

# 04.13

Lizenziert für Herrn Dipl.-Ing. Christian Weingran.  
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

22. Jahrgang  
August 2013  
ISSN 0942-3818  
20565

# altlasten spektrum

Herausgegeben vom  
Ingenieurtechnischen Verband für Altlastenmanagement  
und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

[www.ALTLASTENdigital.de](http://www.ALTLASTENdigital.de)



Organ des ITVA

## Inhalt

*K. Huemer*

**Bearbeitung von Kontaminationen auf militärisch genutzten Liegenschaften: Bewährtes Altlastenprogramm und neue Ansätze der Bundeswehr**

*Ch. Weingran, U. Schneider*

**Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen: „... weil wir heute das Gift von vorgestern nicht bis übermorgen liegen lassen dürfen!“ – Die Geschichte der Sanierung der ehemaligen Sprengstofffabrik**

*S. Schädler, M. Maier, M. Morio, St. Bartke, A. Bleicher, A. Bielke, S. Grabs, M. Freygang, M. Finkel*

**Planung und vergleichende Bewertung von Nutzungsoptionen auf Brachflächen mit der Megasite Management Toolsuite (MMT)**

*A. Homuth, I. Quaas, K. Roselt, A. Thor*

**optirisk® goes america. Erfahrungen mit Integrierter Standortentwicklung in den Vereinigten Staaten**

**Entwicklungsmanagement Flächenrevitalisierung – Herausforderungen und Chancen für Kommune und freien Markt**

**Land ist lebenswichtig – Die Statuskonferenz „Nachhaltiges Landmanagement“**

**Thema „Grundwasser“ – Fachleute konferieren in Dresden über innovativen Schutz und Behandlungsmaßnahmen**

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG

# Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen „... weil wir heute das Gift von vorgestern nicht bis übermorgen liegen lassen dürfen!“ Die Geschichte der Sanierung der ehemaligen Sprengstofffabrik

Christian Weingran, Ulrich Schneider

## Einleitung

7 Jahre, von 1938 bis 1945, wurde im Werk Hessisch Lichtenau Sprengstoff produziert, insgesamt rund 135.000 Tonnen. Die Folgen dieser Rüstungsproduktion beschäftigen die Bewohner und Nutzer des heutigen Industriegebietes Hirschhagen, Behörden und Ingenieure in unterschiedlicher Weise und mit Unterbrechungen seit fast 70 Jahren. 17 Jahre dauerte die Sanierung und kostete bisher ca. 105 Mio.€, die zu ca. 95 % von den Steuerzahlern aufgebracht werden mussten. Die Dauer der hydraulischen Sicherung und der Überwachung des Standortes kann mit weiteren Jahrzehnten angenommen werden, dabei werden für jedes Jahrzehnt zusätzliche Kosten von ca. 5 Mio. € ent-

stehen. Der weitere Handlungsbedarf hält die Erinnerung daran wach, was unter welchen Bedingungen hier produziert wurde. Ein Schlussstrich kann allein aus diesem Grund noch lange nicht gezogen werden.

## Wie kam der Sprengstoff nach Hessisch Lichtenau?

Im Zuge des nationalsozialistischen Aufrüstungsprogramms wurden überall im Deutschen Reich Standorte für neue Rüstungsfabriken gesucht. In einem nordhessischen Waldgebiet bei Hessisch Lichtenau fanden die Planer geeignete Bedingungen für den Bau einer Sprengstofffabrik vor: Entfernung zu Ballungsgebieten und zur Reichsgrenze, Tarnungsmöglichkeiten, Wasserreichtum, Kohlevorkommen in der Nähe,

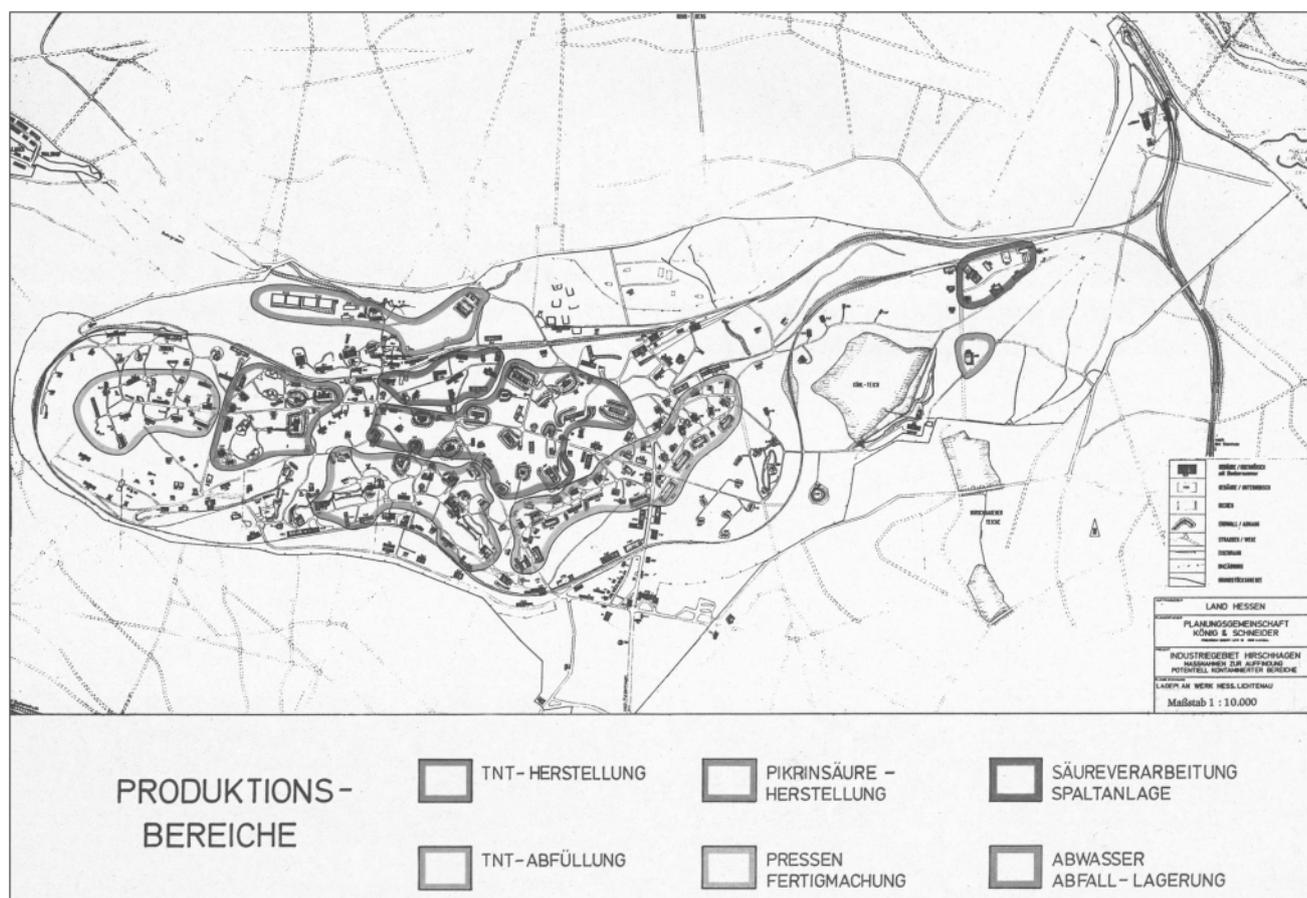


Abbildung 1: Werksplan verkleinert [Schneider, 1990]

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

Straßen- und Bahnanschluss, Verfügbarkeit von Arbeitskräften. Einzig das Fehlen eines größeren Fließgewässers sollte im Laufe des Krieges zu Problemen mit der Abwasserbeseitigung führen.

