



# Boden gut gemacht

Die Sanierung der  
ehemaligen Sprengstofffabrik  
Hessisch Lichtenau





# Inhalt

## Vorworte

<b>1</b>	<b>Hintergrund und Geschichte</b>	<b>1</b>
1.1	Das Land hat Boden gut gemacht	1
1.2	Im Anfang war ... Hessisch Lichtenau-Hirschhagen	3
1.3	Die Fabrik – Historie, Produktion, Beschäftigte, Entwicklung des Standortes nach 1945	4
1.4	Chronologie / Projektmeilensteine	9
<b>2</b>	<b>Erkundung</b>	<b>12</b>
2.1	Geologie und Hydrogeologie	12
2.2	Erkundung	16
2.3	Belastungssituation	22
<b>3</b>	<b>Information und Beteiligung</b>	<b>29</b>
3.1	Bürgerbeteiligung	29
3.2	Der Projektbeirat Hirschhagen aus Sicht der Betroffenen	31
<b>4</b>	<b>Administratives und operatives Projektmanagement</b>	<b>36</b>
4.1	Projektmanagement	36
4.2	Genehmigungsverfahren – Handlungswerte	40
<b>5</b>	<b>Sanierung</b>	<b>48</b>
5.1	Sanierungsleitbild	48
5.2	Sanierungsinfrastruktur	51
5.3	Sanierung oberflächennaher Belastungen	53
5.4	Sanierung tief liegender Belastungen / Trümmergrundstücke	60
5.5	Bodenmanagement	68
5.6	Wasser	73
5.7	Kanäle	81
<b>6</b>	<b>Bilanz und Ausblick</b>	<b>84</b>
6.1	Bilanz Boden	84
6.2	Bilanz Wasser	86
6.3	Bilanz Flächen	87
6.4	Kosten	87
6.5	Ausblick	89
	<b>Literatur</b>	<b>91</b>
	<b>Autorinnen und Autoren</b>	<b>92</b>
	<b>Impressum</b>	<b>92</b>



## Vorwort

# Lucia Puttrich

**Hessische Ministerin für Umwelt, Energie, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz**

Bei der Umsetzung der hohen Umweltstandards im Bereich der Altlastensanierung hat sich die Hessische Landesregierung von dem Gedanken leiten lassen, Altlasten so schnell wie möglich zu sanieren. Die Sanierung des Rüstungsaltsandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen haben wir daher mit rd. 110 Mio. € gefördert. Mit den abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen im bewohnten Bereich und dem Abschluss der Maßnahmen im Außenbereich ist die Hinterlassenschaft des Zweiten Weltkriegs Geschichte.

In der Ihnen vorliegenden Broschüre „Boden gut gemacht. Sanierung des Rüstungsaltsandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen“ möchten wir Ihnen als Bürgerinnen und Bürgern einen umfassenden Überblick über die Altlastensanierung in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen geben.

Ein sorgsamer Umgang mit dem Boden ist notwendig, um die für den Menschen wichtige Lebensgrundlage zu erhalten. Deshalb haben wir uns als Hessische Landesregierung in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen dafür eingesetzt und „Boden gut gemacht“. Die in den Boden sowohl in fester wie auch in flüssiger Form eingetragenen gefährlichen Stoffe aus der Rüstungsproduktion wurden durch Bodenaustausch entfernt oder dauerhaft gesichert. Die so unter Berücksichtigung der planungsrechtlich zulässigen Nutzung sanierten Flächen stellen künftig (bei bestimmungsgemäßer Nutzung) weder eine Gefährdung für die Menschen noch für die Umwelt dar. Der Schutz der Böden ist eine unverzichtbare Grundlage der Daseinsvorsorge auch im Hinblick

auf künftige Generationen der Menschen, Pflanzen und Tiere.

Böden wirken vor allem als natürlicher Filter für das Grundwasser, aus dem in Hessen etwa 95 % des Wassers für die öffentliche Trinkwasserversorgung gewonnen werden. Mit der aufwändigen Sanierung der Böden sowie der langfristig angelegten hydraulischen Sicherung konnte ein fortgesetzter Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser unterbunden bzw. weitestgehend minimiert werden.

Die Gesundheit der Menschen und die Sicherung von Arbeitsplätzen haben für uns oberste Priorität. Wir stellen uns unserer Verantwortung und fördern die Beseitigung der Altlasten. Mit der Sanierung von Altlasten in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen haben wir, wie Sie in der Broschüre nachlesen können, einen wichtigen Beitrag zum Bodenschutz geleistet.



## Vorwort

# Dr. Walter Lübcke

Regierungspräsident Kassel

Der Standort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen beschäftigt das Regierungspräsidium Kassel bereits seit mehr als 40 Jahren. Während dieser Zeit haben sich sowohl der Standort als auch die Behörde gewandelt.

Am Beginn stand die Sorge um sauberes Trinkwasser. Ende der 1960er Jahre wurden erstmals „Nitrokörper“ in Trinkwasserbrunnen im Umfeld des Standortes festgestellt. Das Regierungspräsidium wurde auf den Plan gerufen.

„Nitrokörper“ – was ist das? Wo kommt das her? Neuland für alle Beteiligten.

Das Regierungspräsidium war in erster Linie Verwaltungsinstanz. Daneben gab es technische Fachbehörden wie das Wasserwirtschaftsamt, das Amt für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (AfAS), das Staatliche Amt für Immissions- und Strahlenschutz (SAIS) etc.

Der Begriff „Altlasten“ wurde erstmals 1978 durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in Zusammenhang mit möglichen Gefahren durch die Ablagerung von Abfällen geprägt. Durch betriebliche Tätigkeiten von Gewerbe- und Industriebetrieben verursachte „Altlasten“ waren zu der Zeit noch nicht das Thema.

Selbst die ersten landesrechtlichen Regelungen zu Altlasten (HABfAG – Hessisches Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz 1989) standen noch im engen Kontext zum Abfall.

Ungeachtet dessen und auch ohne spezialgesetzliche Regelungen hat das Regierungspräsidium zur Bewältigung der in Zusammenhang mit dem Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen stehenden Aufgaben bereits damals das getan, was es auch heute noch tut: als zentraler Ansprechpartner Fachkompetenzen koordinieren, bündeln und Entscheidungen aus einer Hand liefern.

Die im Jahr 1997 erfolgte Reform der Umweltverwaltung mit Integration der bereits genannten Fachbehörden unter dem Dach des Regierungspräsidiums hat dies alles etwas einfacher gemacht. Die Wege sind kürzer geworden und die Verfahren können zügiger abgewickelt werden.

Neben der Bereitstellung der erforderlichen Finanzmittel durch das Land und dem Engagement aller an diesem Sanierungsprojekt Beteiligten hat sicher auch diese Entwicklung ihren Teil zum erfolgreichen Abschluss der Sanierung beigetragen.

Abschluss? Ganz so ist es nicht. Richtig ist, dass die Bodensanierung abgeschlossen ist. Von den Flächen gehen bei bestimmungsgemäßer Nutzung keine Gefahren mehr aus. Infolge der Sanierung hat der Standort durch Bautätigkeit und Inanspruchnahme bislang ungenutzter Flächen bereits sein Gesicht verändert und wird dies im Rahmen der weiteren Entwicklung des Industriegebietes sicherlich auch weiter tun.

Was das Land als Geldgeber und auch das Regierungspräsidium als zuständige Fach- und Genehmi-

gungsbehörde noch über viele Jahre hinweg weiter beschäftigen wird, ist die Sanierung des Grundwassers, die für die meisten unsichtbar und geräuschlos weiter betrieben wird.

Darüber hinaus bleibt das Regierungspräsidium als Vertragspartner der mit den Grundstückseigentümern abgeschlossenen Sanierungsvereinbarungen auch weiterhin Ansprechpartner für alle sich daraus ergebenden Fragen.

Man sieht: Altlasten erfordern einen langen Atem. Dieser Aufgabe wird sich das Regierungspräsidium auch künftig stellen und damit die bislang positive Entwicklung des Standortes weiter nach Kräften unterstützen.

# 1

## Hintergrund und Geschichte

### 1.1 Das Land Hessen hat im Bereich der Altlastensanierung viel bewegt und dabei sehr viel an „Boden gut gemacht“.

Für die Sanierung gewerblicher Altlasten und Rüstungsalstandorte wurden durch die Hessische Landesregierung bis einschließlich 2011 insgesamt rd. 585 Mio. € aus originären Haushaltsmitteln und der Abwasserabgabe aufgebracht. Davon entfielen auf die Sanierung der Rüstungsalstandorte (im Wesentlichen Stadtallendorf und Hessisch Lichtenau-Hirschhagen) rd. 272 Mio. € und auf die Sanierung der gewerblichen Altlasten rd. 313 Mio. €.

Im neuen Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) vom 27. September 2007 ist in § 12 formuliert, dass die zuständige Bodenschutzbehörde die Durchführung der Sanierungen an den Träger der Altlastensanierung übertragen kann. Diese Vorschrift entspricht im Wesentlichen den alten Regelungen des § 14 des Hessischen Altlastengesetzes (HAltlastG). Mit der Verordnung der Landesregierung zur Bestimmung des Trägers der Altlastensanierung (Altlastensanierungsträger-Verordnung), verkündet am 12. Dezember 1989, wurde die HIM GmbH zum Träger der Altlastensanierung in Hessen. Der Träger der Altlastensanierung soll die erforderlichen Maßnahmen im Auftrag des Landes in den Fällen durchführen, in denen die zur Sanierung Verpflichteten ihren Verpflichtungen nicht, nicht rechtzeitig oder nicht in vollem Umfang nachkommen.

Neben einer Vielzahl von Grundwassersanierungen, die noch über einen längeren Zeitraum zu betreiben sind, und verschiedenen Bodensanierungen, die bereits abgeschlossen werden konnten, sind in diesem Zusammenhang neben dem Rüstungs-

altstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen (dessen Sanierung in dieser Dokumentation umfassend dargestellt wird) die Sanierungen der bewohnten Standorte Stadtallendorf und Lampertheim-Neuschloß hervorzuheben.

#### Rüstungsalstandort Stadtallendorf

Ende 2005 wurde nach 15 Jahren die Bodensanierung der bewohnten Flächen des Rüstungsalstandortes Stadtallendorf und der TRI-Halde abgeschlossen. Das Land Hessen hat seit 1987 Mittel in Höhe von rd. 155 Mio. € bereitgestellt.

Die ermittelten Verunreinigungen in Boden und Kanälen wurden entfernt oder gesichert, die damit verbundenen Gefährdungen beseitigt. 154.000 kg Schadstoffe, die die Menschen unmittelbar beim Verzehr von selbst angebautem Gemüse und beim Kontakt mit dem Boden bedrohten, und noch einmal 697.000 kg von der TRI-Halde und mehr als 3.000 kg noch sprengfähiges TNT in Schächten und Kanälen wurden entfernt und zerstört. Die Ressource Grundwasser konnte wirksam geschützt werden und wird weiter in der Region als qualitativ hochwertiges Trinkwasser zur Verfügung gestellt. Der Hauptbelastungsschwerpunkt TRI-Halde wurde beseitigt. Über 50 km Kanäle wurden erkundet, ihre vielfach unbekannte Lage und ihr unbekannter Zustand wurden erfasst, die Kanäle von Schadstoffen gereinigt und bei Bedarf stillgelegt. Von den sanierten Flächen gehen keine Gefahren mehr für die Gesundheit der Menschen und für die Umwelt in Zusammenhang

mit der vorhandenen oder geplanten Nutzung der Fläche aus. Mit der thermischen Bodenbehandlung wurde eine effektive, kostengünstige Methode zur nachhaltigen Zerstörung der hochtoxischen Schadstoffe in Böden und anderen Materialien angewendet. Die überwiegende Nutzung der Bahn für Transporte minimierte die transportbedingten Emissionen.

### Lampertheim-Neuschloß

Das Gelände der ehemaligen chemischen Fabrik in Lampertheim-Neuschloß ist nach den beiden Rüstungsaltsstandorten Stadtallendorf und Hessisch Lichtenau-Hirschhagen die größte bewohnte Altlast in Hessen. Die Sanierung begann im Jahr 2002 und wurde 2011 beendet.

Die Grundwassersanierungsanlage zur Sanierung des mit organischen und anorganischen Schadstoffen belasteten Grundwassers in Lampertheim-Neuschloß hat bisher über 2,0 Mio. m<sup>3</sup> Wasser abgereinigt. Insgesamt wird die Grundwasser- und Bodensanierung in Lampertheim-Neuschloß das Land Hessen voraussichtlich 75 Mio. € kosten. Die Stadt Lampertheim beteiligt sich an der Sanierung mit ca. 14 Mio. €. Der weitere Betrieb der Grundwassersanierung kann erforderlich sein.

Neben den großen und bewohnten Altlasten finden außerdem kleinere Sanierungsmaßnahmen an Altlasten wie z.B. chemischen Reinigungen, Metallbetrieben etc. statt.

### Sanierung von kommunalen Altlasten

Das Land Hessen hatte den Kommunen von 1990 bis einschließlich 2008 ca. 150 Mio. € aus dem kommunalen Finanzausgleich, aus Zuwendungen des Landes Hessen für die kommunale Altlastensanierung (Altlastenfinanzierungsrichtlinie – AFR-Maßnahmen) und aus der Altlastenfinanzierungsumlage zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2009 wurden im Rahmen der Umsetzung des Abschlussprogramms über 1.000 Anträge gemeinsam mit den Regierungspräsidien bewertet und entsprechende Schritte (Erstuntersuchung, Detailuntersuchung, Sanierungsplanung und Sanierung) eingeleitet. Die Mittelbereitstellung an die Kommunen erfolgt durch die Bank.

Die Kommunen (Städte und Gemeinden) in Hessen werden weiterhin bei den von ihnen durchzuführenden Sanierungen kommunaler Altlasten unterstützt.

Das neue „Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung“ hat das Ziel der vollständigen Beseitigung der kommunalen Altlasten bis zum

## Auszeichnungen

### „Phoenix Award“

Im Jahr 2004 gewann das Land Hessen mit dem Projekt „Pionierpark Mühlheim“ den amerikanischen Umweltpreis „Phoenix Award“. Der Phoenix Award ist eine weltweit bekannte Auszeichnung für erfolgreiches Flächenrecycling und gilt als „Altlasten-Oscar“. Das vom Land Hessen für den Phoenix Award vorgeschlagene Projekt „Pionierpark Mühlheim“ setzte sich in der Kategorie der internationalen Projekte gegen sehr starke Konkurrenz durch, zu der unter anderem der Olympiapark in Sydney gehörte.

### „European Public Sector Award“

Verwaltungen und verwaltungsnahe Einrichtungen aus ganz Europa waren im Jahr 2009 eingeladen, sich mit ihren Modernisierungsprojekten in den Themenbereichen „Leistungssteigerung und -verbesserung bei der Erbringung öffentlicher Dienstleistungen“, „Bürgereinbeziehung“, „Neue Formen partnerschaftlicher Zusammenarbeit“ und „Führung und Management für den Wandel“ zu bewerben. In einem Wettbewerb des Europäischen Instituts für öffentliche Verwaltung (European Institute of Public Administration – EIPA) wurde im Jahr 2009 das Bürgerbeteiligungsverfahren des Landes Hessen bei der Sanierung von Altlasten mit dem „European Public Sector Award“ (EPSA) in dem Themenbereich „Neue Formen partnerschaftlicher Zusammenarbeit“ (New Forms of Partnership Working) ausgezeichnet.



Jahr 2015. Mit diesem ehrgeizigen Programm wird Hessen seiner Verantwortung gerecht. Die zügige Altlastensanierung auf dem bisherigen Niveau wird mit dem Ziel fortgesetzt, den Umwelt- und Gesundheitsschutz zu steigern und Investitionshemmnisse zu beseitigen. Zugleich wird damit der Verbrauch an Freiflächen für Verkehrs- und Siedlungszwecke vermindert und so ein Beitrag zur Umsetzung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung geleistet.

## Zukunftsaufgabe Flächenrecycling

Als Flächenrecycling bezeichnet man die nutzungsbezogene Wiedereingliederung solcher Grundstücke in den Wirtschafts- und Naturkreislauf, die ihre bisherige Funktion und Nutzung verloren haben, mittels planerischer, umwelttechnischer und wirtschaftspolitischer Maßnahmen. Beispiele sind stillgelegte Industrie- und Gewerbebetriebe und Militärliegenschaften. Soll z.B. neuer Wohn- und Gewerbe- und Industriebrachen eine wichtige Alternative zum „Bauen auf der grünen Wiese“ dar, um den

Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen zu reduzieren. Die Revitalisierung der Brachen wird von einer ganzen Reihe von Faktoren beeinflusst. Zu nennen sind hier städtebauliche, ökologische, sozialpolitische und wirtschaftliche Aspekte.

Dabei beginnt Flächenrecycling mit der Baureifmachung und endet mit der erfolgreichen Vermarktung der Fläche. Bei Flächenrecyclingprojekten stellt sich die Frage, inwieweit vorhandene Altlasten ein objektives Hemmnis bzw. Hindernis für die Flächenentwicklung darstellen. Sicherlich beeinflussen ökonomische Aspekte tiefgreifend die Realisierung von Flächenrecyclingmaßnahmen. Altlastenprobleme schrecken, so die gängige Meinung, in der Regel potenzielle Investoren eher ab. Aber welche Rolle spielen die Untergrundverunreinigungen tatsächlich bei der Baureifmachung und der Suche nach einem geeigneten Investor? Dieser Aufgabe werden wir uns in den nächsten Jahren verstärkt annehmen. Die bisherigen Erfahrungen in Hessen haben gezeigt, dass solche Standorte nicht selten zu attraktiven Gewerbe- oder Wohngebieten entwickelt werden können.

## 1.2 Im Anfang war ... Hessisch Lichtenau-Hirschhagen

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

Hessisch Lichtenau-Hirschhagen war Ausgangspunkt der bundesdeutschen Diskussion um Rüstungsaltslasten. Nach der Veröffentlichung des Buches „Sprengstoff aus Hirschhagen“ von Wolfram König und Ulrich Schneider im Jahr 1985 fand zunächst in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen, dann aber auch an zahlreichen anderen Standorten die Diskussion über die ökologischen Folgelasten rüstungsindustrieller Produktion und die Verantwortung für die Sanierung, aber auch über die Bedingungen dieser Produktion (Zwangsarbeit) statt. Die Erkenntnisse aus Hessisch Lichtenau-Hirschhagen führten zu einer intensiven (umwelt-)politischen Diskussion in Landtagen und im Bundestag – das

Thema fand seinen Weg in die nationalen Medien. Die Erkenntnisse waren aber auch der Auslöser für vielfältige Maßnahmen und Programme in verschiedenen Bundesländern und für die Sanierung zahlreicher Rüstungsaltsstandorte.

Das Auffinden explosionsgefährlichen Materials löst bei den Medien und in der Öffentlichkeit Interesse, aber auch Ängste aus. Am Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen führte die unsachgemäße Lagerung von Sprengstoff zu einer Strafanzeige gegen das Regierungspräsidium. Hier wie an anderen Standorten wurde die Doppelfunktion des Regierungspräsidiums als Auftraggeber und Aufsichts- bzw. Genehmigungsbehörde kritisiert. In dieser Situation entschloss sich das Umweltministerium, die HIM GmbH als Sanierungsträger zu installieren. Hessisch Lichtenau-Hirschhagen war

einer der ersten Standorte, die übertragen wurden. Die neuen Rollen waren sowohl für die Projektleiter der HIM GmbH als auch für die Mitarbeiter des Regierungspräsidiums eine Herausforderung, die nicht ohne Konflikte bewältigt wurde. In „Konsensgesprächen“ konnten gemeinsam mit den Akteuren aus Stadtallendorf Strukturen für die Zusammenarbeit entwickelt werden, die modellhaft für unsere Projektarbeit waren (und sind) und nach unserer Überzeugung eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Sanierung waren.

Hessisch Lichtenau-Hirschhagen stand von Anfang an für eine aktive Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung. Hier wurde 1992 der erste Projektbeirat gegründet, es folgten die Beiräte in Stadtallendorf, Lampertheim und an weiteren Standorten. Das Modell fand 1994 sogar Eingang ins Hessische Altlastengesetz (HAAltlastG). In zahlreichen Sitzungen von Arbeitsgruppen wurde Transparenz hergestellt, Misstrauen abgebaut und zu vielen geplanten Maßnahmen Konsens erzielt. Auch hier mussten die

neuen Rollen von den beteiligten Akteuren (Bürgerinnen und Bürger, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Verwaltung, Ingenieure) gelernt werden. Die an den Rüstungsaltsstandorten erstmals erprobten Instrumente der Bürgerbeteiligung (Projektbeirat, BürgerbeteiligungsBüro) sind inzwischen etablierte Formen der Einbeziehung Betroffener in Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Die Bodensanierung in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen wurde mit der Sanierung der Schleifschlammalde im Jahr 2009 abgeschlossen, vier Jahre nach dem Abschluss der Sanierung im bewohnten Bereich von Stadtallendorf. 25 Jahre, nachdem das Thema Rüstungsaltslasten auf die Tagesordnung gesetzt wurde, und nach Ausgaben in Höhe von ca. 272 Mio. € für beide Standorte durch das Land Hessen kann ein wesentliches Kapitel geschlossen werden. Es bleiben noch viele Jahrzehnte der hydraulischen Sicherung des Grundwassers an beiden Standorten.

### 1.3 Die Fabrik – Historie, Produktion, Beschäftigte, Entwicklung des Standortes nach 1945

#### Historie

Nach der Machtübernahme im Jahr 1933/34 begannen die Nationalsozialisten sehr bald mit den Planungen für neue Rüstungsbetriebe im Deutschen Reich. Dabei bezogen sie diverse Großkonzerne überwiegend aus den Branchen Waffentechnik, Maschinenbau, Energieerzeugung und Chemische Erzeugnisse in die Planungen mit ein. Für die Errichtung großer Sprengstofffabriken entwickelte man Standards. Hierbei legte man Wert auf Tarnung, Verfügbarkeit von Arbeitskräften, abseitige Lage zu Ballungsräumen, Möglichkeiten für Straßen- und Bahnanschluss, ausreichende Wasser- und Energieversorgung und Lage an einem größeren Fließgewässer. Obwohl der Standort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen den letzten Punkt nicht erfüllte, wurde im Jahr 1936 mit dem Bau des Werks „Friedland“ (Tarnname) begonnen. Bereits 1938, nach nur zwei-

jähriger Bauzeit, konnte der erste Ausbauabschnitt in Betrieb genommen werden.

#### Produktion

Die Produktionsgebäude waren weitläufig und aufwändig getarnt im Mischwald des Höhenrückens angeordnet. Oberirdische Leitungssysteme zum Flüssigtransport der Zwischenprodukte wurden errichtet, Werksstraßen angelegt und an das öffentliche Straßennetz angeschlossen, ein Bahnanschluss hergestellt, der die Anlieferung der in der Nähe abgebauten Braunkohle integrierte, sowie ein weitläufiges Kanalnetz angelegt. Gefährliche Betriebsteile erhielten eine Splitterschutzumwallung. Der große Abstand zwischen den einzelnen Gebäuden diente auch dem Schutz vor Zerstörung im Explosionsfall (s. Abb. 1.1).

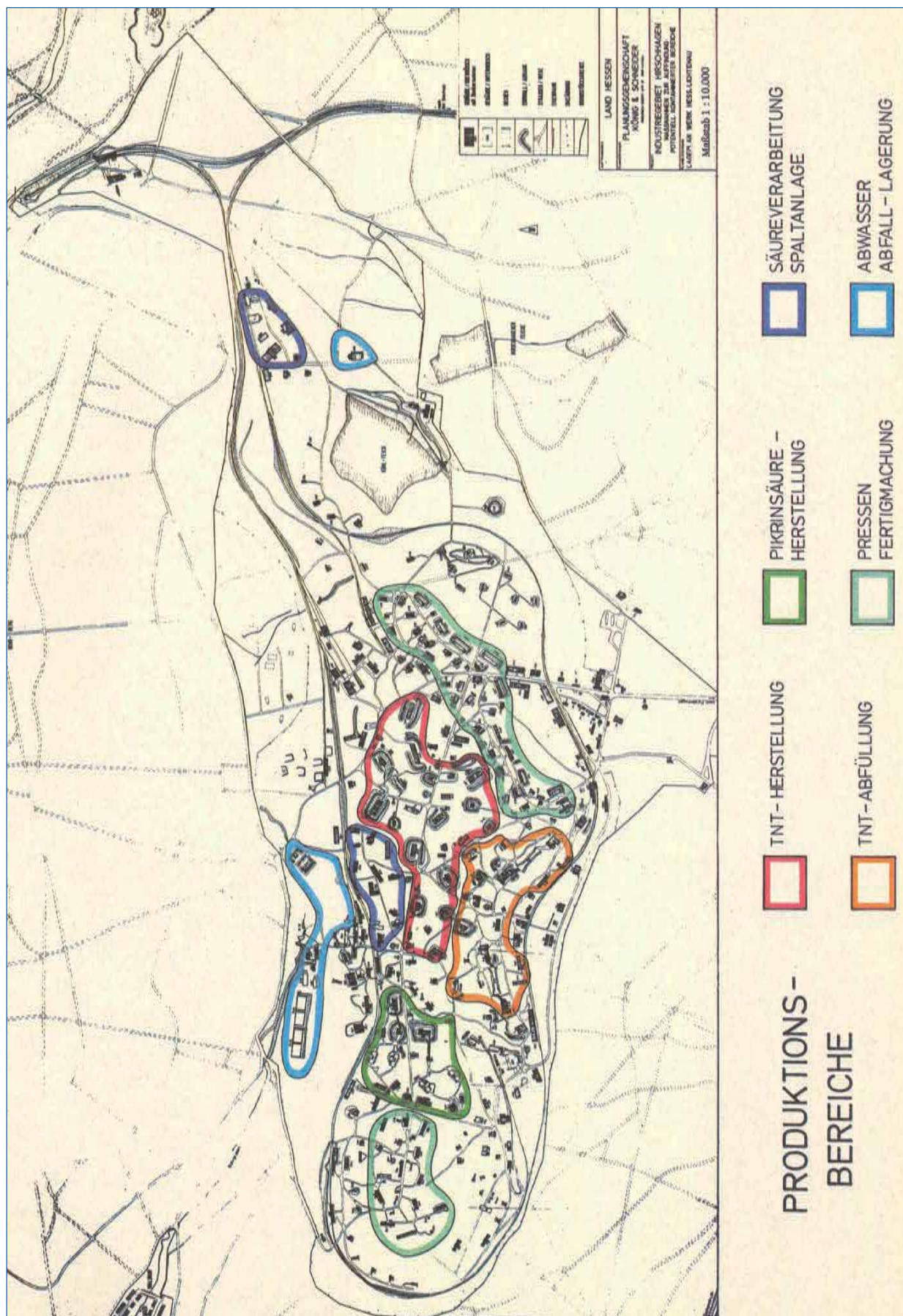


Abb. 1.1: Historischer Werksplan (KÖNIG, SCHNEIDER 1985)



Abb. 1.2: Füllstelle West nach Demontage und Sprengung

Bis Kriegsende 1945 wurde das Werk ausgebaut und vergrößert, wobei man die zwischenzeitlich immer wieder erweiterten Planungsziele nicht erreichte. Die Sprengstofffabrik umfasste bei Kriegsende ca. 400 Gebäude auf ca. 230 ha Werksgelände.

Die Herstellung von Trinitrotoluol (TNT) war ein aufwändiger Vorgang, für den eine Reihe von aufeinanderfolgenden Produktionsschritten durchgeführt werden musste:

- Im ersten Schritt mischte man Toluol mit einer Schwefelsäure-Salpetersäure-Mischung (= Mono-Nitrierung).
- Das daraus gewonnene Mononitrotoluol (MNT) wurde dann nach mehreren Waschvorgängen wieder mit der Säuremischung versetzt (= Di-Nitrierung).
- Das so hergestellte Dinitrotoluol (DNT) wurde wiederum mit besonders hoch konzentrierter Mischsäure versetzt, und es entstand Roh-Trinitrotoluol.
- Weitere Waschvorgänge waren erforderlich, um technisch reines TNT zu erhalten, das nach der abschließenden Trocknung granuliert oder für die Abfüllung, z.B. in Bomben, per Rohrleitung zu den beiden Füllstellen transportiert wurde.

Neben TNT wurde auch Pikrinsäure hergestellt. Pikrinsäure diente nicht als Sprengstoff, sondern als Treibmittel für Geschosse. Der wesentliche Unterschied zur Produktion von TNT bestand darin, dass die Pikrinsäure zum Abfüllen nicht wieder verflüssigt, sondern als Granulat abgefüllt wurde.

In der Fabrik produzierte man vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme 1938 bis zur Produktionseinstellung Ende März 1945 insgesamt rd. 135.000 t Sprengstoff (TNT) und rd. 7.000 t Geschoss-Treibmittel (Pikrinsäure), in Spitzenzeiten bis zu 81 t TNT täglich.

### Auswirkungen auf die Umwelt

Die Produktion des TNT hatte einen großen Energiebedarf, der mit heimischer Braunkohle gedeckt wurde, und einen sehr hohen Wasserverbrauch. Die entstehenden riesigen Abwassermengen mit ihrem hohen Säuregehalt, in der Regel unzulänglich neutralisiert, verödeten die kleinen Vorfluter und Bäche, die diesen verunreinigten Wassermengen nicht gewachsen waren. Die Losse, der Bach des benachbarten gleichnamigen Haupttals zur Fulda und nach Kassel, war zeitweise von den Abwässern rot gefärbt und während der Betriebszeit der Sprengstofffabrik ökologisch tot. Erst Jahre nach Betriebsbeginn führten Proteste der Talanrainer zum Bau einer Abwasserleitung vom Werk bis zur Fulda unterhalb von Kassel (sog. Kasseler Kanal), aber wirkliche Abhilfe schaffte dies nicht.

Ein mindestens ebenso großes Folgeproblem der unzureichenden Abwasserbehandlung und -ableitung sollte sich erst in späterer Zeit zeigen: Auch die massiven Grundwasserverunreinigungen sind zu einem erheblichen Teil auf schädliche Abwässer zurückzuführen.

### Auswirkungen auf die Menschen

Noch größer als der Schaden an der Umwelt war das Unrecht, das man den Menschen zufügte, die im Werk zwangsbeschäftigt waren. Zuerst waren es sog. Dienstverpflichtete, d.h. Männer und Frauen aus dem damaligen Deutschen Reich, die



Abb. 1.3: Blick über die Daimlerstraße (Mitte) auf die eingeebneten Pressengebäude

in der Fabrik für geringen Stundenlohn hart arbeiten mussten. Mit Ausweitung der Produktion und kriegsbedingter Verknappung der Arbeitskräfte wurden dann zusätzlich Kriegsgefangene, ab 1944 auch KZ-Häftlinge eingesetzt. Im März 1945 waren insgesamt 6.000 Männer und Frauen im Werk beschäftigt, überwiegend unter menschenverachtenden Umständen. Rund 1.500 davon pendelten in die umliegenden Ortschaften, die überwiegende Zahl, nämlich rd. 4.500 Personen, bewohnten die um das Werk verteilten Arbeitslager. Von diesen Lagern gab es insgesamt zehn, in denen z.T. nur äußerst beengt und menschenunwürdig gehaust werden musste. Neben den Lagern gab es noch eine Siedlung im Lossetal für die leitenden Angestellten.

Der unwürdige Umgang mit den Menschen spiegelt sich allein schon darin wider, dass die meisten

unter Bewachung arbeiten und wohnen mussten. Dazu kam, dass eine Sozialstruktur anfangs fast völlig fehlte. Werkküche, Aufenthaltsräume, medizinische Versorgungseinrichtungen und sogar Toiletten in ausreichender Zahl wurden erst im Lauf des Krieges überwiegend behelfsmäßig als Baracken „nachgerüstet“.

Die größte Gefahr für die Beschäftigten stellte das Produkt selbst dar. Das Explosionsrisiko am Arbeitsplatz war hoch. Allein zwischen April 1943 und März 1945 explodierten drei Füllstellen. Insgesamt muss von ca. 180 Todesfällen durch Explosionen ausgegangen werden.

Dazu kam die allgemeine, werkstypische Gesundheitsgefährdung, der die Beschäftigten aufgrund des ungeschützten bzw. mangelhaft geschützten

Umgangs mit den problematischen Chemikalien in den einzelnen Produktionsschritten ausgesetzt waren. Besonders sind hier die meist von Frauen besetzten Arbeitsplätze in der Abfüllung zu nennen.

Den Explosionsopfern sind noch 16 Tote im Werk aufgrund verschiedener Erkrankungen zuzurechnen. Man muss also von fast 200 Todesopfern ausgehen, wozu die KZ-Häftlinge, die als zu geschwächt aus dem Arbeitsprozess herausgenommen wurden, als Opfer noch hinzugezählt werden müssen.

### Entwicklung des Standortes nach 1945

Kurz vor der Besetzung des Werks durch die Alliierten im Frühjahr 1945 war die Produktion eingestellt und die bereits abgefüllte Munition im Hirschhagener Teich versenkt worden.

Im Zuge der von den Alliierten durchgeführten Entmilitarisierungsmaßnahmen wurden insgesamt 148 Gebäude zerstört, darunter unterirdisch angelegte Kraftwerke, Sprengstofflager, Pressegebäude und fast alle Bauten, die direkt zur Herstellung und Abfüllung von Sprengstoffen dienten (Abb. 1.2 und 1.3).

Die Rechtsverhältnisse um das Werk waren nach dem Krieg zunächst verworren. Die alliierte Militärregierung setzte einen Treuhänder ein. Es ging um die künftige Nutzung des Werks und den Verkauf der noch vorhandenen Chemikalien. Die Stadt Hessisch Lichtenau z.B. hatte Interesse an einer zivilen Nutzung (Düngemittelfabrik).

Letztendlich fiel die Entscheidung zur Demontage. Die Betriebsanlagen wurden unter Mitwirkung der ehemaligen deutschen Werksleitung und deutschen Betriebspersonals demontiert und als Reparationsleistung den Alliierten überlassen. Hierbei ist man z.T. unsachgemäß vorgegangen, wodurch der vorhandene Umweltschaden noch vergrößert wurde. Ein Beispiel hierfür sind die gesprengten Waschwässer, die abfall-/abwassertechnisch ohnehin schon zu Betriebszeiten neuralgische Punkte waren.

Innerhalb der zu Errichtungs- und Betriebszeiten verschachtelten Besitzverhältnisse war die Verwertungsgesellschaft für Montanindustrie mbH (Montan G.m.b.H.) Eigentümerin und Bauherrin des Werks, aber nicht Betreiberin. 1951 erhielt die Montan G.m.b.H. ihren gesamten Vorkriegsgrundbesitz im Bundesgebiet wieder zurück und firmierte um in Industrieverwaltungsgesellschaft mbH (IVG).

Bereits im Jahr 1946 begannen sich Flüchtlinge als Pächter auf dem Werksgelände anzusiedeln, um sich eine neue Existenz aufzubauen. Die nicht gesprengten Gebäude, die übrig gebliebene Infrastruktur mit Strom- und Kanalanschlüssen und der vorhandene Gleisanschluss boten Anreiz für eine gewerbliche Nutzung des Geländes. Unter der Verwaltung der IVG wurden weitere Gewerbe- und Industriebetriebe angesiedelt sowie Grundstücke der ehemaligen Werksanlagen privatisiert. Das Straßennetz, die Wasserversorgung und die Abwasserkanäle wurden an die Stadt Hessisch Lichtenau verkauft bzw. ihr übereignet. Die vormaligen Arbeitslager wandelten sich zu Siedlungen, in denen zunächst Flüchtlinge und Vertriebene eine neue Heimat fanden.

Boden- und Grundwasserverunreinigungen, bei der Produktion von TNT und der Demontage entstanden, fanden damals keine Beachtung. Bis Mitte der 1960er Jahre wurden Schleifschlämme einer ortsansässigen Fabrik, die Kunststeine herstellte, in gesprengte, noch umwallte Gebäude sowie auch noch über die 1960er Jahre hinaus auf Bereiche der ehemaligen Werksdeponie aufgespült – eine Maßnahme, die später viel Aufwand für die Sanierung der darunter liegenden Belastungen mit sich brachte.

Die ersten umwelttechnischen Probleme als Folge der Sprengstoffproduktion erkannte man im Jahr 1967: In den Trinkwasserbrunnen am südöstlichen Hang des Berges wurden Nitroaromaten nachgewiesen. Anfang der 1970er Jahre musste die neu errichtete Trinkwassergewinnungsanlage auf der anderen Talseite kurz nach Inbetriebnahme ebenfalls wegen Gehalten an Nitroaromaten außer Betrieb genommen werden.

