

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 46

**Artikel:** Altlasten: Abschätzung des Gefahrenpotentials  
**Autor:** Ruprecht, Heidi / Zürrer, Daniel  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-86048>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Beiträge zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

# Altlasten

## Abschätzung des Gefährdungspotentiales

**Sanierungsziele sind mit Hilfe einer Gefährdungsabschätzung und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden so festzulegen, dass das verbleibende Restrisiko für Mensch und Umwelt unbedenklich ist. Eine pauschale Standortbewertung mit rein substanzbezogenen Grenzwerten ist nicht zu empfehlen, weil in vielen Fällen das damit verbundene Aufwand/ Nutzen-Verhältnis ungünstig ist. Das fallspezifische Gefährdungspotential – entscheidende Grundlage auch für die Wahl der Sanierungsmassnahmen – hängt von der Menge und Toxizität der abgelagerten Stoffe sowie von standortspezifischen Faktoren ab. Was gehört nun zu einer umfassenden Gefährdungsabschätzung?**

Im Zusammenhang mit der Altlastenproblematik werden kontaminierte Standorte untersucht, die durch den Be-

VON HEIDI RUPRECHT UND  
DANIEL ZÜRRER,  
ZÜRICH

trieb und Unterhalt von Anlagen, durch Unfälle oder durch unsachgemäss bzw. unkontrolliert abgelagerte Stoffe verunreinigt wurden. Diese Kontaminationen sind im Boden vielfach nicht immobil, sondern werden über verschiedene, oft komplizierte physikalisch-chemische und mikrobielle Prozesse freigesetzt. In Betracht zu ziehen sind dabei im wesentlichen (vgl. auch Bild 1):

- Auswaschung ins Grundwasser und in Oberflächengewässer
- Verdampfung von flüchtigen Stoffen
- Stauberosionen
- Aufnahme in Pflanzen und Eintrag in die Nahrungskette
- mikrobielle, photochemische und chemische Umwandlungen. Dabei ist vor allem die Bildung von toxischen, leicht freisetzbaren Umwandlungsprodukten zu beachten.

In der Folge können Mensch und Umwelt über verschiedene Pfade mit Schadstoffen aus Altlasten belastet werden. Für den Menschen bestehen die nachfolgend beschriebenen Expositionspfade.

### Direkt:

- orale Aufnahme
- Aufnahme über die Haut
- Aufnahme über die Atmung

### Indirekt:

- über die Nahrungskette
- über das Trinkwasser, in der Schweiz vor allem bedingt durch den Schadstoffeintrag ins Grundwasser

Altlasten stellen somit eine Gefährdung für Mensch und Umwelt dar. Diese Gefährdung muss im Hinblick auf eine wir-

kungsvolle und effiziente Sanierung abgeschätzt und wenn möglich quantifiziert werden. Zielsetzung und Methodik der Gefährdungsabschätzung sind nachfolgend kurz beschrieben.

## Zielsetzung der Gefährdungsabschätzung

Art und Ausmass der relevanten Kontaminationen werden mit Hilfe von standortbezogenen Untersuchungen abgeschätzt [2]. Diese umfassen in der Regel das Studium der früheren örtlichen Stoffflüsse und Analysen von Bodenproben. Je nach Altlast können sich auch Analysen von Grundwasser und Bodengas als notwendig erweisen. Nach diesen Untersuchungen stellt sich die Frage, welche Massnahmen zu ergreifen sind. Diese hängen wesentlich von der Gefährdung ab, die der untersuchte Standort für Mensch und Umwelt darstellt. Bilden die beobachteten Kontaminationen eine erhebliche Gefahr für diese, so sind Reinigungs- oder Sicherungsmassnahmen durchzuführen. Sind andererseits die Verunreinigungen und ihre Auswirkungen unerheblich, so kann der Standort als verdachtsfrei aus dem Untersuchungsprogramm entlassen werden. In anderen Fällen ist auch bloss eine Überwachung angezeigt. Der Entscheid für die jeweils zu ergreifenden Massnahmen basiert auf einer Gefährdungsabschätzung.

