

# MTBE-Sanierung am Standort Leuna

## Sicherung und Sanierung des Grundwasserabstroms der alten Raffinerie mit Dichtwand und Reinigungsanlage



Bild 1: Alte Raffinerie Leuna vor dem Rückbau 1995/96

**Auf dem Areal der früheren Leuna-Werke ist seit Ende der 70er-Jahre in erheblichen Mengen MTBE produziert und dem Benzin zugesetzt worden. Vor allem durch Leckagen bei Abfüllung und Verladung wurde das Grundwasser mit MTBE, BTEX sowie MKW und weiteren Kraftstoffkomponenten kontaminiert. Eine 2 km lange MTBE-Schadstofffahne bedroht im Abstrom Trinkwasserreservoirs und die Saale und wird aktuell durch einen Schutzbrunnen gefasst. Eine kurzfristige Sicherung/Sanierung war erforderlich. Eine Dichtwand soll den Abstrom sichern, das gefasste Wasser in einer Grundwasserreinigungsanlage behandelt und abstromig wieder versickert werden. Zur Auslegung der dauerhaften Grundwasserbehandlungsanlage wird für etwa ein Jahr eine Pilotanlage betrieben.**

**Autoren:** Birgit Harpke, Hans Müller, Michael Endriszewitz, Matthias Winter-Pellicioni, Eyk Hasselwander

Das etwa 1300 ha große Areal der früheren Leuna-Werke inmitten der Wirtschaftsregion Leipzig-Halle hat sich seit Anfang des 20. Jahrhunderts als Standort der chemischen Großchemie entwickelt. Der Name Leuna ist verbunden mit der Ammoniaksynthese (1916), der Kohlehydrierung zu Kraftstoff (ab 1927) und der Caprolactamsynthese zur Herstellung von Perlon (1938). Das Werkgelände ist durch Produktionsgebäude, Lagertanks, Lagerhallen und Verladeeinrichtungen für chemische Produkte geprägt. Die Bebauungsdichte nimmt von Nord nach Süd zum Gelände der ehemaligen alten Raffinerie stark zu (Bild 1).

Heute wird der Chemiapark Leuna nach Umstrukturierungen von einer Betreibergesellschaft betreut und ist ein wirtschaftlich starker Standort für Spezial-, Massen- und Petrochemie. Seit 1990 sind hier 5 Mrd. € investiert worden, für Firmen-Neuansiedlungen stehen über 100 ha Fläche zur Verfügung.

### Grundwasserbelastung

Kriegseinwirkungen mit einer 80prozentigen Zerstörung der Anlagen, Leckagen und Havarien haben zu einer großflächigen Belastung des Grundwassers geführt. Auch die großtechnische Produktion von Methyl-tertiär-Butylether (MTBE) seit Ende der 70er-Jahre, als Antiklopfmittel dem Benzin zugesetzt, hat zu dieser Belastung deutlich mit beigetragen. Ausgehend von Schadstoffherden im südlichen Teil der alten Raffinerie wurden erhebliche Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser festgestellt. Dabei handelt es sich vor allem um MTBE- und BTEX-Frachten sowie MKW und andere Kraftstoffkomponenten, mit Konzentrationen >35 000 µg/l beim MTBE und 31 000 µg/l beim BTEX. Aliphatische Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) liegen in Phase vor; es wird ge-

schätzt, dass sich zwischen 5000 und 17 000 t Produktphase im Untergrund befinden.

Diese gelösten Schadstoffe werden mit dem Grundwasserstrom in östlicher Richtung transportiert; die generelle Fließrichtung ist auf die 2-3 km entfernte, als lokaler Vorfluter wirkende Saale gerichtet. Da abstromig das Einzugsgebiet des östlich gelegenen Trinkwasserwerks Daspig gefährdet ist (welches aktuell durch den Betrieb eines Schutzbrunnens gesichert wird) und besonders MTBE aufgrund seiner hohen Wasserlöslichkeit lange Schadstofffahnen bildet, ist eine kurzfristige Sanierung des MTBE-Schadens erforderlich.

