



Auftraggeber:

**Regierungspräsidium Kassel,
Abt. Umwelt- und Arbeitsschutz in Bad Hersfeld, Dez. 31.5
Konrad-Zuse-Straße 19 - 23
D-36251 Bad Hersfeld**

Projekt:

**Sanierungsmaßnahme „Franzosenwäldchen 10“ in Fulda
- Fremdüberwachung -**

Projekt-Nr.: 1204

Bericht:

**Dokumentation und Bewertung der im Rahmen der Fremd-
überwachung entnommenen Proben**

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. U. Zarges

Datum:

20. März 2007

**OBERMANN'S ING.-GES. MBH
BAUGRUNDLABOR FULDA**

Schulstraße 37
D-36093 Künzell
Telefon 06 61 / 93 450 – 0
Telefax 06 61 / 93 450 – 11
Baugrundlabor.Fulda@t-online.de



INHALTSVERZEICHNIS

1	VORGANG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	VERWENDETE SCHRIFTEN UND UNTERLAGEN	2
3	STANDORTBESCHREIBUNG	3
	3.1 Lage/Topographie/Geologie.....	3
	3.2 Standorthistorie/Nutzung.....	4
4	DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN	5
	4.1 Durchführung der Sanierungsarbeiten	5
	4.2 Entnommene Proben und durchgeführte Versuche	8
5	ERGEBNISSE UND BEWERTUNG	9
	5.1 Bewertungsgrundlagen der Untersuchungsbefunde	9
	5.2 Boden 12	
	5.3 Wiederverfüllung.....	18
	5.4 Grundwasser	20
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN.....	23

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 1.1	Übersichtslageplan mit Eintragung der Grundwasserfließrichtung
Anlage 1.2	Lageplan der Sanierungsfläche mit Eintragung der Chromgehalte zum Sanierungsende
Anlage 1.3	Lageplan der Sanierungsfläche mit Eintragung der Position der Sonderproben und Bohransatzpunkte
Anlage 2	Bohrprofile
Anlage 3	Fotodokumentation
Anlage 4	Untersuchungsergebnisse Labor
Anlage 4.1	Übersichtstabelle mit allen Untersuchungsbefunden
Anlage 4.2	Prüfberichte der BIODATA ANALYTIK GMBH
Anlage 5	Ergebnisse der Plattendruckversuche nach DIN 18134
Anlage 5.1	Übersichtstabelle mit allen Versuchen
Anlage 5.4	Versuchsauswertungen

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tab. 1: Übersicht zur Nutzungsgeschichte	4
Tab. 2: Orientierungswerte der BBodSchV	10
Tab. 3: Orientierungswerte Boden gemäß Arbeitshilfe des HLUg.....	11
Tab. 4: Einbauklassen nach LAGA	11
Tab. 5: Zuordnungswerte nach LAGA	11
Tab. 6: Geringfügigkeitsschwellenwerte gem. hessischer GWS-VwV	12
Tab. 7: Analysenergebnisse der Abschlussbeprobung (Feststoff und Eluat)	13
Tab. 8: Analysenergebnisse der Abschlussbeprobung auf der Grubensohle bei +264,00 mNN.....	14
Tab. 9: Analysenergebnisse der Proben aus Rammkernsondierungen in der Grube	15
Tab. 10: Analysenergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände Fa. BRÄHLER & NÜCHTER)	16
Tab. 11: Analysenergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände LZB).....	16
Tab. 12: Analysenergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände Fam. GASS).....	17
Tab. 13: Ergebnisse der Verdichtungsprüfungen (Lastplattendruckversuche n. DIN 18.134).....	18
Tab. 14: Grunddaten der Grundwassermessstellen und Spiegellagen	20
Tab. 15: Hydraulische Grunddaten.....	21
Tab. 16: Analysenergebnisse der Grundwasser-Proben aus Dez. 2006 bis Feb. 2007.....	21



1 Vorgang und Aufgabenstellung

Auf dem ehemaligen Betriebsgelände der Fa. BRÄHLER & NÜCHTER GmbH in Fulda, Franzosenwäldchen 10, wurde in den Jahren 1995 bis 1997 in mehreren Untersuchungsschritten eine massive Belastung des Bodens und davon ausgehend auch des Grundwassers mit Chrom(VI) festgestellt. Daraufhin wurde im Jahr 1998 das Grundstück als Altlast festgestellt.

Art und Umfang der Kontamination indizierten einen Sanierungsbedarf des ungesättigten Bodens. Da der Verursacher der Belastung nicht festzustellen war wurde der Zustandsstörer (Grundstückseigentümer Herr Nüchter) zur Sanierung herangezogen. Im Form eines Öffentlich-Rechtlichen-Sanierungsvertrages wurden die Lasten der Sanierung durch den Eigentümer und das Land Hessen geschultert.

Der Ablauf der Sanierung war durch einen Sanierungsplan der SGDA vom 27.07.2005 und den nachfolgenden Sanierungsbescheid des zuständigen REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL, ABT. UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ, DEZ. 31.5 in Bad Hersfeld vom 28.04.2006 festgelegt. Im Ergebnis einer beschränkten Ausschreibung mit einem vorlaufenden Teilnehmerwettbewerb wurde die SGDA SANIERUNGSGESELLSCHAFT FÜR DEPONIEEN UND ALTLASTEN MBH mit der Durchführung der bautechnischen und entsorgungstechnischen Arbeiten auf der Grundlage eines Festpreisangebotes beauftragt.

Der Sanierungsbescheid sah die Kontrolle der Aushubsole durch die laboranalytische Untersuchung von Bodenproben entlang eines 5 x 5 m Rasters durch einen Fremdüberwacher vor. Auf der Grundlage der Befunde sollte dieser, in Abstimmung mit dem REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL, die Freigabe für die Verfüllung erteilen.

Die Verfüllung selbst sollte ebenfalls durch geeignete Versuche durch den Fremdüberwacher kontrolliert werden und eine entsprechende Bescheinigung für die durchgeführte Qualität vorgelegt werden.

Das BAUGRUNDLABOR FULDA wurde von dem REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL, ABT. UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ IN BAD HERSFELD mit der umwelt- und geotechnischen Fremdüberwachung der Sanierungsmaßnahme beauftragt.

Die während der Sanierung getroffenen Feststellungen sowie die Dokumentation und Bewertung der entnommenen Boden- und Grundwasserproben und der Verdichtungskontrollen sind Gegenstand dieses Berichtes.



2 Verwendete Schriften und Unterlagen

Karten und Handbücher:

- /1/ HESSISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Hessen im Maßstab 1 : 25000, TOP 25 (2 CD-ROM), 1. Auflage 2000
- /2/ HESSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG: Behelfsausgabe der Geologischen Karte von Hessen, 1 : 25.000, Blatt 5424 Fulda, erschienen 1912, nachgedruckt 1993
- /3/ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Geologische Jahrbuch, Reihe A, Heft 145: Manfred Laemmlen: Die Keuper-Lithostratigraphie bei Fulda mit einem Einblick in den Bau des Fuldaer Grabens, Hannover 1996
- /4/ HLOG: Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 4, Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfad des Boden -> Grundwasser, Wiesbaden 23.10.2000
- /5/ HLOG: Handbuch Altlasten, Bd. 8, Teil 1, Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser, Wiesbaden, 2004

Gesetze, Verordnungen, Handbücher:

- /6/ BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ – BBodSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. BGBl. I S. 502 (17.03.1998)
- /7/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). BGBl. I S. 1554 (12.07.1999)
- /8/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: LAGA-Technische Regeln, „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Stand: 06.11.1998
- /9/ Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit: Verwaltungsvorschrift zu § 77 des HWG für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenverunreinigungen im Hinblick auf den Gewässerschutz (Gw-VwV). - StAnz. 26/1994: 1590-1607; Wiesbaden, 19.05.1994 (seit 31.12.2004 nicht mehr gültig)
- /10/ Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz: Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) - Wiesbaden, 30.09.2005