Aus technischen und ökonomischen Gründen ist es nicht möglich, bei der Sanierung von kontaminierten Standorten die Schadstoffe vollständig aus dem Boden zu entfernen. Es verbleibt daher immer eine gewisse Restkontamination im Boden. Mit Hilfe der Gefährdungsabschätzung soll diese zulässige Restverunreinigung bzw. die Wirksamkeit von Sicherungsmassnahmen so festgelegt werden, dass das bestehende

## Bisherige Artikel dieser Reihe erschienen in «Schweizer Ingenieur und Architekt»

Heft 18/86, Seiten 429–433  
Heft 44/86, Seiten 1103–1110  
Heft 04/87, Seiten 53–59  
Heft 11/87, Seiten 243–250  
Heft 36/87, Seiten 1033–1037  
Heft 39/87, Seiten 1131–1137  
Heft 42/87, Seiten 1213–1215  
Heft 43/87, Seiten 1238–1242  
Heft 12/88, Seiten 338–348  
Heft 46/88, Seiten 1255–1259  
Heft 12/89, Seiten 319–322  
Heft 24/89, Seiten 635–638  
Heft 29/89, Seiten 789–797  
Heft 06/90, Seiten 119–128  
Heft 22/90, Seiten 621–625  
Heft 29/90, Seiten 811–813  
Heft 47/90, Seiten 1349–1350  
Heft 06/91, Seiten 121–122

Restrisiko für Mensch und Umwelt unbedenklich ist.

Für die Gefährdungsabschätzung besteht somit folgende Zielsetzung:

- Abklärung, ob und in welcher Art Massnahmen zu ergreifen sind
- Festlegung von Sanierungszielen

Daher ist die Gefährdungsabschätzung eine wesentliche Grundlage für die Wahl von Sanierungsverfahren, was wiederum die Höhe der Sanierungskosten in entscheidendem Masse beeinflusst.

## Methodik

Die von Schadstoffen ausgehende Gefährdung ist abhängig von der applizierten Dosis sowie von der Toxizität der entsprechenden Substanzen. Dies bedeutet, dass bei einer Gefährdungsabschätzung folgende Aspekte abzuklären sind:

- Untersuchung der wichtigsten Expositionswege
- Bestimmung von tolerierbaren Schadstoffdosen, denen Mensch und Umwelt über längere Zeit hinweg ohne feststellbare negative gesundheitliche Folgen ausgesetzt werden können.

Die Sanierungsziele bei Altlastenuntersuchungen werden anschliessend so angesetzt, dass die Schadstoffbelastungen aus der untersuchten Altlast geringer als die toxikologisch vertretbaren Höchstwerte sind (vgl. Bild 2).

## Untersuchung der Expositionswege

Im Verlaufe dieser Untersuchungen werden die Mengen, die über die einzelnen Schadstoffpfade aufgenommen werden, abgeschätzt. Dazu ist es notwendig, die



relevanten Expositionswege zu ermitteln und für diese die Schadstoffausbreitung in der Umgebung der Altlast zu untersuchen. Neben den abgelagerten Mengen sind dabei stoffspezifische und standortbedingte Faktoren massgebend.

Bei den *stoffspezifischen Faktoren* handelt es sich im wesentlichen um physikalisch-chemische Eigenschaften wie Wasserlöslichkeit, Dampfdruck, Fettlöslichkeit usw. Mit diesen Parametern lässt sich der Stoffaustausch zwischen Boden, Wasser, Luft und biologischem Material beschreiben [3, 4].

Als standortbedingte Faktoren sind vor allem die Bodenverhältnisse sowie die geologische und hydrogeologische Situation zu erwähnen. Von zentraler Bedeutung sind überdies die Nutzungsverhältnisse von Boden und Grundwasser. Es ist leicht einzusehen, dass die Gefahr einer Schadstoffexposition in Wohn- und Gartenzonen wesentlich kritischer ist als beispielsweise in Brachland oder in industriell genutzten Gebieten.

Für die Berechnung der Schadstoffausbreitung in Boden, Grundwasser und Luft stehen bei Bedarf verschiedene numerische Modelle zur Verfügung. Die so ermittelten Belastungen werden im Verlauf der weiteren Untersuchung aus toxikologischer Sicht bewertet.

### Zulässige Höchstwerte

Im Rahmen dieses Übersichtsartikels wird nur auf die Gefährdung menschlicher Gesundheit eingegangen.