1936 begann die Dynamit Aktiengesellschaft (DAG) mit Hilfe der einschlägigen Rüstungs- und Baukonzerne des Deutschen Reiches die Fabrik Hessisch Lichtenau zu errichten, die zu den wichtigsten Sprengstofflieferanten der Wehrmacht gehören sollte. 1938 gingen die ersten Produktionsanlagen in Betrieb. Das Werk wurde bis zum Ende des Krieges ständig erweitert, so dass auf einer Fläche von 233 Hektar rund 400 Bauwerke entstanden (*Abbildung 1*). Eigentümerin und Bauherrin der Fabrik war die reichs eigene Montan Industrierwerke GmbH, die 1951 in Industrieverwaltungsgesellschaft (IVG) umbenannt wurde.

Die Produktion umfasste die Herstellung und Verarbeitung der Sprengstoffe Trinitrotoluol (TNT) und Pikrinsäure sowie die Weiterverarbeitung der angelieferten Sprengstoffe Hexogen und Nitropenta. Zwischen 1938 und 1945 wurden rund 140.000 Tonnen TNT und rund 7.000 Tonnen Pikrinsäure produziert. Das weitläufige Werksgelände mit zahlreichen Erdwällen um explosionsgefährdete Gebäude war von Werksstraßen, oberirdischen Leitungen zum Transport von Dampf und flüssigen Zwischenprodukten und einem rund 50 km langen Kanalnetz durchzogen.

Der energieintensive Prozess zur Herstellung von TNT erfolgte in drei Stufen mit Hilfe von Salpeter- und Schwefelsäure und großen Mengen Wasser. Dabei fiel das äußerst aggressive und schon damals berüchtigte „rote Abwasser“ der TNT-Produktion an, das über das Kanalsystem unzureichend neutralisiert und ungeklärt in die nächsten Bäche abgeleitet wurde. Im Laufe des Krieges wurde das Abwassersystem mit einer Neutralisationsanlage erweitert. Die stark belasteten Neutralisationsschlämme kippte man auf eine Halde. Später sah sich die Werksleitung gezwungen, zusätzlich einen 22 km langen Kanal nach Kassel zur direkten Einleitung des TNT-Abwassers in die Fulda zu bauen. Die Giftwirkung des Abwassers führte zum Fischsterben bis in die Oberweser.

Die Arbeitskräfte waren in 10 Siedlungen und Lagern untergebracht oder wurden mit Bussen aus umliegenden Ortschaften herantransportiert. In den ersten Jahren der Produktion waren es vornehmlich dienstverpflichtete Deutsche, im Laufe des Krieges zunehmend Zwangsarbeiter, Kriegsgefangene und ab 1944 auch KZ-Häftlinge, die zur Arbeit in der Sprengstofffabrik gezwungen wurden. Insbesondere für die Zwangsarbeiter war die Arbeit gefährlich und gesundheitsschädlich. Mindestens 200 Menschen sind während der Produktion durch Explosionen und Krankheiten ums Leben gekommen. Dazu kommen noch die gestorbenen oder in Auschwitz getöteten Frauen aus dem KZ-Außenkommando Hessisch Lichtenau. 1944 umfasste die Belegschaft der Sprengstofffabrik rund 4.400 Arbeitskräfte, davon rund 2.300 Frauen.

Obwohl die Existenz des Werkes den Alliierten bekannt war, wurde die Fabrik bis zum Kriegsende nicht angegriffen. Die Produktion wurde Ende März 1945, zwei Tage vor dem Einmarsch der Amerikaner in Hessisch Lichtenau eingestellt. Chemikalien und Produktionsrückstände verblieben in Kanälen, Leitungen, Kesseln und Becken, Abfallstoffe lagerten auf ungesicherten Halden. Die amerikanische Militärregierung beschlagnahmte die Werksanlage und ordnete deren Demontage und Zerstörung an. Im Zuge der Entmilitarisierungsmaßnahmen wurde die Tarnung durch Rodung entfernt, Maschinen und Anlagen wurden demontiert und als Reparationsgüter abtransportiert. Rund 150 Gebäude, die der Herstellung und Abfüllung von Sprengstoffen dienten, sowie die unterirdischen Kraftwerke wurden durch Sprengung zerstört (*Abbildung 2*). Durch die Maßnahmen wurden die noch vorhandenen chemischen Rückstände zusätzlich mobilisiert, weiter verbreitet oder überdeckt.

### Warum wurde der Sprengstoff vergessen?

Schon während der noch laufenden Demontage siedelten sich die ersten Betriebe der „Friedensindustrie“ an. Nach der Freigabe aus der alliierten Beschlagnahme 1951 übernahm die IVG das Werksgelände wieder. Diese verpachtete zunächst Grundstücke und Gebäude. Aufgrund der wenig lukrativen Lage im strukturschwachen Raum entschied sich die IVG ab Mitte der 60er-Jahre, die ehemalige Werksanlage, das spätere Industriegebiet Hirschhagen, zu privatisieren. Die umweltschädlichen Rückstände der Sprengstoffproduktion waren in der Nachkriegszeit offenbar kein Thema, bzw. „die Menschen hatten andere Sorgen“. Dazu kam der damals weit verbreitete Wunsch, die dunkle Vergangenheit mit ihren Folgen für Menschen und Umwelt zu vergessen. So blieben die Reste der ohnehin versteckt und getarnt angelegten Sprengstofffabrik im Vergessenen, den Blicken der Öffentlichkeit entzogen. Die Schadstoffe versickerten bis Mitte der 60er-Jahre völlig unbeachtet und ungehindert im Untergrund.

Ein Hund, der 1963 in ein mit Nitrotoluol-Rückständen gefülltes Becken fiel und daran starb, rief erstmals die Behörden auf den Plan. Die Amtliche Flussüberwachungsstelle, Vorläufer des späteren Wasserwirtschaftsamtes, nahm Proben und stellte fest, dass nicht nur die Flüssigkeit im Becken, sondern auch die in der Nähe lagernde Halde mit Neutralisationsschlamm hochgradig schadstoffbelastet war. Ein Versuch der Entsorgung der Flüssigkeit in einer Kläranlage scheiterte. Man entschied sich für die Abdeckung des Beckens mit einem Holzdach und der Halde mit dem Schleifschlamm einer ortsansässigen Betonsteinfirma. Mit diesem Schleifschlamm ließ die IVG außerdem die gesprengten und umwallten Produktionsgebäude und diverse Becken überspülen. Dann geriet der Sprengstoff in Hirschhagen wieder in Vergessenheit. Die zuständigen Behörden konzentrierten sich in den Folgejahren auf die Trinkwasserüberwachung und



Abbildung 2: Hirschhagen in der Nachkriegszeit: Die Tarnbepflanzung der Dächer ist entfernt, gesprengte Gebäude sind teilweise bereits eingeebnet.

die Ersatzwasserbeschaffung. 1967 wurden erstmals „Nitrokörper“ in einem Trinkwasserbrunnen der Stadt Hessisch Lichtenau festgestellt. 1973 musste der erste Brunnen stillgelegt werden. Begleitet von verbesserten Untersuchungsmethoden und mehreren Gutachten wuchs die Erkenntnis, dass das Grundwasser unter dem Industriegebiet Hirschhagen großräumig kontaminiert ist, und dass alle Trinkwassergewinnungsanlagen im Einzugsgebiet (10 Brunnen) stillgelegt werden müssen.

