggf. Wasserbehandlung/Verfüllung im Taktverfahren mit mehreren Verbaukästen



## 1 - 3

**Санация газового завода  
Грасбрук, Гамбург**

- выемка грунта с помощью экскаватора
- в случае наличия летучих веществ или свободной фазы продукта требуются меры безопасности труда и защиты от эмиссии
- обработка воды, предпочтительно с восстановлением воды (обмен воды)
- замещение грунта
- выемка/ обработка воды/ засыпка в поточном режиме работы с несколькими крепежными ящиками

**6. Мониторинг**

- мониторинг требуется в случае, если производилось неполное изъятие источника заражения, или в грунтовых водах остаются остаточные загрязнения

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + ограничение объема (выемка и утилизации), отсутствие склонов
- + без укрепления грунта
- + вероятность смешения грунта значительно уменьшается
- + возможно целенаправленное изъятие грунта, в том числе в ограниченном пространстве, с помощью которого токсиканты из загрязненных участков удаляются окончательно
- + возможно применение в грунтовых водах и на средней глубине

- + не требуется или требуется лишь небольшое понижение уровня грунтовых вод и их обработка
- + последующий контроль и мониторинг требуются лишь в течение короткого времени после проведения выемки
- выемка небольших частей грунта, вследствие чего – продолжительные строительные работы
- затраты на оборудование строительной площадки (крепежные ящики), особенно на большой глубине
- увеличенное количество изъятной почвы из-за пересекающихся участков выемки

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

- Гамбург:  
Канальплатц 2, санация газового завода Грасбрук
- Рейнланд-Пфальц:  
санация нефтеперерабатывающего производства Верт

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- [www.hamburg.de/Behoerden/  
Umweltbehoerde/Berichte/Altlast1](http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/Berichte/Altlast1)

**10. Статус**

- Состояние техники



#### 6. Monitoring

- bei nicht vollständiger Entnahme der Schadstoffquelle oder im Grundwasser verbleibenden Restkontaminationen erforderlich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Begrenzung des Volumens (Aushub und Verwertung), keine Böschungen
- + kein Baugrubenverbau erforderlich
- + Vermischung von Böden deutlich reduziert
- + gezielter Aushub auch bei beengten Verhältnissen, mit dem die Schadstoffe im Schadensbereich endgültig entfernt werden möglich
- + Ausführung im Grundwasser und in mittleren Tiefen möglich
- + keine oder nur begrenzte Grundwasserhaltung und -behandlung erforderlich
- + Nachsorge und Monitoring sind nur für überschaubare Zeiträume erforderlich
- kleinflächiger Aushub dadurch längere Bauzeiten
- Aufwand für Verbaukästen insbesondere bei großen Tiefen
- vermehrter Bodenaushub durch überschnittene Aushubbereiche

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Kanalplatz 2, Sanierung Gaswerk Grasbrook
- Rheinland-Pfalz: wSanierung Raffinerie Wörth

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/Berichte/Altlast1](http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/Berichte/Altlast1)

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1 - 3

*Sanierung Gaswerk  
Grasbrook, Hamburg*

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Грунтовые воды → активные методы

## D2-4

# Откачка через скважины

Указание: Обработка грунтовой воды см. D3-8 до D3-10

### 1. Особенности метода

- Откачка загрязненных грунтовых вод через скважины, впоследствии – обработка грунтовых вод (см. Методы обработки, pump and treat)

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- загрязнение грунтовых вод, наличие точки основного загрязнения, доступной для откачки и растворимой в воде, находящейся в зонах высокой водопроницаемости ( $k_f > 10^{-6}$  m/s)
- максимально возможная откачка загрязненных грунтовых вод и очага загрязнения на поверхность для дальнейшей обработки

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разномерный, по обстоятельствам - изменчивая полутвердая скальная порода, скальная порода (трещиноватая)
- загрязнения: выбор процедуры изъятия грунта в целом зависит от загрязнения, однако, здесь следует учитывать последствия для техники безопасности и защиты окружения

### 4. Предпосылки применения технологии

- выявление действенной интенсивности откачки, в случае необходимости – расчет с помощью моделирования грунтовых вод
- вблизи зданий следует убедиться том, что понижение уровня грунтовых вод не вызовет осадки почвы
- в большинстве случаев требуется специальное разрешение

### 5. Детали технологии

- исследование гидрогеологических условий для определения интенсивности откачки и местоположения колодцев
- строительство колодца в центре загрязнения или в стоке загрязненных грунтовых вод (в случае проведения мероприятий защиты в притоке к очагу загрязнения может закачиваться чистая вода)
- инсталляция колодца до требуемой глубины забора и в соответствии с интенсивностью откачки
- активная откачка загрязненных грунтовых вод на поверхность земли для дальнейшей обработки
- в зависимости от степени очистки метода обработки вода может спускаться напрямую или не напрямую

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Grundwasser → Aktive Verfahren

## D2-4

# Brunnenförderung

**Hinweis:** Grundwasserbehandlung s. D3-8 bis D3-10

### 1. Art des Verfahrens

- Förderung von kontaminiertem Grundwasser mittels Brunnen; im Nachgang Grundwasserbehandlung (siehe Behandlungsverfahren, pump and treat)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Grundwasserkontamination mit pumpfähigem bzw. wasserlöslichem Kontaminationsschwerpunkt in Bereichen mit guter Wasserdurchlässigkeit ( $k_f > 10^{-6}$  m/s)
- möglichst weitreichende Förderung des kontaminierten Grundwassers und des Schadstoffherdes an die Geländeoberfläche zur Behandlung

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig; bedingt: veränderliches Halbfestgestein, Festgestein (geklüftet)
- Schadstoffe: Die Wahl des Aushubverfahrens ist im Allgemeinen von den Schadstoffen unabhängig, es sind jedoch Konsequenzen hinsichtlich Arbeitsschutz und Umgebungsschutz zu beachten.

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Ermittlung einer wirksamen Förderrate, ggf. mit Hilfe einer numerischen Grundwassersimulation
- in der Nähe vorhandener Bebauung ist sicherzustellen, dass eine Grundwasserabsenkung keine Setzungen verursacht
- in den meisten Fällen genehmigungspflichtig

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Untersuchung der hydrogeologischen Verhältnisse zur Bestimmung der Förderraten und Position der Brunnen
- Bau der Brunnen im Schadenszentrum oder im Abstrom der Kontamination (bei Sicherungsmaßnahmen kann auch sauberes Grundwasser im Anstrom gefördert werden)
- Ausbau der Brunnen entsprechend der erforderlichen Entnahmetiefen und der Förderraten
- aktive Förderung des kontaminierten Grundwassers an die Geländeoberfläche zur weiteren Behandlung
- das Wasser kann je nach Reinigungsgrad der Behandlungsmethode direkt oder indirekt eingeleitet werden bzw. reinfiltiert werden



## 1

*Санация Chrysanderstr., Гамбург*

## 2

*Постройка скважин для санации Бергедорферштрассе, Гамбург*

## 6. Мониторинг

- мониторинг изменений грунтовых вод и распределение токсикантов в грунтовых водах до центра загрязнения и после него
- отслеживание параметров загрязнения откачиваемых грунтовых вод

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + ex situ очистка грунтовых вод хорошо контролируется и по сравнению с очисткой грунтовых вод in situ ограничена лишь немногими условиями
- + в зависимости от интенсивности откачки и глубины кратера загрязненные грунтовые воды могут быть обработаны и под зданиями
- + для строительства колодца требуется лишь небольшое пространство
- + применима в качестве долгосрочного мероприятия защиты
- санация грунтовых вод с помощью очистки откаченной воды в зависимости от типа загрязнений и условий грунта как среднесрочный или долгосрочный вариант требует продолжительного времени
- долгосрочность работ обуславливает относительно высокие эксплуатационные расходы

- при откачке вод с помощью колодца без реинfiltrации возникают издержки на прямой или не прямой сброс грунтовых вод

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Гамбург: санация грунтовых вод на Ютлендер Алее

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/laufend/juetlaenderallee.html>
- Рабочее руководство ITVA Гидравлические методы

## 10. Статус

- Состояние техники

## 6. Monitoring

- Überwachung des Grundwasserverhaltens und der Schadstoffverteilung im An- und Abstrom des Grundwasserschadens
- Überwachung der Schadstoffparameter des geförderten Grundwassers

## 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Die Reinigung des Grundwassers ex situ ist gut kontrollierbar und gegenüber der in situ-Grundwassersanierung nur durch wenige Randbedingungen limitiert
- + je nach Höhe der Förderrate und Größe des Absenktrichters können Grundwasserschäden auch unter vorhandener Bebauung erfasst werden
- + geringer Platzbedarf zum Bau der Brunnen notwendig
- + als dauerhafte Sicherungsmaßnahme einsetzbar
- Grundwassersanierungen über gefördertes Grundwasser nehmen als mittelfristige bis langfristige Sanierungsvariante, abhängig von den Schadstoffen und den Bodenverhältnissen, viel Zeit in Anspruch
- lange Laufzeiten verursachen verhältnismäßig hohe Betriebskosten
- bei Brunnenförderung ohne Reinfiltration entstehen Kosten für das direkte bzw. indirekte Einleiten des behandelten Grundwassers

## 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Grundwassersanierung Jütländer Allee

## 9. Quellen/Literatur/Links

- <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/laufend/juetlaenderallee.html>
- ITVA-Arbeitshilfe Hydraulische Maßnahmen

## 10. Status

- Stand der Technik

## 1

*Sanierung Chrysanderstraße, Hamburg*

## 2

*Brunnenbau Sanierung Bergedorfer Straße, Hamburg*

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Грунтовые воды → активные методы

## D2-5

# Колодец циркуляции грунтовых вод

Указание: Обработка грунтовой воды см. D3-8 до D3-10

### 1. Особенности метода

- колодец циркуляции грунтовых вод (КЦГВ) – это специальный способ отдувки in situ летучих загрязнений с одновременной многократной промывкой почвогрунта вблизи колодца
- Отдувка происходит в комбинированном колодце инфильтрации и откачки с последующей очисткой загрязненного отходящего воздуха (см. Технологии обработки)

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- грунтовые воды загрязнены летучими загрязнителями
- очаг загрязнения должен находиться в однородном слое почвы без промежуточных слоев (водоупорные слои)
- центр загрязнения должен быть доступен одному или нескольким колодцам
- область распространения загрязненных грунтовых вод должна быть относительно стабильной с невысокой скоростью движения

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, по обстоятельствам - изменчивая полутвердая скальная порода, скальная порода (трещиноватая)

- загрязнения: летучие хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды

### 4. Предпосылки применения технологии

- детальная информация о строении почвогрунта в области загрязнения и о поведении загрязнений
- центр загрязнения не должен быть застроен
- достаточное количество времени для санации (в зависимости от степени загрязнения, при необходимости – несколько лет)

### 5. Детали процедуры

- КЦГВ строится на месте центра загрязнения
- КЦГВ в верхней части строится как колодец инфильтрации, а в нижней части – как колодец откачки, причем обе области разделены моноблоком и бетонной изоляцией в межтрубном пространстве
- в пределах одного колодца путем интенсивного смешения воздуха в нижней части колодца грунтовые воды откачиваются, а в верхней части колодца снова сбрасываются, в результате чего происходит локальная циркуляция грунтовых вод в КЦГВ

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Grundwasser → Aktive Verfahren

## D2-5

# Grundwasserzirkulationsbrunnen

**Hinweis:** Grundwasserbehandlung s. D3-8 bis D3-10

### 1. Art des Verfahrens

- der Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) ist eine spezielle Anwendung der in situ-Strippung für leicht flüchtige Schadstoffe mit gleichzeitigem mehrfachen Durchspülen des Untergrundes in der Brunnenumgebung
- die Strippung erfolgt in einem kombinierten Infiltrations- und Entnahmebrunnen mit anschließender Reinigung der mit Schadstoffen befrachteten Abluft (siehe Behandlungsverfahren)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Grundwasser mit leichtflüchtigen Schadstoffen verunreinigt
- die Kontamination muss sich in einem einheitlich aufgebauten Untergrundbereich ohne Zwischenschichten (Grundwasserstauer) befinden
- das Zentrum der Verunreinigung kann durch einen oder mehrere Brunnen erreicht werden
- die Position der Schadstofffahne muss verhältnismäßig stabil sein mit kleinen Fließgeschwindigkeiten

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

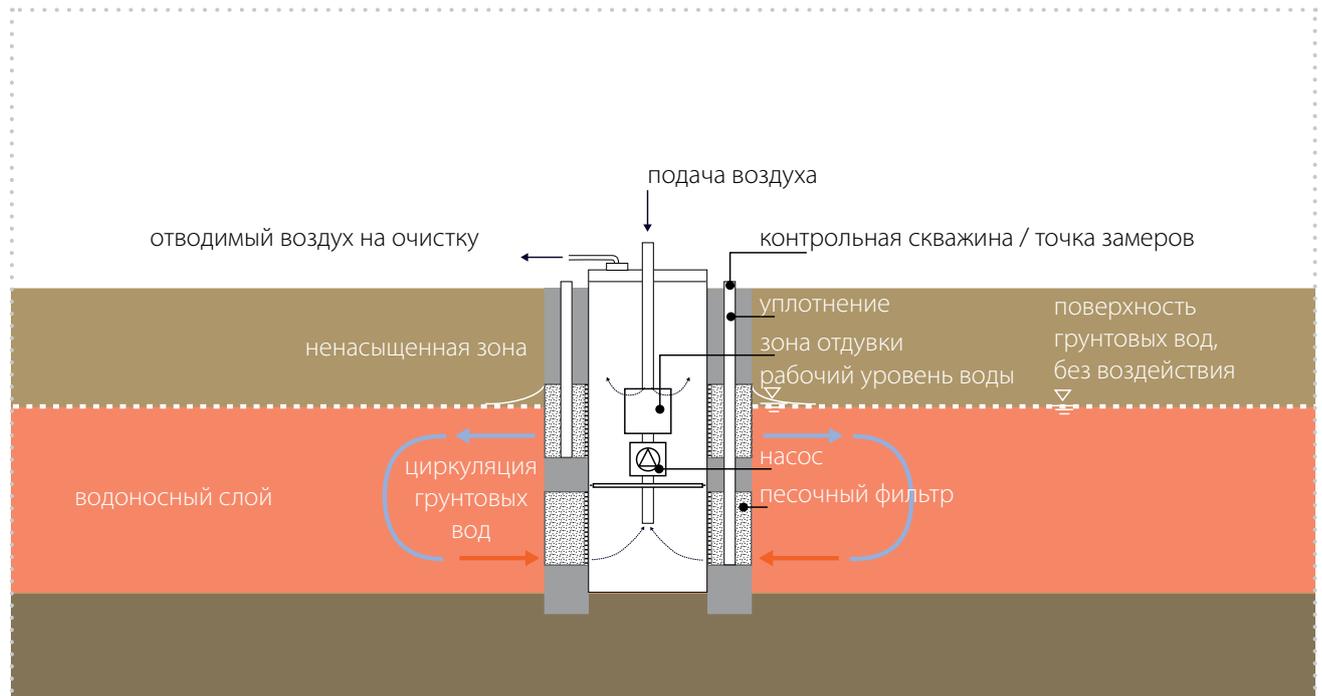
- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig; bedingt: veränderliches Halbfestgestein, Festgestein (geklüftet)
- Schadstoffe: LHKW, BTEX

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- detaillierte Kenntnisse über den Untergundaufbau im Bereich der Kontamination und über das Verhalten der Schadstofffahne
- Schadenszentrum darf nicht überbaut sein
- ausreichend Zeit für die Sanierung (je nach Kontaminationsgrad u.U. mehrere Jahre)

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- der GZB wird im Schadenszentrum errichtet
- der GZB wird im oberen Bereich als Infiltrationsbrunnen und im unteren Bereich als Entnahmebrunnen ausgebaut, wobei beide Bereiche durch ein Vollrohr sowie eine Bentonitabdichtung im Ringraum getrennt sind
- innerhalb dieses Brunnens wird über intensive Luftdurchmischung im Brunnen Grundwasser im unteren Bereich angesaugt und im oberen Bereich wieder abgegeben, wodurch eine Zirkulation des Grundwassers lokal um den GZB entsteht
- die Zirkulation wird durch verschiedene aktive Maßnahmen wie Erzeugung von Unterdruck oder Überdruck im Brunnen erzeugt, wobei die Zirkulationswirkung teilweise durch Pumpen von Grundwasser verstärkt wird



## 1

### Схема циркуляционные скважины для грунтовых вод

- циркуляция поддерживается различными активными мерами, как создание пониженного или повышенного давления в колодце, причем действие циркуляции отчасти усиливается путем откачки грунтовых вод
- откачанный, насыщенный токсикантами воздух может быть очищен с помощью фильтров с активированным углем (см. технологии обработки)
- в зависимости от техники для откачки и поставщика услуг для различных вариантов процедур КЦГВ используются следующие обозначения: колодец испарения с пониженным давлением, колодец санации с повышенным давлением, гидро-воздушный колодец и концентричное проветривание грунтовых вод

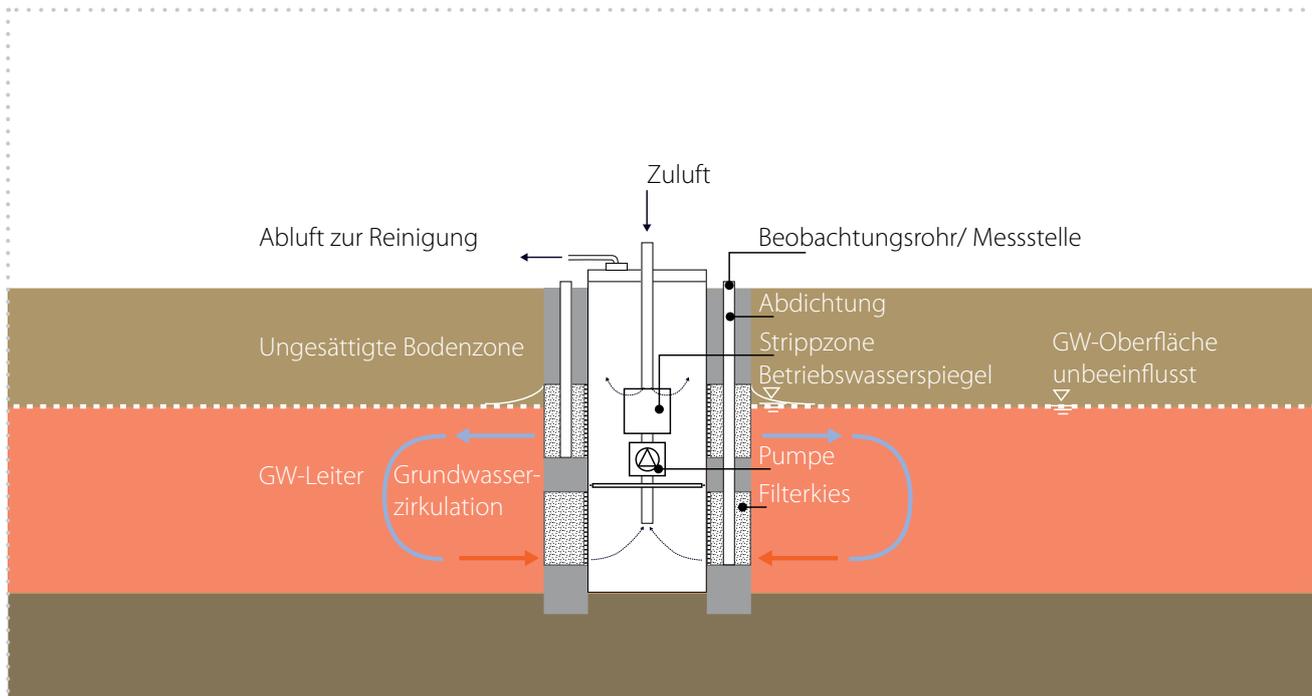
#### 6. Мониторинг

- отслеживание изменений грунтовых вод и распределение токсикантов в грунтовых водах в притоке очага загрязнения и в оттоке к нему, а также концентрация токсикантов в центре загрязнения
- отслеживание концентрации загрязнений в отходящем воздухе

- в зависимости от требований, предъявляемых к последующему использованию, требуется последующий мониторинг в течение от одного года до двух лет

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + возможна санация без понижения уровня грунтовых вод
- + требуется немного места для строительства колодца и установления очистительной установки для отработанного воздуха
- + так как вода не извлекается из почвы, не возникает расходов на ее отвод в канализацию или водоем
- очистка воды на месте не может быть использована в качестве краткосрочного метода санации
- долгосрочность работ обуславливает относительно высокие эксплуатационные расходы
- применение возможно только в однородных слоях почвогрунтов



- die abgesaugte, mit Schadstoffen befrachtete Luft, kann über einen Aktivkohlefilter gereinigt werden (siehe Behandlungsverfahren)
- je nach Förderungstechnik und Anbieter sind folgende Bezeichnungen für verschiedene Verfahrensvarianten der GZB gebräuchlich: Unterdruck-Verdampferbrunnen, Überdrucksanierungsbrunnen, Hydro-Airlift-Brunnen und koaxiale Grundwasserbelüftung

#### 6. Monitoring

- Überwachung des Grundwasserverhaltens und der Schadstoffverteilung im An- und Abstrom des Grundwasserschadens sowie der Schadstoffkonzentration im Schadenszentrum
- Überwachung der Schadstoffkonzentrationen in der Abluft
- je nach Anforderungen an die Nachnutzung ist ein Nachsorgemonitoring von ein bis zwei Jahren Dauer notwendig

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Sanierung ohne Grundwasserabsenkung möglich
- + geringer Platzbedarf zum Bau der Brunnen und Vorhaltung der Reinigungsanlage für die Abluft
- + da kein Wasser gefördert wird, fallen keine Kosten für die Einleitung in eine Kanalisation bzw. Vorfluter an. Eine in situ-Strippung kann nicht für eine kurzfristige Sanierungsmethode eingesetzt werden
- lange Laufzeiten verursachen verhältnismäßig hohe Betriebskosten
- nur in einheitlich aufgebauten Untergrundbereichen einsetzbar

#### 1

#### Schematischer Schnitt Grundwasserzirkulationsbrunnen

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Нойбранденбург: завод шин «Pneumat», загрязнение тетрахлорэтиленом (Kobert & Partner)
- Берлин: металлообрабатывающая промышленность, загрязнение летучими хлорированными углеводородами со значительной долей винилхлорида (Kobert & Partner)

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- „Der Grundwasserzirkulationsbrunnen“, Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Zentraler Fachdienst Wasser, Boden, Abfall, Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Juli 1993
- <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/mza16/isv0052.html>
- <http://www.kobertundpartner.de/projekte.html#proj8>

#### 10. Статус

- состояние техники

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Neubrandenburg: Reifenproduktion  
„Pneumat“, Tetrachlorethenschaden (Kobert & Partner)
- Berlin: Metallverarbeitende Industrie,  
LHKW-Schaden mit erheblichem Vinyl-  
chloridanteil (Kobert & Partner)

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- „Der Grundwasserzirkulationsbrunnen“,  
Handbuch Altlasten und Grundwas-  
serschadensfälle, Zentraler Fachdienst  
Wasser, Boden, Abfall, Altlasten bei der  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-  
Württemberg, Juli 1993
- <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/mza16/isv0052.html>
- <http://www.kobertundpartner.de/projekte.html#proj8>

#### 10. Status

- Stand der Technik

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Почвенный воздух → активные методы

## D2-6

# Откачка почвенного воздуха

**Указание: Обработка почвенного воздуха**

см. D3-11 до D3-12

### 1. Особенности метода

- с помощью откачки почвенного воздуха из ненасыщенных зон почвы удаляются летучие загрязнения
- процедура откачки почвенного воздуха разделяется на систему газового сбора, насосы/ компрессоры и установку очистки отработанного воздуха (см. технологии обработки)

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязнение находится в ненасыщенной зоне почвы

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, по обстоятельствам - скальная порода (трещиноватая)
- загрязнения: летучие хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды

### 4. Предпосылки применения технологии

- нет необходимости в краткосрочной санации

- для выдувания органические загрязнения должны обладать высоким коэффициентом Генри (давление пара), чтобы обеспечить переход в газовую фазу

### 5. Детали процедуры

- строительство системы забора газа, зависит от загрязнения и окружающей обстановки, например, дренаж почвенного воздуха (горизонтальный) или колодец почвенного воздуха (вертикальный)
- почвенный воздух может отсасываться из ненарушенной почвы или из буртов
- при откачке почвенного воздуха с помощью колодца почвенного воздуха рекомендуется укладка нескольких расположенных рядом друг с другом труб, участок фильтрации которых по отдельности достигают максимум трех метров, что позволяет откачку на различных глубинах (горизонтах) с оптимальным эксплуатационным давлением

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Bodenluft → Aktive Verfahren

## D2-6

# Bodenluftabsaugung

**Hinweis:** Bodenluftbehandlung s. D3-11 bis D3-12

### 1. Art des Verfahrens

- durch das Absaugen von Bodenluft werden leicht flüchtige Schadstoffe aus der ungesättigten Bodenzone entfernt
- das Verfahren der Bodenluftabsaugung gliedert sich in Gaserfassungssystem, Pumpen/Verdichter und die Abluftreinigungsanlage (siehe Behandlungsverfahren)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- die Kontamination befindet sich in der ungesättigten Bodenzone

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

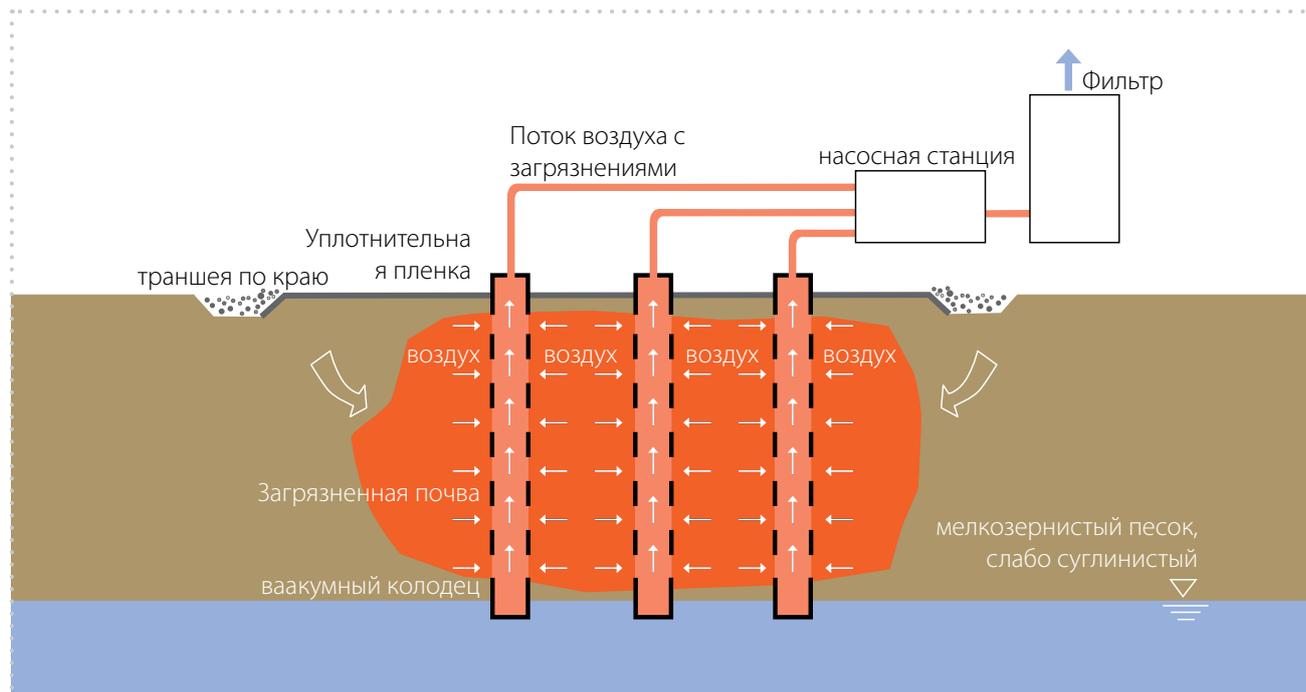
- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, bedingt: Festgestein (geklüftet)
- Schadstoffe: LHKW, BTEX

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- keine kurzfristige Sanierung notwendig
- für eine Strippung muss der organische Schadstoff einen entsprechend hohen Henrykoeffizienten (Dampfdruck) aufweisen, damit ein Übergang in die Gasphase gewährleistet ist

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Bau eines Gaserfassungssystems, schadens- und umgebungsabhängig, z.B. Bodenluftdrainage (horizontal) oder Bodenluftbrunnen (vertikal)
- Bodenluft kann aus ungestörtem Boden oder aus Bodenmieten abgesaugt werden
- bei der Bodenluftabsaugung durch Bodenluftbrunnen wird die Anordnung mehrerer nebeneinander liegender Rohre empfohlen, deren Filterstrecke jeweils einzeln max. bis zu 3 m beträgt und so in verschiedenen Tiefen (und Horizonten) Absaugungen mit optimalen Betriebsunterdrücken ermöglicht
- Absaugen der Bodenluft, bei gut durchlässigen Böden mit Radialventilatoren, bei Böden mit mittlerer Durchlässigkeit mit einem Seitenkanalverdichter und bei schwer durchlässigen Böden (nur eingeschränkt möglich) mit Vakuumpumpen
- Abdeckung der Oberfläche, um keine Umgebungsluft anzusaugen
- vor der Reinigung der Bodenluft ist eine Wasserabscheidung notwendig
- Reinigung der Bodenluft, z.B. über einen Aktivkohlefilter (zum Teil mit Dampfgeneration) oder thermisch (katalytische Oxidation) (siehe Behandlungsverfahren)