Das Vorgehen beruht auf dem ADI-Konzept (ADI = Acceptable Daily In-take) der World Health Organisation (WHO) [5, 6]. Die WHO entwickelte dieses Konzept zur Verminderung von Risiken durch Pflanzenschutzmittel. Sie verfolgte dabei die Zielsetzung, toxikologisch vertretbare Höchstkonzentrationen in Nahrungsmitteln und Trinkwasser so festzulegen, dass

- keine Gefährdung von Risikogruppen besteht und
- der tägliche Genuss während des ganzen Lebens ohne gesundheitliche Folgen sein soll.

Als Bewertungsgrundlage dient der ADI-Wert. Dieser liegt bereits für eine Vielzahl von Substanzen vor und entspricht der toxikologisch zulässigen täglichen Höchstmenge, die längerfristig nicht überschritten werden sollte. Dabei sind sämtliche Expositionswege zu berücksichtigen. Der ADI wird aufgrund von verschiedenen Toxizitätstests an Tieren festgelegt. U.a. werden die akut toxischen (tödlichen) Dosen, die chronischen und krebserzeugenden Wirkungen untersucht. Ferner wird in Langzeittests der sogenannte NOEL (No Observed

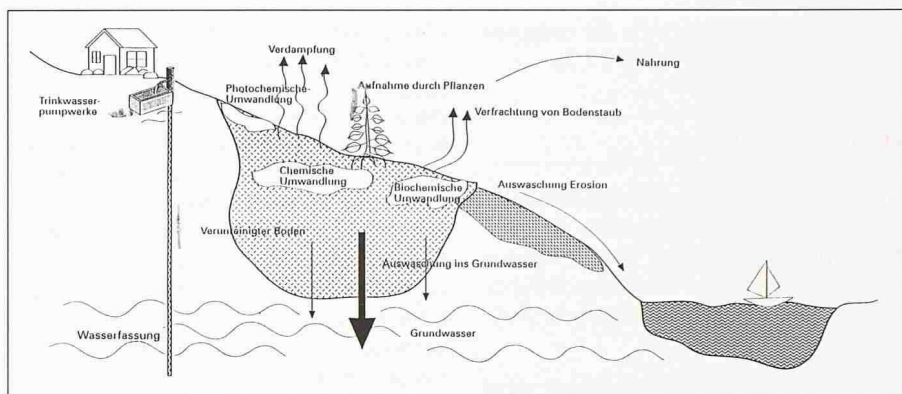


Bild 1. Freisetzungspfade

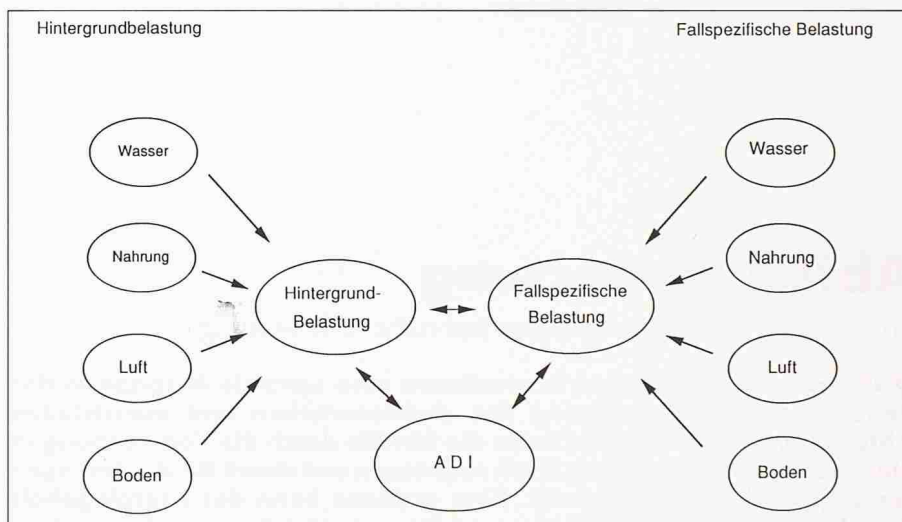


Bild 2. Methodik der Gefährdungsabschätzung

Effect Level) bestimmt. Der NOEL entspricht der täglichen Schadstoffdosis, die keine feststellbaren Wirkungen hervorruft. Er ist von der Tierart abhängig.

