

Leitfaden
zur Bearbeitung
altlastverdächtiger Rüstungsstandorte
in Baden-Württemberg

- Entwurf -

Stand: 11.01.1994

10. FEB. 1994

Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Inventar-Nr.: 94/058, E 1.2x

Impressum

Herausgeber: Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Griesbachstraße 1
76185 Karlsruhe

Koordination und
Schriftleitung: Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Abteilung Boden, Abfall, Altlasten
Referat 53 Altlastenbewertung

Bearbeitung: PGBU Planungsgesellschaft Boden & Umwelt mbH
Friedrich-Ebert-Straße 33
34117 Kassel
Projektleitung: Dipl.-Ing. Johannes Köppler

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1. Einführung in die Problematik
 - 1.1 Begriffsbestimmung
 - 1.2 Besondere Merkmale und das Gefährdungspotential von Rüstungsalftlasten
 - 1.3 Bundesweite Erfahrungen
 - 1.4 Problemumfang/Situation Rüstungsalftlasten in Baden-Württemberg
 - 1.5 Stand der Erfassung und Bearbeitung

2. Die stufenweise Bearbeitung von Rüstungsalftstandorten
 - 2.1 Methodisches Vorgehen
 - 2.2 Historische Vorerkundung
 - 2.2.1 Sofortmaßnahmen
 - 2.3 Historische Erkundung
 - 2.4 Technische Erkundung
 - 2.4.1 Orientierende Erkundung
 - 2.4.2 Nähere Erkundung
 - 2.4.3 Eingehende Erkundung/Sanierungsvorplanung

3. Anhang
 - Anhang A: Beschreibung relevanter Typen von Produktionsstätten in Baden-Württemberg
 - Anhang B: Rüstungsalftlastspezifische Schadstoffe
 - Anhang C: Literaturhinweise

Einleitung

Die von Rüstungsaltplasten ausgehenden Gefahren für Mensch und Umwelt sind in der Vergangenheit nur wenig beachtet worden. Die erste systematische Untersuchung einer Rüstungsaltplast erfolgte 1985 im Auftrag des Landes Hessen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden grundlegende Methoden entwickelt und erprobt, die eine umfassende, effektive und kostengünstige Gefährdungsabschätzung von Rüstungsaltplasten ermöglichen.

In Baden-Württemberg wurde 1990/91 eine Historische Vorerkundung der bis dahin erhobenen altplastverdächtigen Rüstungsstandorte durchgeführt und der Handlungsbedarf für weitergehende Untersuchungsmaßnahmen ermittelt.

Der vorliegende Leitfaden soll einen Überblick über die spezifische Problematik vermitteln, als Arbeitshilfe bei der weiteren Untersuchung der einzelnen Standorte dienen und damit einen Beitrag zur Bewältigung der Rüstungsaltplastenproblematik in Baden-Württemberg leisten. In Ergänzung dazu wird auf die weiteren Arbeitsmaterialien zur Altplastbearbeitung - orange Ordner - hingewiesen.

1. Einführung in die Problematik

1.1 Begriffsbestimmung

Der Begriff "altplastverdächtige Rüstungsstandorte" kennzeichnet in erster Linie ehemalige Betriebsstandorte bzw. militärische Anlagen, die der Herstellung, Verarbeitung, Lagerung und Vernichtung von Sprengstoffen, Pulver, Kampfstoffen und Munition gedient haben.

In der Bundesrepublik existiert bislang keine einheitliche Definition des Begriffes Rüstungsaltplasten.

Die Bundesregierung hat in der Beantwortung einer großen Anfrage der Fraktion "DIE GRÜNEN" 1990 Rüstungsaltplasten folgendermaßen definiert:¹

Rüstungsaltplasten sind alle Boden-, Wasser- und Luftverunreinigungen durch

- chemische Kampfstoffe,
- Sprengstoffe
- Brand-, Nebel- und Rauchstoffe,

¹ Bundestagsdrucksache 11/6972 von 26.04.1990

- Treibmittel,
- Chemikalien, die den Kampfstoffen zur Erreichen taktischer Erfordernisse zugesetzt wurden,
- produktionsbedingte Vor- und Abfallprodukte sowie die
- Rückstände aus der Vernichtung konventioneller und chemischer Kampfmittel.

Demzufolge werden von der Bundesregierung als Verdachtsflächen eingestuft:

- ehemalige Produktionsstätten,
- Munitionslagerstätten
- Entschärfungsstellen
- Spreng- und Schießplätze
- Delaborierungswerke und
- Zwischen- und Endablagerungsstätten.

Das Land Baden-Württemberg hat diese Definition der Bearbeitung von Rüstungsaltslasten zugrunde gelegt.

In Anlehnung an den Begriff "Altstandorte" für kontaminationsverdächtige Betriebsgelände wird im folgenden der Begriff "Rüstungsaltsstandorte" für Verdachtsflächen der Rüstungsproduktion verwendet.

1.2 Besondere Merkmale und Gefährdungspotential von Rüstungsaltslasten

Generell unterscheiden sich Rüstungsaltslasten nicht von anderen kontaminierten Betriebsflächen, auf denen mit wasser- und bodengefährdenden Stoffen umgegangen wurde. Das Gefährdungspotential ist jedoch besonders hoch einzustufen, weil

- der Aufbau der Werke und die Produktion vielfach unter Kriegsbedingungen erfolgte und die Produktion grundsätzlich Vorrang vor Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und der Umwelt hatte,
- die Anlagen der Explosivstoffherstellung und -verarbeitung aus Sicherheits- und Tarnungsgründen sehr weiträumig angelegt wurden und innerhalb der bis zu mehreren Quadratkilometer großen Werksanlagen produktionsbedingt sehr unterschiedliche Schadstoffbelastungen vorliegen können,
- Produktionsanlagen teilweise vor der endgültigen Fertigstellung der notwendigen Entsorgungseinrichtungen in Betrieb genommen wurden, sofern nicht von vornherein ganz auf eine ordnungsgemäße Entsorgung der Reststoffe verzichtet wurde,

- Produktionsabfälle und Reststoffe innerhalb oder in der Nähe des Werksgeländes auf ungesicherten Halden deponiert oder auf Brandplätzen verbrannt wurden,
- infolge des hohen Wasserbedarfs bei der Explosivstoffherstellung große Mengen stark verunreinigter Abwässer entstanden, die in Vorfluter eingeleitet, auf dem Werksgelände versickert oder über sog. Schluckbrunnen in den Untergrund versenkt wurden,
- produktionsbedingte Störfälle und Explosionen, das Ablassen gefährlicher Produktionsstoffe vor Bombenangriffen sowie die Zerstörung von Werksanlagen durch Bombardierungen zur unkontrollierten Freisetzung von Schadstoffen in die Umwelt führten,
- die Werksanlagen in den Nachkriegszeiten von den Alliierten nicht fachgerecht demontiert wurden und unbrauchbare Chemikalienrückstände an Ort und Stelle verblieben oder auf Halden verbracht wurden,
- verschiedene Werksanlagen nach dem 1. und 2. Weltkrieg zur Sammlung und Zerlegung von Munition sowie der Rückgewinnung oder Vernichtung von Spreng- oder Kampfstoffen genutzt wurden,
- verschiedene ehem. Rüstungsfabriken zu Wohn- und/oder Gewerbegebieten umgenutzt wurden und bei Baumaßnahmen z.T. erhebliche Schadstoffverlagerungen stattgefunden haben. Darüber hinaus werden ehemalige werkseigene Brunnen heute an verschiedenen Standorten zur Trinkwassergewinnung genutzt.

Zahlreiche Untersuchungen von Rüstungsaltsstandorten in der BRD haben gezeigt, daß aufgrund der oben beschriebenen Praxis z.T. mit massiven Umweltschäden gerechnet werden muß. Dies gilt gleichermaßen für Standorte aus der Zeit des 1. und des 2. Weltkrieges.

1.3 Bundesweite Erfahrungen

In den einzelnen Bundesländern bestehen erhebliche Unterschiede bei der Bewertung und Bearbeitung der Rüstungsaltslasten sowie der Erfassung von Verdachtsflächen.

Die bundesweit ersten Untersuchungen von Rüstungsaltslasten erfolgten ab 1985 in Hessen an den Standorten Hessisch Lichtenau und Stadtallendorf. An diesen Standorten existierten im 2. Weltkrieg große Sprengstofffabriken zur Herstellung von Trinitrotoluol (TNT), dem gebräuchlichsten militärischen Sprengstoff.

Aufgrund der Durchführung von Untersuchungsmaßnahmen an weiteren Standorten der Sprengstoffproduktion liegen derzeit für diesen Bereich die meisten Erfahrungen vor. Dabei erstrecken sich diese Untersuchungen mittlerweile auch auf Standorte, die seit Ende des vorigen Jahrhunderts und während des ersten Weltkrieges betrieben wurden; so z.B.

Sprengstoffwerke in Leverkusen (Nordrhein-Westfalen), Hallschlag (Rheinland-Pfalz) und Geesthacht (Schleswig-Holstein).

Neben den Standorten der Sprengstoffproduktion wurden Untersuchungen auch an anderen Standorten durchgeführt, so z.B.

- Pulverfabriken in Dörverden und Liebenau (beide Niedersachsen),
- Fertigungsstätten für zivile und militärische Zünder in Empelde (Niedersachsen) und Leverkusen (Nordrhein-Westfalen),
- Munitionsfabriken in Lübeck (Schleswig-Holstein) und Herzberg (Niedersachsen),
- Delaborierungswerke zum Entschärfen, Zerlegen und Entladen von Munition in Hallschlag (Rheinland-Pfalz) und Grauer-Ort (Niedersachsen).

Bei diesen Untersuchungen wurden wiederholt Chemikalien, wie Nitroaromate, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle im Boden und Grundwasser festgestellt, die aufgrund ihrer Eigenschaften eine Gefahr für Menschen und Umwelt darstellen. Das besondere stoffspezifische Gefährdungspotential der Rüstungsaltslasten resultiert daraus, daß es sich bei den in der Rüstungsproduktion verwendeten Stoffen größtenteils um giftige Chemikalien mit z.T. krebserregenden und erbgutverändernden Eigenschaften handelt. Dies gilt sowohl für die hergestellten Produkte und die in der Herstellung angefallenen Zwischen- und Abfallprodukte als auch für die im Laufe der Zeit entstandenen Umwandlungs- und Abbauprodukte.

Über die ökochemischen Eigenschaften und das umweltchemische Verhalten dieser Substanzen liegen unterschiedliche Kenntnisse vor. Bedingt durch zahlreiche Untersuchungen von TNT-Produktionsstätten in den letzten 8 Jahren ist der Kenntnisstand über diese aromatische Nitroverbindung als relativ umfangreich einzuschätzen. In bezug auf die Ester der Salpetersäure (z.B. Nitroglycerin) und die Nitroamine (z.B. Hexogen, Tetryl) liegen dagegen weniger Erkenntnisse vor.

Auch zur Bewertung von Explosivstoffen aus humantoxikologischer Sicht liegen erst wenige Gutachten und Stellungnahmen darüber vor, welche Schadstoffgehalte in Boden und Trinkwasser toleriert werden können.

Die an einzelnen Rüstungsaltsstandorten begonnenen Untersuchungsmaßnahmen zeigen immer wieder, wie komplex die Rüstungsaltslastenproblematik ist. Dies gilt für die ökochemischen Eigenschaften und das umweltchemische Verhalten von Explosivstoffen ebenso

wie für humantoxikologische Aspekte. Gleiches gilt auch für die Ausarbeitung von Sanierungsstrategien.

1.4 Problemumfang/Situation Rüstungsaltslasten in Baden-Württemberg

Ergebnisse einer systematischen Erhebung von Rüstungsaltsstandorten liegen bislang für Baden-Württemberg nicht vor. Eine erste, unvollständige Liste mit ca. 320 Verdachtsflächen wurde im Verlauf der ersten Stufe einer historischen Vorerkundung zusammengestellt.

Darüber hinaus werden derzeit verschiedene Maßnahmen durchgeführt, die in der Konsequenz auf eine landesweite Erhebung der Rüstungsaltsstandorte in Baden-Württemberg hinauslaufen.

Zum einen wurden im Rahmen einer gesonderten, vom Bundesumweltministerium in Auftrag gegebenen Erhebung Rüstungsaltsstandorte bundesweit erhoben. Zum anderen werden in Baden-Württemberg landesweit sämtliche altlastverdächtige Flächen erhoben, die auch Rüstungsaltsstandorte beinhalten können.

Vor dem Hintergrund dieser laufenden Arbeiten können Qualität als auch Umfang der Rüstungsaltslastenproblematik für Baden-Württemberg nur vorläufig beschrieben werden. Aufgrund der im Verlauf der historischen Vorerkundung gesammelten Erfahrungen ist es möglich,

- typische Arten von Rüstungsaltsstandorten zu benennen, die in Baden-Württemberg häufig vorkommen,
- Standorte auszusondern, die im Sinne der Definition Rüstungsaltslasten nicht relevant sind und die ggf. im Rahmen der allgemeinen Altlastenbearbeitung bzw. Industrieüberwachung oder der Kampfmittelbeseitigung weiter zu bearbeiten sind,
- die Überlagerung oder zeitliche Abfolge unterschiedlicher Nutzungen für einzelne Rüstungsaltsstandorte zu erkennen,
- zu zeigen, wie und in welchem Ausmaß heutige Nutzungen durch potentielle Rüstungsaltslasten gefährdet sind.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind für Baden-Württemberg u.a. folgende Arten von Rüstungsaltsstandorten von Bedeutung:

- Pulverfabriken zur Herstellung von Treibladungspulver,
- Fabriken, in denen Brisanzsprengstoffe hergestellt oder weiterverarbeitet bzw. Initialsprengstoffe produziert und verarbeitet wurden,
- Munitionsfabriken und staatliche Munitionsanstalten zur Fertigung von Munition, einschließlich der Abfüllung von Explosivstoffen in Munitionshülsen,
- Fabriken zur Fertigung militärischer und ziviler Zünder,
- Pyrotechnische Fabriken zur Herstellung pyrotechnischer Artikel,
- Delaborierungswerke zum Entschärfen, Zerlegen und Entladen von Munition,
- Flächen zur Ablagerung, Entschärfung, Sprengung von Munition,
- Erprobungsflächen für Waffen und Munition (Schießplätze, Testgelände),
- Chemische Fabriken, die im Verdacht stehen, chemische Kampfstoffe produziert zu haben.

Eine Durchsicht der bislang vorliegenden Listen der Rüstungsaltsstandorte zeigt, daß in Baden-Württemberg nach derzeitigem Kenntnisstand folgende Arten vorherrschen:

- Fabriken zur Herstellung militärischer und ziviler Zünder,
- Pyrotechnische Fabriken,
- Pulverfabriken,
- Fertigungsstätten für kleinkalibrige Munition,
- Munitionsanstalten.

Weiterhin wurde im Verlauf der historischen Vorerkundung an 54 Standorten festgestellt, daß an einzelnen Standorten verschiedene relevante Nutzungen gleichzeitig, zeitlich aufeinander folgend oder in Kombination mit Nutzungen, die im Sinne der Definition Rüstungsaltsstandorte nicht relevant sind, auftreten können.

Das betrifft z.B.

- Fertigungsstätten, in denen gleichzeitig Pulver produziert und (angelieferte) Sprengstoffe weiterverarbeitet wurden,
- Flächen, die vor 1945 als Munitionsanstalt oder Munitionslager und nach dem 2. Weltkrieg als Delaborierungswerke oder Munitionsvernichtungsstellen genutzt wurden,
- Fertigungsstätten, die erst in Kriegszeiten auf die Produktion von Kampfmitteln umgestellt wurden. Dies gilt insbesondere für Betriebe der Textil- und Metallindustrie, deren

Fertigung vor allem im ersten Weltkrieg im Rahmen staatlich gelenkter Rüstungsprogramme auf Rüstungsfertigung umgestellt wurde.

In diesem Zusammenhang wird auf den Anhang verwiesen, der Beschreibungen verschiedener Arten von Rüstungsalstandorten enthält, die in Baden-Württemberg vorherrschen. Neben einem Kurzaufriß der wesentlichen Produktionsabläufe sind u.a. typische Kontaminationsschwerpunkte und das jeweilige Schadstoffinventar dargestellt.

Als nicht relevant im Sinne der Definition Rüstungsallasten sind z.B. folgende Standorte einzustufen:

- Munitionshülsenfabriken, d.h. Fertigungsstätten der Metallverarbeitung, für die eine potentielle Umweltbelastung durch eine frühere chemische Rüstungsproduktion nicht zu erwarten ist,
- Sonstige Betriebe ohne chemische Rüstungsproduktion,
- Chemische Fabriken, die nur in geringem Umfang für die Rüstung produzierten.

Weiter zeigen die Ergebnisse der historischen Vorerkundung für die einzelnen untersuchten Standorte, wie und in welchem Ausmaß aktuelle Nutzungen durch mögliche Rüstungsallasten gefährdet sind. Dies betrifft insbesondere folgende Nutzungen:

- Wohngebiete,
- durch soziale Infrastruktureinrichtungen genutzte Standorte (z.B. Jugenddorf, Jugendherberge, Kindertagesstätte, Kinderspielplatz),
- gewerbliche und industriell genutzte Standorte,
- land- und forstwirtschaftlich genutzte Standorte,
- Nutzung von Standorten durch alliierte oder deutsche Streitkräfte.

Darüber hinaus befinden sich zahlreiche Standorte im Einzugsbereich von Trinkwassergewinnungsanlagen, so daß dort Trinkwasserverunreinigungen durch Schadstoffe aus der Rüstungsproduktion nicht ausgeschlossen werden können.

2. Die stufenweise Bearbeitung von Rüstungsaltsstandorten

2.1 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen zur Untersuchung von Rüstungsaltsstandorten erfolgt prinzipiell analog dem Ablaufschema zur stufenweisen Erkundung und Bewertung altlastverdächtiger Flächen in Baden-Württemberg (vgl. Altlasten-Handbuch Baden-Württemberg, Teil I "Altlasten-Bewertung", Stuttgart 1988).