## 1

### Схема откачка почвенного воздуха

- откачка почвенного воздуха в случае почв с хорошей проницаемостью с помощью радиальных вентиляторов, в случае почв среднего уровня проницаемости – с помощью уплотнителей обходного канала, и в случае почв низкого уровня проницаемости (возможно лишь отчасти) - с помощью вакуумных насосов
- перед проведением очистки почвенного воздуха требуется водоотделение
- очистка почвенного воздуха, например, термическая (каталитическое окисление) или с применением фильтра с активированным углем (отчасти с восстановлением пара) (см. методы обработки)

#### 6. Мониторинг

- во время мероприятий санации для управления откачкой воздуха, например, в режиме прерывистой эксплуатации
- в зависимости от требований, предъявляемых к последующему использованию, требуется последующий мониторинг в течение от одного года до двух лет

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + считается очень эффективной и действенной процедурой
- зачастую требуется проведение мероприятий в течение нескольких лет
- применима только для ненасыщенных почв
- как правило не подходит для обезвреживания почвы, только для очистки почвенного воздуха

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

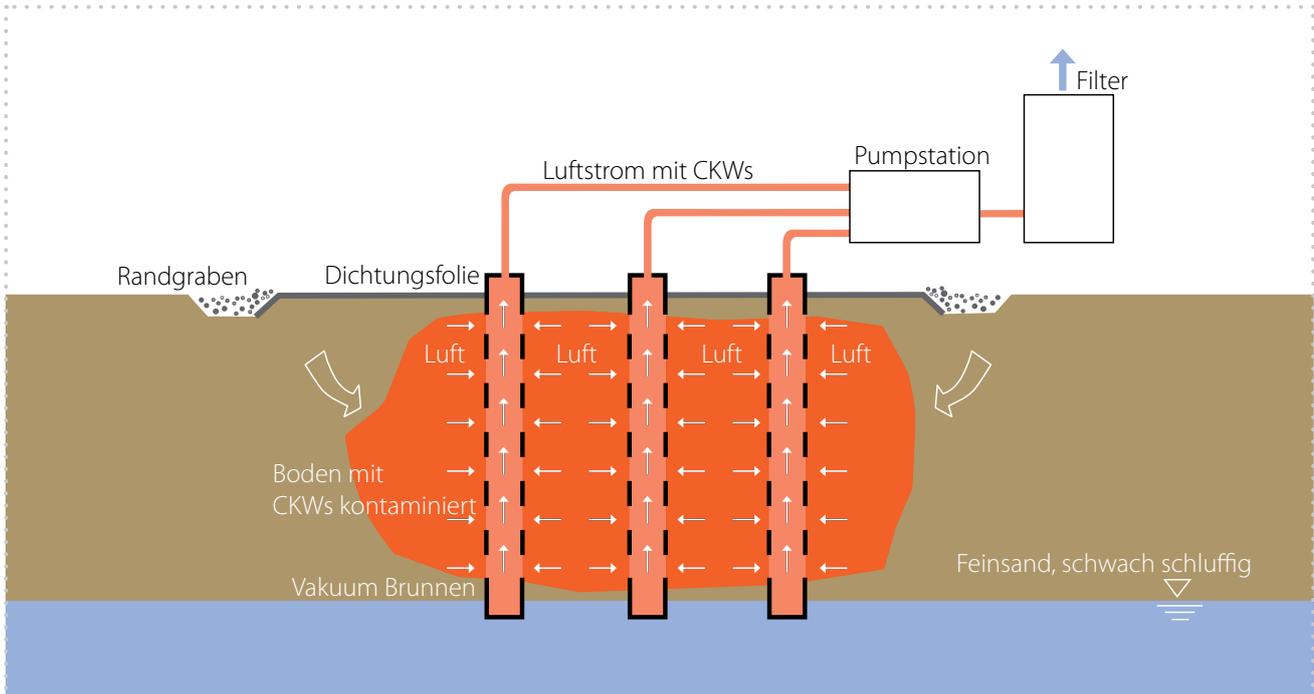
- Гамбург: санация бензоколонки Bergstedter Chaussee

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- Boden Schuetzen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/laufend/start.html>
- Arbeitshilfe Bodenluftsanierung, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- Рабочее руководство ITVA Опыт откачки почвенного воздуха

#### 10. Статус

- состояние техники



#### 6. Monitoring

- während der Sanierungsmaßnahme zur Steuerung der Bodenluftabsaugung, z.B. für intermittierenden Betrieb
- je nach Anforderungen an die Nachnutzung ist ein Nachsorgemonitoring von ein bis zwei Jahren Dauer notwendig

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + gilt als sehr effektives und effizientes Verfahren
- Betrieb häufig über mehrere Jahre notwendig
- nur für die ungesättigte Bodenzone anwendbar
- in der Regel nicht zur Dekontamination des Bodens geeignet, nur zum Entfernen der Bodenluft

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Sanierung Tankstelle Bergstedter Chaussee

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Boden Schützen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/laufend/start.html>
- Arbeitshilfe Bodenluftsanierung, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- ITVA-Arbeitshilfe Bodenluftabsaugversuch

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1

#### Schematische Darstellung Bodenluftabsaugung

Обезвреживание → ex situ-строительные технологии → Почвенный воздух → активные методы

## D2-7

# Откачка почвенного воздуха с термической поддержкой

Указание: Обработка почвенного воздуха см. D3-11 до D3-12

### 1. Особенности метода

- процедура откачки почвенного воздуха с термической поддержкой основана на подогреве почвогрунта в результате подачи энергии, вследствие чего в зависимости от давления пара загрязнения быстрее переходят в газовое состояние и выносятся вместе с потоком откачиваемого воздуха
- процедура откачки почвенного воздуха с термической поддержкой разделяется на подачу энергии, систему газового сбора, насосы/ компрессоры и установку очистки отработанного воздуха (см. технологии обработки)

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- загрязнение находится в ненасыщенной зоне почвы

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, по обстоятельствам - скальная порода (трещиноватая)
- загрязнения: летучие хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды, нефтепродукты

### 4. Предпосылки применения технологии

- требуется краткосрочная санация (менее одного года)
- для выдувания органические загрязнения должны обладать высоким коэффициентом Генри (давление пара), чтобы обеспечить переход в газовую фазу

### 5. Детали технологии

- тепло может быть передано в почвогрунт в зависимости от условий площадки с помощью встроенных в почву микроволновых печей, нагнетаемого через трубы горячего воздуха/ пара (TUBA) или через фиксированные источники тепла (THERIS). Таким образом ускоряется процесс испарения загрязнений
- строительство системы забора газа, зависит от загрязнения и окружающей обстановки, например, дренаж почвенного воздуха (горизонтальный) или колодец почвенного воздуха (вертикальный)
- при откачке почвенного воздуха через колодец рекомендуется укладка нескольких расположенных рядом друг с другом труб, участок фильтрации которых по отдельности достигают максимум трех метров, что позволяет откачку на различных глубинах (горизонтах) с оптимальным эксплуатационным давлением

Dekontamination → ex situ-Bautechnologie → Bodenluft → Aktive Verfahren

## D2-7

# Thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung

**Hinweis:** Bodenluftbehandlung s. D3-11 bis D3-12

### 1. Art des Verfahrens

- die thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung beruht auf der Aufwärmung des Untergrundes durch Energieeintrag, wodurch je nach Dampfdruck die Schadstoffe schneller in die Gasphase überführt werden und mit dem Absaugstrom ausge tragen werden
- das Verfahren der thermisch unterstützten Bodenluftabsaugung gliedert sich in Energieeintrag, Gaserfassungssystem, Pumpen/ Verdichter und die Abluftreinigungsanlage (siehe Behandlungsverfahren)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- die Kontamination befindet sich in der ungesättigten Bodenzone

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

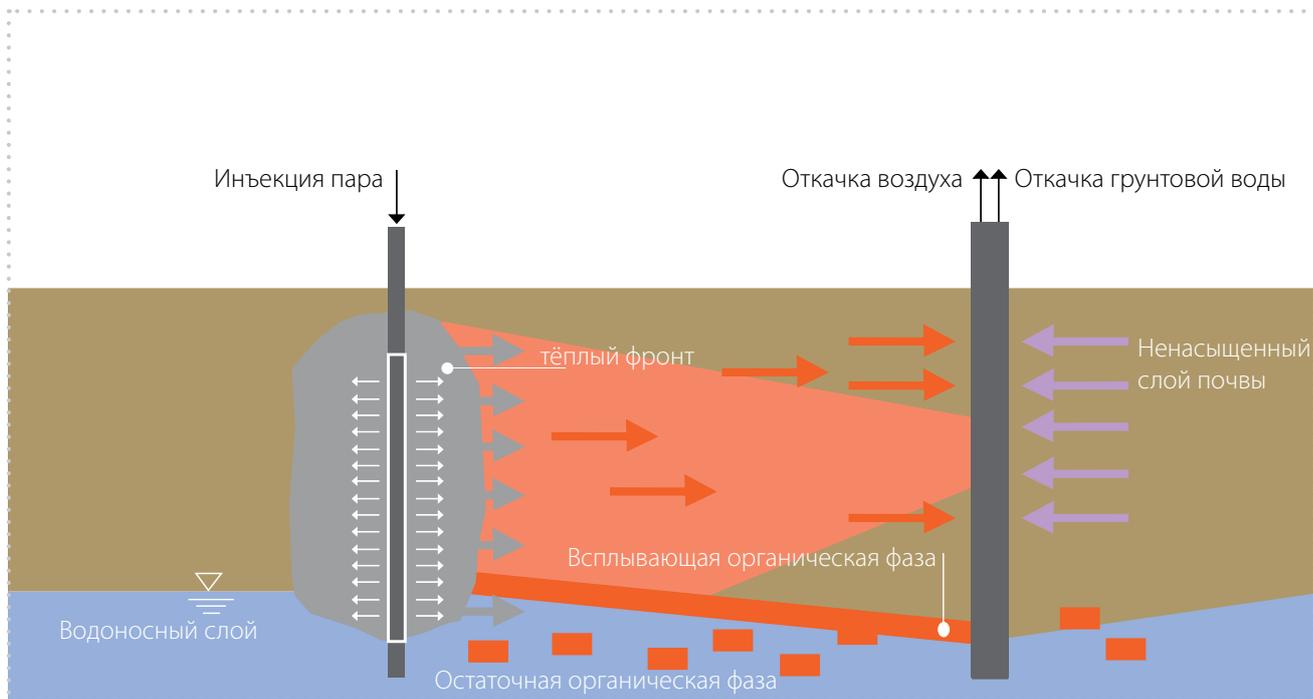
- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, feinkörnig, Festgestein (geklüftet)
- Schadstoffe: LHKW, BTEX, MKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- kurzfristige Sanierung notwendig (< 1 Jahr)
- für eine Strippung muss der organische Schadstoff einen entsprechend hohen Henrykoeffizienten (Dampfdruck) aufweisen, damit ein Übergang in die Gasphase gewährleistet ist

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Wärme kann in den Untergrund je nach den örtlichen Gegebenheiten mit Hilfe von im Boden erzeugten Mikrowellen, eingepresster Heißluft/Dampf über Injektionslanzen (TUBA) oder durch feste Wärmequellen (THERIS) eingebracht werden. Hierdurch wird das Verdampfen der Schadstoffe beschleunigt.
- Bau eines Gaserfassungssystems, schadens- und umgebungsabhängig, z.B. Bodenluftdrainage (horizontal) oder Bodenluftbrunnen (vertikal)
- bei der Bodenluftabsaugung über Brunnen wird die Anordnung mehrerer nebeneinander liegender Rohre empfohlen, deren Filterstrecke jeweils einzeln max. bis zu 3 m beträgt und so in verschiedenen Tiefen (und Horizonten) Absaugungen mit optimalen Betriebsunterdrücken ermöglicht
- Bodenluft kann durch Bodenluftabsaugung aus ungestörtem Boden oder aus abgedeckten Bodenmieten abgesaugt werden



## 1

### Схема откачка почвенного воздуха с термической поддержкой

- почвенный воздух может отсасываться из ненарушенной почвы или из крытых грядок
- откачка почвенного воздуха в случае почв с хорошей проницаемостью с помощью радиальных вентиляторов, в случае почв среднего уровня проницаемости – с помощью уплотнителей обходного канала, и в случае почв низкого уровня проницаемости с помощью вакуумных насосов
- перед очисткой почвенного воздуха загрязнения конденсируются и отделяются от воды
- очистка почвенного воздуха, например, термическая (каталитическое окисление) или с применением фильтра с активированным углем (отчасти с восстановлением пара) (см. технологии обработки)

#### 6. Мониторинг

- во время мероприятий санации для управления откачкой воздуха, например, прерывной эксплуатации
- в зависимости от требований, предъявляемых к последующему использованию, требуется последующий мониторинг в течение от одного года до двух лет

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + сокращенное время санации (< 1 год)
- применима для насыщенной и ненасыщенной почвы

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

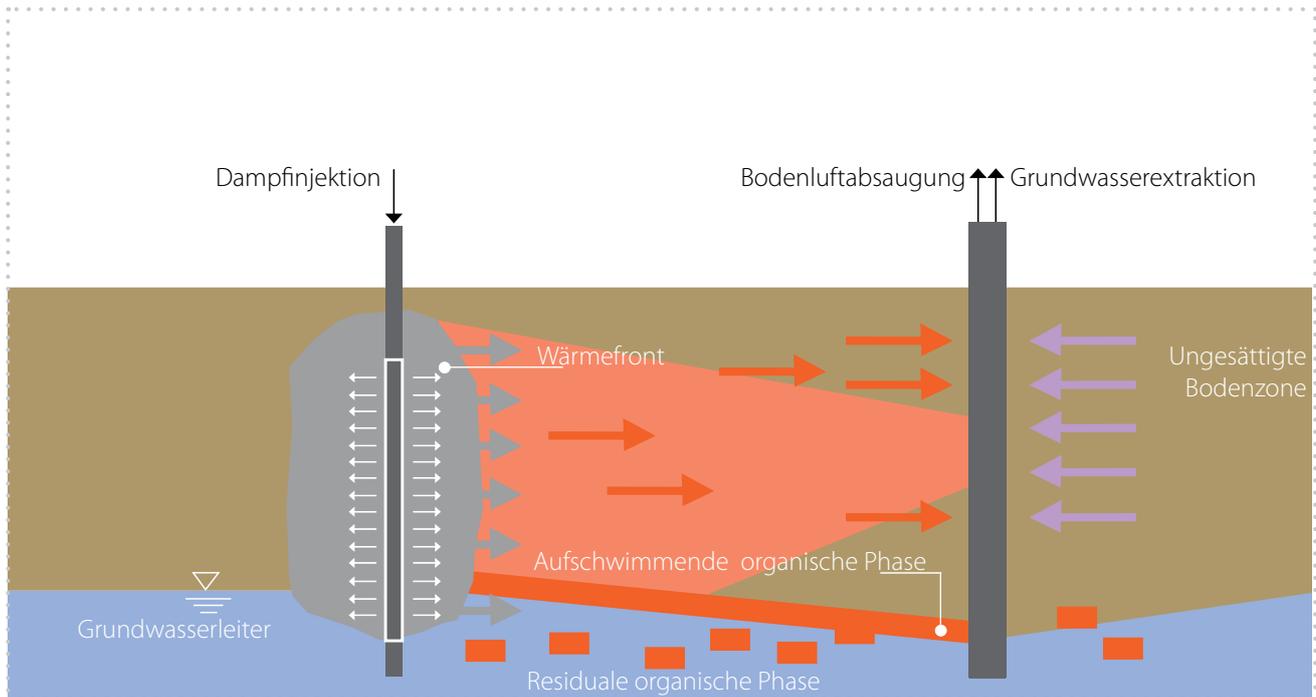
- Гамбург: санация почвенного воздуха, загрязненного хлорированными углеводородами в Эппендорфе

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- Boden Schuetzen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- THERIS: Санация ненасыщенной почвы с помощью источников тепла. Симпозиум ресурс территория и VEGAS - Статус-коллоквиум 2003, ISBN: 3-933761-27-1
- [http://www.iws.uni-stuttgart.de/publikationen/vegas/Hiester\\_etal\\_THERIS\\_VEGAS\\_Statuskollog2004.pdf](http://www.iws.uni-stuttgart.de/publikationen/vegas/Hiester_etal_THERIS_VEGAS_Statuskollog2004.pdf)
- [http://www.cdm-ag.de/cdm/popupText/projekte\\_umweltsanierung/pdf\\_pool/Pb\\_312\\_Bodenluftsanierung\\_CKW-Schaden\\_HH.pdf](http://www.cdm-ag.de/cdm/popupText/projekte_umweltsanierung/pdf_pool/Pb_312_Bodenluftsanierung_CKW-Schaden_HH.pdf)
- <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/berichte/bs09/bs090017.html>

#### 10. Статус

- в США – состояние техники, в Германии в процессе развития (VEGAS), есть примеры модельной санации



- Absaugen der Bodenluft: bei gut durchlässigen Böden mit Radialventilatoren, bei Böden mit mittlerer Durchlässigkeit mit einem Seitenkanalverdichter und bei schwer durchlässigen Böden mit Vakuumpumpen
- vor der Reinigung der Bodenluft werden die Schadstoffe kondensiert und vom Wasser getrennt
- Reinigung der Bodenluft, z.B. über einen Aktivkohlefilter (zum Teil mit Dampfgeneration) oder thermisch (katalytische Oxidation) (siehe Behandlungsverfahren)

#### 6. Monitoring

- während der Sanierungsmaßnahme zur Steuerung der Bodenluftabsaugung, z.B. für intermittierenden Betrieb
- je nach Anforderungen an die Nachnutzung ist ein Nachsorgemonitoring von ein bis zwei Jahren Dauer notwendig

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + verkürzte Sanierungszeit (< 1 Jahr)
- + für die ungesättigte und die gesättigte Bodenzone anwendbar

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Bodenluftsanierung eines LHKW-Schadens in Eppendorf

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Boden Schützen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- THERIS: Sanierung der ungesättigten Bodenzone mittels fester Wärmequellen. Symposium Ressource Fläche und VEGAS - Statuskolloquium 2003, ISBN: 3-933761-27-1
- [http://www.iws.uni-stuttgart.de/publikationen/vegas/Hiester\\_etal\\_THERIS\\_VEGAS\\_Statuskollog2004.pdf](http://www.iws.uni-stuttgart.de/publikationen/vegas/Hiester_etal_THERIS_VEGAS_Statuskollog2004.pdf)
- [http://www.cdm-ag.de/cdm/popupText/projekte\\_umweltsanierung/pdf\\_pool/Pb\\_312\\_Bodenluftsanierung\\_CKW-Schaden\\_HH.pdf](http://www.cdm-ag.de/cdm/popupText/projekte_umweltsanierung/pdf_pool/Pb_312_Bodenluftsanierung_CKW-Schaden_HH.pdf)
- <http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/berichte/bs09/bs090017.html>

#### 10. Status

- In den USA Stand der Technik, in Deutschland in der Entwicklung (VEGAS), Modellsanierungen sind erfolgt

#### 1

#### Systemschnitt thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва → биологические методы

## D3-1

# Биологические грядки и landfarming

### 1. Особенности метода

#### 1.1 Грядки, статичные

- стимуляция биологического разложения органических загрязнений под воздействием атмосферного воздуха
- поддержка разложения путем активной подачи воздуха, в случае необходимости – добавления питательных веществ

#### 1.2 Грядки, динамичные

- стимуляция биологического разложения органических загрязнений под воздействием атмосферного воздуха
- разрыхление почвы путем перестилки или переворачивания грядок

#### 1.3 Landfarming

- стимуляция биологического разложения органических загрязнений под воздействием атмосферного воздуха и с добавлением питательных веществ
- разрыхление почвы с помощью боронования, фрезерования и вспахивания

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязнение веществами, биологически разлагаемыми
- загрязненная почва, большая часть токсикантов в которой сорбирована на частицах почвы или находится в почвенном воздухе
- допустимо небольшое остаточное содержание загрязнения в обрабатываемой почве, в данном месте допустимо или толерируется

- цель санации: максимально возможное микробиологическое разложение загрязнений в почве

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, по обстоятельствам - мелкозернистый
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды, фенолы

### 4. Предпосылки применения технологии

- в распоряжении имеются достаточно большие площади
- достаточно времени для обработки
- максимально гомогенная почва и однородная структура загрязнений

### 5. Детали технологии

- при необходимости уплотнение основы поверхности
- при необходимости поддержка уровня поверхностных вод, обработка загрязненной воды

#### 5.1 Грядки, статичные

- пассивное обдувание (малоэффективно)
- активная подача атмосферного воздуха или кислорода с помощью труб (обдувание) для стимуляции выветривания загрязнений (при этом необходимо создание закрытого помещения и очистка отходящего воздуха), десорбции и микробиологического разложения, альтернативно

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden → Biologische Behandlungsverfahren

## D3-1

# Mieten und Landfarming

Hinweis: Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

#### 1.1 Mieten, statisch

- Stimulation des biologischen Abbaus von organischen Schadstoffen durch atmosphärische Luft
- Unterstützung des Abbaus durch aktive Zufuhr von Luft, ggf. unter Zugabe von Nährstoffen

#### 1.2 Mieten, dynamisch

- Stimulation des biologischen Abbaus von organischen Schadstoffen durch atmosphärische Luft
- Auflockerung des Bodens durch Umsetzen oder Wenden der Mieten

#### 1.3 Landfarming

- Stimulation des biologischen Abbaus von organischen Schadstoffen durch atmosphärische Luft und Nährstoffzugabe
- Auflockerung des Bodens durch Eggen, Fräsen, Pflügen

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Kontamination mit abbaubaren organischen Schadstoffen
- Altlasten, bei denen ein Großteil der Schadstoffe im Boden bzw. der Bodenluft gelöst sind
- geringe Restkontaminationen im behandelten Boden bzw. am Standort zulässig bzw. tolerierbar
- Sanierungsziel: weitestgehender, mikrobiologischer Abbau der Schadstoffe im Boden

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig; bedingt: feinkörnig
- Schadstoffe: MKW, BTEX, Phenole

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- ausreichend große Flächen zur Verfügung
- ausreichend Zeit für Behandlung
- möglichst homogener Boden und homogenes Schadstoffinventar

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- ggf. Basisdichtung der Fläche
- ggf. Wasserhaltung und -behandlung des Oberflächenwassers

#### 5.1 Mieten, statisch

- passive Belüftung (wenig zielführend)
- aktive Zuführung von atmosphärischer Luft bzw. Sauerstoff über Lanzen (Belüftung) zur Förderung der Strippung flüchtiger Schadstoffe (Einhausung und Abluftbehandlung erforderlich), der Desorption und des mikrobiellen Abbaus oder alternativ
- Einrichtung von Sauglanzen und Reinigung der Abluft über Biofilter; durch Absaugen der Bodenluft erzeugte Druckdifferenz führt zu einer für den aeroben Schadstoffabbau notwendigen Versorgung mit Sauerstoff; abgesaugte Luft wird ex situ von Schadstoffen gereinigt
- Unterstützung des Abbaus durch Infiltration von Nährstoffen über Zuluft

- установка отсасывающих устройств и очистка отработанного воздуха с помощью биофильтра; появляющаяся вследствие откачки почвенного воздуха разница давления ведет к обеспечению кислородом, необходимому для аэробного разложения загрязнений; откачанный воздух очищается от загрязнений *ex situ*
- стимуляция разложения с помощью инфильтрации питательных веществ через подводимый воздух
- в случае необходимости требуется покрытие пленкой в целях защиты от эмиссии

#### 5.2 Грядки, динамичные

- обдувание почвы атмосферным воздухом
- разрыхление почвы путем перестилки грядок погрузчиками или переворачивания грядок специальными фрезами
- стимуляция разложения смешения и разбрызгивания микроорганизмов

#### 5.3 Запахивание отходов

- плоские гряды, обработанные сельскохозяйственными методами
- обдувание почвы атмосферным воздухом
- разрыхление почвы с помощью боронования, фрезерования и вспахивания
- стимуляция разложения путем добавок препаратов микроорганизмов

#### 6. Мониторинг

- не важен

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + низкая стоимость
- + относительно легко управляемая, простая процедура
- + не повреждает почву
- + дальнейшее использование на месте
- остаточное заражение
- возможно образование метаболитов
- длительность санации
- негомогенность почвы и состава загрязнений зачастую сильно снижает процент успеха санации
- часто возникают проблемы с обеспечением питательными веществами и кислородом

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Гамбург: участок гидравлической закладки портовой отмели (Landfarming)
- Рейнланд-Пфальц: нефтеперерабатывающий завод Wцrth (грядки, динамические)

#### 9. Источники/ литература

- фирмы Wittfeld, Bio Meyer
- Рабочее руководство ITVA Микробиологические методы

#### 10. Статус

- состояние техники

- zum Emissionsschutz ggf. Abdeckung mittels Folie erforderlich

#### 5.2 Mieten, dynamisch

- Belüftung des Bodens mit atmosphärischer Luft
- Auflockerung des Bodens durch Umsetzen der Mieten mit Radlader oder Wenden der Mieten mittels spezieller Mietenfräse
- Unterstützung des Abbaus durch Einmischen bzw. Aufsprühen von Mikroorganismen

#### 5.3 Landfarming

- landwirtschaftlich bearbeitbare Flachbeete
- Belüftung des Bodens mit atmosphärischer Luft
- Auflockerung des Bodens durch Eggen, Fräsen, Pflügen
- Unterstützung des Abbaus durch Einmischen bzw. Aufsprühen von Mikroorganismen

#### 6. Monitoring

- nicht relevant

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + geringe Kosten
- + relativ gut beherrschbare, einfache Verfahren
- + bodenschonend
- + Wiederverwertung am Standort
- Hemmung des Abbaus durch Schwermetalle
- Restkontamination
- Metabolitenbildung möglich

- Sanierungsdauer
- Inhomogenitäten im Boden und Schadstoffinventar führen nicht selten zu nur geringem Erfolg
- oft Probleme mit Versorgung von Nährstoffen und Sauerstoff

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Spülfelder für Hafenschlick (Landfarming)
- RP: Raffinerie Wörth (Mieten, dynamisch)

#### 9. Quellen/Literatur

- Fa. Wittfeld, Bio Meyer
- ITVA-Arbeitshilfe Mikrobiologische Verfahren

#### 10. Status

- Stand der Technik

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва

→ химико-физические методы

## D3-2

# Методы промывки (промывка почвы)

Указание: Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- обработка почвы после предварительного изъятия либо на самой территории загрязненной площадки, либо вне загрязненного участка, например, на центральной установке (центр санации почвы)
- Сортировка почвы, поскольку вредные вещества как правило сорбированы на частицах фракции < 63 мкм
- отделение токсикантов из почвы с помощью промывной жидкости на водной основе
- для улучшения промывочных свойств в воду может быть добавлено небольшое количество веществ, способствующих отделению загрязнений от матрицы почв, а также ввод энергии (см. дальше).