### Bau und Betrieb Sprengstoffwerk

- 1935 Auftrag zum Bau des Sprengstoffwerks durch die reichseigene Verwertungsgesellschaft für Montanindustrie mbH
- 1936–1938 Entstehung von rd. 400 Bauwerken auf einer Fläche von 233 ha
- Juni 1938 Inbetriebnahme der Sprengstoffproduktion
- März 1945 Einstellung der Produktion im Sprengstoffwerk

### Demontage und Besiedlung des Standortes

- Februar 1946 Beginn der Demontearbeiten
- ab 1946 Beginn der Neuansiedlung von Industriebetrieben auf dem ehemaligen Rüstungsstandort
- ab 1964 Erste regelmäßige Untersuchungen von Trinkwasserbrunnen
- 1967 Nachweis von Nitroaromaten im Grundwasser
- 1973 Erste Brunnenstilllegungen und Ersatzwasserbeschaffungen
- 1977 und 1984 Beckenräumung

### Vorbereitung der Sanierung

- 1985 Historische Recherche der Werksanlagen im Auftrag des Landes Hessen
- ab 1985 Hydrogeologische Erkundung durch das Hessische Landesamt für Bodenforschung und das Wasserwirtschaftsamt Kassel
- 1986–1987 Erste systematische Boden- und Grundwasseruntersuchungen im Auftrag des Landes Hessen
- 1989 Aufnahme der hydraulischen Sicherung am Standort  
Anschluss von Förderbrunnen an eine Wasseraufbereitungsanlage (WAA)
- 1990 Vergleich des Landes Hessen mit der IVG  
Beginn der systematischen Kanalerkundung
- 1991 Bau des Sonderabfallzwischenlagers (SAZ)
- 01.09.1991 Errichtung des Projektbüros  
Abbruch Kanalerkundung wegen Explosionsgefahr durch Sprengstoffrückstände
- 17.10.1991 Erste Sitzung Hopfelder Kreis (Vorläufer des Projektbeirats)
- 01.01.1992 Übertragung des Projekts, Sanierungsträger HIM GmbH  
Beginn des F+E-Vorhabens „Mikrobielle Sanierung TNT-kontaminierter Böden des Standortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen“
- 31.03.1992 Erste Sitzung des Projektbeirats
- 1992 Nutzgartenerkundung
- 1992–1993 Modellhafte Erkundung
- 1992–1995 Klärung der Explosionsgefährdung kristalliner TNT-Abfälle in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung Meppen
- 1993 Einrichtung des Vor-Ort-Labors
- 1993–1995 Flächenhafte Erkundung
- 1994 Errichtung Sprengstofflager  
Einhausung Speicherbecken
- 1994 / 1995 Betrieb Terranox-Reaktor und Pilotanlage biologische Bodenreinigung
- 1995 Fortsetzung Kanalerkundung

## Sanierung

- 1995 /1997 Modellhafte Sanierung Waschhaus 329 Außenbereich / Gebäude
- 1996 Biomonitoring
- 1997 Einrichtung des BürgerbeteiligungsBüros
- 1997 Sanierungsuntersuchungen Waldhof / Rohrbach
- 1995–1998 Untersuchung und Reinigung von Kanälen  
Untersuchung Steinbruch Velmeden  
Historische Erkundung Kasseler Kanal
- 1997–1999 Vertiefende Erkundung
- 1998–1999 Sanierung Gärten Waldhof
- 1999–2000 Sanierung Rohrbach-Abschnitt I / Kaskadengraben  
Sanierungsuntersuchungen Areal 5 und Areal 4 (Füllstelle West)  
Bau des 1. Teilabschnitts des Einstufungs- und Bereitstellungslagers  
Beginn Quell- und Sedimentmonitoring Rohrbach  
Beginn der flächenhaften Sanierung (Waschhaus 309)
- 2001 Anschluss weiterer Förderbrunnen an die Wasseraufbereitungsanlage  
Exemplarische Erkundung Kasseler Kanal (Länge: 21 km)  
Sanierung Areale 2 und 3 (Tri-Nitrierung)
- 2002 Fertigstellung des Einstufungs- und Bereitstellungslagers  
Abschluss der 1. Untersuchungsstufe der Schleifschlammhalde  
Sanierung Areale 5 und 7d (Füllstelle West und Kistenlager) sowie  
diverse Kleinschadensbereiche ohne Arealzuordnung  
Vertiefende Erkundung Kasseler Kanal
- 2002–2003 Erweiterung der Wasseraufbereitungsanlage  
Sanierungsuntersuchungen Areale 7 (Granulierungen und TNT-Trocknung),  
14 (Mono- / Di-Nitrierung) und 15 (Werkstätten)  
Detailerkundung Schleifschlammhalde (Areal 13)  
Sanierung Areale 2 und 3 (Tri-Nitrierung), teilweise Sanierung von Flächen  
aus der verdichtenden Erkundung
- 2003–2004 Sanierung Areale 2 und 3 (Rest)  
Sanierungsuntersuchungen Areal 8 (Monolager)  
Hydraulische Erkundung Schleifschlammhalde
- 2004–2005 Sanierung Areale 10 (Pikrinsäureproduktion), 16 (Abwasserbehandlung der Säurebetriebe),  
6 (Denitrierung) und 15 (Werkstätten)
- 2005–2006 Sanierung Areale 7 (Granulierungen und TNT-Trocknung), 9a (Waschhaus 339),  
9 (Füllstelle Ost, TNT-Zwischenlager)
- 2006–2007 Sanierung Areale 8 (Monolager), 12 (Energieerzeugung), 11 (Abwasserbehandlung),  
Kleinschadenssanierung und Gasgeneratorenhaus 504
- 2007–2008 Sanierung Areal 14 (Mono- / Di-Nitrierung) und Schadensbereich 14 a (Di-Nitrierung)
- 2008–2009 Sanierung Gasgeneratorenhaus 524, Rohrbach (Abschnitt II) und  
Areal 13 (Schleifschlammhalde)  
Rückbau Vor-Ort-Labor  
Sanierung Teich Waldhof  
Stilllegung Speicherbecken und Sonderabfallzwischenlager
- 2010 Optimierung der hydraulischen Sicherung  
Stilllegung des Einstufungs- und Bereitstellungslagers  
Schließung des Projektbüros



# Hintergrund und Geschichte: Das Wichtigste in Kürze

Im Jahr 1936 begann man mit dem Bau des Sprengstoffwerks „Friedland“. Nach zweijähriger Bauzeit konnte 1938 der erste Ausbauabschnitt in Betrieb genommen werden. Ausbau und Vergrößerung des Werks dauerten bis zum Kriegsende 1945. Es umfasste bei Kriegsende ca. 400 Gebäude auf ca. 230 ha Werksgelände.

Produziert wurden in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen insgesamt rd. 135.000 t Sprengstoff (TNT) und rd. 7.000 t Geschoss-Treibmittel (Pikrinsäure), in Spitzenzeiten bis zu 81 t TNT täglich.

In der Produktion waren neben sog. Dienstverpflichteten Kriegsgefangene, ab 1944 auch KZ-Häftlinge eingesetzt. Im März 1945 waren insgesamt 6.000 Männer und Frauen im Werk tätig, überwiegend unter menschenverachtenden Umständen. Vor der Besetzung des Werks durch die Alliierten im Frühjahr 1945 wurde die Produktion eingestellt und die bereits abgefüllte Munition im Hirschhagener Teich versenkt.

Im Zuge der Entmilitarisierungsmaßnahmen nach Kriegsende 1945 wurden insgesamt 148 Gebäude zerstört, darunter fast alle Bauten, die direkt zur Herstellung und Abfüllung von Sprengstoff dienten. Bereits im Jahr 1946 begannen sich Flüchtlinge als Pächter auf dem Werksgelände anzusiedeln, um sich eine neue Existenz aufzubauen. Es entstanden auf dem ehemaligen Werksstandort neue Siedlungen.

Erste umwelttechnische Probleme als Folge der Sprengstoffproduktion erkannte man im Jahr 1967: In Trinkwasserbrunnen wurden Nitroaromaten nachgewiesen. Anfang der 1970er Jahre musste eine neu errichtete Trinkwassergewinnungsanlage kurz nach Inbetriebnahme wegen Gehalten an Nitroaromaten außer Betrieb genommen werden.

1992 wurde die HIM-ASG als Sanierungsträger installiert. 1995 begann die Bodensanierung, die mit der Sanierung der Schleifschlammhalde im Jahr 2009 abgeschlossen werden konnte. 25 Jahre, nachdem das Thema Rüstungsaltslasten auf die Tagesordnung gesetzt wurde, und nach Ausgaben in Höhe von ca. 272 Mio. € für die Standorte Hessisch Lichtenau-Hirschhagen und Stadtallendorf durch das Land Hessen kann mit der Bodensanierung an beiden Orten ein wesentliches Kapitel geschlossen werden.

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 wurde, und auch an die Notwendigkeit einer intensiven historischen Aufarbeitung, die vor dem Hintergrund der deutschen Geschichte einer besonderen Anstrengung bedarf.

# 2

## Erkundung

### 2.1 Geologie und Hydrogeologie

#### Geologie

Der Rüstungsalzstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen liegt regionalgeologisch im Bereich einer Buntsandsteinscholle, die im Südosten durch die Grabenrandstörung des Altmorschen-Lichtenauer Grabens begrenzt wird. Die anstehenden Gesteine gehören zum Mittleren Buntsandstein. Dieser bildet hier regional eine ca. 370 m mächtige Sandsteinabfolge, die teilweise von Schluff- und Tonsteinen durchbrochen wird. Überlagert werden die triassischen Sandsteine teilweise von quartären Ablagerungen, die überwiegend pleistozänen Ursprungs sind. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Hangrutschungen von tonig-schluffigem Material, das je nach Herkunft Sandstein, Kalkstein oder Basaltgerölle enthält. (SCHMIDT, 1991)

Der Rüstungsalzstandort sowie dessen weitere Umgebung befinden sich im Bereich der Helsa-Scholle. Diese ist gegenüber den nördlich und südlich benachbarten Schollen relativ abgesunken, gegenüber den westlich und südöstlich bzw. nordöstlich angrenzenden Schollen relativ herausgehoben. Oberflächennah stehen meist die Buntsandsteine der Hardeggen-Folge an. Im Bereich des Rüstungsalzstandortes verläuft in Ost-West-Richtung ein rd. 1,2 km langer und im Mittel 250 m breiter Grabeneinbruch, der überwiegend von Sandsteinen der Solling-Folge eingenommen wird. Die Versätze an den Grabenrandstörungen betragen rd. 30 m. Ein weiterer, von Nordnordosten nach Südsüdwesten verlaufender Graben mit Gesteinen der Solling-Folge verläuft über den Ostteil des Rüstungsalzstandortes (Versatzbetrag ebenfalls ca. 30 m). Bei

den Grabeneinbrüchen sind jedoch untergeordnete Strukturen innerhalb von Staffelbruchsystemen aus Abschiebungen.

Die durch Gesteine des Mittleren Buntsandsteins geprägte Helsa-Scholle ist kein tektonisch geschlossener Block, sondern in Teilschollen gegliedert. Diese Teilschollen sind durch Störungen (Abschiebungen) oder Störungssysteme (Staffelbrüche) begrenzt. Die teils gekrümmten Störungsverläufe südlich des Rüstungsalzstandortes markieren die durch Salzauslaugung entstandene Senke von Fürstehagen.

Eine weitere dominante Struktur im Untersuchungsgebiet ist der halbkreisförmige, von Störungen begrenzte Einbruch im Bereich von Fürstehagen (Fürstehagener Grabenscholle). Innerhalb der eingebrochenen Scholle stehen, jeweils durch Abschiebungen getrennt, Gesteine der Solling-Folge, der Röt-Folge und des Quartärs an (quartäre Überdeckungen von wenigen Metern werden hier nicht betrachtet). Außerhalb davon, d.h. im Norden, Süden und Westen, stehen geologisch ältere Gesteine an (Hardeggen-Folge und älter). Die halbkreisförmige Struktur ist vermutlich die Folge von Salzauslaugungen im Zechstein, d.h. die Fürstehagener Grabenscholle ist das Ergebnis subrosiver Prozesse im Untergrund, die einen geologischen Graben überprägt haben. Die Struktur ist vermutlich nicht allein auf Salzauslaugung zurückzuführen, sondern in Verbindung mit den vorhandenen tektonischen Prozessen zu sehen. Das Vorkommen von quartären Schichten in einer Mächtigkeit von über 100 m zeigt, dass in Teilbereichen des Fürsten-

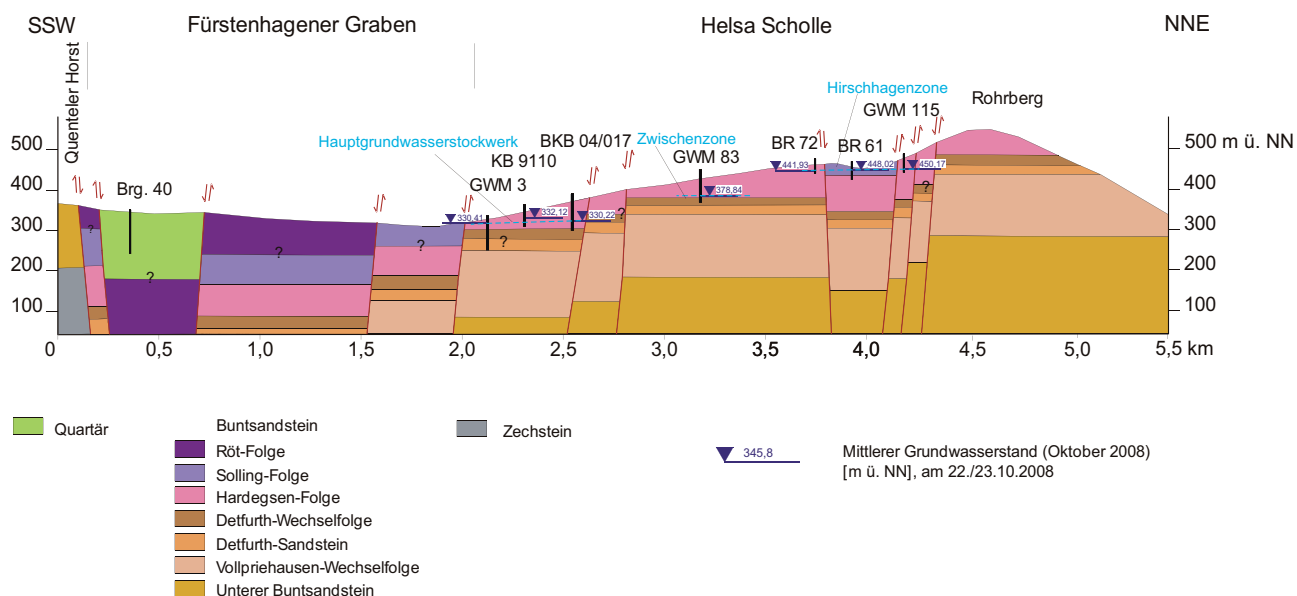


Abb. 2.1: Geologisches Nord-Süd-Profil der Umgebung von Hirschhagen

hagener Grabens eine relativ starke Absenkung (100 m von mindestens 320 m) in einem relativ kurzen, jungen Zeitabschnitt erfolgt ist. Im Osten grenzt die Subrosionssenke an den von Nordosten nach Südwesten verlaufenden Altmorschen-Lichtenauer Graben, in dem Gesteine des Keupers, des Muschelkalks und der Röt-Folge anstehen.

Der Übergang von der Helsa-Scholle zur Fürstehagener Grabenscholle stellt sich als ein Staffelbruchsystem dar. Die relativen Versatzbeträge zwischen der Helsa-Scholle und den am tiefsten eingebrochenen Teilen des Fürstehagener Grabens addieren sich an den einzelnen Störungen auf mindestens 400 m (s. geologisches Profil Abb. 2.1). Der von Osten nach Westen verlaufende Grabeneinbruch im Bereich des Rüstungsaltsstandortes stellt sich als eine der o.g. Subrosion vergleichbare Struktur dar. Darauf weist die starke Zergliederung durch Störungen hin.

## Hydrogeologie

Die Buntsandsteinschichten am Rüstungsaltsstandort bilden ein inhomogenes, anisotropes, mehrschichtiges Kluftgrundwasserleitersystem. Vertikal hat sich eine Wechselfolge von Sand-, Schluff- und Tonsteinen ausgebildet. Die geologische Abfolge

bedingt eine hydrogeologische Abfolge von Grundwasserleitern, -geringleitern und -nichtleitern (s. Abb. 2.2). Nach der Lage im hydrogeologischen System handelt es sich um schwebende Grundwasserstockwerke.

Lateral ist das Gebiet von Staffelbrüchen durchzogen. Diese sind assoziiert mit Störungen unterschiedlicher Ausprägung und unterschiedlicher hydraulischer Anbindung und Funktion. Ein Teil der Störungen hat eine gute hydraulische Anbindung und ist gekennzeichnet durch gute bis sehr gute hydraulische Durchlässigkeiten.

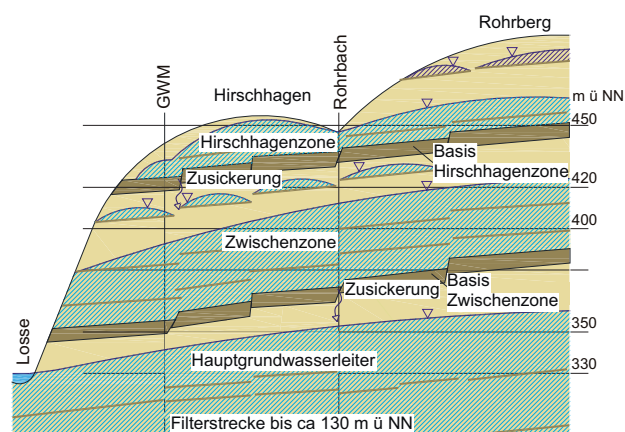


Abb. 2.2: Schematische Darstellung der Grundwasserstockwerke

Die Sandsteine an der Basis der Solling-Folge und Hardeggen-Folge sind allgemein als Grundwasserleiter einzustufen. Aufgrund der geologischen Entstehung befinden sich unter diesen Grundwasserleitern, also am Top der darunter liegenden Hardeggen-Folge bzw. Detfurth-Wechselfolge, zumeist Grundwassergeringleiter bzw. -nichtleiter, die überwiegend aus Tonsteinen aufgebaut sind. In der Abfolge der einzelnen geologischen Folgen existiert zusätzlich eine Wechselfolge von Sand-, Schluff- und Tonsteinlagen. Dies führt zu einer Abfolge unterschiedlich hydraulisch durchlässiger Schichten.

In den durch Störungen voneinander abgegrenzten Sandsteinschollen können sich je nach örtlich vorhandener Abfolge von Grundwasserleitern, -geringleitern und -nichtleitern unterschiedliche Grundwasserstockwerke ausbilden. Ein lateraler Wasseraustausch stellt sich je nach hydrogeologischen Eigenschaften der aneinander grenzenden Gesteinskörper bzw. Klüfte als gesättigte Grundwasserströmung ein. Ein vertikaler Wasseraustausch zwischen Grundwasserleitern erfolgt dagegen zum ganz überwiegenden Teil als ungesättigte Sickerströmung über Klüfte und vor allem Störungen. Bei entsprechendem Wasserdargebot und hydraulischen Durchlässigkeiten fließt das Grundwasser kaskadenartig den tieferen Grundwasserstockwerken zu.

Innerhalb der Schichten stellen sich in den durch Nichtleiter oder Geringleiter getrennten Grundwasserleitern unterschiedliche Grundwasseroberflächen bzw. unterhalb von Stauhohizonten Grundwasserdruckflächen ein. Grundwassermessstellen und Brunnen bzw. deren Bohrungen durchteufen in der

Regel mehrere solcher Stauer und damit Grundwasserstockwerke und schneiden dabei die unterschiedlichen Wasserspiegel- bzw. Druckniveaus an. Der in den Grundwassermessstellen beobachtete Wasserspiegel ist dann ein Ausgleichs- bzw. Mischwasserspiegel aller aufgeschlossenen Grundwasserstockwerke. In allen untersuchten Bohrungen bzw. Grundwassermessstellen sind dabei durch Flowmetermessungen vertikal nach unten gerichtete Strömungen nachgewiesen worden.

Je nach hydraulischer Anbindung an die wasserführenden Kluftsysteme und damit insbesondere in Abhängigkeit vom Ausbau der Grundwassermessstellen können räumlich nah beieinander liegende Grundwassermessstellen in verschiedenen Sandsteinblöcken deutlich verschiedene Grundwasserspiegel haben.

Für die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse werden zusammenhängende Grundwasserkörper als Einheit aufgefasst. Untergliedert werden sie entsprechend der Höhenlage von Filterstrecken und Grundwasserspiegeln (d.h. Wasserstand). Es wird zwischen drei verschiedenen hydrogeologischen Zonen unterschieden.

Die Hirschhagenzone umfasst die oberflächennahen Grundwasserstockwerke in Hirschhagen und besteht aus schwebenden Grundwasserstockwerken in der Solling- und der Hardeggen-Folge. Die zugehörigen Grundwassermessstellen sind oberhalb von 420 m ü. NN verfiltert. Sie weisen Grundwasserstände von rd. 450 m ü. NN auf. Die unteren Grundwasserstockwerke der Hirschhagenzone sind teilweise unter Grundwassergeringleitern bzw. -nichtleitern

Tab. 2.1: Übersicht hydrogeologische Zonen

Hydrogeologische Zone	Grundwassertyp	Filterstrecke		Potenzialhöhe m ü. NN	Geologie *
		von m ü. NN	bis m ü. NN		
Hirschhagenzone	schwebend	420	460	450	smS, smH
Zwischenzone	schwebend	350	430	400	smH, smD
Hauptgrundwasserstockwerk		130	370	< 380	q, smS, smH, smD, smV

\* smS = Mittlerer Buntsandstein, Solling-Folge; smH = Mittlerer Buntsandstein, Hardeggen-Folge  
smD = Mittlerer Buntsandstein, Detfurth-Folge; smV = Mittlerer Buntsandstein, Volpriehausen-Folge; q = Quartär

gespannt. Wegen der Wasserwegsamkeit durchgehender Störungen ist das System bereichsweise nach unten offen. Unterhalb eines Niveaus von etwa 420 m ü. NN existieren in der Hardeggen-Folge ungesättigte Verhältnisse.

Die Zwischenzone beinhaltet schwebende Grundwasserstockwerke in der Hardeggen-Folge oberhalb der Detfurth-Wechselfolge. Sie wird von Grundwassermessstellen auf dem Standort und in dessen näheren Umgebung erschlossen, die in einem Tiefenbereich von 350 bis 430 m ü. NN verfiltert sind und ihre Druckspiegel meist ebenfalls in diesem Höhengniveau haben. Die Grundwasseroberfläche ist in der Regel gespannt. Die schwebenden Grundwasserstockwerke der Zwischenzone werden vorwiegend aus dem vertikalen Abstrom aus der Hirschhagenzone gespeist. Dieser erfolgt als ungesättigte Sickerströmung, sodass die Verhältnisse im Hirschhagenstockwerk nicht von der Zwischenzone beeinflusst werden (kein Rückstau).

Das Hauptgrundwasserstockwerk beinhaltet Grundwasserstockwerke innerhalb der Folgen des Mittleren Buntsandsteins sowie der quartären Ablagerungen der Losse. Die Losse ist Vorfluter für dieses Grundwasservorkommen. Das Hauptgrundwasserstockwerk wird meist von Grundwassermessstellen außerhalb des eigentlichen Standortes erschlossen. Die teilweise über 100 m langen Filterstrecken liegen unterhalb von 360 bis 380 m ü. NN und reichen z.T. bis unter das Niveau der Losse. Das Hauptgrundwasserstockwerk wurde in der Vergangenheit wegen der hohen Ergiebigkeit zur Trinkwassergewinnung genutzt.

Grundwasser aus allen drei Zonen tritt an den Talflanken in Quellen zu Tage. Das Grundwasser bildet sich auf dem Standort durch versickernde Niederschläge und strömt aus dem Gebiet des Rohrberges von Norden zu. Der westliche Teil entwässert über den Rohrbach, wo in einer Höhenlage von 380 bis 430 m ü. NN zahlreiche Quellen austreten. Diese sind nicht wie Schichtquellen an einen bevorzugten Austrittshorizont gebunden, sondern über einen weiten Höhenbereich verteilt und reflektieren so die unregelmäßigen Fließwege in dem durch Staffellächer gestörten System. Hangschuttquellen sind

ebenfalls möglich. Der östliche Teil Hirschhagens gehört zum Einzugsgebiet des Steinbachs.

Auf dem Standort selbst bildet sich nahe der Einmündung der Keplerstraße in die Daimlerstraße eine flache Kuppe in der Grundwasseroberfläche aus, die über Störungszonen in alle Richtungen entwässert. Nördlich der Dieselstraße ergibt sich eine Strömungsrichtung nach Osten bzw. Südosten. Westlich von Diesel- und Keplerstraße fließt das Wasser Richtung Westen. Südlich der Daimlerstraße stellt sich eine nach Süden und Südwesten gerichtete Strömung ein. Am westlichen Rand des Standortes fließt das Grundwasser nach Norden zum Rohrbach.

Aus der oberen Hirschhagenzone tritt Wasser entlang von Störungszonen in die darunter liegende Zwischenzone über und breitet sich von dort sowohl lateral als auch vertikal in das Hauptgrundwasserstockwerk aus. Eine Ausbreitung nach Südwesten erfolgt insbesondere entlang einer Störungszone aus dem Bereich zwischen Hahn- und Gutenbergstraße in Richtung Fürstehagen. Die im Vergleich zu den Tonsteinlagen höhere vertikale Durchlässigkeit im Bereich der Störungszone führt bei dem vorhandenen Grundwasserdargebot zu einem Absinken der Grundwasseroberfläche. Die Hirschhagenzone ist daher als ein nach unten offenes hydraulisches System anzusehen.

Unter natürlichen Verhältnissen bildet sich ein Jahresgang der Grundwasserstände aus, bei dem hohe Grundwasserstände im Frühjahr und niedrige im Herbst auftreten. Zwischen dem Hochstand im Frühjahr und dem herbstlichen Minimum ergibt sich eine Differenz bei den Wasserspiegeln zwischen 0,5 und 7,5 m. Die kleinsten Amplituden sind in der Nähe natürlicher Quellgebiete oder entlang der Vorfluter (Losse) zu beobachten. Hohe jährliche Amplituden ergeben sich in der Zwischenzone und dem Hauptgrundwasserstockwerk.

Neben den jahreszeitlichen Zyklen treten an einigen Messstellen auch kurzfristige, z.T. erhebliche Wasserstandsschwankungen auf. So stieg der Wasserstand nach Starkregen an einer Grundwassermessstelle südlich der Daimlerstraße innerhalb von 24 Stunden um ca. 7 m. Dies kann dadurch

erklärt werden, dass die Messstelle einen Misch- bzw. Ausgleichwasserspiegel aufweist, der durch die hydraulische Anbindung an mehrere Grundwasserstockwerke entsteht. Kommt es z.B. durch besondere Regenereignisse zu einer kurzfristigen hohen Grundwasserneubildungsrate, fließt der Grundwassermessstelle aus den relativ höher gelegenen Grundwasserstockwerken mehr Wasser zu, als durch die Grundwassermessstelle nach unten an die unterlagernden Grundwasserstockwerke abgegeben werden kann. Der Grundwasserspiegel in der Messstelle stellt sich dann auf das Niveau des höher gelegenen Grundwasserstockwerks ein.

Die Flurabstände variieren zwischen etwa 0,5 m in der Nähe natürlicher Quellgebiete oder Vorfluter und über 100 m an den tiefen Grundwassermessstellen der Zwischenzone und im Hauptgrundwasserstockwerk.

In der weiteren Umgebung des Standortes bestanden verschiedene Wasserwerke. Die wichtigsten davon sind das Wasserwerk Kirschenberg sowie die Brunnen Helsa und Waldhof. Das Wasserwerk Kirschenberg mit einem jährlichen Fördervolumen von rd. 315.000 m<sup>3</sup> stellte am 01.07.1991 seinen Betrieb ein, nachdem dort Nitroaromaten nachgewiesen worden waren. Infolge des damaligen Förderbetriebs waren Schadstoffe vom Standort in größerer Tiefe unter dem Vorfluter Losse bis in die Fassungs-

anlagen geströmt. Die Brunnen Helsa und Waldhof waren bereits im Jahr 1987 wegen der Schadstoffproblematik abgeschaltet worden.

Aufgrund der Inhomogenität und Anisotropie der Grundwasserleiter vor Ort und der mit der Tiefe veränderlichen Grundwasserspiegel bzw. -drückhöhen können Fließwege nicht nur auf Grundlage der gemessenen Potenzialgefälle zwischen einzelnen Grundwassermessstellen bestimmt werden. Dazu sind die zum Teil an Störungszonen geknüpften Wasserwegsamkeiten zu berücksichtigen. Hydraulische Verbindungen können anhand der in der Umgebung des Standortes gefundenen standorttypischen Schadstoffe nachgewiesen werden. Aufgrund der in der Zwischenzone gefundenen Konzentrationen von polaren Nitroaromaten ist eine Zusickeung von Grundwasser aus der Hirschhagenzone in die Zwischenzone nachgewiesen. Weiter belegen die an Grundwassermessstellen und Quellen im Hauptgrundwasserstockwerk nachgewiesenen Schadstoffkonzentrationen einen Abstrom von belastetem Grundwasser aus der Hirschhagenzone nach Süden. Die in den Messstellen im Norden bzw. Westen gefundenen polaren Nitroaromaten bzw. Spuren davon verweisen auf hydraulische Verbindungen von der Hirschhagenzone zum Hauptgrundwasserstockwerk, also vom Standort aus in Richtung Norden und Westen.

## 2.2 Erkundung

### Erste Erkundungsmaßnahmen

Bis Mitte der 1980er Jahre haben keine systematischen Untersuchungen des ehemaligen Rüstungsaltstandortes stattgefunden. Erst mit der Veröffentlichung des Buches „Sprengstoff aus Hirschhagen“ von Wolfram König und Ulrich Schneider im Jahr 1985 begann eine öffentliche Diskussion über die Notwendigkeit einer Erkundung.

Im Jahr 1985 beauftragte das Land Hessen die Planungsgemeinschaft König & Schneider mit einer

historisch-deskriptiven Untersuchung (Historische Recherche) der ehemaligen Werksanlagen. Anhand von alten Lageplänen, Archivmaterial und Zeitzeugenbefragungen sowie der Auswertung von Fachliteratur wurden die verfahrenstechnischen Abläufe der Sprengstoffproduktion rekonstruiert und somit die Gebäudefunktionen weitgehend geklärt.

Auch das Kanalnetz stellte aufgrund der rekonstruierten Produktionsabläufe eine Kontaminationsquelle dar. Die bei Recherchen im Archiv der IVG entdeckten Kanalpläne wurden in Ortsbegehungen

überprüft und vervollständigt. Die verschiedenen Kanalsysteme des Standortes mit einer Gesamtlänge von ca. 50 km konnten so größtenteils rekonstruiert werden. Mithilfe von Luftbildern und historischem Kartenmaterial konnte man zudem verschüttete Becken und Abfallhalden identifizieren.

Auf Grundlage der o.g. historischen Recherche fanden 1986/87 erste systematische Boden- und Grundwasseruntersuchungen in potenziell kontaminierten Bereichen statt (s. Abb. 2.4). Hierbei wurden rd. 500 Boden-, Material- und Wasserproben mit unterschiedlichen Verfahren (Bohrungen, Schürfe) entnommen und auf sprengstofftypische Verbindungen untersucht. Da es sich um erste orientierende Untersuchungen handelte, war die Untersuchungsdichte entsprechend gering. Die Auswertung der Ergebnisse führte zu einer ersten Beschreibung der Standortsituation. Sie zeigte folgende Belastungsschwerpunkte:

- Teile der Kanalisation und die Abwasserbehandlungsanlagen waren mit Sprengstoffrückständen, teilweise in fester Form, belastet und führten kontaminiertes Wasser aus dem Werks-gelände ab.
- Im Bereich der Schleifschlammhalde waren Neutralisationsrückstände mit sehr hohen Nitrotoluolgehalten festzustellen.
- Im Bereich der TNT-Waschhäuser wurden Produktionsrückstände mit bis zu 50 % Sprengstoffanteilen vorgefunden.

Der Boden im Bereich der Abwasserversickerungsstellen und Aufbereitungsanlagen für Abfallsäuren sowie weiterer Produktionsanlagen war hoch belastet.

### Erkundungsmaßnahmen durch die HIM-ASG

Nach Übertragung der Projektleitung an die HIM-ASG im Jahr 1992 wurden die Geländeuntersuchungen fortgesetzt. Während zuvor nur jene Bereiche untersucht worden waren, die als hoch belastet eingestuft waren, musste nun in Vorbereitung einer späteren Sanierung des gesamten Standortes durch weitere systematische Untersuchungen die Belastungssituation geklärt werden.



Abb. 2.3: Bohrgerät zur Durchführung von Rammkernsondierungen

### Erkundungsverfahren

Die Gewinnung von Bodenproben erfolgte vorwiegend durch Rammkernsondierungen (siehe Abb. 2.3). Für spezielle Fragestellungen wurden darüber hinaus Bodenproben aus Schürfen gewonnen.

### Untersuchungskampagnen

Die Belastungssituation des Bodens auf dem Standort wurde gestuft in verschiedenen Untersuchungskampagnen mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung erfasst (s. Abb. 2.4 bis 2.11). Ziel der Erkundungen war es, eine ausreichende Planungsgrundlage für Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen zu ermitteln. Durch eine Verdichtung des Messstellenrasters konnten unbelastete und hoch kontaminierte Bereiche relativ schnell erfasst werden, um einerseits die unbedenklichen Flurstücke freigeben zu können und andererseits für kontaminierte Flächen die Sanierungsplanung vorzubereiten.

In einem ersten Schritt wurde im Zeitraum Juli bis September 1992 der Oberboden aller bewohnten und gärtnerisch genutzten Grundstücke untersucht. Dazu wurden Mischproben aus dem obersten Bodenmeter entnommen und auf sprengstofftypische Verbindungen analysiert. Durch diese **Nutzgartenerkundung** (s. Abb. 2.6) war erstmals eine Abschätzung potenzieller Gesundheitsgefährdungen



Abb. 2.4: Erkundung durch König & Schneider (1986/87)



Abb. 2.5: Modellhafte Erkundung (1992-1993)



Abb. 2.6: Erkundung der Nutzgärten (1992)

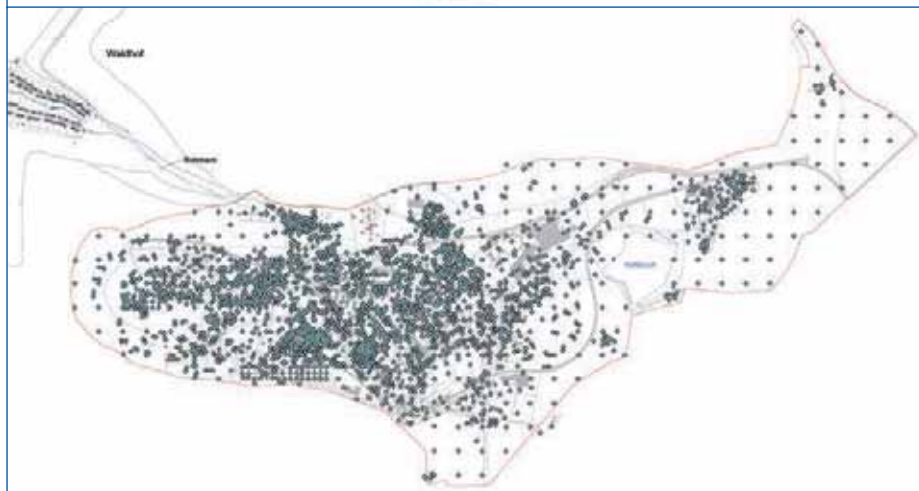


Abb. 2.7: Flächenhafte Erkundung (1993-1995)





Abb. 2.8: Weitere Untersuchungen (1992–2003)



Abb. 2.9: Vertiefende Erkundungen (1997–2002)



Abb. 2.10: Sanierungsuntersuchungen (1999–2006)



Abb. 2.11: Untersuchung Schleifschlamthalde (2002–2003)



Abb. 2.12: Bohrtisch

möglich. Die Ergebnisse der Untersuchungen teilte man den Grundstückseigentümern mit, da letztere mit Nutzungseinschränkungen aufgrund der festgestellten Bodenkontaminationen rechnen mussten.

Zur Vorbereitung einer flächenhaften Erkundung des Standortes wurden im Rahmen einer **modellhaften Erkundung** (s. Abb. 2.5) von Oktober 1992 bis Februar 1993 in exemplarisch ausgewählten Bereichen insgesamt 183 Sondierungen / Schürfe niedergebracht und rd. 480 Proben untersucht. Die Ergebnisse der modellhaften Erkundung dienten auch als Grundlage für die Sanierungsplanung der im Jahr 1995 durchgeführten modellhaften Sanierung des Waschhauses 329.

Auf dieser Grundlage stellte man ein Untersuchungsprogramm zur gezielten Erkundung von Verdachtsflächen und zur rasterförmigen Erkundung von außerhalb der Verdachtsflächen liegenden Gebieten auf. Die Geländearbeiten zur **flächenhaften Erkundung** (s. Abb. 2.7) fanden im Zeitraum Juli 1993 bis März 1995 statt. Hierbei wurden 2.800 Sondierungen / Schürfe niedergebracht und rd. 6.900 Proben analysiert. Die Daten der flächenhaften Erkundung waren Grundlage für eine produktionsbereichs- und zugleich flurstücksbezogene Übersicht über die Schadstoffverteilung am Standort.

Aus der flächenhaften Erkundung und der parallel durchgeführten Erkundung der Siedlung Waldhof (s. Abb. 2.8) leitete man Vorschläge zur Abgrenzung der Sanierungsareale und des weiteren Erkundungsbedarfs bzw. zur Priorität ihrer Sanierung

ab. Ab Herbst 1995 wurden Flächen, auf denen der toxikologische Gefahrenwert von 300 mg/kg TNT-TEkurzfr. (s. Kap. 4.2) überschritten war, durch Einzäunung, Bepflanzung mit Bodendeckern und entsprechende Beschilderung temporär gesichert.

Die **vertiefende Erkundung** hatte das Ziel, Flächen mit festgestelltem Erkundungsbedarf erschöpfend und endgültig zu untersuchen. Hierzu wurden 1.850 Sondierungen / Schürfe niedergebracht und 3.850 Proben untersucht (s. Abb. 2.9).

Den letzten Schritt in der Erkundungskette bildeten die **Sanierungsuntersuchungen**. Das Erkundungsraster in den jeweiligen Sanierungsarealen wurde verdichtet und die bekannten Belastungspunkte eingegrenzt (s. Abb. 2.10). Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Erstellung des Sanierungsplans für das jeweilige Sanierungsareal.

Die unmittelbar an dem während der Produktionszeit zur Abwasserableitung dienenden Vorfluter (Rohrbach) gelegene Siedlung Waldhof (Gemeinde Helsa) wurde aufgrund ihrer intensiven Wohn- und Gartennutzung als Sanierungsareal erster Priorität eingestuft. Die hier vorwiegend in den Hausgärten vorgefundenen Belastungen wurden durch die Nutzung von belastetem Wasser und Sediment als Gießwasser bzw. zur Bodenverbesserung verursacht. Von März bis Juli 1997 erfolgten die Sanierungsuntersuchungen der Gärten in Waldhof sowie der Sedimente und Uferbereiche von Rohrbach und Kaskadengraben.

Die Sanierungsuntersuchungen in den Arealen 1 bis 7, 9 und 10 sowie 12 bis 16 wurden bis zum Jahr 2003, die in Areal 8 im Jahr 2004 abgeschlossen. Mit Areal 11 endeten im Jahr 2006 die Sanierungsuntersuchungen auf dem Standort.