Grundsätzlich empfiehlt sich auch bei der Bearbeitung von Rüstungsaltsstandorten ein schrittweises Vorgehen anhand der Untersuchungsphasen (vgl. Abbildung 1):

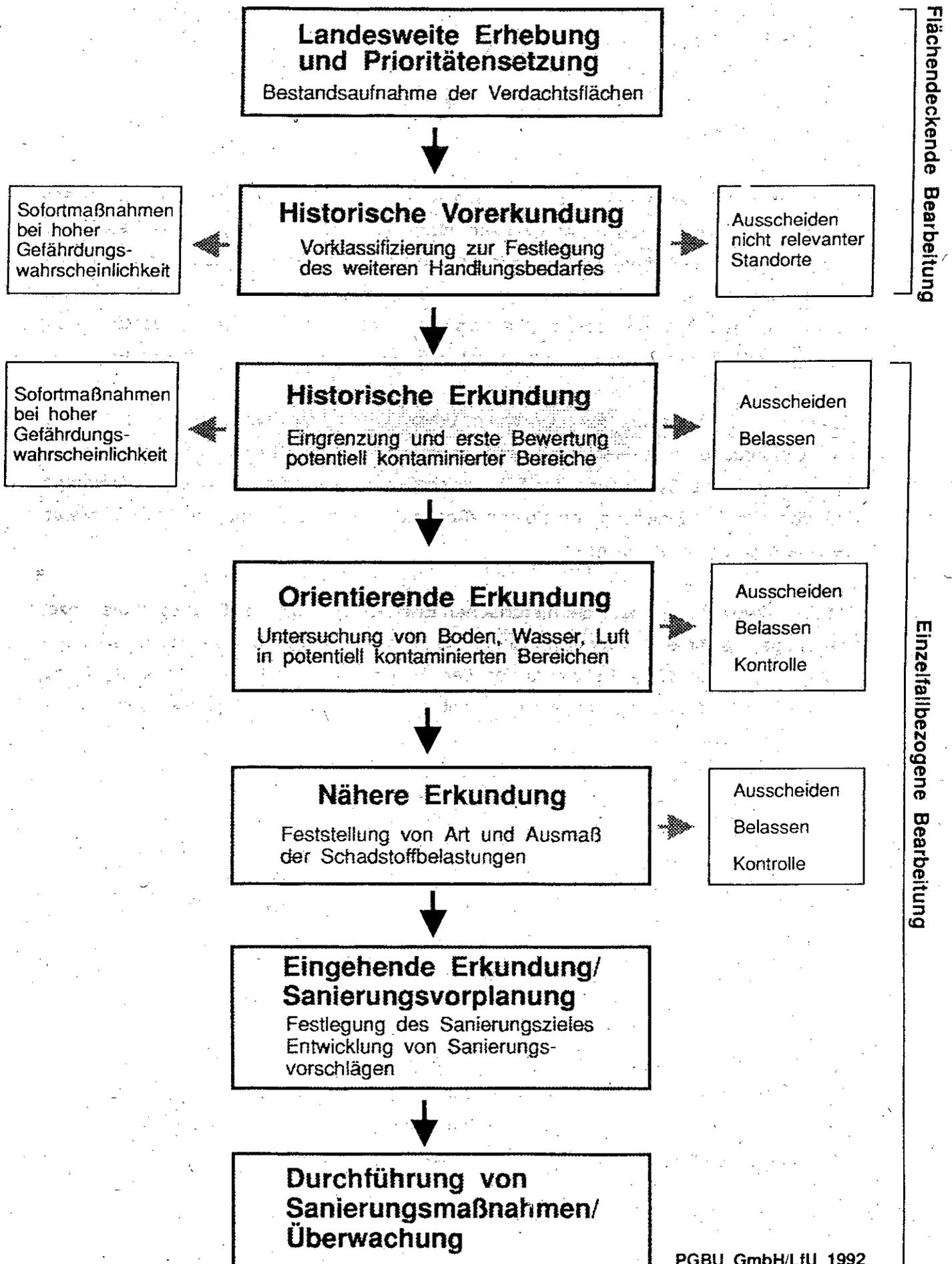
- Landesweite Erhebung
- Historische Vorerkundung
- Historische Erkundung
- Orientierende Erkundung
- Nähere Erkundung
- Eingehende Erkundung/Sanierungsvorplanung
- Sanierung/Sicherung.

Wesentlich für eine umfassende, problemgerechte und handhabbare Bearbeitung der Rüstungsaltslastenproblematik in allen Untersuchungsphasen ist ein systematisches Vorgehen und die Festlegung von Bearbeitungsprioritäten, um die vordringlichen Fälle vorrangig zu erkunden und einen effektiven Einsatz der erforderlichen finanziellen Mittel zu gewährleisten.

Im Rahmen einer landesweiten Bestandsaufnahme werden derzeit flächendeckend sämtliche altlastverdächtige Rüstungsstandorte erhoben, um einen Überblick über den Gesamtumfang möglicher Rüstungsaltslasten in Baden-Württemberg zu erhalten. Wesentliche Grundlagen dieser Bestandsaufnahme stellen die Ergebnisse der bundesweiten Erfassung und die im Rahmen der historischen Vorerkundung erhobenen ca. 320 Verdachtsflächen dar. Nach einer groben Unterscheidung anhand der ehemaligen rüstungsbedingten Nutzung sollen erste Prioritäten für die weitere Bearbeitung festgelegt werden.

Die in der Bestandsaufnahme ermittelten standortbezogenen Informationen sind jedoch i.d.R. für eine Festlegung des Handlungsbedarfs im Hinblick auf die historische Erkundung einzelner Standorte zu unpräzise und ermöglichen keine Unterscheidung zwischen relevanten und irrelevanten Standorten.

Ablaufschema der stufenweisen Bearbeitung von Rüstungsaltlasten in Baden-Württemberg



Daher wurde vor dem Einstieg in die einzelfallbezogene Bearbeitung von Rüstungsaltstandorten zusätzlich das Instrument der **historischen Vorerkundung** entwickelt und in den Untersuchungsablauf integriert. Sie dient dem Ziel, Bearbeitungsprioritäten festzulegen, vergleichbar der Vorklassifizierung ziviler Altstandorte im Rahmen der landesweiten Erhebung.

Im Rahmen der historischen Vorerkundung wird eine größere Anzahl von Rüstungsaltstandorten parallel bearbeitet. Anhand von Informationen aus überregionalen Recherchen werden irrelevante Standorte ausgeschieden und die relevanten Rüstungsaltstandorte einer vergleichenden Beurteilung zur Festlegung von Bearbeitungsprioritäten unterzogen. Dies ist notwendig, da für Rüstungsaltstandorte bislang keine branchentypische Inventarisierung analog des Branchenkataloges zur historischen Erhebung von Altstandorten existiert.

Sofern nach Durchführung der historischen Vorerkundung konkrete Verdachtsmomente für eine Gefährdung von Bewohnern bzw. Nutzern durch Schadstoffe aus der Rüstungsproduktion bzw. eine Gefährdung der Trinkwasserversorgung vorliegen, wird aus Vorsorgegründen über die Einleitung von Sofortmaßnahmen (gezielte Oberboden- bzw. Trinkwasseruntersuchungen) entschieden.

Mit der Untersuchungsphase der **historischen Erkundung** erfolgt der Einstieg in die einzelfallbezogene Bearbeitung von Standorten. Die historische Erkundung beinhaltet die systematische und detaillierte Rekonstruktion der Werksanlagen und Produktionsabläufe zur Eingrenzung und einer ersten Bewertung potentiell kontaminierter Bereiche (ohne Probenahme). Auch nach Durchführung der historischen Erkundung kann die Einleitung von Sofortmaßnahmen aus den o.g. Gründen notwendig sein, sofern die orientierende Erkundung nicht unmittelbar im Anschluß an die historische Erkundung durchgeführt wird.

In der Phase der **orientierenden Erkundung** werden die zuvor ermittelten potentiell kontaminierten Bereiche mittels Boden-, Wasser- und ggf. Bodenluftproben gezielt auf die relevanten Schadstoffe untersucht. Sofern dabei relevante Schadstoffgehalte festgestellt werden, ist die **nähere Erkundung** des Standortes notwendig, um detailliert Art. und räumliches Ausmaß der Schadstoffbelastungen sowie die Sanierungsnotwendigkeit zu ermitteln.

Sollte in den potentiell kontaminierten Bereichen keine Schadstoffbelastungen festgestellt werden, handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht um eine Altlast. Voraussetzung dafür ist jedoch die umfassende Durchführung der historischen Erkundung unter Berücksichtigung sämtlicher in Frage kommenden Informationsquellen.

Die eingehende Erkundung/Sanierungsvorplanung dient der Festlegung der Sanierungsziele, des notwendigen Sanierungsumfangs und der Entwicklung geeigneter Sanierungs- und Sicherheitsvorschläge. Darüber hinaus können aufgrund des spezifischen Schadstoffinventars von Rüstungsaltslasten zusätzliche Recherchen zu Schadstoffeigenschaften erforderlich sein.

In den folgenden Kapiteln wird die Durchführung der einzelnen Untersuchungsphasen - unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Rüstungsaltsstandorten - detailliert beschrieben.

2.2 Historische Vorerkundung

Die historische Vorerkundung ist eine spezielle Untersuchungsphase der Altlastenerkundung in Baden-Württemberg, die ausschließlich bei der Bearbeitung von Rüstungsaltsstandorten angewendet werden soll.

Die Planungsgesellschaft Boden und Umwelt mbH (PGBU) hat im Auftrag des Landes Baden-Württemberg 1990/91 erstmalig eine historische Vorerkundung für 54 altlastverdächtige Rüstungsstandorte durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den "Umweltdaten 91/92" des Landes veröffentlicht.²

Zu den Verdachtsflächen lagen aus der Erhebung des Landes i.d.R. nur wenige, meist ungesicherte Informationen vor, die eine qualifizierte Festlegung des Handlungsbedarfs für die weitere Erkundung der einzelnen Standorte nicht ermöglichen.

Für zahlreiche Standorte ist daher zu klären, ob es sich tatsächlich um potentielle Rüstungsaltslasten handelt. So muß beispielsweise für Munitionshülsenfabriken geprüft werden, ob dort mit Sprengstoffen und Pulvern umgegangen wurde. Da eine detaillierte historische Erkundung sämtlicher Standorte zur Klärung dieser Fragen und zur Festlegung von Bearbeitungs-prioritäten mit hohem Zeit- und Finanzbedarf verbunden wäre, wurde die kostengünstigere Untersuchungsphase der historischen Vorerkundung entwickelt.

Kennzeichnend für die historische Vorerkundung ist die parallele Bearbeitung von Verdachtsflächen, die zentral durchgeführt und vom Umweltministerium bzw. der Landesanstalt für Umweltschutz in Auftrag gegeben wird.

² Umweltdaten 91/92. Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.). Karlsruhe 1992.

Die historische Vorerkundung stellt das Bindeglied dar zwischen der landesweiten Erhebung sowie der einzelfallbezogenen Bearbeitung, beginnend mit der historischen Erkundung von Standorten. Die historische Vorerkundung dient dem Ziel, neben der Lokalisierung der Verdachtsflächen auf der Basis gesicherter Informationen aus Archiven und weiteren Quellen

- irrelevante Standorte auszuschneiden,
- eine erste Einschätzung des Gefährdungspotentials vorzunehmen
- den Handlungsbedarf für die weitere Bearbeitung in Form von Prioritäten festzulegen und ggf. Sofortmaßnahmen einzuleiten.

Zu diesem Zweck werden gezielt Recherchen auf überregionaler und regionaler Ebene bei folgenden Archiven und Dienststellen durchgeführt:

- Bundesarchive: Koblenz, Freiburg, Potsdam,
- Landesarchive: Hauptstaatsarchiv Stuttgart, (einschließlich der Abteilung Militärarchiv)
Staatsarchive Freiburg, Ludwigsburg und Sigmaringen,
Generallandesarchiv Karlsruhe,
Wirtschaftsarchiv Hohenheim,
- Dienststellen: Ämter für Wasserwirtschaft und Bodenschutz,
Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg,
Landesvermessungsämter Karlsruhe und Stuttgart.

Darüber hinaus werden Ortsbesichtigungen zur Feststellung der aktuellen Nutzung und Kartierung des Geländezustandes sowie Befragungen der jeweils zuständigen Gemeindeverwaltung durchgeführt.

Auf diese Weise werden standortbezogene Informationen zur Nutzungsgeschichte, Produktionsverfahren, Abfall- und Abwasserentsorgung etc. ermittelt und hinsichtlich möglicher Boden- und Grundwasserkontaminationen ausgewertet.

Zur Festlegung von Bearbeitungsdringlichkeiten erfolgt eine vergleichende Beurteilung der Standorte anhand der Kriterien

- Art der Verdachtsfläche, d.h. ehemalige altlastverdächtige Nutzung,
- Empfindlichkeit der heutigen Nutzung gegenüber Bodenkontaminationen und

- Lage des Standortes in einem Wasserschutzgebiet oder im Einzugsbereich bzw. Trinkwassergewinnung auf dem Standort.

Das Gefährdungspotential der ehemaligen rüstungsbedingten Nutzung wird folgendermaßen unterschieden:

- Hohes Gefährdungspotential z.B. Herstellung von Sprengstoffen/
Delaborierung von Munition
- Mittleres Gefährdungspotential z.B. Verarbeitung von Sprengstoffen/
Sprengung von Munition
- Geringes Gefährdungspotential z.B. Lagerung von Sprengstoffen oder
Munition

Die heutigen Nutzungen der Standorte werden in drei Kategorien unterschiedlicher Empfindlichkeit eingestuft:

- Hohe Empfindlichkeit z.B. Wohnen, Kinderspielflächen
- Mittlere Empfindlichkeit z.B. landwirtschaftliche Flächen,
Handel, Dienstleistungen
- Niedrige Empfindlichkeit z.B. Industrie, Flughäfen, militärisch
genutzte Standorte

Eine Trinkwassergewinnung auf oder in der Nähe des Standortes wird mit folgender Abstufung berücksichtigt:

- Kategorie I Trinkwassergewinnung auf dem
Standort (Wasserschutzzone I)
- Kategorie II Lage des Standortes in einer
Wasserschutzzone oder im
Einzugsbereich

Die Festlegung von Bearbeitungsprioritäten erfolgt nach einem einheitlichen Punktesystem.

Auf diese Weise wird der Handlungsbedarf und die Dringlichkeit für die historische Erkundung einzelner Standorte ermittelt.

Die Ergebnisse der historischen Vorerkundung werden in standortbezogenen Kurzberichten mit Angaben zur

- Standortgeschichte,
- Lage,
- aktuellen Nutzung,
- den geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen,
- vorläufigen Einschätzung des Gefährdungspotentials,
- Bewertung und Einstufung in eine Bearbeitungspriorität sowie
- Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

zusammengefaßt.

Neben diesen textlichen Erläuterungen enthalten die Kurzberichte einen Übersichtsplan, Kopien wesentlicher Originaldokumente sowie eine Übersicht über die durchgeführten Recherchen. Detaillierte Quellenangaben und Hinweise auf weitere Quellen versetzen den jeweiligen Bearbeiter in die Lage, die weitere Erkundung der Standorte vorzubereiten und qualifiziert in die Wege zu leiten.

2.2.1 Sofortmaßnahmen

Sofortmaßnahmen im Sinne dieses Leitfadens sind vorgezogene einfache technische Erkundungsmaßnahmen zur gezielten Überprüfung eines konkreten Gefahrverdachts einschließlich der daraus abzuleitenden Sicherungsmaßnahmen, die im Einzelfall nach Durchführung der historischen Vorerkundung erforderlich sein können. Sofortmaßnahmen können auch nach Durchführung der historischen Erkundung erforderlich sein, sofern sich die technische Erkundung des Standortes nicht unmittelbar anschließt.

* Zielsetzung und Kriterien für die Durchführung von Sofortmaßnahmen

Sofortmaßnahmen sind nur bei Standorten notwendig, die einer sensiblen Nutzung unterliegen (z.B. Wohnnutzung mit Hausgärten) oder sich im Einzugsbereich einer Wasserfassung befinden.

Voraussetzung ist, daß ein hinreichender Gefahrverdacht ermittelt wurde, d.h. eine Gefährdung von Bewohnern durch direkten Kontakt mit Schadstoffen oder eine Trinkwasserverunreinigung mit hoher Wahrscheinlichkeit zu besorgen ist.

Für eine Gefährdung durch direkten Schadstoffkontakt reicht es nicht aus, daß ein Standort insgesamt als hochgradig altlastverdächtig eingestuft wird. Vielmehr müssen konkrete Hinweise zur Lage potentieller Belastungsschwerpunkte vorliegen (vgl. Anhang A).

Dies ist z.B. der Fall im Bereich von

- Waszhäusern der Sprengstoffproduktion,
- Ausdöse- und Auslaugestellen in Delaborierungswerken,
- Brandplätzen zur Verbrennung von Abfällen aus der Rüstungsproduktion,
- Abfallablagerungen (insbesondere Neutralisationsschlammhalden) und
- Abwasserverrieselungsflächen.

Für Sofortmaßnahmen aufgrund potentieller Trinkwasserverunreinigungen müssen gesicherte Informationen über eine kontaminationsträchtige Nutzung des Standortes vorliegen.

* Art und Umfang von Sofortmaßnahmen

Sofortmaßnahmen umfassen neben Trinkwasseranalysen auf produktionsspezifische Parameter vor allem Untersuchungen des Oberbodens zur gezielten Überprüfung einer möglichen Gefährdung durch direkten Kontakt mit Schadstoffen. Sofern am jeweiligen Standort auch mit Bodenkontaminationen durch leichtflüchtige Schadstoffe (z.B. Quecksilber) zu rechnen ist, können darüber hinaus auch Bodenluft- und ggf. Raumluft-Untersuchungen erforderlich sein.

