

Erkundungsmethodische Grundlagen der Risikobewertung von Altlastverdachtsflächen

Georg Walach, Leoben*)

Die systematische Bewertung der von Altlastverdachtsflächen ausgehenden Gefährdungen für Mensch und Umwelt erfordert formalisierte Vorgangsweisen, die Bewertungsmodelle genannt werden. Ihr Prinzip sowie Beispiele werden vorgestellt. Die für die Risikobewertung erforderlichen Informationen über den Zustand des Untergrundes werden mit Hilfe von indirekt oder direkt arbeitenden Erkundungsverfahren ermittelt. Indirekte Verfahren sind die Luftbildauswertung und die

Geophysik, diese werden ausführlich erläutert. Zu den direkten Verfahren zählt man Bodeneingriffe (Bohrungen, Sondierungen, Schürfe, Bodenluftuntersuchungen), sedimentologische und hydrogeologische Methoden, biologisch/ökologische Untersuchungen sowie den Komplex der chemischen und physikalischen Probenanalytik. Auf die direkten Verfahren wird nur auszugsweise (Bodenluftuntersuchung, Bioindikatoren) eingegangen.

Fundamental Surveillance Methods used when Calculating the Hazards of Suspicious Land Fill Sites (Refuse Dumps)

The systematic evaluation of suspicious land fill sites, which could become hazard to humans and environment, has to be carried out formally. The principal, together with a few examples, will be presented in the following article. The information, needed to evaluate the risk factor of the site, is accumulated with the help of direct or indirect inquiries. Indirect inquiries are made by evaluating aeronautical photographs and the geophysics, which will be explained in detail later.

Direct inquiries include the physical examination of the earth (drilling, exploration, prospecting and examination of air in the soil), sedimentology and hydrogeology methods, biological/ecological examinations as well as chemical and physical analysis. The examination of air in the ground and bioindicators will only be briefly mentioned.

Principes des méthodes d'investigation pour l'évaluation des risques de surfaces soupçonnées de charges anciennes

L'évaluation systématique des dangers que présentent pour l'homme et l'environnement les surfaces soupçonnées de charges anciennes, exige des manières de procéder possibles, appelées modèles d'estimation. On présente leur principe en donnant des exemples. Les informations, nécessaires pour l'évaluation des risques, sur l'état du sous-sol sont obtenues par des méthodes d'investigation indirectes ou directes. Les méthodes indirectes sont l'interprétation de l'analyse de

l'air et la géophysique, dont on fait un exposé détaillé. Parmi les méthodes directes, on compte les interventions dans le sol (forages, sondages, études de l'air contenu dans le sol), les méthodes sédimentologiques et hydrogéologiques, les études biologiques/écologiques ainsi que l'ensemble du système d'analyses chimique et physique d'échantillons. On ne traite que de quelques méthodes directes (étude de l'air contenu dans le sol, bioindicateurs).

1. Einleitung

Ausführungen zum Thema „Altlasten“ beginnt man am sinnvollsten mit einem Blick auf die Dimension des Problems. Dazu muß man nach aktuellem Wissensstand für die Industriestaaten Zen-

1. Introduction

On the topic of suspicious land fill sites it is best to start by looking at the scope of the problem. If we take the latest known information of central Europe, it can be seen that a six digit figure indicates the number of sites used per 1.000 population. These sites will need registering, investigating and, if found to be a risk to humans or environment, reclaimed. Among other things, this

*) Ass.-Prof. Dr. Georg Walach
Institut für Geophysik
Montanuniversität Leoben

traleuropas zumindest von einer „Altlastverdachtsfläche“ je 1000 Einwohner ausgehen. Das führt überschlagsmäßig zu einer sechsstelligen Zahl von Standorten, die in der näheren Zukunft erfaßt, überprüft und im Nachweisfall einer Gefährdung für Mensch und Umwelt auch saniert werden sollten. Neben vielem anderen begründet diese einfache Rechnung eine enorme Herausforderung an die Naturwissenschaften und die Technik.

Für die „alte“ Bundesrepublik Deutschland nennen beispielsweise aktuelle Statistiken eine Zahl von fast 50.000 Verdachtsflächen, von denen nachweislich rund 2000 Schadstoffe an die Umwelt abgeben und von denen wiederum für etwa 1000 ein akuter Handlungsbedarf besteht. Als ein uns näher stehendes Beispiel zeigt die Tabelle 1 eine Übersicht der mit Stand Herbst 1988 durch die Gemeinden in Österreich als aufgelassen gemeldeten Mülldeponien, Hodecek & Schäfer (6). Dazu ist anzumerken, daß nur für einen Bruchteil dieser über 4000 Standorte verlässliche Informationen bezüglich der Auswirkungen auf ihr Umfeld vorliegen. Dabei bilden gerade die kommunalen Altablagerungen die am weitesten erkundete Teilmenge; für andere Kategorien von Verdachtsflächen, wie Betriebsstätten (Industriebranche), Untertagebehälter und -leitungen, Kanalisationen, Verkehrsflächen u. a. m. ist daher für die Zukunft noch mit einem erheblichen Ansteigen der Zahlen zu rechnen.

Den weiteren Ausführungen müssen zwei grundsätzliche Definitionen vorangestellt werden. Diese lauten nach ALSAG, Altlastensanierungsgesetz: BGBl. 299/89; Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 (7) zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung:

„Altlastverdachtsflächen“ sind darstellbare Bereiche, von denen auf Grund früherer oder gegenwärtiger Nutzungsformen eine unzumutbare Be-

fact puts an enormous challenge on environmental scientists and technology.

For example, in the old Federal Republic of Germany, recent statistics have shown that there are almost 50.000 suspicious land fill sites. About 2.000 of these have been proved to be giving off harmful substances to the neighbouring environment, of which 1.000 have become an acute hazard.

A very interesting example can be seen in table 1, which shows the number of registered, but dormant land fill sites in the counties of Austria, from Hodecek & Schäfer (6).

One thing has to be realised however, and that is, that any reliable information, especially in respect to damaging consequences to their surroundings, is only available for a limited number of these sites.

Communal land fill sites are at present, the most ascertained sites. These do not include the dumps from workshops (industries), buried tanks and pipes, sewerage nor transport routes. This means, that the number of suspicious sites will rise quite effectively in the near future.

Further types of site can be principally split into two categories, according to ALSAG (a law laid down by the Federal Government on 7th June 1989 with the number BGBl 299/89 (7). To finance and reclaim dormant suspicious land fill sites/dumps).

These are:

“Hazardous, suspicious sites”, areas which could become hazardous to humans and environment, because of previous and present uncontrolled dumping of harmful substances (grease, liquids, gaseous waste).

“Hazardous dormant sites”, areas which are already contaminating the ground and ground wa-

Tabelle/Table 1

Mit Stand Herbst 1988 nach Angaben der Länder als aufgelassen bekanntgegebene Mülldeponien in Österreich, nach Hodecek und Schäfer, 1989 (6)

Known dormant dump sites in the Austrian counties from autumn 1988 (Hodecek and Schäfer, 1989) (6)

Bundesland/County	Fläche Area (km ²)	Anzahl der aufgelassenen Mülldeponien No. of dormant dump sites	Spez. Flächen- verteilung (Dep./km ²) No. of sites/km ²
Burgenland	3.965	143–195	0,04–0,05
Kärnten	9.533	445	0,05
Niederösterreich	19.172	ca. 1500–2000	ca. 0,08–0,10
Oberösterreich	11.980	430	0,04
Salzburg	7.154	ca. 150–200	ca. 0,02–0,03
Steiermark	16.387	525	0,03
Tirol	12.647	ca. 290	ca. 0,02
Vorarlberg	2.601	162	0,06
Wien	415	220	0,53
Österreich	83.854	ca. 3865–4467	ca. 0,05

Tabelle 2

Beispiele für Modelle zur Erfassungsbewertung
(nach Franzius, 1989) (5)

HAMBURG (AGAPE – Abschätzung des Gefährdungspotentials von Altlastverdächtigen Flächen zu Prioritätenermittlung, 1989)

Ziel: Festlegung der Untersuchungsnotwendigkeit sowie Festlegung der Untersuchungsreihenfolge (über Punktesystem) und Einordnung in 3 Prioritätenstufen (1 – vorrangige Bearbeitung, 2 – nachrangige Bearbeitung, 3 – Bearbeitung nur im Zusammenhang mit Bauvorhaben)

Inhalt: Vorläufige Abschätzung des Gefährdungspotentials für die Umwelt nach Prüfung der Gefährdungspfade Grundwasser, Oberflächenwasser, Luft, direkter Kontakt und Boden. Für jeden Gefährdungspfad werden Stoffeigenschaften, Möglichkeiten der Schadstoffausbreitung und der Schädigung von Schutzgütern mit Punkten bewertet.

HESSEN (Richtlinien 1986)

Ziel: Einordnung in 3 Prioritätenstufen für weitere Überprüfungen und Untersuchungen (1 – kurzfristige, 2 – mittelfristige, 3 – langfristige Überprüfung).