Vorliegende Berichte und Gutachten

- /11/ Baugrundlabor Fulda (16.06.1995): Ergebnisbericht zur historischen Recherche zur Baumaßnahme LZB an der Dahlbergstraße 17 in Fulda
- /12/ Geonorm (21.06.1995): Umwelt- und abfalltechnische Untersuchung Dahlbergstraße 17 in Fulda (Proj.-Nr.: 1097A23)
- /13/ Geo-Consult (01.11.1995): Ergänzende Untersuchungen / Gefahrenerforschung Chromschaden zwischen Dahlbergstraße und Künzellerstraße in Fulda
- /14/ GBA Prof. Dr.-Ing. Amann Consult GmbH (25.02.1997): Gutachten zur Grundwasseruntersuchung, Fulda, Flur 5, Flurstück 639/4

Sanierungsplan und -bescheid

- /15/ SGDA Sanierungsgesellschaft für Deponien und Altlasten mbH (27.07.2005): Sanierungsplan für das Firmengelände Brähler & Nüchter GmbH, Franzosenwäldchen 10, 36043 Fulda
- /16/ Regierungspräsidium Kassel, Abt. Umwelt- und Arbeitsschutz in Bad Hersfeld (28.04.2006): Bescheid (Verbindlichkeitserklärung) zum Sanierungsplan für das Firmengelände Brähler & Nüchter GmbH, Franzosenwäldchen 10, 36043 Fulda



3 STANDORTBESCHREIBUNG

Die geologische und geographische Situation ist umfänglich in den vorliegenden Berichten und dem Sanierungsplan (/11 - 15/) beschrieben. Zur Orientierung sind nachstehend die Randbedingungen des Standortes zusammengefasst.

3.1 Lage/Topographie/Geologie

Das Gelände befindet sich am südlichen Rand der Fuldaer Altstadt und liegt am Alten Friedhof, Franzosenwäldchen 10 (Gemarkung Fulda, Flur 5, Flurstück 639/4). Die Lage des Planungsgeländes kann der nachfolgenden Abbildung (TK-Auszug) entnommen werden.



Nördlich an die Fläche grenzt das Gelände der Deutschen Bundesbank – Hauptverwaltung Frankfurt -, das im Jahr 1995 bebaut werden sollte. Im Zuge des Baugrubenaushubs wurde neben einer Bodenbelastung mit PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) und MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe) eine Verunreinigung des in die Baugrube eintretenden Grundwassers mit Chrom festgestellt. Nach Abschluss der damals durchgeführten Sanierungsarbeiten wurde das Gelände der Deutschen Bundesbank bis heute keiner neuen Nutzung zugeführt. Es liegt als Brache da.

Östlich grenzt das Grundstück der Familie Gass an, dass im unmittelbar angrenzenden Bereich als gepflasterter Parkplatz ausgebildet ist. Im Süden schließt eine Wohnbebauung an (Einfamilienhaus) und im Osten die Straße Franzosenwäldchen.



Nach den Eintragungen im Blatt Fulda der Geologischen Karte sowie den Ausführungen in /3/ liegt der Untergrund des Planungsgeländes im Übergangsbereich vom Unteren- zum Mittleren Muschelkalk. Während im östlichen Abschnitt die Kalksteine des Unteren Muschelkalk dominieren werden diese im südwestlichen Bereich zunehmend von den feinkörnig verwitterten Mergelsteinen überlagert.

Im Zuge der Bebauung des Grundstücks wurden die anstehenden Verwitterungshorizonte mit bis zu 3,8 m mächtigen Auffüllungsmaterialien überdeckt, die aus umgelagerten Erdmaterialien sowie bauschuttartigen Materialien, teilweise auch Brandrückständen (Schlacken u. Aschen), bestehen.

Analog zur Geologie ist von einem Kluftgrundwasserleiter innerhalb der Kalksteine des Unteren Muschelkalk auszugehen, der (zumindest theoretisch) gute Durchlässigkeiten aufweisen kann. Die feinkörnigen Sedimente des Mittleren Muschelkalk sind eher als grundwasserstauend anzusehen. Dementsprechend verläuft die Grundwasserfließrichtung von Südost nach Nordwest, in Richtung Dalbergstraße entlang des Übergangs vom Unteren zum Mittleren Muschelkalk.

Ein Trinkwasserschutzgebiet ist im Stadtgebiet Fulda nicht ausgewiesen.

3.2 Standorthistorie/Nutzung

Die umfangreiche Standorthistorie ist, soweit sie aufgeklärt werden konnte, in den vorliegenden Berichten (insbesondere /11/ und /15/) dokumentiert.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Daten ist im folgenden aufgeführt:

Tab. 1: Übersicht zur Nutzungsgeschichte

Jahr	Nutzung/Eigentümer
ca. 1861 bis 1920	Wachsbleiche, Eigentümer Berta Bleiche zunächst durch Sonnenlicht, später vermutlich auch mittels Kaliumdichromat
1920	Ankauf durch Herrn Arnd (Hersteller von Ofenzubehör), weiterverpachtet an Brähler & Nüchter
1929	Abriß des chromverunreinigten Schornsteins
1938	Übernahme der Fläche durch Herrn Nüchter, Nutzung als Lagerplatz für die Fa. Brähler & Nüchter
1942	Aus- und Umbau für die Administration der Fa. Brähler & Nüchter
bis 2006	Firmengelände Brähler & Nüchter (Außen- und Innenausbau mit Isolierung, Putz u. Farben), Lagerung der Betriebsstoffe



4 Durchgeführte Arbeiten

4.1 Durchführung der Sanierungsarbeiten

Die Dokumentation des Ablaufs der Sanierungsarbeiten erfolgt durch die beauftragte Sanierungsfirma SGDA und war nicht Gegenstand unseres Auftrages. Es erfolgt hier nur eine Kurzfassung des Ablaufs und eine Beschreibung der für das Erreichen des Sanierungszieles relevanten Abläufe.

Die Lage der Grube sowie die festgestellten Chromgehalte in der Grubensohle sind in einem Lageplan in der Anlage 1.2 dokumentiert. Der Verlauf der Maßnahme ist mit der Fotodokumentation in der Anlage 3 nachgezeichnet.

Gemäß dem Sanierungsplan /15/ war zunächst der Rückbau des vorhandenen, ehemaligen Betriebsgebäudes vorgesehen, dessen Gebäudesubstanz teilweise ebenfalls massiv mit Chrom(VI) belastet war.

Anschließend sollte nach dem Entfernen der Gebäudesohle und der ehemaligen Fundamente der Aushub der belasteten Bodenbereiche beginnen.

Der Rückbau des ehemaligen Betriebsgebäudes erfolgte im November 2006. Nach der Entfernung der Bodenplatte wurden am 29.11.2006 an drei Positionen an der westlichen Grundstücksgrenze jeweils Baggerschürfe ausgeführt, um den Bodenaufbau zu klären und insbesondere die Tiefe der Belastung festzustellen. Hintergrund dieser Fragestellung war die Notwendigkeit eines Verbaus zum Nachbargrundstück bzw. die Möglichkeit in diesem Bereich mit einer Böschung den Grubenrand zu stabilisieren.

Im Ergebnis (s. auch Fotos 1-5, Anlage 3) wurde im Bereich des Schuppens auf dem Nachbargelände (Schurf 2 und 3) bereits bei ca. 2,8 m unter Gelände der anstehende, unbelastete Festgesteinsverwitterungshorizont festgestellt. In Abstimmung mit dem Eigentümer des Nachbargeländes (Fam. Gass) und dem AG konnte im Übergangsbereich mittels einer Böschung gearbeitet werden, die bis in die Nachbarfläche hineinreichte.

Demgegenüber wurde mit dem Schurf 1 (s. Plan in der Anlage 1.3) eine verfüllte, bis dato nicht bekannte unterirdische Grube freigelegt, deren UK bei ca. +263,7 mNN – entspricht ca. 3,6 m u. GOK – erreicht war. Trotz der größeren Tiefe konnte auch in diesem Abschnitt die Grubenwand mittels Böschung stabilisiert werden.

Nachdem die Vorgehensweise zum Nachbargrundstück geklärt war konnte mit dem Aushub des belasteten Materials weiterverfahren werden. Der Boden sowie die Fundamentreste und die Auffüllungsmaterialien wurden ausgehoben und jeweils vor der verbliebenen Betonfläche zum Abtransport bereitgelegt. Der Abtransport zur Bodenbehandlungsanlage erfolgte jeweils am darauffolgenden Arbeitstag mittels abgeplanter LKW.

