

Flächenrecycling durch Sanierung eines Altstandortes – ehemaliges Gaswerk Kiel-Wik

- **Egbert Bußmann**
- **Gisela Frenken**

1. Einleitung

Seit dem Ende der Produktion 1964 liegt die Fläche des ehemaligen Gaswerkes Wik II zum großen Teil brach. Der Betrieb des Gaswerkes seit 1913 und die starke Zerstörung des Werkes im zweiten Weltkrieg verursachten in vielen Bereichen des Werksgeländes Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit gaswerkstypischen Schadstoffen. Untersuchungen in den 90er Jahren grenzten die komplexen Kontaminationen räumlich ein.

Zum Schutz des Grundwassers und des Bodens war eine Sanierung der kontaminierten Teilflächen durch Bodenaustausch mit dem Umweltamt der Landeshauptstadt Kiel abgestimmt und eine umfassende Nutzbarmachung im Sinne des Flächenrecyclings von der Eigentümerin beabsichtigt. Ihr gelang es, für die Erschließung des ehemaligen Gaswerksgeländes und der benachbarten Flächen Fördermittel für die Stadt Kiel zur „Erschließung und Sanierung industrieller Brachflächen“ der EU einzuwerben. Die Vermarktung der genannten ca. 2 ha umfassenden Flächen wurde erst durch die aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung geförderte Sanierung von besonders mit Schadstoffen belasteten Bereichen möglich. Weitere Fördermittel aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ des Landes Schleswig-Holstein stellte das Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr für diese Sanierung auf Antrag der Eigentümerin zur Verfügung.

Auf der Basis umfangreicher Untersuchungen und eines Sanierungskonzeptes aus dem Jahre 1998 erstellte das Ingenieurbüro GEO.PART ab August 2000 die Planung der Sanierungsmaßnahme durch Bodenaustausch und durch Reinigung des Grundwassers mit einer stationären Anlage. Sämtliche verunreinigten Böden sollten nach externer Reinigung einer Verwertung zugeführt werden. Die förderungsrelevanten Sanierungsarbeiten samt Wiederherrichtung der entsprechenden Teilfläche dauerten von März 2001 bis März 2002.



Abbildung 1: Gaswerk-Wik am Nord-Ostsee-Kanal vor dem 2. Weltkrieg

Vorrangig Beteiligte an dieser Maßnahme waren die Eigentümerin, das Ingenieurbüro GEO.PART als Fachbauleitung, die Landeshauptstadt Kiel mit der EU-Koordinierungsstelle, dem Tiefbau- und dem Umweltschutzamt als Ordnungs-, Untere Bodenschutz- und Wasserbehörde, das Bauunternehmen Sönnichsen & Görtz, Umwelt-

schutz-Nord als Entsorgungsunternehmen, das Institut für Gewässerschutz und Umgebungsüberwachung für die Kontrolle der Umgebungsluft, die Analytik der Böden und des Abwassers sowie das Landesamt für Natur- und Umwelt für die Umsetzung der fachlichen Anforderungen bedingt durch die Förderprogramme.

Abbildung 2:
Gaswerk Wik vor dem 2. Weltkrieg



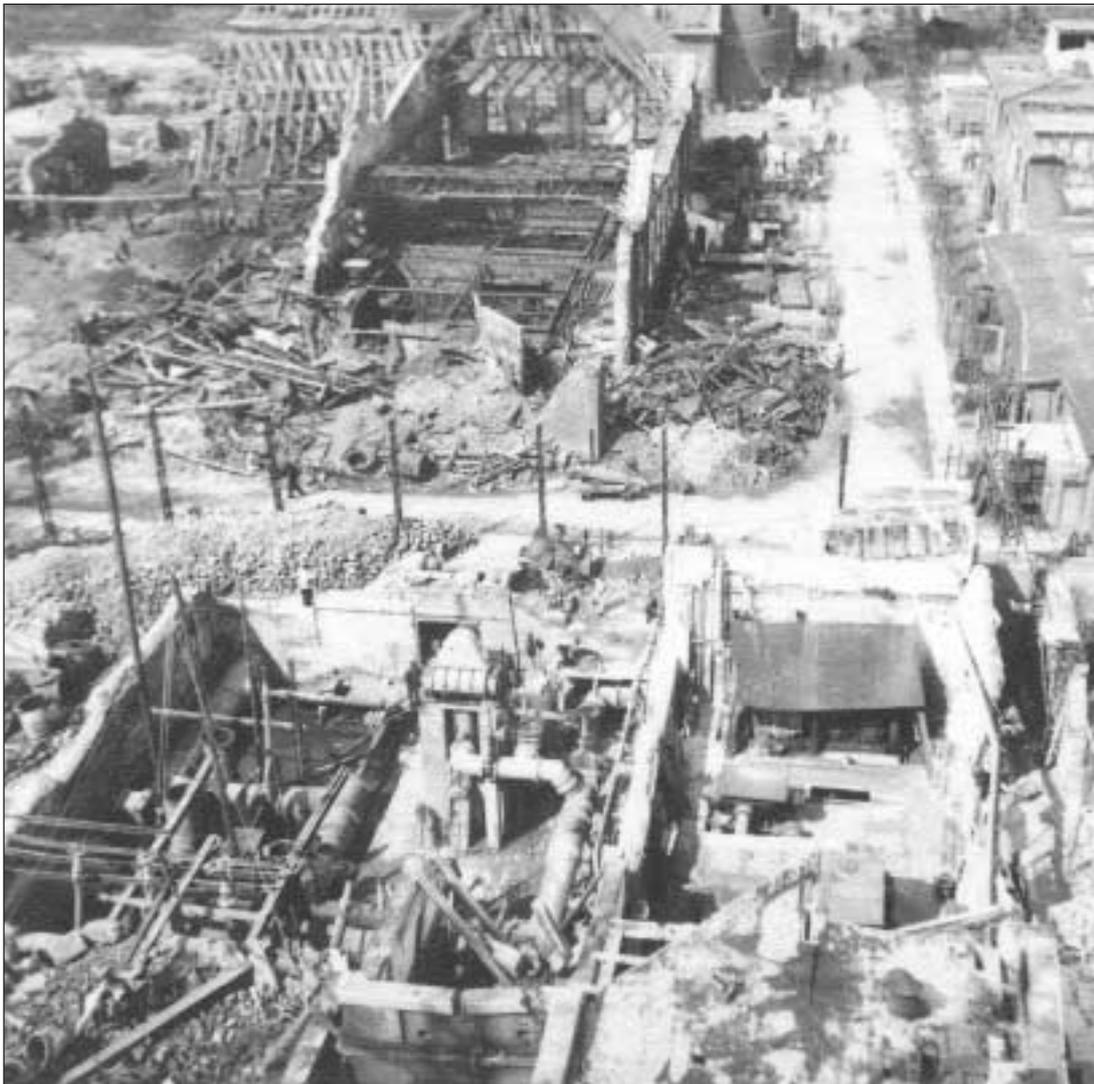


Abbildung 3:
Überdruckanlage
nach dem Krieg

2. Lage und Historie des Standortes

Das Grundstück des ehemaligen Gaswerkes Wik befindet sich südlich des Nord-Ostsee-Kanals im Kieler Stadtteil Wik auf einem Höheniveau von 10-13 m ü. NN. Heute ist diese Fläche im Wesentlichen umgeben von Gewerbebetrieben und Grundstücken der Bundeswehr. Im Westen befand sich das 1992 stillgelegte und 1995 abgebrochene Heizkraftwerk. Seit 1992 ist das neue Heizwerk Nord auf einer überbauten Teilfläche im Norden des ehemaligen Gaswerkstandortes in Betrieb.