Das Becken mit den Nitrotoluol-Rückständen wurde schließlich 1977 geräumt. 400 m<sup>3</sup> hochgradig kontaminierte Flüssigkeit wurden mit Gips vermischt und kamen in 500 LKW-Ladungen auf die Sondermülldeponie Hoheneggelsen. Im Rahmen dieser Sicherungsmaßnahme wurden weitere Becken mit kontaminiertem Material festgestellt.

Anfang der 80er-Jahre, als im gesamten Bundesgebiet aufgrund des „Stolzenberg-Skandals“ nach Kampfmittelbeständen gesucht wurde, erwog die Hessische Landesregierung eine Gesamtuntersuchung der ehemaligen Sprengstofffabrik, lehnte sie aber aus rechtlichen und finanziellen Gründen ab. Man schätzte die Untersuchungskosten auf eine Million Mark und argumentierte, dass die Kosten für die Auffindung und Beseitigung der Rückstände im Boden und im Kanalsystem

unverhältnismäßig und nicht kalkulierbar sind. Zur gleichen Zeit schätzte man in Stadtallendorf die Kosten für die Beseitigung der „TRI-Halde“ der früheren Sprengstofffabrik Allendorf auf 60 Millionen Mark. Noch fehlte eine geeignete Untersuchungsmethode. So geriet der Sprengstoff in Hirschhagen erneut in Vergessenheit.

#### Warum wurde der Sprengstoff wieder zum Thema?

Die Umnutzung einer ehemaligen Sprengstofffabrik zu Wohn- und Gewerbebezwecken, die unklaren Ursachen der Trinkwasserbelastung, der Zusammenhang von Rüstungsproduktion und Umweltverschmutzung und eine auffällige „Geheimniskrämerei“ im Zusammenhang mit der „dunklen Vergangenheit“ Hirschhagens veranlassten Wolfram König und Ulrich Schneider 1983/84, die Geschichte der Sprengstofffabrik und des späteren Industriegebietes im Rahmen einer Diplomarbeit zu rekonstruieren. Die Ergebnisse, die 1985 unter dem Titel „Sprengstoff aus Hirschhagen“ veröffentlicht wurden, zeigen auf, dass die Ursachen der Trinkwasserbelastung mit historischen Recherchen ermittelt und die chemischen Rückstände der ehemaligen Sprengstofffabrik dadurch aufgefunden werden können. Die im Rahmen der Gesamthochschule Kassel (heute Universität Kassel) durchgeführte

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

Untersuchung wurde behördenintern und öffentlich diskutiert und fand in der Presse ein breites Echo. Die neuen Erkenntnisse und der entstandene öffentliche und politische Druck veranlassten die Hessische Landesregierung zur ersten systematischen Untersuchung einer früheren Sprengstofffabrik.

Das Land Hessen beauftragte daraufhin zunächst eine historisch-deskriptive Untersuchung der ehemaligen Werksanlagen. Anhand von alten Lageplänen, Luftbildern, Archivmaterial, Zeitzeugenbefragungen und Fachliteratur sowie mit Hilfe von Rückschlüssen von vergleichbaren Standorten (insbesondere dem früheren Werk Allendorf bei Marburg) wurden die verfahrenstechnischen Abläufe der Sprengstoffproduktion rekonstruiert und die Gebäudefunktionen weitgehend geklärt. Auch die unterschiedlichen, rund 50 km langen Kanalsysteme konnten mit Hilfe von alten Lageplänen aus einem Kellerarchiv der IVG rekonstruiert werden.

Auf Grundlage der historischen Untersuchung folgten 1986/87 erste systematische Boden- und Grundwasseruntersuchungen der potenziell kontaminierten Bereiche, bei denen unterschiedliche Bodenbelastungen ermittelt und Produktionsrückstände mit hohen Sprengstoffanteilen vorgefunden wurden. Auch die Chemiker betraten Neuland: Teilweise mussten Analyseverfahren für die Sprengstoffe und deren Abbauprodukte während der Untersuchungen erst entwickelt werden. Als Belastungsschwerpunkte wurden das Kanalsystem und die Abwasserbehandlungsanlagen, die Neutralisationsschlämme unter der Schleifschlammhalde und die früheren TNT-Waschhäuser ermittelt.

Parallel zu den oben genannten Untersuchungen leitete das Land Hessen, vertreten durch das Regierungspräsidium Kassel, 1986 weitere Maßnahmen ein und veranlasste die Erkundung der Grundwasserkontamination durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung. Im Bereich unter der Schleifschlammhalde wurde ein stark kontaminiertes (bis zu 63 Gramm pro Liter Nitrotoluole), schwebendes Grundwasserstockwerk festgestellt. Seit 1989 wird dieses Grundwasser mit Förderbrunnen abgepumpt und über eine Aktivkohle-Filteranlage gereinigt. Die hydraulische Sicherung ist in den Folgejahren entsprechend dem Erkenntnisgewinn und dem sich ändernden Bedarf angepasst und erweitert worden (s. u.).

1988 begann die detaillierte Erkundung und Reinigung des Kanalsystems. Die Maßnahmen umfassten die Vermessung, die Reinigung mit Hochdruckspülfahrzeugen und die Begutachtung mit Kanalkameras. Die Maßnahmen stellten sich als wesentlich aufwendiger und kostenintensiver dar als geplant: Bis zu 11 Meter tiefe, verfüllte Kanalschächte mussten in Handarbeit mit aufwendigen Arbeitsschutzvorkehrungen geräumt werden. Es fielen kontaminiertes Spülwasser und Ablagerungen bis hin zu reinem Sprengstoff an. Kontaminiertes Wasser führende Kanalsysteme wurden schrittweise an die Aktivkohle-Filteranlage ange-

schlossen. Bis 1989 waren sieben Kilometer des Kanalsystems erkundet und gereinigt.

1988 beauftragte das Regierungspräsidium Kassel Prof. Dr. Knackmuss, Universität Stuttgart, mit Forschungsarbeiten zur biologischen Sanierung kontaminierten Bodens aus Hirschhagen.

### ■ Sanierungsverantwortlichkeit: Der IVG-Vergleich

1990 hat die Hessische Landesregierung, auf der Grundlage eines Rechtsgutachtens von Prof. Dr. Bernd Becker und unter dem Druck der offenkundigen Sanierungsnotwendigkeit der früheren Sprengstofffabriken in Hessisch Lichtenau und Stadtallendorf, mit der IVG einen außergerichtlichen Vergleich geschlossen. Die IVG kaufte sich mit der Zahlung von 25 Millionen Mark von der Sanierungsverantwortung für alle hessischen Rüstungsaltsstandorte der früheren Montan Industrierwerke frei. Damit hat die IVG fünf Prozent der Sanierungskosten für Stadtallendorf und Hessisch Lichtenau bezahlt – nur ein Bruchteil, aber gleichzeitig die Anschubfinanzierung und Basis für die politische Entscheidung des Landes Hessen, die volle Verantwortung für die Sanierung der Rüstungsaltsstandorte zu übernehmen. Diese Selbstverpflichtung hat über alle Parteigrenzen hinweg die Sanierung der beiden größten Rüstungsaltsstandorte in Deutschland möglich gemacht.

### ■ Bundesweite Diskussion über Rüstungsaltslasten

Von Hessisch Lichtenau sind in mehrfacher Hinsicht Impulse für das Thema Altlastensanierung ausgegangen.