Beginnend an der westlichen Grundstücksgrenze wurde dabei nach Osten hin der belastete Boden ausgehoben. Es musste der gesamte Bereich zum Nachbargrundstück bis zum Lagergebäude der Fa. BRÄHLER & NÜCHTER freigegeben werden. Im gesamten Abschnitt waren vorwie-



gend aufgefüllte Materialien anzutreffen.

In der westlichen Grubenwand waren mehrere unterirdische Einbauten zu verzeichnen (Foto 6 und 9-14), die vermutlich größtenteils der Ofenanlage der ehemaligen Wachsbleiche zuzuordnen sind. Ein erhaltener unterirdischer Schacht reicht ca. 5-6 m in das Grundstück der Fam. Gass hinein (Foto 12 und 13).

Die Sanierungsarbeiten waren vertragsgemäß auf das Grundstück NÜCHTER begrenzt. Auf der Nachbarfläche wurde daher nicht weiter ausgehoben. Über die weitere Vorgehensweise in diesem Bereich wird nach der Vorlage einer Detailerkundung durch den Grundstückseigentümer entschieden.

Mit dem weiteren Aushub wurde u. a. die ehemalige Schlammgrube der Fa. BRÄHLER & NÜCHTER freigelegt (Foto 7 u. 8), die noch mit Schlammssand gefüllt war.

Im nächsten Abschnitt wurde das Gelände zum nordwestlichen Nachbargrundstück der Deutschen Bundesbank ausgehoben (Foto 16). Da die auf dem Nachbargelände über die Aushubsohle hinausragende Böschung hauptsächlich aus aufgefüllten, bauschuttartigen Materialien bestand, wurden diese auch als belastet abgefahren und das Gelände auf dem angrenzenden Streifen (Achse A im anliegenden Lageplan) bis zum Sanierungszielwert ausgehoben.

Auf der Achse B wurden etwa auf Höhe der Querachsen 4 und 5 große behauene Sandsteinquadern, die zu einer fundamentartigen Struktur verbaut waren, freigelegt. Dabei handelte es sich vermutlich um das ehemalige Schornsteinfundament. Es wurde vollständig entfernt. Dabei entstand eine ca. 8 x 8 m große Grube, die bis auf eine Tiefe von ca. +263 mNN (ca. 1 m unter Grubensohle) reichte (Foto 19).

Im Verlauf des Aushubs wurde die Lage der geologischen Schichtglieder am Standort gut erkennbar. Während im westlichen Abschnitt die fein- gemischtkörnigen verwitterten Mergelsteine des Mittleren Muschelkalk vorherrschen war ab einer Linie von ca. E 8 nach A 7 in Richtung Osten die Kalksteine des Unteren Muschelkalk zu erkennen, die im aufgeschlossenen Bereich vorwiegend in fein-gemischtkörnige Matrix eingelagert war (Foto 17, 18, 21 sowie 25-27).

Ende Dezember wurde die Baustelle für ca. 10 Tage stillgelegt. Für diesen Zeitraum wurde die Böschung zum westlichen Nachbargrundstück mittels angeliefertem Kalksteinschotter gesichert (Foto 19).

Zu Beginn des Jahres 2007 waren zunächst wiederholte, relevante Niederschläge zu verzeichnen, die zu einer teilweisen Vernässung der Grubensohle führten (Foto 22-24). Wie auf Bild 23 an der gelben Verfärbung des eingestauten Regenwassers gut zu erkennen ist, führte dies teilweise auch zur Lösung des Chrom(VI).

Das Wasser wurde in der Grube im Bereich der ehemaligen Schornsteinfundamente (B 4/B 5) gefasst und dort durch die Behandlung mit Eisenchlorid entgiftet. Anschließend konnte das Wasser, in Abstimmung mit dem Abwasserverband Fulda, in die Kanalisation eingeleitet werden.

Wie aus der Vorerkundung /15/ zu erwarten war, wurden im Bereich der Quadranten B/C/D 9 u. 10 die höchsten Belastungen festgestellt, die teilweise durch das typische „Postgelb“ des Chrom(VI) optisch erkennbar waren.



Zum Erreichen des Sanierungszieles musste daher in diesem Bereich bis auf ein Niveau von +262,5 mNN vertieft werden (Fotos 26 u. 27). In der Sohle dieser Gruben wurde unerwartet anstehendes Grundwasser festgestellt. Sowohl in der Grube im Bereich B 9/10 als auch im Abschnitt D 9 war ein GW-Zutritt auf ca. 262,5 mNN zu erkennen, der nicht weiter anstieg. Daraufhin wurde auch in der Grube B 4/5 in der Sohle geschürft und ebenfalls Grundwasser in dieser Tiefenlage verzeichnet. Das bis dahin gültige GW-Modell für den Standort, das einen stark gespannten GW-Spiegel beschrieb bei einer GW-Anschnitt bei ca. +257 mNN musste daher relativiert werden.

Im Bereich zur Straße „Franzosenwäldchen“ wurde die Angaben der Vorerkundung /15/ bestätigt, dass hier oberflächennah bereits gewachsener Boden ansteht und Belastungen nicht zu besorgen sind. In diesem Abschnitt (Quadranten A-D / 11 u.12) wurde die geringmächtige vorhandene Auffüllung entfernt und nach relativ geringer Aushubtiefe die Entnahme beendet.

Das Freimessen der Grubensohle erfolgte, jeweils bezogen auf einzelne Quadranten, auf Höhenlagen von ca. +262,50 bis +265,00 mNN. Zur Herstellung eines eindeutigen Übergangs von der einzubringenden Auffüllung zum anstehenden verwitterten Fels mit teilweise vorhandenen geringen Chromrestbelastungen (insbesondere Eluatgehalte), wurde durch den RP Kassel eine durchgehende Grubensohle auf der Kote +264,00 mNN festgelegt. Der zusätzlich anfallende geringbelastete Aushub wurde im Rahmen einer Nachtragsbeauftragung abgewickelt.

Neben der gewünschten deutlichen Abgrenzung wurde auf diesem Weg der vorhandene Schadstoffvorrat weiter reduziert und die verbliebene Restmenge an Chrom weitgehend minimiert.

Zur Abgrenzung des eingebauten Kalksteinmaterials wurde die Grubensohle mit einem Geotextil abgedeckt. Oberhalb des Geotextils war zunächst eine kapillarbrechende Schicht aus feinkornfreiem Kalksteinmaterial einzubringen, die sicherstellen soll, dass die vorhandene, gut wasserlösliche Restbelastung nicht in den unbelasteten Bereich aufsteigt.

Der Aushub und Abtransport des belasteten Materials wurde bis Ende Januar 2007 abgeschlossen. Mit einigen zeitlichen Zugeständnissen an niederschlagsreiches Wetter wurde dann am 05.02.2007 mit dem Einbau des Geotextils und dem Verfüllen der Grube begonnen (Foto 28/29).

Bis Ende Februar erfolgte dann die systematische, lagenweise Verfüllung der Grube mit Kalksteinmaterial mit entsprechender Verdichtung gemäß den im Sanierungsvertrag festgelegten Kriterien.

Anschließend wurde die Grundstücksbegrenzung und die Entwässerung der Fläche wiederhergestellt. Da die Arbeiten in enger Absprache mit der Fremdüberwachung und dem AG ausgeführt wurden war die Durchführung der Endabnahme nach dem Räumen der Baustelle bereits am 07.03.2007 möglich und die Fläche konnte wieder an den Eigentümer zur weiteren Verwendung übergeben werden.