Zusätzlich zu den beschriebenen Erkundungsmaßnahmen der Sanierungsareale folgten weitere, themenbezogene Erkundungen, wie z.B. der Schleifschlammhalde und des sog. Kasseler Kanals.

## Erkundung Schleifschlamthalde

Die technische Erkundung der Schleifschlamthalde (s. Abb. 2.11) wurde in den Jahren 2002/2003 durchgeführt. Hierbei wurden im Bereich des ehemaligen Brandplatzes und in den unmittelbar angrenzenden Bereichen erhebliche Belastungen mit sprengstofftypischen Verbindungen und Auffüllungen aus Aschen und Teerkondensaten festgestellt, die als Abfallprodukte bei der Stromerzeugung in den Gasgeneratorenhäusern angefallen waren. Der technischen Erkundung der Schleifschlamthalde folgte im Jahr 2004 die Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse und der Belastungssituation des Grundwassers unterhalb der Halde. Die Untersuchungen der Schleifschlamthalde schlossen im Jahr 2006 mit weiteren hydrogeologischen Erkundungen des Untergrundes ab.

## Erkundung Kasseler Kanal

Im Jahr 1998 erfolgte eine historische Erkundung des sog. Kasseler Kanals, eines Kanalbauwerks, das zu Betriebszeiten der Fabrik Produktionsabwasser durch das Lossetal bis zur ca. 22 km entfernten Fulda transportierte. Auf Grundlage einer exemplarischen Erkundung im Jahr 2001 und einer vertiefenden Erkundung im Jahr 2002 wurde ein Schadensschwerpunkt im Bereich eines Absturzbauwerks des ehemaligen Kasseler Kanals in der Nähe des Bahnhofs Eschenstruth ermittelt.

## Weitere themenbezogene Erkundungen

Weitere themenbezogene Erkundungen waren:

- vertiefende Erkundung im Zuge der Baufeldfreimachung zur Errichtung eines Sonderabfallzwischenlagers und eines Einstufungs- und Bereitstellungslagers;
- Erkundung der Gasgeneratorenhäuser zur Konzeption möglichst kostengünstiger und emissionsfreier Bergungsverfahren der dort abgelagerten Teeröle;
- Baugrunduntersuchungen im Zuge konkreter Vorhaben der Grundstückseigentümer (s. Abb. 2.12).



Abb. 2.13: Errichtung einer Grundwassermessstelle

## Grundwassererkundung

Ab Mitte der 1980er Jahre wurden im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel die bereits in den 1970er Jahren begonnenen Grundwasseruntersuchungen fortgesetzt (s. Abb. 2.13).

1985/86 ließ das damalige Hessische Landesamt für Bodenforschung (HLfB) 17 Grundwassermessstellen im Bereich der Schleifschlamthalde zur Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Untergrund der Ablagerung errichten. Die bei der Untersuchung der Grundwasser-aufschlüsse festgestellten Belastungen führten bis 1992 zur Stilllegung sämtlicher Trinkwassergewinnungsanlagen in der Umgebung von Hirschhagen. Zur hydraulischen Sicherung wurden ab 1989 hoch belastete Messstellen zu Förderbrunnen ausgebaut und an eine eigens dafür errichtete Wasseraufbereitungsanlage angeschlossen.

Ab Anfang der 1990er Jahre wurden mit zunehmendem Erkenntnisgewinn aus der Bodenerkundung auf dem Standort und in dessen Umfeld weitere Grundwassermessstellen errichtet. Der Ausbau

der Messstellen richtete sich jeweils nach der Fragestellung und den Untersuchungszielen und erfolgte in unterschiedlichen Tiefen und Ausbaudurchmessern. Durch die Auswertung von Pumpversuchen und chemischen Untersuchungen konnten Informationen über die geologischen / hydrogeologischen Verhältnisse sowie über die Konzentrationen, die Zusammensetzung und die räumliche Verteilung der Schadstoffe im Untergrund gewonnen werden.

### 2.3 Belastungssituation

Bei der Sprengstoffproduktion in den Jahren 1938 bis 1945 wurden Stoffe eingesetzt und hergestellt, die gesundheitsschädlich sind. Sowohl während der Produktion als auch infolge der Demontage nach Stilllegung der Produktion gelangten erhebliche Mengen von Schadstoffen in den Boden und in das Grundwasser (s. Abb. 2.14).

#### Schadstoffinventar und Ausbreitungspfade

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten stellte man über den gesamten Standort verteilte Kontaminationen des Bodens und des Grundwassers mit folgenden Vor-, Neben- und Endprodukten sowie Abbauprodukten der Sprengstoffproduktion und -verarbeitung fest, die unter dem Begriff „sprengstofftypische Verbindungen (STV)“ zusammengefasst und in polare und unpolare Nitroaromaten unterteilt werden:

- Mononitrotoluole (MNT, Vorprodukt, unpolar),
- Dinitrotoluole (DNT, Vorprodukt, unpolar),
- Trinitrotoluole (TNT, Endprodukt, unpolar),
- Aminodinitrotoluole (ADNT, Abbauprodukt, unpolar),
- Trinitrobenzol (TNB, Nebenprodukt, unpolar),
- Sulfonsäuren (Nebenprodukt, polar),
- Benzoesäuren (Abbauprodukt, polar),
- Pikrinsäure (Trinitrophenol; TNP, Endprodukt).

Bis zum Jahr 2010 wurden auf dem Standort und im Umfeld insgesamt 195 Grundwassermessstellen errichtet, von denen 66 als nicht mehr benötigt in den Jahren 2009 bis 2011 zurückgebaut wurden. Ausgesuchte Messstellen werden seitdem weiterhin im Rahmen des Grundwassermonitorings regelmäßig überwacht.

Besonders ergiebige Grundwassermessstellen mit hohen Schadstofffrachten wurden zu Förderbrunnen ausgebaut und an die seit dem Jahr 1989 betriebene hydraulische Sicherung angeschlossen.



Abb. 2.14: Hinweisschild

Die polaren Nitroaromaten sind aufgrund ihrer hohen Mobilität ausschließlich für das Grundwasser relevant.

Im Bereich der Füllstellen und Pressengebäude mit den dazugehörigen Schmelz- und Brechhäusern wurden in geringem Umfang weitere Explosivstoffe nachgewiesen, die in der ehemaligen Rüstungsfabrik nicht produziert, aber verarbeitet wurden, z.B.:

- Hexogen (RDX, Endprodukt unpolar),
- Nitropenta (Pentaerythrittetranitrat; PETN).

Neben sprengstofftypischen Verbindungen lagen auch andere Schadstoffe in zum Teil sanierungs-

bedürftigen Konzentrationen vor. Es handelte sich dabei um

- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- polychlorierte Biphenyle (PCB),
- Phenole,
- Benzol, Toluol, Xylol (BTX),
- Schwermetalle,
- Cyanide,
- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW).

Aufgrund der vorgefundenen Kontaminationen ergaben sich Gefährdungen für Mensch und Grundwasser:

Menschen können durch orale, dermale und pulmonale Aufnahme von Schadstoffen betroffen sein. Nichtflüchtige Schadstoffe können gebunden an Staub bzw. Bodenpartikel aufgenommen werden. Gasförmige Schadstoffe treten bei Bodenbewegungen in Bereichen mit leichtflüchtigen Kontaminanten (z.B. MNT) auf.

Grundwasser wird durch Auswaschung von Schadstoffen mit dem Sickerwasser und zum Teil auch durch direkten Eintrag von Schadstoffen in flüssiger Form verunreinigt. Eine Schadstoffausbreitung ist zudem über das ehemalige Kanalisationsnetz möglich. Durch bauliche Schäden können kontaminierte Sickerwässer in die Kanäle eintreten, sich ausbreiten oder an anderer Stelle wieder austreten.

## Bodenbelastungen

Die Erkundungen ergaben eine sehr heterogene Zusammensetzung, Verteilung und Konzentration der sprengstofftypischen Verbindungen. Hauptursache hierfür ist der unterschiedliche Chemikalienumsatz in den verschiedenen Produktionsbereichen (s. Abb. 2.15). Die wesentlichen produktionsbedingten Kontaminationsschwerpunkte waren

- das unterirdische Tanklager für Ausgangsprodukte (Monowiese),
- die Mono- und Di-Nitrierung,
- die Tri-Nitrierung,
- die Füllstellen,
- die Säureaufbereitung,
- die Abwasserbehandlung und
- die Abfalllagerung.

Da im Bereich der unterirdischen Tanklager, im Bereich der Abwasserbehandlung sowie teilweise im Bereich der Säureaufbereitung die Schadstoffe in flüssiger Form in den Untergrund eingetragen wurden, reichten die Belastungen an sprengstofftypischen Verbindungen bis in die grundwassergesättigte Zone.

Neben den produktionstechnisch bedingten Schadstoffeinträgen (einschl. Unfälle / Explosionen) kam es durch Bodenumlagerungen und Demontage auch außerhalb der eigentlichen Produktionsbereiche zu Bodenverunreinigungen. So wurden Flächen im Bereich Verwaltung und zentrale Einrichtungen nach dem Krieg als Demontageplatz genutzt. Umgelagerter, STV-haltiger Boden fand sich auch im Bereich des östlichen Sprengstofflagers und des Sprengplatzes.

Eine Besonderheit unter den STV-haltigen Materialien stellen die aus den Kraftwerken stammenden „**schwarzen Aschen**“ dar, bei denen neben DNT (untergeordnet) MNT als Einzelstoff dominierte. Zu vermuten ist, dass die in den Kraftwerken angefallenen Aschen mit STV-haltigen Wässern abgelöscht wurden. Die Aschen fanden sich im Bereich der heutigen Schleifschlammhalde, großflächig in Auffüllungen im Bereich des Areals 4 (s. Abb. 2.16) sowie häufig entlang der stillgelegten Bahntrassen und in einer Halde am Kohlehochbunker am nördlichen Standortrand.

**Mit MNT belastete Schleifschlämme** fielen nach 1946 bei der Kunststeinproduktion einer ortsansässigen Firma an. In Absprache mit dem ehemaligen Grundstückseigentümer IVG und mit behördlicher Duldung wurden diese Schleifschlämme seinerzeit als Maßnahme zur Verkehrssicherung in gesprengte Bunker, Wallanlagen und Becken auf dem ge-

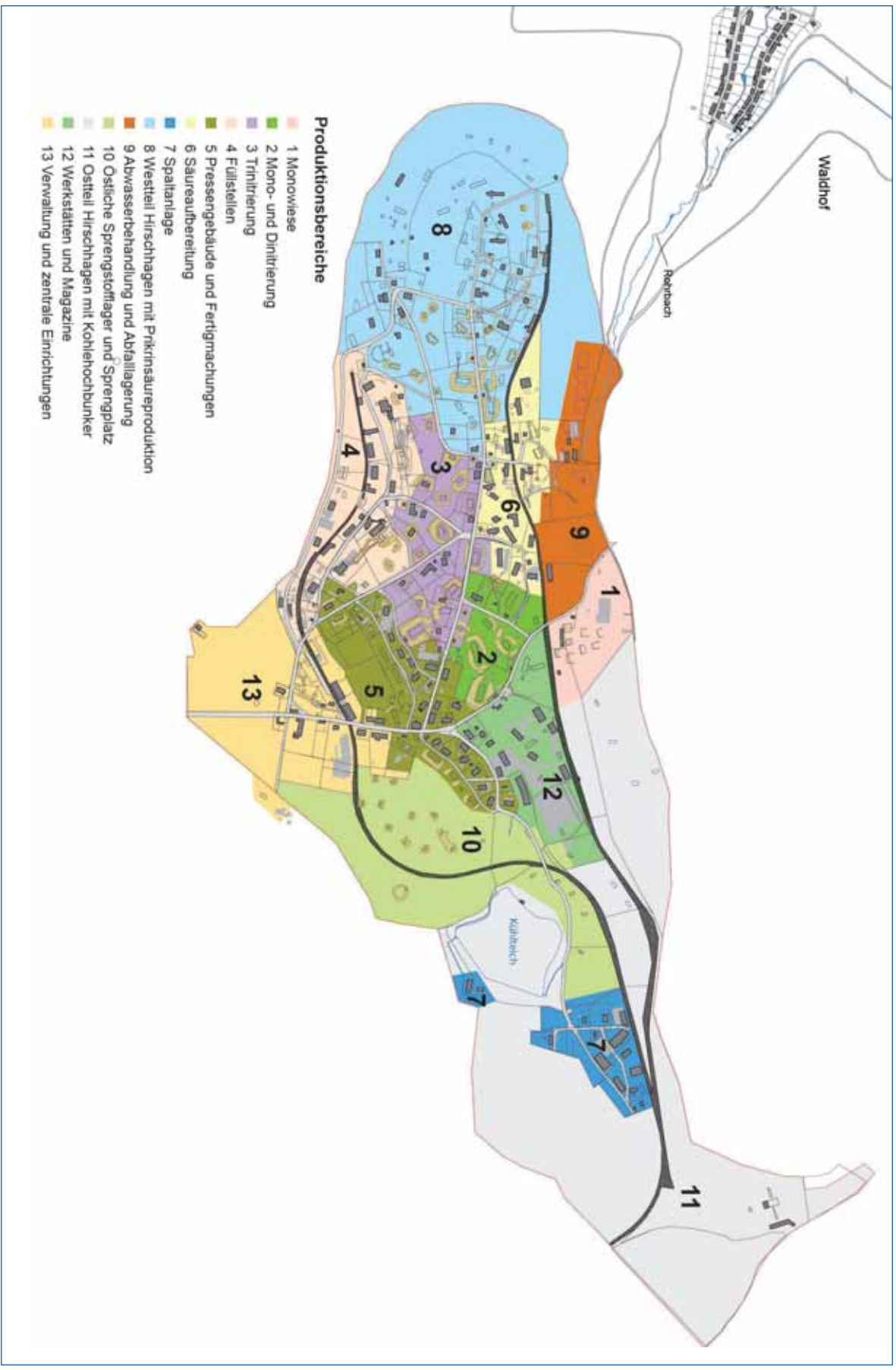


Abb. 2.15: Lageplan der Produktionsbereiche

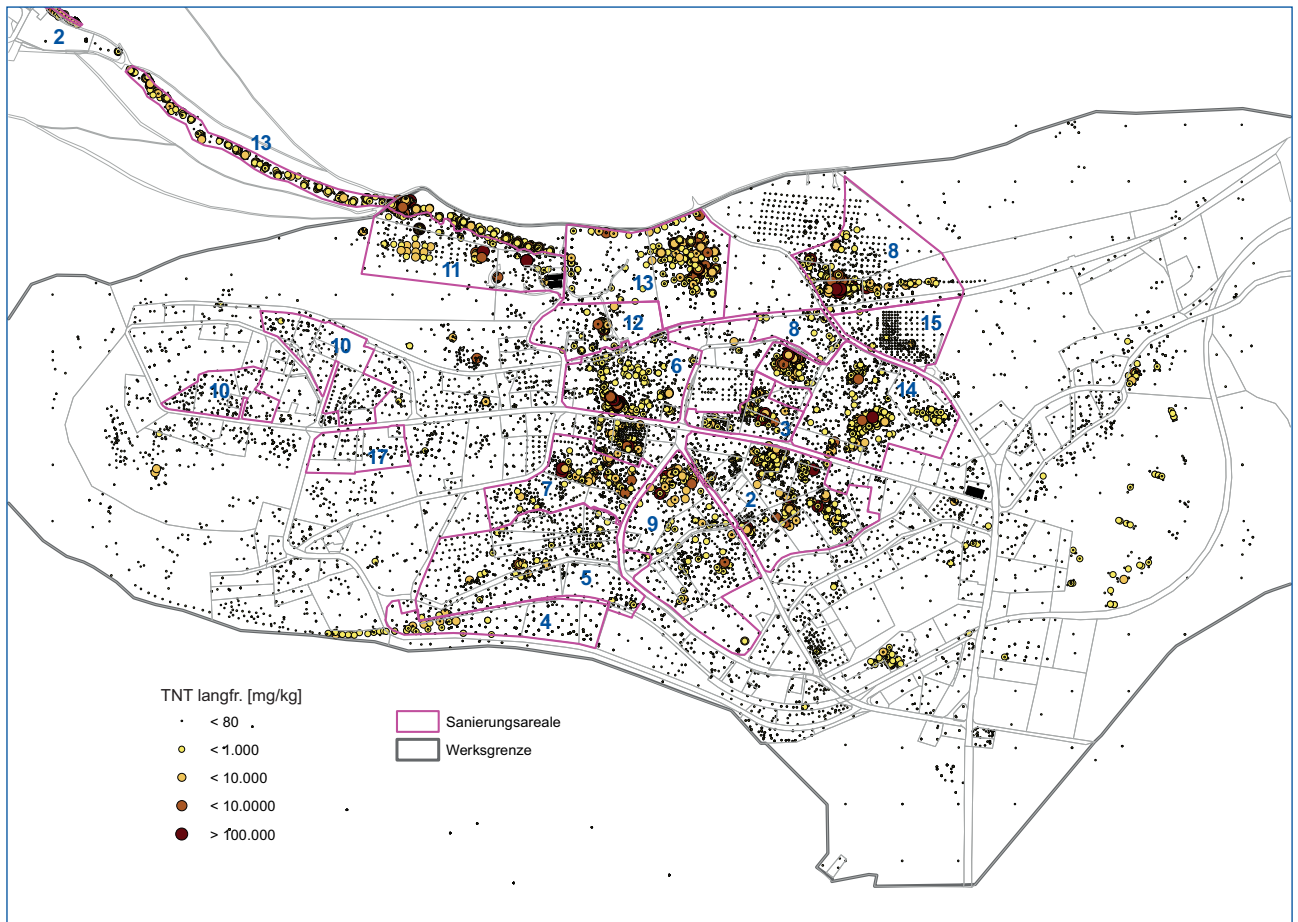


Abb. 2.16: Belastungsschwerpunkte im Boden

samten Rüstungsaltsstandort eingepumpt. Die relativ homogene Schadstoffzusammensetzung (dominierend sind MNT bei geringen DNT-Anteilen) führte zu der Vermutung, dass beim Schleifen und Schneiden der Kunststeine STV-haltiges Wasser eingesetzt wurde. Der dabei entstehende Schlamm war pumpfähig und konnte dementsprechend leicht verteilt werden (s. Abb. 5.22).

Verglichen mit den produktionsbedingten oder auf Demontagetätigkeit zurückzuführenden Bodenverunreinigungen wiesen Schleifschlamm oder Aschen überwiegend deutlich geringere Schadstoffgehalte auf.

Als weitere produktionsbedingte Rückstände wurden auf dem Standort größere Mengen an kristallinen Sprengstoffresten angetroffen. Zum einen wurden diese Stoffe aus nicht geräumten Waschlagerhäusern geborgen, zum anderen aus Bereichen, in

denen in der Nachkriegszeit beim unsachgemäßen Rückbau der teilweise noch mit TNT gefüllten Rohrleitungen große Mengen austraten und sich im unmittelbaren Umfeld verteilten.



Abb. 2.17: Aufbau eines Teerweges

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) wurden gebunden an Reste von pechstämmigen Wegebefestigungen (alte Asphaltdecke und Wegeunterbau, Asphaltplatten) und an Bauschutt, Trümmern, Gebäudeisolierung (PAK-haltige Anstriche) sowie in Teerölrückständen gefunden (s. Abb. 2.17).

Sie wurden fast ausschließlich in Auffüllungsmaterial festgestellt (Wegematerial oder Trümmerbruch). Relevante Schadstoffverlagerungen in tiefere Bodenschichten wurden nicht nachgewiesen. In Bereichen, in denen eine Gefährdung des Menschen über den Direktpfad festzustellen war, wurden die (oberflächennahen) PAK-Belastungen durch Bodenaustausch entfernt.

In den Teerölgruben der drei Gasgeneratorenhäuser sowie in den Teerölrückständen im Bereich des ehemaligen Brandplatzes (unterhalb der Schleifschlammhalde) befanden sich über 50 t Teerölrreste, die neben hohen Gehalten an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen große Mengen an Phenolen, Kohlenwasserstoffen, Cyaniden und Arsen aufwiesen.

Auch **nach Abschluss der Bodensanierung** sind noch Belastungen des Bodens mit Schadstoffen vorhanden. Dabei handelt es sich zum Teil um Belastungen unterhalb der nutzungsbezogenen Eingriffswerte, bei denen keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind; andere Belastungen wurden aus Gründen der Verhältnismäßigkeit nicht entfernt, jedoch soweit erforderlich qualifiziert gesichert.

### Grundwasserbelastung

Das Grundwasser auf dem Standort bewegt sich in drei Grundwasserzonen, die unterschiedliche Belastungshöhen und Schadstoffverteilungen aufweisen.

Das Grundwasser der oberen Zone, der sog. Hirschhagenzone, ist derzeit immer noch belastet. Die Belastung besteht hauptsächlich aus den unpolaren Nitroaromaten MNT und DNT. TNT und ADNT treten am südlichen Rand und im westlichen Abstrom auf (s. Abb. 2.18).

In der mittleren Zone, der sog. Zwischenzone, finden sich vorwiegend die mobileren polaren Nitroaromaten in einer deutlich geringeren Konzentration.

Im Hauptgrundwasserleiter treten im Bereich des Lokalschadens am Bahnhof Eschenstruth unpolare Nitroaromaten mit der Hauptkomponente MNT in ähnlicher Höhe wie in der Hirschhagenzone auf. Hierbei handelt es sich um einen direkten Eintrag in das Grundwasser durch ein ehemaliges Absturzbauwerk des sog. Kasseler Kanals. In Zusammenhang mit Wasserhaltungsmaßnahmen zum Bau des geplanten Autobahntunnels der A 44 ist eine hydraulische Sanierung dieses Grundwasserschadens geplant.

Insgesamt weist das Grundwasser im Bereich der Schadensschwerpunkte mit überwiegend MNT- und DNT-Belastung eine andere Zusammensetzung auf als die vom Standort entfernten Böden. Mögliche Ursachen dafür sind:

- TNT liegt im Boden in kristalliner Form und dispers verteilt vor, während MNT und DNT (z.T. flüssig) während des Produktionsprozesses gelöst wurden und damit mobiler sind.
- TNT wird besser absorbiert als MNT oder DNT. Dadurch breiten sich MNT und DNT und auch die polaren sprengstofftypischen Verbindungen (Benzoessäuren und Sulfonsäuren) schneller aus.
- MNT, aber auch DNT und TNT werden im Verhältnis zu den Benzoessäuren und Sulfonsäuren schneller abgebaut bzw. umgewandelt.

In der Hirschhagenzone befinden sich im Bereich der Schadstoffeintragsstellen hohe Konzentrationen an polaren und unpolaren Nitroaromaten. Der Untergrund besteht aus einem inhomogenen, anisotropen System mit z.T. unbekanntem Ausbreitungswegen. Eine Ausbreitung der Schadstoffe in die Fläche, aber auch in die tieferen Grundwasserstockwerke ist z.T. nachgewiesen.

Die Wässer der Zwischenzone sind durch relativ hohe Konzentrationen polarer Nitroaromaten gekennzeichnet, weil diese sehr mobil und daher anders als der Großteil der unpolaren sprengstofftypischen Verbindungen bereits in der Zwischen-



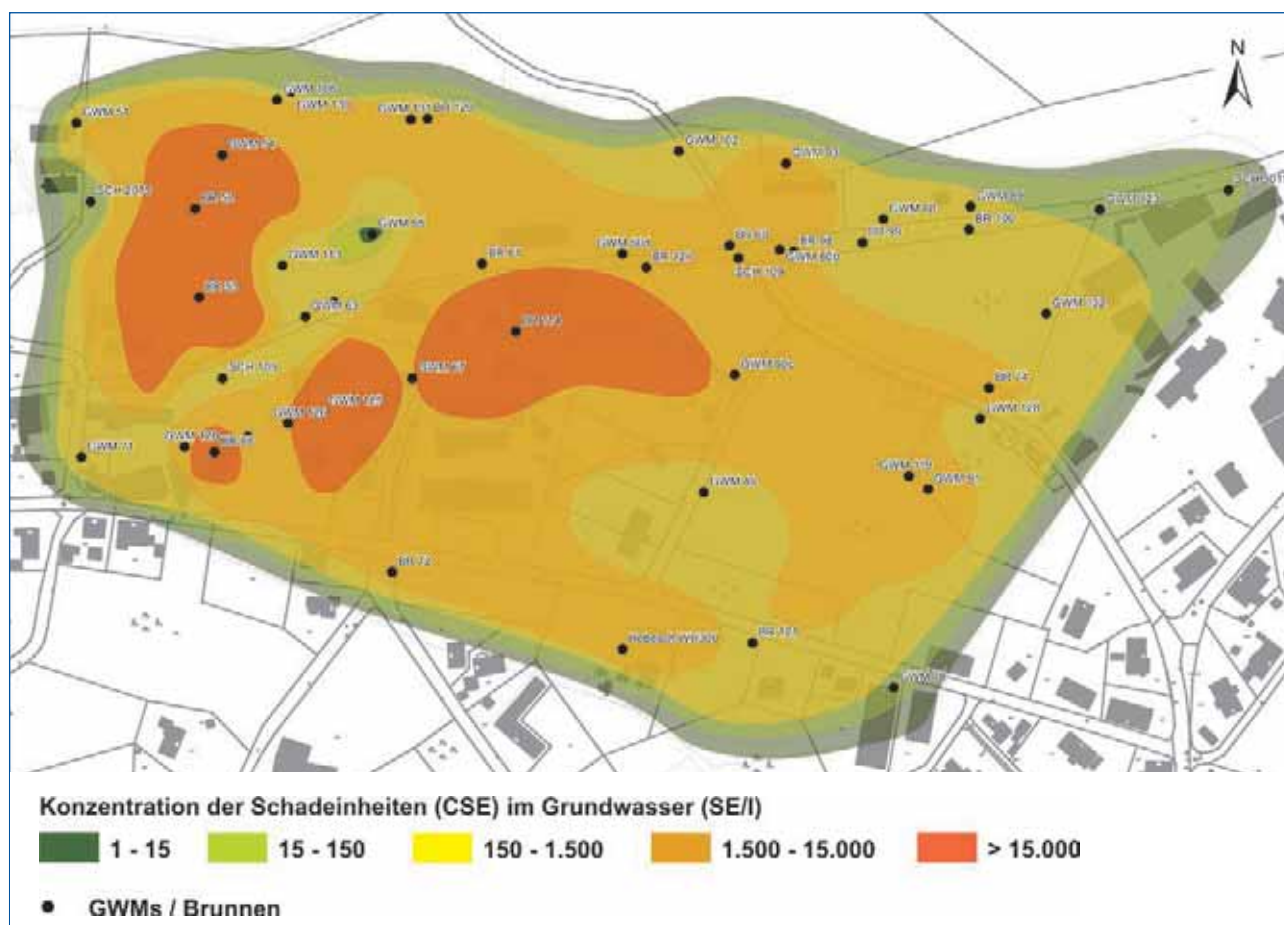


Abb. 2.18: Grundwasserbelastungen in der Hirschhagenzone

zone angekommen sind. Die polaren sprengstofftypischen Verbindungen sind insoweit quasi als Tracer für die Schadstoffausbreitung anzusehen.

Da der Schadstoffaustrag von der Hirschhagenzone nach unten möglich ist, übt die Zwischenzone die Funktion eines Zwischenspeichers für den Teil der mobilen Schadstoffe aus, der in der Hirschhagenzone nicht gefasst wird.

Nitroaromaten sind auch im Hauptgrundwasserleiter nachweisbar. Die dort gemessenen Konzentrationen erfordern jedoch keinen konkreten Handlungsbedarf. Die Überwachung des Hauptgrundwasserleiters erfolgt durch regelmäßiges Monitoring.

## Erkundung: Das Wichtigste in Kürze

Bis Mitte der 1980er Jahre fanden keine systematischen Untersuchungen des ehemaligen Rüstungsaltsandstandortes statt. Erst mit der Veröffentlichung des Buches „Sprengstoff aus Hirschhagen“ von Wolfram König und Ulrich Schneider im Jahr 1985 begann eine öffentliche Diskussion über die Notwendigkeit einer Erkundung.

Auf Grundlage der historischen Recherche wurden 1986/87 erste systematische Boden- und Grundwasseruntersuchungen in potenziell kontaminierten Bereichen durchgeführt.

Die Erfassung der Belastungssituation des Bodens auf dem Standort erfolgte gestuft in verschiedenen Untersuchungskampagnen mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung. Ziel der Erkundung war die Ermittlung einer ausreichenden Planungsgrundlage für Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen. Durch eine Verdichtung des Messstellenrasters konnten unbelastete und hoch kontaminierte Bereiche relativ schnell erfasst werden, um so einerseits die unbedenklichen Flurstücke freigeben zu können und andererseits für kontaminierte Flächen die Sanierungsplanung vorzubereiten.

Die ermittelten Informationen waren Grundlage für die Bodensanierung und für die Erfassung der von den Schadstoffen ausgehenden Grundwasserkontamination sowie für die Planung der Grundwasser-sanierung.

Die Ausbreitung der in das Grundwasser gelangten Nitroverbindungen ist u.a. abhängig vom geologischen Aufbau des Untergrundes. Vorherrschend sind hier Sandsteinbänke des Buntsandsteins; sie bilden die bewaldeten Höhen beiderseits des Lossetals. Zwischenlagen von Schluff- und Tonsteinschichten von wechselnder Mächtigkeit gliedern die insgesamt etwa 370 mächtigen Sandsteine.

Die Schichten liegen im Wesentlichen waagrecht, sind jedoch an senkrechten Bruchstörungen in nebeneinander liegende Schollen aus unterschiedlichen Teilen der Schichtabfolge zerbrochen.

Das Grundwasser bewegt sich vor allem an senkrechten Gesteinsfugen und entlang waagrechter Schichtfugen des Sandsteins. Es sammelt sich über den wenig durchlässigen Zwischenlagen. Die Fugen und Poren des Sandsteins darüber sind von Grundwasser erfüllt und bilden so einen Grundwasserkörper (Grundwasserstockwerk), von denen am Standort drei übereinander liegen. Das Grundwasser der oberen Stockwerke gelangt über Kluftsysteme, wasserwegsame geologische Störungen und Quellaustritte in das Grundwasser des untersten Stockwerks und das Oberflächenwasser des Lossetals.

# 3

## Information und Beteiligung

### 3.1 Bürgerbeteiligung

Die primäre Aufgabe des 1997 eingerichteten BürgerbeteiligungsBüros (BB) war die neutrale, nicht interessensgebundene Beratung und Information der Anwohner und Eigentümer bei allen Fragen in Zusammenhang mit der Sanierung des Rüstungsaltsstandortes. Es wurde ein wichtiges kommunikatives bzw. vermittelndes Bindeglied zwischen den Behörden (Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und Regierungspräsidium), der HIM-ASG und deren Auftragnehmern sowie den Betroffenen (Anwohner, Unternehmen und Verbände) geschaffen (s. Abb. 3.1). Mit dem BürgerbeteiligungsBüro gab es einen Übersetzer, der die Belange und Überlegungen von Behörden oder Planern in die Sprache der Betroffenen übertrug bzw. umgekehrt die Fragen oder Bedenken der Betroffenen gegenüber den Behörden oder Planern so artikulierte, dass deren Anliegen klar wurde.

Die Arbeit des BürgerbeteiligungsBüros trug dazu bei, ein Klima zu schaffen bzw. zu erhalten, in dem relevante Fragestellungen von Behörden und HIM-ASG offen und auf Augenhöhe mit den Betroffenen diskutiert werden konnten.

Voraussetzungen für die Akzeptanz des BürgerbeteiligungsBüros waren insbesondere frühzeitige, offene und aktive Information, Anregung und Förderung der Mitwirkung sowie Transparenz, Verbindlichkeit und Alltagsnähe. Darüber hinaus trug zur Glaubwürdigkeit bei, dass weder von Seiten der Behörde noch von der HIM-ASG Weisungen erteilt oder aber inhaltlicher Einfluss genommen wurde. Das so aufgebaute Vertrauen war eine wesentliche Grundlage für konstruktive Gespräche mit und die erfolgreiche aktive Vermittlung zwischen allen Akteuren.

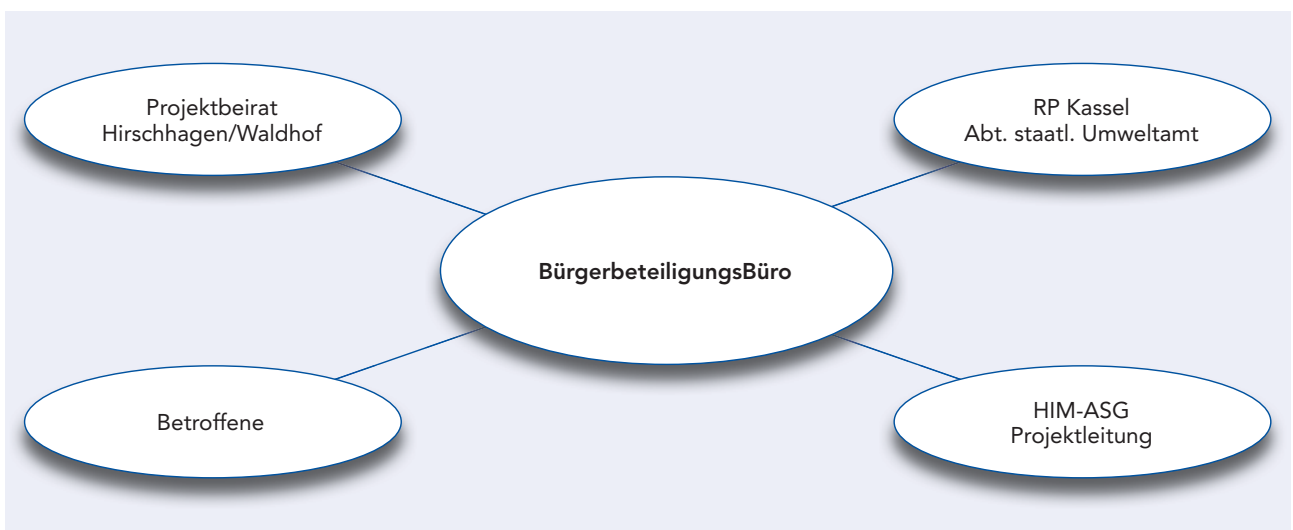


Abb. 3.1: Akteure im Arbeitsfeld Bürgerbeteiligung



Abb. 3.2: Abstimmung zwischen Bauleitung und Bürgerbeteiligungsbüro

Das Bürgerbeteiligungsbüro war kontinuierlich besetzt und gewährleistete so den Betroffenen die ständige Erreichbarkeit ihres Ansprechpartners. Der Mitarbeiter im Bürgerbeteiligungsbüro war regelmäßig auf den Baustellen präsent, um sich vor Ort das Geschehen erklären zu lassen, und somit in der Lage, die Betroffenen unmittelbar zu informieren (s. Abb. 3.2).

Das Bürgerbeteiligungsbüro war in die Sanierungsplanung eingebunden, nahm an allen projektrelevanten Sitzungen teil und hatte Zugriff auf alle projektrelevanten Unterlagen. Die fundierten Kenntnisse des Standorts und der Befindlichkeiten oder Pläne der Grundstücksbesitzer andererseits erlaubten in Sanierungsplanungen die Verhinderung von Konflikten bereits im Vorfeld.

Der direkte und unmittelbare Kontakt zur Behörde und zur HIM-ASG einerseits und zum Projektbeirat andererseits ermöglichte eine schnelle Rückkopplung bei Fragen bzw. deren Klärung. Missverständnisse wurden vermieden, verhärtete Fronten gab es nicht. Letztlich wurden alle Entscheidungen im Konsens getroffen.

In Zusammenarbeit mit der zuständigen Behörde wurden die flurstücksbezogenen Regelungen entwickelt und in Gesprächen mit den Eigentümern der Sanierungsgrundstücke zum Abschluss der öffentlich-rechtlichen Verträge geführt. Die Einhaltung der Absprachen in direktem Austausch mit der örtlichen Projektleitung der HIM-ASG wurde überwacht.

Mit „Bürger-Briefen“ informierte das Bürgerbeteiligungsbüro über Maßnahmen aus nicht fachtechnischer Sicht und versuchte so die komplexen Zusammenhänge aus Laien-Sicht darzustellen und Konsequenzen zu verdeutlichen. Daneben wurden Führungen für interessierte Gruppen angeboten.

Für den Projektbeirat war das Bürgerbeteiligungsbüro eine wichtige Informationsquelle und unterstützte bei der Organisation und Durchführung der Sitzungen sowie beim Schriftverkehr und der Aktenverwaltung.

## 3.2 Der Projektbeirat Hirschhagen aus Sicht der Betroffenen

### Bürgerbeteiligung und Hessisches Altlastengesetz

Die Anfänge der Projektbeiräte in Hessen als institutionalisierte Form der Bürgerbeteiligung lagen in dem Wunsch betroffener und engagierter Menschen begründet, sich an behördlichen und politischen Entscheidungsprozessen zu beteiligen.

So gründete sich in Hessisch Lichtenau-Hirschhagen bereits im Jahr 1985 die Bürgerinitiative (BI) „Hirschhagen – Bürger für giftfreies Trinkwasser“ im Anschluss an eine Informationsveranstaltung von Ulrich Schneider und Wolfram König über ihre Diplomarbeit („Sprengstoff aus Hirschhagen“).

- Ihre Ziele: Information der Mitglieder und der Öffentlichkeit über die Problemlagen; Ingangsetzung und Einflussnahme auf die Sanierung der Rüstungsalblast; Sammeln wissenschaftlicher Erkenntnisse über Historie, Ausbreitung und Schädlichkeit der Stoffe; Mobilisierung der Öffentlichkeit und der Politik.
- Ihre Mittel: Kontaktaufnahme zur Politik, Pressearbeit, Organisieren von Hearings mit Wissenschaftlern und Politikern, Flugblätter.
- Ihre Erfahrungen: Der Kenntnisstand über Hirschhagen bei den politisch Verantwortlichen war äußerst gering, BI-Einmischung war häufig unerwünscht, Artikel in der Presse zu platzieren, fast unmöglich.