Zur Sicherheit des Probenahmepersonals sind Arbeitsschutzvorkehrungen zu treffen, die im Einzelfall auf die potentiellen Schadstoffe abzustimmen sind. Als Mindestumfang sind

Schutzhelme, Bausicherheitsstiefel, Schutzhandschuhe und Einwegschutzanzüge vorzusehen. Darüber hinaus wird empfohlen, Atemschutzmasken vorzuhalten.

Bei Oberbodenuntersuchungen gelten die in der Verwaltungsvorschrift "Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen" aufgeführten Probenahmetiefen, soweit sie unter dem Gesichtspunkt "vorgezogene technische Erkundungsmaßnahmen" maßgeblich sind (siehe Literaturverzeichnis).

Bei Wohn- und Spielflächen ohne Vegetation sind die Horizonte 0-2 cm und 0-10 cm, bei vorhandener Vegetation die Horizonte 0-5 und 5-10 cm zu beproben. In Hausgärten liegt die Probenahmetiefe bei 0-10 cm. Im Bereich von Sandkasten oder vergleichbar gesetzter Kinderspielflächen ist eine Mischprobe aus der Sandschicht bis zum festen Boden zu nehmen. Die Probenahmestellen müssen vor Ort im Bereich potentieller Belastungsschwerpunkte, die einer besonders sensiblen Nutzung unterliegen (Spielbereiche, Nutzpflanzenbeete etc.), festgelegt werden. Grundsätzlich ist die Probenahmestrategie mit dem zuständigen Gesundheitsamt abzustimmen.

Darüber hinaus wird auf die "Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probenahme und -aufbereitung" (VwV Bodenproben) vom 24. August 1993 verwiesen.

Die Anzahl der Einzelproben innerhalb eines Rasters richtet sich nach der Größe der sensibel genutzten Flächen. Für Wohngrundstücke mit einer Fläche von $< 1.000 \text{ m}^2$ ist nach der VwV Bodenproben ein Abstand zwischen den Rasterpunkten von 2-5 m vorgeschrieben. Somit ergeben sich für solche Flächen je nach Innendurchmesser des Bohrers 20 (ϕ des Bohrers 1,5 cm) bzw. 15 (ϕ des Bohrers $> 1,5 \text{ cm}$) Probenahmepunkte.

Bei Trinkwasseruntersuchungen sollte das Rohwasser von jeder Wasserfassung getrennt beprobt werden. Zur Überprüfung der Ergebnisse sollte die Untersuchung nach 3-6 Monaten wiederholt werden.

Die Auswahl der Parameter für die chemischen Analysen richtet sich nach den am jeweiligen Standort eingesetzten bzw. hergestellten Substanzen und deren Abbauprodukten. In der Regel liegen nach Durchführung der historischen Vorerkundung noch keine detaillierten und umfassenden Informationen zum standortspezifischen Schadstoffinventar vor. Daher ist es notwendig, die wesentlichen Parameter anhand von Rückschlüssen aus der jeweiligen Produktion am Standort auszuwählen. Hierfür geben die im Anhang beschriebenen Typen von Produktionsstätten mit dem jeweiligen Schadstoffinventar einen Überblick über

die in Frage kommenden Parameter (vgl. Anhang A und B). Die Schadstofflisten dürfen jedoch nicht ungeprüft übernommen werden, sondern sind im Hinblick auf die jeweilige Standortproblematik zu überprüfen. Im Rahmen von Sofortmaßnahmen können aus Kostengründen geeignete Summenparameter analysiert oder Screeninganalysen ohne quantitative Auswertung durchgeführt werden.

Sofern die Boden- und Wasserproben auf sprengstoffspezifische Parameter zu untersuchen sind, wird empfohlen, ein mit der Analytik von Nitroaromaten erfahrenes Labor auszuwählen.

* **Einschätzung und Aussagekraft der Ergebnisse**

Anhand der Analyseergebnisse sind Aussagen zum konkreten Gefährdungspotential möglich. Sofern relevante Schadstoffkonzentrationen gemessen werden, ist die weitere Erkundung des Standortes vordringlich. Gegebenenfalls sind in Absprache mit den jeweiligen Gesundheitsämtern kurzfristig Sicherungsmaßnahmen (z.B. Absperrung, Abdeckung, Empfehlungen an Nutzer etc.) durchzuführen. Zur Beurteilung der Schadstoffgehalte kann zunächst ein Vergleich mit den vorliegenden "Orientierungswerten für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen" erfolgen. Für zahlreiche rüstungsbedingte Schadstoffe müssen diese Werte noch erarbeitet werden. Bis dahin müssen in diesen Fällen einzelfallbezogene Festlegungen für die in der o.g. Verwaltungsvorschrift festgelegten Schutzgüter getroffen werden.

Sofern durch eine angemessene Zahl von Analysen keine Schadstoffgehalte festgestellt werden, ist der Verdacht einer Gefährdung im Bereich der untersuchten Flächen ausgeräumt. Derartige Ergebnisse dürfen jedoch nicht zur Beurteilung des gesamten Standortes herangezogen werden, da im Rahmen von Sofortmaßnahmen keine umfassende und systematische Erkundung von Belastungsschwerpunkten erfolgt. Weitere Untersuchungsmaßnahmen sind in jedem Fall erforderlich!

2.3 Historische Erkundung

Mit dem Einstieg in diese Bearbeitungsphase beginnt die einzelfallbezogene Bearbeitung der Verdachtsflächen.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der historischen Erkundung von Rüstungsaltsstandorten ist die Kenntnis der üblichen Verfahrenstechniken und der damit verbundenen Kontaminationsquellen.

Der Erfolg und die Effektivität aller weiteren Maßnahmen zur Untersuchung und Sanierung sind von einer gründlichen Durchführung dieser Untersuchungsphase abhängig. Je präziser die historische Erkundung ausgeführt und aufbereitet wird, desto gezielter und kostengünstiger können die Folgemaßnahmen geplant und durchgeführt werden.

* Untersuchungsziele

Wesentliches Ziel der historischen Erkundung ist eine umfassende Aufarbeitung der jeweiligen Standortproblematik und eine Einschätzung des daraus resultierenden Gefährdungspotentials.

Dabei stehen insbesondere folgende Untersuchungsziele im Vordergrund:

- Genaue Lokalisierung und Rekonstruktion der Werksanlagen
- Rekonstruktion der Produktionsabläufe und Kanalisationssysteme
- Lokalisierung ehemaliger Abwasser- und Abfallbehandlungsanlagen
- Feststellung von Art und Menge der eingesetzten bzw. verwendeten Chemikalien
- Eingrenzung und Beurteilung potentiell kontaminierter Bereiche
- Erfassung der kontaminationsverdächtigen Nutzungen vor Aufnahme bzw. nach Stilllegung der Rüstungsproduktion
- Ermittlung der geologischen, hydrogeologischen und pedologischen Rahmenbedingungen am Standort
- Ermittlung der Rechtsverhältnisse im Hinblick auf eine mögliche Verursacherhaftung
- Erstellen von Plangrundlagen für die weiteren Untersuchungsmaßnahmen
- Vorschläge zum weiteren Vorgehen.

* Informationsbeschaffung

Von Beginn an empfiehlt sich eine offensive Öffentlichkeitsarbeit, die nicht nur das Auffinden von Zeitzeugen und privaten Unterlagen wesentlich erleichtert, sondern auch eine Akzeptanz späterer Untersuchungsmaßnahmen verbessern kann.

Zur Ermittlung von Informationen sind detaillierte Recherchen, insbesondere bei regionalen und lokalen Quellen erforderlich. Diese Recherchen beginnen mit schriftlichen Anfragen an alle Archive, Behörden, Dienststellen, Verbände, Firmen etc., die erfahrungsgemäß über Materialien zum Standort verfügen können.

Dabei sind insbesondere folgende Institutionen zu berücksichtigen:

- Ausland:**
- National Archives, Washington
 - Public Record Office, London
 - Alliiertes Luftbildarchiv, Keele (England)
 - Archive de l'occupation, Colmar
- Bund:**
- Bundesarchiv, Koblenz und Potsdam
 - Bundesarchiv-Militärarchiv, Freiburg und Potsdam
 - Geheimes Staatsarchiv Preußischer Kulturbesitz, Berlin und Merseburg
 - Oberfinanzdirektionen
 - Bundesvermögensämter
 - Bundeswehrverwaltung
 - Bundeswehr-Zentralbibliothek
 - Bundesministerien
 - Bundesbahn und Bundespost
- Land Baden-Württemberg:**
- Hauptstaatsarchiv Stuttgart, einschließlich der Abteilung Militärarchiv,
 - Staatsarchive Freiburg, Ludwigsburg, Sigmaringen
 - Generallandesarchiv Karlsruhe, einschließlich der Abteilung Militärarchiv
 - Wirtschaftsarchiv Hohenheim
 - Landesvermessungsämter Karlsruhe und Stuttgart
 - Kampfmittelbeseitigungsdienst

- Regierungspräsidien
- Gewerbeaufsichtsämter
- Ämter für Wasserwirtschaft und Bodenschutz
- Geologisches Landesamt

Ländratsämter/

Städte:

- Stadt-/Kreisarchiv
- Untere Wasserbehörde
- Umweltamt
- Katasteramt/Vermessungsamt
- Tiefbauamt
- Bauverwaltung/Bauordnungsamt
- Ordnungsamt/Polizeibehörde
- Amtsgerichte
- Stadtwerke
- Industrie- und Handelskammer

Sonstige:

- Zeitzeugen
- Fachliteratur
- Pressearchive
- Firmenarchive
- Überregionale Wirtschaftsarchive
(z.B. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln)
- Patentbibliotheken
- Berufsgenossenschaften
- Verbände und Vereine
- Brandversicherungen

Bei der Formulierung der Anfragen darf von den jeweiligen Stellen nicht erwartet werden, daß sie direkt Informationen über potentielle Schadstoffbelastungen liefern. Daher ist erforderlich, zunächst die vorhandenen Informationen zur Lage, Bezeichnung, Nutzung und den Eigentumsverhältnissen des Standortes mitzuteilen und die gesuchten Informationsquellen aufzulisten, um dem jeweiligen Bearbeiter Hinweise für Suchmöglichkeiten an die Hand zu geben.

Im Normalfall reicht es jedoch nicht aus, lediglich Anfragen an ein Archiv oder eine zuständige Dienststelle zu richten, sondern es ist notwendig, mit den zuständigen Archivaren bzw. Sachbearbeitern die Fragestellungen zu besprechen und dort vorhandene Materialien

selbst zu sichten. Erfahrungen spielen gerade in dieser Phase der Untersuchung eine große Rolle, da zwischen wichtiger und unwichtiger Information getrennt werden muß, um ein effektives Arbeiten zu gewährleisten. Oft enthalten gerade die Unterlagen, die auf den ersten Blick unwichtig erscheinen, wesentliche Informationen oder Hinweise auf andernorts existierende Quellen.

Beispiel:

Bauakten sind grundstücksbezogene Akten mit Genehmigungsvorgängen zu Umbau, Erweiterung und Umnutzung von Gebäuden, die im jeweiligen Bauverwaltungsamt archiviert sind. Bestandteil jedes Vorgangs ist ein Lageplan des betreffenden Grundstücks mit Eintragung des Vorhabens.

Nach dem 2. Weltkrieg waren diese Flurkartenauszüge nicht überall verfügbar, so daß vorhandene Planunterlagen - beispielsweise Gesamtlagepläne von Rüstungsfabriken - verwendet wurden.

Bei Untersuchungen von Rüstungsaltsstandorten aus der Zeit vor und während des 1. Weltkrieges ist zu berücksichtigen, daß aufgrund der großen Zeitspanne seit Einstellung der Rüstungsproduktion Zeitzeugen nur noch in Ausnahmefällen befragt werden können.

Demgegenüber sind z.T. umfangreiche Aktenbestände der damaligen Genehmigungsbehörden über die Konzessionierung einzelner Anlagen überliefert die für Standorte des 2. Weltkrieges aufgrund der Geheimhaltungspraxis meist nicht vorliegen.

Sämtlichen Hinweisen auf Informationsquellen ist bei den jeweiligen Stellen nachzugehen. Bei Archivrecherchen zu alllastverdächtigen Rüstungsstandorten insbesondere aus der Zeit des 2. Weltkrieges ist zu beachten, daß wesentliche Unterlagen in der Regel in den überlieferten Akten der damals für Rüstung und Kriegsproduktion zuständigen Reichs- und Landesbehörden enthalten sind und nicht primär unter dem Firmennamen aufzufinden sind.

Beispiele:

- Reichsministerium für Rüstung und Kriegsproduktion (Bestand R 3)
- Reichsamt für Wirtschaftsausbau (Bestand R 25)
- Reichsanstalt für Wasser-, Boden-, Lufthygiene (Bestand R 154, alle Bundesarchiv Koblenz)
- Rüstungsdienststellen im Reichsgebiet (Bestände RW 20/21, Bundesarchiv-Militärarchiv Freiburg)

Vor Beginn einer detaillierten Auswertung der recherchierten Materialien und Informationen empfiehlt sich zunächst eine grobe Sichtung, da erfahrungsgemäß Hinweise auf weitere Informationsträger und -quellen enthalten sind.

* Auswertung

Aus Gründen der Vollständigkeit und Systematik sollten sämtliche Auswertungsarbeiten aus einer Hand (ein Bearbeiter oder Bearbeiterteam) erfolgen. So wird gewährleistet, daß ein ständiger Abgleich von Informationen erfolgen und einzelnen Hinweisen jeweils gezielt nachgegangen werden kann. Dies betrifft insbesondere auch die Einbeziehung der multi-temporalen Luftbildauswertung, d.h. die vergleichende Betrachtung der Luftaufnahmen aller verfügbaren Jahrgänge (einschließlich alliierter Luftbilder aus den Jahren 1944/45).

Von entscheidender Bedeutung ist das Auffinden und Entschlüsseln von Lage- und Kanalisationsplänen der jeweiligen Werksanlage. Liegen genaue Beschreibungen der Produktionsanlagen oder Gebädefunktionslisten³ nicht vor, so ist eine Rekonstruktion nur mit entsprechenden Erfahrungen und dem Vergleich mit anderen Werksanlagen (gleicher Betreiber und/oder ähnlicher Produktionsablauf) möglich.

Planunterlagen geben häufig nicht den tatsächlich realisierten Ausbaustand der Fabrik wieder, da Bauvorhaben in vielen Fällen wieder gestoppt bzw. in veränderter Form ausgeführt wurden. Darüber hinaus haben oft beträchtliche Veränderungen und Umnutzungen im Zuge der Werksausbaus bzw. des Wiederaufbaus explodierter Anlagen stattgefunden. Es reicht deshalb nicht aus, Rückschlüsse auf potentielle Bodenkontaminationen nur anhand von Planungsunterlagen zu ziehen; alle Weiterentwicklungen, Veränderungen und Zerstörungen müssen berücksichtigt werden.

Die gewonnenen Informationen sind vor Ort zu überprüfen und zu ergänzen. Es besteht hierbei oft die Schwierigkeit, daß Geländeänderungen stattgefunden haben und die Informationen aus alten Lageplänen nicht auf die heutige Geländesituation übertragen werden können. Voraussetzung für Erkundungen vor Ort und die Vorbereitung der weiteren Untersuchungsschritte ist deshalb die Erarbeitung einer geeigneten Plangrundlage. Es hat sich bewährt, die überprüften Informationen aus alten Lage- und Kanalplänen in aktuelle

³ Listen mit Angaben zur Nutzung/Funktion von Gebäuden/Werksanlagen

Katasterpläne im Maßstab 1 : 1.000 oder kleiner einzuarbeiten (vgl. Abbildungen 2 bis 5). Durch eine genaue und nachvollziehbare Aufbereitung und Darstellung der Erkenntnisse wird die Grundlage für alle weiteren Untersuchungsschritte geschaffen.

* Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse der historischen Erkundung werden in einem Erläuterungsbericht, bestehend aus Textteil, Plandarstellungen und Anlagen, zusammengefaßt.

Im Bericht müssen sämtliche relevanten Sachverhalte dokumentiert werden, die für eine Eingrenzung potentiell kontaminierter Bereiche, die Bewertung des Gefährdungspotentials und zur Vorbereitung weitergehender Untersuchungsmaßnahmen von Bedeutung sind. Die durchgeführten Recherchen und deren Ergebnisse sind in Kurzform darzustellen. Bestehende Informationsdefizite sind ebenso zu benennen, wie Gegebenheiten, die möglicherweise die Untersuchung erschweren (z.B. Archivalien, die nicht ausgewertet werden konnten). Wesentliche Originaldokumente sind dem Bericht in Kopie als Anlage beizufügen. Sämtliche recherchierten Materialien sind unter Angabe der Fundstellen in Materialbänden zu dokumentieren.