4.2 Entnommene Proben und durchgeführte Versuche

Im Rahmen der Fremdüberwachung der Sanierungsmaßnahme und der gutachterlichen Beratung des AG wurden im Zuge der Erdarbeiten folgende Arten von Proben entnommen bzw. Versuche durchgeführt:

1. Entnahme von Mischproben aus der Grubensohle bezogen auf den jeweiligen Quadranten (je 5 x 5 m) zur Freimessung der Baugrube. Je Mischprobe wurden jeweils mind. 5 Einzelproben entnommen. Die Proben wurden an das Prüflaboratorium BIODATA ANALYTIK GMBH in Linden versandt und dort auf Chrom im Feststoff nach DIN EN ISO 11885 sowie im Eluat (S4) bestimmt. In ausgewählten Proben wurde zusätzlich das Chrom(VI) untersucht. Die Beprobung erfolgte jeweils nach Aufforderung durch die Sanierungsfirma gemeinsam mit der Eigenüberwachung.
2. Nach dem im Rahmen eines Nachtrags ausgeführten zusätzlichen Vertiefen der Grube auf ein Niveau von +264 mNN wurden erneut Proben analog der Vorgehensweise unter 1 entnommen. Allerdings wurde die Kantenlänge der Quadranten auf 10 Meter erweitert.
3. Aus der Böschung zum westlich angrenzenden Grundstück sowie zur bestehenden Hoffläche wurden Einzelproben zur Dokumentation der Belastung in den angrenzenden Bereichen entnommen und ebenfalls auf Chrom im Feststoff und Eluat untersucht.
4. Zur Abschätzung der Restbelastung in der Grubensohle wurden von unserem Arbeitstrupp am 24. u. 26.01.2007 Rammkernsondierungen DN 50 in der Grube ausgeführt. Die Kleinbohrungen erreichten Tiefen 0,7 – 2,1 m unter der Sohle. Ein weiterer Bohrfortschritt war jeweils nicht möglich. Den Bohrungen wurden je Meter Mischproben entnommen und diese ebenfalls auf Chrom im Feststoff und Eluat untersucht.
5. Zur Überwachung des Grundwassers wurden einzelnen der am Standort vorhandenen GW-Messstellen an insgesamt vier Terminen GW-Proben entnommen. Die Probenahme erfolgte jeweils mit einer elektrischen Tauchpumpe (Comet), die ca. 1 m über Brunnenbautiefe eingebaut wurde. Die Beprobung erfolgte nach dem mehrfachen Austausch des Pegelinhaltes, wobei die Brunnen meist nach kurzer Pumpdauer trocken fielen. Bei der Beprobung am 09.02.2007 wurde eine längere Pumpdauer vorgesehen, um zusätzliche Daten über die Ergiebigkeit des GW-Leiters zu erlangen. Vor der Probenahme wurden jeweils die Grundwasserspiegellagen eingemessen. Die entnommenen Proben wurde im Labor auf Chrom(gesamt) sowie Chrom(VI) nach DIN 38405 D24 untersucht.
6. Zur Verdichtungskontrolle des wiedereingebauten Materials wurden vom BAUGRUNDLABOR FULDA insgesamt 16 Lastplattendruckversuche nach DIN 18.134-300 durchgeführt. In Abstimmung mit dem Sanierungsbescheid /16/ sowie dem AG wurde jede 3. Einbaulage geprüft. Je Prüflage wurden jeweils 3 Verdichtungsprüfungen ausgeführt.

Die entnommenen Proben sowie die laboranalytischen Befunde sind in einer Übersichtstabelle in der Anlage 4.1 eingetragen, die auch einen Großteil der Ergebnisse der Eigenüberwachung enthält. Die Laborprüfberichte sind in der Anlage 4.2 dokumentiert.

Die Profile der durchgeführten Rammkernsondierungen sind in Profilschnitte in der Anlage 2 eingetragen. Die Grundwasserfließrichtung ist in Form von Grundwassergleichen auf der Basis der Messungen vom 09.02.2007 in dem Lageplan in der Anlage 1.1 eingetragen.

Die Ergebnisse der Plattendruckversuche sind in einer Übersichtstabelle in der Anlage 6.1 zusammengefasst und in Form von Last-Setzungs-Linien einzeln in der Anlage 6.2 dokumentiert.



5 Ergebnisse und Bewertung

5.1 Bewertungsgrundlagen der Untersuchungsbefunde

Bewertung gemäß Sanierungsbescheid

Zur Bewertung der Proben aus der Sohle der Baugrube (Rasterproben) die zum Nachweis des Sanierungserfolges dienen sollten, war der im Sanierungsbescheid vom 28.04.2005 /16/ vorgegebene Sanierungszielwert maßgebend. Hier wurde bezogen auf die Bodenuntersuchungen ein

Sanierungszielwert von 300 mg Chrom(gesamt)/kg

festgelegt. Dieser Zielwert durfte nur überschritten werden, wenn im Eluat Chrom(gesamt)-Gehalte $<100\mu\text{g/l}$ nachgewiesen werden konnten.

Für den Zielwert im Feststoff war der Nachweis unmittelbar nach Beendigung des Aushubs (bzw. innerhalb von 48 h nach der Probenahme) durch den Fremdüberwacher zu führen.

Bezogen auf das Medium **Grundwasser** wurde im Sanierungsbescheid ein

Sanierungszielwert von 50 μg Chrom(gesamt)/l

vorgegeben. Für Chrom(VI) wird ein Sanierungszielwert von 7 $\mu\text{g/l}$ vorgesehen.

Der Zielwert soll im Rahmen der Nachsorge erreicht werden. Es war vorgesehen, dass die vorhandenen GW-Messstellen I, II und III im jeweiligen Abstand von 3 Monaten zu beproben sind. Nach 2 Beprobungsreihen sollte über das Erreichen der Sanierungsziele seitens der Fachbehörde befunden werden.

Für den Wiedereinbau von Erdmaterial war im Sanierungsbescheid der Einsatz von verdichtungsfähigem Boden auf Schüttlagen von max. 30 cm Stärke vorgesehen. Die Verdichtung sollte auf **98% der einfachen Proctordichte** erfolgen. In Absprache mit dem Regierungspräsidium Kassel, Abt. Umwelt- und Arbeitsschutz in Bad Hersfeld wurde diesem Wert unter Bezugnahme auf die ZTVE-StB ein **Ev₂-Wert von ca. 80 MN/m²** als Prüfkriterium im Ergebnis des Lastplattendruckversuchs zugeordnet.



Bewertungsrahmen

Zur Einordnung der Werte gemäß Sanierungsbescheid erfolgt nachstehend eine kurze Beschreibung des aktuell gültigen rechtlichen Bewertungsrahmens für Boden- und Grundwasserbelastungen in Hessen.

Zur umwelttechnischen Bewertung von Bodenbelastungen wurde mit Datum vom 17.03.1998 das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) /4/ veröffentlicht und mit Datum vom 17.07.1999 wurden mit der nachgeordneten Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) /5/ erstmals bundeseinheitliche Orientierungswerte eingeführt.

Die dokumentierten Prüfwerte, bei deren Unterschreitung der Gefahrenverdacht in der Regel als ausgeräumt gilt, werden hinsichtlich der spezifischen Flächen- bzw. Umfeldnutzung abgegrenzt in Bereiche mit sensibleren und unsensibleren Nutzungsarten und weisen entsprechend differenzierte Schwellenkonzentrationen auf (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegrundstücke).

Die folgenden Wirkungspfade sind anhand der vorliegenden Prüf- und Maßnahmenwertelisten sowie der gutachterlichen Einschätzung zu bewerten:

- Wirkungspfad Boden – Mensch (Feststoffkonzentrationen)
- Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze (Feststoffkonzentrationen)
- Wirkungspfad Boden – Grundwasser (Sickerwasser- bzw. Eluatkonzentrationen)

Die BBodSchV weist bislang nur für ein **begrenztes Stoffspektrum** Prüfwerte auf; eine Ergänzung soll in der Zukunft sukzessive erfolgen. Für die Bewertung der bislang nicht berücksichtigten Stoffgruppen erfolgt eine ausschließlich gutachterliche Bewertung auf der Grundlage der Erfahrungen des Gutachters und der bestehenden Randbedingungen sowie der länderspezifischen Regelungen.

In der nachstehenden Tabelle ist der relevante Prüfwert der BBodSchV eingetragen, der einen weiteren Untersuchungsbedarf indiziert.