Inhalt: Nennung von Kriterien für jede der 3 Prioritätsstufen, Erfüllung der Hauptkriterien „Lage in Schutzzone II eines Wasserwerkes bzw. einer Heilquelle“ und/oder „Abfälle der Kategorie II oder III“ und/oder „Lage in einer Bebauung“ führt zur Einstufung in die höchste Prioritätsstufe

RHEINLAND-PFALZ (1986)

Ziel: Einstufung in 4 Gefahrenklassen als Entscheidungshilfe für Notwendigkeit und Art weiterer Maßnahmen (Überwachung, Sanierung)

Inhalt: Nennung von Kriterien für jede Gefahrenklasse; Erfüllung eines der genannten Kriterien reicht für die Einstufung in die jeweils höchste Klasse aus.

SCHLESWIG-HOLSTEIN (1985)

Ziel: Zuordnung zu einer von 3 Dringlichkeitsstufen für weitere Maßnahmen (Untersuchung, Überwachung)

Inhalt: Punktvergabe für die Erfüllung von Kriterien (Abfallart, Standortgegebenheiten und Nutzung)

einträchtigung für den Menschen und die Umwelt oder eine Gefährdung durch Verunreinigungen (fest, flüssig, gasförmig) ausgehen kann.

„Altlasten“ sind Altablagerungen, Altstandorte sowie durch diese kontaminierte Böden und Grundwasserkörper, von denen – nach den Ergebnissen einer Gefährdungsabschätzung – Gefahren für die Gesundheit des Menschen oder die Umwelt ausgehen.

Demnach genügt für die Zuordnung eines Areals zur Kategorie Verdachtsfläche ein konkreter Verdacht für das Vorhandensein eines Gefährdungspotentials. Hingegen setzt die Zuordnung zur Kategorie Altlast die Abwicklung eines wissenschaftlich, technisch, rechtlich und administrativ fundierten Untersuchungsprogrammes zum definitiven Nachweis einer gegebenen Gefährdung für jede einzelne Verdachtsfläche voraus.

Das führt zu dem Schluß, daß für die primäre Bearbeitung des Altlastenproblems einerseits

ter. The risk of these sites can be evaluated, and consequences to humans and environment foreseen.

In order to classify an area as being a suspicious site, one must have evidence to prove that the site is a potential hazard. This requires a thorough investigation, scientifically, technically and legally, to determine the potential hazard of each individual site. This leads to the conclusion that, before any initial work can be carried out to eliminate potential hazards, a standard assessment procedure must be issued. On the other hand, surveillance procedures are also required to evaluate the circumstances objectively. This conclusion will now be covered in greater detail.

2. Forms of evaluation

According to Franzius (5), forms for the evaluation of suspicious sites, differ basically by the order of priorities when assessing the basic information available. These can generally be split

Table 2

Examples of the forms of evaluation assessment
(according to Franzius, 1989) (5)

HAMBURG (AGAPE – priority assessment of the potential dangers of dormant, suspicious sites)

Objective: Determination of the investigation necessity, laying down the order of investigations (with aid of scoring) and sorting the investigations into 3 priority categories (1 – urgent, 2 – not so urgent, 3 – only if buildings are to be built).

Contents: Preliminary evaluation of the potential dangers to the environment with regard to: streams which could be a danger to the ground water, surface water, air, direct contact and soil. Each of these are awarded points according to the type of danger, type of substance and the localisation.

HESSEN (Guideline 1986)

Objective: Sorting further investigations into 3 priority categories (1 – short term, 2 – medium term, 3 – long term).

Contents: Laying down the criteria for each of the 3 priority categories: fulfillment of the main criteria for a water works e.g. a spa, refuse from category I or II and/or the location of a construction site puts these into category 1, highest priority.

RHEINLAND-PFALZ (1986)

Objective: Classification of 4 danger groups to assist on decisions regarding necessity and which steps to be taken (constant checking or reclaiming).

Contents: Laying down the criteria for each danger group: If one of the laid down criteria is met, this automatically puts it into the highest priority category.

SCHLESWIG-HOLSTEIN (1985)

Objective: Sorting further investigations into 3 priority categories (investigation, constant checking).

Contents: Awarding points for the fulfilment of criteria.

formalisierte Vorgangsweisen bzw. Normen als „Bewertungsmodell“ vorgegeben werden müssen und andererseits „Erkundungsverfahren“ erforderlich sind, welche die Beschaffung der für die Bewertung erforderlichen objektiven Sachverhalte ermöglichen. Damit befaßt sich das Referat.

2. Bewertungsmodelle

Nach Franzius (5) unterscheiden sich Modelle zur Bewertung von Altlastverdachtsflächen

Tabelle 3

Beispiele für Modelle zur Bewertung in der Orientierungsphase oder später (nach Franzius, 1989) (5)

HAMBURG (Baubehörde 1985)

Ziel: Festlegung der Reihenfolge für detaillierte Untersuchungen; Zuordnung zu einer von 3 Kategorien.

Inhalt: Abschätzung des relativen Gefährdungspotentials von Untergrundverunreinigungen, insbesondere für das Grundwasser. Punktevergabe für Bewertungsfaktoren (Untergrundverhältnisse, Schadstoffe, Nutzung, Verunreinigung von Wasser und Boden); Verwendung einer „Schwellenwertliste“.

NIEDERLANDE (Rijnmond 1985)

Ziel: Feststellung der Untersuchungsdringlichkeit bzw. nach Detailuntersuchungen der Sanierungsdringlichkeit von Bodenkontaminationen.

Inhalt: Beurteilung der (möglichen) Beeinträchtigung von Menschen, Tieren, Pflanzen, sowie der Bodenkontamination (Maßstab: „Holländische Liste“, Van der Eijk, et al., 1985) und der Auswirkungsmöglichkeiten im Untergrund; Beurteilung mit Hilfe eines Punktesystems.

USA-EPA (Hazard Ranking System 1982, 1988)

Ziel: Einordnung in die „National Priority List“ zur Ermittlung der im Rahmen des „Superfund“ mit höchster Priorität zu sanierenden Standorte.

Inhalt: Beurteilung des relativen Gefahrenpotentials mit Hilfe eines Punktesystems für die Gefährdungspfade Grundwasser, Oberflächenwasser und Luft; seit 1988 wird zusätzlich auch der Gefährdungspfad „direkter Kontakt“ berücksichtigt. Das Modell berücksichtigt Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens.

BADEN-WÜRTTEMBERG (1987)

Ziel und Inhalt: Es wird eine vergleichende Bewertung von Verdachtsflächen im Hinblick auf die Gefährlichkeit für genannte Schutzgüter durchgeführt. Anhand der Bewertungsergebnisse erfolgt eine Prioritätensetzung für Folgemaßnahmen und die Ermittlung des Handlungsbedarfs im Einzelfall. Die Prioritätensetzung (Dringlichkeit von Maßnahmen) richtet sich nach dem von der Verdachtsfläche ausgehenden Risiko, der Handlungsbedarf (Art der Maßnahmen) darüber hinaus nach dem Erkundungsstand („Beweisniveau“). Als Maßnahmen kommen in Betracht: A-Ausscheiden aus der Altlastendatei, B-Belassen in der Altlastendatei, C-fachtechnische Kontrolle, D-Durchprüfung von Möglichkeiten zur Gefahrenminderung, E-Erkundung, um z. B. auf ein höheres Beweisniveau zu kommen.

Table 3

Examples of the forms of evaluation during or after the location phase (according to Franzius, 1989) (5)

HAMBURG (Planing council 1985)

Objective: Determining the order of detailed investigations into 3 categories.

Contents: Evaluation of the potential dangers from underground contamination, especially in the ground water. Awarding points for assessment, with regard to: status under the grounds surface, noxious matters, usability, pollution of water and soil by using a threshold list.

HOLLAND (Rijnmond 1985)

Objective: Laying down the order of investigation priorities after a detailed examination of the involvement, when clearing the sites from contaminants.

Contents: Evaluation of the ground contamination. The possible affect on humans, agriculture and animals (Reference: "List from Holland", Van der Eijk, et al., 1985) and the consequences on the underground. Assessment by points.

USA-EPA (Hazard Ranking System 1982, 1988)

Objective: To register the areas with the highest priority in the "National Priority List" for which a super fund has been established.

Contents: Evaluation of the potential dangers from pollution by point assessment, especially the ground water, surface water and air. An extra clause was added in 1988 which took direct contact into account covering the possibility and probability of such cases.

BADEN-WÜRTTEMBERG (1987)

Objective and Contents: An assessment of suspicious sites will be carried out with regard to the danger for so called protected goods. A priority list will then be made, showing which steps have to be taken for each individual site. Priorities will be set according to the estimated hazard, and consequences depending on the results of site investigations. The consequences could be: A - Elimination from the hazardous site records, B - Resume in the hazardous site records, C - Expert evaluation of the site, D - Special on site undertaking to reduce hazard risk, E - Further investigation to gain more information.

into two groups, whereby Förster (4), shows that in practice, this is not the case.

- Evaluation of information at hand (relative evaluation)
- Evaluation of surveillance information (absolute evaluation)

The evaluation of information on hand, is based on available information without any site survey. The site survey is in this case is part of the second and detailed phase. For example in Germany, a draft covering hazardous sites of deposited communal waste LAGA from 1989 (7) mentioned the terms "evaluation of information on hand", "surveillance phase" and "detailed phase" together with "reclaim investigations" and "safety".

grundsätzlich durch eine unterschiedliche Berücksichtigung des zugrundeliegenden Informationsniveaus. Sie lassen sich pauschal in zwei Gruppen einteilen, wobei sich jedoch diese Einteilung nach Förstner (4) in der Praxis immer mehr verwischt:

- Modelle zur Erfassungsbewertung (relative Wertsetzung),
- Modelle zur Bewertung in der Orientierungsphase oder später (absolute Wertsetzung).