### Zusammensetzung und Geschäftsordnung des Projektbeirats

Das Land Hessen räumte im Jahr 1992 dem sog. Hopfelder Kreis die Möglichkeit ein, sich als Projektbeirat (PBH) zu konstituieren. Dieses erfolgreiche Modell wurde für Großprojekte 1994 auch im Hessischen Altlastengesetz verankert.

Die stimmberechtigten Mitglieder des Projektbeirats waren die Bewohnerinnen und Bewohner sowie die Gewerbetreibenden Hessisch Lichtenau-Hirschhagens, die verschiedenen Bürgerinitiativen und Ver-

bände. Hinzu kamen die am Verfahren beteiligten Behörden, Parteien und Institutionen.

Die erste Aufgabe des Projektbeirats war, sich eine Geschäftsordnung zu geben. Sie sollte:

- den Personenkreis der Mitglieder festlegen,
- das zahlenmäßig ausgewogene Verhältnis der Stimmberechtigten festlegen,
- Rechte und Pflichten aller Beteiligten regeln.

Die Geschäftsordnung erfuhr im Lauf des Bestehens des Projektbeirats mehrere Änderungen. Die gravierendsten waren die Aufweichung des Konsensprinzips (= alle Beteiligten müssen mit den Entscheidungen zumindest „leben können“) hin zu einer Mehrheitsentscheidungsfindung und die Aufhebung der Bindungswirkung von Projektbeiratsbeschlüssen für die Behörden: Beschlüsse wurden zu (unverbindlichen) Empfehlungen, von denen die Behörden allerdings nur begründet abweichen durften.

Festzustellen war, dass sich einige Interessengruppen nur zeitweise und vorwiegend dann einbrachten, wenn ihre Interessen betroffen waren, z.B.:

- Die Gewerbetreibenden waren immer dann zur Stelle, wenn ihre (wirtschaftlichen) Interessen durch Beschlüsse des Projektbeirats berührt waren, obwohl die Aufgaben des Beirats die Belange aller Betroffenen umfassten.
- Die Stadt Hessisch Lichtenau war häufig nur dann anwesend, wenn städtische Interessen berührt waren.
- Die Bürgerinitiative Waldhof stellte ihre Mitarbeit ein, als ihr selbst gestelltes Ziel zu ihrer Zufriedenheit erreicht war.

### Aufgaben des Projektbeirats

Wichtigste Aufgabe des Projektbeirats war zunächst, alle Beteiligten auf den gleichen Wissensstand zu bringen, um Entscheidungen begründet treffen zu können. Es stellte sich schnell heraus, dass es in vielen Bereichen auf allen Seiten deutliche Wissens-



Abb. 3.3: Sitzung Projektbeirat

defizite gab, die gemeinsam durch z.B. Einbeziehung externer Experten behoben werden sollten.

Beispielsweise war die Frage, welche Grenzwerte für die Sanierung gelten sollten, zunächst völlig offen, weil hier bundesweit Neuland betreten werden musste. Erst langwierige Diskussionen mit Fachleuten, die Auseinandersetzung mit den Betroffenen und die Einbeziehung ihrer Sorgen und Anregungen führte letztendlich zu den heute gültigen Eingreif- und Sanierungszielwerten, mit denen sich alle Beteiligten einverstanden erklären konnten; deren sachliche Grundlage wurde so schließlich transparent und nachvollziehbar.

Dass bei solchen heiklen, sachlich schwierigen Diskussionen, die über viel Geld und vor allem Gesundheit und Lebensumstände entschieden, bei den Bürgerinnen und Bürgern auch immer wieder Misstrauen gegenüber Behörden aufkeimte, ist nachvollziehbar. Der Projektbeirat schaffte es jedoch immer – wenn auch z.T. nur unter Einbeziehung von Moderatoren – diese Situationen zur Zufriedenheit aller aufzulösen. Diese Aufgabe war nicht immer leicht und erforderte öfter große Kraftanstrengungen, Entwicklung gegenseitiger Toleranz, Abbau von Vorurteilen und nicht zuletzt auch den Einsatz finanzieller Mittel für die Moderation, die das Land immer zur Verfügung gestellt hat.

Vor allem die betroffenen Laien forderten immer wieder ein, dass alle Experten ihr Wissen für die Beteiligten verständlich darzustellen hatten, d.h. „Übersetzungsarbeit“ leisten sollten. Die dabei auftretenden Fragen führten regelmäßig zu größerer Klarheit und tieferem Verständnis der Sachzusammenhänge, was letztendlich für alle hilfreich war.

Für die Behördenvertreter sicher ungewohnt war die Forderung des Projektbeirats, die Sitzungstermine arbeitnehmerfreundlich zu gestalten. Das bedeutete i.d.R., dass diese in den frühen Abendstunden stattfinden mussten (s. Abb. 3.3 und 3.4). Die Behördenvertreter haben dies dankenswerterweise über die gesamte Zeit hinweg ermöglicht.

Konflikte gab es in einigen Situationen, in denen der Projektbeirat bemängelte, zu spät in Entscheidungen einbezogen worden zu sein. Prozessoffenheit war hier aus Sicht des Projektbeirats nicht immer gegeben. Diese Offenheit – wenn auch manchmal im Nachhinein – sicherzustellen, ist nicht immer gelungen und erforderte ein hohes Maß an Sensibilität, vor allem von Seiten der Behörden und der HIM-ASG.

Die Gewährung freien Zugangs zu allen wichtigen Informationen war für die Behördenvertreter zunächst ungewohnt, aber für den Projektbeirat unbedingte Voraussetzung für eine sachgerechte Entscheidungsfindung. Hierbei gab es für den Projektbeirat immer wieder – ob berechtigt oder nicht – Anlässe zu Misstrauen. Der Kleine Arbeitskreis (KIAK) beispielsweise, der z.T. andere Mitglieder umfasste als der Projektbeirat, verhandelte hinter verschlossenen Türen. Der Forderung, dessen Sitzungen für den Projektbeirat zu öffnen, wurde nicht nachgegeben. Das hat die Atmosphäre zeitweise belastet.

Nicht zuletzt war der Projektbeirat Ansprechpartner für die vielen, nicht unmittelbar einbezogenen Betroffenen und deren vermittelndes Sprachrohr.



Abb. 3.4: Sitzung Projektbeirat

### Wirkungen des Projektbeirats

In einigen Punkten zeigte sich der Nutzen der Zusammenarbeit besonders deutlich: Hierzu zählen z.B. die einvernehmliche Erarbeitung der Sanierungszielwerte, die Einrichtung verschiedener Arbeitskreise bei strittigen oder sachlich unklaren Fragen, die Diskussion und Erprobung verschiedener Sanierungsverfahren, aber auch die Bearbeitung von Anwohner- und Betroffenenbeschwerden (vgl. Kap. 4.2 Sanierungsvereinbarung).

Vor allem haben die Bemühungen des Projektbeirats dazu beigetragen, dass die hoch belastete Schleifschlammhalde nicht nur eingehaust oder abgedeckt wurde, sondern zum Wohl von Hirschhagen und der Stadt Hessisch Lichtenau auf die Sanierungszielwerte hin saniert wurde. Es war nämlich für den Projektbeirat unvorstellbar, dass allein unsichere hydrogeologische Computermodelle und vage Kostenrechnungen für die nächsten 100 Jahre die Qualität einer Sanierung bestimmen sollten. Für den Projektbeirat galt der Grundsatz, „dass wir heute das Gift von vorgestern nicht für übermorgen liegen lassen dürfen!“

### Gelungene Sanierung durch Zusammenarbeit aller Beteiligten

Aus dem bisher Skizzierten geht hervor, dass der Projektbeirat seinen gewichtigen Anteil an der letztendlich gelungenen Sanierung des Rüstungsaltstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen hat.

Er hat – sicher manchmal einseitig aus Sicht der Betroffenen – seine Ideen und Interessen eingebracht, hartnäckig nachgefragt und bei Unklarheiten auf Transparenz und Nachvollziehbarkeit bestanden.

Der Projektbeirat hatte den Vorteil, sich im Vergleich zu den Behördenvertretern nur mit dieser einen Problematik beschäftigen zu müssen. Er konnte sich deshalb schnell, tiefgehend und unbelastet von Vorgaben in die Problematik einarbeiten, an den richtigen Stellen die richtigen Fragen stellen, die Interessen der Betroffenen vehement einbringen und so dazu beitragen, dass alle Beteiligten nachvollziehbare Entscheidungen treffen konnten.

Die Arbeit des Projektbeirats hat dazu beigetragen, Misstrauen gegenüber Behörden und deren Entscheidungen abzubauen, gegenseitiges Verständnis herzustellen und damit langwierige Verzögerungen im Sanierungsprozess zu verhindern.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass eine solche jahrzehntelange Zusammenarbeit nur gelingen kann mit gegenseitiger Toleranz, Diskussionen auf Augenhöhe und dem Bemühen um Verständnis für die Entscheidungen der „Gegenseite“.

Schmerzliche Niederlagen hat es aus Sicht des Projektbeirats dennoch gegeben, z.B. in der Frage der Sanierungstechnik (Verbrennung) und der Verbringung der Abfälle nach Deutzen – letztendlich aus Kostengründen.

Ob umgekehrt die Behörden Vergleichbares verkraften mussten, entzieht sich unserer Kenntnis. Auf Seiten des Projektbeirats haben diese Kompromisse jedoch nicht zu nachhaltigen Störungen, geschweige denn zur Aufkündigung der Zusammenarbeit geführt. Die gemeinsame Bewältigung der Krisen hat

letztendlich die vertrauensvolle Zusammenarbeit befördert, gegenseitiges Misstrauen beseitigt und so zum befriedigenden Ende der Sanierung beigetragen.

### Schlussbemerkungen

Aus Sicht des Projektbeirats wäre es wünschenswert, wenn das Land Hessen auch zukünftig die Bildung von Projektbeiräten ermöglichen und unterstützen würde, auch wenn das aktuelle Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz dies nicht mehr explizit vorsieht.

Hoffnung macht, dass das Land Hessen weitere Bürgerbeteiligung auf Nachfrage in Aussicht gestellt hat.

Wir sind überzeugt, dass es mit unserer Mitarbeit im Projektbeirat nicht nur gelungen ist, das reale Gift als Hinterlassenschaft des Zweiten Weltkriegs zu beseitigen, sondern Hessisch Lichtenau-Hirschhagen auch ein wenig von seinem historischen Schrecken zu nehmen.



# Information und Beteiligung: Das Wichtigste in Kürze

Vor dem Hintergrund negativer Erfahrungen an anderen Standorten entschieden sich das Land Hessen und die HIM 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.

In Hessisch Lichtenau-Hirschhagen wurde 1992 der erste Projektbeirat gegründet. In zahlreichen, manchmal turbulenten, in der Regel aber konstruktiven Sitzungen konnte Transparenz hergestellt, Misstrauen abgebaut und über viele geplante Maßnahmen Konsens erzielt werden. Dafür mussten die beteiligten Akteure (Bürgerinnen und Bürger, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Verwaltung, Ingenieure) neue Rollen lernen.

Das 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 Dialog 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.

# 4

## Administratives und operatives Projektmanagement

### 4.1 Projektmanagement

Durch die Vielzahl der an der Sanierung des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen Beteiligten, die Anzahl der unmittelbar betroffenen Anwohner und Firmen sowie die vielfältigen Behördenzuständigkeiten war eine eindeutige Projektorganisation mit klar geregelten Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für den Erfolg der Sanierung unabdingbar.

#### Projektziele

Die Sanierungsmaßnahmen am Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen waren zur Herstellung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse, zur Minimierung der vorhandenen und zur Vermeidung weiterer Gewässerbeeinträchtigungen ökologisch wirksam, ökonomisch effizient und sozial verträglich durchzuführen. Der rechtliche Rahmen für die Projektziele war durch den § 1 des Hessischen Altlastengesetzes (HAAltlastG) sowie durch die §§ 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) gesetzt.

#### Projektbeteiligte

Durchgeführt wurden die Sanierungsarbeiten im Auftrag des Landes Hessen, vertreten durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV).

Das Regierungspräsidium Kassel (RP Kassel) war als zuständige Altlastenbehörde von Anfang an in

das Sanierungsprojekt eingebunden und übernahm die Rolle der administrativen Projektleitung. Dabei kam ihm eine Doppelrolle zu, da es einerseits das Hessische Umweltministerium (HMUELV) in seiner Eigenschaft als Auftraggeber vertrat und gleichzeitig für den Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes und weiterer Vorschriften des Umweltrechtes zuständig war.

Zum 01.01.1992 wurde die HIM-ASG mit der Erkundung und Sanierung des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen beauftragt und übernahm die operative Projektleitung. Die Projektsteuerung des Sanierungsprojekts vor Ort führte von 1992 bis 2010 die HIM-ASG-Projektleitung durch, die aus einem Projektleiter, mehreren spezialisierten Mitarbeitern und einem Sekretariat bestand.

Das Projekt wurde durch das 1997 eingerichtete BürgerbeteiligungsBüro (BB) mit einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit unterstützt. Die Betroffenen und die am Verfahren Beteiligten (darunter ca. 150 Grundstückseigentümer) besaßen im Rahmen des Projektbeirats Mitwirkungs- und Einflussmöglichkeiten.

#### Projektorganisation

Zur Regelung der Verantwortlichkeiten und Abläufe im Sanierungsprojekt wurden zwischen den Projektbeteiligten die Ziele, die inhaltliche Strukturierung und die grundlegenden Vorgehensweisen des Projekts abgestimmt.

Tab. 4.1: Aufgaben und Zuständigkeiten der Beteiligten

Beteiligte	Zuständigkeit / Funktion	Aufgaben
Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV)	ständiges Fachministerium Kostenträger	Fachaufsicht Mittelbereitstellung
HIM-ASG	Sanierungsträger, Betreiber von Sanierungseinrichtungen und Zwischenlagern	Planung und Durchführung der Sanierung, Mittelbewirtschaftung, Projektmanagement
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Altlasten/Grundwasserschadensfälle	Zuständige Altlastenbehörde federführendes Dezernat beim Regierungspräsidium, Abteilung Umwelt/Bad Hersfeld Vertreter des Auftraggebers Land Hessen	Festlegung der Sanierungsziele, Altlastenfeststellung, Entlassung aus dem Altlastenverdacht, Zulassung und Überwachung von Sanierungsplänen, Abschluss von Sanierungsvereinbarungen, Zustimmung zum Jahresprogramm, Mittelfreigaben und strategische Projektsteuerung
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Grundwasserschutz, Wasserversorgung	Obere Wasserbehörde im Bereich Grundwasserschutz, Wasserversorgung	Erteilung wasserrechtlicher Zulassungen, Überwachung, Mitwirkung bei Genehmigungen
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Abflussverhältnisse, Hydrologie, flächenbezogene Planungen, Ökologie	Obere Wasserbehörde für den Bereich oberirdische Gewässer	Erteilung wasserrechtlicher Zulassungen, Überwachung, Mitwirkung bei Genehmigungen
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Industrielles Abwasser, wassergefährdende Stoffe	Obere Wasserbehörde im Bereich industrielles Abwasser/wassergefährdende Stoffe	Erteilung wasserrechtlicher Zulassungen, Überwachung, Mitwirkung bei Genehmigungen, Überwachung der WAA
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Abfallwirtschaft	Abfallbehörde für den Bereich Abfallbestimmung, Abfallstromüberwachung, Zulassung und Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen	Genehmigung/Überwachung von Transport, Verwertung und Beseitigung von Abfällen sowie Abfallentsorgungsanlagen, Mitwirkung bei Genehmigungen
Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt, Dezernat Immissionsschutz	Immissionsschutzbehörde	Zulassung und Überwachung von unter das BImSchG fallenden Anlagen, Mitwirkung bei Genehmigungen
Regierungspräsidium Kassel, Dezernat Bauaufsicht, Kommunales Bauwesen, Bauleitplanung	Obere Bauaufsichtsbehörde	Genehmigung der Satzung für Hirschhagen, Mitwirkung bei der Festlegung der maßgeblichen Nutzung
Regierungspräsidium Kassel, Dezernat Gesundheitswesen	Obere Gesundheitsbehörde	Begutachtung und umweltmedizinische Fachberatung
Regierungspräsidium Kassel, Dezernat Eingriffsregelung und Umweltfolgenabschätzung	Obere Naturschutzbehörde	Umweltverträglichkeitsprüfung, Prüfung und Entscheidung bei Eingriffen, Mitwirkung bei Genehmigungsverfahren
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)	Fachbehörde für Altlasten, Geologie/Hydrogeologie	Mitwirkung bei der Sanierung auf Anfrage des Regierungspräsidium Kassel, Abteilung Umwelt
Landkreis Werra-Meißner-Kreis	Untere Wasserbehörde	Erteilung wasserrechtlicher Zulassungen und Überwachung
Kreisausschuss Werra-Meißner-Kreis	Untere Bauaufsichtsbehörde	Prüfung und Entscheidung über Bauanträge

Tab. 4.1: Fortsetzung

Beteiligte	Zuständigkeit / Funktion	Aufgaben
Kreisausschüsse Werra-Meißner-Kreise und Landkreis Kassel	Kreisgesundheitsamt	Begutachtung und umweltmedizinische Fachberatung, Verzehr- und Handlungsempfehlungen
Kreisausschuss Werra-Meißner-Kreis	Entsorgungspflichtige Körperschaft für Siedlungsabfälle	Entsorgung von Siedlungsabfällen einschl. belasteter Böden
Forstamt Hessisch Lichtenau	Untere Forstbehörde, Forstfiskus	Erteilung von Genehmigungen und Überwachung, Interessenvertretung des Landes als Grundstückseigentümerin
Stadt Hessisch Lichtenau	Trägerin der Bauleitplanung, Grundstückseigentümerin	
Stadtwerke Hessisch Lichtenau Abwasserverband	Träger der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung	Mitwirkung bei Erkundung und Sanierung des Kanalsystems
BürgerbeteiligungsBüro (BB)	Bürgerbeteiligung, Öffentlichkeitsarbeit	Beratung/Information, Mitwirkung bei Sanierungsvereinbarungen
Projektbeirat Hessisch Lichtenau-Hirschhagen/Waldhof (PBH)	Vertretung der Bürger, Gewerbetreibenden und Verbände	Mitwirkung, Empfehlungen an Behörden und Sanierungsträger
Grundstückseigentümer und Nutzungsberechtigte	Von der Sanierung Betroffene, Vertragspartner für Sanierungsvereinbarungen	
Wirtschaftsprüfer im Auftrag des HMUELV	Prüfung der Projektabwicklung durch HIM-ASG auf Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit	Jährliche Prüfung der Verwendungsnachweise der HIM-ASG
Ingenieurbüros, Gutachter, Berater, ausführende Firmen	Auftragnehmer der HIM-ASG	Planerische und technische Umsetzung der Sanierung

Zur Abwicklung des Sanierungsprojekts bediente sich die HIM-ASG externer Firmen, die von ihr mit der fachtechnischen Begutachtung, Veranlassung und Durchführung von Erkundungsmaßnahmen, Datenauswertung, Laborleistungen und Bauleitung bei der Durchführung der Sanierung beauftragt wurden. Die Vergabe der Leistungen erfolgte gemäß den Vergabevorschriften öffentlicher Auftraggeber.

Die Verwertung bzw. Beseitigung von Abfällen erfolgte als Eigenleistung der HIM GmbH und wurde von dort eigenverantwortlich wahrgenommen. Die HIM-ASG-Projektleitung stand unbeschadet dessen in der gesetzlichen Verantwortung als Abfallerzeuger.

### Projektstruktur

Die Projektstruktur bildete die Grundlage für die organisatorische Zuordnung von Aufgaben sowie für das Termin- und Kostencontrolling. Sie umfasste

insgesamt die in Tabelle 4.2 aufgeführten fünf Arbeitsfelder (Teilprojekte).

### Kommunikation

Für eine reibungsarme und effektive Projektabwicklung war eine gute Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten notwendig. Als fest eingerichtete Kommunikationsinstrumente wurden Arbeitskreise (Projektarbeitskreis, Behördenarbeitskreise) sowie der Projektbeirat und seine Arbeitsgruppen eingerichtet.

Im ca. 8-wöchigen Rhythmus fanden Projektstatusgespräche statt, an welchen neben dem Regierungspräsidium, der HIM-ASG-Projektleitung und dem Vertreter des BürgerbeteiligungsBüros auch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und die Bereichsleitung der HIM-ASG teilnahmen. In diesen Gesprächen wurde anhand aktueller Terminpläne

Tab. 4.2: Arbeitsfelder

Bodensanierung	Hydraulische Sicherung	Bodenmanagement	Kanal	Bürgerbeteiligung
Erkundung, Sanierungsplanung, Genehmigung, Sanierungsdurchführung	Planung, Einrichtung und Betrieb von Grundwassermessstellen, Fördereinrichtungen und einer Wasseraufbereitungsanlage zur hydraulischen Sicherung des Standortes; Überwachung der hydrochemischen Qualität von Grund- und Oberflächenwasser (Monitoring)	Steuerung von Massenströmen (Böden, Bauschutt und Sprengstoff aus Sanierungen oder Baumaßnahmen Dritter); Betrieb des Einstufungs- und Bereitstellungslagers sowie des Sonderabfallzwischenlagers; Probenahme, Abfalleinstufung, Entsorgung	Erkundung, Zustands- und Nutzungserfassung sowie Bewertung des Altkanalsystems auf dem Standort; Reinigung bzw. Sicherung kontaminierter Kanalabschnitte	Einrichtung und Unterhaltung des Bürgerbeteiligungs-Büros; Information Betroffener und der Öffentlichkeit; Unterstützung der Betroffenen und des Projektbeirats bei der Artikulation von Interessen; Erstellung von Broschüren, Pressemitteilungen, Fachvorträgen und Fachartikeln; Durchführung von Info-Veranstaltungen und Führung von Einzelgesprächen

und Kostenübersichten das weitere Vorgehen abgestimmt.

Neben den genannten Kommunikationswegen gab es zwischen den Projektbeteiligten kurzfristige Abstimmungen zu wichtigen Themen.

### Projektleitung

Zu den Aufgaben der operativen Projektsteuerung, die durch die HIM-ASG wahrgenommen wurde, zählten u.a.

- die Erarbeitung von Planungsvorgaben,
- die Beantragung von Genehmigungen und deren bescheidgemäße Ausführung,
- die technische Auftragsabwicklung und fachliche Koordination aller Fremdleistungen (bauherren- und auftraggeberseitige Kontrolle, Koordination der beauftragten Leistungen),
- der verantwortliche Betrieb der Sanierungs- und Infrastruktureinrichtungen und
- Controllingmaßnahmen.

### Termincontrolling

Für die Realisierung und Überwachung der zeitlichen Vorgaben des Sanierungsprojekts stellte das Termincontrolling ein wichtiges Steuerungselement dar. Das Termincontrolling erfolgte anhand eines rechnergeführten Terminplans, der von der HIM-ASG-Projektleitung regelmäßig aktualisiert wurde (s. Abb. 4.1).

### Kostencontrolling

Grundlage der Mittelbereitstellung für die Sanierung war ein zwischen dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und der HIM-ASG geschlossener Rahmenvertrag. Die für das Folgejahr geplanten Maßnahmen und der erforderliche Mittelbedarf (Jahresarbeitsprogramm) wurden jährlich mit dem Regierungspräsidium Kassel abgestimmt. Das Jahresarbeitsprogramm einschließlich einer Mittelabschätzung für weitere vier Jahre wurde dem

Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz jeweils drei Monate vor Jahresbeginn vorgelegt.

Nach Abschluss des jeweiligen Haushaltsjahres erfolgte der Nachweis der Ausgaben und Leistungen in einem Sachbericht, der von einem durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz bestellten unabhängigen Wirtschaftsprüfer kontrolliert wurde. Das Projekt unterlag somit einer umfassenden finanziellen Prüfung.

Ziel des Kostencontrollings war es, Minder- oder Mehrausgaben frühzeitig zu erkennen, um rechtzeitig gegensteuern bzw. andere Maßnahmen vorziehen zu können. Das Kostencontrolling umfasste den Vergleich der geplanten und der tatsächlich verausgabten Mittel sowie die Planung des Mittelabflusses. Darüber hinaus lieferte es als Steuerungselement eine aktuelle Übersicht über Kosten und verfügbare Mittel sowie über Daten für Kostenschätzungen und -vergleiche und ermöglichte Ansätze zur Kostenoptimierung.

Darüber hinaus wurde im Rahmen von regelmäßigen Baubesprechungen während der Sanierungsmaßnahme der mit der Ausführungsplanung vorgelegte SOLL-Ablauf dem IST-Ablauf gegenübergestellt. Der regelmäßige SOLL-/IST-Vergleich war die Basis für Entscheidungen über Steuerungsmaßnahmen.

### Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement hatte die Funktion, eine organisierte, systematische und koordinierte Überwachung von der Planung über die Ausführung bis zum nachsorgenden Monitoring zu gewährleisten. Die für die einzelnen Arbeitspakete entwickelten Qualitätsvorgaben waren Bestandteil von Leistungsverzeichnissen und internen Arbeitsanweisungen. Es wurde im Rahmen des jeweiligen Vergabeverfahrens intensiv auf Grundlage einheitlicher Anforderungsprofile geprüft, ob die Vorgaben eingehalten wurden.

Diese Kontrolle erfolgte durch:

- Prüfung der vorgelegten Qualitätssicherungsunterlagen (z.B. Qualitätsnachweise für eingebaute Böden) im Verlauf der Sanierung und bei der Abnahme von Leistungen durch die Projektleitung oder beauftragte Dritte;
- regelmäßig wiederkehrende, dokumentierte Kontrollen von Tätigkeiten und Einrichtungen;
- unangekündigte Vor-Ort-Kontrollen in Labors und Anlagen durch die Projektleitung;
- dokumentierte Qualitätssicherung bei der Prüfung von Unterlagen (Vier-Augen-Prinzip) sowohl durch die Projektleitung als auch durch beauftragte Dritte.

Die Beschreibung der Arbeitsschritte orientierte sich an den Anforderungen der DIN EN ISO 9001 und wurde bis zum Jahr 2009 im Rahmen von jährlichen Audits überwacht.

### Dokumentation

Sämtliche projektbezogenen Vorgänge und Ergebnisse ließ die Projektleitung zur Dokumentation aufzeichnen (Berichte, Gutachten etc.), alle wesentlichen projektbezogenen Informationen zu Leistungen und Kosten jährlich in Form von Jahresberichten und Sachberichten für das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz bzw. das Regierungspräsidium Kassel zusammenstellen.

Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen/Waldhof  
Rahmenterminplan Bodensanierung bis 2008

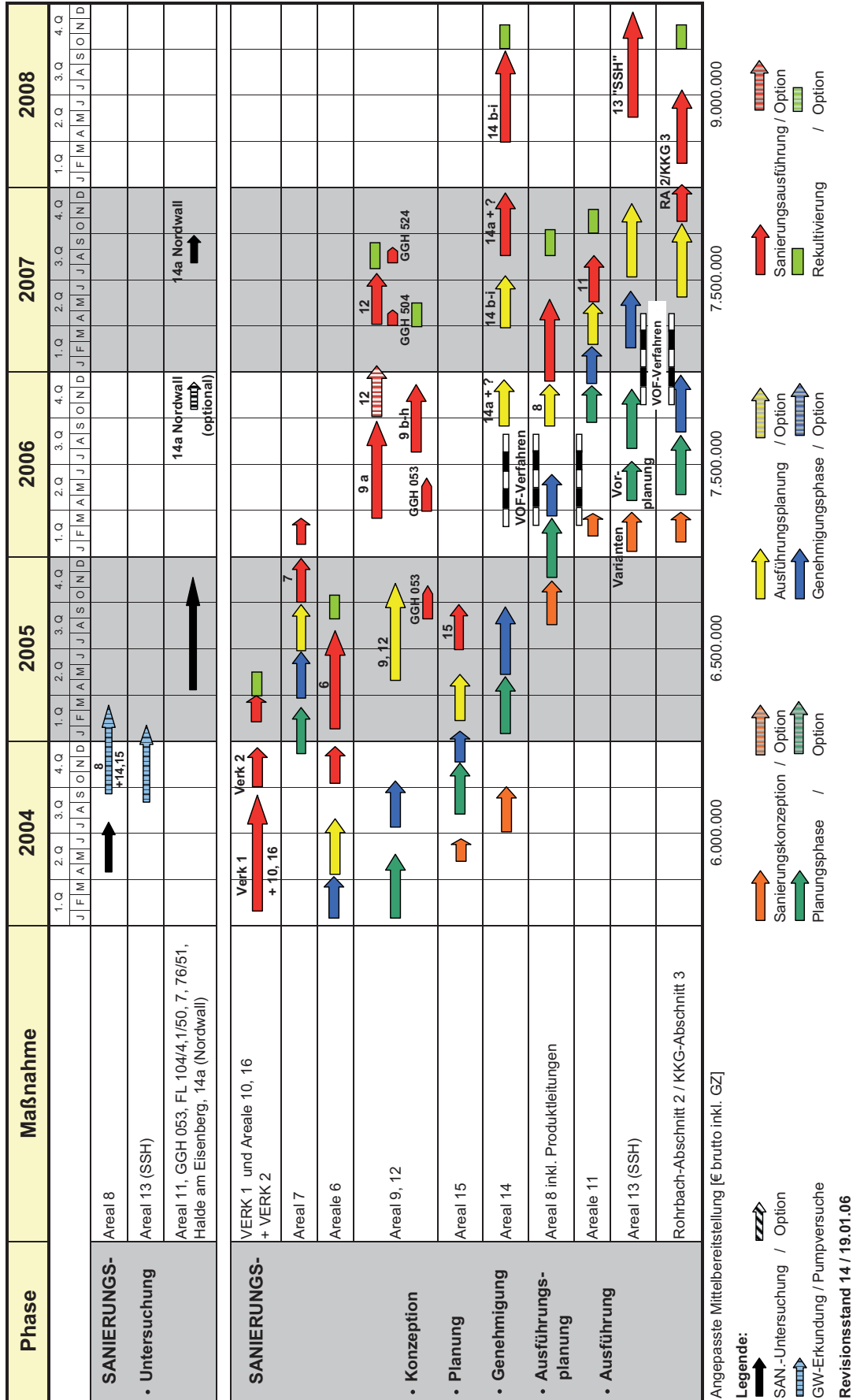


Abb. 4.1: Rahmenterminplan

## 4.2 Genehmigungsverfahren – Handlungswerte

### Genehmigungsverfahren

Erste Maßnahmen zur Feststellung von Art und Ausmaß der Verunreinigungen sowie zur Gefahrenabwehr wurden zunächst im Rahmen der Amtsermittlung, danach auch auf dem Weg der Ersatzvornahme durch die Behörden selbst in die Wege geleitet. Grundlage der Ersatzvornahme war das verwaltungsrechtliche Vorgehen gegen die Industrieverwaltungsgesellschaft mbH (IVG) als Rechtsnachfolgerin der Verwertungsgesellschaft für Montanindustrie GmbH. Ein sich in diesem Zusammenhang abzeichnendes Verwaltungsstreitverfahren zwischen dem Land Hessen und der IVG wurde Ende 1990 durch einen Vergleichsvertrag beendet.

Die Sanierung wurde daraufhin mit Wirkung vom 01.01.1992 dem Träger der Altlastensanierung (HIM-ASG) übertragen. Eine derartige Übertragung ist nach der Altlastengesetzgebung des Landes Hessen in denjenigen Fällen vorgesehen, in denen ein Sanierungspflichtiger nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden kann.

Zuständige Altlastenbehörden sind nach den in Hessen geltenden landesrechtlichen Regelungen die Regierungspräsidien. Das Regierungspräsidium Kassel hatte daher in der Folge sowohl Auftraggeberfunktionen gegenüber der HIM-ASG als auch hoheitliche Funktionen als Fach- und Genehmigungsbehörde wahrzunehmen.

Die Komplexität der Sanierungsaufgabe bestand neben der großen Anzahl der betroffenen und z.T. aktiv genutzten Grundstücke sowie dem spezifischen Schadstoffspektrum auch in der Fülle der außer dem Altlasten-/Bodenschutzrecht zusätzlich tangierten Rechtsbereiche wie z.B. Abfall, Immissionsschutz, Arbeitsschutz, Forst- und Naturschutz.

Von Beginn an war – nach grundsätzlicher Feststellung der Sanierungsbedürftigkeit der Flächen – vom Sanierungsträger die Erstellung von Sanierungsplänen sowie deren Vorlage zur Genehmigung bei der zuständigen Altlastenbehörde (Regierungspräsi-

um Kassel) gefordert. Dabei wurde der Ausdehnung der Verunreinigungen über das gesamte ehemalige Werksgelände durch Aufteilung in Sanierungsareale Rechnung getragen.

Hinsichtlich der erforderlichen Zulassungen nach anderen Rechtsbereichen sah bereits das Hessische Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz (HAbfAG) eine Konzentrationswirkung vor. Analoge Regelungen finden sich auch im Hessischen Altlastengesetz (HAltlastG), im Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) sowie in der seit 1998 gültigen bundesgesetzlichen Regelung, dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG). Das heißt, es gibt nur eine Genehmigung der zuständigen Altlastenbehörde, die sämtliche übrigen Belange wie z.B. naturschutzfachliche Eingriffsregelungen, forstliche Rodungsgenehmigungen etc. mit einschließt.

Im Rahmen der Genehmigungspraxis zeigte sich schnell, dass gewisse Sachverhalte wiederkehrend auftraten und dementsprechend jeweils gleichlautende Festlegungen zu treffen waren. Es wurde daher in Abstimmung mit den davon betroffenen Stellen in der Folge ein standortübergreifender Rahmensanierungsplan erstellt und genehmigt, der diese Belange einmalig abdeckte. Damit konnte man für die nachfolgenden Genehmigungsverfahren eine Verschlinkung der Antragsunterlagen (Teilsanierungspläne) sowie insgesamt eine beschleunigte Abwicklung erreichen. Die Bearbeitungsfrist von der Vorlage bis zur Genehmigung lag für die im Rahmen des Projekts erstellten rd. 20 Sanierungspläne im Mittel bei ca. drei Monaten. Die Öffentlichkeitsbeteiligung im Sinne des Altlasten- und Bodenschutzrechts blieb dabei grundsätzlich gewahrt.

Eine Besonderheit innerhalb des Genehmigungsverfahrens stellte der Gebrauch des nach § 36 Abs. 2 Nr. 5 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) zulässigen Vorbehalts der nachträglichen Aufnahme, Änderung oder Ergänzung von Auflagen dar. Bei grundsätzlicher Genehmigungsfähigkeit konnte hierdurch in Arealen, wo die Schwierigkeit hauptsächlich in



der Lösung der Bauaufgabe lag (z.B. Aushub bis 11 m Tiefe), im Rahmen der Ausschreibung auf die Erfahrungen des Marktes zugegriffen werden, ohne bereits im Vorfeld einengende Vorgaben zu machen. So kamen auch innovative Sanierungslösungen wie das Großlochbohrverfahren oder die Vereisung von Teerkondensaten aus der Energieerzeugung mittels Trockeneispellets zum Einsatz.

### Handlungswerte Grundwasser

Die von dem Rüstungsalstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen ausgehende Belastung der Umwelt durch sprengstofftypische Verbindungen (STV) wurde Mitte der 1960er Jahre über die Rohwasseruntersuchung an Trinkwassergewinnungsanlagen im unmittelbaren Umfeld offenkundig.

Dem damaligen Stand der Analysetechnik entsprechend wurde auf „aromatische Amine“ oder „Nitrokörper“ ohne konkrete Einzelstoffzuordnung untersucht. Grenzwerte für diese Stoffe im Grundwasser existierten nicht.

Nach einer ersten Einschätzung durch das Hygieneinstitut des Ruhrgebiets, Gelsenkirchen wurde im Jahr 1975 ein Wert von 5 µg/l als zulässige Grenze für „Nitrokörper“ im Trinkwasser definiert.

Dieser Wert wurde mit Aufnahme der hydraulischen Sicherung Ende der 1980er Jahre als Zielwert für die Summe der als standortrelevant eingestuften 10 Einzelsubstanzen (10er-Liste) beibehalten. Er lag damit noch unterhalb der vom Bundesgesundheitsamt im Jahr 1994 vorgeschlagenen vorübergehenden Konzentrationsobergrenze von 10 µg/l für die Summe aller vorhandenen sprengstofftypischen Verbindungen, deren Einhaltung während der Sanierung eines Trinkwasservorkommens empfohlen wurde.

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) leitete im Jahr 2004 Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) für chemische Stoffe im Grundwasser ab, die mit Ausnahme von 3,4-Dinitrotoluol alle am Standort relevanten Einzelstoffe aus der Gruppe der sprengstofftypischen Verbindungen berücksichtigen. Die GFS gemäß LAWA sind in Hessen mit der

Zu den Sprengstofftypischen Stoffen (STV) zählen auch Nitro- und Aminverbindungen. Sie können durch Verschlucken von Boden und Nahrungsaufnahme (oral), über die Haut (dermal) und durch Einatmen (pulmonal) in den menschlichen Körper aufgenommen werden. Mit dem Stoffwechsel werden die Substanzen umgewandelt, was insbesondere in der Leber geschieht. Hierbei treten charakteristische „Giftungsreaktionen“ auf, die zu teilweise hochreaktiven Zwischenprodukten (Metaboliten) führen.

Die möglichen Einflusspfade (z.B. Einatmen von Staub) sind bei den Nutzungen Wohnen, Gewerbe und Wald/Brache als unterschiedlich wirksam einzuschätzen.

Als bedeutende toxische Wirkungen sind bekannt:

- blutschädigende Wirkung durch Methämoglobin-Bildung, wodurch der lebensnotwendige Sauerstofftransport des Hämoglobins beeinträchtigt wird;
- Organschäden sowie mutagene und kanzerogene Wirkungen als Folge der Bindungsfähigkeit der sich im Stoffwechsel bildenden hochwirksamen Metaboliten;
- differenzierte Wirkungen einzelner Substanzen in Form von reproduktionstoxischen Effekten.

Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) seit Ende 2005 im Verwaltungsvollzug eingeführt.