Die zu fassenden und zu reinigenden Grundwässer werden überwiegend durch Neubildung im Einzugsbereich (hauptsächlich im Bereich des Chemiestandorts Leuna) gebildet. Durch die Befrachtung mit organischen Schadstoffen (vor allem Mineralöle und Aromaten) im Südteil der alten Raffinerie und die in dem Zusammenhang stehenden mikrobiellen Abbauprozesse besitzen die Wässer im Zentralteil der Quellen ein extrem niedriges Redoxpotenzial. Zudem gibt es im Bereich des Chemiestandortes Leuna erhebliche Einträge an Ammonium. Außerdem sind die Sulfatgehalte des Grundwassers starken Schwankungen unterworfen (zwischen 95 und 950 mg/l). Erhöhte Sulfatgehalte wirken schwach betonangreifend, was für die Dichtwand relevant ist. Der pH-Wert liegt bei 7,0 bis 7,3.

Leuna gehört zu den ökologischen Großprojekten in Sachsen-Anhalt, die Projektträgerin ist die MDVV Mitteldeutsche Vermögensverwaltungsgesellschaft mbH, Bitterfeld. Bei diesem Projekt wird sie vertreten durch die MDSE Mitteldeutsche Sanierungs- und Entsorgungsgesellschaft mbH. Die Maßnahme wird durch das Land Sachsen-Anhalt (Landesanstalt für Altlastenfreistellung) finanziert. Der Auftraggeber entschied sich für eine quellennahe Fassung der belasteten Grundwässer mithilfe einer Dichtwand südlich der alten Raffinerie zur Sicherung des Abstroms. Das am Weiterfließen gehinderte, belastete Grundwasser wird über eine Tiefendrainage gefasst und von dort einer Grundwasserreinigungsanlage zugeführt. Über Sickerbecken wird das gereinigte Wasser im Abstrom der Dichtwand in den Grundwasserleiter reinfiltiert,