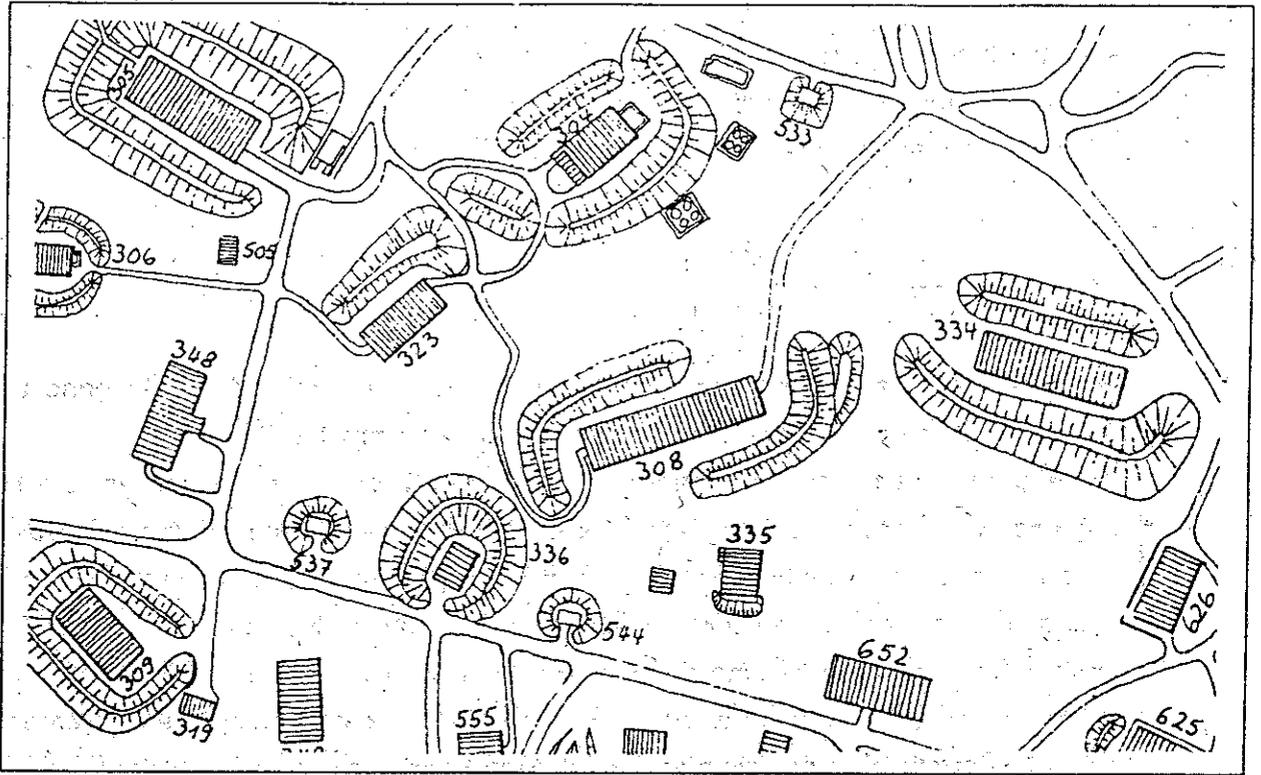


Abb. 2: Ausschnitt aus einem Original-Werksplan der Sprengstoff-Fabrik Hessisch Lichtenau

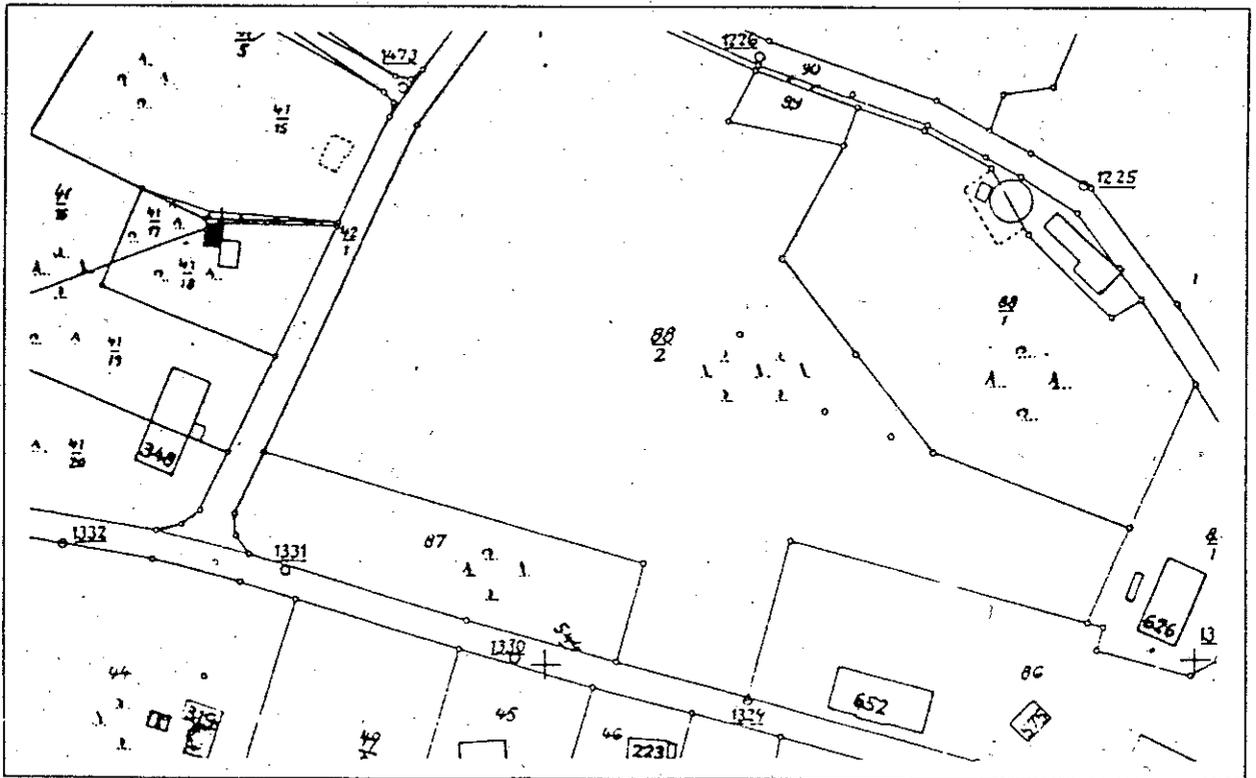


Abb. 3: Der gleiche Ausschnitt aus dem aktuellen Katasterplan

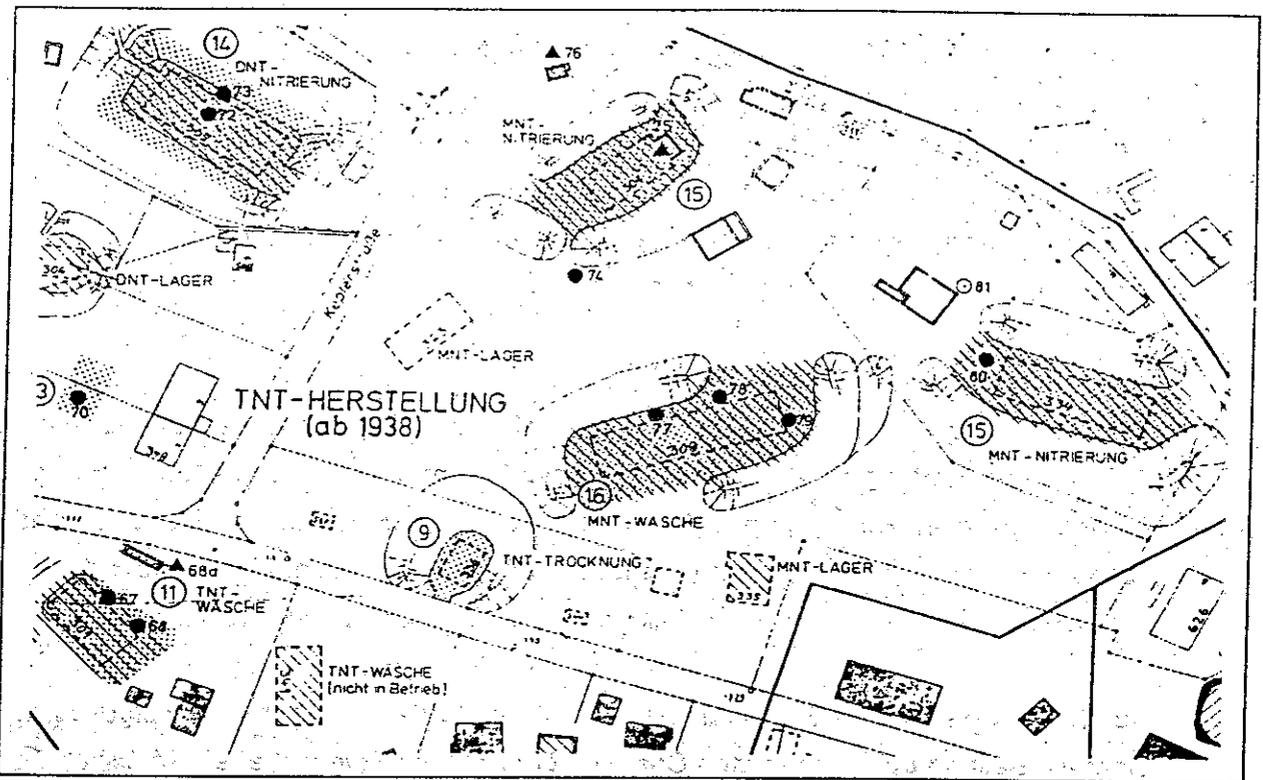


Abb. 4: Beispiel für eine Plandarstellung "potenziell kontaminierter Bereiche" (gleicher Ausschnitt)

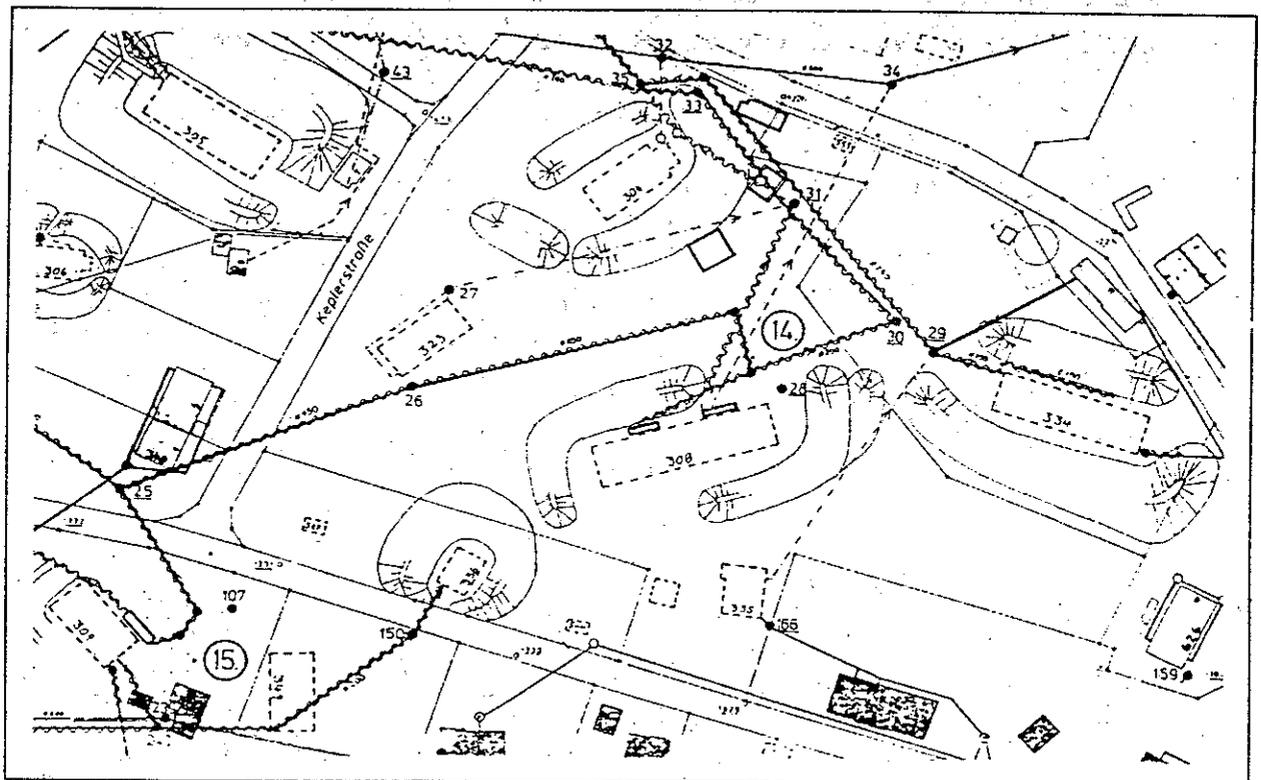


Abb. 5: Beispiel für eine Plandarstellung "Rekonstruktion des Kanalsystems/potentiell kontaminierte Kanalabschnitte" (gleicher Ausschnitt)

Wesentliches Ergebnis der historischen Erkundung ist die kartografische Rekonstruktion der jeweiligen Werksanlage mit den unterschiedlichen Produktionsbereichen und Kanalsystemen. In der Plandarstellung sind die potentiell kontaminierten Bereiche sowie Erkenntnisse aus der multitemporalen Luftbilddauswertung über Auffälligkeiten im Gelände darzustellen. Ergänzend können Vorschläge zu Probenahmepunkten und Grundwassermeßstellen aufgenommen werden (vgl. Abbildungen 4 und 5).

Der Erläuterungsbericht beinhaltet die jeweilige Begründung für die Einstufung eines Gelandeteiles oder Kanalabschnittes als potentiell kontaminiert und insbesondere Aussagen über Art und Umfang zu erwartender Schadstoffbelastungen und Kontaminationspfade im Sinne einer ersten Beurteilung, ggfs. werden technische Hinweise zu Feld- und Laboruntersuchungen und zu erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen gegeben, wobei weitere alllastverdächtige Nutzungen und deren Schadstoffpotential einbezogen werden sollten.

Darüber hinaus sind im Erläuterungsbericht neben einem Abriß der Werksgeschichte und einer Aufstellung der eingesetzten Chemikalien und ihrer Eigenschaften (Mobilität, Toxizität, Abbauverhalten) auch die im Rahmen der Recherchen gewonnenen Erkenntnisse über die damaligen Rechtsverhältnisse des Betriebes (Grundeigentümer, Auftraggeber, Planer, Bauherr und Betreiber) und möglicher Rechtsnachfolger zu dokumentieren, um evtl. heute noch existierende Verursacher von Umweltschäden feststellen zu können.

* **Aufwandsabschätzung**

Die besonderen Merkmale von Rüstungsaltposten erfordern gerade in der Phase der historischen Erkundung eine entsprechend ausführliche Bearbeitung, um die potentiellen Gefahrenquellen bereits in diesem Schritt vollständig zu erfassen. Das Bedürfnis nach schnellen Maßnahmen und Ergebnissen kann einem späteren Sanierungserfolg entgegenstehen und aufwendige Nachuntersuchungen zur Folge haben.

Erfahrungsgemäß beansprucht die historische Erkundung von Rüstungsaltposten einen Zeitraum von 5-12 Monaten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bereits die Beantwortung der Anfragen mehrere Wochen beanspruchen kann. Darüber hinaus ist in einigen Archiven für die Ausführung von Kopieraufträgen eine Wartezeit von bis zu 3 Monaten einzukalkulieren.

Die Kosten für die historische Erkundung eines Rüstungsaltpostens belaufen sich nach Erfahrungen aus anderen Bundesländern derzeit auf bis zu 50 bis 100 TDM.

2.4 Technische Erkundung

* Einleitung/Ziele der Erkundung

"Jede Altlast ist ein "Individuum" und als Einzelfall zu betrachten. Aufgrund der einzelfall-spezifischen Vielfalt wird es deshalb wohl niemals eine im Detail vorgegebene allgemein anwendbare Handlungsanweisung für die technische Erkundung von Altlasten geben."⁴

Diese Aussage trifft für Rüstungsalstandorte in verstärktem Maße zu, da sich die Einzelstandorte hinsichtlich ihrer Größe, der Produktpalette sowie weiterer Randbedingungen stark unterscheiden.

Im folgenden Kapitel sollen daher nur Hinweise für die technische Erkundung gegeben werden, wobei die Besonderheiten von Rüstungsalstandorten im Vergleich zu sonstigen altlastverdächtigen Flächen betont werden.

Ziel der technischen Erkundung ist es, die in der historischen Erkundung eingegrenzten potentiell kontaminierten Bereiche zu untersuchen, um den Kontaminationsverdacht zu überprüfen bzw. Gefahrenmomente festzustellen. Die Kenntnisse über Art und Ausmaß der Kontamination werden mit der Durchführung der Untersuchungsphasen orientierende Erkundung und nähere Erkundung immer weiter vertieft.

Vor Beginn der einzelnen Phasen der technischen Erkundung ist jeweils ein einzelfallbezogenes Untersuchungskonzept für den Standort zu erstellen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die heute vorhandene Nutzung des Standortes. Beispielsweise ist bei einer Wohn- und Gartennutzung besonderes Augenmerk auf die Durchführung von Oberbodenuntersuchungen zu richten.

Das Untersuchungskonzept muß alle möglichen Gefährdungspfade (Boden, Wasser, Luft etc.) einbeziehen.

⁴ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Jahresbericht 1991, S. 135.

2.4.1 Orientierende Erkundung

Die orientierende Erkundung verfolgt das Ziel, einen Überblick über das Gefährdungspotential am Standort sowie in den betroffenen Schutzgütern zu erhalten.

Empfehlenswert ist ein Untersuchungskonzept, das sowohl die Untersuchung von potentiell kontaminierten Bereichen und dabei insbesondere von Kontaminationsschwerpunkten als auch nutzungsbezogene Untersuchungen beinhaltet.

Die Untersuchung der in der historischen Erkundung ermittelten potentiell kontaminierten Flächen verfolgt das Ziel, einen Überblick über Art und Ausmaß der Schadstoffbelastung am Standort zu erhalten. Die ergänzenden nutzungsbezogenen Untersuchungen erfolgen aus Vorsorgegründen, um frühzeitig eine evtl. vorhandene Gesundheitsgefährdung am Standort zu ermitteln.

2.4.2 Nähere Erkundung

Ziel der näheren Erkundung ist es, detaillierte Kenntnisse über die Schadstoffbelastung am Standort sowie in den betroffenen Schutzgütern zu ermitteln und alle Voraussetzungen zu schaffen, um in der nächsten Bearbeitungsphase die Sanierungsziele festzulegen und die Sanierungsvorplanung durchführen zu können.

Im allgemeinen werden zur vertikalen und horizontalen Eingrenzung der Belastung weitere Boden- und Wasseruntersuchungen durchgeführt. Ggfs. werden zusätzliche Grundwassermeßstellen errichtet.

Darüber hinaus kann das Untersuchungskonzept mit speziellen Maßnahmen erweitert werden, indem beispielsweise Nutzpflanzenuntersuchungen an gärtnerisch oder landwirtschaftlich genutzten Standorten durchgeführt werden.