Neben den bekannten und bereits früh als standortrelevant identifizierten unpolaren sprengstofftypischen Verbindungen (10er-Liste) gelangten Anfang der 1990er Jahre auch polare sprengstofftypische Verbindungen als weitere betrachtenswerte Neben- und Abbauprodukte der Sprengstoffproduktion in den Fokus. In Ermangelung entsprechender Daten erfolgten ab der Jahrtausendwende

Zur Vereinfachung wird gemäß nachstehender Formel ein Summenwert gebildet.

$$c_{SE} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{c_i^{Referenz}} \cdot I^{-1}$$

mit

$c_{SE}$  Konzentration an Schadeinheiten [SE/l]  
 $c_i$  Konzentration des Stoffes i [ $\mu\text{g/l}$ ]  
 $c_i^{Referenz}$  Referenzkonzentration des Stoffes i [ $\mu\text{g/l}$ ]  
(hier: GFS bzw. GOW der relevanten STV)

bzw. als Frachtbetrachtung

$$F_{SE} = c_{SE} \cdot Q$$

mit

$F_{SE}$  Schadeinheitenfracht [SE/Zeit]  
 $c_{SE}$  Konzentration an Schadeinheiten [SE/l]  
 $Q$  Durchflussmenge [l/Zeit]

Vergleichbar mit der Vorgehensweise zur Beurteilung der Bodenkontamination (Toxizitätsäquivalente) wird bei der Ermittlung der Schadeinheitenkonzentration über die Geringfügigkeitsschwellen- bzw. Gesundheitlichen Orientierungswerte die unterschiedliche Toxizität der Einzelsubstanzen nunmehr auch bei der Grundwasserbewertung berücksichtigt und entsprechend gewichtet. Unbeschadet differierender Einzelstoffverteilungen ist damit eine vergleichende Betrachtung des Schadpotenzials der sprengstofftypischen Verbindungen im Grundwasser über das gesamte Messnetz hinweg möglich.

erste humantoxikologische Bewertungen der polaren sprengstofftypischen Verbindungen durch das Umweltbundesamt (UBA). In Analogie zu den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) wurden hierfür sog. Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) angegeben.

Am Standort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen sind aus der Gruppe der polaren sprengstofftypischen Verbindungen nach statistischer Auswertung ins-

gesamt sechs Einzelstoffe relevant. Ebenfalls statistisch belegt ist, dass 3,4-Dinitrotoluol aus der Gruppe der unpolaren sprengstofftypischen Verbindungen insgesamt nur eine geringe Relevanz besitzt und bei der Bewertung der Grundwassersituation außer Betracht gelassen werden kann.

Die Beurteilung der Grundwassersituation erfolgt daher seit Mitte 2009 unter Berücksichtigung der Geringfügigkeitsschwellen- bzw. Gesundheitlichen Orientierungswerte der vorgenannten Vertreter der unpolaren sowie der polaren sprengstofftypischen Verbindungen.

Zur Festlegung an Schadeinheiten orientierter Handlungswerte findet aktuell eine statistische Auswertung vorhandener Datenkollektive der letzten Jahre statt. Diese war zum Zeitpunkt der Drucklegung noch nicht abgeschlossen.

## Handlungswerte Boden

Nachdem erste Untersuchungsergebnisse über Art und Menge der im Zuge der Produktion und anschließenden Demontage in die Umwelt gelangten Schadstoffe vorlagen, musste in der Folge Klarheit über die davon ausgehende Gefährdung geschaffen werden. Während zu dieser Zeit für eine Reihe „gängiger“ Umweltschadstoffe wie z.B. Schwermetalle, Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) oder Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) bereits entsprechende Orientierungswerte kursierten (z.B. „Holland-Liste“, „Eikmann-Kloke-Liste“), gab es Vergleichbares für sprengstofftypische Schadstoffe nicht. Mit der Ableitung entsprechender Handlungswerte wurde daher das Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) beauftragt. Bearbeitet wurden folgende Fragestellungen:

- Wie sind die sprengstofftypischen Verbindungen toxikologisch zu bewerten?
- Wie verhalten sich die Toxizitäten der Einzelstoffe zueinander?
- Welche nutzungsspezifischen Aufnahmepfade sind relevant?
- Welche Aufnahmemengen sind bei lebenslanger Exposition tolerabel?

Tab. 4.3: Relevante Einzelstoffe (10er-Liste) mit Angabe der Toxizitätsfaktoren

Stoffbezeichnung	Kürzel	Toxizitätsfaktor
2-Nitrotoluol	2-NT	150
3-Nitrotoluol	3-NT	1
4-Nitrotoluol	4-NT	1
2,4-Dinitrotoluol	2,4-DNT	5
2,6-Dinitrotoluol	2,6-DNT	150
3,4-Dinitrotoluol	3,4-DNT	5
2,4,6-Trinitrotoluol	2,4,6-TNT	1
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	2-ADNT	1
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	4-ADNT	1
1,3,5-Trinitrobenzol	1,3,5-TNB	5

Tab. 4.4: Nutzungsspezifische Handlungswerte (Pfad Boden-Mensch) für STV bei langfristiger Exposition

Nutzungs-kategorie	Wohnen	Gewerbe/ Industrie	Wald/ Brache
Eingreifwert in mg TNT-TE / kg	20 <sup>*)</sup>	40	80

<sup>\*)</sup> ohne Verzehr von Nutzpflanzen aus nicht speziell dafür hergerichteten Bereichen

Tab. 4.5: Grundwasserhandlungswerte (Pfad Boden-Grundwasser)

Schadstoff <sup>*)</sup>	Prüfwert	Eingreifwert
Summe STV (10er Liste)	5	50
2-Nitrotoluol	0,1	1
4-Nitrotoluol	0,1	1
2,6-Dinitrotoluol	0,1	15

<sup>\*)</sup> Die Notwendigkeit der Einführung von Einzelwerten für 2- und 4-NT sowie 2,6-DNT ergibt sich aus deren erhöhter Mobilität bei gleichzeitig hohem Toxizitätsfaktor.

Im Ergebnis der Studie des FoBiG (FoBiG, 1993) sowie daran anknüpfender Diskussionen u.a. mit Vertretern der Gesundheitsbehörden, des Landesamtes für Umwelt, des Umweltbundesamtes sowie des Projektbeirats wurde herausgearbeitet, dass

- die Belastungen mit sprengstofftypischen Verbindungen durch zehn signifikante Einzelstoffe

hinreichend abgebildet werden (Ergebnis statistischer Auswertungen der modellhaften Erkundung 1993), vgl. Tab. 4.3;

- die relative „Giftigkeit“ der Schadstoffe untereinander durch sog. Toxizitätsfaktoren charakterisiert werden kann (vgl. Tab. 4.3);
- unter Berücksichtigung der Toxizitätsfaktoren für die bewertungsrelevanten Einzelstoffe ein Summenwert ausgedrückt als Toxizitätsäquivalent in Bezug auf TNT (TNT-TE) angegeben werden kann;
- Handlungswerte an der nutzungsspezifischen Exposition auszurichten sind;
- als bewertungsrelevanter Horizont für den Pfad Boden-Mensch der oberste Bodenmeter heranzuziehen ist.

Dieses Ergebnis deckte sich weitgehend mit einer parallel am Standort Stadtallendorf durchgeführten Studie. Die inhaltliche Zusammenführung und Harmonisierung der Ergebnisse beider Studien führte im Jahr 1995 schließlich zur Einführung der in Tabelle 4.4 wiedergegebenen nutzungsspezifischen Handlungswerte für den Pfad Boden-Mensch.

Neben dem Pfad Boden-Mensch waren auch Auswirkungen der festgestellten Bodenverunreinigungen auf das Grundwasser (Pfad Boden-Grundwasser) zu berücksichtigen. Entsprechende Handlungswerte wurden durch Rückrechnung exemplarischer Eluatanalysen von belasteten Bodenproben ermittelt und parallel an den beiden Rüstungsalstandorten Stadtallendorf und Hessisch Lichtenau-Hirschhagen eingeführt.

Die in den Tabellen 4.4 und 4.5 genannten Werte bildeten in Verbindung mit den erhobenen Erkundungsdaten die Grundlage für die Bewertung der Grundstücke und für die darauf aufbauende Entscheidung über Sanierungsbedarf bzw. Entlassung aus dem Altlastenverdacht.

## Sanierungsvereinbarung

Das im Eigentum der Verwertungsgesellschaft für Montanindustrie mbH stehende Werksgelände war

nach Kriegsende an deren Rechtsnachfolgerin, die Industrieverwaltungsgesellschaft mbH (IVG) gefallen. Nach „Freigabe“ durch die Alliierten erfolgten die Parzellierung und anschließende Veräußerung der auf diese Weise neu gebildeten Grundstücke an private Eigentümer.

Während mit der IVG über den im Jahr 1990 geschlossenen Vergleich für die in ihrem Eigentum stehenden Grundstücke Regelungen zum Umgang mit den Hinterlassenschaften der Rüstungsproduktion getroffen waren, fehlte für die inzwischen in Privatbesitz befindlichen Grundstücke etwas Vergleichbares.

Der Weg zur Wahrung der Eigentümerinteressen auf der einen und der Sicherstellung einer effizienten Sanierungsabwicklung auf der anderen Seite, führte über einen öffentlich-rechtlichen Vertrag, die sog. **Sanierungsvereinbarung**. Diese regelte die wechselseitigen Rechte und Pflichten von Land und Eigentümern in Bezug auf den Umgang mit rüstungsspezifischen Verunreinigungen sowie die Abwicklung der Sanierung. Sie war das Ergebnis eines mehrjährigen Diskussionsprozesses Mitte der 1990er Jahre zwischen Vertretern des Landes, der für die Rüstungsaltsstandorte Hessisch Lichtenau-Hirschhagen und Stadtallendorf zuständigen Regierungspräsidien, der Kommunen Hessisch Lichtenau und Stadtallendorf sowie der Projektbeiräte beider Standorte. Der Inhalt des im Konsens entstandenen Vertragstextes war für beide Standorte gleichlautend.

Der Abschluss von Sanierungsvereinbarungen mit den betroffenen Eigentümern erfolgte ab 1997 durch die Regierungspräsidien in Vertretung des Landes. Für den Standort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen waren es bis Sanierungsende 133 Vereinbarungen. Auf diese Weise wurden bis auf einzelne Ausnahmen verwaltungsrechtliche Schritte gegen die Eigentümer, wie z.B. Duldungsanordnungen, vermieden und eine reibungslose Abwicklung der Sanierung gewährleistet. Hierzu trugen auch die flurstücksbezogenen Regelungen bei, die mit den betroffenen Eigentümern in Ergänzung zur Sanierungsvereinbarung abgeschlossen wurden und die im Fall einer Sanierung über den Standard-Vertrags-

text der Sanierungsvereinbarung hinaus Details zur Sanierungsdurchführung auf dem Grundstück und zu dessen Rekultivierung berücksichtigten. Nur in einem Fall musste auf die Schiedsgutachterklausel der Sanierungsvereinbarung zurückgegriffen werden.

# Administratives und operatives Projektmanagement: Das Wichtigste in Kürze

Beim Projektmanagement wurde Neuland betreten, besonders beim Aufbau von Strukturen, die eine effektive Koordination von administrativem und privatwirtschaftlichem Handeln und zugleich die Einbeziehung vielfältiger Interessen ermöglichen sollten. Der Weg dahin war nicht frei von Hindernissen und erforderte intensive Konsensgespräche.

Weitere Voraussetzungen für eine effektive Verwendung der Mittel waren eine klar strukturierte Abwicklung, die eindeutige Festlegung von Zuständigkeiten, eine konsequente Planung und die Kontrolle von Terminen, Kosten, Qualität von Leistungen und Produkten, aber auch eine ausreichende und kontinuierliche Bereitstellung von Mitteln, unabhängig von den politischen Mehrheiten in Wiesbaden.

Zu den administrativen Aufgaben zählten insbesondere die Durchführung von Genehmigungsverfahren und die Festlegung von Handlungswerten der relevanten Schadstoffe für Boden und Grundwasser. Darüber hinaus wurden 133 Sanierungsvereinbarungen mit Grundstückseigentümern geschlossen. Auf diese Weise wurden verwaltungsrechtliche Schritte gegen die Eigentümer vermieden, eine reibungslose Abwicklung der Sanierung war gewährleistet.

# 5

## Sanierung

### 5.1 Sanierungsleitbild

Ab dem Jahr 1990 liefen die Erkundungsarbeiten auf dem Standort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen auf Hochtouren. Das Belastungsbild der ehemaligen TNT-Fabrik zeichnete sich immer deutlicher ab. Parallel hierzu begannen die konzeptionellen Überlegungen zur Sanierung der Boden- und Grundwasserverunreinigungen. Die Sanierungsmaßnahmen mussten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Nutzungsszenarien (Wohnen, Gewerbe, Wald/Brache) den Sanierungserfolg für die Schutzgüter Mensch und Grundwasser garantieren und gleichzeitig die zur Verfügung stehenden Finanzmittel effektiv und sparsam einsetzen.

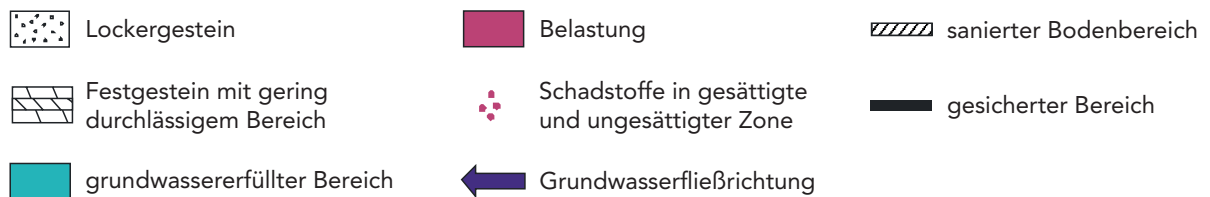
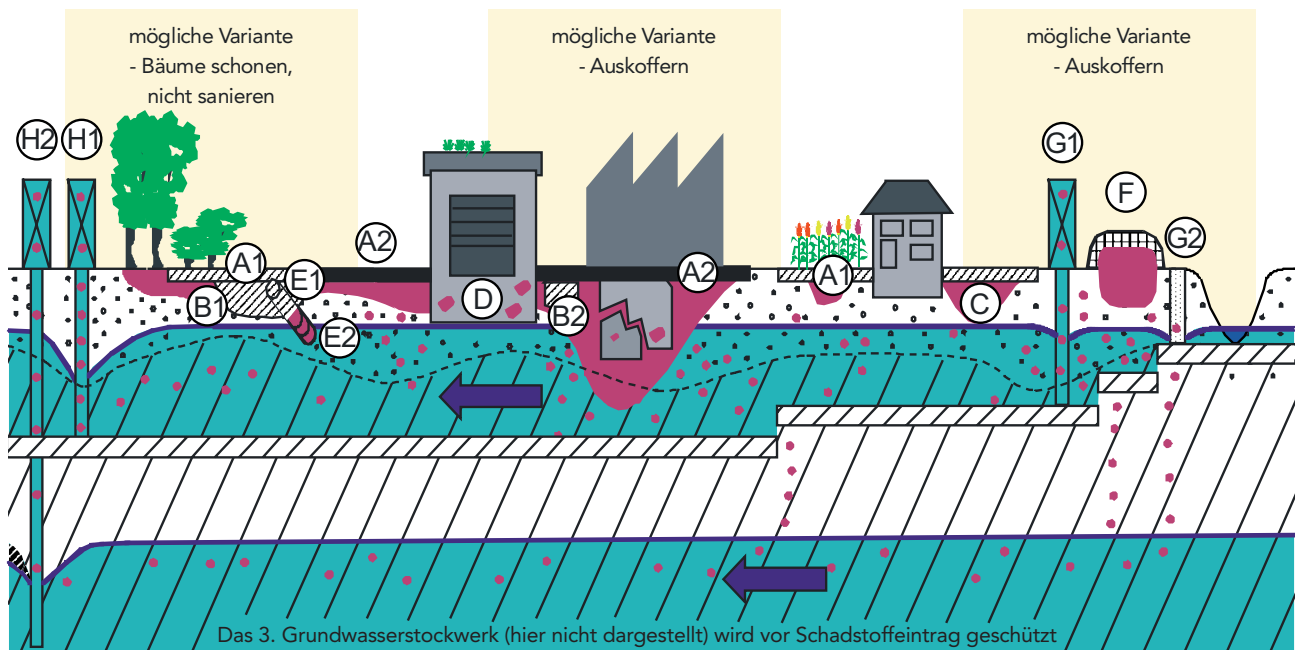
Um den verschiedenen Ansprüchen gerecht werden zu können, wurde bereits im Jahr 1994, noch weit vor Beginn der ersten Sanierungsmaßnahmen, ein Sanierungsleitbild entwickelt, in dem die grundsätzlichen Leitgedanken, die bei den zukünftigen Sanierungsplanungen zu berücksichtigen waren, anschaulich und auch für die betroffenen Bürgerinnen und Bürger transparent dargestellt waren (s. Abb. 5.1). Das Sanierungsleitbild beschrieb die ganzheitliche Strategie für die Sanierung/Sicherung des Standortes. In ihm waren alle standortbezogenen Elemente der Sanierung/Sicherung schematisch in einem einzigen „Bild“ zusammengefasst.

Im Lauf der ab 1998 begonnenen Sanierungsmaßnahmen wurden diese Leitgedanken für einzelne Teilbereiche verfeinert. Für manche, wie die Sanierung PAK-haltiger Straßenbeläge, wurde das Sanierungsziel auch neu definiert. Dennoch hat das Sanierungsleitbild bis zum Abschluss der Sanierungen seine Gültigkeit behalten.

#### Räumliche Gliederung des Rüstungsaltsstandortes

Für die Planung wurde aus zeitlichen, organisatorischen und technischen Gründen zur Abfolge der Sanierung eine räumliche Gliederung des Rüstungsaltsstandortes vorgenommen mit folgenden Kategorien:

- **Sanierungsareale:** Zusammenfassung einer Anzahl von Grundstücken oder Teile von Grundstücken mit Sanierungsbedarf, für die i.d.R. ein gemeinsamer Sanierungsplan aufgestellt wird.
- **Schadensbereiche:** Zusammenhängende sanierungsbedürftige Flächen innerhalb eines Sanierungsareals; ein Sanierungsareal kann mehrere Schadensbereiche enthalten. Aus technisch-organisatorischen Gründen war es teilweise sinnvoll, einzelne Schadensbereiche auch unabhängig von der Zuordnung zu einem Sanierungsareal zu sanieren (sog. „Kleinschadensanierung“).



### Elemente des Sanierungsleitbildes

- (A) Nutzungsbezogene Sanierung oberflächennaher, sprengstofftypischer Belastungen durch Bodenaustausch (A1) oder Sicherung (A2)
- (B) Sanierung tief liegender, i.d.R. grundwasserrelevanter sprengstofftypischer Belastungen durch Bodenaustausch (B1) oder Sicherung (B2)
- (C) Sanierung/Sicherung nicht sprengstofftypischer Belastungen, die in Zusammenhang mit der früheren Rüstungsproduktion stehen, in den nutzungsrelevanten oberflächennahen Bodenschichten
- (D) Sanierung und Sicherung sprengstoffspezifischer und anderer Belastungen in der Gebäudesubstanz (wurde am Standort nicht durchgeführt)
- (E) Sanierung und Sicherung/Reinigung belasteter Kanalabschnitte in Zusammenhang mit anderen Sanierungsmaßnahmen (E1) oder teilweise Sicherung (E2)
- (F) Sanierung der „Schleifschlammhalde“ (SSH)
- (G) Lokale hydraulische Sicherung der Schleifschlammhalde durch hydraulische Sicherungsbrunnen (G1) oder Tiefendrainage (G2)
- (H) Hydraulische Sicherung des 1. (H1) und des 2. Grundwasserstockwerks (H2)

Abb. 5.1: Sanierungsleitbild

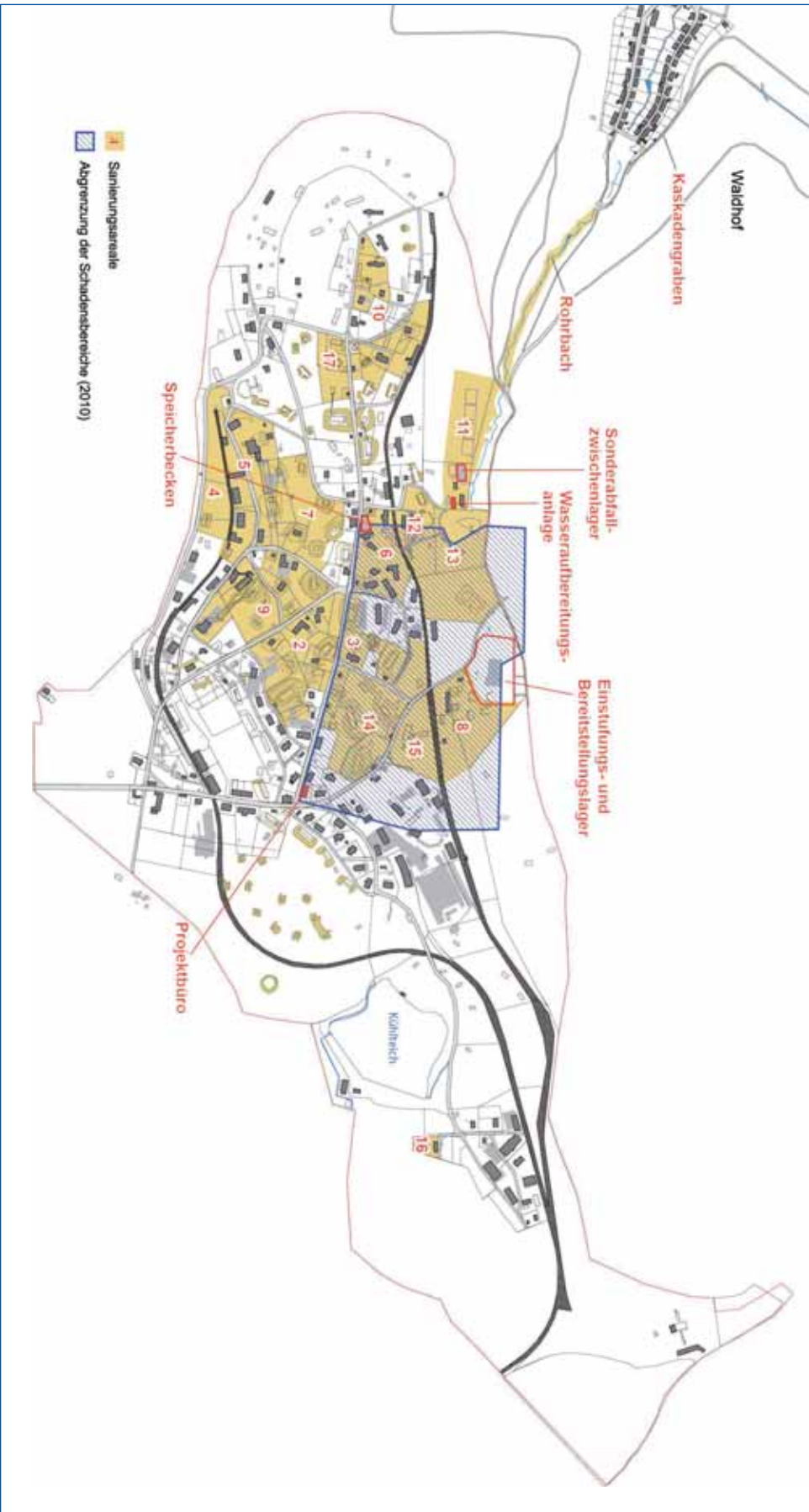


Abb. 5.2: Sanierungsareale und Sanierungsinfrastruktureinrichtungen



## 5.2 Sanierungsinfrastruktur

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. Es handelte sich um die in Abbildung 5.2 dargestellten Anlagen.

### Wasseraufbereitungsanlage (WAA)

In der seit 1989 auf dem Standort betriebenen Wasseraufbereitungsanlage werden die in eine Sammelleitung geförderten kontaminierten Grund- und Oberflächenwässer abgereinigt (s. Abb. 5.3). Die Dekontamination des Wassers erfolgt über Adsorption an Aktivkohle mit vorgeschalteter Oxidations- und Fällungsstufe zur Entfernung störender Wasserinhaltsstoffe (Eisen, Mangan). Die Wasseraufbereitungsanlage wurde im Lauf der Zeit mehrmals umgebaut, zuletzt im Jahr 2010. Die aktuelle hydraulische Gesamtkapazität der Wasseraufbereitungsanlage liegt bei 55 m<sup>3</sup>/h.



Abb. 5.3: Blick in die Wasseraufbereitungsanlage

### Einstufungs- und Bereitstellungslager (EBL)

Am Rand des Standortes wurden auf einem ca. 16.800 m<sup>2</sup> großen Gelände von 2002 bis 2010 bei der Sanierung anfallende Böden und Bauschutt bis zur abschließenden abfalltechnischen Einstufung zwischengelagert und z.T. vorbehandelt. Die ein- und ausgehenden Materialien wurden mit einer Fahrzeugwaage erfasst.

Die Böden wurden nach der abfalltechnischen Einstufung den Entsorgungswegen zugeordnet. Verunreinigte Böden wurden bei Kapazitätsgrenzen im Sonderabfallzwischenlager eingelagert.

Bodenchargen mit einer Belastung bis 5 mg/kg (TS) TNT-TE<sub>langfr.</sub> wurden im Einstufungs- und Bereitstellungslager auf einer Bodenhalde zur Verwertung auf dem Standort bereitgestellt (s. Abb. 5.4).



Abb. 5.4: Einstufungs- und Bereitstellungslager



Abb. 5.5: Sonderabfallzwischenlager

### Sonderabfallzwischenlager (SAZ)

Für die Zwischenlagerung der verunreinigten Böden stand von 1994 bis Ende 2009 ein Sonderabfallzwischenlager mit einem Volumen von 1.700 m<sup>3</sup> zur Verfügung (s. Abb. 5.5). Hierbei handelte es sich um ein ehemaliges Becken, das mit einer kontrollierbaren Abdichtung ausgestattet und mit einer Hallenkonstruktion überbaut worden war. Nach der Einstufung und ggf. notwendigen Konditionierung im Einstufungs- und Bereitstellungslager (s. Abb. 5.4) wurden die verunreinigten Böden im Sonderabfallzwischenlager eingelagert. Das Sonderabfallzwischenlager wurde während des Sanierungsbetriebes ein- bis zweimal pro Jahr geräumt und der eingelagerte Boden einer thermischen Behandlung zugeführt.

### Speicherbecken

Von 1989 bis Ende 2009 stand das im Zentrum des Standortes gelegene Speicherbecken mit einem Volumen von ca. 500 m<sup>3</sup> als Sedimentationsstufe für feststoffhaltige Wässer zur Verfügung (s. Abb. 5.6). Im Zuge der Kanalerkundungs- und Kanalspülarbeiten war hierfür ein vorhandenes Feuerlöschbecken ertüchtigt und durch eine Hallenkonstruktion überbaut worden. Nach dem Absetzen der Feststoffe im Speicherbecken wurde das Wasser der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt. Innerhalb



Abb. 5.6: Speicherbecken

der Halle stand neben dem Speicherbecken eine befestigte Fläche zur Verfügung, auf der Materialien und Baugeräte von anhaftenden kontaminierten Bodenresten gereinigt werden konnten.

### Sprengstofflager

Bei den Erkundungs- und Sanierungsarbeiten im Umfeld der ehemaligen Produktionsanlagen sowie entlang der ehemaligen Produktleitungen kam es im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen immer wieder zu Sprengstofffunden. Die Bergung des sprengfähigen Materials führte eine Person durch, die im Besitz eines Befähigungsscheins nach § 20 Sprengstoffgesetz (SprengG) war. Für die Zwischenlagerung des sprengfähigen Materials wurde im Westteil des Standortes ein Sprengstofflager errichtet. Es besaß eine Lagerkapazität von 2.000 kg und wurde nach Bedarf geleert. Es war bis zum Jahr 2010 in Betrieb.

### Vor-Ort-Labor

Von 1993 bis 2009 wurde vor Ort ein insbesondere auf die Analytik von Nitroaromaten spezialisiertes Labor zur Untersuchung der aus der Erkundung und Sanierung anfallenden Boden- und Wasserproben betrieben.



Abb. 5.7: Sanierung Areal 11 (ehem. Abwasserbehandlung am Ende der heutigen Henschelstraße)

Für das Probenmanagement stand während der Bodensanierung eine Tiefkühlzelle mit einer Kapazität von 7.500 Proben für die kurzfristige Lagerung von Boden- und Wasserproben bereit.

maßnahmen für das Personal der ausführenden Firmen zur Verfügung stand. Hier konnte sich das Personal vor und nach den Arbeitseinsätzen in kontaminierten Bereichen umziehen und reinigen. Die Anlage bestand bis zum Jahr 2009.

### Stationäre Schwarz/Weiß-Anlage (S/W-Anlage)

In unmittelbarer Nähe des Sonderabfallzwischenlagers befand sich die stationäre Schwarz/Weiß-Anlage (Kapazität: zehn Personen), die bei Sanierungs-

## 5.3 Sanierung oberflächennaher Belastungen

Die sanierungsbedürftigen oberflächennahen Bodenkontaminationen wurden i.d.R. durch konventionellen Bodenaustausch in offenen Baugruben entfernt (s. Abb. 5.7). An geeigneten Stellen kamen auch Sicherungsmaßnahmen zum Einsatz. Sanierungsbereiche mit tief reichenden, das Grundwasser gefährdenden Bodenbelastungen mussten hingegen unter Einsatz von Spezialtiefbauverfahren saniert werden. Darüber hinaus erforderten die örtlichen Gegebenheiten spezielle Sanierungstech-

niken, die auf dem Standort teilweise zum ersten Mal überhaupt zur Anwendung kamen.

Auf Grundlage der Ergebnisse der flächenhaften Erkundung und der vertiefenden Erkundung wurden im Jahr 2000 durch das Regierungspräsidium Kassel Flächen mit Sanierungsbedarf zu 17 Sanierungsarealen zusammengefasst. Für diese Sanierungsareale wurden in einer Detailuntersuchung (Sanierungsuntersuchung) Grundlagen und Daten



Abb. 5.8: Sanierung Gartengrundstück, Gutenbergstraße

für die Sanierungsplanung ermittelt. Für 15 der 17 Sanierungsareale bestätigte sich nach Auswertung der Sanierungsuntersuchungen der Sanierungsbedarf; zwei Sanierungsareale (Areal 4, Areal 17) wurden nach Abwägung der Verhältnismäßigkeit nicht saniert.

## Sanierungsplan

Im Vorfeld von Sanierungsmaßnahmen ist nach § 13 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) ein Sanierungsplan zu erstellen, der eine Beschreibung der Standortsituation, der Bewertungsgrundlagen, der Art und des Ausmaßes der sanierungswürdigen Stoffbelastungen sowie eine umfassende Beschreibung der geplanten Sanierungsmaßnahme inkl. Massen- und Kostenbetrachtungen enthalten soll.

Im Jahr 2004 wurde ein Rahmensanierungsplan für den Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen erstellt, der zwecks Vereinfachung und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren die Randbedingungen und grundsätzlichen Vorgehensweisen bei der Bodensanierung arealübergreifend beschrieb und regelte. Nachdem das Regierungspräsidium Kassel im Oktober 2004 die Verbind-

lichkeit des Rahmensanierungsplans erklärt hatte, erfolgte die Beantragung von Bodensanierungsmaßnahmen in Form von Teilsanierungsplänen, die in deutlich gestraffter Form die notwendigen Informationen für die Genehmigung einer Sanierung beinhalteten.

Auf dem Standort kamen im Sinne von § 2 (7) BBodSchG folgende Arten von Sanierungsmaßnahmen zur Ausführung:

- **Dekontaminationsmaßnahmen:**  
Sie bestanden im Ausheben der schadstoffbelasteten Böden und damit der weitestgehenden Entfernung und anschließenden schadlosen Entsorgung der Schadstoffe. Diese Art der Sanierungsmaßnahme stellte den Regelfall dar.
- **Sicherungsmaßnahmen:**  
Unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit und Wirtschaftlichkeit kamen auch Maßnahmen wie langfristig wirksame Versiegelung oder Abdeckung in Betracht. Sicherungsmaßnahmen (Abdeckung durch Kunststoff-Folie (HDPE), Asphalt oder Boden) erfolgten in insgesamt fünf Schadensbereichen. Die Abbildungen 5.8 bis 5.22 geben einen Eindruck von den Sanierungsarbeiten.



Abb. 5.9: Leitungsfunde im Areal 8 (Monolager, Kreuzungsbereich Dieselstraße / ehem. Bahntrasse)



Abb. 5.10: Rohrbachsanieung

### Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Sanierung oberflächennaher Belastungen

Oberflächennahe Belastungen der Böden durch Nitroaromaten und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe waren aufgrund der produktionsbedingten bzw. in Zusammenhang mit dem Abriss der Fabrik baubedingten Vorgehensweise die am häufigsten angetroffenen Kontaminationen auf dem Standort. Die Sanierung dieser Bodenbelastungen erfolgte im Regelfall durch Bodenaushub in offenen Baugruben. Überwiegend war dies mit konventionellen Tiefbauverfahren und Baggern möglich.

### Beweissicherung

Vor bzw. nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen wurde der Zustand bzw. der Wert der von der Sanierung unmittelbar oder mittelbar betroffenen Güter durch unabhängige Sachverständige aufgenommen und dokumentiert. Dies sollte die angemessene und kontrollierbare Wiederherstellung der in Anspruch genommenen Flächen sicherstellen und eine Grundlage für Entschädigungen im Rahmen der Sanierungsvereinbarungen schaffen. Im Rahmen der Beweissicherung erfolgten

- Bestandsvermessungen (Topographie) vor und nach der Sanierung,
- Baumwertgutachten vor und nach der Sanierung,

- Bewertung von Zustand und Wert der in Anspruch genommenen Vegetation (Gärten) vor und ggf. nach der Sanierung,
- Gebäudebegutachtung vor und ggf. nach der Sanierung,
- Bewertung des Zustands öffentlicher und privater Straßen und Wege vor und ggf. nach der Sanierung.

### Rodung

Rodungsarbeiten wurden i.d.R. in der Vegetationsruhephase des Jahres zwischen dem 1. September und dem 15. März durchgeführt. Rodungsgenehmigungen (temporär oder dauerhaft) waren im Rahmen der Sanierungsplanung zu beantragen. Die Rodung der Wurzelstöcke und Stubben erfolgte im Zusammenhang mit den Sanierungsarbeiten.

### Versorgungsleitungen

Im Bereich bzw. im Umfeld der Sanierungsbereiche befanden sich z.T. unterirdisch verlegte Ver- und Entsorgungsleitungen (Strom, Trinkwasser, Telefon, Abwasser) sowie betriebsinterne und/oder private Kanäle und Leitungen der Grundstückseigentümer. Je nach Lage und Funktion der in der Sanierungsbaugrube befindlichen Ver- oder Entsorgungslei-



Abb. 5.11: Sanierung Areal 11, Entwässerungssystem

Während der Sanierungsarbeiten war eine Sicherung der Leitung, eine zeitweise Stilllegung oder der Aufbau eines Provisoriums mit Aus- und Wiedereinbau der betroffenen Leitung vorgesehen.

### Maßnahmen an Kanälen

Die Erkundung unbekannter Haltungen sowie die Stilllegung von Kanälen wurden im Rahmen der Sanierung mit beantragt und ausgeführt.

### Umgang mit Trümmern und Bauschutt

Im Untergrund des Standortes befinden sich gesprengte Bauwerke aus der ehemaligen Nutzung des Geländes sowie intakte Altbauwerke und mehr oder weniger mit Bauschutt und Betonteilen verfüllte Baukörper. Ein Teil der Altgebäude steht unter Denkmalschutz.

Eine Trümmerräumung im Zuge von Dekontaminationsmaßnahmen wurde nur dann vorgenommen, wenn dies aufgrund von rüstungsbetriebsbedingten Kontaminationen altlastenfachlich erforderlich war. Wenn die Trümmer- oder Bauschuttanteile den Bauablauf oder den Aushub sanierungsrelevanter



Abb. 5.12: Gebäudeabriss Areal 8 (Entladestation für Kesselwagen, Kreuzungsbereich Dieselstraße / ehem. Bahntrasse)

Belastungen behinderten, erfolgte eine Aufnahme während des Aushubs. Ausgehobene Trümmer- oder Bauschuttanteile wurden nach einer entsprechenden Eignungsbeurteilung durch die Sanierungsüberwachung entweder mechanisch gereinigt und in die Rückverfüllungsmassen integriert oder bei Verdacht auf Belastungen auf Kantenlängen  $< 0,4$  m zerkleinert und im Einstufungs- und Bereitstellungslager zur Deklaration zwischengelagert und bei Bedarf entsorgt.

### Arbeitsschutz

Je nach Art der Arbeiten mussten unterschiedliche Schutzstufen berücksichtigt werden, die sich in Art und Umfang der persönlichen Schutzausrüstung widerspiegeln, z.B. Tragen von Einmalschutzanzügen, Handschuhen, Filtermasken, Bauhelmen.

Die Sanierungsbereiche sowie die für die Sanierung notwendigen Bewegungsflächen wurden zu Schwarzbereichen erklärt und, soweit keine Abgrenzung durch Gebäude oder Zäune vorhanden war, durch Bauzäune abgegrenzt. Entsprechende Warnschilder wiesen die Öffentlichkeit auf das Betretungsverbot hin.



Abb. 5.13: Übergabestation Schwarz- / Weißbereich



Abb. 5.16: Sanierung Areal 9a Waschhaus 339  
(Ecke Liebigstraße / Gutenbergstraße)



Abb. 5.14: Sanierung Waschhaus 309 (Abwasserschikanen, Daimlerstraße gegenüber Einmündung Keplerstraße)



Abb. 5.17: Einbau einer Bentonitmatte, Waschhaus 339  
(Ecke Liebigstraße / Gutenbergstraße)



Abb. 5.15: Sanierung Areal 14, Waschhaus 308  
(Dieselstraße)



Abb. 5.18: Sanierung Waschhaus 329 (Daimlerstraße)



Abb. 5.19: Sanierung Areal 9a Waschhaus 309 (Ecke Liebigstraße / Gutenbergstraße)



Abb. 5.20: Sanierung im Bereich der Siedlung Waldhof

Der Zugang zum Schwarzbereich erfolgte über die lokalen, neben den Sanierungsbereichen installierten Schwarz/Weiß-Anlagen (S/W-Anlagen). Alternativ konnte bei Einzelmaßnahmen die zentrale Schwarz/Weiß-Anlage am Sonderabfallzwischenlager mit entsprechendem Personentransfer in Schwarzfahrzeugen genutzt werden. Durch die Schwarz/Weiß-Anlagen wurde verhindert, dass Kontaminationen in den Aufenthaltsbereich für Pausen (Weißbereich) gelangen konnten und private Kleidung belastet wurde.