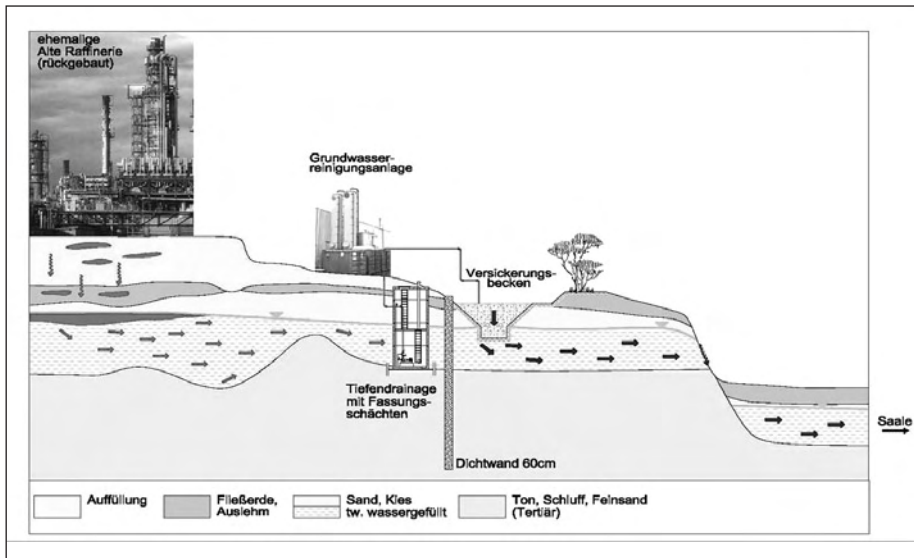


Bild 2: Schema der Abstromsicherung im Bereich der alten Raffinerie

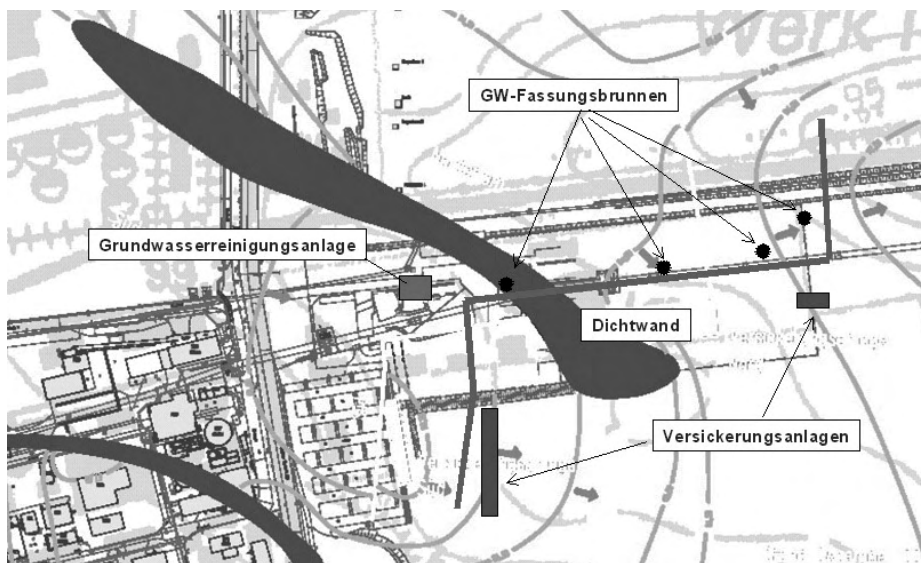


Bild 3: Abstromsicherung mit Dichtwand, Grundwasser-Fassungsbrunnen, Grundwasserreinigungsanlage und Versickerungsanlagen



Bild 4: Mischwalzen beim CSM-Verfahren

um ein Trockenfallen des Aquifers und Unterströmungseffekte der Dichtwand auszuschließen (siehe **Bild 2**). Zunächst wird für etwa neun Monate eine Pilotanlage betrieben, um während dieses Pilotbetriebs die endgültige Grundwasserreinigungsanlage planen und dimensionieren zu können. Die Pilotanlage ist für einen Durchsatz von max.  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  ausgelegt. In der Bauwasserphase wurde die Behandlungskapazität auf  $50 \text{ m}^3$  erweitert.

Mit der Planung der Maßnahme wurde die G.U.T. mbH, Merseburg beauftragt, für die Dichtwandplanung wählte man die GuD Ingenieurbüro für Spezialtiefbau GmbH, Berlin, aus. Beide Ingenieurgesellschaften übernehmen als ARGE Abstromsicherung Leuna die örtliche Bauüberwachung. Den Auftrag für die Errichtung der Dichtwand und den Betrieb von Anlagen zur Sicherung und Sanierung des Grundwasserabstroms erhielt die BAUER Spezialtiefbau GmbH mit den Unternehmen BAUER und MOURIK Umweltechnik, Schrobenuhnen und FWS Filter- und Wasser-

technik, Dunningen-Seedorf. Der Leistungsumfang umfasst im Einzelnen:

- Herstellen einer über 400 m langen Dichtwand
- Liefern einer Grundwasserreinigungsanlage für den Pilotbetrieb einschl. eines Mess- und Steuerungssystems für den Betrieb
- Herstellen von Versickerungsbecken inkl. Leitungen
- Betreiben der Pilotanlage während der Bauphase und im Pilotbetrieb
- Betreiben der gesamten Abstromsicherung im Pilotbetrieb.

### Geologische und hydrogeologische Situation

Das Gelände der Leuna-Werke befindet sich am westlichen Rand der Leipziger Tieflandbucht auf einer flachwelligen Höhe von etwa 100 bis 110 m NN. Geologisch gehört das Areal der Merseburger Buntsandsteinplatte an. Überlagert wird der Buntsandstein unmittelbar von tertiären und quartären Bildungen, es finden sich tertiäre Tone, Schluffe und Sande neben geringmächtigen Braunkohlebildungen.

Über dem Terrassenschotter aus Sanden und Kiesen folgen als jüngere geologische Einheiten weichselkaltzeitlicher Löss und Auenlehm der Saale. Diese bis 3 m mächtigen Deckschichten werden von Auffüllungen (umgelagerter Boden, Asche, Bauschutt) überlagert oder ersetzt [1].

Die hydrogeologische Situation im Bereich des Werksgebietes ist durch eine flach lagernde Wechselzone von Grundwasserleitern und Grundwassergeringleitern gekennzeichnet. Die Grundwasserleiter sind in tertiären Sanden und quartären Sanden und Kiesen ausgebildet; regional können durch lokal bindige Horizonte mehrere Grundwasserleiter vorhanden sein, die aber hydraulisch miteinander verbunden sein dürften. Die Mächtigkeit des oberflächennahen quartären Grundwasserleiters schwankt zwischen 4 und 10 m.