Der NOEL ist die eigentliche Grundlage für die Bestimmung des ADI. Da die toxische Wirkung einer Substanz nicht direkt von Tieren auf Menschen übertragen werden kann, wird ein Sicherheitsfaktor eingeführt. Dieser liegt nach Toxizität der Substanz zwischen 10 und 1000. Der ADI entspricht dem NOEL, dividiert durch den Sicherheitsfaktor. Mögliche synergistische Effekte können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Zusätzlich zum ADI stellen auch Hintergrundbelastungen von Wasser, Boden, Luft und Schadstoffgehalte von käuflichen Nahrungsmitteln eine wichtige Bewertungsgrundlage dar.

Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung werden Schadstoffbelastungen aus den Altlasten einerseits mit der Hintergrundbelastung, andererseits mit dem ADI verglichen. Dabei werden sämtliche Expositionen aus Luft, Boden, Wasser und Nahrungsmitteln berücksichtigt. Die Sanierungsziele werden anschliessend so festgelegt, dass die Belastungen

### Literatur

- [1] Sawhney, B.L., und Brown, K.: Reaction and movement of organic chemicals in soil. SSSA special Publication Number 22. Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- [2] Kyas A. und Chen B.: Altlasten und die Schweiz. Schweizer Ingenieur und Architekt 6/91.
- [3] Lyman, W.J., Reehl, W.F. und Rosenblatt, D.H. (1982). In: Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Environmental Behavior of Organic Compound. Mac Graw-Hill.
- [4] Kenaga, E.E. und Gohring, C.A.I. (1978). Relationship between Water Solubility, Soil Sorption, Octanol-Water Partitioning and Concentration of Chemicals in Water. In: Aquatic Toxicology. ASTM STP 707, Eaton J.G., Parnisch P.R. und Hendricks A.C., Eds., ASTM.
- [5] WHO (1978). Principles and methods for evaluating the toxicity of chemicals. Part I. Environmental Healths Criteria 6. World Health Organisation, Geneva.
- [6] WHO (1984). Guidelines for drinkingwater quality, Part. I. Environmental Health Criteria 6. World Health Organisation, Geneva.



aus der Altlast geringer als die entsprechenden ADI-Werte sind (Bild 2).

### Schlussfolgerungen

Das Gefährdungspotential von Altlasten ist nicht nur von der Toxizität und der Menge der abgelagerten Stoffe abhängig. Vielmehr spielen auch standortspezifische Faktoren eine wesentliche Rolle.

Aus obigen Gründen ist ersichtlich, dass jede Altlast fallspezifisch, d.h. unter Berücksichtigung der jeweils vorhandenen relevanten chemischen Verbindungen

(Spezifizierung) und der Nutzung, beurteilt und bewertet werden muss. Basierend auf den Resultaten der Gefährdungsabschätzung sind in Zusammenarbeit mit den Behörden die Sanierungsziele so festzulegen, dass das verbleibende Restrisiko für Mensch und Umwelt unbedenklich ist. Eine pauschale Standortbewertung mit rein substanzbezogenen Grenzwerten ist nicht zu empfehlen, weil in vielen Fällen das damit verbundene Aufwand/Nutzen-Verhältnis ungünstig ist.

Wie bereits erwähnt, bilden die Resultate der Gefährdungsabschätzung eine wesentliche Grundlage für die Wahl der

Sanierungsmassnahmen. Sie beeinflussen auch die Sanierungskosten in erheblichem Masse. Überdies wirken sie sich auf ökologische Aspekte wie Schadstoffemissionen bei Reinigungsprozessen, Energieverbrauch usw. aus. Daher ist die Durchführung einer umfassenden Gefährdungsabschätzung von zentraler Bedeutung.

Adresse der Verfasser: Dr. Heidi Ruprecht und Dr. Daniel Zürrer, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, Postfach, 8034 Zürich.