Tab. 2: Orientierungswerte der BBodSchV

Wirkungspfad Boden – Mensch: Prüfwerte Nutzung Wohngebiete	
Parameter	Boden (mg/kg)
Chrom	400

Ergänzend zur BBodSchV wurde im BUNDESLAND HESSEN eine Arbeitshilfe zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser im Jahr 2001 vom HLU (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) eingeführt. Neben methodischen Handlungsansätzen wurden mit der Arbeitshilfe landesspezifische Beurteilungswerte für die Kompartimente Boden und Bodenluft für typische Schadstoffe angegeben /3/.

Sind diese Beurteilungswerte überschritten, sind, gemäß den Vorgaben des HLU, weitere Sachverhaltsermittlungen erforderlich.



Tab. 3: Orientierungswerte Boden gemäß Arbeitshilfe des HLUG

Parameter	Beurteilungswert Boden
Chrom	500 mg/kg

Zur **abfalltechnischen Einstufung von belasteten mineralischen Materialien** erfolgt eine Einstufung hinsichtlich einer möglichen Verwertung anhand der Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) über die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen /6/. Gemäß dieser Regeln werden mineralische Materialien anhand ihrer Stoffkonzentrationen in sechs verschiedene Verwertungskategorien (Z0 bis Z5) eingestuft.

Die Zuordnung der Kategorien erfolgt nach dem in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Schema:

Tab. 4: Einbauklassen nach LAGA

Einbauklasse	Zuordnungswert (als Obergrenze der Einbauklasse)
Uneingeschränkter Einbau	Z 0
Eingeschränkter offener Einbau	Z 1 (Z 1.1 und Z 1.2)
Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen	Z 2
Einbau/Ablagerung in Deponien	Z 3 bis Z 5

Zur Feststellung des Zuordnungswertes muss ein Mindestuntersuchungsprogramm (Deklarationsanalytik) durchgeführt werden.

Die im Kapitel vorgenommene Einstufung des untersuchten Bodens nach Kategorien auf Basis der LAGA-Zuordnungswerte bezieht sich auf die untersuchten Parameter und ist vorbehaltlich zu sehen, da i. d. R. für eine Entsorgung/Verwertung von Bodenaushub alle Analysenparameter der LAGA-Liste zu untersuchen sind.

Tab. 5: Zuordnungswerte nach LAGA

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte (Feststoff)			
		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Chrom	mg/kg	60	120	200	600



Beurteilung von Stoffkonzentrationen im Grundwasser im BUNDESLAND HESSEN

Für die Gefährdungsabschätzung von Stoffkonzentrationen im Grundwasser ist in Hessen die "Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV)" relevant. Hier werden sogenannte Geringfügigkeitsschwellenwerte angegeben. Werden im Grundwasser Konzentrationen oberhalb dieses Niveaus gemessen ist zunächst ein weiterer Untersuchungsbedarf abzuleiten. Zur Feststellung einer schädlichen Grundwasserverunreinigung sind neben den gemessenen Konzentrationen auch die Standort-Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Als Arbeitshilfe zur Bewertung der Rahmenbedingungen kann das Handbuch Altlasten des HLUG, Band 8, Teil 1, „Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser“ /4/ und Band 3, Teil 4 „Untersuchung u. Beurteilung des Wirkungspfades Boden -> Grundwasser“ /3/ herangezogen werden.

Die relevanten Richtwerte der GWS-VwV sind in der nachfolgenden Tabelle als orientierende Bewertungsgrundlagen zusammengestellt.

Tab. 6: Geringfügigkeitsschwellenwerte gem. hessischer GWS-VwV

Parameter	Prüfwert (µg/l)
Chrom einschl Cr _{VI}	7
Chrom ohne Cr _{VI}	50

5.2 Boden

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in einer Übersichtstabelle in der Anlage 4.1 eingetragen. Die Lage der Quadranten sowie die Befunde der Abschlussbeprobung sind in den Plan in der Anlage 1.2 eingetragen.

Grubensohle:

Die Ergebnisse der untersuchten Proben aus der Grubensohle wurden baubegleitend umgehend per E-Mail an den Auftraggeber weitergeleitet und bewertet. Auf der Grundlage dieser Befunde und unter Berücksichtigung der von der Sanierungsfirma vorgelegten Ergebnisse der Eigenüberwachung wurde jeweils kurzfristig über den weiteren Fortgang der Sanierungsarbeiten entschieden. Der Aushub durch die SGDA musste je Quadrant bis zum Erreichen des Sanierungszielwertes erfolgen.

In einzelnen Quadranten war daher die wiederholte Beprobung erforderlich, nachdem jeweils eine weitere Vertiefung erfolgte. Dies gilt bspw. für die Bereiche B 9 und 10 oder C 9. Hier wurden zunächst Gehalte von bis zu 2.310 mg Cr/kg festgestellt. Erst auf einer Tiefe von ca. 262,5 mNN konnte hier die Freigabe erteilt werden.

Die abschließenden Ergebnisse der Sohlbeprobung wurden bereits in unserem Schreiben vom 06.03.2007 zusammenfassend bewertet. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse (Feststoff und Eluatuntersuchungen) dargestellt.



Tab. 7: Analysenergebnisse der Abschlussbeprobung (Feststoff und Eluat)

Probenahme Datum	Proben- bezeichnung Sohle	Entn.tiefe (GOK ca. 267,3 mNN)	Parameter	
			Cr _{ges} FS mg/kg	Cr _{ges} EL mg/l
16.01.2007	A 3		120	0,32
18.12.2006	A 4		113	0,03
18.12.2006	A 5		28,9	<0,01
21.12.2006	A 6		32,2	<0,01
21.12.2006	A 7		18,2	<0,01
21.12.2006	A 8		13,6	<0,01
21.12.2006	A 9		90,4	<0,01
21.12.2006	A 10		36,1	0,04
03.01.2007	A 11		67,4	0,01
03.01.2007	A 12		47,2	<0,01
06.12.2006	B 3	264,52	169	1,51
18.12.2006	B 4	263,25	89,7	1,29
13.12.2006	B 5	264,43	85,7	1,34
13.12.2006	B 6	264,59	37,5	3,08
13.12.2006	B 7	264,89	57,3	2,42
13.12.2006	B 8	264,68	191	16,00
13.12.2006	B 9	264,64	302	43,70
26.01.2007	B 9	262,51	119	2,47
26.01.2007	B 10	262,82	96	1,63
03.01.2007	B 11	265,08	118	0,09
03.01.2007	B 12	266,14	58,6	0,03
06.12.2006	C 3	264,73	151	4,58
18.12.2006	C 4	264,65	76,8	2,23
18.12.2006	C 5	264,48	86	1,76
21.12.2006	C 6	264,41	213	8,09
05.01.2007	C 7	264,78	77,2	1,99
05.01.2007	C 8	264,58	168	6,56
18.01.2007	C 9	264,00	186	5,29
10.01.2007	C 10	264,04	302	18,70
18.01.2007	C 11	264,00	160	14,10
03.01.2007	C 12	266,16	105	0,27
18.12.2006	D 3	264,75	55,2	0,84
18.12.2006	D 4	264,75	82,7	0,73
18.12.2006	D 5	264,72	114	1,07
16.01.2007	D 6	264,00	355	31,30
21.12.2006	D 7	264,66	286	16,00
23.01.2007	D 8	264,00	196	14,80
26.01.2007	D 9	262,82	165	2,49
05.01.2007	D 10	264,96	243	13,30
26.01.2007	D 11	266,2	65,1	<0,01
31.01.2007	D 12	266,15	42	<0,01
13.12.2006	E 4	263,68	231	2,02
21.12.2006	E 5	264,62	11,3	0,58
21.12.2006	E 6	264,75	138	4,10
21.12.2006	E 7	264,83	18,3	0,58
05.01.2007	E 8	266,26	91,5	1,95
05.01.2007	E 9	266,19	88,5	2,91
16.01.2007	F 5-6-7	264,75	21,9	0,01



Auf der Grundlage der oben stehenden Befunde (Feststoffgehalte) wurde die Freigabe zum Wiederverfüllen der Grube erteilt, da der Zielwert von 300 mg Cr_{ges} /kg unterschritten war (mit Ausnahme des Quadranten D 6, die Freigabe erfolgte dennoch, da im Großteil der Fläche massiver Fels angetroffen wurde und mit 355 mg Cr_{ges} /kg der Zielwert nahezu erreicht war).