Hessisch Lichtenau war Ausgangspunkt der bundesdeutschen Diskussion um Rüstungsaltslasten. Nach der Veröffentlichung des Buches von Wolfram König und Ulrich Schneider im Jahr 1985 begann zunächst in Hessisch Lichtenau, dann aber auch an zahlreichen anderen Standorten, die Diskussion über die ökologischen Folgelasten rüstungsindustrieller Produktion und die Verantwortung für die Sanierung. Gleichzeitig wurden auch die unmenschlichen Bedingungen dieser Produktion (Zwangsarbeit) thematisiert. Die Erkenntnisse aus Hessisch Lichtenau führten zu einer intensiven (umwelt-) politischen Diskussion in Landtagen und im Bundestag – das Thema fand seinen Weg in die nationalen Medien. Die Untersuchungsergebnisse waren aber auch der Auslöser für vielfältige Maßnahmen und Programme in mehreren Bundesländern und die Sanierung zahlreicher Rüstungsstandorte.

Für Umweltverbände und Bürgerinitiativen bot das Thema in mehrfacher Hinsicht Angriffsflächen:

- Verunreinigtes Grundwasser ließ sich an vielen Standorten als Gefährdung des Trinkwassers und damit der Bevölkerung vermitteln. Dabei handelte es sich in der Regel um Grundwasservorkommen mit zumindest regionaler Bedeutung (z. B. 300.000 Einwohner bei Stadtallendorf).
- Bodenverunreinigungen, teilweise allgemein zugängliche Sprengstoffbrocken und stinkende

Schlämme waren insbesondere bei bewohnten oder genutzten Standorten augenfälliges Anzeichen für Gefährdungen.

- Das Auffinden explosionsgefährlicher Materials löste bei den Medien und in der Öffentlichkeit stets besonderes Interesse und auch Ängste aus. Am Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau führte die unsachgemäße Lagerung von Sprengstoff zu einer Strafanzeige gegen das Regierungspräsidium (RP).
- Behörden wurde Untätigkeit und mangelnde Berücksichtigung von Informationen sowie die Zurückhaltung bzw. die zögerliche Herausgabe von Informationen vorgeworfen.
- Aus der Sicht von Umweltschützern untragbare Zustände wurden geduldet und erst abgestellt, als Pressevertreter darüber berichteten.
- Die politische Verantwortung für diese speziellen Kriegsfolgelasten und für die Finanzierung von deren Sanierung wurde bei der Bundesregierung gesehen.
- Eine Verantwortung der Bundesregierung ergab sich auch als Eigentümerin bzw. Gesellschafterin der IVG.
- Die ökologischen Folgeschäden der Rüstungsproduktion gestern und heute und die Verantwortlichkeit der Produzenten konnten aufgezeigt werden.

#### ■ Diskussion und Praxis Bürgerbeteiligung

Vor dem Hintergrund negativer Erfahrungen an anderen Standorten entschied sich das Land Hessen und die HIM-ASG (als Sanierungsträger) mit Unterstützung der Gesamthochschule Kassel zu einem sehr frühen Zeitpunkt für eine offene Informationspolitik und für die Beteiligung der betroffenen Bewohner und Gewerbetreibenden an der Vorbereitung von Entscheidungen. Hessisch Lichtenau stand daher von Anfang an für eine aktive Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung. Hier wurde 1992 der erste Projektbeirat gegründet, es folgten die Beiräte in Stadtallendorf, Lampertheim und weiteren Standorten. Das Modell fand 1994 sogar Eingang ins Hessische Altlastengesetz.

In zahlreichen, manchmal turbulenten, in der Regel aber konstruktiven Sitzungen des Projektbeirates und zahlreicher Arbeitsgruppen wurde Transparenz hergestellt, Misstrauen abgebaut und zu vielen geplanten Maßnahmen Konsens erzielt. Auch hier mussten die neuen Rollen von den beteiligten Akteuren (Bürger, Mitarbeiter der Verwaltung, Ingenieure) erst gelernt werden. Die an den Rüstungsaltsstandorten erstmals erprobten Instrumente der Bürgerbeteiligung sind inzwischen etablierte Formen der Einbeziehung von Betroffenen in Planungs- und Entscheidungsprozesse. Ein Bürgerbeteiligungsbüro erwies sich als wesentliche Säule des Beteiligungsmodells. Es war zentrale Anlaufstelle für die Bewohner und die interessierte Öffentlichkeit und unterstützte die Betroffenen im Sanierungsprozess.

Umfassende, aktive Öffentlichkeitsarbeit, die Berücksichtigung aller Interessen und die Betonung von Dia-

log und Konsens als bestimmende Prinzipien bildeten eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Projektabwicklung. Beteiligung und offene Information haben die Sanierung nicht behindert, sie haben zu besseren Lösungen beigetragen.

#### ■ Der hessische Weg

1989 wurde Hessen mit der Verabschiedung des Abfallwirtschafts- und Altlastengesetzes zu einem Vorreiter des Altlastenrechts in Deutschland. Im gleichen Jahr wurde die HIM zum Träger der Altlastensanierung bestimmt, dem dann 1992 nach Kritik an der Handlungsweise des RP auch die Sanierung der hessischen Rüstungsaltsstandorte Hessisch Lichtenau und Stadtallendorf übertragen wurde. Damit wurde die oft kritisierte und nicht unproblematische Doppelfunktion der Regierungspräsidien als Auftraggeber und Genehmigungs- bzw. Überwachungsbehörde aufgelöst. Beide Projekte wurden nach ähnlichen Grundsätzen abgewickelt. Projektspezifische Unterschiede führten bei der eigentlichen Sanierung in einigen Fällen zu unterschiedlichen Ansätzen (z.B. Kanäle), in vielen Handlungsfeldern aber auch zu gleichartigen Lösungen, insbesondere bei grundsätzlichen Fragestellungen, wie der Entwicklung des Leitbildes (Abbildung 3), der Gefährdungsabschätzung, der Ableitung von Handlungswerten und der Auswahl von Entsorgungswegen. Vielfach konnte auf bereits am jeweils anderen Standort gemachte Erfahrungen zurückgegriffen werden.

#### Wie wurde der Sprengstoff entfernt:

##### Vorbereitung und Durchführung der Sanierung

Die Belastungssituation des Bodens wurde von 1992 bis 2006 gestuft in mehreren Phasen erkundet. Ziel war es, eine ausreichende Planungsgrundlage für Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen zu erhalten. Durch eine Verdichtung des Messstellenrasters konnten unbelastete und hoch kontaminierte Bereiche relativ schnell erfasst werden, um so einerseits unbedenkliche Flächen (ca. 70 % der Flurstücke) freigeben zu können und andererseits für kontaminierte Flächen die Sanierungsplanung vorzubereiten. Flächen mit Sanierungsbedarf wurden zu Sanierungsarealen zusammengefasst.

Aus mehr als 10.000 Rammkernsondierungen und Bohrungen wurden über 50.000 Bodenproben entnommen und analysiert.