## Abfallverwertung

### Thermische Verwertung in der Kehrichtverbrennung

**Müllverbrennungsanlagen übernehmen eine zentrale Aufgabe in der Behandlung und Beseitigung des zivilisatorischen und industriellen Abfalls. Zum einen werden darin die Abfälle durch die Verbrennung in eine inerte, volumenmässig stark reduzierte und damit für die Endlagerung optimale Form gebracht. Zum anderen kann der Energiegehalt der Abfallstoffe zur Heizwärme- und Stromproduktion genutzt werden.**

#### Abfallverbrennung als sichere, endgültige Entsorgung

Die Abfallverbrennung kann heute nicht mehr isoliert betrachtet werden. Sie muss im Zusammenhang und in der

VON MAX KÜNZLI,  
ZÜRICH

Abwägung mit Möglichkeiten der Abfallvermeidung und mit anderen Schritten der Abfallentsorgung gesehen werden, also etwa Verfahren der stofflichen Verwertung, den biologischen Verfahren und der Ablagerung. Planer und Erbauer solcher Müllverbrennungsanlagen können sich solchen Sachzwängen, damit verbundenen Diskussionen und Akzeptanzproblemen nicht mehr entziehen. Gerade weil sie als Fachleute davon in erster Linie schon bei der rein technischen Projektierung zentral betroffen sind, stellt die Auslegung einer Anlage mehr als bloss Ingenieurarbeiten dar.

Es geht daher heute um drei Problemkreise:

- Technik der Müllverbrennung
- Umweltaspekte/Umweltverträglichkeit
- Politische Akzeptanz.

Abfallverbrennungsanlagen werden seit über 100 Jahren betrieben. Die Abfallverbrennung – in der Bevölkerung bis vor wenigen Jahren unumstritten – gilt als besonders anspruchsvolle Technik zur Abfallentsorgung.

Abfallentsorgung in Zukunft bedeutet «integriertes Entsorgungskonzept», umfassend mindestens vier Bereiche:

- Abtrennung von Schadstoffen,
- stoffliche Verwertung evtl. einschliesslich Kompostierung,
- thermische Behandlung des nicht stofflich zu verwertenden Restmülls
- umweltgerechte Ablagerung der nicht verwertbaren Rückstände.

Die Verbrennungsanlage dient der thermischen Verwertung und wird zur unverzichtbaren Behandlungsstufe. Sie muss folgende Aufgaben erfüllen:

- die unüberschaubare Vielfalt der im Abfall enthaltenen organischen Verbindungen thermisch-oxidativ abbauen,
- die im Abfall – meist diffus – enthaltenen anorganischen Stoffe aus ihren Verbindungen lösen, in einfach abschcheidbare Formen überführen und sie möglichst aufkonzentriert abscheiden,
- eine höchstmögliche Reduktion des Volumens der Abfälle erreichen,

- die verbleibenden Rückstände in verwertbare Reststoffe überführen oder sie in eine ablagerungsfähige Form bringen,
- die im Abfall enthaltene Wärmeenergie so weit wie möglich nutzen.

#### Kehricht – ein Energieträger

Der eingesammelte Müll weist einen hohen Anteil an brennbaren Stoffen auf, so dass er von selbst brennt. Der untere Heizwert  $H_u$  liegt heute bei etwa 11 000 kJ/kg Müll. Der Heizwert des Kehrichts und die damit anfallende nutzbare Wärmemenge nimmt von Jahr zu Jahr zu.

Wirtschaftliche und ökologische Überlegungen haben dazu geführt, dass moderne Kehrichtverbrennungsanlagen die anfallende Energie in den heissen Verbrennungsgasen nutzbringend für die Dampf-, Fernheizungswasser- und Stromerzeugung verwenden.

#### Der Heizwert

Man bezeichnet mit dem Heizwert  $H_u$  den nutzbaren Energieinhalt, den ein Stoff bei seiner Verbrennung abgibt. Die Mittelwerte für einige Brennstoffe sind:

- Heizöl leicht	42 700 kJ/kg
- Steinkohle	32 000 kJ/kg
- Torf	20 000 kJ/kg
- Brennholz	16 000 kJ/kg
- Siedlungsabfälle	11 000 kJ/kg

Aus der Aufstellung geht hervor, dass der Heizwert von Kehricht knapp einem Drittel desjenigen von Heizöl entspricht, d.h. 3,5 Tonnen Kehricht er-