Genau genommen handelt es sich bei dem Altstandort um zwei benachbart gelegene ehemalige Gaswerke, die mit Ausnahme einer kurzen Übergangsphase nacheinander betrieben wurden. Das östliche ältere Werk Wik I wurde 1898 errichtet und 1919 stillgelegt. Bei dem westlich gelegenen, von Wik I durch einen Streifen mit Wohnhäusern und Betriebsbürogebäuden getrennten, jüngeren Gaswerk Wik II (1913 – 1964) handelte es sich um ein sehr leistungsfähiges Gaswerk, das über eine praktisch vollständige Palette von Nebengewinnungsanlagen verfügte (Abbildung 1

und 2). Die weit reichenden Boden- und Grundwasserkontaminationen sind nicht nur in der über Jahrzehnte andauernden betrieblichen Nutzung als Gaswerkstandort, sondern auch zu einem wesentlichen Umfang in Kriegseinwirkungen begründet. Im Laufe des 2. Weltkrieges kam es zu einer umfangreichen Zerstörung der Anlagen, die ohne Frage ein unkontrolliertes Versickern und Einbringen von Betriebs- und Abfallstoffen in den Untergrund zur Folge hatte (Abbildung 3).

3. Untersuchungen des Gaswerkstandortes

3.1 Orientierende Untersuchung

Nach einzelnen unsystematischen Untersuchungen auf Teilflächen des ehemaligen Gaswerkstandortes im Zuge von Bauvorhaben beauftragte 1991 die Eigentümerin das Hamburger Büro HPC (Harress Pickel Consult GmbH) die vier ehemaligen Gaswerksstandorte in Kiel Gaarden, Fleethörn, Wik I und Wik II einer orientierenden Untersuchung zu unter-

ziehen und ein Konzept für die nähere Gefahrerkundung zu erstellen. Die 1994 vorgelegten Gutachten beinhalten die Ergebnisse einer kurzen historischen Recherche sowie die Auswertungen von 92 Sondierungen und 16 Grundwasserpegeln.

Das Untersuchungskonzept folgte im Wesentlichen den in der Prozesskette auftretenden Schadstoffen. Die Bewertungskriterien für die standorttypischen Schadstoffe Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (**PAK**), Monoaromatische Kohlenwasserstoffe **BTEX**, **Cyanide, Phenole, Ammonium, Schwermetalle und Sulfat** waren zum damaligen Zeitpunkt die Prüfwerte der so genannten „Holland-Liste“.

Die geologischen Untersuchungen wiesen anthropogene Auffüllungen in einer Mächtigkeit von 2 – 8 m unter Geländeoberkante (u. GOK) über Geschiebelehm bzw. –mergel nach. Der Untergrund ist sehr inhomogen. Ein flächig nachweisbarer „freier“ (4 – 10 m u. GOK) und ein darüber liegender „schwebender“ Grundwasserleiter in Form von vereinzelt Grund-/Schichtwasservorkommen mit hydraulischen Verbindungen konnte in erster Annäherung auskartiert werden. Eine Tendenz des Grundwasserabflusses in nordöstliche Richtung wurde postuliert.

Es zeigten sich oberflächennah hohe Belastungen im Bereich der Säuregrube / Teeröldestillation, der Benzolanlage und der ehemaligen Ammoniakfabrik. Weitere Bodenkontaminationen wurden in der grundwassergesättigten Zone nachgewiesen. Erste Hinweise auf eine starke Belastung des obersten Grundwasserleiters (bis zu 65 mg/l PAK sowie 160 mg/l BTEX) wurden festgestellt. Infolgedessen empfahl der Gutachter die weitere Eingrenzung der Bodenkontaminationen und der Grundwasserbelastungen. Zum damaligen Zeitpunkt wurde ein Bodenaustausch als zielführende Sanierungsmaßnahme für die oberflächennah verunreinigten Böden bereits erwogen.

3.2. Nähere Gefahrerkundung

Einer umfassenden Gefahrerkundung wurde zunächst nur die wirtschaftlich attraktive Brachfläche des Gaswerkes Wik II in Hinblick auf ein Flächenrecycling unterzogen. Ziele der wiederum von HPC, Hamburg, im Jahr 1996 durchgeführten Untersuchungen waren die Eingrenzung der Boden- und Grundwasserkontaminationen, Bestimmung der Grundwasserfließrichtung und erste Erkenntnisse im Hinblick auf eine Sanierungskonzeption. Zu diesem Zweck wurden insgesamt

21 Grundwassermessstellen errichtet, eingemessen und beprobt.

Man konnte nachweisen, dass sich die Kontaminationsfahnen im Grundwasser von Wik I und Wik II vereinen. Die hydrogeologischen Verhältnisse wiesen auf eine Rinnenstruktur in der Mitte des Untersuchungsgebietes hin. Der heterogene Untergundaufbau erschwerte die Interpretation der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich des Abfließens von kontaminiertem Grundwasser innerhalb der Rinne.

Die stark PAK- und BTEX-verunreinigte grundwassergesättigte Bodenzone erstreckt sich im gesamten zentralen Bereich von Wik II. Der Maßnahmenschwellenwert der zur Bewertung der Boden- und Grundwasseranalysen herangezogenen LAWA-Liste (LAWA: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) wurde in allen Brunnen überschritten. Die nunmehr im Wesentlichen eingegrenzten, oberflächennahen Bodenkontaminationen wiesen schwerpunktmäßig hohe PAK-Konzentrationen auf.

Aufgrund der Ergebnisse wurden ein Bodenaustausch in zentralen Bereichen der oberflächennahen Kontaminationen (u.a. Apparatehaus, Säuregruben) und im Hinblick auf eine mögliche hydraulische Sanierung Pumpversuche zur Ermittlung hydraulischer Kenndaten beschlossen.