2.4.3 Eingehende Erkundung für Sanierungsmaßnahmen/Sanierungsvorplanung

Die eingehende Erkundung dient der Ermittlung sämtlicher Grundlagen für die nachfolgende Sanierungsphase. Nach der Festlegung von Sanierungszielen erfolgt die Prüfung alternativer Sanierungsverfahren (vgl. Kap. 1.3).

Das Vorgehen bei der eingehenden Erkundung ist in den Materialien der Altlastenbearbeitung der LfU detailliert dargestellt.⁵

Im folgenden sind Hinweise zur Planung und Durchführung der technischen Erkundung zusammengestellt, die für alle Erkundungsphasen von Belang sind.

* Überblick über mögliche Untersuchungsmaßnahmen

Die möglichen technischen Untersuchungsmaßnahmen für Rüstungsalstandorte unterscheiden sich prinzipiell nicht von denen, die allgemein für die Erkundung von alllastverdächtigen Standorten Anwendung finden.

In Abhängigkeit von den relevanten Gefährdungs- bzw. Ausbreitungspfaden am jeweiligen Standort sind folgende Untersuchungen möglich:

- Bodenuntersuchungen mit
 - * Rammkernsondierungen,
 - * Aufschlußbohrungen,
 - * ggf. Baggerschürfen,
 - * bei empfindlich genutzten Flächen zusätzlich Oberbodenbeprobungen;
- Grundwasseruntersuchungen mit
 - * Grundwassermeßstellen,
 - * ggf. Beprobung vorhandener Brunnen;
- ggf. Untersuchungen von Oberflächengewässern/Sedimenten;

⁵ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Eingehende Erkundung für Sanierungsmaßnahmen/Sanierungsplanung (E₃₋₄). Materialien zur Altlastenbearbeitung. (in Vorbereitung).

- Bodenluftuntersuchungen bei Hinweisen auf das Vorliegen flüchtiger Schadstoffe (z.B. Lösemittel aus der Metallverarbeitung);
- ggfs. weitere spezielle Untersuchungen (Bausubstanz, Raumluft o.a.).

Die Untersuchungen verfolgen einerseits das Ziel, das vorhandene Schadstoffpotential in den verschiedenen Umweltmedien zu ermitteln. Andererseits sollen auch die geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen am Standort erkundet werden, um Aussagen über die Grundwassergefährdung treffen zu können.

Darüber hinaus können sich Hinweise zur Bestätigung der historischen Erkundung ergeben, wenn z.B. Fundamentreste ehemaliger Werksanlagen bei Aufschlußbohrungen angetroffen werden.

Seitens des federführenden Ingenieurbüros ist zur Überwachung der Untersuchungsmaßnahmen erfahrenes Personal einzusetzen, das in der Lage ist, Ablagerungen von Produktionsrückständen, z.B. Sprengstoffreste auf bzw. im Boden zu erkennen. Derartige Auffälligkeiten müssen dokumentiert werden.

* **Bodenuntersuchungen**

Im allgemeinen sind Rammkernsondierungen mit einem Bohrdurchmesser von 50 - 60 mm ein geeignetes Verfahren, um sowohl den Aufbau des Untergrundes zu erkunden als auch Proben für die chemische Untersuchung zu gewinnen. Die Mindesttiefe der Bohrungen sollte 2 m betragen. Im Regelfall ist es ausreichend, die Bohrungen ca. einen Meter in den gewachsenen Boden abzuteufen. Bei der Anordnung der Sondierstellen und der Festlegung der Bohrtiefe sind die Erkenntnisse aus der historischen Erkundung zu berücksichtigen. Insbesondere ist zu beachten, daß durch den Abriß von Gebäuden und das Einebnen von Erdumwallungen ehemaliger Werksanlagen erhebliche Geländeänderungen stattgefunden haben können.

Bei den Bohrarbeiten sind Schichtenverzeichnisse für Auffüllmaterialien gemäß DIN 4022 zu führen. Das Anstehende ist von einem in Bodenkunde ausgebildeten Fachmann aufzunehmen. Die Schichtenverzeichnisse sind dem Geologischen Landesamt vorzulegen. Besonders ist auf das Protokollieren von Auffälligkeiten zu achten. Die Probenahme sollte als

Mischprobe je Meter erfolgen. Bei Schichtwechsel und bei Auffälligkeiten sind ggf. zusätzliche Proben zu entnehmen. Probenahmeverfahren sind in den Materialien zur Altlastenbearbeitung der Wasserwirtschaftsverwaltung detailliert erläutert.⁶

An altlastverdächtigen Rüstungsstandorten sind oft noch Reste der ehemaligen Werksanlagen im Boden erhalten oder Bauschutt, der auf Sprengungen oder Explosionen zurückzuführen ist. Falls solche Bohrhindernisse mit der Rammkernsonde nicht durchteuft werden können, ist ggfs. ein anderes geeignetes Bohrverfahren zu wählen (z.B. Rammkernbohrung). Auf Spülverfahren sollte verzichtet werden, da die Spülflüssigkeit die chemische Zusammensetzung der Proben verändern kann.

Alle Bohrlöcher müssen mit Quellton dicht verschlossen werden.

Die Probenauswahl für die chemische Analytik sollte durch das koordinierende Ingenieurbüro erfolgen.

Im Regelfall sollte jeweils eine oberflächennahe Probe und eine aus dem oberen Bereich des anstehenden Bodens zur Untersuchung weitergeleitet werden. Oft liegen starke Kontaminationen im Bereich des ehemaligen Oberbodens oder oberhalb erhaltener Bodenplatten ehemaliger Gebäude vor. Wenn Umwallungen ehemaliger Werksgebäude nach Produktionsende eingeebnet wurden, kann es im Gegensatz zu anderen altlastverdächtigen Standorten dazu kommen, daß die aufgefüllten Bereiche gegenüber dem Anstehenden geringer belastet sind.

Zusätzlich zu den Rammkernsondierungen sollten in empfindlich genutzten Bereichen (z.B. Haus- und Kleingärten, Kinderspielplätze) Oberbodenmischproben mittels Bohrstöcken entnommen werden. Das empfohlene Vorgehen ist in Kapitel 2.2.1 beschrieben.

Baggerschürfe sollten wegen des Anfalls großer Mengen kontaminierten Erdreichs und der Schwierigkeiten beim Immissions- und Arbeitsschutz nur in begründeten Einzelfällen durchgeführt werden.

⁶ Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg: Materialien zur Altlastenbearbeitung - orange Ordner. Verwaltungsinterne Schriftenreihe (nicht veröffentlicht).

* Grundwasseruntersuchungen

Mit der Entnahme und Untersuchung von Grundwasserproben sollen einerseits hydrogeologische Daten wie Durchlässigkeit, Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit und Wassermengen ermittelt werden, andererseits soll festgestellt werden, ob das Grundwasser im Untersuchungsgebiet Kontaminationen aufweist. Dies ist im Hinblick auf die Möglichkeit, aus GW-Analysen auf den eluierbaren Anteil zu schließen, besonders wichtig.

Die Durchführung von Grundwasseruntersuchungen, der Ausbau von Meßstellen sowie die Probenahme sind im Handbuch Hydrologie Baden-Württemberg ausführlich dargestellt.⁷

Der gesamte grundwasserführende Bereich sollte verfiltert werden. Da spezifisch schwerere Schadstoffe im Grundwasser absinken können, sollte die Meßstelle möglichst bis zur stauenden Schicht gebohrt werden. Ggf. kann eine horizontierte Verfilterung sinnvoll sein.

Erforderlich sind mindestens drei Meßstellen, von denen eine im Anstrombereich des Untersuchungsgebietes liegen muß. Entsprechend den Ergebnissen aus der historischen Erkundung kann ggf. auch die Auswirkung einzelner Kontaminationsschwerpunkte auf die Grundwasserqualität ermittelt werden, indem in ihrem An- und Abstrombereich jeweils zusätzliche Meßstellen oder Pegel errichtet werden.

Falls im Untersuchungsgebiet mehrere Grundwasserstockwerke vorliegen, müssen diese mit getrennten Meßstellen erfaßt werden. Aufgrund der hohen Kosten des Meßstellenbaus wird für die Erkundung mehrerer Grundwasserstockwerke ein abgestuftes Vorgehen empfohlen. Im Rahmen der orientierenden Erkundung sollte zunächst nur der oberflächennahe Grundwasserleiter untersucht werden. Sofern dabei Kontaminationen festgestellt werden, sind die tieferliegenden Grundwasserstockwerke in der näheren Erkundung zu beproben.

Die Grundwasseruntersuchungen umfassen in der Regel Wasserstandsmessungen, die Messung von Vor-Ort-Parametern (Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit etc.) sowie die Entnahme von Wasserproben und ihre chemische Analytik. Vor der Probenahme sind die Meßstellen ausreichend lange klarzupumpen. Beim Bau und bei der Beprobung der Meßstellen ist besonders darauf zu achten, daß Verschleppungen von Schadstoffen vermieden werden.

⁷ Beirat "Erfassung und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit" beim Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): Handbuch Hydrologie Baden-Württemberg. Grundwasserüberwachungsprogramm. Konzept und Grundsatzpapiere (1989). Bezug über die Bibliothek der Landesanstalt für Umweltschutz, Griesbachstraße 1, 76185 Karlsruhe.

Um jahreszeitlich bedingte Einflüsse zu erkennen, sollten Wasserstandsmessungen und Beprobungen mindestens den Zeitraum eines halben Jahres umfassen.

* Bodenluftuntersuchungen

Wenn die Erkenntnisse aus der historischen Erkundung flüchtige Schadstoffe am Standort erwarten lassen, sollten in den entsprechenden Bereichen Bodenluftmeßstellen errichtet werden. Während der orientierenden Erkundung sind provisorische Meßstellen in der Regel ausreichend. Sie können in den weiteren Phasen der technischen Erkundung ggfs. durch stationäre Meßstellen ersetzt werden.

Die Probenahme erfolgt durch die Entnahme einer definierten Luftmenge, die über ein Adsorbens, in der Regel Aktivkohle, geleitet wird.

* Arbeitsschutz

Als Grundlage für die Durchführung der Erkundungsmaßnahmen ist anhand der Informationen aus der historischen Erkundung - insbesondere über die Stoffeigenschaften - ein Arbeitsschutzkonzept zu erstellen und mit dem zuständigen Gewerbeaufsichtsamt abzustimmen.

Ziel des Arbeitsschutzkonzeptes ist es, jede Gefährdung des Bohrpersonals und anderer Beteiligter durch die Arbeiten in kontaminierten Bereichen zu vermeiden.

Das Konzept muß

- personelle Schutzvorkehrungen, z.B. arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Kontakt zu Ärzten vor Ort;
- organisatorische Schutzvorkehrungen, z.B. Planung des Arbeitsablaufes, klare Aufgabenzuweisungen, Arbeits- und Sicherheitsanweisungen sowie
- technische Hilfsmittel, z.B. persönliche Schutzausrüstung, Schwarz-Weiß-Anlage

umfassen.

Prinzipiell entsprechen die Vorkehrungen zum Arbeitsschutz denen bei der Untersuchung anderer kontaminierter Standorte. Aufgrund der möglichen Aufnahme von Nitroaromaten über die Haut ist der Hautschutz bei der Untersuchung von Füstungsaltstandorten von besonderer Bedeutung.

Sämtliche Arbeiten im Gelände sollten in geeigneter **Arbeitsschutzkleidung** durchgeführt werden. Als Mindestanforderung sind zu nennen:

- Einwegschutzanzug,
- Bausicherheitsstiefel,
- Schutzhelm,
- kunststoffbeschichtete Schutzhandschuhe mit Stulpen.

Je nach den Gegebenheiten des Standortes können weitere Maßnahmen erforderlich werden, z.B. Atemschutzmasken bei Hinweisen auf gasförmige Schadstoffe.

Um Verschleppungen von Kontaminationen zu vermeiden, empfiehlt es sich, am Standort eine **Schwarz-Weiß-Anlage** für die Dauer der Geländearbeiten vorzuhalten. Der **Weiß-Bereich** dient zum An- und Ablegen der Straßenkleidung sowie als Aufenthaltsraum während der Pausen. Im **Schwarz-Bereich** wird die Arbeitskleidung an- und abgelegt. Zwischen beiden Bereichen befinden sich Sanitäreinrichtungen (Duschen, Toiletten). Die **Schwarz-Weiß-Anlage** ist arbeitstäglich nach Beendigung der Arbeiten sowie vor den Pausen zu durchlaufen.

Ergänzend sollte in der Nähe der Schwarz-Weiß-Anlage eine Vorrichtung zum Reinigen der Stiefel vorgehalten werden.

Als weitere wichtige Grundsätze des Arbeitsschutzes sind zu nennen:

- Alleinarbeit ist zu untersagen,
- während der Geländearbeiten besteht Eß-, Trink- und Rauchverbot,
- alle Beschäftigten müssen die Teilnahme an den entsprechenden arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nachweisen.

Vor Ort sollten Feuerlöscher und Erste-Hilfe-Ausrüstungen vorgehalten werden.

Auf der Grundlage des Arbeitsschutzkonzeptes ist eine **Betriebsanweisung** zu erstellen, die alle wichtigen Grundsätze in übersichtlicher Form enthält. Zu Beginn der Geländearbeiten sollte eine Einweisung der bei den Untersuchungsmaßnahmen Beschäftigten durch den Aufsichtsführenden erfolgen. Es ist eine Person zu benennen, die in allen Fragen des Ar-

beitsschutzes weisungsbefugt ist (im allgemeinen ein/e Vertreter/in des federführenden Ingenieurbüros).

Auch Anweisungen zur Entsorgung kontaminierter Materialien sollten im Arbeitsschutzkonzept enthalten sein. Prinzipiell ist bei allen Arbeiten auf kontaminationsverdächtigen Rüstungsstandorten darauf zu achten, daß keine Kontaminationen verschleppt werden.

Weitere Hinweise sind im Leitfaden Arbeitsschutz der Landesanstalt für Umweltschutz enthalten.⁸

* Entsorgung

Die Entsorgung von kontaminierten Materialien, die während der technischen Erkundung anfallen, muß ebenfalls vor Beginn der Untersuchungsmaßnahmen geplant werden. Dabei sind die zuständigen Behörden einzubeziehen.

Boden und Grundwasser, die während der Maßnahmen anfallen, sind als potentiell kontaminiert einzustufen und in jedem Fall aufzufangen. Eine Zwischenlagerung bis zur Entsorgung kann beispielsweise in handelsüblichen Spannringdeckelfässern erfolgen. Für größere Mengen, z.B. Bohrgut aus dem Bau von Grundwassermeßstellen, können verschließbare Container Verwendung finden. Verbrauchte Schutzkleidung ist ebenfalls in geeigneten Behältern zu sammeln.

Da die Entsorgung kontaminierter Böden hohe Kosten verursacht, ist bei der Planung aller Maßnahmen darauf zu achten, daß der Anfall gering gehalten wird, z.B. durch die Wahl kleiner Bohrdurchmesser. Darüber hinaus sollte der Boden aus potentiell kontaminierten Bereichen, aus Belastungsschwerpunkten und unbelasteten Bereichen (z.B. aus dem Bau von Grundwassermeßstellen im Anstrombereich) immer getrennt erfaßt werden.

In den weiteren Phasen der technischen Erkundung kann bei großflächigen Standorten ggf. der Bau eines Sonderabfallzwischenlagers erforderlich werden.

⁸ Landesanstalt für Baden-Württemberg (Hrsg.): Arbeitsschutz bei der technischen Erkundung von Altlagerungen unter besonderer Berücksichtigung der Gefahren durch Deponiegas. Band 13 der Schriftenreihe Materialien zur Altlastenbearbeitung. (in Vorbereitung).

* Überwachung/Koordination

Die Planung, Vorbereitung und Koordination aller Maßnahmen, die im Rahmen der Technischen Erkundung durchgeführt werden, sollte durch ein Ingenieurbüro erfolgen, das über umfangreiche Erfahrungen mit der Erkundung von Rüstungsaltsstandorten verfügt. Eine gute Kenntnis des Standortes ist bereits für die vorbereitenden Maßnahmen unerlässlich. Ggfs. sind zusätzliche Begehungen durchzuführen.

Für die Durchführung der technischen Erkundungsmaßnahmen empfiehlt sich die Vorhaltung einer Baustelleneinrichtung mit Bürocontainer. Eine räumliche Zusammenfassung des Büros mit der Schwarz-Weiß-Anlage und den notwendigen Einrichtungen für die Zwischenlagerung bzw. Entsorgung ist sinnvoll.

Da für eine qualifizierte Durchführung der Geländearbeiten die Kenntnis des Standortes wichtig ist, sollten während aller Arbeiten MitarbeiterInnen des koordinierenden Büros vor Ort tätig sein. Zu ihren Aufgaben gehört insbesondere die fortlaufende Überwachung aller Arbeiten und der Arbeitsschutzmaßnahmen sowie die Dokumentation aller Maßnahmen und der festgestellten Auffälligkeiten.

* Verdacht auf Munitionsablagerungen

Wenn der Verdacht besteht, daß im Untersuchungsgebiet explosionsfähiges Material oder Munition im Boden vorhanden sein könnte, muß vor der Durchführung der Geländearbeiten der zuständige Kampfmittelbeseitigungsdienst hinzugezogen werden. Falls sich der Verdacht durch ein Absuchen der Bohrpunkte nicht ausräumen läßt, ist ggf. auf ein ferngesteuertes Bohrverfahren auszuweichen.

* Chemische Analytik

Für die Durchführung der chemischen Analytik sprengstoffspezifischer Parameter sollte in jedem Fall ein Labor ausgewählt werden, das über Erfahrungen mit der Untersuchung von Wasser- und Bodenproben auf Nitroaromaten verfügt. Auch das chemische Labor sollte die örtlichen Bedingungen des Standortes, zumindest durch eine Ortsbegehung, kennen.