Modelle zur Erfassungsbewertung stützen sich nur auf die im Rahmen der Erfassung vorliegenden oder erhobenen Informationen. Untersuchungen vor Ort sind nicht vorgesehen. Diese sind Gegenstand der nachfolgenden Orientierungsphase und der daran anschließenden Detailphase. Beispielsweise stellen in der Bundesrepublik Deutschland die Begriffe Erfassungsbewertung, Orientierungsphase und Detailphase, zusammen mit der Sanierungsuntersuchung, Sicherung bzw. Sanierung sowie Nachsorge die sechs Phasen der Bearbeitung gemäß dem Entwurf 1989 der Informationsschrift „Altlasten“ der Ländergemeinschaft Abfall, LAGA (7), dar.

In der Praxis dienen Modelle zur Erfassungsbewertung der Einstufung einer Verdachtsfläche in Gefahrenklassen als Entscheidungshilfe für Notwendigkeit und Art weiterer Maßnahmen, ohne

Practically speaking, evaluation of already available information allows a suspicious site to be rated for hazard, so that necessary steps can be taken without undertaking on site investigations.

The surveillance phase however, does require on site investigation. With this information, it is then possible to see the urgency of reclaiming the site. Table 3 and 4 show examples, from different countries, of the various forms of evaluation from both groups.

Of course there are forms of evaluation which contradict the ones mentioned above and are not specifically separated into categories. For example, the form of evaluation used in Baden-Württemberg (see table 3) can be taken up at any stage of investigation. This concept is directed more to individual, rather than to priority cases Dormant Site Handbook Baden-Württemberg, part I and part II, Karlsruhe 1987 (1).

In Austria, there is a draft to the ÖNORM (Austrian Standards) no. S 2008 from 1989, which calls for two levels of decision. The preliminary investigation and the main investigation. The block diagram (fig. 1) shows the way suspicious sites are evaluated during the preliminary investigation. Main investigations are then carried out to see which steps can be taken. Table 4 shows a possible alternative to fig. 1. The investigation normally

Tabelle 4

Mögliches Ablaufschema für die Bearbeitung von Altlast-Verdachtsflächen in Österreich (nach Umweltbundesamt, Wien 1987, verändert)

1. ERFASSUNG

Ziel: Ermittlung von Anzahl, Lage, Art ...
Methode: Erhebungen, Befragungen, Begehungen, Luftbildauswertung ...

2. ORIENTIERENDE UNTERSUCHUNG (Vor-)

Ziel: Informationen für Erstbewertung (für jede einzelne Verdachtsfläche)

3. ERSTBEWERTUNG

Ziel: Prioritätenliste nach Gefährlichkeit
Methode: Bewertung der Voruntersuchungen

4. VERTIEFENDE UNTERSUCHUNG (Haupt-)

Ziel: Erweiterung des Informationsstandes, Entscheidungsmodell für weitere Maßnahmen (ausgewählte Verdachtsflächen)

Methode: Detailerkundungsprogramm betreffend Dimension, Geologie, Schadstoffinventar und -emission, Umlandbeeinflussung; Einsatz indirekter und direkter Erkundungsverfahren

5. BEWERTUNG

Ziel: Definitive Einstufung der Verdachtsfläche in
- sanierungsbedürftig
- überwachungsbedürftig
- andere Maßnahmen
- keine Maßnahmen

Methode: Sachverständigenurteil

Sicherung - Sanierung - Nachsorgemaßnahmen

Table 4

Possible working schedule for the investigation of suspicious deposit sites in Austria (according to the environmental ministry, Vienna, 1987)

1) GENERAL

Objective: Determine the amount, location and type ...
Method: Evaluation, questioning, walking the site, evaluation of aerial pictures ...

2) ORIENTATED INVESTIGATION

Objective: To gather information from each suspicious site for an initial evaluation.

3) INITIAL EVALUATION

Objective: To form a priority list according to the hazard
Method: Evaluation of initial information

4) MAIN INVESTIGATION

Objective: To widen the scope of known information and determine which steps have to be taken.

Method: To form a detailed investigation programme covering dimensions, geology, amount of noxious matters, emissions, influence on the surrounding area and whether direct or indirect inquiries have to be made.

5) EVALUATION

Objective: To categorize the suspicious site into one of the following
- site that needs treatment
- constant checking necessary
- another intervention
- no undertaking

Method: Investigation evaluation

securing - treatment - precaution

daß das Objekt direkt untersucht werden muß. Modelle zur Bewertung in der Orientierungsphase oder später setzen hingegen Voruntersuchungen voraus und haben die Feststellung der Untersuchungsdringlichkeit bzw. nach weiteren Detailuntersuchungen auch der Sanierungsdringlichkeit zum Ziel. In den Tabellen 3 und 4 sind Beispiele für in verschiedenen Ländern verwendete Bewertungsmodelle aus beiden Gruppen zusammengestellt.

Im Gegensatz zu den zuvor angeführten Bewertungsmodellen stehen Systeme, bei denen keine formale Trennung in definierte Bewertungsebenen vorgesehen ist. Beispielsweise kann das in Baden-Württemberg verwendete Modell (Tabelle 3) bei jedem beliebigen Erkenntnisstand durchlaufen werden, sobald ein bestimmter Umfang an Informationen vorhanden ist. Dieses Modell Altlastenhandbuch Baden-Württemberg, Teil I und II, Karlsruhe 1987 (1), ist von der Anlage her weniger zur Prioritätensetzung als vielmehr zur Einzelfallbeurteilung konzipiert.

In Österreich sind nach einem Entwurf zur Önorm S 2008 von 1989 zwei Entscheidungsebenen, die Voruntersuchung und die Hauptuntersuchung, vorgesehen. Nach diesem in Abb. 1 schematisch dargestellten Modell erfolgt die Verdachtsflächenbewertung im Rahmen der Voruntersuchung, während die Hauptuntersuchung der Maßnahmenbewertung dient bzw. ein Entscheidungsmodell für optimale Maßnahmenentscheidungen bildet. Die Tabelle 4 zeigt eine mögliche arbeitstechnische Differenzierung des in Abb. 1 dargestellten prinzipiellen Ablaufschemas.

Innerhalb der verschiedenen Bewertungsmodelle sind die Ansatzpunkte für die Erkundungsmethodik in der Regel ab der Orientierungsphase (in Österreich: Voruntersuchung) anzusetzen, wobei der Schwerpunkt für die Anwendungsnotwendigkeit in der Detailphase (Hauptuntersuchung) liegt.

Für den mit Altlastenproblemen konfrontierten Praktiker sind neben den rechtlichen Grundlagen insbesondere Grundkenntnisse über Funktionsweisen, Anwendungsbereiche, Einsatzkriterien und Aussagemöglichkeiten der wichtigsten Erkundungsverfahren nützlich und heute noch ein oft viel zu wenig beachtetes Erfordernis. In der Folge wird daher besonders auf praktische Aspekte der Erkundungsverfahren Luftbildauswertung, Geophysik, Bodenluftuntersuchung und daneben kurz auch auf andere (biologische Untersuchungen, Bohrlochgeophysik, komplexe Drucksondierungen) eingegangen.

3. Erkundungsmethoden

Die Behandlung von Altlastenproblemen erfordert in allen Phasen die Prüfung bzw. Beantwortung einer Reihe von standort- und umfeldbezogenen Fragen über den Zustand des Untergrundes. Die Erkundungsmethoden bilden dabei das

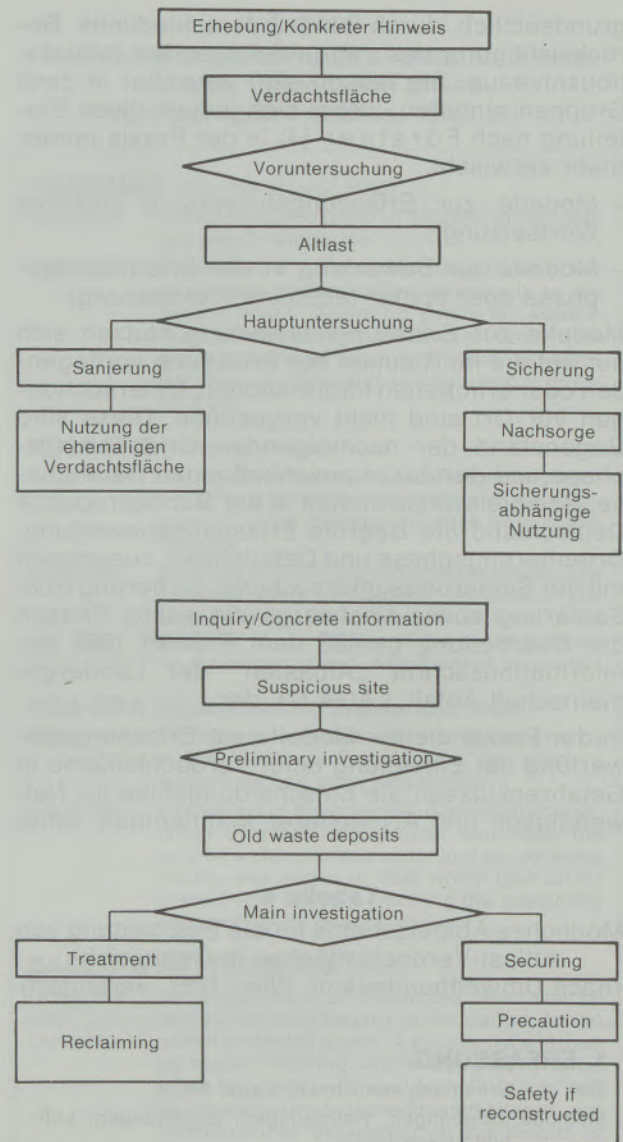


Abb./Fig. 1

Schema der Behandlung von Altlastverdachtsflächen in Österreich (nach Önorm S 2008, Entwurf 1989)

Schematic of the treatment of old, suspicious dump sites in Austria (According to ÖNORM S2008 draft 1989)

starts with the surveillance phase (in Austria, called the preliminary investigation) and finishes with the detail phase (main investigation) to discover which measures to take.