3.3. Sanierungsuntersuchungen

In den Jahren 1996/1997 wurden weitere Sanierungsvorbereitende Untersuchungen vom Ingenieurbüro BGI AG, Hamburg durchgeführt. Für eine Grundwassermodellierung dienten Pumpversuche und für die Ermittlung der auszukoffernden Bodenmengen Untersuchungen von Bodenproben aus dem Bereich der Säuregruben.

4. Sanierungs- und Förderkonzept

4.1. Sanierungsziele und -konzept

Das Sanierungskonzept sah eine Einteilung des Baugebietes in drei Bereiche mit unterschiedlich starken Bodenbelastungen vor. Entsprechend dieser Einteilung wurde eine differenzierte Vorgehensweise bei der Bodensanierung geplant. Ergänzend dazu sollte bzw. soll das Gelände des ehemaligen Gaswerkes Kiel-Wik I zusammen mit Werk II hydraulisch saniert werden. D.h. durch die Förderung einer bestimmten Menge verunreinigten Grundwassers sollen die im Abstrom liegenden Bereiche vor einer weiteren Kontamination geschützt werden. Durch Wiederver-

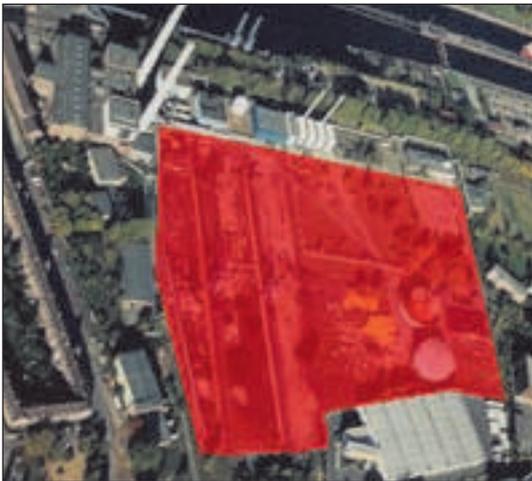


Abbildung 4: Erschließung der rot markierten Teilfläche des ehemaligen Gaswerkes (vereinfachte Darstellung), 1996

sickerung des Wassers in den Untergrund nach Behandlung in einer Grundwasserreinigungsanlage soll der Auswaschungsprozess von noch schadstoffbelasteten Bereichen im Boden unterstützt werden.

Als Sanierungsziele für die Bodensanierung wurden die oberen Maßnahmenschwellenwerte der LAWA bestimmt. Bodenbelastungen von bis zu 10 mg/kg TS jeweils an der Schadstoffgruppe PAK (EPA) und an BTEX wurden zugelassen. Für andere gaswerkstypische Stoffe wie Phenole und Cyanide gab die Stadt Kiel als Untere Bodenschutzbehörde keine Sanierungsziele vor, da die Voruntersuchungen keine Hinweise auf deutlich erhöhte Werte zeigten.

Der erste Sanierungsschritt erfolgte im Rahmen der infrastrukturellen Erschließung 1997–1999 (Abbildung 4) und des Verkaufs einer Teilfläche zur gewerblichen Nutzung. Voraussetzung für die Erschließung war die Räumung dieser Teilfläche von unterirdischen Hindernissen entsprechend einer Vereinbarung zwischen einem Investor und der Eigentümerin. Vor allem im Bereich des ehemaligen Apparatehauses, der Massereinigung

und des Ofenhauses waren umfangreiche unterirdische Gebäudereste vorhanden, die zu einer deutlichen Verzögerung der Gesamterschließungsmaßnahme und zu erheblichen Mehrkosten durch die Mehrmengen kontaminierten Bodenaushubs führten. Es wurden ca. 32.000 t - unterschieden in ca. 12.000 t LAGA Z2-Boden und ca. 20.000 t > LAGA Z2-Boden - auf dem Gelände in abgeplanten Halden zur Entsorgung bereitgestellt (Abbildung 5).

Diese Massen aus den Halden, die kontaminierten Böden aus den Bereichen der Säuregruben sowie verunreinigtes oberflächennahes Bodenmaterial aus der gesamten Fläche (in Abbildung 6 rot gerastert) sollten, so die Vorgabe der Eigentümerin, nach vorheriger Aufbereitung einer Verwertung zugeführt werden. Die auszutauschenden Bodenmassen wurden auf der Basis vorliegender Untersuchungsergebnisse abgeschätzt. Da die Bodenverunreinigungen südlich und östlich der Säuregruben bis an die benachbarten Grundstücke heranreichten und möglichst vollständig entfernt werden sollten, waren in diesen Bereichen Maßnahmen zur Sicherung der Baugruben und der Standsicherheit der angrenzenden Gebäude erforderlich.



Abbildung 6: Sanierungsbereiche
a) rot gerastert: Finanzierung mit Fördermitteln
b) violett gerastert: Finanzierung allein durch die Eigentümerin



Abbildung 5: Abgeplante Halden vor Sanierungsbeginn 2001

4.2. Förderkonzept

Grundlage für ein Förderkonzept waren fachlich geprüfte **Kostenschätzungen** für folgende Maßnahmenblöcke:

I. Sanierung der Säuregruben (im Südosten der rot gerasterten Fläche in Abbildung 6)	ca. 3,3 Mio. DM
II. Sanierung des Gesamtgeländes (entspricht der rot gerasterten Fläche in Abbildung 6) inkl. investiver Maßnahmen zur Vorbereitung einer hydraulischen Sanierung für den Bereich beider ehemaligen Gaswerke Kiel-Wik I und II	ca. 1,3 Mio. DM
III. Aufbereitung und Reinigung von Bodenaushub (nicht am Standort)	ca. 2,1 Mio. DM
IV. Bauplanung und Bauleitung	<u>ca. 0,6 Mio. DM</u>
Summe (netto)	ca. 7,3 Mio. DM

Diesem Förderkonzept lag folgender **Finanzierungsplan** zugrunde.

a) EFRE-Mittel ¹	ca. 3,4 Mio. DM
b) GA-Mittel ²	ca. 2,4 Mio. DM
c) Eigenmittel / Eigentümerin	<u>ca. 1,5 Mio. DM</u>
Summe (netto)	ca. 7,3 Mio. DM

Auf Antrag der Eigentümerin wurden Zuwendungen von insgesamt 5,8 Mio. DM vom Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr gewährt. Zwecks Verwendung standen gemäß dem Finanzierungsplan ab Dez. 1999 die EFRE- und von Mai 2000 an die GA-Mittel zur Verfügung. Im Juni 1999 wurde das Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein vom Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr (MWTV) mit der fachlichen und finanztechnischen Prüfung des Fördermitteleinsatzes betraut.