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- устранение наличного потенциала загрязнений, по крайней мере, его снижение
- в идеале степень очистки материала должна позволять последующее использование на месте или ввод в кругооборот почв

- минимальная цель промывки – это избежание дорогостоящей утилизации загрязненных масс как высокотоксичных отходов, а в лучшем случае – их последующее использование
- минимальная степень утилизации, например, от сжигания до помещения в хранилище

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, по обстоятельствам - мелкозернистый
- загрязнения: тяжелые металлы/ мышьяк, цианид, нефтепродукты, ароматические углеводороды; ПАУ, фенолы, летучие хлорированные углеводороды, ПХБ, нелетучие хлорированные углеводороды, нитроароматы

### 4. Предпосылки применения технологии

- благоприятные условия почвы ввиду применения технологии и эффективности процедуры промывки почвы, то есть низкая доля шлама и глины, благоприятный показатель pH, низкое содержание органических веществ
- условия должны быть благоприятны с геохимической точки зрения в том, что касается сорбции и обменной емкости, реакции грунта, буферной емкости и окислительно-восстановительного потенциала

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden  
→ Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## D3-2

# Spülverfahren (Bodenwäsche)

**Hinweis: Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3**

### 1. Art des Verfahrens

- Behandlung des Bodens nach vorherigem Aushub entweder auf dem Gelände der Altlast selbst oder außerhalb des kontaminierten Bereichs, z.B. in einer zentralen Reinigungsanlage (Bodensanierungszentrum)
- Klassierung des Bodens, da die Schadstoffe i.d.R. an den Bodenfraktionen < 63 µm adsorbiert sind
- Trennung der Schadstoffe vom Boden mit Hilfe eines Spülfluides auf Wasserbasis
- zur Verbesserung der Wascheigenschaften können dem Wasser geringe Mengen an Substanzen zugesetzt werden, welche die Trennung der Schadstoffe von der Bodenmatrix unterstützen; ebenso durch den Eintrag von Energie (s.u.)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Beseitigung des vorhandenen Schadstoffpotenzials, mindestens jedoch Reduzierung
- Reinigungsgrad des Materials sollte im Idealfall einen Wiedereinbau an Ort und Stelle oder Rückführung in den Wirtschaftskreislauf gestatten
- Mindestziel ist, dass die belasteten Massen durch die Wäsche nicht mehr als Sonderabfall kostspielig entsorgt werden müssen, sondern bestenfalls wiedereingebaut werden können

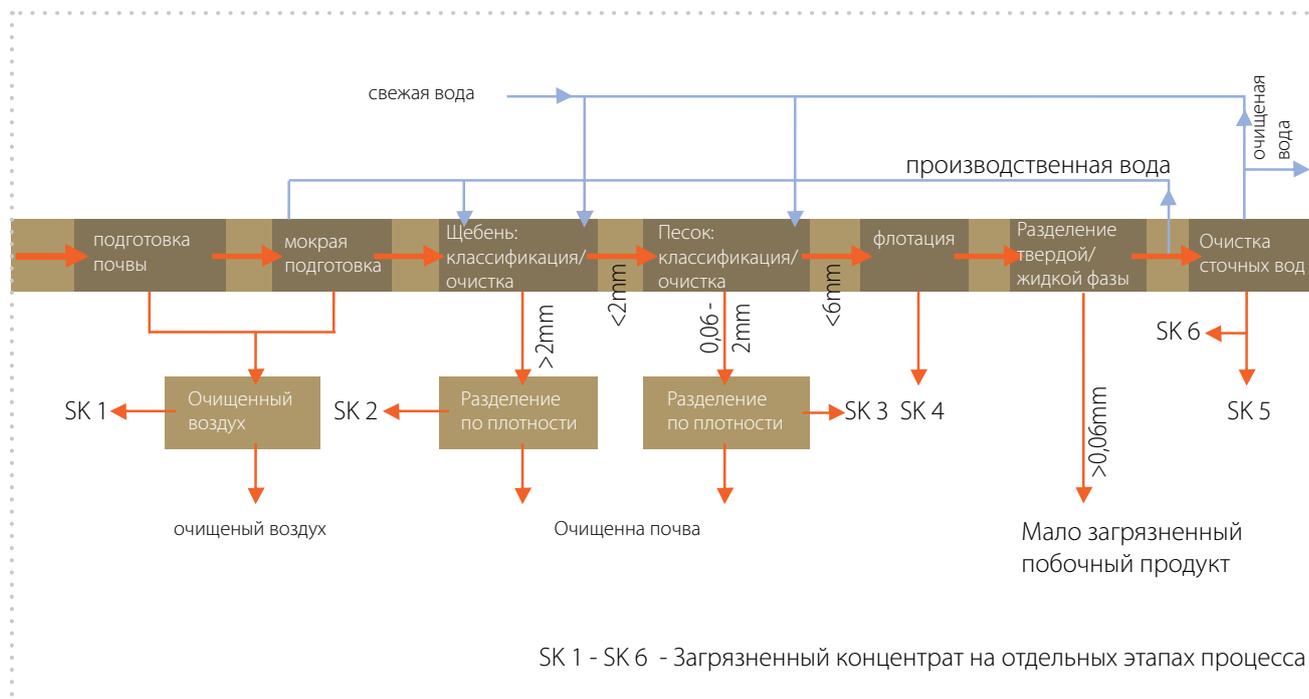
- nächst niedrige Entsorgung, z.B. von Verbrennung zur Deponierung

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig; bedingt: feinkörnig
- Schadstoffe: Schwermetalle/Arsen, Cyanide, MKW, BTEX, PAK, Phenole, LHKW, PCB, SHKW, Nitroaromaten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- günstige Eigenschaften des Bodens im Hinblick auf technische Auslegung und Effektivität des Bodenwaschverfahrens, d.h. geringer Schluff- und Tonanteil, günstiger pH-Wert des Bodens, geringer Gehalt an organischen Stoffen
- geochemisch müssen günstige Voraussetzungen vorliegen bezüglich Sorption und Austauschkapazität, Bodenreaktion, Pufferkapazität, Redoxreaktion/-potenzial



## 1

## Схема промывка почв

## 5. Детали технологии

- цель метода заключается в концентрировании загрязнений, с одной стороны, в результате отделения нежелательных веществ от частиц почвы, с другой стороны, путем механического отделения слабо и сильно загрязненных частиц почвы
- из-за большой специфической поверхности мелких частиц почвы по сравнению с объемом, как правило, существенный результат очистки достигается в результате разделения частиц по фракциям для отделения максимально большого объема слабо загрязненных частиц почвы от минимально малого объема сильно загрязненных частиц тонких фракций
- дополнительный эффект очистки путем переноса токсикантов/ загрязненных частиц почвы в воду и отработанный воздух, из которых вредные вещества затем удаляются
- при промывке почвы водой разделение происходит прежде всего в результате физических и только потом химических процедур
- путем ввода дополнительной энергии (напр. кинетической энергии или через вибрацию) адсорбция вредных веществ на частицах почвы ослабляется. Могут быть очищены частицы до  $< 20 \mu\text{m}$

## 6. Мониторинг

- не важен

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + зарекомендовавшая себя процедура, соответствующая уровню техники
- + сокращение объема, подлежащего утилизации, таким образом – экономия площадей захоронения
- + применима для всех типов загрязнений
- дорогостоящая утилизация загрязненных тонких фракций, особенно в случае мелкозернистой почвы
- без наличия четкой концепции обработки или утилизации остаточных веществ процедура промывки почвы зачастую не может быть применена с пользой

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

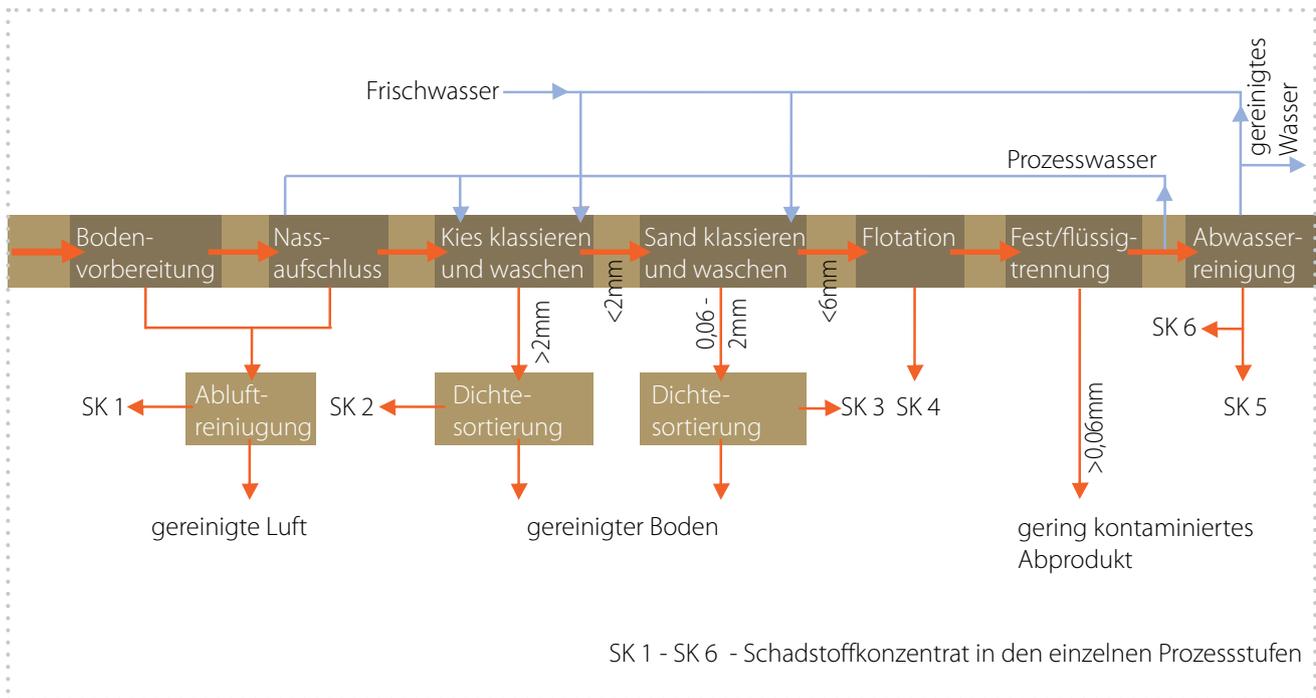
- Гамбург: Штюлькенверфь

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- Руководство по промывке почвы: [www.xfa.web.baden-wuerttemberg.de](http://www.xfa.web.baden-wuerttemberg.de)
- [www.eberhard.ch](http://www.eberhard.ch)
- Рабочее руководство ITVA Деконтаминация путем промывки почв

## 10. Статус

- состояние техники



### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Verfahrensziel ist Aufkonzentrierung der Schadstoffe, einerseits durch Ablösung der unerwünschten Stoffe von den Bodenpartikeln, andererseits durch mechanische Trennung gering und stärker mit Schadstoffen belasteter Bodenbestandteile
- i.d.R. wesentliche Reinigungsleistung durch Korngrößenklassierung zur Trennung möglichst großer Mengen schwach belasteter Bodenanteile von möglichst kleineren Mengen hochbelasteter Feinfraktionen
- zusätzlicher Reinigungseffekt durch die Übertragung der Schadstoffe bzw. schadstoffbelasteter Bodenpartikel in die Medien Wasser und Abluft, aus denen nachgeschaltet die Schadstoffe entfernt werden
- bei Bodenreinigung mit dem Spülmedium Wasser Abtrennung in erster Linie durch physikalische und nur untergeordnete durch chemische Vorgänge.
- durch den zusätzlichen Eintrag von Energie (z.B. kinetische Energie oder durch Schwingungen) werden die Adsorptionskräfte zwischen Schadstoff und Bodenpartikel überwunden. Gereinigt werden können Bodenpartikel bis  $< 20 \mu\text{m}$

### 6. Monitoring

- nicht relevant

### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + bewährtes, dem Stand der Technik entsprechendes Verfahren
- + Reduktion von zu entsorgenden Mengen, somit Schonung des Deponieraumes
- + für alle Schadstoffe geeignet
- kostenintensive Entsorgung der schadstoffbelasteten Feinfraktion, insbesondere bei feinkörnigen Böden
- ohne geschlossenes Konzept für die Reststoffbehandlung bzw. Reststoffentsorgung ist das Bodenwaschverfahren oft nicht sinnvoll einsetzbar

### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Stülckenwerft

### 9. Quellen/Literatur/Links

- Handbuch Bodenwäsche: [www.xfa.web.baden-wuerttemberg.de](http://www.xfa.web.baden-wuerttemberg.de)
- [www.eberhard.ch](http://www.eberhard.ch)
- ITVA-Arbeitshilfe Dekontamination durch Bodenwaschverfahren

### 10. Status

- Stand der Technik

### 1

### Schema Bodenwaschverfahren

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва

→ химико-физические методы

## D3-3

# Иммобилизация

**Указание:** Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- утилизация отходов путем иммобилизации загрязнений, как правило, в качестве меры на месте: выемка, обработка и в завершении – возвращение на место или складирование на хранилище отходов
- возможно осуществление мероприятий in situ, однако, практического значения оно не имеет
- преимущественно прикладная процедура – это связывание загрязнений путем уплотнения
- другие формы иммобилизации – это остекление, фиксация и изменение растворимости

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- подходит в определенных случаях для обработки загрязненных почв, особенно когда проведение очистки невозможно по оценке эффективности затрат и не денежных критериев, например, в случае почв с высокой долей мелких фракций, смешанных загрязнений и использования, при котором степень очистки не имеет значения

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, по обстоятельствам – мелкозернистый

- загрязнения: тяжелые металлы, мышьяк, цианид, ПАУ

### 4. Предпосылки применения технологии

- достаточно обширные поверхности, по возможности гомогенная почва и однородный состав загрязнений
- использование почвы по возможности над уровнем грунтовых вод

### 5. Детали технологии

- загрязненный материал, как правило, смешивается с гидравлическим вяжущим на основе различных цементов при добавлении воды и в случае необходимости – других добавок
- иногда добавляются и органические вяжущие вещества
- после этого – ввод продукта смешения на месте по слоям, уплотнение или прессовка в формы, заключительная застройка
- в зависимости от исходного материала продукты окончательно затвердевают в течение 28 дней
- положительный эффект процедуры уплотнения основан прежде всего на уменьшении проницаемости, в случае некоторых тяжелых металлов – дополнительное снижение растворимости в щелочной среде

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden  
→ Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

# D3-3

## Immobilisierung

**Hinweis:** Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

- Altlastensanierung mit Immobilisierung von Schadstoffen in der Regel als on site-Maßnahme am Standort mit Auskoffnung, Behandlung und anschließendem Wiedereinbau am Standort bzw. Ablagerung auf Deponien
- in situ-Maßnahmen sind möglich, praktisch jedoch nur von geringer Bedeutung
- überwiegend angewandtes Verfahren ist die Schadstoffeinbindung durch Verfestigung
- weitere Formen der Immobilisierung sind Verglasung, Fixierung und Löslichkeitsverschiebung

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- in bestimmten Fällen zur Behandlung von Böden geeignet, insbesondere wenn Dekontaminationen nach Beurteilung der Kostenwirksamkeit und der nicht monetären Kriterien nicht durchführbar sind, z.B. bei Böden mit hohem Feinanteil, Mischkontaminationen und nicht empfindlichen Nutzungen

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, bedingt feinkörnig
- Schadstoffe: Schwermetalle, Arsen, Cyanide, PAK

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- hinreichend große Flächen, möglichst homogener Boden und homogenes Schadstoffinventar
- Wiedereinbau möglichst oberhalb des Grundwasserspiegels

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- kontaminiertes Material wird in der Regel mit einem hydraulischen Bindemittel auf Basis verschiedener Zemente unter Zugabe von Wasser und ggf. Additiven vermischt
- teilweise auch zusätzliche Zugabe von organischen Bindemitteln
- Einbau des Mischprodukts anschließend am Standort lagenweise und mit Verdichtung oder Pressung in Formkörper und anschließender Einbau
- die Produkte können ihre Endfestigkeit je nach Ausgangsmaterial und Verfahren binnen 28 Tagen erreichen
- der positive Effekt von Verfestigungsverfahren beruht überwiegend auf einer Verringerung der Durchlässigkeit, bei einigen Schwermetallen zusätzlich Herabsetzung der Löslichkeit im alkalischen Milieu

#### 6. Мониторинг

- требуется мониторинг параметров грунтовых вод оттока грунтовых вод через стационарные наблюдательные скважины в течение длительного времени

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + иммобилизация (уплотнение) загрязненных почв было исследовано с различных точек зрения, имеются достаточные знания и опыт практического применения
- + контролируемая, управляемая процедура для обработки загрязненных почв
- + нет нагрузки на полигоны
- загрязнения не удаляются окончательно
- нет долгосрочного опыта
- возможно увеличение разноса загрязнений в результате выветривания
- в случае смешанных загрязнений химические реакции в рамках конечного продукта не всегда можно оценить точно

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Гамбург: Veddeler Damm
- Пионерский парк Мюльхайм, Гессен

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.deponie-online.de](http://www.deponie-online.de)
- [www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de)
- [bauerumweltgruppe.com](http://bauerumweltgruppe.com)
- Рабочее руководство ITVA Связывание загрязнений путем уплотнения

#### 10. Статус

- состояние техники

**6. Monitoring**

- erforderlich im Abstrombereich mittels stationärer Grundwassermessstellen über einen längeren Zeitraum

**7. Vor- und Nachteile der Technologie**

- + Immobilisierung (Verfestigung) von Abfällen ist vielfältig untersucht, ausreichendes Wissen und Erfahrungen zur Praxisanwendung vorhanden
- + kontrolliertes, beherrschbares Verfahren zur Behandlung von Böden
- + Schonung von Deponieraum
- Schadstoffe werden nicht endgültig entfernt
- keine Langzeiterfahrung
- durch Verwitterung Zunahme von Schadstoffausträgen möglich
- chemische Reaktionen innerhalb des Endprodukts nicht immer vorab verlässlich bewertbar bei Mischkontaminationen

**8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland**

- Hamburg: Veddeler Damm
- Pionierpark Mühlheim, Hessen

**9. Quellen/Literatur/Links**

- [www.deponie-online.de](http://www.deponie-online.de)
- [www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de)
- [bauerumweltgruppe.com](http://bauerumweltgruppe.com)
- ITVA-Arbeitshilfe Schadstoffeinbindung durch Verfestigung

**10. Status**

- Stand der Technik

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва → термические методы обработки

# D3-4

## Пиролиз

Указание: Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- при термической очистке почвы различаются три режима температуры: метод низких температур (десорбция, см. D3-6), метод средних температур без доступа кислорода (пиролиз) и метод высоких температур (сжигание, см. D3-5)
- термическая обработка почвы при максимальном прекращении доступа кислорода с помощью сухой перегонки при температурах от 400 °С до 800 °С
- при этом происходит термическое расщепление химических соединений, причем выделяемая термическая энергия ведет к разрушению связей в больших молекулах, и возникают газы
- дожигание газов при температурах от 1.000 °С до 1.300 °С

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязнения должны поддаваться коксованию при температуре от 400 °С до 800 °С
- почти полное обезвреживание изъятых почвенного материала

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, мелкозернистый; по обстоятельствам – биогенный/ органический

- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды, ПАУ, фенолы, летучие хлорированные углеводороды, ПХБ, нелетучие хлорированные углеводороды, нитроароматы

### 4. Предпосылки применения технологии

- наличие соответствующей установки в доступной близости

### 5. Детали технологии

- загрязненный почвенный материал сначала должен быть измельчен, расщеплен на мелкие составляющие и очищен от металлов
- в зависимости от содержания воды требуется осушка
- в зависимости от типа почвы и степени загрязнения почва подогревается во вращающейся трубчатой печи или печи с кипящим слоем катализатора с различным временем пребывания при максимальном прекращении доступа кислорода до температур от 400 °С до 800 °С
- дожигание газов при температурах от 1.000 °С до 1.300 °С

### 6. Мониторинг

- не важен

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden → Thermische Behandlungsverfahren

## D3-4

# Pyrolyse

**Hinweis:** Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

- Bei der thermischen Bodenreinigung wird in drei Temperaturbereiche unterschieden: Niedertemperaturverfahren, (Desorption, siehe D3-6), Mitteltemperaturverfahren unter Sauerstoffabschluss (Pyrolyse) und Hochtemperaturverfahren (Verbrennung siehe D3-5)
- thermische Behandlung des Bodens unter weitgehendem Sauerstoffabschluss durch Verschmelzung bei Temperaturen von 400 - 800 °C
- dabei findet eine thermische Spaltung chemischer Verbindungen statt, wobei durch die thermische Energie ein Bindungsbruch bei großen Molekülen erzwungen wird und größtenteils Gase entstehen
- Nachverbrennung der Prozessgase bei Temperaturen von 1.000 - 1.300 °C

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Verschmelzbarkeit der Schadstoffe im Temperaturbereich von 400 - 800 °C
- nahezu vollständige Dekontamination des ausgehobenen Bodenmaterials

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, feinkörnig; bedingt: organogen/organisch
- Schadstoffe: MKW, BTEX, PAK, Phenole, PCB, SHKW, Nitroaromaten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

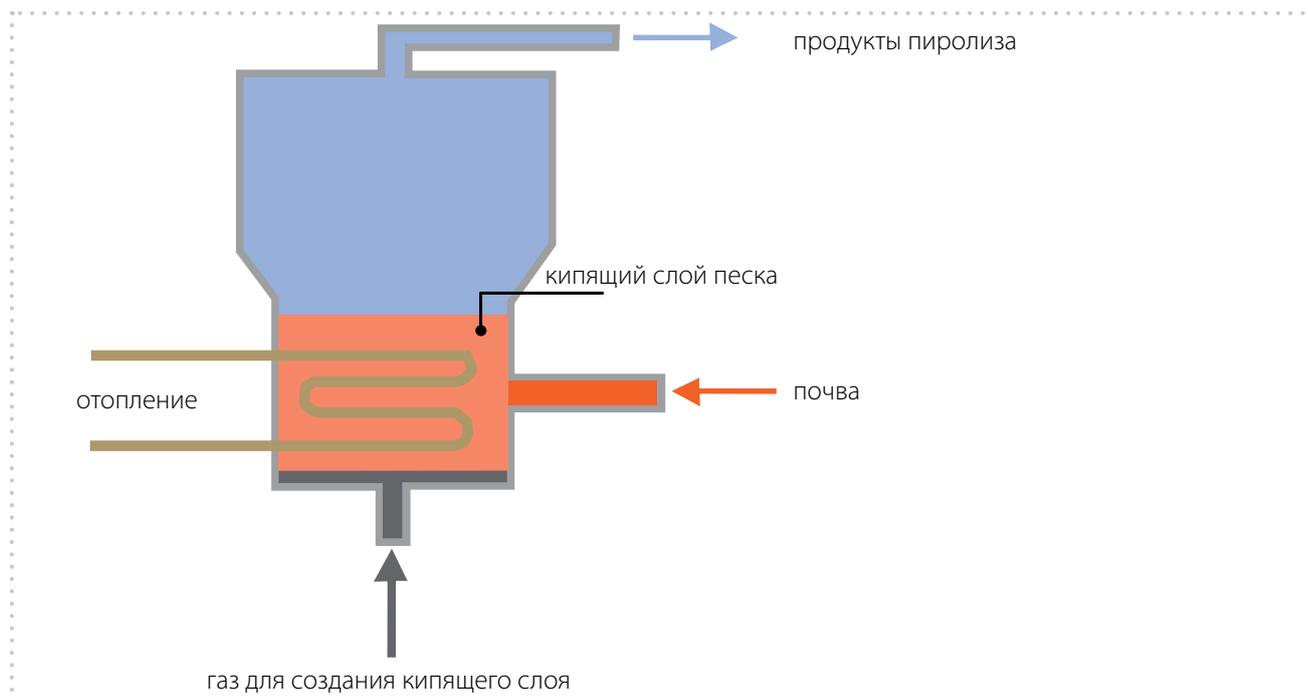
- Verfügbarkeit einer entsprechenden Anlage in erreichbarer Nähe

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- das kontaminierte Bodenmaterial wird zuerst gebrochen, zerkleinert und von Metallen befreit
- je nach Wassergehalt ist eine Trocknung notwendig
- je nach Bodenart und Kontaminationsgrad wird der kontaminierte Boden in einem Drehrohrofen bzw. Wirbelschichtofen mit unterschiedlichen Verweilzeiten unter weitgehendem Sauerstoffausschluss auf Temperaturen zwischen 400 - 800 °C erhitzt
- Nachverbrennung der Prozessgase bei Temperaturen von 1.000 - 1.300 °C

### 6. Monitoring

- nicht relevant



## 1

**Схема пиролиза****7. Преимущества и недостатки технологии**

- + почти полное обезвреживание путем разрушения загрязнений
- + в отличие от прямого сжигания возникают небольшие объемы дымовых газов, подлежащих обработке
- высокий расход энергии
- разрушение естественных свойств почвы

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

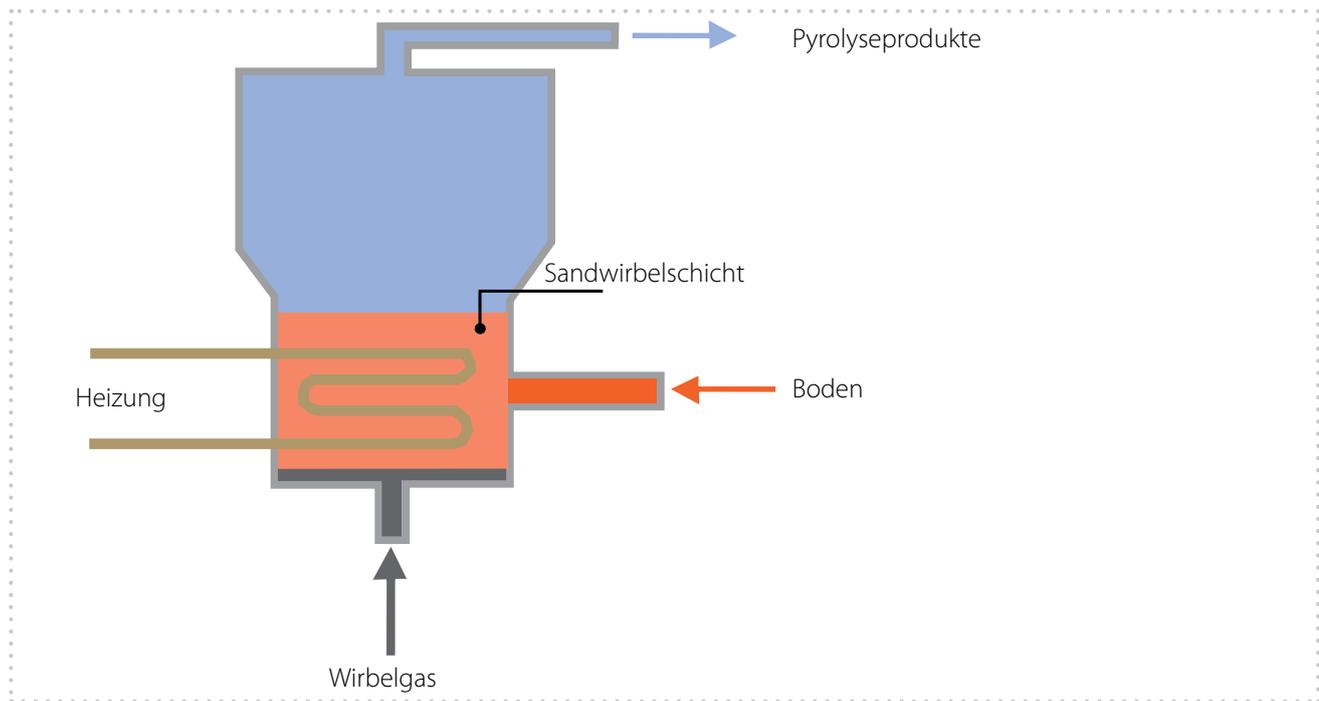
- Герне: термическая установка очистки почв, SITA Remediation, Герне
- Гамбург: санация газового завода Gasbrook в Hafencity

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- Материалы по санации не утилизованных отходов и по защите почв (MALBO): Земельная служба охраны окружающей среды земли Северный Рейн-Вестфалия; том 20
- Boden Schuetzen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- [www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen](http://www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen)
- <http://www.nrw-luawebapps.de/aida/steuer.php>
- Рабочее руководство ITVA Термические методы

**10. Статус**

- состояние техники



#### 7. Vor- und Nachteile des Verfahrens

- + nahezu vollständige Dekontamination durch Zerstörung der Schadstoffe
- + es fallen geringere Mengen an zu behandelndem Rauchgas an, als bei der direkten Verbrennung
- hoher Energieverbrauch
- Zerstörung der natürlichen Bodeneigenschaften

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Herne: Thermische Bodenreinigungsanlage, SITA Remediation, Herne

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz (MALBO): Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen; Band 20
- Boden Schützen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- [www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen](http://www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen)
- <http://www.nrw-luawebapps.de/aida/steuer.php>
- ITVA-Arbeitshilfe Thermische Verfahren

#### 10. Status

- Stand der Technik

1

Schema Pyrolyseverfahren

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва → термические методы обработки

## D3-5

# Сжигание

Указание: Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- при термической очистке почвы различаются три режима температуры: метод низких температур (десорбция, см. D3-6), метод средних температур без доступа кислорода (пиролиз, см. D3-4) и метод высоких температур (сжигание)
- при применении метода высоких температур разлагаются все органические загрязнения
- сжигание происходит при прекращении доступа кислороду, область температур меняется в зависимости от загрязнения между 850° - 1.000°C
- температуры от 1.000° - 1.200°C делают возможным почти полное обезвреживание, в том числе гетерогенных масс, например, насыпного грунта

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- компактные проблематичные загрязнения высокой концентрации (hot spot), оправдывающие высокие затраты энергии и соответствующие высокие расходы на проведение процедуры
- почти полное обезвреживание изъятых почвенного материала

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый, биогенный/ органический
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды, ПАУ, фенолы, летучие хлорированные углеводороды, ПХБ, нелетучие хлорированные углеводороды, нитроароматы; по обстоятельствам - цианиды и тяжелые металлы/ мышьяк

### 4. Предпосылки применения технологии

- наличие соответствующей установки в доступной близости

### 5. Детали технологии

- загрязненный почвенный материал сначала должен быть измельчен, расщеплен на мелкие составляющие и очищен от металлов
- в зависимости от содержания воды требуется осушка
- в зависимости от типа почвы и степени загрязнения почва термически обрабатывается во вращающейся трубчатой печи или печи с кипящим слоем катализатора с различным временем пребывания (например, в случае хлорированных соединений требуемое время обработки – две минуты при температуре около 1.100°C)

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden → Thermische Behandlungsverfahren