Anhang B enthält eine tabellarische Auflistung der Analyseverfahren für rüstungsalblast-spezifische Schadstoffe. Weiterführende Hinweise können dem im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellten Explosivstofflexikon entnommen werden.⁹

* **Beurteilung der Untersuchungsergebnisse**

Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse müssen alle am Standort relevanten Gefährdungspfade unter Einbeziehung der entsprechenden Randbedingungen wie Geologie, Schadstoffeigenschaften, Nutzung etc. erfaßt werden.

Wenn Bodenverunreinigungen durch Nitroaromaten vorliegen, ist besonderes Augenmerk auf die mögliche Gefährdung durch direkten Kontakt zu legen, da diese Schadstoffe über die Haut aufgenommen werden können. Auch die mögliche Aufnahme über Nutzpflanzen ist entsprechend zu berücksichtigen.

Da für die rüstungsspezifischen Schadstoffe z.T. nur lückenhafte Kenntnisse hinsichtlich ihrer toxikologischen Eigenschaften vorliegen, sind ggfs. standortspezifische toxikologische Einzelgutachten erforderlich, um die nachgewiesenen Kontaminationen zu beurteilen.

Die Aussagekraft der Bewertungsergebnisse hängt stark von der Qualität der historischen Erkundung ab, da diese als Grundlage aller Untersuchungsmaßnahmen dient.

* **Kosten und Zeitaufwand der technischen Erkundung**

Da im allgemeinen im Rahmen der orientierenden Erkundung auch Grundwasseruntersuchungen erfolgen und diese mindestens einen Zeitraum von einem halben Jahr umfassen sollten, sind für diese Erkundungsphase inklusive der Planung der Maßnahmen und der Berichterstellung ca. 12 Monate zu veranschlagen.

⁹ Bundesumweltministerium (Hrsg.): Bestandsaufnahme von Rüstungsalblastverdachtsstand-orten in der BRD. Teilprojekt Explosivstofflexikon. Verfasser Dr. Rainer Haas.

Die Kosten für die orientierende Erkundung eines Rüstungsstandortes hängen insbesondere von der Ausdehnung der ehemaligen Werksanlagen ab. Bei ausgedehnten Flächen von 100 Hektar und mehr können Kosten von bis zu einer Million DM anfallen. Zu berücksichtigen sind Kosten für

- Baustelleneinrichtung incl. Schwarz-Weiß-Anlage,
- Bohrarbeiten und Probenahme,
- ggfs. Bau von Grundwassermeßstellen,
- chemische Analytik,
- gutachterliche Leistungen (Planung der Maßnahmen, Überwachung/Koordination vor Ort, Auswertung der Ergebnisse, Berichterstellung).

Im allgemeinen entsteht der größte Anteil der Gesamtkosten durch die Laboranalytik.

ANHANG

Inhaltsübersicht

Vorbemerkung

Anhang A: Beschreibung relevanter Typen von Produktionsstätten

Typ A: Pulverfabrik

Typ B: Sprengstoff-/Dynamitfabrik

Typ C: Munitionsfabrik/Munitionsanstalt

Typ D: Zünderfabrik/Zündhütchenfabrik/Sprengkapsel­fabrik

Typ E: Pyrotechnische Fabrik

Typ F: Delaborierwerke/Entschärfungsstellen

Anhang B: Rüstungsalltagspezifische Schadstoffe

1. Tabelle Schadstoffe und Bestimmungsmethoden

2. Beschreibung der Schadstoffeigenschaften ausgewählter Stoffgruppen

Anhang C: Literaturhinweise

Vorbemerkung

Der Anhang umfaßt im wesentlichen eine allgemeine Beschreibung verschiedener Arten von Rüstungsaltsstandorten und des damit verbundenen Schadstoffinventars. Darüber hinaus werden Literaturhinweise gegeben.

Anhang A enthält eine Kurzbeschreibung der für Baden-Württemberg relevanten Typen von Produktionsstätten. In Anlehnung an eine Unterteilung der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie und damit orientiert an den Verfahren der Kampfmittelfertigung wird das Kontaminationspotential folgender Verfahren beschrieben:

- Herstellung von rauchschwachem Pulver (Typ A: Pulverfabrik)
- Herstellung und Verarbeitung von Brisanzsprengstoffen und Sprengstoffmischungen (Typ B: Sprengstoff-/Dynamitfabrik)
- Herstellung von Munition (Typ C: Munitionsfabrik/Munitionsanstalt)
- Herstellung von Zündern, Zündhütchen und Sprengkapseln (Typ D: Zünderfabrik/Zündhütchenfabrik/Sprengkapsel-fabrik)
- Herstellung pyrotechnischer Erzeugnisse (Typ E: Pyrotechnische Fabrik)
- Zerlegen und Vernichten von Munition sowie Vernichtung von Sprengstoffen und Zündmitteln (Typ F: Delaborierwerke/Entschärfungsstellen)

Neben der Kernfunktion und der rechtlichen Organisationsform werden für jeden Typ die wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe, daraus resultierende Kontaminations-schwerpunkte und das Schadstoffinventar beschrieben. Darüber hinaus werden weitere mögliche Produktionsabteilungen benannt.

Diese Beschreibung basiert auf den vorliegenden Erfahrungen der PGBU aus der Unter-suchung verschiedener Standorte, den Erkenntnissen aus Tagungsbeiträgen und -publ-ikationen sowie der Auswertung spezieller Fachliteratur.

Sie soll den Bearbeitern einen Überblick über die vorherrschenden Arten von Rüstungs-altstandorten in Baden-Württemberg vermitteln und ihn mit den wesentlichen Fragestel-lungen vertraut machen, die im Rahmen der historischen Erkundung zu bearbeiten sind.

In diesem Zusammenhang wird nachdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich um eine allgemeine Darstellung von Produktionsabläufen handelt, die bei der Erkundung von Standorten - aufgrund der einzelfallspezifischen Vielfalt - detailliert zu überprüfen sind. Insbesondere ist zu beachten, daß die meisten Rüstungsalstandorte Kombinationen verschiedener Typen gleichzeitig oder in zeitlicher Abfolge darstellen.

Anhang B enthält eine tabellarische Zusammenstellung der wesentlichen rüstungsal-lastspezifischen Schadstoffe, die den im Anhang A beschriebenen Typen von Produktionsstätten zugeordnet werden. Neben Angaben zu den Analyseverfahren ist ersichtlich, ob die jeweilige Substanz als Vor-, Zwischen-, End- oder Abbauprodukt einzustufen ist.

Darüber hinaus beinhaltet Anhang B für ausgewählte Stoffgruppen eine Beschreibung der Schadstoffeigenschaften mit Angaben zur Mobilität, Toxizität und Abbauverhalten.

Anhang C umfaßt Literaturhinweise zur Rüstungsallastenproblematik.

Anhang A: Beschreibung relevanter Typen von Produktionsstätten

Typ A: Pulverfabrik

1. Kernfunktion

Herstellung von Treibladungspulvern (sogenannten rauchschwachen Pulvern)

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene Unternehmen bzw. (im 1. Weltkrieg) staatliche Pulverfabriken

3. Kurzzusammenfassung der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Herstellung der Grundkomponente Nitrocellulose durch Nitrierung zerkleinerter Cellulose (Baumwoll-Linters oder Krepppapier) im **Nitrierhaus**
- Abzentrifugieren der Abfallsäure von der Rohnitrocellulose
- Stabilisierung der Nitrocellulose durch Vorkochen, mehrfache Wäsche und Druckkochen sowie (nach weiterer Zerkleinerung) Nachkochen mit Sodalösung
- Herstellung der Zusatzkomponente (Nitroglycerin, Nitroglycol, Nitroguanidin etc.) durch Nitrierung der Ausgangsstoffe (Glycerin, Glycol etc.), Abtrennung der Abfallsäure im **Scheidetrichter**, mehrfaches Waschen im **Vorwäscher** bzw. **Waschhaus** und Filtrierung im **Filterhaus**
- Vermengen der Pulverkomponenten (Nitrocellulose mit Nitroglycerin, Nitroglycol etc.) als wässrige Suspensionen im **Knethaus** unter Zugabe sogenannter Stabilisatoren (Akardite, Centralite, Urethane oder Diphenylamin) und andere Zusätze wie Campher, Alkalisalze etc.
- Abzentrifugieren des Abwassers von der Pulverrohmasse
- Formung der Pulverrohmasse im **Pressenraum** zu Pulverplatten
- Zerkleinerung der Pulverrohmasse im **Zerkleinerungsraum** zu Blättchen, Streifen, Strängen, Röhren etc.
- Trocknung des Pulvers im **Trockenraum**
- Absiebung des Feinkornanteils, Polierung und Graphitierung des Pulvers, Homogenisierung des Pulvers durch Vermengen verschiedener Chargen
- Verpackung und Lagerung des fertigen Pulvers bis zum Versand im **Packhaus** bzw. **Magazin/Lager**
- Rückgewinnung der Nitriersäure durch Aufarbeitung der Abfallsäuren aus der Nitrierung in **Denitrieranlagen**
- Abtrennung von verwertbaren Nitrocellulose-, Nitroglycerin-, Nitroglycol- etc. Rückständen aus Abfallsäuren und Abwässern im **Nachscheidehaus** bzw. in **Absetzbecken** (sogenannten Schikanen) und Klärbehältern
- Chemische Behandlung (Neutralisation) der Abwässer mit Kalkmilch (unter Anfall von Neutralisationsschlämmen) in **Abwasseranlagen**

- Ableitung der Abwässer in Vorfluter bzw. Versickerung/Versenkung der Abwässer in den Untergrund
- Vernichtung von Fehlchargen durch Verbrennen (Brandplatz)
- Tests oder Erprobungen hergestellter oder entwickelter Treibladungspulver in Laboratorien

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Nitrierhäuser, Waschhäuser, Nachscheidehäuser, Knethäuser
- Abwasseranlagen, Klärbecken, Neutralisationsanlagen, Sicker- und Schluckbrunnen
- Brandplätze, Abfallablagerungen (insbesondere Ablagerungen von Neutralisationsschlamm)
- Denitrieranlagen, Laboratorien
- Leitungssysteme der Produktion (sprengstoffbehaftete Bleirohre), Apparaturen-schrott, Abbruchschutt der o.g. Gebäude

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Herstellung von Kartusch- und Patronenhülsen durch metallverarbeitende Prozesse (Zieh-, Preß-, Stanzvorgänge) und Oberflächenbehandlung (Galvanik, Beiz- und Bondervorgänge)
- Herstellung von Munition durch Befüllung von Kartuschen und Patronenhülsen mit Treibladungspulver (vgl. Typ C)
- Aufarbeitung von Fehlchargen, reklamierter bzw. Beute-Munition (Zerlegung und Rückgewinnung von Komponenten)
- Zerlegung von Munition und Vernichtung unbrauchbarer Explosivstoffe (vgl. Typ F)
- Lagerung von Munition (vgl. Typ C)

6. Schadstoffinventar

- Nitroglycerin, Dinitromonochlorhydrin, Nitroglycol, Nitroguanidin, Diglycoldinitrat und deren Abbauprodukte
- Hexogen, Trinitrotoluol und deren Abbau- und Umwandlungsprodukte
- Akardite, Centralite, Urethane, Diphenylamin und deren Abbau- und Umwandlungsprodukte
- Phthalate
- Nitrate/Nitrite
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze)
- Blei und Bleiverbindungen

Typ B: Sprengstofffabrik/Dynamitfabrik

1. Kernfunktion

Herstellung von Brisanzsprengstoffen und/oder Sprengstoffmischungen

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene, z.T. staatlich gelenkte Fabriken

3. Kurzabriß der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Herstellung der Brisanzsprengstoffe (Trinitrotoluol = TNT, Trinitrophenol = Pikrinsäure, Nitroglycerin, Hexogen, Nitropenta, Tetryl etc.) durch ein- oder mehrfache Nitrierung der Ausgangsstoffe (Toluol, Phenol, Glycerin, Hexamin, Pentaerythrit, Dimethylanilin etc.) im **Nitrierhaus**
- Abtrennung der Abfallsäure von den Brisanzsprengstoffen in sogenannten **Scheide-trichtern** oder über Vakuum-Nutschen, zum Teil nach Verdünnung des Reaktionsgemisches mit Wasser
- Reinigung der rohen Sprengstoffe durch mehrfaches Waschen im **Waschhaus**, z.T. Neutralisierung mit alkalischer Soda-, Pottasche- oder Natriumbicarbonatlösung
- **Granulierung** und Filtrierung der Sprengstoffe oder **Umkristallisierung** mit organischen Lösungsmitteln (Alkohol, Aceton, Benzol) und anschließende Trocknung
- Phlegmatisierung der Sprengstoffe durch Vermengung mit Montanwachs oder ähnlichen Substanzen
- Weiterverarbeitung zu Sprengstoffmischungen: Vermengung mit Nitraten, Chloraten, Perchloraten, Kohlenwasserstoffen, Mehlen und anderen Zusätzen in **Meng-, Knet- oder Gelatinierhäusern**
- teilweise Patronierung von Sprengstoffmischungen (für Bergwerkssprengstoffe) in **Patronierhäusern**
- Verpackung und Lagerung fertiger Sprengstoffe bis zum Versand im **Packhaus** bzw. **Magazin/Lager**
- Rückgewinnung der Nitriersäure durch Aufarbeitung der Abfallsäure aus der Nitrierung in **Denitrieranlagen**
- Rückgewinnung eingesetzter Lösungsmittel aus der Umkristallisierung über Trocknungsanlagen in **Rektifiziergebäuden**
- regelmäßige Reinigung der Betriebsstätten durch Ausfegen oder Ausspülen mit Wasser
- Abtrennung von verwertbaren Sprengstoffrückständen aus Abfallsäure und Abwässern in **Absetzbecken** (sogenannten Schikanen) und Klärbehältern
- chemische Behandlung (Neutralisation) der Abwässer mit Kaikmilch (unter Anfall von Neutralisationsschlämmen) in **Abwasseranlagen**
- Ableitung der Abwässer in Vorfluter bzw. Versickerung/Versenkung der Abwässer in den Untergrund
- Vernichtung von Fehlchargen durch Verbrennen (**Brandplatz**)

- Tests und Probesprengungen hergestellter oder entwickelter Sprengstoffe oder Sprengstoffmischungen in Laboratorien oder auf Testgeländen

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Nitrierhäuser, Scheidetrichter/Scheidehäuser, Waschhäuser, Umkristallisierungsanlagen, Meng-, Knet- oder Gelatinierhäuser, Chemikalienlager (z.B. Benzoltanks), Patronenhäuser
- Abwasseranlagen, Kanalsysteme, Klärbecken, Schikanen, Neutralisationsanlagen, Sicker- und Schluckbrunnen
- Brandplätze, Sprengplätze, Abfallablagerungen (insbesondere Ablagerungen von Neutralisationsschlamm)
- Denitrier- und Rektifizieranlagen
- Laboratorien, Testgelände
- Leitungssysteme der Produktion (sprengstoffbehaftete Blei- oder Edelstahlrohre), Apparaturenschrott, Abbruchschutt der o.g. Gebäude

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Herstellung von Treibladungspulver oder dessen Komponenten (vgl. Typ A)
- Herstellung von gepreßten oder gegossenen Ladungskörpern (vgl. Typ C)
- Füllung von Munition (vgl. Typ C)
- Herstellung von Initialsprengstoffen (vgl. Typ D)
- Herstellung von Zündladungen, Zündern, Sprengkapseln oder Zündhütchen (vgl. Typ D)
- Lagerung von Munition (vgl. Typ C)
- Zerlegung von Munition und Vernichtung unbrauchbarer Explosivstoffe (vgl. Typ F)

6. Schadstoffinventar

- Nitroaromaten, z.T. auch nitrierte aliphatische Kohlenwasserstoffe, Nitramine und Salpetersäureester sowie deren Abbau- und Umwandlungsprodukte (z.B. Nitrobenzole, -toluole, -naphthaline, -glycerin, Hexogen, Nitropenta, aromatische Amine einschließlich Aniline, nitrierte Phenole, Cresole und Anisole, Formaldehyd etc.)
- Nitrate/Nitrite, Chlorate, Chromate
- Blei und Bleiverbindungen
- Bariumverbindungen
- Antimon- und Arsenverbindungen
- Mineralöle,
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze und Produktionsstätten bestimmter Sprengstoffmischungen)

Typ C: Munitionsfabrik/Munitionsanstalt

1. Kernfunktion

Verfüllung von Brisanzsprengstoffen/Sprengstoffmischungen oder Treibladungspulvern in Munitionsbehältnisse und Montage fertiger Munition

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene Unternehmen (in Kriegszeiten auch auf Munitionsfertigung umgestellte metallurgische oder metallverarbeitende Unternehmen) bzw. staatliche Munitionsanstalten

3. Kurzaufsatz der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Verflüssigung der Brisanzsprengstoffe, z.T. unter Vermengung von weiteren Sprengstoffen und Zusätzen, zu flüssigen Sprengstoffmischungen ("Kristallbrei") und Füllung von Munitionsbehältnissen (Hüllen, Gehäuse) mit diesem Sprengstoff (gegossene Ladungen) in **Schmelz- oder Gießhäusern oder**
- Verpressung granulierter oder pulverförmiger Brisanzsprengstoffe in Munitionsbehältnisse (gepreßte Ladungen) in **Pressengebäuden oder**
- Abfüllung von Treibladungspulver in Kartuschen oder Patronenhülsen und Verschluß der Kartuschen bzw. Aufsetzen des Geschosses auf die Patronenhülsen in **Laboriergebäuden oder**
- Herstellung gepreßter bzw. gegossener Ladungskörper (s.o.) und Formgebung durch Abdrehen/Abfräsen von Sprengstoff (**Sprengstoff-Drehereien**), Verpackung in Papp- oder Leinwandhüllen bzw. Einsetzen in Metallkapseln (für Zündladungen) sowie Imprägnierung mit Wachs/Harz gegen Feuchtigkeit
- Bearbeitung der gepreßten bzw. gegossenen Sprengstofffüllungen in den Munitionsbehältnissen durch Ausbohren, Abdrehen oder Abfräsen
- Verpackung und Lagerung der (sprengstoffgefüllten) Munition bis zum Versand in **Magazinen**
- Montage der Zündladungen/Zünder in die (sprengstoffgefüllte) Munition (insbesondere in den **Munitionsanstalten**)
- regelmäßige Reinigung der Betriebsstätten von Sprengstoffrückständen durch Ausfegen bzw. Ausspülen mit Wasser
- Abtrennung der in Reinigungswässern enthaltenen Sprengstoffrückstände in **Absetzbecken**
- Vernichtung des Kehrichts und der aus Reinigungswässern abgeschiedenen Sprengstoffrückstände auf **Brandplätzen**
- Tests und Probeanwendungen hergestellter oder entwickelter Munition in **Laboratorien** und auf **Testgeländen**