Die Grundwasserfließrichtung ist von NNW nach SSE auf die Saale ausgerichtet. Dabei fällt die Grundwasseroberfläche zur Saale ab von 101 m NN auf 96 m NN ab. Die Grundwasserflurabstände liegen im Werksbereich zwischen 4 und 7 m; die Fließgeschwindigkeit in den quartären Sanden und Kiesen wird in Abhängigkeit von der geologischen Situation mit 77 bis 117 m/a oder etwa 0,4 bis 0,8 m/d angegeben [1, 2].

Untersuchungen im Rahmen einer Bohrkampagne zeigten, dass die Schadstoffkonzentrationen in den tertiären Sanden und im Buntsandstein (Festgesteinsaquifer) deutlich niedriger sind als im Quartär. Bezogen auf die quartären und tertiären Grundwasserleiter wurde festgestellt, dass etwa 99 % des MTBE und 95 % der BTEX über den quartären Grundwasserhorizont

Quelle: G.U.T.

Quelle: G.U.T.

abfließen. In den präquartären Aquifern ist keine zusammenhängende Schadstoffahne kartiert worden.

## Dichtwand

Um das vom Südteil der alten Raffinerie ausgehende kontaminierte Grundwasser am Weiterfließen in Richtung Wasserwerk Daspig zu hindern, wurde im südöstlichen Grundwasserabstrom eine Abstromsicherung mit einer Gesamtlänge von 446 m hergestellt.

Die Dichtwandtrasse gliedert sich in mehrere Einzelabschnitte. Diese Abschnitte ergeben sich aus der Querung von Versorgungsleitungen und des Abwasserhauptkanals, aus der gegebenen Geländeprofilierung und den unterschiedlichen Grundwasserungsverhältnissen. Streckenweise benegte Platzverhältnisse erforderten eine Anpassung des Herstellungsverfahrens.

**Bild 3** gibt einen Überblick über die Lage der Dichtwand, der vier Grundwasser-Fassungsbrunnen sowie der Versickerungsanlagen. Ebenfalls eingezeichnet ist der Standort der Grundwasserreinigungsanlage.

Der etwa 200 m lange Dichtwandabschnitt zwischen dem östlichen und westlichen Knickpunkt der Dichtwandtrasse war unter erschwerten räumlichen Bedingungen herzustellen. Im Abstand von 5 bis 17 m nördlich der Trasse verläuft der Hauptabwasserkanal, über den die gereinigten Abwässer eines Großteils des Chemiestandortes Leuna mit einer Durchflussmenge von etwa 30 000 m<sup>3</sup>/h der Vorflut zugeleitet werden. Dieser Hauptkanal III + IV ist ein zusammenhängendes Bauwerk von 3 m Höhe und 4,4 m Breite, dessen Betrieb zu keinem Zeitpunkt beeinträchtigt werden durfte. Eine Störung hätte extreme Schadensersatzforderungen nach sich gezogen.

Südlich der Trasse beträgt der Abstand zum nördlichsten Spundwandfeld des METLEN-Forschungsprojekts nur 1,0 m. METLEN gehört zum Themenverbund 1 des BMBF-Förderschwerpunkts KORA; hier wird vom UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle untersucht, mit welchem Verfahren im Sinne von ENA (Enhanced Natural Attenuation) biologische Abbauvorgänge zur natürlichen Elimination von MTBE stimuliert werden können [1]. Auch dieses Projekt durfte durch den Bau der Abstromsicherung nicht beeinträchtigt werden.

Die Abstromsicherung wird als Einphasendichtwand realisiert. Die vertikale Dichtwand mit einer Wandstärke  $\geq 60$  cm wurde auf eine Tiefe von 16,00 m eingebunden und im Mixed-in-Place-Verfahren (MIP) bzw. Cutter-Soil-Mixing (CSM) hergestellt. Dabei erfolgt die Zugabe der Suspension über Düsen zwischen die Mischwalzen (**Bild 4**). Etwa 2/3 der erforderlichen Menge werden auf dem Weg nach unten zugemischt, der Rest auf dem Rückweg zur Oberfläche. Mit dem

**Bild 5: Überwachung der Herstellparameter beim Bau der Dichtwand**



Fräskopf lassen sich auch kreuzende Leitungen unterschneiden.