Experts, who are confronted with site problems find, that legal knowledge, an environmental background and practical experience, is very important. Knowing the results and comments from investigations is also a very important feature and quite often underestimated. Subsequently, more attention is being paid to more practical forms of investigation such as aeronautical photographs, geophysics, air in the ground examination, biological examination, drill hole geophysics and manometric sampling.

wichtigste Hilfsmittel für die Informationsbeschaffung. Nach der Art des Herangehens an die Untersuchung unterscheidet man zwischen „indirekten“ und „direkten“ Erkundungsverfahren.

Man spricht von indirekten Verfahren, wenn die Erkundung eines Zielobjektes ohne Bodeneingriffe und Materialentnahmen erfolgt. Zu dieser Gruppe zählen insbesondere die Luftbildauswertung und die Geophysik. Etwas allgemeiner gesehen gehören in diese Gruppe natürlich auch alle recherchierenden Methoden, wie Begehungen, Zeitzeugenbefragungen, Erhebungen nach der Aktenlage von Ämtern, Behörden und Betrieben u. a. Bezüglich letzterer darf auf ein die Grundlagen gut zusammenfassendes Literaturzitat, Neudorfer und Kaupa (9), verwiesen werden.

Zu den direkten Verfahren zählen alle Untersuchungen, die eine Probenahme von Gasen, Flüssigkeiten und/oder Feststoffen ermöglichen oder voraussetzen. In diese Gruppe gehören daher alle Arten von Bodeneingriffen, also Bohrungen, Sondierungen und Schürfe, Untersuchungen der Bodenluft, hydrogeologische und sedimentologische einschließlich bohrlochgeophysikalische Methoden, biologisch/ökologische Untersuchungen sowie der Komplex der chemischen und physikalischen Probenanalytik.

Grundsätzlich sollte bei Einzelfallbeurteilungen eine Begehung der Verdachtsfläche immer an erster Stelle aller Untersuchungsschritte stehen. Ein Lokalaugenschein vermittelt die ersten wichtigen Eindrücke, die für die Festlegung des weiteren Erkundungsablaufes und die Auswahl optimal wirksamer Methoden häufig ausschlaggebend sind. Beispielsweise können direkte Verfahren zunächst gar nicht anwendbar sein, wenn aus Sicherheitsgründen in frühen Phasen der Erkundung abdichtende Deck- und Sohlschichten (z. B. HDPE-Folien) auf keinen Fall perforiert werden dürfen oder ein begründeter Verdacht auf hochmobile oder -toxische Deponieinhaltsstoffe gegeben ist.

3.1. Luftbildauswertung

Die Luftbildauswertung bzw. -interpretation stützt sich auf flächige Darstellungen der Erdoberfläche, die von Flugzeugen aus aufgenommen werden. In der Erkundung von Verdachtsflächen werden überwiegend Senkrechtbilder benutzt, die meist als Reihenmeßbilder mit Längsüberdeckung des beflogenen Geländestreifens vorliegen. Spezialbefliegungen (Infrarot) liefern insbesondere für Detailuntersuchungen wichtige Zusatzinformationen, während Satellitenbilder im allgemeinen ein zu geringes Auflösungsvermögen haben.

Für die Staaten Mitteleuropas gibt es seit dem ersten Weltkrieg Luftbilder, in Österreich setzen systematische Befliegungen zu Luftbildzwecken ab 1928 ein. Seit den fünfziger Jahren werden in

3. Exploration methods

In order to treat the problems of hazardous sites, it is necessary to know the results of all testing phases. Available information on the condition of the surroundings and site ground must also be known. The different way in which these are found depends on whether they are known as direct or indirect investigations.

Indirect investigation means that the evaluation takes place without any on-site investigation like sample taking etc. Aeronautical photographs and geophysics are part of this group. The more common methods, of this type of site investigation, are walking the site, questioning neighbours and site workers and checking municipal/factory site records. A good example of the latter mentioned can be found in Neudorfer Kaupa, (9).

All types of investigation which require taking samples of gases, liquids and or solids are known as direct investigations e.g. drilling, sampling, prospecting, examination of air in the ground, sedimentology, hydrogeology, biological/ecological examinations as well as chemical and physical analysis.

Generally, if one wants to get an impression of an individual site, the first step is to physically visit the site. This gives an impression which, together with information collected, could influence the way in which the site is handled. One good example is if the site has been sealed, or built up in layers using HDPE foil. This could cover toxic, or other such deposited waste which would become a safety hazard when perforated.

3.1. Aeronautical photograph evaluation

The evaluation of aeronautical photographs is done by studying pictures of the earth's surface taken from the air, mainly by aerial survey cameras. Specialised infra-red aerial photographs give the investigator added valuable information. Satellite pictures, on the other hand, tend to be unclear and have little use.

Aerial pictures of central Europe have been available since the first World War. From 1928, systematic flights, have been organised in Austria for the sole purpose of taking aerial pictures. From the fifties onwards, regular surveying flights have been carried out, at intervals of 7 to 10 years, mainly to keep the official topographical map up to date. The ministry of environment stated that the aerial survey pictures, taken during these flights, were clear enough to be used for studying deposit sites. Main deposit sites and type of deposited material could be identified. Also the amount of excavation necessary to widen sites could be determined and there was the ability to calculate the amount of deposit capacity available. The isolation of open ground water could also be foreseen and all to within an accuracy of one

Österreich Neuaufnahmen, insbesondere für die Evidenzhaltung der offiziellen topographischen Kartenwerke (ÖK 50 u.a.), in einem Wiederholungszyklus von sieben bis zehn Jahren durchgeführt. Nach einer umfassenden Studie des Umweltbundesamtes, Zirm u. a. (17), reicht die Leistungsfähigkeit der Luftbildauswertung im Falle der besonders wichtigen Grubendeponien für die Bestimmung des Abbau- und Verfüllungszustandes, die Abgrenzung von offengelegten Grundwasserflächen und die Beschreibung des Verfüllmaterials. Quantitative Angaben sind dabei zumindest mit Metergenauigkeit möglich.

Stehen zeitlich gestaffelte Serien von Luftbildern zur Verfügung, kann durch multitemporale Bildanalysen auch die Dynamik der Landschaftsveränderung rekonstruiert werden. Ein der bereits angeführten Studien entnommenes Beispiel dazu ist in Abb. 2 dargestellt. Anhand der Auswertung von drei Bildflügen (1966, 1972, 1980) konnte der Abbau- und Verfüllverlauf für eine rund 40 Hektar große Schotterentnahme im Raum Wien für einen Zeitraum von rund 15 Jahren gut rekonstruiert werden.

Im Hinblick auf Aussageumfang und Wirtschaftlichkeit ist die Luftbildinterpretation dann besonders interessant, wenn eine systematische Erhebung größere Gebiete im Zuge der Voruntersuchung erfolgt, Schamann u. a. (10). So beträgt nach Zirm u. a. (17) der Zeitaufwand für die Übersichtsanalyse von 25 km² (Blatt der Luftbildkarte 1:10.000) rund zehn Stunden. Aber auch bei der Detailuntersuchung von Einzelobjekten hat die Luftbildauswertung wesentliche Bedeutung, unter anderem auch durch die Möglichkeit der photogrammetrischen Herstellung von zeitlich gestaffelten Lageplänen. Zumindest in der systematischen Voruntersuchung von Verdachtsflächen zählt die Luftbildauswertung in Österreich heute schon zu den eingeführten Erkundungsmethoden und wird von Ämtern und Ingenieurbüros in ständig zunehmendem Maße angewendet.

3.2. Geophysik

Die angewandte Geophysik kann für die Erkundung von Verdachtsflächen ein breites Spektrum von in den Ingenieurwissenschaften vielfach erprobten Methoden anbieten, Militzer, Schön & Stötzner (8). Die wichtigsten davon sind Seismik, Geoelektrik, Geomagnetik, Elektromagnetik (einschließlich Georadar) und Geothermik – für Sonderaufgaben kommen auch Gravimetrie (Hohlraumerkundung; auch bei betonversiegelten Oberflächen) und Radiometrie (radioaktive Kontaminationen – Tschernobyl) zur Anwendung. In der Regel erfolgen die Messungen an der Oberfläche oder im Bohrloch, in bestimmten Fällen (Radioaktivität) kommen aber auch Hubschraubermessungen zur Anwendung.