## D3-5

# Verbrennung

**Hinweis:** Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

- Bei der thermischen Bodenreinigung wird in drei Temperaturbereiche unterschieden: Niedertemperaturverfahren, (Desorption, siehe D3-6), Mitteltemperaturverfahren unter Sauerstoffabschluss (siehe Pyrolyse D3-4) und Hochtemperaturverfahren (Verbrennung)
- mit dem Hochtemperaturverfahren lassen sich alle organischen Schadstoffe zersetzen
- die Verbrennung findet unter Sauerstoffüberschuss statt, der Temperaturbereich variiert abhängig vom Schadstoff zwischen 850° - 1.000° C
- Temperaturen von 1.000° - 1.200° C ermöglichen eine fast vollständige Dekontamination auch von heterogenen Massen wie beispielsweise Auffüllungen

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- kleinräumige problematische Kontaminationen in hohen Konzentrationen (hot spot), die den hohen Energieverbrauch und damit die hohen Kosten dieses Verfahrens rechtfertigen
- nahezu vollständige Dekontamination des ausgehobenen Bodenmaterials

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

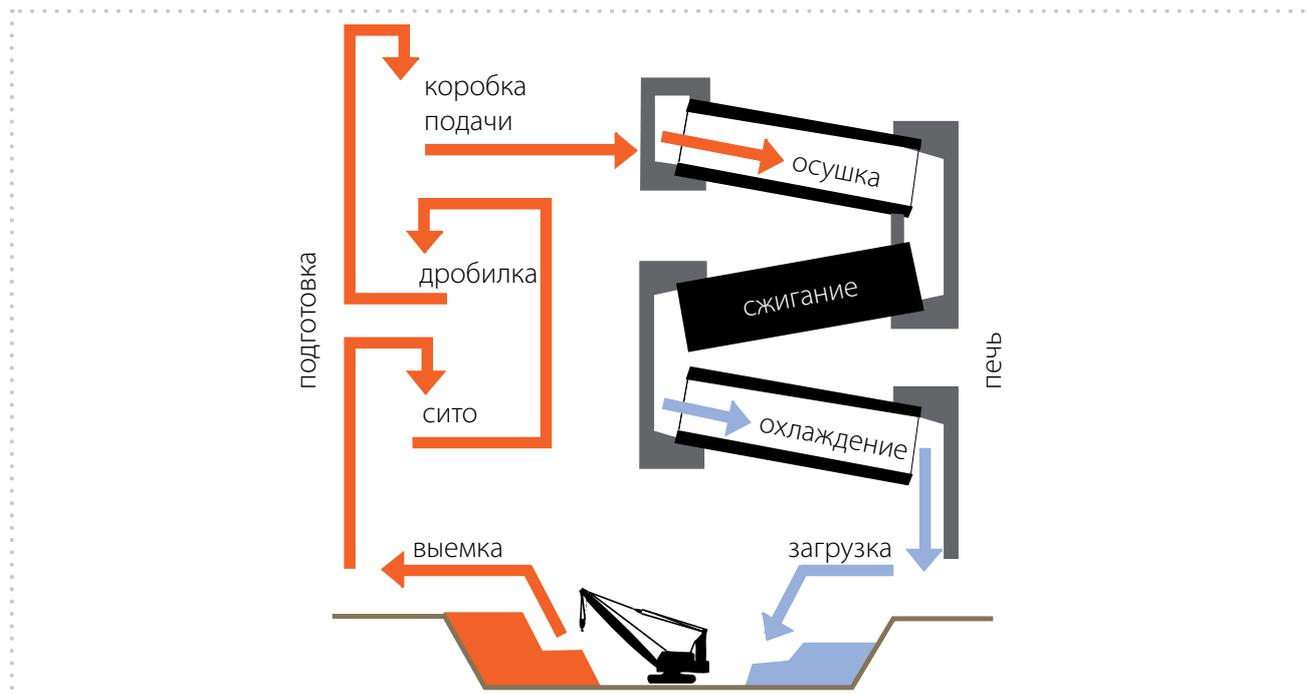
- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, feinkörnig, organogen/organisch
- Schadstoffe: MKW, BTEX, PAK, Phenole, LHKW, PCB, Dioxine, schwer flüchtige halogenierte KW, Nitroaromaten; bedingt: Cyanide

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Verfügbarkeit einer entsprechenden Anlage in erreichbarer Nähe

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- das kontaminierte Bodenmaterial wird zuerst gebrochen, zerkleinert und von Metallen befreit
- je nach Wassergehalt ist eine Trocknung notwendig
- je nach Bodenart und Kontaminationsgrad wird der kontaminierte Boden in einem Drehrohrofen bzw. Wirbelschichtofen mit unterschiedlichen Verweilzeiten thermisch behandelt (bei chlorierten Verbindungen werden z.B. bei ca. 1.100° C Verweilzeiten von min. 2 Minuten benötigt)
- aufwändige Rauchgasreinigung und Nachverbrennung der Prozessgase bei Temperaturen von 1.000° - 1.300° C erforderlich



1

**Схема сжигания почв**

- необходима дорогостоящая обработка отходящих газов и дожигание образующихся в процессе газов при температурах от 1000° до 1300° С

**6. Мониторинг**

- не важен

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + почти полное обезвреживание путем разложения загрязнений
- высокий расход энергии
- разрушение естественных свойств почвы

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

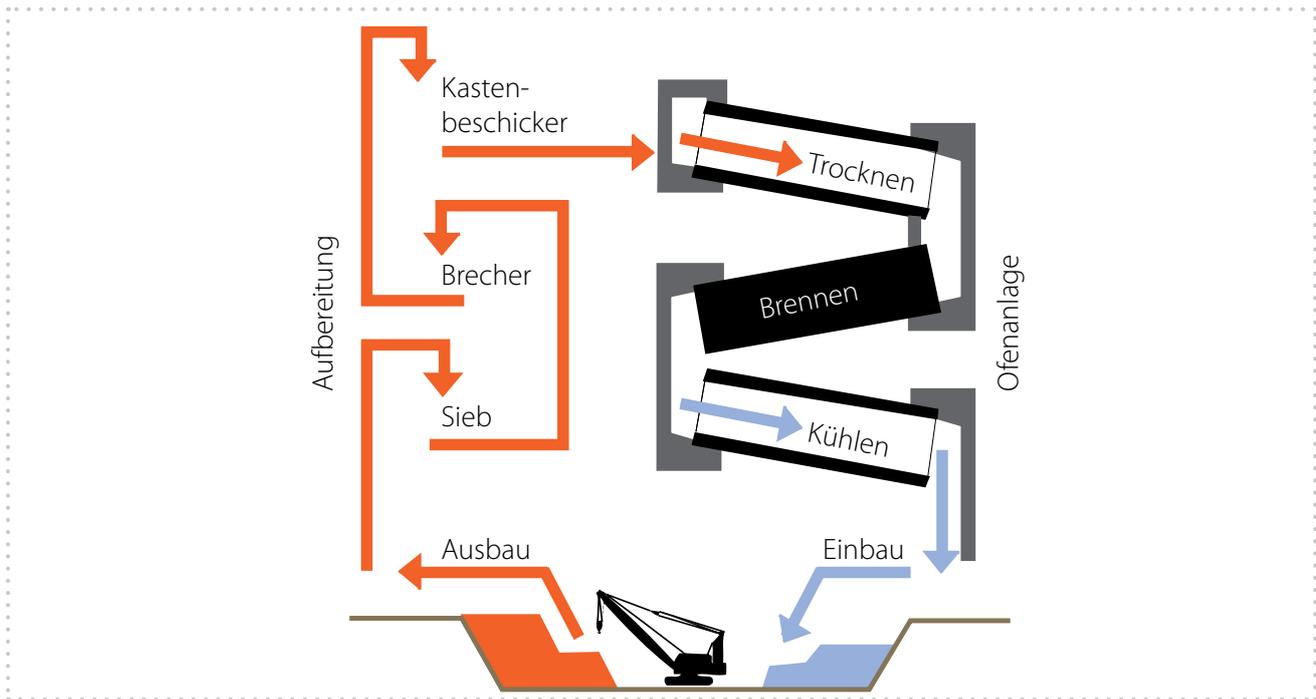
- Дюссельдорф-Венхаузен: санация участка, загрязненного диоксинами

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- Материалы по санации загрязненных площадок и по защите почв (MALBO): Земельная служба охраны окружающей среды земли Северный Рейн-Вестфалия; том 20
- Boden Schuetzen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- <http://www.duesseldorf.de/umweltamt/altlast/vennhaus.shtml>
- Рабочее руководство ITVA Термические методы

**10. Статус**

- уровень техники



#### 6. Monitoring

- nicht relevant

#### 7. Vor- und Nachteile des Verfahrens

- + nahezu vollständige Dekontamination durch Zerstörung der Schadstoffe
- hoher Energieverbrauch
- Zerstörung der natürlichen Bodeneigenschaften

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Düsseldorf-Vennhausen: Sanierung einer Dioxin-Altlast

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz (MALBO): Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen; Band 20
- Boden Schützen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- <http://www.duesseldorf.de/umweltamt/altlast/vennhaus.shtml>
- ITVA-Arbeitshilfe Thermische Verfahren

#### 10. Status

- Stand der Technik

1

*Schema Bodenverbrennung*

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва → термические методы обработки

## D3-6

# Десорбция с очисткой отходящих газов

Указание: Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- при термической очистке почвы различаются три режима температуры: метод низких температур (десорбция), метод средних температур без доступа кислорода (пиролиз, см. D3-4) и метод высоких температур (сжигание, см. D3-5)
- при температурах более 100 °С летучие загрязнения переводятся в газообразное состояние и отделяются от матрицы почвы
- летучие загрязнения могут быть отделены от матрицы почвы при пониженном давлении, см. откачка почвенного воздуха (D2-6) и откачка почвенного воздуха с термической поддержкой (D2-7)

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязнение летучими токсикантами
- почти полное обезвреживание изъятых почвенного материала

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, мелкозернистый; по обстоятельствам – биогенный/ органический

- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды, легкие летучие галогенированные углеводороды; по обстоятельствам - ПАУ, фенолы, ПХВ, тяжелые летучие галогенированные углеводороды, нитроароматы

### 4. Предпосылки применения технологии

- наличие соответствующей установки в доступной близости, наличие достаточного места для мобильных установок для обработки on site
- для мобильных установок следует учесть получение разрешения на эксплуатацию установки на выбранном месте в соответствии с федеральным законом защиты окружающей среды от вредного воздействия

### 5. Детали технологии

- для обработки имеются мобильные и стационарные установки
- загрязненный почвенный материал сначала должен быть измельчен, расщеплен на мелкие составляющие и очищен от металлов
- в кислородной атмосфере в соответствии с температурами кипения спектра токсикантов почва нагревается и, таким образом, загрязнения переводятся в газообразное состояние

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden → Thermische Behandlungsverfahren

## D3-6

# Desorption mit Abluftreinigung

**Hinweis:** Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

- Bei der thermischen Bodenreinigung wird in drei Temperaturbereiche unterschieden: Niedertemperaturverfahren, (Desorption), Mitteltemperaturverfahren unter Sauerstoffabschluss (Pyrolyse, siehe D3-4) und Hochtemperaturverfahren (Verbrennung siehe D3-5)
- bei Temperaturen von > 100 °C werden leicht flüchtige Schadstoffe in einem Reaktor in die Gasphase überführt und von der Bodenmatrix getrennt
- leicht flüchtige Schadstoffe können auch durch Unterdruck von der Bodenmatrix getrennt werden, siehe Bodenluftabsaugung (D2-6) bzw. thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung (D2-7)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Kontamination mit leichtflüchtigen Schadstoffen
- nahezu vollständige Dekontamination des ausgehobenen Bodenmaterials

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, feinkörnig; bedingt: organogen/organisch
- Schadstoffe: MKW, BTEX, leicht flüchtige halogenierte KW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Verfügbarkeit einer entsprechenden Anlage in erreichbarer Nähe, bzw. ausreichendes Platzangebot für mobile Anlagen für die on site-Behandlung
- für mobile Anlagen ist die Genehmigungsfähigkeit der Anlage auf dem Standort nach Bundes-Immissionsschutzgesetz zu berücksichtigen

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- für die Behandlung stehen mobile und stationäre Anlagen zur Verfügung
- das kontaminierte Bodenmaterial wird zuerst gebrochen, zerkleinert und von Metallen befreit
- es wird unter Sauerstoffatmosphäre entsprechend der Siedetemperaturen des Schadstoffspektrums erwärmt und damit die Schadstoffe in den gasförmigen Zustand überführt
- die gasförmigen Verunreinigungen können durch Kühlung kondensiert und anschließend einer externen Verbrennungsanlage zugeführt werden oder das Abgas wird mittels Aktivkohlefilter oder Nachverbrennung gereinigt

**1****Установка термической обработки отходящего воздуха**

- загрязнения в виде газов могут быть конденсированы в результате охлаждения и затем проведены во внешнюю установку сжигания, или продукты сгорания очищаются с помощью фильтра с активированным углем или путем дожигания

**6. Мониторинг**

- не важен

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + почти полное обезвреживание путем десорбции токсикантов
- + более низкие затраты энергии, чем при использовании других термических методов обработки
- + минеральная структура почвы остается неизменной
- применима только для ряда токсикантов

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

- Гамбург: санация газового завода на Gasstrasse
- Гамбург: санация резиновой фабрики Trelleborg на Weidestrasse
- Италия: санация нефтяной скважины в Basilikata (Bilfinger & Berger)

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- Материалы по санации загрязненных участков и по защите почв (MALBO): Земельная служба охраны окружающей среды земли Северный Рейн-Вест-фалия; том 20
- Boden Schuetzen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- [www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen](http://www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen)
- <http://www.bilfingerberger-entsorgung.de/>
- Рабочее руководство ITVA Термические методы

**10. Статус**

- состояние техники



#### 6. Monitoring

- nicht relevant

#### 7. Vor- und Nachteile des Verfahrens

- + nahezu vollständige Dekontamination durch Desorption der Schadstoffe
- + niedrigerer Energieaufwand als bei anderen thermischen Behandlungsverfahren
- + die mineralische Bodenstruktur bleibt erhalten
- nur auf ein beschränktes Schadstoffinventar anwendbar

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Sanierung Gaswerk in der Gasstraße
- Hamburg: Sanierung Gummifabrik Trelleborg in der Weidestraße
- Italien: Sanierung Erdölförderbrunnen in der Basilikata (Bilfinger & Berger)

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz (MALBO): Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen; Band 20
- Boden Schützen, Altlasten Sanieren, WEKA MEDIA, Juni 2005
- [www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen](http://www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/altlastensanierung/sanierung/abgeschlossen)
- <http://www.bilfingerberger-entsorgung.de/>
- ITVA-Arbeitshilfe Thermische Verfahren

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1

#### *Anlage zur thermischen Behandlung von Abluft*

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почва → утилизация отходов

## D3-7

# Использование

**Указание:** Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- использование почвы, загрязненной токсикантами в незначительной степени, чаще всего с определенными техническими мероприятиями защиты при строительстве дорог, транспортных путей или, например, в качестве наполняющего материала для валов шумовой защиты

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- только низкое загрязнение вредными веществами; высшая граница – это, как правило, Z 2 согласно LAGA (ограниченное использование с проведением определенных технических мероприятий по обеспечению безопасности)
- требуется особенно при проведении земляных работ при более ценном использовании механического назначения почвы, например, лишь низкое содержание органики

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый, разнозернистый, мелкозернистый; по обстоятельствам - биогенный/ органический

- загрязнения: в целом зависит от типа загрязнений, но концентрация их не должна превышать норм классификации использования LAGA по видам применения

- необходим декларационный анализ

### 4. Предпосылки применения технологии

- в случае слишком высокого содержания органики возможны ограничения
- благоприятные области с точки зрения гидрогеологии с достаточным количеством покровных слоев
- помещение над уровнем грунтовых вод

### 5. Детали технологии

- материалы, которые можно применять вновь или применять после обработки должны быть использованы на высшем полезном уровне (лестница обесценивания)
- процедура только тогда имеет смысл с точки зрения экологии, когда сумма всех загрязнений окружающей среды не превышает ситуации первичного производственного процесса или последовательной ликвидации почвы как отходов
- использование имеет смысл только тогда, когда для данных продуктов или продуктов, получаемых из данного материала, может образоваться постоянный рынок сбыта

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Boden → Entsorgung

# D3-7

## Verwertung

**Hinweis:** Bodenaushub s. D2-1 bis D2-3

### 1. Art des Verfahrens

- Verwertung von nur gering mit Schadstoffen verunreinigtem Boden, meist mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen im Straßen- und Verkehrswegebau oder z.B. als Füllmaterial in Lärmschutzwällen

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- nur geringe Schadstoffbefrachtungen; Obergrenze im Regelfall Z 2-Wert nach LAGA
- insbesondere bei Erdbaumaßnahmen bei höherwertiger Nutzung bodenmechanische Eignung erforderlich, z.B. nur geringe Organikgehalte

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

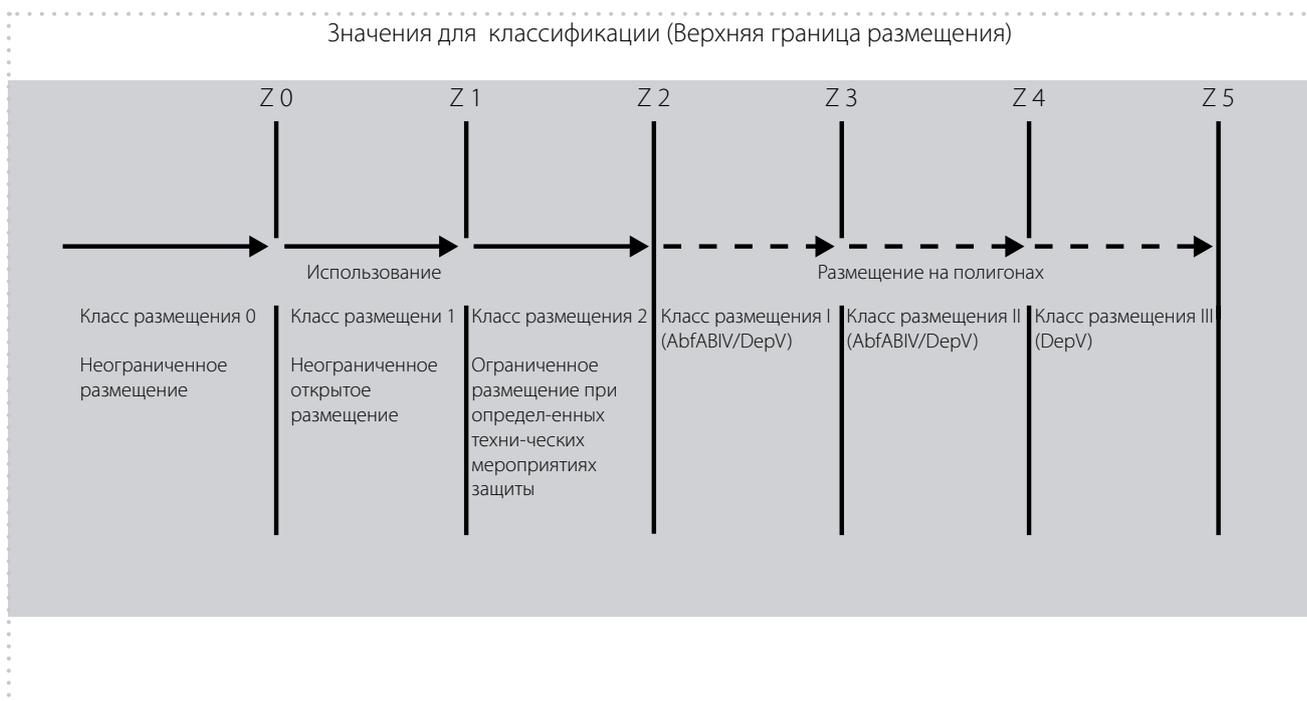
- Bodenart: grobkörnig, gemischtkörnig, feinkörnig; bedingt: organogen/organisch
- Schadstoffe: im allgemeinen von der Art der Schadstoffe unabhängig, solange die Schadstoffkonzentrationen gemäß der LAGA-Einbauklassen je nach Art der Verwertung eingehalten werden

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- möglicherweise Einschränkungen bei zu hohen organischen Gehalten
- hydrogeologisch günstige Gebiete mit ausreichenden Deckschichten
- Einbau über dem Grundwasserspiegel
- Deklarationsanalytik erforderlich

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- wieder verwendbare bzw. aufzubereitende Stoffe sollten auf der höchstmöglichen nutzbringenden Ebene eingesetzt werden (Verwertungskaskade)
- Verfahren i.d.R. nur dann ökologisch sinnvoll, wenn die Summe aller Umweltbelastungen nicht größer ist, als beim primären Produktionsprozess bzw. einer geordneten Beseitigung als Abfall
- Verwertung nur dann sinnvoll, wenn sich für diese oder die daraus hergestellten Produkte dauerhaft ein Markt entwickeln kann



## 1

### Классы размещения по LAGA

## 6. Мониторинг

- как правило, ведется кадастр использования

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + важный инструмент экономики отходов и экономики хозяйства для уменьшения количества отходов и освобождения хранилища отходов
- + бережное отношение к первичному сырью, энергии, природе и ландшафту
- сложность контроля за соблюдением стандартов качества
- возвращение вредных веществ в экологический круговорот, по крайней мере, в долгосрочной перспективе

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

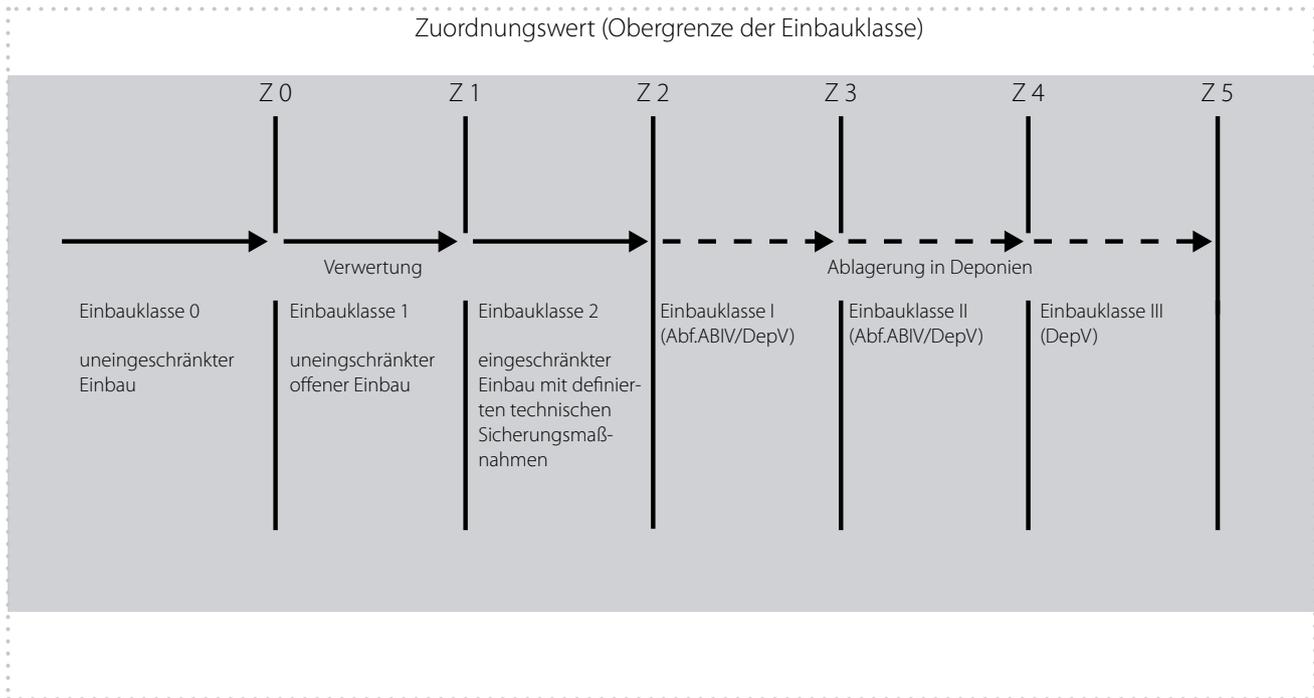
- Гамбург: строительный проект Neue Messe, территория Баварии, поселение Билле

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.laga.de](http://www.laga.de)

## 10. Статус

- состояние техники



## 6. Monitoring

- im Regelfall wird ein Einbaukataster geführt

## 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + wichtiges abfallwirtschaftliches und volkswirtschaftliches Instrument zur Reduzierung der Abfallmengen und Entlastung des Deponieraums
- + Einsparung von Primärrohstoffen und Energie, Schonung von Natur und Landschaft
- Einhaltung der Qualitätsstandards schwierig zu kontrollieren
- Wiedereinbringen von Schadstoffen in den ökologischen Kreislauf, zumindest langfristig

## 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

Hamburg: Bauvorhaben Neue Messe,  
Bavariagelände, Bille-Siedlung

## 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.laga.de](http://www.laga.de)

## 10. Status

- Stand der Technik

1

*Einbauklassen nach LAGA*

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Грунтовые воды

→ биологические методы обработки

## D3-8

# Биологическая очистка

Указание: Выемка грунта см. D2-1 до D2-3

### 1. Особенности метода

- откачка и обработка грунтовых вод (pump and treat)
- удаление загрязнений происходит за счет микроорганизмов; очищенная вода, как правило, реинфильтруется

#### 1.1 Аэробная очистка

- в биологическом покрове находятся культуры бактерий, способные удерживать загрязнения и разлагать их
- загрязнения утилизируются как источники углерода (гетеротрофные микроорганизмы) и окисляются (превращаются в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ )

#### 1.2 Анаэробная очистка

- загрязнения утилизируются как источники углерода, причем кислород в качестве акцептора электронов не применяется; должны быть использованы нитрат или сульфат

#### 1.3 Кометаболическая очистка

- например, в случае метанотрофной очистки метан добавляется как источник питательных веществ и разрушается микроорганизмами

- при этом вредные вещества используются как акцепторы электронов и разрушаются таким образом кометаболически, например, дехлорирование летучих хлорированных углеводородов, среди прочего высокохлорированные перхлорэтилен и трихлорэтилен

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- достаточно высокая концентрация загрязнений (например, более  $500 \mu\text{g}/\text{l}$  для летучих хлорированных углеводородов)
- органические загрязнения, поддающиеся биологическому разрушению и растворимые в воде

### 3. Области применения технологии

- откачанные грунтовые воды
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды, фенолы, летучие хлорированные углеводороды

### 4. Предпосылки применения технологии

- загрязнения должны быть подвержены действию биологических процессов, достаточно растворяться в воде, и подвержены микробиологическому воздействию
- наличие достаточного количества питательных веществ и микроэлементов
- показатель рН от 6 до 8
- содержание железа менее  $5 \text{ mg}/\text{l}$
- наличие места для установки очистки

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Grundwasser  
→ Biologische Behandlungsverfahren

# D3-8

## Biologische Reinigung

**Hinweis:** Grundwasserentnahme s. D2-4 bis D2-5

### 1. Art des Verfahrens

- Förderung und Behandlung des Grundwassers (pump and treat)
- Der Schadstoffabbau erfolgt durch Mikroorganismen. Das gereinigte Wasser wird i.d.R. reinfiltriert

#### 1.1 aerobe Reinigung

- in einem biologischen Rasen reichern sich Bakterienkulturen an, die in der Lage sind, die Schadstoffe zurückzuhalten und zu assimilieren
- Schadstoffe werden als Kohlenstoffquelle genutzt (heterotrophe Mikroorganismen) und oxidiert (Umwandlung zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O)

#### 1.2 anaerobe Reinigung

- Schadstoffe werden als Kohlenstoffquelle genutzt, wobei Sauerstoff als Elektronenakzeptor nicht zu Verfügung steht; es müssen Nitrat oder Sulfat zugesetzt werden

#### 1.3 cometabolische Reinigung

- z.B. bei der methanotrophen Reinigung wird Methan als Nährstoffquelle zugesetzt, welches von den Mikroorganismen abgebaut wird
- Schadstoffe werden dabei als Elektronenakzeptoren genutzt und so cometabolisch abgebaut; z.B. Dechlorierung von LHKW, u.a. die hochchlorierten PER und TRI