In weiten Bereichen der Dichtwandtrasse waren 3 bis 8 m dicke quartäre Deckschichten und tertiäre Sedimente mit Grobkieslagen zu durchhörern; es wurden Bodenklassen von 1 bis 5 angetroffen. Selbst Gerölle konnten gefräst werden. Im nördlichen Trassenteil befindet sich die Abbruchkante des Buntsandsteins, hier war ab 3 bis 4 m Tiefe zersetzter Fels mit Festigkeitsklassen von 6 bis 7 zu durchbohren. Alle notwendigen Produktionsdaten sind automatisch erfasst und dokumentiert worden (**Bild 5**).

Für die Herstellung der Dichtwand wurden etwa 40 Tage Bauzeit in Anspruch genommen. Zeitnah zur Dichtwand waren die Grundwasserreinigungsanlage, Versickerungsbecken und Brunnen zur Wasserhaltung zu errichten, damit sich der Grundwasserstrom nicht unkontrolliert vor der Wand staut. **Bild 6** zeigt einen Blick über die Dichtwandbaustelle.

Nach der Errichtung der Dichtwand ist abschnittsweise die Tiefendrainage hergestellt worden, wobei die Wasserhaltung vor-

laufend eingerichtet wurde. Die 13 Brunnen wurden über fliegende Leitungen mit der Pilot-Grundwasserreinigungsanlage verbunden, da schon während der Bauarbeiten anfallende Wasser zu reinigen waren. Durch die Voruntersuchungen war bekannt, dass beim Rückbau des alten, nicht mehr genutzten Haldenkanals stark kontaminierte Wasser mit Produktphase anfallen würden, die am Kreuzungspunkt der Tiefendrainage mit dem Haldenkanal in einem gesonderten Brunnen zur Phasenabschöpfung entnommen wurden.

Die Dichtwandtrasse durchschneidet eine hydraulische Barriere, die den Grundwasserabstrom im Quartär in einen Nord- und einen Südstrom teilt. Das bedeutet, dass der überwiegende Teil der vor der Dichtwand anströmenden Wasser in den beiden südlichen Drainagen gefasst wird.

Die beiden Versickerungsanlagen Nord und Süd mit Abmessungen von 9 x 15 m bzw. 6 x 50 m (s. Bild 3) werden über getrennte Teilströme aus der Reinigungsanlage gespeist. Da die Anlagen zur Versickerung von gereinigtem Grundwasser für eine



**Bild 6: Blick auf die Baustelle während des Dichtwandbaus**



Bild 7: Grundwasserreinigungsanlage

Zeitdauer von mindestens 15 Jahren permanent betrieben werden sollen, wurde eine wartungsarme, über längere Zeit wirksame und in ihrer Funktion leicht zu überprüfende Anlage vorgesehen.

Die Versickerungsbecken wurden so dimensioniert, dass zu Wartungszwecken jeweils ein Becken temporär außer Betrieb genommen werden kann.

### Errichtung der temporären GWRA

Seitens der Sanierungsverantwortlichen wurde festgelegt, nach Errichtung der Sanierungsinfrastruktur einen etwa neunmonatigen Pilotbetrieb für die Abstomsicherung vorzusehen. Das bedeutet, dass für den Zeitraum der Bauausführung und den anschließenden Pilotbetrieb eine temporäre Grundwasserreinigungsanlage (GWRA) für die Dauer von etwa 15 Monaten zu errichten war.

Das Vorschalten der Pilotphase vor den eigentlichen Dauerbetrieb der Abstomsicherung wurde aus folgenden Gründen vorgesehen:

- Auf Grund der komplexen und eng differenzierten hydraulischen Situation im Quartär ist trotz der hohen Datendichte nicht mit ausreichender Sicherheit die

tatsächlich anfallende Wassermenge für den Dauerbetrieb zu prognostizieren. Da die Grundwasserreinigungsanlage für den Dauerbetrieb erst nach Inbetriebnahme der Abstomsicherung geplant wird, kann die Dimensionierung dieser Anlage anhand der tatsächlich anfallenden Wassermengen vorgenommen werden. Damit werden langfristige Überkapazitäten für die GWRA vermieden.

- Auch die tatsächlich sich einstellenden Schadstoffkonzentrationen der Mischwässer der einzelnen Drainagestränge sind im Vorfeld nur unscharf zu prognostizieren. Auch hier lässt sich die GWRA für den Dauerbetrieb auf Basis der sich tatsächlich einstellenden Schadstoffkonzentrationen exakter planen.