5.1.2. Arbeits- und Gesundheitsschutz

Das geplante Vorhaben wurde dem Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit (LGA) gemäß § 2 der Baustellenverordnung und nach § 37 der Gefahrstoffverordnung angezeigt. Zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit wurde von dem Planungsbüro GEO.PART in Zusammenarbeit mit der Eigentümerin ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan für die erforderlichen organisatorischen, technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen entsprechend der RAB 31, der BGR-Richtlinie 128 und der TRGS 524 aufgestellt.

5. Durchführung der Sanierung

5.1. Vorbereitende Maßnahmen

Im Vorwege der Sanierung waren Vorbereitungen zu treffen, die die Voraussetzungen für die Durchführung der Maßnahme schufen. Einige wichtige sollen genannt werden:

5.1.1. Information der Öffentlichkeit

Die Eigentümerin informierte vor Beginn der Sanierungsarbeiten die Anwohner in den angrenzenden Wohnhäusern und die benachbarten Gewerbebetriebe über die geplanten Sanierungsmaßnahmen, deren voraussichtliche Dauer sowie über die sanierungsbegleitenden Schutz- und Überwachungsmaßnahmen. Die Maßnahmen wurden mit dem Ortsbeirat Kiel-Wik abgestimmt und über die lokale Presse der Öffentlichkeit unmittelbar vor Beginn angekündigt.

Wesentliche Aspekte des Arbeitsschutzes bestanden in der Abgrenzung des kontaminierten Schwarzbereiches gegenüber dem kontaminationsfreien Weißbereich mit der dazwischen befindlichen Dekontaminationszone, dem so genannten Graubereich zur Reinigung für Mensch und Material. Diese Abgrenzung in einem entsprechend räumlich aufgeteilten "Schwarz-Weiß-Container" verhinderte Kontaminationsverschleppungen während der Sanierungsarbeiten. Des Weiteren wurde die potenzielle Exposition von Mitarbeitern innerhalb des Schwarzbereiches auf ein Minimum reduziert. Während der Sanierung des Kernbereiches befand sich nur der Baggerfahrer dauerhaft in der Kontaminationszone. Durch die Zuführung der mittels eines Aktivkohlefilters gereinigten Umgebungsluft in die Baggerkabine wurde ein leichter Überdruck gegen das Eindringen luftgängiger Schadstoffe erzeugt.



Abbildung 7: Reifenwaschanlage

5.1.3. Umgebungsschutz - insbesondere Umgebungsluftüberwachung

Um die Verschleppung kontaminierten Materials in die Umgebung zu vermeiden, wurden zum einen die Mulden der abtransportierenden LKW mit einer Plane abgedeckt und zum anderen die Reifen in einer baustelleninternen Reifenwaschanlage weitestgehend gereinigt (Abbildung 7). Je nach Grad der Verschmutzung wurde die Zufahrtsstraße mehrfach pro Tag gesäubert.

Das mit der messtechnischen Überwachung der Umgebungsluft beauftragte Institut für Gewässerschutz und Umgebungsüberwachung (IGU) richtete stationäre Luftmessstellen in der Umgebung der Baustelle ein. Es handelte sich dabei um 10 Depositionssammler für Staub, die etwa im Abstand von etwa 100 bis 200 m um die Baustelle herum aufgestellt wurden. An drei nach den Hauptwindrichtungen ausgewählten Messstellen wurden zusätzlich aktive Staubsammelgeräte sowie passive Aktivkohlesammler für flüchtige organische Schadstoffe benötigt.

5.1.4. Änderung einer Belüftungsanlage für Büroräume im Sanierungsbereich

Der Ansaugstutzen der Raumluftanlage für Büroräume im südöstlichen Teil des STE-Gebäudes (siehe Lageplan, Abbildung 6) wurde vorsorglich auf die vom Sanierungsbereich abgewandte nördliche Gebäudeseite verlegt. Grund: die unmittelbare Nachbarschaft der Arbeitsräume zum Sanierungskernbereich und die hohe Wahrscheinlichkeit erhöhter Schadstoffkonzentrationen in der Luft.

5.1.5. Kampfmittelfreigabe

Kurzfristig vor Beginn der Aushubarbeiten untersuchte der Kampfmittelräumdienst des Am-

tes für Katastrophenschutz (dem Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein zugeordnet) das Gelände auf eventuell vorhandene Kampfmittel. In den Bereichen, die keine Detektion metallener Objekte erlaubten, überwachte ein Mitarbeiter des Kampfmittelräumdienstes die Tiefbauarbeiten während der Sanierung.

5.1.6. Baustatische Überwachung

Die baustatische Beweissicherung für die südlich an den Sanierungsbereich angrenzenden Gebäude einer Speditionsfirma wurde von einem unabhängigen Gutachterbüro, der IGB Ingenieurbaugesellschaft mbH, durchgeführt. Bestandteil der Beweissicherung ist v.a. eine Dokumentation des Ist-Zustandes vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen.

5.2. Bodensanierung und Entsorgung der Bodenmaterialien

5.2.1. Zeitliche Abfolge der Sanierungsarbeiten

Der chronologische Ablauf der Sanierungsarbeiten, also der gesamte Ausführungszeitraum vom Beginn der Baustelleneinrichtung im Februar 2001 bis zur Räumung derselben im März 2002 verdeutlicht, dass die geplanten Sanierungsarbeiten schon im August 2001 abgeschlossen waren, d.h. von der Abfuhr der Bodenhalde, dem Ausbau der so genannten Bitumenblöcke über die Sanierung der Säuregruben bis zum Aushub des größten Teils der oberflächennahen Auffüllung. Aber die Sanierungen der in der Planungsphase noch nicht bekannten Verunreinigungen unterhalb einer Betonfläche und der Zufahrtsstraße zur Reifenwaschanlage konnten erst ab Dezember 2001 durchgeführt werden, nachdem die Regenwasserkanäle um das STE-Gebäude erneuert sowie die hierbei freigelegten Verunreinigungen saniert waren. Mit der abschnittsweisen Verfüllung der offenen Gruben parallel zu den Aushubarbeiten war die Gesamt-sanierungsmaßnahme im März 2002 abgeschlossen.

Aufgrund der entlang der verunreinigten Grubenwände zu den süd- und südöstlichen Nachbargrundstücken verlegten Drainage ist der Betrieb der Wasseraufbereitungsanlage auch nach den Bodensanierungsmaßnahmen erforderlich. Die Dränagen sind seit Mitte April 2003 an eine im Rahmen der hydraulischen Sanierung/Sicherung des Geländes errichtete Grundwasseraufbereitungsanlage mit nachfolgender Reinfiltration des gereinigten Wassers angeschlossen.