Angeregt durch eine um 1980 von den USA ausgehende Entwicklung, Benson u. a. (2), kommen

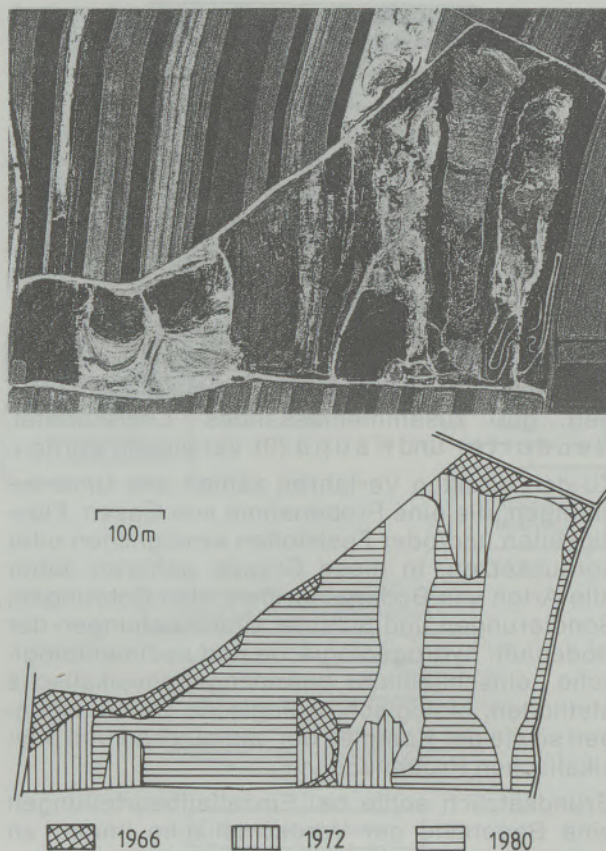


Abb./Fig. 2

Rekonstruktion des Schüttungsablaufes einer Grubendeponie durch Auswertung einer Luftbildreihe (nach Umweltbundesamt, Wien 1987; umgezeichnet)

Reconstruction of the deposit scale of a dump site from a series of aerial photographs

metre. If a series of pictures taken at intervals are compared with each other, and a time analysis carried out, then it is possible to make a dynamic reconstruction of the landscape changes. An example of this can be seen in fig. 2. With the aid of three series of pictures taken in 1966, 1972, and 1980 it was possible to reconstruct the quarrying and refilling of a 40 hectare rubble site near Vienna. Aeronautical pictures are of particular interest when considering the economy factor and the amount of information they contain. This is for example, when systematic preliminary surveys of large areas are being carried out Schamann, and others (10). According to Zirm, and others (17), it takes approximately 10 hours to carry out a general analysis on aerial pictures (scaled 1:10,000) which cover an area of 25 km². Aerial pictures are also important for studying singular objects, especially if photogrammetrical methods are used on pictures taken over a time period. In Austria, aerial photography evaluation of suspicious sites, has now become a common form of preliminary surveillances. Engineering companies and government officials are also increasingly using this method of evaluation.

seit etwa 1984 auch in Österreich geophysikalische Aufschlußverfahren immer häufiger zum Einsatz, Walach (12). Grundsätzlich besteht ein breites Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten, das sich von der Lokalisierung von Verdachtsflächen über volumetrische und strukturelle Erkundungen von Deponiekörpern, die übersichtsmäßige Analyse des Deponieinhaltes, lithologisch-hydrogeologische Zustandserhebungen und Nachweise von Umlandsbeeinflussungen bis zu Bestimmungen von geotechnischen Bodenparametern sowie Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen im Zuge von und nach Sanierungen erstreckt. Die Tabelle 5 zeigt ohne Anspruch auf Vollständigkeit, Walach (14), eine Übersicht der Einsatzmöglichkeiten. Wie durch Signatur in der Tabelle 5 gekennzeichnet, wurden die meisten Aufgabestellungen bereits unter Praxisbedingungen in Österreich erprobt.

Als besondere Vorteile der Geophysik sind die flächendeckend-dreidimensionale Erfassung des

3.2. Geophysics

Geophysics can widen the spectrum of many of the methods already used by scientists when investigating suspicious sites Miltzer, Schön & Stötzner (8). Some of the most important ones are seismic, geoelectrics, geomagnetics, electromagnetics (including georadar) and geothermics. In special cases gravimetry (investigation of hollows even when the outer layer is sealed by concrete) and radiometry (for radioactive contamination, Tschernobyl) were used. Normally these measurements are done on the surface or in bore holes but in other cases (radioactivity), measurement is carried out from a helicopter.

Since 1984, geophysical investigations in Austria have been spurred on due to developments from the USA in 1980 Benson, and others (2).

Basically, there is a large spectrum of application possibilities available to carry out site investiga-

Tabelle/Table 5
Einsatzmöglichkeiten ingenieurgeophysikalischer Methoden in der Erkundung von Altlast-Verdachtsflächen
Physical methods and application possibilities of investigating suspicious dump sites

EINSATZBEREICHE/APPLICATION POSSIBILITIES				
Lokalisierung Localisation	Struktur/Volumen Structure/volume	Deponieinhalt Site contents	Schadstoffaustrag Pollution seepage	Bodenparameter Ground parameters
<ul style="list-style-type: none"> ● Suche search ● Ortung localising ● Kartierung mapping 	<ul style="list-style-type: none"> ● Schichtaufbau layer build up ● Tiefenangaben depth ● Mächtigkeiten site size ● Struktur von Sohle und Böschungen sill and slope structures ● Hydrogeologie Deponiesohle, -sickerwasser hydrogeology deposit sill water seepage 	<ul style="list-style-type: none"> ● Eisenschrott scrap iron ● sonst. Metall other metals ● Abgrenzungen z. B. Hausmüll/ Bauschutt boundaries e. g. domestic and construc- tion waste ● Elektrolyt- quellen electrolyte sources ● thermische Herde thermal hearths ○ Galvanik- u. a. Schlämme plated steels ● Schlacken slag ○ Radioaktivität radioactivity ● Salinität*) salinity 	<ul style="list-style-type: none"> ● Hydrogeologie des Umlandes hydrogeology of the surrounding area <p>ABSTRÖMFÄHNEN</p> <ul style="list-style-type: none"> ● elektrolytisch electrolytic ● thermisch thermal ○ radioaktiv radioactive ○ schwimmende Kohlenwasserst. methane ○ potentielle FCKW-Wege potential FCKW routes 	<ul style="list-style-type: none"> ● dynamische Elastizitätszahlen dynamic elasticity numbers ● Klüftigkeits- koeffizient fissure coefficient ● elektrische Leitfähigkeit electrical conductivity ● Dielektrizi- tätskonstante dielectric constant ● Korrosivität corrosiveness ● Anisotropie- kennzahlen anisotropic number ● Gesteinsdichte*) rock density*) ● Porenvolumen*) porosity*) ● Wassergehalt*) water content*)

● praktisch erprobt / Used in practice
○ nach Literatur oder postuliert / From literature or postulate
) aus Bohrlochmessungen / From bore hole measurements