- Erfahrungen am Standort zeigen, dass der Umgang mit den zu behandelnden Wässern auf Grund der physikochemischen Beschaffenheit problematisch ist. Anhand der Erfahrungen des Anlagenbetriebes für die Pilotanlage können einzelfallspezifische Problemlösungen bei der späteren Anlage für den Dauerbetrieb vorgesehen werden.

Die Pilotanlage zur Grundwasserreinigung (Bild 7) besteht aus einer mehrstufigen Vorbehandlungsanlage, den Stripkolonnen zur Entfernung von BTEX und MT-

BE und den entsprechenden Abluftreinigungsanlagen.

Das belastete Grundwasser wird in den Fassungsbrunnen mit einem Durchsatz von 12–15 m<sup>3</sup>/h gefördert und über eine Sedimentationsstufe zur Entfernung von Schwebstoffen Vorlagetanks zugeführt, in die ein Ölabscheider mit Koaleszenzstufe und eine Druckerhöhungsstufe integriert sind. Bei der Sedimentation war zu berücksichtigen, dass während der Bauphase der Abstomsicherung aus den offenen Wasserhaltungen und den Klarpumpwässern für Brunnen und Grundwassermessstellen von hohen Schwebstofffrachten auszugehen war. Die Ölabscheidung musste wegen der zu erwartenden Produktphase während der Bauwasserhaltung auf einen Durchsatz von 2000 l/d Ölphase ausgelegt werden. Der zulässige Konzentrationswert für den Parameter MKW am Auslauf der Entölungseinrichtung ist mit 5 mg/l vorgegeben.

Weitere Stufen sind Fällung/Flockung, Filtration, Strippung und Abluftreinigung. Eventuelle Restbelastungen an MKW werden über Wasseraktivkohlefilter, die als Polyzelfilter ausgelegt sind, abgereinigt.

Anschließend wird das gereinigte Grundwasser über Druckleitungen zu den Übergabeschächten der Versickerungsbecken Nord und Süd gepumpt. Die Pumpensteuerung erlaubt eine gezielte, mengenorientierte Beschickung der Versickerungsbecken.

Tabelle 1 zeigt die Reinigungszielwerte für den Wasserpfad. Grenzwerte für weitere Stoffe wurden nicht definiert. Die Reinigungszielwerte sind gleichzeitig die Einleitewerte für die Versickerungsbecken. Für die gereinigte Abluft der Desorptionskolonnen wurden ebenfalls Grenzwerte gesetzt, die der Tabelle 2 entnommen werden können. Das Einhalten der Vorgaben wird im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung kontrolliert.

Der bisherige Betrieb der Grundwasserreinigung zeigt, dass die Reinigungsleistung jederzeit unterhalb der Einleitewerte liegt, bei einer hohen Verfügbarkeit von >98 Prozent. Vom Auftraggeber ist eine Verfügbarkeit der gesamten Reinigungsanlage von 97,5 % im Jahresdurchschnitt gefordert; während der Bauphase musste eine hundertprozentige Verfügbarkeit garantiert werden. Die Visualisierung der kontinuierlichen Prozessführung erlaubt eine lückenlose Überwachung und digitale Dokumentation der Daten. ■

Parameter	Einheit	Sanierungszielwerte
Kohlenwasserstoffe	µg/l	100
alkylierte Benzole	µg/l	20
Benzol	µg/l	1
MTBE	µg/l	200

Tabelle 1: Reinigungszielwerte für Grundwasser

Parameter	Einheit	Sanierungszielwerte
Summe der organischen Schadstoffe (hier alkylierte Benzole und MTBE)	mg/m <sup>3</sup>	50
Benzol	mg/m <sup>3</sup>	3,2

Tabelle 2: Reinigungszielwerte für die Abluft der Desorptionskolonnen

#### Literatur und Quellen:

- [1] KORA-Standortkompendium November 2005; KORA-Projekt Nr. 1.1, Raffineriestandort Leuna-Werke. Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, PTKA-WTE – Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Außenstelle Dresden; Forschungszentrum Jülich GmbH, PtJ – Projektträger Jülich, Außenstelle Berlin.
- [2] G.U.T. mbH, Merseburg: Projektbericht ÖGP Leuna, Abstomsicherung Südteil Alte Raffinerie. Stand: 10.05.2005 (unveröffentlicht)