Abbildung 8:
Fließendes Teeröl



5.2.2. Abfuhr der Bodenhalden

Im März und April 2001 wurde über 5 Wochen das in den Jahren 1997 bis 1998 in 4 Halden fachgerecht mit einer Folie abgeplante Bodenmaterial aus der Erschließungsmaßnahme (Abbildung 5), insgesamt ca. 20.500 t, nach vorhergehender repräsentativer Probenahme und Analytik der Schadstoffparameter zu den Aufbereitungsanlagen transportiert und nach Verwiegung einer Verwertung durch die Fa. Umweltschutz-Nord zugeführt.

5.2.3. Ausbau der „Bitumenblöcke“

Voruntersuchungen lokalisierten einen so genannten „Bitumenblock“ aus ausgehärtetem Steinkohlenteer bestehend an der westlichen Grundstücksgrenze des Geländes. Während des Ausbaus dieses Bitumenblocks und dem Aushub der oberflächennahen Auffüllung wurden zwei weitere Bitumenblöcke freigelegt. Das kleinräumig östlich der drei massiven Bitumenblöcke in den Klüften enthaltene Teeröl verflüssigte sich während der Sanierungsarbeiten unter Einwirkung von Sonneneinstrahlung (Abbildung 8). Aufgrund der Nähe zur angrenzenden Straße wurde ein Teil des erstbekannten Bitumenblockes im Verbaukastenverfahren ausgebaut. Das massive Material, ca. 68 t, wurde in flüssigkeitsdichte Containermulden eingelagert. Die Analyse wies den Entsorgungsweg: ca. 140.000 mg/kg PAK. Dieses erforderte die thermische Beseitigung. Weitere ca. 425 t Boden-Teer-Gemische wurden unterschiedlich entsorgt bzw. verwertet.

5.2.4. Flächensanierung (oberflächennahe Auffüllung)

Das gesamte Gelände war bis zu einer Tiefe von im Mittel 0,5 m – 1,0 m unter ehemaliger GOK mit einer kohlegrushaltigen Auffüllung bedeckt. Die ehemalige Nutzung des Geländes als Kohlelagerplatz war die Ursache. Diese geringfügig kontaminierte Schicht wurde vollständig abgeräumt.

Zunächst wurde das Material ortsnah zur Verfüllung bei baulichen Maßnahmen im Ostuferhafen Kiel genutzt. Die begleitende Analytik zeigte wiederholt erhöhte PAK-Gehalte im Feststoff, die den Anforderungen der Zuordnungsklasse < Z 2 gemäß LAGA nicht entsprachen, auch wenn die Eluat-Analysen derselben Proben auf PAK eine Wassergefährdung ausschlossen. Das Material der oberflächennahen Auffüllung wurde dann im weiteren Verlauf der Flächensanierung erst nach einer Aufbereitung durch die Fa. Umweltschutz Nord einer Verwertung zugeführt.

5.2.5. Sanierung der Säuregruben

Innerhalb von 4 Monaten wurden die Kontaminationen im Bereich der ehemaligen Säuregruben saniert. Das Gebiet nimmt den gesamten südöstlichen Teil des Sanierungsgebietes ein. Es wird nördlich vom STE-Gebäude, in südlicher und östlicher Richtung von Nachbargrundstücken begrenzt.



Abbildung 9:
Aushub der Säuregruben

Mit Hilfe eines Baggers wurde der Boden gelöst (Abbildung 9) und aufgehaldet, mit Ausnahme des hoch kontaminierten Materials aus dem zentralen Säuregrubenbereich. Aufgrund der Kenntnis der Voruntersuchungsergebnisse und der Analysen entnommener Proben konnte das Aushubmaterial den verschiedenen Behandlungsanlagen zur weiteren Verwertung zugeführt werden. Das Material aus dem zentralen Bereich der ehemaligen Säuregruben war mit hohen Schadstoffgehalten belastet und wurde zur Minimierung der Schadstoffemissionen direkt auf LKW verladen und abtransportiert.

Mit Verbaukästen und einem Bagger wurde der Bodenaushub an der südlichen und östlichen Grundstücksgrenze durchgeführt (Abbildung 10). Mit diesem Verfahren konnte hier bis nah an die Grundstücksgrenzen heran die zur vollständigen Sanierung der Bodenverunreinigungen erforderliche Sohlentiefe von ca. 6,5 m unter ehemaliger GOK realisiert werden.

Historische Pläne und die Voruntersuchungen belegten die Existenz zweier Säuregruben. Nördlich der beiden bekannten Säuregruben fand sich eine weitere Grube, deren Inhalt und nähere Umgebung mit den bekannten Schadstoffen vergleichbar hoch wie bei den anderen Gruben kontaminiert war. Der Boden wurde gemäß der Entsorgungskategorie für hoch belastetes Material einer Behandlung zwecks Dekontamination zugeführt.

Insgesamt wurden aus dem Bereich der Säuregruben und der von ihnen ausgehenden Bodenverunreinigungen 34.393 t verunreinigter Boden ausgebaut, wovon 8.918 t der hoch belasteten Kategorie und 25.475 t der schwächer belasteten Kategorie zuzuordnen waren.

In allen Sohlproben aus dem Umfeld der Säuregruben wurden die Maßnahmewerte unterschritten. Die Tolerierung geringfügig höherer Gehalte in wenigen Bereichen der Sanierungsgrubensohle wurde mit dem Umweltschutzamt der Stadt Kiel gesondert abgestimmt.

An der südlichen Grundstücksgrenze zum Gelände der Spedition sowie an der östlichen Grundstücksgrenze setzen sich die Kontaminationsbereiche auf den Nachbargrundstücken fort. Der Grundwasserschutz ist gerade durch die Sicherung mittels der Grundwasserreinigungsanlage gewährleistet (siehe Kapitel 4).

Im Bereich der südlichen Grubenwände zeigen die aus den Verbaukästen entnommenen Proben in Tiefen zwischen 3,0 m und 6,0 m unter GOK Schadstoffgehalte bis zu 312 mg/kg PAK und 486 mg/kg BTEX; für die östlichen Grubenwände in Tiefen zwischen 3,5 m und 6,5 m unter GOK Schadstoffgehalte bis zu 530 mg/kg PAK und 48 mg/kg BTEX.

Während der Aushubarbeiten trat aus den Böschungen der Sanierungsgrube in geringen Mengen verunreinigtes Stau- und Schichtenwasser aus. Zusammen mit dem Niederschlagswasser wurde dieses in offener Wasserhaltung abgepumpt, in der Wasseraufbereitungsanlage abgereinigt und in den Schmutzwasserkanal der Stadt Kiel eingeleitet. Vor der Verfüllung der Sanierungsgruben an den kontaminierten südlichen und östlichen Grubenwänden wurden hier Dränagen verlegt, die durch Abführung des aus den Stößen austretenden hoch kontaminierten Stau-/ Schichtenwassers die Rekontamination der neu eingebrachten Füllsande verhindern und damit die Nachhaltigkeit des Sanierungserfolges garantieren sollten.