Während im maßgebenden Bereich der Feststoffgehalte in einem Großteil der Fläche nur Gehalte <100-150 mg Cr_{ges} /kg zu verzeichnen sind, wurden in den untersuchten Eluaten teilweise noch erhebliche Gehalte von über 30-40 mg Cr_{ges} /l nachgewiesen. Bezüglich der Beurteilung des Sanierungserfolges wurden im Bescheid /16/ ausschließlich die Feststoffwerte beigezogen, die Eluatgehalte dienen daher nur der allgemeinen Standorteinschätzung.

Wie einzelne Chrom(VI)-Bestimmungen im Eluat (Probe C 9) zeigen, repräsentieren die gemessenen Chrom(gesamt)-Konzentrationen zu über 95% das am Standort dominierende Chrom(VI), das sich durch eine besonders hohe Löslichkeit im Wasser auszeichnet. D.h. bei der Eluierung geht praktisch das gesamte Chrom(VI) in Lösung.

Die zusätzliche Vertiefung des gesamten Sanierungsbereiches auf ein Niveau von +264 mNN hatte auch einen positiven Effekt (deutliche Verringerung) auf das Niveau Eluatgehalte im verbliebenen Verwitterungshorizont. Die Befunde der auf diesem Niveau entnommenen Proben (Raster 10 x 10 m) sind nachstehend zusammengefasst.

Tab. 8: Analyseergebnisse der Abschlussbeprobung auf der Grubensohle bei +264,00 mNN

Probenahme Datum	Proben- bezeichnung Sohle	Entnahmetiefe (GOK ca. 267,3 mNN)	Parameter	
			Cr_{ges} FS mg/kg	Cr_{ges} EL mg/l
12.01.2007	B/C – 3 / 4	264,00	152	2,73
16.01.2007	B/C – 5 / 6	264,00	64,6	3,90
16.01.2007	B/C – 7 / 8	264,00	171	9,49
12.01.2007	D/E – 4 / 5	264,00	105	0,72
16.01.2007	D/E – 6 / 7	264,00	109	7,10
31.01.2007	E – 8 / 9 / 10		39,1	1,68

Die Ergebnisse zeigen tendenziell niedrigere Eluatgehalte und wiederum Feststoffgehalte deutlich unterhalb des Sanierungszielwertes.

Auf der Basis der Sohle auf +264,00 mNN wurden zur Dokumentation der Restkonzentrationen insgesamt 6 Rammkernsondierungen auf Tiefen von 0,7-2,1 m niedergebracht. Außerdem wurde in einem auf +262,5 m vertieften Bereich eine Bohrung (Quadrant B 10) angesetzt. Die Ergebnisse der untersuchten Proben sind nachstehend dokumentiert. Die Lage der Ansatzpunkte kann dem Plan in der Anlage 1.3 entnommen werden.



Tab. 9: Analysenergebnisse der Proben aus Rammkernsondierungen in der Grube

Probenahme Datum	Proben- bezeichnung Sohle	Entnahmetiefe (m u. Baugrubens. von 264,0 mNN)	Parameter	
			Cr _{ges} FS mg/kg	Cr _{ges} EL mg/l
24.01.2007	RKS 1	0,1 – 1,0 m	39,5	0,08
24.01.2007	RKS 1	1,0 – 2,0 m	40,1	0,37
24.01.2007	RKS 2	0,1 – 0,7 m	12,4	0,95
24.01.2007	RKS 3	0,1 – 0,7 m	229	20,10
24.01.2007	RKS 4	0,1 – 0,9 m	150	13,20
24.01.2007	RKS 5	0,1 – 0,9 m	21,9	1,52
24.01.2007	RKS 6	0,1 – 1,1 m	20,5	<0,01
26.01.2007	RKS B 10	0,1 – 0,8	69,4	2,14

Mit Ausnahme der Werte aus den Aufschlüssen 3 und 4 wurden nur niedrige Gehalte nachgewiesen, die dokumentieren, dass in weiten Teilen unterhalb der verbliebenen Grubensohle auch die Eluatgehalte deutlich zurückgegangen sind. Die Feststoffwerte zeigen nurmehr Spurengehalte.

Die Aufschlüsse 3 und 4 wurden im Bereich der Schadenszentren in den Quadranten B 10 bzw. D 6/7 angesetzt und zeigen, dass die dort vorhandenen massiven Chrombelastungen im Verlauf der zurückliegenden Jahre trotz Überbauung in die Tiefe verlagert wurden. Die Mobilität des vorhandenen Chrom wird durch die hohen Eluatwerte dokumentiert. Dennoch wird auch in diesen Bereichen der Sanierungszielwert im Feststoff deutlich unterschritten.

Da nach Abschluss der Aushubarbeiten die Grube mit einer ca. 3 m mächtigen Kalkschotter-schicht der Körnung 0/100 wiederverfüllt wurde, kommt es praktisch nicht mehr zur Versickerung von Niederschlagswasser, d. h. die geringen Feststoffgehalte werden praktisch nicht mehr mobilisiert und in Richtung des Grundwassers verfrachtet.

Abschließend kann dies erst nach Vorlage der nachsorgenden Grundwasserüberwachung beurteilt werden.



Proben aus Böschungen und Grubenwänden

Gelände Fa. BRÄHLER & NÜCHTER:

Auf dem Sanierungsgelände wurde aus den Wänden zur bestehenden Hofffläche repräsentativen Proben zur Beurteilung des Bestandes entnommen. Die Entnahmestellen sind in den Lageplan in der Anlage 1.3 eingetragen. Die Laborergebnisse nachstehend zusammengefasst.

Tab. 10: Analyseergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände Fa. BRÄHLER & NÜCHTER)

Proben- bezeichnung Sohle	Entnahmetiefe (GOK ca. 267,3 mNN)	Parameter	
		Cr _{ges} FS mg/kg	Cr _{ges} EL mg/l
W 4	1,0 – 1,5 m	120	2,04
W 6	0,5 – 0,6 m	72,1	0,02
W 11	1,0 m	10	0,09

Die Ergebnisse dokumentieren, dass in der nicht sanierten Grundstückfläche im Übergang zum sanierten Bereich keine relevanten Chromgehalte zu verzeichnen sind.

Gelände LZB:

Zur Beurteilung der aus Auffüllung bestehenden Auffüllung an der nordwestlichen Ecke der Fläche auf dem LZB-Gelände im Vorfeld des dort vorhandene Abwasserschachtes wurden die nachstehend aufgeführten Proben entnommen

Tab. 11: Analyseergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände LZB)

Proben- bezeichnung Sohle	Entnahmetiefe (GOK ca. 267,3 mNN)	Parameter	
		Cr _{ges} FS mg/kg	Cr _{ges} EL mg/l
W 2	Böschung A 3	713	0,52
W 7	Böschung A 3	549	0,43

Auf der Grundlage dieser Befund wurde entschieden die aufgefüllten Böschungsmaterialien auf dem angrenzenden Abschnitt des LZB-Geländes mit aufzunehmen und zu entsorgen.

Die nachfolgend aus dem Bereich der Achse A entnommenen Proben (s. Tabelle oben) dokumentieren, dass hier keine Restbelastungen verblieben sind.



Gelände Familie GASS:

Nachdem die Böschung zum westlich angrenzenden Gelände der Fam. Gass freigelegt wurde waren aushaltend ca. 1-2 m mächtige Auffüllungen zu erkennen. Zur Beurteilung der Belastungssituation wurden entlang der Grundstücksgrenze repräsentative Probenentnommen und untersucht.

Tab. 12: Analysenergebnisse der Proben aus Böschungen (Gelände Fam. GASS)

Proben- bezeichnung Sohle	Entnahmetiefe (GOK ca. 267,3 mNN)	Parameter	
		Cr _{ges} FS mg/kg	Cr _{ges} EL mg/l
W 1	1,0 – 1,5 m	683	0,33
W 3	1,0 – 1,5 m	42	0,07
W 5	3,5 – 3,6 m	653	0,12
W 8	1,5 m Bauschutt	140	0,14
W 9	1,5 m Bauschutt	347	0,12
W 10	1,5 m Erde	67,2	1,80

Die Ergebnisse der Proben zeigen eine breite Streuung der Chromgehalte im Feststoff. Insbesondere im nördlichen Teil wurde erhöhte Gehalte nachgewiesen. Demgegenüber wurden in den Eluat durchgehend nur Spurengehalte verzeichnet. Dies weist auf niedrige Chrom(VI)-Anteile in den Proben hin.