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

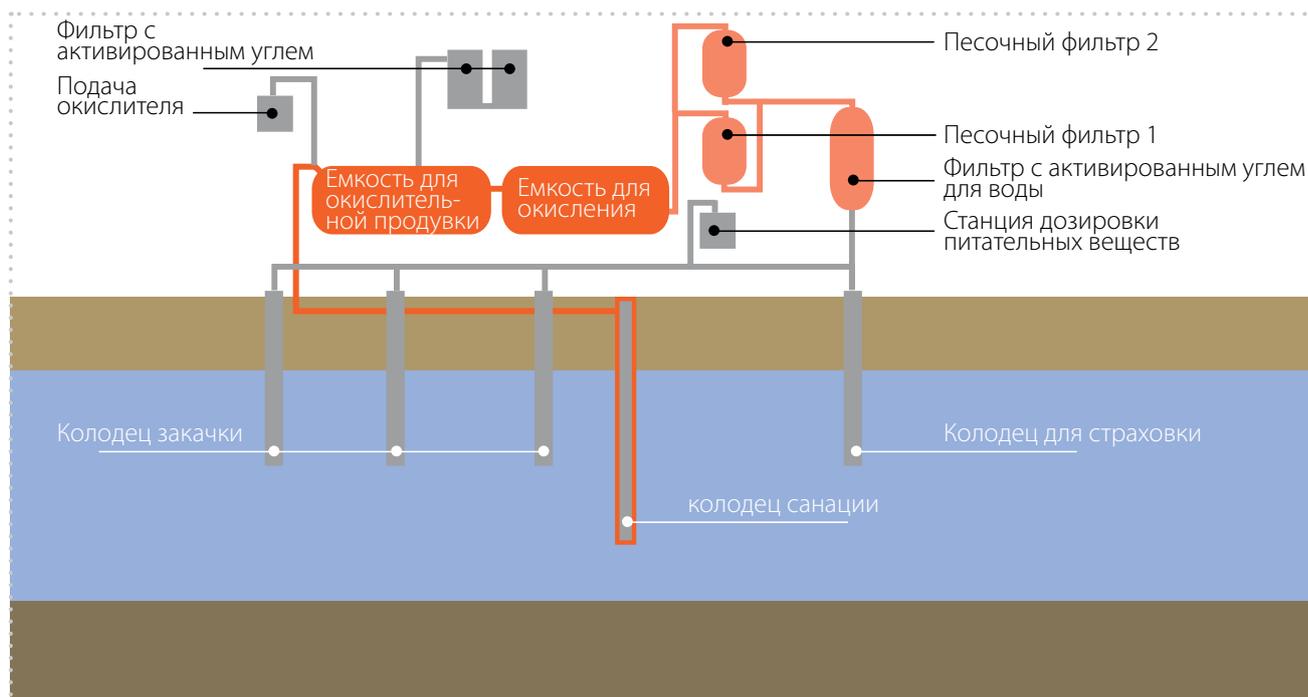
- hinreichend große Schadstoffkonzentration (z.B. > 500 µg/l bei LHKW)
- organische Schadstoffe, biologisch abbaubar und wasserlöslich

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- gefördertes Grundwasser
- Schadstoffe: MKW, BTEX, Phenole, LHKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- biologische Verfügbarkeit der Schadstoffe, ausreichende Löslichkeit, mikrobiologisch abbaubar
- ausreichend Nährstoffe und Spurenelemente müssen vorhanden sein
- pH-Wert zwischen 6 und 8
- Eisengehalt < 5 mg/l
- Platz für Aufbereitungsanlage



## 1

**Схема биологическая  
очистка грунтовых вод**

## 5. Детали технологии

## 5.1 аэробная

- микроорганизмы в форме биопленки на одном из носителей: медленный песочный фильтр, реакторы фильтрующего слоя, вращающийся погружной биофильтр, колонны капельных фильтров, носитель: пористые материалы, как полиуретан, лава, пористые керамические носители
- взвешенные организмы в аэротенке
- инокуляция осадка сточных вод микроорганизмы приспосабливаются к загрязнению
- кислород должен подаваться непрерывно путем вдувания воздуха или чистого кислорода в реактор
- как правило, требуется добавление микроэлементов

## 5.2 анаэробная

- как в 5.1, но вместо кислорода вводятся нитрат и сульфат

## 5.3 Метанотрофная

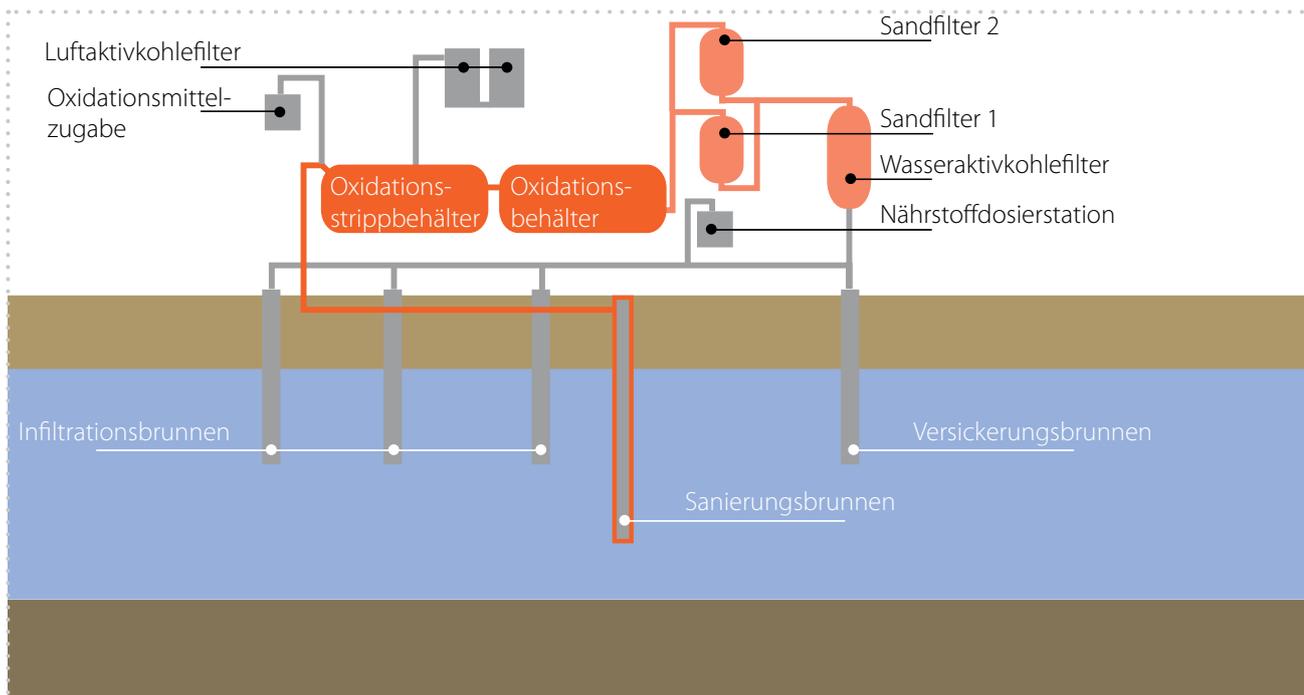
- как в 5.1, но вместо кислорода вводится метан

## 6. Мониторинг

- не важен

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + применение возможно и в том случае, когда требуемые условия в насыщенной зоне не оптимальны
- + полная минерализация вредных веществ в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , отсутствие обогащения
- + возможна хорошая очистка откачанной воды
- + документация результатов санации с помощью обеспечения качества в ходе работ
- продолжительное время подготовки: приспособление микроорганизмов к вредным веществам может произойти лишь по прошествии нескольких недель
- недопустим продолжительный простой
- обратные процессы после прекращения откачки грунтовых вод
- снижение концентрации загрязнений в водоносном потоке до значений ниже контрольных величин в экономических (временных) условиях, как правило, невозможно
- сильно влияние внешних факторов (например, температуры и показатель рН) или сильных изменений среды
- очень ядовитые вредные вещества, например, хлорированные углеводороды и тяжелые металлы могут оказать влияние клеточного яда и помешать ак-



## 5. Einzelheiten zum Verfahren

### 5.1 aerob

- Mikroorganismen als Biofilm auf einem Träger: Langsandsfilter, Festbettreaktoren, Rotationstauchkörperanlage, Tropfkörperkolonnen; Trägermasse: poröse Materialien wie Polyurethan, Lavagestein, poröse keramische Träger
- suspendierte Organismen in Belebtschlammbecken
- Animpfung mit Klärschlamm, Mikroorganismen adaptieren sich auf den Schadstoff
- Sauerstoff muss kontinuierlich durch Einblasen von Luft oder reinem Sauerstoff in den Reaktor zugeführt werden
- Zugabe von Spurenelementen i.d.R. erforderlich

### 5.2 anaerob

- wie 5.1, aber Zugabe von Nitrat oder Sulfat statt Sauerstoff

### 5.3 methanotroph

- wie 5.1, aber Zugabe von Methan statt Sauerstoff

## 6. Monitoring

- nicht relevant

## 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Einsatz auch möglich, wenn die erforderlichen Abbaubedingungen in der gesättigten Zone nicht ideal sind
- + vollständige Mineralisierung des Schadstoffs zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , keine Anreicherung
- + gute Abreinigung des geförderten Wassers möglich
- + Dokumentation des Sanierungserfolges durch Qualitätssicherung im Ablauf
- lange Anfahrzeit: Adaptierung der Mikroorganismen auf den Schadstoff möglicherweise erst nach mehreren Wochen
- lange Stillstandzeiten nicht möglich
- Rücklöseprozesse nach Abschalten der Grundwasserförderung
- ein Absenken der Schadstoffkonzentration im Grundwasserleiter auf Werte unterhalb der Prüfwerte i.d.R. nicht in einem wirtschaftlichen (Zeit-)Rahmen möglich
- sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen (wie z.B. Temperatur und pH-Wert) oder starken Schwankungen des Milieus
- sehr giftige Schadstoffe, z.B. LHKW und Schwermetalle können als Zellgift wirken und die Aktivität der Mikroorganismen stören oder sogar unterbinden

## 1

### Schematische Darstellung biologisches Grundwasserreinigungsverfahren

тивности микроорганизмов или вовсе ее прекратить

- утилизация биомассы (возможна адсорбция таких вредных веществ, как тяжелые металлы)
- продукты разложения/ метаболиты в случае неполной минерализации

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Дрезден: санация грунтовых вод на территории бывшей производственной фабрики металлообрабатывающей промышленности

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- „Grundwasserreinigung bei der Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen“, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 17, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, November 1995, Karlsruhe

#### 10. Статус

- аэробная: устоявшие техники
- анаэробная: в основном применяется для очистки сточных вод
- метанотрофная: уровень науки, отдельные пилотные проекты

- Entsorgung der Biomasse (Adsorption von Schadstoffen wie Schwermetallen möglich)
- Abbauprodukte bzw. Metabolite bei nicht vollständiger Mineralisierung

#### **8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland**

- Dresden: Grundwassersanierung auf dem Gelände einer ehemaligen Produktionsstätte der metallverarbeitenden Industrie

#### **9. Quellen/Literatur/Links**

- „Grundwasserreinigung bei der Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen“, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 17, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, November 1995, Karlsruhe

#### **10. Status**

- aerob: Stand der Technik
- anaerob: Einsatz hauptsächlich in der Abwasserreinigung
- methanotroph: Stand der Wissenschaft, vereinzelt Pilotstatus

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Грунтовая вода

→ химико-физические методы обработки

## D3-9

# Стандартные методы

Указание: Откачка грунтовой воды – см. D2-4 до D2-5

### 1. Особенности метода

- откачка и обработка грунтовых вод (pump and treat)

#### 1.1 Осаждение/ коагуляция

- путем добавления средства осаждения растворенный токсикант превращается в нерастворимый в воде комплекс
- коагуляция комплекса и отделение осадка

#### 1.2 Фильтрация

- отделение твердых/ взвешенных в воде веществ с помощью фильтра, пропускающего водную фазу

#### 1.3 Седиментация

- диспергированные (коллоидные и суспендированные) вещества оседают из-за своей высокой плотности под воздействием гравитации и могут быть отделены

#### 1.4 Выпаривание

- стимулируется контакт грунтовых вод с воздухом, в результате чего легкие летучие загрязнения переходят из водной фазы в газовую

#### 1.5 Адсорбция (активированный уголь)

- в результате химического и физического взаимодействия (силы ван-дер-Ваалса) загрязнения удерживаются в активированном угле (адсорбция) и концентрируются

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- достаточно высокая концентрация загрязнений (например, более 500 µg/l для летучих хлорированных углеводов)
- химико-физические стандартные процедуры (осаждение/ коагуляция, фильтрация, седиментация) часто выступают предварительным этапом очистки от взвешенных и мутных веществ (частицы песка и глины, железо и проч.) перед основной обработкой

### 3. Области применения технологии

- откачанные грунтовые воды
- загрязнения: осаждение/ коагуляция: тяжелые металлы, суспендированные и коллоидные вещества, гуминовые вещества, железо
- фильтрация: суспендированные вещества, гуминовые вещества, железо
- седиментация: частицы песка и глины, железо, суспендированные вещества, гуминовые вещества, микроорганизмы, аммоний
- выпаривание: летучие хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды, нафталин, фенолы

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Grundwasser  
→ Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## D3-9

# Standard-Verfahren

**Hinweis:** Grundwasserentnahme s. D2-4 bis D2-5

### 1. Art des Verfahrens

- Förderung und Behandlung des Grundwassers (pump and treat)

#### 1.1 Fällung/Flockung

- durch Zugabe eines Fällungsmittels wird gelöster Schadstoff in einen wasserunlöslichen Komplex überführt
- Ausfällung des Komplexes und Abtrennung des Absetzschlammes

#### 1.2 Filtration

- Abtrennung von Feststoffen/suspendierten Stoffen durch einen Filter, der für die wässrige Phase durchlässig ist

#### 1.3 Sedimentation

- dispergierte (kolloidale und suspendierte) Stoffe sinken aufgrund ihrer höheren Dichte und unter dem Einfluss der Gravitation ab und können abgeschieden werden

#### 1.4 Strippen

- Grundwasser wird intensiv mit Luft in Kontakt gebracht, so dass leichtflüchtige Schadstoffe von der Wasserphase in die Luftphase übergehen

#### 1.5 Adsorption (Aktivkohle)

- Schadstoffe werden durch chemische und physikalische Wechselwirkungen (van der Waals'sche-Kräfte) im Aktivkohlefilter zurückgehalten (Adsorption) und aufkonzentriert

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- hinreichend große Schadstoffkonzentration (z.B. > 500 µg/l bei LHKW)
- Chemisch-physikalische Standardverfahren (Fällung/Flockung, Filtration, Sedimentation) müssen häufig als Vorstufe zur Abreinigung von Schweb- und Trübstoffen (Sand- und Tonteilchen, Eisen etc.) vor einer Aufbereitung vorgeschaltet werden

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- geförderttes Grundwasser
- Schadstoffe: Fällung/Flockung: Schwermetalle, suspendierte und kolloidale Stoffe, Huminstoffe, Eisen
- Filtration: suspendierte Stoffe, Huminstoffe, Eisen
- Sedimentation: Sand- und Tonteilchen, Eisen, suspendierte Stoffe, Huminstoffe, Mikroorganismen, Ammonium
- Strippen: LHKW, BTEX, Naphthalin, Phenole
- Adsorption (Aktivkohle): MKW, PAK, BTEX, LHKW, AOX, Phenole, Stoffe mit aromatischen Gruppen, Pflanzenschutzmittel

- адсорбция (активированный уголь) нефтепродукты, ПАУ, ароматические углеводороды, хлорированные углеводороды, адсорбированные органические галогениды, фенолы, вещества ароматической группы, химические средства защиты растений

#### 4. Предпосылки применения технологии

- небольшая область распространения вредных веществ, возможна откачка из оттока грунтовых вод
- наличие места для установки очистки
- для выпаривания органические вредные вещества должны иметь соответствующий высокий коэффициент Генри (паровое давление), чтобы был возможен переход в газовое состояние

#### 5. Детали технологии

##### 5.1 Осаждение/ коагуляция

- предварительная ступень механического отделения частиц с помощью отстаивания или фильтрации
- коагуляция: агломерация суспендированных и коллоидных частиц в большие объединения частиц с помощью добавления коагуляционного средства “ФНМ” (электролиты, железные и аммиачные соли)
- (нейтрализующее) выделение: коагуляция металлов с помощью известкового молока или натриевого щелока в качестве металлической гидроокиси (также выделение карбоната и сульфата); хром(VI) сначала должен быть преобразован в растворимый в воде хром(III)
- объединения частиц оседают быстрее и в процессе осаждения одновременно образуют коллоиды, гуминовые вещества, фосфаты и проч., адсорбция других токсикантов (соосаждение)
- последующее подключение ступени осаждения и фильтрации для извлечения осадка
- агрегаты: например, смесительный чан, проточные камеры
- после нейтрализующего выделения осадок содержит тяжелые металлы и, как правило, подлежит складированию

#### 5.2 Фильтрация

##### 5.2.1 Осадочный фильтр:

- фильтровальная перегородка должна иметь мелкие поры, не пропускающие частицы, подлежащие отделению (поверхностный фильтр)

##### 5.2.2 Глубинный фильтр:

- твердые вещества отделяются в порах фильтра (песочный и галечный фильтр), отделение частиц с размером зерна до 25 мкм
- материал фильтра: кварцевый песок; многослойный фильтр, например, с песком, антрацитом или пемзой
- далее – применение химического окисления (удаление железа, удаление марганца); при содержании железа более 15 mg/l предварительно должно быть проведено отстаивание
- быстродействующий фильтр: скорость фильтра от 3 до 30 м/ч, поверхность около 100 кв.м.; как правило, параллельное включение двух фильтров, так как требуется обратная промывка (быстродействующие фильтры), осадок промывки откачивается и утилизируется
- медленный фильтр: скорость фильтра от 0,05 до 0,5 м/ч; поверхность от 100 кв.м. до 10.000 кв.м., комбинирование с биологической очисткой с помощью биопленки, денитрификации; очистка путем снятия верхнего слоя
- улучшение качества фильтрации при уменьшающейся скорости фильтра и величине зерна
- лучшая очистка, чем в случае отстаивания

##### 5.2.3 Ситчатая фильтрация:

- отделение путем установления барьеров, непроходимых для суспендированных частиц (среди прочего мембранные отдельные системы)

#### 5.3 Седиментация

- как правило, применяется после коагуляции или же в случае, когда ожидаются большие количества суспендированных веществ, частиц глины или песка, а также для отделения после продувки гидроокиси железа
- оседающие вещества отделяются в чанах отстаивания и удаляются путем изъятия осадков

#### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- geringe Ausbreitung der Schadstofffahne, Förderung des Abstroms möglich
- Platz für Aufbereitungsanlage
- für eine Strippung muss der organische Schadstoff einen entsprechend hohen Henry-Koeffizienten (Dampfdruck) aufweisen, damit ein Übergang in die Gasphase gewährleistet ist

#### 5. Einzelheiten zum Verfahren

##### 5.1 Fällung/Flockung

- vorgeschaltete Stufe vor mechanischer Partikelabscheidung durch Sedimentation oder Filtration
- Flockung: Agglomeration von suspendierten und kolloidalen Teilchen zu größeren Partikelverbänden durch Zugabe eines Flockungs(hilfs-)mittels „FHM“ (Elektrolyte, Eisen-/Ammoniumsalze)
- (Neutralisations-)Fällung: Fällung von Metallen mittels Kalkmilch oder Natronlauge als Metallhydroxid (auch: Carbonatfällung, Sulfidfällung); Chrom(VI) ist vorher in das wasserunlöslichere Chrom(III) zu überführen
- Partikelverbände sinken schneller ab und binden beim Absinken gleichzeitig Kolloide, Huminstoffe, Phosphate etc., Adsorption von anderen Schadstoffen (Mitfällung)
- Nachschaltung einer Sedimentations- oder Filtrationsstufe zum Abzug des Schlammes
- Aggregate: z.B. Rührbecken, durchströmte Kammern
- Absetzschlamm nach Neutralisationsfällung stark schwermetallhaltig und i.d.R. zu deponieren

##### 5.2 Filtration

###### 5.2.1 Kuchenfilter:

- Filtermaterial mit feinen Poren, die die abzuschheidenden Teilchen nicht passieren können (Oberflächenfilter)

###### 5.2.2 Tiefenfilter:

- Feststoffe scheiden sich im Porenvolumen des Filters ab (Kies- und Sandfilter), Abscheidung von Teilchen einer Korngröße bis 25 µm
- Filtermaterial: Quarzsand; Mehrschichtfilter, z.B. Sand und Anthrazit oder Bims
- Nachschaltung nach chemischer Oxidation (Enteisenung, Entmanganung); bei Eisengehalten > 15 mg/l sollte eine Sedimentation vorgeschaltet werden

- Schnellfilter: Filtergeschwindigkeiten 3 - 30 m/h, Fläche ca. 100 m<sup>2</sup>; i.d.R. parallele Schaltung von zwei Filtern, da Rückspülung erforderlich (Schnellfilter), Rückspülschlamm wird abgezogen und entsorgt
- Langsamfilter: Filtergeschwindigkeiten 0,05 - 0,5 m/h, Fläche 100 - 10.000 m<sup>2</sup>, Kombination mit biologischer Reinigung durch Biofilm, Denitrifikation; Reinigung durch Abschälen der obersten Schicht
- Verbesserung der Filtratqualität bei abnehmender Filtergeschwindigkeit und Korngröße
- bessere Reinigungsleistung als Sedimentation

##### 5.2.3 Siebfiltration:

- Trennung durch eine für suspendierte Partikel nicht durchlässige Barriere (u.a. Membrantrennverfahren)

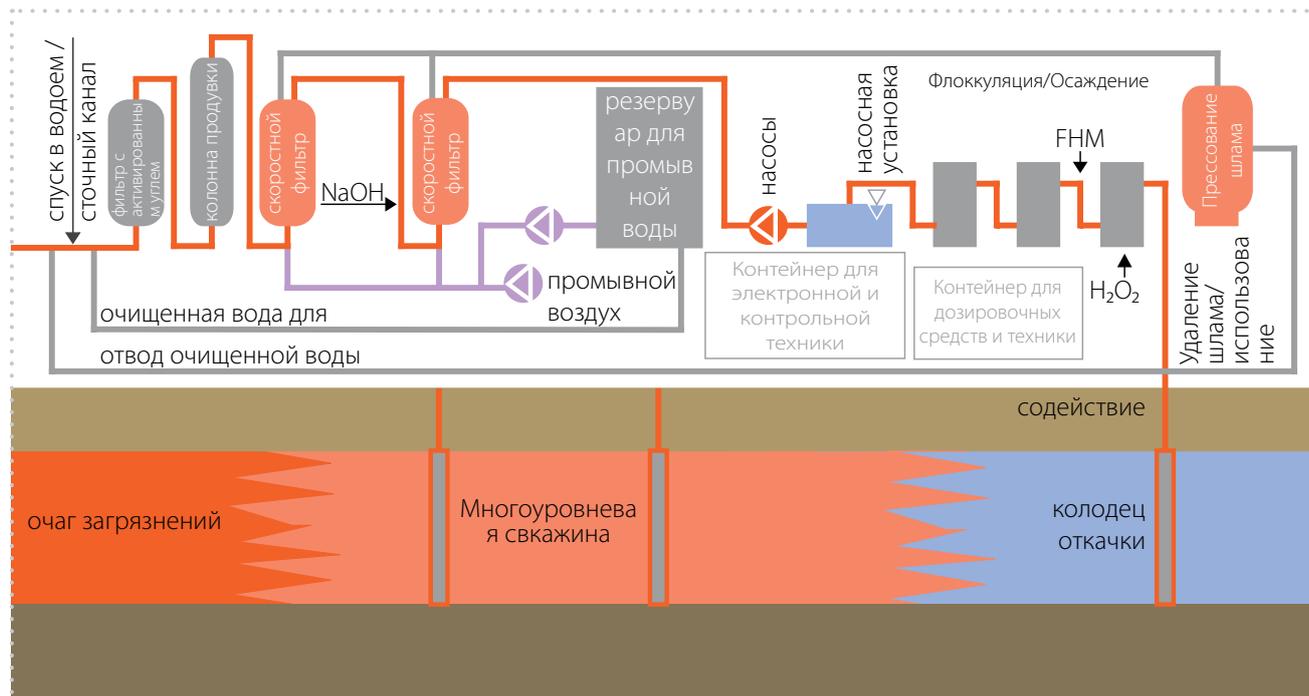
##### 5.3 Sedimentation

- wird i.d.R. einer Flockung nachgeschaltet, oder wenn größere Mengen suspendierter Stoffe bzw. Ton- oder Sandteilchen zu erwarten sind bzw. zur Abscheidung von Eisenhydroxiden nach einer Belüftung
- die absetzbaren Stoffe werden im Sedimentationsbecken abgeschieden und mittels Schlammzug entfernt
- Absetzzeit anhängig vom Partikeldurchmesser, Dichteunterschied zwischen Teilchen und Wasser, der Konzentration und der Strömung im Absinkbehälter (laminar)
- Anlagen: Schwerkraftabscheider, z.B. Absetzbecken, Lamellenabscheider (ca. 10% des Platzbedarfs eines Absetzbeckens)

##### 5.4 Strippen

###### Hinweis: Luftbehandlung s. D3-11 bis D3-12

- Kolonnen von 1 - 8 m Höhe, in denen die Stoffaustauschfläche der wässrigen Phase erhöht wird, z.B. durch Einbauten wie Sieb- oder Glockenböden; das Wasser wird in den Kolonnen aufgestaut und Luft im Gegenstromverfahren eingeblasen
- Gleichstrom oder Gegenstrom möglich, wobei bei Gleichstrom auf ein Einblasen von Luft verzichtet werden kann; Gegenstrom effektiver aufgrund des Konzentrationsgefälles



1

### Схема стандартных методов очистки грунтовых вод

- время оседания зависит от диаметра частиц, различия в плотности между частицами и водой, концентрации потока в отстойном бассейне (ламинарный)
- приложения: гравитационный сепаратор, например, отстойный бассейн, слоистый разделитель (около 10% занимаемого объема отстойного бассейна)

#### 5.4 Выпаривание

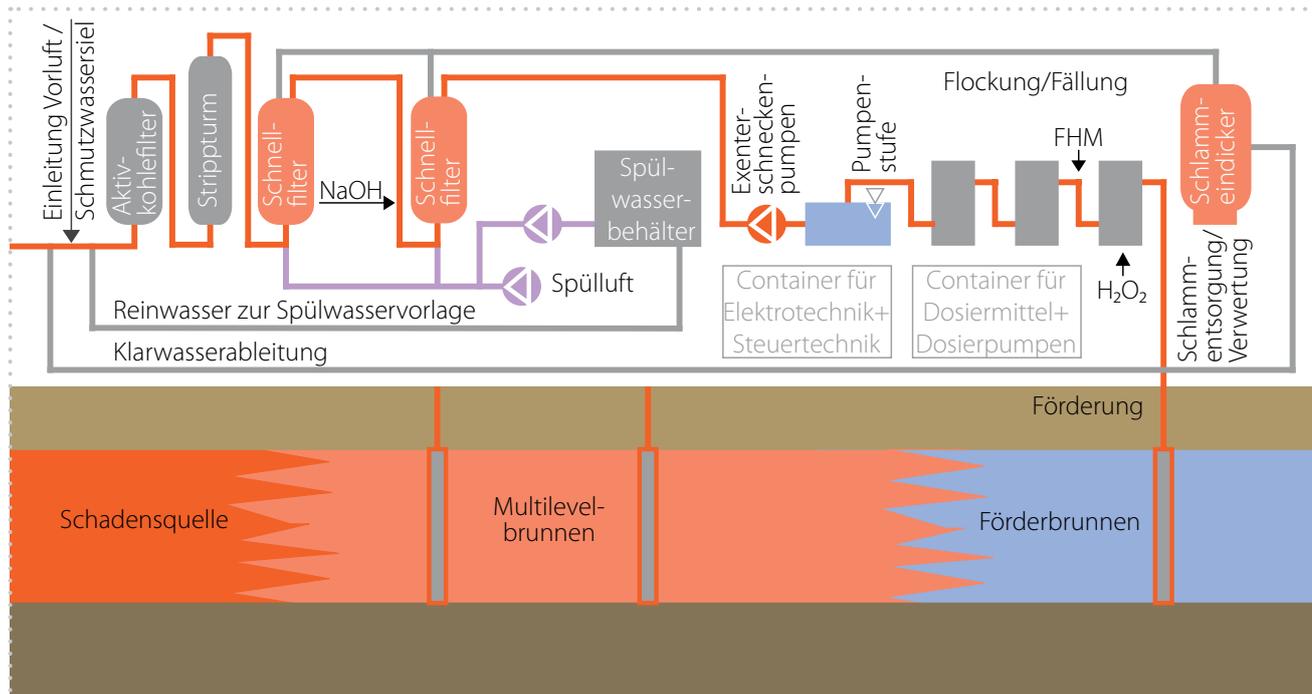
Указание: Обработка воздуха см. D3-11 до D3-12

- колонны высотой от 1 до 8 м, в которых повышается поверхность обмена веществ в водной фазе, например, с помощью установки ложного дна или колпачковой тарелки; вода собирается в колоннах, а воздух вдувается методом противотока
- возможно использование попутного или встречного воздушного потока, причем для попутного воздушного потока вдувание воздуха не обязательно; встречный воздушный поток более эффективен за счет градиента концентрации
- соотношение объема потока воздуха и воды от 15 : 1 до 50 : 1
- установки регенерации воздуха: открытый или закрытый каскад, башенное распыление
- отработанный воздух должен быть очищен в соответствии с уровнем тех-

ники (например, термически, биологически или с применением активированного угля)

#### 5.5 Адсорбция (активированный уголь)

- исходный материал – дерево, древесный уголь, торф, скорлупа кокосового ореха активированный термически или химически, так что создается пористая структура с высокой внутренней поверхностью
- внутренняя поверхность от 500 кв.м./г до 1.500 кв.м./г
- возможна нагрузка от 0,5 % до 7 %
- как правило, чтобы не подвергать фильтр активированного угля сильному загрязнению, необходимо механическое отделение взвешенных веществ, железа и т.п.
- как правило, параллельно используются по крайней мере два фильтра (контрольный фильтр)
- также применение тонкой очистки (контрольный фильтр) после биологической или окислительной обработки
- использование воздушного фильтра активированного угля для очистки загрязненного воздуха после выпаривания
- при нагрузке различными веществами вещество, менее всех поддающееся абсорбции, вытесняется
- скорость протекания от 10 - 15 м/ч