Parallel zu diesen Untersuchungen begannen die konzeptionellen Überlegungen zur Sanierung der Boden- und Grundwasserunreinigungen. Eine flächendeckende Entfernung sämtlicher Schadstoffe wäre mit massiven Eingriffen und auch dem Rückbau verschiedener genutzter Gebäude verbunden gewesen. Die Finanzierung dieser Variante wäre nicht möglich gewesen. Vor diesem Hintergrund wurde – wie auch am Standort Stadtallendorf – das Konzept der nutzungsspezifischen Sanierung entwickelt: eine sensible Nutzung (Wohnen) erfordert eine höherwer-

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

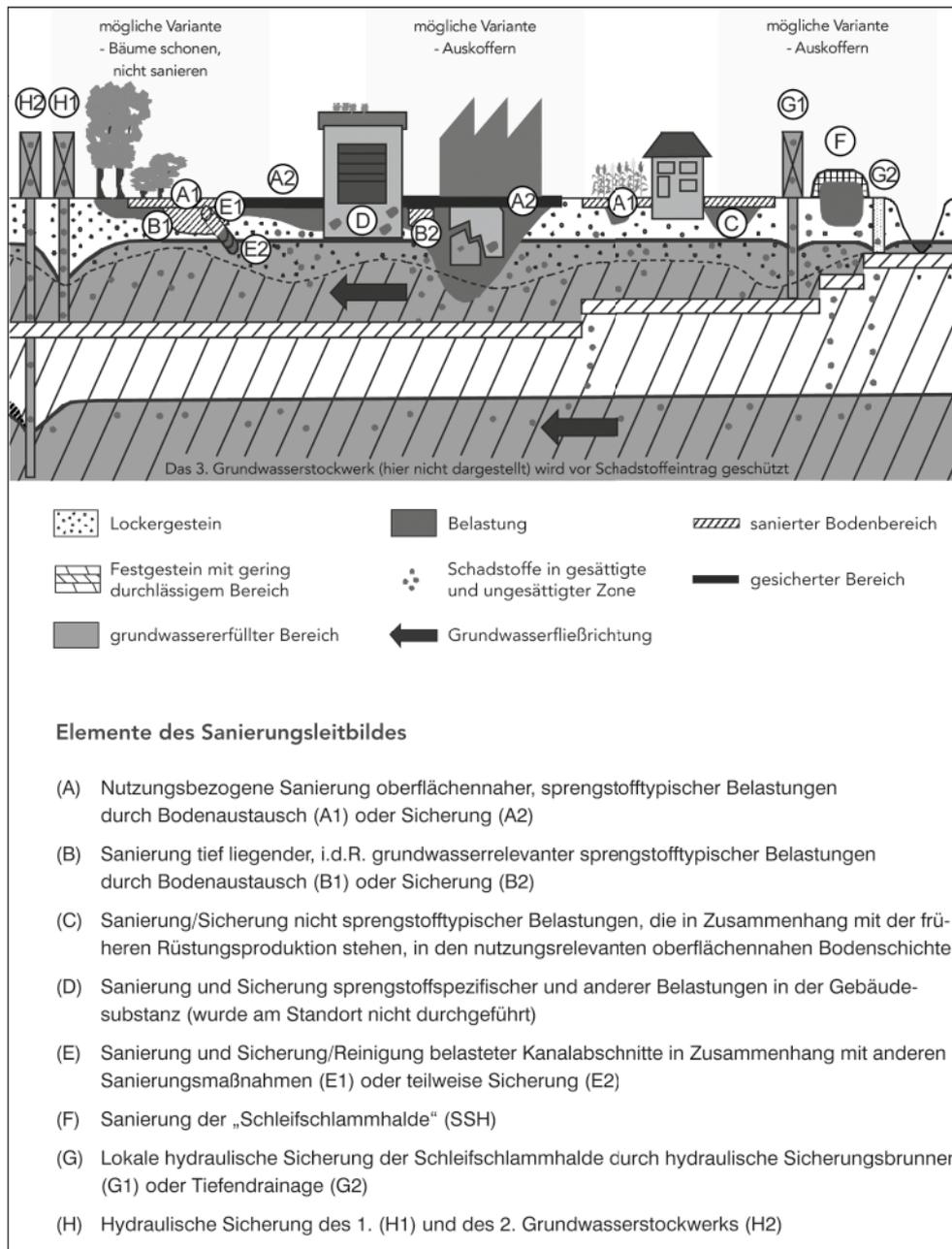


Abbildung 3: Leitbild

tige Sanierung, für weniger sensible Nutzungen sind höhere Schadstoffkonzentrationen im Boden zulässig. Die entsprechenden Handlungswerte wurden in toxikologischen Studien ermittelt.

Für die erfolgreiche Durchführung der Sanierungsmaßnahmen war eine gut funktionierende Sanierungsinfrastruktur notwendig, die an verschiedenen Stellen des Standortes im Umkreis von 1 km um die Sanierungsbaustellen lokalisiert war. Dazu zählten:

- *Einstufungs- und Bereitstellungslager (EBL)*: Auf einem ca. 16.800 m<sup>2</sup> großen Gelände wurden bei der Sanierung anfallende Böden und Bauschutt bis zur abschließenden abfalltechnischen Einstufung zwischengelagert und z.T. vorbehandelt.
- *Sonderabfallzwischenlager (SAZ)*: Für die Zwischenlagerung der verunreinigten Böden stand ein Sonderab-

fallzwischenlager mit einem Volumen von 1.700 m<sup>3</sup> zur Verfügung. Hierbei handelte es sich um ein ehemaliges Becken, das mit einer kontrollierbaren Abdichtung ausgestattet und mit einer Hallenkonstruktion überbaut worden war.

- *Speicherbecken*: Von 1989 bis Ende 2009 stand ein mit einer Hallenkonstruktion überdachtes und mit einer Abluftreinigung ausgestattetes Speicherbecken als Sedimentationsstufe für feststoffhaltige Wässer zur Verfügung.
- *Sprengstofflager*: Für die Zwischenlagerung des sprengfähigen Materials, das bei Erkundungs- und Sanierungsarbeiten geborgen wurde, wurde ein Sprengstofflager mit einer Lagerkapazität von 2.000 kg betrieben.



Abbildung 4: Bodensanierung

Bereits im Jahr 1994 wurde mit den Akteuren vor Ort ein Sanierungsleitbild entwickelt, in dem die Leitgedanken der künftigen Sanierungsplanungen und die Strategie der Sanierung/Sicherung des Standortes dargestellt waren (siehe *Abbildung 3*).

Die nachfolgenden Erläuterungen der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen beziehen sich auf die unterschiedlichen Sanierungsansätze im Leitbild.

- (A) Sanierung oberflächennaher, sprengstofftypischer Belastungen durch Bodenaustausch (A1) oder Sicherung (A2)
- (C) Sanierung / Sicherung nicht sprengstofftypischer Belastungen, die in Zusammenhang mit der Rüstungsproduktion stehen, in den nutzungsrelevanten oberflächennahen Bodenschichten

Oberflächennahe Belastungen der Böden durch Nitroaromaten und PAK waren produktionsbedingt bzw. in Folge der Demontage die am häufigsten angetroffenen Kontaminationen. Die Sanierung dieser Bodenbelastungen erfolgte im Regelfall durch Bodenaushub in offenen Baugruben. Überwiegend war dies mit konventionellen Tiefbauverfahren und Baggern möglich (*Abbildung 4*).

Qualifizierte Sicherungsmaßnahmen kamen in zwei Schadensbereichen zur Ausführung. Diese Sanierungsareale liegen im ehemaligen Produktionsbereich „TNT-Herstellung“. Da die Produktionsgebäude gesprengt worden waren, befanden sich im Untergrund der Schadensbereiche Trümmerreste, die einen konventionellen Bodenaushub nicht ermöglichten. Zur Unterbindung der Infiltration von Niederschlagswasser in die erfahrungsgemäß stark kontaminierten ehe-

maligen Produktionsgebäude wurden die Bereiche durch Folien- bzw. Asphaltabdichtung gesichert.

Eine besondere Form der Sicherung fand in einem Abschnitt des Rohrbachs Anwendung. Kontaminiertes Wasser war während der Sprengstoffherstellung ursprünglich in die nächste Vorflut, den Rohrbach, abgeleitet worden. Während im oberen und unteren Abschnitt des Bachs die hochbelasteten Sedimente ausgetauscht wurden, wurde für den mittleren Bachabschnitt ein innovatives In-Situ-Verfahren getestet. Die Sedimente wurden auf einer Strecke von einem halben Kilometer mit 2,3 Mio. Litern Zementsuspension, die durch 4.300 Bohrungen eingebracht wurden, immobilisiert. Darüber wurde das Bachbett neu aufgebaut, renaturiert und mit Sedimenten aus nahe gelegenen Bächen „geimpft“, um die Ansiedlung von Kleintieren und Mikroorganismen sicherzustellen.