Obwohl der für die Sanierungsmaßnahme BRÄHLER & NÜCHTER festgelegte Sanierungszielwert von 300 mg Cr_{ges}/kg teilweise überschritten wird, ist kein unmittelbarer Handlungsbedarf abzuleiten. Ein Teil des Materials im aus dem Bereich der Proben W 1, W 8 und W 5 wurde zudem zur Herstellung der Böschung noch entfernt. Nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme wurde die Fläche wieder versiegelt.

Eine abschließende Bewertung der Belastungen auf dem Grundstück Gass erfolgt durch eine dem Eigentümer aufgegebenen Detailuntersuchung.



5.3 Wiederverfüllung

Wie im Abschnitt 4 beschrieben erfolgte die Wiederverfüllung der Grube ab dem 05.02.2007. Wie festgelegt haben wir die Wiederverfüllung der Baugrube am Franzosenwäldchen mittels Lastplattendruckversuchen überwacht. Darüber hinaus haben wir uns durch regelmäßige Baustellenversuche immer wieder einen Eindruck über das eingesetzte Material und den Baufortschritt verschafft.

Bei der Durchführung der Verdichtungsprüfungen haben wir jeweils drei statische Lastplattendruckversuche je Lage verteilt über die Fläche durchgeführt. Geprüft wurde auf jeweils jeder dritten Schüttlage. Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

Tab. 13: Ergebnisse der Verdichtungsprüfungen (Lastplattendruckversuche n. DIN 18.134)

Datum	Messstelle	Prüfschicht	Ev ₂ (MN/m ²)	Ev ₂ / Ev ₁
08.02.2007	PDV 1	3. Lage Kalkschotter	94,14	3,31
	PDV 2	3. Lage Kalkschotter	98,45	4,07
	PDV 3	3. Lage Kalkschotter	141,58	5,30
12.02.2007	PDV 4	6. Lage Kalkschotter	168,40	3,89
	PDV 5	6. Lage Kalkschotter	126,53	2,38
	PDV 6	6. Lage Kalkschotter	111,04	3,49
14.02.2007	PDV 7	9. Lage Kalkschotter	67,02	2,53
	PDV 8	9. Lage Kalkschotter	63,57	1,42
	PDV 9	9. Lage Kalkschotter	84,38	2,50
21.02.2007	PDV 10	11. Lage Kalkschotter	73,47	2,09
	PDV 11	11. Lage Kalkschotter	89,76	2,44
	PDV 12	11. Lage Kalkschotter	77,11	2,20
23.02.2007	PDV 13	OK Gelände	51,20	2,61
	PDV 14	OK Gelände	119,69	2,06
	PDV 15	OK Gelände	95,17	2,85
	PDV 16	OK Gelände	84,24	1,91

Ausgehend von den im Sanierungsbescheid vom 28.04.2005 geforderten Verdichtungsgrad von 98% D_{pr} (Proctordichte) kann gemäß ZTVE-StB ein Ev₂-Wert von ca. 80 MN/m² als Prüfkriterium zugeordnet werden.

Dementsprechend wurde bei den Kontrollen am 08. und 12.02.2007 der vorgegebene Wert deutlich erreicht. Allerdings wurden am 08.02.2007 hohe Ev₂ / Ev₁-Verhältniszahlen verzeichnet, die auf eine ungenügende Verdichtung hinwiesen. Aufgrund dieser erhöhten Werte wurde das Nachverdichten des Planums angeordnet und die SGDA aufgefordert, besser abgestuftes Verfüllmate-



rial anliefern zu lassen.

Bei der folgenden Prüfung am 12. Februar wurde gut abgestuftes Material auf der Baustelle festgestellt. Dementsprechend waren die gemessenen Werte wesentlich günstiger, so dass zu diesem Termin kein weiterer Handlungsbedarf zu verzeichnen war.

Bei der Kontrolle am 14. Februar waren die äußeren Bedingungen aufgrund des regnerischen Wetters ungünstig. Das angelieferte Kalkschottermaterial wies, wie gewünscht einen hohen Feinkornanteil auf (Abdichtungseffekt). Dies hat aber eine entsprechende Wasserempfindlichkeit zur Folge. Schon beim Befahren des Planum mit der Walze war zu erkennen, dass dieses aufgrund der Niederschläge arbeitete. Entsprechend erreichten die gemessenen E_{v2} -Werte nicht ganz die geforderte Größenordnung.

Da auch für die Folgetage weitgehend regnerisches Wetter vorhergesagt war wurde die Unterbrechung der Verfüllarbeiten empfohlen.

Nachdem am 20.02.2007 die Arbeiten zur Wiederverfüllung der Baugrube wieder aufgenommen wurden, haben wir am 21.02.2007 auf der 11. Lage erneut geprüft. Die festgestellten E_{v2} -Werte variierten zwischen 73 und 89 bei Verhältniswerten von 2,09 - 2,44. Dies war eine deutliche Verbesserung gegenüber den Werten vom 14.02.2007.

Obwohl der angenommene Richtwert von 80 MN/m^2 in zwei Versuchen nicht ganz erreicht wurde, wurde aufgrund der guten Verhältniswerte und des insgesamt positiven Gesamteindrucks lediglich ein Nachverdichten angeordnet.

Die Verfüll und Verdichtungsarbeiten wurden bis zum 20.02.2007 abgeschlossen. Zur Oberfläche wurde als Abschluss eine Schicht Kalksteinschotter 0/32 aufgebracht und verdichtet. Abschließend haben wir auch auf dieser Schicht Verdichtungsprüfungen durchgeführt. Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

Der erste Versuch (PDV 13), im westlichen Bereich der Fläche positioniert, wies einen niedrigen E_{v2} -Wert auf. Daraufhin wurde in diesem Abschnitt unverzüglich nachverdichtet. Die weiteren Versuche (PDV 14 und 15) wiesen hervorragende Werte auf. Anschließend wurde in ca. 2 m Entfernung zu PDV 13 ein weiterer Lastplattendruckversuch ausgeführt, der ausreichende Werte ergab.

Zusammen mit den im Schreiben vom 20. Februar 2007 dokumentierten Werten, entspricht auf der Grundlage der Befunde der Fremdüberwachung die Grubenverfüllung der im Sanierungsbescheid vorgegebenen Qualität. Ein weiterer Handlungsbedarf zur Verbesserung der Tragfähigkeit ist daher aus unserer Sicht nicht gegeben.



5.4 Grundwasser

Zur Überwachung der Entwicklung der Grundwasserqualität wurden den vorhandenen Grundwassermessstellen an mehreren Terminen Proben entnommen. Die Lage der Messstellen kann dem Plan in der Anlage 1.1 und 1.3 entnommen werden.

Im Zuge der Beprobung am 09.02.2007 wurden neben den Ruhewasserspiegeln auch der Verlauf der Absenkung und die Entnahmeraten über einen Zeitraum von mind. 30 Minuten dokumentiert. In der nachfolgenden Tabelle sind die Grunddaten der Grundwassermessstellen sowie die gemessenen Grundwasserspiegellagen aus dem Jahr 1995 sowie vom 09.02.2007 eingetragen.