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Schmelz-, Gieß- und Pressenhäuser, Ladehäuser, Laboriergebäude, (Sprengstoff-) Drehereien und ähnliche Bearbeitungsgebäude
- Abwasseranlagen, Absetzbecken, Sicker- und Schluckbrunnen
- Brandplätze, Abfallablagerungen
- Laboratorien, Testgelände
- Apparaturen- und Maschinenschrott, Abbruchschutt der o.g. Gebäude

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Reinigung (z.T. chemische Beize) und Lackierung von Munitionsbehältnissen
- Herstellung von Treibladungspulver oder dessen Komponenten (vgl. Typ A)
- Herstellung von Brisanzsprengstoffen (vgl. Typ B)
- Aufarbeitung von Fehlchargen, reklamierter oder Beute-Munition
- Herstellung von Munitionsbehältnissen und Infanteriegeschossen (Projektilen) durch metallverarbeitende Prozesse (Zieh-, Preß-, Stanzvorgänge) und Oberflächenbehandlung (Galvanik, Beiz- und Bondvorgänge)
- Herstellung von Initialsprengstoffen, Füllung und Montage von Zündern (vgl. Typ D)
- Herstellung und Einbau pyrotechn. Sätze in Leuchtspurmunition (vgl. Typ E)
- Füllung von Brandmunition mit leicht entflammaren Substanzen (Mineralölen, Phosphor, Leichtmetalllegierungen, Thermit etc.) und z.T. mit Oxidationsmitteln
- Füllung von Nebelmunition mit Nebelstoffen (Hexachlorethan, Hexachlornaphthalin, Naphthalin, Zinkpulver etc.)
- Einbau sogenannter Rauchentwickler (Nitrate, Schwefel und Zinkstaub oder Phosphor) in Artilleriemunition
- Zerlegung von Munition und Vernichtung unbrauchbarer Explosivstoffe (vgl. Typ F)
- Lagerung von Brisanzsprengstoffen

6. Schadstoffinventar

- Nitroaromaten, Nitraminverbindungen oder Salpetersäureester sowie deren Abbau- und Umwandlungsprodukte (z.B. Nitrobenzole, -toluole, -naphthaline, -glycerin, Hexogen, Nitropenta, aromatische Amine einschließlich Aniline, nitrierte Phenole, Cresole und Anisole, Formaldehyd etc.)
- Nitrate/Nitrite, Chlorate
- Phosphate
- Mineralöle
- Bariumverbindungen
- Blei und Bleiverbindungen
- Antimon- und Arsenverbindungen, Zinkverbindungen
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze)

Typ D: Zünderfabrik/Zündhütchenfabrik/Sprengkapselfabrik

1. Kernfunktion

Herstellung und Verfüllung von Initialsprengstoffen sowie von Brisanzsprengstoffen in Zünderbehältnisse und Montage fertiger Zünder/Zündhütchen/Sprengkapseln

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene Unternehmen (in Kriegszeiten auch auf Zünderfertigung umgestellte feinmechanische Unternehmen) bzw. (im 1. Weltkrieg) staatliche Zünderfabriken

3. Kurzaufsatz der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Herstellung von Brisanzsprengstoffen (Knallquecksilber, Bleiazid, Bleitrinitroresorcinat, Tetrazen etc.) durch Umsetzung der Ausgangsstoffe (Quecksilber, Alkohol und Salpetersäure; Natriumacid oder Magnesiumtrinitroresorcinatlösung mit Bleinitratlösung; Aminoguanidinsulfatlösung mit Natriumnitritlösung etc.) im **Koch- bzw. Fällhaus**
- Verarbeitung der Initialsprengstoffe zu Zündsätzen durch Vermengung verschiedener Initialsprengstoffe untereinander oder mit Zusätzen (Chloraten, Nitraten, Gummilösung, Antimontrisulfid etc.), Trocknung, Granulierung und Feinkornabtrennung im **Misch-, Trocken-, Körn- und Siebhaus**
- Zwischenlagerung in **Handmagazinen**
- Einpressen der Zündsätze (als sogenannte Primärladung) und explosionskräftiger Brisanzsprengstoffe wie TNT, Tetryl oder Pikrinsäure (als sogenannte Sekundärladung) in die Zünd- bzw. Sprengkapseln, der genannten Brisanzsprengstoffe in spezielle Zündladungskörper bzw. der Zündsätze in Zündhütchen (in **Ladestuben**)
- Absieben anhaftenden Sprengstoffstaubes von den Zünd- bzw. Sprengkapseln, Zündladungskörpern oder Zündhütchen
- Verschluß und Imprägnierung der fertigen Zünder, Zündladungen, Zünd- und Sprengkapseln oder Zündhütchen
- teilweise Montage der Zündkapseln mit mechanischen oder elektrischen Bauteilen zu kompletten Zündern
- teilweise Füllung von Zündschrauben, Feldschlagröhren oder ähnlichen Zündvorrichtungen mit Schwarzpulver und Einbau von Zündhütchen bzw. Einpressen eines Reibzündsatzes in **Pressengebäuden**
- Verpackung und Lagerung der fertigen Zünder etc. bis zum Versand im **Packhaus bzw. Magazin/Lager**
- regelmäßige Reinigung der Betriebsstätten durch Ausfegen oder Ausspülen mit Wasser

- chemische oder thermische Behandlung der Abwässer aus Koch- oder Fällhäusern (zur Zerstörung von Rückständen der Initialsprengstoffe) in sogenannten **Abkochmulden** etc.
- Ableitung der Abwässer in Vorfluter bzw. Versickerung der Abwässer in den Untergrund.
- Vernichtung von Fehlchargen auf dem **Brandplatz** oder durch Sprengen in sogenannten **Abknallvorrichtungen**
- Tests oder Erprobung hergestellter oder entwickelter Initialsprengstoffe in **Laboratorien** oder auf **Testgeländen**

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Koch- bzw. Fällhäuser, Misch-, Trocken-, Körn- und Siebhäuser, Ladestuben/Laboriergebäude, Pressengebäude
- Abwasseranlagen, insbesondere sogenannte Abkochmulden, Gerinne, Sicker- und Schluckbrunnen, Neutralisationsanlagen und Klärbecken
- Brandplätze, Abknallvorrichtungen, Sprengplätze
- Abfallablagerungen (insbesondere Ablagerungen von Neutralisationsschlamm)
- Laboratorien, Testgelände
- Apparaturenschrott, Abbruchschutt der o.g. Gebäude

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Herstellung von Zünderbehältnissen, Zünd- und Sprengkapselbehältern oder Zündhütchen durch metallbearbeitende Prozesse (Preß-, Zieh- und Stanzvorgänge) und Oberflächenbehandlung (Galvanik, Beiz- und Bondervorgänge)
- Reinigung und Lackierung von Zünderbehältnissen etc.
- Zerlegung von Zündern und Vernichtung der enthaltenen Zündsätze, Initialsprengstoffe und Brisanzsprengstoffe (vgl. Typ F)

6. Schadstoffinventar

- Blei, Quecksilber und deren Verbindungen
- Tetrazen, Trinitroresorcin und deren Abbau- und Umwandlungsprodukte
- Antimon- und Bariumverbindungen,
- Chlorate, Nitrate/Nitrite
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze)

Typ E: Pyrotechnische Fabrik

1. Kernfunktion

Herstellung pyrotechnischer Sätze und deren Verfüllung in Signal- bzw. Leuchtmunition (militärische Produktion) oder Feuerwerkskörper und Scherzartikel (zivile Produktion)

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene Unternehmen

3. Kurzaßriß der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Absieben und Mischen der Komponenten pyrotechnischer Sätze (Nitrate, Chlorate, Peroxide, Magnesiumpulver, Schwefel, Holzkohle, Phosphor etc.) im **Siebhaus** bzw. **Mischhaus**
- Trocknung der fertigmischten pyrotechnischen Sätze im **Trockenhaus**
- Einpressen der pyrotechnischen Sätze in die Hülsen der Leucht- oder Signalmunition bzw. Feuerwerkskörper im **Pressenhaus**
- Verschließung und Imprägnierung der Leucht- und Signalmunition bzw. Feuerwerkskörper
- Verpackung und Lagerung der fertigen Leucht- und Signalmunition bzw. Feuerwerkskörper bis zum Versand
- regelmäßige Reinigung der Betriebsstätten von Rückständen pyrotechnischer Sätze durch Ausfegen bzw. Ausspülen mit Wasser
- Vernichtung des Kehrrichts und der Fehlchargen an pyrotechnischen Sätzen, Leucht- und Signalmunition bzw. Feuerwerkskörpern auf dem Brandplatz oder durch Einschütten der pyrotechnischen Sätze in Fließgewässer bzw. wassergefüllte Behälter und anschließendes Vergraben der sedimentierten Rückstände

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Sieb- und Mischräume, Trockenhäuser, Pressenhäuser, Laboriergebäude
- Brandplätze, Abfallablagerungen, Einschüttstellen in Fließgewässer, Vergrabestellen
- Laboratorien

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Herstellung von Rauchentwicklern
- Herstellung und Einbau von Nebelmischungen in Signalmunition

6. Schadstoffinventar

- Blei-, Antimon-, Barium-, Arsen-, (Strontium-, Magnesium-) und Zirkoniumverbindungen
- Anthracen, Polyvinylchlorid und deren Abbau- und Umwandlungsprodukte
- Nitrate/Nitrite, Chlorate

- synthetische Farbstoffe (z.B. Azofarbstoffe) und deren Abbau- und Umwandlungsprodukte
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze)

Typ F: Delaborierwerke (Zerlegestellen)/Entschärfungsplätze (Sprengstellen)

1. Kernfunktion

Entschärfung und Zerlegung unbrauchbarer Munition (oder Zünder) und Vernichtung von Munition (Zündern) sowie unbrauchbarer Brisanz- und Initialsprengstoffe oder Treibladungspulver

2. Rechtliche Organisationsform

Privatwirtschaftlich betriebene Zerlegestellen bzw. von Militär- oder Polizeidienststellen betriebene Sprengstellen

3. Kurzaufsatz der wesentlichen Funktionen und Produktionsabläufe

- Entfernung der Zünder, Zündhütchen oder Sprengkapseln von der Munition
- Sprengung der Zünder oder/und (separat) der Munition auf **Sprengplätzen oder**
- Zerlegung (Durchtrennung) der Munition auf Drehbänken und Ausstoßen des enthaltenen Brisanzsprengstoffes mittels Pressen bzw. Ausschmelzen (Erwärmung und Ausgießen) oder Ausdampfen/Ausdüsen des Brisanzsprengstoffes mit heißem Wasser oder Dampf bzw. Ausbrennen des Brisanzsprengstoffes in **Zerlege-, Ausschmelz- oder Ausdüsestellen**
- Auftrennung von Sprengstoffmischungen durch Auslaugung (Aufkochen) löslicher Sprengstoffe (Nitrate, Chlorate, Perchlorate) in Waschbottichen und Rückgewinnung verwertbarer schwer- bis unlöslicher Sprengstoffe (TNT und andere Nitroaromaten) mittels Entwässerung auf Filterpressen und in Verdampfungspfannen bzw. löslicher Sprengstoffe mittels Eindampfen in **Kochhäusern**
- Verpackung verwendungsfähiger Sprengstoffe und Lagerung bis zum Versand
- Vernichtung unbrauchbarer Sprengstoffe und Sprengstoffrückstände auf **Brandplätzen**
- Versickerung der Abwässer auf **Ausdampf-/Ausdüseplätzen** und aus den Waschbottichen in den Untergrund bzw. Ableitung der Abwässer in vorhandene Kanalisationen oder in Vorfluter

4. Typische Kontaminationsschwerpunkte

- Zerlege- und Ausschmelz-/Ausdüsestellen
- Kochhäuser und andere Anlagen zum Trennen von Sprengstoffmischungen einschließlich der Filterpressen, Verdampfungspfannen und Eindampfer
- Abwasseranlagen, insbesondere Versickerungsstellen, Gerinne-, Sicker- und Schluckbrunnen
- Brandplätze, Sprengplätze

5. Weitere mögliche Funktionen/Produktionsabteilungen

- Vernichtung von Nebelmunition oder (chemischer) Kampfstoffmunition

Anmerkung: Oft wurde das Gelände von Zerlegestellen zuvor als Munitionsfabrik genutzt (vgl. Typ C)

6. Schadstoffinventar

- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Brandplätze, Sprengplätze)
- Nitroaromaten, Nitraminverbindungen, Salpetersäureester sowie deren Abbau- und Umwandlungsprodukte (z.B. Nitrobenzole, -toluole, -naphthalin, -glycerin, Hexogen, Nitropenta, aromatische Amine einschließlich Aniline, nitrierte Phenole, Cresole und Anisole, Formaldehyd etc.)
- Nitrate/Nitrite
- Mineralöle
- Blei und Quecksilber sowie deren Verbindungen
- Barium-, Antimon-, Arsen- und Zinkverbindungen
- ggfs. Rückstände und Umwandlungsprodukte chemischer Kampfstoffe und chlorierter Kohlenwasserstoffe (Hexachlorethan, Hexachlornaphthalin) aus Nebelmischungen

Anhang B

1. Rüstungsaltspezifische Schadstoffe und Bestimmungsmethoden

Substanz(gruppe)	Typenzuordnung	Substanz- stufung	Analyseverfahren
1. Nitroaromaten:			
Nitrotoluole (Mono-, Di- und Trinitro-)	A, B, C, D, F	Z/K, U	GC-MS (-ECD, -NPD)
Nitrobenzole (Mono-, Di- und Trinitro-)	B, C, F	Z/K, U	GC-MS (-ECD, -NPD)
Nitronaphthaline (Mono-, Di- und Trinitro-)	B, C, F	Z/K, U	GC-MS, HPLC-UV
Nitrophenole (Mono-, Di- und Trinitro-)	B, C, D, F	Z/K	GC-MS (-ECD) nach Derivatisierung/ HPLC-UV
Nitroresole (Di- und Trinitro-)	B, C, F	K, U	GC-MS (-ECD), HPLC-UV
Nitroanisole (Di- und Trinitro-)	B, C, F	K, U	GC-MS (-ECD)
Nitrochlorbenzole (Di- und Trinitro-)	B	V/Z	GC-MS (-ECD)
Nitrobiphenyle (Mono- und Dinitro-)	B	U	GC-MS (-ECD)
Hexanitrodiphenylamin	A, B, C, F	K, U	HPLC-UV
Hexanitrodiphenylsulfid	B, C, F	K	HPLC-UV
Trinitroresorcin und Salze	D, F	Z/K, U	GC-MS (-ECD) nach Derivatisierung
Nitroaniline (Trinitro-), sonst vgl. 7	B, C, F	U	GC-MS
Tetranitrocarbazol	E, F	K	?
Nitrotoluolsulfonsäuren (Mono- und Dinitro-) und deren Salze	B	U	HPLC-UV, GC-MS nach Derivatisierung
Nitrierte Aromatische Azoverbindungen	B	U	Photometrie
2. Nitramine:			

Substanz(gruppe)	Typenzuordnung	Substanzin- stufung	Analyseverfahren
Hexogen = Cyclotrimethylentritramin	A, B, C, F	K	HPLC-UV
Öktogen = Cyclotetramethylentetranitramin	B, C, F	K	HPLC-UV
Tetryl = N-Methyl-2,4,6-Tetranitroanilin	B, C, D, F	K	HPLC-UV
Nitroguanidin	A, B, C, F	K	HPLC-EC
Ethylendinitramin	B, C, F	K	HPLC-UV (-EC)
3. Organische Salpetersäureester:			
Nitroglycerin = Glycerintrinitrat	A, B, C, F	K	HPLC-UV
Glycerindinitrate, -mononitrate	A, B, C, F	Z, U	HPLC-UV
Nitroglycol = Glycoldinitrat	A, B, C, F	K	HPLC-UV
Glycolmononitrat	A, B, C, F	Z, U	HPLC-UV
Diglycoldinitrat = Diethylenglycoldinitrat	A, B, C, F	K	HPLC-UV
Diethylenglycolmononitrate	A, B	Z, U	HPLC-UV
Dinitromonochlorhydrin	A, B, C, F	K	HPLC-UV
Nitropenta = Pentaerythrittetranitrat	B, D, F	K	HPLC-UV
Nitromannit = Mannithexanitrat	B, F	K	HPLC-UV
4. Nitrierte Aliphaten:			
Nitromethane (Mono-, Di-, Tri- und Tetranitro-)	B	U	GC-MS (-ECD)
5. Tetrazene:			