Mit der Sanierung der oberflächennahen Belastungen wurden die unmittelbaren Gefährdungen der Grundstücksnutzer beseitigt, der mögliche Kontakt mit den Schadstoffen, auch mit Sprengstoffbrocken, verhindert und die weitere Versickerung von Schadstoffen deutlich reduziert.

- (B) Sanierung tief liegender sprengstofftypischer Belastungen durch Bodenaustausch (B1) oder Sicherung (B2)

Sanierungsbereiche mit tief reichenden, das Grundwasser gefährdenden Bodenbelastungen mussten hingegen unter Einsatz von Spezialtiefbauverfahren saniert werden. Darüber hinaus erforderten die örtlichen Gegebenheiten spezielle Sanierungstechniken, die auf dem Standort teilweise zum ersten Mal überhaupt zur Anwendung kamen.

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

Kontaminationen des Bodens bis in eine Tiefe von ca. 10 m u. GOK wurden auf einer Fläche von 300 m<sup>2</sup> mit dem Großlochbohrverfahren entfernt. Dieses Verfahren gewährleistete die Minimierung der Emissionen durch geringe Oberflächen und nahezu geschlossene Systeme (Abbildung 5).

Insgesamt wurden mit diesem Verfahren in einer Bauzeit von rd. 8 Wochen 186 Bohrungen mit 985 laufenden Bohrm Metern abgeteuft. Die maximale Bohrtiefe betrug 11,5 m u. GOK. Hierbei konnten rd. 4.000 t stark ausgasendes, MNT-haltiges Bodenmaterial aus dem Untergrund entfernt werden.

In anderen Schadensbereichen mit Bodenverunreinigungen bis in eine Tiefe von 9 m u. GOK musste die Baugrube durch einen Trägerbohlwand-Verbau mit Rückverankerung über zwei Ankerlagen gesichert werden. Die Zufahrt zur Baugrube ermöglichte eine an die Baugrube angesetzte Rampe. Der gesamte Baugrubenbereich und die Rampe wurden aus Gründen des Anwohnerschutzes mit einer Zelteinhausung abgeschirmt. Wegen Ausgasungen aus der Baugrube (MNT) wurde die Abluft erfasst und durch Aktivkohle gereinigt.

Bei dieser Maßnahme wurden ca. 8.700 t stark ausgasender Boden, Schleifschlamm und Betontrümmer ausgehoben und entsorgt.

### (D) Sanierung und Sicherung sprengstoffspezifischer und anderer Belastungen in der Gebäudesubstanz

Die bei der Herstellung von Generatorgas zur Erzeugung von Prozesswärme durch Kohleverschwelung in sog. Gasgeneratorenhäusern anfallenden Rückstände, die einen hohen Anteil der toxischen Stoffgruppen PAK, Phenole, Kohlenwasserstoffe, Cyanide, BTEX und Arsen aufwiesen, wurden nach Einstellung der Produktion nicht entfernt. Aufgrund des bestehenden Gefährdungspotenzials für das Grundwasser – und im Fall eines bewohnten Gasgeneratorenhauses auch für die Bewohner – mussten die in den Gasgeneratorenhäusern lagernden Teeröle durch geeignete Maßnahmen geborgen werden.

Die „Vereisung durch Trockeneispellets“ erwies sich als geeignetes Verfahren. Dabei wurde zur Reduzierung der Schadstoff- und Geruchsemissionen der zuvor von flüssiger Phase befreite Teerkörper mittels tiefkaltem CO<sub>2</sub> (Trockeneis, -78 °C) herabgekühlt, anschließend der bis in eine Tiefe von 30 bis 40 cm gefrorene Teerölkörper per Bagger mit glatter Schneide abgeschält. Die unterlagernde Schicht wurde sofort nach Öffnung von dem überstehenden CO<sub>2</sub>-Gas überflutet und nach oben hin abgeschottet. Sobald die erste Schicht vollständig abgeschält war, wurde eine weitere Lage Trockeneis aufgebracht. Der Vorgang wurde wiederholt, bis die Grube vollständig entleert war.

Die auf diese Weise geborgenen und noch vereisten Teerbrocken wurden in ASP-Behältern der Entsorgung zugeführt. Das Verfahren fand bei ca. 52 t Teerölkondensat Anwendung.



Abbildung 5: Großlochbohrgerät

### (E) Sanierung und Sicherung belasteter Kanalabschnitte in Zusammenhang mit anderen Sanierungsmaßnahmen (E1) oder teilweise Sicherung (E2)

Die während der Produktion anfallenden Wässer wurden je nach stofflicher Zusammensetzung in unterschiedlichen Kanalsystemen abgeführt. Die hoch kontaminierten Wässer hinterließen im Kanalnetz Ablagerungen von TNT-Rückständen, und schadstoffhaltige Wässer konnten durch die zum Teil starken Be-



Abbildung 6: Kanalerkundung



Abbildung 7: Sanierung der Schleifschlammhalde

schädigungen des Kanalnetzes in Boden und Grundwasser gelangen.

Die Sprengung von Werksgebäuden bei der Demontage nach 1945 und das Überdecken bzw. Verfüllen der Trümmer mit Schleifschlamm machten die Untersuchung des Kanalsystems besonders schwierig: Gebäudeanschlussleitungen und Schächte der teilweise hoch belasteten Ableitungssysteme waren oft zerstört und nicht mehr auffindbar. Außerdem führte aufgebracht Schleifschlamm zu Verschlüssen in Kanalhaltungen und in Schächten.

Darüber hinaus führten Fehlanschlüsse von aktuell genutzten Abwasserkanälen (häusliches Schmutzwasser, Oberflächenwasser, Niederschlagswasser) an belastete Kanalsysteme zur unkontrollierten Verfrachtung von Schadstoffen in den Untergrund.

Im Zeitraum 1988 bis 2002 wurde das ca. 50 km umfassende Kanalnetz in mehreren Phasen systematisch untersucht und soweit zugänglich durch Spülfahrzeuge gereinigt und darin abgelagerter Sprengstoff entfernt. Dabei wurden insgesamt 285 kg kristalliner Sprengstoff geborgen (Abbildung 6).

Durch Verfüllen der Haltungen mit fließfähigem Spezialbeton (Dämmen) und der Schächte mit Beton oder mit unbelastetem Bodenmaterial sowie durch Abmauern der Kanäle in den Schächten wird das Versickern bzw. die Ausbreitung von kontaminiertem Wasser verhindert.

Die Kanalerkundungen wurden im Jahr 2009 zeitgleich mit der Bodensanierung abgeschlossen.

#### (F) Sanierung der „Schleifschlammhalde“ (SSH)

Bei der Schleifschlammhalde handelte es sich um den wesentlichen Kontaminationsschwerpunkt des Standortes mit einem rechnerisch ermittelten Schadstoffinventar von ca. 18,5 t Nitroaromaten und ca. 2,4 t PAK. Hier wurden während der Produktion Abfallstoffe aus der Sprengstoffherstellung (Neutralisationsschlämme, Fehlchargen, Aschen und Teerölkondensate) abgelagert.

Ein Hindernis für einen konventionellen Bodenaustausch stellte die bis zu 13 Meter mächtige Schleifschlammüberdeckung des Sanierungskörpers dar, die ein ortsansässiger Betrieb bis Ende der 80er-Jahre mit behördlicher Genehmigung aufgebracht hatte.