Abbildung 10:
Aushub mit Ver-
baukästen



Die Verfüllung der entstandenen Sanierungsgruben erfolgte abschnittsweise nach Vorlage der Analysenergebnisse und Freigabe durch die Fachbauleitung. Der unbelastete Füllsand wurde lagenweise eingebracht und verdichtet.

5.2.6. Sanierung von Bodenverunreinigungen im Umfeld des STE-Gebäudes

Nach der erfolgreichen Bodensanierung im Bereich der Säuregruben wurden die Regenwasserkanäle um das STE-Gebäude (siehe Abbildung 6) ausgebaut und erneuert. Östlich des STE-Gebäudes waren die Regenwasserkanäle mit einem teerölhaltigen Sediment zugesetzt. Da der Sanierungszielwert erst in einer Tiefe von ca. 3,0 - 4,0 m unterschritten wurde, fielen ca. 3.000 t PAK-belastetes Material an. Die entstandene Grube wurde nach Osten erweitert, um ein altes Gasrohr (DN 1000) auszubauen (Abbildung 11). Das nicht verunreinigte gusseiserne Gasrohr aus dem frühen Betrieb des Gaswerkes musste zerbrochen werden und wurde über einen Kieler Schrotthandel der Verwertung zugeführt.

5.2.7. Bodenverunreinigungen unter der Baustraße zur Reifenwaschanlage

Als letzter Sanierungsschritt wurde im Februar 2002 die Baustraßenzufahrt zur Reifenwaschanlage entlang der westlichen Grenze zum benachbarten ehemaligen Tiptel-Gelände zurückgebaut. Hierbei wurden unter der Straße Bodenverunreinigungen durch Teeröl freigelegt, die in einem Teilbereich bis in eine Tiefe von ca. 7,20 m unter GOK reichten und maximale PAK-Gehalte in Höhe von ca. 11.000 mg/kg aufwiesen. Insgesamt wurden 1.541 t verunreinigter Boden unter der ehemaligen Zufahrtstraße zur Reifenwaschanlage ausgebaut.

Nach Abstimmung mit den Eigentümern des Nachbargrundstückes wurden die Sanierungsmaßnahmen nach Norden, Süden und Westen soweit fortgesetzt, bis die Sanierungsziele an allen Grubenwänden erreicht waren. Nur im Bereich des südlichen und mittleren Straßenteils verblieben kleinräumig gering erhöhte PAK-Kontaminationen im Boden.



Abbildung 11:
Technik zu Beginn
des 20. Jahrhun-
derts – 1.000er
Gasleitung aus
Stahlguss

5.2.8. Massenbilanz

Tabelle 1: Kontaminierte Bodenmaterialien zur Behandlung und Verwertung

Anlage zur Bodenbehandlung		Menge entspr. Wägung [t]	Bezeichnung des Materials nach Europäischem Abfallverzeichnis
Abfall zur Verwertung	BRA Hamburg Biologisches Verfahren	31.836	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten (bis zum 08.01.02: Bodenaushub mit schädlichen Verunreinigungen)
	ABU Lägerdorf Bodenwaschverfahren	17.993	
	AAE Bremen Thermisch-desorptives Verfahren	18.417	
Abfall zur Beseitigung	SAVA Brunsbüttel Hochtemperaturverbrennung	68	Andere Teere
Gesamte entsorgte Menge		68.314 t	

Mit 31.836 t wurde die größte Bodenmenge in der Bodenreinigungsanlage BRA Hamburg angenommen und mikrobiologisch aufbereitet, wie in der Tabelle 1 dargestellt ist. 17.993 t waren aufgrund ihrer Konsistenz und Schadstoffzusammensetzung für die Aufbereitung durch eine Bodenwäsche in der Anlage der ABU Lägerdorf geeignet. 18.417 t hoch belasteter Bodenaushub wurden in der AAE Bremen thermisch behandelt. In der Sonderabfallverbrennungsanlage (SAVA) Brunsbüttel wurde lediglich der massive Teil der Teerölblocks und des unmittelbar umgebenden Boden/Teerölblock-Gemenges entsorgt.

Der größte Anteil (54.879 t) der insgesamt entsorgten Bodenmassen stammte aus der Abfuhr der Bodenhalde und der Sanierung der Säuregruben. Aus der Flächensanierung kam mit 6.218 t eine weitere bedeutende Menge. 3.015 t stammten aus dem Bereich östlich des STE-Gebäudes, 1.848 t und 1.541 t aus den Bereichen der Betonfläche und der Baustraße. Die Bodenmenge aus den Bereichen der Betonwanne, der Bitumenblöcke und der Torflinse ergaben in Summe weniger als 1.000 t.

Tabelle 2: Bodenaushub Mehrmassen

Bereich	Beschreibung	Massen [t]
Bodenhalden	Mehrmassen gegenüber der Kalkulation in der Sanierungsuntersuchung	3.036
Betonwanne	Mehrmassen durch Freilegung einer unbekanntem unterirdischen Betonwanne mit verunreinigtem Inhalt	128
Bitumenblöcke	Mehrmassen durch Freilegung zweier Bitumenblöcke nördlich des bekannten Blocks und von Kontaminationen unterhalb der Teerölblöcke	393
Flächensanierung	Mehrmassen aus der oberflächennahen Auffüllung durch Sanierung eines Teilbereiches des südlich angrenzenden Grundstückes	608
Säuregruben	Mehrmassen aus Freilegung einer 3. Säuregrube Mitsanierung eines Teilbereiches des südlich angrenzenden Grundstückes bis max. 7,0 m u. GOK Vertiefung des Bodenaushubs über die sanierungsbedingt erforderliche Tiefe zum Zweck der horizontalen Drainageverlegung	ca. 3.500 ca. 2.500 ca. 1.200
Torflinse	Mehrmassen durch baustatisch erforderlichen Ausbau einer Torflinse südwestlich des STE-Gebäudes	193
Betonfläche	Mehrmassen durch Freilegung und Sanierung von Bodenverunreinigungen unter der Betonfläche	1.848
östlich STE-Gebäude	Mehrmassen durch Sanierung der Bodenverunreinigungen östlich des STE-Gebäudes im Zuge der Erneuerung der Regenwasserkanäle	3.015
unter Straße zur Reifenwaschanlage	Mehrmassen durch Freilegung und Sanierung von tiefreichenden Bodenverunreinigungen im Grenzbereich zum ehem. Tiptel-Gelände	1.541
Summe Mehrmassen		17.961

Mehrmassen

Im Zuge der Sanierungsmaßnahme wurden weitere Kontaminationsbereiche freigelegt, die saniert werden mussten. Diese zusätzlichen Kontaminationen waren in Kenntnis der Voruntersuchungen und der bekannten Nutzung des Geländes nicht zu erwarten. In der Tabelle 2 sind die Mehrmassen mit einer Kurzerläuterung aufgeführt. Insgesamt fielen etwa 18.000 t zu entsorgende Mehrmassen an verunreinigtem Bodenaushub und Bauschutt an.