Der Arbeitssicherheits-Koordinator des Standortes überwachte die Arbeitsschutzauflagen; die Überwachung von Gefährdungen in Zusammenhang mit Sprengstoffen war Aufgabe der von der HIM-ASG gemäß Sprengstoffgesetz bestellten „Verantwortlichen Person Sprengwesen“. Für Baumaßnahmen wurde ein Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator (SiGeKo) gemäß §3 Nr. 2 BaustellV bestellt.

### Reinigung der Baugeräte und Transportfahrzeuge

Nach ihrem Einsatz wurden die Baugeräte im Schwarzbereich zunächst mechanisch grob gereinigt, anschließend per Tieflader umgesetzt. Alternativ wurde bei kurzen Umsetzvorgängen die Transportstrecke umgehend gesäubert.



Abb. 5.21: Aushub Areal 8

Die Endreinigung der Baugeräte und Container erfolgte in der Halle des Speicherbeckens der HIM-ASG mittels Hochdruck- bzw. Dampfreiniger bei geschlossenen Toren und eingeschalteter Abluftanlage.

Die Transportfahrzeuge zur Übergabe der Container verkehrten weitgehend im Weißbereich. Es war daher nicht notwendig, diese Fahrzeuge nach Aufnahme der Container gesondert zu reinigen. Nach dem Entleeren des Bodens im Einstufungs- und Bereitstellungslager erfolgte eine Reinigung über die dort vorhandene Reifenwaschanlage.





Abb. 5.22: Schleifschlammablagerung



Abb. 5.23: Sprengstofffund (Liebigstraße)

### Anwohnerschutz

Die Belästigung der Anwohner von Hessisch Lichtenau-Hirschhagen durch die Sanierungsmaßnahmen war auf ein Minimum zu beschränken. Hierzu waren entsprechende Schutzmaßnahmen vorgesehen. Während der Aushubarbeiten wurde Staubbildung durch eine angepasste Aushub- und Beladetechnik sowie ggf. durch Einsatz von Sprinklern verhindert.

### Explosionsschutz / Umgang mit Sprengstoffen

Wurde Munition (Sprengladungen mit Zünder) angetroffen (s. Abb. 5.23), bestimmte die Ordnungsbehörde bzw. der Kampfmittelräumdienst das weitere Vorgehen, z.B. Evakuierung der Nachbargebäude. Die Aushubarbeiten wurden dann bis zur Freigabe durch den Kampfmittelräumdienst eingestellt.

Die Bauleitung hatte in Abstimmung mit der „Verantwortlichen Person Sprengwesen“ zu entscheiden, wann Boden als Sprengstoff zu bezeichnen ist. Zur Einschätzung der Konzentration der sprengstofftypischen Verbindungen ließ die Bauleitung bei Bedarf einen TNT-Schnelltest durchführen.

Bei einem Sprengstoffgehalt von  $> 10\%$  TNT im Boden war eine Explosionsgefahr bei Aushubarbeiten nicht völlig auszuschließen. Zur vorbeugenden Arbeitssicherheit wurden in eventuell betroffenen Bereichen die Aushubarbeiten mit besonderer Sorgfalt

(geringe Schälteufen, geringer Schaufeldruck auf Boden) unter Aufsicht der „Verantwortlichen Person Sprengwesen“ durchgeführt. Einzelne erkennbare Sprengstoffbrocken ( $> 1$  bis  $2$  cm) wurden von Hand aufgelesen. Die Aushubarbeiten ruhten währenddessen. Auch der in Container geladene Aushub wurde in diesen Bereichen auf explosionsfähige Stoffe untersucht. Optional konnte auf Anordnung der „Verantwortlichen Person Sprengwesen“ eine Beräumung explosionsgefährlicher Massen in Handarbeit durchgeführt werden.

Bei Vorliegen von Sprengstoffresten  $< 10\%$  TNT konnte nach langjähriger Erfahrung von einer Evakuierung abgesehen werden, da die Möglichkeit einer Detonation als sehr gering einzustufen war. Sonstige Maßnahmen, z.B. kurzfristige Sperrung von Straßen, bestimmte die „Verantwortliche Person Sprengwesen“ nach Einschätzung der Lage.

### Nachweis des Sanierungserfolgs

Der Nachweis des Sanierungserfolgs wurde durch Sohl- und Böschungsbeprobungen erbracht, anhand derer eventuell noch vorhandene Belastungen in Baugrubensohle oder -wänden festgestellt werden konnten. Wurden noch sanierungswürdige Belastungen nachgewiesen, musste eine weitere Schicht abgetragen und die neue Oberfläche beprobt werden. Die Baugruben wurden erst wieder verfüllt, wenn die Ergebnisse der Sanierungskontrolle die Unterschreitung der Sanierungszielwerte



Abb. 5.24: Rekultivierung nach der Sanierung

für alle sanierungsrelevanten Stoffe belegten oder wenn aus Gründen der Verhältnismäßigkeit in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde eine weitere Sanierung nicht angezeigt war.

### Verfüllung der Aushubbereiche

Nach Freigabe der Eingriffsbereiche durch die Sanierungsüberwachung wurden die Aushubbereiche wieder verfüllt. Die Anforderungen an das Rückfüllmaterial waren durch die Nutzungsarten Wohnen, Gewerbe oder Wald/Brache bestimmt.

Auf Grünflächen, die nach Maßgabe der Bauleitplanung auch zukünftig Grünflächen bleiben sollten, war im Oberbodenbereich für die Wiederansiedlung standortspezifischer Pflanzengesellschaften der Einbau von standortangepasstem Verfüllboden vorgesehen.

Für bereits gewerblich oder industriell genutzte Flächen oder Flächen, auf denen eine solche Nutzung zulässig und absehbar war, war auch der Einsatz von nicht standortangepasstem Verfüllboden im Oberbodenbereich vorgesehen.

Bei Fremdboden wurden Herkunft und geforderte Qualität durch Analysen nachgewiesen. Neben der visuellen Kontrolle auf eventuelle Fremdbeeinträchtigungen erfolgten durch die Bauleitung eine stichprobenhafte Probenahme und Analysen.

Die obersten 0,3 m bis Geländeoberkante (GOK) des Rückfüllbodens wurden so angedeckt bzw. angewalzt, dass eine zügige Durchwurzelung des Bodens durch die Vegetation erreicht wurde. Der übrige Boden wurde lagenweise verdichtet eingebaut, wobei die einzelnen Lagen eine unverdichtete Mächtigkeit von 0,5 m nicht überschreiten sollten. Als Erosionsschutz wurden stellenweise standortspezifische Gräser eingesät.

### Wiederherstellung der Eingriffsbereiche / Rekultivierung

Die von der Sanierung betroffenen Grundstücke wurden grundsätzlich entsprechend ihrem vor dem Eingriff vorgefundenen Erscheinungsbild inkl. Vegetation, Baulichkeiten etc. wiederhergerichtet (s. Abb. 5.24). Bei der Wiederherstellung wurden die Wünsche der Anwohner bzw. Eigentümer so weit berücksichtigt, wie dies in den Sanierungsvereinbarungen und flurstücksbezogenen Regelungen festgelegt war.

## 5.4 Sanierung tief liegender Belastungen / Trümmergrundstücke

### Spezialtiefbauverfahren

#### Areal 6 (Daimlerstraße)

Das Sanierungsareal 6 befindet sich im ehemaligen Produktionsbereich „Säureaufbereitung, Spaltanlage“ im Zentrum des Standortes. Hier wurden zu Produktionszeiten im Rahmen der TNT-Herstellung

aus der Mono- und Di-Nitrierung angefallene Abfallsäuren (Salpeter- und Schwefelsäure) gelagert und aufbereitet.

In diesem Schadensbereich wurden auf einer Fläche von ca. 300 m<sup>2</sup> grundwassergefährdende Kontaminationen des Bodens bis in eine Tiefe von ca.



Abb. 5.25: Großlochbohrgerät

10 m u. GOK im Einflussbereich der oberen Grundwasserzone nachgewiesen. Ursache für diese tiefreichenden Belastungen war die Versickerung von Misch-/Abfallsäuren mit Mono- und Dinitrotoluolen. Als erschwerende Randbedingungen für die Sanierung dieses „Hotspots“ kamen die Wohnbebauung und ein denkmalgeschützter Gebäudebestand in unmittelbarer Nähe des Schadensbereichs sowie das Schadstoffinventar, z.B. ausgasende, krebserregende, stark riechende Mononitrotoluole, hinzu.

Die festgestellten Kontaminationen in dieser Tiefe waren erfahrungsgemäß mit konventionellen Aushubmethoden nicht zu bewältigen. Nach einer funktionalen Ausschreibung wurde mit dem Großlochbohrverfahren ein Spezialtiefbauverfahren gewählt, das unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit insbesondere die Minimierung der Emissionen und den Arbeits- und Anwohnerschutz gewährleistete. Beherrschbare Emissionen durch kleine, temporär ausgasende Oberflächen und nahezu geschlossene

Systeme für den Umschlag kontaminierter Massen (zeitweise offenes Bohrloch und direkte Verladung in gasdichte Spezialcontainer), große Aushubtiefen ohne Verbau und eine variable Anpassung der vertikalen und horizontalen Aushubgrenzen sind hervorzuheben.

Das eingesetzte Bohrgerät (s. Abb. 5.25) hatte ein maximales Gesamtgewicht von 81 t bei einer Gesamthöhe von ca. 24 m. Der Bohreimer verfügte über einen Durchmesser von 1,35 m und einen Rauminhalt von ca. 1,8 m<sup>3</sup>.

Das Ausbohren des Sanierungsbereichs erfolgte mittels ummantelter Schneckenbohrung anhand eines zuvor festgelegten Bohrrasters, in dem ein vollständiger Bodenaustausch durch überlappende Bohrungen gewährleistet wurde. Zur lateralen Eingrenzung des Schadens wurden Kontrollbohrungen durchgeführt, zur Festlegung der Bohrtiefe wurden Bodenproben aus Referenzbohrungen untersucht.



Abb. 5.26: Wallabtrag Areal 14a (Keplerstraße)



Abb. 5.27: Einhausung / Spundwände Areal 14 a

Nach Vorlage der Ergebnisse konnten Bereiche gleicher Aushubtiefen ohne weitere Untersuchungsschritte bis zur vorgegebenen Tiefe ausgebohrt werden. Ein Messprogramm zur Überwachung der Schadstoffemissionen begleitete die Bohrarbeiten.

Insgesamt wurden durch das geschilderte Verfahren in einer Bauzeit von rd. 8 Wochen 186 Bohrungen mit 985 laufenden Bohrmeter 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.

**Areal 14 (begrenzt durch Keplerstraße im Westen, Dieselstraße im Norden und Daimlerstraße im Süden)**

Das Areal 14 befindet sich im ehemaligen Produktionsbereich der „Mono- und Di-Nitrierung“. Das Gebäude der Di-Nitrierung war bereits zu Produktionszeiten im Jahr 1938 explodiert. Die Trümmer waren zugeschüttet und mit der Umwallung des unmittel-

bar daneben neu errichteten Gebäudes gleicher Funktion überdeckt worden.

Zur Vorbereitung der im Jahr 2008 durchgeführten Sanierung des Schadensbereichs wurde im Jahr 2007 der Nordwall der ehemaligen Di-Nitrierung mit einer Kubatur von rd. 5.000 m<sup>3</sup> abgetragen (s. Abb. 5.26). Auf dem entstandenen Planum wurden Erkundungsbohrungen abgeteuft, mit denen tiefgreifende, grundwasserrelevante Bodenkontaminationen bis zu einer max. Tiefe von ca. 9 m u. GOK nachgewiesen wurden.

Der Schadensbereich lag im Zentrum der tiefgreifenden Bodenverunreinigungen und musste bis zu einer Tiefe von 9 m u. GOK ausgehoben werden. Aus Gründen der Standsicherheit musste die Baugrube durch einen Verbau gesichert werden. Hierzu erfolgte die Errichtung einer Trägerbohlwand bis in eine Tiefe von 9 m u. GOK. Die Träger wurden mittels Spezialbohrgerät bis in eine Tiefe von 10,5 m u. GOK eingebunden. Die Rückverankerung erfolgte über zwei Ankerlagen in Tiefen von 2,7 m und 5,7 m u. GOK. Die Zufahrt zur Baugrube ermöglichte eine an die Baugrube ange setzte Rampe (s. Abb. 5.27).

Der gesamte Baugrubenbereich und die Rampe wurden aus Gründen des Arbeits- und Anwohnerschutzes mit einer Zelteinhausung abgeschirmt. Wegen Ausgasungen aus der Baugrube (MNT) wurde der Aushub ab einer Tiefe von ca. 3 m unter Einsatz einer durchgängig betriebenen Abluftanlage mit nachgeschalteter Aktivkohlereinigung abgewickelt. Die Anlage wurde messtechnisch überwacht.

Die Löse- und Verladearbeiten innerhalb der Baugrube wurden von außenluftunabhängigen Geräten wie Baggern und Radladern durchgeführt. Das Betreten der Baugrube war nur mit Vollschutzausrüstung, Atemmaske, Schutzanzug und Helm erlaubt und zeitlich limitiert.

Insgesamt sind bei dieser Maßnahme rd. 8.700 t z.T. stark ausgasender Boden, Schleifschlamm und Betontrümmer ausgehoben und entsorgt worden.

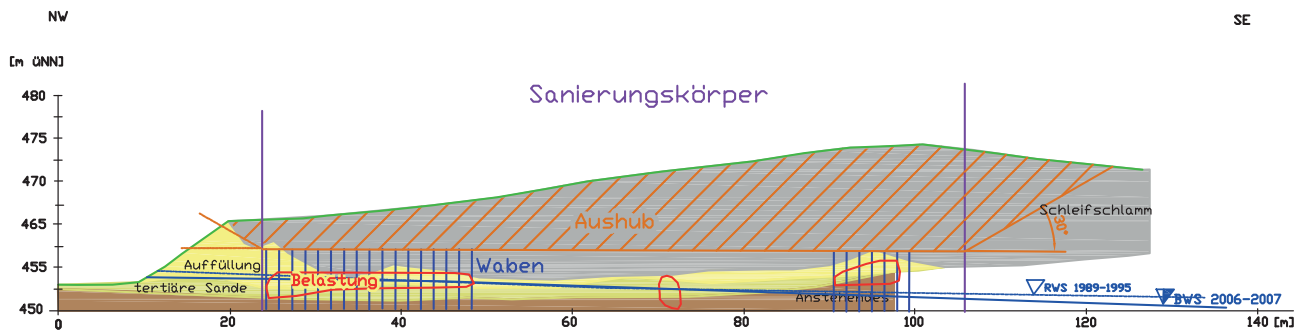


Abb. 5.28: Sanierung der Schleifschlammhalde, Bauphasen

### Sanierung Schleifschlammhalde (Areal 13)

Die Schleifschlammhalde befindet sich nördlich des Zentrums von Hessisch Lichtenau-Hirschhagen. Hier lag zu Produktionszeiten des Sprengstoffwerks der sog. Brandplatz, auf dem Fehlchargen aus der Produktion verbrannt sowie Aschen und Teerkondensate aus der Energie- und Gaserzeugung und Neutralisationsschlämme aus der Abwasserbehandlung abgelagert wurden. Es handelt sich um einen der wesentlichen Kontaminationsschwerpunkte des Standortes und eine der Haupteintragsstellen für die nachgewiesene Grundwasserverunreinigung: Das rechnerisch ermittelte Schadstoffinventar wurde mit rd. 18,5 t Nitroaromaten und rd. 2,4 t polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen angegeben.

Ein Hindernis für einen konventionellen Bodenaustausch stellte die unbelastete, mehrere Meter mächtige Schleifschlammüberdeckung des Sanierungskörpers mit ihren ungünstigen geotechnischen Eigenschaften dar – d.h. tixotropes Verhalten –, die ein ortsansässiger Betrieb in der Nachkriegszeit aufgebracht hatte.

Für die Sanierung des durch Voruntersuchungen definierten Sanierungskörpers waren behördlicherseits folgende Sanierungsziele vorgegeben:

- möglichst zusammenhängender, optimierter Sanierungskörper,
- Entfrachtung von mehr als 90 % des berechneten Gesamtinventars,
- Entfernung der pastösen Teerölmassen.



Abb. 5.29: Wabenverbau

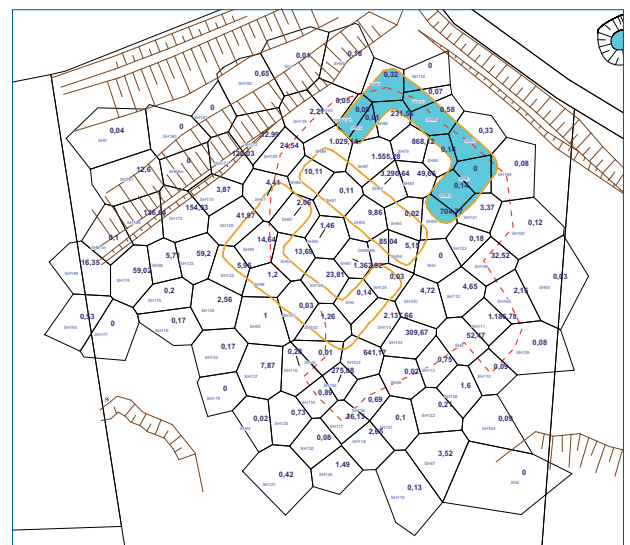


Abb. 5.30: Schema Polygone

Im Rahmen einer funktionalen Ausschreibung beauftragte man als günstigste und effektivste Sanierungsvariante einen Voraushub (s. Abb. 5.28) mit geböschter Baugrube und mit anschließendem Aushub sowie Wiederverfüllung im Wabenverbau (s. Abb. 5.29 und 5.30). Dieses Verfahren hatte den Vorteil, dass aufgrund der Bauausführung kostenintensive Massenbewegungen und Abböschungen entfielen und der Aushub vertikal und horizontal gut eingrenzbar war.

Der Sanierungsablauf gliederte sich in die folgenden acht Arbeitsschritte:

1. Herstellung eines Arbeitsplanums auf dem Sanierungskörper
2. Einmessen und Abstecken der Aushubbereiche (Polygone der Voruntersuchungen)
3. Einbringen der Verbauwaben mittels Rammbär
4. Durchführung des Sanierungsaushubs innerhalb der Verbauwaben
5. Separation des Bodens und Probenahme
6. Transport des Bodens ins Einstufungs- und Bereitstellungslager oder Abtransport mittels gasdichter Deckelcontainer
7. Einbau des Flächenfilters zur Drainage des Untergrundes
8. Rückverfüllung mit unbelastetem Material

Als erster Schritt wurden ab Mai 2009 insgesamt rd. 39.000 m<sup>3</sup> Schleifschlamm umgelagert. Ab Juli 2009 bis Oktober 2009 wurde der Sanierungskörper mittels Aushub im Wabenverbau entfernt. Hierbei wurden insgesamt rd. 17.000 t Boden/Auffüllung aus insgesamt 1.496 Waben ausgehoben und größtenteils entsorgt. Nach erfolgreicher Entfernung des Sanierungskörpers wurde der ursprüngliche Zustand des Geländes durch Rückverlagerung des Schleifschlammes nahezu wiederhergestellt.

### Spezielle Lösungen, angepasste Sanierungstechniken

In Bereichen, für die konventionelle Verfahren (Bodenaushub) oder Spezialtiefbauverfahren nicht geeignet oder zu teuer waren, wurden bei der Sanierung alternative Verfahren eingesetzt.

### Gasgeneratorenhäuser

Die Herstellung von Generatorgas zur Erzeugung von Prozesswärme erfolgte durch Kohleverschwelung in sog. Gasgeneratorenhäusern. Auf dem Standort befinden sich insgesamt drei Gasgeneratorenhäuser (Geb. 053 am östlichen Ende der Lienthalstraße, Geb. 504 und Geb. 524 beiderseits der Henschelstraße). Nach Produktionsende wurden noch vorhandene Rückstände einfach in die Gebäude (z.B. Kellerräume) abgelassen. Die Produktionsrückstände wiesen einen hohen Anteil der toxischen Stoffgruppen polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Kohlenwasserstoffe, Cyanide, BTEX und Arsen auf. Aufgrund des bestehenden Gefährdungspotenzials für das Grundwasser – und im speziellen Fall des bewohnten Gasgeneratorenhauses 524 auch für die Bewohner – mussten die in den Gasgeneratorenhäusern lagernden Teeröle durch geeignete Maßnahmen geborgen werden.



Abb. 5.31: Pastöse Teerrückstände



Abb. 5.32: Vereistes Teeröl

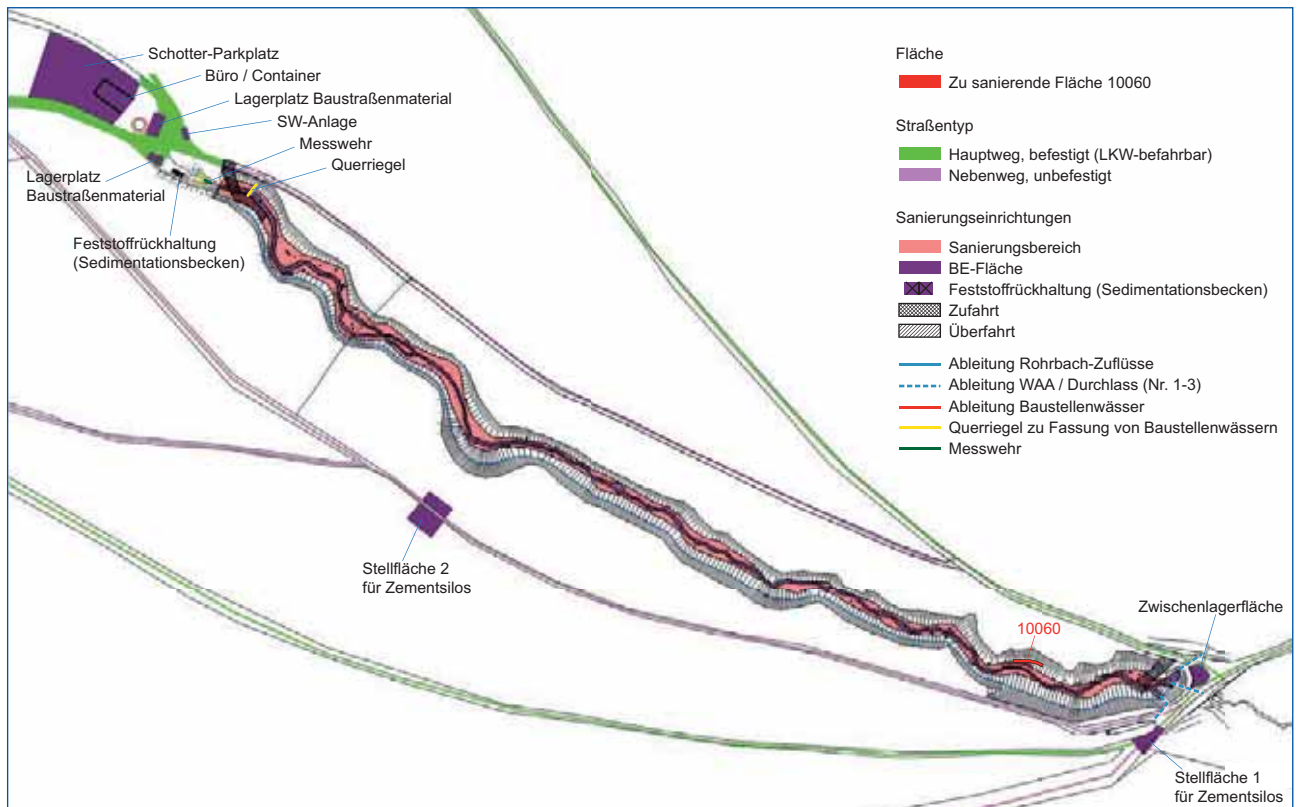


Abb. 5.33: Lageplan Rohrbach-Abschnitt II

Für die beiden noch intakten Kellergebäude der Gasgeneratorenhäuser Gebäude 504 und 524 waren aufgrund der örtlichen Situation (schlechte Zugänglichkeit, hohe Anforderungen an den Arbeits- und Anwohnerschutz) andere Sanierungsvarianten zu suchen. Bei der Variantensuche wurde davon ausgegangen, dass mit jedem in Frage kommenden Verfahren eine vollständige Leerung und eine weitgehende Reinigung der Teerölgruben erreichbar sein mussten.

Die Auswertung der Variantenstudie ergab als Favorit die Variante „Vereisung durch Trockeneispellets“. Sie wurde zunächst an dem unbewohnten Gasgeneratorenhaus 504 erprobt: Mithilfe dieses Verfahrens wurde zur Reduzierung der Schadstoff- und Geruchsemissionen der zuvor von flüssiger Phase befreite Teerkörper mittels tiefkaltem CO<sub>2</sub> (Trockeneis, -78 °C) herabgekühlt, dann der bis in eine Tiefe von 30 bis 40 cm gefrorene Teerölkörper anschließend 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 (s. Abb. 5.31 und 5.32) wurden in Spezialbehälter (ASP-Behälter) verbracht und anschließend der Entsorgung zugeführt. Sämtliche Arbeiten im Bereich der Teergruben mussten unter Vollschutz und umgebungsluftunabhängigem Atemschutz durchgeführt werden.

Durch die o.g. Vorgehensweise konnten insgesamt rd. 52 t Teerölkondensat geborgen werden.

### Rohrbach Abschnitt II

Der Oberlauf des Rohrbachs (Abschnitte I und II) liegt im nördlich angrenzenden Bereich des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen. Der Rohrbach stellte in der Zeit von 1938 bis 1945 die wesentliche Vorflut für alle Abwässer dar,



Abb. 5.34: Injektion Rohrbach

die bei der Sprengstoffproduktion anfielen (s. Abb. 5.33).

Von den im Sediment des Rohrbachs festgestellten STV-Kontaminationen gingen erhebliche Gefahren für die menschliche Gesundheit aus, sodass hier dringender Sanierungsbedarf bestand.

Im Jahr 2000 wurde der Rohrbach Abschnitt I konventionell durch Bodenaushub saniert. Eine vergleichbare Vorgehensweise war aufgrund der Topographie des Abschnitts II (enges bewaldetes Kerbtal) nicht möglich bzw. nur mit unverhältnismäßigem bautechnischem Aufwand realisierbar. Im Zuge einer Variantenstudie zu alternativen Sanierungsmöglichkeiten wurde eine In-situ-Immobilisierung vorgeschlagen. Diese Sanierungsvariante ermöglichte eine Eingriffs- und Abfallminimierung.

Die Ermittlung der notwendigen Gerätetechnik und des geeigneten Bindemittels erfolgte auf Basis von zuvor durchgeführten Labor- und Pilotversuchen. Das gewählte Verfahren stellte eine Kombination aus Hochdruckinjektion (HDI) und Baumischverfahren (mixed-in-place) dar.

Mittels eines Trägergerätes (Raupefahrzeug) wurde ein Bohrgestänge am jeweiligen Injektionspunkt drehend so tief wie möglich in die Lockergesteinschicht eingebracht (s. Abb. 5.34). Beim anschließenden drehenden Ziehen des Bohrgestänges wurde eine Feinstzementsuspension mit Drücken von bis zu 250 bar über die an der Bohrkronen installierten Injektionsdüsen eingebracht.

Hierbei wurde ein Verbund der mineralischen Fraktionen einschließlich aller darin vorhandenen Stoffe wie Wurzeln, Holz, organische Feinstoffe zu einem immobil und zusammenhängenden Körper erreicht. Unmittelbar nach der Injektion wurde eine Lage Grobschlag in das noch frische Immobilisat zur Verzahnung des darauf neu aufzubauenden Bachbettes mit dem Untergrund eingebaut.

Im Jahr 2008 wurden zur Sanierung des Rohrbachs Abschnitt II auf einer Länge von insgesamt 540 m (rd. 3.300 m<sup>2</sup>) durch rd. 4.700 Bohrungen rd. 2,3 Mio. l Zementsuspension in den Untergrund eingebracht. Den Erfolg der Sanierung überwachte und bestätigte ein unabhängiges Prüfinstitut.

### Qualifizierte Sicherungsmaßnahmen

Qualifizierte Sicherungsmaßnahmen kamen in zwei Schadensbereichen zur Ausführung. Diese Sanierungsareale liegen im ehemaligen Produktionsbereich „TNT-Herstellung“. Da die ehemaligen Produktionsgebäude gesprengt worden waren, befanden

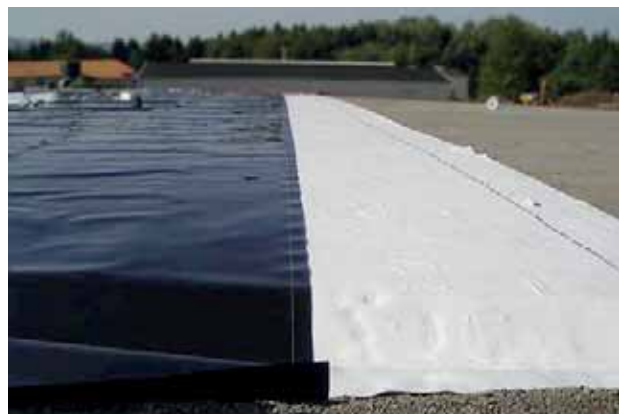


Abb. 5.35: Sicherungselement für die Tri-Nitrierung Gebäude 337 (Fieseler Straße)





Abb. 5.36: Asphaltisierung für die Tri-Nitrierung Gebäude 307 (Daimlerstraße)

sich im Untergrund der Schadensbereiche Trümmerreste, die einen konventionellen Bodenaushub nicht ermöglichten. Zur Unterbindung der Infiltration von Niederschlagswasser in die erfahrungsgemäß stark kontaminierten ehemaligen Produktionsgebäude wurden die Gebäude gesichert.

Zur Sicherung des gesprengten ehemaligen Gebäudes 337 (ehem. Nitrierhaus) im Areal 2 an der Daimlerstraße wurde das gesamte Gebäude übererdet und mit einer aus verschweißten, 2,5 mm starken Kunststoffdichtungsbahnen (PEHD) beste-

henden Oberflächenabdichtung abgedeckt (s. Abb. 5.35). Auf den Kunststoffdichtungsbahnen wurde eine Dränmatte und eine 1,5 m mächtige Rekultivierungsschicht aufgebracht. Die Flächenentwässerung erfolgte über ein entlang der Böschungskante verlegte Drainage, die in eine Versickerungsrigole nordwestlich des Sicherungselementes mündet. Zur Modellierung des Sicherungselementes waren insgesamt 10.000 t Boden erforderlich.

Das Sicherungselement in Schadensbereich 3a (Daimlerstraße) besteht aus einer Oberflächenabdichtung aus Asphalt (s. Abb. 5.36) und überdeckt das gesprengte ehemalige Gebäude 307 (TNT-Betrieb). Der Asphalt ist mehrlagig aufgebaut und hat eine Gesamtmächtigkeit von rd. 0,2 m.

## Übererdung

Eine weitere praktizierte Sicherungstechnik bestand in der Übererdung von Schadensbereichen zur Unterbindung des Direktkontakts mit belastetem Boden (Unterbrechung Wirkungspfad Boden-Mensch). Durch die Profilierung der Oberfläche und den einsetzenden Bewuchs wird darüber hinaus das Sickerwasseraufkommen reduziert.



Abb. 5.37: Übererdung SB 14d (Mononitrierung)



Abb. 5.38: Container, abplanbar



Abb. 5.39: Container, die gasdicht verschlossen werden können

Insgesamt wurden auf dem Standort drei Schadensbereiche durch Übererdung gesichert (Areal 14, Schadensbereiche 14a (neue Dinitrierung), 14f (Monowäsche), 14d (Mononitrierung, s. Abb. 5.37).

Die Kontrolle der dauerhaften Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen erfolgt weiterhin im Rahmen eines Überwachungsprogramms durch regelmäßige Begehungen.

## 5.5 Bodenmanagement

Große Mengen an kontaminiertem Boden, Bauschutt, Schleifschlamm und Sprengstoff fielen seit dem Jahr 1995 bei den verschiedenen Sanierungs-, Sicherungs- und Bauvorhaben auf dem Rüstungsaltstandort an. Definitionsgemäß handelte es sich dabei um Abfälle. Sie waren entweder einer Wiederverwertung vor Ort oder extern zuzuführen oder unter Berücksichtigung gültiger abfallrechtlicher Bestimmungen und abfalltechnischer Regelungen umweltverträglich zu beseitigen.

### Bodenmanagementkonzept

Die HIM-ASG-Projektleitung war für die Organisation und Abwicklung der Entsorgung zuständig. Sie organisierte das zur Lenkung der Massenströme notwendige Bodenmanagement auf dem Standort mit dem Ziel, alle Abfälle auszuweisen und die für deren Entsorgung erforderlichen Maßnahmen vorzubereiten und durchzuführen.

Mit dem von der HIM-ASG entwickelten Bodenmanagementkonzept wurde rechtliche und finanzielle Planungssicherheit (fundierte Massenprognosen für eine belastbare Kostenplanung) sowie die Optimierung der Massenbewegungen und der Entsorgung angestrebt.

Zweck dieses Konzeptes war insbesondere, den Umgang mit den anfallenden mineralischen Abfällen darzustellen und geeignete Entsorgungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten auszuweisen. Das Konzept beinhaltete alle Arbeitsschritte vom Aushub über die Zwischenlagerung bis zur Wiederverfüllung, darüber hinaus die transparente Darstellung der nach Belastungsklassen getrennten Massenströme sowie Vorgaben zur Einteilung der Massenströme in Chargen und zur kurzfristigen Übernahme von Böden aus Baumaßnahmen Dritter und zum Umgang mit Fremdboden.

Tab. 5.1: Funktionsbereiche des Einstufungs- und Bereitstellungslagers

Lagerbereich	Funktion	Kapazität [m <sup>3</sup> ]
Lagerbereich I	offene Schüttlagerung (Böden / Bauschutt)	2.000
Lagerbereich II	überdachte Boxenlagerung (vorwiegend Böden)	3.050
Lagerbereich III	überdachte Lagerung in Gefahrgutbehältern für flüssige Gefahrstoffe wie Toluol, MNT	5
Lagerbereich IV	Containerlagerung (alle Materialien)	550
Bodenhalde	Bodenaushub aus Hirschhagen < 5 mg/kg TNT-TE	variabel

### Transport und Zwischenlagerung

Der Transport des Bodenaushubs von der Sanierungsbaustelle zum Einstufungs- und Bereitstellungslager (EBL) erfolgte vorwiegend mittels wasserdichter, abplanbarer Container (s. Abb. 5.38).

Die Verladung stark ausgasender Böden (vorwiegend aus Sanierungsbereichen mit hohen MNT-Belastungen im Boden) geschah aus Gründen des Arbeits- und Immissionsschutzes direkt auf der Sanierungsbaustelle in dazu bereitgestellte gasdichte Container. Diese Container wurden nach einer kurzfristigen Zwischenlagerung im Einstufungs- und Bereitstellungslager direkt zur Entsorgungsanlage transportiert (s. Abb. 5.39).

Auf dem Gelände des Einstufungs- und Bereitstellungslagers (s. Abb. 5.40) wurden alle auf dem Standort bei Sanierungsmaßnahmen anfallenden, nicht ausgasenden kontaminierten Böden und Bauschutt bis zur abschließenden abfalltechnischen Einstufung zwischengelagert und bei Bedarf behandelt (Brechen, Klassieren, Konditionieren). Das Einstufungs- und Bereitstellungslager verfügte über ein Zwischenlagervolumen von rd. 5.600 m<sup>3</sup> und war in verschiedene Funktionsbereiche eingeteilt, die zur Abgrenzung der verschiedenen Abfallarten dienten (Tab. 5.1).

Sprengfähiges Material verblieb zunächst im Sanierungsbereich in 30 I-PE-Fässern und wurde arbeitstäglich von einem zugelassenen Entsorger abtransportiert bzw. für die Zusammenstellung grö-



Abb. 5.40: Einstufungs- und Bereitstellungslager

Tab. 5.2: Abfalltechnische Einstufung Böden

	Unbelastet [mg/kg]	Belastet [mg/kg]	Verunreinigt [mg/kg]	Sprengfähig [Gew.-%]
TNT-TE lang	< 0,02	> 0,02 ≤ 80	> 80	> 10
Σ PAK n. EPA	< 5	> 5 < 150	> 150	–
Entsorgung	Verwertung	Verwertung	Entsorgung (Therm. Behandlung)	Entsorgung durch Beseitigung

berer Chargen von einer „Verantwortlichen Person“ gemäß § 20 SprengG in das Sprengstofflager am Sonderabfallzwischenlager (SAZ) transportiert und dort eingelagert.

### Abfalltechnische Einstufung

Um die unterschiedlichen Abfallarten einer ordnungsgemäßen Entsorgung zuführen zu können, waren die Abfälle ordnungsgemäß zu deklarieren. Dies beinhaltete die repräsentative Beprobung der Böden, die Ermittlung der Kubaturen sowie eine korrekte abfalltechnische Einstufung der Massen auf der Grundlage der Ergebnisse chemisch-analytischer Untersuchungen.

Im Regelfall wurde der bei einer Sanierungsmaßnahme angefallene Boden erst nach dem Aushub abfalltechnisch eingestuft, was eine Zwischenlagerung notwendig machte. In wenigen Ausnahmen (Kanalbaumaßnahmen der Stadt Hessisch Lichtenau, Trassenaushub zur hydraulischen Sicherung) erfolgte eine Abfalldeklaration des geplanten Aushubs anhand einer vorlaufenden Bodenerkundung.

Beim Befüllen der Container auf der Sanierungsbaustelle wurde je Container eine Probe zur abfalltechnischen Einstufung entnommen. Die Container wurden direkt zum Einstufungs- und Bereitstellungslager transportiert und dort in Boxen zu Chargen gleicher Herkunft / Belastungsklasse gemäß den Ergebnissen der Vorerkundung verkippt. War eine Box befüllt (500 m<sup>3</sup>) oder der Aushub beendet, wurden die gewonnenen Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt und zur Erstellung der Deklarationsanalytik an das Vor-Ort-Labor übergeben.