Als günstigste und effektivste Sanierungsvariante erwies sich ein Voraushub mit geböschter Baugrube mit anschließendem Aushub sowie Wiederverfüllung im Wabenverbau. Dieses Verfahren hatte den Vorteil, dass aufgrund der Bauausführung kostenintensive Massenbewegungen und Abböschungen entfielen und der Aushub vertikal und horizontal gut eingrenzbar war. Nach der Umlagerung von ca. 39.000 m<sup>3</sup> Schleifschlamm wurden ca. 17.000 t kontaminiertes Material (Boden und Auffüllung) aus insgesamt 1.496 Waben ausgehoben und entsorgt (Abbildung 7).

#### (G) und (H) Hydraulische Sicherung

Das Grundwasser im Bereich des Rüstungsalstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen ist in erheblichem Umfang mit sprengstofftypischen Verbindungen belastet. Mitte der 1960er-Jahre wurden im Trinkwasser der umliegenden Gemeinden erstmals Nitroaromaten nachgewiesen, was zur Stilllegung von Trinkwasser-

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

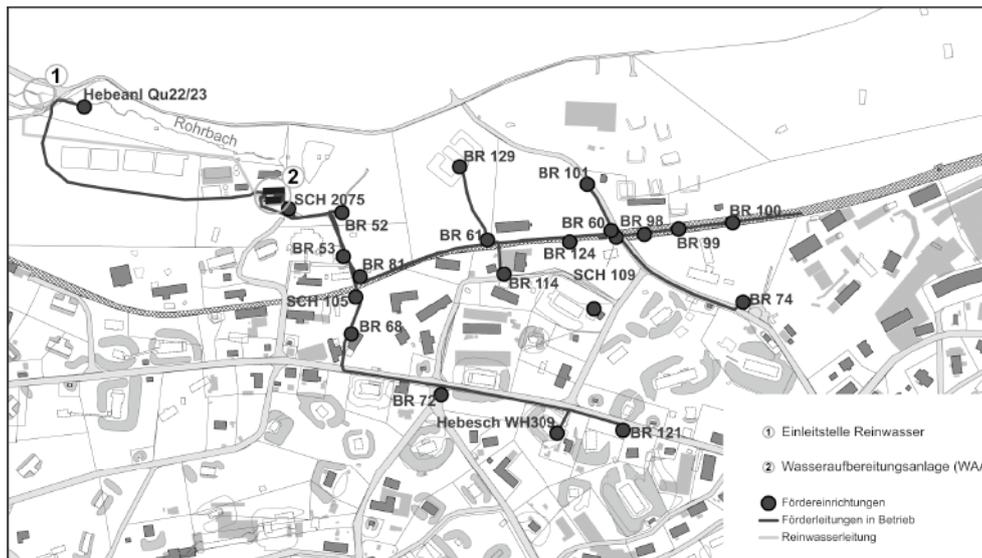


Abbildung 8: Lageplan der Elemente der hydraulischen Sicherung

gewinnungsanlagen und Quelfassungen führte. Die notwendige Ersatztrinkwasserbeschaffung aus der weiteren Umgebung erforderte einen finanziellen Aufwand von ca. 7,5 Mio. €.

Aufgrund der komplexen hydrogeologischen Situation des Standortes bestand die Gefahr einer Verfrachtung der Schadstoffe in angrenzende, teilweise wasserwirtschaftlich genutzte Bereiche.

Um ein Abdriften der diffus und heterogen verteilten Schadstoffe und eine Verlagerung der Kontaminationen in tiefer gelegene Grundwasserzonen zu verhindern, werden seit 1989 ein in der Folge sukzessiv erweitertes System von Brunnen, Schächten und Hebeanlagen sowie die entsprechenden Ableitungssysteme für die kontaminierten Wässer zur Wasseraufbereitungsanlage betrieben.

Das als „hydraulische Sicherung“ bezeichnete System besteht heute aus 19 Sanierungsbrunnen, davon fördern 17 aus der stark belasteten oberen Grundwasserzone II. In der mittleren Grundwasserzone werden zwei Sanierungsbrunnen betrieben (Abbildung 8). Die Brunnen sind zwischen 14 und 30 m tief (Ausnahmen Br. 81 und 101 in der Zwischenzone: 100 m tief).

Seit 1989 wird das mit sprengstofftypischen Verbindungen belastete Grund- und Oberflächenwasser in Wasseraufbereitungsanlagen unterschiedlicher Kapazität und technischer Ausstattung behandelt. Eine Anlage mit modernisierter Aufbereitungstechnik und einer Kapazität von 55 m<sup>3</sup>/h wird seit Januar 2004 betrieben. Nach einer Oxidation und Flockung erfolgt in einer Entspannungsflotation die Flüssig-Fest-Abtrennung. Der anfallende Schlamm wird eingedickt, in einer Kammerfilterpresse entwässert und der Entsorgung zugeführt. Die Entfernung der Resttrübe erfolgt durch Mehrschichtfiltration in Kiesfiltern.

Die Reinigung des Rohwassers erfolgt durch Aktivkohleadsorption in zwei hintereinander geschalteten Aktivkohlefiltern (Hauptfilter und Nachfilter). Nach der

Aufbereitung und Reinigung wird das Wasser dem Vorfluter Rohrbach zugeführt.

### Was wurde für die Umwelt erreicht?

Die Bodensanierung des Rüstungsalstandortes Hesisch Lichtenau – Hirschhagen wurde im Jahr 2009 nach 17 Jahren abgeschlossen. Für die Sanierung hat das Land Hessen seit der Übertragung an die HIM-ASG Jahr 1992 ca. 104 Mio. € (brutto) bereitgestellt.

Damit konnte eine nutzungsbezogene Sanierung des Standortes erfolgreich durchgeführt und die Voraussetzungen für sicheres Wohnen und Arbeiten und für die Erhaltung der bestehenden Nutzungen des Industriestandortes und zahlreicher Arbeitsplätze geschaffen werden. Mit der Sanierung wurden auch Hindernisse für eine künftige Entwicklung des Standortes beseitigt.

Die in Boden, Kanälen und Bauwerken ermittelten Belastungen wurden entfernt oder gesichert, die damit verbundenen Gefährdungen beseitigt: 220.000 t Boden und Schleifschlamm wurden ausgehoben und damit 120 t Schadstoffe entfernt oder zerstört. Daneben konnten rd. 24 t Sprengstoff (reines TNT) geborgen und unschädlich gemacht werden. Die größte Menge kristallinen Sprengstoffs (10,2 t) wurde bei der Sanierung des ehemaligen Waschhauses 339 vorgefunden. Die nutzungsbezogene Strategie optimierte den Einsatz der Mittel und minimierte den Eingriff auf ein notwendiges Maß. Der Hauptbelastungsschwerpunkt Schleifschlammhalde wurde beseitigt. Die gesicherten Bereiche sind langfristig zu überwachen. Über 50 km Kanäle, deren Lage und Zustand vielfach unbekannt waren, wurden erfasst und erkundet. Sie wurden von Schadstoffen gereinigt und bei Bedarf stillgelegt.

Die Ressource Grundwasser konnte wirksam geschützt werden. Die Hydraulische Sicherung, über die kontaminiertes Grundwasser gefasst und aufbe-

reitet wird, wurde dazu schrittweise erweitert und optimiert. Seit 1989 wurden ca. 2,32 Mio. m<sup>3</sup> Wasser gefördert und dabei 5.220 kg Nitroaromaten aus dem Wasser entfernt.