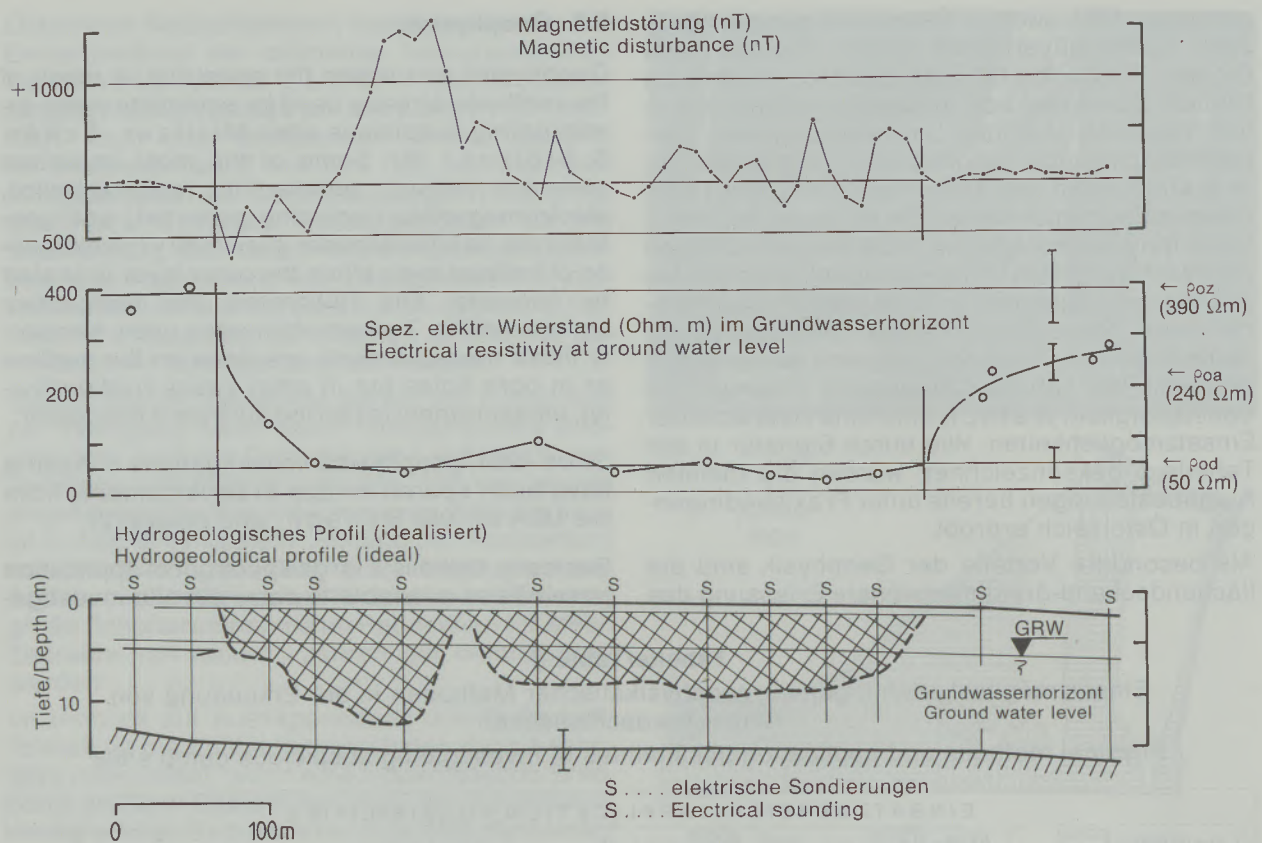


Abb./Fig. 3

Erkundung einer Kontaminationsquelle (Lokalisierung, Struktur, Grundwasserbeeinflussung und Eiseneinlagerungen) mit geophysikalischen Erkundungsverfahren (Geomagnetik, Geoelektrik)

Investigation of a contamination source (localising, structure, affect on the ground water, deposits of iron objects with the aid of geophysics (geomagnetic, geoelectric)

Untergrundes, Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse, raumgreifend-kurzfristige Arbeitsweise und ein günstiges Kosten-/Leistungsverhältnis anzuführen. Wesentlich ist auch, daß fast alle Methoden landschaftsschonend (Flurschäden) arbeiten.

Nachteilig auf die allgemeine Akzeptanz der Geophysik wirken sich zwei Fakten aus. Zum ersten, daß im Unterschied zum Bohren oder Sondieren kein direkter Zugriff auf den Untergrund erfolgt. Vielmehr wird aus Meßdaten unter Berücksichtigung von physikalischen Prinzipien und Erfahrungswerten auf dem Umweg über eine Interpretation auf den Zustand des Untergrundes geschlossen. Das erfordert manchmal eine Denkweise, die anderen Ingenieurdisziplinen nicht immer geläufig ist. Zum zweiten erfahren Studierende wesentlicher Anwenderdisziplinen (Bauwesen, Kulturtechnik u. a.) kaum etwas über das Leistungsvermögen moderner Erkundungstechnologien. Hingegen sind beispielsweise in den neuen Studienrichtungen der Montanuniversität „Industrieller Umweltschutz“ und „Angewandte Geowissenschaften“ entsprechende Lehranstalten und Praktika integrierte Bestandteile der Ausbildung.

Die Einsatzmöglichkeiten der Geophysik begin-

tionen, Walach (12). These range from localisation, volumetric and structural surveys of deposits, analysis of deposits, lithological/hydrogeological situation, influence on the neighbouring land, to laying down geotechnological ground parameters and constant surveillance of a site before and after reclaiming. Table 5 gives a good insight on these possibilities, Walach (14). As can be seen in table 5, most of the listed application possibilities have been used in Austria.

The main advantages of the geophysical method are, the three dimensional underground coverage, measuring consistency, effectiveness and time/cost efficient. It is substantial that all the stated methods do not ruin the landscape (agricultural damage).

There are two main disadvantages which stop the geophysical method being solely accepted. The first is that, compared to drilling or prospecting, no direct contact is made with the underground. Evaluation, of the underground, is carried out by using measurement values, together with physical principals and experience. This is obviously a way of thought which is different to that of engineers in other branches. The second disadvantage is that students in building and cultural engineering, are not made aware of the potential

nen nur in Ausnahmefällen schon in der Phase der Vorerkundung, vielmehr werden sie schwerpunktmäßig in der Hauptuntersuchung und auch bei der Projektierung von Sanierungen häufig als Steuerungsmaßnahme für den gezielten Einsatz von direkten Bodeneingriffen verwendet. Die Hauptaufgaben in Österreich sind derzeit die Detaillokalisierung von Verdachtsflächen in Verbindung mit und anschließend an die Luftbildinterpretation, die Ortung kleinräumiger Kontaminationsquellen (verfüllte Bombenrichter, Brunnen-schächte, Untertagebehälter u. a.), hydrogeologische Problemstellungen (Abströmfahnen) und insbesondere die Ortung von Eiseneinlagerungen (Sondermüllbehälter, Autowracks u. a.) in Ablagerungen. In Forschungsprojekten wurde besonders für die letztgenannte Aufgabe eine heute schon weitgehend routinisierte Methodik entwickelt, sodaß ein gut definiertes Leistungs-/Kostengefüge besteht, Walach (16).

Beispielsweise ist in Abb. 3 das Ergebnis einer mit magnetischen und elektrischen Methoden durchgeführten Detailerkundung einer Grundwasserkontamination durch eine bereits wieder rekultivierte und flächenmäßig zum Teil schon wieder anderweitig genutzte Altdeponie dargestellt. Dabei dient die Geomagnetik (oberes Diagramm) der Lokalisierung der Deponiegrenzen und der Ortung größerer Eiseneinlagerungen innerhalb der Deponiefläche. Aus diesem Meßergebnis können infolge der gegenüber dem ungestörten Umland deutlich stärkeren Magnetfeldstörungen alle Lagebestimmungen praktisch mit Metergenauigkeit erfolgen. Unter anderem ist aus diesem Diagramm ersichtlich, daß von dem durch das Profil geschnittenen Damm aus (Lage aus Luftbild) größere Eisenteile (Autowracks) in die Grube gestürzt worden sind. Prinzipiell sind aus flächendeckenden Magnetfeldmessungen (Isanomalenplänen) auch quantitative Abschätzungen der theoretischen Eisenmasse und ihrer Tiefenlage möglich, Walach (16).

Der Nachweis von (elektrolytischen) Immissionen in das Grundwasser erfolgt hingegen mit elektrischen oder elektromagnetischen Meßverfahren. Wie das entsprechende Diagramm in Abb. 3 beweist, führt die Immission von Deponiesickerwässern im Grundwasserleiter zu einer signifikanten Herabsetzung des spezifischen elektrischen Widerstandes von ca. 400 auf rund 50 Ohm m. Abströmseitig der Deponie führt die Verdünnung der Immissionsstoffe zwar wieder zu einem allmählichen Anstieg der Widerstandswerte, trotzdem kann aber die Abströmfahne durch flächendeckende Oberflächenmessungen über größere Strecken verfolgt werden; durch zeitlich gestaffelte Wiederholungsmessungen sind auch dynamische Vorgänge feststellbar. Damit erhält man eine präzise Planungsgrundlage für die Anordnung von Kontrollsonden und andere Maßnahmen („Sperrbrunnen“). Auf analoge Weise können mittels entsprechender Meßmethoden auch

of modern research technology. The contrary of this statement however is that the university of mining has now introduced new topics which include "Industrial environmental protection" and "Applied geosciences".

Geophysics are only used in rare cases during preliminary site investigations. They are mainly applied during the detailed phase of an investigation, and the project phase of reclaiming the site. One of Austria's main activities at present is the localisation of suspicious contaminated areas with the help of aerial surveillance e. g. bomb shells, wells, buried tanks and other hydrogeological problems like water cloudiness, toxic waste containers and abandoned car wrecks etc. In recent times a very routinized method has been developed for the latter of the above problems, which has made it very cost efficient, Walach (16).

An example of a reclaimed site, which has been recultivated, and subject to a detail survey by electrical and magnetical methods, is given in fig. 3. The geomagnetical method (see diagram) helps to localise the boundaries of deposit sites and also large iron deposits within a site. The results of such site measurements show stronger magnetic field disturbances compared to measurements taken from non site areas, which allows localisation to within a metre. It can also be seen from the diagram, a cross section of the aerial picture of a dam, that there are large metal objects (wrecked cars), indicating that they had been dumped there. It is possible to estimate the size, depth and number of the metal objects because of the large surface coverage with magnetic fields (isanomale planes) Walach (16).

Electrical or electro-magnetical methods are used to prove the presents of (electrolytic) immissions in the ground water. Fig. 3 shows precisely, that because of the drop in the electrical resistivity from approx. 400 to around 50 ohmmeters, water seepage from this site goes directly into the ground water. The electrical resistivity downstream from the site tends to rise to its original value, but is still possible to follow due to the large surface coverage. Dynamic occurrences can be determined by measuring at regular intervals. With this information, coordinated action can be taken such as, placing probes, water retainers etc. Thermal and radioactive streams can also be ascertained analogically by using the appropriate measuring methods.

Fig. 4 indicates the discovery of discarded barrels. These barrels, with hazardous contents, were discovered under 3 to 5 metres of industrial waste using the geomagnetical measuring method. Point measurements were taken, on a grid system, 2.5 metres apart (1,000 measurements per day by two men) and then analysed for magnetical interference. For example, position A indicates the position where 87 barrels were lifted from a depth of 3.5 to 5.5 metres. This shows that, with the help of analytic computer technology,

thermische oder radioaktive Abströmfahnen festgestellt werden.