- Verhältnis Luft- zu Wasservolumenstrom 15 : 1 bis 50 : 1
- Gasaustauschanlagen: offene oder geschlossene Kaskade, Turmverdüsung
- Abluft muss nach dem Stand der Technik (z.B. thermisch, biologisch oder durch Aktivkohle) gereinigt werden

#### 5.5 Adsorption (Aktivkohle)

- Ausgangsmaterial Holz, Holzkohle, Torf, Kokosnussschalen: thermisch oder chemisch aktiviert, so dass sich eine Porenstruktur mit hoher innerer Oberfläche bildet
- innere Oberfläche von 500 - 1.500 m<sup>2</sup>/g
- Beladung von 0,5 - 7% möglich
- eine mechanische Abtrennung von Schwebstoffen, Eisen etc. ist i.d.R. erforderlich, um den Aktivkohlefilter nicht zu stark zu belasten
- i.d.R. werden mindestens zwei parallel geschaltete Filter eingesetzt (Polzeifilter)
- auch Einsatz als Feinreinigung (Polzeifilter) nach biologischer oder oxidativer Aufbereitung
- Einsatz auch als Luftaktivkohlefilter zur Abreinigung der belasteten Luft nach dem Strippen
- bei einer Beladung mit verschiedenen Stoffen wird der weniger gut adsorbierbare Stoff verdrängt
- Durchströmungsgeschwindigkeiten 10 - 15 m/h

- Biofilm-Bildung: zusätzlicher mikrobieller Abbau möglich
- Auslegung nach am schlechtesten adsorbierbaren Stoff (z.B. Vinylchlorid, Dichlorethen)
- Kontrolle eines Durchbruchs erforderlich
- Regenerierung des Filters z.B. durch Thermodesorption möglich

#### 6. Monitoring

- nicht relevant

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Einsatz auch möglich, wenn die erforderlichen Abbaubedingungen in der gesättigten Zone nicht ideal sind
- + gute Abreinigung des gefördertem Wassers möglich
- + Dokumentation des Sanierungserfolges durch Qualitätssicherung im Ablauf
- hohe Betriebskosten, das Verfahren muss oft über Jahrzehnte eingesetzt werden
- hohe Eisen- und Mangengehalte können beim Strippen und der Adsorption durch Ausfällungen von Hydroxiden stören
- ölartige Stoffe können die Porenoberfläche der Aktivkohle verstopfen
- Strippen: niedrige Temperaturen können den Strippvorgang erschweren
- Strippen: es können nur leichtflüchtige Stoffe entfernt werden, nicht Strippbare sind nachträglich, z.B. durch Aktivkohle-adsorption, zu entfernen

#### 1

#### Schematische Darstellung Standard-Verfahren

1

*Санация газового завода  
Грасбрук, Гамбург*

2

*Очистка грунтовых вод  
Ютлэндераллее, Гамбург*

- образование биопленки: возможно дополнительно микробиологическое разложение
- настройка в соответствие с веществом, хуже всего поддающимся абсорбции (например, винилхлорид, дихлоретен)
- требуется контроль прорыва
- возможна регенерация фильтра, например, путем термической десорбции

#### 6. Мониторинг

- не важен

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + применение возможно и в том случае, когда требуемые условия в насыщенной зоне не оптимальны
- + возможна хорошая очистка откачанной воды
- + документация результатов санации с помощью обеспечения качества в ходе работ
- высокие эксплуатационные затраты, поскольку процесс длится часто десятилетиями
- высокое содержание железа и марганца при выпаривании и адсорбции может мешать процедуре из-за выпадения гидроокиси
- маслообразные вещества могут закупоривать пористую поверхность активированного угля
- выпаривание: низкие температуры могут затруднить процесс выпаривания
- выпаривание: таким образом могут быть удалены только легкие летучие вещества, невыпариваемые вещества должны быть дополнительно удалены, например, с применением адсорбции активированного угля
- выделение/ коагуляция: показатель рН имеет значительное влияние
- отстаивание в случае легких летучих загрязнений установка отделения должна быть газогерметичной, а обработанный воздух должен очищаться
- фильтрация: время разгона глубинного фильтра может достигать нескольких недель

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Хальшлаг (Рейнланд-Пфальц): санация отходов вооружения с помощью очистки загрязненного нитроароматами промежуточного стока водоотводной системы путем тонкой фильтрации и адсорбции активированным углем
- Гамбург: обработка и очистка сточных вод, полигон Georgswerder
- Прэль (Рейнланд-Пфальц): обеспечение безопасности бывшего хранилища промышленных отходов, обработка и очистка сточных вод

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- Grundwasserreinigung bei der Bearbeitung von Altlasten und Schadensfaellen“, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 17, Landesanstalt fuer Umweltschutz Baden-Württemberg, November 1995, Karlsruhe
- Рабочее руководство ITVA Очистка грунтовых вод

#### 10. Статус

- состояние техники



- Fällung/Flockung: pH-Wert hat starken Einfluss
- Sedimentation: bei leichtflüchtigen Schadstoffen ist die Abscheideeinrichtung gasdicht auszuführen und die Abluft abzureinigen
- Filtration: Tiefenfilter benötigen eine Einfahrzeit von bis zu mehreren Wochen

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hallschlag (Rheinland-Pfalz): Sanierung einer Rüstungsalzlast mittels Reinigung des mit Nitroaromaten belasteten Zwischenabflusses aus dem Rigolensystem durch Feinfiltration und AktivkohleadSORPTION
- Hamburg: Sickerwasserfassung und -aufbereitung Deponie Georgswerder
- Prael (Rheinland-Pfalz): Sicherung der ehemaligen Industriemülldeponie, Sickerwasserfassung und -aufbereitung

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- „Grundwasserreinigung bei der Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen“, Materialien zur Altlastenbearbeitung, Band 17, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, November 1995, Karlsruhe
- ITVA-Arbeitshilfe Grundwasserreinigung

#### 10. Status

- Stand der Technik

1

*Sanierung Grasbrook, Hamburg*

2

*Grundwassersanierung  
Jütländer Allee, Hamburg*

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Грунтовая вода

→ химико-физические методы обработки

## D3-10

# Экстракция (MPPE)

Указание: Откачка грунтовой воды – см. D2-4 до D2-5

### 1. Особенности метода

- откачка и обработка грунтовых вод (pump and treat)
- MPPE: Macro Porous Polymer Extraction
- процедура экстракции жидкости: иммобилизация средства экстракции в макропористых полимерных частицах, которые укладываются в колонны и омываются водой, подлежащей очистке

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- достаточно высокая концентрация вредных веществ (например, > 500 µg/l для летучих хлорированных углеводородов)

### 3. Области применения технологии

- откачанные грунтовые воды
- загрязнения: нефтепродукты, летучие хлорированные углеводороды, ПАУ, ПХБ нелетучие хлорированные углеводороды, ароматические углеводороды, фенолы, нитроароматы

### 4. Предпосылки применения технологии

- небольшая область распространения загрязнений, возможна откачка из оттока грунтовых вод
- низкое содержание аэрозолей
- содержание железа и марганца менее 2 мг/л, низкая концентрация кальция

- как правило, требуется предварительная обработка (отстаивание, фильтрование на песчаных фильтрах, по необходимости – выделение высокой концентрации тяжелых металлов, возможно, активированный уголь) для предотвращения блокирования и сильной нагрузки с примесными ионами
- органические загрязнения: ароматы и летучие хлорированные углеводороды

### 5. Детали технологии

- вода проводится между колоннами с полимерными частицами, на которых органические загрязнения абсорбируются
- регенерация с помощью водяного пара

### 6. Мониторинг

- не важен

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Grundwasser  
→ Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## D3-10

# Extraktion (MPPE)

**Hinweis:** Grundwasserentnahme s. D2-4 bis D2-5

### 1. Art des Verfahrens

- Förderung und Behandlung des Grundwassers (pump and treat)
- MPPE: Macro Porous Polymer Extraction
- Flüssigextraktionsverfahren: Immobilisierung eines Extraktionsmittels in makroporösen Polymerpartikeln, die in Säulen gepackt und vom zu reinigenden Wasser durchflossen werden

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- hinreichend große Schadstoffkonzentration (z.B. > 500 µg/l bei LHKW)

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- gefördertes Grundwasser
- Schadstoffe: MKW, LHKW, PAK, PCB SHKW, BTEX, Phenole, Nitroaromaten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- geringe Ausbreitung der Schadstofffahne, Förderung im Abstrom möglich
- geringer Schwebstoffgehalt
- Eisen- und Mangangehalt < 2 mg/l, geringe Calciumkonzentration
- vorgeschaltete Aufbereitung (Sedimentation, Sandfiltration, ggf. Fällung von hohen Schwermetallkonzentrationen, ggf. Aktivkohle) i.d.R. erforderlich, um Verblockungen oder zu starke Belastungen mit Störionen zu verhindern

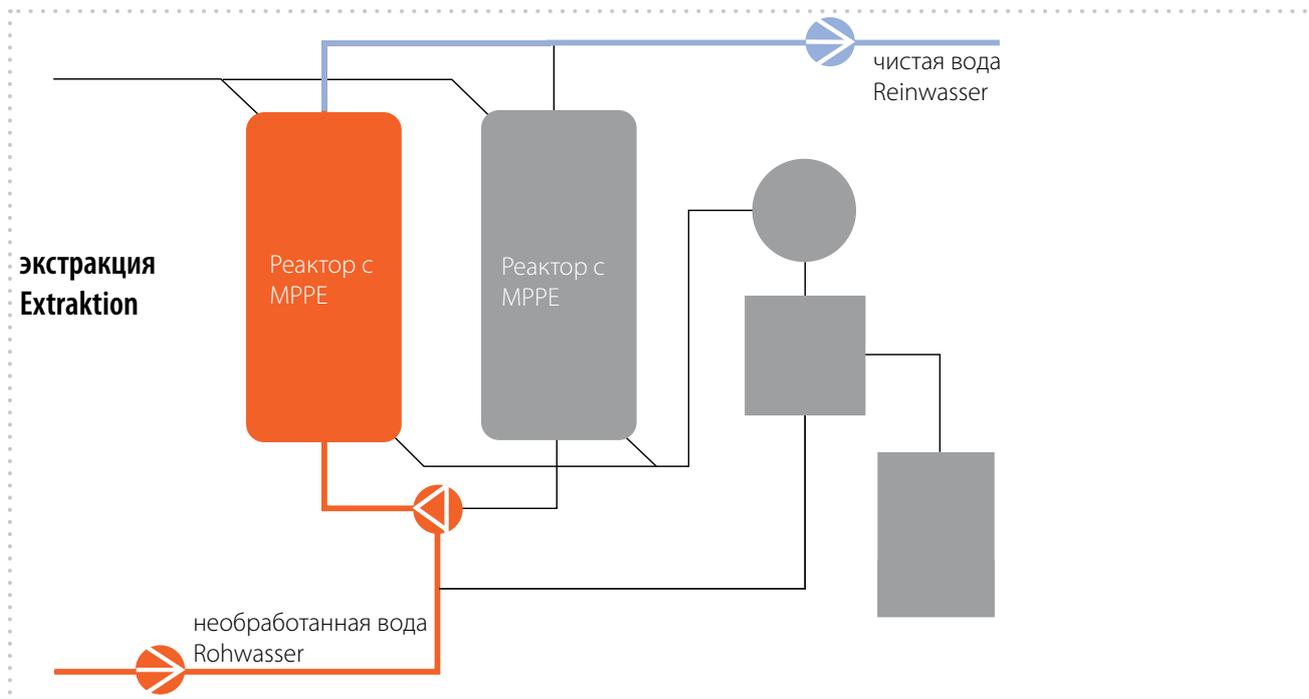
- organische Schadstoffe: Aromaten oder leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Wasser wird durch Säulen mit Polymerpartikeln geleitet, an denen die organischen Schadstoffe adsorbieren
- Regenerierung mit Wasserdampf

### 6. Monitoring

- nicht relevant



## 1

**Схема экстракции макропористыми полимерами (MPPE) (левая страница)**

## 2

**Схема регенерации макропористыми полимерами (MPPE) (правая страница)**

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + применение возможно и в том случае, когда требуемые условия в насыщенной зоне не оптимальны
- + достижение остаточной концентрации менее 10 µg/l
- + документация результатов санации (обеспечение качества) в стоке
- требуется предварительная подготовка воды, например, для удаления аэрозолей
- при высоких уровнях концентрации железа, марганца или кальция возможна блокировка
- долгие простои могут привести к микробиологическому обрастанию и блокировке смолы (Biofouling)
- MPPE: большие капитальные затраты

## 8. Best Practice: примеры проектов

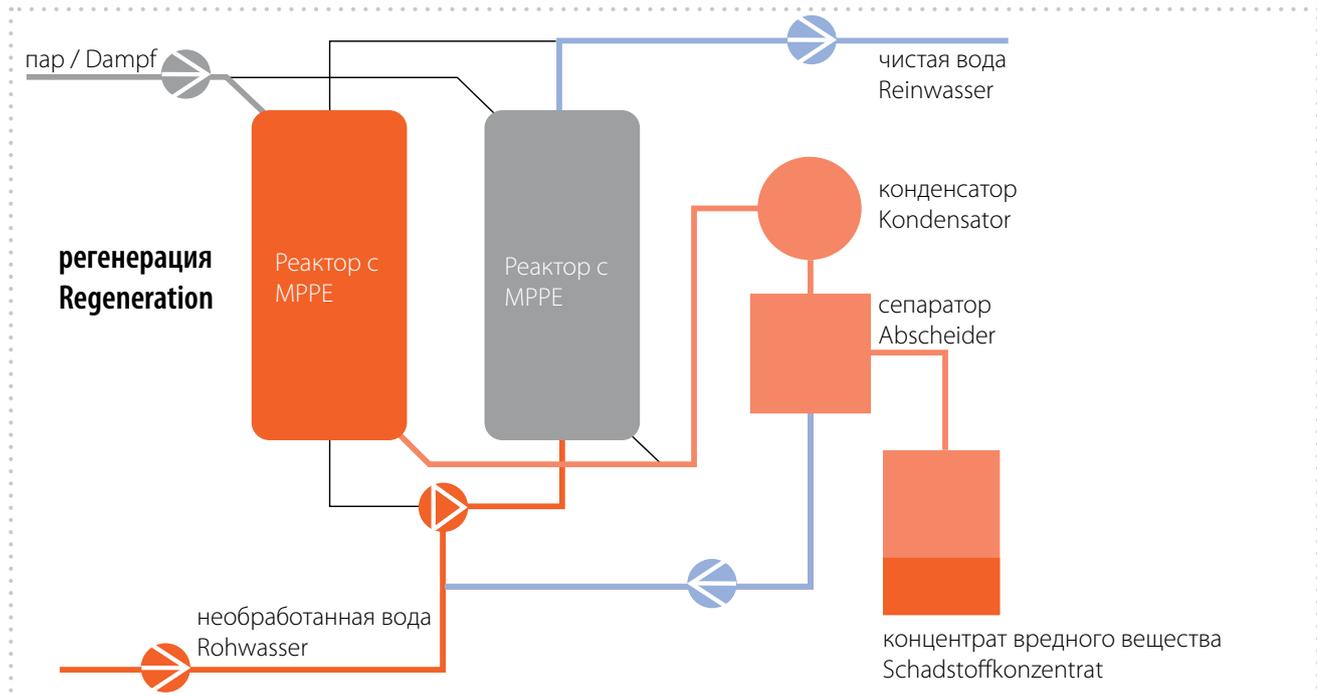
- полевой эксперимент: санация загрязнения легкими хлорированными углеводородами на бывшей военной базе в Калифорнии

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.ckw-sanierung.de](http://www.ckw-sanierung.de)
- [www.mpp-systems.de](http://www.mpp-systems.de)

## 10. Статус

- статус пилотного проекта



#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + Einsatz auch möglich, wenn die erforderlichen Abbaubedingungen in der gesättigten Zone nicht ideal sind
- + Restkonzentrationen von  $< 10 \mu\text{g/l}$  erzielbar
- + Dokumentation des Sanierungserfolges durch Qualitätssicherung im Ablauf
- vorherige Aufbereitung des Wassers zur Entfernung von z.B. Schwebstoffen erforderlich
- Verblockungen bei zu hohen Eisen-, Mangan- oder Calcium-Konzentrationen möglich
- längere Standzeiten können zu mikrobiellem Bewuchs und Verblockung des Harzes führen (Biofouling)
- MPPE: hohe Investitionskosten

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte

- Feldversuch: Sanierung eines LHKW-Schadens auf einem ehem. Militärstandort in Kalifornien

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.ckw-sanierung.de](http://www.ckw-sanierung.de)
- [www.mpp-systems.de](http://www.mpp-systems.de)

#### 10. Status

- Pilotstatus

#### 1

**Schema makroporöse Polymer-Extraktion (MPPE)**

#### 2

**Schema makroporöse Polymer-Regeneration (MPPE)**

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почвенный воздух\*

→ химико-физические методы обработки

## D3-11

# Адсорбция (активированный уголь)

*\* также для очистки отходящего воздуха (выдувание) после обработки грунтовых вод (D3-9)*

Указание: откачка почвенного воздуха см. D2-6 до D2-7

### 1. Особенности метода

- обработка откачанного из почвы воздуха с помощью активированного угля
- в результате химического и физического взаимодействия (силы ван-дер-Ваалса) загрязнения удерживаются в активированном угле (адсорбция) и концентрируются

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- вредные вещества в почвенном воздухе или в выдуваемом воздухе установок для обработки грунтовых вод
- вредные вещества в газовой фазе (высокое давление пара)

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: характер грунта имеет значение только при выемке.
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды,
- также применимо для ПАУ, фенолов, нитроароматов, летучих хлорированных углеводородов, нелетучих хлорированных углеводородов

### 4. Предпосылки применения технологии

- наличие места для установки очистки
- загрязнения должны быть абсорбируемы

### 5. Детали технологии

- исходный материал для активированного угля - это дерево, деревянный уголь, торф и скорлупа кокосового ореха: активированный термически или химически, так что создается поровая структура с высокой внутренней поверхностью
- внутренняя поверхность от 500 кв.м./г до 1.500 кв.м./г
- при обработке различными веществами вещество, не очень хорошо поддающееся абсорбции, вытесняется; поэтому фильтр активированного угля настраивается на вещество, поддающееся абсорбции хуже всего
- возможны потоки объемов до 1.000 кв.м./ч
- требуется контроль прорыва
- для обеспечения безопасности необходим полицейский фильтр
- сжигание или регенерация загруженного активированного угля паром

### 6. Мониторинг

- не важен

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Bodenluft\*  
 → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## D3-11

# Adsorption (Aktivkohle)

**Hinweis:** Bodenluftentnahme s. D2-6 bis D2-7

### 1. Art des Verfahrens

- Behandlung der aus dem Boden abgesaugten Bodenluft mittels Aktivkohle
- Schadstoffe werden durch chemische und physikalische Wechselwirkungen (van der Waals'sche-Kräfte) im Aktivkohlefilter zurückgehalten (Adsorption) und aufkonzentriert

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Schadstoffe in der Bodenluft bzw. in der Strippluft von Grundwasserbehandlungsanlagen
- Schadstoffe in der Gasphase (hoher Dampfdruck)

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: Die Bodenart hat nur bei der Entnahme Einfluss.
- Schadstoffe in der Bodenluft: MKW, BTEX, LHKW
- auch anwendbar bei: PAK, Phenole, PCB, Nitroaromaten, SHKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Platz für Aufbereitungsanlage
- Schadstoffe müssen adsorbierbar sein

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Ausgangsmaterial für die Aktivkohle ist Holz, Holzkohle, Torf und Kokosnussschalen: thermisch oder chemisch aktiviert, so dass sich eine Porenstruktur mit hoher innerer Oberfläche bildet

- innere Oberfläche von 500 - 1.500 m<sup>2</sup>/g
- bei einer Beladung mit verschiedenen Stoffen wird der weniger gut adsorbierbare Stoff verdrängt, deshalb Auslegung des Aktivkohlefilters nach dem am schlechtesten adsorbierbaren Stoff (z.B. Vinylchlorid, Dichlorethen)
- Volumenströme von bis zu 1.000 m<sup>3</sup>/h möglich
- Kontrolle eines Durchbruchs erforderlich
- Polzeifilter zur Absicherung erforderlich
- Verbrennung oder Regenerierung der beladenen Aktivkohle durch Wasserdampf

### 6. Monitoring

- nicht relevant

*\* auch für Abluftreinigung (Strippung) aus der Grundwasserbehandlung (D3-9)*

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + хорошая концентрация загрязнений на активированном угле
- экономичность только при высокой концентрации
- при смесях вредных веществ: конкурирующая адсорбция на активированном угле, процесс должен быть ориентирован на наиболее плохо адсорбируемое вещество

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

- Вюрцбург: санация загрязнения ароматическими углеводородами на месте бывшего топливного склада армии США
- Нюрнберг: санация грунтовых вод и почвенного воздуха (ароматические углеводороды, легкие хлорированные углеводороды) в аэропорту Нюрнберга

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.sanierungsverfahren.de](http://www.sanierungsverfahren.de)
- [www.gutmbh.de](http://www.gutmbh.de)
- Рабочее руководство ITVA Санация почвенного воздуха

#### 10. Статус

- состояние техники

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + gute Aufkonzentrierung des Schadstoffs in der Aktivkohle
- Wirtschaftlichkeit nur bei hohen Konzentrationen gegeben
- bei Schadstoffgemischen: konkurrierende Belegung der Aktivkohle, das Verfahren muss am schlechtesten adsorbierbaren Stoff ausgerichtet werden

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Würzburg: Sanierung eines BTEX-Schadens auf einem ehemaligen Tanklager der US-Army
- Nürnberg: Grundwasser- und Bodenluftsanierung (BTEX, LHKW) am Flughafen Nürnberg

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.sanierungsverfahren.de](http://www.sanierungsverfahren.de)
- [www.gutmbh.de](http://www.gutmbh.de)
- ITVA-Arbeitshilfe Bodenluftsanierung

#### 10. Status

- Stand der Technik

Обезвреживание → ex situ-технологии обработки → Почвенный воздух\*

→ химико-физические методы обработки

## D3-12

# Каталитическое окисление

*\* также для очистки отходящего воздуха (выдувание) после обработки грунтовых вод (D3-9)*

Указание: откачка почвенного воздуха см. D2-6 до D2-7

### 1. Особенности метода

- обработка откаченного из почвы воздуха
- почвенный воздух направляется через катализатор (металлы, оксиды металлов с большой площадью поверхности, например, в форме сот или насыпи), с помощью которого инициируется химическая реакция разложения загрязнений в  $H_2O$ ,  $CO_2$  и в некоторых случаях  $HCl$

### 2. Предпосылки загрязнения и цели санации

- вредные вещества в почвенном воздухе или в выдуваемом воздухе установок для обработки грунтовых вод
- вредные вещества в газовой фазе (высокое давление пара)

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: характер грунта имеет значение только при выемке.
- загрязнения: нефтепродукты, ароматические углеводороды,
- также применимо для ПАУ, фенолов, нитроароматов, летучих хлорированных углеводородов, нелетучих хлорированных углеводородов

### 4. Предпосылки применения технологии

- небольшая область распространения загрязнений
- наличие места для установки очистки

- требуется специальный катализатор, подходящий для разложения загрязнения
- использование при высоких концентрациях вредных веществ, т.к. активированный уголь загружается очень быстро (см. D3-11 как наиболее экономичный способ обработки)
- применение для 1,2-cis-Дихлоретана (cis) и винилхлорида (VC) одновременно с TRI и PER, поскольку CIS и VC плохо адсорбируются на активированном угле или легко снова десорбируются (см. D3-11)

Dekontamination → ex situ-Behandlungsverfahren → Bodenluft\*  
 → Chemisch-physikalische Behandlungsverfahren

## D3-12

# Katalytische Oxidation

**Hinweis:** Bodenluftentnahme s. D2-6 bis D2-7

### 1. Art des Verfahrens

- Behandlung der aus dem Boden abgesaugten Bodenluft
- Bodenluft wird über einen Katalysator (Metalle, Metalloxide mit großer Oberfläche, z.B. Waben- oder Schüttgutform) geleitet, durch den eine chemische Umsetzung des Schadstoffs in  $H_2O$ ,  $CO_2$  und  $HCl$  initiiert wird

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Schadstoffe in der Bodenluft bzw. in der Strippluft von Grundwasserbehandlungsanlagen
- Schadstoffe in der Gasphase (hoher Dampfdruck)

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

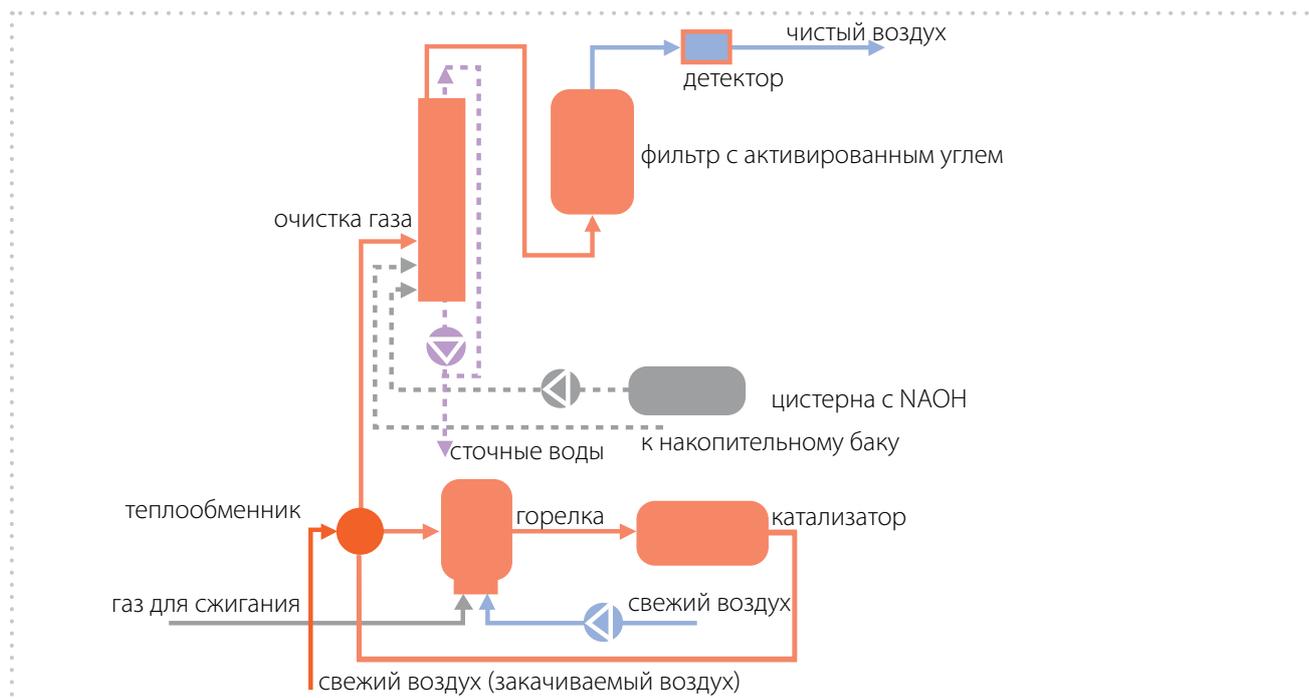
- Bodenart: Die Bodenart hat nur bei der Entnahme Einfluss
- Schadstoffe in der Bodenluft: MKW, BTEX, LHKW
- auch anwendbar bei: PAK, Phenole, PCB, Nitroaromaten, SHKW

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Platz für Aufbereitungsanlage
- für Schadstoffe spezifisch geeigneter Katalysator erforderlich
- Einsatz bei höheren Schadstoffkonzentrationen, da die Aktivkohle (s. D3-11 als kostengünstigere Behandlung) zu schnell beladen wäre

- Einsatz bei cis-1,2-Dichlorethen (CIS) und Vinylchlorid (VC) neben TRI und PER, da sich CIS und VC nur schwer an Aktivkohle (s. D3-11) adsorbieren lassen bzw. leicht wieder desorbiert (verdrängt) werden

*\* auch für Abluftreinigung (Stripplung) aus der Grundwasserbehandlung (D3-9)*



## 1

### Схема каталитического окисления

#### 5. Детали технологии

- строение:
  - (1) каталитический реактор: применение реакторов фильтрующего слоя (клеточное строение) или насыпных реакторов
  - (2) горелка для процесса нагрева газа (чаще всего с помощью пропана или электрической энергии)
  - (3) воздуходувка для откачки потока газа
  - (4) теплообменник
  - (5) газоочиститель (промывная башня) для нейтрализации образовавшегося HCl с помощью натриевого щелока NaOH
  - (6) контрольный фильтр с активированным углем (полицейский фильтр)
  - (7) контроль чистого воздуха с помощью фотодетектора и детектора пламенной ионизации
- (благородные) металлы используются на носителях, как окись алюминия, кремневая кислота, белая глина или активированный уголь с большой специфической поверхностью
- доведение до температуры, идеальной для реакции
- реакции обмена углеводороды, например
 
$$C_7H_{16} + 11O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$$
 галогенированные соединения, например:
 
$$C_2Cl_4 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2CO_2 + 4HCl$$

#### 6. Мониторинг

- не важен

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + высокая действенность, так как в газовом состоянии легкие летучие загрязнения растворяются лучше, чем в воде
- высокие затраты энергии из-за применения вакуумных насосов и пропана для нагревания
- экономичность только при высокой концентрации в почвенном воздухе
- возможны старение, закоксовывание, запыление или утомление катализатора
- чувствительность по отношению к катализаторным ядам, как  $PH_3$ ,  $H_2S$ , тиофен, CO, галогены, тяжелые металлы (необратимые изменения)