Aus dem Leitbild (*Abbildung 3*), das am Beginn der Sanierung entwickelt wurde und das eine Vorstellung davon geben sollte, wie der Standort nach der Sanierung aussehen könnte – aus dieser Vision ist nach mehr als 15 Jahren Wirklichkeit geworden. Die wesentlichen Umweltschäden der Sprengstoffproduktion wurden beseitigt und gesichert. Von den sanierten Flächen gehen keine Gefahren mehr für Leib, Gesundheit und Umwelt aus – damit wurde das zentrale Projektziel erreicht und „viel Boden gut gemacht“.

### WAS WURDE (NOCH) NICHT ERREICHT?

#### ■ Nutzung

Mit dem hohen Einsatz von Geldmitteln für die Sanierung hat das Land Hessen nicht nur die Gefährdungen beseitigt, sondern auch einen wichtigen Beitrag zum Erhalt des Industriestandortes und der Arbeitsplätze geleistet.

Im Unterschied zu Stadtallendorf aber, wo die Sanierung als Chance genutzt wurde, wo nach Abschluss ein wahrer Bauboom einsetzte, wo der Bestand der Trinkwassergewinnung gesichert werden konnte, wo die Infrastruktur noch weiter modernisiert und Arbeitsplätze erhalten wurden und wo der architektonische Charakter des Standortes immer weniger von rüstungstypischen Gebäuden bestimmt wird, können in Hessisch Lichtenau nach der Sanierung Veränderungen nur in geringem Umfang festgestellt werden. Hier ist die Stimmung nach wie vor bedrückend, und weitläufig im Gelände verteilte Ruinen und Provisorien bestimmen das Bild des Standortes. Die Investition in die Sanierung hat hier (noch) nicht zu einem zusätzlichen Nutzen geführt.

Dabei liegen für ein erhebliches Flächenpotential garantierte Angaben zur Bodenqualität vor. Dazu zählen sowohl Flächen, die nach Auswertung der Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Altlastenverdacht entlassen wurden als auch sanierte Grundstücke.

Dieses Potential wird bisher nicht angemessen genutzt, die Entwicklung von Konzepten zur Integration von Standortentwicklung und Altlastensanierungsplanung fand weder in Hessisch Lichtenau noch in Stadtallendorf Zustimmung. Ein Konzept, das künftig den Boden nutzt, der gut gemacht wurde, hätte positive Auswirkungen auf eine gezielte Entwicklung des Standortes.

#### ■ Umwelt

Die Hydraulische Sicherung wird auf absehbare Zeit weiter betrieben und sorgfältig überwacht werden. Zwar ist davon auszugehen, dass die Nachlieferung von Schadstoffen nach den erfolgten Sanierungen deutlich reduziert wurde. Andererseits sind Schadstoffe über einen langen Zeitraum (seit den 40er-Jahren) in den Untergrund eingetragen worden und lie-

gen dort sowohl in der Matrix als auch in den Klüften vor. Auch unter Berücksichtigung von natürlichen Rückhalt- und Abbauprozessen ist noch für mehrere Jahrzehnte von nachweisbaren Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser auszugehen.

Die nutzungsbezogene Sanierung (es wurde nur saniert, wenn nutzungsspezifische Zielwerte überschritten wurden) und technisch nicht zugängliche Bodenbelastungen machen auch in Zukunft bei Eingriffen in den Boden bei Baumaßnahmen ein Bodenmanagement erforderlich. Dazu sind im Einzelfall auch weiterhin Bodenuntersuchungen durchzuführen und geeignete Entsorgungswege zuzuweisen.

Die Langfristigkeit der Aufgabenstellung erfordert auch die unbefristete, gesicherte Verfügbarkeit von Daten sowohl zur Boden- als auch zur Grundwasserbelastung sowie das Vorhalten und den Betrieb einer geeigneten Infrastruktur.

### Was bleibt?

Es bleiben die baulichen Überreste der Sprengstoffproduktion, die trotz An- und Umbauten an die historische Altlast, an die Geschichte von Gebäuden, Straßen und Kanälen erinnern, an den Zweck und die Bedingungen, unter denen produziert und gearbeitet wurde und auch an die Notwendigkeit einer intensiven historischen Aufarbeitung, die vor dem Hinter-

## Der Sprengstoff ist weg aus Hirschhagen

grund der deutschen Geschichte einer besonderen Anstrengung bedurfte und auch künftig bedarf.

Nach langem Schweigen trägt auch die Stadt Hessisch



Lichtenau heute dazu bei, die besondere Vergangenheit Hirschhagens offen zu legen: Ein „Themenweg Hirschhagen“ informiert auf 18 Informationstafeln über „die Produktion von Sprengstoffen und Munition unter menschenunwürdigen und lebensgefährlichen Bedingungen, sowie den Tagesablauf der Arbeiter, Zwangsarbeiter, KZ-Häftlinge und ihre unterschiedliche Behandlung. Weitere Schwerpunkte sind die durch die Rüstungsindustrie verursachten Umweltschäden im Boden und Grundwasser, deren Sanierung und die Umwandlung des Rüstungsstandorts in ein Industriegebiet.“ (Stadt Hessisch Lichtenau)

Das Land Hessen und die HIM-ASG haben im April 2013 eine Dokumentation vorgelegt, die aus unterschiedlichen Blickwinkeln die Geschichte des Standortes, die Randbedingungen und die Praxis der Sanierung ebenso darstellt wie die Erfahrungen mit der Bürgerbeteiligung und dem administrativen Projektmanagement.

### Literatur- und Quellenhinweise

- König, W., Schneider, U.: Sprengstoff aus Hirschhagen. Vergangenheit und Gegenwart einer Munitionsfabrik, Kassel 1985
- Planungsgemeinschaft König & Schneider: Abschlußbericht über Maßnahmen zur Auffindung potentiell kontaminierter Bereiche im Industriegebiet Hirschhagen vom 30.04.1986 – im Auftrag des Landes Hessen. Kassel (unveröffentlicht)
- Planungsgemeinschaft König & Schneider: Abschlußbericht über die Untersuchung der potentiell kontaminierten Bereiche im Industriegebiet Hirschhagen vom 29.04.1987 – im Auftrag des Landes Hessen. Kassel (unveröffentlicht)
- Schneider, U.: Sanierung der Rüstungsaltpast Hirschhagen, Dokumentation, Mai 1990, im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit, Broschüre, Wiesbaden 1990
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Expertengespräch Rüstungsaltpasten, 1. und 2. September 1992 in Marburg, Tagungsband, Wiesbaden 1992
- Espelage, G.: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau, Band II. Geschichte der Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau, Hessisch Lichtenau 1994
- Schneider, U. (HIM-ASG Projektleitung Hirschhagen): Sanierung des Rüstungsaltpaststandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen / Waldhof, Informationsbroschüre, Kassel 1995
- Schneider, U., Weingran, C., Wolf, M.: Einstieg in die Bodensanierung an den hessischen Rüstungsaltpaststandorten, in: TerraTech, Nr. 2/96, S. 40–43, 1996
- Köppler, J., Schneider, U., Weingran, C.: 15 Jahre Erkundung und Sanierung von Rüstungsaltpasten – eine Bestandsaufnahme, in: altlasten spektrum, Nr. 1/2004, S. 5–15, 2004



Abbildung 9: Dokumentation der Sanierung der Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unter Mitwirkung der HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung (HIM-ASG): Boden gut gemacht. Die Sanierung der ehemaligen Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau, Broschüre, Wiesbaden 2013

### Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. Christian Weingran  
HIM GmbH Bereich Altlastensanierung HIM-ASG  
Plausdorfer Weg  
35260 Stadtallendorf  
E-Mail: asg.weingran@t-online.de

Dipl.-Ing. Ulrich Schneider  
M&P Ingenieurgesellschaft mbH  
Joachimstr. 1, 30159 Hannover  
E-Mail: info@schneider-umwelt.de