5.2.9. Wasserhaltung, -aufbereitung und -einleitung

Die Planung der Sanierungsmaßnahme sah vor, dass während der Bauzeit Wasser aus der offenen Wasserhaltung in den Sanierungsgruben, aus der Reifenwaschanlage und vom Ablauf des Gerätewaschplatzes sowie aus der gleichzeitigen Stauwasserhaltung anfallen würde. Dieses Wasser sollte in einer nur für die Sanierungsmaßnahme errichteten Wasser-aufbereitungsanlage gereinigt und gemäß der Einleitgenehmigung in den Schmutzwasserkanal der Stadt Kiel eingeleitet werden. Die Anlage (Abbildung 12) bestand im Wesentlichen aus einem Leichtflüssigkeitsabscheider, einem

Vorlagebehälter mit Sandfang, einem manuell rückspülbarem Kiesfilter, einem Schlammabsetzbecken, einer Rückspülwasservorlage und 2 Aktivkohlefiltern.

Diese Anlage wurde im November 2001 mittels Austausch der großen Kies- und Aktivkohlefilter (8 m³) durch kleinere Filtereinheiten (1 m³) auf abnehmende Wassermengen während des Sanierungsfortschrittes angepasst. Insgesamt wurde das Reinwasser 34-mal während der Einleitung über ca. 1 Jahr beprobt. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 10.514 m³ Wasser, d.h. ca. 27 m³/Tag, gereinigt und in den Schmutzwasserkanal eingeleitet. Ein Kanalschacht nahe der Baustelleneinrichtung diente als Einleitstelle. Daher erfolgte die Einleitung hier zunächst in den eigentümereigenen Schmutzwasserkanal, einige Meter weiter die Übergabe in den städtischen Schmutzwasserkanal.

Die Analysenergebnisse der Wasserproben zeigen, dass die Grenzwerte für die organischen Parameter PAK und BTEX während des gesamten Betriebes der Anlage eingehalten wurden, obwohl diese Schadstoffe im Rohwasser in hohen Konzentrationen enthalten



Abbildung 12:
Wasseraufberei-
tungsanlage

waren. Die Filtereinheiten adsorbieren neben den PAK auch alle übrigen organischen Schadstoffe: Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), schwerflüchtige lipophile Stoffe, Phenole, Adsorbierbare Organische Halogenierte Kohlenwasserstoffe (AOX), Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), so dass bei allen Beprobungen deren Analysenwerte weit unter den Einleitgrenzwerten lagen.

Die anorganischen Parameter blieben mit Ausnahme von Sulfat bei allen Beprobungen unterhalb der Einleitgrenzwerte der Kieler Entwässerungssatzung. Nach mehreren Kontrollbeprobungen wurde deutlich, dass die Einleitgrenzwerte für Sulfat ohne weitere Maßnahmen nicht dauerhaft einzuhalten waren. Hohe Sulfatgehalte enthielt das Wasser aus der Entwässerung der Sanierungs-/Baugruben, ebenso wie das Wasser aus der Reifenwaschanlage. Daher wurde im Juni 2001 mit dem Amt für Stadtentwässerung der Stadt Kiel vereinbart, das Wasser vom Ablauf der Reinigungsanlage unter Zudosierung von Frischwasser in den Schmutzwasserkanal einzuleiten, da eine Sulfatfällungsanlage unwirtschaftlich gewesen wäre. Nach Zudosierung von Roh- zu Frischwasser im Verhältnis von ca. 1:3 ab Ende Juni 2001 wurden die Einleitgrenzwerte für Sulfat zwar in Einzelfällen geringfügig überschritten, aber auf die gesamte eingeleitete Wassermenge bezogen jedoch deutlich unterschritten.

5.3. Ergebnis der Sanierung des förderungsrelevanten Bereiches

Insgesamt wurden im Rahmen der Sanierungs- und Herrichtungsarbeiten von dem Gelände 80.000 t Boden, Bauschutt und nachrangig Teerölprodukte abgefahren. Die de

facto verwerteten bzw. entsorgten Massen von 68.000 t überschritten die im Rahmen der Planung geschätzten 40.000 t deutlich. Die Beweissicherung durch Entnahme und Analyse von Bodenproben aus den Sanierungsgruben ergab, dass die mit dem Umweltamt abgestimmten Sanierungsziele von 10 mg/kg für die kritischen Parameter PAK und BTEX unterschritten wurden. In wenigen Bereichen verblieben in Abstimmung mit dem Umweltamt kleine Volumina mit geringfügig höheren Schadstoffgehalten im Boden.

Entlang der südlichen Grundstücksgrenze verblieben wegen der unmittelbar angrenzenden Bebauung, an der östlichen Grenze wegen der Standortverwaltung der Bundesmarine sowie an der westlichen Grenze im Bereich der angrenzenden Straße z. T. erheblich höhere Schadstoffgehalte im Boden.

Über eine während der Sanierungsmaßnahme betriebene Wasseraufbereitungsanlage wurden während der einjährigen Sanierungsmaßnahme über 10.000 m³ Wasser aus der Entwässerung der Sanierungsgruben, der Reifenwaschanlage sowie aus den Dränagen gereinigt und im Rahmen der Einleitgenehmigung in den Schmutzwasserkanal eingeleitet.

Die messtechnische Überwachung der Umgebungsluft auf Staub, flüchtige Leitsubstanzen der PAK und der BTEX belegt, dass keine Gesundheitsgefährdung in der Umgebungsluft der Sanierungsbaustelle nachweisbar war. Nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen ist davon auszugehen, dass auf dem sanierten Grundstücksteil keine Bodenverunreinigungen mehr vorhanden sind, von denen eine Gefährdung der Grundwasserqualität ausgehen kann.

Abbildung 13:
Stark kontaminierte
Massen



Die Gesamtkosten der geförderten Maßnahme beliefen sich auf ca. 10 Mio. DM (netto) und liegen damit deutlich über dem Kostensatz für das Förderkonzept mit 7,3 Mio. DM. Einen beachtlichen Anteil von 48 % dieser Kosten konnte mit Hilfe der Fördermittel getragen werden. Den restlichen vergleichbar großen Kostenanteil trug die Eigentümerin.