In Abb. 4 ist das Ergebnis einer Ortung von Faßlagern dargestellt. Durch eine geomagnetische Rastervermessung mit 2,5 m Punktabstand (Meßleistung ca. 1000 Punkte pro Tag und 2-Mann-Trupp) und eine Analyse des gemessenen magnetischen Störfeldes konnten unter einer 3 bis 5 m mächtigen Abdeckung durch Industrieabfälle mehrere Faßlager mit gefährlichem Inhalt eindeutig nachgewiesen werden. Beispielsweise wurden in der Position A der Karten 87 Fässer aus einer Tiefe von 3,5 bis 5,5 m geborgen. Das Bild veranschaulicht, daß durch Anwendung analytischer EDV-Techniken aus einem zunächst relativ unübersichtlichen Primärergebnis (obere Karte) die praktisch nutzbare Information (untere Karte) gezielt herausgefiltert werden kann. Prinzipiell gesehen liegen die Anwendungsmöglichkeiten dieser Ortungsmethodik nicht nur bei Deponieproblemen, vielmehr ist sie auch, insbesondere in Kombination mit anderen Methoden wie Elektromagnetik und Georadar für die Rekonstruktion alter Industrieanlagen, Rüstungsaltlasten, bei Stadterneuerungsprojekten und ähnlichen Aufgaben sehr gut geeignet.

In Tabelle 6 sind schließlich alle wichtigen Methoden zusammengestellt und nach ihrer Eignung für bestimmte Aufgaben der Erkundung von Altlastverdachtsflächen bewertet. In der Praxis stellt sich dem instrumentell entsprechend ausgerüsteten Ingenieurgeophysiker die Aufgabe, aus einem Spektrum von etwa 25 bis 30 Methoden und -varianten jene 1 bis maximal 5 auszuwählen, die für die Lösung eines bestimmten Problems am besten geeignet sind.

3.3. Untersuchungen der Bodenluft

Bei der Erkundung von kontaminierten Arealen durch Untersuchungen der Bodenluft werden mittels einer 1,5 bis 2 m in den Boden eingebrachten Sonde Luftproben entnommen und chemisch analysiert. Im Bereich von Altablagerungen ist besonders die Bestimmung von Methan, Kohlen- und Schwefeldioxyd, eventuell auch Sauerstoff von Interesse. Große Bedeutung hat die Methode der Bodenluftuntersuchung aber besonders für den Nachweis von flüchtigen organischen Stoffen, wie halogenierte Kohlenwasserstoffe, Mineralöle, Benzin, Toluol, Xylol u. a. m., Traindl & Wirth (12).

Als Vorteile der Methode sind insbesondere das hohe Auflösungsvermögen ($\mu\text{g/l}$), der geringe Platzbedarf (m^2), die Verlässlichkeit und der zügige Meßfortschritt anzuführen. Nachteilig wirkt sich manchmal aus, daß wegen der hohen Mobilität bzw. Migrationsfähigkeit der Gase im Untergrund die exakte Abgrenzung der Kontaminationsquelle schwierig sein kann. Insbesondere bei der Ortung von Faßlagern führt das häufig zu einer

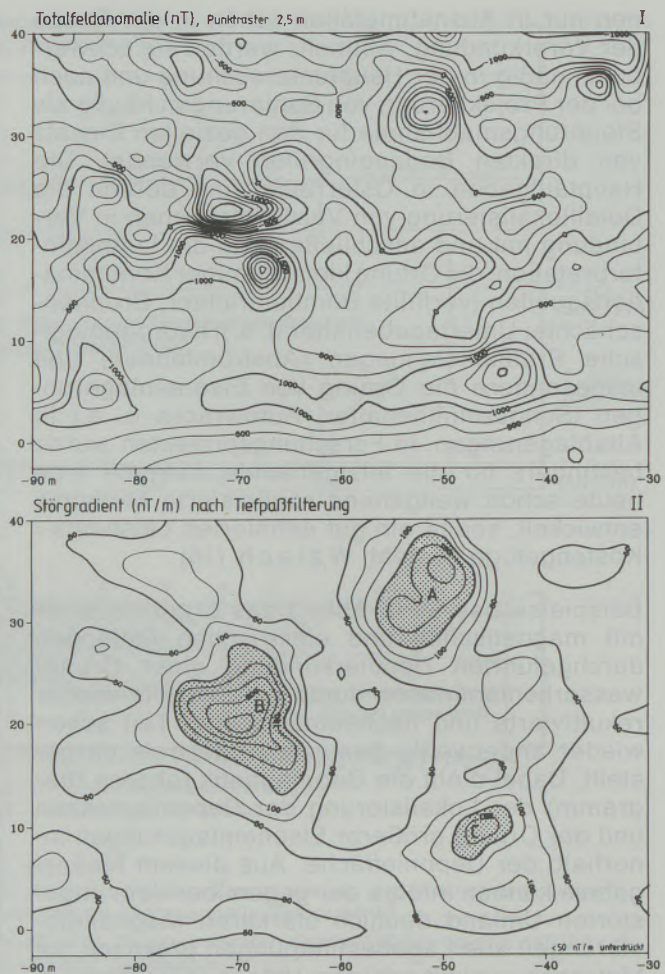


Abb./Fig. 4

Ortung von Eiseneinlagerungen (Fässer) mit geomagnetischen Messungen; gemessenes Störfeld nach Urdaten (I), Lokalisierung der Faßlager A-C durch analytische Bearbeitung (II)

Localisation of iron waste deposits (barrels) with the aid of geomagnetic measurements. Measured disturbances according to Urdaten (I), localisation of the barrels A-C by analytic evaluation (II)

useful and practical information can be filtered from the fairly obscure preliminary information. The application of this method for locating objects does not necessarily limit it to deposit problems. It can also be used in combination with other methods like electromagnetic and georadar when reconstructing industrial buildings, searching for buried weapons (ammunition) and the reconstruction of towns.

Table 6 gives an oversight of all important methods, and their individual characteristics, necessary to investigate suspicious deposit sites. Although the geophysist has about 25 to 30 methods to choose from, he may find that, practically, he only has 1 to 5 at the most, depending on the task he is faced with.

3.3. Investigation of the air in the ground

When investigating contaminated areas for air in the ground, a probe of 1.5 to 2 metres is inserted

Kombination mit geophysikalischen Messungen. Dabei wird die Verdachtsfläche mit Bodenluftmessungen (rasterförmig) vorerkundet, worauf eine gezielte Detailortung der Quellen mit Hilfe von Geomagnetik, Georadar oder Elektromagnetik erfolgt. Die Abb. 5 zeigt ein prinzipielles Anwendungsbeispiel für die Erkundung eines Kontaminationsereignisses durch 111-Trichloräthan durch flächig verteilte Untersuchungen der Bodenluft.

3.4. Andere Erkundungsmethoden

Eine bisher noch wenig angewendete Methodik für die Verdachtsflächenerkundung sind biologische Untersuchungen. Das Prinzip beruht darauf, daß Tiere und Pflanzen auf Veränderungen ihrer Umwelt und damit auch auf Schadstoffbelastungen reagieren. Soweit solche Belastungen regelmäßig auftreten, gut erkennbar bzw. meßbar sind und einer bestimmten stofflichen Belastung zugeordnet werden können, ist es sinnvoll, die entsprechenden Organismen als „Bioindikatoren“

into the ground to take air samples for chemical analysis. It is mainly methane, carbon dioxide, sulphur dioxide and oxygen which are of interest when investigating areas around old dump sites. Methane is one of the most important ones which indicates volatile organic substances like halogenated hydrocarbons, mineral oils, petrol, toluol, xylene etc., Traindl & Wirth (12).

Advantages of this method are the high resolution ($\mu\text{g/l}$), the small space requirements (m^2), reliability and the speediness of measuring. One disadvantage however is the mobility of gases underground. This makes it difficult sometimes to determine the boundries of the contamination source. This is especially the case with the localisation of old barrels, where it is quite often combined with geophysical measuring. In this case, an initial investigation, using the grid method, is carried out on the suspicious area. Following this, a detailed localisation of the source is made with the use of the geomagnetic, georadar or electromagnetic method. Fig. 5 shows the principal procedure of surface coverage, when investigating an area contaminated with 111-trichloroethane.