Die abfalltechnische Einstufung des mit sprengstofftypischen Verbindungen kontaminierten Aushubmaterials erfolgte nach den vom Regierungspräsidium Kassel vorgegebenen Richtwerten (Tab. 5.2).

Bauschutt aus Sanierungsmaßnahmen wurde wie der Bodenaushub zur Zwischenlagerung in das Einstufungs- und Bereitstellungslager transportiert. Bei starker Verschmutzung durch Bodenanhaltungen konnte das Material dort mechanisch gereinigt werden. Bei Bedarf wurde das Material in einer mobilen Bauschuttzubereitungsanlage auf eine Kantenlänge von < 40 mm gebrochen, in Chargen von 50 m<sup>3</sup> einer Deklarationsanalytik unterzogen und nach o.g. Kriterien abfalltechnisch eingestuft.

### Logistik nach der abfalltechnischen Einstufung

Unbelastetes Pflanzen-, Boden- und Bauschuttmaterial wurde bis zur Verwertung außerhalb der offenen Lagerfläche als Haufwerk auf dem Gelände des Einstufungs- und Bereitstellungslagers gelagert.

Die Bereitstellung zum Abtransport von belastetem Pflanzenmaterial, Boden, Bauschutt, Schleifschlamm und Straßenaufbruch erfolgte in loser Schüttung auf der Lagerfläche des Einstufungs- und Bereitstellungslagers.

Hierbei wurden die Massen zu Materialchargen gleicher Kontaminationsklassen zusammengestellt. Bis zum Abtransport wurden die Mieten zum Schutz vor Verwehungen mit Baufolie abgedeckt.



Abb. 5.41: Sonderabfallzwischenlager

Zur Entsorgung von verunreinigten Böden, Bauschutt und Überkorn wurden die Massen nach der Untersuchung, Bewertung und Einstufung im Einstufungs- und Bereitstellungslager bei Bedarf durch Separation von Überkorn > 40 mm Kantenlänge getrennt. Diese Behandlung war durch die Genehmigungsbehörden der Entsorger vorgegeben, um nicht die Sicherheit der Entsorgungsanlagen durch stückige Sprengstoffe zu gefährden.

Ein direkter Abtransport von der Sanierungsbaustelle zur thermischen Verwertung war im Regelfall nicht möglich. Ausnahmen bestanden nur dann, wenn aufgrund der Genese des Schadens der Anfall von Sprengstoffbrocken im Aushubmaterial ausgeschlossen werden konnte (z.B. Sanierungen der Gärten Waldhof, Sanierung Rohrbach Abschnitt I).

Die nach der Abfalldeklaration als verunreinigt eingestuftes Böden wurden nach entsprechender Vorbehandlung und Zwischenlagerung im Einstufungs- und Bereitstellungslager direkt einer Entsorgung zugeführt oder in das standorteigene Sonderabfallzwischenlager (s. Abb. 5.41) eingelagert.

Die Abfalltransporte erfolgten je nach Material und Anforderungen in Containerfahrzeugen mit abgeplanten bzw. gasdichten Containern oder per Lastkraftwagen (Sattelaufleger). Bis zur Stilllegung des Bahnanschlusses im Jahr 2001 wurde verunreinigtes Bodenmaterial in Spezialcontainern per Bahn zum Entsorgungsort verbracht.

## Entsorgung von Böden, Bauschutt, Schleifschlamm

Die Entsorgung der am Standort angefallenen Böden, des Bauschutts und der Schleifschlamm Massen erfolgte entweder durch thermische Behandlung mit anschließender Verwertung der Reststoffe, durch Verfüllung von Hohlräumen, die durch bergbauliche Tätigkeit entstanden, oder durch verschiedenste deponietechnische Maßnahmen (z.B. Profilierung des Deponiekörpers vor Herstellung der Oberflächenabdichtung).

Zur Vorbereitung der Entscheidung über geeignete Behandlungsverfahren und Entsorgungswege prüfte man unterschiedliche Varianten und im Rahmen eines F+E-Vorhabens die Machbarkeit biologischer Verfahren.

### F+E-Vorhaben „Mikrobielle Sanierung TNT-kontaminierter Böden“

Im Rahmen des F+E-Vorhabens „Mikrobielle Sanierung TNT-kontaminierter Böden des Standortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen“ wurden die biologischen Grundlagen des TNT-Abbaus für einen technischen Prozess der Sanierung TNT-kontaminierter Böden erarbeitet. Von 1994 bis 1995 wurde auf der Grundlage von Vorarbeiten der Universität Stuttgart bzw. des Fraunhofer Instituts für Grenzflächentechnik in Zusammenarbeit mit der Fa. Umweltschutz Nord eine Pilotanlage zur mikrobiologischen Bodensanierung in Hirschhagen betrieben: In der ersten (anaeroben) Stufe des Behandlungsprozesses wird TNT zu Tri-Amino-Toluol reduziert, welches irreversibel an den Boden gebunden wird. Weitere Nitro- und Aminoaromaten werden ebenfalls fixiert oder teilweise abgebaut. Ein nahezu vollständiger Abbau der bioverfügbaren Restbelastung erfolgt in der zweiten (aeroben) Stufe. Dazu wurde der Schlamm aus der Pilotanlage abgesiebt, teilweise entwässert und anschließend für mehrere Wochen auf einer Bodenmiete nachbehandelt.

Durch die zweistufige Behandlung wurden 95 % der im Boden enthaltenen Schadstoffe abgebaut oder durch Fixierung an die Bodenmatrix immobilisiert. Die Unbedenklichkeit der Produkte des Verfahrens wurde mit ökotoxikologischen Tests (Algen,



Abb. 5.42: Thermische Bodenbehandlungsanlage Deutzen

Daphnien, Leuchtbakterien, Regenwürmer) am Fraunhofer Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie nachgewiesen.

### Thermische Behandlung

Zur Abklärung der für die Entsorgung von STV-kontaminierten Böden aus den Rüstungsaltsstandorten Hessisch Lichtenau-Hirschhagen und Stadtallendorf zur Verfügung stehenden Dekontaminationstechnologien wurden im Jahr 1995 ein Teilnahmewettbewerb in der Europäischen Union, eine Marktrecherche und eine abschließende Variantenbetrachtung zur Verfahrens- und Standortauswahl durchgeführt.

Neben biologischen und chemisch-physikalischen wurden auch thermische Verfahren in die Betrachtung mit einbezogen.

Wichtige Aspekte dabei waren:

- Akzeptanz bei Behörden und Betroffenen,
- Kostenminimierung,
- Verwertbarkeit des Bodens innerhalb und außerhalb des Standortes.

Die Auswertung bestätigte die Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Flexibilität der Entsorgung in einer thermischen Behandlungsanlage in Deutzen bei Leipzig (s. Abb. 5.42). Die Anlage arbeitet im mittleren Temperaturbereich (Erhitzung des Bodens auf 600 °C) und besteht im Kern aus einem Drehrohrföfen, in dem das Material erhitzt wird. Die Erhitzung des Materials erfolgt über ein mit Propan gas gespeistes Blockheizkraftwerk. Im Anschluss an die Dekontamination wird der behandelte Boden im Rahmen der Rückverfüllung eines benachbarten Tagebaus verwertet.

### Untertageversatz

Teile des verunreinigten Bodenmaterials wurden im Untertageversatz in Versatzbergwerken (u.a. Sondershausen) verwertet.



Abb. 5.43: Einbau von Rückbauboden

### Verwertung in Deponien

Belastetes Bodenmaterial wurde im Zuge deponietechnischer Maßnahmen in gesicherten Bereichen auf den Deponien in Hofgeismar, Wabern und Weidenhausen verwertet. Das geringer belastete Material konnte im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen auf einer Kali-Halde in Thüringen (Menteroda) verwertet werden.

### Verwertung als Rückbauboden am Standort

Bei entsprechender Eignung konnten gering belastete Böden unter definierten Randbedingungen nutzungsbezogen wieder am Standort eingebaut werden (s. Abb. 5.43). Für die Verwertung als Rückbauboden waren neben den einzuhaltenden Schadstoffgrenzen auch bodenmechanische Anforderungen zu erfüllen.

### Entsorgung von sprengfähigem Material

Das bei Sanierungsmaßnahmen oder bei der Kanalreinigung vorgefundene sprengfähige Material mit über 10 % TNT-Anteil wurde im standort eigenen Sprengstofflager gesichert und als besonders überwachtungsbedürftiger Abfall der HIM GmbH angegliedert. Die Beseitigung des Materials erfolgte über eine Spezialfirma in einer speziell dafür konzipierten Verbrennungsanlage.

### Entsorgung wässriger Abfälle

Neben festen Abfällen fielen auch mit Nitroaromaten belastete Wässer aus Kanalspülarbeiten, Bohrarbeiten, Pumpversuchen und Probenahmen an Grundwassermessstellen an. Die mit Spezialfahrzeugen (Saug-/Spülfahrzeugen, Tankwagen) aufgefangenen kontaminierten Wässer wurden in das Speicherbecken verbracht und dort nach Abtrennung von Trübstoffen und mitgeführtem Sediment der Wasseraufbereitungsanlage (WAA) zugeführt.

Das in den Baugruben der Sanierungsbaustellen aus Niederschlägen oder Schicht-/Sickerwässern anfallende belastete Wasser wurde auf den Baugrubensohlen in provisorischen Pumpensümpfen gefasst und entweder in mobilen Sammelbehältern über das Speicherbecken der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt oder direkt in Sammelschächte der hydraulischen Sicherung eingeleitet.

Die bei der Sanierung der Gasgeneratorenhäuser sowie bei Reinigungsmaßnahmen in den Sanierungsinfrastruktureinrichtungen (Einstufungs- und Bereitstellungslager etc.) anfallenden wässrigen Abfälle mit Ölanteilen und sonstigen Schadstoffen konnten nicht über die Wasseraufbereitungsanlage entsorgt werden. Diese Abfälle wurden mit Saugfahrzeugen abtransportiert und in der chemisch-physikalischen Behandlungsanlage (CPB) der HIM GmbH in Kassel entsorgt.

## 5.6 Wasser

### Monitoring

Mit der Grundwasser- und Oberflächengewässer-Überwachung (= Monitoring) auf dem Rüstungsaltstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen und in seiner näheren Umgebung soll die Wirksamkeit der hydraulischen Sicherung des Standortes überwacht und nachgewiesen werden. Bei der Probenahme werden immer auch die sog. „Feldparameter“ bestimmt: Dies sind die Wassertemperatur, die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert, das Redox-

potenzial und der Wasserstand. Die Wasserproben werden in einem fachlich geeigneten Analysenlabor auf sprengstofftypische Verbindungen untersucht. Dabei handelt es sich um die für eine Gefährdungsbeurteilung relevanten 15 Einzelstoffe aus den Gruppen der Nitroaromaten, Nitrosulfonsäuren und Nitrobenzoesäuren.

Für die Gefährdungsbeurteilung werden die Einzelstoffe nach ihrem spezifischen toxischen Potenzial in Schadeinheiten (= Konzentration x Giftigkeit)

gewichtet. So ist es möglich, die Gefährlichkeit von Wasserproben mit unterschiedlichen Gehalten an sprengstofftypischen Verbindungen und unterschiedlicher Einzelstoffzusammensetzung vergleichbar zu machen.

### Sicherungsbrunnen und Hebeanlagen

Auf dem Rüstungsaltsstandort gibt es insgesamt 24 Orte, an denen erheblich belastete Wässer gefasst und zur Wasseraufbereitungsanlage gepumpt werden. Dazu gehören:

- 19 Rohrbrunnen, von denen 17 die Hirschhagenzone und zwei tiefere die Zwischenzone erfassen,
- 4 als Hebeanlagen hergerichtete Schachtbauwerke, die wasserführende, alte Werkskanäle fassen, und
- 1 Hebeanlage im Rohrbach am Nordrand des Standortes, wo belastete Quellaustritte die Reinigung in der Wasseraufbereitungsanlage erforderlich machen.

### Messstellen

Zur Überwachung der Qualität des Grund- und Oberflächenwassers im Einzugsbereich der hydraulischen Sicherung und im Abstrom des Standortes (s. Abb. 5.44) sind über 60 Messstellen festgelegt worden. Darüber hinaus existieren weitere Messstellen, die bei Bedarf in die Überwachung einbezogen werden können. Sie befinden sich in Kanalschächten, an Quellaustritten und an Oberflächengewässern.

Die Beprobung dieser Messstellen geschieht zweimal jährlich: im Frühjahr bei tendenziell hohem Wasserstand und im Herbst nach der Vegetationsperiode mit normalerweise niedrigen Wasserständen. Wie oben erwähnt, soll die Überwachung der Messstellen zum einen Hinweise auf den Betrieb der hydraulischen Sicherung, zum anderen Informationen zur Entwicklung der Wasserqualität im Nahbereich des Standortes liefern. Deshalb hat man die Elemente des Messnetzes je nach Zielsetzung unterschiedlichen Kategorien zugeordnet:

Die Messstellen im Einzugsbereich der Brunnen zeigen, ob eine ausreichende Absenkung des Grund-

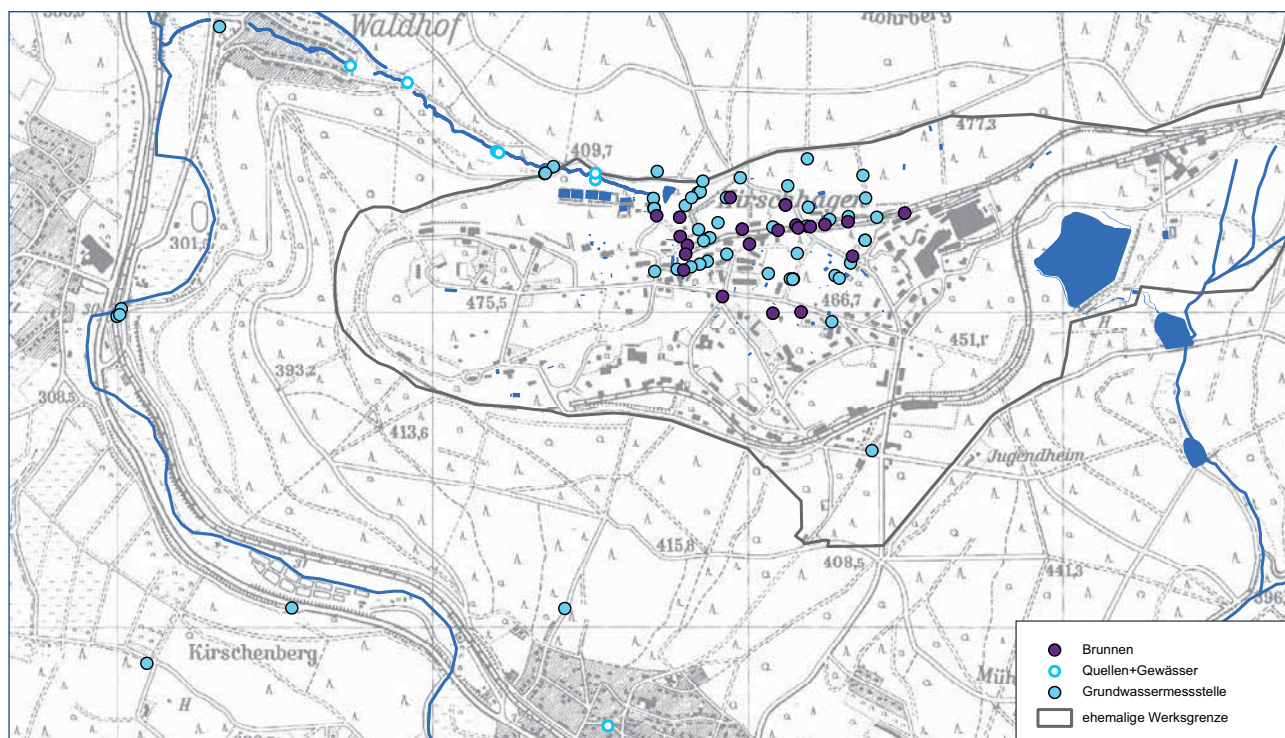


Abb. 5.44: Lageplan der Brunnen und Grundwassermessstellen



wassers erreicht ist, um das belastete Sickerwasser auf den Brunnen zufließen zu lassen und zu verhindern, dass es den Standort verlässt. Falls dabei festgestellt wird, dass viel sauberes Grundwasser aus der weiteren Umgebung angezogen wird, kann man die Fördermenge begrenzen. Indirekt gehören dazu auch die beiden Förderbrunnen im mittleren Stockwerk, denn deren Belastung zeigt ebenfalls, wie viel belastetes Wasser über Klüfte vom oberen Stockwerk her durchsickert.

Die Messstellen zur Abstromüberwachung zeigen, welche Qualität das Wasser außerhalb des Fassungsbereichs der hydraulischen Sicherung hat, und belegen somit die Effektivität der Sicherungsmaßnahme. Diese Messstellen liegen in den Randbereichen der gesicherten Grundwasserstockwerke und im Hauptgrundwasserstockwerk, das sich auf dem Lossenniveau befindet.

## Dokumentation und Auswertung

Die Ergebnisse aller Überwachungsmaßnahmen, sowohl in der Wasseraufbereitungsanlage als auch

in den angeschlossenen Brunnen und Hebeanlagen und in den oben genannten Überwachungsmessstellen, sind Interessierten über eine passwortgeschützte Web-Anwendung zugänglich. Zusätzlich erfolgt eine zusammenfassende Dokumentation in einem Jahresbericht. Darin wird auch eine Bewertung sich abzeichnender mittel- und langfristiger Trends vorgenommen.

Die gewonnenen Erkenntnisse geben Hinweise auf den weiteren Betrieb der jeweiligen Fördereinrichtungen bis hin zu der Möglichkeit, einzelne Brunnen außer Betrieb zu nehmen, wenn nachlassende Belastungen / Schadstofffrachten dies in Zukunft erlauben sollten.

## Hydraulische Sicherung

Das Grundwasser im Bereich des Rüstungsaltsandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen ist aufgrund der Sprengstoffproduktion und der nachfolgenden Sprengung bzw. Demontage der Werksanlagen nach 1945 in erheblichem Umfang mit sprengstofftypischen Verbindungen (Nitroaromaten) belastet.

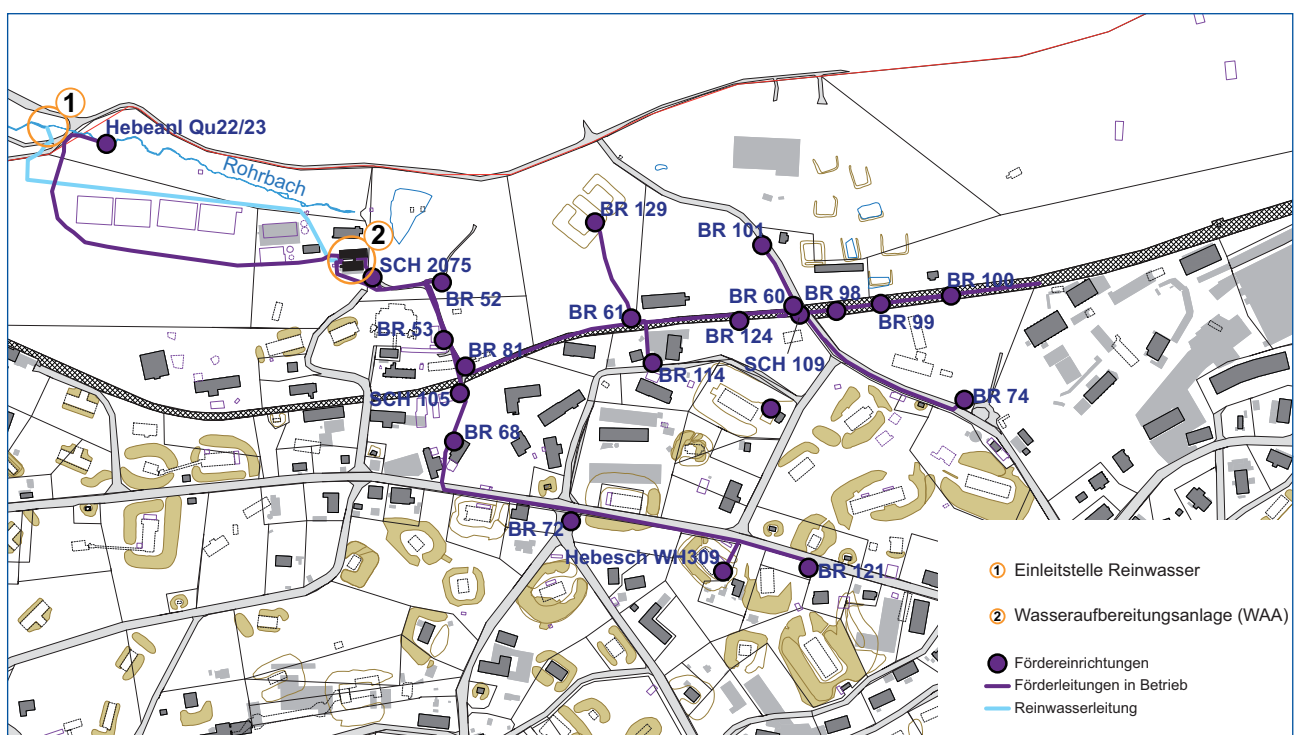


Abb. 5.45: Lageplan der Elemente der hydraulischen Sicherung



Abb. 5.46: Brunnenkopf unter Brechtelhaube (Wetterschutz)

Mitte der 1960er Jahre wurden im Trinkwasser der umliegenden Gemeinden erstmals Nitroaromaten nachgewiesen, was zur Stilllegung von Trinkwassergewinnungsanlagen und Quelfassungen im Umfeld des Standortes 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, wurden mit Fortschreiten der Sanierungsmaßnahmen Grundwassermessstellen errichtet und bei entsprechender Eignung als Förderbrunnen ausgebaut. Das seit 1989 betriebene und in der Folge sukzessiv erweiterte System von Brunnen, Schächten und Hebeanlagen sowie die entsprechenden Ableitungssysteme für die kontaminierten Wässer zur Wasseraufbereitungsanlage werden als „hydraulische Sicherung“ des Standortes bezeichnet (s. Abb. 5.45).



Abb. 5.47: Pumpwerk 22/23

### Brunnen, Schächte und Hebeanlagen

Die Infrastruktur der hydraulischen Sicherung hat sich schrittweise, unterstützt durch Erkenntnisse aus anderen Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen, weiterentwickelt. Bis zum Jahr 2009 bestand die hydraulische Sicherung aus insgesamt zehn Brunnen, vier Förderschächten und einer Hebeanlage.

Um einen langfristigen Betrieb der bestehenden Infrastruktur sicherzustellen und eine Grundlage für den Anschluss und den Betrieb neuer Brunnen und Anlagenteile zu ermöglichen, wurde das System der hydraulischen Sicherung im Jahr 2010 optimiert.

In Rahmen der Optimierung wurde nach einer entsprechenden hydrogeologischen Erkundung die Anzahl der Sanierungsbrunnen auf 19 erhöht. Aus der stark belasteten oberen Grundwasserzone (sog. Hirschhagenzone) fördern nunmehr insgesamt 17 Sanierungsbrunnen Grundwasser in die installierten Ableitungssysteme, in der mittleren Grundwasserzone (Zwischenzone) werden zwei Sanierungsbrunnen (Br. 81, Br. 101) betrieben.

Die Brunnen sind zwischen 14 und 30 m tief (Ausnahmen Br. 81 und 101 in der Zwischenzone: 100 m tief) und mit einem Ausbaudurchmesser von DN 150 (Br. 81 und Br. 129: DN 200) aus Edelstahl bzw. Kunststoff (PVC/HDPE) gebaut. Die Größe der Unterwassermotorpumpen und deren Förderleistungen sind entsprechend der durch Pumpversuche ermittelten Kenndaten gewählt. Mit wenigen

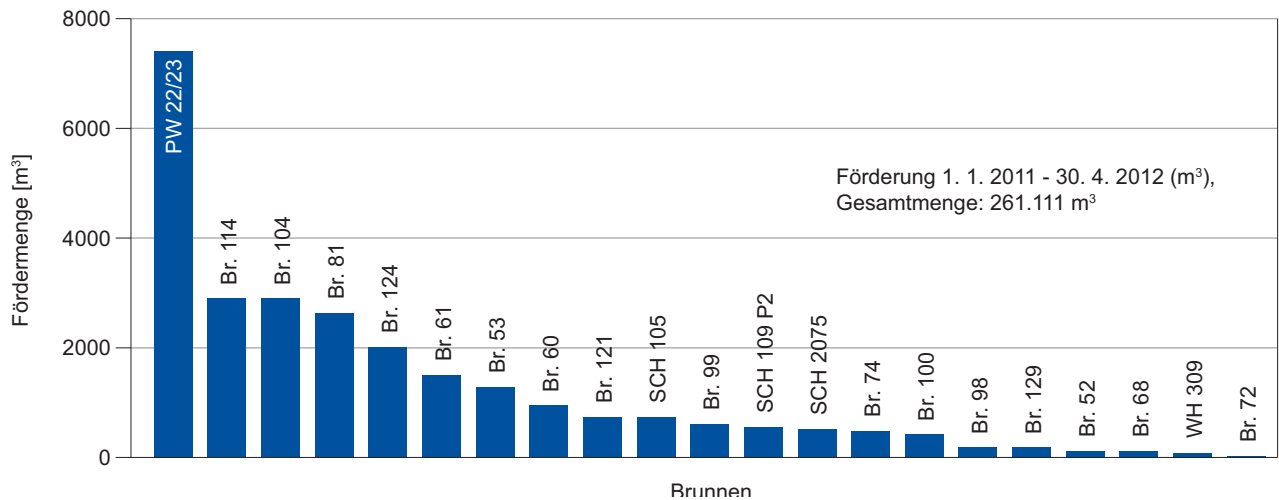


Abb. 5.48: Verteilung der Fördermengen auf die Brunnen

Ausnahmen schließen die Brunnen an der Geländeoberfläche mit einem Brunnenkopf aus Edelstahl ab. Die sich anschließenden Ableitungen mit Messgeräten, Drucksonden und Armaturen sind oberirdisch unter einer Kunststoffhaube (sog. Brechtelhaube, Abb. 5.46) oder im Bereich von Verkehrsflächen auch in unterirdischen Brunnenstuben (Schächten) angeordnet.

Die Brunnen fördern gemeinsam mit vier Förder-schächten zur Ableitung kontaminierter Kanal-/Drainagewässer das kontaminierte Wasser in eine im Jahr 2010 neu errichtete Freispiegel-Drucksammel-leitung mit Durchlauf- und Kontrollschächten.

Kontaminiertes Wasser aus dem Rohrbach Abschnitt I, das oberhalb des Pumpwerks 22/23 in den Ablauf eines Rückhaltebeckens abfließt (s. Abb. 5.47), wird hier gefasst und über eine eigene Druckleitung bis zur Wasseraufbereitungsanlage gefördert.

Durch die Ausstattung der Förderanlagen mit modernster Mess-, Steuer- und Regelungstechnik befindet sich die hydraulische Sicherung des Standortes auf dem Stand der Technik. Die eingesetzte elektronische Mess-, Steuer- und Regeltechnik ermöglicht eine Vergleichmäßigung der Schadstoff-fracht des geförderten Rohwassers und führt somit zu einem optimalen Anlagenbetrieb und zu deutlichen Einsparpotenzialen der eingesetzten Betriebsmittel.

Einen Überblick über die anteiligen Fördermengen der unterschiedlichen Fördereinrichtungen an der Gesamtfördermenge (Zeitraum 01.01.2011 bis 30.04.2012) gibt Abbildung 5.48.

### Wasseraufbereitungsanlage (WAA)

Ab 1989 wurde auf dem Rüstungsaltsstandort zur Reinigung der mit sprengstofftypischen Verbindungen belasteten Grund- und Oberflächenwässer zunächst eine Anlage mit einer hydraulischen Kapazität von 10 m³/h betrieben, die im Jahr 1993 durch eine zweite, parallel geschaltete Anlage auf insgesamt 32 m³/h erweitert wurde. In beiden Anlagen erfolgte die Abreinigung des kontaminierten Wassers über Aktivkohlefilter mit vorgeschalteter Oxidations- und Fällungsstufe. Von 1992 bis Ende 2003 wurden durch die o.g. Anlagen aus ca. 1 Mio. m³ Grund- und Oberflächenwasser rd. 3.000 kg sprengstofftypische Verbindungen entfernt und das gereinigte Wasser anschließend in den Vorfluter Rohrbach abgeleitet. Wegen veralteter Technik und zwecks Erweiterung der Anlagenkapazität der Grundwasseraufbereitung wurde im Frühjahr 2003 mit dem Bau einer neuen Wasseraufbereitungsanlage begonnen, die im Oktober 2003 in den Probebetrieb ging. Diese neue Anlage verfügt über eine Kapazität von 55 m³/h und wird seit Januar 2004 im Regelbetrieb gefahren.

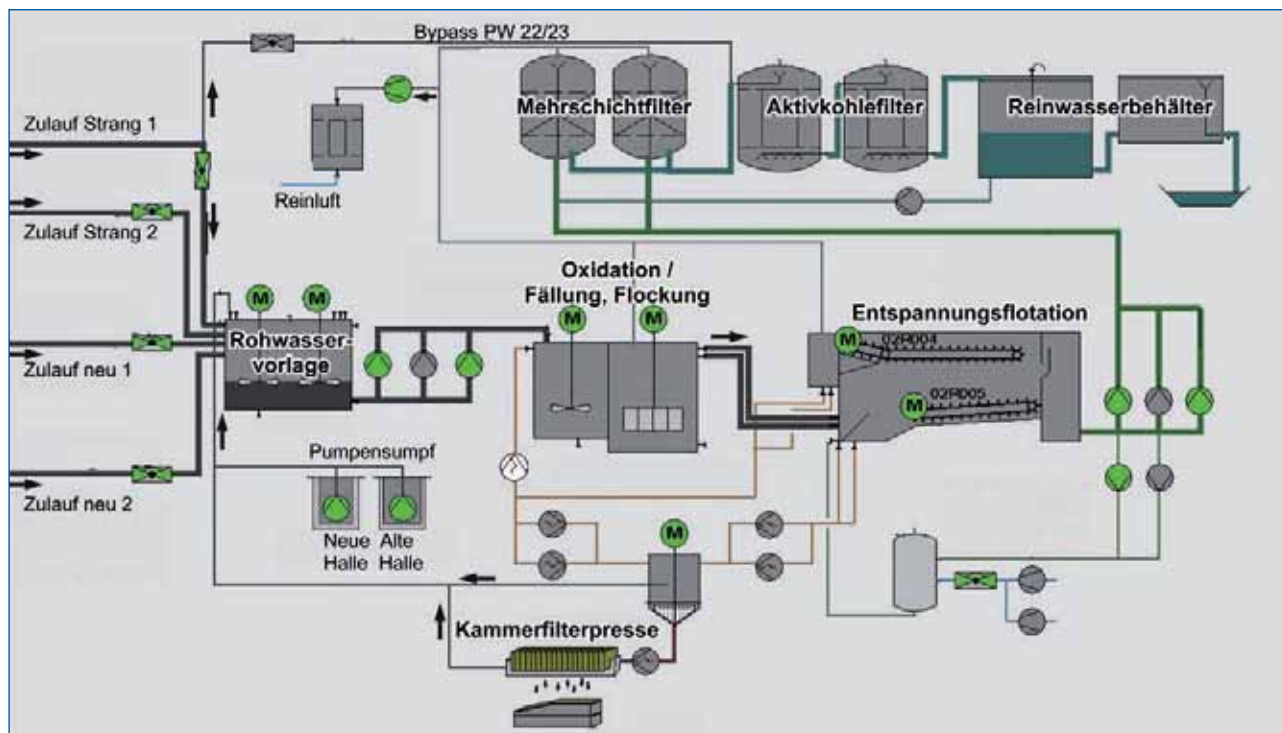


Abb. 5.49: Verfahrensschema Wasseraufbereitungsanlage

Der erste Aufbereitungsschritt des geförderten Wassers besteht aus einer **Oxidation und Flockung** der Wasserinhaltsstoffe (s. Abb. 5.49). Über die nachgeschaltete **Entspannungsflotation** erfolgt die Flüssig-Fest-Abtrennung. Der anfallende Schlamm wird eingedickt und in einer Kammerfilterpresse entwässert. Der entstandene Filterkuchen wird in Containermulden gesammelt und einer Entsorgung zugeführt.

Im zweiten Aufbereitungsschritt wird die noch im Wasser befindliche Resttrübe durch **Mehrschichtfiltration** in nachgeschalteten Kiesfiltern entfernt.

Die Reinigung des mit Nitroaromaten kontaminierten Rohwassers erfolgt durch Aktivkohleadsorption an zwei hintereinander geschalteten Aktivkohlefiltern (Hauptfilter und Nachfilter). Nach der Aufbereitung und Reinigung wird das abgereinigte Wasser in einer Freispiegelrohrleitung dem Vorfluter Rohrbach zugeführt.

Die Wasseraufbereitung wird durch ein engstän diges Überwachungsprogramm kontrolliert, das neben analytischen Untersuchungen in den ver-

schiedenen Aufbereitungsstufen der Wasseraufbereitungsanlage auch tägliche visuelle Überprüfungen der Anlage und in regelmäßigen Abständen Sicherheitsüberprüfungen vorsieht. Sämtliche Betriebsabläufe der hydraulischen Sicherung werden in einer täglich besetzten Warte in der Wasseraufbereitungsanlage überwacht und in Betriebstagebüchern sowie einem jährlichen Eigenkontrollbericht gegenüber der zuständigen Behörde dokumentiert.

Einen Überblick über die Betriebsdaten der neuen Wasseraufbereitungsanlage (Zeitraum Oktober 2003 bis April 2012) gibt Abbildung 5.50. Die Daten belegen die Effektivität und die hohe Abreinigungsleistung der Anlage. Durch die eingesetzte Technik wird eine nahezu vollständige Abreinigung der hoch kontaminierten Wässer erzielt. Durch die Optimierung der hydraulischen Sicherung im Jahr 2010 konnte der Durchsatz der Wasseraufbereitungsanlage deutlich gesteigert werden.

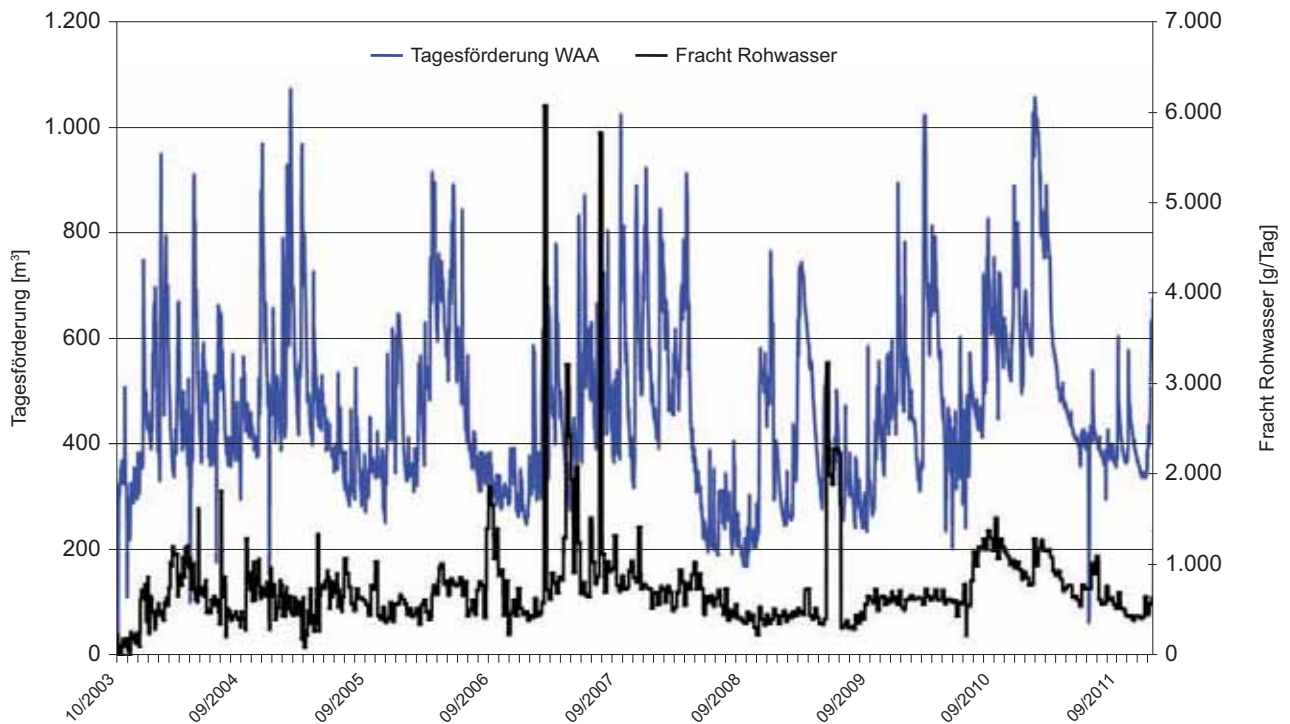


Abb. 5.50: Betriebsdaten Wasseraufbereitung: Tagesförderung [m<sup>3</sup>] und Fracht Rohwasser [g STV/ Tag] im Zeitraum vom 1. Oktober 2003 bis 30. April 2012

## 5.7 Kanäle

Die während der Produktion anfallenden Wässer wurden je nach stofflicher Zusammensetzung in unterschiedlichen Kanalsystemen abgeführt.

Die hoch kontaminierten Wässer aus der Sprengstofffertigung hinterließen im Kanalnetz in verschiedenen Kanalabschnitten Ablagerungen von TNT-Rückständen. Schadstoffhaltige Wässer konnten durch die zum Teil starken Beschädigungen 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 größtenteils zerstört und nicht mehr auffindbar. Außerdem führte der aufgebrachte Schleifschlamm zu Verschlüssen in Kanalhaltungen und in Schächten.

Ein weiteres Problem stellten Fehlanlüsse von aktuell genutzten Abwasserkanälen (häusliches Schmutzwasser, Oberflächenwasser, Niederschlagswasser) an belastete Kanalsysteme der Sprengstoffproduktion dar, da es durch die Ableitung von Schmutzwasser zur unkontrollierten Verfrachtung von Schadstoffen in den Untergrund und zu einer Beaufschlagung der hydraulischen Sicherung mit häuslichen Abwässern kam.