5.4. Weitere Maßnahmen – Bodensanierung im Bereich der Schwefelreinigung und Masseaufbereitung

Außerhalb der Förderung durch die Europäische Union und das Land Schleswig-Holstein ließ die Eigentümerin die Bodensanierung durch Bodenaustausch für einen weiteren Teilbereich des ehem. Gaswerkes Kiel-Wik, den Bereich der ehemaligen Schwefelreinigung und der Masseaufbereitung - nördlich des STE-Gebäudes - durchführen. Zeitgleich wurde eine Anlage zur hydraulischen Sanierung des Grundwassers errichtet. Die Arbeiten wurden in dem Zeitraum von Juni 2002 bis Juni 2003 ausgeführt (Abbildung 13). Die Grundwasserreinigungsanlage ging im April 2003 in den Probebetrieb. Die beteiligten Firmen waren Umweltschutz-Nord für die Verwertung / Entsorgung der Bodenmaterialien, SöGö für die Tiefbauarbeiten, Züblin für die Lieferung der Grundwasseraufbereitungsanlage sowie der Auftraggeber mit Eigenleistungen bei der Rohrverlegung, der Brunnenausrüstung und

der Steuerungstechnik. Planung, Fachbauleitung, Sicherheitskoordination und Beweissicherungsdocumentation übernahm auch in diesem Fall das Büro GEO.PART.

Auf dem beschriebenen Gelände wurden ca. 49.000 t kontaminierter Boden, ehemalige Bausubstanz und Bauschutt bis in eine Tiefe von max. 6,5 m ausgehoben und über Behandlungsanlagen einer Verwertung zugeführt. Erwähnenswert ist, dass an der östlichen Grundstücksgrenze auf Höhe der ehemaligen Benzolanlage ein stark mit Benzol belastetes Sickerwasser festgestellt wurde. Das bestätigte die Vermutung, dass hier noch ein Kontaminationsherd vorhanden ist. Der Grenzabschnitt wurde mittels einer Drainagestrecke gesichert, um eine Rekontamination zu verhindern. Das Wasser wird in einem Schacht gefasst und über das Rohrleitungssystem der zentralen Grundwasserreinigungsanlage zugeführt.

Im Rahmen der Bergung des ersten Kampfmittelfundes, einer von zwei 500 kg-Bomben (Abbildung 14), musste die anstehende Lehmschicht, unter der sich ein gespannter Grundwasserleiter befindet, durchstoßen werden, so dass aufsteigendes hoch kontaminiertes Grundwasser den sanierten Horizont rekontaminierte. Auch dieser Bereich wurde mit einer Drainage gesichert. Das gefasste Wasser wird der Grundwasserreinigungsanlage zugeführt.



Abbildung 14:
Brisanter Fund –
10-Zentner-Blind-
gänger

Aus 15 Sanierungsbrunnen und zwei Drainageschächten wird die neu errichtete Grundwasserreinigungsanlage gespeist, nach der Reinigung wird das Wasser über 14 Reinfiltrationsbrunnen und 2 Horizontaldrainagen versickert. Dabei ist jeder Brunnen über eine separate Rohrleitung mit der Anlage verbunden und kann einzeln gesteuert werden. Das Leitungssystem besteht insgesamt aus 1.456 m Rohrtrasse bzw. ca. 9.000 m Leitungen. Die Sanierung des kontaminierten 1. Grundwasserleiters hat mit der Aufnahme des Probebetriebes der Grundwasserreinigungsanlage Mitte April 2003 begonnen. Seitdem werden 15 - 30 m³ Grundwasser pro Stunde entnommen, gereinigt und wieder eingeleitet.

6. Nutzung der sanierten Fläche und Ausblick

Große Bereiche mit unterschiedlichen Schadstoffquellen im Boden konnten entfernt werden. Die Belastungen des Bodens und des

Grundwassers an den Grenzen der Sanierungsflächen haben gezeigt, dass noch für weitere Flächen der ehem. Gaswerke Wik I und II Sanierungsbedarf besteht. Die noch ausstehenden Sanierungen dieser Schadstoffquellen vorrangig durch Bodenaustausch können die Wirkung der laufenden hydraulischen Sanierung erheblich verbessern.

Die sanierten Flächen liegen in einem infrastrukturell insbesondere verkehrstechnisch gut entwickelten Raum. So liegen die Standortvorteile für die Ansiedlung z.B. von transportintensivem Gewerbe auf der Hand. Die ersten Betriebe nutzen diesen recycelten Standort schon. Trotz der gegenwärtig konjunkturell ungünstigen Situation bleibt die Wiedernutzung der Flächen das erklärte Ziel. Die Entwicklung des alten Gaswerksstandortes und seines Umfeldes hat für die Stadt Kiel insbesondere städtebaulich eine besondere Bedeutung.



Abbildung 15: Saniert und erschlossen: südliche Teilfläche unter nordöstlichem Blickwinkel

Summary

The operation of the former gasworks in Kiel-Wik between 1913 and 1964 and the nearly total destruction in the Second World War had contaminated the soil and the groundwater by typical pollutants of this type of factory. Kiel-Wik is a northern district of the capital of the federal state Schleswig-Holstein close to the canal lock of the Kiel-Canal.

Investigations and risk assessment up to the remedial investigation were done in the 90th of the last century by the legal successor and owner of the former gas works. They purposed the decontamination of polluted areas by replacing contaminated soil by clean soil and the treatment of groundwater by a purification plant.

In this way the owner realized the action in two steps for the purpose of land recycling:

- From March 2001 to March 2002 one part of the contaminated site was remediated under the site management by the engineer consultants GEO.PART. More than 45 % subsidies were given by the European Union and the government of the federal state Schleswig-Holstein.
- The second part of the contaminated site was remediated in the time of June 2002 to June 2003 financed by the owner itself.

During these two steps of remediation 117,000 t contaminated soil was removed and treated biologically, physically and thermally in

remediation plants (located not near by this site but in northern Germany) as far as possible. The purification plant for the remediation of the 1st aquifer started in April 2003. Since that time the groundwater in the whole area of the former gas works is pumped, remediated and reinfiltred.

As per description this land recycling was very effective. The developed and remediated properties should be marketed because of the good infrastructure particularly with regard to transport connection.

1 Europäischer Fond für regionale Entwicklung (Ziel 2-Programm, 1997 - 1999)

2 Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur 2000" - Aktionsprogramm Schleswig-Holstein

➤ **Egbert Bußmann**

Dezernat 53 - Altlasten

Tel.: 0 43 47 / 704 – 589

ebussman@lanu.landsh.de

➤ **Gisela Frenken**

Umweltschutzamt der Stadt Kiel

Tel.: 04 31 / 901 – 37 87

Gisela.Frenken@LHStadt.Kiel.de