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

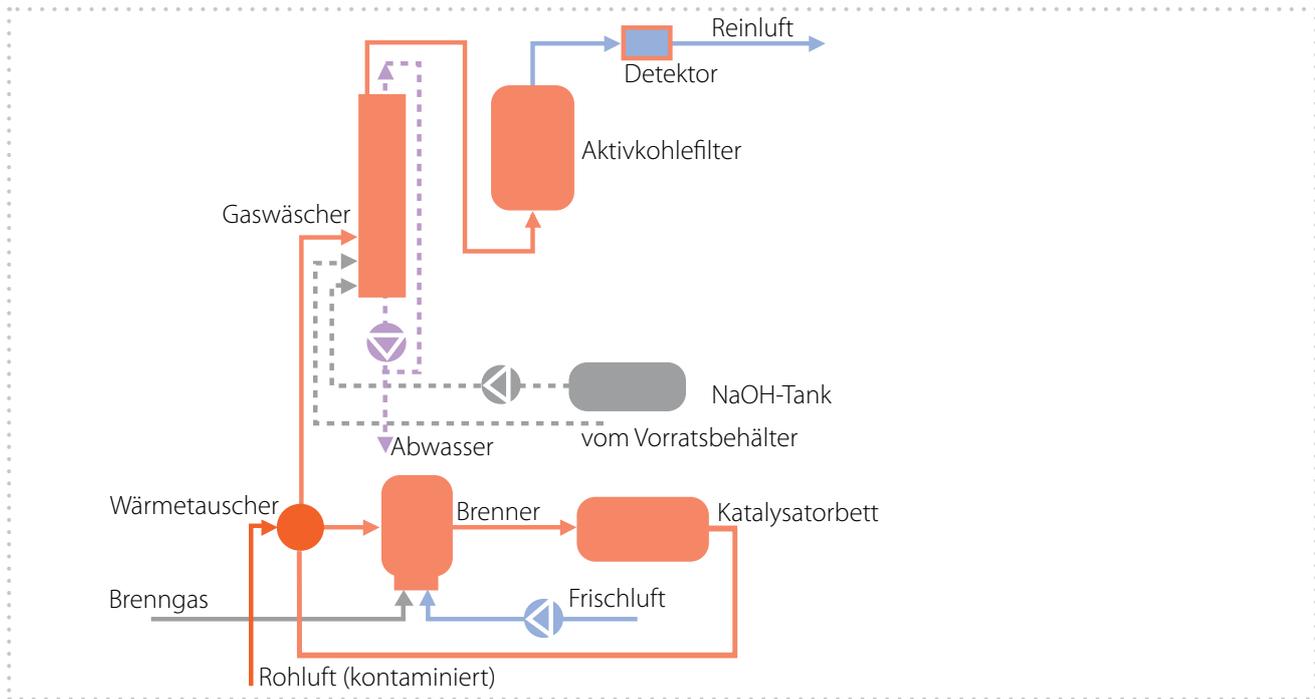
- Мюльаккер, Баден-Вюртемберг: очистка почвенного воздуха бывшего полигона специальных отходов «Eckenweiherhof»

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb)

#### 10. Статус

- состояние техники



### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Aufbau:
- (1) katalytischer Reaktor: Einsatz von Festbettreaktoren (Wabenstruktur) oder Schüttgutreaktoren
- (2) Brenner zur Prozessgasaufheizung (meist mittels Propan oder elektrischer Energie)
- (3) Gebläse zur Förderung des Prozessgasstroms
- (4) Wärmetauscher
- (5) Gaswäscher (Waschturm) zur Neutralisierung des gebildeten HCl durch Natronlauge NaOH
- (6) nachgeschalteter Aktivkohlefilter (Polizeifilter)
- (7) Überwachung der Reinluft mittels Photo- oder Flammenionisationsdetektor
- (Edel-)Metalle werden auf Trägermaterialien, wie Aluminiumoxid, Kieselsäure, Kaolin oder Aktivkohle mit großer spezifischer Oberfläche, aufgebracht
- Erwärmung auf ideale Reaktionstemperatur
- Umsetzungsreaktionen  
z.B. Kohlenwasserstoffe:  
 $C_7H_{16} + 11O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$   
z.B. Halogenierte Verbindungen:  
 $C_2Cl_4 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2CO_2 + 4HCl$

### 6. Monitoring

- nicht relevant

### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + große Effizienz bei hohen Schadstoffgehalten
- hoher Energieaufwand
- Wirtschaftlichkeit nur bei hohen Konzentrationen in der Bodenluft gegeben
- Alterung, Verkokung, Staubablagerung oder Vergiftung des Katalysators möglich
- empfindlich gegen Katalysatorgifte wie  $PH_3$ ,  $H_2S$ , Thiophen, CO, Halogene, Schwermetalle (irreversible Veränderungen)

### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Mühlacker, Baden-Württemberg: Reinigung der Bodenluft der ehemaligen Sondermülldeponie „Eckenweiherhof“

### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb](http://www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb)

### 10. Status

- Stand der Technik

### 1

### Schema katalytische Oxidation

Обеспечение безопасности → строительные технологии → Вертикальные герметичные стенки

# S1-1

## Разрезные стенки

### 1. Особенности метода

- обеспечение безопасности с помощью закапсулирования загрязнений, мест складирования отходов и полигонов для предотвращения попадания загрязнений в грунтовые воды
- создание вертикальной стены низкой проницаемости, преимущественно с установкой в естественные гидравлические барьеры
- чаще всего связан с гидравлическими мероприятиями для создания гидравлических градиентов при «камерном хозяйствовании»

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязненные участки, большая часть захороненных веществ которых или загрязненная почва находится в грунтовых водах; имеется загрязнение грунтовых вод
- с экономической точки зрения только в случае большой области распространения загрязнений
- глубина в пределах 30 - 40 метров
- применяются почти все меры; ограничение при высокой доле содержания органики (гуминовые кислоты) и солей ввиду их влияния на процесс связывания
- создание инверсивного гидравлического перепада в результате обработки грунтовых вод в рамках изоляции

- цель санации: значительная минимизация или предотвращение перехода загрязнений через грунтовые воды

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: все
- загрязнения: все

### 4. Предпосылки применения технологии

- геологические предпосылки: наличие водоносного потока на доступной глубине для установки основания герметичной стены
- по возможности отсутствие в почвогрунтах мешающих блоков и валунов

### 5. Детали технологии

- производство как классической разрезной стенки с помощью фрезы или грейфера в рамках пильгерного процесса
- в зависимости от почвогрунта, потенциала загрязнений и рисков возможно применение трех типов герметичных стен:
  - однофазная стена: масса герметичной стенки (бentonитовая суспензия) остается в разрезе и затвердевает сама
  - двухфазная герметичная стена: как стена раздела из монолитного бетона, встройка раздела с бentonитовой суспензией и обмен массы герметичной стены (земляной бетон) способом «контрактор»

Sicherung → Bautechnologie → Vertikale Dichtwände

# S1-1

## Schlitzwände

### 1. Art des Verfahrens

- Sicherung durch Einkapselung von Altlasten, Altstandorten, Deponien zur Verhinderung des Eintrags von Schadstoffen in das Grundwasser
- Herstellung einer geringdurchlässigen vertikalen Wand, zumeist mit Einbindung in natürliche hydraulische Barriere
- meist verbunden mit hydraulischen Maßnahmen zur „Topf-Bewirtschaftung“

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Altlasten, bei denen ein Großteil der abgelagerten Stoffe oder der kontaminierte Boden im Grundwasser liegt oder eine Grundwasserverunreinigung vorliegt
- wirtschaftlich nur bei großem Schadstoffinventar
- begrenzt auf ca. 30 - 40 m Tiefe
- nahezu auf alle Maßnahmen anwendbar; Einschränkungen bei hohen Organikgehalten (Huminsäuren) und Salzen durch Beeinflussung des Abbindevorganges
- Erzeugung eines inversiven, hydraulischen Gradienten durch Bewirtschaftung des Grundwassers innerhalb der Einkapselung
- Sanierungsziel: deutliche Minimierung bzw. Verhinderung eines Austrages von Schadstoffen über das Grundwasser

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: alle
- Schadstoffe: alle

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- geologische Voraussetzungen: Vorhandensein eines Grundwasserstauers in erreichbarer Tiefe für die Einbindung des Dichtwandfußes
- möglichst keine störenden Blöcke und Gerölle im Untergrund

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Herstellung als klassische Schlitzwand mittels Schlitzwandfräse oder -greifer im Pilgerschrittverfahren
- in Abhängigkeit von Untergrund, Schadstoffpotenzial und der Gefährdung kommen drei Dichtwandarten zur Anwendung:
  - o Einphasenwand: Dichtwandmasse (Bentonitsuspension) verbleibt im Schlitz und erhärtet selbst
  - o Zweiphasendichtwand: wie Ortbeton-schlitzwand, Herstellung des Schlitzes mit Bentonitsuspension und Austausch durch Dichtwandmasse (Erdbeton) im Kontraktorverfahren
  - o Kombinationswand: Einphasen- oder Zweiphasenwand mit eingestellter Stahlspundwand oder Kunststoffdichtungsbahn (KDB)
- Dichtwandmassen sollten eine möglichst geringe Durchlässigkeit aufweisen
- Durchführung von Eignungsprüfungen verschiedener Dichtwandmassen mit Original-Sickerwasser unbedingt erforderlich



### 1 - 3

**Строительство герметичной стенки Оттензнерштрассе, Гамбург**

### 4

**Схема разрезные стенки**

о комбинированная стена: однофазная или двухфазная с установленной стальной шпунтовой стенкой или синтетическим гидроизоляционным материалом (СГМ)

- массы герметичной стены должны иметь минимальную проницаемость
- обязательно требуется проведение проверок на годность различных масс герметичной стены с оригинальными проникающим водами
- возможны ограничения при высоком содержании в почвогрунте гуминовых кислот

#### 6. Мониторинг

- необходим долгосрочный контроль действенности прерывания пути воздействия вредных веществ
- контроль инверсивного градиента внутри капсулы
- как правило, долгосрочно требуется мониторинг в области оттока с помощью стационарных скважин для наблюдения грунтовых вод (проверка инверсивного градуса)

#### 7. Преимущества и недостатки технологии

- + признанный метод обеспечения безопасности загрязненных площадок, соответствующий состоянию техники
- + гибкий горизонтальный разрез, не подвержен вибрации, несложен в изготовлении

- + метод как правило экономически более выгодный несмотря на высокие инвестиционные затраты в сравнении с pump and treat и как метод обезвреживания
- + небольшие объемы загрязненной почвы, небольшие затраты на меры безопасности труда или окружающей территории при изготовлении
- большие затраты на обеспечение качества
- связана в целом с большими затратами за счет высоких инвестиционных затрат
- необходим долгосрочный мониторинг качества

#### 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

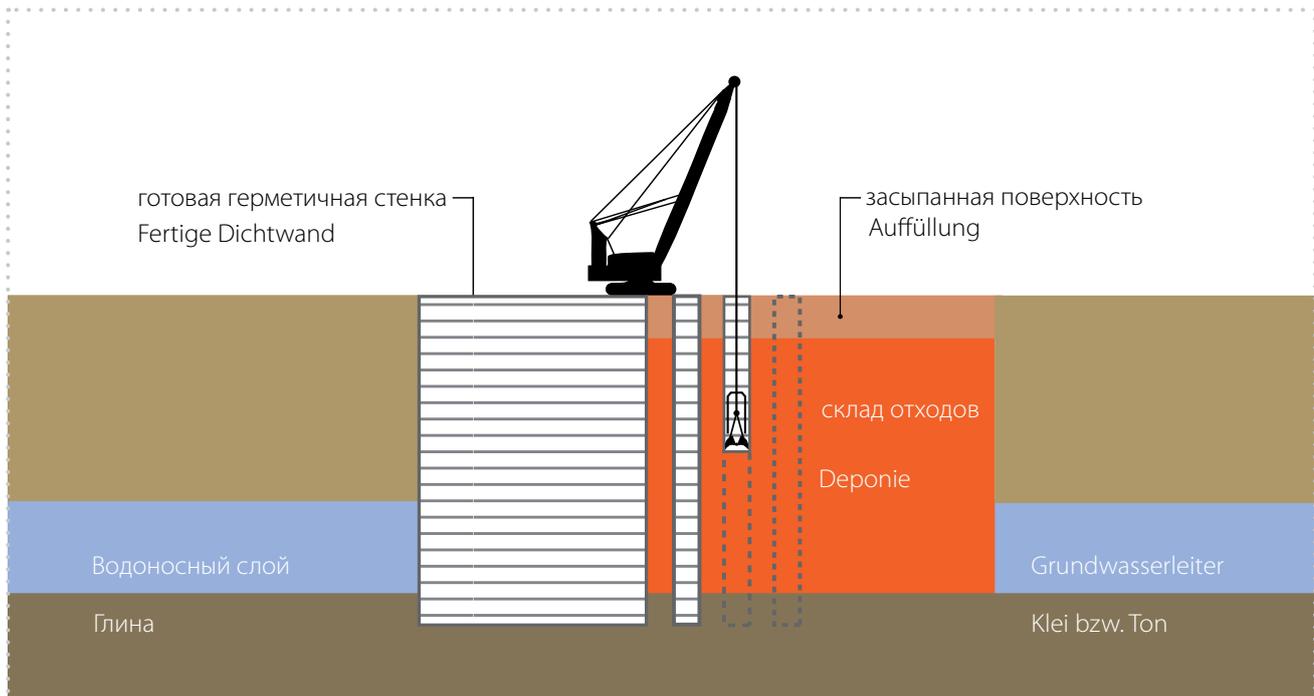
- Гамбург: Boehringer Ingelheim
- Рейнланд-Пфальц: полигон Prael, Sprendlingen
- Нижняя Саксония: полигон Münchehagen

#### 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.gdaonline.de](http://www.gdaonline.de), GDA-Empfehlungen E4-01
- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- Ertuechtigung der Sicherungselemente der Deponie Prael, Sprendlingen; Bautechnik 81, Heft 9
- Рабочее руководство ITVA Защита путем вертикальной герметизации

#### 10. Статус

- состояние техники



- möglicherweise Einschränkungen bei zu hohen Gehalten an Huminsäuren im Untergrund

#### 6. Monitoring

- Überprüfung der Wirksamkeit der Unterbrechung der Wirkungspfade für die Schadstoffe dauerhaft erforderlich
- Überprüfung des inversiven Gradienten innerhalb der Kapsel
- Monitoring im Abstrombereich mittels stationärer Grundwassermessstellen im Regelfall auf Dauer erforderlich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + anerkanntes Instrument zur Sicherung von Altlasten nach dem Stand der Technik
- + flexibler Grundriss, erschütterungsarm herstellbar
- + Verfahren trotz hoher Investitionskosten i.d.R. ökonomisch günstiger als eine pump and treat-Maßnahme oder eine Dekontamination
- + geringer Anfall von kontaminierten Böden, geringer Umfang an Arbeits- und Umgebungsschutzmaßnahmen bei der Herstellung
- hoher Aufwand zur Qualitätssicherung
- kostenintensiv durch hohe Investitionskosten
- dauerhaft Nachsorge erforderlich

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Boehringer Ingelheim
- Rheinland-Pfalz: Deponie Prael, Sprendlingen
- Niedersachsen: Deponie Münnehagen

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.gdaonline.de](http://www.gdaonline.de), GDA-Empfehlungen E4-01
- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- Ertüchtigung der Sicherungselemente der Deponie Prael, Sprendlingen; Bautechnik 81, Heft 9
- ITVA-Arbeitshilfe Sicherung durch vertikale Abdichtung

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1 - 3

**Bau der Dichtwand  
Ottensener Straße, Hamburg**

#### 4

**Schematischer Schnitt  
Schlitzwände**

Обеспечение безопасности → строительные технологии → Поверхностная изоляция

# S1-2

## Асфальт

### 1. Особенности метода

- вариант изоляции поверхности для обеспечения безопасности старых захоронений
- объединение экологической цели предотвращения инфильтрации атмосферных осадков в объем старого захоронения с экономическим стремлением создания достаточно прочной поверхности для промышленного использования
- создание изоляции поверхности ориентировано на действующие директивы по строительству дорог, сооружения проезжей части из асфальта

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязненные участки, большая часть захороненных веществ которых или загрязненная почва находится в грунтовых водах; имеется загрязнение грунтовых вод
- предотвращение новообразований просачивающейся воды, связанное с долгосрочным снижением поступления загрязнений в грунтовые воды
- предотвращения эмиссии газов в атмосферу; в случае наличия потенциала газообразования требуется создание дополнительного дренажного газового слоя, в случае необходимости - активная откачка газа над уровнем изоляции

- возможность передвижения и нагрузки по изоляции для планируемого дальнейшего пользования
- цель санации: заметная минимизация вымывания загрязнений, предотвращение прямого контакта с токсикантами, а также выноса загрязнений в атмосферу и окрестности, например, перенос ветром. Цели санации для грунтовых вод в отдельных случаях определяются в зависимости от гидрогеологической ценности и предварительного загрязнения слоя грунтовых вод

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: не важен
- загрязнения: все

### 4. Предпосылки применения технологии

- по возможности старые полигоны с небольшим содержанием бытовых отходов, так что осадка практически прекратилась
- по возможности отсутствие крутых склонов

### 5. Детали технологии

- после профилирования области, подлежащей покрытию, настиляется выравнивающий слой из подходящего земельного материала толщиной несколько дециметров, которые при необходимости можно использовать в качестве газового дренажа

Sicherung → Bautechnologie → Oberflächenabdichtung

# S1-2

## Asphalt

### 1. Art des Verfahrens

- Variante einer Oberflächenabdichtung zur Sicherung von Altablagerungen
- Verbindung der ökologischen und ökonomischen Ziele (Infiltration von Niederschlagswasser in den Altlastkörper vermeiden und zugleich eine ausreichend standfeste Oberfläche für gewerbliche Nutzungen schaffen)
- Aufbau der Oberflächenabdichtung orientiert sich an den geltenden Richtlinien für den Straßenbau, Fahrbahnoberbau aus Asphalt

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Altlasten, bei denen ein Großteil der abgelagerten Stoffe oder der kontaminierte Boden über dem Grundwasser liegt
- Vermeidung einer Sickerwasserneubildung, verbunden mit einer langfristigen Reduzierung der Eintragsraten an Schadstoffen ins Grundwasser
- Verhinderung von Gasemission in die Atmosphäre; bei vorhandenem Gasbildungspotenzial ist zusätzlich eine Gasdrainschicht mit passiver, ggf. aktiver Entgasung unterhalb der Abdichtung erforderlich
- Befahrbarkeit und Belastbarkeit der Abdichtung für eine geplante Folgenutzung

- Sanierungsziel: deutliche Minimierung der Elution von Schadstoffen, Verhinderung des direkten Kontakts mit den Schadstoffen sowie des Austrages von Schadstoffen in die Atmosphäre und Umgebung, z.B. über Windverfrachtung. Sanierungsziele für den Grundwasserpfad sind im Einzelfall in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Wertigkeit und Vorbelastung des Grundwasserleiters zu definieren

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: nicht relevant
- Schadstoffe: alle

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- möglichst alte Ablagerungen oder solche mit geringem Hausmüllanteil, so dass Setzungen weitgehend abgeklungen sind
- möglichst keine übersteilen Böschungen

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- nach einer Profilierung des abzudeckenden Bereichs Aufbringen einer wenige Dezimeter mächtigen Ausgleichsschicht aus einem geeigneten Erdbaustoff, die ggf. als Gasdrainage genutzt werden kann
- Aufbringen der Tragschichten, z.B. Recyclingmaterial aus aufbereitetem Gebäudeabbruch
- Einbau Dichtungs-Asphalt in Straßenbauweise



## 1

**Покрытие асфальтом  
полигон Нойхеферштрассе,  
Гамбург**

- создание несущих слоев, например, материалы РС из подготовленных к сносу зданий
- встройка изоляционного асфальта в соответствии с правилами строительства дорог
- встройка системы осушения поверхности (дорожные желоба, асфальтированные выемки)

**6. Мониторинг**

- необходим долгосрочный контроль действенности прерывания пути воздействия вредных веществ
- долгосрочно требуется мониторинг в области оттока с помощью стационарных скважин наблюдения для газа и грунтовых вод

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + зарекомендовавший себя метод для обеспечения безопасности загрязненных площадок, соответствующий уровню техники
- + мера безопасности, ведущая к значительному снижению эмиссии
- + незначительное вмешательство в почвогрунт
- + возможно промышленное использование поверхностей
- +/- требуется контроль качества
- восприимчивость к осадке и деформациям

- геометрические формы поверхности ограничены

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

- Гамбург:  
Boehringel Ingelheim
- полигон Neuhoefer Str.
- Баден-Вюртемберг: промышленный полигон Hüls AG, Reinfelden

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- Eignung von Asphalten als Baustoff für Basisabdichtungen von Deponien, TU Braunschweig, Institut für Straßenwesen,
- Franke, J.: Verformbarkeit von Dichtungssasphalt, Dissertation an der TU Berlin, Veröffentlichungen des Fachgebietes Grundbau und Bodenmechanik, Heft 30
- Savidis, S., Franke, J.: Einführung in die Thematik der Oberflächenabdichtungen für Deponien, in Oberflächenabdichtungen für Deponien, Veröffentlichungen des Fachgebietes Grundbau und Bodenmechanik, Band 29
- Franke, J., Savidis, S.: Oberflächenabdichtungen aus Asphalt, 9. Braunschweiger Deponieseminar 2000

**10. Статус**

- До сих пор отдельные случаи изоляции поверхности

- Einbau Oberflächenentwässerung (Straßen-einläufe und -rinnen, asphaltierte Mulden)

#### 6. Monitoring

- Überprüfung der Wirksamkeit der Unterbrechung der Wirkungspfade für die Schadstoffe dauerhaft erforderlich
- Monitoring im Abstrombereich mittels stationärer Gas- und Grundwassermessstellen auf Dauer erforderlich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + bewährte Methode zur Sicherung von Altlasten nach dem Stand der Technik
- + Sicherungsmaßnahme, die zu einer signifikanten Reduktion von Emissionen führt
- + geringfügiger Eingriff in den Untergrund
- + gewerbliche Nutzung der Flächen möglich
- +/- Qualitätssicherung erforderlich
- setzungs-/verformungsempfindlich
- geometrische Formen der Oberfläche begrenzt
- dauerhaft Nachsorge erforderlich

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Boehringer Ingelheim, Deponie Neuhöfer Straße
- Baden-Württemberg: Industriedeponie Hüls AG, Reinfelden

#### 9. Quellen/Literatur/ Links

- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- Eignung von Asphalten als Baustoff für Basisabdichtungen von Deponien, TU Braunschweig, Institut für Straßenwesen,
- Franke, J.: Verformbarkeit von Dichtungsasphalt, Dissertation an der TU Berlin, Veröffentlichungen des Fachgebietes Grundbau und Bodenmechanik, Heft 30
- Savidis, S., Franke, J.: Einführung in die Thematik der Oberflächenabdichtungen für Deponien, in Oberflächenabdichtungen für Deponien, Veröffentlichungen des Fachgebietes Grundbau und Bodenmechanik, Band 29
- Franke, J., Savidis, S.: Oberflächenabdichtungen aus Asphalt, 9. Braunschweiger Deponieseminar 2000

#### 10. Status

- als Oberflächenabdichtung bisher nur Einzelfälle

#### 1

#### Asphaltabdeckung

*Deponie Neuhöfer Straße, Hamburg*

Обеспечение безопасности → строительные технологии → Поверхностная изоляция

## S1-3

# Синтетический гидроизоляционный материал и слой рекультивации

### 1. Особенности метода

- высокоценный вариант изоляции поверхности с применением синтетического изоляционного материала (СИМ) в качестве первичной простой изоляции и однослойного или многослойного слоя рекультивации с растительным слоем
- вследствие подходящего выбора параметров почвы и растительного слоя может быть достигнуто максимальное накопление и испарение атмосферных осадков, оптимальный слой влагосодержания
- создание дренирующего слоя между СИМ и слоем рекультивации
- в виде опции: создание вторичной изоляции (резерв) в качестве комбинационной, например, минеральной изоляции (согласно предписанию по отходам и складированию AbfAbIV)

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязненные участки, большая часть захороненных веществ которых или загрязненная почва находится в грунтовых водах; имеется загрязнение грунтовых вод
- шламо- или пастообразная консистенция полигона недопустима

- отсутствие существенных новообразований просачивающейся воды, с этим связано долгосрочное снижение поступления загрязнений в грунтовые воды
- в случае наличия потенциала образования газов требуется дополнительный дренажный газовый слой с активным выводом газов над изоляцией, в качестве сопровождающего мероприятия санации
- цель санации: заметная минимизация вымывания загрязнений, предотвращение прямого контакта с токсикантами, а также выброса вредных веществ в атмосферу и окрестности, например, перенос ветром. Цели санации для грунтовых вод в отдельных случаях определяются в зависимости от гидрогеологической ценности и предварительного загрязнения слоя грунтовых вод
- экологически целесообразное последующее использование места, его включение в ландшафт

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: не важен
- вредные вещества: все

Sicherung → Bautechnologie → Oberflächenabdichtung

## S1-3

# Kunststoffdichtungsbahn mit Rekultivierungsschicht

### 1. Art des Verfahrens

- hochwertige Variante einer Oberflächenabdichtung mit einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB) als primäre bzw. Einfach-Dichtung und einer ein- oder mehrlagigen Rekultivierungsschicht mit einer Vegetationsdecke
- durch geeignete Wahl der Bodenparameter und der Vegetationsdecke kann eine maximale Speicherung bzw. Verdunstung der Niederschläge erreicht werden, optimierte Wasserhaushaltsschicht
- Ausführung einer Entwässerungsschicht zwischen KDB und Rekultivierungsschicht
- optional: Herstellung einer Sekundär-Dichtung (Redundanz) als Kombinationsdichtung aus z.B. mit mineralischer Dichtung (Regelaufbau nach AbfAbIV)

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Altlasten, bei denen ein Großteil der abgelagerten Stoffe oder der kontaminierte Boden über dem Grundwasser liegt
- keine schlammartige oder pastöse Konsistenz der Ablagerung
- keine relevante Sickerwasserneubildung, damit verbunden langfristig Reduzierung der Eintragsraten an Schadstoffen ins Grundwasser

- bei vorhandenem Gasbildungspotenzial ist zusätzlich eine Gasdrainschicht mit aktiver Entgasung unterhalb der Abdichtung als begleitende Sanierungsmaßnahme erforderlich
- Sanierungsziel: deutliche Minimierung der Elution von Schadstoffen, Verhinderung des direkten Kontakts mit den Schadstoffen sowie des Austrages von Schadstoffen in die Atmosphäre und Umgebung, z.B. über Windverfrachtung. Sanierungsziele für den Grundwasserpfad sind im Einzelfall in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Wertigkeit und Vorbelastung des Grundwasserleiters zu definieren.
- umweltgerechte Nachnutzung des Standortes mit Eingliederung in die Landschaft

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: nicht relevant
- Schadstoffe: alle



## 1 - 2

*Санация Прель***4. Предпосылки применения технологии**

- по возможности старые захоронения и с низким процентным содержанием бытовых отходов, так что осадка практически завершилась, в противном случае может потребоваться создание временной изоляции
- возможно передвижение на землеройных машинах в процессе создания качественного земельного покрытия
- по возможности отсутствие крутых склонов, в противном случае – изменение профиля

**5. Детали технологии**

- после профилирования участка, подлежащего покрытию, настиляется выравнивающий слой из подходящего земельного материала толщиной в несколько дециметров, которые при необходимости можно использовать в качестве газового дренажа
- настил СИМ ( $d = 2,5$  мм) на выровненной поверхности и закрепление, отслеживание качества
- настил дренирующего слоя из песка/гальки (альтернативно: дренажные маты) в зависимости от размеров частиц поверх защитного слоя (ваточный холст)
- достаточно мощный слой рекультивации с высокой производительностью поля орошения

- максимально большая степень эвапотранспирации за счет подходящего растительного покрова
- будущий растительный слой, как и вид и мощность почвы рекультивации должны быть согласованы

**6. Мониторинг**

- необходим долгосрочный контроль действительности прерывания пути воздействия вредных веществ
- долгосрочно требуется мониторинг в области оттока с помощью стационарных скважин для наблюдения грунтовых вод
- мониторинг водного режима на загрязненном участке/ полигоне (атмосферные осадки, поверхностный сток, дренажный сток воды, уровень просачивающейся воды)
- мониторинг уровня просачивающейся воды
- образование газов (содержание метана, количество)
- контроль растительности и поверхности при обходе территории



#### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- möglichst alte Ablagerungen oder solche mit geringem Hausmüllanteil, so dass Setzungen weitgehend abgeklungen sind, ansonsten zunächst ggf. Herstellung einer temporären Abdichtung
- Befahrbarkeit mit Erdbaugerät im Rahmen der Herstellung der qualifizierten Erdabdeckung möglich
- möglichst keine übersteilen Böschungen, ansonsten Umprofilierung

#### 5. Einzelheiten zum Verfahren

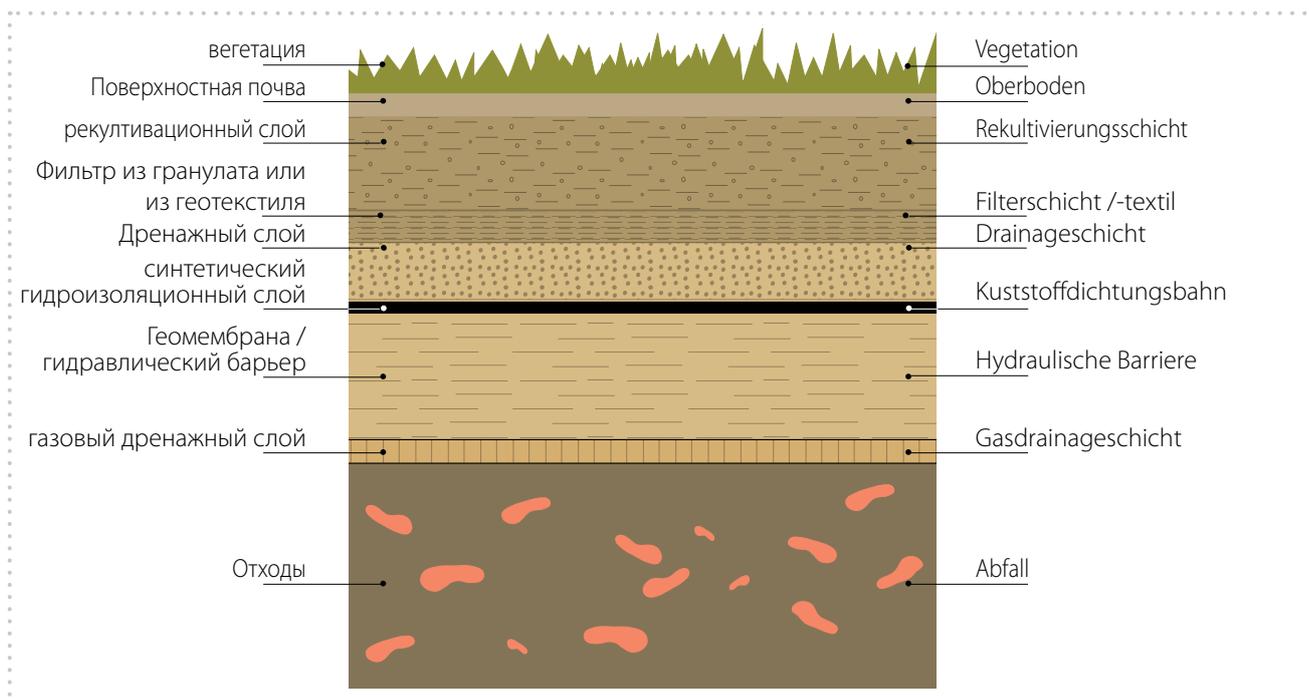
- nach einer Profilierung des abzudeckenden Bereichs Aufbringen einer wenige Dezimeter mächtigen Ausgleichsschicht aus einem geeigneten Erdbaustoff, die ggf. als Gasdrainage genutzt werden kann
- Verlegung der KDB ( $d = 2,5 \text{ mm}$ ) auf ebenem Planum und Verschweißung, Qualitätsüberwacht
- Einbau Entwässerungsschicht aus Sand/ Kies (alternativ: Drainagematten) je nach Körnung oberhalb Schutzschicht (Vlies)
- ausreichend mächtige Rekultivierungsschicht mit hoher umsetzbarer Feldkapazität
- möglichst große Evapotranspirationsrate durch geeignete Bepflanzung
- zukünftige Bepflanzung sowie Art und Mächtigkeit des Rekultivierungsbodens sind auf einander abzustimmen

#### 6. Monitoring

- Überprüfung der Wirksamkeit der Unterbrechung der Wirkungspfade für die Schadstoffe dauerhaft erforderlich
- Monitoring im Abstrombereich mittels stationärer Grundwassermessstellen auf Dauer erforderlich
- Monitoring des Wasserhaushaltes der Altlast/Deponie (Niederschlag, Oberflächenabfluss, Drainagewasserabfluss, ggf. Sickerwasseranfall)
- Monitoring des Sickerwasserspiegels
- Gasproduktion (Methangehalt, Menge)
- Kontrolle der Vegetation und der Oberfläche durch Flächenbegehungen

#### 1 - 2

#### Sanierung Prael



## 1

**Схема комбинированная  
изоляция**

## 2

**Разрез почвы через  
поверхностное  
уплотнение, полигон  
Георгсвердер, Гамбург**

## 7. Преимущества и недостатки технологии

- + зарекомендовавший себя метод для обеспечения безопасности загрязненных площадок, соответствующий уровню техники
- + мера безопасности, ведущая к значительному снижению эмиссии
- вмешательство в почвогрунт зачастую связано с обширными мероприятиями по обеспечению безопасности труда и окружающей территории
- большие затраты на обеспечение качества
- в целом большие затраты
- в некоторых случаях «мумификация» загрязненного участка (замедление биологических процессов разложения)

## 8. Best Practice: примеры объектов в Германии

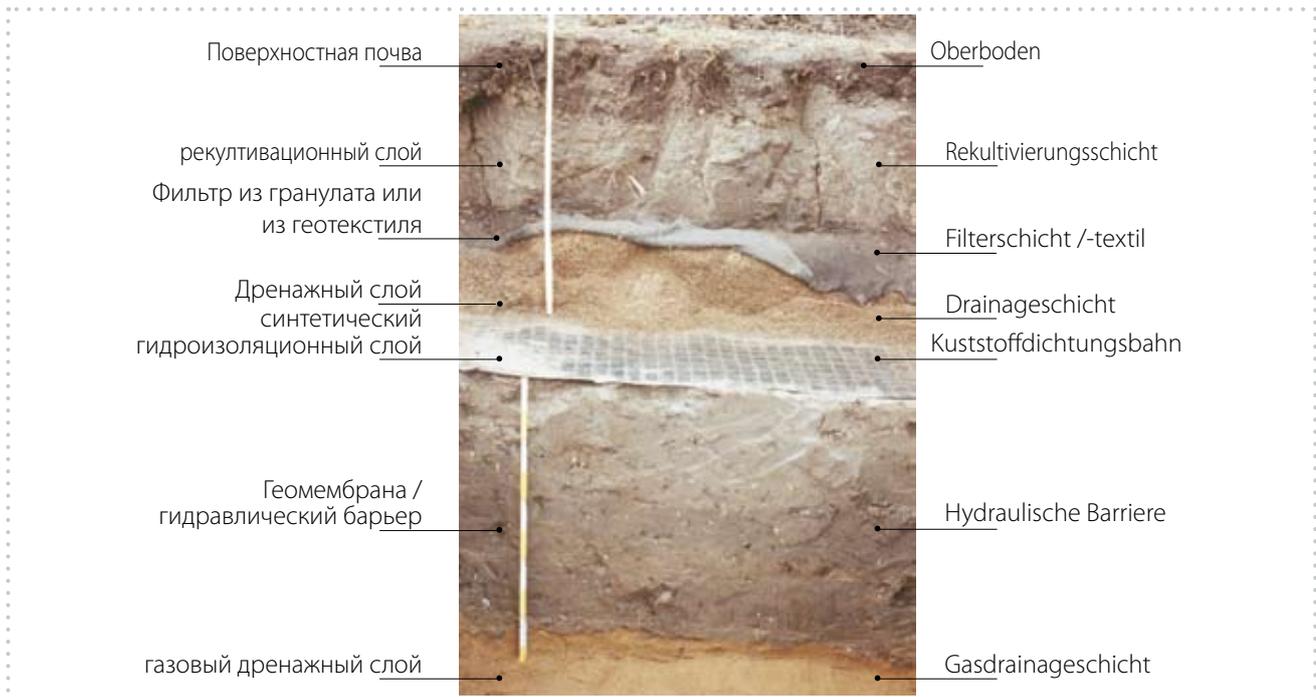
- Гамбург: полигон Bruemmer
- Рейнланд-Пфальц: полигон Prael, Sprendlingen

## 9. Источники/ литература/ ссылки

- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- [www.gdaonline.de](http://www.gdaonline.de), GDA-Empfehlungen E2-04,-30,-31
- Technische Anleitung (TA) Siedlungsabfall - TA Siedlungsabfall, Verwaltungsvorschrift, Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) vom 14.05.1993, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 26.06.1992 (BGBl. I S. 1161)
- Ertüchtigung der Sicherungselemente der Deponie Prael, Sprendlingen; Bautechnik 81, Heft 9
- Рабочее руководство ITVA Поверхностная защита

## 10. Статус

- состояние техники



#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + bewährte Methode zur Sicherung von Altlasten nach dem Stand der Technik
- + Sicherungsmaßnahme, die zu einer signifikanten Reduktion von Emissionen führt
- Eingriff in den Untergrund mit oft umfangreichen Arbeits- und Umgebungschutzmaßnahmen verbunden
- hoher Aufwand zur Qualitätssicherung
- kostenintensiv
- ggf. „Mumifizierung“ der Altlast (Unterbindung biologischer Abbauvorgänge)
- dauerhaft Nachsorge erforderlich

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Hamburg: Deponie Brümmer
- Rheinland-Pfalz: Deponie Prael, Sprendlingen

#### 9. Quellen/Literatur/ Links

- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- [www.gdaonline.de](http://www.gdaonline.de), GDA-Empfehlungen E2-04,-30,-31
- Technische Anleitung (TA) Siedlungsabfall - TA Siedlungsabfall, Verwaltungsvorschrift, Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) vom 14.05.1993, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 26.06.1992 (BGBl. I S. 1161)
- Ertüchtigung der Sicherungselemente der Deponie Prael, Sprendlingen; Bautechnik 81, Heft 9
- ITVA-Arbeitshilfe Oberflächensicherung

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1

**Schematische Darstellung  
Kombinationsabdichtung**

#### 2

**Bodenschnitt durch die Oberflächenabdichtung, Deponie  
Georgswerder, Hamburg**

Обеспечение безопасности → строительные технологии → Покрытие поверхности

## S1-4

# Квалифицированное покрытие почвой (Alternative Earthen Cover)

### 1. Особенности метода

- специальное исполнение покрытия поверхности из однослойного или многослойного слоя рекультивации с растительным покровом
- вследствие подходящего выбора параметров почвы должно достигаться максимальное накопление и испаривание атмосферных осадков

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- загрязненные участки, большая часть захороненных веществ которых или загрязненная почва находится в грунтовых водах; имеется загрязнение грунтовых вод
- относительно низкий уровень поступления загрязнений в грунтовые воды, в противном случае требуется изоляция поверхности
- отсутствие или очень низкий потенциал образования газов, в противном случае требуются дополнительные газовые дренажные слои в рамках квалифицированной изоляции
- цель санации: заметная минимизация вымывания загрязнений, предотвращение прямого контакта с вредными веществами, а также выброса вредных веществ в атмосферу и окрестности, например, перенос ветром. Цели санации для грунтовых вод в отдельных случаях определяются в зависимости

от гидрогеологической ценности и предварительного загрязнения слоя грунтовых вод

- непрерывное увлажнение захороненных веществ для предотвращения мумификации

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: не важен
- загрязнения: нефтепродукты, тяжелые металлы/ мышьяк, цианиды, ПАУ, фенолы, ПХБ, нелетучие хлорированные углеводороды, нитроароматы

### 4. Предпосылки применения технологии

- по возможности старые полигоны с небольшим содержанием бытовых отходов, так что осадка практически прекратилась
- возможно передвижение на землеройных машинах в процессе создания квалифицированного земельного покрытия

Sicherung → Bautechnologie → Oberflächenabdeckung

## S1-4

# Qualifizierte Erdabdeckung (Alternative Earthen Cover)

### 1. Art des Verfahrens

- spezielle Ausführung der Oberflächenabdeckung aus einer ein- oder mehrlagigen Rekultivierungsschicht mit einer Vegetationsdecke
- durch geeignete Wahl der Bodenparameter soll eine maximale Speicherung bzw. Verdunstung der Niederschläge erreicht werden

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- Altlasten, bei denen ein Großteil der abgelagerten Stoffe oder der kontaminierte Boden über dem Grundwasser liegt
- nur verhältnismäßig geringe Eintragsraten an Schadstoffen ins Grundwasser, ansonsten ist eine Oberflächenabdichtung erforderlich
- nur geringes Gasbildungspotenzial, sonst werden zusätzlich Gasdrainschichten innerhalb einer qualifizierten Abdichtung benötigt
- Sanierungsziel: deutliche Minimierung der Elution von Schadstoffen, eine Verhinderung des direkten Kontakts mit den Schadstoffen sowie ein Austrag von Schadstoffen in die Atmosphäre und Umgebung, z.B. über Windverfrachtung. Sanierungsziele für den Grundwasserpfad sind im Einzelfall in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Wertigkeit und Vorbelastung des Grundwasserleiters zu definieren

- kontinuierliche Befeuchtung durch Niederschlagswasser der abgelagerten Stoffe, um Mumifizierung entgegen zu wirken

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: nicht relevant
- Schadstoffe: MKW, Schwermetalle/Arsen, Cyanide, PAK, Phenole, PCB, SHKW, Nitroaromaten

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- möglichst alte Ablagerungen mit geringen Hausmüllanteilen, so dass Setzungen weitgehend abgeklungen sind
- Befahrbarkeit mit Erdbaugerät im Rahmen der Herstellung der qualifizierten Erdabdeckung möglich

**1****Схема квалифицированное покрытие****5. Детали технологии**

- после профилирования области, подлежащей покрытию, настиляется выравнивающий слой из подходящего земельного материала толщиной в несколько дециметров
- максимально большая степень эвапотранспирации за счет растительного покрова
- тип и мощность наносимой над выравнивающим слоем почвы рекультивации/ почвенного покрова должны подходить для будущего растительного покрова
- слои рекультивации и выравнивания должны быть плохо проницаемы, при этом должны отвечать требованиям квалифицированной изоляции
- верхний слой почвы должен быть устойчив против эрозий
- в то же время метан должен микробиологически окисляться в слое рекультивации под корневой зоной до углекислого газа

**6. Мониторинг**

- долгосрочно требуется мониторинг в области оттока с помощью стационарных скважин наблюдения грунтовых вод

**7. Преимущества и недостатки технологии**

- + очень экономичная мера безопасности, способствующая значительному снижению эмиссий (при наличии соответствующего растительного слоя)

**8. Best Practice: примеры объектов в Германии**

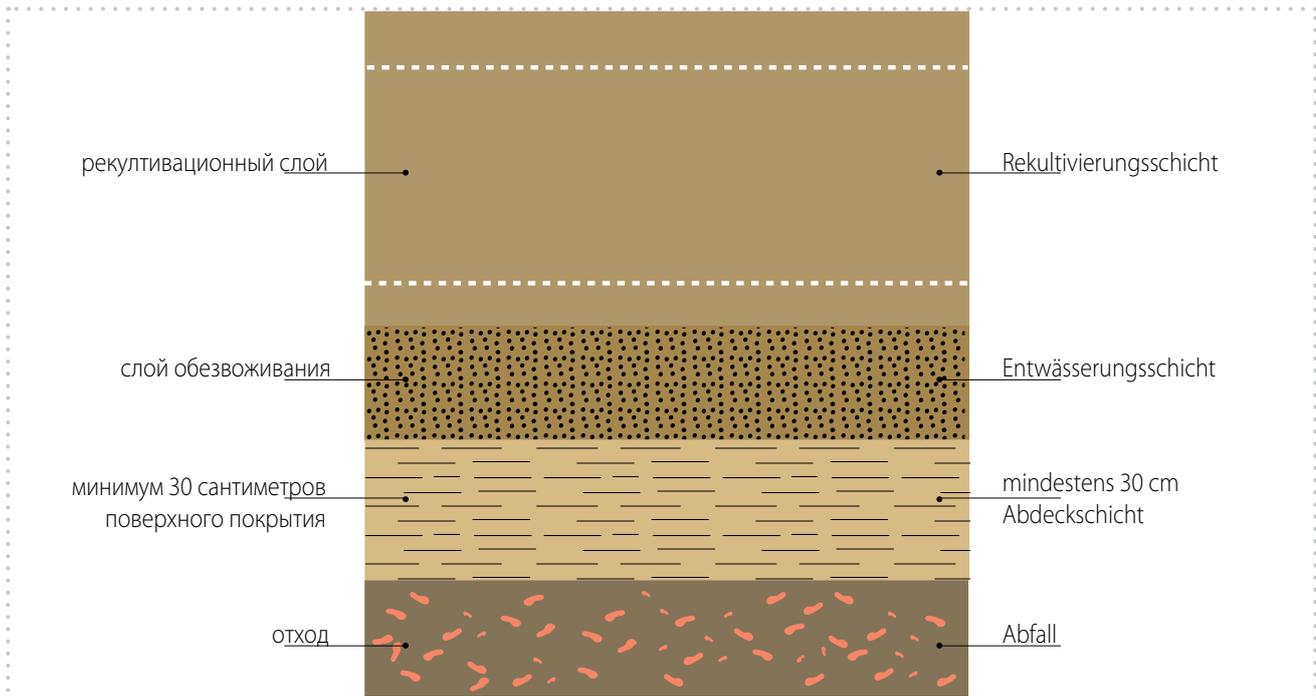
- Нижняя Саксония горы Фарел, Tonnenmoor
- Гамбург: полигон Экеркоппель

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- Entenmann, W. (1998): Hydrogeologische Untersuchungsmethoden von Altlasten; Springer
- www.deponie-stief.de
- Hirschmann, G.; Melchior, S.; Bielfeldt, H.-R.; Wienberg, R. (2003): Qualifizierte Abdeckung der ehemaligen Deponie Eckerkoppel, in: Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (Hrsg.): Revitalisierung von Verkehrsflächen – Element einer nachhaltigen Siedlungspolitik. ITVA Symposium 08./09.05.2003 in Hamburg, S. 45-63

**10. Статус**

- состояние техники



#### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- nach einer Profilierung des abzudeckenden Bereichs Aufbringen einer wenige Dezimeter mächtigen Ausgleichsschicht aus einem geeigneten Erdbaustoff
- möglichst große Evapotranspirationsrate durch Bepflanzung
- auf die zukünftige Bepflanzung sind Art und Mächtigkeit des über die Ausgleichsschicht aufzubringenden Rekultivierungs-/ Mutterbodens abzustimmen
- Rekultivierungs- und Ausgleichsschicht müssen eine geringe Durchlässigkeit für Niederschlagswasser aufweisen
- der Oberboden sollte möglichst erosionsstabil sein
- gleichzeitig soll Methan mikrobiologisch in der Rekultivierungsschicht unterhalb der Wurzelzone zu Kohlendioxid oxidieren

#### 6. Monitoring

- Monitoring im Abstrombereich mittels stationärer Grundwassermessstellen auf Dauer erforderlich

#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + sehr wirtschaftliche Sicherungsmaßnahme, die – entsprechende Bepflanzung vorausgesetzt – zu einer signifikanten Reduktion von Emissionen führen kann

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte aus Deutschland

- Niedersachsen: Varel-Hohenberge, Tonnenmoor
- Hamburg: Deponie Eckerkoppel

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- Entenmann, W. (1998): Hydrogeologische Untersuchungsmethoden von Altlasten; Springer
- [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de)
- Hirschmann, G.; Melchior, S.; Bielfeldt, H.-R.; Wienberg, R. (2003): Qualifizierte Abdeckung der ehemaligen Deponie Eckerkoppel, in: Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (Hrsg.): Revitalisierung von Verkehrsflächen – Element einer nachhaltigen Siedlungspolitik. ITVA Symposium 08./09.05.2003 in Hamburg, S. 45-63

#### 10. Status

- Stand der Technik

#### 1

#### Schematische Darstellung qualifizierte Abdeckung

Обеспечение безопасности → строительные технологии → Размещение отходов

# S1-5

## Безопасное захоронение

### 1. Особенности метода

- перемещение захоронения загрязненной почвы на старом полигоне/ на старом загрязненном участке с целью их безопасного хранения
- часто «сбор» почв, например, после выемки из насыщенной зоны позднее не используемой области земельного участка и последующая защита от поступления осадков и разветривания

### 2. Предпосылки загрязнений и цели санации

- большой объем загрязненной почвы неравномерной горизонтальной и вертикальной протяженности
- уменьшение контактной поверхности с протекающей грунтовой водой и изоляция почвы от биосферы в результате последовательного захоронения с точки зрения строительной технологии имеет смысл для охранных объектов, как правило в отвалах
- минимизация эмиссии вредных веществ, последующее использование территории

### 3. Области применения технологии

- характер грунта: крупнозернистый и разнозернистый, мелкозернистый, биогенный/ органический, изменяемая полускальная порода
- вредные вещества: все

### 4. Предпосылки применения технологии

- захоронение почв только над уровнем грунтовых вод
- процедура должна отвечать законодательству в области обращения с отходами, не должно приводить к ухудшению ситуации на участке
- максимальная удаленность от грунтовых вод и по возможности низкая проницаемость близкому к поверхности почвогрунту (например, покрытие поверхности, см. S1-4)
- необходим декларационный анализ

### 5. Детали технологии

- обеспечение безопасности почвы путем уплотнения поверхности (см., например, S1-3), по возможности уплотнение подложки
- обеспечение безопасности, особенно большого объема и с помощью установки шпунтовой коробки на поверхности (шпунтовой стенки)
- определенные технические мероприятия по обеспечению безопасности в соответствии с рекомендациями, порядок хранения и захоронения отходов

### 6. Мониторинг

- требуется мониторинг грунтовых вод, особенно в случае водопроницаемого почвогрунта

Sicherung → Bautechnologie → Ordnen der Altlast

# S1-5

## Gesicherte Endlagerung

### 1. Art des Verfahrens

- Umlagerung von schadstoffbelasteten Böden innerhalb einer Altablagerung/eines Altstandorts, mit dem Ziel diese gesichert endzulagern
- häufig „Sammlung“ der Böden, z.B. nach Entnahme aus der gesättigten Zone in einem später nicht genutzten Grundstücksbereich und anschließende Sicherung gegen Zutritt von Niederschlagswasser bzw. gegen Verwehung

### 2. Schadensvoraussetzungen, Sanierungsziele

- größere Mengen schadstoffbelasteten Bodens in unregelmäßiger horizontaler und vertikaler Erstreckung
- Verkleinerung der Kontaktfläche zum durchströmenden Wasser und Isolierung des Bodens von der Biosphäre durch geordnete Ablagerung in bautechnisch sinnvoll zu sichernden Kubaturen, im Regelfall Halden
- Minimierung der Schadstoffemissionen, Ermöglichung einer Nachnutzung in weiten Teilen des Geländes

### 3. Einsatzgebiete der Technologie

- Bodenart: grob- und gemischtkörnig, feinkörnig, organogen/organisch, veränderliches Halbfestgestein
- Schadstoffe: alle

### 4. Voraussetzungen für den Einsatz der Technologie

- Endlagerung der Böden nur über dem Grundwasser
- Verfahren muss abfallrechtlich genehmigungsfähig sein, es darf zu keiner Verschlechterung auf den Grundstücken kommen
- möglichst großer Flurabstand des Grundwassers und möglichst geringe Durchlässigkeit des oberflächennahen Untergrunds (z.B. Oberflächenabdeckung, s. S1-4)
- Deklarationsanalytik erforderlich

### 5. Einzelheiten zum Verfahren

- Sicherung der Böden durch Aufbringen einer Oberflächenabdichtung (siehe z.B. S1-3), möglicherweise auch einer Basisdichtung
- Sicherung der Böden insbesondere bei großen Mengen auch durch oberirdischen Spundwandverbau (Spundwandkasten)
- definierte technische Sicherungsmaßnahmen gemäß LAGA-Empfehlungen, Abfallablagerungsverordnung und Deponieverordnung

### 6. Monitoring

- Grundwassermonitoring insbesondere bei durchlässigem Untergrund erforderlich

**1****Схема безопасное захоронение****7. Преимущества и недостатки технологии**

- + заметное сокращение эмиссии загрязнений с относительно низкими затратами
- + короткое время санации с относительно большой степенью эффективности
- зачастую получение разрешения согласно законодательству в области обращения о отходами затруднено
- создание «жертвенной площадки» с более низким потенциалом пользования, чем, например, область зеленых насаждений

**8. Best Practice: примеры проектов**

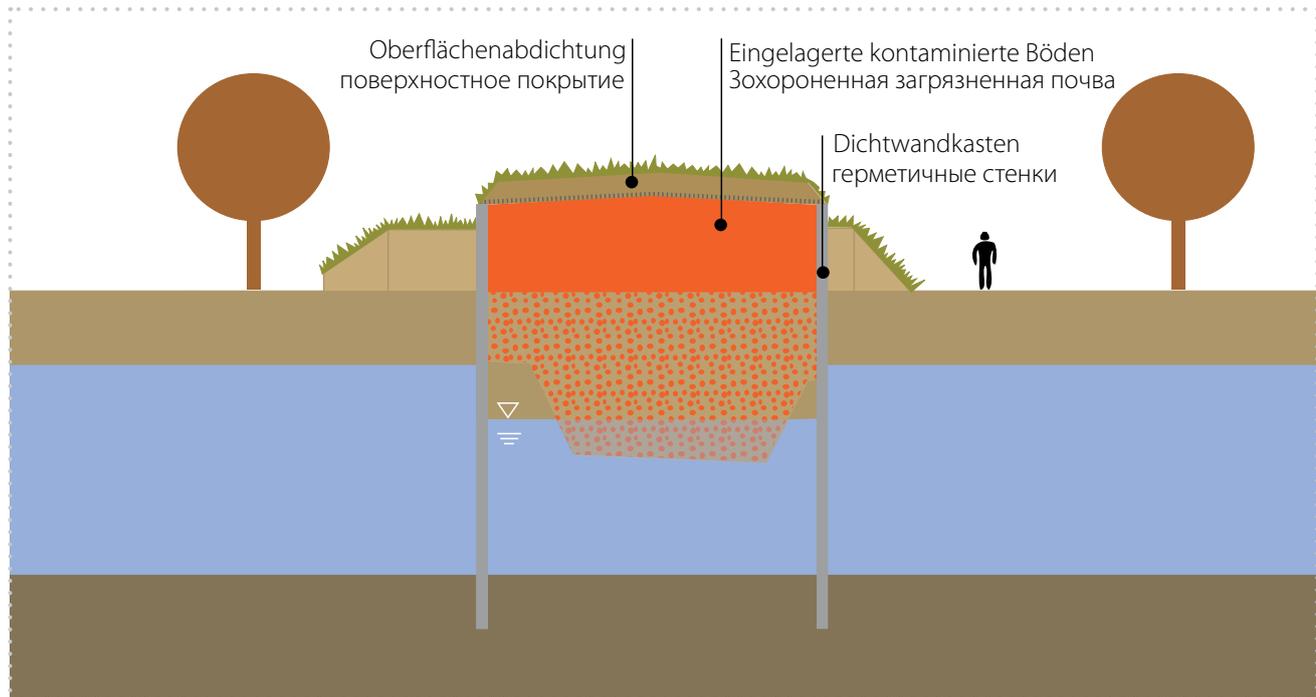
- Гамбург: поселение Билле
- Нижняя Саксония: завод по выплавке тяжелых цветных металлов в предгорьях Гарца

**9. Источники/ литература/ ссылки**

- [www.laga.de](http://www.laga.de)
- Рабочее руководство ITVA Перемещение и засыпка почвенного материала

**10. Статус**

- состояние техники



#### 7. Vor- und Nachteile der Technologie

- + deutliche Reduzierung von Schadstoffemissionen mit verhältnismäßig geringen Aufwendungen möglich
- + kurze Sanierungsdauer bei relativ großem Wirkungsgrad
- abfallrechtliche Genehmigungsfähigkeit oft schwierig herzustellen
- Schaffung einer „Opferfläche“ mit nachfolgender nur noch geringwertiger Nutzung, z.B. als Grünfläche

#### 8. Best Practice: Beispielprojekte

- Hamburg: Bille-Siedlung
- Niedersachsen: Schwermetallhütten im Harzvorland

#### 9. Quellen/Literatur/Links

- [www.laga.de](http://www.laga.de)
- ITVA-Arbeitshilfe Umlagerung und Einbau von Bodenmaterial

#### 10 Status

- Stand der Technik

#### 1

#### Schematische Darstellung gesicherte Endlagerung

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
Amt für Umweltschutz, Abteilung Bodenschutz/Altlasten  
Billstraße 84  
20539 Hamburg



Hamburg

[www.revvin.hamburg.de](http://www.revvin.hamburg.de)