Tab. 14: Grunddaten der Grundwassermessstellen und Spiegellagen

	GOK	POK	Ausbau- DN	Ausbau- tiefe	Beginn Filter	Ruhewasser			
						m u. GOK	mNN	m u. GOK	mNN
	mNN	mNN	mm	m u. GOK	m u. GOK	1995	09.02.2007		
GWP 1	263,64	264,03	50	19,00	15,00	3,78	259,86	4,14	259,89
GWP 2	265,20	265,32	50	10,00	5,00	2,69	262,51		
GWP 3	266,33	265,90	50	7,00	5,00	2,76	263,57	3,05	262,85
GWP 4	266,24	266,03	50	9,00	4,00	1,65	264,59	1,75	264,28
GWM I	267,22	267,13	150	10,30	3,00	2,95	264,27	2,60	264,53
GWM II	265,36	265,98	150	10,00	4,00	2,29	263,07	3,65	262,33
GWM III	265,79	266,59	150	10,00	3,00	2,87	262,92	4,12	262,47

Auf der Grundlage der in Meter über Normalnull umgerechneten Daten vom 09.02.2007 wurden Grundwassergleichen konstruiert und in den Plan in der Anlage 1.1 eingetragen. Wie bei bereits vorangegangenen Auswertungen wurde die Grundwasserfließrichtung in Richtung Norden zur Dalbergstraße hin festgestellt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die auf der Grundlage der Daten vom 09.02.2007 abgeleiteten hydraulischen Angaben eingetragen.



Tab. 15: Hydraulische Grunddaten

Parameter/Messstellen	GWP 1	GWM I	GWM II	GWM III
Ruhewasserspiegel (m u. GOK)	4,14	2,60	3,65	4,12
Max. Absenkung in m	0,53	1,79	2,21	1,82
Förderrate (m³/h)	0,24	0,24	0,24	0,24
k_f -Wert (m/s)	$8,6 \times 10^{-6}$	$5,7 \times 10^{-6}$	$5,7 \times 10^{-6}$	$7,4 \times 10^{-6}$
Gefälle	GWM II nach GWP 1: 0,036		GWM I nach GWM II: 0,062	
Abstandsgeschwindigkeit	ca. 3×10^{-6} m/s \approx 0,25 m/d		ca. $3,8 \times 10^{-6}$ m/s \approx 0,35 m/d	

Mit einer k_f -Wert von ca. $6 - 8,5 \times 10^{-6}$ m/s weist der Grundwasserleiter eine mittlere bis geringe Durchlässigkeit auf. Das Gefälle von innerhalb des Geländes von Süd nach Nord ist mit ca. 0,06 relativ steil ausgebildet und flacht Richtung Dalbergstraße auf ca. 0,036 ab. Daraus resultiert rein rechnerisch überschlägig eine Abstandsgeschwindigkeit von ca. 0,35 m/d auf dem Gelände bzw. ca. 0,25 m/d im Bereich der LZB-Fläche.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 16: Analysenergebnisse der Grundwasser-Proben aus Dez. 2006 bis Feb. 2007

Probenahme Datum	Proben- bezeichnung	Parameter	
		Cr_{gas} mg/l	Cr_{VI} mg/l
21.12.2006	GWP 3	0,64	nicht bestimmt
21.12.2006	GWP 4	0,38	nicht bestimmt
26.01.2007	GWP 1	12,90	11,30
26.01.2007	GWP 3	5,17	4,17
23.01.2007	GWM II	2,90	2,69
23.01.2007	GWM III	31,20	28,00
09.02.2007	GWP 1	12,00	11,90
09.02.2007	GWM I	<0,01	<0,003
09.02.2007	GWM II	20,5	19,90
09.02.2007	GWM III	27,10	26,70

* - Ergebnis der Eigenüberwachung der SGDA

Die Entwicklung der Gehalte zeigt, dass nach der Entsiegelung des Geländes zum Ende November 2006 und in Folge der Niederschläge zum Beginn des Jahres 2007 die Chrom-Konzentrationen im Grundwasser an den unmittelbar angrenzenden Messstellen GWM II und III stark zugenommen haben.



Da die beiden Brunnen nur ca. 5 m von den ehemaligen relevanten Chrom-Belastungen entfernt waren ist die Zunahme gut nachvollziehbar. Insbesondere da im Verlauf des Aushubs festgestellt wurde (s. Abschnitt 4.1), dass das Grundwasser bereits bei ca. +262,5 mNN ansteht und daher die Hauptbelastungszonen (ca. B 9/10 und D 8/9) bis in den gesättigten Abschnitt hineinreichten. Eine kurzfristige Mobilisierung infolge der Niederschläge ist hier gegeben.

Die am 26.01. und 09.02.2007 festgestellten Chromgehalte von ca. 12 mg/l im Grundwasser an der Messstelle GWP 1 an der Dalbergstraße sind nicht so eindeutig zuzuordnen. Legt man die rechnerisch ermittelten Abstandsgeschwindigkeiten zugrunde ist von ca. 200 Tagen Fließdauer bis zu dem ca. 68 m entfernt positionierten Pegel auszugehen.

Aufgrund des Wechsels der geologische Formation gerade in diesem Bereich sind die hydraulischen Randbedingungen nur bedingt zu erfassen, da die feinkörnigen, mergeligen Schichten des Mittleren Muschelkalk hier von Südost nach Nordwest mit ca. 20-30 Grad abfallen. Dieser Horizont stellt eine grundwasserstauenden Schicht dar. Dagegen variieren die Durchlässigkeiten in den östlich anstehenden heterogenen Verwitterungsbildungen der Kalksteine des Unteren Muschelkalk aufgrund des Vorhandenseins von Eigenschaften eines Poren- und eines Kluffleiters von gering bis gut, so dass belastbare Angaben über tatsächliche Fließgeschwindigkeiten auf der Grundlage der vorliegenden Daten nicht möglich sind.

Abschließend ist festzustellen, dass der GW-Leiter im Bereich der eigentlichen Sanierungsfläche eine geringe bis mittlere Durchlässigkeit aufweist und aktuell deutlich erhöhte Chrom(VI)-Gehalte aufweist. Da jedoch eine weitere Nachlieferung mangels Schadstoffvorrat unterbunden ist, ist davon auszugehen, dass mit dem Durchströmen von Reinwasser aus dem Oberstrom schon relativ zeitnah eine deutliche Verbesserung der Gehalte zu Erreichen ist.



6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Zeitraum vom November 2006 bis Anfang März 2007 wurde die massive Chrom(VI)-Belastung der vorhandenen Bausubstanz und des anstehenden Bodens durch Rückbau und Bodenaustausch saniert.

Gemäß den Angaben der Sanierungsfirma SGDA wurden insgesamt 5.395 t belasteter Bodenaushub abgefahren sowie ca. 1.301 t belasteter Bauschutt. Gemäß den Berechnungen der SGDA wurden damit insgesamt ca. 5 t Chrom, dies entspricht 15,1 t des mutmaßlich eingesetzten Kalziumchromats, die vom Standort entfernt wurden.

Wie mit den vorliegenden Untersuchungsbefunden der entnommenen Feststoffproben gezeigt werden konnte sind am Standort keine Restbelastungen oberhalb des Sanierungszielwertes von 300 mg Cr_{ges}/kg verblieben. Tatsächlich liegen die Chromgehalte im Großteil der Grubensohle bei unter 150 mg/kg. Das Ziel der Bodenaustauschmaßnahme wurde damit deutlich erreicht.

Das Wiederverfüllen der Grube wurde mittels dem qualifizierten Einbau von Kalksteinschotter durchgeführt. Die begleitende Kontrolle durch Verdichtungsprüfungen dokumentiert, dass die Tragfähigkeit der neu hergerichteten Fläche der vertragsgemäß geforderten Qualität entspricht.

Die sanierungsbegleitend festgestellten Chromgehalte im unmittelbar angrenzenden Grundwasserabstrom sind durch Auswaschungen während der Aushubphase deutlich angestiegen. Es ist davon auszugehen, dass zeitnah die Gehalte wieder deutlich zurückgehen. Da der vorhandene Schadstoffvorrat praktisch vollständig entfernt wurde ist langfristig von einem vollständigen Auswaschen der vorhandenen Restbelastung auszugehen.

Empfehlungen

Bezüglich des Bodens und der wiederhergestellten Fläche besteht kein Handlungsbedarf.

Das Grundwasser sollte, wie vorgesehen, im Abstand von jeweils 3 Monaten zweimal beprobt werden. Auf der Grundlage der dann vorliegenden Befunde ist der Standort weitergehenden zu bewerten.

Der vorliegende Bericht Nr. 1204 ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Fulda, 20. März 2007

BAUGRUNDLABOR FULDA

Dipl.-Ing. U. Zarges