Tabelle/Table 6

Einsatzmöglichkeiten der wichtigsten geophysikalischen Verfahren in der Deponieflächenerkundung
Application possibilities of the main geophysical methods when surface investigation is carried out

Meßverfahren/System of measuring	EINSATZBEREICHE/APPLICATION POSSIBILITIES				
	Ortung und Kartierung Localisation and mapping	Volumen, Struktur Volume and structure	Deponie Inhalt Site content	Ausbreitung Schadstoffe Pollution seepage	Bodenparameter Ground parameters
Geoelektrik (Kartierung) Geoelectric (mapping)	+ +	- -	+ +	+ +	- -
Geoelektrik (Sondierung) Geoelectric (sounding)	+ -	+ +	- -	+ +	+ +
Elektromagnetik (Kartierung) Electromagnetic (mapping)	+ +	- -	+ +	+ +	- -
Elektromagnetik (Sondierung) Electromagnetic (sounding)	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -
Georadar Georadar	+ +	+ +	+ +	+ -	+ -
Eigenpotential (SP) Self potential	+ -	- -	- -	+ -	- -
Refraktionsseismik Refraction seismic	+ -	+ +	+ -	- -	+ +
Geomagnetik Geomagnetic	+ +	+ -	+ +	- -	- -
Gravimetrie Gravimetry	+ -	+ -	- -	- -	+ -
Geothermie Geothermic	+ -	- -	+ -	+ -	+ -
Radiometrie Radiometric	+ -	- -	+ -	+ -	- -
Bohrlochmessungen Drilling measurements	- -	+ -	+ +	+ +	+ +

+ + ... Standardverfahren/Standard method
+ - ... prinzipiell geeignet/Principally acceptable
- - ... ungeeignet/Not acceptable

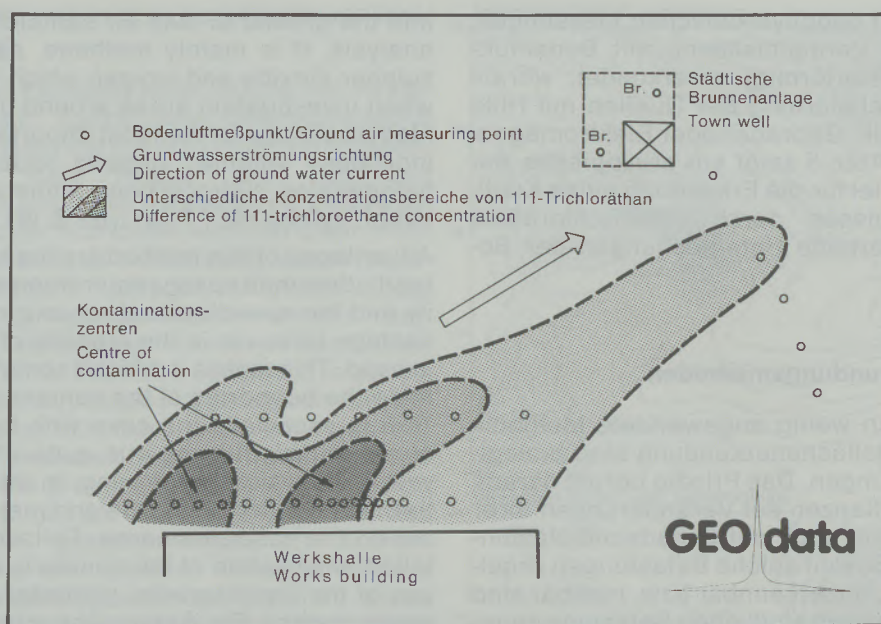


Abb./Fig. 5

Konzentrationsverteilung von 1,1,1-Trichlorethan in der Bodenluft, Abgrenzung der Kontaminationsfahne im Grundwasser (nach Firma Geodata, Gänserndorf)

Concentrated distribution of 1,1,1-trichloroethane in the air in the ground, hindering the spreading of contamination in the ground water.

heranzuziehen. Grundsätzlich eignen sie sich als Screening-Methode für einen schnellen Überblick in der Orientierungsphase und auch als Hilfsmittel bei der Aufstellung einer Gefährdungsprognose, um Fehlinterpretationen von chemischen Untersuchungsergebnissen zu vermeiden, Altlastenhandbuch Baden-Württemberg Teil 2 (1).

Auf die wichtige Gruppe der sedimentologisch-hydrogeologischen Untersuchungen kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Diese finden in jüngerer Zeit, insbesondere aus Kostengründen, in geophysikalischen Bohrlochmessungen eine sinnvolle Ergänzung, indem teure Kernbohrungen großteils durch billigere Vollbohrungen bei gleichbleibendem oder meist verbessertem Informationsgewinn substituiert werden. Ähnliches gilt auch für Drucksondierungen, deren konventionelle Durchführungsweise neuerdings durch direkte Kombination mit geophysikalischen Sensoren eine wesentliche Erweiterung der gewinnbaren Informationen bringen. Mit diesem in Ungarn entwickelten Gerät, Fejes u. a. (3) wird in einem Arbeitsgang neben dem Spitzendruck auch der Ton- und Wassergehalt und die Gesteinsdichte bestimmt. Dadurch ist eine sehr detaillierte Klassifikation der durchteuften Schichten nach qualitativen und quantitativen Merkmalen bis zu einer Tiefe von 20 bis 30 m möglich.

3.4. Other methods of investigation

Biology is one of the least used methods when investigating suspicious areas. This method is based on the reaction of vegetation and animals to the environmental changes. If these changes are regular, noticeably and measurable, then bioindication can be used. This could be formally used as a screening method to get a quick diagnoses of the situation during an initial investigation. Bioindication is also helpful when evaluating the dangers of a site and could avoid possible misinterpretations from the results of a chemical investigation, Dormant Site Handbook, Baden-Württemberg, part 2 (1).

At this point, we will not go into too much detail on the sedimentology and hydrogeological methods. Recently however, these methods, combined with normal drilling, have been introduced to replace the very costly core drilling for geophysics. Results from these drillings are equal to, if not better than, those from core drilling. Similarly, manometric investigations have been modified with the use of geophysical sensors which give similar, if not better results than the conventional method.

By using equipment, developed in Hungary, Fejes, and others (3), clay, water content and the density of rock can be evaluated, as well as the pressures. In this way, the underground layers can be classified for quality, quantity and in great detail up to a depth of 20 to 30 metres.

Literaturverzeichnis/References

1. Altlasten-Handbuch, Teil I: Altlastenbewertung; Teil II: Untersuchungsgrundlagen – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 1987.
2. Benson, R. C., R. A. Glaccum und M. R. Noel: Geophysical Techniques for Sensing Buried Wastes and Waste Migration. – U. S. Environmental Protection Agency (EPA), Las Vegas 1983.
3. Fejes, I., S. Eröss und E. Josa: Die ingenieurgeophysikalische Drucksondierungseinrichtung (Penetrationsanlage). – Firmenschrift ELGI-Budapest 1990.
4. Förstner, U.: Umweltschutztechnik – Springer-Verlag, Heidelberg 1990.
5. Franzius, V.: Übersicht über derzeit verwendete Modelle zur Verdachtsflächenbewertung. – Workshop „Systematische Analyse und Bewertung von Verdachtsflächen“; Österr. Ges. f. Natur- und Umweltschutz, 37–44, Maria Enzersdorf-Wien 1989.
6. Hodecek, P., und E. Schäfer (Hrsg.): Umweltbericht Abfall – Österr. Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien 1989.
7. Ländergemeinschaft Abfall (LAGA): Arbeitsgruppe „Alt-ablagerungen und Altlasten“ – Informationsschrift „Erfassung, Gefahrenbeurteilung und Sanierung von Altlasten“, Bonn, Entwurf 27. 2. 1989.
8. Militzer, H., J. Schön und U. Stötzner: Angewandte Geophysik im Ingenieur- und Bergbau. – Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1986.
9. Neudorfer, W., und H. Kaupa: Meßprogramme und Kosten (für Verdachtsflächenbewertungen). – Workshop „Systematische Analyse und Bewertung von Verdachtsflächen“; Österr. Ges. f. Natur- und Umweltschutz, 91–118, Wien 1989.
10. Schamann, M. (Hrsg.): Großflächige Erfassung und Bewertung von Verdachtsflächen im Grazer Feld. – Umweltbundesamt, Monographien, Band 22, Wien 1991.
11. Szabadvary, L., J. Laczkovits und L. Fejes: Möglichkeiten der Geophysik im Umweltschutz mit Beispielen aus Ungarn. – Leobener H. z. Ang. Geophysik, Band 3, 55–72, Leoben 1990.
12. Traidl, H., und G. Wirth: Bodenluftuntersuchungen – eine preisgünstige Methode zur Erkundung von Altlasten und Schadstoffkontaminationen in Boden und Grundwasser. – Firmenschrift GEODATA, Gänserndorf 1989.
13. Walach, G.: Verfahren der Ingenieurgeophysik für die Lösung von Problemen des Umweltschutzes in Österreich. – Mitt. Österr. Geol. Ges., Band 79, 327–341, Wien 1986.
14. Walach, G.: Deponieflächen erkundung mit geophysikalischen Methoden. – Österr. Ing. u. Arch. Zschr., 135. Jg., H. 5, 210–218, Wien 1990.
15. Walach, G.: Konzepte, Methoden und Beispiele zur Umweltgeophysik in Österreich. – Leobener H. z. Ang. Geophysik, Band 3, 73–98, Leoben 1990.
16. Walach, G.: Ortungsprobleme auf Deponiekörpern – Schwerpunkt Geomagnetik. – Int. Rundtischgespräch (Tagungsband), Bergakademie Freiberg/Sachsen 1991 (im Druck).
17. Zirm, K. (Hrsg.): Luftbildgeschützte Erfassung von Altablagern. – Umweltbundesamt, Monographien, Band 6, Wien 1987.
18. Österr. Ges. f. Natur- u. Umweltschutz: – Altlastensanierung und kontaminierte Standorte. – ÖKO-Text 3/89, 322 S., Wien 1989. – Unterlagen zum Workshop „Systematische Analyse und Bewertung von Verdachtsflächen“, ÖGNU-Text 1/90, 170 S., Wien 1990.
20. Walach, G. (Hrsg.): Vorträge des DGG-Kolloquiums „Umweltgeophysik“. – Leobener Hefte z. Ang. Geophysik, Band 3, 114 S., Leoben 1990.