### Kanalerkundung

Nachdem im Jahr 1986 in umfangreichen Recherchen Basisdaten wie Schachtbezeichnungen, Lagepläne und Informationen zur Zuordnung der Kanäle beschafft worden waren, erfolgte im Zeitraum 1988 bis 2002 mit Unterbrechungen die systematische Erkundung des auf dem Standort angelegten, ca. 50 km umfassenden Kanalnetzes (s. Abb. 5.51). Vom Herbst 1991 bis zum Oktober 1995 ruhten die



Abb. 5.51: Lageplan Kanalsystem



Abb. 5.52: Einstieg in Schacht zur Kanalerkundung



Abb. 5.53: Abflussmessung

Arbeiten, um zu klären, ob durch das Hochdruckspülverfahren TNT-Inkrustierungen zur Explosion gebracht würden. Dabei konnte auf Erfahrungen bei der Bundeswehr und die Unterstützung durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung zurückgegriffen werden.

Das Kanalsystem wurde in mehreren Phasen untersucht und soweit zugänglich durch Spülfahrzeuge gereinigt; darin abgelagerter Sprengstoff wurde entfernt. Hierbei wurden insgesamt 285 kg kristalliner Sprengstoff aus den Kanälen geborgen. Die sanierungsbegleitenden Kanalerkundungen wurden im Jahr 2009 gemeinsam mit der Bodensanierung auf dem Standort abgeschlossen (Abb. 5.52).

### Technischer Ablauf der Kanalerkundung

Die Reinigungsarbeiten in den Kanälen erfolgten mit Hilfe eines 2-Kammer-Hochdruckspülfahrzeugs, das zur Dokumentation der Spülwasserverluste mit einer Messeinrichtung ausgestattet war. Um Kontaminationsverschleppungen zu vermeiden, wurden abgehende Haltungen mit Kanalblasen verschlossen. Das abgesaugte Spülwasser wurde im Speicherbecken am Standort abgelassen und anschließend der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt.

Um den bautechnischen Zustand der Kanäle zu beurteilen, führte man eine Kamerabefahrung der Haltungen und Schächte durch. Die Dreh-Schwenk-

Tab. 5.3: Nutzung und Zuordnung der Kanäle

Bezeichnung	Historische Nutzung	Länge des Kanalnetzes
Roter Kanal	Waschwasser aus der TNT-Produktion	1.021 m
Blauer Kanal	Gebäudereinigungswasser	12.723 m
Gelber Kanal	Säureabwässer	6.127 m
Grüner Kanal	Kühlwasser	4.066 m
Oranger Kanal	säurehaltige Kondensate	482 m
Schwarzer Kanal	Tagesabwässer und sonstige Abwässer	7.765 m
Stadtkanal gesamt	Verschiedene (heute kommunales Abwasser)	18.200 m
	Altkanäle gesamt	50.384 m
Kasseler Kanal	Produktionsabwässer vom Standort in die Fulda bei Kassel	21.051 m
	<b>Gesamtlänge</b>	<b>71.435 m</b>

kopfkamera wurde von einer mobilen Fernsehanlage (TV-Wagen) aus gesteuert.

Die Beurteilung der Schadstoffbelastung im Kanalsystem resultierte aus den Ergebnissen der entnommenen Wasser- und Feststoffproben.

### Kanalmonitoring

Nach Abschluss der Kanalspülarbeiten an wasserführenden Kanälen wurden Abflussmessungen (s. Abb. 5.53) zur Ermittlung der darüber abfließenden STV-Frachten vorgenommen. Die Ergebnisse waren Entscheidungsgrundlage für eine Altlastenfreistellung, Stilllegung (Verpressung / Abmauerung) oder – sofern geboten – Integration in die hydraulische Sicherung.

### Altlastenfachliche Bewertung der Kanäle

Aus den bei der Kanalerkundung und beim Kanalmonitoring gewonnenen Daten konnten altlastenfachliche Empfehlungen zur Altlastenfreistellung der Kanäle abgeleitet werden.

### Kanalstilllegungen

Die Stilllegung von Kanälen und Schächten diente dazu, das Versickern bzw. die Ausbreitung von kontaminiertem Wasser zu verhindern, und erfolgte in der Regel durch Abmauern der Kanäle in den Schächten oder durch Verfüllen der Haltungen mit fließfähigem Spezialbeton (Dämmer). Schächte wurden entweder mit Beton oder mit unbelastetem Bodenmaterial verfüllt, Schachtoberterile bei Bedarf rückgebaut.

### Dokumentation und Kanaldatenbank

Die bei der Kanalerkundung gewonnenen Daten (TV-Untersuchungsberichte, Gauß-Krüger-Koordinaten, Haltungsberichte, Lagepläne, Videobänder / DVDs, Analysenergebnisse etc.) wurden dokumentiert und in ein auf einer GIS-Anwendung basierendes Kanal-

informationssystem übernommen. Änderungen im Datenbestand wurden in der Kanaldatenbank dokumentiert. Die Verkehrssicherungspflicht für die nach Abschluss der Maßnahmen altlastenfreigestellten Kanäle liegt bei den Eigentümern. Die Dokumentation wurde an diese übergeben.

### Sonderbauwerke

Eine Sonderstellung der ehemaligen Werkskanalisation des Rüstungsaltsandortes nimmt der sog. Kasseler Kanal ein. Der 1940 fertiggestellte Kanal verlief vom Standort der ehemaligen Sprengstofffabrik durch das Lossetal bis in einen bei der Gemeinde Niestetal in die Fulda einmündenden Graben (Haar-Graben). Das Bauwerk hatte eine Länge von insgesamt 21 km und diente zur Ableitung der aus der Sprengstoffproduktion stammenden Abwässer. Es sollte zu Produktionszeiten die unmittelbar betroffenen Vorfluter Steinbach, Rohrbach und Losse entlasten.

Im Jahr 1998 wurde eine historische Erkundung des Kasseler Kanals durchgeführt, auf deren Basis im Jahr 2001 eine exemplarische Erkundung von ausgewählten Kanalabschnitten folgte. Im Zuge einer im Jahr 2002 durchgeführten vertiefenden Erkundung ermittelte man einen Schadensschwerpunkt im Bereich des Absturzbauwerks des ehemaligen Kasseler Kanals im Bereich des Bahnhofs Eschenstruth. Teile des Kasseler Kanals wurden bei der Baufeldvorbereitung des Hirschhagen-Tunnels der A 44 entfernt.



# Sanierung: Das Wichtigste in Kürze

Bei der Bodensanierung konnte überwiegend auf bewährte Techniken und Verfahren zurückgegriffen werden. In Einzelfällen kamen Verfahren des Spezialtiefbaus (z.B. Großloch-Bohrungen) oder aber innovative Technologien (z.B. In-situ-Verfestigung) zum Einsatz.

Für Logistik, Infrastruktur und technische Ausrüstung von Baustellen wurden Strukturen entwickelt und optimiert – eine wichtige Voraussetzung für die effektive Abwicklung der Sanierung.

Mit der thermischen Bodenbehandlung nutzte man eine effektive, kostengünstige Methode zur nachhaltigen Zerstörung der hoch toxischen Schadstoffe in Böden und anderen Materialien. Teilmengen wurden in verschiedenen Deponien verwertet.

Das ehemalige Werkskanalsystem wurde durch Kamerabefahrung erkundet und durch Hochdruckspülverfahren von festgestellten Verunreinigungen aus der früheren Produktion gereinigt.

Umfassende Vorkehrungen für die Arbeitssicherheit sowie für den Umgebungs- und Anwohnerschutz haben unkontrollierte Emissionen und unzulässige Belastungen und Beeinträchtigungen von Anwohnern verhindert.

Von den sanierten Flächen gehen keine Gefahren mehr für Leib, Gesundheit und Umwelt in Zusammenhang mit der vorhandenen oder geplanten Nutzung der Fläche aus. Damit wurde das zentrale Projektziel erreicht.

Das nach wie vor belastete Grundwasser wird dauerhaft über eine Reihe von Sicherungsbrunnen gefasst und in einer zentralen Wasseraufbereitungsanlage von Schadstoffen befreit. Ein Abströmen schadstoffbelasteten Grundwassers vom Standort wird dadurch weitestgehend unterbunden. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird permanent über ein begleitendes Monitoring überwacht.

# 6

## Bilanz und Ausblick

Nach 17 Jahren Sanierung des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen stellt sich die Bilanz in Bezug auf Boden, Wasser, Flächen und Kosten wie folgt dar:

### 6.1 Bilanz Boden

Im Rahmen der Bodensanierung fielen erhebliche Massen an Boden, Schleifschlamm und Bauschutt an, die auf Grundlage des Bodenmanagementkonzeptes bewegt, gelagert und entsorgt werden mussten.

Insgesamt wurden im Rahmen der Sanierung über 220.000 t Boden und Schleifschlamm ausgehoben. Die ausgehobenen Massen wurden je nach Grad der Belastung entweder einer Entsorgung zugeführt oder bei entsprechender Eignung rückverfüllt und für die Modellierung des Geländes eingesetzt.

Eine deutliche Zunahme der zu entsorgenden Bodenmassen war mit dem Beginn der flächenhaften Sanierung auf dem Standort im Jahr 2000 zu verzeichnen (Abb. 6.1): Die in den Jahren 2006, 2007 und 2009 in den Schadenszentren der ehemaligen Produktions-, Lager- und Abfalllagerbereiche (Areale 7, 8, 13, 14) durchgeführten massenintensiven Bodensanierungsmaßnahmen führten nicht nur zu einer deutlichen Erhöhung der zu entsorgenden Massen, sondern auch zu einer deutlichen Erhöhung des Anteils an verunreinigtem Bodenaushub (Abb. 6.1).

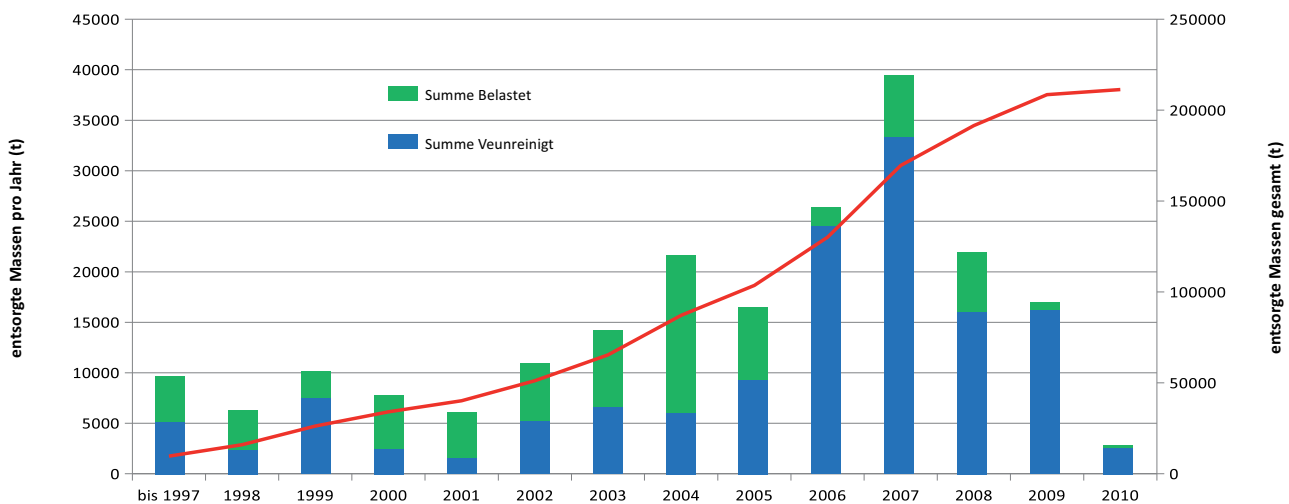


Abb. 6.1: Entsorgte Aushubmassen im Zeitraum 1997 bis 2010

Tab. 6.1: Entfernte Schadstoffe (je Sanierungsareal)

Areal	Produktionsbereiche	NA im Aushub (kg)	MNT-Anteil (%)	DNT-Anteil (%)	TNT-Anteil (%)	ADNT-Anteil (%)	kristalliner Sprengstoff (kg)
Areal 1	Siedlung Waldhof	99	26	62	8	4	
Areal 2 / WH 309	Tri-Nitrierung / Waschhaus	3.000	7	7	55	31	1.544
Areal 3	Tri-Nitrierung / Mono- und Di-Nitrierung	600	0	93	6	1	146
Areal 4	Füllstellen	keine Sanierung durchgeführt					
Areal 5	Füllstellen	2.000	0	0	90	10	15
Areal 6 / 6b	Säureaufbereitung	3.482	14	60	21	6	23
Areal 7	Tri-Nitrierung	1.413	0	0	80	19	4.628
Areal 8	Monowiese	21.717	69	12	12	7	
Areal 9 / WH 339	Tri-Nitrierung / Waschhaus	28.015	0	0	89	11	10.215
Areal 10	Pikrinsäureproduktion	28	0	14	65	20	
Areal 11	Abwasserbehandlung	120	41	42	9	8	8
Areal 12	Säureaufbereitung	769	2	3	73	22	
Areal 13	Abfalllagerung	45.073	19	9	59	13	
Areal 14 / 14a	Mono- und Di-Nitrierung / Waschhaus	8.768	13	32	39	16	1.482
Areal 15	Werkstätten und Magazine	1	2	1	58	39	
Areal 16	Spaltanlage	0	0	0	84	16	
Areal 17	Pikrinsäureproduktion	keine Sanierung durchgeführt					
WH 329	Tri-Nitrierung / Waschhaus	3.600	0	19	53	28	5.466
Bereich Q	Östliche Sprengstofflager	284	0	0	9	20	
Rohrbach Abs. 1	WAA bis Brunnen 37 und Kaskaden	1.174	19	76	2	3	
Kanal	gesamter Standort						285
Übrige Bereiche	Restflächen auf Rüstungsalstandort	109					36
<b>Summe</b>		<b>120.252</b>					<b>23.848</b>

Durch die Aushubmaßnahmen auf dem Standort konnten insgesamt rd. 120.000 kg (120 t) Nitroaromaten aus dem Boden entfernt werden (s. Tab. 6.1).

Explosionsfähiger kristalliner Sprengstoff wurde vor allem im Bereich der Rohrleitungstrassen und der ehemaligen Wasch-, Schmelz- und Gießhäuser

sowie im Bereich der Sprengstoffabscheider angetroffen. Die größte Menge kristallinen Sprengstoffs (10,2 t) wurde bei der Sanierung des ehemaligen Waschhauses 339 (Areal 9) vorgefunden. Die Gesamtmenge an geborgenem kristallinem Sprengstoff beläuft sich auf insgesamt rd. 24 t.

## 6.2 Bilanz Wasser

Seit dem Beginn der hydraulischen Sicherung im Jahr 1989 wurden bis Ende 2010 rd. 2,32 Mio. m<sup>3</sup> Grund- und Oberflächenwassergereinigt (1,0 Mio. m<sup>3</sup> bis Oktober 2003 und 1,32 Mio. m<sup>3</sup> von Oktober 2003 bis Ende 2010, vgl. Abb. 6.2). Dabei wurden rd. 5.220 kg Nitroaromaten aus dem Wasser entfernt.

Die im Jahr 2007 gegenüber den Vor- und Folgejahren deutlich erhöhten Mengen an entfernten Nitroaromaten begründen sich durch die im Jahr 2007 durchgeführte Sanierungsmaßnahme in Areal 8 (Monolager), bei der stark kontaminiertes Wasser aus der Baugrube der hydraulischen Sicherung zugeführt wurde.

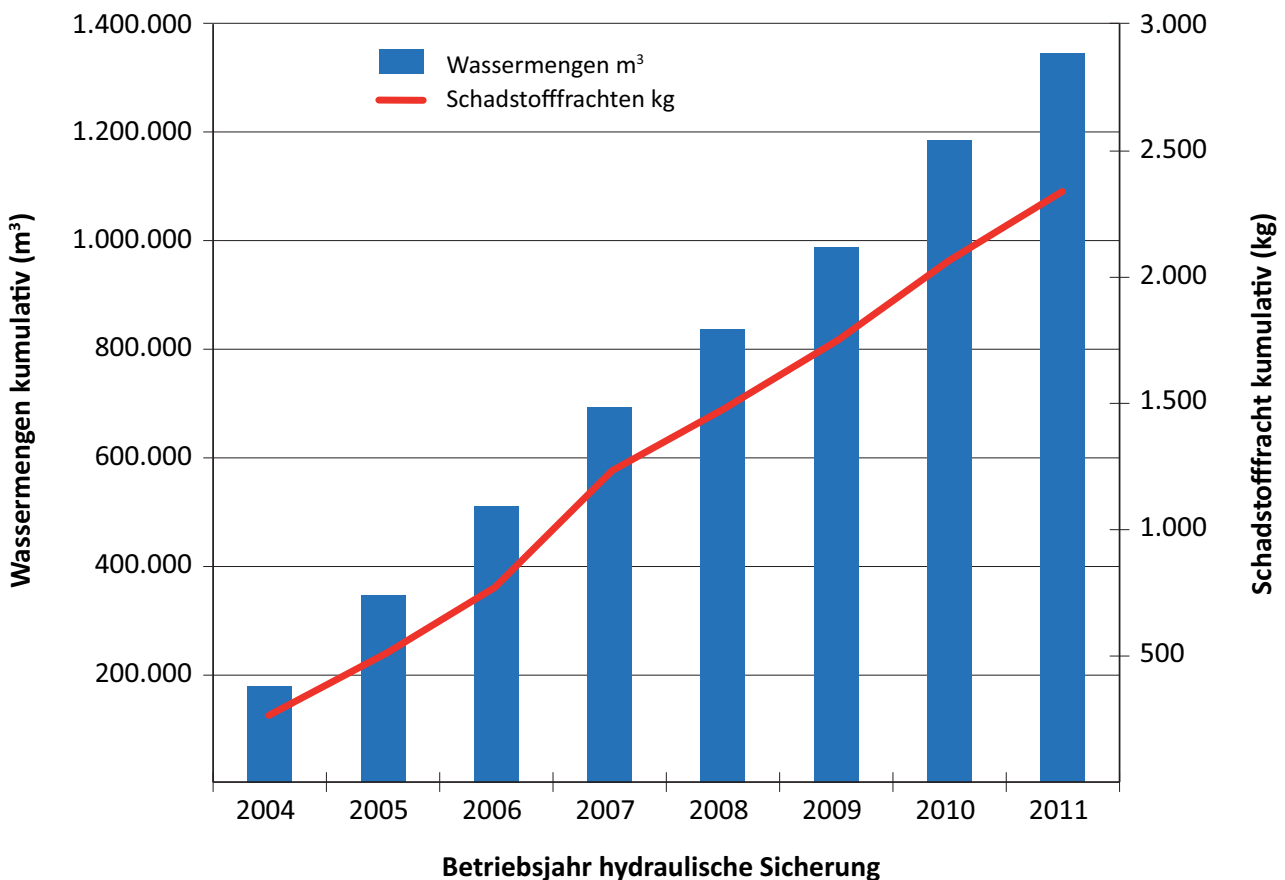


Abb. 6.2: Anlagendurchsatz und Menge der entfernten Schadstoffe im Zeitraum 2004 bis 2011

Die spezifischen Kosten für die Reinigung des kontaminierten Wassers in der hydraulischen Sicherung

betragen im Jahr 2010 rd. 2,40 €/m<sup>3</sup> und rd. 1.800 €/kg entfernte Nitroaromaten.

### 6.3 Bilanz Flächen

Das frühere Betriebsgelände des ehemaligen Sprengstoffwerks Hessisch Lichtenau-Hirschhagen umfasst eine Fläche von rd. 233 ha. Diese Fläche setzt sich aus rd. 445 Flurstücken zusammen, die durch Parzellierung nach Kriegsende entstanden sind. Eine genaue Zahl lässt sich hier nicht angeben, da im Rahmen des Grundstücksverkehrs auch aktuell noch Grundstücksverschmelzungen und/oder -teilungen stattfinden.

Nach Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen konnten rd. 70 % der Flurstücke ohne weitere Sanierungsmaßnahmen aus dem Altlastenverdacht entlassen werden (Abb. 6.3). Bezogen auf die zugeordneten Flurstücksflächen entspricht dies einem Anteil von rd. 55 % der Gesamtfläche oder etwa 129 ha (Abb. 6.4).

Die verbleibenden Flurstücke bzw. Flächen waren Sanierungsarealen zugeordnet. Hier erfolgte eine technische Sanierung (i.d.R. Bodenaustausch).

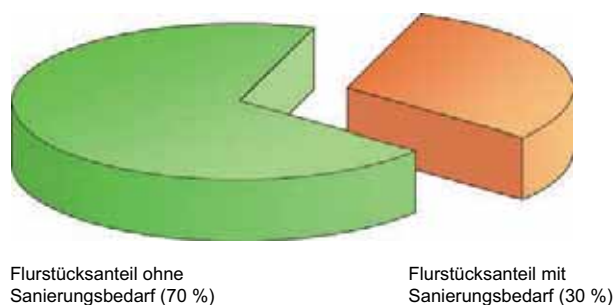


Abb. 6.3: Flurstücksbezogener Sanierungsbedarf

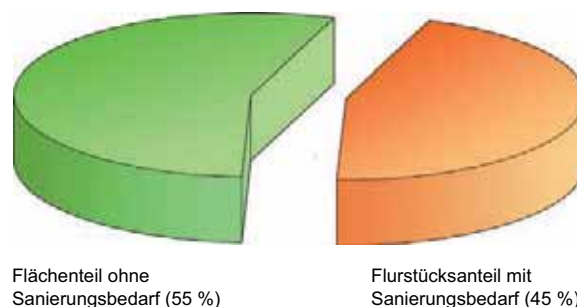


Abb. 6.4: Flächenbezogener Sanierungsbedarf

### 6.4 Kosten

Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen auf dem Standort wurden bereits seit Mitte der 1980er Jahre im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel durchgeführt. In diesen Zeitraum fielen erste Boden- und Grundwasseruntersuchungen, Stilllegungen von Trinkwasserbrunnen sowie der Bau und Betrieb einer ersten Wasseraufbereitungsanlage.

Die Kosten für die unter Leitung des Regierungspräsidiums Kassel seit Mitte der 1980er Jahre bis 1991 durchgeführten Maßnahmen betragen rd. 9,9 Mio. €.

Der nachfolgenden Abbildung (Abb. 6.5) liegen die Gesamtkosten seit der Übernahme der Sanierungsträgerschaft durch die HIM-ASG (ab 1992) sowie die jährlich bis zum Jahr 2010 angefallenen Projektkosten zugrunde. In den Kosten sind sämtliche projektbezogenen Aufwendungen für die Standortsanierung ohne die Verwaltungs- und Personalkosten der HIM-ASG enthalten.

Die Gesamtkosten für das Projekt beliefen sich bis Ende 2010 auf rd. 108,3 Mio. €. Zusätzlich zu den o.g. Aufwendungen wurden im Rahmen von For-

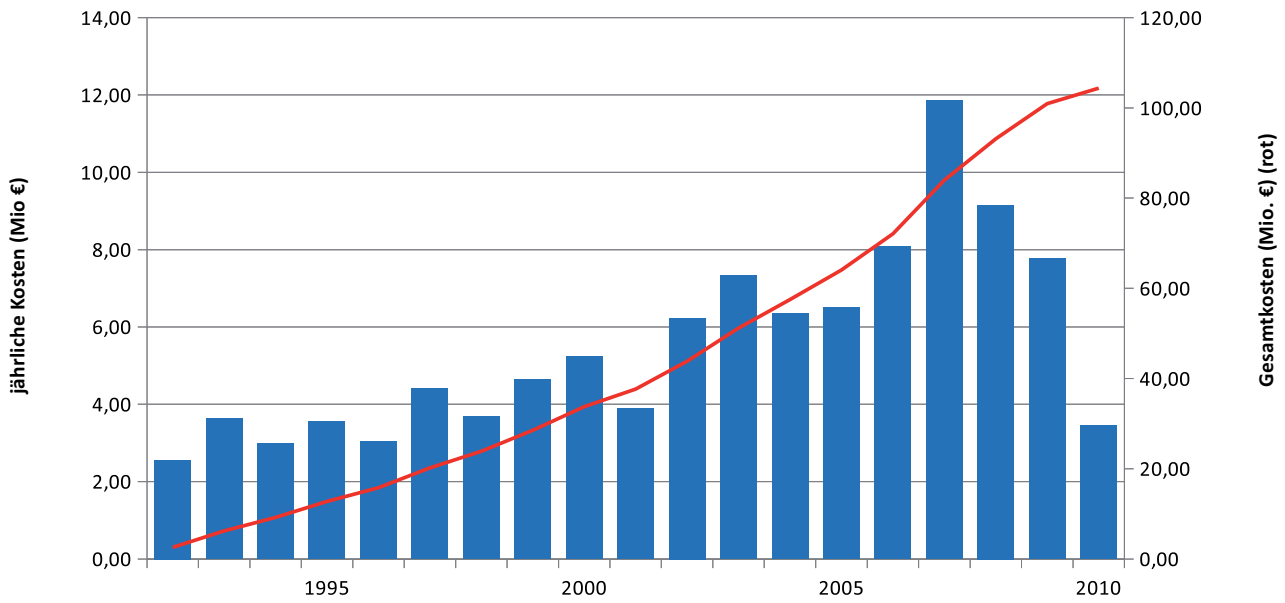


Abb. 6.5: Projektkosten im Zeitraum 1992 bis 2010

schungs- und Entwicklungsvorhaben rd. 1,82 Mio. € ausgegeben.

stufungs- und Bereitstellungslager, Wasseraufbereitungsanlage) deutlich an.

Mit Beginn der flächenhaften Sanierung des Standortes (ab 2000) stiegen die jährlichen Projektkosten in den Folgejahren durch die Zunahme der Sanierungsaktivitäten und die damit verbundenen Entsorgungsmaßnahmen und Bauaktivitäten (Ein-

Die massenintensiven Sanierungen der Areale 8 und 14 und die damit verbundenen Entsorgungskosten führten in den Jahren 2006 bis 2008 zu besonders hohen Jahreskosten.

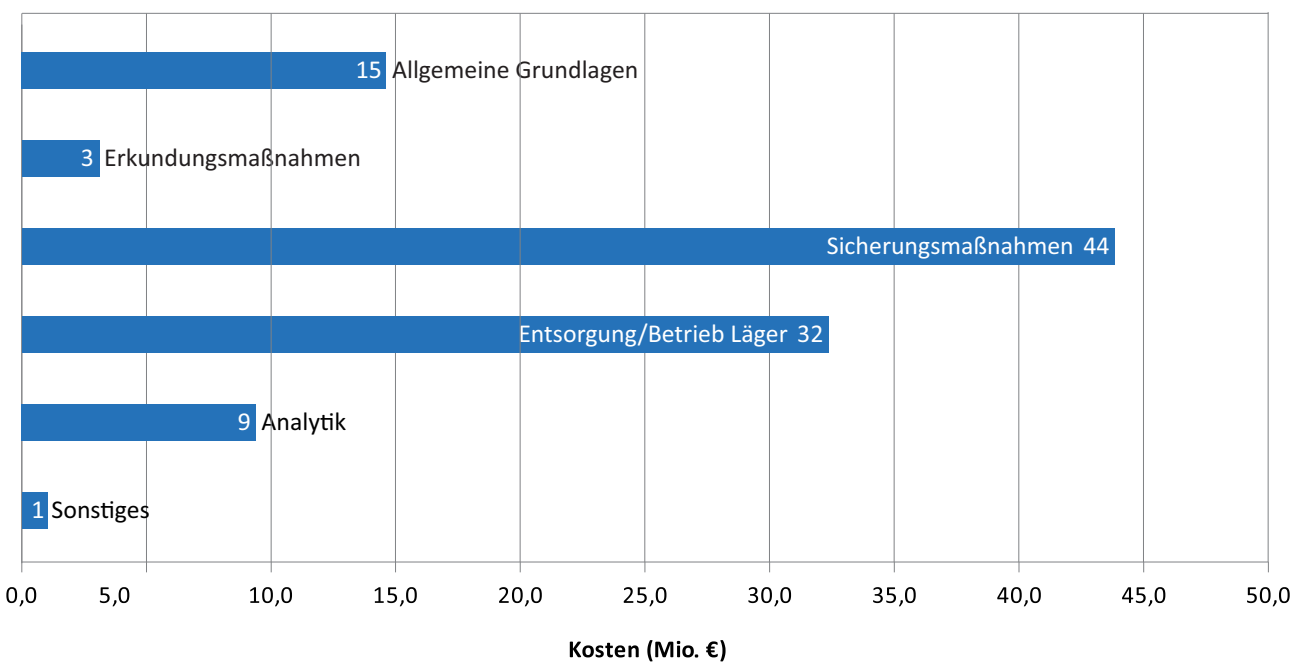


Abb. 6.6: Kostenaufteilung

In Abbildung 6.6 sind die Projektkosten zu den nachfolgend aufgeführten Kostenblöcken zusammengefasst und dargestellt.

- Allgemeine Grundlagen: Projektmanagement, Projektbüro, EDV, sonstige Ingenieurleistungen, Öffentlichkeitsarbeit / Bürgerbeteiligung
- Erkundungsmaßnahmen: modellhafte, flächenhafte, vertiefende Erkundung, Sanierungsuntersuchungen

- Sanierungsmaßnahmen: Bodensanierungsmaßnahmen, Betrieb hydraulische Sicherung und Wasseraufbereitungsanlage, Kanalerkundung und -sanierung, Arbeitssicherheit, Beweissicherung, Gebühren
- Entsorgung / Betrieb Lager: Entsorgungsmaßnahmen, Bau und Betrieb von Sonderabfallzwischenlager und Einstufungs- und Bereitstellungslager, Gebühren
- Analytik: Vor-Ort-Labor, sonstige Analytik
- Sonstiges

## 6.5 Ausblick

Die Bodensanierung des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen wurde im Jahr 2009 nach 17 Jahren abgeschlossen. Für die Sanierung hat das Land Hessen seit der Übertragung an die HIM-ASG im Jahr 1992 bis 2011 rd. 110 Mio. € bereitgestellt.

Damit konnte eine nutzungsbezogene Sanierung des Standortes erfolgreich durchgeführt sowie 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 die künftige Entwicklung des Standortes beseitigt.

Die in Boden, Kanälen und Bauwerken ermittelten Belastungen wurden entfernt oder gesichert, die damit verbundenen Gefährdungen beseitigt: 120 t Nitroaromaten wurden entfernt oder zerstört. 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. Für Eingriffe in den Boden in nicht sanierten Bereichen müssen allerdings bei Baumaßnahmen im Einzelfall auch weiterhin Bodenuntersuchungen durchgeführt und geeignete Entsorgungswege zugewiesen werden.

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

bereitet wird, wurde dazu schrittweise erweitert und optimiert. Sie wird auf absehbare Zeit weiter betrieben und sorgfältig überwacht werden.

Aus dem Leitbild, 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 17 Jahren Wirklichkeit geworden. Die wesentlichen Auswirkungen der Sprengstoffproduktion, Altlasten und Schadstoffe in Boden und Grundwasser, 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“.

Das Regierungspräsidium Kassel und die HIM-ASG werden auch künftig die erforderlichen Arbeiten veranlassen und durchführen; sie stehen als kompetente Ansprechpartner für die Akteure vor Ort zur Verfügung.

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 wurde und auch an die Notwendigkeit einer intensiven historischen Aufarbeitung, die vor dem Hintergrund der deutschen Geschichte einer besonderen Anstrengung bedarf.

## Bilanz und Ausblick: Das Wichtigste in Kürze

Die Bodensanierung des Rüstungsaltsandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen wurde im Jahr 2009 nach siebzehn Jahren abgeschlossen.

Die ermittelten Verunreinigungen von Boden und Kanälen sind entfernt oder gesichert, die damit verbundenen Gefährdungen beseitigt: 220.000 t Boden und Schleifschlamm wurden ausgehoben und damit rd. 120 t Nitroaromaten entfernt und zerstört. Daneben konnten rd. 24 t Sprengstoff (reines TNT) geborgen und unschädlich gemacht werden. Die nutzungsbezogene Strategie optimierte den Einsatz der Mittel und minimierte die Eingriffe auf ein notwendiges Maß.

Der Hauptbelastungsschwerpunkt Schleifschlammhalde ist beseitigt.

Über 50 km Kanäle wurden erkundet, ihre vielfach unbekannte Lage und ihr unbekannter Zustand sind erfasst. Sie wurden von Schadstoffen gereinigt und bei Bedarf stillgelegt.

Die Ressource Grundwasser wird durch die hydraulische Sicherung wirksam geschützt. Seit 1989 wurden ca. 2,32 Mio. m<sup>3</sup> Wasser gefördert und dabei 5.220 kg Nitroaromaten aus dem Wasser entfernt. Betrieb und Überwachung werden auch in Zukunft fortgesetzt.

Für die Sanierung sind seit 1992 bis 2011 ca. 110 Mio. € bereitgestellt worden. Neben dem Land Hessen beteiligte sich der Bund im Rahmen eines Forschungsvorhabens.



## Literatur

BRANS (2008) – Brans, Justus: Das Schadeinheitenmodell zur Identifikation und Bewertung von Standorten mit schädlichen Bodenveränderungen am Beispiel Industriepark Höchst, Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Band 50, Justus-Liebig-Universität Gießen 2008.

ESPELAGE (1994) – Espelage, Gregor: Friedland bei Hessisch Lichtenau – Band II, Geschichte der Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau, Hessisch Lichtenau 1994.

HEINE (2006) – Heine, Jörg: Muna Hirschhagen – Geschichte einer Sprengstofffabrik, St. Johann 2006 (Website).

KÖNIG, SCHNEIDER (1985) – König, Wolfram / Schneider, Ulrich: Sprengstoff aus Hirschhagen – Vergangenheit und Gegenwart einer Munitionsfabrik, Kassel 1985.

LAWA (2004) – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Düsseldorf Dezember 2004.

SCHNEIDER, KÖNIG (1988) – Schneider, Ulrich / König, Wolfram: Chemische Rüstungsaltpasten, in: Wolf / van den Brink / Colon (Hgg.): Altlastensanierung `88. TNO/BMFT-Kongress, 11.-15. April 1988, Hamburg.

SCHNEIDER (1990) – Schneider, Ulrich: Sanierung der Rüstungsaltpaste Hessisch Lichtenau-Hirschhagen, Dokumentation im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt und Reaktorsicherheit, Wiesbaden 1990.

SCHNEIDER (1992) – Schneider, Ulrich: Projektmanagement am Beispiel des Rüstungsaltpastensandes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen, in: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Expertengespräch Rüstungsaltpasten, 1. und 2. September 1992 in Marburg, Tagungsband.

OEHL (2006) – Oehl, Hanna: Entstehung und Sanierung der Rüstungsaltpasten in Hirschhagen, Hessisch Lichtenau 2006 (Website).

SCHMIDT (1991) – Schmidt, B.: Stratigraphie und Tektonik der Umgebung von Hessisch Lichtenau-Hirschhagen (Nordhessen), Blatt Nr. 4724 Großalmerode, Geol. Abh. Hessen 94, Wiesbaden 1991.

FOBIG (1993) – Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG): Toxikologische Bewertung der Rüstungsaltpaste Hirschhagen, Hessisch Lichtenau, Freiburg 1993.

SCHNEIDER (1996) – Schneider, Ulrich: Sanierung der Rüstungsaltpastensandes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen, in: Pflugradt/Bloser (Hrsg.): Sanierung bewohnter Altlasten. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 88, Berlin 1996.

SCHNEIDER, WEINGRAN, WOLF (1996) – Schneider, Ulrich / Weingran, Christian / Wolf, Michael: Einstieg in die Bodensanierung an den hessischen Rüstungsaltpastensandes, in: TerraTech 2/96, S. 40–43, 1996.

Hygiene-Institut des Ruhrgebiets (1975): Kontamination durch TNT-Halden im Raum Hessisch Lichtenau-Helsa, Stellungnahme zu Fragen der Gefährdung und Aufbereitung des Trinkwassers, Gelsenkirchen, Dir.Tgb.-Nr. A 1456/75, 11.09.1975.

Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (1994): Kriterien und Konzentrationsvorschläge zur gesundheitlichen Bewertung von 35 Sprengstofftypischen Verbindungen und Abbauprodukten in Böden und Trinkwasser, Berlin (WaBoLu-Hefte 7/1994).

Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV), StAnz. 45/2005, S. 4243 (neu in Kraft gesetzt in 02/2011, StAnz. 10/2011, S. 475).

## Autorinnen und Autoren

Reinhard Bodack (Kap. 1.3), Dr. Paul Brinkmann (Kap. 2.1), Wolf von Bültzingslöwen (Kap. 3.2), Mustafa Dönmez (Kap. 1.1), Oliver Hamann (Kap. 3.1), Franz-Josef Hund (Kap. 2.2), Jörg Kammann (Kap. 2.2, 2.3, 4.1, 5.1 bis 5.7, 6), Dr. Bernd Leßmann (Kap. 2.1), Gerd Nickel (Kap. 4.2, 6), Karin Nölker (Kap. 3.2), Birgit Schmitt-Biegel (Kap. 1.2), Christian Weingran (Kap. 6)

## Impressum

Boden gut gemacht – Die Sanierung der ehemaligen Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau

### Herausgeber

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
unter Mitwirkung der HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung - HIM-ASG -

### Konzept, Zusammenstellung und Redaktion

Christian Weingran, Georg Mösbauer

### Textkorrektur, Layout, Satz

ahu AG, Aachen

### Druck

DCM – Druckcenter Meckenheim

### Abbildungen

HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung - HIM-ASG -, sofern nicht gesondert gekennzeichnet

### Bezugsquelle

HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung - HIM-ASG -, Waldstraße 11, 64584 Biebesheim

Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autorinnen und Autoren.

**Wiesbaden, 2013**



HESSEN



Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden

[www.hmuelv.hessen.de](http://www.hmuelv.hessen.de)

**HIM**

member of **INDAVER** Group

HIM GmbH  
Bereich Altlastensanierung - HIM-ASG -

Waldstraße 11  
64584 Biebesheim

[www.him.de](http://www.him.de)  
[www.him-asg.de](http://www.him-asg.de)