Substanz(gruppe)	Typenzuordnung	Substanzeinstufung	Analyseverfahren
Tetrazen = 5-(4-Amidino-1-tetrazeno)-5H-Tetrazol-Hydrat	D, F	K	HPLC-UV
6. Schwermetalle und ihre Verbindungen:			
Blei- und Bleiverbindungen	A, B, C, D, E, F	V, Z, K, U	DIN 38 406-E 6-3 (AAS-G)
Quecksilber- und Quecksilberverbindungen	D, E, F	V, Z, K, U	DIN 38 406-E 12 (AAS-Kaltdampf)
Chromverbindungen (vor allem Chromate)	B, E, F	K, U	DIN 38 406-E 10-2 (AAS-G)
Bariumverbindungen	B, C, D, E, F	K, U	DIN 38 406-E 19-3 (AAS-G)
Antimonverbindungen	C, D, E, F	K, U	DIN 38 406-E 18 (AAS-G)
Arsenverbindungen	C, E, F	K, U	DIN 38 405 D 18 (AAS-Hydrid)
Zinkverbindungen	C, F	K, U	DIN 38 406-E 8-1 (AAS-F)
7. Aromatische Amine:			
Aminonitrotoluole (Aminodinitro-, Diaminonitro-, Aminonitro-)	A, B, C, F	U	GC-MS (-ECD, -NPD)
Aminotoluole (Mono-, Di- und Triamino-)	B, C, F	U	GC-MS
Naphthylamine	B, C, F	U	HPLC-UV
Aminocresole (Mono- und Diamino-)	B, C, F	U	GC-MS, HPLC-UV
Aminodinitrophenole	B, C, F	U	GC-MS
Diaminobenzole	B, C, F	U	GC-MS
Anilin	A, B, C, F	U	GC-MS
Benzidin	B, C, F	U	HPLC-UV

Substanz(gruppe)	Typenzuordnung	Substanz- stufung	Analyseverfahren
8. Harnstoffderivate, Urethane und Diphenylamine:			
Akardite I-III	A, F	K	HPLC-UV
Centralite I-III	A, F	K	HPLC-UV
Urethane (Ethylphenyl-, Diphenyl- und o-Tolyl-)	A, F	K	HPLC-UV
Diphenylamin	A, F	K	GC-MS, HPLC-UV
N-Formyl-diphenylamin	A, F	K	GC-MS, HPLC-UV
Nitrodiphenylamine (Mono-, Di- und Hexanitro-)	A, F	U	GC-MS, HPLC-UV
9. Phthalate:			
Di-(n-butyl)-phthalat	A, F	K	GC-MS
Di-(ethylhexyl)-phthalat	A, F	K	GC-MS
10. Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX):			
Benzol	B	V	DIN 38 407-F4/F9, GC-MS (-FID)
Toluol	B	V	DIN 38 407-F4/F9, GC-MS (-FID)
Ethylbenzol	B	V	DIN 38 407-F4/F9, GC-MS (-FID)
Xylole	B	V	DIN 38 407-F4/F9, GC-MS (-FID)
11. Oxidierende Salze:			
Nitrate	B, C, D, E, F	K, U	DIN 38 405-D 19 (Ionenchromatographie)
Nitrite	B, C, D, E, F	U	DIN 38 405-D 19 (Ionenchromatographie)

Substanz(gruppe)	Typenzuordnung	Substanzeinstufung	Analyseverfahren
Perchlorate, Chlorate	B, C, D, E, F	K	Ionenchromatographie
Peroxide	F	K	DIN 38 409-H 15
12. Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):			
Fluoranthen	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Benz(a)pyren	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Benzo(b)fluoranthen	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Benzo(k)fluoranthen	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Benzo(ghi)perylene	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	A, B, C, D, E, F	U	HPLC-UV, GC-MS
Naphthalin	B	V	HPLC-UV, GC-MS
Anthracen	E	K	HPLC-UV, GC-MS
13. Sonstige Verbindungen			
Phenol, Resorcin, Cresole und deren Salze	B, C, E, F	V, U	DIN 38 409-H 16-1 (Phenolindex)
Formaldehyd	A, B, C, F	U	Photometrie
Dimethylnitrosamin	A, B, C, F	U	HPLC-UV
Mineralölkohlenwasserstoffe	B, C, F	K	DIN 38 409-H 18 (IR-Spektrometrie)
Phosphate	C, E, F	U	DIN 38 405-D 11 (Spektralphotometrie)
Organische Azoverbindungen	E	K	HPLC-UV

Erläuterungen:

Spalte "Typenzuordnung":

Die Buchstaben "A"-"F" stehen für die verschiedenen Typen von Produktionsstätten (vgl. Anhang A)

Spalte "Substanzeinstufung"

Die Buchstaben "K", "U", "V" und "Z" stehen für folgende Einstufung der Substanzen:

- V Vorprodukt
- Z Zwischenstufe der Produktion
- K Komponente des Sprengstoffes/der Sprengstoffmischung
- U Umwandlungsprodukt (Abbauprodukt)

Spalte "Analyseverfahren"

Die Abkürzungen stehen für folgende Verfahren:

- GC-MS Gaschromatographie, gekoppelt mit Massenspektrometer bzw. Massenselektiver Detektion
- GC-MSD)
- GC-ECD Gaschromatographie, gekoppelt mit Elektroneneinfangdetektion
- GC-FID Gaschromatographie, gekoppelt mit Flammenionisationsdetektion
- GC-NPD Gaschromatographie mit Stickstoff-/Phosphordetektor
- HPLC-EC Hochdruckflüssigkeitschromatographie mit elektrochemischem Detektor
- HPLC-UV Hochdruckflüssigkeitschromatographie mit Ultraviolett-Detektor
- AAS-F Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenanregung
- AAS-G Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohranregung
- AAS-Hydrid Atomabsorptionsspektrometrie mit Hydridtechnik
- IR-Spektrometrie Infrarot-Spektrometrie

2. Schadstoffeigenschaften ausgewählter Stoffgruppen

* Nitroaromaten

Die Grundstruktur aller aromatischen Nitroverbindungen (Nitroaromaten) wird von einem Benzol bzw. kondensierten Benzolringen gebildet. Diese stabilen Kohlenstoffringverbindungen (Aromaten) werden durch Einfügen von Nitrogruppen (Nitrierung) zusätzlich abgeschirmt und erhalten dadurch eine hohe chemische Stabilität. Alle Nitroaromaten besitzen eine hohe akute Toxizität. Sie können über die Haut (dermal) oder als Staub über die Atemwege (inhalativ) in den Organismus gelangen. Dort rufen sie u.a. Leberschädigungen, Anämie und Zyanose (Blausucht) hervor. Nitroaromaten gelten als potentiell bzw. erwiesen mutagen (erbgutschädigend). Dinitrotoluole werden als eindeutig kanzerogen (krebserregend), Trinitrotoluole, Dinitrobenzole und Dinitronaphthaline als Substanzen mit begründetem Verdacht auf kanzerogenes Potential eingestuft. Nitroaromaten gefährden in unterschiedlichem Ausmaß das Grundwasser. Die Mehrzahl von ihnen ist gering wasserlöslich (Löslichkeit für Trinitrotoluole 100 mg/l, für Dinitrotoluole 145 bis 300 mg/l und für Trinitroanisole 200 mg/l). Stärker wasserlöslich sind Trinitrophenol (Löslichkeit 11,1 g/l bei 20°C), Trinitrocresol (1,5 g/l bei 15°C) und 1,4-Dinitrobenzol (1,8 g/l bei 20°C). Aus den Nitroaromaten entstehen bei mikrobiellem Abbau durch Reduzierung der Nitrogruppen aromatische Amine, die toxikologisch noch gefährlicher einzuschätzen sind.

* Nitramine

Die zur Gruppe der Nitramine (auch Nitroamine) zählenden Explosivstoffe enthalten als charakteristische funktionelle Gruppe eine Kombination aus einer Nitro- und einer Aminogruppe. Diese ist entweder an eine Ringstruktur aus Kohlenstoff-, z.T. auch Stickstoffatomen (Hexogen, Oktogen, Tetryl) oder an kettenförmige Strukturen (Nitroguanidin, Ethylendinitramin) gebunden. Aufgrund der Reaktionsfähigkeit der Nitraminbindung wirken alle diese Verbindungen toxisch, wobei diese Wirkung strukturell bedingt unterschiedlich stark ist. Nur für einige Nitramine liegen dazu detaillierte Angaben vor. Die Aufnahme in den Organismus kann dermal oder inhalativ erfolgen. Langzeitwirkungen der Nitramine, speziell ihre Kanzerogenität (Krebsauslösung) und Mutagenität (Erbgutschädigung), sind bislang kaum erforscht. Die ringförmig strukturierten Nitramine sind gering wasserlöslich (Löslichkeit für Tetryl 80 mg/l und für Hexogen 60 mg/l), die kettenförmigen Nitramine weisen eine stärkere Wasserlöslichkeit auf (z.B. für Nitroguanidin 4,2 g/l und für Ethylendinitramin 0,3 g/l). Ihr Abbau- und Transportverhalten ist bislang wenig erforscht. Tetryl kann zu ähnlich strukturierten Nitroaromaten sowie aromatischen Aminen umgewandelt werden. Hexogen und Oktogen können über Nitrosamine bis zu Hydrazinderivaten bzw. zu Formaldehyd abgebaut werden. Der Abbau von Nitroguanidin kann unter anaeroben Bedingungen zum Guanidin bzw. zum Melamin führen. Insbesondere die Abbauprodukte aromatische Amine und Nitrosamine sowie Formalde-

hyd sind wegen ihrer kanzerogenen bzw. mutagenen Wirkungen als stark gesundheitsschädlich anzusehen. Während die kettenförmigen Nitramine aufgrund ihrer größeren Mobilität gering in Boden und Sediment akkumulieren, werden die gering mobilten ringförmig strukturierten Nitramine relativ stark im Boden gebunden.

* Organische Salpetersäureester

Die Verbindungen der Gruppe der organischen Salpetersäureester enthalten jeweils eine oder mehrere Nitratestergruppen. Diese sind entweder an Kohlenhydratstrukturen (bei Nitrocellulose, Nitropenta, Nitromannit) oder an Strukturen mehrwertiger Alkohole (bei Nitroglycerin und anderen Glycerinnitraten, Nitroglycol und anderen Glycolnitraten, Diglycoldinitrat und anderen Diglycolnitraten, Dinitromonochlorhydrin) gebunden. Aus diesen strukturellen Unterschieden resultiert eine abgestufte Toxizität und Mobilität der organischen Salpetersäureester. Während die nitrierten Kohlenhydrate (Nitrocellulose, Nitropenta, Nitromannit) als gering bis nicht toxisch einzustufen sind, besitzen die übrigen organischen Salpetersäureester (Nitroglycerin, Nitroglycol etc.) eine hohe akute Toxizität. Langzeitwirkung wie Kanzerogenität und Mutagenität sind wenig erforscht, wobei bisher keine kanzerogenen oder mutagenen Wirkungen festgestellt werden konnten. Nitropenta und Nitromannit gelten als kaum wasserlöslich (Löslichkeit für Nitropenta ca. 2 mg/l), Nitrocellulose als praktisch unlöslich in Wasser. Dagegen sind die übrigen organischen Salpetersäureester erheblich stärker löslich (Löslichkeit für Nitroglycerin 1,8 g/l, für Nitroglycol 5,6 g/l, für Diglycoldinitrat 4 g/l und für Dinitromonochlorhydrin 2,3 g/l). Das Abbau- und Transportverhalten ist bisher wenig erforscht. In der Regel verläuft der Abbau durch schrittweise Esterspaltung (Hydrolyse) bis zu den nitratfreien Kohlenhydraten bzw. mehrwertigen Alkoholen. Die gering mobilten nitrierten Kohlenhydrate werden tendenziell in Boden und Sediment stark angereichert, während die übrigen organischen Salpetersäureester aufgrund ihrer Mobilität nur geringe Neigung zur Akkumulation zeigen.

* Schwermetallverbindungen

Die Schwermetallverbindungen sowie metallisches Blei und Quecksilber besitzen aufgrund ihrer Toxizität große Bedeutung bei der Untersuchung von Rüstungsalftlasten. Neben akut toxischen Wirkungen dieser Substanzen sind von Blei und Bleisalzen sowie methyliertem Quecksilber, das z.B. durch mikrobielle Umwandlung entstehen kann, mutagene Wirkungen bekannt. Chromate und andere Chrom-(VI)-verbindungen werden als kanzerogene Substanzen eingestuft. Die Mobilität der Schwermetallverbindungen ist stark vom geochemischen Milieu (Redoxpotential und pH-Wert im Boden) abhängig, so daß fixierte Schwermetallgehalte bei Änderung dieser Bedingungen wieder mobilisiert werden und ins Grundwasser gelangen können.

* Aromatische Amine

Die aromatischen Amine als Abbau- und Umwandlungsprodukte der Nitroaromaten enthalten eine oder mehrere Aminogruppen, die an Kohlenstoffringstrukturen gebunden sind. Sie weisen insgesamt eine höhere Wasserlöslichkeit als die Nitroaromaten auf (z.B. Löslichkeit für 4-Aminotoluol 7,4 g/l, für 1-Aminonaphthalin ca. 1,7 g/l und für Anilin 34 g/l) und sind daher sehr mobil. Die aromatischen Amine gelten als toxische Substanzen. Die akute Toxizität erklärt CARPENTER mit der Fähigkeit dieser Substanzen, mit Carboxylgruppen von Zellproteinen Kondensationsreaktionen eingehen zu können. Einige Vertreter dieser Stoffgruppe werden als mutagen (Aminonitrotoluole und Aminodinitrotoluole), zahlreiche weitere sogar als karzinogen (Anilin, Benzidin, Naphthylamine, 1,2- und 1,4-Aminotoluol, 2-Amino-4-Nitrotoluol und 2,4-Diaminotoluol) eingestuft. Aufgrund der aromatischen Struktur der Kohlenstoffgrundgerüste besitzen die aromatischen Amine eine große chemische Stabilität und werden als Endstufe des mikrobiellen Abbaus der Nitroaromaten angesehen. Wegen ihres Gefahrenpotentials empfahl das Bundesgesundheitsamt, die Anwesenheit aromatischer Amine im Trinkwasser auszuschließen bzw. auf einen Gehalt von 0,1 µg/l zu begrenzen, was der Nachweisgrenze dieser Substanzen entspricht.

* Harnstoffderivate, Urethane und Diphenylamine

Die Harnstoffderivate stellen Verknüpfungen von ringförmigen Phenyl- sowie Methyl- und Ethylgruppen mit der Grundstruktur des Kohlendiamids (Harnstoff) dar. Bei den Urethanen sind analog aromatische Phenyl- bzw. o-Tolyl- und kettenförmige Ethylgruppen an die Grundstruktur der Carbaminsäure gebunden. Diphenylamin besteht aus zwei aromatischen Phenylgruppen, die über eine Iminobridge verknüpft sind. Diese Substanzen sind strukturell bedingt gering wasserlöslich (z.B. Löslichkeit von Akardit I 150 mg/l, von Centralit I 80 mg/l und von Diphenylamin 40 mg/l) und daher wenig mobil. Über die Harnstoffderivate, Urethane und das Diphenylamin sowie ihr Abbau- und Transportverhalten ist wenig bekannt. Die Harnstoffderivate werden als gering bis nicht toxisch sowie nicht mutagen eingestuft. Die Stoffgruppe der Urethane gilt als akut toxisch und karzinogen. Diphenylamin wird als gering toxisch und nicht mutagen beschrieben. Allerdings entstehen beim Abbau dieser Substanzen Anilin und seine Derivate, die als akut toxisch und karzinogen gelten. Ferner wird für das Diphenylamin ein komutagenes und karzinogenes Zerfallsprodukt, das N-Nitroso-Diphenylamin, beschrieben.

* Phthalate

Phthalate stellen Ester der Phthalsäure (1,2-Benzoldicarbonsäure) dar. Als Stabilisatoren von Treibladungspulvern wurden Ester mit zwei kettenförmigen Aliphaten eingesetzt. Durch vielfältige Anwendung von Phthalaten, insbesondere als sogenannte Weichmacher in Plastikerezeugnissen, treten diese Substanzen heute nahezu ubiquitär auf. Sie besitzen eine relativ geringe Flüchtigkeit und sind wenig wasserlöslich (z.B. Löslichkeit für Di-(2-ethylhexyl)-phthalat 40 µg/l). Daher sind sie als wenig mobil und als persistent zu betrachten. Aufgrund ihrer guten Bioverfügbarkeit gelangen Phthalate vor allem über die Nahrung, in geringerem Maße auch über das Trinkwasser in den Organismus. Phthalate gelten als akut toxisch (Leber- und Nierenschädigungen) und potentiell karzinogen.

Anhang C: Literaturhinweise

Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg (1993): Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen, Nr. 33, S. 1115-1123.

Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg (1993):

Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probenahme und -aufbereitung (VwV Bodenproben) Nr. 30, S. 1017-1028.

Bielefeld, Hella F. (1991): Untersuchung von Rüstungsaltlasten. Berlin.

Haas, Rainer (1992): Konzepte zur Untersuchung von Rüstungsaltlasten. Berlin.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bundesangelegenheiten (1992): Expertengespräch Rüstungsaltlasten aus der Produktion und Verarbeitung von Sprengstoff. Wiesbaden.

Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (1990): Sanierung der Rüstungsaltlast Hirschhagen. Dokumentation. Wiesbaden.

Kiefer, Karl Werner (1991): Rüstungsaltlasten '91. Untersuchungsmethoden, Sanierungsmöglichkeiten, Verhinderung militärischer "Neu"-Lasten. Berlin.

König, Wolfram; Schneider, Ulrich (1985): Sprengstoff aus Hirschhagen. Vergangenheit und Gegenwart einer Munitionsfabrik. Kassel.

Niedersächsisches Umweltministerium (1989): Expertengespräch Rüstungsaltlasten. Hannover.

Pfaff-Schley, Herbert (1992): Rüstungsaltlasten '92. Erkundung und Untersuchung von ehemals und aktuell militärisch genutzten Flächen. Berlin.

Schneider, Ulrich (1991): Eine Rüstungsaltlast in Sachsen. Umwelt: Zeitschrift des VDI, Nr. 3/1991.

Spyra, Wolfgang (1992): Verfahren zur Sanierung von Rüstungsaltslasten. Analytik, Sicherung und Verfahrenstechnik. Berlin.

Thome-Kozmiensky, Karl J. (1992): Management zur Sanierung von Rüstungsaltslasten. Berlin.

Wolff, Hans-Jürgen (1989): Die Allendorfer Sprengstoffwerke DAG und WASAG. Stadtallendorf.